

İSİSAN ÇALIŞMALARI NO.351

ENERJİ EKONOMİSİ

Yüksek Yapılar • Lejyoner Hastalığı • Çatı Isı Merkezleri • İç Hava Kalitesi • Deprem Koruması • Alternatif Enerjiler



Buderus





Bilgi paylaştıkça çoğalır!



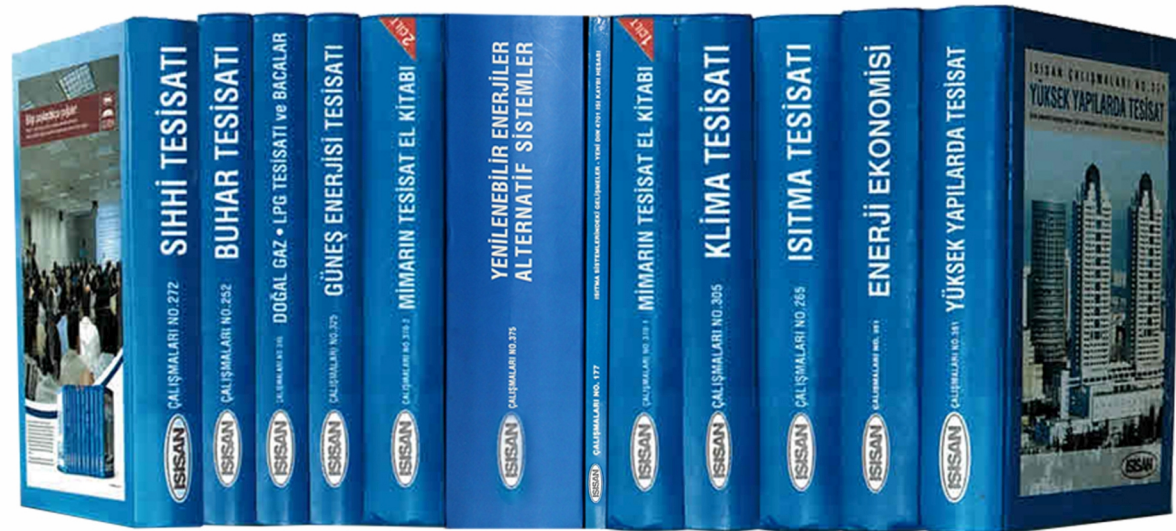
33Yıl
ve
370
Yayın

33 yıllık başarı dolu geçmişi, tesisat, proje ve uygulama alanındaki deneyimi ve bilgi birikimi ile sektörün önde gelen firması Isısan'ın 2007 yılı Eylül ayında kurduğu Isısan Akademi'de bugüne kadar düzenlediği 77 eğitime yaklaşık 2000 kişi katıldı. Uygulamalı eğitimlerde ısıtma, soğutma ve havalandırma sektörü temsilcilerinin yetkinlikleri ve deneyimleri arttı.

Isısan Akademi, 2008 yılında 500'ü aşkın eğitim düzenlemeyi planlıyor. Isısan, böylelikle faaliyet gösterdiği ısıtma, soğutma ve havalandırma sektörünün gelişmesi açısından önemli bir boşluğu doldurmaya devam edecek. Isısan'ın eğitim faaliyetleri İstanbul ile sınırlı değil. Ankara, Adana, İzmir, Antalya ve Bursa bölge müdürlüklerinde düzenlenen eğitimlerle Isısan bayilerini, servislerini ve sektör temsilcilerini, pazara sunduğu ürünlerle ilgili bilgilendiriyor. Eğitimlere üniversitelerin makine mühendisliği, mimarlık bölümü öğrencileri, çeşitli üniversitelere bağlı meslek yüksek okullarındaki iklimlendirme-soğutma, makine, tesisat teknolojileri gibi alanlarda eğitim gören yüksek öğrenimli tekniker adayları ile teknik ve mesleki lise öğrencileri de katılabiliyor. Eğitimler öğrencilere ihtiyaç duydukları bilgileri Isısan'ın pratik eğitim salonlarında, cihazların üzerinde birebir uygulamalı örnekleri ile öğrenme fırsatı sunuyor.

Isısan Akademi eksiksiz bir eğitim merkezi görevi görüyor. Sergilenen tüm ürünlerin çalışır halde olması, uygulamalı eğitim için önemli bir olanak sunuyor. Isısan Akademi aynı zamanda, binanın kendisinin şartlandırılması için kullanılan tesisat teknolojileri, yangın tesisatları, projelendirme ve uygulama detayları, yenilenebilir enerjiler ve alternatif sistemler ile ilgili örnek çevre dostu uygulamalar, kontrol sistemleri ve ileri bilgi teknolojileri ile oluşturulmuş güçlü altyapısı ile eğitim faaliyetleri için benzersiz bir ortam sunuyor.





ENERJİ EKONOMİSİ



29 Haziran 2005 Hürriyet Gazetesi



25 Ağustos 2005 www.hurriyetim.com.tr

Petrol sonunda 70 doları da gördü

Uluslararası piyasalarda sürekli yükselen ham petrolün varil fiyatı, sonunda 70 doları görerek yeni bir rekor kırdı.



Enerji Ekonomisi Kitabı'nın genişletilmiş 2. baskısını Isısan'ın 30. kuruluş yıldönümünde, Isısan yayınları içinde 26. kitap olarak sizlere takdim ediyoruz. Tesisat projelerinin karşı sayfalarına uygulama fotoğrafları ilave ettik. Böylece projelerin daha anlaşılır olacağını düşünüyoruz.

İlk Isısan kitabını yayınladığımız 1990 yılından bugüne kadar yaklaşık olarak 250.000 adedin üzerinde kitap basıldı, sektöre dağıtıldı ve satıldı. Bu kitapların ülkemiz için çok yararlı olacağına inancımız, heyecanımızı ve paylaşma isteğimizi de artırdı. 2001 yılında yayınladığımız Sıhhi Tesisat Kitabı'nın önsözündeki:

“Dünyada fosil enerji kaynakları azalırken, enerji maliyetleri çok daha fazla artacaktır. Çevre koruma yasalarıyla da enerji kullanımına sınırlamalar getirilecektir. Amortisman süreleri hesaplanırken, bugünkü enerji maliyetlerini kullanmak yerine, gelecekteki maliyetler tahmin edilmeye çalışılmalı ve kullanılmalıdır.” notumuz bugün için çok daha önemlidir.

1999 yılı başlarında 9 USD/varil olan ham petrol fiyatı 01 Ocak 2005'te 40 USD/varil oldu. 24 Ağustos 2005'te ise 70 USD/varil fiyattan alıcı buldu. Petrolün geleceği ile ilgili beklentilerde veya spekülasyonlarda ise 100 USD/varil değeri konuşulmaktadır. Doğal gaz fiyatları da ham petrolün piyasa değeri baz olarak alınan bir formül ile belirlenmektedir.

Enerjinin daha verimli kullanımı ile ilgili olarak özellikle son beş yılda çok sayıda seminer yaptık ve makaleler yayınladık. Mekanik tesisatlarda enerji ekonomisinin ya da daha uygun deyimle enerjinin doğru kullanımı felsefesinin:

“Kullanmadan tüketilen enerji miktarını en aza, yani pratik sifıra indirmek” olduğunu vurguladık.

Bu yüzden kalorifer kazanları gaz yakıt kullanılıyorsa yoğunlaşmalı tip seçilmeli, olabildiği kadar kaskad sistemler kurulmalı ve baca çekişinden (dış havanın sıcaklık değişiminden) etkilenmeyen oransal brülörler kullanılmalıdır. Kendinden yoğunlaşmalı kazanların 2-3 yıl olan amortisman süreleri, yeni petrol fiyatlarının piyasaya yansması ile birkaç ay ya da bir iki yıl mertebesine inecektir. Bireysel ısıtmada kullanılan tüm kombilerin de artık yoğunlaşmalı kombi olarak seçilmelerinin zamanının geldiğine inanıyoruz. İngiltere, Hollanda vb. bir çok Avrupa ülkesinde yoğunlaşmalı kombilerin kullanımı zaten zorunlu hale geldi. Yüzyıllar önce Kızılderili şef Seattle:

“Son ırmak kurduğunda, son ağaç yok olduğunda, son balık öldüğünde, beyaz adam paranın yenmeyecek bir şey olduğunu anlayacak” demiş. Bugün bizler de Dünya'daki fosil yakıtların yenilenemeyeceğini ve ne kadar değerli olduğunu anlamalıyız. Zaten çok hızlı artan ve hızla artmaya da devam edeceği görünen enerji maliyetleri biz tesisat mühendislerine çok önemli sorumluluklar getirmektedir. Projelendirdiğimiz ve uyguladığımız tesisat sistemlerinin ortalama 25 yıl kullanılacağını dikkate alarak, enerjiyi dikkatli kullanmaktan da öte, adeta koklayarak kullanmamız gerektiğinin bilincinde olmalıyız.

Bir başka açıdan baktığımızda ise ülkelerin birincil enerji kaynağı insan beynidir. Bu beyinler yoğun ve ekonomik kullanılırsa, ülkenin diğer kaynakları da doğru değerlendirilebilir. Projecilerin ve hazırladıkları projelerin ne kadar değerli olduklarını fark ettiğimiz ölçüde uygulamaların ve işletmelerin kalitesinden bahsedebiliriz.

Bu kitapta özellikle kapasitenin aşırı yüksek seçilmesinin ve enerjinin taşınmasının maliyetlerine, ayrıca çok küçük gibi görünen çok sayıda kayıpların toplam maliyetlerine dikkatleri çekmeye çalıştık. Örneğin konfor yapılarının ısıtma sistemlerinin yıllık veya mevsimlik kullanılan ortalama kapasiteleri, kurulu ısıtma gücünün (yedek cihazlar hariç) yaklaşık %15'i mertebelerindedir. Seçilen kazan kapasitesi en soğuk gün için normal değerde de olsa, yıl içindeki kullanımda genellikle aşırı büyük kalacak ve ısıtma sistemi daha düşük yıllık performans ile çalışacaktır. Ya da kurulu güce göre %10 gibi görünen enerjinin taşınmasının ve taşınma sırasındaki kayıpların maliyetinin, yıllık ortalama kullanılan kapasite dikkate alındığında %70 gibi aşırı bir değerde olduğu görülecektir.

Kitap içerisinde sistem çözümleri, örnek projeler, pratik bilgiler, ısıtma ve klima sistemlerindeki yenilikler, sistem seçim kriterleri ve karşılaştırma tabloları ile proje ve uygulamalarda kullanılacak pratik bilgiler yer almaktadır. Teknik değerlendirmeler her zaman tartışmaya açıktır. Kitap bu bakış açısıyla düşünmeyi engellemeden, alternatifler oluşturmak, tartışabilmek ve bilgileri paylaşmak için hazırlanmıştır.

Ayrıca “yüksek yapılar, çatı ısı merkezleri, iç hava kalitesi, güneş enerjisi sistemleri, diğer alternatif enerjilerin kullanımı, mekanik tesisatın deprem koruması, lejyoner hastalığına karşı mekanik tesisatta alınabilecek önlemler, vb.” özel konuları da içermektedir.

Enerji ekonomisiyle ilgili çalışmaları Prof. Dr. *Ahmet Arısoy* ile birlikte yaptık. İTÜ Makine Fakültesi'nden sınıf arkadaşım da olan değerli Hocam'a, bu çok değerli ve güzel insana özel olarak teşekkür ediyorum.

Isısan mühendis ve teknisyenlerinin üstün çabaları ile tam bir takım çalışması yapıldı. Makine Mühendisi *Emre Akay*'a kitabın toparlanması döneminde özverili çalışmaları için, Sayın *Turhan Karakaya*'ya “Bireysel Soğutma Sistemleri”, Sayın *Fatih Öner*'e “Alternatif Enerjiler” bölümünü hazırladığı için teşekkür ediyorum. Sayın *Volkan Gerdan*, *Nurettin Küçükçalı*, *Mehmet Kaykı*, *Ekin Tezeren*, *Yiğit Tümer*, *Ali Aktaş*, *İlhan Şen*, *Feyzi Oğuz*, *Mert Kalafatoğlu*, *Aytekin Çakır*, *Ali Gülgüzel*, *Hasan Çeribaş* ve *Burak Kan* da bu takımın değerli üyeleridir. Kendilerine teşekkür ederim.

Sayın *Erdoğan Boz*'a özverili katkıları için özel olarak teşekkür ediyorum. Bu kitabın hazırlanmasında katkıları olan sevgili ortağım *Gökhan Özbek*, *Serper Giray*, *Mehmet Aras*, *Berk İnce*, *Abdullah Bilgin*, *Mürşit Çelikkol*, *Oktar Atakar*, *Bülent Vural*, *Kırkor Boyacıoğlu*, *Orhan Turan*, kitabın iç tasarımını yapan *Tuncay Özkan* ve Edebiyat Öğretmenleri *Nursel Hız* ve *Fatma Arısoy*'a ve ayrıca bu kitabı okuyarak eleştirilerini bize iletme nezaketini gösterecek meslektaşlarımıza teşekkür ederim.

Kasım / 2005

Rüknettin Küçükçalı
Makina Y. Mühendisi

GÜNCEL ISISAN YAYINLARI

Enerji Ekonomisi (2. baskı)

Isıtma Tesisatı (5. baskı)

Klima Tesisatı (3. baskı)

Doğal Gaz - LPG Tesisatı ve Baca!ar (5. baskı)

Güneş Enerjisi Tesisatı

Sıhhi Tesisat (2. baskı)

Buhar Tesisatı (2. baskı)

Mimarın Tesisat El Kitabı

**Isıtma Sistemlerindeki Gelişmeler ve
Yeni DIN 4701 Isı Kaybı Hesabı**

Doğal Gaz El Kitabı (2. baskı)

Villa Tesisatı

İÇİNDEKİLER

SAYFA

SAYFA

I. BÖLÜM

SIHHİ TESİSATTA ENERJİ EKONOMİSİ

1.1	TEMİZ SU TESİSATINDA SU TÜKETİMİNİ AZALTMAK	15
1.1.1	MİMARİ TASARIM ÖNLEMLERİ	15
1.1.2	DAHA AZ SU İLE DAHA İYİ EL YIKAMA	17
1.1.3	MEKANİK TASARIMDA ÖNLEMLER	17
1.1.3.1	Lavabo Muslukları ve Duş Bataryaları ...	17
1.1.3.1.1	Lavabo Muslukları ve Duş Bataryaları İçin Alınabilecek Önlemler	17
1.1.3.2	Klozet Seçimi	18
1.1.3.3	Pisuarlar ve Pisuar Muslukları	19
1.1.3.4	Genel	19
1.1.4	UYGULAMADA YAPILABİLECEKLER	19
1.1.5	İŞLETMEDE YAPILABİLECEKLER ..	19
1.2	SU DAĞITIM VE BASINÇLANDIRMA (Hidrofor) SİSTEMLERİNDE EKONOMİ	21
1.2.1	SU DAĞITIM SİSTEMLERİ	21
1.2.2	SU BASINÇLANDIRMA SİSTEMLERİ	21
1.3	KULLANMA SICAK SUYU TESİSATINDA EKONOMİ	24
1.3.1	KULLANMA SUYU SICAKLIĞININ SEÇİMİ	24
1.3.1.1	Buhar Jeneratörleri Kondens Sisteminde Atmosfere Atılan Buharın Geri Kazanımı	24
1.3.2	BOYLER SU SICAKLIĞI YÜKSELDİKÇE ARTAN ENERJİ KAYIPLARI	24
1.3.3	MEKANİK TASARIMDA ÖNLEMLER	26
1.3.4	KAZAN SEÇİMİ	26
1.3.5	BOYLERLER	33
1.3.6	DAĞITIM VE SİRKÜLASYON BORU TESİSATI	36
1.3.7	KULLANMA SICAK SUYU SİRKÜLASYON POMPALARINDA EKONOMİ	41
1.3.8	UYGULAMADA YAPILABİLECEKLER	42
1.3.9	İŞLETMEDE YAPILABİLECEKLER	42

1.3.10	ELEKTRİKLİ EL KURUTUCULARI VE DİĞER ÇEVRECİ UYGULAMALAR	42
1.3.11	GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMI	48
1.4	HİJYEN	48
1.5	LEJYONER HASTALIĞI VE ISI EKONOMİSİ (Sıhhi Tesisat)	51
1.5.1	KULLANMA SICAK SUYU TESİSATINDA LEJYONER HASTALIĞI	51
1.5.2	LEGIONELLA BAKTERİSİ KONTROL YÖNTEMLERİ	53
1.5.3	LEGIONELLA BAKTERİSİ KONTROLÜ İÇİN TAVSİYELER	54
1.5.4	LEGIONELLA BAKTERİSİ KONTROL LİSTESİ	54
1.5.5	LEGIONELLA BAKTERİSİ VE TEMİZLİK	54

II. BÖLÜM

KLİMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ EKONOMİSİ

2.1	GİRİŞ	55
2.1.1	ISI YALITIMI	55
2.1.2	PENCERELER	56
2.1.3	İÇ HAVA KALİTESİ	56
2.1.4	SİSTEM SEÇİMİ VE VERİMİ	56
2.1.5	CİHAZ VERİMLERİ, POMPALAR, KLİMA SANTRALLERİ VE FANLAR	57
2.1.6	OTOMATİK KONTROL	57
2.1.7	SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE ÇEVRE ..	57
2.1.8	OPTİMİZASYON	57
2.1.9	TÜRKİYE ŞARTLARI	57
2.1.10	ELEKTRİK TÜKETİMİ	58
2.1.11	MAL SAHİBİ - MÜTEAHHİT ÇELİŞKİSİ	58
2.1.12	ENERJİ KİMLİK BELGESİ	58
2.1.13	HEDEF TOPLAM KONFOR MU, YOKSA TOPLAMEKONOMİ Mİ OLMALI?	58
2.1.14	KÜÇÜK TASARRUFLARIN TOPLAMI: ÇOK BÜYÜK TASARRUF	58
2.1.15	TESİSAT MÜHENDİSLERİ	58
2.2	GENEL PRENSİPLER	59
2.2.1	ÜFLEME HAVASI VE ODA İÇİ HAVA DAĞILIMI	59

2.2.2	KLİMADA HANGİ FAKTÖR DAHA ÖNEMLİDİR?	60	2.5.2.1	Tasarımda Alınacak Önlemler	71
2.2.3	TAZE HAVA ALIŞI	61	2.5.3	SU SOĞUTMA KULESİ FANLARI	71
2.2.4	KLİMADA ODA SICAKLIĞI	61	2.5.4	GARAJ HAVALANDIRMA FANLARI	71
2.2.5	KLİMA CİHAZLARININ YERE VEYA TAVANA MONTAJI	61	2.5.5	MUTFAK VE BANYO EGZOST HAVALANDIRMA FANLARI	73
2.2.6	ASMA TAVAN İÇİ YÜKSEKLİKLERİ ..	62	2.6	KLİMA SANTRALLARI	73
2.2.7	ENERJİNİN TAŞINMASI	62	2.6.1	KLİMA SANTRALİ SEÇİM KRİTERLERİ	75
2.2.7.1	Enerjinin Hava Veya Suyla Taşınması Maliyetlerinin Karşılaştırılması	62	2.6.2	HÜCRE İÇİ SERBEST GEÇİŞ ALANINDAKİ ALIN HIZI	75
2.2.8	KAPASİTENİN YÜKSEK SEÇİLMESİ VE AŞIRI BÜYÜK BOYUTLANDIRMA(Oversizing)	63	2.6.3	SANTRAL SERPANTİNLERİNİN KANAT ARALIK MESAFELERİ	77
2.2.9	EŞANJÖR ÇEVİRİM SAYI VE TİPLERİNE GÖRE SİSTEMLERİN GRUPLANDIRILMASI	63	2.6.4	KLİMA SANTRAL FAN BÜYÜKLÜKLERİ VE VERİMLERİ ..	77
2.2.9.1	Sonuç	64	2.6.5	KALİTELİ BİR KLİMA SANTRALI İLE UCUZLATILMIŞ KLİMA SANTRALİNİN KARŞILAŞTIRMASI ..	77
2.2.10	YOĞUŞMA SULARI	64	2.6.6	KLİMA SANTRALİNİN YUKARIDA VEYA AŞAĞIDA OLMASININ ETKİSİ	81
2.2.11	GÜVENİLİR MÜHENDİSLİK	64	2.6.7	KLİMA SANTRALLARINDA HAVA FİLTRELERİ	81
2.3	BİNA SOĞUTMA YÜKLERİNİN AZALTILMASI	65	2.6.8	KLİMA SANTRALLARI ISI GERİ KAZANIM HÜCRELERİ FİZİBİLİTESİ	83
2.3.1	MİMARİ TASARIM ÖNLEMLERİ	65	2.7	HAVA KANALLARINDA ENERJİ TASARRUFU	83
2.3.1.1	Direkt Güneş Enerjisi Kazançlarını Azaltmak	65	2.7.1	TASARIMDA ALINABİLECEK ÖNLEMLER	83
2.3.1.2	Işık Geçirmeyen (Opak) Yüzeylerden Olan Güneş Kazancını Azaltmak	66	2.7.1.1	Esnek Hava Kanalları	87
2.3.1.3	Binayı Dıştan Yalıtım	66	2.7.1.2	Havalandırma Sistemlerinde İlave Enerji Tasarrufu Önlemleri	87
2.3.2	HAVALANDIRMADAN OLAN KAZANÇLARI AZALTMA ÖNLEMLERİ	66	2.7.2	HAVA KANALI İZOLASYONU, ISI KAYIP VE KAZANÇLARI	87
2.3.2.1	Soğuk - Sıcak Bölge Şartları	66	2.7.3	HAVA KANALI VE BORU BOYUT OPTİMİZASYONU	90
2.3.2.2	Havalandırmayı Dış Koşullara Göre Ayarlamak	66	2.7.4	HAVA KANALLARINDAKİ HAVA KAÇAKLARININ MALİYETİ	90
2.3.2.3	Aydınlatmadan Olan Kazançları Azaltma Önlemleri	66	2.7.5	YUVARLAK KANALLARLA DİKDÖRTGEN KANALLARIN KARŞILAŞTIRILMASI	90
2.3.2.4	Ofis Makinalarından Olan İç Kazançları Azaltma Önlemleri	66	2.8	POMPALARDA ENERJİ TASARRUFU	92
2.4	SOĞUTMADA İÇ SICAKLIĞI ARTIRMANIN ETKİSİ	66	2.8.1	SU SOĞUTMA KULESİ POMPALARI	92
2.4.1	ÖNERİLER	67	2.8.1.1	Uygulamada Alınabilecek Önlemler	92
2.5	FANLARDA ENERJİ TASARRUFU	67	2.8.2	SOĞUTULMUŞ SU SİRKÜLASYON DEVRESİ POMPALARI	93
2.5.1	MEVCUT SABİT DEBİLİ KLİMA SANTRALLARINDA FAN ENERJİSİ TASARRUFU	68	2.8.2.1	Tasarımda Alınabilecek Önlemler	93
2.5.1.1	Yapısal Önlemler	68			
2.5.1.2	İşletimde Önlemler	69			
2.5.2	YENİ YAPILACAK VAV KLİMA SİSTEMLERİNDE FANLARIN ENERJİ TÜKETİMİ	69			

2.8.3	PRIMER (Çiller) SOĞUTULMUŞ SU DEVRESİ	93	2.10.3	MERKEZİ SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE TOPLAM SİSTEM VERİMİ (COP _{sistem})	128
2.8.3.1	Tasarımda Alınabilecek Önlemler	93	2.10.3.1	Kompresörler	128
2.8.4	SEKONDER (Kullanıcı) SOĞUTULMUŞ SU DEVRESİ	93	2.10.3.2	Sistem Elemanları ve Dağıtım Sistemlerinin Performansı	128
2.8.4.1	Örnek	105	2.10.4	SOĞUTULMUŞ SU SICAKLIĞINA VE SOĞUTMA SUYU (Veya Dış Hava) SICAKLIĞINA BAĞLI OLARAK ÇİLLER PERFORMANSININ DEĞİŞİMİ	136
2.8.4.2	Değişken Debili Devrede Pompa Kayıpları Nedeniyle Soğutulmuş Suyun Isınmasından Tasarruf	105	2.10.5	SOĞUTULMUŞ SU SICAKLIĞINA BAĞLI OLARAK HVAC SİSTEM PERFORMANSININ DEĞİŞİMİ	137
2.8.4.3	Tasarımda Alınabilecek Önlemler	105	2.10.5.1	Düşük Soğutulmuş Su Sıcaklıkları	137
2.8.5	SADECE PRIMER DEVRELİ VEYA PRIMER - SEKONDER DEVRELİ DEĞİŞKEN DEBİLİ SULU SİSTEMLER	105	2.10.5.2	Düşük ΔT (Soğutulmuş Su Gidiş - Dönüş Sıcaklık Farkı)	139
2.8.6	FAN COIL SİSTEMLERİNDE (Sulu Sistemlerde) FREE COOLING UYGULAMASI	107	2.10.6	ÇEŞİTLİ TİP SOĞUTMA KULELERİNİN MALİYETLERİNİN ENERJİ TÜKETİMLERİ İLE BİRLİKTE DEĞERLENDİRMESİ	139
2.8.7	SOĞUTULMUŞ SU (Çiller) SİSTEMLERİNDE DEĞİŞKEN HIZLI POMPALARLA ENERJİ TASARRUFU	107	2.10.6.1	İlk Yatırım Maliyeti	139
2.8.8	SOĞUTULMUŞ SU (Çiller) DEVRELERİNDE POMPALAMA ENERJİ TÜKETİMLERİNİN AZALTILMASI VE BASİTLEŞTİRİLMESİ	110	2.10.6.2	İşletme Maliyeti	139
2.9	MERKEZİ SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN SİRKÜLASYON BORULARINDA ISI KAZANCI VE POMPALAMA ENERJİSİ	111	2.10.7	KLİMA SANTRALLARININ YUKARIDA VEYA AŞAĞIDA OLMASININ ETKİSİ	139
2.9.1	BORULARDAKİ ISI KAZANCI	121	2.11	BİREYSEL SOĞUTMA SİSTEMİNDE ENERJİ TASARRUFU	143
2.9.1.1	Farklı İzolasyon Kalınlıkları İçin Hesaplanan Isı Kazançları	121	2.11.1	SPLIT CİHAZLARIN YERLEŞİMİ ..	143
2.9.2	BORU ISI KAZANÇLARININ YILLIK MALİYETİ	122	2.11.2	KANALLI SPLIT KLİMA VE ÇATI TİPİ KLİMADA, KLİMA - HAVALANDIRMA OTOMASYONUyla ENERJİ TASARRUFU	144
2.9.3	SİRKÜLASYON POMPALARI ENERJİ TÜKETİMİ	122	2.11.2.1	Ekonomizer Kullanımı (Free Cooling İmkânı)	144
2.9.4	TOPLAM ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİ	122	2.11.2.2	Talep Kontrolü	146
2.9.5	KESİNTİLİ ÇALIŞAN BİR OFİS BİNASINDA MERKEZİ SİSTEM BORU İŞLETME MALİYETİ	122	2.11.2.3	Zon Kontrolü	148
2.9.6	YILLIK ISI YÜKÜNE ORANLA BORU ISI KAZANÇLARI	123	2.11.3	INVERTER KOMPRESÖRLÜ SPLIT KLİMA LAR	148
2.10	SOĞUTMA GRUBUNDA ENERJİ TASARRUFU	125	2.11.4	SPLIT KLİMA LARDA İÇ VE DIŞ ÜNİTELER ARASINDAKİ YATAY VE DÜŞEY MESAFELERİN VERİME ETKİSİ	150
2.10.1	UYGULAMADA ALINABİLECEK ÖNLEMLER	125	2.11.5	KANALLI SPLIT HEAT PUMP CİHAZLARIN DIŞ HAVA SICAKLIĞINA BAĞLI PERFORMANS DEĞİŞİMİ	151
2.10.2	İŞLETMEDE ALINABİLECEK ÖNLEMLER	128	2.11.5.1	Kanallı Klima ile Elektrikli Isıtıcı Uygulamaları	151

2.11.5.2	Kanallı Klima ile Sulu Batarya Uygulamaları	155	2.14.2.1	Mekanik Cihaz Verimleri	166
2.11.6	SPLIT KLİMA CİHAZLARININ VERİMLİ KULLANILMASI İÇİN FAYDALI BİLGİLER	155	2.14.2.2	Otomatik Kontroller	166
2.11.6.1	Hava Perdesi Kullanılmasının Avantajları	157	2.14.2.3	Konstrüksiyon ve İzolasyon	167
2.11.7	SPLIT KLİMA KULLANILAN UYGULAMALARDA VERİME ETKİ EDEN FAKTÖRLER	158	2.14.2.4	Tamamlayıcı Koşullar	168
2.11.7.1	Montaj Esnasında Sistem Verimini ve Performansını Olumsuz Etkileyen Faktörler	158	2.14.3	TANIMLAYICI (Prescriptive) YOL	168
2.11.7.2	Bakır Boru İzolasyonları	160	2.14.3.1	Ekonomizörler	168
2.11.7.3	Gereğinden Daha Uzun Bakır Boru Çekilmesi	161	2.14.3.2	Simültane Isıtma ve Soğutma Sınırlaması	169
2.11.7.4	Dış Ünitenin Gereğinden Yukarı Konulması (Gereğinden Fazla Kot Farkı Uygulaması)	161	2.14.3.3	Havalı Sistem Tasarımı ve Kontrolü	169
2.11.7.5	Dış Ünitenin Gereğinden Aşağı Konulması (Gereğinden Fazla Kot Farkı Uygulaması)	161	2.14.3.4	Sulu Sistem Tasarımı ve Kontrolü	169
2.11.7.6	Eksik Gaz Şarjı	161	2.14.3.5	Soğutma Kuleleri	169
2.11.7.7	Fazla Gaz Şarjı	161	2.14.3.6	Enerji Geri Kazanma	169
2.12	BİREYSEL VEYA MERKEZİ SOĞUTMA SİSTEM SEÇİMİ	162	2.14.3.7	Mutfak Davlumbazları	169
2.12.1	KARŞILAŞTIRILAN CİHAZ VE SİSTEM	162	2.14.3.8	Kullanma Sıcak Suyu Isıtma	169
2.12.2	İKLİM VERİLERİ VE BİNA ISI KAZANÇLARI	162	2.15	KLİMADA ENERJİ TASARRUFUNDA SONUÇ	169
2.12.3	ÇİLLER ENERJİ TÜKETİMİ	163	2.15.1	DİREKT GÜNEŞ ENERJİSİ KAZANÇLARINI AZALTMAK	169
2.12.3.1	Fan Motoru Isı Kazancı	163	2.15.2	DIŞ DUVAR YÜZEYLERİNİ İZOLE ETMEK	170
2.12.3.2	Hava Kanallarındaki Isı Kazancı	163	2.15.3	HAVALANDIRMADAN OLAN KAZANÇLARI AZALTMAK	170
2.12.3.3	Borulardaki Isı Kazancı	163	2.15.4	ODA SICAKLIĞI AYAR NOKTASINI YÜKSELTMEK	170
2.12.3.4	Çillerde Tüketilen Enerji	163	2.15.5	HAVA KANALLARINDA BASINÇ KAYIPLARINI VE HAVA KAÇAKLARINI AZALTMAK	170
2.12.4	FAN COIL SİSTEMİ (Merkezi Sistem) ENERJİ TÜKETİMİ	164	2.15.6	DEĞİŞKEN DEVİRLİ FANLAR KULLANMAK	170
2.12.5	OTEL KLİMASI SİSTEMİ (Tekil Sistem) ENERJİ TÜKETİMİ	164	2.15.7	BORULARDAKİ BASINÇ KAYIPLARINI AZALTMAK	170
2.12.6	SONUÇ	164	2.15.8	DEĞİŞKEN DEVİRLİ POMPALAR KULLANMAK	170
2.13	OTELLERDE KLİMADA TASARRUF	165	2.15.9	HAVA KANALLARI, BORULAR VE CİHAZLARDA ÇOK İYİ ISI YALITIMI YAPMAK	170
2.13.1	TASARIMDA ÖNLEMLER	165	2.15.10	UYGUN VE YÜKSEK VERİMLİ KLİMA SİSTEMİ KULLANMAK	170
2.13.2	UYGULAMADA ÖNLEMLER	165	2.15.11	İÇ - DIŞ HAVA SICAKLIK FARKLARINA GÖRE TASARIM	170
2.13.3	İŞLETMEDE ÖNLEMLER	165	2.15.12	FİLTRE TEMİZLİĞİNE ÇOK DİKKAT EDİLMELİDİR	170
2.13.4	SİSTEM SEÇİMİ	165	2.15.13	SONUÇ	170
2.14	STANDART ASHRAE/IESNA 90.1-1999	165			
2.14.1	YAPILARDA DIŞ KABUK	165			
2.14.2	MEKANİK SİSTEMLER İÇİN MECBURİ KOŞULLAR	166			

III. BÖLÜM

İÇ HAVA KALİTESİ

3.1	İÇ HAVA KALİTESİ	171
3.1.1	İÇ HAVA KİRLETİCİLERİ	171
3.1.1.1	Dolaylı Kirleticiler	171
3.1.1.1.1	Malzeme Yapısının Emisyonlara Etkisi	172
3.1.1.1.2	Dolaylı Kirlilik Kaynaklarının Kontrol Yöntemleri	172
3.1.1.2	Doğrudan Kirleticiler	172
3.2	HAVA FİLTRASYON SİSTEMLERİ	174
3.2.1	FİLTRE TİPLERİ	174
3.2.1.1	Elyafli Malzemeden Filtreler	174
3.2.1.2	Hareketli Tip Filtreler	174
3.2.1.3	Elektrostatik Filtreler	174
3.2.1.4	Karbon Esaslı Filtreler	176
3.2.1.5	Metal Filtreler	176
3.2.2	FİLTRE VERİM TESTLERİ	176
3.2.3	FİLTRE SINIFLARI VE VERİMLERİ	176
3.2.3.1	Filtre Kullanım Alanları	177
3.3	HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNDE İÇ HAVA KALİTESİNİN ARTTIRILMASI	178
3.3.1	HASTA BİNA SENDROMU (SBS)	178
3.3.1.1	İç Hava Kalitesini Bozan Hasta Bina Sendromunun (SBS) Nedenleri	178
3.3.1.1.1	Dahili Kaynaklı Kimyasal Kirleticiler .	178
3.3.1.1.2	Harici Kaynaklı Kimyasal Kirleticiler .	179
3.3.1.1.3	Biyolojik Kirleticiler	179
3.3.1.1.4	Radon ve Asbest	179
3.3.1.1.5	Mikroaerosoller	179
3.3.1.1.6	Karbondioksit	179
3.3.2	İÇ HAVA KALİTESİNİN GELİŞTİRİLMESİ İÇİN ÖNLEMLER	179
3.3.2.1	Kirletici Madde Kaynağının Ortadan Kaldırılması veya Değişimi	179
3.3.2.2	Havalandırma Oranını Arttırmak	180
3.3.2.3	Hava Temizleme	180
3.3.2.4	Rutubete ve Yoğuşmaya Bağlı Küf ve Mantar Gelişiminin Engellenmesi	180
3.3.2.5	Kişisel Havalandırma Yapmak	180
3.3.3	İÇ HAVA KALİTESİNİN ARTTIRILMASI İLE ÇALIŞANLARIN PERFORMANSI İLİŞKİSİ	181

3.3.4	İÇ HAVA KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ İLE ENERJİ TASARRUFUNUN ARTTIRILMASI ÇATIŞMASI	181
3.4	İÇ HAVA KALİTESİNİN SAĞLANMASI İÇİN GEREKLİ HAVALANDIRMA MİKTARLARI VE DİĞER HUSUSLAR	181
3.4.1	GEREKLİ HAVALANDIRMA MİKTARLARI	181
3.4.2	HVAC SİSTEMİNİN KENDİ TEMİZLİĞİ	184
3.4.3	İÇ ORTAM SICAKLIĞI İLE İÇ HAVA KALİTESİ İLİŞKİSİ	185
3.5	HAVALANDIRMADA ENERJİ TASARRUFU	185
3.5.1	DOAS (Dedicated Outdoor Air Systems)	185
3.5.2	TALEP KONTROLLÜ HAVALANDIRMA YAPILMASI	186
3.5.2.1	Örnek	186
3.5.3	CEPHE HAVALANDIRMASI	186
3.5.3.1	Doğal Havalandırma ve Free Cooling .	187
3.5.4	NIGHT PURGE	187
3.6	TAZE HAVA MİKTARI VE BUNUN ASTIM VE ALERJİ ÜZERİNE ETKİLERİ	188
3.7	İÇ HAVA KALİTESİNİN SAĞLANMASI İÇİN PROJELENDİRME, UYGULAMA, CİHAZ SEÇİMİ VE İŞLETMEDE DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN KONULARA İLİŞKİN GENEL NOTLAR	188

IV. BÖLÜM

ISITMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ EKONOMİSİ

4.1	GİRİŞ ENERJİ SAVURGANLIĞININ ÖNLENMESİ	191
4.2	DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE YAKIT FİYATLARININ GÜNCEL DURUMU VE GELECEKTEN BEKLENTİ	194
4.3	ISI YALITIMI	198
4.4	ISITMADA SİSTEM SEÇİMİ	198
4.4.1	BÖLGE ISITMASI (Uzaktan Isıtma Sistemleri)	201
4.4.1.1	Bölge Isıtmasında Kullanım Sıcak Suyu	204
4.4.1.1.1	Boylerler Bina Altlarında	204
4.4.1.1.2	Boylerler de Isı Dağıtım Merkezinde	232
4.4.1.1.3	Bina Altlarında Dağıtım Cihazlı Sistem	232
4.4.1.2	Boylerler Isı Dağıtım Merkezinde mi? Bina Altlarında mı Olmalıdır?	232
4.4.1.3	Kazan Seçimi	233
4.4.1.4	Plakalı Eşanjör Kullanımı	233
4.4.1.5	Bölge Isıtmasında Uzaktan Kumanda	261
4.4.1.6	Sonuç	261
4.4.2	BİNA ISITMASI	265
4.4.2.1	Kazan Dairesinin Yeri	265
4.4.2.2	Kazan Tipinin Seçimi	265
4.4.2.3	Kazan Kapasitesi	265
4.4.2.4	Tek Kolektör Uygulaması	265
4.4.3	BİREYSEL ISITMA	299
4.4.3.1	Kombilerin Yakıt Tüketimleri	299
4.4.3.2	Bireysel Sistemlerde Yoğuşmalı Kombi Uygulamaları	299
4.4.3.3	Duvar Tipi Yoğuşmalı Kazanlar	304
4.4.3.4	Kaskad Sistem (100 kW ve Yukarısı)	312
4.4.3.5	Termostatik Radyatör Vanası Kullanılması	313
4.4.4	ISITMA SİSTEMİNDE EKONOMİYİ ARTTIRACAK ÖNLEMLER	314
4.4.4.1	Kapasitenin Doğru Seçilmesi ve Aşırı Büyük Boyutlandırmadan (Oversizing) Kaçınma	314
4.4.4.2	Düşük Sıcaklık ve Üst Isıl Değer Tekniği	316
4.4.4.3	Kaskad Sistem Kullanımı	319

4.4.4.4	Kendinden Yoğuşmalı Kazanların Kullanılması	319
4.4.4.5	Üç Tam Geçişli Kazan Kullanılması	319
4.4.4.6	Türlülatörsüz Kazan Kullanılması	327
4.4.4.7	İki Kazanlı Sistemlerde Alınabilecek Önlemler	331
4.4.4.8	Oda Sıcaklığı Ayar Noktasının Doğru Seçimi	331
4.4.4.9	Hassas Oda Sıcaklık Kontrolü	334
4.4.4.10	Kazanların Çalışmaya Başlama ve Durma Saatlerinin Dış Hava Sıcaklığına Göre Otomatik Belirlenmesi (Açma - Kapama Optimizasyonu)	334
4.4.4.11	Durma Kayıplarının Azaltılması	334
4.4.4.12	Tesissattaki Diğer Kayıpların Azaltılması	335
4.4.4.13	Thermostream Teknolojisi	337
4.4.5	ISITMADA VERİMLER	338
4.4.5.1	Kazan Verimleri	338
4.4.5.2	Brülör Verimi	339
4.4.5.2.1	Yakıt Hava Karışımı	339
4.4.5.2.2	Brülör Fanı	340
4.4.5.2.3	Kapasite Kontrolü	340
4.4.5.2.4	Süpürme Süresi	341
4.4.5.2.5	Değişen Baca Çekişinden Etkilenmeyen Brülör	341
4.4.5.3	Verim Artırıcı Ekipmanlar - Atık Isı Kullanımı	343
4.4.5.4	Verim Koruyucu Faktörler	344
4.4.6	RADYATÖR SİSTEMİ	345
4.4.6.1	Radyatör Sistemiyle İlgili Pratik Notlar	345
4.4.6.2	Radyatör Seçimi	345
4.4.6.3	Radyatör Miktarının Artırılmasının Yakıt Tüketimi ve Yatırım Maliyeti Üzerine Etkisi	347
4.4.7	YERDEN ISITMA	347
4.4.7.1	Eleştiriler	349
4.4.7.2	Avantajlar	349
4.4.7.3	Yerden Isıtma ile İlgili Tavsiyeler	349
4.4.8	BOYLER SİSTEMLERİ	350
4.4.8.1	Kullanma Sıcak Suyu	350
4.4.8.2	Boyler Isıtma Sistem Sıcaklığı	350
4.4.8.3	Boyler Seçimi	350
4.4.8.4	Boyler Düşük Su Sıcaklığı (= Daha Az Enerji ve Su Tüketimi)	353
4.4.8.5	Boylere Enerji Ekonomisi	353
4.4.8.5.1	Güneş Enerjisi Boylerleri	356
4.4.8.5.2	Boyler Hacminin Seçimi	356
4.4.9	KAPALI GENLEŞME TANKLARI	356
4.4.10	TORTU, PİSLİK VE HAVA AYIRICILAR	359

4.4.11	HAVA PÜRJÖRLERİ	359
4.4.12	HİDROLİK DENGELEME	364
4.4.12.1	Çok Kazanlı Sistemlerde Hidrolik Dengeleme	364
4.4.12.2	Kolonlarda Hidrolik Dengeleme	364
4.4.12.3	Radyatörlerde Hidrolik Dengeleme	365
4.4.12.4	Isıtma Tesisatlarında Kayıp Faktörleri ..	365
4.4.13	DEĞİŞKEN DEVİRLİ SİRKÜLASYON POMPALARI	365
4.5	LOGAMATIC PANEL İLE OTOMASYON (Kazan Kontrol Panelleri İle Ekonomi)	366
4.5.1	BİNANIN İZOLASYON DURUMUNA GÖRE KAZANIN ÇALIŞMASI	366
4.5.2	ISITMA SİSTEMİNE GÖRE KAZANIN ÇALIŞMASI	366
4.5.3	ODA SICAKLIĞINA GÖRE KAZANIN ÇALIŞMASI	369
4.5.4	ÇALIŞMA EĞRİSİNİN ODA SICAKLIĞINA GÖRE OTOMATİK DÜZENLENMESİ	369
4.5.5	ÇALIŞMA EĞRİSİNDE MANUEL DÜZELTME	372
4.5.6	DÜŞÜK İŞLETME ŞEKİLLERİ	372
4.5.7	EĞRİNİN OTOMATİK ADAPTASYONU	374
4.5.8	OPTİMİZASYON (Açma - Kapama Zamanları Ayarlanması)	374
4.5.9	BACA GAZI SICAKLIĞI KONTROLÜ	377
4.5.10	SİRKÜLASYON POMPASI KONTROLÜ	379
4.5.11	DİNAMİK BRÜLÖR ŞALT DİFERANSI	379
4.6	ALTERNATİF ENERJİLER	380
4.6.1	GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ (G.E.S.)	380
4.6.1.1	Güneş Enerjisinin Avantajları	380
4.6.1.2	Kullanım Suyu Isıtmasında Güneş Kolektörü Sistemleri	382
4.6.1.3	Kullanım Suyu Isıtmasıyla Beraber Isıtma Desteği Sağlayan Güneş Kolektörü Sistemleri	382
4.6.1.4	Güneş Kolektörleri	383
4.6.1.5	Güneş Enerjisi Boylerleri	385
4.6.1.6	Güneş Enerjisi Kontrol Panelleri	385
4.6.1.7	Güneş Enerjisi Sistemlerinde Optimizasyon	388
4.6.1.8	Fotovoltaik Sistemler	389
4.6.2	RÜZGAR ENERJİSİ	398

4.6.2.1	Rüzgar Gücünün Özellikleri	399
4.6.3	ISI POMPALARI	399
4.6.3.1	Hava Kaynaklı Isı Pompaları	400
4.6.3.2	Su Kaynaklı Isı Pompaları	401
4.6.3.3	Toprak Kaynaklı Isı Pompaları (GSHP) ..	403
4.6.4	YAKIT HÜCRELERİ	404
4.6.4.1	Yakıt Hücresi Çalışma Prensipleri ve Türleri	406
4.6.4.2	Yakıt Hücresi Türleri	406
4.6.5	HİDROLİK ENERJİ	407
4.6.6	JEOTERMAL ENERJİ	407
4.6.7	DENİZ KÖKENLİ ENERJİLER	407
4.6.8	BİOKÜTLE ENERJİ	407
4.6.9	ISI DEPOLAYICILAR	407
4.6.9.1	Sıcak Su ve Kaynar Su Depolayıcılar	407
4.6.9.2	Uzun Süreli Depolama Sistemleri	407
4.7	ŞÖMİNELERİN ISITMA TESİSATINDA KULLANIMI	408

V. BÖLÜM

ÇATI ISI MERKEZLERİ

5.1	GİRİŞ	409
5.2	ÇATI ISI MERKEZLERİ	409
5.2.1	ÇATI ISI MERKEZLERİNİN AVANTAJLARI	415
5.2.1.1	Kazan Dairesi Açısından	415
5.2.1.2	Baca Açısından	415
5.2.1.3	Kazan Açısından	415
5.2.1.4	Boru Tesisatı Açısından	415
5.2.2	SİSTEMİN DEZAVANTAJLARI	415
5.3	ÇATI ISI MERKEZLERİ İÇİN TEKNİK ŞARTLAR	416
5.3.1	KAZAN DAİRESİ YAPISI İLE İLGİLİ ŞARTLAR	416
5.3.2	KAZANLARLA İLGİLİ ŞARTLAR ...	416
5.3.3	TESİSATLA İLGİLİ ŞARTLAR	416
5.3.4	SICAK SU BORULARI İLE İLGİLİ ŞARTLAR	420
5.3.5	DİĞER EKİPMANLARLA İLGİLİ ŞARTLAR	420
5.3.6	BACAYLA İLGİLİ ŞARTLAR	420
5.4	ÇATI ISI MERKEZİNİN EKONOMİSİ	420
5.4.1	ÖRNEK YAPI İÇİN VERİLER VE KARŞILAŞTIRMA BİLGİLERİ	420
5.4.2	MALİYET	421
5.4.3	SONUÇ	421

VI. BÖLÜM**YÜKSEK YAPILAR**

6.1	YÜKSEK YAPILAR	424
6.2	YÜKSEK YAPILARDA SİHHİ TESİSAT	427
6.2.1	TEMİZ SU TESİSATI	429
6.2.1.1	Amerika'da Yüksek Yapı Uygulamaları	429
6.2.1.2	Kullanma Sıcak Suyu Tesisatı	435
6.2.1.3	Kendi Kendine Ayar Yapan Şerit Isıtıcı ve Tek Borulu Sıcak Su Dağıtım Sistemi ..	440
6.2.1.4	Merkez İçme Suyu Tesisatı	441
6.2.2	YÜKSEK YAPI PİS SU TESİSATI	441
6.2.2.1	Havalandırma Tesisatı	444
6.2.2.2	Islak Kolonlar	451
6.2.2.3	Yağmur Suyu	451
6.2.3	BORULAR, VANALAR VE FİTTİNGSLER	453
6.2.3.1	Boru Tesisatı Tasarımında Dikkat Edilmesi Gerekenler	453
6.2.3.2	Genleşme ve Büzüşme	453
6.2.4	YÜKSEK YAPI SİHHİ TESİSATINDA PRATİK NOTLAR ...	453
6.3	ISITMA VE KLİMA TESİSATI UYGULAMALARI	455
6.3.1	YÜKSEK YAPILAR	455
6.3.1.1	Isı Kayıp ve Kazançları	455
6.3.1.2	Çevre ve Çekirdek Zonları	455
6.3.1.3	Yüksek Statik Basınç	455
6.3.1.4	Isı Geri Kazanma	456
6.3.2	Yüksek Yapılarda Isıtma Tesisatı	456
6.3.2.1	Yüksek Yapılarla İlgili Tesisat Notları	456
6.3.2.2	Yüksek Binalar İçin Bacada Alınacak Önlemler	457
6.3.2.3	Çatı Isı Merkezleri	460
6.3.3	YÜKSEK YAPILARDA KLİMA TESİSATI	460
6.3.3.1	Mimari Yerleşim Özellikleri	460
6.3.3.2	Yangın Dampierlerinin Kullanımı	461
6.3.3.3	Yüksek Yapılarda Otomatik Kontrol ve Bina Otomasyon Sistemi	461
6.3.3.4	Yüksek Yapılarda Klima Sistemi Seçimi	461
6.3.3.5	Yüksek Yapı Uygulamalarında Sistem Önerileri	464
6.3.3.6	Yüksek Yapı Örnek Uygulama Projeleri	473
6.3.3.7	Soğuk Su Sistemlerinde Basıncın Azaltılması	489

6.3.3.8	Sıcaklık Değişimlerinin Ekonomisi	492
6.4	AYDINLATMA OTOMASYON SİSTEMİ	492
6.4.1	AYDINLATMA YÖNETİMİ	492
6.4.2	AYDINLATMA KONTROL SİSTEMİ ÖZELLİKLERİ	493
6.4.2.1	Lokal Kontrol	493
6.4.2.2	Anahtarlar	496
6.4.2.3	Network Üzerinden Bilgisayar Kontrolü	496
6.4.2.4	Gün Işığı Dedektörleri	496
6.4.2.5	Hareket Dedektörleri	496
6.5	SOĞUTULMUŞ İÇME SUYU SİSTEMLERİ	498

VII. BÖLÜM**MEKANİK TESİSATIN DEPREM KORUNMASI**

7.1	TEMEL DEPREM BİLGİSİ	501
7.1.1	Tektonik Depremler	501
7.1.2	Deprem Dalgaları	501
7.2	CİHAZLARIN SİSMİK KORUMASI	502
7.3	BİNA DEPREM YÖNETMELİKLERİ	503
7.3.1	1996 BOCA VE 1997 SBCCI YAPI KODLARINA GÖRE HESAP	503
7.3.1.1	Örnek	504
7.3.2	IBC 2000 YAPI KODUNA GÖRE HESAP	504
7.3.2.1	Örnek	504
7.4	SİSMİK SINIRLAYICILAR	504
7.4.1	PASİF TİP SİSMİK SINIRLAYICILAR VE BAĞLAMA ELEMANLARI	504
7.4.1.1	Sadece Sınırlayıcılar	506
7.4.1.2	Hem Titreşim İzolatörü, Hem Sismik Sınırlama Görevi Yapan Ayaklar	506
7.4.1.3	Kolon Borusu Mesnetleri	507
7.4.1.4	Çelik Halatlar ve Titreşim Yalıtımlı Askılar	507
7.4.1.5	Esnek Bağlantı Parçaları (Körükler)	509
7.4.1.6	Çelik Platformlar	509
7.4.1.7	Analiz Yöntemi	509
7.4.2	SİSMİK SINIRLAYICI SEÇİMİ	509

7.5	DÖŞEME TİPİ CİHAZLARIN YAPIYA TESPİTİ VE SİSMİK KORUNMALARI	509
7.5.1	BETON KAİDELER	511
7.6	ASILI BORU VE KANALLARIN SİSMİK KORUMASI	511
7.6.1	ASILI BORU VE KANALLAR İÇİN SİSMİK KORUMA GENEL NOTLARI	512
7.6.2	YATAY BORULARIN TİTREŞİM İZOLASYONU VE SİSMİK KORUMASI	512
7.6.3	KOLON BORULARININ TİTREŞİM İZOLASYONU VE SİSMİK KORUMASI	514
7.6.4	SPRINKLER BORULARININ DEPREM KORUMASI	514
7.6.5	KANALLARININ TİTREŞİM İZOLASYONU VE SİSMİK KORUMASI	515
7.6.6	ASILI BORU VE KANALLARDA SİSMİK BAĞLARIN YERLEŞİMİ	515
7.7	DOĞAL GAZ TESİSATINDA DEPREM ÖNLEMLERİ	517
7.7.1	DEPREM EMNİYET VENTİLLERİ	517
7.7.1.1	Isısan Deprem Emniyet Ventilleri	517
7.8	İNŞAATLA İLGİLİ ÖNLEMLER ...	518
7.8.1	BACALAR	518
7.8.2	BİNA DRENaj SİSTEMLERİ	518
7.9	DEPREM ÖNCESİNDE YAPILACAK İŞLER	518
7.10	DEPREM SONRASINDA YAPILACAK İŞLER	518

VIII. BÖLÜM

KİMYASAL VE BİYOLOJİK TERÖRE KARŞI MEKANİK TESİSATTA ALINABİLECEK ÖNLEMLER

8.1	GİRİŞ	519
8.2	BİYOLOJİK VE KİMYASAL SALDIRI SİLAHLARI	519
8.2.1	BİYOLOJİK SİLAHLAR	519
8.2.1.1	Biyolojik Savaşın Tarihçesi	519
8.2.1.2	Şarbon (Antraks)	519
8.2.1.3	Veba (Yersinia Pestis)	520
8.2.1.4	Botulinum Toksini	520
8.2.1.5	Çiçek (Variola)	520
8.2.2	KİMYASAL SİLAHLAR	520
8.2.2.1	Organizmaya Giriş Yolları	520
8.2.2.2	Penetrasyon Güçleri (Malzemelerin İçinden Geçebilme Gücü)	521
8.2.2.3	Dekontaminasyon (Zararlı Maddeleri Temizlemek)	521
8.3	HAVALANDIRMA SİSTEMİ	521
8.3.1	HAVA ALIŞ AĞIZLARI	521
8.3.2	HAVA DAMPERLERİ VE ZEHİRLİ GAZ DEDEKTÖRLERİ	522
8.3.3	SALDIRININ ALGILANMASI HALİ .	522
8.3.4	KLİMA SANTRALLARINDA FİLTRE KULLANIMI	522
8.3.5	HAVA KANALLARINDA SIZDIRMAZLIK	527
8.4	SIHHİ TESİSAT	527
8.5	KAZAN DAİRELERİ	527
8.6	EĞİTİM VE PLANLAMA	527

IX. BÖLÜM**LEJYONER HASTALIĞINA
KARŞI MEKANİK
TESİSATTA ALINABİLECEK
ÖNLEMLER**

EK 1	KAYNAKLAR	548
EK 2	BİRİMLER VE BÜYÜKLÜKLER	549
EK 3	SEMBOLLER	550
EK 4	DENGE KABİ BOYUTLARI	551
EK 5	EMNİYET VENTİLİ VE GENLEŞME TÜPÜ ÖLÇÜLERİ	552

9.1	LEJYONER HASTALIĞI	529
9.1.1	GİRİŞ	529
9.1.2	BİREYLERİN ETKİLENMESİ	530
9.1.3	TESİSATTA LEGIONELLA BAKTERİSİ POTANSİYELİ OLAN YERLER	530
9.1.4	KULLANMA SUYU SİSTEMLERİ	532
9.1.5	LEGIONELLA BAKTERİSİ DEZENFEKSİYONU	532
9.1.6	SIHHİ TESİSATTA KULLANMA SICAK SUYU VE SİRKÜLASYON SICAKLIĞININ YÜKSEK SEÇİLMESİ HALİNDEKİ SAKINCALAR	534
9.1.7	SİSTEMLERDE LEGIONELLA BAKTERİSİ RİSKİ	534
9.1.7.1	Güneş Enerjisi ile Su Isıtma Sistemlerinde	534
9.1.7.2	Sıcak Sulu Isıtma Sistemlerinde	534
9.1.7.3	Soğutma Kuleleri ve Buharlaştırıcı Kondenserlerde	534
9.1.8	SOĞUTMA KULELERİNDE OPERASYON VE BAKIM	536
9.1.8.1	Bakım	536
9.1.8.2	Acil Dezenfeksiyon Prosedürü	536
9.1.9	DİREKT BUHARLAŞMALI HAVA SOĞUTUCULAR (Evaporatif Soğutucular)	537
9.1.10	NEMLENDİRİCİLER	538
9.1.11	KLİMA SANTRALLARI VE FAN COİLLER	538
9.1.12	LEJYONER HASTALIĞINA KARŞI MEKANİK TESİSATTA ALINABİLECEK ÖNLEMLER	538
9.1.12.1	Kullanma Suyu Tesisatı	538
9.1.12.2	Soğutma Kuleleri ve Buharlaştırıcı Kondenserler	543
9.1.12.3	Nemlendiriciler	544
9.1.12.4	Klima Santralları ve Fan Coiller	544
9.1.12.5	Direkt Buharlaştırıcı Hava Soğutucular (Evaporatif Soğutucular)	545

I. BÖLÜM

SİHHİ TESİSATA ENERJİ EKONOMİSİ

Ekolojik dengelerin korunması, azalan temiz su kaynaklarına sahip çıkılması ancak kullanma suyunun dikkatli harcanması ile mümkündür.

Kullanma soğuk ve sıcak su tüketimini konforu düşürmeden azaltmak, su maliyetlerinde ciddi tasarruflar sağlayacaktır. Su tüketimini azaltarak pompalama ve ısıtma için harcanan enerjiden de ciddi tasarruflar sağlanacaktır. Suda yapılacak tasarruf, hem su maliyetlerinde hem de ısıtma ve basınçlandırma enerjisi maliyetlerinde tasarruf anlamına gelir ki birim su tasarrufu, maliyetlerde iki misli veya daha fazla azalmaya neden olur.

Konu, 5 ana başlıkta yoğunlaşmaktadır:

1. Su tüketimini ve maliyetini azaltmak
2. Su dağıtım ve basınçlandırma sistemlerinde enerji ekonomisi
3. Sıcak su tesisatında enerji ekonomisi
4. Hijyen
5. Lejyoner hastalığı riskini önlemek

Amaç: Kullanmadan tüketmeyi önlemek, konforu artırmak ve hijyen koşullarını sağlamak.

Sonuç: Su ve enerji tasarrufu, daha hijyenik koşullar ve en önemlisi de ekolojik dengenin korunması.

1.1 TEMİZ SU TESİSATINDA SU TÜKETİMİNİ AZALTMAK

- Su, dünyanın en kıymetli kaynaklarından biridir.
- Su, gün geçtikçe daha değerli hale gelen doğal bir kaynaktır.
- Dünyanın su kaynakları zaman içinde artmayacak, tam tersine tüketim artacaktır.
- Su kaynaklarının artmayacağı ve daha çok kirleneceği de dikkate alınırsa, su daha da kıymetli bir kaynak olacak ve değeri çok daha fazla artacaktır.
- Enerji maliyetlerindeki artış da (petrol, elektrik vb) su maliyetini arttıran diğer bir etkidir.
- Nüfus artışı ve refah düzeyinin yükselmesi, suya olan talebi artıracaktır.
- Ayrıca su tüketimi, sadece evsel kullanımla da sınırlı değildir. Mekanik tesisatın, endüstriyel amaçlarla, tarımsal amaçlarla büyük ölçekte su tüketimi söz konusudur.

Bu çalışmada binaların, özellikle de ticari binalarla ofis binalarının su kullanımı üzerinde durulmuştur.

- Su, tuvaletlerde kullanılan bir numaralı doğal kaynak olmakla birlikte, tek tüketim de değildir. Tuvaletlerdeki toplam tüketim, aydınlatma ve havalandırma için kullanılan elektrik enerjisi ile kağıt kullanımı dolayısıyla orman ürünleri gibi diğer doğal kaynakları da kapsamaktadır.

1.1.1 MİMARİ TASARIM ÖNLEMLERİ

a. Mimaride banyo, WC gibi ıslak hacimler olabildiğine düşey doğrultuda üst üste, yatay doğrultuda da yan yana yerleştirilmeli ve mümkün olduğunca mekanik tesisat merkezine yakın olmalıdır.

Bu hacimlere hizmet veren tesisat şaftları oluşturulmalı ve her banyodaki tesisat şaftının yeri, şaft ile son armatür arasındaki mesafe en az olacak şekilde tasarlanmalıdır (*Şekil 1.1A, 1.1B ve 1.1C*). Böylece boru uzunluklarını minimumda tutmak mümkün olur. Bu, enerji kayıplarının ve boru maliyetinin azalması anlamına gelir. Böylece;

- Boru maliyeti,
- Pompalama, elektrik enerjisi maliyeti,
- Kullanma sıcak suyu ve sirkülasyon borusundan ısı kaybı azalır.

b. Tesisat şaftları (boşlukları) yeterli büyüklükte, ulaşılabilir ve boruların montajının, izolasyonunun ve bakımlarının kolay yapılmasını sağlayacak şekilde planlanmalıdır. Otel, iş merkezi vb yerlerde şaft kapakları yerine, şaft kapıları yapılmalıdır.

c. Donma riskini azaltmak için, kullanma suyu boruları soğuk bölgelerde dış duvar içinden geçirilmemelidir.

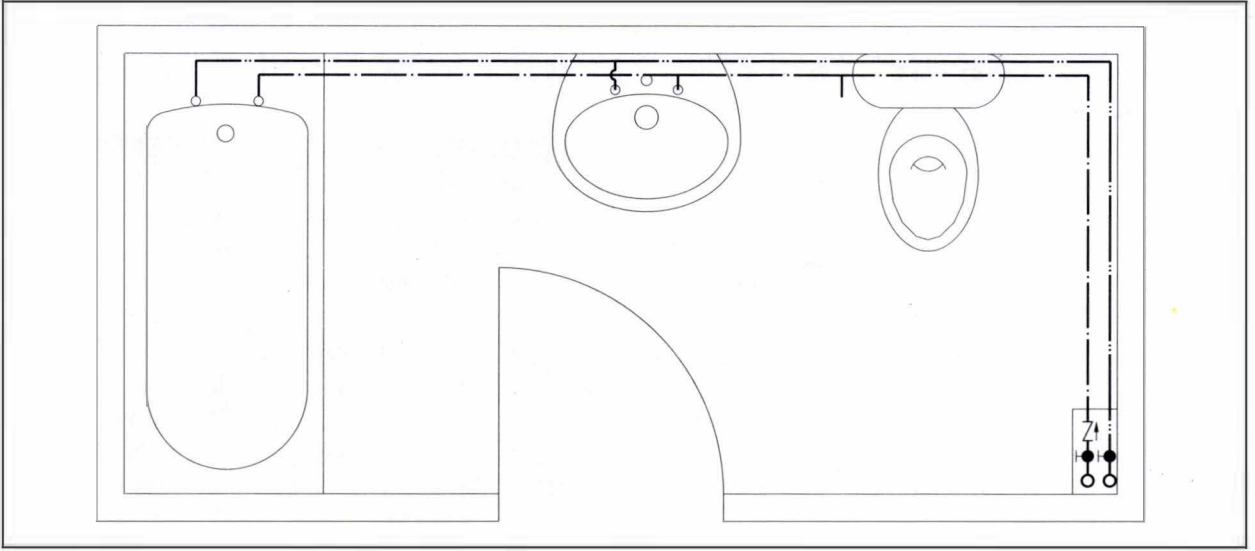
d. Kullanma sıcak su ve sirkülasyon boruları da (olabildiği kadar) ısı kaybını azaltmak için dış duvar içinden geçirilmemelidir (*Tablo 1.2*).

e. Su depoları:

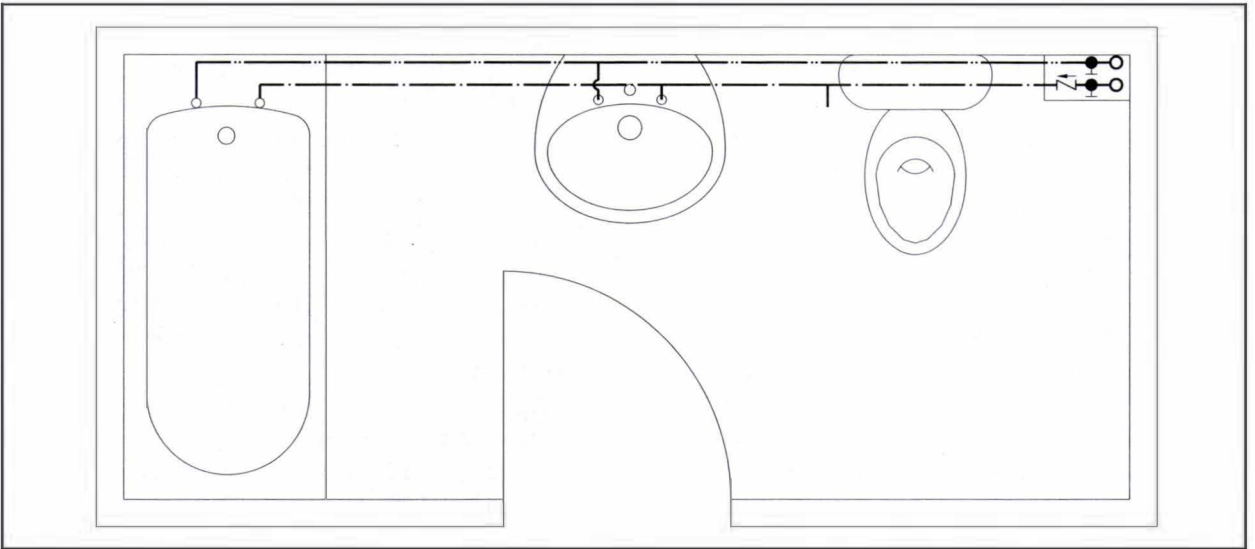
- Mutlaka toprak altında olmalıdır. Toprak üstünde (ve özellikle güneş alan) depolarda bakteri üremesi çok hızlı gerçekleşmektedir (Her suda bakteri vardır. İçilebilir veya kullanılabilir sularda bakteri oranı çok düşüktür. Suyun sıcaklığı, bu düşük orandaki bakterilerin hızla çoğalmasına olanak sağlar.).
- Su depolarının iç yüzeyi olabildiğince pürüzsüz olmalıdır. Kargir depolarda derzsiz havuz seramiği kaplanabilir.

Boru Çapı Ø	Su Sıcaklığı 45°C		Su Sıcaklığı 60°C
	Ortam Sıcaklığı 20°C	Ortam Sıcaklığı 15°C	Ortam Sıcaklığı 15°C
15 (1/2")	43	77	136
20 (3/4")	61	95	160
25 (1")	75	109	178
32 (1 1/4")	89	123	197
40 (1 1/2")	101	134	212
50 (2")	111	145	226

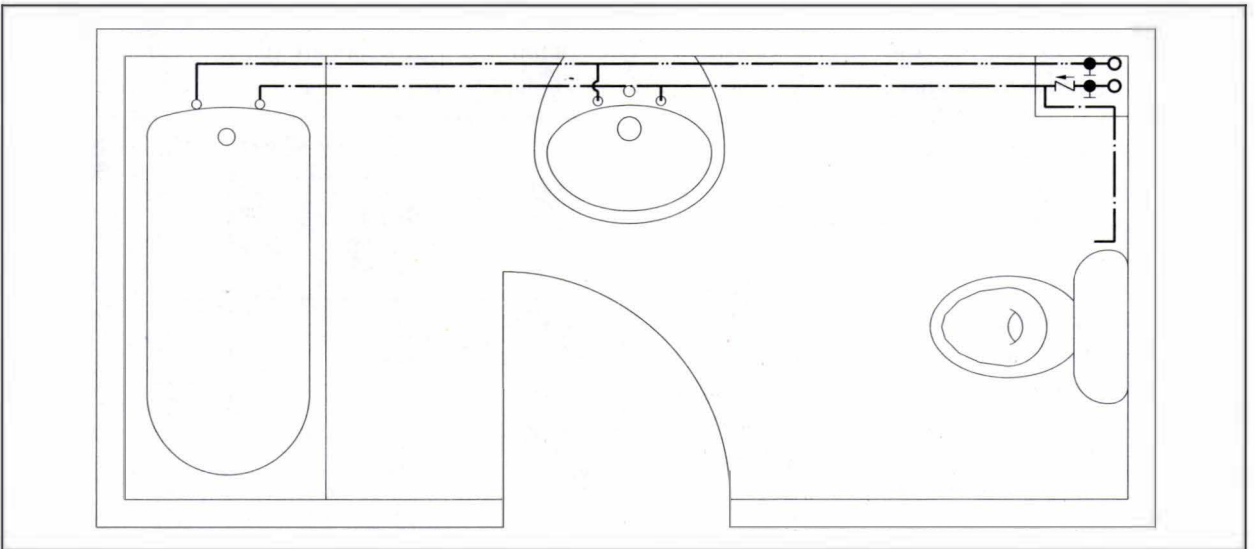
Tablo 1.2. DUVARA 3 cm GÖMÜLÜ
1 m BORUDAKİ ISI KAYBI (W/m)



Şekil 1.1A. TESİSAT ŞAFTI UZAK, BORU ÇOK DOLAŞIYOR.



Şekil 1.1B. DOĞRU MİMARİ VE TESİSAT DÜZENLEMESİ (Boru uzunluğu daha az)



Şekil 1.1C. DOĞRU MİMARİ VE TESİSAT DÜZENLEMESİ (Boru uzunluğu daha az)

- Binalara dağıtımı yapılan su, su depolarında ve tesisatta kirlenmelerden korunmalıdır.

1.1.2 DAHA AZ SU İLE DAHA İYİ EL YIKAMA

Hijyen uzmanlarına göre elleri yıkamak hastalıkların yayılmasını önleyen en önemli unsurdur. El yıkama, solunum yolu enfeksiyonlarına, bağırsak hastalıklarına ve özellikle Türkiye’de çok yaygın olan sarılık da dahil olmak üzere pek çok bulaşıcı hastalığa karşı savunmanın birinci basamağıdır.

Hapşırarak, öksürmek ve hayvanlara dokunmak gibi eylemlerden ve özellikle tuvalete gittikten sonra, eller mutlaka yıkanmalıdır. Bu, genelde bilinmesine rağmen, pratikte pek uygulanmamaktadır.

Türkiye’de;

a. Taharetlenme alışkanlığı vardır. Bu yüzden eller çok daha iyi yıkanmalıdır.

b. Sarılık (hepatit) hastalığı çok yaygındır ve çok yüksek risk oluşturur.

c. Hayvanlar ile temas da her zaman risktir.

2000 yılında yapılan bir ankete göre; Amerikalı yetişkinlerin %95’i tualeti kullandıktan sonra ellerini yıkadıklarını söylese de, sadece %67’sinin yıkadığı tespit edilmiştir. Ayrıca, elini yıkayan insanların büyük bir kısmı da, muhtemelen ellerini 20 saniye sabunla ovamamaktadır. Ayrıca ellerin yıkanması sırasında, özellikle parmak aralarının da çok iyi sabunlanmasını çok daha az insan yapmaktadır.

Halbuki FDA (Food and Drug Administration) tarafından yapılan tanıma göre, sadece elleri ıslatmak veya hafifçe sabunlamak etkili değildir. Etkili olarak elleri, parmak aralarını ve tırnak aralarını yıkayabilmek için elleri, akan suyun altında önce:

- 4 saniye ön yıkama yapmak,
- 20 saniye sabun ile ovalamak ve
- 4 saniye durulamak gerekir (Açma - kapama için de ayrıca 5 saniye gerekir.).

(Sabunun kirleri absorbe etmesi için 20 saniye süre gereklidir.)

Öte yandan el yıkama sıklığını ve ovma süresini arttırmak, hijyen gereği yararlı olmakla birlikte, kullanma suyu tüketimini artırmaktadır. Bu durumda suyun verimli kullanılması gündeme gelmektedir. Örneğin genel tuvaletlerde sensör kumandalı musluklar kullanılabilir ve böylece önemli miktarda su tasarrufu sağlanabilir. Normal ve sensörlü muslukların her ikisinde de 8,3 l/dak akış olduğu kabul edilirse ve FDA tarafından tanımlanan el yıkama işlemi uygulanırsa, el yıkama başına 4 litre su tasarrufu sağlanabilir.

Sensör kumandalı musluklar, kullanıcının elleri aktif bölgede olmadığı zaman çalışmayacak şekilde dizayn edilmiştir. Halbuki normal musluklarda kullanıcı ellerini ovarken önemli miktarda su harcanmaktadır.

Aynı zamanda sensör kumandalı musluklara alışan kullanıcılar normal muslukları açık bırakıp gidebilmektedir.

Örneğin, 1.000 kişinin haftada beş gün çalıştığı bir ofis binasında, ortalama her kişi günde üç defa sensörlü musluğa sahip lavaboda ellerini yıkasa, bu, haftada 15.000 el yıkamaya ve 60.000 litre su tasarrufuna karşılık gelir. *Tablo 1.3’de* normal ve sensörlü musluklardaki su tüketimleri verilmiştir.

1.1.3 MEKANİK TASARIMDA ÖNLEMLER

1.1.3.1 Lavabo Muslukları ve Duş Bataryaları

Genel hacimlerin lavabo musluklarında su kullanımı, 10 l/dak’ın altında olmalı veya otomatik musluklarda (her açıldığında belli bir miktar su akıtanlarda) su kullanımı 0,95 litre/kullanımdan daha az olmalıdır. Daha az su akıtan (2 l/dak veya 10 saniyede 0,4 litre) genel hacim muslukları da mevcuttur. Musluk uçlarında mutlaka perlatör (su ile havayı karıştıran parça) olmalıdır. Sensörlü lavabo muslukları önemli derecede su tasarrufu sağlarken, sensörle çalışmak için enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Bu ürünlerden bazıları alternatif akımla çalışan kablolu ürünlerdir. Ama pilli olanlar daha yaygındır. Pili modellerin montajı daha ucuzdur. Çok sık kullanılmayan yerlerde, bu pillerin ömrü 3 yıla kadar uzayabilir. 2002 yılının sonunda Amerika piyasasına giren mangandioksit pilli musluklarda, pili şarj eden küçük bir hidroelektrik jeneratör kullanılmaktadır. Bu musluk, ekolojik tasarım anlamında harika bir örnektir. Üreticiye göre, günde en az 5 kullanım için 10 yıl boyunca herhangi bakım ihtiyacı duymaz.

1.1.3.1.1 Lavabo Muslukları ve Duş Bataryaları İçin Alınabilecek Önlemler

a. Armatürler tüketimi azaltmaya teşvik edici, kullanıcıya hoş gelen elemanlar olmalıdır.

Armatür seçerken teknolojiyle birlikte sağ duyuyu da göz önünde bulundurmak gerekir.

b. Suyun basıncı, musluk ağzında yüksek ve değişken olmamalıdır (5 - 10 mSS akma basıncı genellikle yeterlidir.).

c. Uygulamada aynı su sisteminde basınçlı duş başlıkları veya farklı basınçta çalışabilen duş başlıkları kullanılmamalıdır.

Ölçümler	Normal Musluk	Sensör Kumandalı Musluk	Tasarruf (Fark)
1 El Yıkama İşleminde Kullanılan Su Miktarı (Litre)	4,6	0,6	4,0

Tablo 1.3. NORMAL VE SENSÖR KUMANDALI MUSLUKLARDAKİ SU TÜKETİMLERİ (Bir kullanım için)

d. Olabildiği kadar kaliteli armatürler seçilmelidir.

e. Kullanma suyunun tüketiminin azaltılmasında en başta, daha verimli armatürlerin kullanılması gerekmektedir. Daha verimli armatürden kastedilen:

- Yeterli su debisini sağlayan,
- Duş başlığı suyu iyi pülverize eden,
- Duş bataryası su sıcaklığını ve debisini kolayca kontrol imkanı veren,
- Lavabo, evye, duş alt musluğu ise ucunda perlatör (aeratör) olan,
- Salmastrası kaliteli (kapatıldığında suyu damlatmayan) olan,
- İyi bir yıkamaya olanak sağlarken, gereğinden fazla suyu akıtmayan bataryalardır.

f. Duşun günde bir kere kullanılmasında, 40°C'lik tüketim sıcaklığı ayarlanana kadar ortalama 35 saniye süresince faydalanılmadan su akıtılır. Bu durumda yılda 1.680 litre su kaybı ve 29 kWh enerji kaybı oluşur.

g. Duş başlıkları genel duşlarda küçük boyutlu seçilmelidir.

h. Lavabo musluklarının "Aç - Kapa" diye tarif edilen miks tipte olması genellikle kullanımı kolaylaştırır. Kapatıp açıldığında aynı sıcaklıkta su kullanılır, sıcaklık ayarı için boşa su akıtılmaz konfor ve tasarruf sağlanır. Ancak yanlış konumda kullanıldığında ise duş yaparken veya mutfak evyesinde ya da lavabolarda musluğun her açılışında gereksiz şekilde sıcak su sarfiyatına sebep olmaktadır. Bunların yerine sıcak ve soğuk su musluklarında ayrı ayrı olan armatürlerin kullanılması, sıcak su sarfiyatında tasarruf sağlayacaktır. Ya da sıcaklık kontrol ayarı olan, istenirse kol kaldırıldığında yalnız soğuk su akıtan tip miks bataryalar kullanılabilir.

i. Miks batarya kullanıldığında önlem alınmazsa soğuk su, sıcak suya veya sıcak su, soğuk suya karışabilir. Su sıcaklığında dalgalanmalar olur. Örneğin birkaç bataryada soğuk su kullanılırken, soğuk su borusunda basınç düşer. O anda kullanılmayan bir miks bataryada sıcak su (sıcak su borusundaki basınç daha yüksek kaldığı için) soğuk su devresine girer veya musluklar kapalıyken, doğal sirkülasyon ile soğuk su - sıcak su borularındaki su birbirine karışabilir.

Çözüm için iki önlem alınabilir.

- Miks bataryalar kullanılmadığı sürelerde tam sağ veya sol konumda tutulabilir. Ancak kullanıcılardan sürekli bu dikkati göstermesi beklenemez.
- Her WC veya banyo hacminin soğuk ve sıcak su girişlerinde çekvalf kullanılması ters akımı önleyeceği için istenmeyen karışımlar da önlenmiş olur.

j. Musluklarda sudan tasarruf etmek için anahtar çözüm, su akış debisinin ve süresinin kısıtlanmasıdır. Bu amaçla özellikle genel lavabolarda sensör kumandalı musluklar kullanılmalıdır.

1.1.3.2 Klozet Seçimi

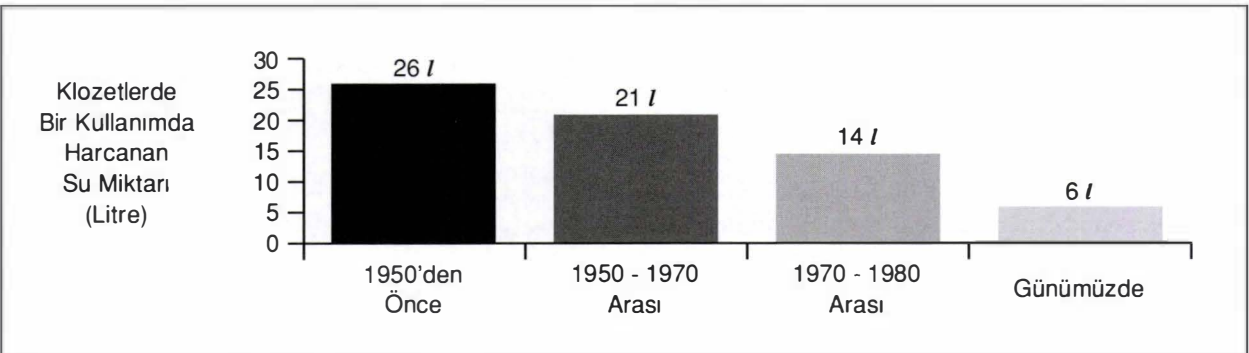
a. Klozette üç özelliğe dikkat edilmelidir:

- Yüzey yıkama yeteneği (tam yıkama)
- Temizleme kapasitesi (rezervuar su hacmi)
- Rezervuar iç takımı kalitesinin rezervuara uyumu (rezervuarda su kaçağı riski olmaması)

b. Klozetlerdeki su tüketiminde büyük gelişme olmuştur. 1950'den önce ilk klozetlerde her sifon çekişinde 26 litre su tüketilmekteydi. 1950 - 1970 yılları arasında gelişen tiplerde tüketim 19 - 21 litre mertebelerine inmiştir. 1980'lerden bugün geçerli standartların kullanılmaya başlandığı 1997 yılına kadar da 12 - 15 litre su kullanılmaktaydı. 1 Ocak 1997'den bu yana ABD'de ticari binalardaki tuvaletlerde klozet yıkamada 6 litre/kullanım değerinden daha fazla su kullanılması yasaklanmıştır. Bu standart, her yıl milyonlarca litre su tasarrufu sağlamaktadır. Bazı tip klozetler daha da fazla tasarruf yapabilmektedir. Hatta bazı basınç kontrollü klozet tipleri 1,9 litre/kullanım değerinden de az su ile çalışabilmektedir. Bazı klozetler vakum pompası veya hava kompresörünü çalıştırmak için elektrige ihtiyaç duysa da, diğerleri havayı sıkıştırmak için su besleme hattını kullanmaktadır (Şekil 1.4).

Çift akışlı klozetler, sıvı ve katı atıkları yıkamada farklı su miktarları sağlar. Sifon kolu, bir yöne bastırıldığında 3,8 litre; diğer yöne bastırıldığında 6 litre su kullanılır. Böylece sadece idrar halinde daha az bir suyla yıkama imkanı verilmiş olur.

c. 6 litre su ile tam yıkama ve temizlemeyi sağlayan tip klozet - rezervuar ikilisi, bugün için ideal klozet tipidir.



Şekil 1.4. YILLARA GÖRE KLOZETLERDE SU KULLANIMI

d. Tasarruflu rezervuar, hacmi optimum büyüklükte olan rezervuardır. Çok küçük rezervuar kullanılması her zaman su tüketimini azaltmaz. Çünkü bu durumda tek kullanışta istenilen temizleme sağlanamayacak, rezervuar bir kaç kez çekilecektir. Klozet ve rezervuar birbirine uyumlu olmalıdır.

e. Klozetlerde taharet amacıyla içilemeyen su (arıtılmış atık su) kullanımı:

Binalardaki tuvaletlerde, atık su arıtma tesislerinden elde edilen arıtılmış su kullanılabilir. Arıtılmış su, kimyasal arıtmayla atık sulardan elde edilir ve binalara ayrı besleme hatlarıyla ulaştırılır.

Arıtılmış su, çamaşırhane, duşlar ve lavabolardan gelen ve gri su diye adlandırılan atık sudan çok farklıdır. Gri su genellikle evlerdeki tuvaletlerde klozet yıkamada kullanılır Arıtılmış suyun mevcut olduğu yerlerde, tuvaletler için mutlaka arıtılmış su kullanımı düşünülmektedir. Halen arıtılmış su yoksa; fakat ileride arıtılmış su kullanıma sunulabilecekse, bina sahipleri arıtılmış suya kolay bir geçişi sağlayabilmek için, ikili boru tesisatını inşaat esnasında düşünmelidir.

1.1.3.3 Pisuarlar ve Pisuar Muslukları

a. Pisuarlarda yüzey yıkama yeteneğinin iyi olması koku sorununu önler.

b. Klasik tip pisuar muslukları kullanılmamalıdır.

c. Otomatik pisuarlar genel hacimler, büyük otel ve işletmeler için uygundur. Ancak her pisuarın su kontrolünün ayrı yapılması, su tüketimini azaltacaktır.

d. Bas tipi pisuar musluklarının maliyeti düşük olduğu için, kullanımı daha yaygınlaştırılmalıdır. Küçük işletme ve ofisler için daha pratik çözüm olabilir. Ancak projede boru çapları buna göre yapılmalıdır.

e. Otomatik pisuarlar bir kullanımda 4 litreden daha fazla su tüketmemelidir. Bununla birlikte su tüketmeyen yeni tip pisuarlar geliştirilmiştir. Bu ürünlerde sifon yapmayı sağlayan, idrardan daha hafif sıvılardan faydalanılmaktadır.

1.1.3.4 Genel

a. Boylerlerin soğuk su girişine genleşme deposu monte edilmelidir (*Şekil 1.5A ve 1.5B*). Genleşme deposu, içindeki suyu sirküle eden, hijyenik tipte olmalıdır. Türkiye’de bu alışkanlık olmadığı için emniyet ventilleri akıtmakta veya damlatmaktadır. Bu, hem emniyet açısından risk oluşturmakta, hem de su kaybına neden olmaktadır.

b. Radyatörlere dönüş musluğu takılmalıdır. Aksi takdirde binalarda, her daire boyanırken sistemdeki su boşaltılmakta ve tekrar doldurulmaktadır. Bu şekilde çok önemli miktarlarda su tasarrufu mümkün olur.

1.1.4 UYGULAMADA YAPILABİLECEKLER

a. Musluk, duş başlığı, batarya imalatçıları hangi basınçta hangi debinin alınabildiğini vermelidirler.

b. Musluk uçlarındaki havalandırıcılar perlatör (aerator) olan tipler kullanılmalıdır. Bunlar akışı kısıtlarken,

su ile havayı karıştırarak akıttığı için su hacmini daha fazla gösterirler. Su tüketimini azaltırlar.

c. Su sıcaklığında ve basıncında dalgalanma olmamalıdır. Miks tipi banyo bataryalarında soğuk su basıncındaki (başka yerlerdeki kullanımla ilgili) değişimler, su sıcaklığının değişmesine neden olur. Bu durumda haşlanma riski bile oluşabilir. Klozetlerin taharet musluklarından zaman zaman sıcak su akan birçok bina vardır.

d. Duş başlıkları küçük ve ince delikli ise su tüketimi azalır. Ancak su kireçliyse delikler çabuk tıkanabilir.

e. Şantiye, spor salonu gibi yerlerde duşlarda mümkünse kuma ağzı olmayan duş bataryaları seçilmelidir. Sadece duş başlığına su veren tip bataryaların seçilmesi ile daha az su tüketilecektir. Duşa ilk girildiğinde kuma boşaltma ağızından su akıtılarak sıcaklık ayarı yapılırken;

- Fazla su dökülür,
- Yandaki duşlarda suyun sıcaklığı değişir (boru çapları yeterli büyüklükte değilse),
- Diğer duşakilerin de sıcaklık ayarını değiştirmek istemeleri sonucu:

- Duşta kalma süreleri artar. Konfor bozulur.

- Daha fazla soğuk ve sıcak su (enerji) tüketilir.

Suyun doğrudan duş başlığından akması su tüketimini azaltacaktır.

f. Genel duşlarda duş başlıkları küçük seçilmelidir.

g. Genel duşlarda ve tuvaletlerde verimli su kullanımını teşvik eden kullanım kılavuzları asılmalıdır.

h. Bulaşık makinası kullanımı (elde yıkamaya göre)

- Daha az soğuk su tüketir,
- Daha az sıcak su tüketir,
- Daha temiz ve hijyenik yıkama yapar,
- Tabak, bardak kırılma riski azalır.

i. Filtreler

• Su filtreleri pislik tutmaya başladığında direnç yaratarak enerji kaybına neden olur.

• Filtreler tıkanmaya başladığında ise enerji kaybı çok artar ve konfor bozulur.

• Filtre ve pislik ayırıcılar, olabildiğince boru çapından büyük seçilmelidir.

• Büyük tesislerde ana su girişlerinde veya hidrofor çıkışlarında, işletilmesi ve bakımı zor pislik tutucular yerine, katı tutma hacmi büyük olan sanayi tipi su filtreleri kullanılmalıdır.

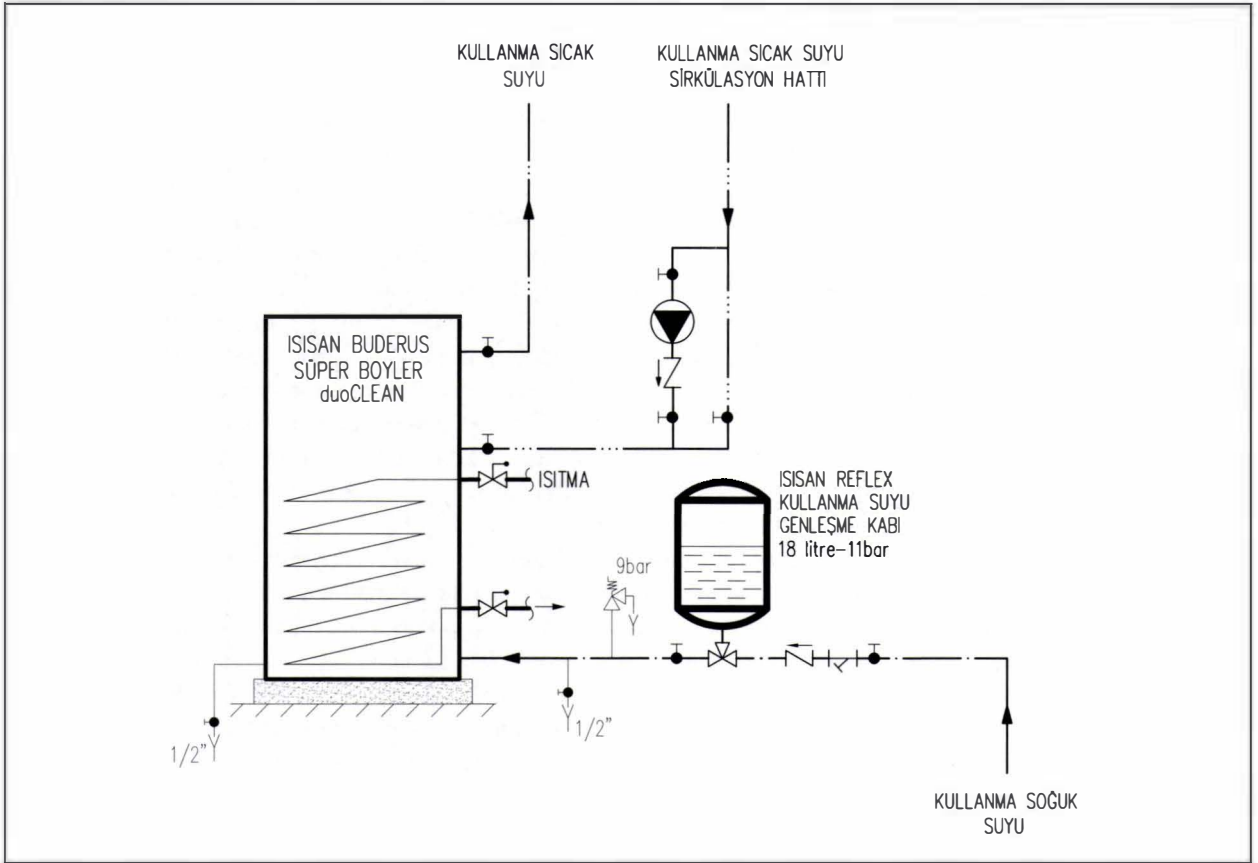
j. Su yumuşatma cihazları öncesinde yine su filtresi kullanılmalıdır.

k. Su ve buz pınarlı buzdolabı ve içme suyu tesisatlarındaki filtrelerde parazitleri tutma özelliği olmalıdır.

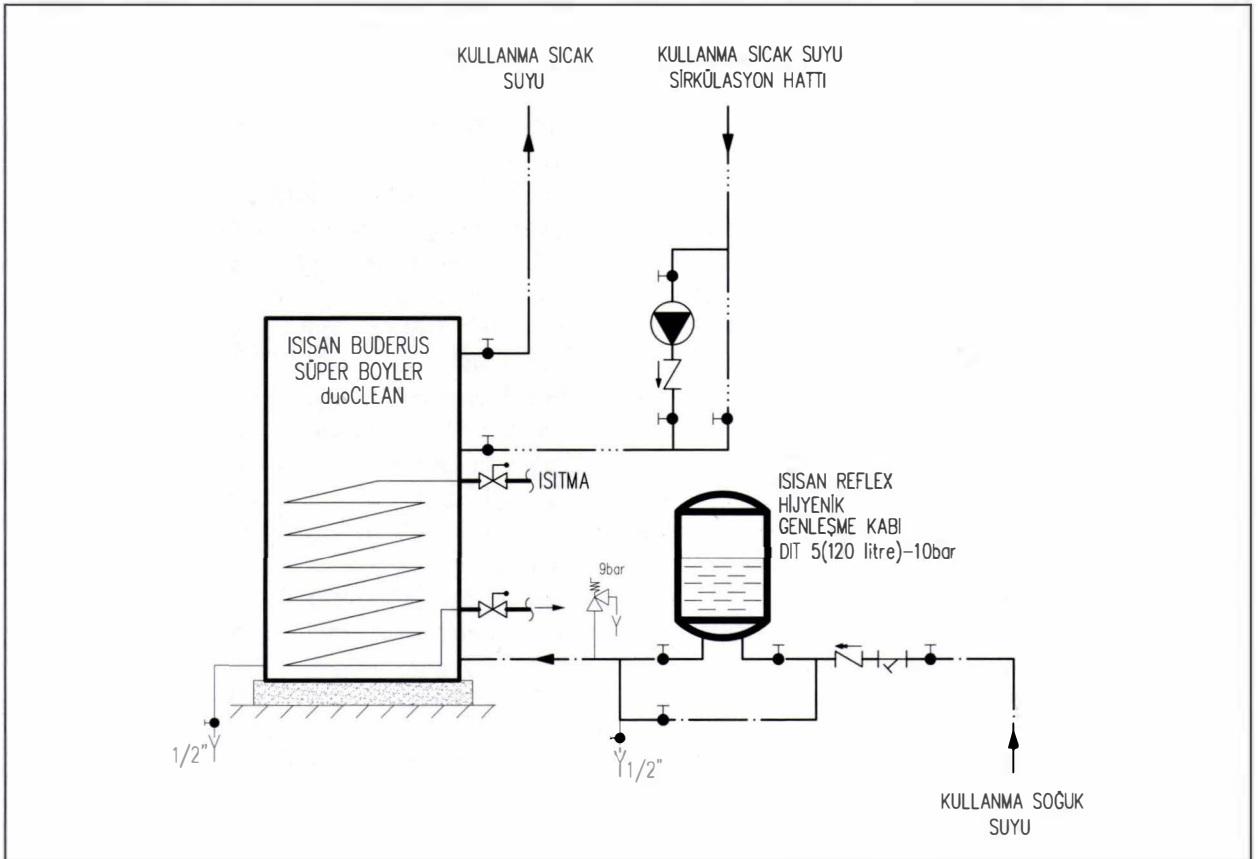
1.1.5 İŞLETMEDE YAPILABİLECEKLER

• Tek kollu miks bataryalarda kullanım bittikten sonra, kol en sağda veya en solda bırakılmalıdır. Böylece kullanım yokken sıcak ve soğuk suyun karışması önlenmiş olur.

• Musluklar düzenli olarak tamir edilmeli, tesisatın sürekli bakımı yapılmalıdır.



Şekil 1.5A. KULLANMA SUYU GENLEŞME KABI BAĞLANTI ŞEMASI



Şekil 1.5B. HİJYENİK GENLEŞME KABI (İçinde suyu sirküle eden tip) BAĞLANTI ŞEMASI

1.2 SU DAĞITIM VE BASINÇLANDIRMA (Hidrofor) SİSTEMLERİNDE EKONOMİ

1.2.1 SU DAĞITIM SİSTEMLERİ

- a. Su dağıtım sistemlerinin işlevi sıcak ve soğuk suyu,
 - Binanın her yerindeki kullanım apareylerine,
 - Uygun basınç ve sıcaklıkta iletmektir.
- b. Bu sistemler aşağıdaki temel amaçları gerçekleştirmelidir:
 - Suyu, uygun bir hacimsel debi, minimum basınç kaybı ve maksimum akış koşulları ile en uzaktaki apareye ulaştırmalıdır.
 - Maksimum ve minimum basınç koşullarında, en uzaktaki ve en yakındaki apareyde gereksinimleri karşılamaya yeterli basınç aralığında su sağlanmalıdır.
 - Sistem aşırı basınçlardan korunmalıdır.
 - Yüksek yapılarda çok önemli olduğu bilinen basınç kayıpları en az olacak şekilde tesisatın projelendirilmesi ve uygulaması konusundaki deneyimler, en küçük yapılar ve villalar için de geçerli olmalıdır.

1.2.2 SU BASINÇLANDIRMA SİSTEMLERİ

- a. Yüksek yapılarda, sistemi basınç kademelerine ayırarak, her kademeye özel hidrofor kullanmak daha doğrudur. Yaklaşık olarak her 35 m statik yükseklik, bir basınç zonu olmalıdır (*Şekil 1.6*).
- b. Gereksiz yere hidrofor basıncı yükseltildiğinde,
 - Pompa verimi düşer.
 - Hidrofor pompalarındaki elektrik enerjisi tüketimi artar. Fazla enerji, sürtünmelerle kaybedilir.
 - Musluktan akan su debisi artar. Dolayısıyla basınç artışı aynı zamanda gereksiz su tüketimine neden olur.
 - İhtiyaçtan daha fazla olan basınç nedeniyle sızma, ses, şiddetli akış oluşur, konfor bozulur.
 - Borulardaki su hızı 2 m/s'nin altında olmalıdır. 3 m/s değerini geçerse aşırı akış oluşur ve gürültüye neden olur.
 - Boru tesisatı ile bataryaların bakır borularının bağlantı noktaları ve bunun gibi tesisatın zayıf noktalarından kaçaklar oluşabilir.
- c. Hidrofor basıncının gereksiz yere artırılmasının neden olduğu enerji kaybını değerlendirmek üzere, üç farklı hidrofor ele alınmıştır. Bunlar *Tablo 1.7A*'da Örnek 1, 2 ve 3 olarak işaretlenmiştir. Her örnek için nominal hidrofor, ihtiyaca göre seçilmiş hidroforu göstermektedir. Yükseltilmiş basınç hali ise aynı hidroforda basıncı 1 bar yükseltme durumundaki değerleri göstermektedir. Cihaz kataloglarından yararlanılarak her hal için basınç, debi, verim değerleri okunup *Tablo 1.7A*'ya yerleştirilmiş ve buradan güç değerleri hesaplanmıştır. Muslukların debi ayarlı olduğu ve basınç artımına rağmen su tüketiminin değişmediği ve *Tablo 1.7B*'de gösterilen kullanma rejimi kabul edilerek her bir hal için yıllık elektrik enerjisi tüketimleri hesaplanmıştır.

Tablo 1.7B'de tam debiye (nominal hidroforların debi değerleri) oranla ifade edilen farklı debilerdeki yıllık su kullanım süreleri verilmiştir.

Buna göre nominal hal ile yükseltilmiş basınç halindeki elektrik tüketim farkları ve bunun nominal elektrik tüketimine bölünmesiyle bulunan artış oranları *Tablo 1.7A*'da son satırlarda görülmektedir. Buna göre hidrofor basıncını 1 bar artırmakla (çalışma basınçları ve hidrofor pompasının karakterine bağlı olarak) yıllık elektrik tüketimi %20 ile %52 oranında artabilmektedir. Nominal basınç değerleri düştükçe, 1 bar basınç artışı daha fazla etkili olmaktadır.

d. Hidrofor çıkışında basınç regülatörü kullanılmalıdır. Böylece basınç dalgalanmaları önlenir, konfor artar, tesise istenen sabit basınçta su gönderileceği için su tüketimi azalır.

e. Kullanma suyu için yaklaşık 5 m³/h debiden sonra çok pompalı (kademeli) hidrofor kullanılmasını tavsiye ediyoruz. Azalan enerji tüketiminden olan kazanç, fiyat farkını bir veya birkaç yılda amorti eder ve kısmen yedekleme imkanı oluşur.

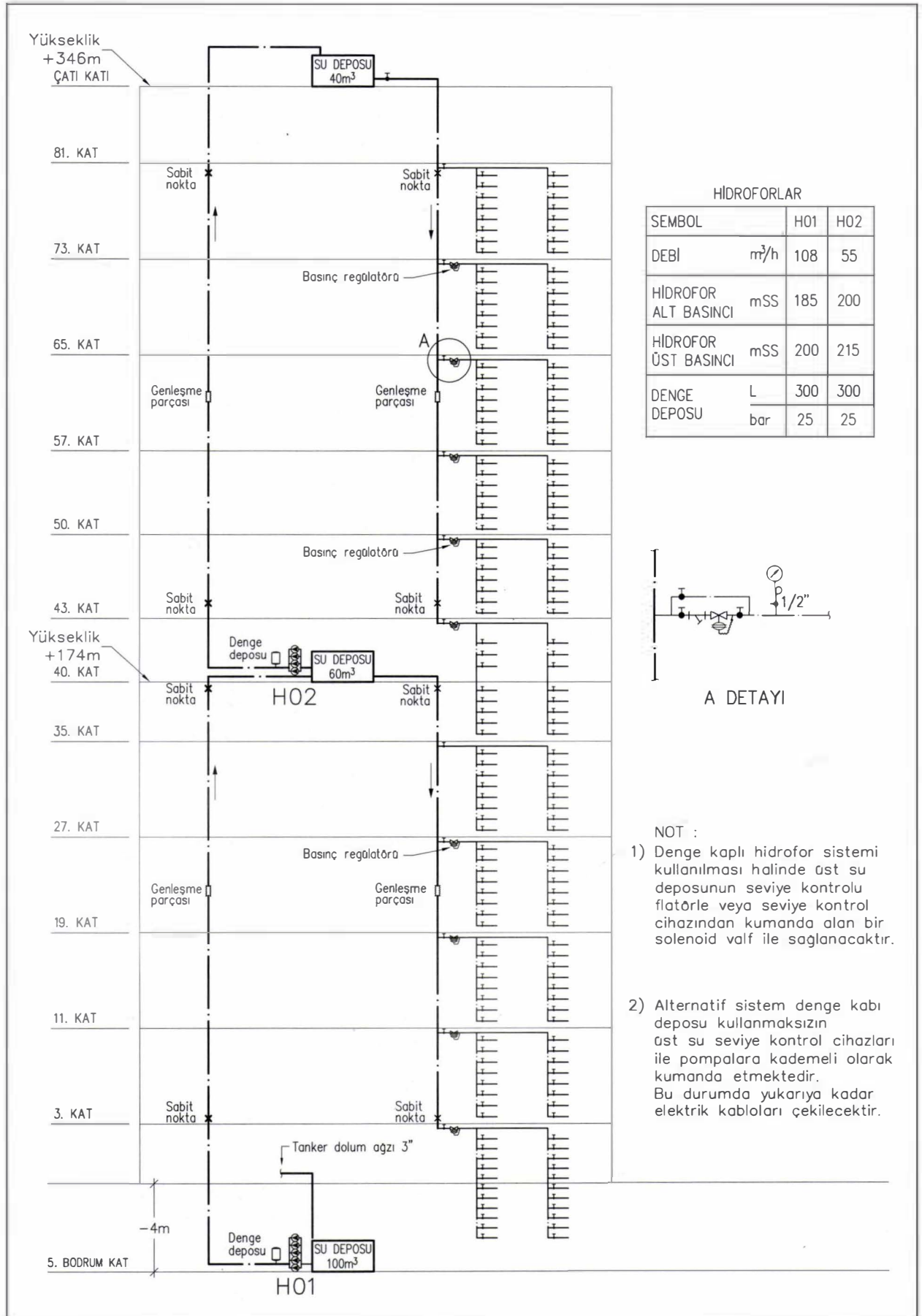
f. Şehir şebekesindeki basıncı mümkün olduğunca kullanmak gerekir (*Şekil 1.8*). Ancak çekvalflerden önce pislik ayırıcı kullanılmalıdır. Özellikle by-pass hattındaki çekvalfin arasına pislik girerse şebeke suyunun, geri kaçma riski oluşur.

g. Büyük tesislerde değişken devirli pompalı hidrofor kullanılmalıdır (Genellikle gerekli basınç sabit kaldığından değişken devirli tek pompa kullanımı hidrofor uygulamalarında uygun değildir. Bunun için çok pompa kullanmak ve pompalardan birini değişken devirli yapmak uygundur.).

h. Basınçlandırma sistemlerinde bütün bina tek pompa ile beslenirse (Amerika'da eskiden yapıldığı gibi):

- Değişen debi dolayısıyla pompa maksimum verim noktasında çalışmaz. Zamanın büyük kısmında kısmi yüklerde ve verimsiz noktada çalışır.
- Sistemdeki basınç kademeleri nedeniyle düşük basınç ihtiyacı olan yere de yüksek basınçla su gönderilir.
- Basınç enerjisi, basınç düşürücülerde veya musluklarda boş harcanır.
- Motor verimleri de kısmi yüklerde önemli ölçüde düşer.

i. Tek pompalı sisteme göre, optimize çok pompalı basınçlandırma sistemlerinin sağlayacağı ekonomiyi hesaplamak üzere 18 hp gücünde pompa kullanılan bir uygulama seçilmiştir. Hesaplar *Tablo 1.9*'da gösterilmiştir. İlk iki sütunda saat bazında yıllık yük oranı dağılımı verilmiştir. Bu dağılım kabul edilmiştir. Buna göre her iki alternatifin tükettiği enerji miktarları ve toplam enerji tasarrufu hesap sonuçları tabloda görülmektedir. Optimize edilmiş çok pompalı sistemde yıllık elektrik enerjisi tasarrufu 32.537 kWh mertebesindedir ki, bugünkü maliyetlerle 5.000 USD mertebesinde para tasarrufu anlamına gelir.



Şekil 1.6. TEMİZ SU DAĞITIM SİSTEMİ PRENSİP ŞEMASI

		Örnek 1		Örnek 2		Örnek 3	
		Nominal Hidrofor	Yükseltilmiş Basınç Hali	Nominal Hidrofor	Yükseltilmiş Basınç Hali	Nominal Hidrofor	Yükseltilmiş Basınç Hali
Basınç	(mSs)	60	70	50	60	40	50
Debi	(m ³ /h)	12,6	10,0	23,0	16,0	5,60	3,00
Verim	(%)	55	54	57	54	55	45
Güç	(kW)	3,72	3,55	5,50	4,90	1,10	0,90
Tüketim	(kWh)	6.405	7.718	9.485	12.105	1.903	2.885
Elektrik Tüketimindeki Fark	(kWh)	1.313		2.620		982	
Elektrik Tüketimindeki Artış	(%)	20		28		52	

Tablo 1.7A. HİDROFOR BASINCININ 1 bar ARTIRILMASININ YILLIK ENERJİ TÜKETİMİNE ETKİSİ

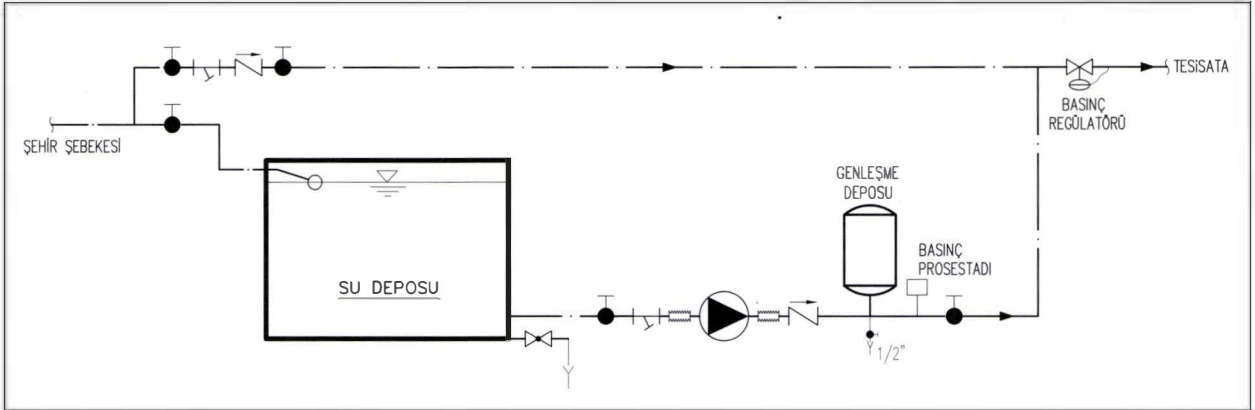
Çalışma Süresi (h)	300	600	768	960	1.224	2.880
Debi Oranı (yük)	0,53	0,45	0,40	0,32	0,25	0,13

Tablo 1.7B. YILLIK TOPLAM ÇALIŞMA SÜRESİ 6.732 SAAT OLAN BİR HİDROFORUN YÜKE GÖRE ÇALIŞMA SÜRELERİ

j. Basınca duyarlılığın en önemli nedenlerinden biri, soğuk su boru çaplarının küçük seçilmesidir. Su tesisatında basınç dalgalanmalarının olmaması için boru çapları, doğru ve yeteri kadar büyük seçilmiş olmalıdır.

k. Duvar içine monte edilen kullanma soğuk suyu, sıcak su ve sirkülasyon borularına, terlemeye ve ısı kaybına karşı ısı yalıtımı yapılmalıdır. Bu ısı izolasyonunun buhar kesici ile birlikte yapılması ve kelepçe, konsol detaylarında, soğutulmuş su tesisatlarındaki detayların kullanılması gerekir.

l. Dış duvar geçişlerinde, temiz su borusunun, bütün duvar kalınlığı boyunca koruma borusu (kovan) içinden geçirilmesi tavsiye edilir. Koruyucu kovan uzunluğu duvardan (sıva kalınlığı da dikkate alınarak) en az 10 mm daha fazla olmalıdır. Çapı ise boru çapından



Şekil 1.8. ŞEHİR ŞEBEKESİ KULLANMA SUYUNUN BASINCINDAN FAYDALANILMASI

Yıllık Çalışma Süresi	Yük Oranı	Güç Kullanımı		Enerji Tüketimi		Elektrik Tasarrufu Miktarı
		Çok Pompalı Hidroforda	Tek Pompalı Hidroforda	Çok Pompalı Hidroforda	Tek Pompalı Hidroforda	
Saat		kW	kW	kWh/yıl	kWh/yıl	kWh/yıl
2.880	0,13	1,49	7,08	1.295	20.403	16.107
1.224	0,30	3,35	8,57	4.107	10.497	6.389
960	0,39	4,47	9,32	4.295	8.949	4.653
768	0,48	5,59	9,69	4.295	7.445	3.150
600	0,63	7,45	11,18	4.474	6.711	2.237
Toplam =						32.537

Tablo 1.9. TEK VE OPTİMİZE ÇOK POMPALI HİDROFOR İÇİN YILLIK ENERJİ TÜKETİMİ ÖRNEĞİ

20 mm daha fazla olmalıdır. Aradaki boşluk dolgu maddesi ile doldurulmalıdır.

m. Açıktan geçen veya donma tehlikesi olan yerlerde borular donmaya karşı izole edilmelidir.

n. Az kullanılan veya donma tehlikesi olan hatların bir ayırma vanası ve bir boşaltma musluğu olmalıdır.

o. Çelik boruların sıva, harç, alçı vb malzeme ile temas etmemesi sağlanmalıdır. Aksi durumda önemli korozyon problemleri yaşanır.

1.3 KULLANMA SICAK SUYU TESİSATINDA EKONOMİ

Su ısıtma önemli bir enerji tüketim kalemidir. Kullanma suyu ısıtma sistemi yıl boyunca genellikle sürekli çalışır ve sürekli enerji tüketir. **Kullanma sıcak su tüketiminin azaltılması aynı zamanda ısıtma enerjisinden tasarruf anlamına da gelir.**

Sıcak su tesisatındaki verimsizlikler:

- Kazanlardan (seçilen kazan tipi ve yıllık kullanma verimi),
- Boylerlerden,
- Dağıtım ve sirkülasyon boru tesisatından,
- Boylerdeki su sıcaklığının yüksek seçilmesinden,
- Hidrofor sisteminin basıncının yüksek seçilmesinden,
- Musluk ve batarya tiplerinden kaynaklanabilir.

a. Konutlarda sıcak su ısıtması için gerekli ısı, yıllık ısıtma ihtiyacının %10 ile %20'si arasında bir oran oluşturur. Binalarda ısı yalıtımı, otomasyon vb önlemlerle, ısı kayıpları ve bina ısıtma ihtiyacı azaltılınca kullanma sıcak suyunun yıllık enerji ihtiyacı içindeki payı (oranı) daha yükselmiştir. Önlem alınmazsa bazı binalarda iki katından daha yüksek bir orana ulaşılır.

b. Büyük ticari binalarda kullanma sıcak suyunu ısıtmak için gerekli ısı, yıllık enerji tüketiminin %4'ü mertebelerinde olabilir.

c. Otelde ise bu değer, yıllık ısıtma ihtiyacının %20 - 35'i (ısı yalıtımı ve coğrafi bölgelere göre değişken) oranındadır.

Birçok otelde, otel %80 kapasite ile dolu iken kullanma sıcak suyu hazırlamak için harcanan enerji kadar ısı, sıcak su ve sirkülasyon borularında kaybedilmektedir (Tablo 1.2 ve Şekil 1.19).

1.3.1 KULLANMA SUYU SICAKLIĞININ SEÇİMİ

a. Ekonomik seçim olarak konutlarda boyler suyu sıcaklığı 45°C değerine ayarlanabilir. Son kullanım yerlerinde ise 42°C kadar olan kullanma suyu sıcaklığına izin verilir.

b. Lejyoner hastalığı riskine karşı;

- Isıtma sisteminin periyodik termik dezenfeksiyon yapabilme yeteneği olmalıdır (Boyer su sıcaklığı 45°C ayarlanır. Haftada bir defa 70°C'ye yükseltilerek, 30 dakika süreyle termik dezenfeksiyon yapılır.).

- Lejyoner hastalığı riski olan bölgelerde ise sürekli olarak su gidiş sıcaklığı 60°C olmalı, sirkülasyon dönüş sıcaklığı 52°C değerinin altına inmemelidir.
- Kullanma suyu ve sirkülasyon borularında eşit direnç sağlanarak, sirkülasyonun tam olarak sağlanması gerekir.
- Sirkülasyonun yapılamadığı kör noktalar kalmamalıdır.
- Eşit direnç uygulanamayan yerlerde **termal balanslama** (pahalı bir yöntem) yapılabilir.
- Boruların izolasyonu mutlaka çok iyi yapılmalıdır. Dezenfeksiyon sırasında su sıcaklığı 70°C'ye kadar çıkacağı için ısı kayıpları çok daha fazla olacaktır.

Daha detaylı bilgi için; Lejyoner Hastalığına Karşı Mekanik Tesisatta Alınabilecek Önlemler bölümüne bakınız (IX. Bölüm).

c. Çamaşırhanelerde;

- Çamaşırhane için ayrı bir boyler seçilmelidir.
- Sıcaklığı 55 - 60°C değerine ayarlanmalıdır.
- Çamaşırhane cihazlarından dönen kondens ise ayrıca bir ön boylerden geçirilip, ön ısıtma yapılmalıdır (Bununla hem ısı geri kazanımı sağlanır, hem de kondens tankına giren kondensin buharlaşması sonucu oluşacak ısı ve su kaybı, kireçlenme riski vb sorunlar önlenir.).
- Bu ön boyler, çamaşırhanenin boylerine (veya boylerlerine) seri olarak bağlanmalıdır (Şekil 1.10).

1.3.1.1 Buhar Jeneratörleri Kondens Sisteminde Atmosfere Atılan Buharın Geri Kazanımı

Örnek olarak 150°C sıcaklıkta ve basınç altındaki kondens, soğutulurak 90°C'de su haline getirilir ise, bu durumda 1 kg buhar kondensinden elde edilen ısı 60 kcal/kg_{buhar} olacaktır.

600 kg/h buhar kapasiteli bir buhar jeneratörü kondensinden elde edilecek günlük ısı:

$$Q = 600 \times 60 \times 8 \text{ h/gün} = 288.000 \text{ kcal/gün}$$

Bu enerjiyi kullanma suyunu ısıtmada kullanırsak;

$$\text{Şebeke sıcaklığı: } T1 = 15^\circ\text{C,}$$

$$\text{Kullanma suyu sıcaklığı: } T2 = 45^\circ\text{C için}$$

$$\Delta T = 45 - 15 = 30\text{K}$$

$$Q = 288.000 \text{ kcal/gün enerjinin,}$$

$$15^\circ\text{C sıcaklıktan } 45^\circ\text{C'ye ısıtılacağı su miktarı:}$$

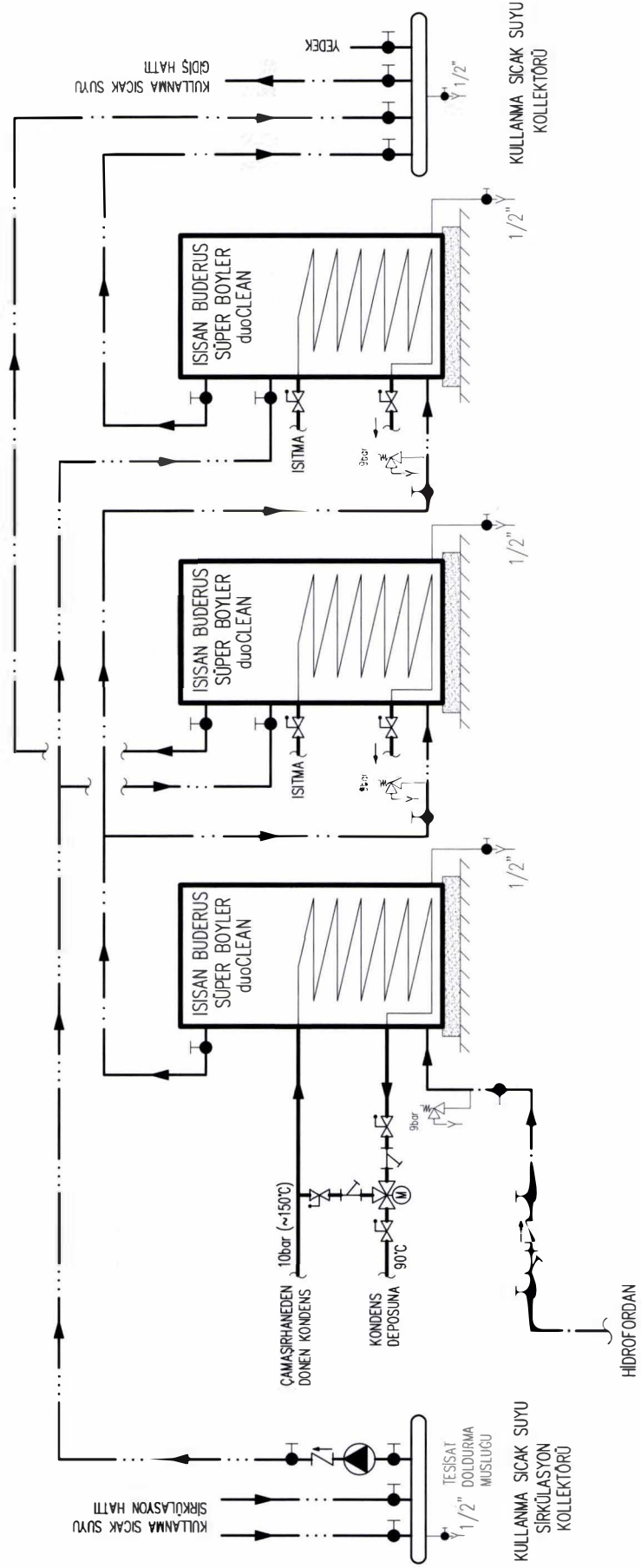
$$V = 288.000 / 30 = 9.600 \text{ l/gün}$$

Kişi başına 40°C'de 80 litre yıkanma suyu ihtiyacı için: $9600/80 = 120$ kişinin günlük yıkanma suyu karşılanacaktır. Bu atık enerjinin mutlaka geri kazanılmasının gerektiği açıkça görülmektedir.

1.3.2 BOYLER SU SICAKLIĞI YÜKSELDİKÇE ARTAN ENERJİ KAYIPLARI

Boyer suyu sıcaklığı 45°C olmalıdır (Çamaşırhane vb hariç.).

Kullanma yerlerinde (musluk girişinde) ise 42°C'nin altında olmamalıdır.



Şekil 1.10. ÇAMAŞIRHANELERDE KONDENSİN SOĞUTULARAK ISI GERİ KAZANIMINDA KULLANILMASI

Boyler su sıcaklığı daha yüksek ayarlanırsa:

- Birim su kütlesiyle taşınan enerji artar.
- Kullanım sırasında su sıcaklığı otomatik olarak kontrol edilemiyorsa, yüksek sıcaklıktaki sudan daha fazla enerji tüketilmiş olur.
- Kullanımda su sıcaklığını ayarlayıncaya kadar, daha fazla su ve enerji tüketilir.
- Su dağıtım hattında ve sirkülasyon hattında daha fazla enerji kaybedilir.
- Boyler yüzeyinden daha fazla enerji kaybedilir.
- Kazan, daha yüksek sıcaklıkta çalışmak zorundadır. Kazan verimindeki düşme nedeniyle (kazan daha yüksek sıcaklıkta çalışacağı için daha düşük verim ile çalışır) kazan daha fazla yakıt tüketir.

1.3.3 MEKANİK TASARIMDA ÖNLEMLER

Kullanma sıcak suyu üretiminde doğrudan yakıt tüketmek yerine, atık ısıdan yararlanmak ilk bakılması gereken konudur. Örneğin;

- Ticari yapılarda su soğutma gruplarının kondenserlerinden veya,
- Çamaşırhanelerde buhar sisteminin kondens dönüşü ısı değiştiricilerinden (ön boylerden) atık ısı kullanma sıcak suyu ısıtmasında değerlendirilebilir.

Konutlarda yazın daha az sıcak su kullanılır, boyler ısıtması için de daha az enerji gerekir. Boylere giren soğuk su sıcaklığı yaklaşık 20°C değerindedir ve daha az su kullanılır. Yazın çok büyük kazan, küçük yükler için çalıştırılır.

1.3.4 KAZAN SEÇİMİ

a. Su hacmi az olan kazan kullanımı avantajlıdır.

- Kısa sürede rejime girer.
- Daha az atık ısı oluşur.
- Durma kayıpları genelde daha azdır (*Şekil 1.11A*).

b. Mümkünse kullanma sıcak suyu için ayrı ısıtma kazanı kullanılmalıdır. Boylerin kazanı ayrı olursa daha az yakıt tüketilir. Ara mevsimde boyler için bina ısıtma kazanı yüksek sıcaklıklarda çalıştırılıp, daha fazla yakıt tüketmez (*Şekil 1.11B*).

c. "Boyler ısıtma kazanında su sıcaklığı 90/70°C seçilir." kuralı tartışılmalıdır.

Tüm ısıtma sisteminde su sıcaklığının düşürülmesi, kazan işletme verimini artıracığı için ısıtmada ciddi ekonomi sağlanacaktır. Boyler ısıtma sistemi 90/70°C seçilse de;

- Boylere giren suyun sıcaklığı kışın yaklaşık 10°C, yazın da yaklaşık 20°C olduğu için ısıtma dönüş suyu sıcaklığı genelde 70°C olarak gerçekleşmez ve genellikle buna ihtiyaç da olmaz.
- Kaliteli boylerlerde ısıtma serpantini boylerin altına oturduğu için (Bu Legionella bakterisinin dezenfeksiyonu için de zorunludur.) ısıtma dönüş suyu sıcaklığı düşer ve en yüksek kazan verimi elde edilir.

• Boyler ve ısıtma için yüksek verimli kendinden yoğuşmalı kazan kullanımı hemen hemen her zaman avantajlıdır (*Şekil 1.11C*).

• Kendinden yoğuşmalı kazanlarla Kaskad sistem kullanımı ile enerji tüketimi daha da azalacaktır (Bugün için kapasite sınırı 800 kW). Boylerdeki kapasite kullanımı gün içinde %0 ile %100 arasında değişir. Kaskad sistemde kazan, oluşan ihtiyaç kadar devrede olacağı için, durma kayıpları da en az olur (*Şekil 1.11D*).

d. Şekil 11.E'de boyler ısıtmasında çok rastlanan bir sorun, boyler pompası durduğunda boylerden ısıtma suyunun geçme nedeni incelenmiştir.

e. Boyler sayısı fazla olan sistemlerde bir adet (veya daha fazla) seri bağlı ön boyler kullanmak daha yararlı olabilir.

• Soğuk su önce bu boylere girer, çıkışta ön ısıtması yapılmış su, diğer boylerlere verilir (*Şekil 1.11F*)

• Isıtma devresi tek kolektör yapılı.

• Isıtma devresinde diğer boylerlerin ısıtma pompasının dönüşü ve karışım suyu aynı kollektöre bağlı ön boyler ısıtma pompasına verilir.

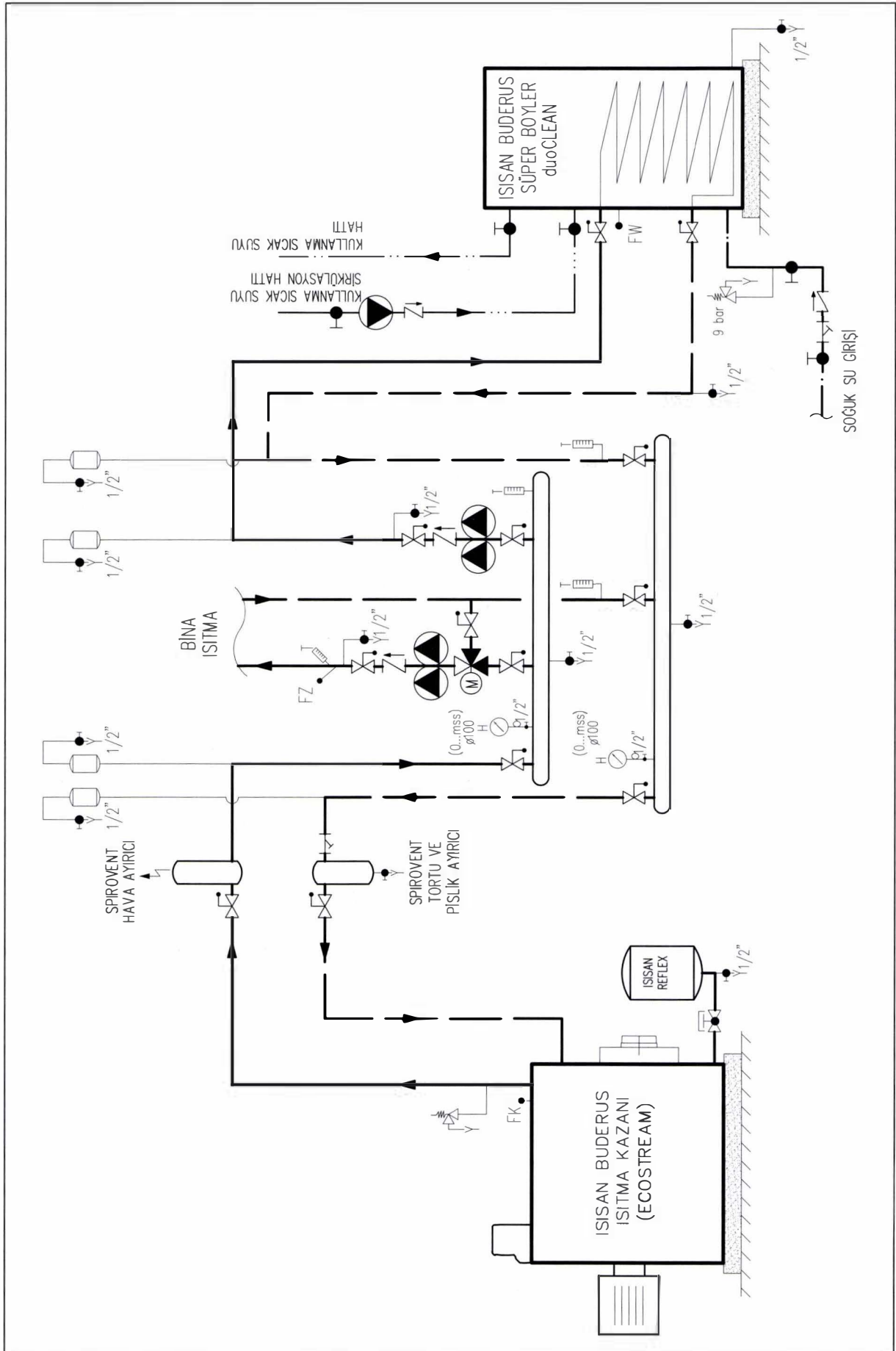
• Buradan daha fazla soğumuş olarak çıkan su, yoğuşmalı kazana geri döndürüldüğünde, yoğuşmalı kazanda tam yoğuşma süresi uzar, verim artar.

• Paralel bağlı boylerlerde kullanım anında soğuk su, tüm boylere girdiği için, tüm boylerde ısıtma için büyük kapasiteli sirkülasyon pompası çalışır ve borularda sıcak ısıtma suyu dolaşır. Oysa ön boyler kullanımı ile özellikle düşük kapasite kullanımında sadece ön boyler ısıtılır, küçük kapasiteli ısıtma sirkülasyon pompası çalışır, daha az boruda ısıtma suyu dolaşır ve enerji kaybı azalır. Sıcak su tüketiminin çok fazla olduğu otellerde bile gece yarısından sonra (24:00 - 06:00 saatleri arasında tüketim) sıcak su tüketimi çok azdır, günün üçte biri gibidir.

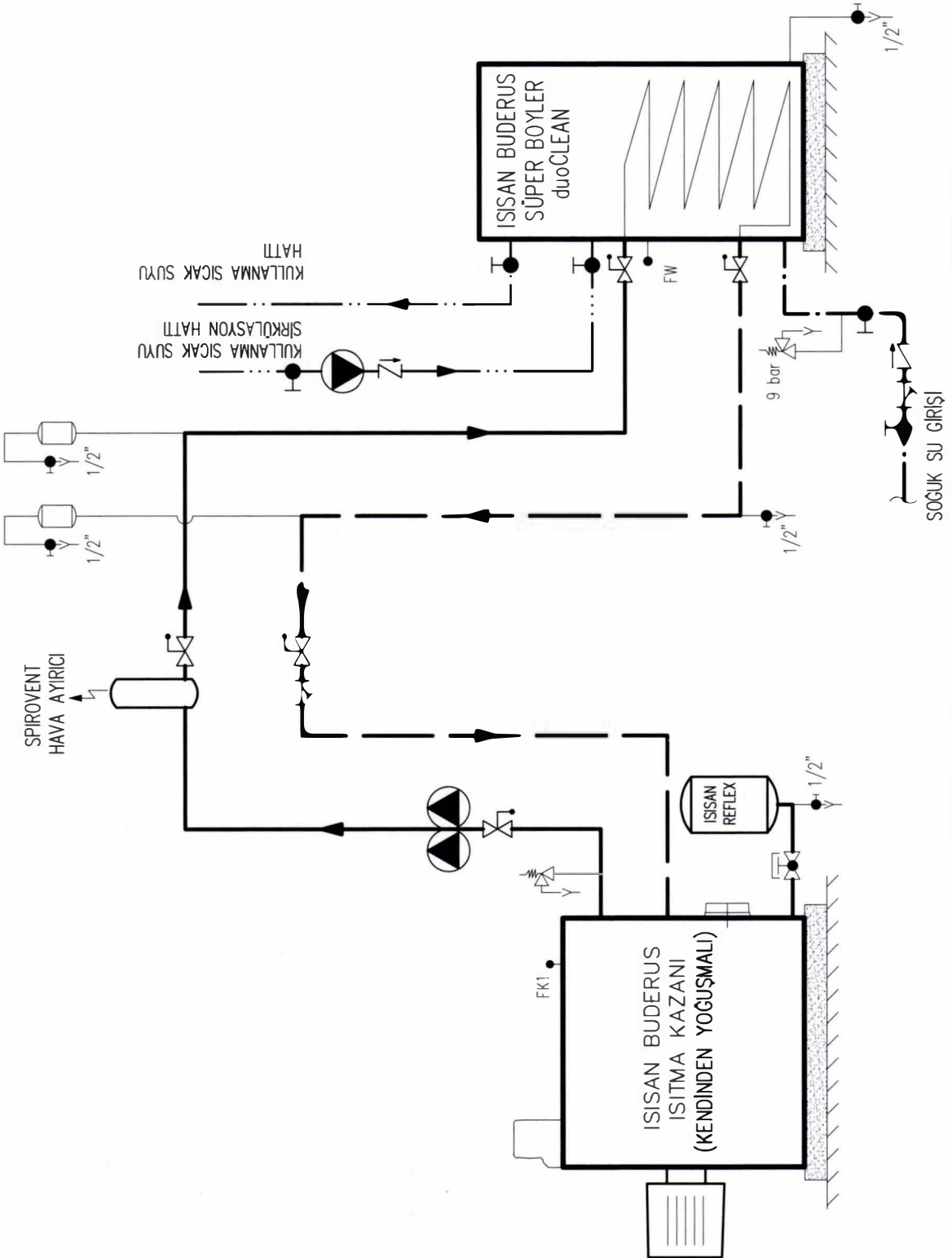
• Kullanma suyu sirkülasyonu dönüşü birinci boylere girer, ikinci boyler grubundan çıkar. Böylece kullanma suyunun ısıtması da genelde birinci boylerde gerçekleşir. Diğer boylerin ısıtması devreye girmez.

f. Kazanla boyler arasında boru hattında aşağıdaki örnekte yıllık ısı kaybı 45 kWh/yıl mertebesinde-dir. (Bu, ısı yalıtımı çok iyi yapılmış bir tesisattır. Gerçekte kayıplar bunun çok üzerinde gerçekleşir.) Bu kayıp, esas olarak kesintili çalışma dolayısıyla borularda soğuyan sudan kaynaklanır. Kazan ile boyler arasındaki boru uzunlukları olabildiği kadar kısa olmalıdır.

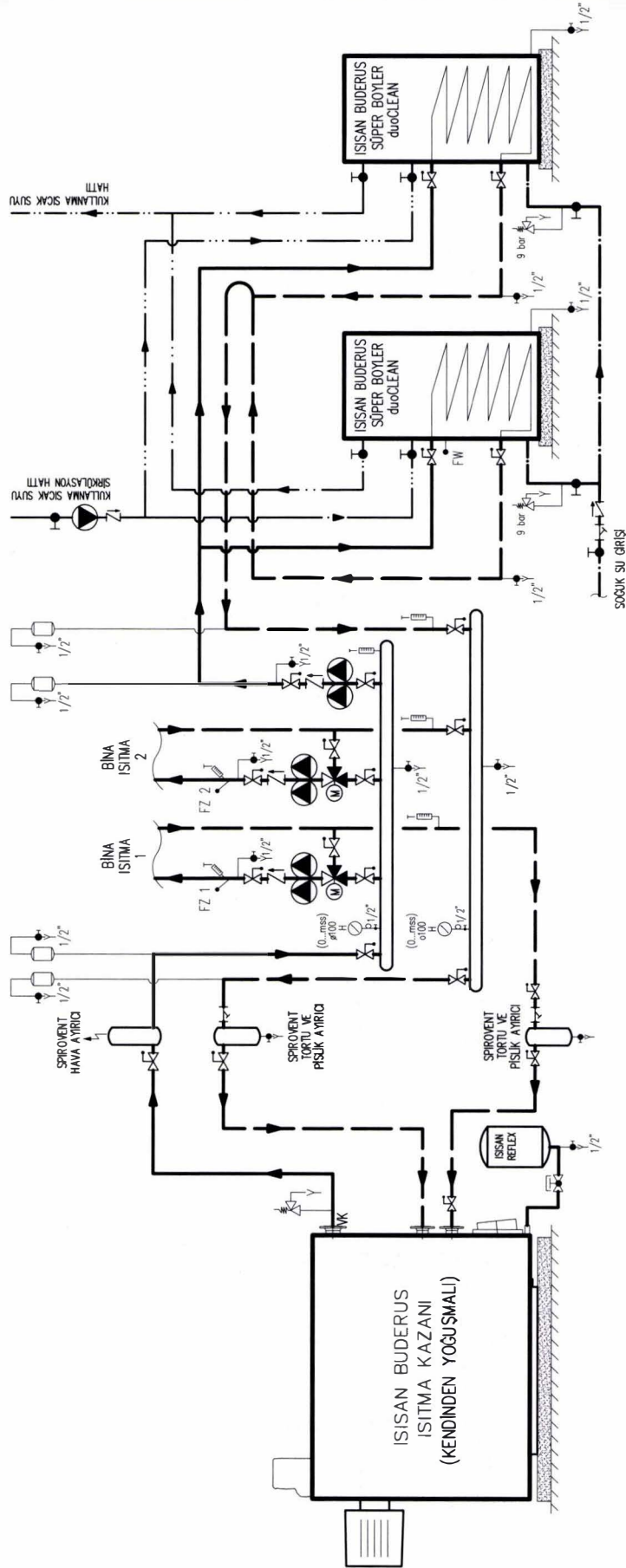
g. Boyleri besleyen kazandaki kayıplar kışın aynı zamanda ısıtma olduğundan, kazan ısı verimiyle ilgilidir. Ancak yazın kazan sadece kullanma sıcak suyu üretiminde kullanılır. Bu durumda kesintili çalışma sonucu kazanda bekleme kayıpları oluşur.



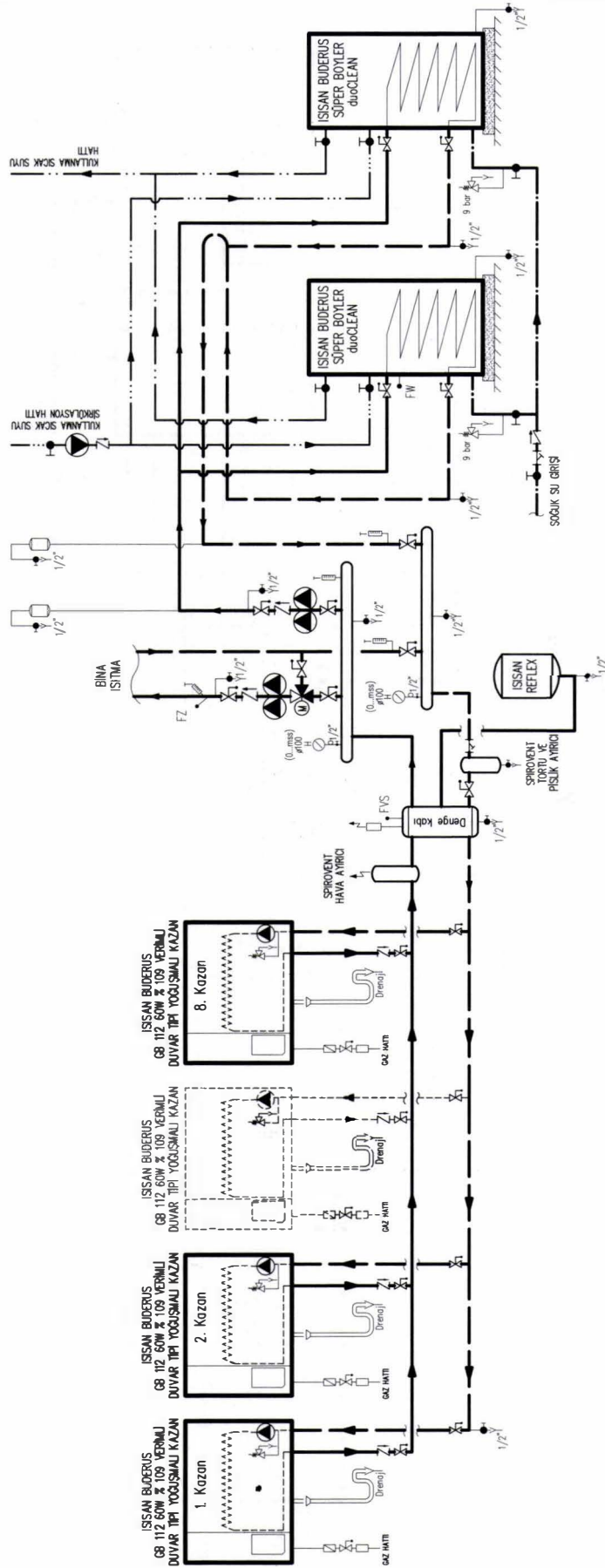
Şekil 1.11A. BİNA VE BOYLERİN AYNI KAZAN İLE ISITILMASI (İsisan Buderus Ecostream Kazan)



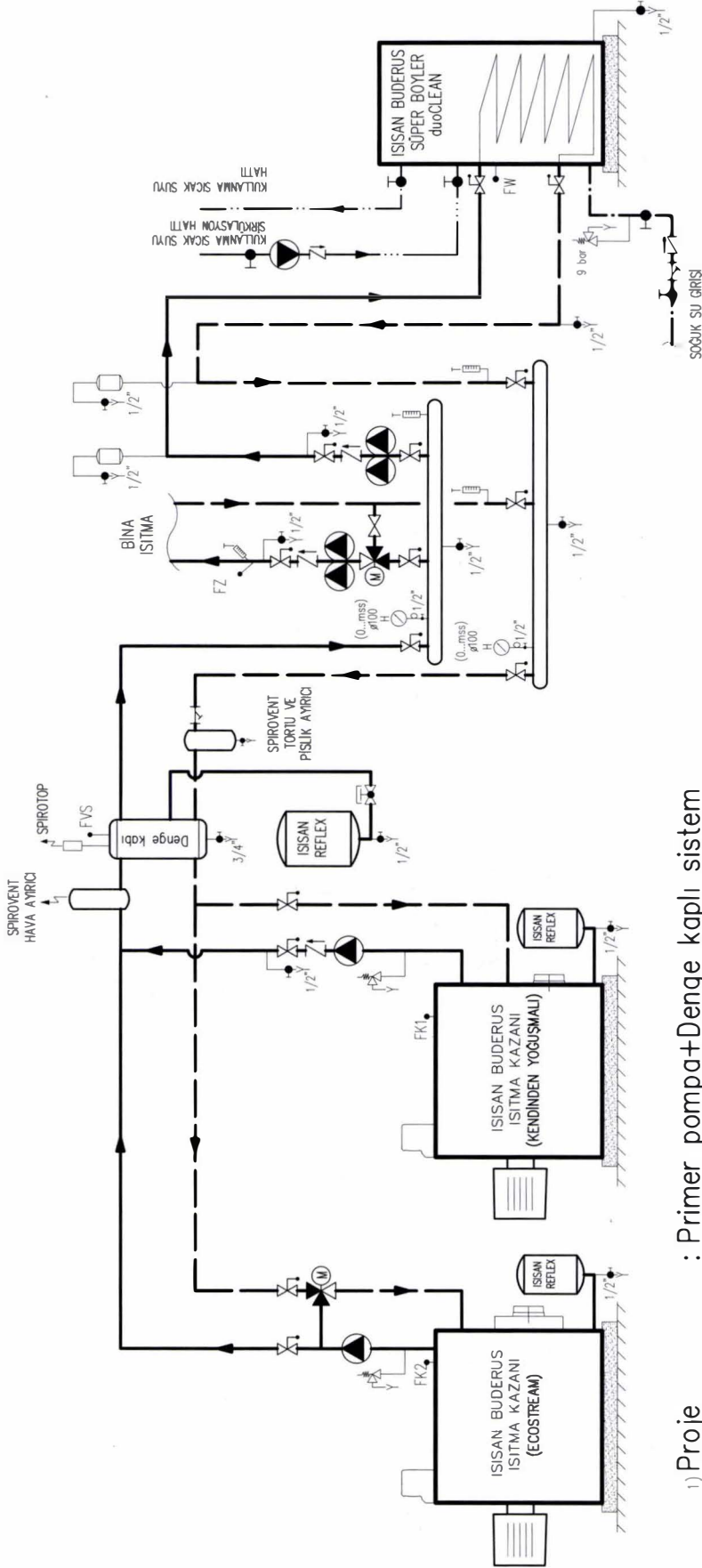
Şekil 1.1/B. BOYLERİN KENDİNDEN YOĞUŞMALI KAZAN İLE ISITILMASI



Şekil 1.11C. BİNA VE BOYLERİN AYNI KAZANLA ISITILMASI (Kendinden Yoğuşmalı Kazan)



Şekil 1.11D. KASKAD SİSTEM KULLANIMI



1) Proje : Primer pompa+Denge kaplı sistem

Isıtma+boyler zonları var

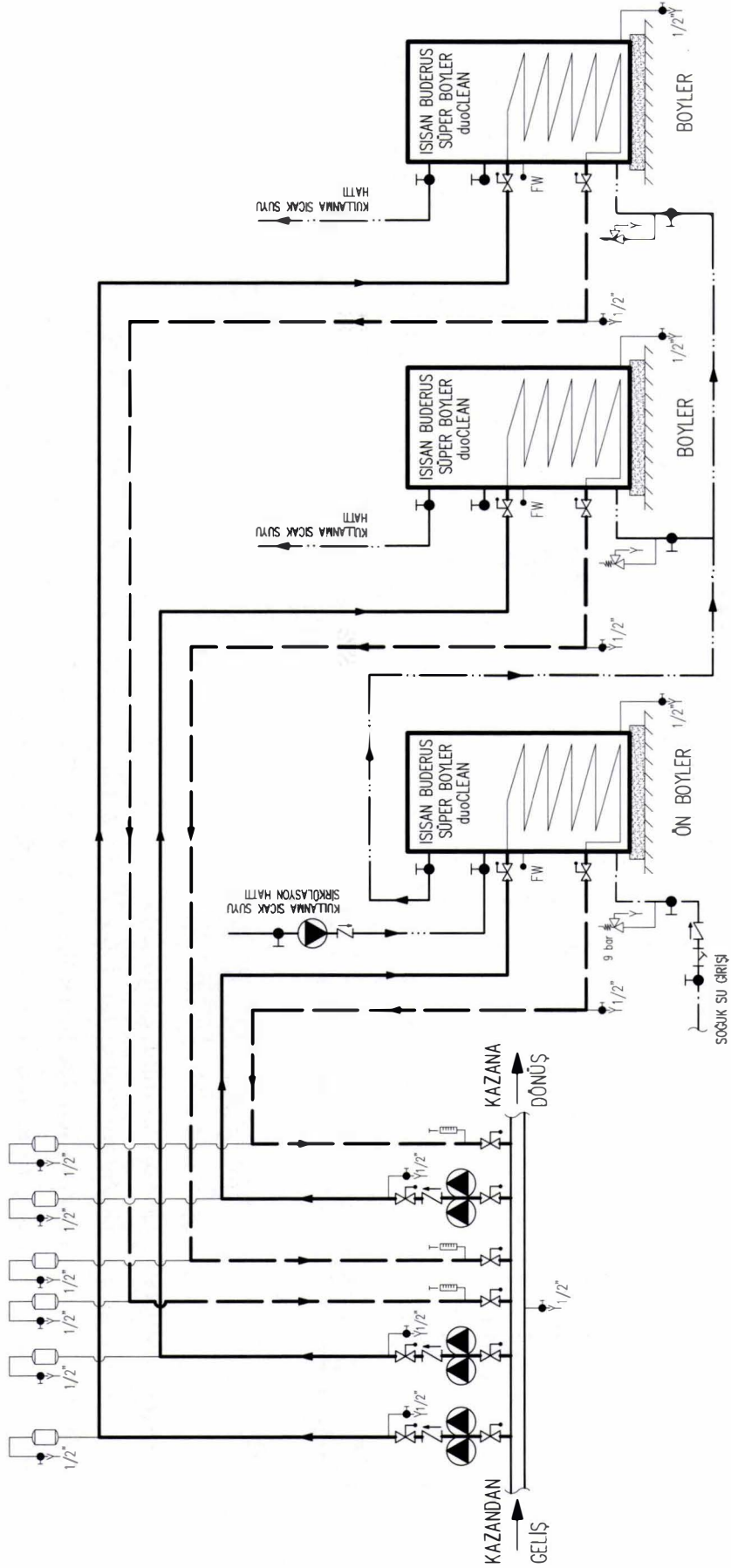
2) Boyler kontrolü : On-off pompa kumandası

3) Görünen sorun : Boyler pompası durduğunda boylerden ısıtma suyu geçiyor!

4) Bilgi : Doğru yapılan tesisatlarda boyler ısıtma pompası durduğunda, Boyler ısıtma devresinde kazan suyu dolaşmaz!

5) Gerçek sorun : a) Primer pompalar çok büyük (Ayrıca da gereksiz enerji tüketiyor.) ise ve (veya) b) Denge kabı küçükse boylerden ısıtma suyu, pompa durduğunda da dolaşır.

Şekil 1.11.E. BOYLERİN ISITMA SUYU İLE GEREKSİZ ISITILMA SORUNU



Şekil 1.11F. ISITMA TESİSATINDA ÖN BOYLER KULLANIM ŞEMASI

Ayrıca büyük kapasiteli kazan küçük ısı yüklerde çalıştığı için ilave verimsizlikler oluşur.

4 kişilik müstakil ev için,

Yazın durma kayıpları = 314 kWh

Yazın çalışma sırasındaki kayıplar = 107 kWh

Kışın kullanma suyu ısıtması sırasında kazanda

kaybolan ısı = 304 kWh

Buna göre 4 kişi yaşayan müstakil bir evde yapılan örnek hesapta,

Kullanma sıcak suyu için gerekli

faydalı ısı = 2.640 kWh/yıl

Depolamada kayıp = 330 kWh/yıl

Boru hatlarında = 222 kWh/yıl

Isının verilmesinde = 45 kWh/yıl

Isı üretiminde = 724 kWh/yıl

hesaplanmıştır. Sistemin kullanma ısı verimi:

Fayda / (fayda + kayıplar) = %67 değerindedir.

(Not: Tesisatın çok iyi yapıldığı bir sistem için geçerlidir.)

h. Alınabilecek önlemleri özetlersek:

- Boyler su sıcaklığı düşürülmeli,
- Daha yüksek sıcaklıkta su gerektiren yerler için, ayrı bir boyler ve tesisat kullanılmalı,
- Kalorifer kazanları yüksek verimli ve düşük enerji maliyetli (yoğuşmalı, mümkünse kaskad) olmalı,
- Kazan sisteminin bakımı ve temizliği periyodik olarak yapılmalı,
- Boylerdeki kireç tabakası periyodik olarak temizlenmelidir.

İlave önlemler:

- Çiller kondenserlerinden elde edilen sıcak su kullanma sıcak suyu olarak değerlendirilir.
- Kullanma sıcak suyu için ayrı kazan kullanılması- nın avantajlı olup olmadığı incelenmelidir.

i. Kazanlarda kurum yapmayan brülör (pnömatik yan- ma kontrolü yapan) kullanılması:

- Dış hava ısındığında kurum yapma riskini önler (Kurumun maliyeti çok yüksektir.).
- Dış hava soğuduğunda ise fazla hava girişi nede- niyle gereksiz enerji kaybı oluşmaz.
- Hava fazlalık katsayısı daha düşüktür.
- Hava yakıt karışımı ve yanma sürekli mükemmel- dir. Klasik oransal brülörlerde mekanik ayar tam yapılamaz ve zamanla bozulur.
- Basit gibi görünen **yapay zeka** kullanımı, klasik sistemlerle karşılaştırıldığında, yakıttan %2 - %10 arasında avantaj sağlayabilir. Brülör bedeli, büyük kapasitelerde (örneğin 3.000 kW) yakıt bedelinin yaklaşık %10'u mertebesindedir.
- Pnömatik kontrol CO₂ oranını hep yüksek tuttuğun- dan, yoğuşmalı kazanlarda yoğuşma miktarı artar.

Daha detaylı bilgi için; Isıtma Sistemlerinde Enerji Ekonomisi bölümünde, 4.4.5.2 Brülör Verimine bakınız (IV. Bölüm).

1.3.5 BOYLERLER

a. Isıtma kazanı ile boyler birbirine uyumlu olmalı ve birlikte seçilmelidir.

b. Boyler seçiminde

- Çift cidarlı boylerler,
 - Ataletlerinin çok fazla olması,
 - Isıtıcı, akışkan dış yüzeyde olduğu için ısı kayıp- larının çok fazla olması,
 - Isı yalıtım kalitesinin düşük olma riski,
 - Yeterli hijyen şartlarının sağlanamaması gibi ne- denlerle artık kullanılmamaktadır.
- Plakalı eşanjör + depolama tankı (dıştan serpan- tinli boyler) ise kullanımın kesintisiz (sürekli) olduğu çok özel uygulamalarda ve 30 - 40 m³/h dan büyük ihtiyaçlarda kullanımı avantaj ka- zanmaktadır. En önemli dezavantajları ise; de- polama hacmi küçük olduğundan (pik yüklerde- ki ihtiyaca cevap verebilecek şekilde) kazan ka- pasitesini çok büyük seçmek zorunluluğudur (*Şekil 1.12A*).

Ayrıca;

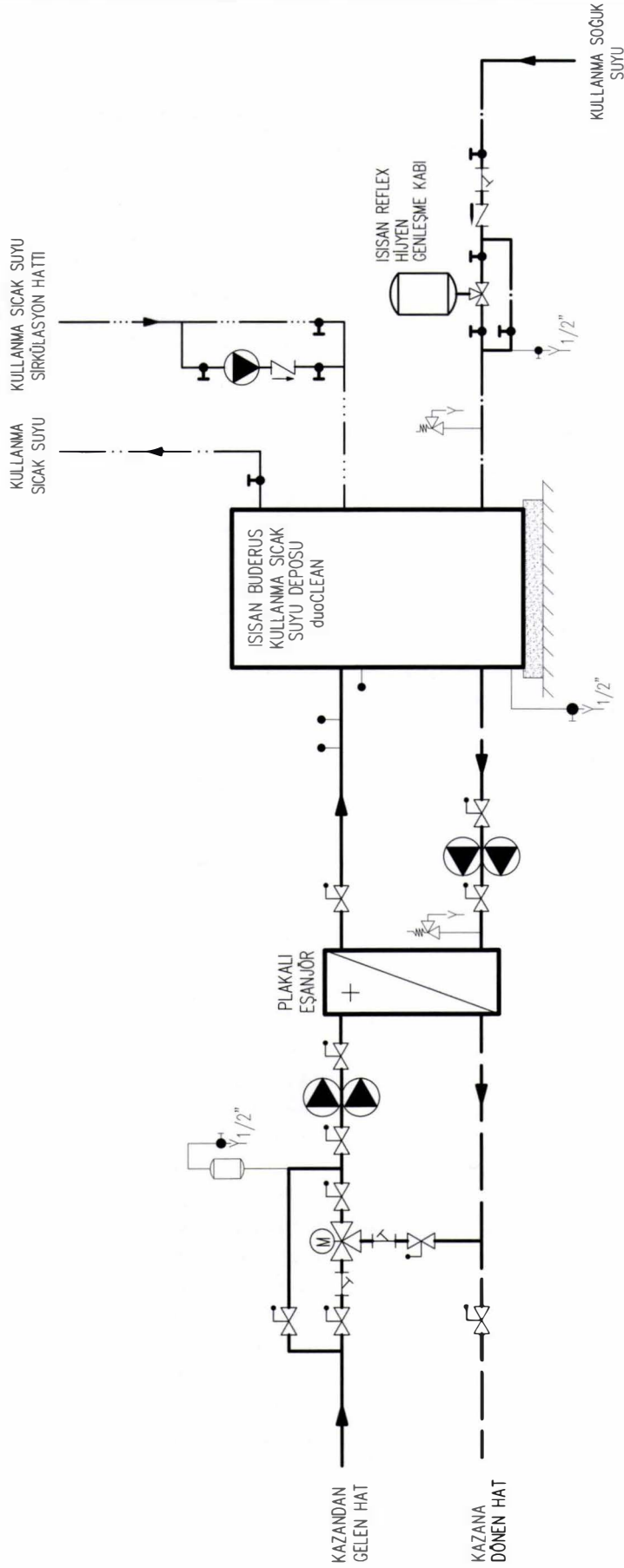
- Plakalı eşanjör ile depolama tankı arasındaki sü- rekli çalışan sirkülasyon pompasının fazladan enerji tüketicektir.
- Eşanjör direnci genellikle daha yüksek olduğu için (~ 4 - 5 mSS) primer ısıtma pompası da daha büyük seçilir ve daha fazla enerji harcar. Bunlar hem kuruluş, hem de işletme maliyeti- ni artırabilir.
- İçten serpantinli boylerler genellikle optimum çö- züm olarak görünmektedir. Kuruluş ve işletme maliyetleri (yan faktörlerle birlikte) çok daha dü- şüktür. Ayrıca hijyen şartlarını sağlaması ve Legi- onella bakterisi dezenfeksiyonuna uygun olması da küçük avantajlar olarak eklenebilir.

c. Kaliteli boylerlerde ısı kaybı çok düşüktür. Ör- neğin, Isısan Buderus 120 litrelik boylerlerde 1,5 kWh/gün, 600 litrelik boylerlerde 3 kWh/gün mer- tebelerinde ısı kaybı gerçekleşir (*Şekil 1.12B*). Bu değer içerideki su sıcaklığına ve deponun izolasy- on kabiliyetine bağlı olarak değişir.

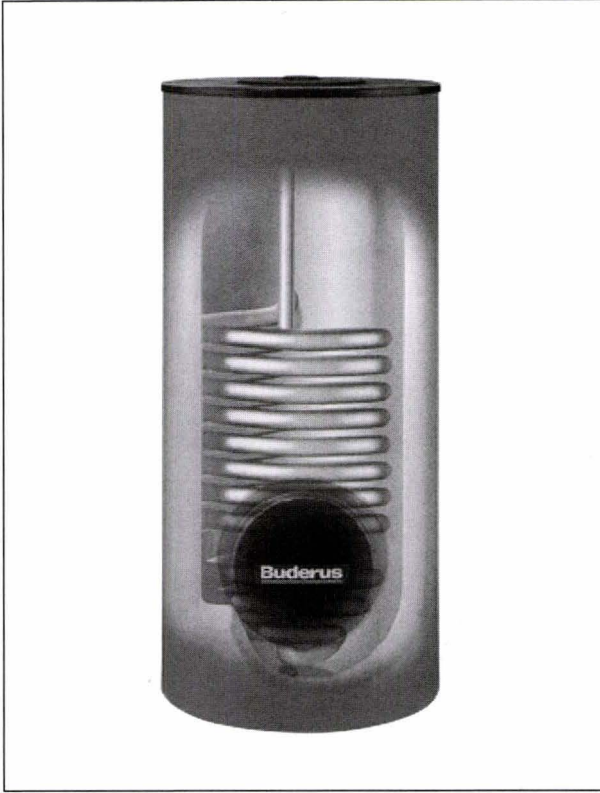
d. Dıştan serpantinli boylerde (plakalı eşanjör + depolama tankı) ise ısı kaybı hem depodan hem de dışarıdaki eşanjörden olacaktır. Plakalı eşanjörler genellikle izole edilmedikleri için 100 kW gücünde plakalı eşanjörde, bu kayıp 20 kWh/gün mertebele- rine kadar yükselir.

e. Boyler su sıcaklığını düşürmek (= Daha az enerji ve su tüketimi)

- Boylerden, kullanma sıcak suyu ve sirkülasyon bo- rularından olan ısı kaybı azalır.
- Kullanma sıcak suyu tüketimi azalır. Kullanıcı musluğu açtığında suyu istediği sıcaklığa daha kı- sa sürede ayarlar. Böylece sıcak su boşa daha az akıtılır. Su ve enerji kaybı azalır.



Şekil 1.12A. PLAKALI TIP EŞANJÖR İLE KULLANMA SICAK SUYU HAZIRLAMA ŞEMASI



Şekil 1.12B. İÇTEN SERPANTİNLİ DİK TİP
ISISAN BUDERUS duoCLEAN BOYLER

- Isıtma kazanı düşük sıcaklıkta çalışacağı için daha az yakıt yakılır. Özellikle kendinden yoğuşmalı kazan kullanıldığında (boyler su sıcaklığı 60°C den, 15°C azaltılıp, 45°C'ye getirilerek) yakıttan çok daha büyük oranda tasarruf edilir.
- Musluk açıldığında haşlanma riski oluşmaz.
- Soru:

Boyler su sıcaklığı ne olmalı? (Lejyoner hastalığı riskine önlemler almak kaydı ile)

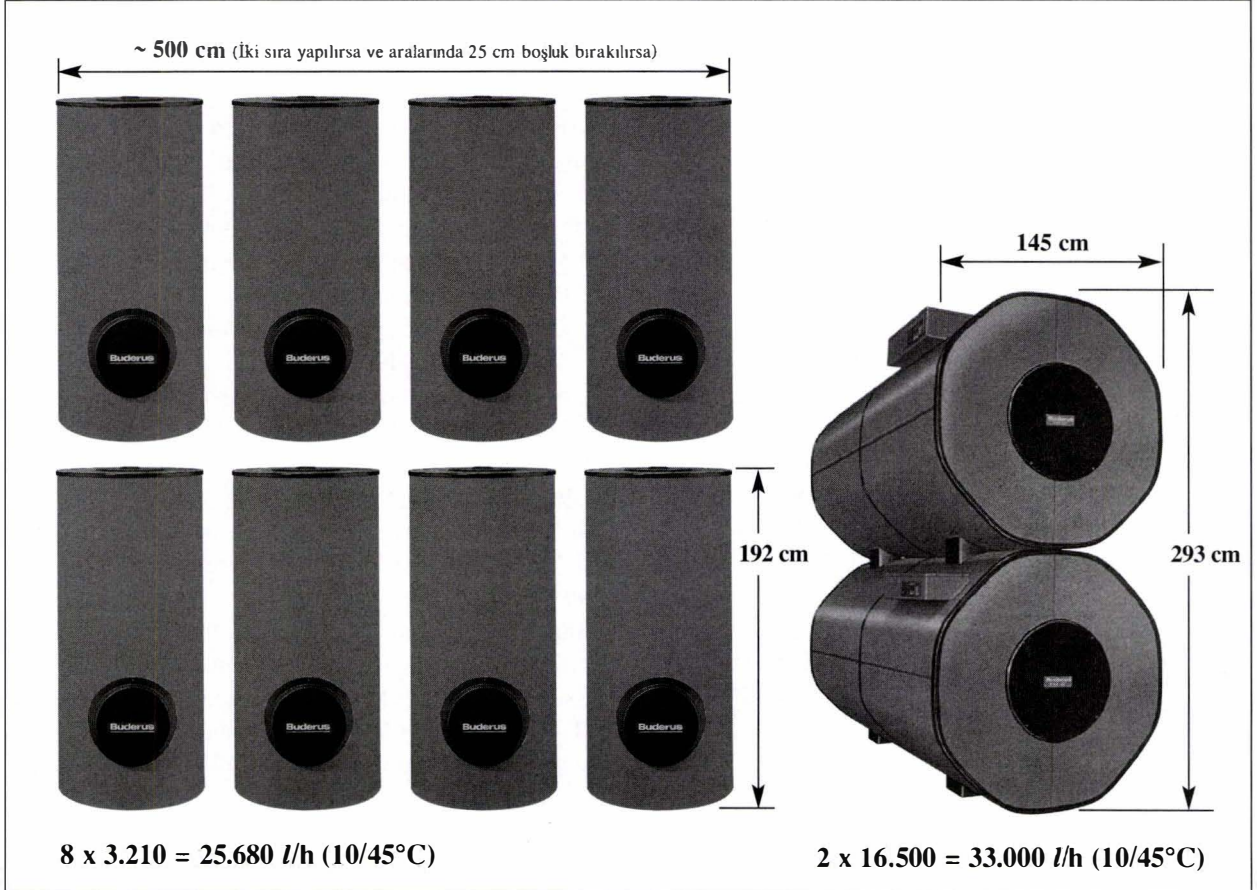
Konut, iş yeri ve otellerde boyler su sıcaklığı: 45°C
Kullanma yerinde: 42°C olarak tavsiye edilir.

Sistemde daha yüksek sıcaklıkta su gerektiren (çamaşırhanelerde boyler suyu sıcaklığı 55 - 60°C) veya benzeri yerler varsa ayrı bir boyler ve tesisat kullanılması daha uygundur.

- f. Boyler yüzeyinden olan ısı kaybı dikkate alınarak (çok iyi izoleli boylerler olsa bile) 8 x 1.000 litre hacimli boyler yerine 2 x 3.000 litre (üst üste monte edilen) seçilmesi avantajlı olabilir (Şekil 1.12C).

- Daha az ısı kaybı
- Daha az yer kaybı (Kaybedilen yerin bedeli çok daha fazla olabilir.)

- g. Binalarda genellikle 45°C sıcak su kullanılır; fakat sadece küçük kapasiteli birkaç ekipman için yüksek sıcaklıkta su gerekiyorsa bunlar için küçük elektrikli ısıtıcılar kullanılabilir.



Şekil 1.12C. İÇTEN SERPANTİNLİ DİK TİP BOYLER VE YATIK TİP BOYLER KARŞILAŞTIRMASI

1.3.6 DAĞITIM VE SİRKÜLASYON BORU TESİSATI

Hollanda standartlarına göre;

Boyler ile en uzaktaki son kullanım yeri arası 12 m ve daha fazla ise, kullanma sıcak suyu dağıtımında sirkülasyon hatları kullanılmalıdır.

Amerikan standartlarında ise; (Standart Code Regulations, Plumbing Design and Installation Book) 4 kattan daha yüksek binalarda ve boyler ile en uzak-taki kullanım yeri arası 35 m ve daha fazla ise, kullanma sıcak suyu dağıtımında sirkülasyon hatları kullanılmalıdır.

Konutlarda bir dairede sıcak suyun kullanıldığı süre, günde toplam 1 saatin altındadır. Oysa kullanma sıcak su ve sirkülasyon borularında su gün boyu sirküle edilirken ısı kaybı oluşmaktadır.

Bazı yapılarda boyler yüzeyinden ve sıcak su borularından kaybedilen günlük ısı, kullanılan faydalı ısıdan çok daha fazladır. Bu nedenledir ki apartmanlarda merkezi sistemin kullanma sıcak su tesisatları uygulamada sonradan (%95'den fazla oranda) iptal edilmiştir.

a. Boylerde kullanılan (yararlanılan) enerji kadar enerji (Türkiye'de genellikle daha fazlası), kullanma sıcak suyu dağıtım ve sirkülasyon borularında tüketilir.

b. Sirkülasyon hatlarındaki kayıplar tesisatın büyüklüğüne, boru çaplarına, su sıcaklığına ve izolasyon değerine bağlıdır. Genel bir değer vermek mümkün değildir. Her bina için ayrıntılı bir hesap yapılmalıdır. Bu hesapta soğuk boru bölümlerindeki su ve boru malzemesinin ısınması için harcanan enerji de dikkate alınmalıdır.

c. Sıcak su borularında tavsiye edilen yalıtım kalınlıkları, standartlara göre farklılık göstermektedir. Özellikle son yıllarda yaygınlaşan köpük türü malzemeler 6 mm gibi düşük et kalınlıklarında kullanılmaktadır. Tarafımızca tavsiye edilen cam yünü eşdeğeri izolasyon kalınlıkları ve bu durumda boru içindeki 50 °C sudan 20 °C çevreye m başına kaybolan ısı miktarları *Tablo 1.13*'te verilmiştir.

d. Kullanma soğuk su borularında terlemeye karşı *Tablo 1.13*'teki değerlerden 10 mm daha ince izolasyon kalınlıkları uygulanabilir.

Not: Donma riski varsa ısı yalıtım kalınlıkları donmayı önleyecek şekilde seçilmelidir.

Boru Çapı (mm)	İzolasyon Kalınlığı (mm)		Ortalama Isı Kaybı (kcal/mh)
	Eski	Önerilen	Eski
20'ye kadar	20	30	5,34
25 - 50	30	40	4,85 - 7,15
10 - 100	40	50	7,20 - 10,2

Tablo 1.13. BORU ÇAPINA GÖRE İZOLASYON KALINLIKLARI VE ISI KAYIPLARI

e. Kullanma soğuk su, sıcak su ve sirkülasyon boruları kesinlikle ayrı ayrı izole edilmelidir. Birlikte izolasyon kesinlikle yapılmamalıdır.

- Enerji kaybı,
- Legionella bakterisi üreme riski oluşur.

f. Boylerle kazan arasındaki sıcak su sirkülasyonu, en uygun olarak sirkülasyon pompasının dur kalk kumandasıyla gerçekleşir. Pompa ihtiyaç olduğunda çalışır, daha az elektrik enerjisi tüketilir. Bir diğer yöntem de boyler girişinde 3 yollu - 2 yollu kontrol vanaları kullanmaktır. Ancak bu durumda pompa sürekli çalışarak enerji tüketecek ve kazan - boyler arasındaki borularda sıcak akışkandan sürekli ısı kaybı olacaktır (*Şekil 1.14 ve 1.15*).

g. Kazan ile boylerler arasındaki boru mesafesi, olabildiğince kısa olmalıdır. Arada minimum sayıda dirsek kullanılmalıdır.

- Direnç azalacağı için daha küçük güçte ısıtma sirkülasyon pompaları kullanılır,
- Borulardaki ısı kayıpları azalır,
- Kuruluş maliyetleri de azalır,
- Fikir vermek amacıyla bir örneği ele alırsak; boru çapı 1 1/4" ve kazan ile boyler arasındaki mesafe 1,4 m olan bir kazan dairesinde, boru hattında yıllık ısı kaybı 45 kWh/yıl mertebesinde. Bu kayıp, esas olarak kesintili çalışma dolayısıyla borularda soğuyan sudan kaynaklanmaktadır.

h. Kullanım sıcak suyu dağıtım ve sirkülasyon boruları da en az basınç kaybına neden olacak şekilde projelendirilmelidir.

Ayrıca ısıtma tesisatında yapıldığı gibi kritik devre oluşmayacak şekilde projelendirme ve uygulama yapılmasına özen gösterilmelidir.

i. Tesisatta daha az direnç oluşması:

- Mimari tasarımda uygun yerleşim yapılması,
- Boru uzunluğunun azaltılması,
- Dirsek ve fittingsin en aza indirilmesi vb gibi önlemlerle sağlanmalıdır. Bu, sirkülasyon pompasının daha küçük seçilmesini sağlayacaktır. Daha küçük pompa, sürekli enerji tasarrufu anlamına gelir.

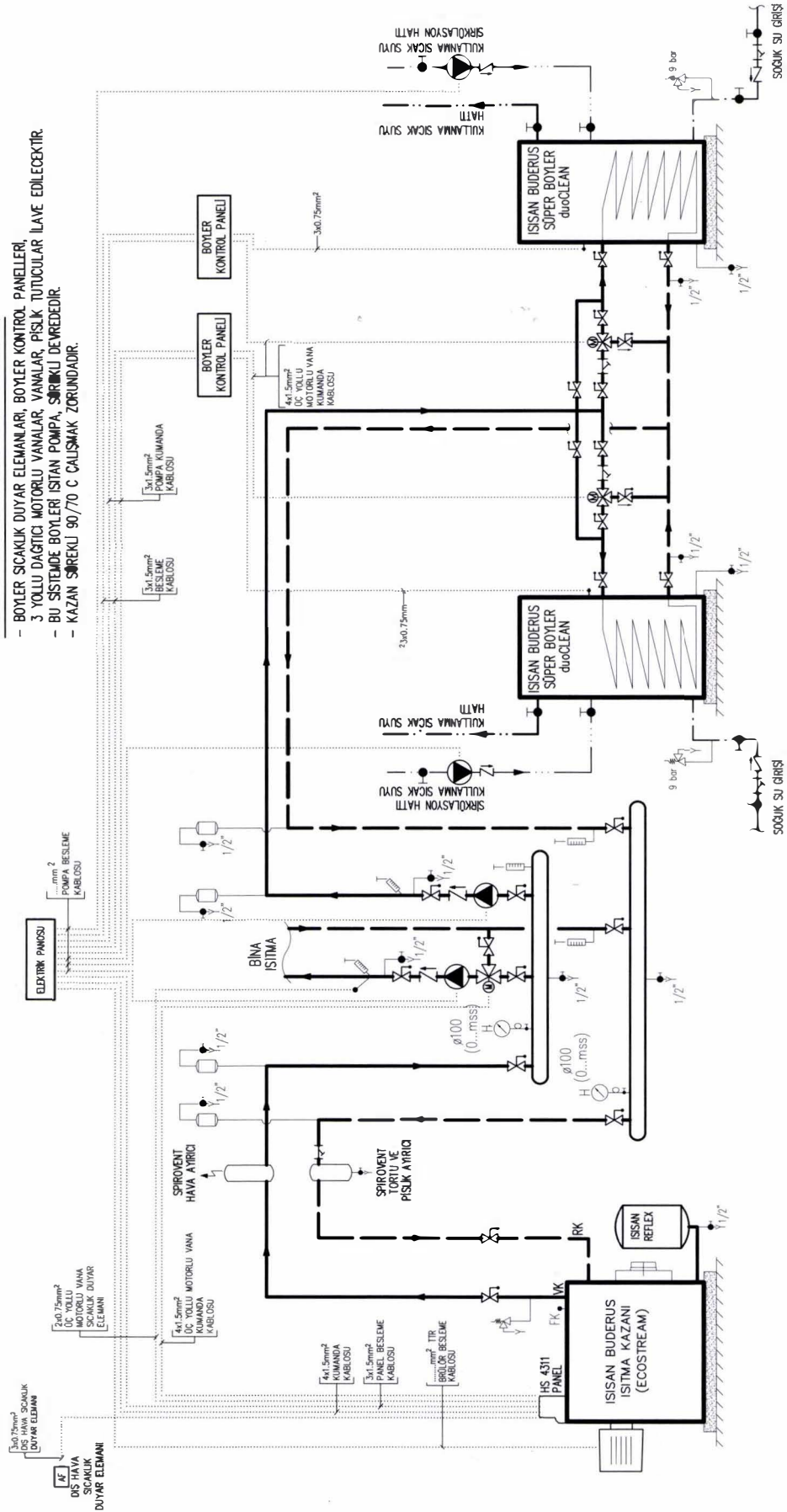
j. Boylerler birden fazla sayıdaysa, soğuk su dağıtım kolonu sağda, sıcak su dağıtım kollektörü solda (veya tersi) olursa eşit direnç sağlanacaktır (*Şekil 1.16*).

Bütün boylerlerden yaklaşık aynı miktarda su çekilir.

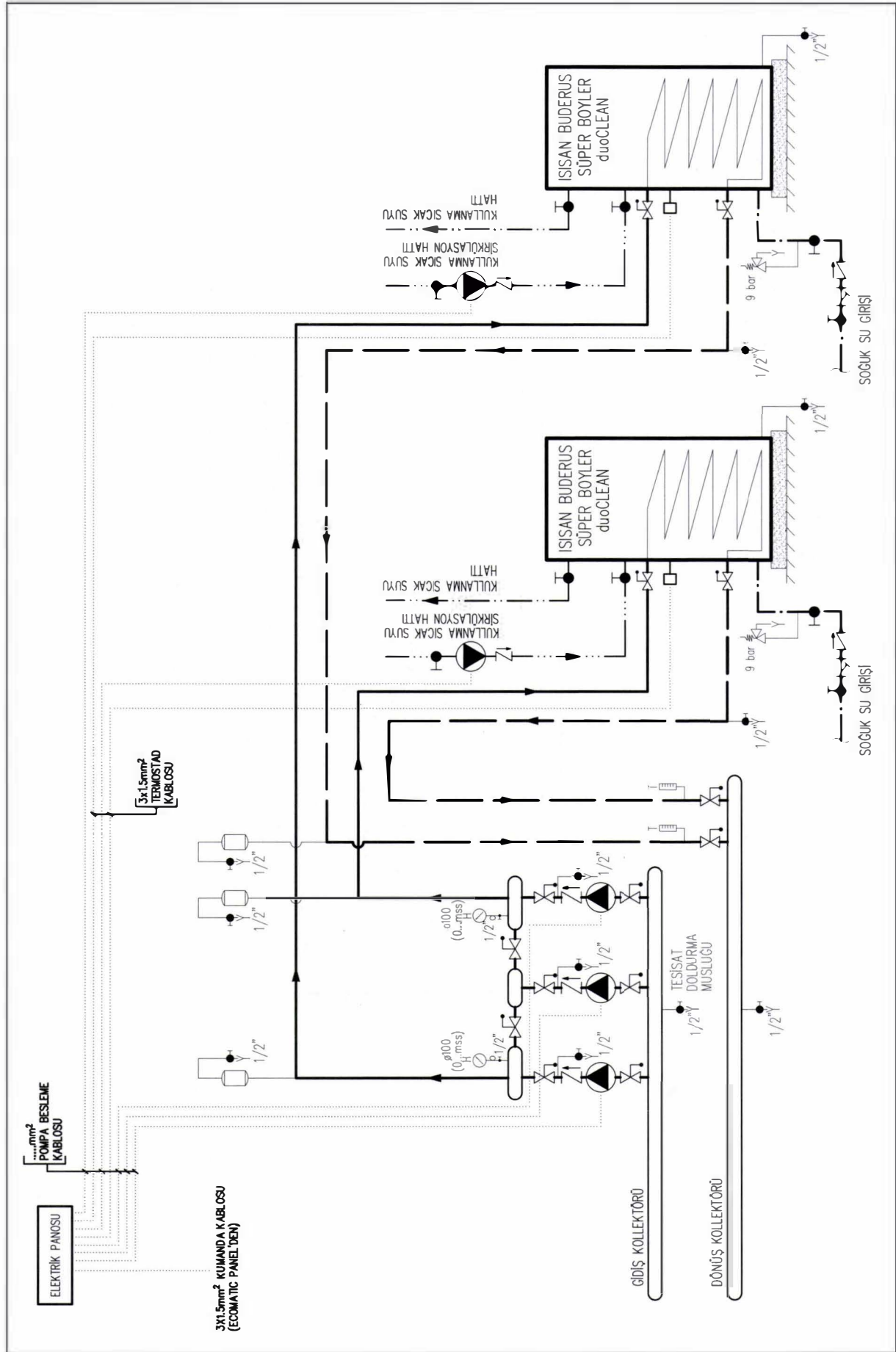
k. Birden fazla boyler varsa ısıtmanın da homojen olması için (her boylere ayrı pompa kullanılmıyorsa) *Şekil 1.17*'de görüldüğü gibi, sıcak su ilk verildiği boylerden ilk toplanacak şekilde bir Tichelmann devresi oluşturulur.

l. Dört kişinin yaşadığı müstakil bir evde dağıtım ve sirkülasyon hatlarındaki kayıp = 222 kWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu, yılda 22 m³ gaz tüketimine karşılık gelir.

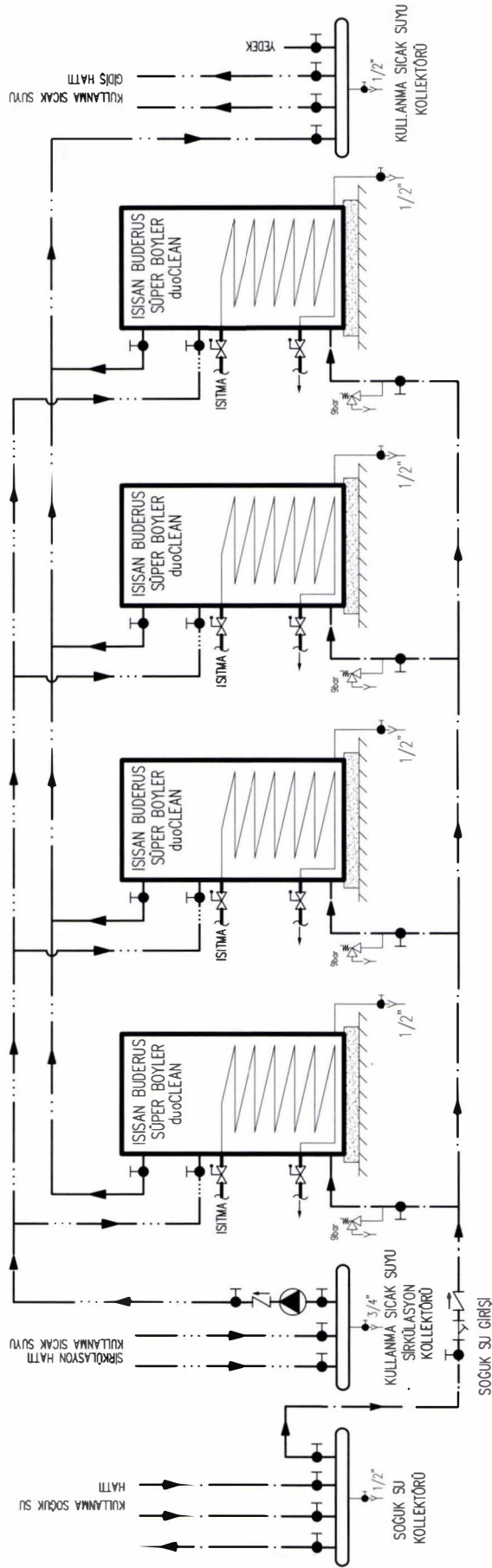
- İKİ BOYLERİN İSTİMA TESİSATI KONTROLÜ;**
- BOYLERLER HARİCİ PANELLER İLE KONTROL EDİLİYOR İSE;
- BOYLER SICAKLIK DUYAR ELEMANLARI, BOYLER KONTROL PANELLERİ, 3 YOLLU DAĞITICI MOTORLU VANALAR, VANALAR, PİSKİ TUTUCULAR İLAVE EDİLECEKTİR.
 - BU SİSTEDE BOYLERİ İSTİMA POMPA, SİRKÜLİ DEVEDİR.
 - KAZAN SİREKLİ 90/70 C ÇALIŞMAK ZORUNDADIR.



Şekil 1.14. HARİCİ PANELLER İLE İKİ BOYLER KONTROLÜ (Eski sistem)

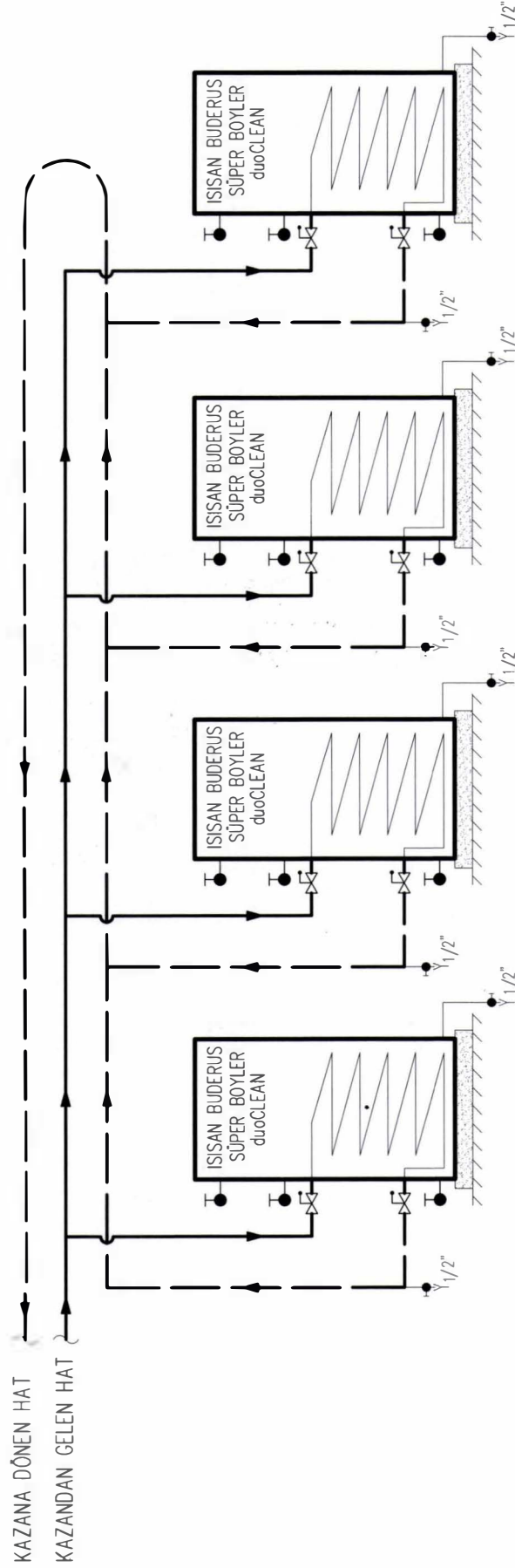


Şekil 1.15. İKİ BOYLERLİ, BOYLER TESİSAT AÇINIM ŞEMASI



- Boyler birden fazla ise;
Soguk su dagitim kolonu sagda, sicak su dagitim kollektoru solda (veya tersi)
olursa esit direnc saglanacaktır. Batan boylerlerden yaklasik ayni miktarda su cekilir.

Şekil 1.16. BOYLERLERDEN EŞİT ORANDA SU GEÇİŞİ (Eşit direnç)



- Sistemde birden fazla boyler varsa; ısıtmanın homojen olması için kazan dairesinin de eşit direnç yöntemi ile (Tichelmann devresi) yapılmalıdır.

Şekil I.17. BOYLERİN ISITMA TESİSATINDA EŞİT DİRENÇ UYGULAMASI

m. 24 daireli bir apartmanda aynı hesap yapıldığında, daire başına 208 kWh/yıl kayıp ve toplam apartman için yaklaşık 5.000 kWh/yıl kayıp bulunmuştur. Bu, yılda 500 m³ gaz tüketimi anlamına gelir.

n. Bodrum'da 85 odalı bir otelin sıcak su sirkülasyon sisteminde, yılda 8.640 saat çalışması halinde ısı kaybı, 100.000 kWh/yıl değerine ulaşmaktadır. Bu, yıllık 10.000 m³ doğal gaz tüketilmesi anlamına gelmektedir.

o. Uzun galerilerin ve içinde bakımsız, ısı yalıtımları çürümüş boruların olduğu bir otelde bu tüketim değerleri çok daha fazla olacaktır (Tablo 1.18).

Bodrum'da 85 odalı otelin sıcak su sirkülasyon sisteminde 2 m³/h su dolaştığı ve sistemde sıcaklık kaybının 5°C olduğu görülmüştür.

1.3.7 KULLANMA SICAK SUYU

SİRKÜLASYON POMPALARINDA EKONOMİ

Sıcak su tesisatında kullanılan ısıtma ve kullanma suyu sirkülasyon pompaları, küçük olmalarına karşın,

Bina Tipi	Dağıtım ve Sirkülasyon Hatlarındaki Kayıplar	Doğal Gaz Tüketimi		LPG Tüketimi
	kWh/yıl	m ³ /yıl	\$/yıl	\$/yıl
Villa (4 Kişi)	222	22	7	28
Apartman (24 Daireli)	5.000	500	150	598
Otel (85 Odalı)	100.000	10.000	3.000	11.783

Tablo 1.18. İYİ PLANLANMIŞ, ISI YALITIMI ÇOK İYİ YAPILMIŞ BİNALARIN DAĞITIM VE SİRKÜLASYON HATLARINDAKİ KAYIPLAR

sürekli çalışmaları için, elektrik enerjisi tüketimleri oldukça fazladır (Şekil 1.19).

a. Kullanma sıcak suyu sirkülasyon pompasının çalışmasına:

- Su tüketiminin fazla olduğu saatlerde,
- Su tüketiminin olmadığı saatlerde ihtiyaç yoktur.

Bu nedenle ihtiyaç olmayan zamanlarda, pompanın durdurulması faydalı olacaktır.

b. Kullanma suyu sirkülasyon pompasının çalışma sürecinde, borularda kaybedilen ısı maliyeti de yüksektir.

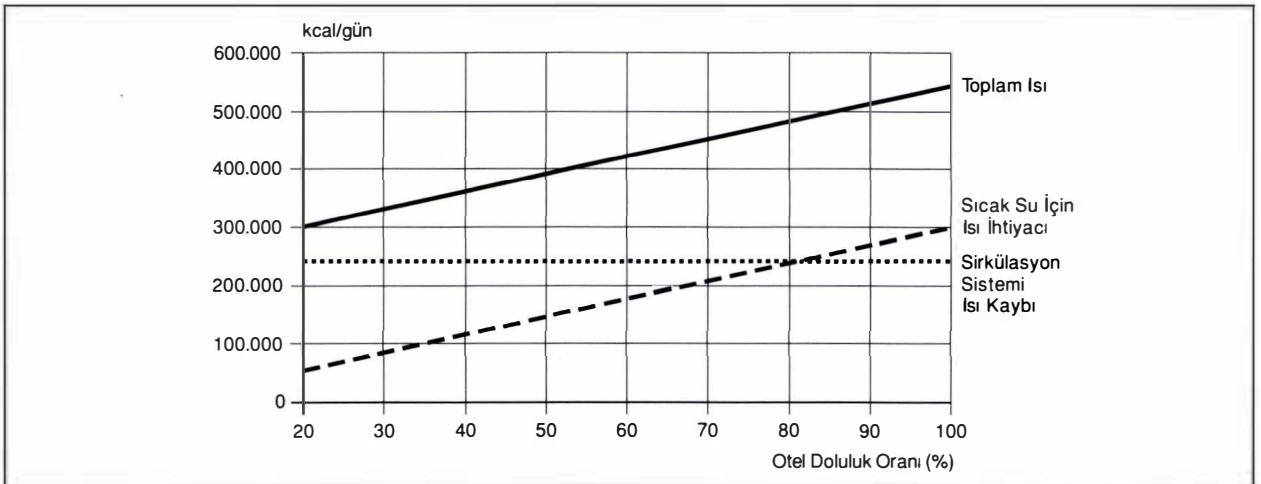
c. Kullanma sıcak suyu sirkülasyon pompası çalışma saatleri kesinlikle belirlenmeli, ilave ısı kayıplarına izin verilmemelidir.

Sıcak su sirkülasyon pompası musluk açıldığında sıcak suyun çok kısa sürede akmasını sağlamalı, su tüketimini sınırlandırmalıdır. Sistemde sıcak su sirkülasyonunun sürekli yapılması, borulardan ısı kaybı ve ilave pompa enerjisi nedeniyle sakıncalıdır.

Kullanımın sürekli olduğu yerlerde, sıcak su sirkülasyon pompaları kullanımın başlayabileceği saatten 30 dakika önce çalıştırılmalıdır. Böylece musluk ve bataria kullanımında anında sıcak su sağlanacağından su ve elektrik enerjisi tüketimi minimum olacaktır. Yaklaşık yarım saat çalıştıktan sonra pompa durdurulabilir. Çünkü artık yapıda kullanım başlamış, her an sıcak su hazır hale gelmiştir.

Çok büyük enerji kayıpları olan otel uygulamalarında sirkülasyon suyu dönüş sıcaklığı 35°C'nin altına düşüğünde sirkülasyon pompası çalıştırılarak 35°C sıcaklık sağlanabilir.

d. Çözüm, kullanma suyu sirkülasyon pompasının Logamatic Panel'deki zaman saatinden kumanda almasıdır. Örneğin konutlarda bu pompa gece 11 ile sabah 6 arasında durdurulabilir. Müstakil evlerde ve işyerlerinde, kullanılmayan gündüz saatlerinde bile, kullanma suyu sirkülasyon pompası çalıştırılmayabilir.



Şekil 1.19. SICAK SU SİRKÜLASYON SİSTEMİ ISI KAYBI

(Örnek olarak incelenen bir projede, 85 odalı otelin sıcak ve sirkülasyon sisteminde 2 m³/h su dolaştığı ve sistemde sıcaklık kaybının 5 °C olduğu görülmüştür.)

e. Sıcak su sirkülasyon hattı, minimum pompa enerjisi ihtiyacı oluşacak şekilde projelendirilmeli ve uygulanmalıdır (Sirkülasyon pompaları küçük pompalardır ve çektikleri enerji genelde çok düşüktür. Ancak sürekli çalışmaları nedeniyle toplamda enerji tüketimleri çok fazladır.).
f. Pompanın kontrolü için, kolon sonundan alınan sıcaklık uyarısı özel durumlarda kullanılabilir. Kolon hattı sonunda sıcaklık düşmüşse, pompalar çalışmaya başlayabilir veya zaman saati kullanarak belirli saatlerde çalışma durdurulabilir.

1.3.8 UYGULAMADA YAPILABİLECEKLER

a. Sıcak su dağıtım ve sirkülasyon boruları gibi sirkülasyon pompaları da ısı olarak izole edilmelidir.
b. Özellikle siva altındaki boruları izole etme alışkanlığı olmadığından, ısı kaybı oluşmakta ve korozyon nedeniyle boru çabuk delinmektedir. Kışın yaklaşık 10°C su geçen borular, duvar içinde terlemeye neden olmakta ve geçtiği duvarlarda az da olsa küf oluşumuna neden olabilmektedir. Öneri; Siva altındaki galvaniz boruların doğal gaz borularında kullanılan koruyucu bant ile sarılıp üzerine ısı yalıtımı yapılmasıdır.
c. Aynı şekilde soğuk su boruları da terlemeye karşı izole edilmelidirler (Kışın su sıcaklığı yaklaşık 10°C'dir.).
d. Çok kolonlu sistemlerde her bir kolona *Şekil 1.20A*'daki gibi ayrı bir sirkülasyon hattı çekmek yerine, uygulanabilir olduğu takdirde *Şekil 1.20B*'deki gibi alttan dağıtım sistemi kolonları, en üstteki bransmanın bulunduğu tavanın altından çekilen yatay bir boruyla irtibatlandırılırken, kolonlar alttan da birbirine bağlanır. Böylece, ilk kolondan çıkan su, diğer kolonlardan sirkülasyon pompasına geri döndürülür. *Şekil 1.20C*'de görüldüğü gibi kombine sistem de oluşturmak mümkündür.
e. Aynı prensip, kazan dairesi çatıda oluşturulduğunda da uygulanabilir (*Şekil 1.21A ve 1.21B*).
f. Boylerdeki suyun içinde, eriyik halde hava ve dolaşısıyla oksijen vardır. Boylerdeki su ısınınca hava ayrışır, eriyik halden gaz haline geçer:

- Tesisatta tıkaçlar oluşur (özellikle sirkülasyon hatlarında).
- Musluk açılınca su sıçrar, konforu bozar.
- Su tüketimi artar (soğuk ve sıcak su).
- Oksijen korozyonu, kısa vadede sorun oluşturur.

Çözüm:

Sıcak su kolonunun en üst seviyesinde, hava tüpü ve otomatik hava tahliye cihazı kullanılmalıdır.

g. Kullanımın olmadığı anlarda boylerlerde ısınan su da kalorifer sistemindeki gibi genleşir. Tesisatta hava cepleri yoksa (ki hava cepleri istenmeyen bir durumdur) genleşme sonucu emniyet ventili açar ve dışarıya su akıtır veya damlatır.

Çözüm:

Boylere de genleşme deposu (içinden su dolaşan, hijyen tip) monte edilmeli, emniyet ventili son güvence olarak gerekirse açmalıdır (*Şekil 1.5A ve 1.5B*).

1.3.9 İŞLETMEDE YAPILABİLECEKLER

a. Kazan sisteminin bakımını ve temizliğini periyodik olarak yapmak gerekir.
b. Sıcak su sirkülasyon pompalarında, ihtiyaç olmadığı saatlerde, pompaların çalışması durdurulmalıdır.
c. Pompanın kontrolü için, kolon sonundan alınan sıcaklık uyarısı kullanılabilir. Kolon hattı sonunda sıcaklık düşmüşse, pompalar çalışmaya başlayabilir veya zaman saati kullanarak belirli saatlerde çalışma durdurulabilir.
d. Boruların ısı yalıtımlarının çok iyi durumda olup olmadığı her sene kontrol edilmelidir.

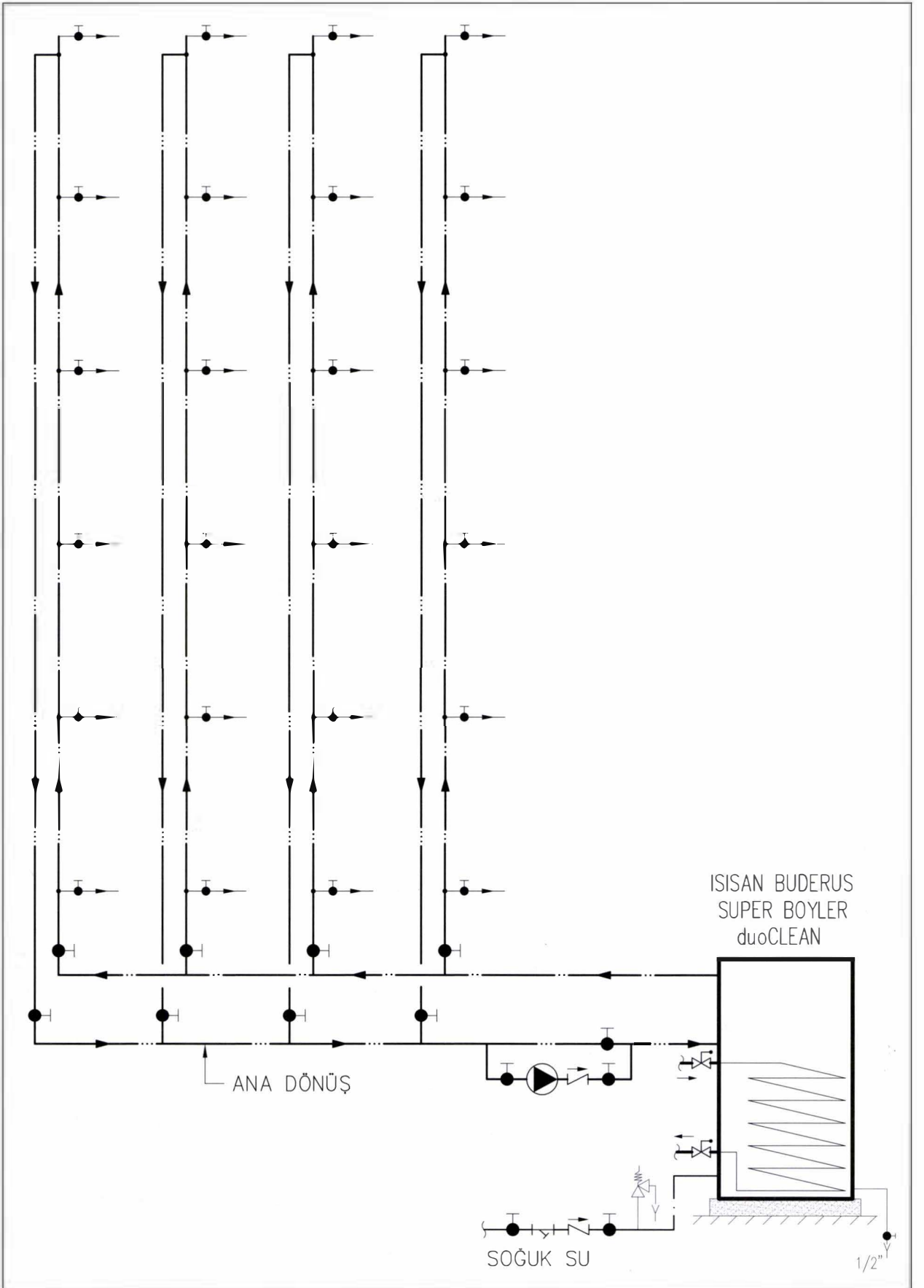
1.3.10 ELEKTRİKLİ EL KURUTUCULARI VE DİĞER ÇEVRECİ UYGULAMALAR

Elektrikli el kurutucularının kullanımı artmaktadır; çünkü bu cihazların ömür boyu maliyetleri, alternatifi olan atılabilir kağıt havlulardan daha ucuzdur. EBN (Environmental Building News) tarafından toplanan bilgilere göre, genel tuvaletlerde her kullanımda iki kağıt havlunun kullanıldığı düşünülerek 1.000 kullanımdaki maliyetin 23 USD olduğu hesaplanmıştır. Standart bir elektrikli kurutucunun maliyeti ise 1.000 kullanımda, kWh 0,8 USD'den 1,47 USD'dir. Diğerinin %7'sinden bile azdır. Elektrikli el kurutma cihazları ile ilgili problem, bunlar ile kurutmanın yaklaşık 30 ile 45 saniye gibi uzun zaman almasıdır. Çoğu kullanıcı bu kadar sabırlı değildir.

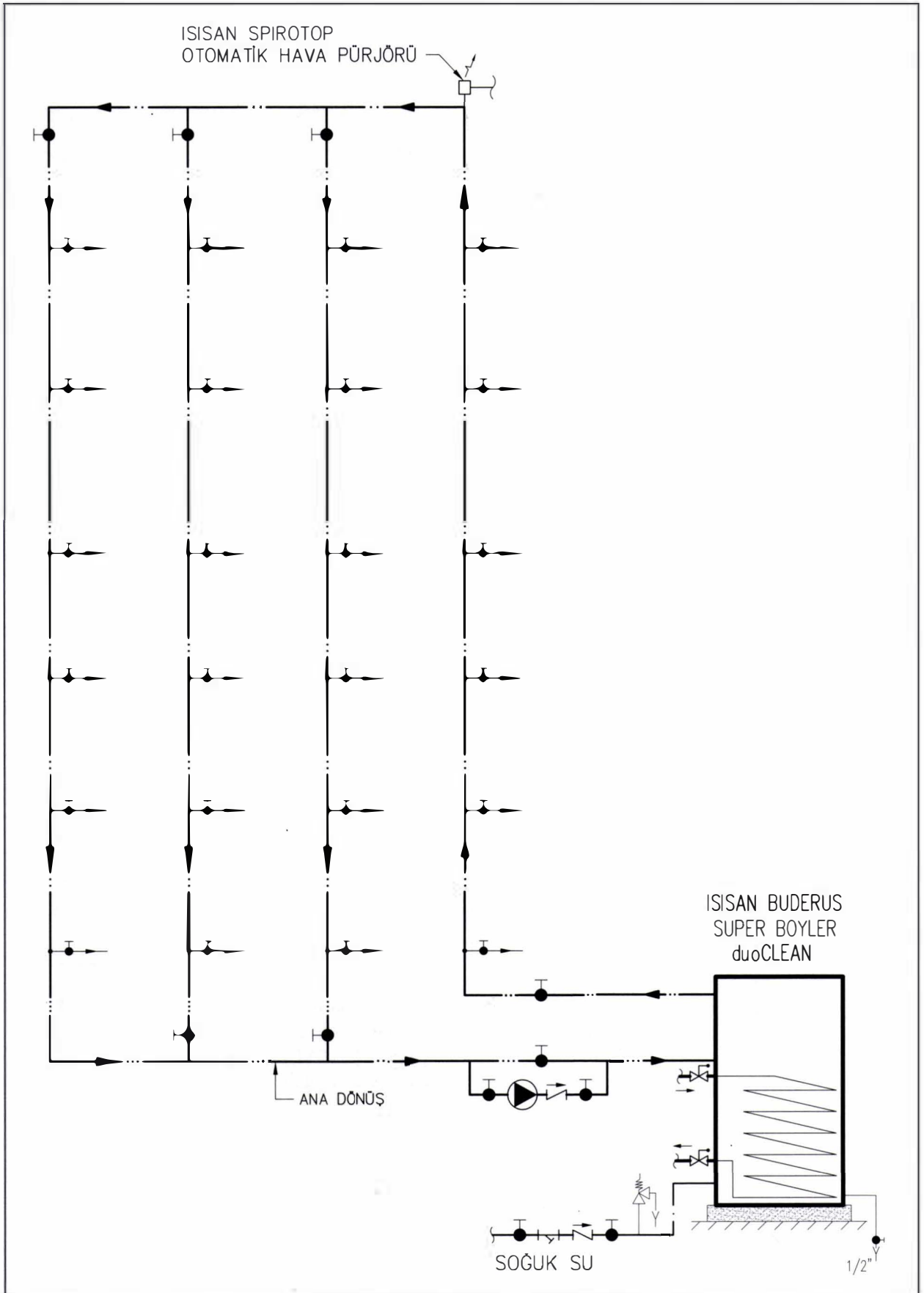
Eldeki su taneciklerini yüksek hızda hava jetinden yararlanarak uzaklaştıran yeni bir cihaz geliştirilmiştir. Bu cihaz kurutma süresini 12 ile 15 saniyeye indirmektedir. Bu da kağıt havlu kullanarak el kurutma süresine eşittir. Ayrıca cihaz daha az elektrik kullanır (2.200W yerine 1.500W). EBN kayıtlarına göre, operasyon maliyeti 1.000 seferlik kullanımda 0,5 USD'ye düşmektedir.

Çevreci bakış açısından, bu elektrikli kurutucu sadece orman kaynaklarından tasarrufu değil, aynı zamanda daha az enerji kullanımını da sağlamaktadır. EBN, kağıt havluların malzemesinin işlenmesi, üretimi, taşınması gibi işlemlerde harcanan enerjiyi incelemiş ve elektrikli el kurutma cihazlarında kullanılan enerji ile karşılaştırmıştır. Bu araştırmaların sonucunda, geri dönüşümü olmayan kağıt havlularda 743 kJ, yüzde yüz geri dönüşümlü kağıt havlularda 460 kJ, standart bir elektrikli kurutucuda 222 kJ ve çevreci kurutucuda sadece 76 kJ enerji harcandığını hesaplamıştır.

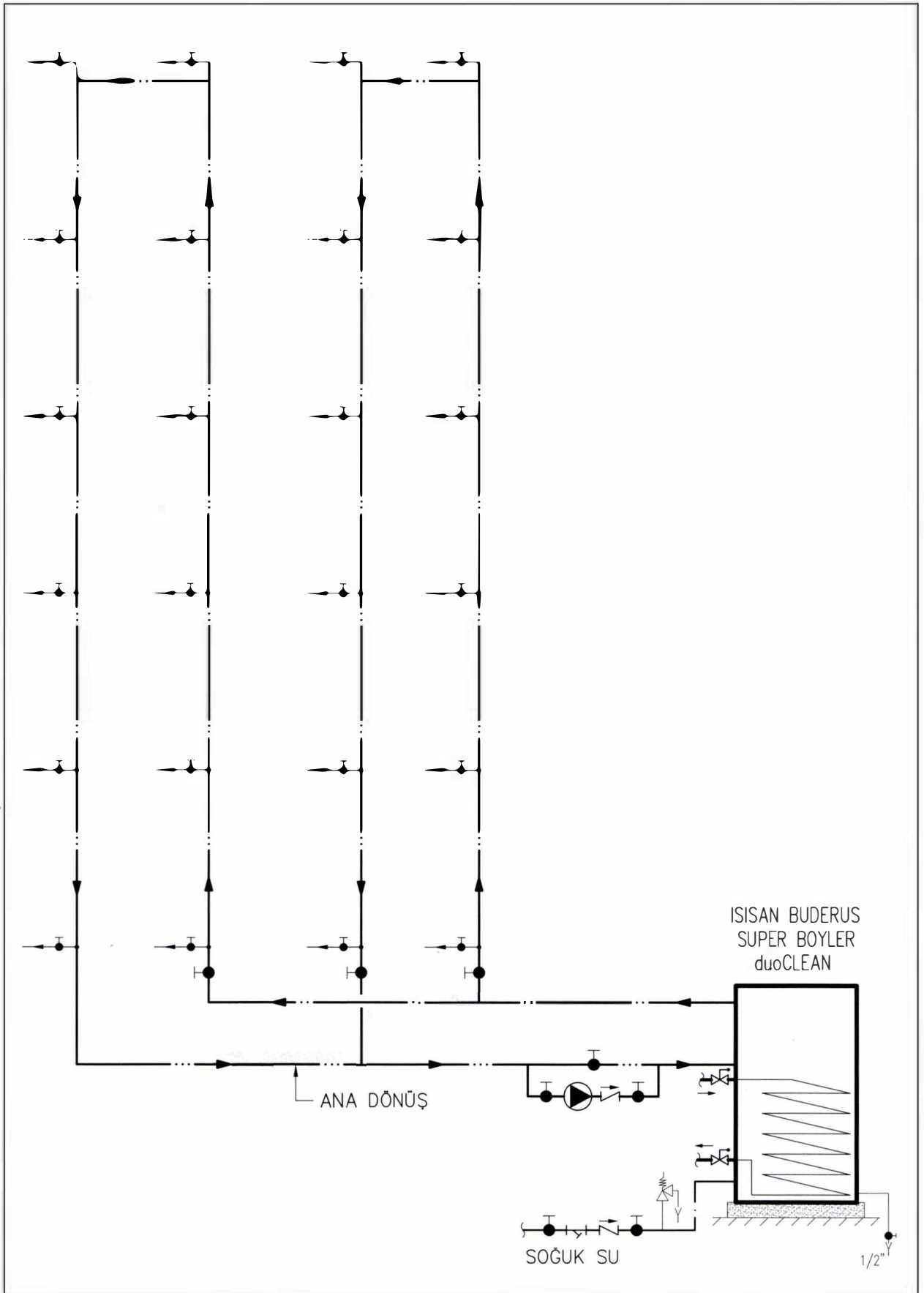
Genel tuvaletlerde kullanılabilecek diğer çevreci uygulamalar; enerji tasarruflu aydınlatma armatürlerinin kullanımı, genel tuvaletlerde belirli saatlerden sonra lambaların insan girince aydınlatmalarını sağlayan sensör kontrolleri, enerji tüketimini azaltan ve ısı geri kazanımlı gelişmiş havalandırma sistemlerinin kullanımı, zararlı kimyasal maddelerin kullanımının azaltılmasını sağlayan temizleme işlemleri olarak gösterilebilir.



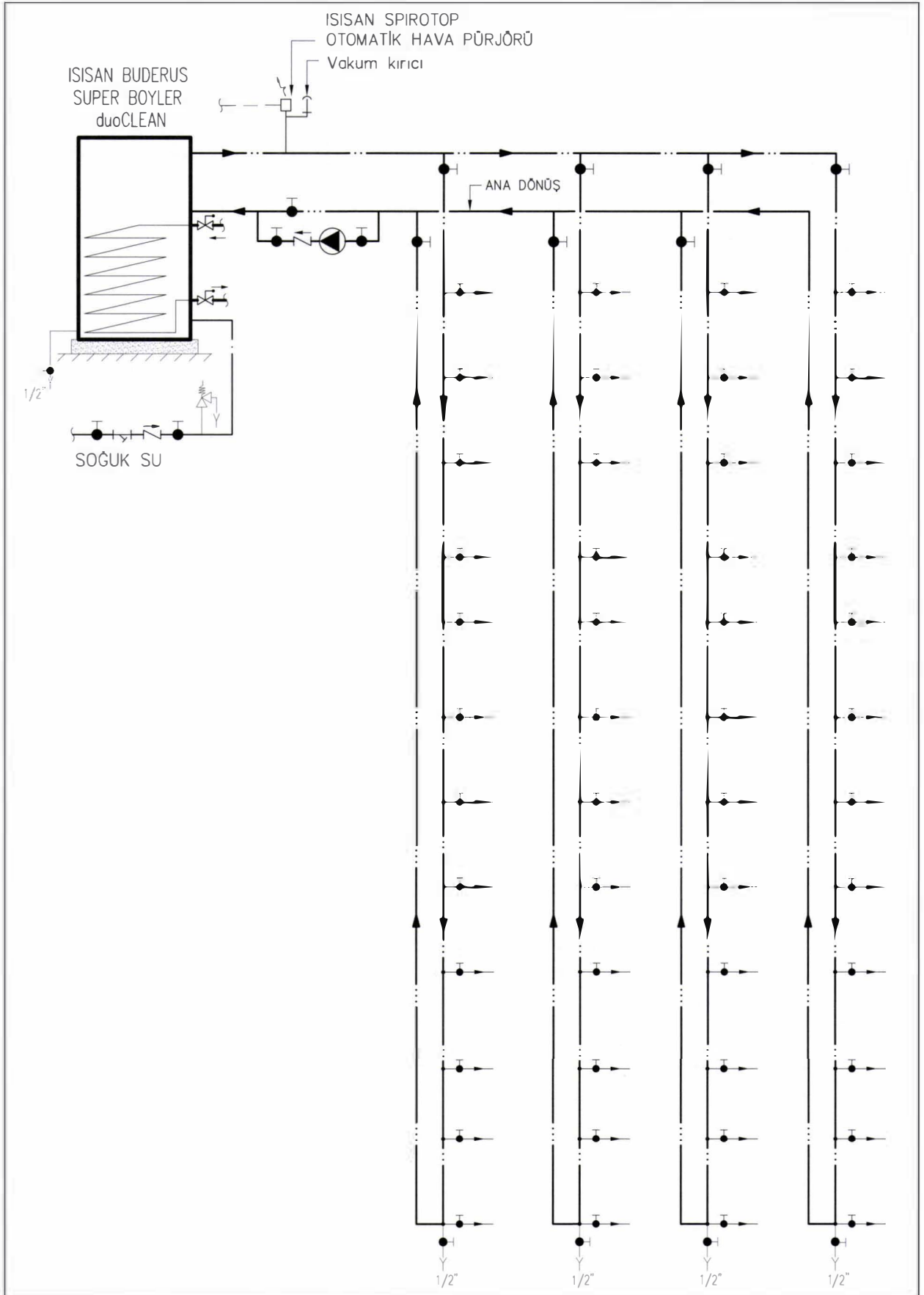
Şekil 1.20A. KLASİK SİSTEM KULLANMA SICAK SUYU VE SİRKÜLASYON HATTI
ALT TAN DAĞITMA - ALT TAN TOPLAMA



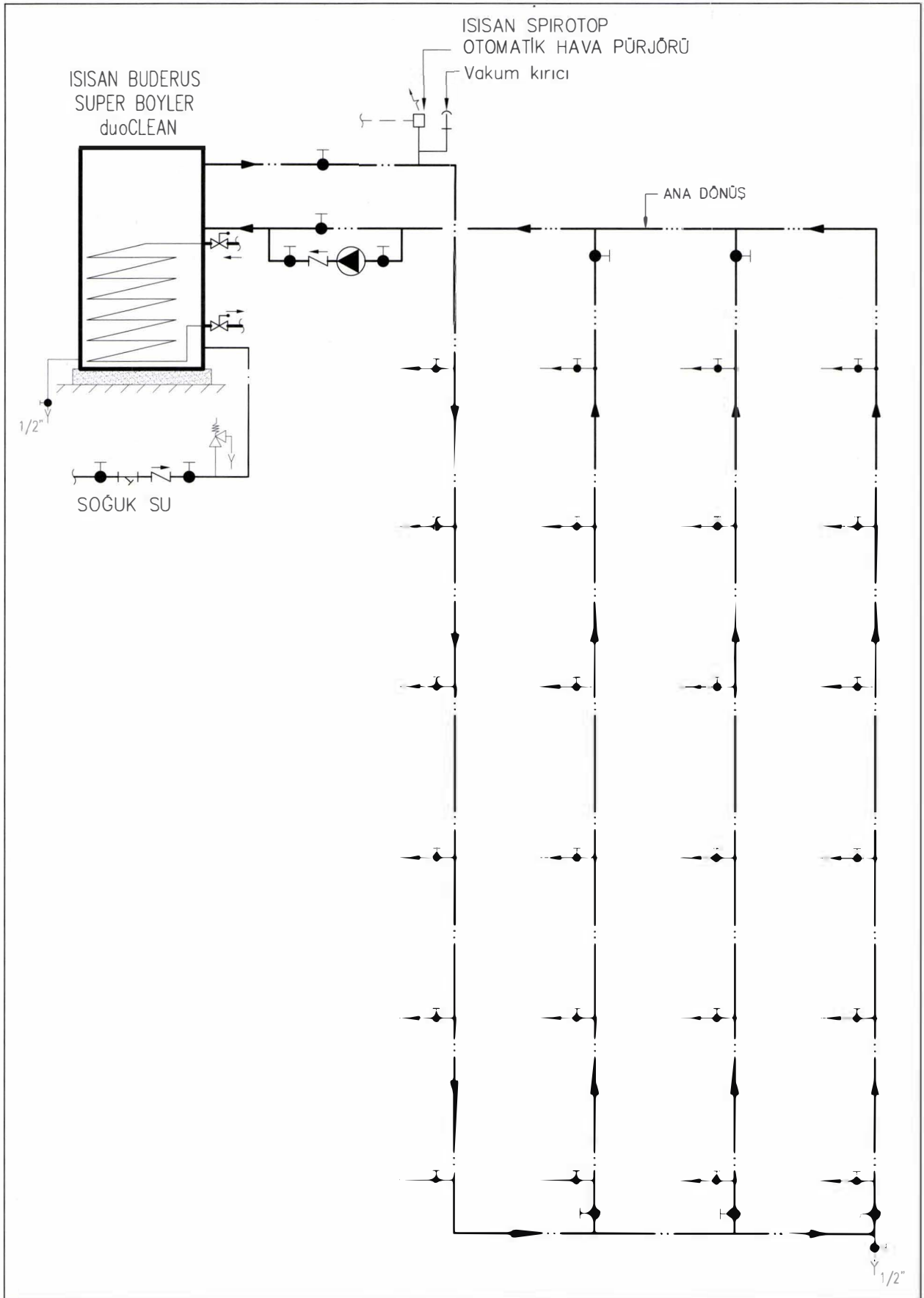
Şekil 1.20B. KULLANMA SICAK SUYU VE SİRKÜLASYON HATTI
ÜSTTEN DAĞITMA - ALTTAN TOPLAMA, Daha az boru ve ısı yalıtım malzemesi, borularda daha az enerji kaybı



Şekil 1.20C. KULLANMA SICAK SUYU VE SİRKÜLASYON HATTI
ALTAN VE ÜSTTEN DAĞITMA, Kombine sistem



Şekil 1.21A. ÇATI KAZAN DAİRESİ
KLASİK SİSTEM ÜSTTEN DAĞITMA - ÜSTTEN TOPLAMA



Şekil 1.21B. ÇATI KAZAN DAİRESİ

ÜSTTEN DAĞITMA - ALTTAN TOPLAMA, Daha az boru ve ısı yalıtım malzemesi, borularda daha az enerji kaybı

1.3.11 GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMI

a. Kullanma sıcak suyu ısıtmada güneş enerjisinden olabildiğince yararlanılmalıdır (Şekil 1.22).

Yapılan çalışmalar sonucunda;

- Bölgeye,
- Uygulama alanına,
- Kullanılan kolektör alanına,
- Kullanılan kolektör ve ekipmanın kalitesine ve
- Sistem verimine bağlı olarak

yıllık kullanma suyu ısıtma ihtiyacının %90'ına kadar güneş enerjisinden yararlanılarak, karşılanabildiğini göstermiştir.

b. Yoğuşmalı kazan kullanılması enerji ekonomisinin öneminin daha iyi farkedilip enerjinin daha dikkatli kullanılmasını sağlamıştır.

Güneş enerjisinden yararlanılarak yapılan sistemlerin kullanılması ile enerjinin önemi çok daha fazla farkedilmiştir. Böylelikle, para ödeyerek kullanılan diğer enerjilerde de ekonomik maliyete daha dikkatli bakılmaya başlanmıştır.

Güneş enerjisi de verimli kullanılmalıdır. Öncelikle konvansiyonel tedbirler alınmalı sonra da güneş enerjisini verimli kullanmaya çalışılmalıdır.

c. Boyler kapasitesinin uygun boyutlandırılması, yatırım maliyetlerinin azaltılmasında önemli bir faktördür.

- 200 litre günlük gereksinime göre iki kolektör görülmüş bir konut uygulamasında, sistemde 300 litre boyler kapasitesi ile yıllık gereksinimin %85,3 ü karşılanmaktadır.
- 300 litre boyler yerine 400 litre boyler kullanılması halinde ise yıllık %86,2 oranına çıkıldığı görülmektedir ve bu küçük fark daha büyük boyler seçmeyi gerektirmez (Tablo 1.23A).



Şekil 1.22. ISISAN BUDERUS GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ

Boyer Kapasitesi (litre)	Karşılama Oranı (%)
300	85,3
400	86,2

Tablo 1.23A. 200 LİTRE GÜNLÜK GEREKSİNİM OLAN ÖRNEKTEKİ KARŞILAMA ORANLARI

Boyer Kapasitesi (litre)	Karşılama Oranı (%)
500	62,7
1.000	73,5
2.000	77,1

Tablo 1.23B. 2.000 LİTRE GÜNLÜK GEREKSİNİM OLAN ÖRNEKTEKİ KARŞILAMA ORANLARI

d. Günlük su tüketiminin 2.000 litre olarak kabul edildiği otel, fabrika veya apartman gibi mahallerde,

- 10 kollektör kullanımında 500 litre boylerli tesisatta karşılama oranı %62,7
- 1.000 litre boylerli tesisatta karşılama oranı %73,5 ve
- 2.000 litre boylerli tesisatta karşılama oranı %77,1 olmaktadır.

Örneklerde tüm boyler kapasitelerinde, ısıtımın düşük olduğu soğuk aylarda sıcak kullanma suyu gereksiniminin yaklaşık %40'ının karşılanabildiği görülmektedir.

Sıcak yaz aylarında ise 1.000 litre boylerli sistem 500 litre boylerli sisteme göre çok daha fazlasını (tüm gereksinimin ortalama %90'ı) karşılamaktadır (Tablo 1.23B).

e. Domestik uygulamalarda günlük toplam su tüketiminin, yaklaşık 1,5 katının boyler hacmi olarak seçilmesi uygundur.

Kullanımda kendinden ısıtmalı çamaşır ve bulaşık makinası olmaması durumunda, günlük gereksinime makine başına 50 litre eklenebilir.

f. Güneş enerjisi uygulamalarında, kullanılan sirkülasyon pompalarının tükettikleri elektrik enerjisi de dikkate alınmalıdır. Sürekli çalışan pompaların değişken devirli seçilmesi çok daha uygundur (Şekil 1.24A ve B).

1.4 HİJYEN

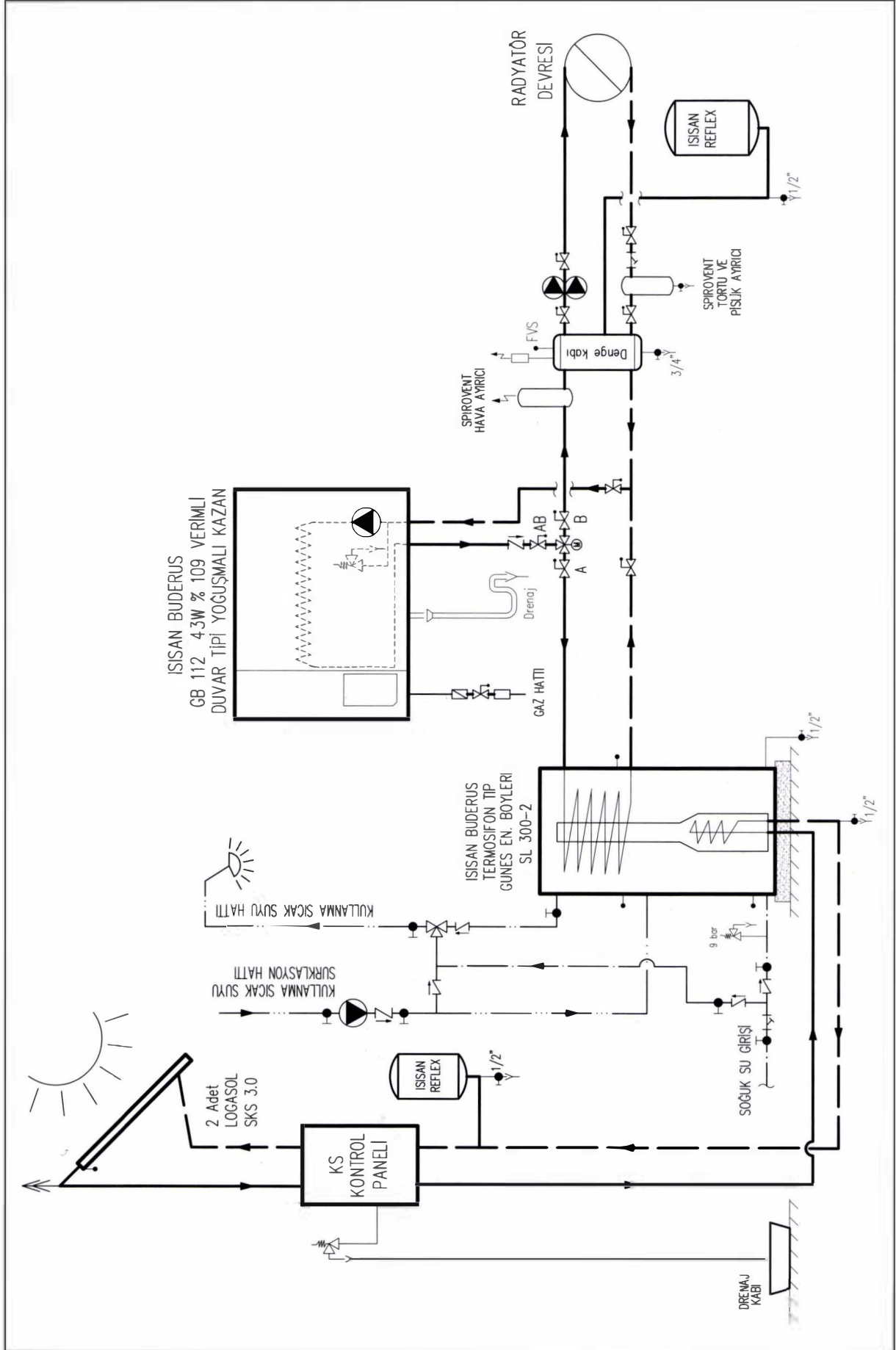
Su kaynaklarının temiz tutulması,

Suyun depolanması ve taşınmasında hijyen şartlarına uyulması, doğru malzeme kullanılması,

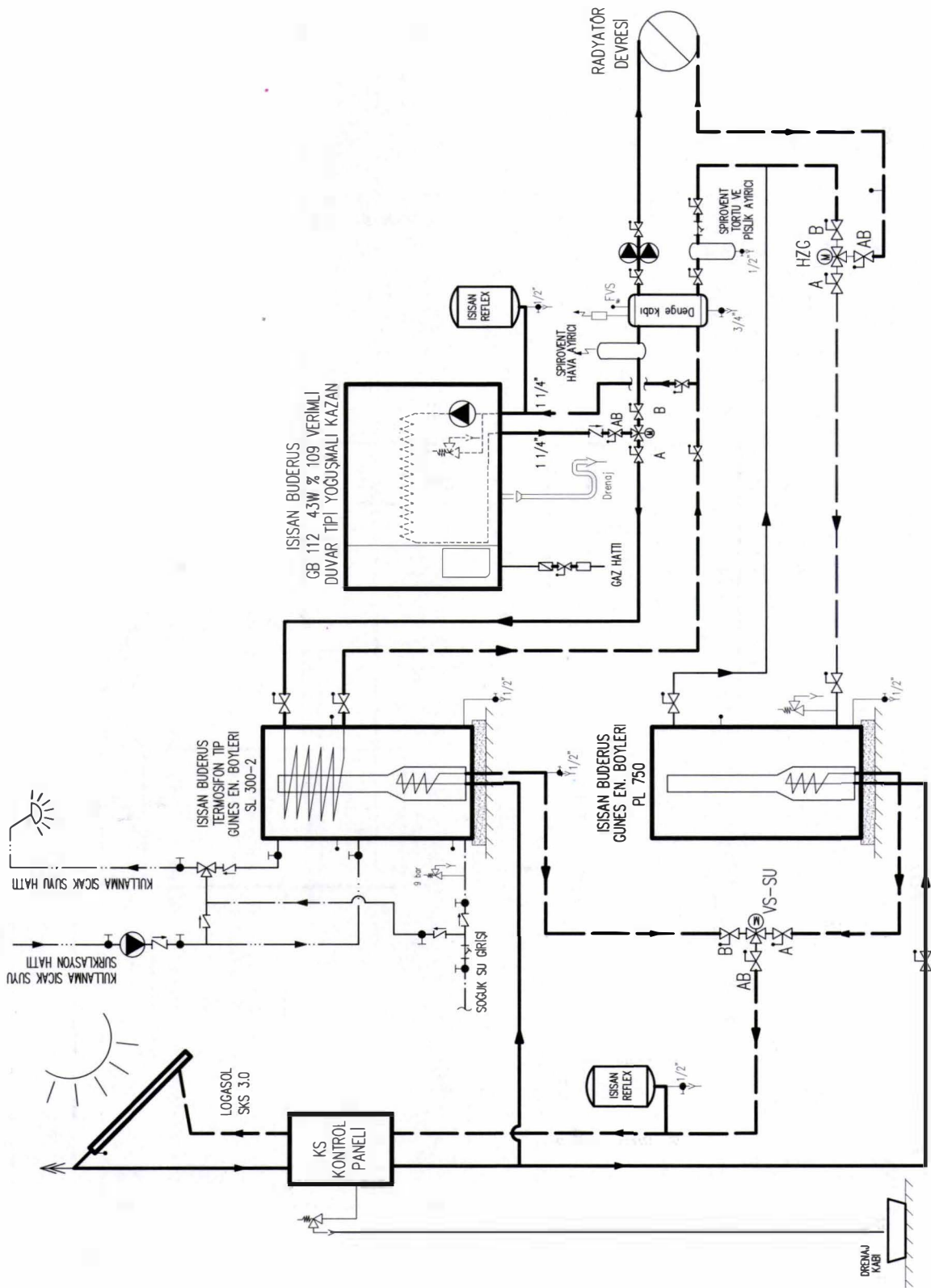
Su depolarının güneş altında kalmaması,

Klorlama vb dezenfeksiyon işlemlerinin bilinçli ve sürekli yapılması,

Sonuç olarak kullanma suyunun güvenilir olması sağlık ve psikoloji için çok önemlidir.



Şekil 1.24A. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN KULLANMA SICAK SUYU TEMİNİ



Şekil 1.24B. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN KULLANMA SICAK SUYU TEMİNİ VE İSİTMAYA DESTEK

1.5 LEJYONER HASTALIĞI VE ISI EKONOMİSİ (Sıhhi Tesisat)

Lejyoner hastalığının bulaşma yolunun bakteri taşıyan aerosol hale gelmiş (1 ile 5 mikrometre çapında) su taneciklerinin solunması olduğu tespit edilmiştir.

Legionella bakterisi yutulduğunda herhangi bir risk oluştuğuna ya da insandan insana bulaştığına dair herhangi bir bulgu yoktur (Tablo 1.25).

Kullanım suyu tesisatında Legionella bakterisi kontrolü, suyun binaya girdiği noktadan itibaren; su depoları, su ısıtıcıları, vanalar, musluk ağızları ve dağıtım borularının tüm çıkış noktalarına kadar olan bir bölgeyi kapsar. Mikroorganizma oluşumunun engellenmesi için belediye suyu klorlamaktadır. Ancak Legionella bakterisi, klora diğer bakterilerden daha dayanıklıdır ve belediye tesisatında her zaman düşük konsantrasyonlarda bulunduğu kabul edilir.

Legionella bakterisinin kolonileşmesini önlemek için birçok yol vardır;

a. Termik dezenfeksiyon,

b. Yüksek sıcaklıkta çalıştırma,

c. Bakır-gümüş iyonizasyon sistemi,

d. Klordioksit gaz enjeksiyonu (Domestik sıcak su sistemlerinde kullanılabilir),

e. UV radyasyon yöntemi,

f. Ozon,

g. Aşırı klorlama,

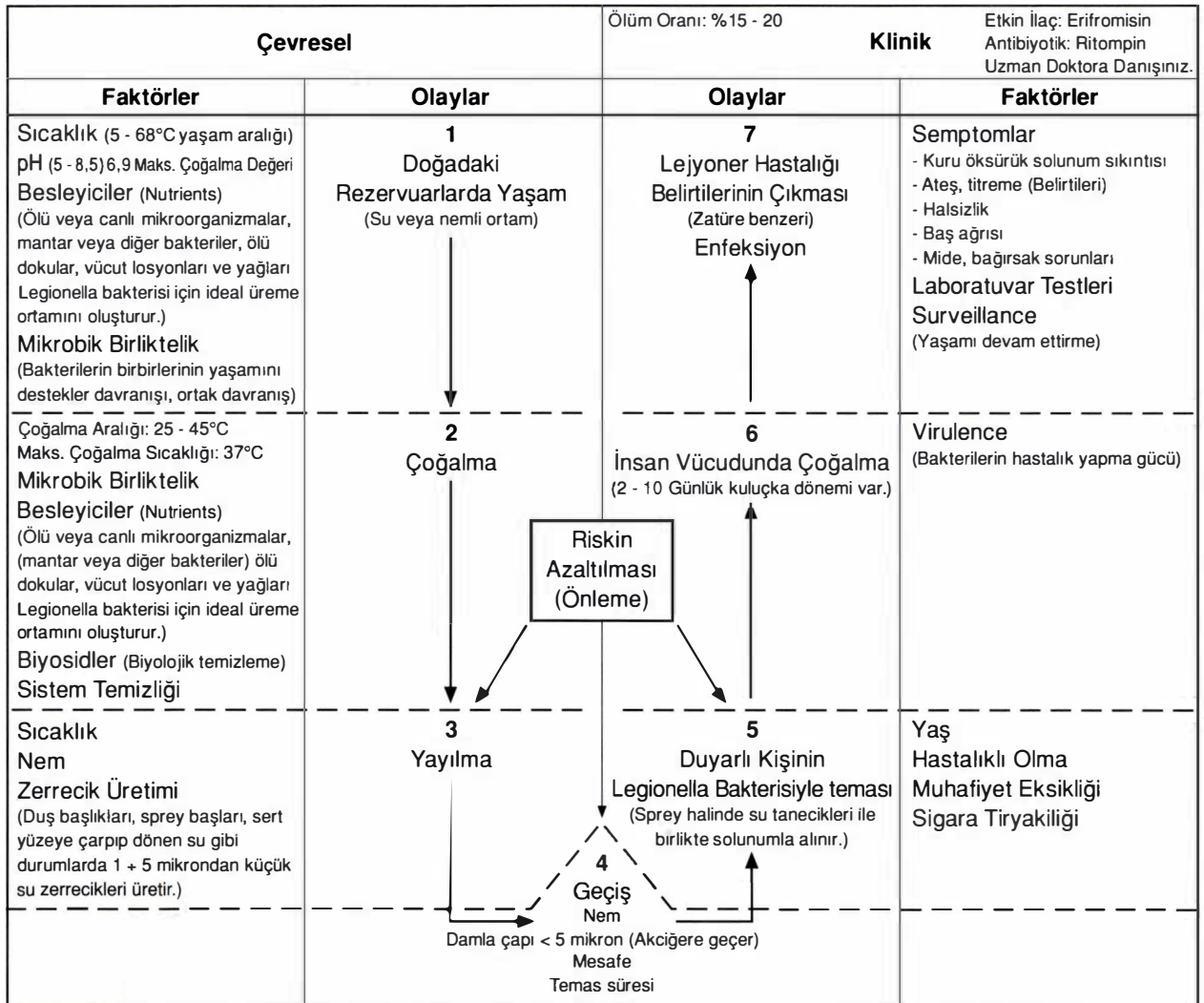
h. Filtreleme ve yeniden klorlama yöntemi,

i. Filtreleme yöntemine ek olarak, haftada iki kere dörtlü amonyum biocide kullanılabilir.

1.5.1 KULLANMA SICAK SUYU TESİSATINDA LEJYONER HASTALIĞI

Lejyoner hastalığının en fazla karşılaşıldığı yerlerden biri kullanma sıcak suyu tesisatıdır. Bu hastalığa karşı önlem olarak suyun boylerde 60°C'de depolanması istenirken; enerji tasarrufu için suyun boylerde 45°C'de depolanması önerilmektedir. Bu iki koşulu birden sağlamanın tek yolu termik dezenfeksiyondur (Tablo 1.26).

Lejyoner hastalığına karşı kullanma sıcak su tesisatında alınabilecek önlemler;



Tablo 1.25. LEGIONELLA BAKTERİSİNİN TAŞINMASI VE İNSAN VÜCUDUNA GEÇİŞİ

a. Termik Dezenfeksiyon (Yalnız 30 dakika için)

- Termik dezenfeksiyon, periyodik olarak (örneğin haftada bir kere) kullanma suyu sıcaklığını en az 70°C'ye (tavsiye edilen 70 - 77°C'ye) çıkarılmasıdır.
- Kullanma suyu sirkülasyon dönüş suyu sıcaklığı ise min. 51°C ve üzerinde olmalıdır. Isısan Buderus kazan - boyler sistemlerinde bu program bulunmaktadır.
- Termal şok yıkama süresi en az 30 dakika süreyle yapılmalıdır.
- Termik dezenfeksiyon sırasında suyun sirküle edilerek bütün boruların dezenfekte edilmesi (yüksek sıcaklıkta yıkama yapılması) gereklidir.
- Kullanma sıcak suyu sirkülasyonu, son kullanım yerlerinin tamamına ulaşamıyorsa; buralarda sıcak su akıtılarak en az 5 dakika yıkama yapılmalıdır.
- Termik dezenfeksiyonun yapıldığı sürede sirkülasyon dönüş suyu sıcaklığı 51°C ve üzerinde olacak şekilde sistem projelendirilmeli ve buna göre boruların ısı yalıtımı yapılmalıdır.

- Bu işlemin konutlarda ve otellerde gece yarısı veya işyerlerinde hafta sonunda insanların en az olduğu zamanlarda ve kullanım yokken (ya da en az olduğu zaman) yapılması uygundur.
- Otellerde termik dezenfeksiyonun yapıldığı gün ve saat, müşterilere verilen genel kılavuzun içinde belirtilmeli ve bu saatlerde banyo yapılmaması önerilmelidir.
- Sirkülasyonun yeterli olmadığı bölgelerde, termal şok yapılan saatlerde 5 dakika suyun akıtılması dezenfeksiyon için yeterli olacaktır.

b. Boyler

- Boylar iç yüzeyleri kir tutmayan ve temizlenebilen bir malzemeye kaplı olmalıdır. En mükemmel olanı cam kaplı boylerdir (*Şekil 1.12B*).
- Boylar içinde termik dezenfeksiyonun tam yapılması için ısıtıcı serpantin, boyler alt yüzeyine en yakın olacak şekilde monte edilmiş (veya buna göre dizayn edilmiş) olmalıdır. Soğuk su girişi de alttan olduğu için yüksek sıcaklığın sağlanabilmesi için bu bölüm kritik bölge olmamalıdır.

Sıcaklık Standartları	CDC	ASHRAE	SIPC	CCBC	ASPE	FREIJE	ASHE/JCAHO
Soğuk Kullanma Suyu Depolama Sıcaklığı (Maks.) (Su Deposu)	-	20°C	-	-	-	20°C	-
Üreme için Uygun Sıcaklıklar	32 - 41°C	25 - 42°C	-	-	-	20 - 50°C	14 - 42°C
Boylar Sıcaklığı (Maks.)	-	60°C	-	-	-	60°C	60°C
Kullanma Sıcak Suyu Sirkülasyon Dönüş Sıcaklığı (Maks.)	-	51°C	-	-	-	50°C	51°C
Normal Alanlarda Kullanma Suyu Sıcaklığı (Maks.)	-	-	38°C	-	-	-	-
Hastaların Bulunduğu Alanlarda Kullanma Suyu Sıcaklığı (Maks.)	-	-	43°C	46°C	46°C	-	-
Bakterinin Öldüğü Sıcaklık	-	60°C	-	-	-	55°C	55°C
Termal Şok için Gerekli Minimum Zamandaki Sıcaklık	5 dak. için 65°C	5 - 30 dak. için 71 - 77°C	-	-	-	5 - 30 dak. için 70°C	5 dak. için 70°C
Kısaltmalar CDC - Center for Disease Control and Prevention ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air - Conditioning Engineers SIPC - State of Illinois Plumbing Code CCBC - City of Chicago Building Code ASPE - American Society of Plumbing Engineers ASHE - American Society of Healthcare Engineering JCAHO - Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations FREIJE - Kaynak; Matthew FREIJE							

Tablo 1.26. KULLANIM SUYU TESİSATLARINDA LEJYONER HASTALIĞININ KONTROLÜ İÇİN ÇEŞİTLİ ORGANİZASYONLARIN VE AJANSLARIN YAYINLADIĞI SICAKLIKLAR

- Boyler deposunun tamamen boşaltılabilme ve temizlenebilme imkanı olmalıdır. Boylerlerde ısıtıcı serpantin mümkün olduğu kadar alt seviyede bulunmalı, böylece suyun hareketi sağlanmalıdır.
- Boyler tesisatlarında genişleme deposu olacaksa, içinde durgun su olan depolar kesinlikle kullanılmamalıdır. DIT tip içinde suyun hareketli tutulduğu genişleme depoları kullanılmalıdır.

c. Musluk ve Armatürler

Miks batarya kullanılıyorsa;

- Bu bataryalarda sıcak ve soğuk su birbirine karışmakta ve sıcak su, soğuk su hattına kaçabilmektedir (Önlem alınmalıdır.).
- Miks batarya kullanıldığında daire girişlerinde her iki hatta da çekvalf kullanılmalıdır.

d. Su Depoları

- Su deposundaki suyun sıcaklığı 20°C ve altında depolanmalıdır.
- Su depoları toprak altında olmalı, sıcak kazan dairesine yakın olmamalıdır (Kazan daireleri sıcak ise ısı yalıtımları kötü yapılmış, enerji kaybediliyor demektir.).
- Su depolarının iç yüzeyi kolay temizlenebilir olmalıdır. Betonarme depoların iç yüzeyi derzsiz havuz seramiği kaplanabilir.
- Su depolarının altındaki tortu alınmalı ve depo yüzeyleri belirli periyotlarda temizlenmelidir.
- Temiz bir su deposu ve tesisat, Legionella bakterisinin ihtiyaç duyduğu besin dolu ortamı barındırmaz.

1.5.2 LEGIONELLA BAKTERİSİ KONTROL YÖNTEMLERİ

a. Yüksek sıcaklıkta çalıştırma; Sistem sıcaklıklarını 60°C ve üzerinde tutarak gerçekleştirilmektedir. Bu tercih edilen bir yöntemdir. Ancak bu uygulama büyük ve eski tesisatlarda pratik olmamakta ve duş başlıklarındaki termostatik olmayan vanaların değiştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

b. Termik dezenfeksiyon metodunda; Sistem sıcaklıkları 30 dakika boyunca 70°C ya da daha üstüne çıkarmakta ve sıcak su, tesisattaki tüm açıklıklardan akıtılmaktadır. Herhangi bir Legionella bakterisi salgınının belirtisi olduğunda, su sıcaklıkları 70 - 77°C sıcaklıklara kadar yükseltilmelidir. Günümüzde bu metod, bir çok kullanma suyu tesisatlarında bakterileri öldürmek amacı ile kullanılmaktadır. Tesisatlardaki büyük miktarlarda bio-film, temas süresini arttırmaktadır.

- Bu uygulamanın avantajı, fazla bir harcama yapılmaması ve hızlı bir şekilde uygulanmasıdır.
- Dezavantajı ise, kaynar su boşaltılırken büyük tesisatlarda koordinasyonun zorluğu ve kullanıcıların haşlanma riskinin olmasıdır.
- Legionella bakterisi riskinin aşırı olmadığı bölgelerde bu sistem, en ekonomik işletme şartlarını sağladığı için tercih edilmektedir.

c. Bakır - gümüş iyonizasyon sistemi; Bakır - gümüş elektrotların bulunduğu bir iyonlaşma odasının sisteme

monte edilmesini gerektirir. Elektrotlara elektrik akımı gönderildiğinde pozitif bakır - gümüş iyonlar sistemdeki suda çözünecektir. Pozitif iyonlar mikroorganizmalara bağlanacak ve onların ölmesine neden olacaktır.

Bakır - gümüş iyonlarının optimum konsantrasyonları: Bakır için 400 ppb (milyarda bir) ve Gümüş için 40 ppb (milyarda bir) dir.

- Bu alternatifin avantajları, ekipmanın kolayca monte edilebilmesi, bakımının kolay olması ve kalıcı bir dezenfeksiyon sağlamasıdır.
- Dezavantajı ise, bu yöntemin ilk yatırım maliyeti ve işletme maliyetidir. Bakır - gümüş iyonlaşma yöntemi, genelde küçük sistemler için kullanılır. Daha çok bağışıklığın önemli olduğu hasta bakım alanlarında kullanılan domestik sıcak su sistemlerinde kullanılması tavsiye edilir. Sisteme bakır-gümüş iyonları ekleyerek iyonlaşma metoduna bir alternatif teşkil edecek uygulama ise, bakır-gümüş iyonlarının direkt olarak bir kimyasal besleme pompası yardımıyla sisteme enjekte edilmesidir. Düşük dozajlarda olsa bile bakırın direkt olarak kullanımı, düzgün bir şekilde yerleştirilip korunmadığı takdirde, çevre yetkililerinde bir takım şüpheler uyandıracaktır.

Bu sistemlerin uygulanması açısından, eğitilmiş ve dikkatli bir personel kadrosu gerekir.

d. Domestik sıcak su sistemlerinde kullanılabilir klor-dioksit gaz enjeksiyonu; Klordioksit, bio - film tabakası içine girer ve bakteriyi büyüme yerinde öldürür.

- Bu yöntemin avantajları:
 - Uzun süre çözeltide kalması,
 - Düşük konsantrasyonların yeterli olması ve
 - Klor korozyonunun minimize edilmiş olmasıdır.
- Dezavantajları:
 - Ekipmanın daha çok, küçük ve orta boyutlu uygulamalara uygun olması,
 - Ekipmanın pahalı olması ve
 - Her sıcak su sistemi için bir tane klordioksit gaz jeneratörünün gerekli olmasıdır.
- Kullanma yerleri; Daha büyük uygulamalarda birkaç enjektörün kullanılabilmesi mümkündür. Klordioksit, bağışıklığın önemli olduğu hasta bakım alanları için gerekli olan, domestik sıcak su sistemlerinde kullanılması tavsiye edilen bir yöntemdir.
- Dozaj aralıkları 0,3 - 1 ppm arasında değişen halojenlerin (klor, brom, iyot) kullanılması, suyun pH'ı kontrol edildiği takdirde uygulanabilir bir seçenektir. Suyun pH'ı düştüğünde halojenin etkisi de düşecektir. Son olarak, önemle üzerinde durulması gereken bir diğer husus, su kanallarına boşaltılan kanserojen halojenli bileşimlerdir. Suyun klorlanmasıyla oluşan TTHM, muhtemel kanser risklerini önleyecektir. Risk küçük derecelerde ise, EPA US su sistemlerindeki TTHM konsantrasyonunu azaltmayı denemektedir.
- e. UV radyasyon yöntemi;** Sistemde bir nokta boyunca akararak yalnızca bakteriyi öldürmede etkili bir yöntemdir.

- Kullanma yerleri; Yalnızca küçük uygulamalarda ve kısa boru tesisatlarında etkilidir.
- Dezavantajları; Büyük sistemlerde etkisizdir ve sistemin diğer bölgelerinde var olan kolonilerin büyümesini engelleyemez. UV'nin, Legionella bakterisinin tek hücreli kesecikleri üzerindeki etkisi de bilinmemektedir.
- f. Ozon; Ozon jeneratörünün yakınlarında bakteriyi öldürmede etkilidir.
 - Avantajları; Ozonun sistemde çabuk çözünmesi bakteriyi öldürmeye yetecek konsantrasyonların elde edilmesini sağlar.
 - Dezavantajları:
 - Eski tesisatlarda korozyona neden olabilir.
 - Büyük sistemlerde etkisiz kalmakta ve kolonilerin oluşmasını engelleyememektedir.
 - Pahalı bir uygulamadır.
 - Su arıtma maliyetleri %85 azaltılır.
 - Kimyasal depolama ve atıkların depolanmasına gerek kalmayacaktır. Bir başka avantajı bu uygulamada TTHM'nin üretilmemesidir.
- g. Aşırı klorlama:
 - Avantajları; Bakteriyi öldürmede etkili bir yöntemdir.
 - Dezavantajları; Bakteriyi öldürmek için yüksek klor konsantrasyonları gereklidir. Klor kullanılması sonucu oluşan ürünler, potansiyel kanserojen maddelerdir. Klor, koroziftir ve boru tesisatında bir hata sayılabilecek aşınmaya neden olur. Bu nedenle, özellikle bir çok hastane uygulamasında pek tavsiye edilen bir yöntem değildir.
- h. Filtreleme ve yeniden klorlama yöntemi; Yeniden klorlama sistemiyle birleşmesiyle birlikte, 5 mikronluk filtrelerin kullanımını gerektirir. Bu yöntem, sisteme filtrelenmemiş su beslemesi olması halinde, boru tesisatı içerisinde oluşacak yabancı maddeleri filtreleyip sistemi arındırmak amacıyla kullanılmaktadır. Böylelikle, bio - filmin yayılabileceği yerlerde oluşacak çökelti miktarı azaltılmış olacaktır. Tekrar klorlama, bio - film tabakasının büyümesini engellemek amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Klor konsantrasyonları, fazla klorlaşmayı önlemek amacıyla kontrol altında tutulmalıdır.
- i. Filtreleme yöntemine ek olarak haftada iki kere ya da daha temel olarak her gece yarısı kimyasal besleme pompası yoluyla dörtlü amonyum biocide kullanılabilir. Bu bileşiğin, tercihen bakterinin bu bileşiğe karşı bağışıklık kazanmasını engellemek adına ve bir başka bileşiğin bakterinin gelişimine karşı daha farklı bir yöntemle karşı koyması adına, farklı bir biocide ile değiştirilmesi gerekir. İyi bir biocide alternatifi olarak tiokarbonat verilebilir, ancak farklı örnekler de mevcuttur.

1.5.3 LEGIONELLA BAKTERİSİ KONTROLÜ İÇİN TAVSİYELER

- a. Yüksek oranda risk faktörü taşıyan (ameliyathaneler, ICU, AIDS ve kanser tedavi alanları vb) alanların,

domestik sıcak su besleme sistemlerine, klordioksit veya bakır - gümüş iyonizasyon ekipmanı monte edilmelidir.

- b. Nebulizasyon araçlarının dönemsel durulanması ve doldurulması için, düzenli olarak steril su kullanılmalıdır.
- c. Hastane personelinin eğitilmesi gereklidir.

1.5.4 LEGIONELLA BAKTERİSİ KONTROL LİSTESİ

Kullanımda olan bir domestik sıcak su sisteminde Legionella bakterisinin yayılmasını minimize edecek bir kontrol listesi aşağıda çıkarılmıştır.

- a. Domestik sıcak su sistemlerindeki ölü bölgeleri kaldırın. Gereksiz boru tesisatını kaldırmak için bir politika belirleyin.
- b. Fazla büyük duş kafalarını değiştirin.
- c. Tüm sistemde sirkülasyon olduğuna emin olmak için, sıcak su sirkülasyon hattını en uzak noktaya kadar uzatın.
- d. Tüm yeni boruların bakırdan yapılmış olması tavsiye edilir, çünkü galvanizlenmiş demir borulara nazar, korozyona karşı dayanımı artmış olacaktır.
- e. Yukarıdaki metodlar genellikle termik dezenfeksiyonla ilgili tavsiyelerdir. Bu yöntem daha az bir yatırımla gerçekleştirilebildiği için hemen uygulanabilir ve uygulama tamamlandığında ise bakteri kolonilerinin yok edilmesinde etkili olacaktır.
- f. Dezenfeksiyondan sonra, boru tesisatı içerisindeki bakteri seviyesini kontrol edebilmek için bir program uygulanmalıdır.

1.5.5 LEGIONELLA BAKTERİSİ VE TEMİZLİK

- a. Açık dolaşimli bir sistemin kontrolündeki en önemli nokta suyun temizliğidir.
- b. Kullanım suyunun filtrelenmesi kaydıyla su temizliği, kabul edilebilir bir seviyeye getirilebilir: 30 - 40 mikron.
- c. Bunu da kum filtreleri veya torba filtreler kullanarak sağlayabiliriz.
- d. Çamur oluşumundan dolayı kum filtreleri, ayda bir kabartılmalıdır.
- e. Torba filtreler ise temizlik gerektirmediklerinden, en iyi filtrelerdir.
- f. Klasik su tasfiye yöntemlerindeki sorun, Legionella bakterisini etkin bir şekilde önleyecek "büyülü kurşunların" bulunmamasıdır. Eğer suyun temizliği sağlanmış ve borulardaki çamur oluşumu engellenmişse, bu sistemde filtreleme kullanılmıştır.
- g. Bazı kimyasalların petri - kolonileri (laboratuvar da yetiştirilen Legionella bakterisi) üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ancak saha etkinliği testleri, bu patojenik grubu kontrol etme iddialarını çürütür.

Daha detaylı bilgi için; Lejyoner Hastalığına Karşı Mekanik Tesisatta Alınabilecek Önlemler bölümüne bakınız (IX. Bölüm).

II. BOLÜM

KLİMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ EKONOMİSİ

Klima sistemlerinde, ülkemizde birim enerji maliyeti (kcal/h YTL) en yüksek olan elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Elektrik enerjisinin kullanıldığı bu sistemlerde konfordan fedakarlık etmeden gerçekleştirilebilecek tasarruf, işletme maliyetlerinde önemli karlılıklar sağlayacaktır. Bu çerçevede alınabilecek pek çok önlem bulunmaktadır. Bu bölümde, klima sistemlerinde enerji ekonomisi ve optimizasyonu ele alınarak incelenmeye çalışılmıştır. Buna göre;

a. Isı kazancı, yapıda alınabilecek pasif önlemlerle azaltılarak soğutma yükü düşürülebilir.

b. Yazın iç sıcaklık değerinin 1°C daha yüksek seçilmesi, enerji tüketiminde %7'nin üzerinde tasarrufa imkan verebilmektedir.

c. Klima sistemlerinde en fazla enerji tüketen elemanlardan biri, fanlardır. Klima sisteminde, farklı noktalarda, farklı amaçlarla fanlar kullanılmaktadır. Bu fanlar, tek tek ele alınarak; sabit debili veya değişken debili olmalarının, sistem tasarımlarının ve işletme biçimlerinin, işletme maliyetine etkileri ortaya konulmuştur.

d. Hava kanallarının dirençlerinin azaltılması, sızdırmaz hava kanalları, kanal izolasyonu, ısı kayıp ve kazançları, kanallardaki hava kaçaklarının maliyeti, klima santrallerinde fan enerjisinden tasarruf, klima santral filtreleri ele alınmıştır.

e. Klima sisteminde, farklı noktalarda, farklı amaçlarla pompalar kullanılmaktadır. Klima tesisatındaki pompaların, sistem tasarımlarının ve işletme biçimlerinin, işletme maliyetine etkileri ortaya konulmuştur.

f. Su soğutma gruplarındaki enerji tasarrufu incelenmiştir.

g. Borulardaki basınç kayıplarının ve ısı kayıplarının azaltılması ele alınmıştır.

h. Otellerde olduğu gibi yüklerin çok değişken olduğu, çok zonlu uygulamalarda, merkezi sistemlerle bireysel sistemlerin işletme maliyetleri, bir örnek üzerinde hesaplanarak karşılaştırılmıştır.

i. Uygulamadan gelen pratik önerilere yer verilmiştir. Klima sistemlerinde enerji ekonomisini ilgilendiren değişik öneriler, maddeler halinde sıralanmıştır.

j. İç hava kalitesi ve havalandırma arasındaki optimizasyon anlatılmış ve taze hava miktarları tartışılmıştır.

k. Biyolojik ve kimyasal terör ve çeşitli hastalıkların HVAC sistemiyle ilişkileri ve bunlara karşı alınacak önlemlerin, sisteme etkileri üzerinde durulmuştur.

2.1 GİRİŞ

Su akıtan musluğu gördüğümüzde, hepimiz kapatırız. Damlatan musluk varsa bunu da kapatmaya çalışırız. Kapanmazsa tamir ettiririz. Çünkü akan veya damlayan su, ciddi bir maliyettir. Bunu gördüğümüz için yaparız;

oysa benzer şekilde binalardan dışarı enerji akıyor. Bu enerji israfını göremediğimiz için, aşırı enerji tüketimi devam etmektedir.

Projede, uygulamada ve işletmede sistem seçimiyle başlayıp, detaylarda %5, %1, %0,5, %0,01 gibi önemsenmeyen rakamların (kayıpların) toplamı, çok büyük değerlere ulaşmaktadır. Çok iyi planlanan ve işletilen bina ile kötü planlanan bina arasında enerji tüketimlerinde 4 - 5 misli farklar oluşabilmektedir.

HVAC tesisatı gereksiniminde, ısıtma ve soğutma öne çıkıyor. HVAC tesisatı, önce ısıtma ve soğutma ihtiyacı için gerekli gözüktüyor; ancak binaların ısıtma ihtiyacı 5 - 7 ay; soğutma ihtiyacı ise 3 - 5 aydır (Bölgelere göre değişebilir.). Ancak havalandırmaya 12 ay (tüm yıl) boyunca ihtiyaç vardır. Büyük alışveriş merkezlerinde soğutma ve havalandırmaya 12 ay ihtiyaç duyulur. Ancak kış aylarında ve ilkbahar - sonbaharın büyük bir bölümünde ve mevsim geçişlerinde (yıllık ortalama 5 aylık) soğutma ihtiyacı, havalandırma ile (taze hava oranının artırılması ile) karşılanabilir. Hem free cooling yapıp enerji ekonomisi sağlanır, hem de taze hava yüksek oranda kullanıldığı için, iç hava kalitesi çok yüksek olur. Tesisatımızdaki enerji ekonomisine bakarken; ısıtma, soğutma ve havalandırma konuları birlikte incelendiğinde, ısıtmadan sonraki en önemli kriterin (pencere doğramaları da açılmıyorsa daha da önemlisi) havalandırma olduğu görülecektir.

Yapılarda enerji ekonomisi 1973 petrol krizinden sonra ortaya çıkan ve aradan geçen 30 yıl boyunca güncelliğini koruyan bir konudur. Geçen 30 yıl içerisinde kavramlar zaman içinde gelişmiştir. Enerji ekonomisinin kavramları ve başlıkları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

2.1.1 ISI YALITIMI

İlk hareket, enerji tasarrufu olarak tanımlanabilir. Burada yapıdaki ısı kayıplarının azaltılmasına çalışılmıştır. Bunun en önemli yansıması, bina dış kabuklarının ısı izolasyonunun artırılması olmuştur. Çatı, döşeme ve dış duvarlar, yalıtım kabiliyeti yüksek malzemelerden oluşturulmaya başlanmıştır. Zaman içinde izolasyon değerleri artırılarak, binaların dıştan yalıtım malzemeleriyle bohçalanarak izole edilmesi noktasına gelinmiştir.

Isı yalıtımı ile binanın, kışın ısı kayıpları, yazın da ısı kazançları azaltılır. Ayrıca, dış duvarların iç yüzey sıcaklığının kışın daha yüksek olması, daha düşük sıcaklıkta aynı konforun hissedilmesini sağlar ve ısıl konfor artar.

a. Böylece, oda sıcaklığı normal koşullarda yaklaşık olarak 1°C (hatta daha fazla) azaltılabilir.

(İstanbul'da yaklaşık %10 yakıt ekonomisi sağlanır).

b. Daha konforlu bir sistem oluşur.

Yazın da binada daha az da olsa:

- Benzer ekonomik işletme ve daha konforlu ortam oluşur.
- Bina dış yüzeylerine, özellikle güneş alan yüzeylere depolanan ısı yükü de azaltılmış olur. Böylece soğutma sistemi, akşam daha erken saatlerde kapatılabilir.

2.1.2 PENCERELER

Pencerelerde çift cam kullanımı ve pencere alanlarının azaltılması, yine enerji tasarrufu kavramı içinde uygulanmaya başlamış ve aynı zamanda pencereler ve kapılar gibi dış kabuk açıklıkları, daha sızdırmaz hale getirilmiştir. Böylece hem iletimle olan kayıplar, hem de enfiltrasyonla ilgili kayıplar azaltılmıştır.

Pencere boyutlarının küçültülmesi kışın ısı kayıplarını, yazın da özellikle güneşten gelen ısı kazançlarını azalttığı için, enerji ekonomisi sağlar. Ancak Türkiye'nin Kuzey Avrupa'dan farkı, kışın güneşten daha fazla yararlanma imkanına sahip olmasıdır. Güneşten gelen ısı miktarı daha fazladır ve güneşten gün içinde daha fazla süre yararlanılır. Gündüz daha aydınlık bir ortam vardır. Güneş ışınlarının iç mekanlardaki sterilizasyon etkisinin de sağlıklı bir ortam için çok önemli olduğu dikkate alındığında, pencere yüzeylerinin çok fazla azaltılması da çok uygun değildir. Yüksek olmayan binaların etrafında kışın yaprağını döken yüksek ağaçların olması, yazın gölge etkisi ile güneşten gelen ısı kazancını azaltır, kışın da güneşten yararlanarak ısınmaya ve steril ortam oluşmasına yardımcı olur.

2.1.3 İÇ HAVA KALİTESİ

Gelişen teknoloji ile binaların dış kabuğunun sızdırmazlığının artırılması, iç hava kalitesi sorunlarını beraberinde getirmiş ve iç hava kalitesi kavramı, enerji tasarrufu ile çatışan yeni bir çalışma alanı yaratmıştır. Contalı pencere doğramalarıyla, binaya kontrolsüz hava sızıntısı durdurulmuş ve böylece ısıtma soğutma yükleri azaltılarak enerji ekonomisi sağlanmıştır. Ancak mekanik havalandırma olmayan binalarda (özellikle konutlarda) halı, dolap, mobilya ve boyalardan yayılan kimyasal gazlar, iç hava kalitesini bozarak alerjik rahatsızlıklara sebep olmaktadır. Gelişmiş ülkelerde ve Türkiye'deki lüks konutlarda yaşayan insanlarda (özellikle çocuklarda) alerjik rahatsızlıklar ve astım sorunu yaşayanların oranı %30 mertebesine ulaşmıştır. Ayrıca grip olan insanlardan (hapşırma ve nefesleriyle) ortama giren virüs miktarı, yüksek konsantrasyona ulaştığı için grip vb rahatsızlıkların bulaşma riski de artar.

Pencerelerin sızdırmaz olduğu binalarda taze havayı filtre ederek ve konfor şartlarına uygun sıcaklığa kadar kışın ısıtarak ve yazın da mümkünse soğutarak verecek mekanik bir sistem (hiç olmazsa filtre edilmiş taze hava) yapılması gereklidir.

a. Pencere doğramalarının sızdırdığı binalara da taze hava girer. Ancak taze hava tozlu ve kontrolsüz girer. Dış hava sıcaklığının kışın çok düşük, yazın da çok sıcak olmadığı durgun havalarda, binaya dış hava girişi çok az olur. Ancak dış havanın kışın çok soğuk, yazın da çok sıcak olduğu günlerde, iç ve dış havanın sıcaklık farkı fazladır ve basınç farkı oluşur.

Aşırı basınç farkı nedeniyle dışarıdan içeriye kontrolsüz hava girişi artar. Dış hava, bu günlerde kışın çok soğuk (yazın da çok sıcak) olduğu için binanın enerji tüketimi ciddi oranda artar. Özellikle yazın binaya giren dış hava, toz ve partikülleri de birlikte taşıyarak iç havanın kirlenmesine ve halı, mobilya vb eşyaların bozulmasına neden olur. Dış havanın rüzgarlı olduğu günlerde de rüzgar yönüne göre bina cephesinde artı veya eksi basınç oluştuğu için, yine binaya kontrolsüz dış hava girişi, aşırı miktarda olur.

b. Pencere doğramaları sızdırmaz yapılan ve mekanik olarak havalandırılan binalarda ise:

- Taze hava mümkün olduğu kadar binanın üst katlarından alınmalıdır (Toprak seviyesinden yukarıya doğru yükseldikçe, havadaki toz miktarı daha azalır).
- Taze hava filtre edilerek ortama verildiği için, bina içine pratik olarak toz ve partiküller girmez.
- Taze hava, dış havanın çok sıcak ve çok soğuk olduğu günlerde ihtiyaç olan normal miktarda verildiğinden, enerji savurganlığı oluşmaz.
- Dış hava ve iç havanın entalpi farkının fazla olduğu günlerde, binaya daha fazla miktarda taze hava verilerek çok daha iyi iç hava kalitesi sağlanır.
- Dış hava sıcaklığının iç hacim sıcaklıklarından daha düşük olduğu gün ve saatlerde (özellikle binaların soğutma ihtiyacının devam ettiği ilk bahar ve son baharın bazı günlerinde), taze hava miktarının artırılması, yıllık soğutma maliyetini ciddi oranda azaltır (free cooling).
- Yazın gece soğutma (cool down) da benzer ekonomik avantajları sağlar ve daha iyi bir iç hava kalitesi oluşturur.
- Taze havanın alındığı yerlerde koku kaynakları varsa (mutfak egzostu, wc egzostu, endüstriyel bölgelerde atık gaz ve dumanlar vb) gerekli filtrasyon önlemleri alınmalıdır.

2.1.4 SİSTEM SEÇİMİ VE VERİMİ

Sistem kavramı incelendiğinde, tek tek elemanların verimleri kadar, bir bütün olarak sistemin veriminin önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Sistemin sonuç hedefe yönlendirilmesinde (istenilen ısı konfor koşullarına ulaşmada), sistem seçimi ve otomatik kontrol ön plana çıkmıştır. Sistem seçimi çok önemlidir. Bu konuda Isısan Yayınları No: 305 Klima Tesisatı Kitabı, Sistemlerin Karşılaştırılması bölümündeki (Sayfa 297 - 387) karşılaştırma tablolarındaki, enerji maliyetleri bölümüne bakılabilir.

2.1.5 CİHAZ VERİMLERİ, POMPALAR, KLİMA SANTRALLARI VE FANLAR

Yapılarda enerji tasarrufu, ısı yalıtım yönetmelikleriyle sağlanırken, enerji ekonomisinin diğer önemli bir ayağı olan cihaz ve sistem verimlerinin artırılması, başka bir çalışma alanı olmuştur. Sonuçta kazan, soğutma grubu, jeneratörler, pompalar, fanlar gibi ekipmanlar ve borular, hava kanalları gibi ısı enerjisini taşıyan elemanlar, verimsizlikleri nedeniyle enerji kaybına neden olmaktadır. Bunların daha verimli hale getirilmesi, önemli ölçüde enerjinin tasarrufu anlamına gelmektedir.

Avrupa'daki son eğilim, cihaz verimlerinin sınırlandırılmasıyla ilgilidir. HVAC tesisatında kullanılan çeşitli cihazlar için alt verim sınırları getirilmekte ve bunun altında verim değerine sahip cihazların pazara girmesi yasaklanmaktadır (Örneğin 12 kW gücün altındaki klima cihazları). 2004 yılında G sınıfı (enerji tüketim seviyesi olarak) bütün cihazların kullanımına son verilmesine karar verilmiştir. Bir program dahilinde, 2010 yılında D sınıfı cihazlara kadar kullanımına son verilecektir. Bunun anlamı, bugün pazardaki cihazların %70'inin kaldırılmasıdır.

2.1.6 OTOMATİK KONTROL

Her türlü değişen iklim koşullarında, bina koşullarında ve işletme koşullarında konforun sağlanması, ancak otomatik kontrolle gerçekleştirilebilir. Uygun sistem seçimi, ısı geri kazanma cihazlarının sisteme dahil edilmesi, uygun kontrol ve bina otomasyon sistemlerinin kullanılması, enerji ekonomisinin en kuvvetli enstrümanlarından biri olmuştur.

Akıllı binalar ortaya çıkmıştır. Bu binalarda bütün mekanik tesisat otomasyonla verilen bir program dahilinde kendi kendine çalışmaktadır. Ancak unutulmamalıdır ki; bir bina aptalken (akıllı bina standardında yapılmamışsa) akıllı olamaz. Yani uygun yapılmayan bina (mimari, mekanik tesisat, elektrik tesisatı bütününde), sadece otomasyonla istenilen verimlilikte çalıştırılmaz. Akıllı bina ve onun mekanik tesisatı, her şeyden önce standardına uygun yapılmış olmalıdır. Bütün sistemler optimize edilmiş ve otomasyona uygun biçimde tasarlanmış olmalıdır.

2.1.7 SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE ÇEVRE

Zaman içinde sürdürülebilirlik kavramı gelişmiştir. Sürdürülebilirlik kavramı, konuyu en geniş boyutları ile kavramaktadır. Burada iki önemli sürdürülebilirlikten söz edilebilir. Bunlardan biri, doğal enerji kaynaklarımızın sürdürülebilir biçimde kullanımı, diğeri çevrenin sürdürülebilir biçimde kullanımıdır. Aslında bu iki kavram, bütünsel bir bakışta birbirini desteklemektedir. Bir yandan yenilenemeyen fosil yakıtlar gibi kaynaklarımızı en az düzeyde tüketmek, diğer yandan doğayı kirletmemek. Doğanın kirletilmesinde konumuz açısından önem kazanan, zararlı katı partikül ve gaz emisyonları ve sera etkisine sahip yanma ürünü

CO₂ emisyonudur. Günümüzdeki anlayışa göre, binalarda kullanılan enerjinin ekonomisi veya tasarrufu, yenilenemeyen birincil enerji kaynaklarının kullanımındaki tasarruf ve ekonomi anlamına gelmektedir.

“Enerji Etiktir” mühendislik mesleği, makinaları ve buna dayanan medeniyeti yaratmıştır. Aynı zamanda bu makinaların ihtiyacı olan enerji talebini oluşturmuştur. Enerjinin sonlu bir kaynak olması ve enerji üretim ve tüketimi aynı zamanda çevrenin de kirlenmesi ve bir nevi tüketilmesi olduğundan enerjinin ve çevrenin tüketiminin kontrolü de mühendislerin sorumluluğundadır. Mühendisler enerjiyi ve çevreyi en az tüketen makinaları ve sistemleri yapmak zorundadırlar. Dolayısıyla makinaların ve sistemlerin dizaynında, enerji ve çevre bir kriter olmanın ötesinde, bir etik kuraldır. Enerji ve çevre, mühendislik mesleği için bir “tasarım parametresi” değil; bir “ahlak standardı”dır. Bütün tasarımlarımız, enerji tasarruflu, enerjiyi en az tüketen ve çevreyi en az kirleten nitelikte olmalıdır ve bu, bir meslek etiği olarak uygulanmalıdır.

Ayrıca çevre konusundaki sınırlamalar, günümüzde artık doğrudan ekonomiyle de ilgilidir. “Çevreyi Kirletmeyelim” söylemi, yalnız etik bir kural olmaktan öte, kanun ve yönetmeliklerle de zorlanmaktadır. Çevreyi fazla kirleten ürünler, artık pazara girememektedir. Dolayısıyla çevre konusu, aynı zamanda ticari rekabetin bir parçası olmuştur. Ancak çevreyi kirlletmeyen (en az kirleten) ürünleri geliştirebilenler pazarda kalabilmektedir. Çevreyi kirlletmeyen ve yüksek verimli ürünler, genellikle ileri teknolojiyi temsil etmektedir. Bunu yakalayamayan üreticinin şansı kalmayacaktır.

2.1.8 OPTİMİZASYON

Bu kavram, enerji tasarrufu fikri yerine, enerji ekonomisi (enerjinin doğru kullanımı) fikrini getirmektedir. Özellikle ulusal yönetmeliklerin bakış açısı, enerji tasarrufu değil, enerjinin doğru kullanımını sağlamaktır. Yani ne pahasına olursa olsun enerji tasarrufu yerine, akılcı ve enerjinin en ekonomik şekilde kullanımı, birinci önceliğe sahiptir; çünkü ekonomi aynı zamanda optimizasyonu içermektedir. Bütün kaynakların sürdürülebilirliği anlamında ekonomik çözüm, optimum çözümdür ve bu çözüm dinamiktir.

2.1.9 TÜRKİYE ŞARTLARI

Bütün dünyada olduğu gibi Türkiye’de de, enerji ekonomisi ve enerji tasarrufu, üzerinde çok çalışılan konular olmuştur. Enerji kaynaklarını büyük ölçüde dışarıdan ithal eden ve kısıtlı ekonomik imkanları dolayısıyla zaman zaman enerji krizlerine, zaman zaman da mali krizlere giren Türkiye için bu konu, yaşamsal bir öneme sahiptir. Özellikle binalarda enerji ekonomisi ve tasarrufu, gelişmiş Avrupa ülkelerine göre Türkiye için daha önemlidir.

Çünkü:

- a. Yakın yıllara kadar ısıtmada en büyük enerji tüketim sektörü, binalar olmuştur. Bu gün için de endüstrinin hemen arkasından gelmekte ve yaklaşık ısıtma için gerekli enerji tüketiminin üçte birini oluşturmaktadır.
- b. Enerji tasarrufu, enerji ihtiyacının karşılanmasında en ucuz çözüm yoludur.
- c. Türkiye'nin enerjiye ayırabileceği ekonomik kaynakları kısıtlıdır.

2.1.10 ELEKTRİK TÜKETİMİ

Tek başına klimada enerji ekonomisi ele alındığında, kullanılan enerji, esas olarak elektrik enerjisidir. Dolaşısıyla klimada en kıymetli enerji kaynağı kullanılmaktadır. Elektrik fiyatlarının petrole bağlı olarak tırmandığını düşündüğümüzde, enerji maliyetlerinin, sistemlerin en önemli özelliği haline geldiğini söylemek mümkündür. Bugün enerji fiyatları ve ilk yatırım maliyetlerine bakıldığında çarpıcı bir tablo ile karşılaşmaktadır. Örneğin bir soğutma grubunun bir soğutma mevsiminde harcadığı elektrik enerjisi, uygulamaya, büyüklüğe ve cinsine göre değişmekle birlikte kendi satın alma fiyatının %20 - %40'ı mertebesinde.

Amerika'da 2001 yılında U.S. Environmental Protection Agency tarafından ofis binalarında, binaların enerji tüketimlerinin belirlenmesi ve sınıflandırılması amacıyla yapılan bir inceleme çalışmasında en savurgan binanın, en enerji tasarruflu binaya göre **dört misli enerji tükettiği** saptanmıştır. Amerika'da bile binaların enerji tüketim değerleri arasında böylesine büyük farklar oluşabilmektedir. Düşük kaliteli binalar ve tesisat nedeniyle havaya savrulan enerji ve paralar inanılmaz boyutlardadır.

2.1.11 MAL SAHİBİ - MÜTEAHHİT ÇELİŞKİSİ

Enerji savurganı verimsiz binaların yapılmasında, çeşitli nedenler arasında en önemlisi, düşük yatırım maliyeti kaygısıdır. Yap-sat biçimindeki yapılaşma, mal sahibi-kiracı dinamiği, yetersiz sermaye, verimsiz bina üretimindeki ana nedenler olarak sayılabilir.

Binaların yenileştirilmesi ve iyileştirilmesi için mal sahibinin yatırıma yöneltilmesi, ancak detaylı ve iyi hazırlanmış bir projeyle mümkün olabilir. Burada öncelikle proje maliyetini kimin karşılayacağı, buna karşılık bu yatırımdan kimin kar edeceği sorusu cevaplanmalıdır. Eğer işletme maliyetleri düşecek olursa bundan kim karlı çıkacaktır?

- a. Bina üretiminde mümkün olan bütün optimizasyon ve tasarım olanaklarını kullanmalıyız.
- b. Bina işletme giderlerinin yaklaşık %35'ini enerji maliyetleri oluşturmaktadır.
- c. Enerji maliyetleri toplamı, yıllar içinde tüm binanın yapım maliyetini aşmaktadır.
- d. Bu nedenle gelecek; yüksek güç/kapasite gerektirmeyen, iç hava şartlarını sağlayan, enerji verimi yüksek binalardadır.

2.1.12 ENERJİ KİMLİK BELGESİ

Yapıların "enerji kimlik belgesi" olmalıdır. Enerji verimli, çok iyi yapılmış bir bina ile enerji savurgan bina arasındaki fark, ülkemizde ortalamada daha da yüksektir. Bu enerji tüketimi oranı %20 - 25 mertebesinde (yani enerji savurgan binanın, enerji tasarruflu binaya göre enerji tüketimi 4 - 5 kat daha fazla) olabilir. Bu durumda bina satın alırken veya kiralarırken binanın işletme maliyetlerinin ne olduğu bilinmelidir. Aynı şekilde enerji verimini yükseltmek için yatırım yapılmışsa, fiyattaki fazlalığın neyin karşılığı olduğu görülebilmelidir. Her ne kadar konu TS 825'de belirli ölçüde ele alınmışsa da, bir çok ülkede uygulanan enerji kimlik belgesi uygulaması yaygınlaştırılmalıdır.

2.1.13 HEDEF TOPLAM KONFOR MU, YOKSA TOPLAM EKONOMİ Mİ OLMALI?

Hedef her ikisini birlikte sağlamak olmalıdır. Biz tesisat mühendisleri, mimarlar, inşaat, elektrik mühendisleri ve tüm yapı mühendisleri ile birlikte, toplam ekonomi ve toplam konforu birlikte sağlamalıyız.

Klima sistemlerinde konfordan, iç hava kalitesinden, hijyenden ve güvenlikten fedakarlık etmeden gerçekleştirilebilecek enerji tasarrufu, işletme maliyetlerinde önemli karlılıklar sağlayacaktır. Bu çerçevede alınabilecek pek çok önlem bulunmaktadır.

2.1.14 KÜÇÜK TASARRUFLARIN TOPLAMI: ÇOK BÜYÜK TASARRUF

Enerji tasarrufu konularına girildiğinde, bazı detaydaki tasarruflar tek tek az gibi görülebilir. Ancak esas büyük fark buralardan yaratılabilir. "**Tasarrufun Sihri Detaylardadır**". Tek tek bu detaylara dayalı küçük tasarruflar toplandığında, çok anlamlı değerlere ulaşır. İnsanlar bilgisayarı kapatmadan veya ışıkları söndürmeden odalarından çıkabiliyor. Ama bir araba satın alırken herkes en verimli olanını tercih ediyor, arabayı park ettiğinde de çalışır durumda bırakıp gitmiyor, farkı yaratan bilgisayarı kapatmak, ışıkları söndürmek gibi detaylar önem kazanmaktadır. Bu detaylar çalışanları bilinçlendirmek ve çalışanların firmaya yakınlığı ile de ilgilidir.

Proje yaparken, uygulama yaparken çok sabırlı ve dikkatli olunmalıdır. Hepimizin bildiği detayları, küçümsemeden, sabır ve dikkatle işimize (proje, uygulama, işletme ve bakıma) yansıtmalıyız.

2.1.15 TESİSAT MÜHENDİSLERİ

Ülke, kriz dönemlerini yaşarken ve işlerin çok azaldığı dönemlerde sektörde moraller de düşmektedir. "İş yokken, moraller bozukken bilgi ne işe yarar?" biçimindeki düşünce şekli yanlıştır. İş, az veya çok hep olacaktır. Ancak bu ortamda işini çok iyi yapan fark yaratacak, ayakta kalacak ve gelişecektir.

Dünyada HVAC sektörünün geleceğindeki konular:

- Enerji ekonomisi,
- İç hava kalitesi,
- Hijyen,
- Çevre,
- Güvenlik

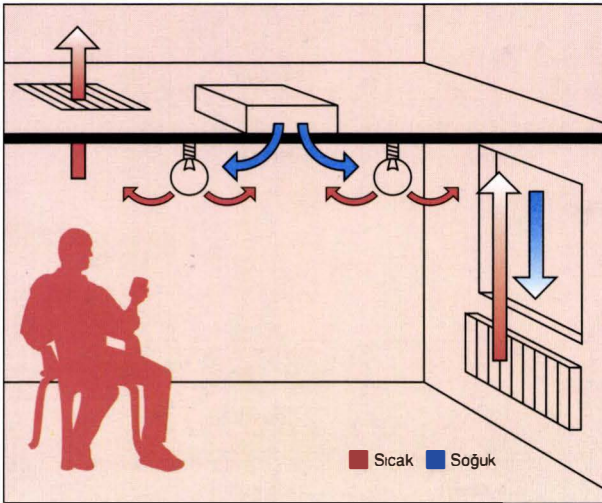
olarak sayılabilir. Sektör yukarıdaki kavramlar doğrultusunda gelişecektir. Özellikle enerji ekonomisi HVAC sektörü açısından, kriz ortamlarında daha da önem kazanmaktadır. Bütün konularına cevap vermeden, artık ayakta kalmak mümkün olmayacaktır. Kriz olsa da olmasa da, artık sadece işini iyi yapan ve fark yaratan tesisat firmaları ve mühendisleri ayakta kalacak ve gelişecektir. İşinde yoğunlaşmak ve özgün çözümler geliştirmek, fark yaratmanın en önemli elemanlarından ikisidir.

2.2 GENEL PRENSİPLER

2.2.1 ÜFLEME HAVASI VE ODA İÇİ HAVA DAĞILIMI

Klima ve havalandırma sistemlerinde şartlandırılmış havanın odaya verilmesi ve oda içinde dağılımı, çok önemlidir. İstenilen miktarda ve istenilen şartlarda hava odaya verilse bile, eğer oda içine verilen havanın düzgün dağılımı sağlanamazsa, beklenen etki gerçekleşmez ve konfor oluşmaz. Bunun için:

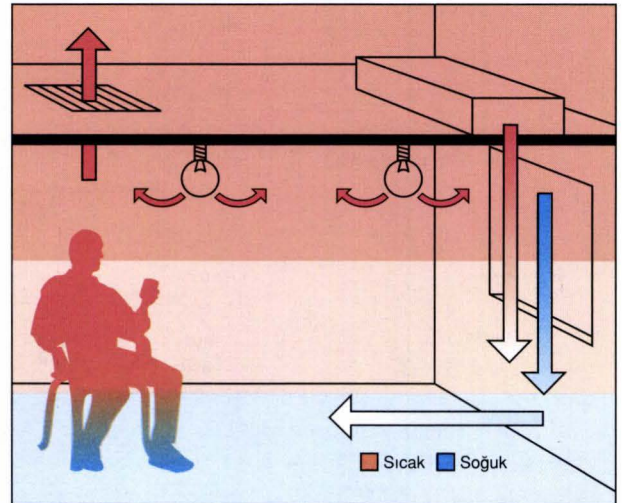
- a. Soğutma ve havalandırma için gerekli üfleme havası,
- Ortama mümkün ise tavandan verilmelidir (Konser salonları vb yerlerde çok düşük hızla alttan üflenen özel sistemler ve özel uygulamalar da vardır.) (Şekil 2.1A).
 - Üfleme havasının sıcaklığı, oda sıcaklığından daha düşük olmalıdır.
 - Isıtma, cam önlerinden; radyatör vb elemanlarla (statik ısıtma) yapılmalıdır.



Şekil 2.1A. STATİK ISITMA
(Radyatörler cam önünde.
Hava tavandan soğuk üfleniyor.
Homojen ısıtma sağlanıyor.)

Böylece,

- Hava, ortama yaz - kış yüksek olmayan hızlarda üflenir. Ses, gürültü ve insanların üzerinde hava akımı oluşmaz. Daha konforlu ortam yaratılır.
- Taze hava veya karışım havası (iç ve dış hava karışımı) tavandan ve oda sıcaklığının altında üflendiği için, egzost menfezine by-pass riski önlenir; taze hava, ortamdaki havaya çok iyi karışır ve daha verimli kullanılır.
- Statik ısıtma (cam önlerinde radyatör vb ısıtıcılar) varsa, kışın da ortama hava, oda sıcaklığının biraz altındaki sıcaklıkta üflenmelidir. Böylece tavanda biriken (aydınlatmadan gelen, insanlardan yükselen) ısıdan yararlanılır ve enerji tasarrufu sağlanır.
- Özellikle değişken hava debili ve hava kanallı split klima sistemlerinde %10 - 20 oranında alınan taze hava, %80 - 90 oranındaki iç hava ile karıştırılarak üflendiği için, karışım havasını ısıtmaya ihtiyaç olmaz (İstanbul, İzmir, Ankara benzeri iklimlerde).
- Isı geri kazanımı sağlanırken, ilave bir enerji de gerekmez. Çok iyi bir ekonomizör sistemi gibi çalışır.
- b. Isıtma ihtiyacı varsa, bunu sıcak hava ile karşılamak yerine, statik ısıtma yapılmalıdır. "Sıcak hava üfleyerek ısıtma yapmak kötü bir fikirdir". Isıtma ihtiyacını statik ısıtma yapmadan, tavandan havayı sıcak üfleyerek karşılamak istenirse (Şekil 2.1B):
- Daha yüksek oda sıcaklığına ihtiyaç duyulur (Hissedilen ortam sıcaklığı statik ısıtmaya göre daha düşük olur, hava hareketi de hissedilen sıcaklığı ayrıca düşürür.).
- Bu nedenle daha fazla yakıt tüketilir.
- Oda havasını nemlendirme ihtiyacı artar (Oda sıcaklığı arttıkça hava daha fazla kurur.).



Şekil 2.1B. STATİK ISITMA YOK
(Hava tavandan sıcak (yazın soğuk) üfleniyor.
Kışın soğuk hava yerde hareket edebilir.
Oda içinde sıcaklık dağılımı homojen değil.)

- Tavandaki sıcak havayı aşağıya indirmek için, daha yüksek hızla üflemek gerekir.
- Bu durumda hava sesi oluşabilir.
- Ortam havasını daha yüksek hızla üflemek, fan basıncını, dolayısıyla elektrik tüketimini (az da olsa) artırır.
- Havanın egzost menfezine doğru by-pass riski daha fazla olur.
- Havadan havaya ısı geri kazanım cihazlarında ilave direnci yenmek için, taze hava ve egzost devrelerinde daha büyük fan motorları kullanılır. Bu motorlar, yaz kış sürekli taze hava temini ve egzost yapmak için çalışırlar ve sürekli enerji harcarlar. Dış ortamdaki havayı (özellikle ara mevsimlerde) binaya olduğu gibi vermek daha uygun olsa bile, hava bu cihazlardan geçmek zorundadır ve enerji tüketilir. Böyle durumlarda mümkün olduğu kadar by-pass damperleri kullanılmalıdır.
- Havadan havaya ısı geri kazanım cihazları, bölgeye bağlı olarak, proje bazında incelenmelidir. İsveç ve Kanada'da çok yararlı olduğu kesin olan havadan havaya ısı geri kazanım cihazlarının, İstanbul, İzmir, Antalya vb şehirlerde ne kadar yararlı veya zararlı oldukları da tartışılmaktadır. Bu konu proje bazında incelenmelidir.

2.2.2 KLİMADA HANGİ FAKTÖR DAHA ÖNEMLİDİR?

- Isıtma
- Soğutma
- Havalandırma

Isıtma, soğutma ve havalandırma fonksiyonlarının çok iyi olması, toplam konforu belirler. Bu nedenle

her üç fonksiyonu da en iyi şekilde sağlamak zorundadır ve bu koşuldaki ekonomiden bahsedilebilir.

Sıcak hava üfleyerek ısıtma yapmak, konfor ve enerji ekonomisi açısından kötü bir fikirdir.

Isıtma ihtiyacı her zaman statik ısıtma (radyatör vb) ile yapılmalıdır. Daha konforlu ve daha ekonomik işletme sağlanır.

a. Havalandırma ihtiyacı için gerekli hava (veya taze hava iç hava karışımı):

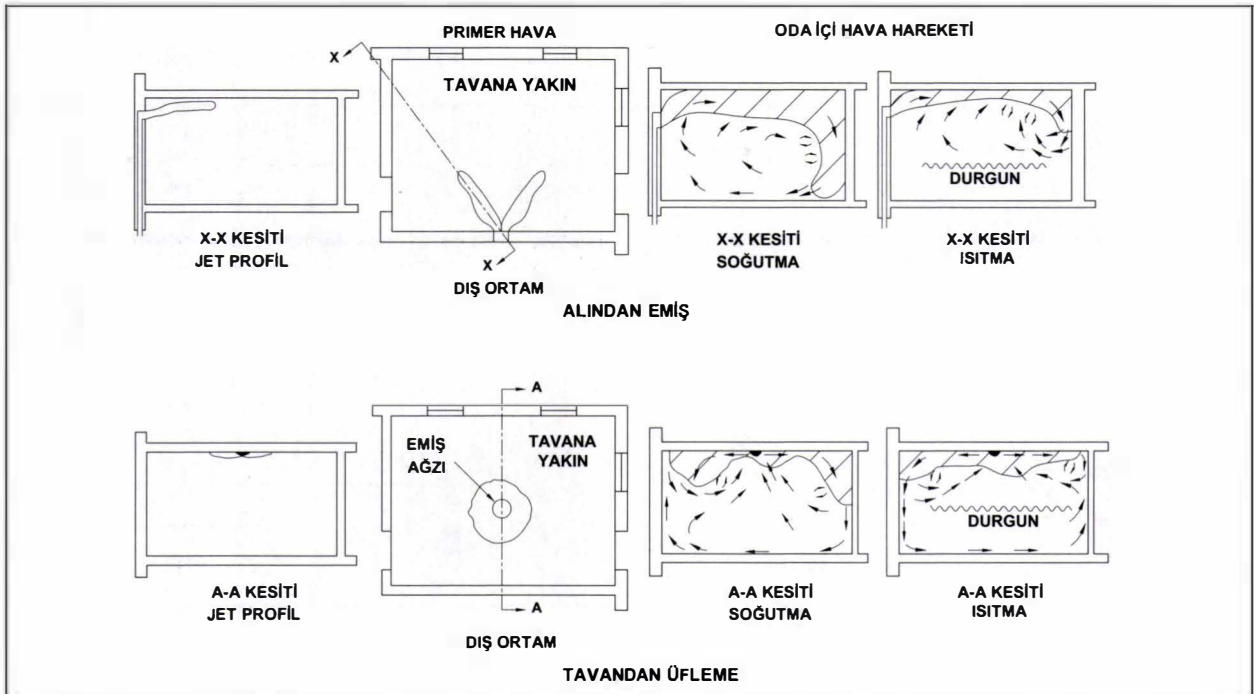
- Tavandan üflenmeli,
- Üfleme havası sıcaklığı (yaz - kış) oda sıcaklığının altında olmalıdır.

Doğal olarak yaşam mahallerinde tavan seviyesindeki havanın sıcaklığı daha fazladır. Aydınlatma armatürlerinden, insanlardan, bilgisayar, faks vb cihazlardan çıkan ısı tavan seviyesindeki havanın daha sıcak olmasına neden olur. Böylece taze havayı ısıtmak için daha az enerji harcanır.

b. Karışım havalı sistemlerde statik ısıtma yapılması halinde (VAV ve hava kanallı split sistemler), ofis ve konutlarda taze hava dönüş havası karışımını genellikle hiç ısıtmadan tavan seviyesinden üflemek genellikle yeterlidir ve ısıtma mevsimindeki en ekonomik ısı geri kazanımı sağlar.

- Taze hava, odadaki havaya daha iyi karışır ve egzost menfezinden by-pass riski azalır.
- Üfleme havası ortama düşük hızda verildiği için, daha sessiz ve konforlu bir ortam oluşur.
- Sonuç olarak, statik ısıtma yapıldığından taze havayı ısıtmak için daha az enerji harcanır.

c. Isıtma merkezinden yaşam mahallerine sıcak suyu pompalamak için harcanan elektrik enerjisi; ısıtma



Şekil 2.2. HAVA HAREKETİ KARAKTERİSTİKLERİ

merkezindeki bir klima santralından aynı yaşam mahalline sıcak hava göndermek için gerekli elektrik enerjisinden çok daha düşüktür.

d. Aynı hacim içindeki statik ısıtıcılar (radyatör vb) elektrik tüketmez. Oysa bunların yerine fanlı tip ısıtıcılar kullanıldığında serpantinde ısınan havayı odaya aktarmak için sürekli elektrik tüketilir.

Fanlı ısıtıcıların su tarafı direnci de, genellikle radyatörlere göre daha fazla olduğu için, ısıtma merkezindeki pompalar daha fazla enerji tüketir.

e. Statik ısıtıcılar, cam altına monte edildiğinde daha yaygın oldukları için, daha homojen ısıtma yaparlar. Ancak fanlı ısıtıcılar da fabrika, depo vb büyük hacimler için daha uygundur.

f. Statik ısıtıcılarda mekanik aksam (fan, motor vb) olmadığı için:

- Sessizdir.
- Servis, bakım gerekmez.
- Yedek parça (fan-motor, hava filtresi vb) ihtiyacı oluşmaz.

g. Statik ısıtıcılar kullanıldığında filtre temizliği vb nedenlerle yaşam mahallerine teknisyenlerin girmesi ihtiyacı oluşmaz.

2.2.3 TAZE HAVA ALIŞI

a. Taze havayı alt kotlardan aldığımızda (kuranglez içinden, toprağa yakın seviyelerden vs.) hava ile birlikte klima santrali filtresine doğru, daha fazla toz sürüklenir. Bu nedenle taze havayı mümkün olduğu kadar üst kottan almak gereklidir. Başka kısıtlamalar yoksa, taze havanın çatıdan alınması idealdir. Bu durumda;

- Dış hava üst seviyelerde daha tozsuz ve daha az kirli olacak,
- Filtreler daha geç tıkanacak,
- Filtre ömrü daha uzun olacak,
- Enerji tüketimi daha az olacak,
- İç hava kalitesi ve konfor daha iyi olacaktır (Egzost vb gazlardan da uzaklaşılacağı için).

b. Büyük binaların giriş kapıları sabah saatlerinde yoğun insan girişi nedeniyle sürekli açık kalır. Kışın soğuk hava ve yazın tozlu hava girişi, iç hava kalitesini bozar. Büyük binaların girişinde hava perdeleri kullanılmalıdır.

c. İç hacimler, dışarıdan toz girişini önlemek üzere basınçlandırılmalı ve daima (+) basınçta tutulmalıdır. Bunun için taze hava miktarı egzosttan daha fazla olmalıdır.

d. Havadan havaya ısı geri kazanım cihazları kullanılan binalarda (yüksek blok), ısı geri kazanma hücresinin yarattığı direnç nedeniyle hava beslemesi azalınca iç hacimler (-) basınçta kalabilir. Çünkü WC ve mutfak egzostları değişmeden aynı debide çalışmayı sürdürmektedirler. Böylece emilen hava değişmezken beslenen hava azalınca, hacimler negatif basınca dönüşmektedir. Bu tür uygulamalarda artan direnci karşılamak ve besleme havasını artırmak üzere taze hava fanı daha büyük olmalıdır.

2.2.4 KLİMADA ODA SICAKLIĞI

a. Sürekli yaşanan hacimlerde (ofis vb) yaz aylarında 24°C oda sıcaklığı idealdir. Enerji ekonomisi için 25°C insanlar ikna edilebilir.

b. Yaşam mahallerinde yazın sürekli oturulmuyorsa, girip - çıkılıyorsa (şantiye ofisleri, hatta bahçeli evlerde bahçeye sık çıkışlar vb) oda sıcaklığının dış hava sıcaklığının yaklaşık 6 - 8°C altında olması; önce sağlık (nezle olmak için), sonra da enerji ekonomisi için daha uygundur.

c. Isıtma mevsiminde dış hava sıcaklık farkı çok fazla olduğu için, her odanın sıcaklığı ayrı ayrı kontrol edilmelidir (Termostatik radyatör vanası veya oda termostatu ile).

d. Isıtma mevsiminde iç ortam sıcaklığı 20°C ise, kışın dış hava iç hava sıcaklık farkı:

İstanbul'da (dış hava proje sıcaklığı -3°C): $\Delta T = 23^\circ C$
Ankara'da (dış hava proje sıcaklığı -12 °C): $\Delta T = 32^\circ C$
İzmir'de (dış hava proje sıcaklığı 0°C) : $\Delta T = 20^\circ C$
Antalya'da (dış hava proje sıcaklığı +3°C): $\Delta T = 17^\circ C$
yüksek değerlerdedir. Bu nedenle radyatörlerde, termostatik radyatör vanaları kullanılmalıdır.

e. Oysa aynı şehirlerde soğutma mevsiminde, iç ortam ile dış havanın sıcaklık farkları, sıcak yaz günlerinde bile 8 - 12°C gibi düşük değerlerdedir.

f. Soğutmada ise, iç - dış ortam sıcaklık farkı çok daha azdır. Ancak güneş etkisi saatlere ve yönlere göre farklı etkiler. Yani soğutmada, her odanın sıcaklık kontrolü ayrı ayrı yapılmak yerine zon kontrolü yapılabilir (otel, hastane ve özel uygulamalar hariç).

g. Ancak güneş, ciddi oranda ortam sıcaklığını etkiler. Yani soğutmada oda sıcaklığını kontrol etmek için zonlama yapılması yararlıdır.

h. Oda termostatlarının ayar noktalarındaki sıcaklık farklarının $\pm$ yaklaşık 1°C olduğu ve bu değişimin hissedilmediği düşünülürse; aynı zondaki benzer hacimlerin yazın soğutma için bir oda termostatu ile kontrol edilmesi pratik olabilir.

2.2.5 KLİMA CİHAZLARININ YERE VEYA TAVANA MONTAJI

Klima cihazları yere monte edilmelidir. Yer tipi cihazlar işletme ve bakım kolaylığı ve ekonomik işletme için avantajlıdır. Bu şart sağlamıyor ve tavan tipi cihazlar kullanılacaksa, dezavantajları da dikkate alınmalıdır.

Klima cihazları (Split, kanallı split, fan coil, fan powered VAV, water source heat pump vb) asma tavan içine veya tavana monte edildiklerinde servis müdahaleleri daha zor yapılabilir. Filtre temizliğinin zor yapıyor olması, filtre temizliğinin gecikmesi sonucunu oluşturmaktadır. Bu da verimi düşüren ve enerji tüketimini artıran bir faktör olmaktadır. Ayrıca asma tavan içindeki cihaza servis ve bakım yapılırken, tavan elemanı sökülür ve genellikle bir leke (el izi gibi) kalabilir.

Oysa döşeme seviyesine monte edilen cihazlarda az da olsa yere ihtiyaç duyulmasına rağmen (kanallı split, fan coil vb) servis çok daha kolay yapılmakta,

filtrelerin periyodik temizliği daha düzenli olmaktadır. Servisin kolay yapılabilir olması, cihaz verimliliğinin ve konforun işletmede yüksek olmasını sağladığı için mümkün olan durumlarda tercih edilmelidir.

2.2.6 ASMA TAVAN İÇİ YÜKSEKLİKLERİ

Asma tavan içi net yükseklikleri, farklı sistemler ve cihazlar için aşağıdaki gibi alınabilir:

Statik ısıtılmalı VAV sistemi: 55 - 65 cm

İki borulu tavan tipi fan coil sistemi: 40 cm

Dört borulu tavan tipi fan coil: 40 - 45 cm

Su kaynaklı ısı pompası+taze hava+ egzost: 55 cm

Çift kanallı sistem: 60 - 70 cm

Soğuk tavan + taze hava + egzost: 50 cm

Kanal tipi split klima + radyatörle (statik) ısıtma sistemi: 30 - 40 cm

2.2.7 ENERJİNİN TAŞINMASI

Isı enerjisi taşınmasında iki önemli konu vardır:

- Enerjinin taşındığı mesafe,
- Enerji taşınım şekli (su veya hava gibi)

Bu taşıma işleminde, su veya havanın hareketini sağlayan pompalar veya fanlar, elektrik ile çalışır. Tesi-
sattaki (hava kanalları ve borulardaki) direnç arttıkça, pompa ve fan motorları da çok daha fazla elektrik tüketecektir. Başka bir deyim ile: **“Elektrik enerjisini fanlar değil, hava kanalları; pompalar değil, borular tüketir.”** Hava kanallarında direnç daha azsa, daha az enerji tüketilir ve daha küçük fan motoru yeterli olur. Aynı şekilde borulardaki basınç kaybı daha azsa, daha az enerji tüketilir ve daha küçük pompa yeterli olur. Elektrik motoruna beslenen enerji, borularda ve hava kanallarında sürtünmelerle ısı enerjisine dönüşerek tüketilir. Üstelik soğutma halinde bu ısı, soğutma yükü olarak çillere yüklenir ve taşınan soğutma kapasitesini azaltır.

Diğer önemli bir konuya, fanlar ve pompaların sürekli çalışmasıdır. Dolayısıyla enerji tüketimleri sürekli-
dir, bundan kaynaklanan ısı kazancı sürekli-
dir. Bu nedenle ısı enerjisinin ekonomik taşınması enerji tasar-
rufunda önemli bir konudur.

Freon gazının evaporatörlerde sıvı halden gaz haline geçerken oluşturduğu soğutma potansiyelinin en kısa mesafede kullanılması, ciddi oranda enerji ekonomisi sağlar.

2.2.7.1 Enerjinin Hava veya Suyla Taşınması Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Hava veya su ile taşınan enerji miktarının hesaplan-
masında aşağıdaki formül kullanılır:

$$Q = V \times \rho \times c_p \times \Delta T$$

ΔT sıcaklık farkı, soğutma halinde su için 6°C veya 5°C; hava için 9°C kabul edilebilir.

Isıtma halinde ise ΔT sıcaklık farkı, su için 15°C veya 20°C ve hava için 10°C veya 15°C kabul edilebilir. Bu formüldeki sembollerin anlamları ve hesap değerleri *Tablo 2.3*'de verilmiştir. Tabloda 1 kW enerji taşımak için gerekli hacimsel debi hesabı görülmektedir.

Buna göre aynı enerjinin taşınması için, hava halinde çok büyük debi gerekmektedir. Debilerin oranı soğut-
mada 2.000, ısıtmada 5.000 mertebesindedir. Dolayısıyla gerekli hava kanalı veya boru boyutları çok farklıdır. Aynı 10 kW gücünde enerjinin taşınması için, ha-
va halindeki 315 mm bir hava kanalı yerine, su halin-
de 25 mm bir boru yeterlidir.

Hava kanallarındaki ve su borularındaki hızlar farklı-
dır. Hava kanallarında, hız daha yüksektir. Bu dikkate alındığında, aynı 10 kW gücünde enerjinin taşınması için hava halindeki 315 mm çapında bir hava kanalı yerine, su halinde 25 mm çapında bir boru yeterlidir. Enerjinin taşınması için, akışkan hareketini sağlayan hava fanı veya su pompası tarafından çekilen enerjinin hesaplanmasında ise aşağıdaki formül kullanılır:

$$P = V \times \Delta p / (3.600 \times \eta_p \times \eta_m)$$

Fan veya pompa tarafından sağlanan bu basınç enerjisi, hava kanallarında veya borularda sürtünmelerle ısı enerjisine dönüşerek kaybedilir. Bu formüldeki sem-
bollerin anlamları ve değerleri *Tablo 2.4*'de verilmiştir. Havanın hareketi için havalı sistemlerde sağlanması ge-
reklili basınç, suyun hareketi için sulu sistemlerde sağ-
lanması gerekli basınçtan daha düşüktür.

Karakteristik değerler soğutmada hava için

$$\Delta p = 1.100 \text{ Pa ve su için } \Delta p = 250.000 \text{ Pa (25 mSS),}$$

ısıtmada hava için

$$\Delta p = 1.100 \text{ Pa ve su için } \Delta p = 80.000 \text{ Pa (8 mSS) alınabilir.}$$

Bu basınç değerleriyle 1 kW enerji taşımak için gerekli güç hesabı *Tablo 2.4*'de görülmektedir.

a. Görüldüğü gibi enerjiyi uzak mesafelere su ile taşımak yerine, havayla taşımak arasında gerekli güç açısından soğutmada fark neredeyse 10 mislidir.

Sembol	Anlamı	Birimi	Soğutma Halinde			Isıtma Halinde			
			Hava	Su		Hava	Su		
Q	Taşınan Isı Gücü	kW	1	1		1	1		
ΔT	Sıcaklık Farkı	°C	9	6	5	10	15	15	20
c_p	Özgül Isı	kJ/kg.°C	1,0	4,2		1,0	4,2		
ρ	Yoğunluk	kg/m³	1,2	1.000		1,2	1.000		
V	Gerekli Debi	m³/h	333	0,14	0,17	278	185	0,057	0,043

Tablo 2.3. 1 kW ENERJİNİN (Soğutma ve ısıtma için ayrı ayrı) HAVA VEYA SUYLA TAŞINMASI İÇİN GEREKLİ DEBİ

Not: Soğutma halinde, havanın neminin ciddi bir kısmı soğutma serpantinlerinde alınmaktadır. Bu sayede hava ile taşınan, duyulur enerjidir. Daha hassas bir hesap için proje şartları dikkate alınmalıdır.

Sembol	Anlamı	Birimi	Soğutma Halinde			Isıtma Halinde			
			Hava	Su		Hava		Su	
V	Akışkan Debisi	m ³ /h	333	0,14	0,17	278	185	0,057	0,043
Δp	Toplam Basınç	Pa	1.100	250.000		1.100		80.000	
η_p	Fan / Pompa Verimi*	-	% 70	% 65		% 70		% 65	
η_m	Motor Verimi	-	% 90	% 90		% 90		% 90	
P	Gerekli Güç	W	162	17	20	135	90	2,2	1,6

Tablo 2.4. 1 kW ENERJİNİN (Soğutma ve ısıtma için ayrı ayrı) HAVA VEYA SUYLA TAŞINMASI İÇİN GEREKLİ GÜÇ
Not: Su ile soğutma halinde ortama taşınan su, bir fan coil vb cihazdan geçirilerek ortam soğutulur. 1 kW soğutma kapasitesi için ortalama 4,5 W fan coil motor gücü gereklidir. Bu değer de su ile soğutma için gerekli güç değerine eklenmelidir.

* Daha yüksek verimlerde çalışan fan ve pompalar seçilebilir.

Bu fark ısıtmada daha da artmaktadır ve oran 60 misli mertebelerindedir.

b. Ancak havayla enerji taşınan free cooling ve cool down avantajları da dikkate alınarak karşılaştırma yapılmalıdır.

c. Sulu sistemlerde mahallerin ihtiyacı olan taze havayı taşımak için, ayrıca enerji harcanacağı da dikkate alınmalıdır.
d. Esas belirleyici olan diğer bir faktör ise, enerjinin taşınması gereken mesafedir.

e. Sonuç olarak mekanik sistemlerin merkezi dağıtım avantajlarına karşın,

- Enerjiyi uzak noktalara taşıma,
- Taşırken ısı kayıp ve kazançları,
- Pik yük dışındaki düşük kapasite ihtiyaçlarındaki verim düşümü,
- Farklı çalışma saatlerine uyum sağlama zorlukları, dezavantajları da vardır.

2.2.8 KAPASİTENİN YÜKSEK SEÇİLMESİ VE AŞIRI BÜYÜK BOYUTLANDIRMA (Oversizing)

Kapasiteyi yüksek seçmek kötü bir fikirdir. Aşırı büyük sistem veya cihaz, yanlış bir seçimdir. Genellikle hesaplardaki hata payları, belirsizlikler ve kabuller nedeniyle emniyetli tarafta kalmak üzere emniyet katsayıları kullanmak ve kapasiteyi her ihtimale karşı büyük seçmek, mühendislikte uygulanan bir yöntemdir. Aslında her emniyet katsayısı, hesaptaki yetersizliğin bir işaretidir. Bir seçim veya tasarımda hesap kabiliyeti ne kadar iyi ise, seçilen veya tasarlanan sistem veya cihaz da gerçek ihtiyaca o kadar yakındır.

Gereksiz yere büyük seçilen, cihaz veya sistem hem pahalı olacaktır ve hem de genel olarak işletme bakım ve yedek parça maliyeti daha fazla olacaktır. Çünkü büyük cihaz veya sistem, daha çok kısmi yüklerde çalışacaktır ve genellikle termik sistemler, kısmi yüklerde daha düşük verim değerlerine sahiptir. Günümüzde geliştirilen cihazlardaki mükemmel kapasite kontrol sistemleri, kısmi yüklerdeki verim düşümlerini azaltmış olsalar da bu genel doğru, kazan, soğutma grubu, fanlar, pompalar gibi pek çok cihaz için geçerli değildir. Bu nedenle aşırı büyük cihaz ve sistem

seçimlerinden mümkün olduğunca kaçınmak gerekmektedir. Sistem tasarımında eş zaman veya diversite faktörlerini mümkün olduğu kadar hesaplara dahil etmelidir. İhtiyacın minimum kapasiteyle karşılanması (konforu etkilemeden) bir tasarım hedefi olmalıdır.

2.2.9 EŞANJÖR ÇEVİRİM SAYI VE TİPLERİNE GÖRE SİSTEMLERİN GRUPLANDIRILMASI

a. VAV gibi klima santralı kullanılan tam havalı tip merkezi soğutma sistemlerinde:

Su soğutma grubunun soğutma eşanjöründe (evaporatörde) su soğutulur (1. eşanjör).

Soğutulmuş su, klima santralı eşanjörlerine pompalanır (1. taşıma, 2. eşanjöre).

Klima santralı eşanjöründen ısı alan soğutulmuş su ısınarak su soğutma grubuna geri döner.

Klima santralı eşanjöründen geçen hava soğutulur (2. eşanjör, 2. çevrim).

Klima santralı soğutulmuş havayı ortama ulaştırır (2. taşıma).

Hava ile enerjinin taşınması için çok büyük boru (hava kanalı) kesitleri gerekir. Yer kaybı fazladır ve taşıma için fazla enerji harcanır. Enerjinin taşınması açısından bakıldığında pahalı bir yöntem gibi görünmesine rağmen, free cooling yeteneği nedeniyle avantajlı olduğu işletmeler de vardır (Özellikle büyük kapalı çarşılar gibi.).

b. Sulu tip merkezi sistemler (Fan coil vb)

Sulu sistemlerde tek taşıma (su) yapılmakla birlikte 2. çevrim yapılmaktadır. 2. çevrim odadaki fan coil de gerçekleşmektedir.

Enerjinin taşınması açısından bakıldığında su, havaya göre çok daha avantajlıdır. Su halinde çok daha küçük pompalama enerjisi kullanılır. Bu nedenle, sulu sistemler daha ucuz ve enerjinin uzak yerlere taşınması açısından daha verimli sistemlerdir. Ancak taze hava ihtiyacını karşılamak için şartlandırılmış havaya ihtiyaç vardır ve havayı da ayrıca merkezden - yaşam hacimlerine taşımak gerekir.

c. Merkezi direkt genişlemeli cihazların kullanıldığı sistemler (Değişken gaz debili sistemler)

Direk genişlemeli bir sistem seçildiğinde, soğutma enerjisini taşımak için gerekli boru çapları sulu sistemlere göre biraz daha azalır.

Uzak mesafelerdeki dış ünitelere giden bakır borularda gazın ve likitin taşınması, borulardaki ısı kazançları vb nedenlerle, sistem COP değeri sulu sistemlere yakındır. Enerji yine uzak yerlere taşınmak zorundadır. En önemli iki dezavantajı, iç hava kalitesi yönünden fakir bir sistem olması ve freon gazı hacminin büyüklüğüdür.

Değişken gaz debili sistemlerde binaya doldurulan freon gazı riskleri ve bir hacme boşalabilecek freon gazı miktarı dikkate alınmalıdır. Soğutucu akışkan kullanımındaki güvenlik kuralları için mevcut en geçerli standart olarak, ASHRAE Standart 15 - 1994 ifade edilebilir.

d. Bireysel direkt genleşmeli sistemler (hava kanallı split, cam altı paket soğutucular, mini split)

Kat kliması ve paket tipi klima olarak ikiye ayırabiliriz.

- Paket tip oda klimaları özellikle otel, hastane yatak odaları ve küçük ofis odaları için en ekonomik işletme çözümü olarak görülmektedir. Mimari projeye uyması veya mimari düzenlemenin buna uygun yapılması halinde:
- Taze hava alma yeteneği,
- Yoğuşma suyu drenajına ihtiyaç duymaması,
- Yoğuşan suyu kondenser üzerinden geçirip buharlaşma enerjisinden faydalanabilmesi (ısı geri kazanımı) avantajları da önemli olabilir.
- Kat kliması için de hava kanallı split kullanılan sistemler, yüksek sistem COP değerleri ve taze hava alabilme yeteneği ile ekonomi ve konfor avantajlarını birlikte sağlayabilmektedir.

ABD’de kat kliması, ofis ve evlerde; paket tip oda kliması ise, otellerde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bireysel sistemlerde enerji bedelini, kullanan kişi ödediği için de daha dikkatli kullanır ve ciddi tasarruflar söz konusudur.

2.2.9.1 Sonuç

a. Merkezi sistemler yerine, giderek bireysel sistemler daha fazla tercih edilmekte ve gelişmektedir.

b. Büyük merkezi sistemler yerine, paket tipi sistemler, hava kanallı split, mini split cihazlar veya mini paket klima cihazları

- Daha düşük enerji tüketimleri (enerjiyi uzak mesafelere taşımaya ihtiyaç yok)
- Bireysel kullanım avantajları, esnek kullanım avantajı, bedelini kendisinin ödemesi nedenleriyle daha çok yaygın kullanılacaktır.
- Özellikle hava kanallı split sistemler, iç hava kalitesi ve enerji ekonomisi avantajlarını birlikte sundukları için birçok yerde daha avantajlı görünmektedir.
- Yapı grubu kullanım amaç ve fonksiyonlarına göre sistem seçimi etüdü mutlaka yapılmalıdır.

2.2.10 YOĞUŞMA SULARI

Klima cihazlarında yoğuşan su ve bu suyu bina dışına atan drenaj sistemleri, bazen ciddi sorunlar oluşturur. Sorunun temel nedenleri:

a. Kışın soğutma olmadığı için, cihazların drenaj tavaalarında toz birikir. Yazın yoğunlaşma başladığında ise bu tozdan çamur oluşur ve kritik noktalara çökecek su taşmasına neden olabilir.

b. Drenaj sistemleri genellikle kanalizasyona bağlıdır. Kışın kuruyan sifonlardan bina içine pis kokular yayılabilir. Çözüm, drenaj sistemini ayrı yapmak, drenajlar toplandıktan sonra yüksek sifon yaparak kanalizasyona vermektir.

c. Drenaj tavaaları monoblok değilse, macunlardan zamanla kaçak oluşur. Monoblok tavaalar kullanılmalıdır.

d. Yoğuşma sularını toplayan boru hatlarının çapları büyük tutulmalı ve yeterli eğim verilmelidir. Aksi halde yıllar içinde tıkanmakta ve sorun oluşturmaktadır.

e. Sistemde kondens suyunun pompalanmasına gerek kalmayacak bir tasarım yapılmalıdır. Suyun doğal akışı esas alınmalıdır. Mecbur kaldığında kullanılacak pompa sayısı sınırlı tutulmalıdır.

2.2.11 GÜVENİLİR MÜHENDİSLİK

Güvenilir mühendislik kavramı, mesleğin ve sektörün sadece bugünü değil geleceği ile de ilgilidir. Güvenilir mühendislik, aynı zamanda mühendislik etiği olarak da düşünülebilir. Eğer ülkemizde yatırımcılar, biz mühendislere güvenmezse gelecekte iyi anılmamakla kalmaz, gelecek kuşak mühendislerine de kötü bir miras ve iyi olmayan bir gelecek bırakırız. Bizden (mühendislerden) beklenen, problem oluşmayacak, iyi sistemleri kurmaktır. Sonuçta ortaya çıkan ürünün veya tesisin, müşteri veya mal sahibine sorun çıkarmayan, ekonomik, güvenli, hijyenik, konforlu ve kaliteli niteliklerde olması hedeflenmelidir. Güvenilir mühendislik için, aşağıdaki hususların yerine getirilmesi ve düşünülmesi gerekir:

a. Bilgili olarak ve geçmişte yapılmış hataları öğrenerek, dikkatli ve özenli bir çalışmayla hatalar ve bu hataların sonucu ödenecek bedeller önlemelidir.

b. İşe konsantre olmalı ve gereken emek harcanmalıdır.

c. Binalar ve içindeki mekanik tesisat yüksek performanslı olmalı ve bu amaca ulaşmak için takım çalışması yapılmalıdır.

d. Sistem tasarımı ve boyutlandırması yapılırken mümkün olduğu kadar hassas hesaplar yapılmalı ve hesabin eksiklikleri, aşırı emniyet katsayılarıyla kapatmaya çalışılmamalıdır. Aşırı emniyet katsayıları, aşırı büyük (oversize) sistem ve cihazların seçilmesine neden olur. Bu ise genellikle işletmede verimsizliklere sebep olacaktır.

e. Her iş kendi içinde ele alınarak, eldeki işe özgü çözümler geliştirilmelidir.

f. Ekonomik, enerji ve çevre performansı mükemmel, güvenli, sağlıklı, konforlu ve kaliteli sistemler oluşturulmalıdır.

g. Sistem seçerken “uygulama, işletme ve bakım” göz önünde tutulmalıdır. Sistemin yaşayacağı düşünülmelidir. Sistem uzun yıllar kullanılacağından, ilerideki yıllarda da uygun olup olmadığı düşünülmelidir. Pazarın fiyatları tahmin edilmelidir. İşletme maliyetleri de sadece

bugünün şartlarına bakılarak değil ileriki yıllardaki olası enerji maliyetleri de dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

h. Ucuz ilk yatırım maliyeti mi, yoksa ucuz ömür boyu maliyeti mi seçimi iyi yapılmalıdır. Zaman çok çabuk geçiyor ve seçilen ucuz sistem, pahalı işletme maliyeti nedeniyle ciddi sorunlar oluşturabiliyor. Başta verilen bu kararın geri dönüşü yoktur.

i. Enerji ekonomisi mi? Konfor mu? Neden ikisi bir arada değil. Her ikisini sağlayan çözümler üretilmelidir.

j. Proje yaparken de çok sabırlı ve dikkatli olmak gerekir. Kurulacak sistemlerin başarısı iyi düşünülmüş ve iyi çalışılmış emek ürünü projelere bağlıdır.

2.3 BİNA SOĞUTMA YÜKLERİNİN AZALTILMASI

Yazın soğutma yükünü oluşturan ısı kazançlarına bakıldığında, iç yüklerin ve güneşten olan kazançların en büyük payı aldığı görülmektedir. Direkt güneş ışığının taşıdığı enerji = 0,7 kW/m² değerindedir. Doğu, batı veya güney yöne bakan düşey yüzeyler yaklaşık günde 3 kWh/m² enerji alırlar. Bu enerjinin bir kısmı, direkt olarak pencerelerden yaşanan hacimlere girer. Işık geçirmeyen (opak) duvar yüzeylerine düşen ısı enerjisi ise, önce duvar tarafından emilir ve sonra iletimle iç hacimlere geçer. Bir başka önemli etken havalandırmadır. Yazın havalandırma büyük bir ısı kazanç kaynağıdır. Dış hava hem duyulur hem de gizli ısı kazancına neden olur.

Örnek

Fan coil sistemiyle merkezi olarak soğutulan bir yüksek blok ofis binası 15 Temmuz saat 15.00 için hesaplanan pik ısı yükü hesabı sonuçları *Tablo 2.5'*de verilmiştir. Dış hava sıcaklığı 30,9°C ve bağıl nem %68 değerindedir.

Işınım ile olan ısı kazançları, önce yüzeyler tarafından emilmekte ve sonra yüzeylerden konveksiyonla oda havasına aktarılmaktadır. Bu nedenle tablodaki soğutma yükü ile ani kazanç değerleri arasında fark bulunmaktadır. Bu örnekte de görüldüğü gibi, yazın ısı kazançlarının azaltılmasında,

- Ofislerde iç yüklerin
- Mekanik havalandırma yapılan yerlerde havalandırma yüklerinin ve
- Bütün uygulamalarda güneşten olan kazançların en büyük payı aldığı görülmektedir.

2.3.1 MİMARİ TASARIM ÖNLEMLERİ

2.3.1.1 Direkt Güneş Enerjisi Kazançlarını Azaltmak

a. Dış gölgeleme elemanları. Güneşi, içeri ısı olarak emilmeden veya binaya ulaşmadan kestiği için daha etkindir. İçeride ısıya dönüşen güneş ışınımı, ancak soğutma ile dışarı atılabilir. Dış gölgeleme sabit veya hareketli olabilir. **Bu yolla güneşten olan kazanç %75 veya 90 azaltılabilir.** Yüksek olmayan yapılar etrafına, kışın yaprağını döken ağaçlar ekilirse:

- Kışın güneşten olan ısı kazancından ve güneşin sterilizasyon etkisinden yararlanılır.
- Yazın da ağaç yapraklarının gölgeleme etkisi ve ağaç çevresinde yapraklardan buharlaşan suyun oluşturduğu evoperatif etkiden yararlanılabilir.

Teras çatılardaki güneş kolektörleri tarlası aynı zamanda terasta gölgeleme yapar. Kolektörler, aksi halde terasın absorbe edeceği ısıyı emerek suya geçirir ve çatının ısı kazancını azaltır.

b. İç gölgeleme elemanları. Bunların uygulaması daha kolay ve ucuzdur ve **bu yolla ısı kazançlarını %20 - 70 oranında azaltılabilir.** Bunların arasında özel camlar

Isı Kazancı Adı	Duyulur Isı Kazancı (kW)	Gizli Isı Kazancı (kW)	Toplam Isı Kazancı (kW)	Toplam Sistem Yüküne Oranı (%)
Güneşten Kazanç	85	0	85	7,70
Dış Duvardan Kazanç	13	0	13	1,20
Çatıdan Kazanç	1	0	1	0,10
Pencereden Kazanç	15	0	15	1,40
Ara Bölmelerden Kazanç	40	0	40	3,60
Aydınlatma Kazancı	140	0	140	12,7
Cihazlardan Kazanç	94	0	94	8,50
İnsanlardan Kazanç	56	63	119	10,7
Toplam Ani Isı Kazancı	444	63	507	45,9
Toplam Soğutma Yükü	543	63	606	54,6
Dönüş Fanından Kazanç	6	0	6	0,50
Besleme Fanından Kazanç	8	0	8	0,70
Taze Havadan Isı Kazancı	89	400	489	44,1
Toplam Sistem Yükü	646	462	1.109	100

*Tablo 2.5. ÖRNEK OFİS BİNASI İÇİN
DIŞ HAVA SICAKLIĞI 30,9°C VE BAĞIL NEMİ %68 DEĞERİNDEYKEN
HESAPLANAN DİZAYN ISI KAZANÇLARI VE SOĞUTMA YÜKLERİ*

kullanmak veya mevcutları ışınlam yansıtıcı maddelerle kaplamak, pencere alanını azaltmak sayılabilir.

Alınan önlemler başka sorunlar yaratabilir. Bunu göz önüne alarak önlem geliştirmelidir.

c. Genellikle güneş yükünü azaltan önlemler:

- Kışın güneşten ısı kazancını azaltır.
- Diğer taraftan doğal aydınlatmayı önleyerek, yapay aydınlatma yoluyla enerji tüketimini artırabilir.
- Güneş ışınlarının sterilizasyon etkisi çok azalır. Sağlıklı bir ortam oluşması engellenmiş olur.
- “Güneş girmeyen eve doktor girer”

2.3.1.2 Işık Geçirmeyen (Opak) Yüzeylerden Olan Güneş Kazancını Azaltmak

Güneşe açık dış duvar yüzeylerini izole etmek etkili bir önlemdir. Böylece dış duvardan olan ısı kazancı %33 - 58 oranında azaltılabilir.

- Güneş ışığı yutumunu azaltan boyalar, kaplamalar veya tabakalar kullanarak absorbe edilen güneş miktarını azaltmak,
- Çatı arasında etkin bir havalandırma sağlamak,
- Ağaç vb gölgeleme elemanları kullanarak güneş gelişini engellemek sayılabilir.

2.3.1.3 Binayı Dıştan Yalıtım

Binanın dıştan ısı yalıtımı, kışın ısı kayıplarının azaltılması için en etkin önlem olduğu gibi, yazın da ısı kazançlarının azaltılması yönünde etkilidir. Klima tesisatı yapılan binalarda (normalde bütün binalarda), ısı yalıtımı önüne ve/veya arkasına nem yalıtımı yapılmalıdır. Böylece nem difüzyonunun önüne geçilmiş ve herhangi bir katmanda yoğunlaşma önlenmiş olur.

2.3.2 HAVALANDIRMADAN OLAN KAZANÇLARI AZALTMA ÖNLEMLERİ

2.3.2.1 Soğuk - Sıcak Bölge Şartları

Dış havanın kışın çok soğuk veya yazın çok sıcak olduğu günlerde, iç ve dış havanın sıcaklık farkı fazladır. İçle dış arasında basınç farkı artar. Aşırı basınç farkı nedeniyle dışarıdan içeriye kontrolsüz hava giriş artar. Dış hava bu günlerde kışın çok soğuk (yazın da çok sıcak) olduğu için, binanın enerji tüketimi ciddi oranda artar. Ayrıca taze hava tozludur ve girişi kontrolsüzdür.

Sıcak bölge şartlarında genellikle sıcak dış hava aynı zamanda yüksek nem oranına sahiptir. Kontrolsüz hava girişi içeride nem yükünü (gizli ısı kazancı) de artırır. Bu durumda ilave yükü karşılamak üzere klima cihazları çok daha fazla enerji tüketeceklerdir.

Dönüş havasının asma tavan içinden emilmesi (asma tavan, plenum olarak kullanılarak), hatta hava dönüşünün aydınlatma armatürleri vasıtasıyla yapılması (air - return) %25 mertebesinde olan aydınlatma yükünü %15 mertebesine düşürecektir. Hatta hava kanallı split kullanılan sistemlerde (tam havalı sistemler), seri fanlı VAV sistemlerde bu atık ısı faydalı ısı olarak kış aylarında kullanılabilir.

2.3.2.2 Havalandırmayı Dış Koşullara Göre Ayarlamak

Taze hava miktarlarını yazın güneşten kazancın en fazla olduğu saatlerde azaltmak, buna karşılık özellikle gece saatlerinde havalandırma yapmak (high purge) ve free cooling imkanından mümkünse yararlanmak en etkin önlemdir.

Taze hava miktarı mahaldeki insan sayısına göre CO₂ sensörleri ile kontrol edilerek de ayarlanabilir.

2.3.2.3 Aydınlatmadan Olan Kazançları Azaltma Önlemleri

- Verimli aydınlatma armatürleri kullanmak (elektronik balastlı),
- Aydınlatmadan oluşan ısı kazancını armatür üzerinden doğrudan dışarı atmaya imkan veren armatürler ve sistem kullanmak,
- Mümkün olduğu kadar doğal aydınlatmadan yararlanmak veya aydınlatma otomasyonu kullanmak.

2.3.2.4 Ofis Makinalarından Olan İç Kazançları Azaltma Önlemleri

- Daha düşük enerji tüketen verimli ofis cihazları kullanmak,
- Bilgisayar, faks, fotokopi makinalarının enerji tüketimlerini ve bunlardan oluşan ısı kazançlarını azaltmak,
- Büyük binalarda soğutulmuş su pınarları yerine merkezi soğutulmuş içme suyu tesisatı kullanmak gerekir. Tekil su pınarları ve buzdolapları bina içinde ısı kaynağı oluşturmaktadır.

2.4 SOĞUTMADA İÇ SICAKLIĞI ARTIRMANIN ETKİSİ

Klima sistemlerinin hemen hepsi, etkin bir otomatik kontrol sistemine sahiptir. Dolayısıyla iç sıcaklıklarını, istenilen bir değerde veya bu değer etrafında bir aralıkta sabit tutabilirler. Burada önemli olan kullanıcı tarafından ayarlanan (set edilen) iç sıcaklık değeridir. Yazın soğutma yükünde iç kazançların, güneşten olan kazançların ve taze hava yükünün en büyük payı aldığı görülmektedir. Yazın, iç ve dış sıcaklık değerleri arasındaki fark azdır. Bu nedenle iç sıcaklıktaki değişimler kazanca daha büyük oranda etkili olur.

Klima sistemlerinin yazın ortam nemini azaltma etkisi vardır. İstanbul gibi nemli iklimlerde mekanik iklimizasyonun en fazla hissedilen etkisi, belki de soğutmadan çok nemin azaltılmasına bağlıdır. Sistemin rejime girinceye kadar olan dönemdeki çalışması sırasında bu yük çok etkilidir. Sistem rejime girdikten sonra, yani nem değeri kararlı bir düzeye düşürüldükten sonra, sistem sadece iç ve dış nem kazançlarını karşılamaya çalışır ki rejim halindeki bu değer, duyulur ısı kazançları yanında küçük kalır. İç sıcaklığın 1°C azaltılması, duyulur ısı yükünü artırdığı kadar olmasa da gizli ısı yükünü de artırır.

2.4.1 ÖNERİLER

- İnsanların yazın kendini konforda hissettiği iç şartlar pek çok parametreye bağlıdır ve koşullara göre değişir.
- Sürekli kalınan ofis veya konut gibi ortamlarda 24°C ideal olmakla birlikte, yazın iç sıcaklığın 25°C değerine set edilmesi ekonomik ve uygun bir seçimdir.
- Sürekli girilip çıkılan ve kısa süre kalınan yerlerde ise bu değer daha yukarı alınabilir. Burada dış sıcaklıkla 6°C mertebesinde bir fark yaratılması yeterlidir.
- Daha düşük sıcaklıklara yapılacak ayarlamalar, hem enerji tüketimini artıracaktır, hem de hasta olma riskini yükseltecektir.

Zamana bağlı olarak ısıtma ve soğutma yükünü ve enerji tüketimini hesaplamak üzere geliştirilen bir bilgisayar programı yardımıyla, bir binanın soğutma yüklerinin değişimi, referans yılın en sıcak haftası için hesaplanmıştır. Binanın ofis veya konut olarak kullanım durumlarında, iç sıcaklığın 1°C değiştirilmesinin pik yükte yaptığı etki *Tablo 2.6 ve 2.7*'de verilmiştir. Pik soğutma yükü, sıcaklığın 24°C'den 22°C'ye indirilmesi halinde yaklaşık 9.000 kcal/h artmaktadır. Bu 1°C iç sıcaklık değişiminin, pik soğutma yükünde %5 oranında bir değişim yarattığı anlamına gelmektedir. Pik hafta boyunca ofis binası olarak kullanımda 8.00-19.00 saatleri arasında soğutma yükleri toplandığında, 2°C iç sıcaklık farkı halinde soğutma yükünün %14 oranında değiştiği hesaplanmıştır. Ancak burada kesintili çalışma nedeniyle bina kütlelerinde depolanan ısı etkisi dikkate alınmamıştır. Aynı şekilde hesap sadece pik dönem için yapılmıştır. Dönemin tamamı ele alındığında iç sıcaklığa bağlı etki oranı daha artacaktır. Dolayısıyla, iç sıcaklığın 1°C azaltılması halinde, yıllık enerji tüketimi %7 değerinden de fazla oranda artacaktır. Bu oran aynı zamanda bölgelere ve binanın kullanma saatlerine bağlı olarak da değişir.

2.5 FANLARDA ENERJİ TASARRUFU

Fanlar, sirkülasyon pompaları gibi sürekli çalıştırlarından, HVAC sistemlerinde fanların enerji tüketim payları çok önemlidir. Özellikle tam havalı klima sistemlerinin yıllık elektrik enerjisi tüketiminde fanlar, en büyük paya bile sahip olabilir. *Tablo 2.8*'de örnek bir uygulamada çarşı, konut ve ofis kısımlarındaki yıllık elektrik enerjisi tüketimleri verilmiştir. Toplamda klima santralleri (dolayısıyla fanlar) en büyük elektrik enerjisi tüketim noktalarından biri olarak ön plana çıkmaktadır. Bu büyük payda, kullanılan klima sisteminin etkisi de gözden kaçırılmamalıdır. Söz konusu klima sistemi, tam havalı olup bütün ısıtma ve soğutma işlemleri havayla sağlanmaktadır. Bu nedenle fanlar için enerji tasarrufu imkanı, fanın kullanıldığı uygulamaya göre değerlendirilmelidir.

Her şeyden önce **“fanlara verilen enerji, hava kanallarında tüketilir”** gerçeği akıldan çıkarılmamalıdır. Bunun için de öncelikle kanal sistemi, optimum enerji maliyeti oluşturacak biçimde tasarlanmalıdır.

Binalarda mekanik tesisatta havalandırma fanları, klima santrali fanları, kule fanları, hava soğutmalı çiller fanları gibi farklı amaçlarla kullanılan fanlar mevcuttur. Genellikle kullanılan tipler sabit debili fanlardır.

İhtiyacın değişken olduğu yerlerde, değişken debili fanların kullanılması büyük enerji tasarrufu sağlar.

Ancak mevcut sistemlerde her uygulamada, sabit debili fanları değişken debili fanlara döndürme imkanı yoktur. Fan debisinin değişimi, devir sayısını değiştirerek yapılmalıdır.

Fan devri değiştiğinde; debi, devirdeki değişimle doğru orantılı değişir.

Fan basıncı devir değişim oranının karesiyle, fanın çektiği elektrik gücü ise devir değişim oranının küpüyle orantılı değişir.

İç Sıcaklık	Dış Sıcaklık	Duyulur Soğutma Yükü	Gizli Soğutma Yükü	Toplam Soğutma Yükü	
°C	°C	kcal/h	kcal/h	kcal/h	%
22	30	79.310	15.720	95.030	100
24	30	70.579	15.180	85.759	90
26	30	61.844	14.640	76.484	80

Tablo 2.6. KONUT ÖRNEĞİNDE EN YÜKSEK YÜKÜN GERÇEKLEŞTİĞİ SAATTE HESAPLANAN SOĞUTMA YÜKLERİ

İç Sıcaklık	Dış Sıcaklık	Duyulur Soğutma Yükü	Gizli Soğutma Yükü	Toplam Soğutma Yükü	
°C	°C	kcal/h	kcal/h	kcal/h	%
22	30	123.731	48.708	172.439	100
24	30	111.399	47.088	158.487	92
26	30	99.067	45.468	144.535	84

Tablo 2.7. OFİS ÖRNEĞİNDE EN YÜKSEK YÜKÜN GERÇEKLEŞTİĞİ SAATTE HESAPLANAN SOĞUTMA YÜKLERİ

Fanın devir sayısını değiştirerek debi %20 azaltıldı-
ğında, basınç %36 ve güç %50 azalır.

Fan seçerken, değişen hava debilerindeki verim eğri-
si dikkatle kontrol edilmelidir. Azalan hava debisin-
de elektrik tüketiminin nasıl değiştiği ve dağıtım ka-
nallarındaki balansın nasıl etkilendiği de kontrol
edilmelidir.

2.5.1 MEVCUT SABİT DEBİLİ KLİMA SANTRALLARINDA FAN ENERJİSİ TASARRUFU

Mevcut sabit debili sistemlerin VAV haline dönüştü-
rülmesi çok zor ve pahalıdır. Ancak özel durumlarda
yapılabilir. Örneğin bir balo salonunun veya toplantı
salonunun sabit debili ve dönüş havalı klima santrali-
na ait fan motorlarına frekans kontrolü ilavesi ve oto-
masyon ile VAV sistemine dönüştürülebilir.

Bu sistemlerde fan enerjisindeki tasarruf;

a. Aşırı kapasitelerden kaçınılması, hesapların doğru
ve titizlikle yapılması,

b. Hava kanallarındaki kaçakların önlenmesi ve aşırı
basınç kayıplarının azaltılması ile sağlanır.

Klima ve havalandırma santrallerindeki fanlar;

c. Genellikle hesap belirsizliklerinden dolayı,

d. Emniyet kaygısıyla büyük seçilir.

Bu fazla kapasite, sistem tipine bağlı olarak çeşitli bi-
çimlerde enerji kaybına neden olur.

Fanda harcanan güç, fanın debisinin küpüyle orantılı
olduğundan, debide meydana gelecek küçük bir azal-
ma, güç gereksinimini büyük ölçüde azaltacaktır.

**Hava debisinin %20 düşürülmesi, güç ihtiyacını
yarı yarıya azaltır.**

2.5.1.1 Yapısal Önlemler

Fan kapasitesini uygun yöntemlerle kabul edilebilecek
min. değere düşürmek, yani hava debisini azaltmaktır.
Burada sisteme gönderilen hava debisi azaltılmaktadır.
Sistem performansı dikkate alınmalıdır. Bazı koşullar-
da fan enerjisinden olan kazanç, sistem performansın-
daki düşme ile kaybedilebilir.

Bölüm	Çarşı	Konut	Ofis	TOPLAM
Asansörler	247.700	135.000	259.360	642.060
Yürüyen Merdivenler	326.000	0	0	326.000
Aksiyal Fanlar	793.896	219.410	308.935	1.322.241
Klima Santralleri	1.774.381	196.566	380.253	2.351.200
Soğutma Grupları	1.250.000	250.000	750.000	2.250.000
Su Soğutma Kuleleri	471.744	104.832	209.850	786.426
Hidroforlar	26.306	120.000	21.000	167.306
Pompalar	652.260	90.185	609.594	1.352.039
Çevre Aydınlatma	28.060	9.336	9.336	46.732
Ortak Alanlar Aydınlatma	2.284.000	800.000	800.000	3.884.000
Garaj Aydınlatma	1.400.000	276.000	312.648	1.988.648
Kullanıcıların Elektrik Tüketimleri	5.000.000	0	4.000.000	9.000.000
TOPLAM YILLIK ELEKTRİK TÜKETİMİ (kWh)	14.254.347	2.201.329	7.660.976	24.116.652

Bölüm	Çarşı		Konut		Ofis	
Soğutma Grupları	1.250.000 kWh	137.500 USD	250.000 kWh	27.500 USD	750.000 kWh	82.500 USD
Su Soğutma Grupları	471.744 kWh	51.891 USD	104.832 kWh	11.531 USD	209.850 kWh	22.900 USD
Doğal Gaz Isıtma	3.228.000 kWh	77.000 USD	760.000 kWh	20.000 USD	1.170.000 kWh	17.000 USD
Pompalar	652.260 kWh	71.748 USD	90.185 kWh	9.920 USD	609.594 kWh	67.055 USD
Kule Su Tüketimi - m ³	24.480 kWh	53.856 USD	5.040 kWh	11.088 USD	12.636 kWh	27.800 USD
Kule Blöf Tüketimi - m ³	7.344 kWh	16.156 USD	1.512 kWh	3.326 USD	3.790 kWh	8.338 USD
Kule Kimyasal	-	11.700 USD	-	2.600 USD	-	5.720 USD
TOPLAM YILLIK TÜKETİMİ	419.851 USD		85.965 USD		231.313 USD	
TOPLAM ALAN (m²)	39.112		22.318		22.683	
AYLIK MALİYET (USD/m²)	0,89		0,32		0,85	

Tablo 2.8. İKİ FARKLI TAM HAVALI KLİMA UYGULAMASINDAKİ YILLIK ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMLERİ

Fan debisini düşürmenin en uygun yolu, devir sayısının düşürülmesidir. Sabit devirli kayış - kasnakla tahrik edilen fanlarda, devir sayısının düşürülmesinin en kolay yolu, kasnak değiştirmektir. Genellikle bütün büyük kapasiteli fanlar, kayış - kasnak tahrikli olduğundan bu yöntem kolaylıkla uygulanabilir.

Kayış kasnak tertibatı, transfer edilen gücün %3 ile %10'u arasında bir enerjinin kaybına neden olur. Bu kayıp enerjinin azaltılması için, kasnak çaplarının çok küçük ve çok büyük olmasından kaçınmak gerekir. Kasnaklardan biri çok küçükse, her iki kasnak birden büyütülerek sorun giderilir.

Eğer direkt tahrikli fan kullanılıyorsa, kapasite ayarı için en uygun yöntem, girişteki vorteks damperleridir. Giriş hava yönlendirme kanatları da denilen bu damperler, daha az kayıpla kapasite ayarı yapılabilir.

Fan debisini verimsiz bir biçimde ayarlamakta kullanılmış olan damper gibi elemanları ortadan kaldırmak ve fan debisini düşürmek de bir yöntemdir. Bu durumda sisteme gönderilen hava debisinde bir değişiklik olmamaktadır. Sabit devirli fanlarda giriş ve çıkışta damper veya benzeri bir elemanla kapasite kontrolü yapılıyorsa, bunları çıkartarak veya tam açık pozisyona getirerek, debi ayarını kayış kasnakla yapmak büyük kazanç getirir.

2.5.1.2 İşletimde Önlemler

- Klima santrallerinde antalpi kontrolü yapılarak hava tarafı ekonomi çevrimi uygulanmalıdır. Bu uygulama özellikle geçiş mevsimlerinde önemli tasarruf yaratır.
- Sabah güneş doğmadan yapılacak gece soğutma ve havalandırması, hacimlerde oluşan ısı ve kokunun en ucuz şekilde dışarı atılmasını sağlar. Ayrıca iç hava kalitesini de artırır.
- Taze dış hava miktarı, minimum değerde tutulmalıdır. Hava kalitesi sensörleri kullanmak, lokanta gibi değişken havalandırma yükleri olan yerlerde yararlıdır.
- Cihazlar gerekmediği zaman çalıştırılmayıp, durdurulmalıdır.
- Kullanıcı sayısı çok değişken olan yapılarda CO₂ sensörleri kullanılarak taze hava miktarı ihtiyaca göre azaltılabilmektedir.

2.5.2 YENİ YAPILACAK VAV KLİMA SİSTEMLERİNDE FANLARIN ENERJİ TÜKETİMİ

Yeni yapılacak olan klima sistemlerinde sabit debili veya değişken debili sistem seçimi alternatifleri vardır. Çok zonlu sistemlerde VAV sisteminin alternatifi, reheat uygulanan sabit debili tam havalı sistemlerdir. Bu iki sistemin karşılaştırılmasında, VAV işletme ekonomisi açısından iki önemli avantaj sunmaktadır:

- Reheat gereksinimi ortadan kalkmaktadır.
- Fan enerjisinden tasarruf sağlanmaktadır.

Reheat ihtiyacını kaldırması yönündeki avantajı bir kenara bırakılırsa, Değişken Debili (VAV) sistem alternatifi,

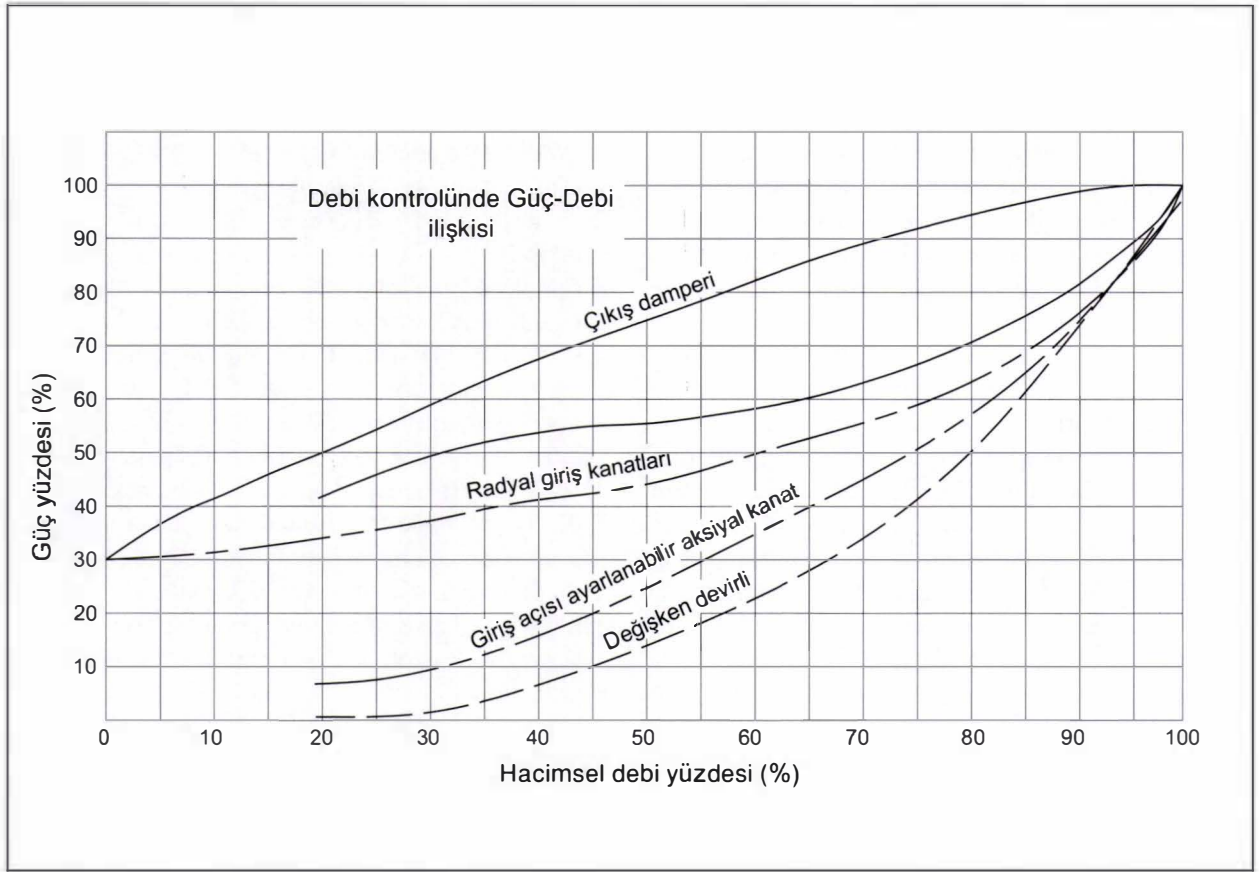
sadece fan enerjisinden sağladığı tasarruf nedeniyle işletme maliyetlerini önemli ölçüde azaltabilmektedir:

- Fan modülasyon yöntemine,
- Yük profiline,
- VAV terminallerinin tipine ve
- Diğer faktörlere bağlı olarak fan enerjisinden yıllık %30 - 70 oranında tasarruf yapılabilir.

İTÜ Makina Fakültesinde tek zonlu basit bir paket program kullanılarak yapılan simülasyon çalışmasında, VAV sistemle, sabit debili klima sistemine göre, yıllık elektrik enerjisi tüketiminde %45 oranında tasarruf sağlamak mümkün görülmektedir. Ele alınan ve pik soğutma yükü 500 kW mertebesinde olan bu örnek sistemde yıllık 81 MWh elektrik enerjisi tasarruf edilebilmektedir.

VAV sistemlerinde fan gücünden sağlanan tasarrufun istenen düzeyde olması için, fan kapasite kontrol yönteminin uygun olması gerekir. Daha önce de ifade edildiği gibi kapasite ayarındaki en iyi yöntem devir ayarındır. Bu nedenle VAV sistemlerinde değişken devirli fanlar kullanılmaktadır. İkinci sırada uygun olan yöntem, girişteki açısı ayarlanabilir aksiyal hava yönlendirme kanatları kullanmaktır (inlet quide vana). Farklı yöntemlerle fan kapasite ayarının (fan devrini değiştirmenin) güç kullanımına etkisi, *Şekil 2.9*'da görülmektedir. Eğer klima sistemindeki yük profili biliniyorsa, bu eğri kullanılarak fan gücünden yapılabilecek tasarruf hesaplanabilir. Örnek bir yapının pik yükün olduğu hafta boyunca saatlik soğutma ihtiyacı hesaplanmıştır. Örnek ofis binasında 7 - 19 saatleri arasında günde 12 saat çalışılmaktadır. Bu çalışmadan elde edilen yük dağılımı *Tablo 2.10*'da ilk iki sütunda verilmiştir. Buna göre söz konusu yük aralığında kalma oranı üçüncü sütuna işlenmiştir. Baştaki yük oranına göre değişken devirli fanın güç kullanma oranı, *Şekil 2.9*'dan okunarak *Tablo 2.10*'da son sütuna yazılmıştır. Son sütundaki değerlerin üçüncü sütunda verilen zaman oranlarına göre ağırlıklı ortalaması %55 bulunmaktadır. Yani hesaplanan pik haftanın değişken debide ortalama güç kullanım oranı %55 değerindedir. **Buna göre VAV sisteminde, bu örnek ofis binasında İstanbul ikliminde sabit debili sisteme göre pik haftada fan güç tasarrufu %45 olmaktadır.**

Aynı çalışmada konut örneği de ele alınmıştır. Konut halinde 24 saat çalışma esas alınarak, yük dağılımı ve *Şekil 2.9*'dan okunan her yük aralığındaki fanın güç kullanım oranları *Tablo 2.11*'de verilmiştir. Konut halinde zaman ağırlığına göre hesaplanan pik haftanın ortalama güç kullanım oranı %44 değerindedir. **Buna göre VAV sisteminde, bu örnek konut binasında İstanbul ikliminde sabit debili sisteme göre pik haftada fan güç tasarrufu %56 olmaktadır. Pik haftanın dışındaki dönemlerde kısmi yükte çalışma daha fazla olacağından, tasarruf oranı daha da yükselecektir.**



Şekil 2.9. FAN DEBİSİ KONTROL YÖNTEMİNE GÖRE GÜÇ KULLANIM YÜZDESİ DEĞİŞİMİ

Soğutma Yük Oranı	Bu Yükte Saat Olarak Çalışma Süresi	Bu Yükte Zaman Olarak Kalma Oranı	Bu Yükte Fanın Kullandığı Güç Oranı
0,4 - 0,5	3	0,04	0,10
0,5 - 0,6	4	0,05	0,18
0,6 - 0,7	8	0,10	0,28
0,7 - 0,8	15	0,18	0,40
0,8 - 0,9	34	0,40	0,60
0,9 - 1,0	20	0,24	0,85
Ağırlıklı Ortalama =			0,55

Tablo 2.10. DEĞİŞKEN DEVİRLİ FANLARLA
ÖRNEK OFİS YAPISINDA ELDE EDİLEN ENERJİ TASARRUFU

Soğutma Yük Oranı	Bu Yükte Saat Olarak Çalışma Süresi	Bu Yükte Zaman Olarak Kalma Oranı	Bu Yükte Fanın Kullandığı Güç Oranı
0,3 - 0,4	10	0,10	0,04
0,4 - 0,5	7	0,07	0,10
0,5 - 0,6	11	0,11	0,18
0,6 - 0,7	12	0,12	0,28
0,7 - 0,8	13	0,13	0,40
0,8 - 0,9	29	0,29	0,60
0,9 - 1,0	18	0,18	0,85
Ağırlıklı Ortalama =			0,44

Tablo 2.11. DEĞİŞKEN DEVİRLİ FANLARLA
ÖRNEK KONUTTA ELDE EDİLEN ENERJİ TASARRUFU

Bir başka kaynakta ise, kullanılan fan modülasyon sistemine, yük profiline, VAV terminallerinin tipine ve diğer faktörlere bağlı olarak fan enerjisinden yıllık %30 - 70 oranında tasarruf yapmanın mümkün olduğu söylenmektedir.

Fan enerjisinden olan kazanç yanında, VAV sistemlerinde düşük yüklerde hava kanallarındaki basıncın düşmesine bağlı olarak hava kanallarından olan hava kaçakları da azalır. **Hava kanallarından olan kaçakların azalması nedeniyle de soğutma yükünden %1 - 2 mertebesinde tasarruf sağlanabilir.**

Not: Hava kanallarında hava kaçağı, pratik olarak olmamalıdır.

2.5.2.1 Tasarımda Alınacak Önlemler

Büyük enerji tasarrufu potansiyeli nedeniyle, değişken yüklü ve çok zonlu sistemlerin klimatizasyonunda VAV sistemleri tartışmasız tercih edilen sistemler haline gelmiştir.

a. VAV sistemlerinin sağladığı ideal ekonomi noktasına ulaşabilmek için, VAV sistemlerini soğutma ve havalandırma amacıyla kullanmak gerekmektedir.

b. Bu sistemlere aynı zamanda ısıtma fonksiyonu yüklenmeye çalışıldığında, ekonomiden giderek uzaklaşmaya başlanır.

Fan-powered VAV sistemlerde seri bağlı ve paralel bağlı tip olmak üzere iki ayrı uygulama şekli vardır. Burada anlatılan paralel tip fan-powered VAV sistemlerdir. Paralel bağlı VAV sistemlerde klima santralinden gelen hava kısıldığında fan ortamdan da hava alır ve üfleme havası sabit kalır.

Isıtıcı fan-powered VAV kullanıldığında tavandan sıcak hava üflenir. Bu durumda;

- Isıtma mevsiminde daha yüksek oda sıcaklığı gerekir. Dış havanın soğuk olduğu günlerde 20°C yerine yaklaşık olarak 22 - 23°C oda sıcaklığında aynı konfor alınır.
- Yakıt harcaması artar.
- İç hava kalitesi (by-pass nedeniyle) daha az kaliteli olur.
- Ara mevsimlerde ve yazın soğuk üflenmiş hava, çalışanları rahatsız edebilir.
- Tavanda aydınlatmadan kaynaklanan ısıyla oluşan sıcak hava varken, sıcak havanın da tavan seviyesinden üflenmesi sistemin verimsizliğini artırır.

Bu nedenle VAV sistemlerin statik ısıtma sistemleriyle birlikte kullanılması, işletme ekonomisi ve konfor açısından çok önemlidir.

c. Fan enerjisinden olan kazanç yanında, VAV sistemlerinde hava kanallarından olan kaçakların azalması nedeniyle de soğutma yükünden %1 - 2 mertebesinde tasarruf sağlanabilir.

d. Bir başka önemli konu da, klima santral fanlarındaki verimsizliklerin ısı enerjisi olarak içinden

geçen havaya yüklenmesidir. Fan tarafından içinden geçen havaya yüklenen ısı sonucu hava sıcaklığındaki artış;

$\Delta T = 0,008 \times \Delta p / \eta_F$ formül ile hesaplanabilir.

Burada Δp (mmSS) fan basıncı, η_F fan verimidir.

Eğer $\Delta p = 100$ mmSS ve $\eta_F = \%70$ ise fan içinden geçen hava 1,15°C ısınmaktadır.

e. VAV sistemlerde değişken devirli fanlar kullanmanın ekonomisi, sistem büyüklüğüne bağlıdır. Büyük sistemlerde geri ödeme süreleri, birkaç yıl mertebesinde olabilmektedir. VAV sistemlerinde fan gücünden sağlanan tasarrufun istenen düzeyde olması için, fan kapasite kontrol yönteminin uygun olması gerekir. Kapasite ayarındaki en iyi yöntem, devir ayarındır. Bu nedenle değişken devirli fanlar VAV sistemleri için en uygun fanlardır.

İkinci sırada uygun olan yöntem, girişteki açısı ayarlanabilir aksiyal hava yönlendirme kanatlarını kullanmaktır. Farklı yöntemlerle fan kapasite ayarının güç kullanımına etkisi Şekil 2.9'da görülmektedir.

2.5.3 SU SOĞUTMA KULESİ FANLARI

a. Kule fanları istenen su sıcaklığına set edilmelidir. Su soğutma grubu kompresörü dursa bile kule devresinde dolaşan su sıcaklığı set edilen değere düşene kadar fan çalışmalıdır.

b. Bir alternatif ise, dış hava yaşı termometre sıcaklığına göre çalıştırmaktır.

c. Eğer kule tek çillere hizmet veriyorsa, çiller durunca kule fanı ve pompası da durabilir.

d. Soğutma kuleleri yerleşimi, kulelerden hava çıkışları aralarında by-pass olmayacak şekilde yapılmalıdır.

e. Kule fan motorları çift devirli seçilmelidir.

2.5.4 GARAJ HAVALANDIRMA FANLARI

Garajlarda kullanılan havalandırma fanları genellikle çok büyüktür. Gereksinim olmadığı zamanlarda bu fanların çalıştırılmaması, büyük kazanç sağlar.

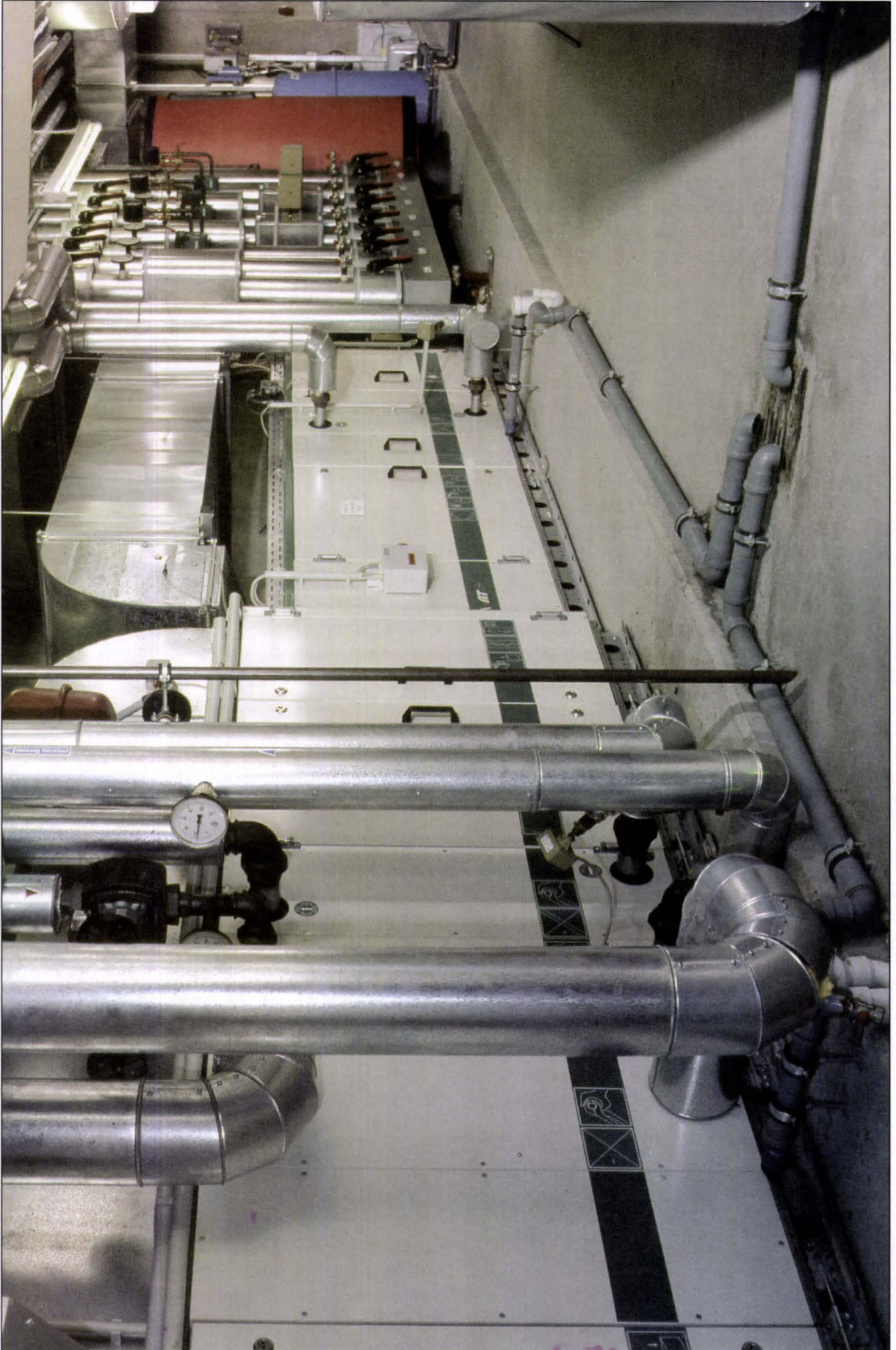
a. Garaj havalandırma fanları, standartlar gereği iki kademeli veya yarı güçte iki tane olmalıdır. Dolayısıyla ihtiyacın az olduğu dönemlerde birinci kademede (veya tek fanla) çalışma yapılır.

b. Garaj havalandırmalarında değişken devirli fanların kullanılması da mümkündür. Bu durumda fanlar, CO sensörlerinden kumanda alırlar.

Değişken devirli fanlarla elde edilecek kazanç, tamamen kullanımdaki değişkenliğe bağlıdır. Alışveriş merkezlerinin kapalı garajlarında olduğu gibi değişimin fazla olduğu yerlerde, bu tür fanlarla elde edilecek kazanç fazladır.

c. Ofislerin garaj fanları sadece giriş ve çıkışın yoğun olduğu saatlerde tam kapasiteyle çalıştırılmalıdır. Diğer zamanlarda CO sensörlerinden kumanda olmalıdır.

d. Ofislerden dışarı atılacak havanın bir kısmı veya tamamı garaja verilebilir. Ancak yangın halinde garaja



Sekil 2.13. İÇ MEKAN TIPI TAZE HAVA SANTRALI - 13.500 m³/h

duman transferini önlemek için dış havaya açılan bir by-pass hava kanalı yapılmalı ve ayırım noktasında on-off motorlu bir damper olmalıdır. Damper bina otomasyonu yangın sinyali verdiğinde, havayı garaj yerine dışarı atmalıdır. Yangın damperi kullanmak ve yangın ihbar sisteminden kumanda olarak çalışmalıdır.

2.5.5 MUTFAK VE BANYO EGZOST HAVALANDIRMA FANLARI (Şekil 2.12)

Bu tip fanlar genellikle sabit devirli fanlardır. Buralar da fan enerjisinden tasarruf için aşağıdaki önlemler sayılabilir:

- Kademeli devirli fanlar kullanılabilir.
- Fanların gerekli olmadığı zamanlarda çalıştırılması (zaman saatleri kullanılması) sağlanabilir.
- Merkezi egzost fanları yerine, lokal fanlar kullanılması ve bu fanların bağımsız kumandaları (aydınlatmadan, zaman saatlerinden veya kullanıcılar tarafından) olması sağlanabilir.
- Damper bina otomasyonu yangın sinyali verdiğinde, havayı garaj yerine dışarı atmalıdır. Yangın damperi kullanmak ve yangın ihbar sisteminden kumanda olarak çalışmalıdır.
- Sürekli olmayan havalandırma fanları için havalandırma debisi; küçük banyolarda (10 m²'ye kadar) her 1 m² için 17 m³/h (veya saatte 8 hava değişimi), büyük banyo-tuvaletlerde (10 m²'den büyük) her 1 m² için 15 m³/h, jakuzili banyolarda ise 170 m³/h tavsiye edilir.
- Fan, duşun veya tuvaletin üzerine konur. Banyo kapısının altında, hava girişi için açıklık bırakılmalıdır.

Fanlar zaman ayarlı olmalı ve banyodan çıkıldıktan belirli bir süre çalışmaya devam edebilmelidir. Banyolarda sürekli havalandırmada fan debisi 35-85 m³/h olmalıdır.

- Tuvalet fanlarının kullanılmadığı zaman çalışması sağlanabilir (Zaman saatli fanlar ışıklar kapatıldıktan 5 - 10 dakika sonra durabilir.).

2.6 KLİMA SANTRALLARI

Kıyasıya fiyat rekabeti sonucu daha düşük kaliteli cihazlar kullanıldığında, genellikle aşağıdaki sonuçlar görülür:

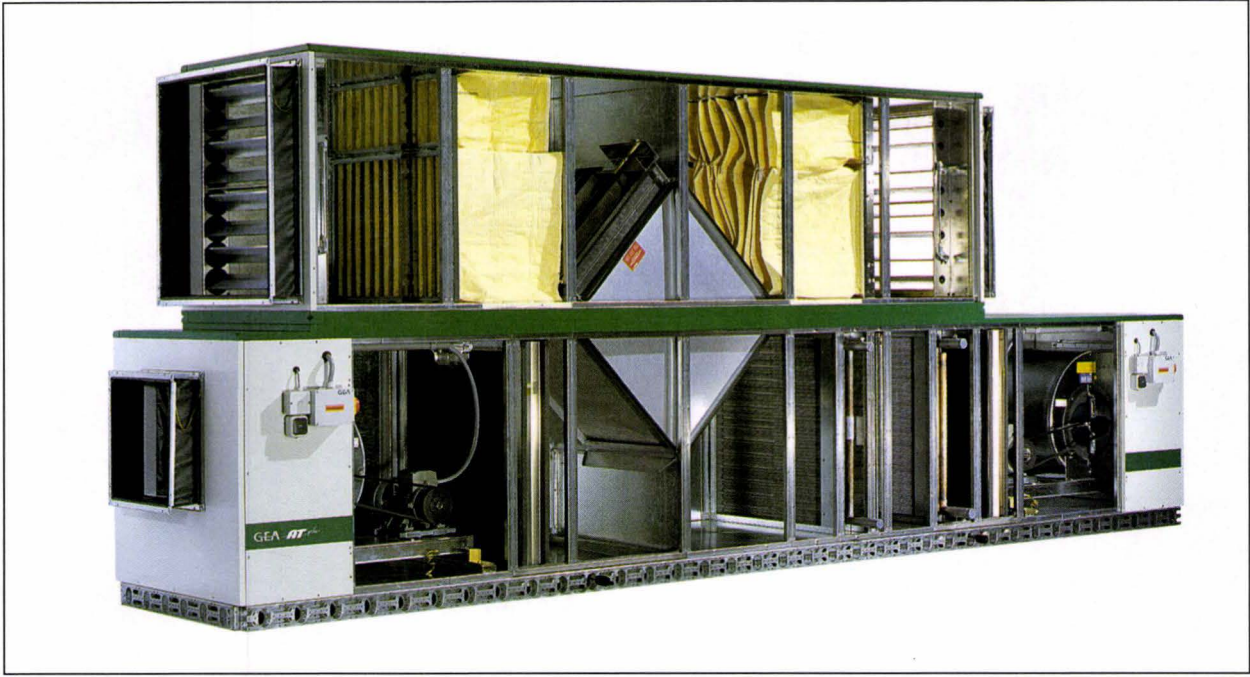
- Cihaz boyları küçülür.
- Klima santrallarının kesitleri küçük tutulur. Bu ise, hız ve basınç düşümlerini ve gürültüyü artıracaktır.
- Fan elektrik enerjisi tüketimi aşırı artacaktır.
- Cihazlarda daha yüksek devirli daha küçük fanlar kullanılır.
- Bu fanlar, optimum seçilmiş fanlara göre:
 - daha gürültülüdür,
 - daha fazla enerji harcar,
 - bakım masrafları daha fazla,
 - ömürleri daha azdır.
- Hava filtrelerinden tasarruf edilmeye çalışılır. Daha küçük filtre yüzeyleri:
 - daha fazla enerji tüketimi ve
 - daha fazla sayıda servis gerektirecektir.
- Daha düşük kalitede hava filtreleri kullanılabilir.
- Doğrudan tahrik yerine, kayış kasnaklı fanlar kullanılır.
- Aydınlatmadan ve gözetleme camlarından fedakarlık edilecektir.



Şekil 2.12. MUTFAK VE BANYO EGZOST FANLARI



Şekil 2.14. BUHARLI, NEMLENDİRİCİLİ, FREKANS İNVERTER FAN KONTROLLÜ HİJYENİK TİP KLİMA SANTRALI - 8.500 m³/h



Şekil 2.15. ÖRNEK KLİMA SANTRALI

- Kapakları açmak için kullanılan el tokmakları ve kapı menteşeleri yerine, sadece özel aparatlarla açılabilen bakım kapakları kullanılır.

Sonuçta bunlar daha fazla enerji tüketen, daha kısa ömürlü, daha gürültülü ve ömür boyu maliyeti çok pahalı bir cihaz olacaktır. Ayrıca bu cihaz tehlikeli de olabilir.

Klima santralleri seçilirken öncelikle, cihaz içi basınç kaybına bakılmalıdır. Bu, en önemli seçim kriteridir. Cihaz içi basınç kaybı, enerji tüketimiyle eş anlamlıdır. Klima santrallerinin boyutları (kesiti) küçükse, satınalma maliyeti azalır ve daha az yer kaplar. Ancak daha küçük kesitli klima santrallerinde hava hızı artar ve bunun sonucunda,

- Enerji tüketimi, aşırı ve gereksiz yere artar.
- Ses (gürültü) seviyesi yükselir.
- Genellikle fan devir sayısı arttığından ömür daha kısalmır. Filtrasyon kabiliyeti azalır ve servis sıklığı artar.
- Hava filtresinin tıkanmasıyla birlikte, fanın sarf ettiği enerji daha da çok artar.
- Hava filtresinin ömrü kısalmır, servis sayısı artar ve dağılma riski oluşabilir.
- Hava filtresinin temizliği genellikle çok sık yapılması için performans düşer, hava dağıtım balansı bozulur, hacimlerdeki konfor azalır, enerji tüketimi artar. Hava filtreleri çok tıkanıldığında drenaj tavasındaki (aşırı vakum nedeniyle) yoğuşma suyu dışarı taşar.

2.6.1 KLİMA SANTRALI SEÇİM KRİTERLERİ

Klima sistemlerinde santral dizayn edilirken dikkat edilmesi gereken başlıca noktalar:

- Hücre içi serbest geçiş alanındaki alın hızı
- Santral serpantinlerinin kanat aralık mesafeleri

- Fan verimleri
- Su tarafı basınç kaybı miktarı
- Santral cidar kalınlığının ısı kayıplarına etkisi

2.6.2 HÜCRE İÇİ SERBEST GEÇİŞ ALANINDAKİ ALIN HIZI

Klima santrali hücre içi serbest geçiş alanındaki alın hızı, santral boyutu nedeniyle ilk yatırım maliyetini ve tüketilen fan enerjisi dolayısıyla da işletme maliyetini doğrudan etkiler. Pratikte bu hız 2,0 m/s ile 3,5 m/s değerleri arasında seçilebilir. Küçük hızlar pahalı ve işletmesi ucuz santral, büyük hızlar ucuz ve işletmesi pahalı alternatifleri oluşturur. İstanbul'da ofis binası klima santrali 20.000 m³/h debi ve 400 Pa cihaz dışı statik basınç değerinde fan kapasitesine sahipse, günde 18 saat, yılda 6570 saat çalışma kabulüyle hesap yapıldığında alın hızına göre aşağıdaki Tablo 2.16'daki değerler bulunur.

Buna göre düşük alın hızına (2 m/s) sahip pahalı santral, yüksek alın hızına sahip ucuz santral ile arasındaki fiyat farkını 6 ay içinde amorti edebilmektedir. 5 yıl sonunda ucuz santralin toplam maliyeti 100.000 EUR değerine

Alın Hızı	Santral Hacmi	Çekilen Enerji	İlk Fiyat	5 Yıl Sonunda Yatırım + İşletme = Toplam Maliyet
m/s	m ³	kW	EURO	EURO
2,0	22,1	8,6	14.164	50.000
2,5	16,5	10,4	11.360	58.000
3,0	14,2	13,4	10.342	70.000
3,5	10,4	20,3	9.929	100.000

Tablo 2.16. FARKLI ALIN HIZLARINDA SANTRAL ÖZELLİKLERİ



Şekil 2.17. YIKAMALI TIP NEMLENDİRİCİ HÜCRELİ MATBAA KLİMA SANTRALI (Kombi) - 60.000 m³/h

ulaşırken, pahalı santralin toplam maliyeti 50.000 EUR değerinde kalmaktadır. Bu rakamlar aynı zamanda, işletme maliyetlerinin satın alma maliyetlerinden daha fazla ve daha önemli olduğunu da göstermektedir.

2.6.3 SANTRAL SERPANTİNLERİNİN KANAT ARALIK MESAFELERİ

Santral serpantinleri kanatlı borulardan oluşur. Kanat aralıkları azaldıkça, ısı geçiş yüzeyi ve buna bağlı olarak ısı kapasite artar. Yani daha kompakt serpantin-den daha fazla ısı transfer edilebilir. Buna karşılık serpantinlerin hava geçiş direnci artar ve fanda çekilen elektrik enerjisi artar. Serpantin kanat aralığına bağlı olarak hava tarafı direncinin değişimi Şekil 2.18’de görülmektedir. Buna göre aralık arttıkça basınç kaybı 340 Pa’dan 180 Pa değerine kadar düşmektedir. Yine kanat aralığına bağlı fanda çekilen elektrik enerjisi değişimi Şekil 2.19’da verilmiştir.

Çekilen elektrik yükü 10,5 kW’dan 10,0 kW’a düşmektedir. Basınç kaybını azaltmak için kanat aralığı fazla artırılırsa kapasite karşılanamayacaktır. Pratikte 2,11 mm kanat aralığı kullanılır.

2.6.4 KLİMA SANTRAL FAN BÜYÜKLÜKLERİ VE VERİMLERİ

Geriye eğik kanatlı fanlar, öne eğik kanatlı fanlara göre daha pahalı; fakat daha verimli fanlardır. Ayrıca her iki tip fanda da fan çapı büyüdükçe hücre boyutu ve ilk yatırım

maliyeti artarken, verim değeri de artmaktadır. Her iki fan tipi için yine aynı uygulamada 20.000 m³/h debi ve 400 Pa basınçlı üfleme fanı olarak kullanıldığında farklı çaplardaki değerler aşağıdaki Tablo 2.20’de özetlenmiştir.

Buna göre fan çapı arttıkça ilk maliyet artmakla birlikte kendilerini 9 ayda amorti edebilmektedir. Buna karşılık geriye eğik kanatlı pahalı fanlar da kendilerini ucuz öne eğik kanatlı fanlara göre 3 ayda amorti edebilmektedir.

2.6.5 KALİTELİ BİR KLİMA SANTRALI İLE UCUZLATILMIŞ KLİMA SANTRALININ KARŞILAŞTIRMASI

Aynı uygulama için iki farklı tip klima santrali seçilerek maliyet karşılaştırması yapılmıştır. Şekil 2.22A’de görülen birinci santral, ilk yatırım maliyeti en düşük olan klima santralidir. Şekil 2.22B’de ise ilk yatırım maliyeti en yüksek olan diğer klima santrali görülmektedir. Santraller iç mekan tipi, karışım havalı klima santralleridir.

Karşılaştırma için veriler aşağıda sıralanmıştır:

İstanbul’da ofis binası

Üfleme fanı = 20.000 m³/h; 400 Pa

Egzost fanı = 20.000 m³/h; 300 Pa

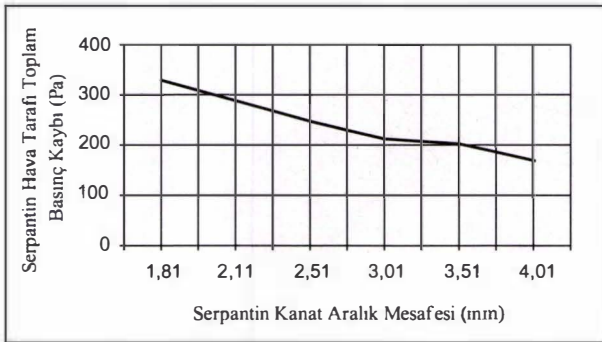
Üfleme sıcaklıkları = Yazın 14°C ve Kışın 30°C

Taze hava oranı = %30

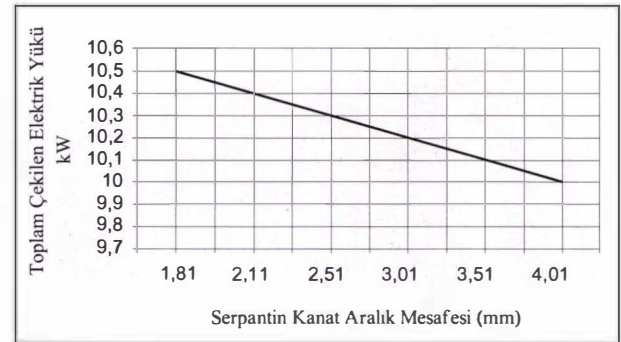
Çalışma süresi = 12 saat/gün ve 4.380 saat/yıl

Elektrik maliyeti = 0,152 YTL/kWh =

0,095 EUR/kWh



Şekil 2.18. SANTRAL SERPANTİNLERİNİN KANAT ARALIK MESAFELERİ İLE SERPANTİN HAVA TARAFI BASINÇ KAYBI İLİŞKİSİ



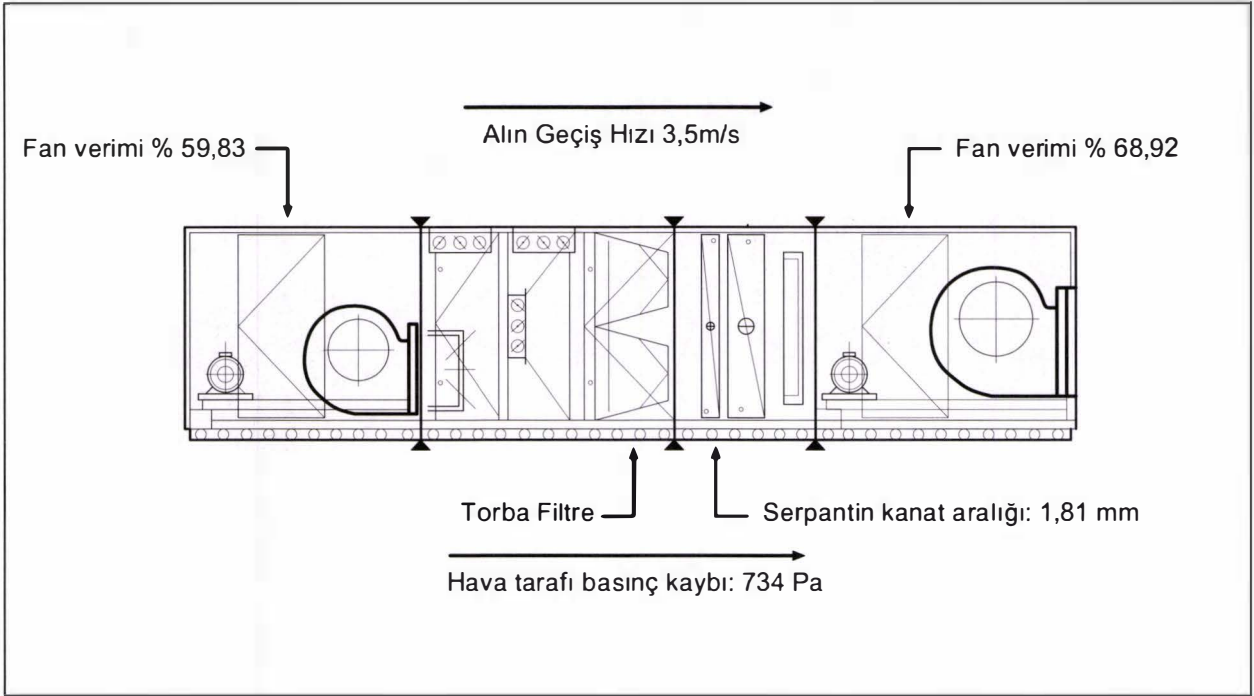
Şekil 2.19. SANTRAL SERPANTİNLERİNİN KANAT ARALIK MESAFELERİ İLE TOPLAM ÇEKİLEN ELEKTRİK YÜKÜ İLİŞKİSİ

Fan Tipi	Debi (m ³ /h)	Basınç (Pa)	Çap (mm)	Devir (rpm)	Çekilen Güç (kW)	Fiyat (EUR)	Verim (%)
Geriye Eğik Kanatlı	20.000	400	560	1.652	7,3	1.868	78,65
Geriye Eğik Kanatlı	20.000	400	630	1.127	6,8	2.066	80,28
Geriye Eğik Kanatlı	20.000	400	710	977	6,6	2.288	81,24
Öne Eğik Kanatlı	20.000	400	560	887	8,2	1.720	69,74
Öne Eğik Kanatlı	20.000	400	630	786	8,4	1.884	64,84
Öne Eğik Kanatlı	20.000	400	710	688	8,4	2.023	62,20

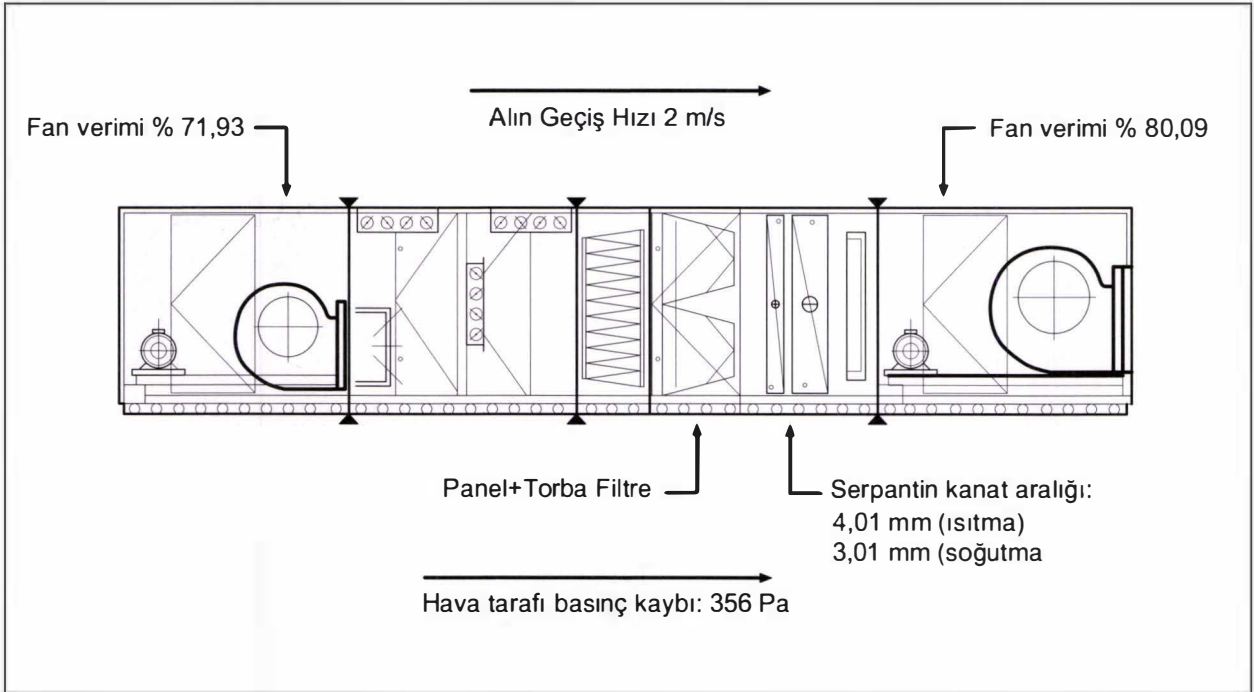
Tablo 2.20. FARKLI TİP VE ÇAPLARDAKİ FANLARIN ÖZELLİKLERİ



Şekil 2.21. HARİCİ TIP KARIŞIM HAVALI KLİMA SANTRALI - 20.000 m³/h
(Enerji kaybını engellemek için kanal ve serpantin bağlantıları alttan)



Şekil 2.22A. İLK YATIRIM MALİYETİ EN DÜŞÜK OLAN KLİMA SANTRALİ
SADECE FANLARLA ÇEKİLEN ELEKTRİK YÜKÜ = **18,6 kW**



Şekil 2.22B. İLK YATIRIM MALİYETİ EN YÜKSEK OLAN KLİMA SANTRALİ
SADECE FANLARLA ÇEKİLEN ELEKTRİK YÜKÜ = **9,0 kW**

Santral Tipi	Alın Geçiş Hızı	Egzos Fan Verimi	Üfleme Fan Verimi	Santral Hava Tarafı Basınç Kaybı	Serpantin Kanat Aralığı (mm)	Çekilen Elektrik Gücü	Satınalma Fiyatı (EUR)
Kaliteli Santral	2,0 m/s	% 71,93	% 80,09	356 Pa	4,01 - 3,01	9,00 kW	13.800
Ucuzlatılmış Santral	3,5 m/s	% 59,83	% 68,92	734 Pa	1,81	18,6 kW	9.350

Tablo 2.23. AYNI KAPASİTEDE İKİ FARKLI TİP KLİMA SANTRALİ MALİYET KARŞILAŞTIRMASI



Şekil 2.24. HARICI TIP TAZE HAVA SANTRALI - 13.000 m³/h

Tablo 2.23'de seçilen alternatif iki santralin özellikleri verilmiştir.

Yapılan hesap sonucuna göre kaliteli bir klima santrali diğerinden %50 daha pahalı olmakla birlikte, kendini 12 ay gibi kısa bir sürede amorti edebilmektedir. Bu nedenle, klima santrali seçerken işletme maliyetini (elektrik tüketim değerlerini) mutlaka dikkate almak gerekir.

2.6.6 KLİMA SANTRALININ YUKARIDA VEYA AŞAĞIDA OLMASININ ETKİSİ

Yukarı yerleştirilen klima santralından çıkan soğutulmuş hava sıcaklığı = 14°C;

Ortam sıcaklığı = 24°C kabul edilsin.

Bu durumda soğuk ve daha ağır hava aşağı yönde bir basınç uygulayacaktır.

Basınç farkı = $H \times g \times (\rho_{14} - \rho_{24})$ olarak ifade edilebilir. Burada havanın 14 ve 24°C sıcaklıklardaki yoğunlukları $\rho_{14} = 1,230$ ve $\rho_{24} = 1,189$ olarak alınabilir.

1 m yükseklik farkı için,

Basınç farkı = $1 \times 9,81 \times (1,230 - 1,189) = 0,04$ Pa bulunur.

Eğer 20 katlı bir binada (H= 70 m) **santral üst kata konursa basınç kazancı 28 Pa** olacaktır.

Santralin alt kata konulması halinde ise tam tersi soğuk havanın yukarı çıkartılması için santral fanı 28 Pa fazla basınç kullanacaktır.

Sonuç olarak 20 katlı bir binada klima santralının alt kat yerine üst kata konulması halinde, fanda $28 + 28 = 56$ Pa basınç kazancı olur.

2.6.7 KLİMA SANTRALLARINDA HAVA FİLTRELERİ

Klima santrallarında filtre seçiminde ekonominin anahtarı, filtre yüzeyleridir. Filtre yüzeyleri olabildiği kadar büyük seçilmelidir. Kaliteli filtreler kullanılmalıdır. Filtre yüzeyi büyük seçildiğinde, Filtre üzerinden geçen havanın hızı, kesit ile orantılı olarak düşecektir.

Filtredeki basınç düşümü, hızın karesiyle orantılı olarak azalacaktır.

Filtrede tüketilen fan enerjisi, hızın karesiyle orantılı olarak azalacaktır.

Filtre ömrü ve servis süresi, üstel olarak artacaktır.

Filtrasyon etkinliği artacaktır.

Filtreler, yarattıkları basınç düşümü nedeniyle fanda elektrik enerjisi tüketimini etkiledikleri gibi, etkin bir filtrasyon yoksa hava kanallarındaki tozlanma nedeniyle sıcaklık sensörlerinin duyarlılığının azalması, ısı geçiş yüzeylerindeki ısı geçiş etkinliğinin azalması ve fan veriminin azalması nedenleriyle de enerji tüketiminin artmasına neden olur.

Filtrenin kirlenmesinin bina otomasyonundan izlenmesi ve kirlilik alarmının verilmesi sağlanmalıdır.

Filtreler çekim etkisi, atalet etkisi, sıkışma etkisi gibi etkilerle çalışır. Filtreler tarafından tutulan partiküller

ise çok farklı boyutlardadır. Boyut olarak 1 mikron altı ve 1 mikron üstü olarak ikiye ayrılabilir. İnsan gözü, en küçük 10 mikron partikülü görebilir. Önemli olan 1 mikron altı partiküllerin yakalanmasıdır. Akciğer için en zararlı ve tehlikeli partiküller de 1 mikron altı olanlardır. Partiküllerin sayıca %99,98 oranı 1 mikron altındadır. Virüsler ve bakteriler çok küçüktür. Ancak özel filtrelerle tutulabilirler.

Filtre seçiminde ve uygulamasında aşağıdaki konulara dikkat edilmelidir:

Havalandırma ve klima sistemlerindeki filtrelerde, 1 mikron boyutu altındaki tozların yakalanması önemlidir. Bunun için F sınıfı filtreler kullanılmalıdır.

Havalandırma santrallarında kullanılan filtrelerin F7 sınıfı olması tavsiye edilir.

Havalandırma sistemi filtreleri, EN 779:2002 standardına uygun olmalıdır.

Normal uygulamalarda sistemde ön filtre kullanmaya eskiden gerek duyulmuyordu. Ön filtre ilave enerji tüketimine neden olurken, filtrasyon kabiliyetine (1 mikron altındaki tozların yakalanmasına) fazla katkıda bulunmaz.

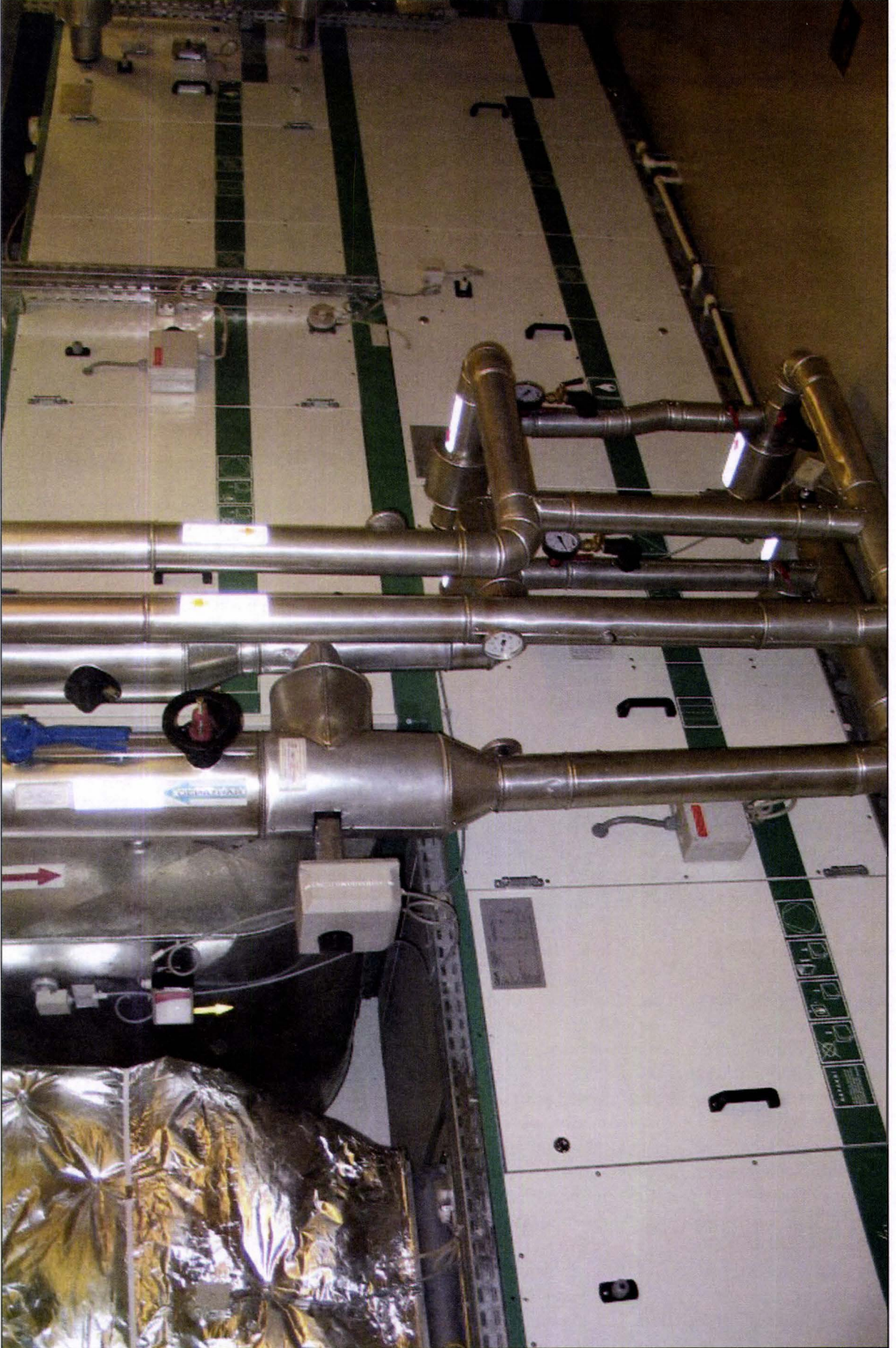
Bugün ise ön filtre kullanılması önerilmektedir. Böylelikle ikinci filtre çok daha uzun sürede tıkanacak ve enerji tasarrufu sağlayacaktır.

Ancak endüstriyel uygulamalar gibi çok tozlu ortamlarda ön filtre kullanılmasının yararı vardır.

Ön filtre kullanmak yerine ana filtre büyük seçilmelidir. Yapılan bir hesaba göre, filtre %50 daha büyük seçildiğinde ömrü %100 artmaktadır. Yüzey artırıldığında enerji tüketimi de azalmaktadır. Filtre %50 daha büyük seçildiğinde ömür boyu toplam maliyeti yarı yarıya azalmaktadır. Bu yüzden filtrenin büyük seçilmesi çok önemlidir. Filtrede hız $\leq 1,5$ m/s seçilmesi tavsiye edilir. Mükünse hızı 1 m/s'nin altına (hatta 0,8 m/s) kadar düşürmeye çalışılmalıdır. Filtrede hava hızı azaltıldıkça filtrasyon verimi artar.

Filtreler şartlara göre yılda 3 - 6 defa temizlenmelidir. Filtrelerin içine dış hava ile sürüklenen böcekler, filtre içinde çürümeye başlar, bakteri oluşumu artar. İç hava kalitesi etkilenir. Temizlenen filtre, hiçbir zaman yeni filtre performansını veremez, yıkadıkça da performansı düşer. Sonuç olarak yıkanan filtreler de yılda bir kez mutlaka değiştirilmelidir. Ömrü dolan filtre yenisiyle değiştirilmelidir. Filtre elyafları temizleme sırasında özelliğini kaybeder ve istenilen filtrasyonu gerçekleştiremez. Ancak G sınıfı kaba elyaflı veya metal filtreler teorik olarak temizlenebilir. Bu filtrelerin bile temizlenme yerine değiştirilmesi tavsiye edilir. Filtrelerin temizliği hijyen açısından da büyük önem taşır.

Filtreleri korumak için taze havanın daha az tozlu olmasına dikkat edilmelidir. Bunun için taze hava mümkün olduğu kadar yukarı katlardan alınmalıdır. Yüksekçe çıktıkça hava içindeki toz ve partikül oranı azalır. Örneğin çöl şartlarında 1 m yüksekten alınan havayla



Şekil 2.25. PLAKALI TİP ISI GERİ KAZANIMLI KLİMA SANTRALI - 10.000 m³/h

15 m yüksekten alınan hava arasında 500 kat fark vardır. Kalitesiz bir filtre kullanıldığında 0,3°C sıcaklık farkı oluşabilir. Böylece enerji maliyeti filtre başına 3 kat artacaktır. Eski filtre kullanıldığında kaçan toz, fan kanatlarında toplanır ve fan verimini de düşürür. Serpantinlerde biriken tozlar kapasiteyi etkiler ve servis gereksinimini artırır. Filtrenin eski tip olması, toz yükü, basınç düşümü, ve diğer etkenler, filtre değişimini gerektirir. Filtre ömrü ve bakım zamanları, filtre kataloglarından okunabilir. Buna göre mutlaka filtre bakımı yapılmalı ve değişim periyodu planlanmalıdır.

Klima santrallerinin taze hava emiş panjurlarının yanında veya yakınında, gece aydınlatması için lamba veya projektör olmamalıdır. Kelebek ve böcekler, gece ışık olan yere toplanır ve hava akımına kapılarak cihaz içine girer ve burada ölürler.

- Kelebek ve böcekleri koruyalım (Kuşlar da gece kelekleri yemek için geliyor.).
- Filtre içine dolan kelebek ve böcekler az veya çok tıkanmaya neden olur ve organik çürümeyle iç hava kalitesini etkiler, hava kanallarında mikroorganizmalar oluşturur.

2.6.8 KLİMA SANTRALLARI ISI GERİ KAZANIM HÜCRELERİ FİZİBİLİTESİ

Isı geri kazanım hücreleri, kışın dışarı atılan sıcak egzost havasından yararlanarak içeri alınan soğuk taze havayı ön ısıtmak için kullanılırlar. Bu hücreleri yazın ters amaçla, yani dışarı atılan soğuk egzost havası yardımıyla içeri alınan sıcak taze havayı ön soğutmak için de kullanmak mümkündür. Ancak yaz mevsiminde, sıcaklık farklarının az olması nedeniyle, bu hücrelerin verimleri daha düşük olmaktadır. Dolayısıyla esas kazanç, kış mevsimindeki çalışmadan kaynaklanır. Bu nedenle ısı geri kazanım hücreli havalandırma ve klima sistemleri, özellikle soğuk kuzey ülkelerinde yaygın kullanılmaktadır.

Isı geri kazanım hücreleri, ilk yatırım ve işletme maliyetleri açısından değerlendirilmelidir. Isı geri kazanım hücrelerinin verimi ve geri ödeme süresi, sistemin tipine, uygulamanın büyüklüğüne, kullanım süresine ve iklime bağlı olarak değişir. Tipik geri ödeme süresi (normal konfor ikliması uygulamalarında) 5 - 10 yıl mertebesinde. Isı geri kazanımın ekonomik fizibilitesi, soğuk iklimlerde daha yüksektir.

Bu sistemler ısıyı geri kazanırken, sistemindeki ısı değiştiricilerinin yarattıkları direnç nedeniyle aynı

zamanda fan enerjisi tüketimini artırır. Bu artış tipik olarak geri kazanılan enerji miktarının %5 - 10'u kadardır. Isı geri kazanımı hücresi kullanıldığında, pik yüklerde (hesap yüklerinde) azalma olur. Bu durumda seçilecek kazan veya soğutma grubu gibi cihazlar daha küçük kapasitede olmalıdır. Isıtma ve soğutma cihazlarına harcanacak ilk yatırım giderlerinde düşme olur. Bu durum dikkate alınmadığında cihaz büyük seçilmiş olacaktır. Bu, hem ilk yatırımın büyük olmasına hem de işletme maliyetlerinin, kısmi yüklerde artan verimsizlik nedeniyle artmasına neden olur.

Pratikte kullanılan 4 farklı tip ısı geri kazanım sistemi vardır. Bu sistemler ve yaklaşık verimleri aşağıdaki gibidir: Döner tekerlek tipi (verim = %60 - 85)

Sulu tip (verim = fazla iyimser olarak %50 - 65)

Plakalı (Rekuperatif) küçük tip (verim = %40 - 60)

Plakalı (Rekuperatif) büyük tip (verim = %50 - 70)

Isı borusu tipi *Tablo 2.26*'da farklı dış sıcaklık değerlerinde farklı tipteki ısı geri kazanım hücreleri çıkışında kış şartlarında taze hava sıcaklıkları verilmiştir. Çıkıştaki bu sıcaklık ne kadar yüksekse geri kazanım ve verim aynı oranda yüksek demektir. Buna göre tablodaki aralıkta en verimli tip döner tekerlek, en verimsiz tip de ısı borusu olarak görülmektedir. Buna karşılık fiyat olarak sıralama da en pahalıdan ucuza aynı olmaktadır.

2.7 HAVA KANALLARINDA ENERJİ TASARRUFU

Fanlar genellikle sürekli çalıştığı için, çok enerji tüketir. Ancak fana verilen enerji esas olarak hava kanallarında tüketilir. Uygun tasarlanan bir kanal sisteminde hava dağıtımı basit olmalı, fazla dolaşmamalı, fazla fittings kullanılmamalı ve enerji tüketimi minimize edilmiş olmalıdır. **Hava kanalındaki basınç kaybı arttıkça bununla orantılı olarak gerekli fan gücü ve çektiği elektrik enerjisi de artar. Artan motor gücüne bağlı olarak fandan geçen hava da ısınır.** Fanda enerji tasarrufu, iyi hava kanalı tasarımıyla başlar. Bunun için de öncelikle kanal sistemi, optimum enerji maliyeti oluşturacak biçimde tasarlanmalıdır.

2.7.1 TASARIMDA ALINABİLECEK ÖNLEMLER

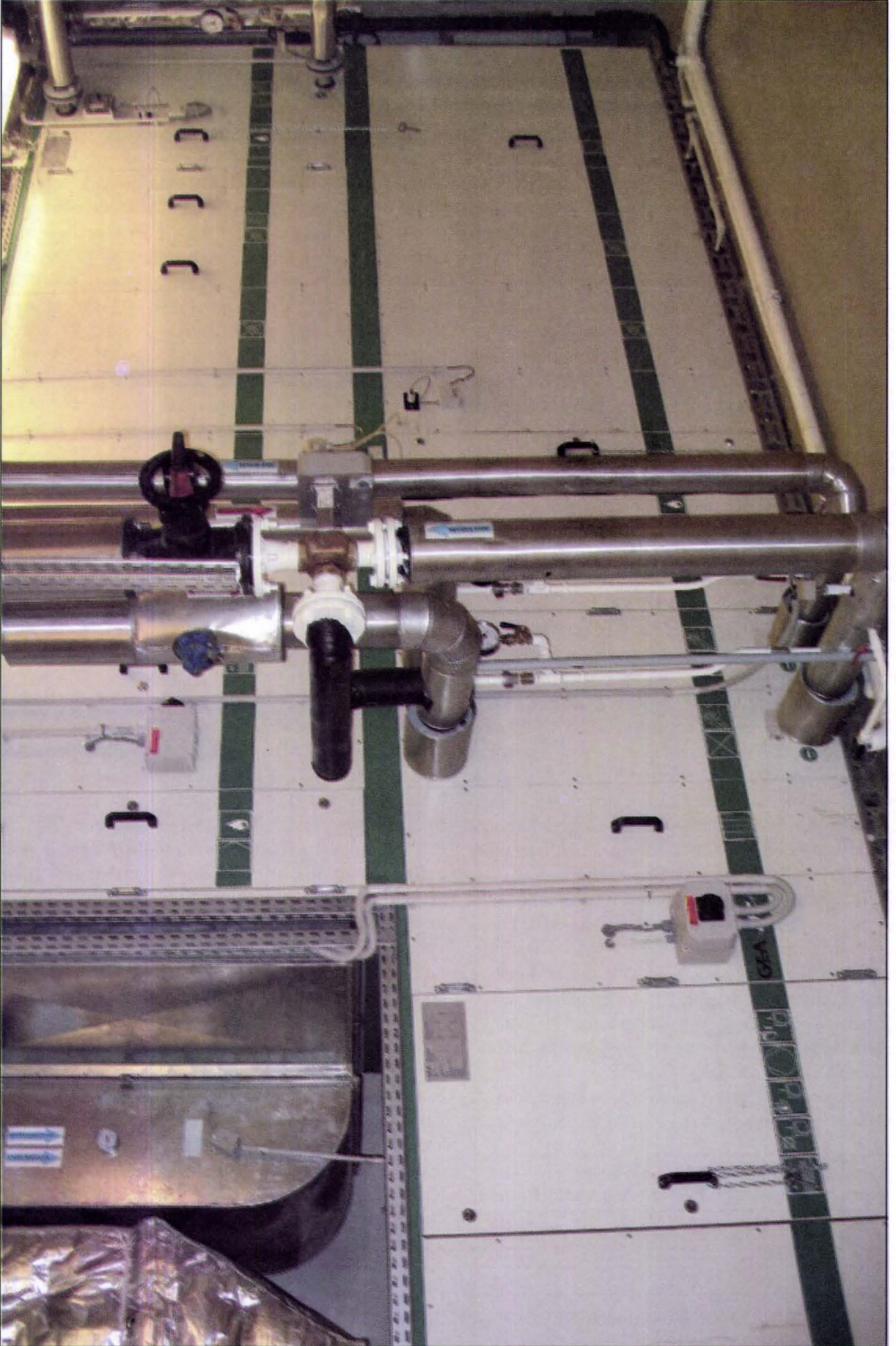
Hava kanalı kesitleri seçilirken, daha az basınç kaybedecek şekilde projelendirilmelidir. Hava kanallarının kesitleri yüksek hava hızlarına göre seçildiğinde direnç artacaktır. Artırılan ve azaltılan direncin karşılığı da tüketilen enerji miktarını belirler.

Hava kanallarındaki hızlar, cihaz çıkışından menfeze doğru sürekli olarak azalarak gitmelidir. Hızın azalıp, tekrar artması büyük ve gereksiz basınç kayıplarına neden olur.

Hava kanalı uygulamalarında uzun hatların tek kanal ile beslenmesi, ilk ve son menfez arasında hava hızı açısından büyük farklar doğurmakta ve hava ayarı

Dış Sıcaklık Değerleri	Döner Tekerlek	Sulu Tip	Plakalı (Rekuperatif)	Isı Borusu
5°C	17,5°C	15,5°C	12,5°C	12,0°C
-3°C	15,0°C	12,0°C	8,00°C	7,50°C
-12°C	13,0°C	6,00°C	3,50°C	3,00°C

Tablo 2.26. ISI GERİ KAZANIM HÜCRESİNDEN ISINMIŞ TAZE HAVA ÇIKIŞ SICAKLIKLARI



Şekil 2.27. PLAKALI TİP ISI GERİ KAZANIMLI KLİMA SANTRALI - 10.000 m³/h

yapılamamaktadır. Bu durumda, kanalda zonlama yapılmalı ve uzun hatlar için booster fan kullanılmalıdır. Booster fan kullanımı mantığı çoğunlukla bilinmemektedir. Birbirinden çok farklı dirençlerde hava kanalları, tek fanla beslenmeye çalışılmaktadır. Böyle durumlarda fan seçimi kritik devreye göre yapıldığından, gereğinden büyük fanlar ortaya çıkmakta ve direnci az olan devrelerde havayı kısarak direnç dengelenmesi yapılırken enerji ziyan edilmektedir. Bunun yerine Şekil 2.28'de görüldüğü gibi, farklı dirençlerdeki paralel hava kanalları içinde en düşük dirence sahip olana göre fan seçildiğinde ve yüksek dirence sahip kollarda fark direnç booster fanlarla karşılandığında büyük tasarruf imkanı doğmakta ve sistem, çok daha mükemmel dengelenmektedir. Menfezlere hava dağıtımında mümkün olduğu kadar eşit uzunlukta hava kanalları kullanılmalı, eşit direnç yaratılmaya çalışılmalıdır. Bu konudaki örnekler Şekil 2.29'da verilmiştir.

Klima cihazları çıkışındaki ani dönüşler, cihaz çıkışında fanın dönme yönüne ters yönde yapılan bağlantılar, yanlış menfez ve kutu bağlantıları, aşırı basınç kaybına ve gürültüye neden olur. Hava hızları yüksek ise, bu tip dönüşler ve bağlantılarda dirençler çok daha fazla artacaktır. Doğru montaj Şekil 2.31'de görülmektedir.

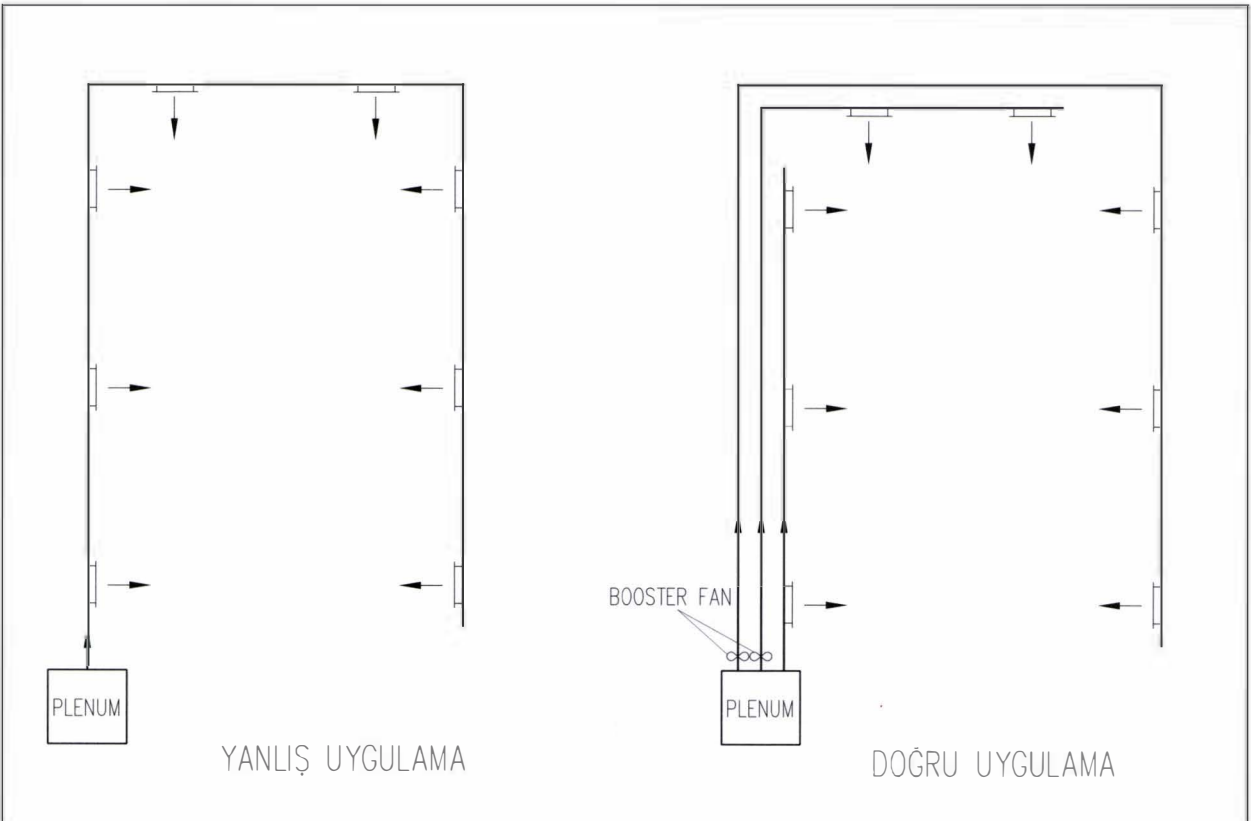
Hava kanalı tasarımı yapılırken hiç hava damperi kullanılmayacakmış gibi düşünülmelidir.

Hava damperi, küçük ayarlar için kullanılmalıdır.

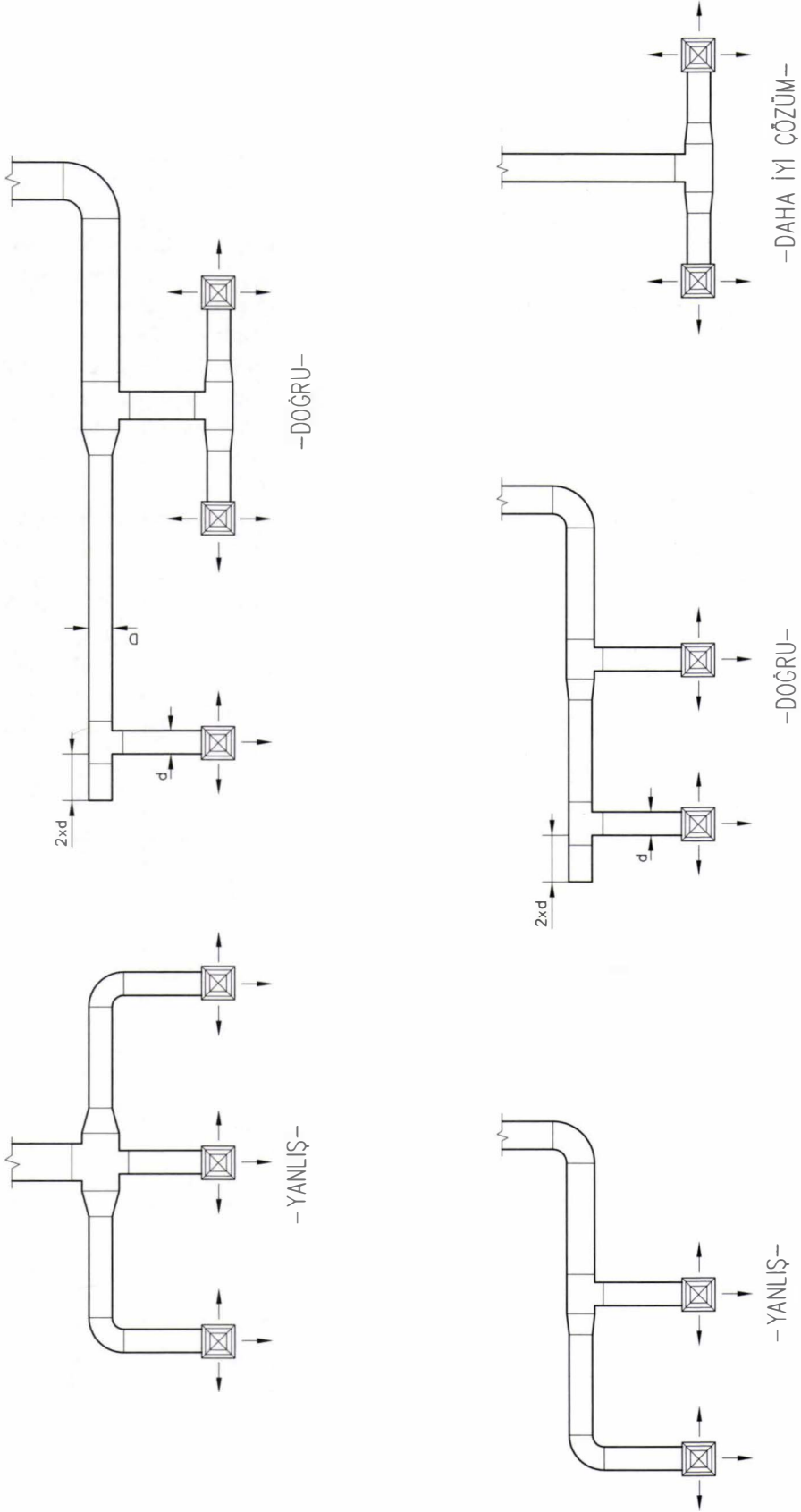
Hava damperleri menfezlerden olabildiğince en uzak yerlere monte edilmelidir (Damper geçişindeki hava hızının oluşturduğu sesin dışarıdan duyulmasını önlemek için). Hava kanalları, kesinlikle sızdırmaz tipte seçilmeli ve montajında sızdırmazlık ile ilgili önlemler alınmalı ve sızdırmazlık testi yapılmalıdır. Türkiye'de kullanılan hava kanallarında %20'nin üzerinde kaçak olduğu bilinmektedir. Bu, çok yüksek oranda enerji ve performans kaybına neden olmaktadır.

Yüksek basınçlı havalı sistemlerde, kaçaklar çok önemlidir. Kaçak oranları %30 değerlerine ulaşabilir. Bunun için bu sistemlerde mutlaka contalı sızdırmaz hava kanalı kullanılmalıdır. Yuvarlak hava kanallarında üretim, fabrikada yapılır ve kanal sızdırmazdır. Kanalda kenetle birleşme yoktur. Kanalların birbirine eklenmesinde ise contalı ve geçmeli sızdırmaz bağlantı kullanılır. Bağlantılar flanşlı değildir. Böylece hem kanal montajı hızlı, hem de kanal sistemi sızdırmazdır.

Havakanallarının izolasyonu, ısı kaybını en aza indirecek ve yoğuşmaya imkan vermeyecek şekilde yapılmalıdır. Kanal sisteminde kol ayrılmalarda, doğrudan dik bir kanal ile ayrılmak yerine, Şekil 2.32'de gösterildiği gibi bir pah ile ayrılmak akışı, geniş ölçüde düzeltir. Birinci halde ayrılma noktasında akışta geri dönüşler ve girdap oluşurken, ikincisinde düzgün bir akış profili elde edilir. Buna bağlı olarak basınç düşümü ve ses ihtimali azalır.



Şekil 2.28. FARKLI DİRENÇTE PARALEL KOLLAR OLUŞTURARAK BOOSTER FAN KULLANILMALIDIR



Şekil 2.29. MENFEZLERE HAVA DAĞITIMINDA MÜMKÜN OLDUĞU KADAR EŞİT UZUNLUKTA HAVA KANALLARI KULLANILMALIDIR

2.7.1.1 Esnek Hava Kanalları

Sızdırmaz izolesiz esnek hava kanalları, çok katlı alüminyum ve polyester veya metalize polyester malzemelerin sert çelik tel takviyesiyle mikron kalınlığında üretilmiştir.

Sızdırmaz izoleli esnek hava kanalları ise 3 cm kalınlığında 16 kg/m³ yoğunluklu camyünü ile izole edilmiş, nemden korumak için mukavim yırtılmaz polyester veya metalize polyester lamineli ceket giydirilerek yüksek ses ve ısı izolasyonu sağlanmıştır.

Sızdırmaz esnek hava kanalları, düşük ve orta basınçta çalışan ısıtma - soğutma, havalandırma sistemleri için son derece uygun ve verimlidir. Oval ve yuvarlak birleşme yerlerinde montajı kolaydır.

Herhangi bir yangın esnasında toksin veya zehirli gaz çıkaracak zararlı madde içermez. Özel malzeme yapısı ile kanallar 148°C'de alev almadan ve yanmadan erimeye başlamaktadır. Tüm klima ve havalandırma tesisatlarında rahatlıkla kullanılabilirler.

Esnek iç yapısı buhar bariyerli yırtılmaz polyester malzemeden olup pislik tutmaz ve steril hava dağılımı sağlarlar. Minimum direnç kaybına neden olduğundan sürtünme kayıpları minimuma iner. Bu nedenle önemli miktarda enerji tasarrufu sağlar.

Yapısı ve dizaynı itibarıyla az yer kaplar ve montajı kolaydır. Bağlantı noktası çok az olduğundan sızdırmaz olarak uygulanabilir.

Daha sonra yapılacak mimari veya mekanik revizyon işlemlerinde tavan arasındaki esnek kanalın yeri rahatlıkla değiştirilebilir. Bu da mevcut sistemde rahat ve alternatifli montaj seçenekleri sağlar. Sistemde gerek basınç kaybının düşük olması gerekse de reglaj (hava dengeleme) kolaylığı ile de yüksek verim sağlar.

2.7.1.2 Havalandırma Sistemlerinde İlave Enerji Tasarrufu Önlemleri

Havalandırma fanlarının gereksiz çalışması durdurulmalıdır.

Taze hava miktarı, iç hava kalitesini düşürmeden minimize edilmelidir.

Klima santrallerinde antalpi kontrolü yapılarak hava tarafı ekonomi çevrimi uygulanmalıdır.

Gece soğutması ve havalandırması yapılmalıdır.

2.7.2 HAVA KANALI İZOLASYONU, ISI KAYIP VE KAZANÇLARI

Soğutulmuş su taşıyan borularda ve soğutulmuş hava taşıyan kanallarında ısı yalıtımı genellikle yoğuşmayı önleyecek kalınlıkta yapılmaktadır. Bu durumda izolasyon kalınlıkları yetersiz olmaktadır. Ayrıca boru ve kanal konsolları, ısı köprüleri oluşturmaktadır. Bu köprülerden büyük ölçüde ısı kazancı veya kaybı olmakta ve daha geniş yüzeyler ısı kazanmaktadır.

Sıcak su ve buhar borularında izolasyon kalınlıkları, üzerinde yeterince çalışılmış bir konudur ve standartlarda ve

literatürde geniş bir biçimde ele alınmıştır. Soğutma halinde klima tesisatında ise izolasyon üzerinde daha az durulur ve bu konuda daha az bilgi vardır, izolasyona daha az özen gösterilir. Bunda boru içindeki akışkanla çevre arasındaki sıcaklık farkının düşük olması, önemli bir etkidir. Ancak soğutmada kullanılan soğuk enerjinin daha pahalı olduğu dikkate alınırsa, buradaki ısı yalıtımının değeri de anlaşılacaktır.

Yüksek olmayan konut yapıları hariç, bütün yeni yapılacak klima hava dağıtım kanallarının izole edilmesi gerektiği ASHRAE 90.1 no.lu standardı ile şart koşulmuştur. Yeni yüksek olmayan konutlardaki hava kanalı izolasyonları, ASHRAE Standart 90.2 tarafından tanımlanmıştır. Mevcut binaların hava kanalı izolasyonu ise, ASHRAE Standart 100 koşullarını sağlamalıdır. Bu standartlardaki izolasyon kalınlıkları, minimum değerlerdir. Ekonomiklik hesapları sonucu daha kalın izolasyon değerleri gerekebilir.

ASHRAE 90A (1980) standardına göre kanal duvarında sağlanması gerekli ısı direnç (iç ve dıştaki hava film dirençleri hariç),

$R = \Delta t / 47,3$ olmalıdır. Burada;

Δt = Hava kanalı iç ve dışındaki hava arasındaki fark (K)

R = Film dirençleri hariç kanal cidarının ısı direnci (m² K/W)

(Buradaki R değeri 1/K değerinden iç ve dıştaki hava film dirençlerinin çıkarılması ile bulunur. Ortalama ve yaklaşık olarak iki film direnci toplamı 0,16 m²K/W değerindedir.) Bugün için daha fazla yalıtım istenmektedir ve yalıtımlı kanallarda tavsiye edilen özgül ısı kazancı 0,75W/m²K değerindedir.

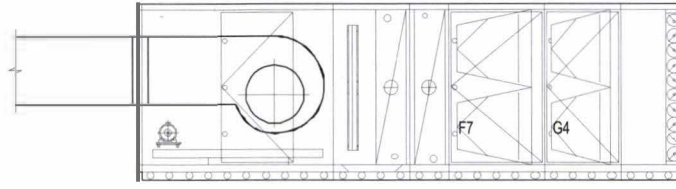
Sistem toplam maliyetlerinin optimize edilmesi açısından, kanal kesitlerinin büyümesi fan enerji giderlerini azaltırken; ısı kayıp veya kazançlarını artırarak kazan veya çiller enerji giderlerini artırır. Şartlandırılmış ortamlardaki hava kanallarında ise ortama olan kazançlar nedeniyle hava miktarlarında ayarlama gerekir.

Soğuk yüzeylerdeki yoğuşma olayı, izolasyonu gerektiren bir başka önemli nedendir. Yoğuşmanın önlenmesi için soğuk akışkan taşıyan hava kanalı ve boruların dıştan izolasyonu gerekir. Isıl izolasyon tabakasının yüzeyindeki sıcaklık, ortamın çığ sıcaklığından daha yüksek olacak şekilde izolasyon tabakası kalınlığı seçilir. Genellikle soğuk akışkandan olan ısı kaybının azaltılması için gerekli ekonomik izolasyon kalınlığı, yoğuşmanın önlenmesi için gerekli kalınlıktan daha fazladır. TTMD Uygulama El Kitabı tarafından tavsiye edilen izolasyon kalınlıkları Tablo 2.33'te soğutulmuş su boruları için verilmiştir.

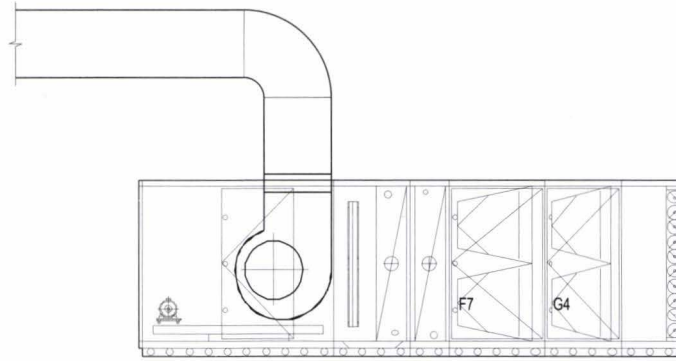
Isı yalıtımında bir diğer önemli konu da, ısı köprüleridir. Isı köprülerinden umulmayacak ölçüde büyük miktarda ısı kaybı olur. Isı köprüleri boru ve kanalların yapıya mesnetlenmesinde ortaya çıkar. Ayrıca vanalar gibi armatürlerin izole edilmeden çıplak bırakılması da önemli bir ısı kaçığı noktasıdır.



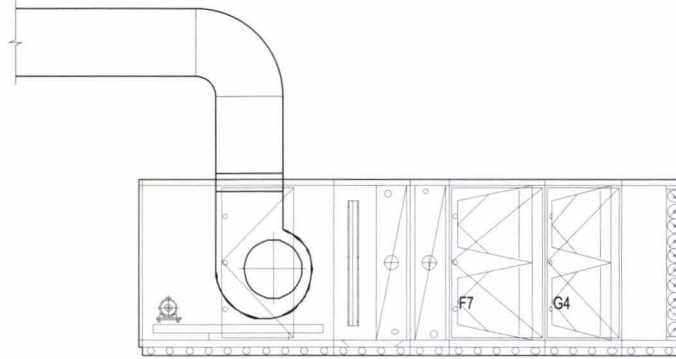
Şekil 2.30. TAZE HAVA SANTRALI - 13.000 m³/h



İDEAL MONTAJ

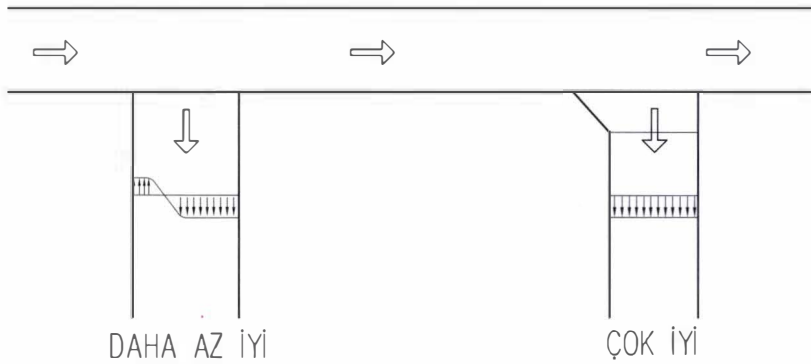


DOĞRU



YANLIŞ

Şekil 2.31. DOĞRU MONTAJ BİÇİMİ



Şekil 2.32. KANAL SİSTEMİNDE KOL AYRILMALARDA DOĞRUDAN DİK BİR KANAL İLE AYRILMAK YERİNE, BİR PAH İLE AYRILMAK AKIŞI GENİŞ ÖLÇÜDE DÜZELTİR

Isı yalıtımı ile ilgili akışkan sıcaklığına bağlı tercih; sıcak hatlarda (100°C'den yüksek) cam veya kaya yünü malzeme, soğuk hatlarda (10°C'den düşük) polietilen köpük veya elastomerik kauçuk köpüğü malzeme, ikisi arasındaki ılık hatlarda ise her iki tür malzeme; şeklinde olmalıdır.

2.7.3 HAVA KANALI VE BORU BOYUT OPTİMİZASYONU

Prensip olarak kanal sisteminin kesiti ne kadar küçük tutulursa, kanal yatırım maliyeti azalır. Buna karşılık, fandaki yıllık enerji tüketimi artar, fan yatırım maliyeti artar. Bunlar ters yönde işleyen temel parametrelerdir. Bunun dışında maliyete etki eden ikinci derecede parametreler de bulunmaktadır.

Basınçla enerji tüketim değerlerindeki artışa örnek olarak, sürekli çalışan bir sistemde 62 Pa statik basınç için her l/s debi başına yıllık enerji maliyetinin 6 sent olduğu hesaplanmıştır. Buna göre 50.000 l/s debisi olan büyük bir havalandırma sisteminin sürekli çalışma halinde artan her 62 Pa statik basınç için yıllık enerji maliyeti 3.000 USD artacaktır.

Soğutulmuş su borularında da (aynen hava kanallarında olduğu gibi) boru çapı ne kadar büyük seçilirse,

- Su akışına karşı olan direnç azalır.
- Pompalama enerjisi azalır.
- Pompa küçülür, maliyeti azalır.

Buna karşılık,

- Boru maliyeti artar.
- Vana, fittings ve armatür maliyeti artar.
- Boru yalıtımı maliyeti artar.
- Isı kazancı artar.

Ancak optimizasyonda enerji kayıplarını minimumda tutmak ön planda tutulmalıdır.

2.7.4 HAVA KANALLARINDAKİ HAVA KAÇAKLARININ MALİYETİ

Avrupa standartlarında hava kanallarında üç sızdırmazlık sınıfı tarif edilmektedir. Bu sızdırmazlık sınıfları;

A (düşük) sınıf: 400 Pa'da 1,32 l/s.m² kaçak

B (orta) sınıf: 400 Pa'da 0,44 l/s.m² kaçak

C (yüksek) sınıf: 400 Pa'da 0,15 l/s.m² kaçak

olarak tanımlanmıştır. Kanal sistemlerindeki kaçaklar yolu ile kaybedilen enerji ciddi boyutlardadır. Özellikle temiz oda uygulamalarında, bazı endüstriyel uygulamalarda ve nem alma uygulamalarında kanallardaki hava kaçakları, enerji kaybı dışında özel öneme sahiptir. Sadece havalandırma yapılması durumunda hava kaçaklarının enerji maliyeti fan enerji tüketiminde ortaya çıkmaktadır. Kaçak ne kadar fazla ise bu oranda fan gücü boşa harcanmış olacaktır.

Klima kanallarında ise kaçak hava, aynı zamanda soğutma ve ısıtma enerjisi kaybı anlamına gelmektedir. Dolayısı ile klima sistemlerinde hem fanda, hem de soğutma (veya ısıtma) grubunda enerjinin boşa harcanması söz konusudur. Şartlandırılan hacimlerden geçen kanallardaki sızma, yine iklimlendirilen hacme olacağından, bir kayıp oluşturmayaacağı ileri sürülebilir. Ancak bu halde bile sızan hava istenilen fonksiyonu yerine getirmeyecek, menfezlerden hedef bölgeye üflene-meyecektir. En kötü durum, besleme ve egzost kanallarının beraber geçtikleri asma tavan içinde ve düşey tesisat shaftlarındaki kayıplardır. Burada şartlandırılmış havanın doğrudan kısa devre olması söz konusudur.

Hava sızıntısının maliyeti açısından bir fikir vermek üzere, biri Türkiye'de prefabrik olarak üretilen kaliteli hava kanalını, diğeri ise genel olarak uygulanan, yerinde iyi bir işçilikle yapılan konvansiyonel kanalı temsil eden iki kanal, teorik bir hesapla karşılaştırılmıştır. Yıllık 4.000 saat çalışma esası ile, iyi bir prefabrik kanal ile orta kalite, yerinde yapılan kanalın kaçak maliyeti arasındaki fark (6 m³/s debi, 600 m² kanal ve 500 Pa basınç halinde),

Yıllık ortalama yükte = 4.000 USD olarak ortaya çıkmaktadır.

Kanallar arasında ilk yatırım maliyetindeki fark ise 2.000 USD değerindedir. Buna göre sistemin ortalama yükte çalışması halinde, ilk yatırım maliyetindeki fark 6 ay gibi kısa bir sürede kendini amorti etmektedir. Türkiye'de yerinde imal edilen dikdörtgen hava kanallarının kalitesi genelde iyi olmadığı için; hava kaçaklarının gerçek maliyeti, hesaplanan değerden çok daha fazla olmaktadır. Bu nedenle, hava kanallarının kalitesi ve sızdırmazlık detaylarına gereken önem verilmelidir.

Hava kanallarındaki hava kaçakları, contalı yuvarlak hava kanalları kullanılarak büyük ölçüde ortadan kaldırılabilir. Ancak hava kanallarındaki kaçaklar önlenirse bile menfez bağlantılarında kaçaklar devam edebilmektedir. Sızdırmaz kanal kullanıldığında menfez bağlantılarına özel önem verilmeli ve bağlantılar tekniğine uygun yapılmalıdır.

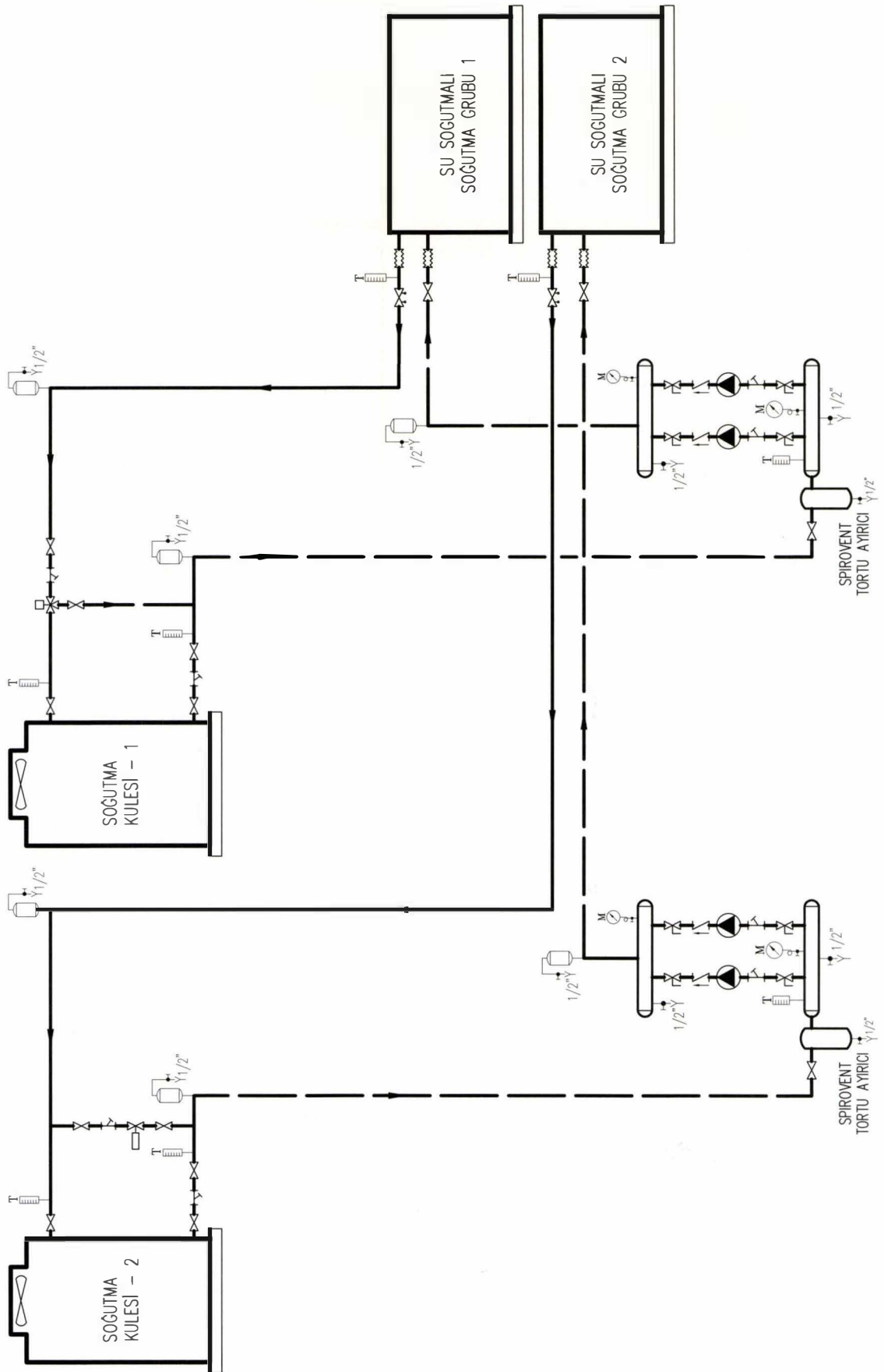
Hava kanallarında kullanılan mastik kalitesi önemlidir. Zamanla kuruyan ve dökülen mastik kullanılmamalıdır. Hava sızıntılarının zamanla artmasına karşı hava izleme istasyonları (air monitoring) olmalıdır.

2.7.5 YUVARLAK KANALLARLA DİKDÖRTGEN KANALLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Yuvarlak hava kanalları standart olarak 3 - 6 - 12 m boylarda yapılırken, dikdörtgen kanalların tipik uzunluğu 1,2 m'dir. Dolayısıyla eksiz olarak daha uzun boylarda

Çap (mm)	15	20	25	32	40	50	60	80	100	125	150
İzolasyon Kalınlığı (mm)	25	25	30	30	30	30	40	40	40	50	50

Tablo 2.33. SOĞUTULMUŞ SU BORULARI İÇİN TAVSİYE EDİLEN İZOLASYON KALINLIKLARI



Şekil 2.34. SOĞUTMA KULESİ DEVRESİ

montajı yapılabileceğinden sızdırmazlık miktarı azalır. Yuvarlak kanallarda ek yerlerinden conta ile geçmeli montaj yapılırken, dikdörtgen kanallarda daha uzun çevre uzunlukları ile conta kullanılır ve birleşme vida ile sağlandığından sızdırma riski artar.

Yuvarlak hava kanallarının eklenen parçalarına (fittings) contalar fabrikada monte edilmiş olarak şantiyeye gönderilir ve şantiyede geçmeli montaj yapılır. Hata payı ve sızdırmazlık riski sıfıra çok yakındır.

Dikdörtgen hava kanallarında ise birleştirme şantiyede yapılır, conta uzunluğu daha fazladır ve birleştirmelerde civatalar kullanılır. Yani hava sızdırma riski şantiyedeki işçilik kalitesine bağlı olup daha fazladır. Yuvarlak kanallarda sızdırmazlık, prefabrik contalı sızdırmazlık, bileziğinin özel bantla sabitlenmesiyle gerçekleştirilirken, dikdörtgen kanallarda sızdırmazlık, kenetlerinin macunlanması yerinde yapılan işçilikle sağlanmaya çalışılmaktadır.

Yuvarlak kanalların ilk yatırım maliyeti, dikdörtgen kanallarla karşılaştırıldığında daha fazladır. Ancak yuvarlak kanalların kaçak miktarı ve montaj süresi daha az olduğu için kendi maliyetlerini projenin niteliğine göre birkaç ayda çıkartmaktadır. Ayrıca, toplam maliyet üzerinden düşünüldüğünde flanşlı dikdörtgen kanalların maliyeti yuvarlak kanal maliyetine oldukça yakındır.

Yuvarlak kanalların çevre uzunluğu, eşlenik dikdörtgen kanaldan daha az olduğundan ısı kazancı ve kullanılan ısı izolasyon malzemesi miktarı daha azdır. Yuvarlak kanalların izolasyon montajı, dikdörtgen kanallarla karşılaştırıldığında daha kolay ve daha az bağlantı parçası kullanıldığından daha az maliyetlidir. Yuvarlak kanalların izolasyon montajı, daha kısa sürede gerçekleştiğinden ayrıca avantaj sağlar.

Ancak yuvarlak kanalların da daha yüksek asma tavan boşluğu isteyeceği göz önünde tutulmalıdır.

2.8 POMPALARDA ENERJİ TASARRUFU

Özellikle tam sulu klima sistemlerinde, yıllık elektrik enerjisi tüketiminde pompalar önemli paya sahiptir. Bu tür klima sistemlerinde, **pompaların HVAC cihazlarının toplam elektrik tüketimleri içinde payı %3 - 12 mertebesinde**dir.

Binalarda mekanik tesisatta soğutma devresi, soğutulmuş su sirkülasyon pompaları, kondenser devresi (soğutma kulesi) pompaları, sıcak su sirkülasyon pompaları gibi farklı amaçlarla kullanılan sirkülasyon pompaları mevcuttur. **Sirkülasyon pompaları, genellikle küçük motor güçlerine sahipler; ancak sürekli çalıştırlarından çok enerji tüketirler.** Sirkülasyon pompaları sabit debili ve değişken debili olabilir. Genellikle kullanılan tipler, sabit debili pompalardır. İhtiyacın değişken olduğu yerlerde değişken debili pompaların kullanılması büyük enerji tasarrufu sağlar.

Ancak mevcut sistemlerin yenilenmesinde, her uygulamada sabit debili pompaları, değişken debili pompalarla değiştirme imkanı yoktur.

2.8.1 SU SOĞUTMA KULESİ POMPALARI

Tasarruf potansiyeli burada kullanılan enerjide %5 - 30 arasındadır (Şekil 2.34).

2.8.1.1 Uygulamada Alınabilecek Önlemler

- Bir su soğutmalı çiller, kendine ait bir bağımsız soğutma kulesine sahipse, çiller durduğunda soğutma kulesi pompası ve fanı da durmalıdır.
- Eğer tek kule birden çok çillere hizmet veriyorsa, çiller durduğunda kendine ait kule pompasının durması konusunda dikkatli olunmalıdır.
- Diğer çillerlerde dolaşan su miktarı azalmamalıdır. Üretici tavsiyelerine uyulmalıdır. Çalışan kondenserde debinin azalması, ısı geçiş performansını azaltabilir ve su geçiş kesitlerinde azalan hız nedeniyle çökelmelere neden olabilir.
- Duran çillerin pompası durduğunda bir selonoid veya motorlu vana ile duran kondenser devresi kapatılabilir. Bu durumda gereksiz yere bu devrede su dolaşmaz ve diğer devrelerin debileri azalmaz.
- Kule devresinde azalan su debisi, kule performansını da düşürebilir. Bu nedenle azalan debi ile kule performansı da araştırılmalıdır. Minimum su debisi sınırlamaları sorulmalıdır. Kulede bağımsız hücreler mevcutsa uygun boru bağlantısıyla bu sakınca ortadan kalkar.
- Kule devresinde Isisan Spirovent tortu ve pislik ayırıcı kullanılmalıdır. Klasik pislik tutucular çabuk tıkanmakta ve devredeki dolaşımı zorlaştırmaktadırlar. Isisan Spirovent tortu ve pislik ayırıcı büyük hacmi ve akışa direnç oluşturmamasıyla pompalama enerjisinde tasarrufa neden olur (Şekil 2.35).



Şekil 2.35. ISISAN SPIROVENT TORTU VE PİSLİK AYIRICI

2.8.2 SOĞUTULMUŞ SU SİRKÜLASYON DEVRESİ POMPALARI

Soğutulmuş su sirkülasyon devrelerinde basınç düşümleri genellikle aşağıdaki mertebelerdedir;

Çiller üzerinde basınç düşümü maksimum:

80 kPa (%35) (kontrol vanası dahil)

Fan coil üzerinde basınç düşümü maksimum:

30 kPa (%15)

Boru tesisatında basınç düşümü (ortalama bir meretebe olarak): 120 kPa (%50)

Sistemin büyüklüğüne bağlı olarak bu değerler, %50'ye kadar azaltılmaya çalışılmalı veya bunun kuruluş ve işletme maliyetlerindeki artışları karşılaştırılmalıdır.

2.8.2.1 Tasarımda Alınabilecek Önlemler

Pompa, sistemdeki debi ve basınç gereksinimlerine göre seçilmeli veya ayarlanmalıdır.

Değişken debili su dağıtım sistemi tercih edilmelidir.

Yüksek verimli pompa motorları kullanılmalıdır.

Her kondensere ayrı pompa kullanılmalıdır.

Her çillere ayrı primer pompa + çekvalf (veya selonoid vana) kullanılmalıdır.

Sekonder devrede (fan coil ve klima santralleri devresi), denge kabı + her zona ayrı sekonder pompalar kullanılmalıdır.

Kontrol vanaları tam açık konumdayken yaklaşık olarak, kontrol ettikleri cihaz direnci kadar direnç göstermelidir. Büyük seçildiklerinde iyi kontrol yapamazlar. Bu yüzden seçimleri çok önemlidir.

2.8.3 PRIMER (Çiller) SOĞUTULMUŞ SU DEVRESİ

Çiller devresinde, her bir çillere bir sabit devirli pompa konulmalıdır. Mümkünse yük, birden çok çiller ile karşılanmalıdır. Bu durumda çillerler ve pompaları sıra ile devreye girecektir. Çalışmayan pompalar nedeniyle pompalama enerjisinden tasarruf sağlanacaktır.

2.8.3.1 Tasarımda Alınabilecek Önlemler

Paralel bağlı çoklu çiller gruplarında, primer soğutulmuş su devresinde her çillerin kendi sirkülasyon pompası olmalı ve pompa çillere basmalıdır.

Her pompa soğutma kompresörü durduktan bir süre sonra durmalı, kompresörden önce çalışmaya başlamalıdır (üreticiye danışılmalıdır). Örnek bir tesisat şeması *Şekil 2.28H'* de verilmiştir.

Bu pompalar sadece çillerdeki direnci yenecek basınçta seçilmelidirler.

Sistemde suyun dolaştırılması, sekonder pompalarla sağlanmalıdır.

Pompa debisi ise, çiller üreticisi tavsiyelerine göre seçilmelidir.

Debinin fazla olması pompa güç ihtiyacını artırırken; debinin azalması, sıcaklık yükselmesine ve serpantinlerde kir birikimine neden olur.

Her pompa çıkışında bir çek vana olmalıdır. Bu vana çalışmayan çillerde ters yönde su dolaşımını engeller. Duran çillerde dolaşımın engellenmesi, diğer evaporatörlerde hız düşümüne bağlı performans düşmelerini önler. Ancak bu çek vana, sürekli enerji tüketecektir. Bunun yerine iki yollu selonoid vana kullanılabilir. Selonoid vana da çiller durduğunda devreyi kapatır, geri akışı önler, çalışma sırasında da enerji tüketimine neden olmaz. Ancak, arıza yapma riskinin daha az olması ve basit yapıları nedeniyle çek vanalar genellikle daha çok tercih edilir. Soğutulmuş su devresinde her çiller girişinde veya sistem dönüş hattında tortu ayırıcı (idealde tortu ve hava ayırıcı) mutlaka kullanılmalıdır.

Tortu ayırıcı yerine pislik ayırıcılar kullanıldığında; pislik ayırıcılar tıkanarak sirkülasyon bozukluklarına ve dolayısıyla pompalama enerjisinde artışa neden olmaktadır. Pislik ayırıcının içinin parçalanıp tüm pisliğin çillere gelip tıkanması ve doldurması riski de vardır. Özellikle plakalı eşanjörlü çillerlerde bu sorunla daha sık karşılaşmaktadır.

Pislik ayırıcıları temizlemek için, sistemi durdurmak ve sökmek gerekir. Bu, zor bir iş olduğu için genellikle düzenli yapılmaz ve direnç sürekli artar. Tortu ayırıcılar, pislik ayırıcılara göre daha küçük parçacıkları tutmaktadır. Soğutma kulelerinde tortular, Legionella bakterisi için yaşama ve çoğalma alanları (yuva) oluşturur. Tortuların tutulması ve birikmesinin önlenmesi Legionella bakterisi mücadelesi bakımından da yararlıdır.

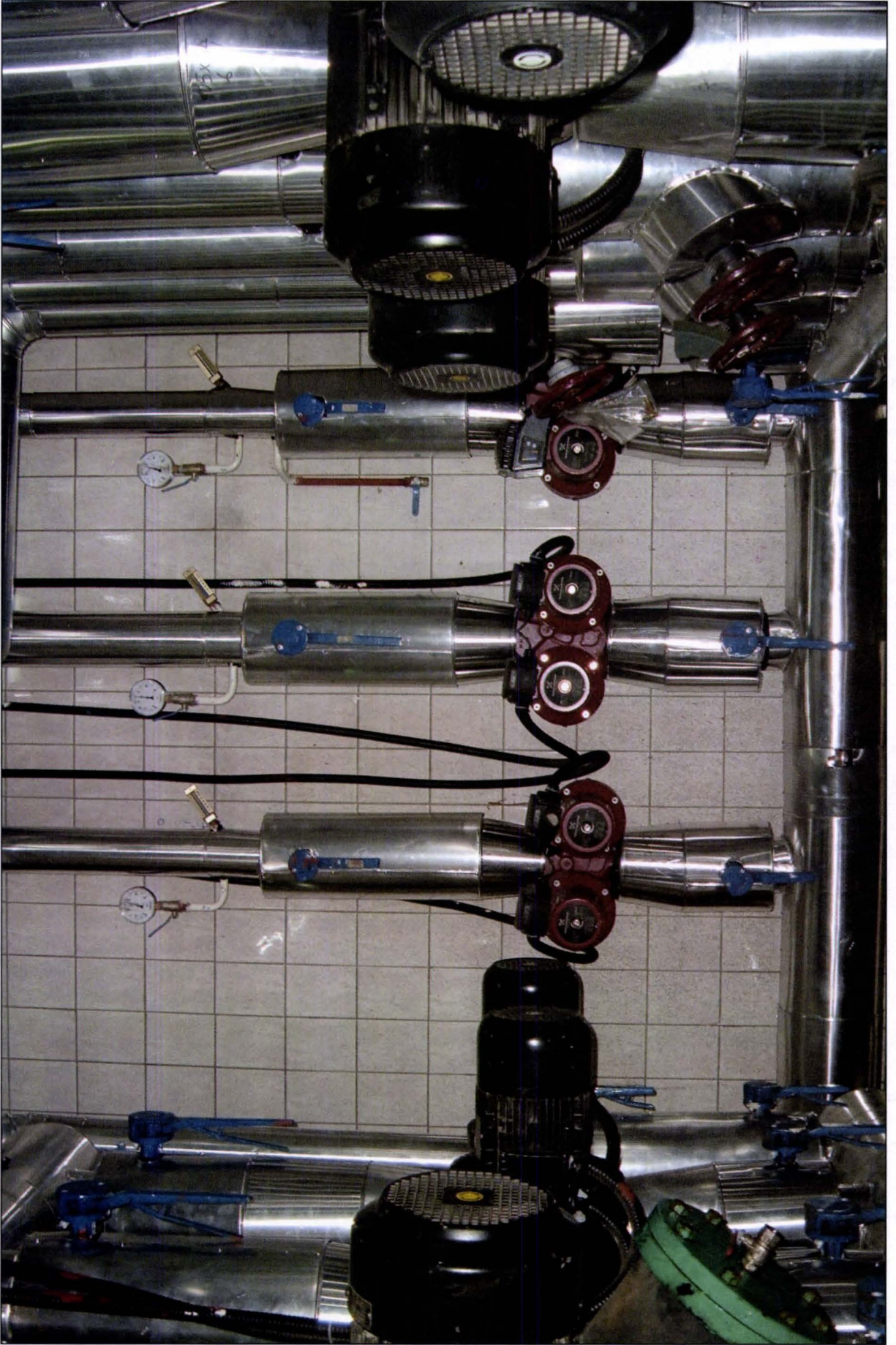
2.8.4 SEKONDER (Kullanıcı) SOĞUTULMUŞ SU DEVRESİ

Sekonder pompalar kullanıldığında her devre, ayrı ayrı basınçlandırılır. Sadece en kritik devre için en yüksek basınç uygulanır. Ayrıca balans da daha kolay yapılır.

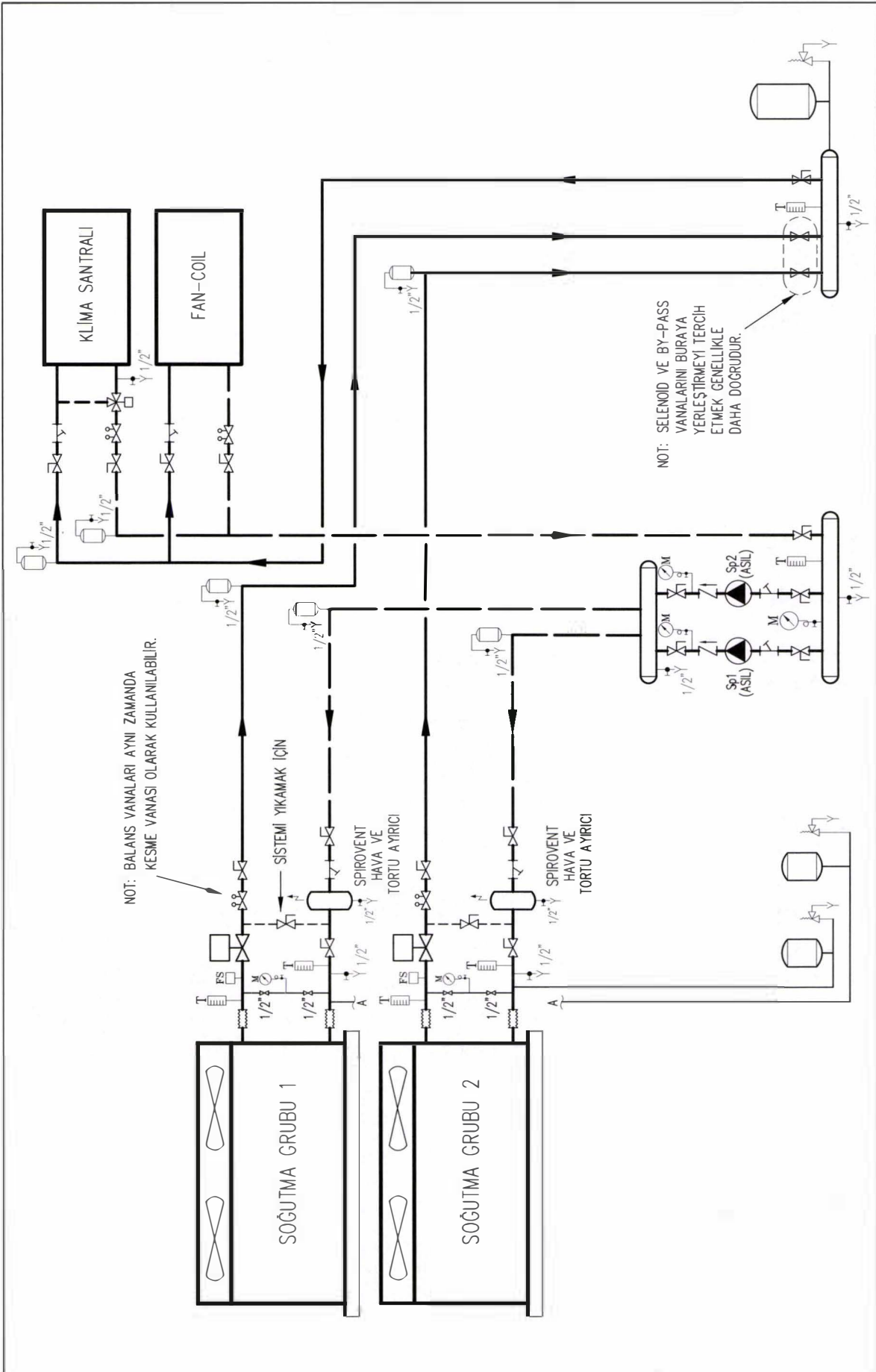
Sekonder kullanıcı devresinde klima santrali ve fan coillerde iki tür kontrol mümkündür. Birinci kontrol 3 yollu motorlu kontrol (by-pass) vanalarıyla yapılan kontroldür ki pompaların sabit debili olmasını ve sürekli çalışmasını gerektirir. İkinci kontrol iki yollu vanalarla yapılır. İhtiyaca göre cihazdan geçen debi kısılr. Bu durumda devrede dolaşan akışkan miktarı değişkendir. Değişken Debili Soğutulmuş Su Devresi Pompalama Enerjisinden Tasarruf Potansiyeli:

Sekonder devre sistem sirkülasyon pompalarının, gerekli debi değerine uyum sağlayacak şekilde değişken debili çalışmaları halinde, enerji tasarruf potansiyeli, gerekli pompa enerjisinin %20 - 70'i ve çiller enerjisinin %1 - 5'i mertebesinde.

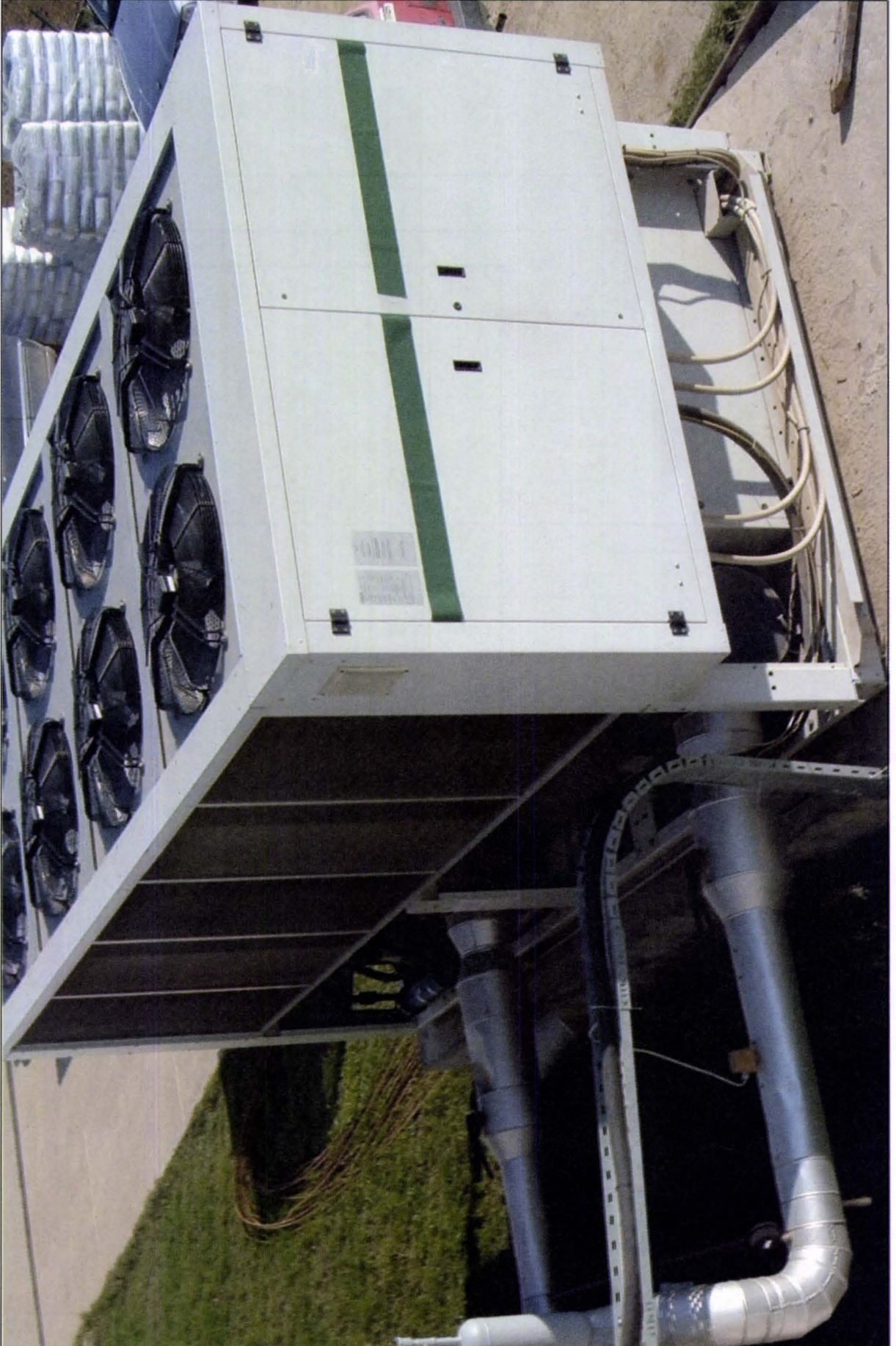
Sekonder devrede değişken devirli pompalarla, sabit debili sistemlere göre elektrik enerjisi tüketiminde önemli bir tasarruf sağlanır. Sağlanan tasarruf sistemdeki yük karakteristiğine bağlıdır. Sistem ne kadar çok kısmi yüklerde çalışırsa, sağlanan tasarruf aynı oranda yüksek olacaktır. Değişken debili sistemlerde hem kullanıcılar (fan coil) üzerinde ve hem de boru devresi üzerinde tasarruf temin edilir.



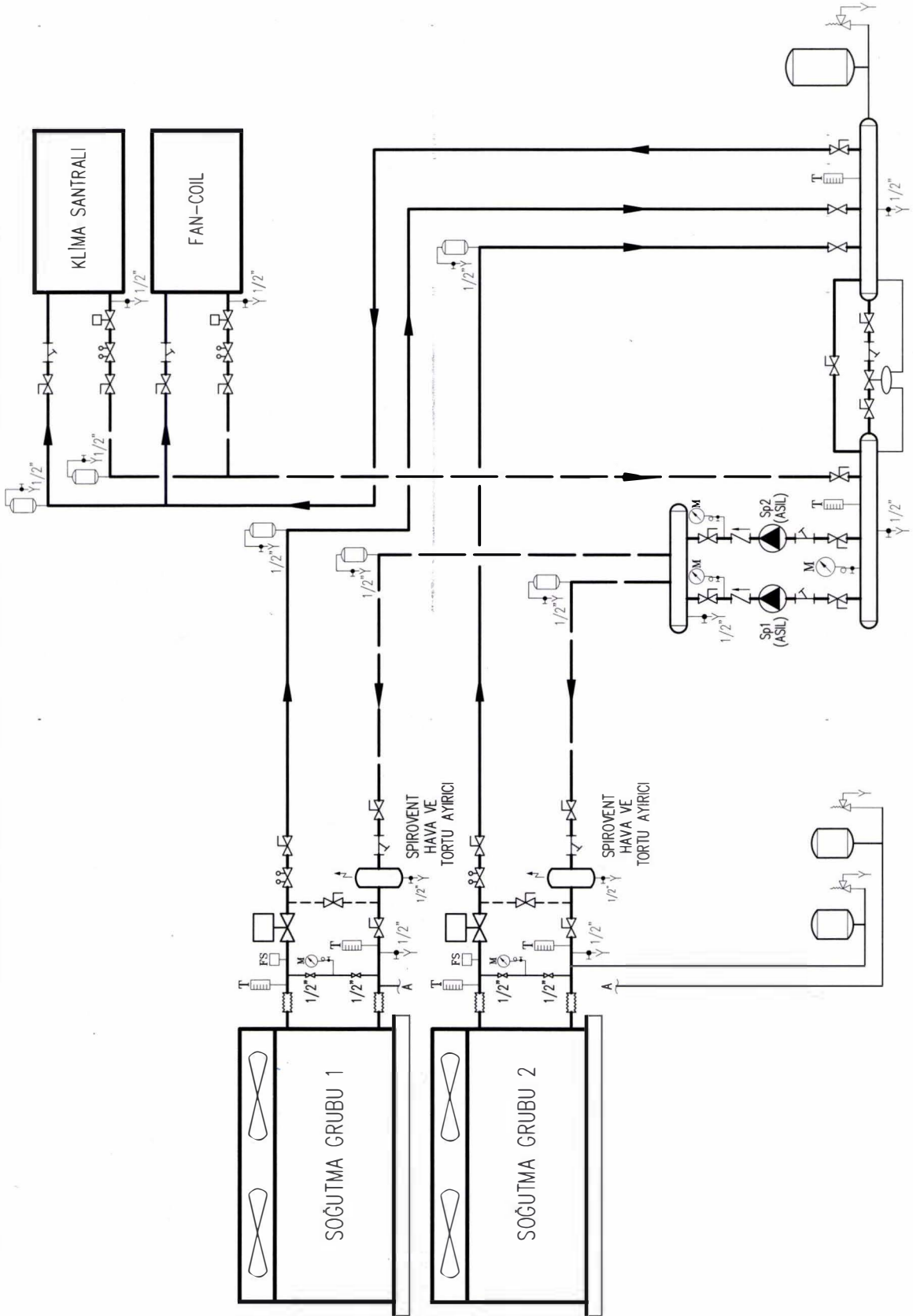
Şekil 2.36. FREKANS KONTROLLÜ ZON POMPALARI



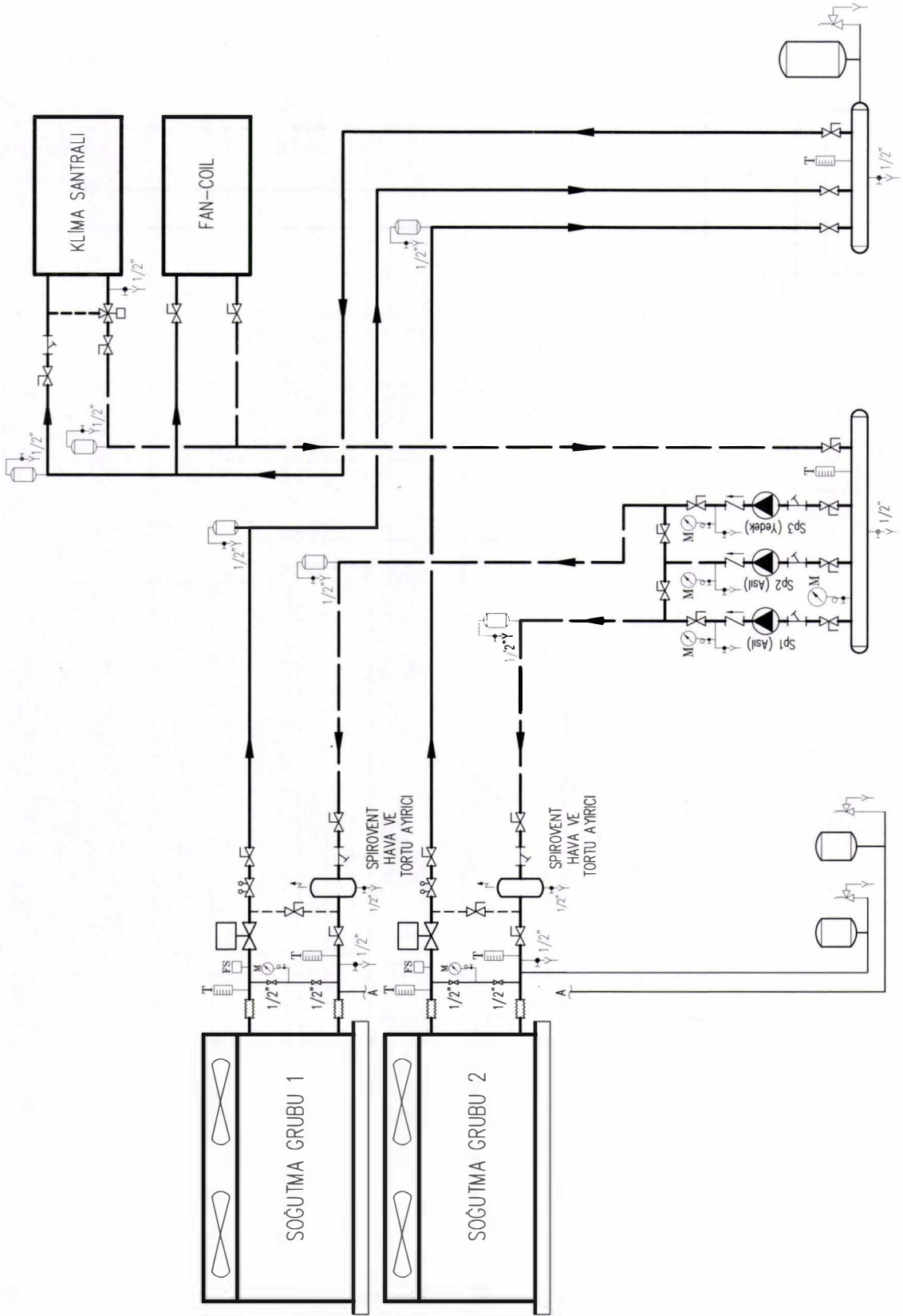
Şekil 2.37. TEK DEVRELİ (Ortak Pompalı) KLİMA SANTRALI, (3 Yollu Motorlu Vana Kontrollü) FAN COIL SİSTEMİ (Fan Kontrollü) (Eski sistem)



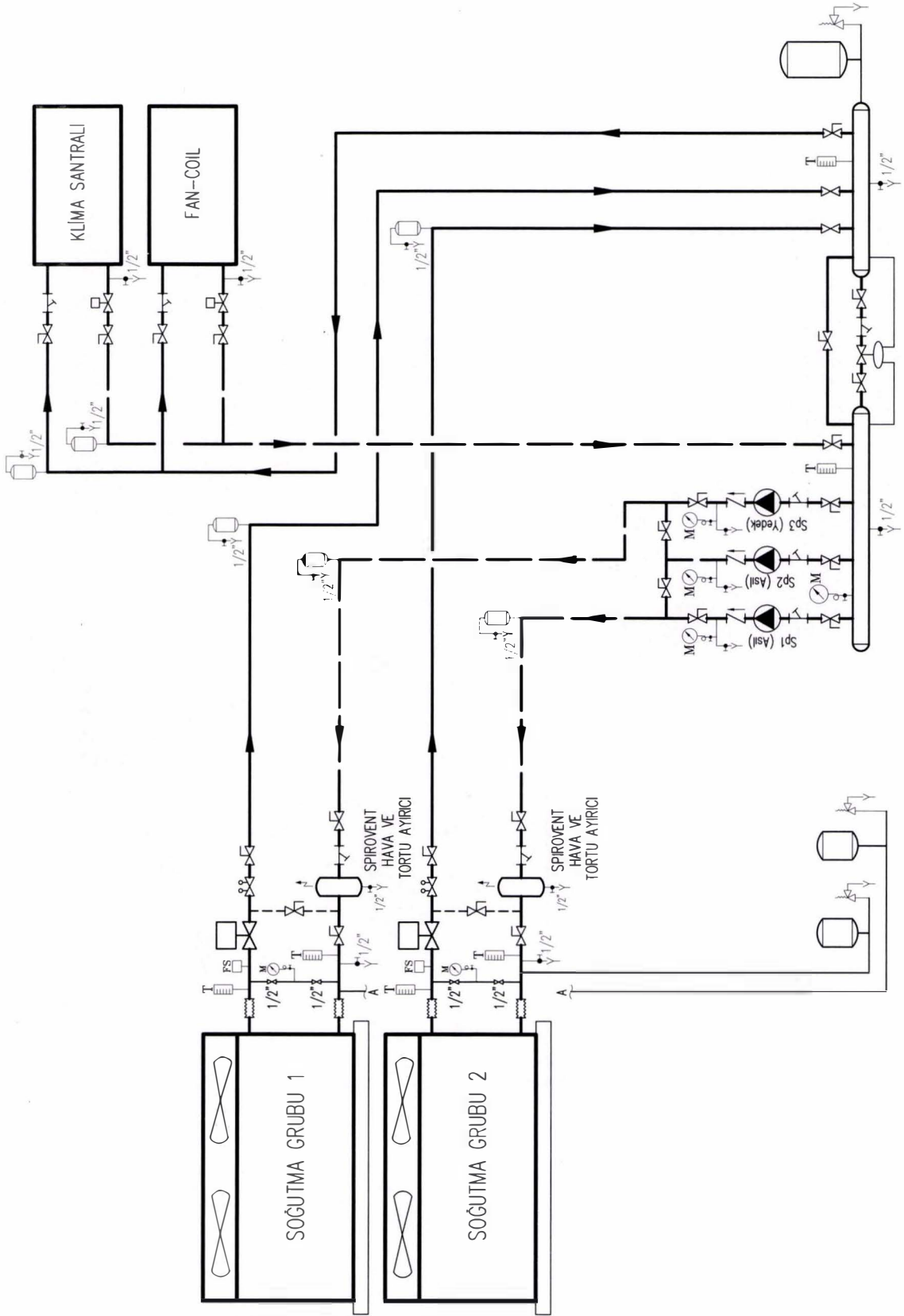
Şekil 2.38. HAVA SOĞUTMALI SOĞUTMA GRUPLARI SOĞUTMA KAPASİTESİ: 430 kW



Şekil 2.39. TEK DEVRELİ (Ortak Pompalı) DÖRT BORULU FAN COIL SİSTEMİ (2 Yollu Motorlu Vana Kontrolü)



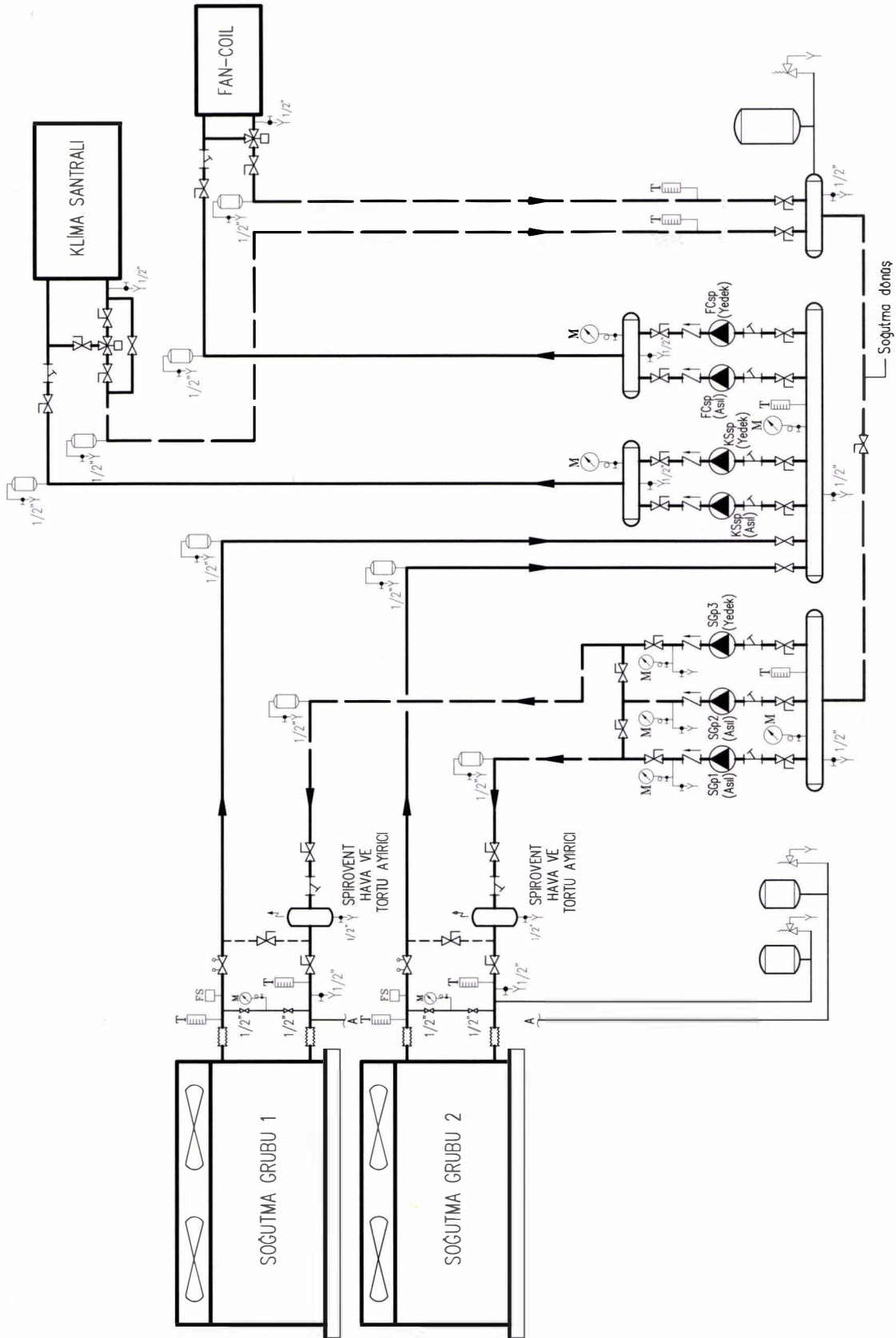
Şekil 2.40. TEK DEVRELİ (Her Gruba Ayrı Pompalı) KLİMA SANTRALI, (3 Yollu Motorlu Vana Kontrollü) FAN COIL SİSTEMİ (Fan Kontrollü)



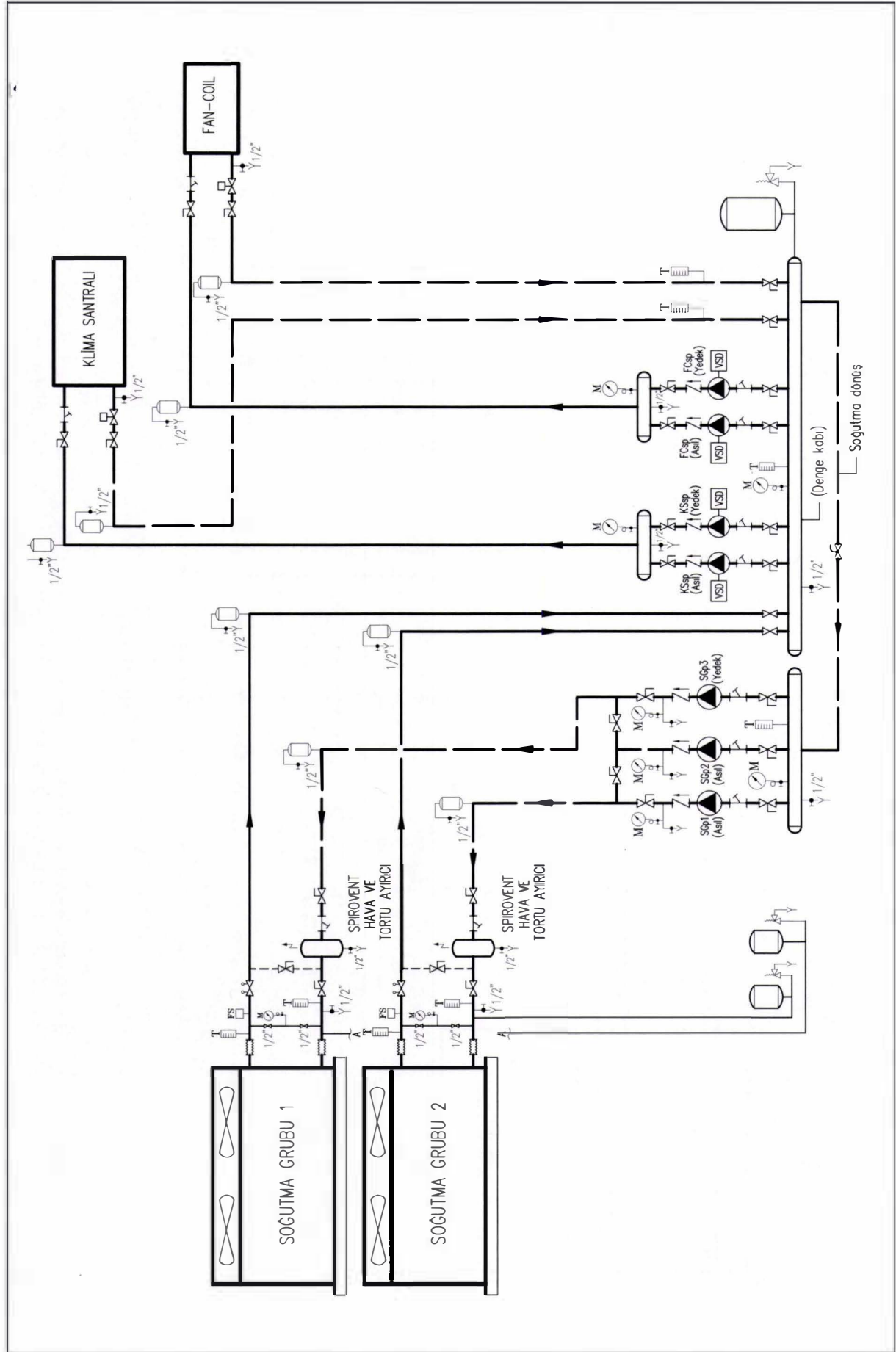
Şekil 2.41. TEK DEVRELİ (Her Gruba Ayrı Pompalı) DÖRT BORULU FAN COIL SİSTEMİ (2 Yollu Motorlu Vana Kontrolü)



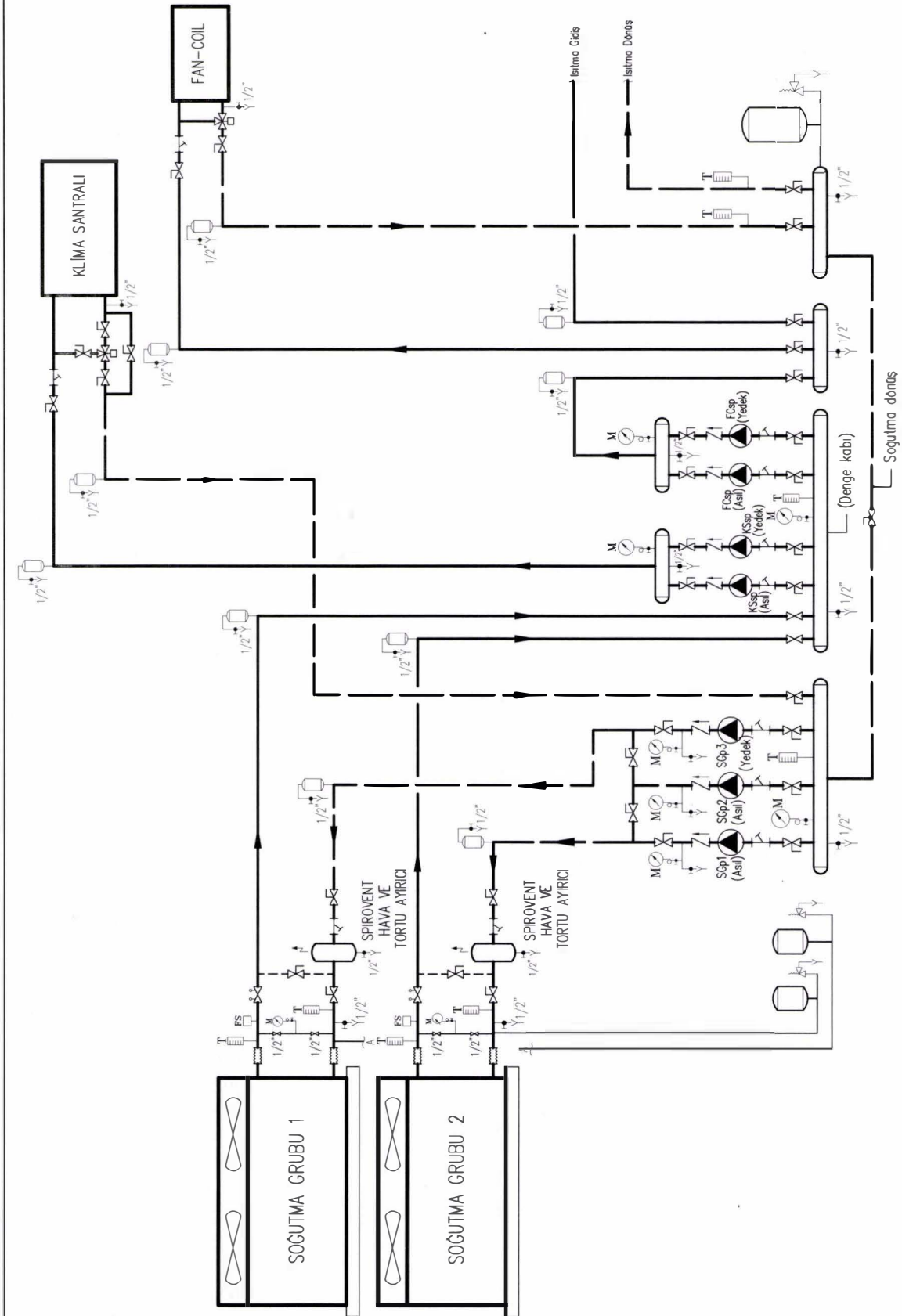
Şekil 2.42. HAVA SOĞUTMALI SU SOĞUTMA GRUPLARI SOĞUTMA KAPASİTESİ: 750 kW



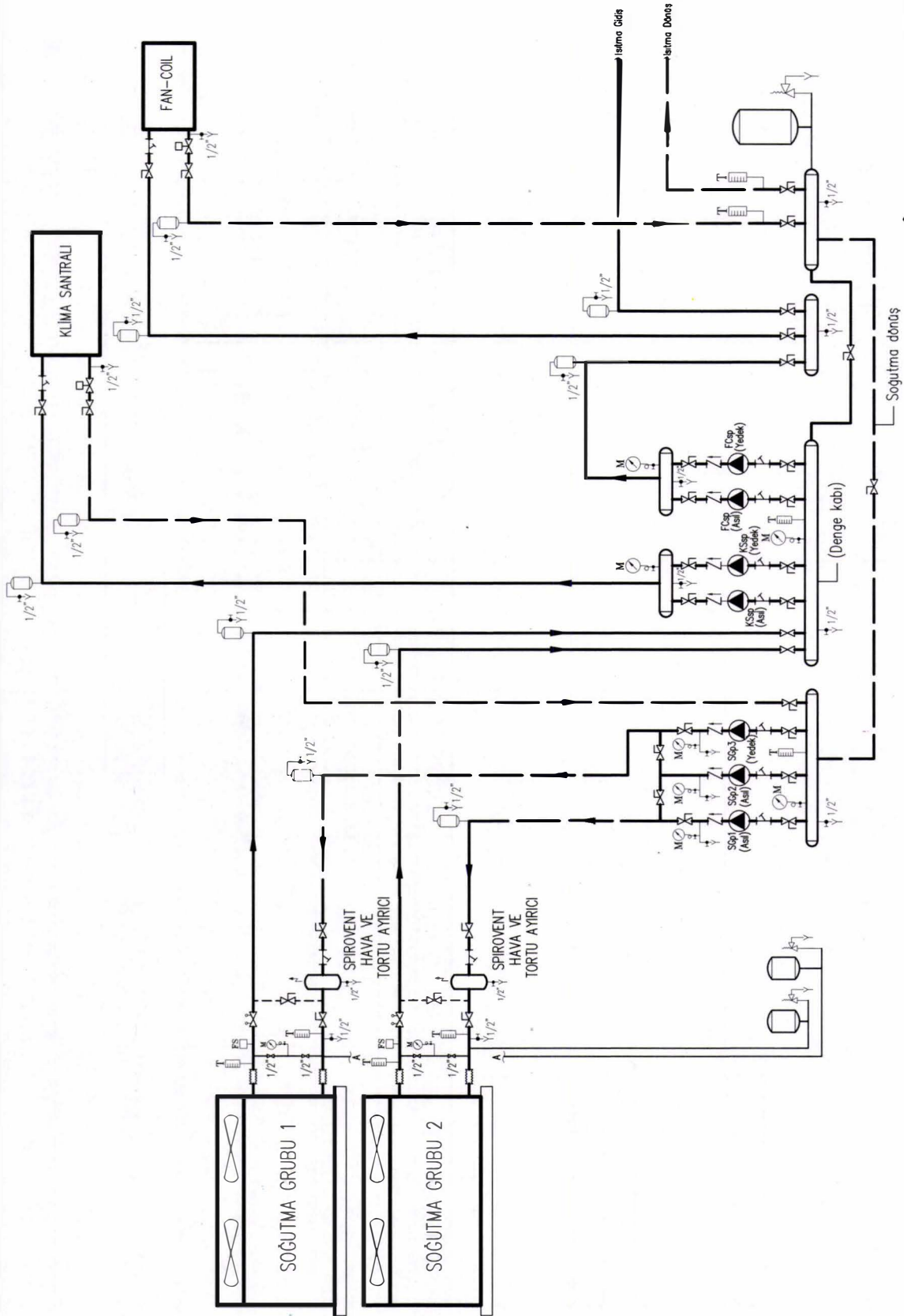
Şekil 2.43. PRİMER - SEKONDER DEVRELİ DÖRT BORULU FAN COIL SİSTEMİ (3 Yollu Motorlu Vana Kontrolü)
(Soru: 3 yollu vanaya by-pass vanası kullanmak ne kadar yararlı?)



Şekil 2.44. PRIMER - SEKONDER DEVRELİ DÖRT BORULU FAN COIL SİSTEMİ (2 Yollu Motorlu Vana Kontrolü)



Şekil 2.45. PRİMER - SEKONDER DEVRELİ İKİ BORULU FAN COIL SİSTEMİ (3 Yollu Motorlu Vana Kontrolü)
(Soru: 3 yollu vanaya by-pass vanası kullanmak ne kadar yararlı?)



Şekil 2.46. PRİMER - SEKONDER DEVRELİ İKİ BORULU FAN COIL SİSTEMİ (2 Yollu Motorlu Vana Kontrolü)

Not: Bu proje genellikle en uygun çözüm olabilir.

2.8.4.1 Örnek

Her biri 3.500 kW soğutma gücünde üç çiller kullanılan bir soğutma sistemi primer devresinde, her bir çiller pompası 820 m³/h debisinde ve 75 kW gücündedir. Sistemde kullanıcı (sekonder) devresinde pik yükte ihtiyaç 8.400 kW ve yıllık ortalama yükte ise ihtiyaç 2.800 kW değerindedir. 1. çiller zamanın %100'ünde, 2. çiller zamanın %40'ında ve 3. çiller zamanın sadece %10'unda çalışmaktadır. Sabit debide sürekli toplam pompalama enerjisi güç ihtiyacı 225 kW değerindedir.

a. Buna göre çiller devresindeki pompaların devrede kalma süreleri dikkate alınarak, hepsinin bütün zaman devrede kalmasına göre güç ihtiyacı = $1/3 \times \%100 + 1/3 \times \%40 + 1/3 \times \%10 = \%50$ olacaktır. Yani böyle bir düzenlemede primer pompalarda enerji tüketimi, sabit debiyle bütün çillerlerin ortak bir pompa grubundan sürekli beslenmesine göre %50 mertebesine düşecektir.

b. Fan coil üzerinde basınç sabittir ve debi kapasiteyle orantılı olarak düşer. Ortalama yük 2.800 kW ve orijinal yük 3×3.500 kW değerindedir. Pompalama enerjisi yükü orantılı olarak $2.800/(3 \times 3.500) = \%27$ değerine düşer. Ancak pompa hızındaki düşüşe bağlı olarak %20 oranında pompa ve motor kayıpları oluşur. Bu kayıplar ilave edilince fan coil için sabit debili pompalamaya göre pompadaki güç ihtiyacı ortalama %32 değerine ulaşır.

c. Dağıtım devresinde pompalama güç ihtiyacı akış debisinin kübü ile orantılı olarak değişir. Yıl boyunca gerekli pompalama gücü değişiminin hesabı için yıl boyunca soğutma yükü profili bilinmelidir. Bu değişim çoğunlukla bilinmez. Pompa ve motor kayıpları dahil değişken debili sistemdeki pompalama güç ihtiyacının sabit debili sistemin ortalama olarak %30'u mertebesinde olduğu kabul edilebilir.

Bu tasarrufların hepsi üstüste toplanırsa, soğutma mevsimi boyunca toplam pompalama güç ihtiyacının, sabit debili sistemin ancak 1/3'ü mertebesinde olduğu görülmektedir. Buna göre sabit debili sistemde soğutma mevsimi boyunca 225 kW olan pompalama enerjisi ihtiyacının, değişken debili sistemde 75 kW değerine düşeceği söylenebilir.

Sonuç olarak; incelenen bu örnekte, değişken debili bir sistem kullanma suretiyle pompalama enerjisinden sabit debili bir sisteme göre, yıllık ortalama olarak %67 oranında tasarruf edilirken, bu tasarrufun sistemin yıllık ortalama olarak gerekli kompresör tahrik gücünün (COP = 3 kabul edilirse) yaklaşık %15'i mertebesinde olduğu görülmektedir.

2.8.4.2 Değişken Debili Devrede Pompa Kayıpları Nedeniyle Soğutulmuş Suyun Isınmasından Tasarruf

Pompada oluşan kayıplar, ısı enerjisi olarak pompadan geçmekte olan akışkana aktarılmaktadır. Soğutulmuş

su devresinde de sirkülasyon pompalarının kayıpları suyun ısınmasına neden olur ve ısı kazancı olarak çillere yüklenir. **Bu pompadaki ısıtma dolayısıyla suya ilave edilen ve çillere yüklenen enerji, pompa gücünün yaklaşık %20'si mertebesinde**dir. Değişken devirli pompalarda kayıp enerji, az olduğundan ve pompalar düşük güçte sürekli yüksek verim bölgelerinde çalıştıklarından, bu biçimdeki ısınmalar da az olur ve bu, ayrı bir tasarruf kalemi oluşturur.

2.8.4.3 Tasarımda Alınabilecek Önlemler

Genel kural olarak sekonder pompalar, her zon için ayrı ayrı teşkil edilmeli, gerekli yerlerde frekans kontrollü olmalıdır.

2.8.5 SADECE PRIMER DEVRELİ VEYA PRIMER - SEKONDER DEVRELİ DEĞİŞKEN DEBİLİ SULU SİSTEMLER

Tek (Primer devre) devreli sistem şeması Şekil 2.46A'da verilmiştir. Buna göre;

Primer devre pompaları, suyu hem çillerler üzerinden hem de sistem üzerinden dolaştırır. Sistemde ve çiller üzerinde değişken debi dolaşmaktadır.

Çillerler paralel olarak bağlanmıştır ve her biri otomatik izolasyon vanasıyla donatılmıştır. Çiller devreden çıkınca, bu vana kapanarak gruptan su geçişini durdurur.

Tek devreli sistemde üç çillerin tek pompa grubuyla beslenmesi daha avantajlıdır ve kesinlikle tavsiye edilir.

Herhangi bir çiller devreye girerken geçen su hızını sıfırdan bir minimuma yavaş yavaş artırmak mümkündür. Böylece diğer gruplarda dolaşan su miktarının ani değişimi önlenmiş olup, çalışan çiller sayısı ile çalışan pompa sayısını uydurmak zorunda kalınmaz.

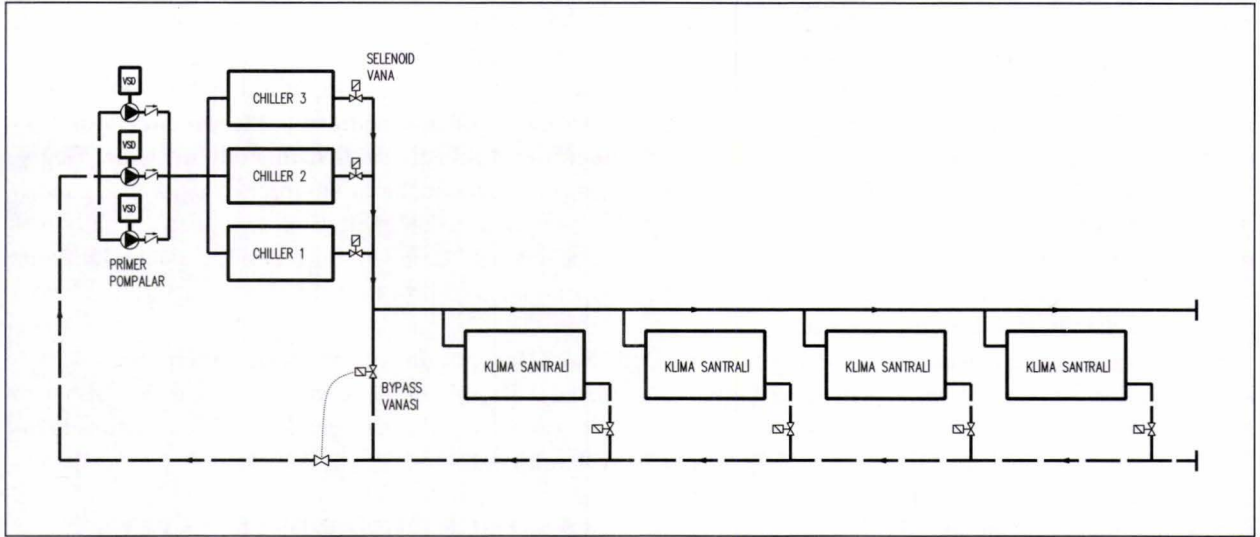
Soğutulmuş su gidiş ve dönüş sıcaklıkları arasındaki farkı kısmi yüklerde yüksek tutmak mümkündür. Bunun için iki pompanın üç çillere hizmet vermesi mümkündür. Kısmi yüklerde azalan sıcaklık farkında iki pompa bir çilleri besleyebilir. Böylece bu çilleri diğerleri devreye girmeden önce tam yüklemek mümkün olur.

Bu sistem çok fazla sayıda çiller bulunan ve temel yükü büyük olan ve yük değişimi fazla olmayan endüstriyel sistemler için uygundur.

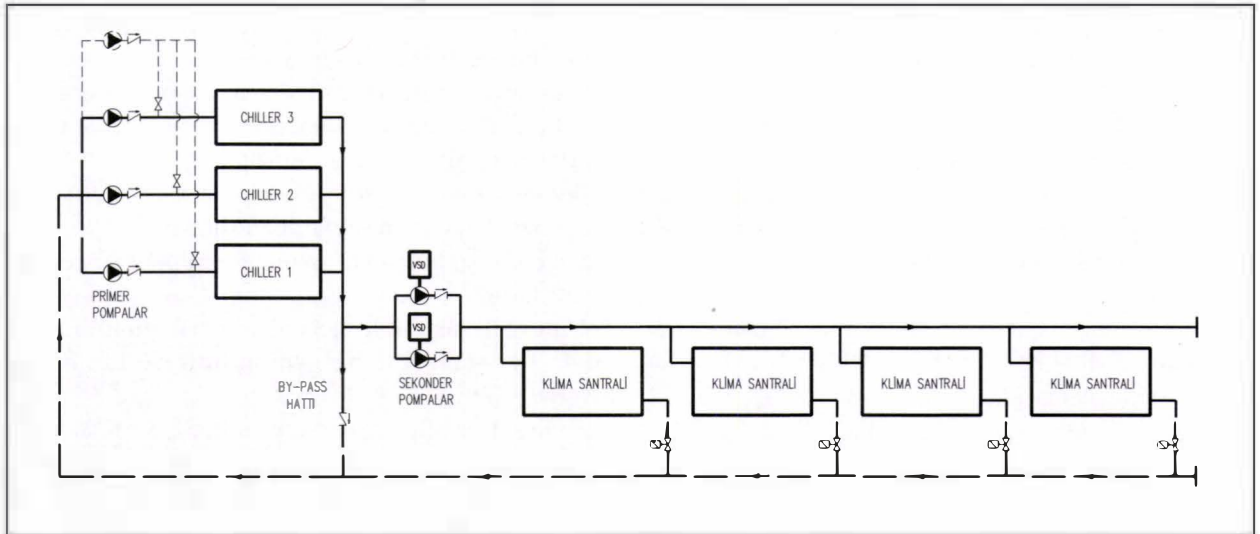
İki devreli (Primer - Sekonder) sistem şeması Şekil 2.46B ve C'de verilmiştir. Buna göre,

Primer devre pompaları her çillere bir adet sabit debili olmak üzere özel olarak tahsis edilmiştir. Her çillerden sabit su debisi geçer (Şekil 2.46B).

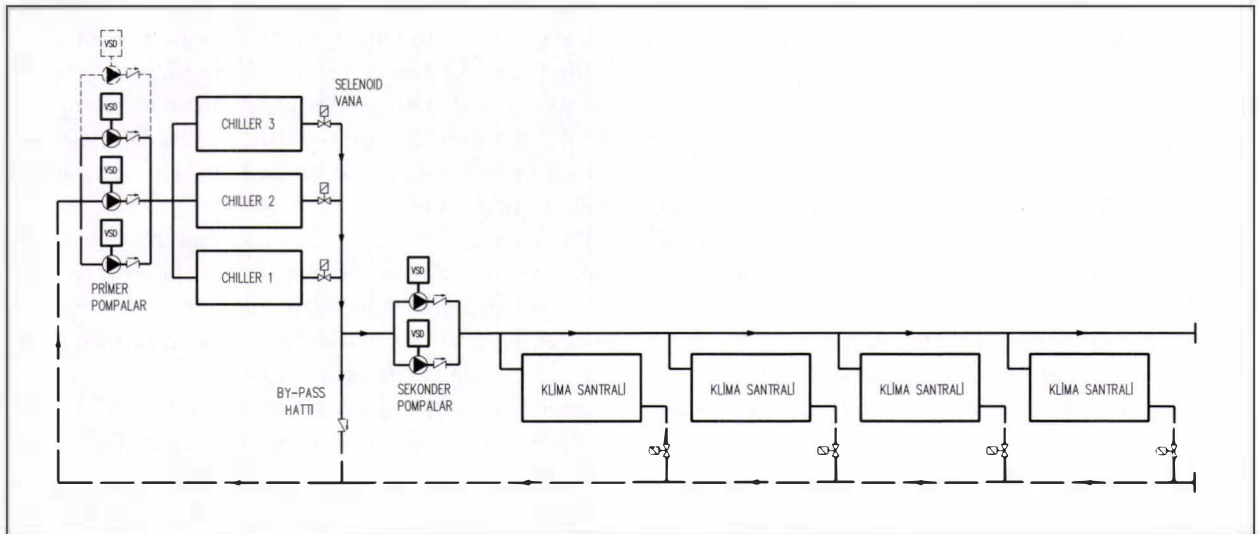
Bu pompalar birlikte gruplanarak değişken debili düzende tek kollektöre de basabilirler. Bu alternatifte primer devrede aynı pompa-kollektör grubundan üç çiller de beslenecektir (Şekil 2.46C).



Şekil 2.46A. TEK DEVRELİ (Primer) SİSTEM ŞEMASI



Şekil 2.46B. İKİ DEVRELİ (Primer - Sekonder) SİSTEM ŞEMASI
(Primer Devre Pompaları Her Gruba Ayrı)



Şekil 2.46C. İKİ DEVRELİ (Primer - Sekonder) SİSTEM ŞEMASI
(Primer Devre Pompaları Ortak)

Primer-sekonder iki devreli sistemlerde, her iki primer devre pompa düzenlemesi de kullanılabilir.

Kollektörlü grup düzenlemesinde, fazladan bir avantaj olarak, herhangi bir pompa herhangi bir çilleri besleyebilir. Ayrıca, bu düzenlemede bir dördüncü yedek pompa kullanılabilir ve bu yedek herhangi bir çilleri gerektiğinde besleyebilir.

Birebir düzenlemede bir pompa bozulunca, ait olduğu çiller de durdurulmak zorundadır.

Buna karşılık, birebir düzenleme kontrol basitliği avantajına sahiptir. Pompa doğrudan çiller kontrol panelinden kumanda edilebilir ve çillerin talep ettiği an çalışmayı garanti eder.

Bu düzenleme aynı zamanda, farklı çiller basınç düşüm değerlerine sahip tesislerde, primer pompalama enerjisinden tasarruf imkanı yaratır. Örneğin absorpsiyonlu ve kompresörlü çillerin birlikte kullanıldığı hibrid sistemlerde veya eşit güçte olmayan çillerlerin kullanıldığı sistemlerde durum böyledir.

Böyle durumlarda her çillere kendi ihtiyacına uygun, ayrı birer pompa tahsis edilmelidir.

Şemada bir by-pass hattı ve üzerinde bir çek valf görülmektedir. Pompalar sabit debilidir. Sekonder devrede ise değişken debili pompalar kullanılır ve bunlar sistem yüküne göre sekonder devrede dolaşan akışkan debisini ayarlar. Sekonder devreye, primer devreden ihtiyaç oranında su alınır. Primer devrede fazla su, by-pass devresinden geri döner.

Düşük yüklerde primer devrede sıcaklık farkı ΔT azalacaktır. By-pass devresindeki çek vana diğer bir çiller devreye girmeden önce, mevcutların tam yüklenmesine ve tesisin enerji kullanımının düşük tutulmasına imkan tanır.

Bu sistemin ana avantajı, basitliği ve kontrol kolaylığıdır. Bu nedenle konfor klimasında tercih edilir.

Tek (Sadece Primer) Devreli Sistemlerin Avantajları:

- Yatırım maliyetleri düşüktür.
- Daha az yer kaplar.
- Sekonder devredeki vana, armatür vs azalır ve küçük sistemlerde pompa gücü gereksinimi düşebilir.
- Bu durumda pompa işletim maliyetleri düşer.

Dezavantajları:

- Daha karmaşıktır ve by-pass kontrolün bozulma riski vardır.
- Çillerlerin devreye sokulması ve kontrolü karmaşıktır, çalışmama riski vardır. Sistemde dolaşan akışkan miktarı, kullanım devresi tarafından belirlenir. Bu talep belirliken bir çillerin devreye girmesi halinde diğer çalışan çillerlerde dolaşan akışkan miktarı aniden azalacaktır. Bu, çiller üzerinde son derece olumsuz etkiler oluşturur ve istenmez.
- Sistemdeki su, yalnız primer pompalar ile dolaştırılır.
- Tüm debi, en kritik devre basıncını yenecek şekilde basınçlandırılır ve enerji kaybı çok fazla olur.

2.8.6 FAN COIL SİSTEMLERİNDE (Sulu Sistemlerde) FREE COOLING UYGULAMASI

Sulu sistemlerde su tarafı free cooling sistemleri doğrudan ve dolaylı olarak iki tipe ayrılabilir. Doğrudan su tarafı sistemleri, fiziksel olarak soğutulmuş su devresiyle kondenser devresini free cooling operasyonu sırasında birleştirir. Böylece ısıyı direkt olarak soğutma kulesinden dışarı atmak mümkün olur. Burada soğutulmuş su devresi, free cooling sırasında açık devre haline gelmektedir. Bu tekniğin ana avantajı, soğutulmuş su sıcaklığını dış hava yaş termometre sıcaklığına yaklaştırmak ve minimum değere indirebilmektir. Böylece free cooling kapasitesini maksimize etmek mümkün olur. Ancak bu sistemin dezavantajı, çok sıkı su şartlandırma yapılarak, korozyon riskini minimize etmek ve suyu çok iyi filtre etmektir. Soğutma kulesinden giren toz, toprak ve kirin, soğutulmuş su devresinde çökelmesini önlemek zorluğu vardır. Bu nedenle çok iyi bir filtrasyon gereklidir. Kirlilik ve korozyon riski bu sistemlerin kullanımını sınırlamaktadır. Buna rağmen bu sistemler, 1980'li yıllarda kısa bir süre popüler olmuştur. Kapalı tip kule kullanılabilir. Ancak ilk yatırım ve işletme maliyeti daha yüksek olacaktır.

Ancak daha sonraki yıllarda dolaylı sistemler öne çıkmış ve genel uygulama bu yönde olmuştur. Dolaylı sistemlerde soğutulmuş su devresini dış etkilerden ve kirlilikten korumak üzere, araya bir plakalı eşanjör ilave edilmektedir. Böylece soğutulmuş su devresi, her zaman kapalı bir devredir. Plakalı eşanjörde soğutma kulesinden gelen soğuk su, klima devresinde dolaşan soğutulmuş suyu soğutmaktadır. Dolaylı sistemin dezavantajı, araya ilave bir devrenin girmesidir. Bu, soğutulmuş su sıcaklığını dış hava yaş termometre sıcaklığından daha çok açar. Böylece free cooling kapasitesi belirli oranda düşer.

Bu sistemde free cooling, dış hava yaş termometre sıcaklığının düşük olduğu dönemlerde yapılabilir. Bunun için dış sıcaklığın düşük olduğu bu dönemde sistemde (bilgisayar odaları gibi) hala ciddi bir soğutma yükü olması şarttır.

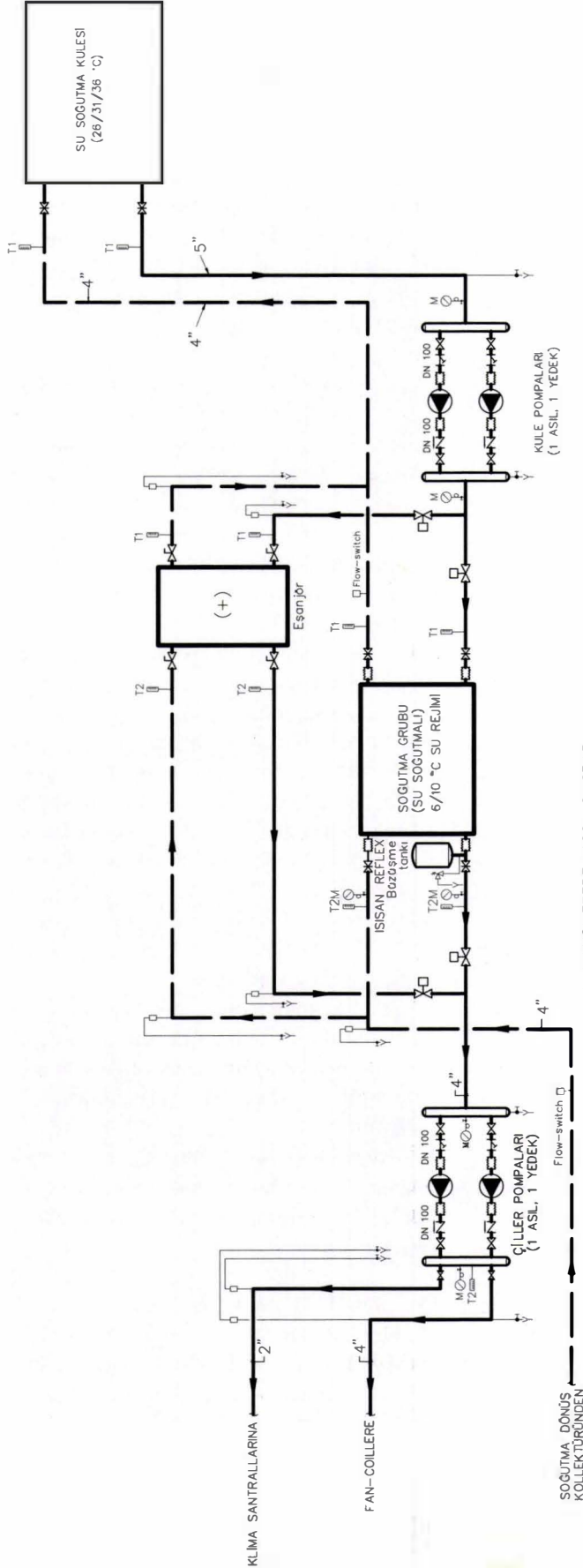
Bu nedenle bu sistemlerde soğutulmuş su sıcaklığının biraz daha yüksek olması kabul edilebilir.

Dolaylı uygulama şematik olarak Şekil 2.47'de gösterilmiştir.

2.8.7 SOĞUTULMUŞ SU (Çiller) SİSTEMLERİNDE DEĞİŞKEN HIZLI POMPALARLA ENERJİ TASARRUFU

Isıtma ve klima sistemlerinde uygulamalarında değişken hızlı pompaların ve gelişmiş kontrol cihazlarının kullanılması, tesisatları sadeleştirebilmektedir.

Ayar vanaları, çok amaçlı servo motorlu vanalar, by-pass köprüleri ve tesisatta basınç kaybı yaratan diğer bazı borulama aksesuarlarının kullanımına gerek kalmamaktadır.



M MANOMETRE $\phi 100$, 0-6BAR
T1 TERMOMETRE 0-120 °C
T2 TERMOMETRE -50,+50 °C
BÜTÜN HAVALIK VE BOSALTIMA VANALARI 1/2" OLACAKTIR.
ISLAK RÖTÖRLÜ IN-LINE POMPALAR KULLANILIRSA TİTRESİM
ÖNLEYİCİYE GEREK OLMAKTAIR.

NOT:

- 1-) Eşanjörün primer devresi direnci soğutma grubunun kondenser devresi direncinden fazla olmamalıdır. (Daha az olacak şekilde eşanjör seçilmelidir.)
- 2-) Eşanjör sekonder devresi direnci ise çillerin evaporatör su tarafı direncinden daha fazla olmamalıdır. (Daha az olması daha iyidir.)
- 3-) Free-cooling için kullanılacak kondenser ve çiller pompaları ihtiyaca göre daha kaçık olabilir. Bu durumda ayrı pompa kullanılması veya daha fazla sayıda çiller ve kondenser pompaları uygun olabilir.
- 4-) Soğutma kulesinin özel bir neden yok ise kapalı devreli tip seçilmesini öneririz.
- 5-) Kule kapalı tip ise eşanjöre gerek olmayabilir.

Şekil 2.47. FREE COOLING UYGULAMASI (Sulu Sistem)

Devreler; sadece değişken hızlı pompalar, borular, kesme vanaları ve kontrol vanalı bataryaların kullanılmasıyla kurulabilmektedir.

Gelişmiş kontrol cihazlarıyla sistem, kullanım şartlarına uygun olarak otomasyona tabi tutulmakta, manuel ayarlamalara gerek kalmamaktadır.

Değişken hızlı pompaların kullanılmasıyla tesisatın basitleştirilmesinin yanı sıra enerji tasarrufu sağlanmakta ve tesisat ekipmanlarının faydalı kullanım ömürleri de uzatılmaktadır. Böylece tesisatın ömür boyu maliyeti düşürülerek, kullanıcıya önemli bir ekonomi sağlanmaktadır.

Değişken hızlı pompaları kullanarak bu avantajların gerçekleştirilmesi için ön şart, kullanıcının su debisi gereksiniminin değişken olmasıdır.

Tesisat mühendisi, kullanıcının debi gereksinim karakteristiğini inceleyerek (veya öngörerek), kullanım debilerini (belli bir minimum değerle, maksimum bir değer arasında değişken olan), kullanım süreleriyle birlikte tespit etmeli ve bu karakteristiğe en uygun olacak şekilde tesisat devrelerini kurmalı ve değişken hızlı pompa seçimlerini buna göre yapmalıdır.

Kullanıcının debi gereksiniminin kullanım süresi boyunca sabit olduğu durumlarda değişken hızlı pompa kullanımına gerek yoktur.

Isıtma ve klima uygulamalarında kullanılan değişken hızlı pompalar kapalı devrelerde çalışan, yani sirkülasyon yapan pompalardır.

Değişik özellikteki birçok santrifüj pompa tipi bu amaçla kullanılabilir. Tek kademeli in-line pompalar, blok pompalar, norm pompalar ve bölünebilir gövdeli (split-case) pompalar ısıtma ve klima tesisatlarında en çok kullanılan pompa tipleridir.

Bu pompalar, frekans kontrollü cihazları kullanılarak değişken hızlı hale getirilirler.

Değişken hızlı pompa kullanıldığında, cevaplanması gereken en önemli sorulardan biri, pompanın hızının tesisatın hangi kriteri baz alınarak nasıl bir otomasyon düzeni içinde değiştirileceğidir. Buna, pompanın kontrol veya regülasyon (ayar) tipinin belirlenmesi (seçilmesi) de denir.

Tesisat proje mühendisinin elinde pompanın regülasyon tipini seçerken baz alabileceği aslında şu fiziksel veriler vardır:

- Zaman
- Basınç (veya basınç farkı)
- Sıcaklık (veya sıcaklık farkı)
- Debi

Regülasyonda bunlardan sadece biri veya birkaçı birlikte kullanılabilir.

Bunları ölçen ve ölçtüğü değerlere orantılı sinyal üreten cihazlara analog sensörler (algılayıcılar) denilmektedir. Örneğin:

- Analog basınç farkı sensörü
- Analog sıcaklık sensörü

Zamana bağlı otomasyonda pompanın çalıştırılması, durdurulması ve/veya hızının belli zamanlarda belli değışken değerlere set edilmesi, öngörülen bir zaman planına uygun olarak gerçekleştirilmektedir.

Basınca bağlı otomasyonda, tesisatın değışik noktalarındaki su basıncı veya aralarındaki basınç farkı değeri baz alınarak pompanın devir hızının regülasyonu sağlanmaktadır. Anlaşılacağı üzere basınca bağlı regülasyon yapılabilmesi için ön şart, tesisat basıncının (tesisat devreleri kapalı devre olduğu için basınç kayıpları toplamının) yani tesisatın kendi sistem karakteristiğinin değışkenlik arz ediyor olmasıdır.

Çalışma süresi boyunca bünyesindeki basınç kayıpları sabit kalıp değışmeyen tesisatlarda basınca bağlı pompa otomasyonu yapılamaz.

Sıcaklığa bağlı otomasyonda, genelde tesisatın içinde dolaşan suyun, tesisatın değışik noktalarındaki sıcaklığı veya aralarındaki sıcaklık farkı değeri baz alınarak pompanın devir hızının regülasyonu (ayarı) sağlanmaktadır.

Yükselen sıcaklıkla orantılı olarak pompanın hızının azaltılması veya yükseltilmesi gibi seçenekler sunulmaktadır.

Debiye bağlı otomasyonda, tesisatın içinde dolaşan suyun, tesisatın değışik noktalarındaki debi değeri baz alınarak pompanın devir hızının regülasyonu sağlanmaktadır. Bu uygulama, tesisat devrelerinde çok nadiren kullanılan bir seçenektir.

Yukarıdaki açıklamalardan anlaşıldığı gibi tesisat devrelerinde en çok kullanılan regülasyon (ayar) tipi olan basınç farkının baz alındığı otomasyon, bünyesinde termostatik veya iki yollu motorlu vana gibi otomatik kısma yapan ekipmanların bulunduğu tesisat devrelerinde kullanılabilir.

Bünyesinde otomatik kısma yapan ekipman bulundurmayan (örneğin kesme vanası veya üç yollu motorlu vana gibi sadece sabit kesitli ekipmanlar bulunduran) devrelerde ise ancak suyun sıcaklığının veya sıcaklık farkı değerinin baz alındığı otomasyon veya zamana bağlı değışkenlik uygulanabilir.

Günümüzde yeni yapılan mekanik ve tesisat uygulamalarının yaklaşık hepsinde değışken hızlı pompalar ve gelişmiş kontrol cihazları kullanılmaktadır. Ancak eskiden kurulmuş sabit hızlı pompalar, manuel ayar vanaları vb ekipmanlar içeren tesisat uygulamaları çok fazla sayıda vardır ve yüksek enerji tüketimleriyle çalışmaktadır. Bu tesislerin enerji tüketimi incelenip, tüketimin nasıl azaltılabileceği, maliyeti ve yatırım amortisman süreleri hesaplanmalıdır. Ancak bu hesaplamalarda;

- bugünkü enerji maliyetleriyle,
 - sistemin ekonomik ömrü içerisindeki tahmini ortalama enerji maliyetinin,
- ortalaması alınabilir. Ya da en azından gelecekteki enerji maliyetinin amortisman süreleri hesaplanmalıdır.

2.8.8 SOĞUTULMUŞ SU (Çiller) DEVRELERİNDE POMPALAMA ENERJİ TÜKETİMLERİNİN AZALTI MASASI VE BASİTLEŞTİRİLMESİ

Dijital kontrol ve değişken debili pompalamadaki gelişmeler artık sıcak ve soğuk (soğutulmuş) su sistemlerinde kullanılması gereken armatür sayısını hayli azaltmıştır. Ayar vanaları, çok amaçlı kesme vanaları, by-pass ve bunun gibi ciddi enerji tüketen elemanların çoğu sistemlerde artık yer almamakta veya çok daha az kullanılmaktadır. Ayrıca pompa hızlarının hassas kontrolü pompa akış ve basıncını kontrol etmesi beklenen bazı boru arajmanlarının da ortadan kaybolmasına yol açmıştır. Bir başka deyişle tüm kısmi yüklerde su devrelerinde istenilen basınç ve debiyi sağlayan değişken debili pompalar ve serpantin kontrol vanaları sistemlerin ana elemanları olmuştur.

Şekil 2.49'da basit tek zonlu ve sabit debili pompalı bir çiller su devresi gösterilmektedir. Bu sistem herhangi bir yük değişimini öngörmeyen ve frekans kontrolünün henüz geliştirilmediği 1960'ların oldukça iyi bir tasarımıdır. Bugün bile bu sistem, sabit yüke sahip (örneğin bir bilgisayar merkezi için) uygulanabilir. Şekil 2.49'daki sistem bugün uygulanacak olsa değişken debili pompalar sayesinde (iki yollu motorlu vanalar kullanmak kaydıyla) serpantinlerdeki ayar vanalarına ihtiyaç olmayacaktır (Şekil 2.50). Bugün bu şekilde çalışan yüzlerce sistem mevcuttur.

Değişken debili primer pompaların kullanımı 1994 yılında başlamıştır. Başlangıçta çiller üreticileri kabul edilebilir minimum debi konsepti karşısında oldukça tutucu davranmıştır. Genel olarak evaporatör su geçiş hızının 0,9 m/s altına düşmesine karşı çıkmıştır. Bugün ise bazı üreticiler kısmi yüklerde bu değerin 0,5 m/s'ye kadar düşürülebileceğini belirtmektedirler. Sonuç olarak minimum evaporatör geçiş hızındaki bu sapmalar her proje için kontrol edilmeli ve o projede kullanılan çillerlerin üreticisinin istediği değerlerle uyum sağlamalıdır. Genellikle HVAC sistemlerinin çoğu Şekil 2.49 ve Şekil 2.50'deki tasarımlardan çok daha karmaşıktır. Şekil 2.51 primer/sekonder pompalı, sabit debili, dört zonlu bir sistemi göstermektedir. Bütün pompalarda ayar vanası, çekvalf ve kesme vanaları mevcuttur. Böyle bir sistemde soğutma yükü değişken ise önemli bir enerji israfının olduğu çok açıktır. Enerji kaybı özellikle zon dönüşlerindeki akış kontrol vanalarında gerçekleşecektir. Eğer zonlar fiziksel olarak birbirlerinden çok uzaksa, sekonder pompalarda kullanılan enerjinin büyük kısmı çillerlere en yakın zondaki vanalarda harcanacaktır. Ayrıca pompa çıkışlarındaki serpantinlerdeki ayar vanaları da kısmi yüklerde kısılarak enerji kayıplarına yol açacaktır. Sonuç olarak, sabit hızlı (debili) bir sistemin kısmi yüklerde çalıştırmamız büyük enerji kayıplarına neden olacaktır. Sabit hızlı (debili) sistemlerin manuel ayar vanaları

olmadan değişken hızlı (debili) sisteme dönüştürülmesi ciddi enerji tasarrufu sağlayacaktır. Güney Kaliforniya'daki bir otelde böyle bir dönüşüm sayesinde (bu dönüşümde pompa, çiller, soğutma kulesi kapasiteleri önemli ölçüde düşmüştür) %68'e varan enerji tasarrufu sağlanmıştır. Şekil 2.51'de belirtilen 4 zonlu (veya çok zonlu) bir sistemin değişken debili pompalama dizaynı için değişik alternatifleri mevcuttur. Genelde zonların birbirinden olan uzaklıkları bu konuda belirleyici olmaktadır.

Eğer zonlar bir bina içinde ve birbirlerine yakın ise Şekil 2.52'de görüldüğü gibi bir adet primer pompa seti yeterli olacaktır. Eğer her zon ayrı bir bina ise ve binalar birbirinden uzak ise her bina için ayrı değişken debili zon pompası konulmalıdır (Şekil 2.53). Böyle bir tasarımda çillerleri korumak için minimum akış sirkülatörleri (pompaları) kullanılmalıdır. Ayrıca her çillerin girişinde o çillerin devrede olmaması halinde su akışını kesecek on-off kontrol vanaları tesis edilmelidir. Bu vanaların olmaması halinde sistemden dönen su çalışmayan çillerin de içinden geçecek ve diğer (çalışan) çillerden gelen soğutulmuş su ile karışarak gidiş su sıcaklığını set değerinden daha yüksek bir değere getirecektir. Genellikle devrelerde bir pompa grubunun iptal edilmesi, pompa giriş - çıkış armatürlerinde (kesme vanası, pislik tutucu, çekvalf vs.) gerçekleşen basınç kayıplarının da ortadan kalkmasına neden olacaktır. Kaliteli tasarımlarda bu basınç kayıpları 24 kPa, zayıf tasarımlarda ise 42 kPa mertebelerindedir. Dolayısıyla değişken debili bir sistemde sekonder ve/veya zon pompalarının elenmesi değişken debili primer pompa basma yüksekliklerinde 48 kPa ile 84 kPa arasında değişen bir azalma sağlayacaktır.

Şekil 2.53'te görülen pompaların minimum motor güçleri oldukça düşük çıkmaktadır. Her birinin tasarım debi değeri 907 m³/h olan 7.034 kW soğutma kapasiteli çillerlerin bulunduğu bir sistemde evaporatör geçiş hızının 2 m/s, kısmi yüklerde izin verilen minimum geçiş hızının da 0,45 m/s olduğunu varsayalım. %100 debide (dizayn debisi) çalışırken evaporatör su tarafı basınç kaybı 63 kPa ise, pompanın minimum basma yüksekliği 3 kPa ile pompa armatürlerinde oluşan basınç kayıplarının toplamına eşit olacaktır. Bu kayıpların 48 kPa ve pompa veriminin % 80 olduğunu varsayarsak pompaların motor gücü 3,7 kW çıkacaktır. Bu pompaların kontrolü, ya Şekil 2.54'teki gibi bir debi kontrol cihazı ile, veya evaporatör giriş - çıkışını ölçen bir fark basınç anahtarı ile (Şekil 2.55) gerçekleşecektir.

Mevcut sabit debili çiller tesislerinde karşımıza çıkan enerji israflarını mevcut pompaları ve borulamayı hiç değiştirmeden düzeltmek mümkündür (Şekil 2.56). Bu dizayn Şekil 2.51'deki sistemin değişken debili hale çevrilmesinden ibarettir.

Bu uygulamada;

- Tüm pompalar frekans kontrolü eklenerek değişken debili hale getirilmiştir.

- Çillerlerdeki minimum akış sisteme eklenen ilave bir by pass vanası ile kontrol edilmiştir.
- Çiller pompalarının hızı DP1 fark basınç anahtarı ile kontrol edilmiştir.
- Sekonder pompaların hızı ise soğutulmuş su devresinin en uzak noktasına monte edilmiş DP2 fark basınç anahtarı ile kontrol edilmiştir.

Bu tür bir tadilat *Şekil 2.52*'deki gibi bir sistemin oluşturulması için pompaların ve borulamanın tümüyle değiştirilmesinden daha az maliyetle gerçekleştirilebilir. Ancak yine de bir tasarımcının pompaların, çillerlerin soğutma kulelerinin küçültülmesi halinin fizibilitesini yapması gerekebilir.

Bu sistemde bina zon pompaları her binanın üst kodlarına monte edilmiş DP2 fark basınç anahtarı ile kontrol edilecektir. Ayrıca pompaların bir by pass çek vanası olacak ve zon dönüş kontrol vanaları (*Şekil 2.51*'de yer alan) iptal edilerek bunlarda oluşan yüksek enerji kayıpları elenecektir.

Bina soğutma yükünde bir azalma olması halinde, sekonder pompa basınçları yeterli olması halinde zondaki DP2 fark basınç anahtarlarında fark basınç değeri yükselecek ve bir süre sonra bina pompaları duracaktır. Bundan sonra sekonder pompaların kontrolü de binalardaki fark basınç anahtarları ile gerçekleşecektir. Tam tersi eğer binalardaki yükler artarsa, zon pompaları otomatik olarak devreye girecektir. Görüldüğü gibi sistemlerdeki pompa hız kontrolleri tümüyle fark basınç anahtarları ile yapılmaktadır. Bu durum son 25 yılda kendini ispatlamış bir metot olarak karşımıza çıkmaktadır.

Binalarda zon pompalarının (ve bazı hallerde karışım 3 - yollu vanalarının) kullanılmasının bir başka avantajı daha yüksek sıcaklıklar istenen zonlarda gidiş suyu ile dönüş suyunu karıştırarak ekonomi sağlamaktır. Ancak günümüzde boru izolasyon malzeme kalitesindeki artışla (yalıtımın yeterli kalınlıkta ve doğru yapılması kaydıyla) buna da çok gerek kalmamaktadır.

Eğer bir endüstriyel tesiste HVAC sistemindeki sıcaklıklardan daha düşük bir soğuk su ihtiyacı var ise bir booster çiller konması tüm sistemin düşük sıcaklıkta tesis ve işletilmesinden daha iyi olmaktadır. Örneğin, herhangi bir tesiste 4°C'lik bir soğutulmuş su ihtiyacı varsa 7°C'lik HVAC su sıcaklığını istenen değere düşüren bir booster çiller kullanılabilir. Bu tabii ki bir tasarım problemidir ve her özel durumda mühendisler tarafından ayrıca değerlendirilmelidirler.

Bu bölümdeki bütün şekillerde her çillere ayrı pompa basmaktadır. *Şekil 2.56*'de gösterildiği gibi pompaların çıkışlarını birleştirmek çok daha ekonomik olabilir. Bu durumda düşük soğutulmuş su dönüş sıcaklıklarında bir çillerden daha fazla su geçirmek mümkün olacaktır. Bunun sonucunda evaporatör geçiş hızının artmasından dolayı evaporatör verimi artacaktır. Hemen hemen tüm çillerlerde maksimum evaporatör geçiş hızı 3 m/s'dir. Ancak yine de böyle bir tasarımda çiller üreticisi ile görüşülmelidir.

2.9 MERKEZİ SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN SİRKÜLASYON BORULARINDA ISI KAZANCI VE POMPALAMA ENERJİSİ

Merkezi soğutulmuş sulu klima sistemlerinde, örneğin fan coil sistemlerinde, büyük miktarda su sistemde sürekli dolaşmaktadır. Şartlandırılmamış hacimlerden geçen borulara çevreden ısı kazancı olur. Eğer boru yüzeylerinde yoğunlaşma olursa aynı zamanda dış havadan boruya nem transferi de gerçekleşir. Bu sirkülasyon borularında ısı ve nem geçişine karşı yalıtım yapılmakla birlikte, ısı geçişi tamamen önlenemez. Dolaşımın sürekli olduğu da dikkate alındığında toplamda gerçekleşen ısı kazancı ve bunu karşılamak üzere soğutma grubunda harcanan elektrik enerjisi önemli boyutlardadır.

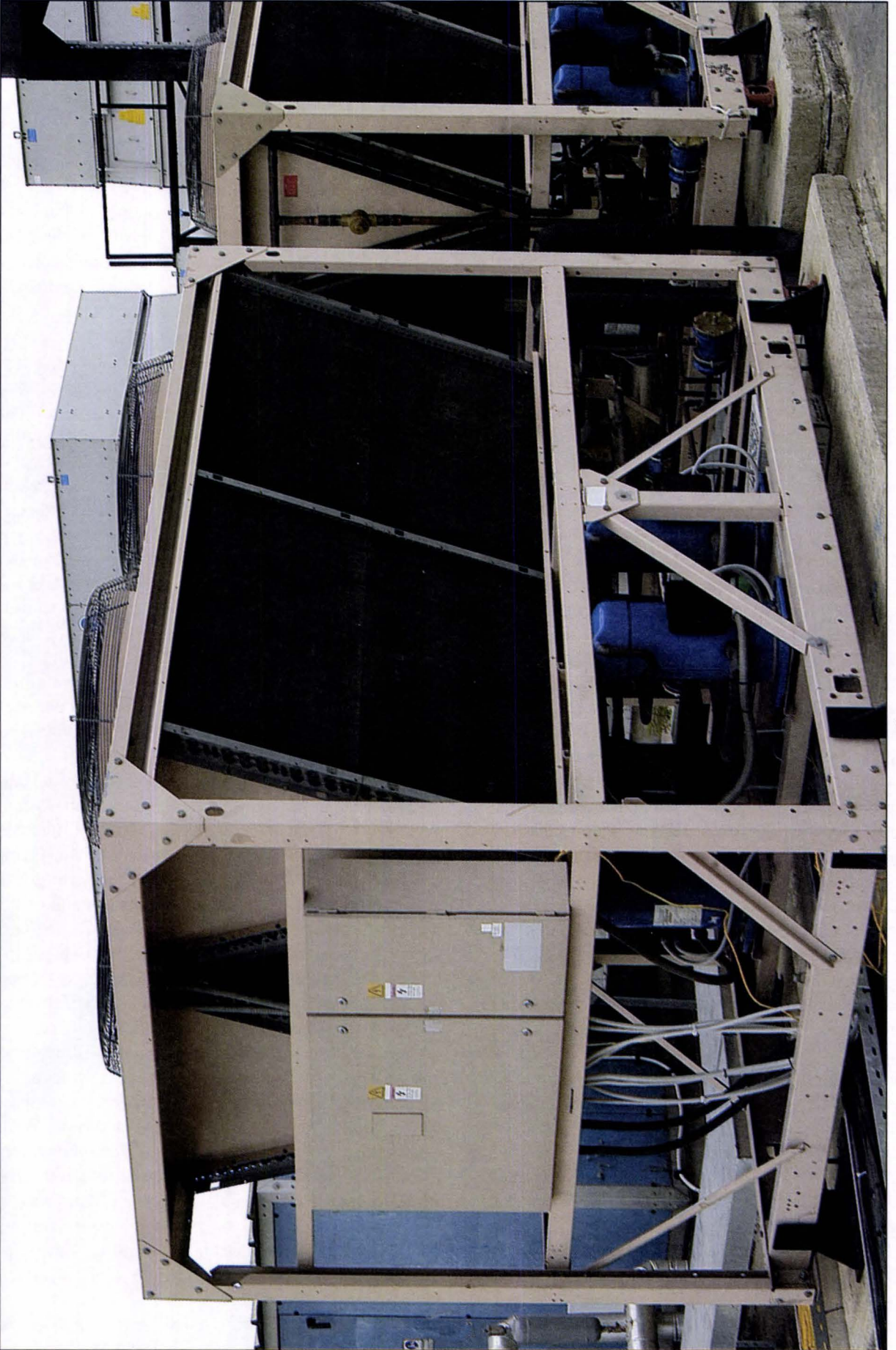
Uygulamada ve tasarımda genellikle sıcak su ve buhar borularında yapılan yalıtıma daha fazla önem verilir. Standartlarda ve literatürde bu konuda geniş bilgi bulunabilir. Halbuki soğutulmuş su halinde, belki de sıcaklık farkının az olması nedeniyle, yalıtım üzerinde fazla durulmaz. Yalıtım kalınlığı, genellikle dış yüzeylerde yoğunlaşmanın önlenmesine yönelik olarak belirlenir. Halbuki soğutma enerjisi en pahalı enerji cinsidir. Buradaki kayıplar, parasal boyutuyla çok önemlidir. Bu nedenle soğutulmuş su borularında da ekonomik izolasyon kalınlığı dikkate alınmalı ve izolasyon kalınlıkları artırılmalıdır. Üzerinde durulması gereken bir başka konu, yalıtımın cinsidir. Kullanılacak yalıtımın aynı zamanda nem geçirmemesi gerekir. Eğer ısı yalıtım tabakası içinde nem difüzyonu gerçekleşiyorsa, tabaka içinden difüzyonla boru yüzeyine ulaşan su buharı burada yoğunlaşır ve izolasyonu ıslatır. Bu yoğunlaşma olayı, yalıtım tabakasının geçirgen olması halinde sürekli olacaktır. Bu nedenle ısı yalıtımıyla birlikte, yalıtımın dışına bir nem yalıtımı uygulanmalıdır. Daha iyisi ısı yalıtımı, nem geçirilmeyen plastik esaslı kapalı hücreli tipte olmalıdır.

Bu konuda geliştirilen önerilerden bir diğeri de, merkezi soğutulmuş sulu sistemlerden vazgeçmektir. Bunun yerine bireysel sistemler veya doğrudan soğutucu akışkanın dolaştırıldığı merkezi sistemler tercih edilebilir. Doğrudan soğutucu akışkanın dolaştırıldığı VRV gibi sistemlerde, boru içinde dolaşan akışkan sıcaklığı daha düşüktür ve çok daha iyi ısı ve nem yalıtımının yapılması gerekir.

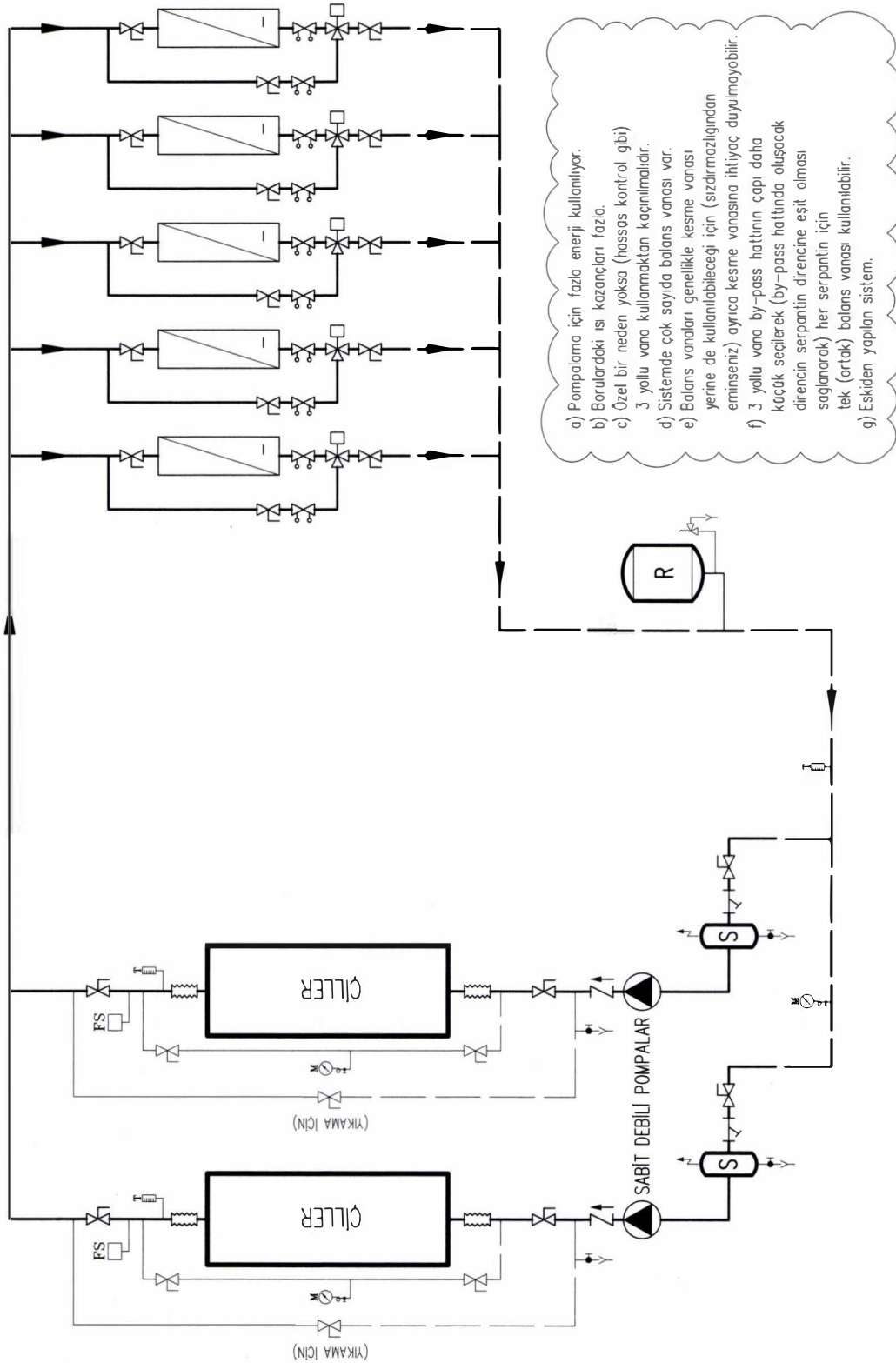
Merkezi soğutulmuş sulu klima sistemlerindeki sirkülasyon borularındaki kazancın ve sirkülasyon pompalarında harcanan elektrik enerjisinin ve bu enerjinin tekrar sisteme yük olarak dönen bölümünün boyutlarının tartışılması amacıyla bir otel binası örneği ele alınmıştır.

Otel için işletme verileri otel işletmecilerinden alınmış ve otel binası tesisatı metrajı için yapılmış bir projeden yararlanılmıştır. Ele alınan örnek otel binası çok katlı, kompakt bir yapıdır.

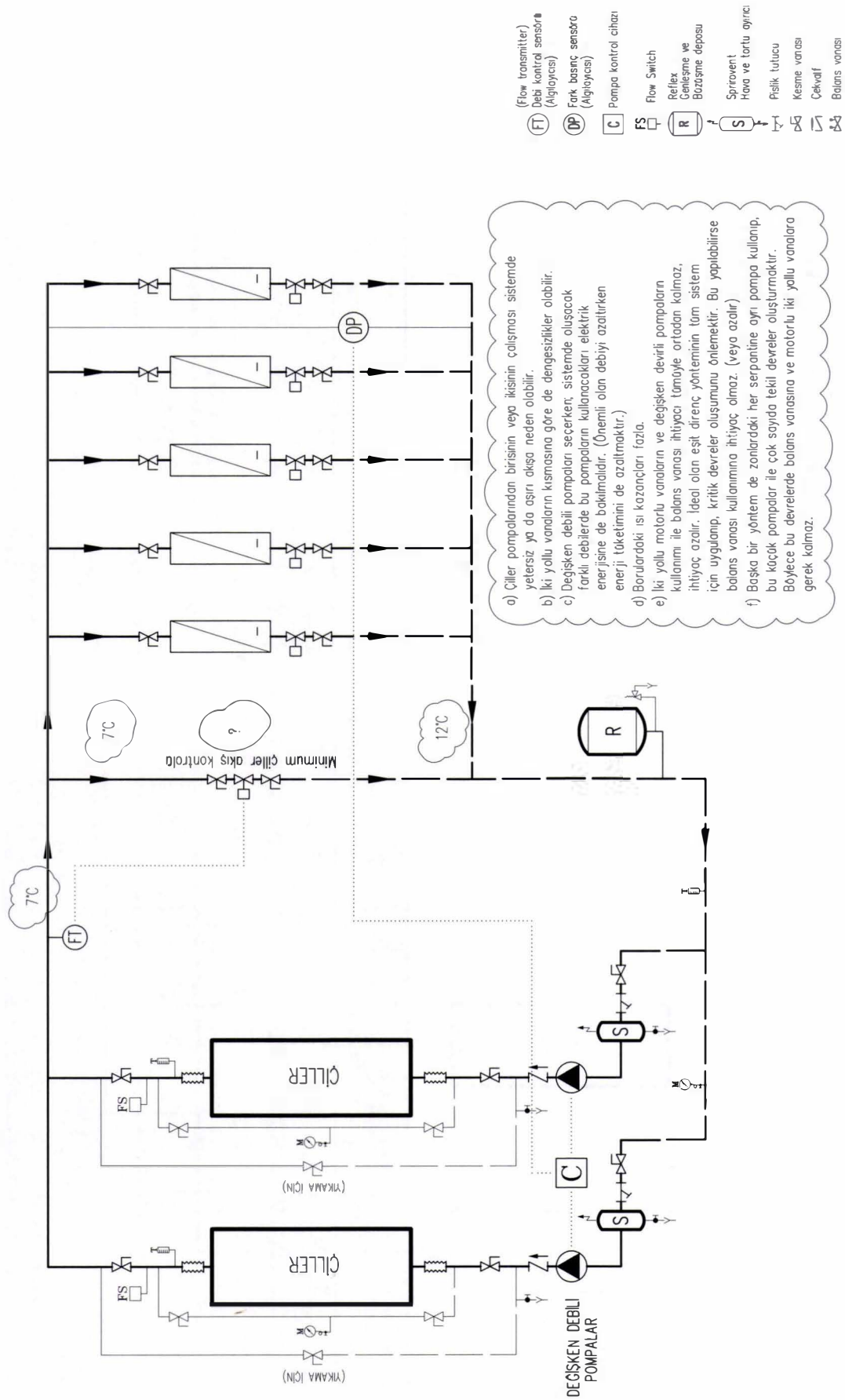
Otel 4 bodrum, 1 zemin, 1 galeri ve 8 normal kattan oluşmaktadır ve 43 yatak odası bulunmaktadır.



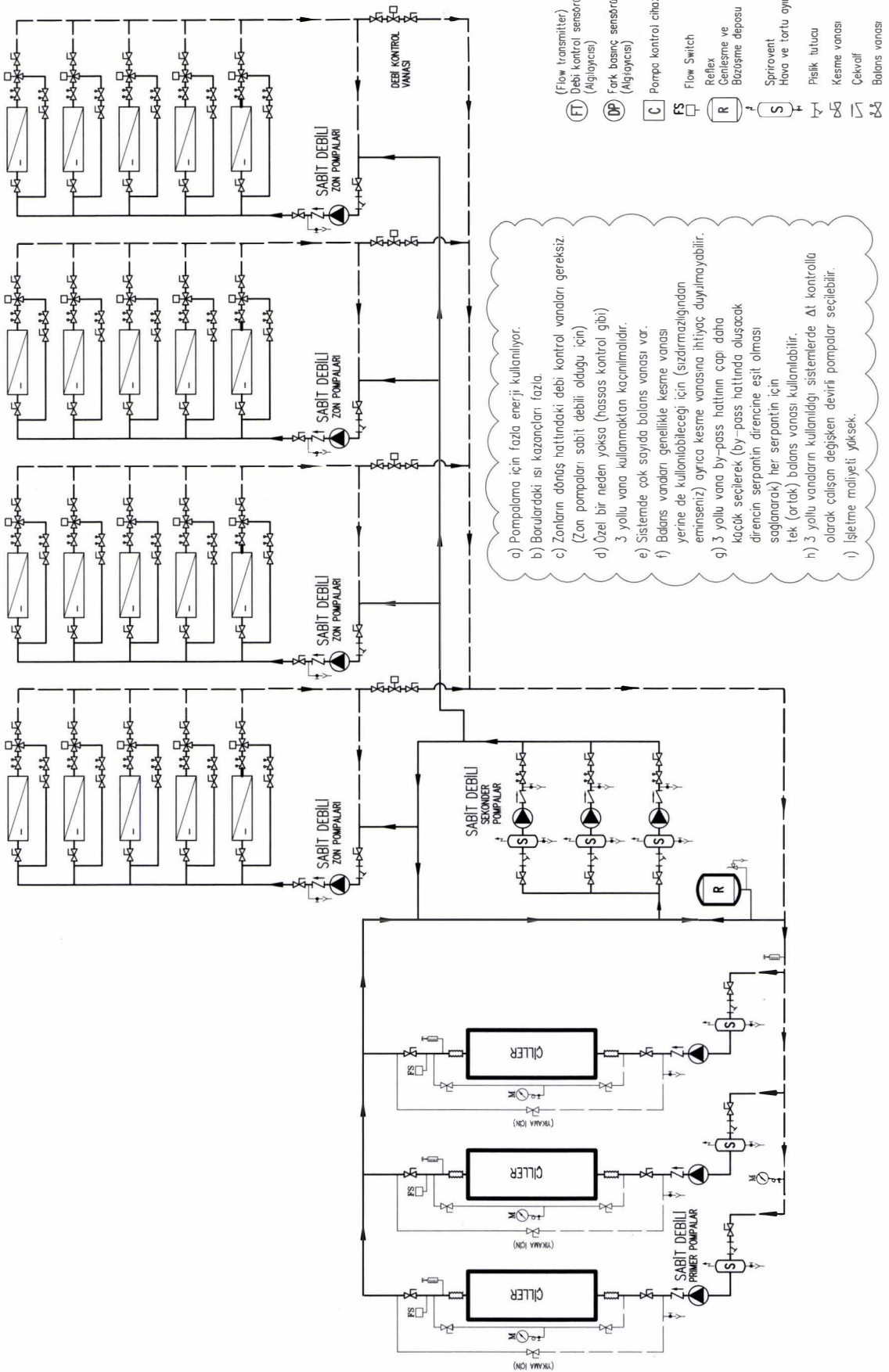
Şekil 2.48. HAVA SOĞUTMALI ÇİLLER - 2 x 200 kW



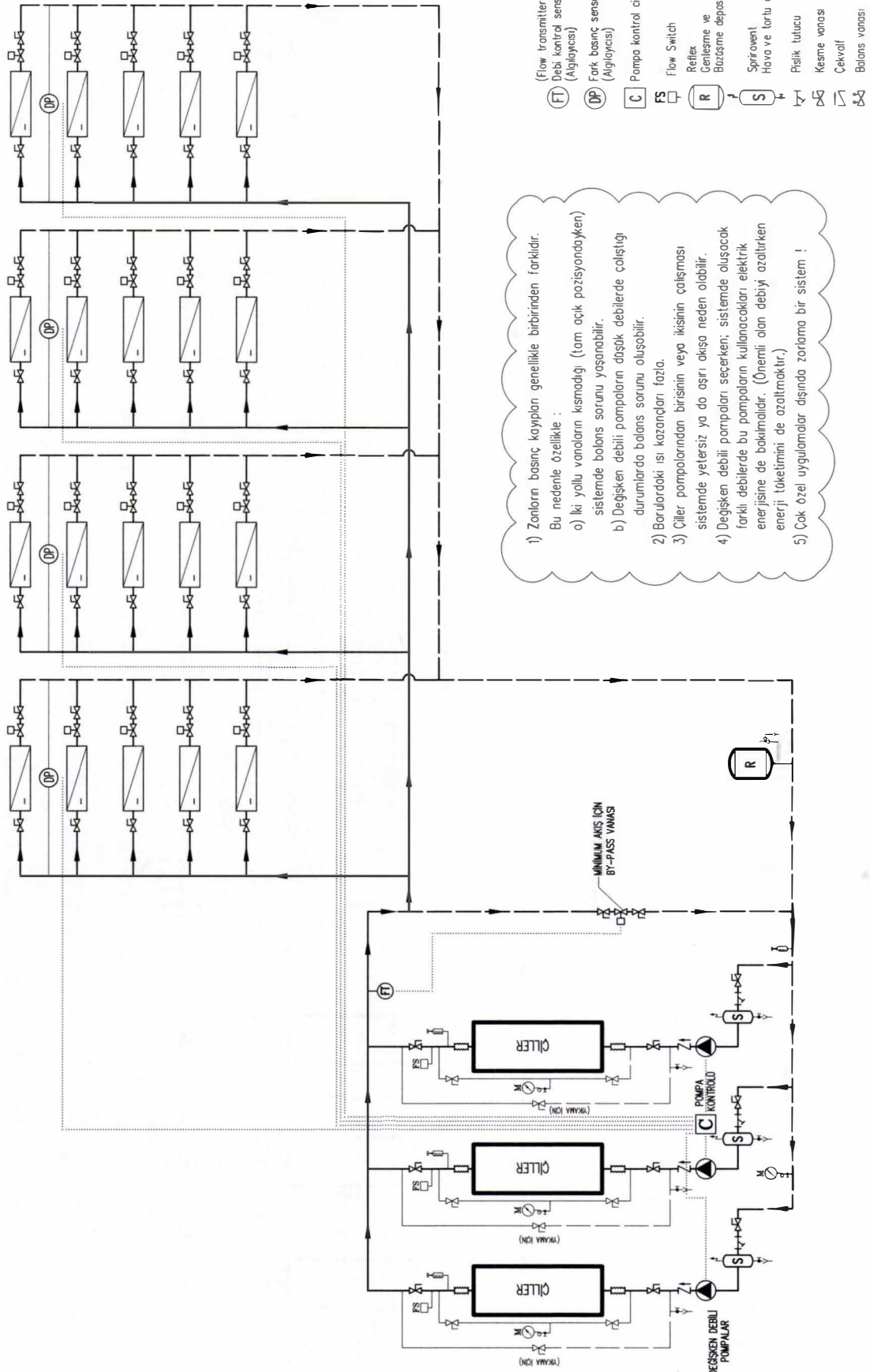
Şekil 2.49. SABİT AKIŞ SİSTEMİ (Sabit debili pompalar, 3 yollu motorlu vanalar, çok sayıda ayar vanaları)



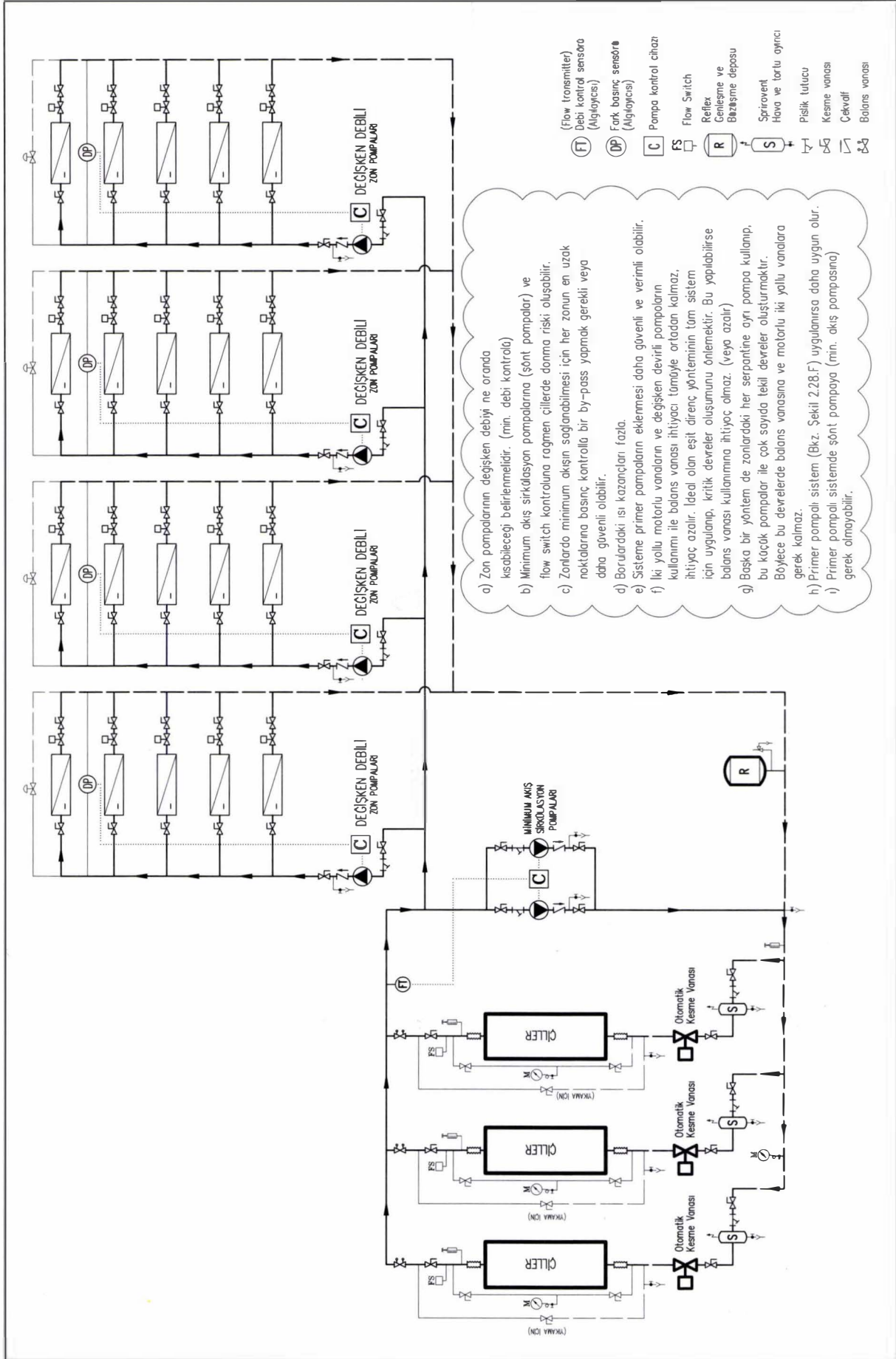
Şekil 2.50. DEĞİŞKEN DEBİLİ SİSTEM (Değişken debili pompalar, 2 yollu motorlu vanalar)



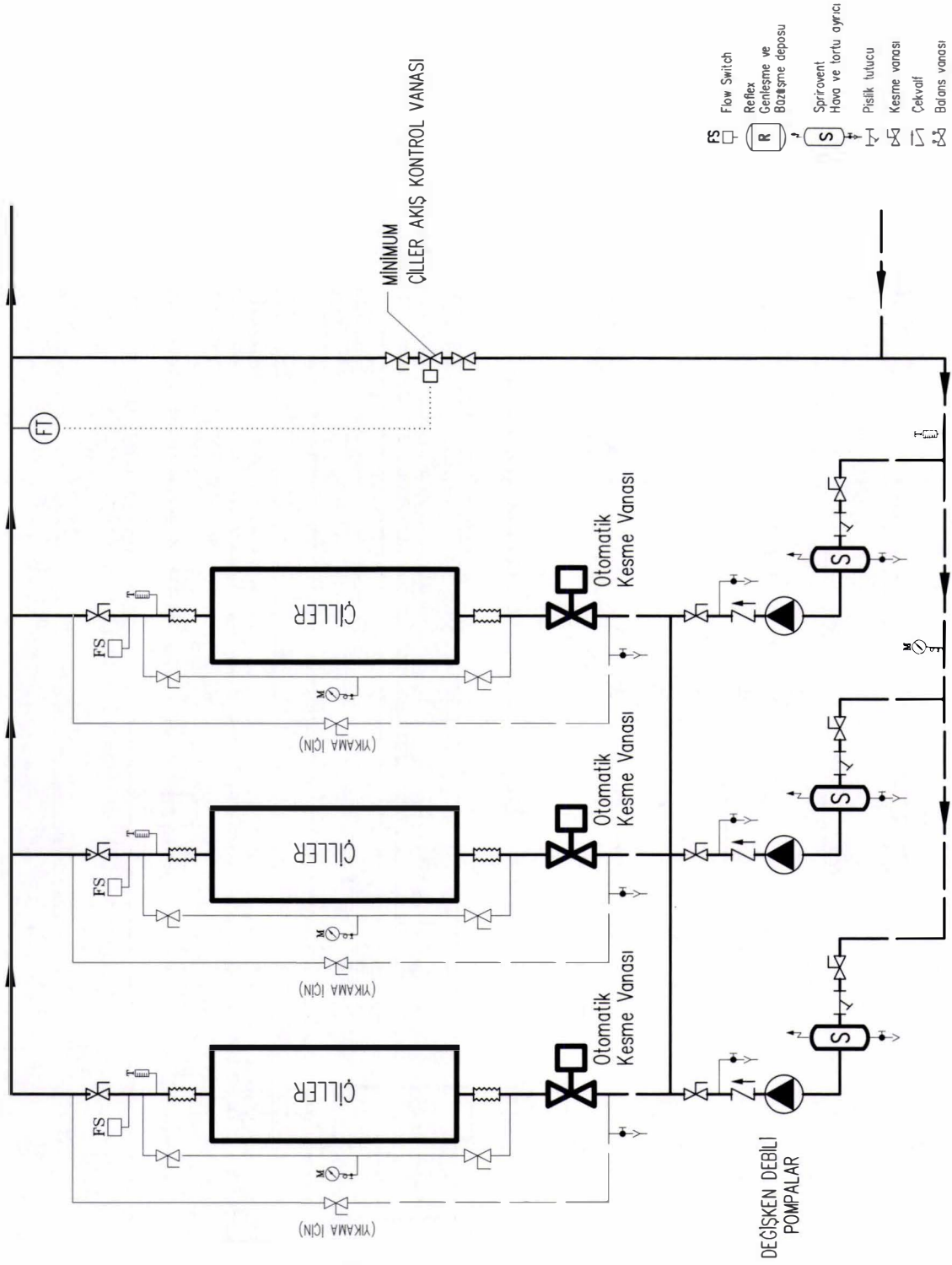
a) Pompalama için fazla enerji kullanılıyor.
b) Borulardaki ısı kazançları fazla.
c) Zonların döndür hattındaki debi kontrol vanaları gereksiz.
(Zon pompaları sabit debili olduğu için)
d) Özel bir neden yoksa (hassas kontrol gibi)
3 yollu vana kullanmaktan kaçınılmalıdır.
e) Sistemde çok sayıda balans vanası var.
f) Balans vanaları genellikle kesme vanası yerine de kullanılabileceği için (sızdırmazlığından eminensiz) ayrıca kesme vanasına ihtiyaç duyulmayabilir.
g) 3 yollu vana by-pass hattının çapı daha küçük seçilerek (by-pass hattında oluşacak direncin serpantin direncine eşit olması sağlanarak) her serpantin için tek (ortak) balans vanası kullanılabilir.
h) 3 yollu vanaların kullandığı sistemlerde Δt kontrolü olarak çalışan devirli pompalar seçilebilir.
i) İşletme maliyeti yüksek.



Şekil 2.52. DEĞİŞKEN DEBİLİ PRİMER POMPALI SİSTEM (1 binada 4 zon)

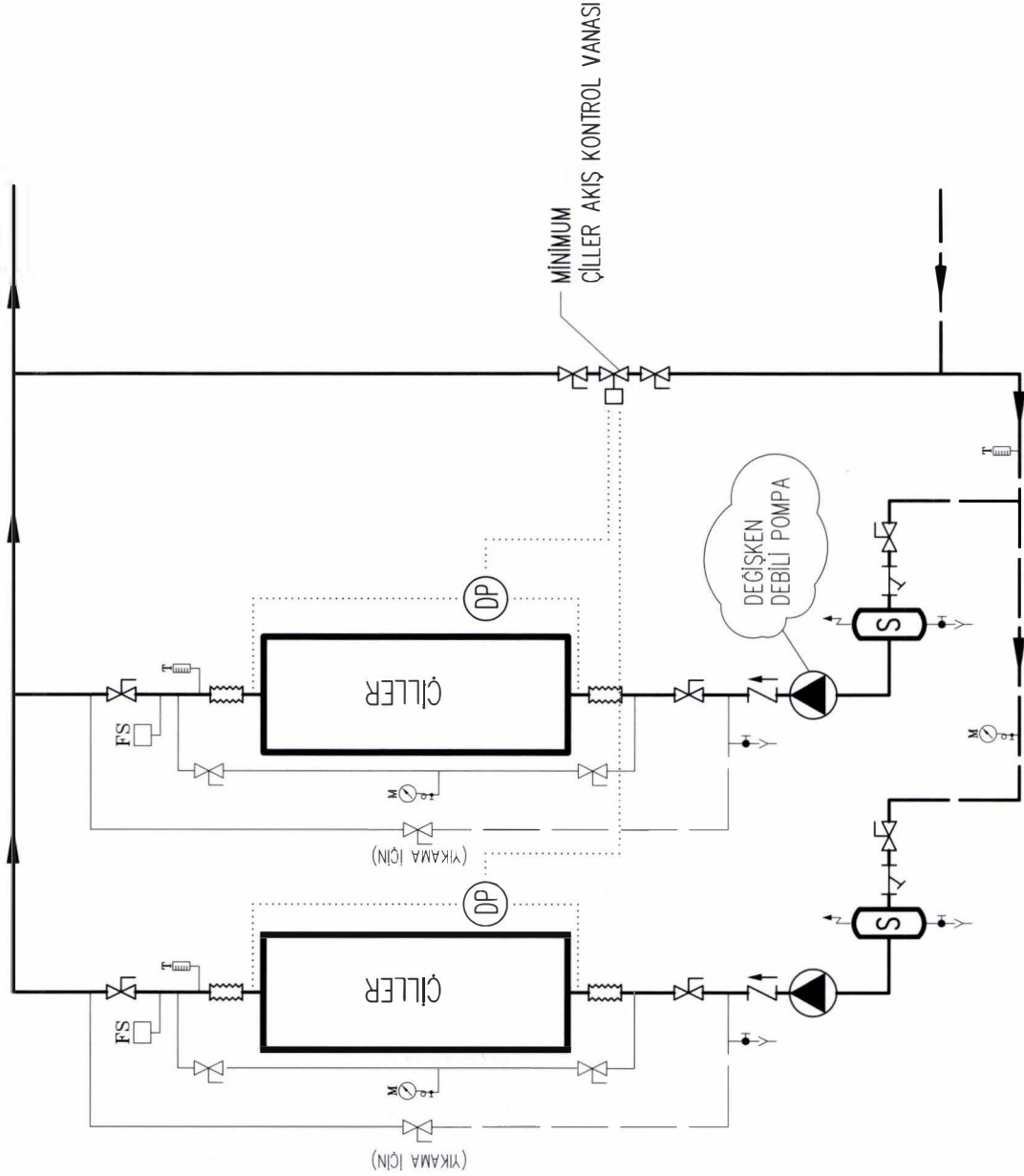


Şekil 2.53. PRİMER POMPASIZ, DEĞİŞKEN DEBİLİ SİSTEM (4 ayrı bina için)

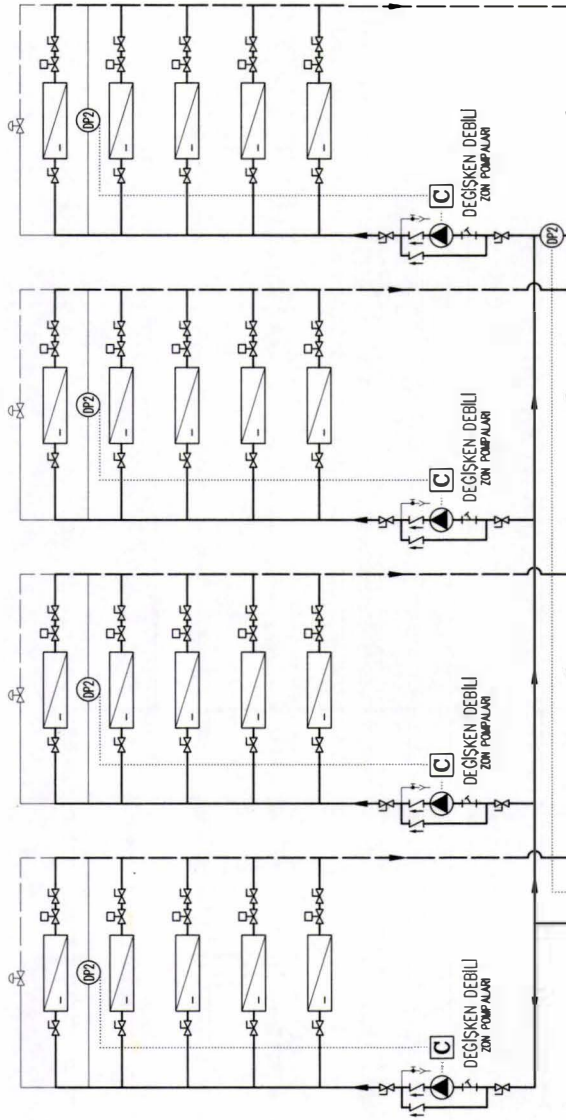


Şekil 2.54. FARK BASINÇ SENSÖRÜNÜN (Algılayıcısının) MINIMUM AKIŞ KONTROLÜ İÇİN KULLANIMI

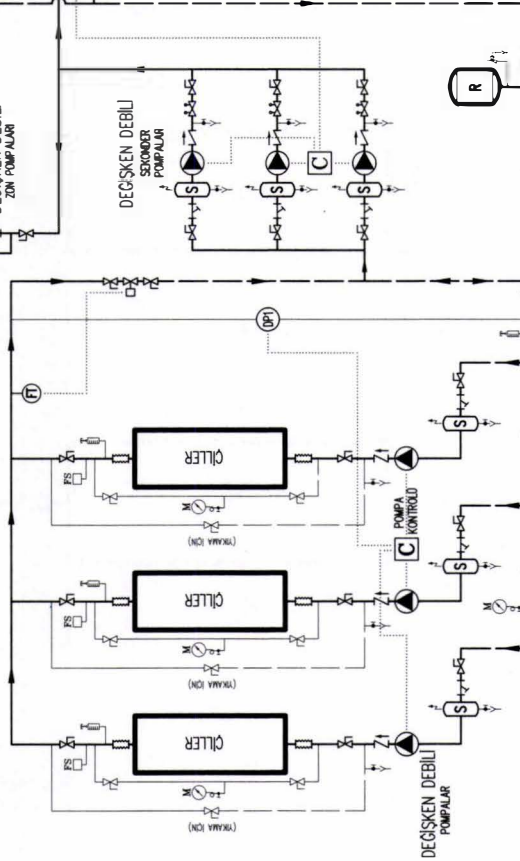
Δp Set değeri altına düşünce yeterli debi geçmiyor demektir. AKV (min. Akış Kontrol Vanası) açmaya başlar, minimum debi geçinceye kadar açılır.



Şekil 2.55. SABİT AKIŞ SİSTEMİNİN DEĞİŞKEN AKIŞLI SİSTEME ÇEVİRİLMESİ



- a) Zon pompalarının değişken debiyi ne oranda kısabileceği belirlenmelidir. (min. debi kontrolü)
- b) Zon pompaları, o zonda akışın olmadığı anlarda durdurulabilir. (sistem müdahaleli bir min. akışın alındığı debilerde de zon pompaları durdurulabilir)
- c) Zonlarda minimum akışın sağlanabilmesi için her zonun en uzak noktalarına basınç kontrolü bir by-pass yapmak gerekli veya daha güvenli olabilir.
- d) Değişken debili pompaları seçerken; sistemde oluşacak farklı debilerde bu pompaların kullanacakları elektrik enerjisi de bakılmalıdır.
- (Önemli olan debiyi azaltırken enerji tüketimini de azaltmaktır.)



- e) İki yönlü motorlu vanaların ve değişken devirli pompaların kullanımı ile balans vanası ihtiyacı tamamen ortadan kalkmaz. İhtiyaç azalır. İdeal olan eşit direnç yönteminin tüm sistem için uygulanıp, kritik devreler oluşumunu önlemektir. Bu yapılabirise balans vanası kullanımına ihtiyaç olmaz. (veya azalır)
- f) Başka bir yöntem de zonlardaki her serpantine ayrı pompa kullanıp, bu küçük pompalar ile çok sayıda tekl devreler oluşturulur. Böylece bu devrelerde balans vanasına ve motorlu iki yönlü vanalara gerek kalmaz.
- g) Denge kabı olarak çalışacak kollektörlerdeki su hızlarını düşük değerlerde (0,2 m/s gibi) seçilmelidir. (zon pompalarının birbirini alumsuz etkilememesi için).
- h) Değişken debili çiller pompalarının (primer pompalar) kontrolünün su soğutma grubu panosundan yapılması daha uygun olur. Üretici firmasının önerdiği koşullar mutlaka sağlanmalıdır.
- i) Zon pompalarının by-pass hatlı; (çok düşük ihtiyaçlarda değişken debili zon pompaları durduğu serilerdeki) küçük kapasitelerinin dağılım pompalarıyla karşılanabilmesi için yapılmalıdır. İhtiyaç olup olmadığı kontrol edilmelidir.

- (Flow transmitter)
(FT) debi kontrol sensörü
(Aglolyacs)
(DP) Fark basınç sensörü
(Aglolyacs)
(C) Pompa kontrol cihazı
(PS) Flow Switch
(R) Reflex Genleşme ve Bataşma deposu
(S) Spiravent Hava ve tortu ayırıcı
(T) Pislik tuluca
(D) Kesme vanası
(V) Çekvalf
(B) Balans vanası

Şekil 2.56. ORTAK KOLEKTÖRLÜ SİSTEM

Merkezi fan coil sisteminde çatıya yerleştirilmiş hava soğutmalı 155 kW kapasiteli 2 adet çiller bulunmaktadır. Burada üretilen soğutulmuş su, fan coil devresinde ve klima santralleri devrelerinde dolaştırılmaktadır. Fan coil devresinde hesap yükü 184 kW ve klima-havalandırma santralleri devresi hesap yükü 151 kW değerindedir. Çiller devresinde ve fan coil devresinde suyun dolaşımı için pompalar kullanılmaktadır. Odalardaki fan coil cihazları önünde 3 yollu kontrol vanaları bulunmakta ve kapasiteyi ayarlamaktadırlar. Su, 24 saat sürekli olarak sistemde dolaşmaktadır.

2.9.1 BORULARDAKİ ISI KAZANCI

Göz önüne alınan yapıdaki tesisat projesi üzerinden metraj yapılarak soğutulmuş su borularının farklı çaplardaki uzunlukları belirlenmiştir. Bu değerler *Tablo 2.29*'da verilmiştir. Buna göre binadaki toplam boru uzunluğu 1.441 m değerindedir.

Göz önüne alınan sistemde borularda dolaşan soğutulmuş suyun sıcaklığı 7/13°C seçilmiştir. Buna göre boru içindeki ortalama su sıcaklığı 10°C olarak ele alınmıştır. Buna karşılık, boruların geçtiği ortam, iklimlendirilmemiş bina içi boşluklar ve şaftlar olarak düşünülmüştür. Buna göre bu ortamların koşulları sabit değerler olarak alınabilir. Boru dışındaki hava 25°C sıcaklıkta ve %60 bağıl nemde kabul edilmiştir.

Hesap, sürekli rejim halinde yapılmıştır. Bu durumda, 1 m boru uzunluğundaki izoleli borudaki ısı kazancı, $q = \Delta T / R$ (W/m)

$$R = 1 / \pi [1 / h_i \times d_i + (1/2k) \cdot \ln(d_o/d_i) + 1/h_o \cdot d_o]$$

ifadelerinden bulunabilir.

Burada h taşınım ısı geçiş katsayısını, k iletimle ısı geçiş katsayısını göstermektedir. d_o dış çap ve d_i iç çaptır. ΔT iç dış sıcaklık farkını gösterir.

2.9.1.1 Farklı İzolasyon Kalınlıkları İçin Hesaplanan Isı Kazançları

Soğutulmuş su borularında kullanılan izolasyon kalınlıkları, genellikle uygulamalarda yetersiz kalmaktadır. Soğutulmuş su taşıyan borularda izolasyon daha çok yoğunlaşmayı önleyecek biçimde yapılmaktadır. Bu amaçla fleks türü malzemeler kullanılmaktadır. Farklı su sıcaklıklarında ve farklı dış ortam koşullarında soğutulmuş su borularındaki yoğunlaşmayı önlemek için gereken yalıtım kalınlıkları, ODE tarafından hazırlanan bir el kitabında verilmiştir. Buna göre içinde 5°C sıcaklıkta soğutulmuş su dolaşan borularda, dış ortam sıcaklığı 25°C ve bağıl nem %60 olduğunda, yalıtım kalınlığı 6 mm olarak verilmiştir.

6 mm kalınlıkta fleks türü malzemeyle ($k = 0,050$ W/mK) izole edilen çeşitli çaptaki borularda 18°C sıcaklık farkında meydana gelen ısı kazançları *Tablo 2.29*'da gösterilmiştir.

Uygulamada yoğunlaşmanın önlenmesi amacıyla daha kalın izolasyon tercih edilmektedir. Pratikte kullanılan kalınlıktaki fleks türü malzemeyle ($k = 0,050$ W/mK) izole edilen çeşitli çaptaki borularda 18°C sıcaklık farkında meydana gelen ısı kazançları yine *Tablo 2.29*'da gösterilmiştir.

Halbuki enerji ekonomisi dikkate alındığında izolasyon kalınlıkları artırılmalıdır. TTMD tarafından hazırlanan Tesisat Mühendisliği Uygulama Kitabında tavsiye edilen izolasyon kalınlıkları çok daha fazladır. Bu kalınlıklarda yine aynı malzemeden yalıtım yapıldığında ısı kazançları çok azalmaktadır. Bu değerler ve hesaplanan kazançlar yine *Tablo 2.57*'de verilmiştir. Buna göre borulardaki ısı kazançları arasında büyük farklılıklar bulunmaktadır. Sadece yoğunlaşmayı önleyecek 6 mm yetersiz izolasyon halinde, borulardaki ısı kazancı yükünün binanın toplam pik yüküne oranı,

Çap	Uzunluk	Sıcaklık Farkı	İzolasyon Kalınlığı	Isı Kazancı	İzolasyon Kalınlığı	Isı Kazancı	İzolasyon Kalınlığı	Isı Kazancı
mm	m	°C	mm	W	mm	W	mm	W
15	60	18	6	354	9	311	25	209
20	220	18	6	1.589	9	1.374	25	891
25	262	18	6	2.340	9	1.911	30	1.104
32	153	18	6	1.585	9	1.338	30	742
40	66	18	6	820	9	686	30	367
50	126	18	6	1.892	9	1.567	30	810
60	58	18	6	1.021	12	720	40	357
80	48	18	6	1.092	12	757	40	359
100	310	18	6	8.648	12	5.924	40	2.723
125	90	18	6	3.089	12	2.096	50	805
150	48	18	6	1.956	12	1.318	50	493
Toplam =	1.441		Toplam =	24.300	Toplam =	18.000	Toplam =	8.860

Tablo 2.57. BORU UZUNLUKLARI VE YETERSİZ İZOLASYON HALİNDEKİ ISI KAZANCI

Oran = 24,3 (151 + 184) = %7,2 olmaktadır.

Bu oran, iyi bir izolasyon uygulanması halinde,

Oran = 8,9 / 335 = %2,6 değerine inmektedir.

Ancak burada önemli olan, pik yükteki durum değil, kısmi yüklerdeki durumdur. Kısmi yüklerde sistem ısı kazançları daha azalacaktır. Buna karşılık borulardaki kazanç değişmez. Bu durumda borulardaki kazancın etkisi daha fazla olacaktır.

2.9.2 BORU ISI KAZANÇLARININ YILLIK MALİYETİ

Borulardan olan ısı kazancı, sistem çalıştığı süre boyunca günde 24 saat, ayda 30 gün ve yılda 6 ay boyunca sürekli meydana gelecektir. Bu durumda hesaplanan saatlik kazanç, toplam çalışma süresiyle çarpılarak mevsimlik ısı kazancı bulunabilir.

Yetersiz yalıtım halinde,

Borulardan Mevsimlik Isı Kazancı =

$24.281 \times 24 \times 30 \times 6 / 1.000 = 105.000 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

Çiller COP değeri katalogta tam yükte 2,6 olarak verilmiştir. Bu durumda borulardan olan ısı kazancının çillerde neden olduğu mevsimlik elektrik enerjisi tüketimi, Elektrik tüketimi=

$105.000 / 2,6 = 40.000 \text{ kWh}$ olarak hesaplanır.

Yeterli yalıtım yapılması halinde,

Borulardan Mevsimlik Isı Kazancı =

$8.860 \times 24 \times 30 \times 6 / 1.000 = 38.000 \text{ kWh}$ değerine düşer.

Bu durumda borulardan olan ısı kazancının çillerde neden olduğu mevsimlik elektrik enerjisi tüketimi, $38.000 / 2,6 = 14.700 \text{ kWh}$ olarak hesaplanır.

2.9.3 SİRKÜLASYON POMPALARI ENERJİ TÜKETİMİ

Sistemde soğutulmuş su sirkülasyon pompası ve çiller devresi pompası çalışmaktadır. Öncelikle bu pompalar, elektrik enerjisi tüketmektedir. Bunların enerji tüketimleri *Tablo 2.58*'de gösterilmiştir.

Buna ilave olarak, sirkülasyon pompasına verilen

elektrik enerjisinin tamamı, ısı yükü olarak suya geçmektedir. **Bu nedenle çillere verilmesi gereken ilave elektrik enerjisi,**

Elektrik enerjisi = $30.374 / 2,6 = 11.682 \text{ kWh}$ olarak hesaplanır.

2.9.4 TOPLAM ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİ

Merkezi soğutulmuş sulu soğutma sistemlerinde, borulardan olan ısı kazancı ve sürekli çalışan sirkülasyon sistemi nedeniyle elektrik enerjisi tüketimine olan ilave yük, yukarıdaki üç kalemin toplamı olacaktır. Örnek alınan binadaki hesap sonuçları *Tablo 2.59*'da özetlenmiştir. Merkezi soğutulmuş su dolaşım sisteminin sirkülasyon pompaları dahil örnek binada mevsimlik elektrik enerjisi maliyeti, aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Yetersiz yalıtım halinde =

$82.000 \times 0,095 = 7.790 \text{ EUR}$

Yeterli yalıtım halinde =

$57.000 \times 0,095 = 5.415 \text{ EUR}$

2.9.5 KESİNTİLİ ÇALIŞAN BİR OFİS BİNASINDA MERKEZİ SİSTEM BORU İŞLETME MALİYETİ

Borulardan olan ısı kazancı, ofis binasında sistemin çalıştığı kabul edilen sürede günde 12 saat boyunca sürekli meydana gelecektir. Yetersiz yalıtım halinde

	Fan Coil Devresi Pompası	Santral Devresi Pompası	Çiller Devresi Pompası
Debi	15.000 l / h	27.000 l / h	27.000 l / h
Basınç	14 mSS	13 mSS	13 mSS
Güç	1,316 kW	2,200 kW	2,200 kW
Adet	2	1	1
Aylık Tüketim	1.895 kWh	1.584 kWh	1.584 kWh
Yıllık Tüketim	11.370 kWh	9.502 kWh	9.502 kWh

Tablo 2.58. SİRKÜLASYON POMPALARI TOPLAM ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİ

	Yetersiz Yalıtım Olan Sistemde	Maliyet (EUR)	Yeterli Yalıtım Olan Sistemde	Maliyet (EUR)
Borularda Isı Kazancı Nedeniyle Çillerde Harcanan Mevsimlik Elektrik Enerjisi	40.000 kWh	5.320	14.700 kWh	1.950
Sirkülasyon Pompalarında Harcanan Mevsimlik Elektrik Enerjisi	30.374 kWh	4.040	30.374 kWh	4.040
Pompa Isı Kazancı Nedeniyle Çillerde Harcanan Mevsimlik Elektrik Enerjisi	11.682 kWh	1.560	11.682 kWh	1.560
Toplam Mevsimlik Tüketim	82.000 kWh	10.900	57.000 kWh	7.500

Tablo 2.59. MERKEZİ SİRKÜLASYON SİSTEMİ TOPLAM MEVSİMLİK ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİ

12 saatlik ısı kazancı,

Isı Kazancı = $24.281 \times 12 / 1.000 = 291$ kWh olarak bulunur.

Sistemin durduğu diğer 12 saat boyunca da borulardaki su ısınacaktır. Isınan su sistem ilk çalışmaya başladığında, yük olarak çillere aktarılacaktır. Borulardaki toplam su miktarı ve bu suyun kabul edilen ısınması sırasında kazandığı ısı enerjisi, *Tablo 2.60*'ta verilmiştir. Yetersiz izolasyon halinde durma sırasında ısınma 10°C ve yeterli izolasyon halinde durma sırasında ısınma 5°C kabul edilmiştir. Buna göre yetersiz izolasyon halinde günlük ısı kazancı = $291 + 68 = 359$ kWh olarak bulunur.

Bu durumda hesaplanan günlük kazanç, toplam çalışma süresiyle çarpılarak mevsimlik ısı kazancı bulunabilir. Yetersiz yalıtım halinde, Borulardan mevsimlik ısı kazancı = $359 \times 30 \times 6 = 64.620$ kWh olarak bulunur. Çiller COP değeri katalogta 2,6 olarak verilmiştir. Bu durumda borulardan olan ısı kazancının çillerde neden olduğu mevsimlik elektrik enerjisi tüketimi, Elektrik Tüketimi = $64.620 / 2,6 = 25.000$ kWh olarak hesaplanır.

Yeterli yalıtım yapılması halinde,

Borulardan Günlük Isı Kazancı = $106 + 34 = 140$ kWh
Mevsimlik Isı Kazancı = $140 \times 30 \times 6 = 25.000$ kWh değerine düşer. Bu durumda borulardan olan ısı kazancının çillerde neden olduğu mevsimlik elektrik enerjisi tüketimi, Elektrik Tüketimi = $25.000 / 2,6 = 9.700$ kWh olarak hesaplanır.

Sirkülasyon pompalarında elektrik tüketimi ve bunun kazanç olarak çillere getirdiği yük, günlük çalışma süresi yarıya indiği için, yarı yarıya azalır. Merkezi sulu soğutma sistemlerinde ofis örneğinde borulardan olan ısı kazancı ve sirkülasyon sistemi

Çap	Uzunluk	Su Hacmi	Sıcaklık Farkı	Yetersiz Yalıtım Isı Kazancı	Yeterli Yalıtım Isı Kazancı
mm	m	l/m	°C	kWh	kWh
15	60	0,21	10	0,1	0,1
20	220	0,38	10	1,0	0,5
25	262	0,60	10	1,8	0,9
32	153	1,02	10	1,8	0,9
40	66	1,39	10	1,1	0,5
50	126	2,21	10	3,2	1,6
60	58	3,10	10	2,1	1,0
80	48	5,40	10	3,0	1,5
100	310	8,30	10	29,9	15
125	90	12,9	10	13,5	6,8
150	48	18,4	10	10,3	5,1
Toplam = 1.441			Toplam =	68	34

Tablo 2.60. BORULARDAKİ TOPLAM SU MİKTARI VE BU SUYUN ISINMASI SIRASINDA KAZANDIĞI ISI ENERJİSİ

nedeniyle elektrik enerjisi tüketimine olan ilave yük hesap sonuçları *Tablo 2.61*'de özetlenmiştir.

Merkezi soğutulmuş su dolaşım sisteminin ofis halinde mevsimlik elektrik enerjisi maliyeti aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Yetersiz yalıtım halinde = $46.000 \times 0,133 = 6.100$ EUR

Yeterli yalıtım halinde = $31.000 \times 0,133 = 4.100$ EUR

2.9.6 YILLIK ISI YÜKÜNE ORANLA BORU ISI KAZANÇLARI

Pik yükün meydana geldiği Temmuz ayındaki tipik günde 24 saat boyunca ısı kazancı, saatlik değerler toplanarak belirlenebilir. Pik gündeki kazanç değerleri *Tablo 2.63*'te verilmiştir. Bu günlük kazanç 30 günle çarpılarak Temmuz ayı toplam kazancı bulunabilir.

Temmuz pik yükün olduğu ay olmak üzere referans alınarak, diğer aylardaki kazançlar aylık ortalama ısı-nım veya dış sıcaklık değerlerine göre orantı ile hesaplanmıştır. Soğutma mevsimi boyunca ortalama ısı-nım ve dış sıcaklık değerleriyle buna göre hesaplanan aylık net kazançlar *Tablo 2.64*'de verilmiştir.

Yetersiz yalıtım halinde borulardan mevsimlik ısı kazancının toplam sistem yüküne oranı,

Oran = $105.000 / 373.000 = \%28$ olmaktadır.

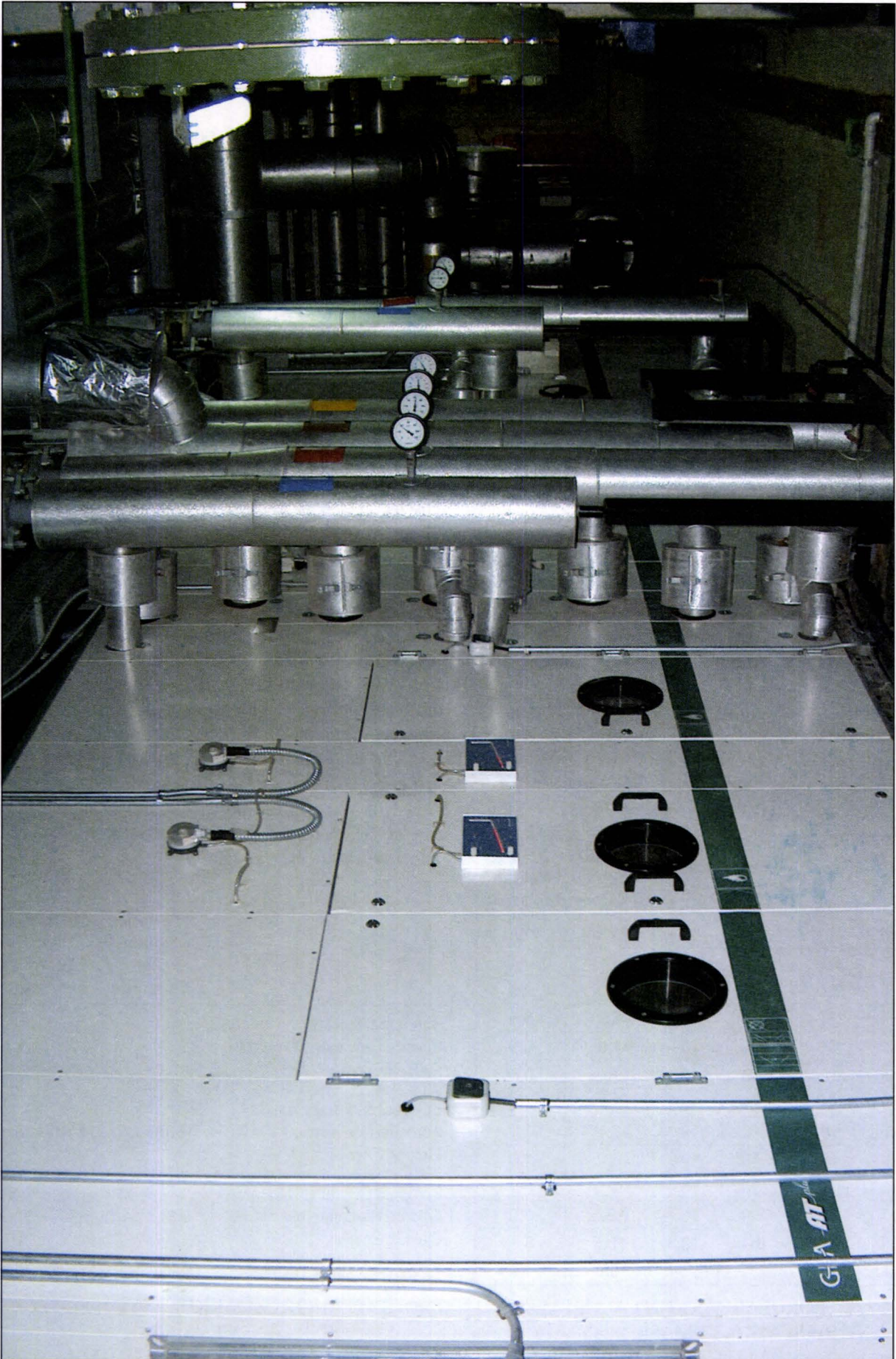
Buna karşılık ideal yalıtım halinde borulardan mevsimlik ısı kazancının toplam sistem yüküne oranı,

Oran = $38.000 / 373.000 = \%10$ olmaktadır.

Kısmi yüklerde çalışma dikkate alındığında, yetersiz izolasyonda örnek otel binasında boru kazançları, binanın net mevsimlik yükünün %28'i mertebesine çıkmaktadır. Bu oran, iyi izolasyonla %10 değerine düşürülebilse bile hala yüksek bir oran oluşturmaktadır. Bu nedenle fan coillerde iki yollu vana kullanılması ve fan coil sirkülasyon pompalarının değişken debili olmaları genellikle daha uygundur.

	Yetersiz Yalıtım Olan Sistemde	Yeterli Yalıtım Olan Sistemde
Borularda Isı Kazancı Nedeniyle Çillerde Harcanan Mevsimlik Elektrik Enerjisi	25.000 kWh	9.700 kWh
Sirkülasyon Pompalarında Harcanan Mevsimlik Elektrik Enerjisi	15.187 kWh	15.187 kWh
Pompa Isı Kazancı Nedeniyle Çillerde Harcanan Mevsimlik Elektrik Enerjisi	5.841 kWh	5.841 kWh
Toplam Mevsimlik Tüketim	46.000 kWh	31.000 kWh

Tablo 2.61. MERKEZİ SİRKÜLASYON SİSTEMİ TOPLAM MEVSİMLİK ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİ



Şekil 2.62. %100 TAZE HAVALI KLİMA SANTRALI - 50.000 m³/h

	Güneş Kazancı	Transmisyonla Olan Kazanç	Havalandırma Kazancı	Diğer Kazançlar	Toplam
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Pik Gün	740	1.638	2.458	1.200	6.036
Temmuz Brüt Yük	22.191	49.152	73.728	36.000	181.072

Tablo 2.63. PİK AYDAKİ YÜK DEĞERLERİ

2.10 SOĞUTMA GRUBUNDA ENERJİ TASARRUFU

Soğutma grubu seçilirken bir çok kriter gözönünde bulundurulmalıdır. Bu kriterlerin en önemlisi bu grupların enerji tüketimidir. Seçim yapılırken kolay karşılaştırma için Tablo 2.64 ve 2.65'te boş karşılaştırma tablosu verilmiştir. Bu formlar doldurularak iki farklı cihaz birbiriyle kıyaslanabilir.

Su soğutma gruplarının seçiminde kirlilik faktörü, basınç kaybı ve kısmi yüklerdeki verim karşılaştırmaları da yapılmalıdır.

2.10.1 UYGULAMADA ALINABİLECEK ÖNLEMLER

Çillerde su sıcaklığının düşürülmesi, kompresörde daha verimsiz bir çalışma anlamına gelir. Çiller su çıkış sıcaklığının 1°C düşürülmesi, kompresör veriminin kabaca %4 düşmesine neden olur.

Çiller su çıkış sıcaklığını, sıcak su kazanlarında olduğu gibi dış hava sıcaklığına (ve nemine) göre ayarlamak çiller kontrol paneli üzerinden mümkün değildir.

Kendi üzerindeki kontrol paneli, genellikle su çıkış sıcaklığından değil, su dönüş sıcaklığından kumanda alarak, çiller su çıkışını ayarlanan belirli değerlerde tutacak şekilde çalışır. Bina otomasyonu ile dış koşullara bağlı olarak su sıcaklığını değiştirmek imkanı vardır. Bina otomasyonunda böyle bir program yazılabilir. Otomasyon programının da çiller paneliyle haberleşebilme özelliği olmalıdır. Bazı otomasyon programlarında bu mümkündür.

Otomasyon sistemi verimleri eşit olan birden fazla sayıda su soğutma grubu varsa, belirlenen çalışma

süreleri sonunda grupların çalışma sırası değiştirilebilir. Büyük sistemlerde soğutma grupları, gerekli sistem yükünü arıza halinde yedek kapasitede bırakmak için %60 + %60 oranında karşılayan 2 adet veya sistem yükünü %35 + %35 + %35 oranında karşılayan 3 adet seçilebilir.

Büyük sistemlerde yedekleme şart değilse soğutma grupları, gerekli sistem yükünü %40 + %60 oranında karşılayan iki adet seçilebilir. Büyük sistemlerde eş zaman kullanım faktörü yedekleme bakımından kısmi bir avantaj olarak değerlendirilmelidir. Önce %40 kapasiteli grup çalışır, yetmezse bu grup kapanır ve %60 kapasiteli grup açılır, bu da yetmezse her ikisi birden (%40 + %60) devreye girer.

Çok çillerli gruplarda, çillerleri sıra kontrolüyle çalıştırmak ve en verimli çilleri, lider çiller olarak seçmek mümkündür. Düşük verimli çillerler, sürekli tam yükte çalışacaklarından en yüksek verimde çalışırlar. En yüksek verimli çiller, kısmi yüklerde çalışacağından sistemin toplam verimi maksimize edilmiş olur.

Oransal kapasite kontrol imkanına sahip olan üniteler (vidalı veya santrifüj kompresörlü), her zaman kademeli kontrol imkanına sahip (pistonlu kompresörlü) ünitelerden daha iyi kısmi yük enerji harcaması değerine sahiptir. Soğutma grupları seçiminde kapasiteye bağlı olarak literatürde tavsiye edilen kompresör tipleri Tablo 2.66'da verilmiştir.

Su soğutma gruplarında kondenser çıkışındaki sıcak su, bir plakalı eşanjörden geçirilerek, bir ön boylerde depolanabilir (Soğuk suyun ön ısıtılmasında kullanılabilir.). Kullanma sıcak suyu tüketiminin fazla olduğu otel gibi uygulamalarda, boyler enerji tüketiminde önemli ölçüde tasarruf sağlanabilir.

	Aylık Ortalama Işınım	Aylık Ortalama Dış Sıcaklık	Aylık Net Güneş Yüğü	Aylık Net Transmisyon Yüğü	Aylık Net Havalandırma Yüğü	Diğer Yüğü	Toplam Aylık Net Yüğü
	Mj/m ² - Gün	°C	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Mayıs	22,1	20,5	12.132	1.748	2.622	21.000	37.502
Haziran	23,8	25,0	13.065	6.827	10.240	21.000	51.132
Temmuz	23,1	28,2	12.681	28.672	43.008	21.000	105.361
Ağustos	20,9	28,1	11.473	27.989	41.984	21.000	102.447
Eylül	17,5	24,9	9.607	6.144	9.216	21.000	45.967
Ekim	12,8	20,3	7.027	1.049	1.573	21.000	30.649
Toplam =							373.000

Tablo 2.64. ÖRNEK OTEL YILLIK NET SOĞUTMA YÜKÜ

Performans Verisi	Cihaz I (Firma I)	Cihaz II (Firma II)						
Cihaz Tipi								
Soğutma kapasitesi kW								
Kompresör sayısı Adet								
Tasarım şartlarında çektiği güç kW								
Soğutucu akışkan								
Soğutucu akışkan miktarı kg								
Minimum soğutucu kapasitesi (kontrol step)								
Maksimum kompresör şalt sayısı Adet/h								
Cihaz devir sayısı								
Evaporatör								
Debi l/s								
Su giriş sıcaklığı °C								
Su çıkış sıcaklığı °C								
Basınç düşüşü kPa								
Kirlenme Faktörü m² °C/kW								
Kondenser								
Toplam kapasite kW								
Debi l/s								
Su giriş sıcaklığı °C								
Su çıkış sıcaklığı °C								
Basınç düşüşü kPa								
Kirlenme Faktörü m² °C/kW								
Ara Yük Verimleri - ARI Şartları								
100 % tam yük								
75 % ara yük								
50 % ara yük								
25 % ara yük								
NPLV Değeri								
Ara Yük Verimleri - Sabit Kule Suyu Sıcaklığı								
100 % tam yük								
75 % ara yük								
50 % ara yük								
25 % ara yük								
Ses Basınç Seviyesi (1 m mesafede)								
63 Hz	100	75	50	25	100	75	50	25
125 Hz								
250 Hz								
500 Hz								
1.000 Hz								
2.000 Hz								
4.000 Hz								
Yaklaşık ses seviyesi dB(A)								
Çalışma Ağırlığı kg								
Ebatları mm								
Fiyat								

Şekil 2.64. SU SOĞUTMALI SOĞUTMA GRUPLARI KARŞILAŞTIRMA TABLOSU

		Proje Değeri	Cihaz I (Firma I) AHU	Cihaz II (Firma II) AHU
	Alın hızı	m/s		
	Dış hava oranı			
Ventilatör	Debi	m ³ /h		
	Δp cihaz dışı	Pa		
	Δp cihaz içi	Pa		
	Δp toplam	Pa		
	Fan rpm			
	Fan çapı	mm		
	Çark tipi			
	Fan verimi	%		
	Mil gücü	kW		
	Motor gücü	kW		
	Ses seviyesi	dB(A)		
Aspiratör	Debi	m ³ /h		
	Δp cihaz dışı	Pa		
	Δp cihaz içi	Pa		
	Δp toplam	Pa		
	Fan rpm			
	Fan çapı	mm		
	Çark tipi			
	Fan verimi	%		
	Mil gücü	kW		
	Motor gücü	kW		
	Ses seviyesi	dB(A)		
Filtre I	Sınıf			
	Ortalama basınç kaybı	Pa		
	Kirli basınç kaybı	Pa		
	Filtre geçiş hızı	m/s		
Filtre II	Sınıf			
	Ortalama basınç kaybı	Pa		
	Kirli basınç kaybı	Pa		
	Filtre geçiş hızı	m/s		
Isıtıcı Serpantin	T _g / T _c hava	°C/°C		
	T _g / T _c su	°C/°C		
	Kapasite	kcal/h		
	Δp _{su}	kPa		
	Δp _{hava}	Pa		
Soğutucu Serpantin	T _g / T _c hava	°C/°C		
	T _g / T _c su	°C/°C		
	Kapasite	kcal/h		
	Δp _{su}	kPa		
	Δp _{hava}	Pa		
Isı Geri Kazanım Ünitesi	Tipi			
	T _g / T _c primer	°C/°C		
	T _g / T _c sekonder	°C/°C		
	Verim	%		
	Batarya sıra sayısı	Adet		
Ebatlar	Kapasite	kcal/h		
	Uzunluk	mm		
	Yükseklik	mm		
DIN 1886 Göre Özellikler	Genişlik	mm		
	Hücre cidar kalınlıkları			
	Gövde mukavemeti			
	Gövde kaçakları			
	Termal köprüleme			
	Termal geçirgenlik değeri			
	Ortalama ses yutma değeri			
	Fan markası			
	Fan tipi			
	Cihaz tipi			
	Hücre sayısı			
	Toplam ağırlık	kg		
	Fiyat	EUR		
	Teslim yeri ve şekli			
	Teslim süresi			
	Eksik aksesuar			
	ÖTV + KDV	EUR		

Şekil 2.65. KLİMA SANTRALLARI KARŞILAŞTIRMA TABLOSU

2.10.2 İŞLETMEDE ALINABİLECEK ÖNLEMLER

Çiller kondenser ısı geçiş yüzeyleri temiz tutulmalı ve gerektiğinde kimyasal yöntemlerle temizlenmelidir. Kirli kondenserlerde, soğutma kapasitesi düşer ve soğutucu akışkan sıcaklığı yükselir. Bu ise verimin düşmesine neden olur.

2.10.3 MERKEZİ SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE TOPLAM SİSTEM VERİMİ (COP_{sistem})

2.10.3.1 Kompresörler

HVAC sistemlerinde soğuk üretmek üzere kompresörler kullanılır. Soğutma yapan bir klima sisteminde en büyük enerji, bu elemanlarda kullanılır. Kompresöre verilen elektrik enerjisiyle soğutma enerjisi üretilir. Birim soğutma için kullanılan elektrik enerjisi miktarı bir kompresörün ısı performansını (verimliliğini) ifade eden ana parametredir. “Beslenen elektrik enerjisi/elde edilen soğutma enerjisi” oranı çeşitli biçimlerde (birimlerde) ifade edilir:

$\text{kW/ton}_{\text{soğutma}}$

COP (kW/kW)

EER (Mbtu/kWh veya btu/Wh)

Soğutma kapasitelerine göre tavsiye edilen kompresör tipleri *Tablo 2.66*’da verilmiştir.

Burada geçen “ $\text{ton}_{\text{soğutma}}$ ” bir enerji birimi olup, $1 \text{ ton}_{\text{soğutma}} = 3,56 \text{ kW} = 3062 \text{ kcal/h}$ değerindedir. *Tablo 2.67*’de çeşitli tip kompresörler için üretici kataloglarından alınan tipik kW/ton oranı değerleri verilmektedir. ASHRAE / IESNA Standart 90.1-1999 birçok HVAC ekipmanının minimum verim değerlerini vermektedir. Cihazlar bu verim değerlerinin altında olamazlar. *Tablo 2.68*’de 4 tip ekipman için verilen limit değerler görülmektedir. Bu değerler 29 Ocak 2001 tarihinden itibaren geçerlik kazanmıştır.

Bir su soğutma grubunda, soğutma kompresörü yanında elektrik enerjisi tüketen fanlar ve pompalar da bulunur. Dolayısıyla çiller grubu soğutma enerjisi üretme performansı değerlendirilirken kompresör dışında elektrik enerjisi tüketen diğer yardımcı ekipman tüketimleri de dikkate alınmalıdır. Bu durumda birim soğutma için harcanan elektrik enerjisi değerleri artacaktır. *Tablo 2.69*’da çeşitli tip yüksek verimli çillerler için üretici kataloglarından alınan tipik kW/ton oranı değerleri karşılaştırmak için standartlarda verilen minimum değerlerle birlikte verilmiştir.

Soğutma Kapasitesi	Kompresör Tipi
25 $\text{ton}_{\text{soğutma}}$ kadar	Pistonlu ve Scroll
25 - 80 $\text{ton}_{\text{soğutma}}$	Pistonlu veya Vidalı
200 - 800 $\text{ton}_{\text{soğutma}}$	Vidalı - Santrifüj
800 $\text{ton}_{\text{soğutma}}$ büyük	Santrifüj

Tablo 2.66. KAPASİTEYE GÖRE TAVSİYE EDİLEN KOMPRESÖR TİPLERİ

2.10.3.2 Sistem Elemanları ve Dağıtım Sistemlerinin Performansı

Yaz mevsiminde soğutma yapan bir klima sistemi ısı performansını değerlendirilirken; sadece kompresörün ve ya su soğutma grubunun elektrik enerjisi tüketimi değil, sistemde tüketilen elektrik enerjisinin tamamı ele alınmalıdır. Ayrıca üretilen soğuk enerjinin bir kısmı hacimleri soğutmada kullanılmadan, HVAC sisteminin kendi elemanlarında tüketilmektedir. Eğer soğutma sisteminin kendi elemanları kaynaklı ısı kazançları, üretilen soğuk enerjisinden çıkarılırsa, geriye “net soğuk enerji” kalır. Hacimlerin soğutulmasında yararlanılabilecek net değer budur. Örneğin tam havalı bir VAV sisteminde, elektrik enerjisi beslenen yardımcı ekipman, klima santrali besleme ve dönüş fanları, soğutulmuş su sirkülasyon pompaları, kondenser pompaları, soğutma kulesi (veya kondenser fanı), zon fanları veya fanlı VAV kutularındaki fanlar olarak sayılabilir. Bu elemanlardan soğutma kulesi fanı veya kondenser fanı ve kondenser pompası dışındaki soğutma devresi elemanlarına beslenen elektrik enerjisi, sonuçta ısı yüküne dönüşür. Soğutma devresindeki fanlara ve pompalara beslenen elektrik enerjisinden verimsizlik olarak tanımlanan kısımlar, bu elemanlarda ısıya dönüşür. Akışkana aktarılabilen statik ve dinamik enerji ise, kanal ve borularda sürtünmeyle ısı enerjisine dönüşür. Sonuçta soğutma devresindeki sirkülasyon pompa ve fanlarına beslenen elektrik enerjisinin tamamı ısıya dönüşür ve üretilen soğuk enerjisinden düşülmelidir.

Sistemin ısı performansını değerlendirirken birim “net soğuk enerji” üretmek için kullanılan toplam elektrik enerjisi oranı esas alınmalıdır. Böylece sistem performansına yardımcı cihazların etkisini görmek ve değerlendirmek mümkün olur. *Tablo 2.71* ve *2.72*’de fanlı VAV kullanan merkezi sulu santrifüj çillerli ve havalı pistonlu çillerli örnek bir HVAC sistemi tipik performans değeri hesap çizelgeleri verilmiştir. Bu çizelgelerde 1 ton soğutma enerjisi üretmek için, sistemde tüketilen elektrik enerjisi ve cihaz kaynaklı ısı yükleri düşüldükten sonra elde kalan net soğuk enerji hesaplanmıştır. *Tablo 2.73*’de hava soğutmalı çillerli fan coil sistemi performans değeri hesap çizelgesi verilmiştir. Burada tesisatta boru ve kanallardan olan ısı kazançları da hesapta göz önüne alınmıştır. Yardımcı cihazların performans değerleri literatürden alınmıştır.

Bu hesap föyüne www.geokiss.com adresinden ulaşılabilir.

Kabul edilen standart koşullar:

Su soğutmalı çiller için soğutulmuş su çıkış sıcaklığı = 45°F (7,2°C ≈ 7°C)

Su soğutmalı çiller için soğutulmuş su dönüş sıcaklığı = 55°F (12,8 °C ≈ 13°C)

Su soğutmalı çiller için soğutulmuş su sıcaklık farkı = 10°F (5,6 °C ≈ 6°C)

Su soğutmalı çiller için kondensere giren soğutma suyu = 85°F (29,4°C ≈ 29°C)

Su soğutmalı çiller için kondenserden çıkan soğutma suyu = 95°F (35°C)

Hava soğutmalı çiller için

dış hava sıcaklığı = 95°F (35°C)

Direkt genleşmeli (DX) soğutma bataryalarında buharlaşma sıcaklığı = 45°F (7,2°C ≈ 7°C)

Su soğutmalı çillerde birim soğutma için tüketilen elektrik enerjisinin 0,5 olan kW/ton değeri, bütün sistem (fan powered VAV sistemi) ele alındığında 1,61 değerine yükselmektedir.

7,12 olan COP değeri de 2,18 değerine düşmektedir.

Hava soğutmalı çillerde birim soğutma için tüketilen elektrik enerjisinin 1,49 olan kW/ton değeri, aynı VAV sistemi ele alındığında 2,81 değerine yükselmektedir.

2,39 olan COP değeri de 1,25 değerine düşmektedir. Fan coil sistemi ele alındığında, hava soğutmalı çillerde birim soğutma için tüketilen elektrik enerjisinin 1,51 olan kW/ton değeri, sistem ele alındığında 2,27 değerine yükselmektedir.

2,35 olan COP değeri de 1,55 değerine düşmektedir.

Görüldüğü gibi sistemde kullanılan yardımcı elemanların, sistem performansına ve verimine büyük etkileri olmaktadır. Ele alınan sistemin optimum bir sistem olmaktan uzak olduğu görülmektedir. Ancak pratikte bu tip sistemlerle sıkça karşılaşmaktadır. Bu nedenle, sistemleri karşılaştırırken “sistemin EER veya COP değerleri”ne bakılmalıdır. Ayrıca elektrik tüketimini etkileyen diğer faktörler eklenmelidir.

Kompresör Tipi	Kondenser Tipi	Kondenser Soğutma Suyu/Havası Sıcaklığı	Soğutulmuş Su Sıcaklığı	kW/ton		
				Yüksek Verimli	Orta Verimli	Düşük Verimli
Scroll - DX	Sulu	Su Sıcaklığı = 29°C	7°C	0,65	0,75	0,85
Scroll - DX	Havalı	Dış Hava Sıcaklığı = 35°C	7°C	0,78	0,88	0,98
Pistonlu - DX	Sulu	Su Sıcaklığı = 29°C	7°C	0,69	0,78	0,90
Pistonlu - DX	Havalı	Dış Hava Sıcaklığı = 35°C	7°C	0,80	0,90	1,00

Tablo 2.67. ÇEŞİTLİ TİP KOMPRESÖRLER İÇİN ÜRETİCİ KATALOGLARINDAN ALINAN TİPİK kW/ton ORANI DEĞERLERİ

(kW/ton = 1 ton soğutma enerjisi için kullanılan kW cinsinden elektrik gücüdür.)

Cihaz	Minimum Verim	Test Yöntemi
Rooftop Klima Cihazı 15 ton _{soğutma}	EER = 9,70	ARI 340/360
Su Kaynaklı Isı Pompası (Soğutma Modunda) 4 ton _{soğutma}	EER = 12,0 (Su Giriş Sıcaklığı 30°C)	ARI/ISO - 13.256 - 1
Su Soğutmalı Vidallı Çiller 125 ton _{soğutma}	COP = 4,45 IPLV = 4,50	ARI 590
Su Soğutma Santrifüj Çiller 300 ton _{soğutma}	COP = 6,10 IPLV = 6,10	ARI 550

Tablo 2.68. BAZI EKİPMAN İÇİN VERİLEN LİMİT DEĞERLER

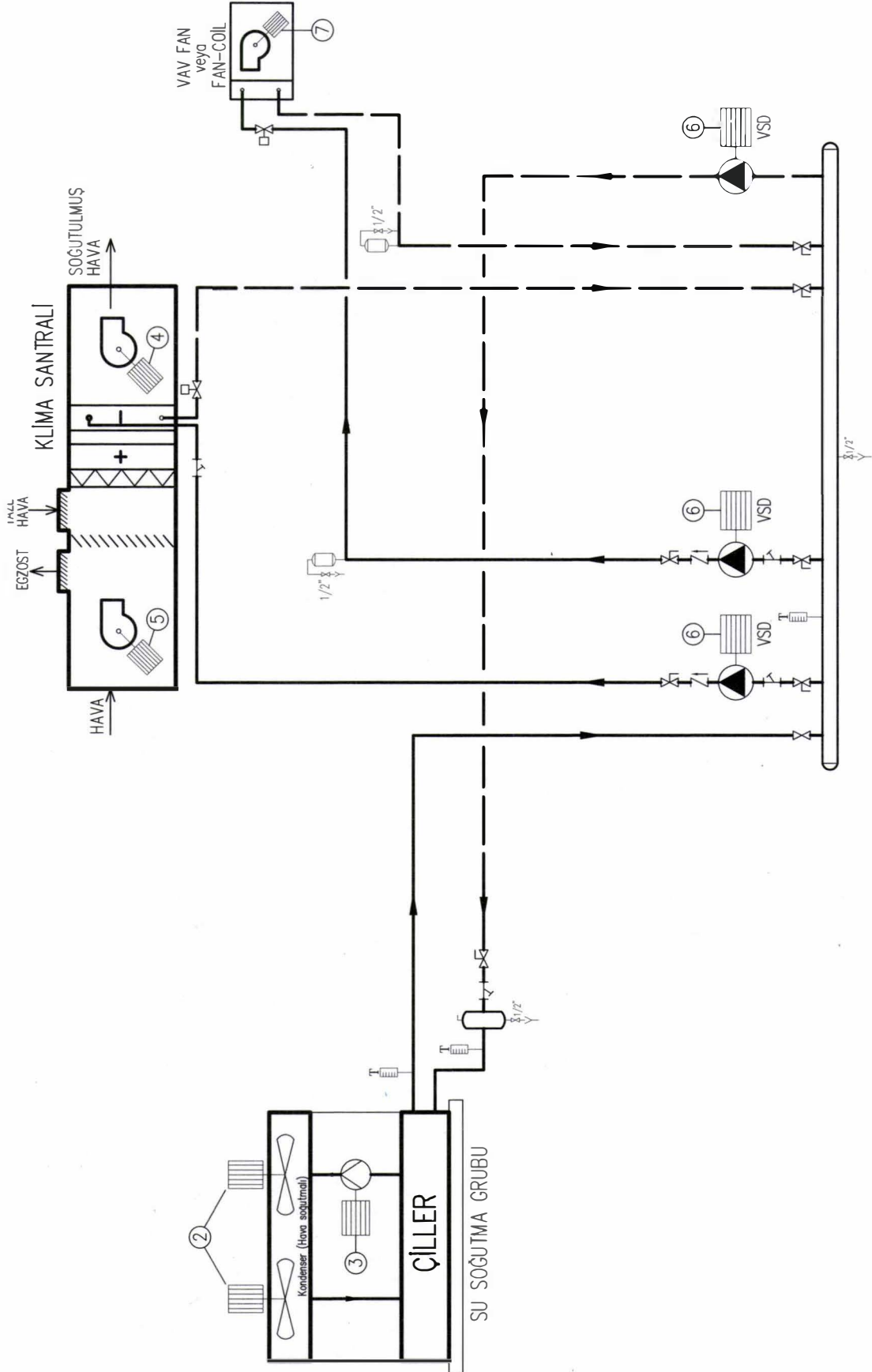
(IPLV (Integrated Partial Load Value) = Kısmi yüklerdeki verim değerlerini de gözönüne alan integral verim değeridir.)

Cihaz Tipi	Kondenser Tipi	Kondenser Soğutma Suyu/Havası Sıcaklığı	Soğutulmuş Su Sıcaklığı	Yüksek Verim	Standart 90,1 2001 Minimum	Standart 90,1 1999 Minimum
					>300 ton/300-150/<150 ton	>300 ton/300-150/<150 ton
Santrifüj Çiller	Sulu	Su Sıcaklığı= 29°C	7/ 13°C	0,48	0,58/0,63/0,70	0,68/0,84/0,93
Vidallı Çiller	Sulu	Su Sıcaklığı= 29°C	7/ 13°C	0,60	0,64/0,72/0,79	0,68/0,84/0,93
Vidallı Çiller	Havalı	Hava Sıcaklığı= 35°C	7/ 13°C	1,10	1,26	1,4/1,3/1,3
Scroll Çiller	Sulu	Su Sıcaklığı= 29°C	7/ 13°C	0,78	0,64/0,72/0,79	0,68/0,84/0,93
Scroll Çiller	Havalı	Hava Sıcaklığı= 35°C	7/ 13°C	1,10	1,26	1,4/1,3/1,3
Pistonlu Çiller	Sulu	Su Sıcaklığı= 29°C	7/ 13°C	0,80	0,84	0,93
Pistonlu Çiller	Havalı	Hava Sıcaklığı= 35°C	7/ 13°C	1,10	1,26	1,4/1,3/1,3

Tablo 2.69. ÇEŞİTLİ TİP ÇİLLERLER İÇİN TİPİK kW/TON ORANI DEĞERLERİ VE STANDARTLARDA VERİLEN MİNİMUM DEĞERLER

(Kapasite büyüdükçe cihaz performansı iyileşmektedir.

Aynı soğutma daha küçük elektrik enerjisiyle sağlanmaktadır.)



Şekil 2.70. MERKEZİ SOĞUTMA SİSTEMİ ELEKTRİK MOTORLARI

Cihaz: Su Soğutmalı Santrifüj Çiller	Elektrik Gücü (kW)	Soğutma Enerjisi (tonsoğutma)	Soğutma Enerjisi (kWsoğutma)
1. Çiller/Kompresör (0,5 kW/ton)	0,500	1,00	3,56
2. Soğutma Kulesi veya Kondenser Fanı Eksenel Fan için 0,065 kW/ton Radyal Fan için 0,135 kW/ton	0,065	-	-
$COP_{soğutma\ grubu} = \frac{3,56}{0,500 + 0,065 + 0,067} = 5,63$			
3. Kondenser Pompası Pompa Debisi = 0,153 l/s.tonsoğutma Toplam Pompa Basıncı = 22,5 mSS Motor Verimi ⁽²⁾ %90; Fan Verimi ⁽³⁾ %70	0,067	-	-
4. Klima Santrali Besleme Fanı Fan Debisi = 192 l/s.tonsoğutma ⁽¹⁾ Toplam Fan Basıncı = 100 mmSS Motor Verimi ⁽²⁾ %90; Fan Verimi ⁽³⁾ %70	0,300	- 0,085	- 0,300
5. Klima Santrali Dönüş Fanı Fan Debisi = 192 l/s.tonsoğutma Toplam Fan Basıncı = 50 mmSS Motor Verimi ⁽²⁾ %90; Fan Verimi ⁽³⁾ %70	0,150	- 0,034	- 0,121
6. Soğutulmuş Su Pompası Pompa Debisi = 0,153 l/s.tonsoğutma Toplam Pompa Basıncı = 22,5 mSS Motor Verimi ⁽²⁾ %90; Pompa Verimi ⁽³⁾ %70	0,054	- 0,015	- 0,054
7. Zon veya VAV Terminal Fanları ⁽⁴⁾ AC Motorlar için 0,18 kW/ton ECM Motorlar için 0,13 kW/ton	0,180	- 0,050	- 0,180
Toplam	1,31	0,820	2,91
kW _{sistem} /tonsoğutma	1,61		
EER _{sistem} (Energy Efficiency Ratio) ⁽⁵⁾	7,44		
COP _{sistem} (Coefficient Of Performance) ⁽⁶⁾	2,18		
Hava kanalları ve soğutulmuş su borularındaki ısı kazançları hariç.			
Notlar: (1) ANSI/ASHRAE/ESNA Standart 90.1-2001 fanlar için (1,1 ile 1,7) BG/ 1.000 cfm sınırını getirmektedir. (2) EPACT motor verimliliği = %80 (1 hp), %88 (10 hp), %93 (100 hp) (3) Ortalama fan verimi = %65 (ASHRAE Handbook- Fundamentals, S.29.19) (4) Üretici verileri (5) Tanım, COP (kW/kW) ve EER btu/Wh (= Mbtu/kWh) Dönüşüm: 1 kW = 3.415 Btu 1 tonsoğutma = 3,56 kW $EER_{sistem} (Btu/Wh) = 12.000 Btu/h / (kW/tonsoğutma \times 1.000 W/kW) = 12 / (kW/ tonsoğutma)$ $COP_{sistem} = EER_{sistem}(Btu/Wh)/ 3,412 (Btu/Wh) = EER_{sistem}/ 3,412$ (6) COP değeri verim olarak algılanabilir. COP = 2,18 olması sistem veriminin %218 olması anlamına gelir. Harcanan 100 birim enerjyle 218 birim soğutma elde edilmektedir.			

Tablo 2.71. SU SOĞUTMALI ÇİLLER KULLANAN ÖRNEK BİR HVAC SİSTEMİ (Fan-powered VAV sistemi)

Tipik performans değerleriyle 1 ton soğutma enerjisi üretmek için sistemde tüketilen elektrik enerjisi ve cihaz kaynaklı ısı yükleri düşüldükten sonra elde kalan net soğuk enerji hesap çizelgesi

Cihaz: Hava Soğutmalı Pistonlu Çiller	Elektrik Gücü (kW)	Soğutma Enerjisi (ton _{soğutma})	Soğutma Enerjisi (kW _{soğutma})
1. Çiller/Kompresör (1,49 kW/ton)	1,49	1,00	3,56
2. Çiller Fanı Eksenel Fan için 0,065 kW/ton Radyal Fan için 0,135 kW/ton	0,109	-	-
$COP_{soğutma\ grubu} = \frac{3,56}{1,49 + 0,109} = 2,23$			
4. Klima Santrali Besleme Fanı Fan Debisi = 192 l/s.ton _{soğutma} ⁽¹⁾ Toplam Fan Basıncı = 100 mmSS Motor Verimi ⁽²⁾ %90; Fan Verimi ⁽³⁾ %70	0,300	- 0,085	- 0,300
5. Klima Santrali Dönüş Fanı Fan Debisi = 192 l/s.ton _{soğutma} Toplam Fan Basıncı = 50 mmSS Motor Verimi ⁽²⁾ %90; Fan Verimi ⁽³⁾ %70	0,054	- 0,034	- 0,121
6. Soğutulmuş Su Pompası Pompa Debisi = 0,153 l/s.ton _{soğutma} Toplam Pompa Basıncı = 22,5 mSS Motor Verimi ⁽²⁾ %90; Pompa Verimi ⁽³⁾ %70	0,054	- 0,015	- 0,054
7. Zon veya VAV Terminal Fanları ⁽⁴⁾ AC Motorlar için 0,18 kW/ton ECM Motorlar için 0,13 kW/ton	0,180	- 0,050	- 0,180
Toplam	2,28	0,820	2,91
kW _{sistem} /ton _{soğutma}	2,81		
EER _{sistem} (Energy Efficiency Ratio) ⁽⁵⁾	4,26		
COP _{sistem} (Coefficient Of Performance) ⁽⁶⁾	1,25		
Hava kanalları ve soğutulmuş su borularındaki ısı kazançları hariç.			
Notlar: (1) ANSI/ASHRAE/ESNA Standart 90.1-2001 fanlar için (1,1 ile 1,7) BG/ 1.000 cfm sınırını getirmektedir. (2) EPACT motor verimliliği = %80 (1 BG), %88 (10 BG), %93 (100 BG) (3) Ortalama fan verimi = %65 (ASHRAE Handbook- Fundamentals, S.29.19) (4) Üretici verileri (5) Tanım, COP (kW/kW) ve EER btu/Wh (= Mbtu/kWh) Dönüşüm: 1 kW = 3.415 Btu 1 tonsoğutma = 3,56 kW EER _{sistem} (Btu/Wh) = 12.000 Btu/h / (kW/tonsoğutma x 1.000 W/kW) = 12 / (kW/ tonsoğutma) COP _{sistem} = EER _{sistem} (Btu/Wh)/ 3,412 (Btu/Wh) = EER _{sistem} / 3,412 (6) COP değeri verim olarak algılanabilir. COP = 1,25 olması sistem veriminin %125 olması anlamına gelir. Harcanan 100 birim enerjiyle 125 birim soğutma elde edilmektedir.			

Tablo 2.72. HAVA SOĞUTMALI PİSTONLU ÇİLLER KULLANAN ÖRNEK BİR HVAC SİSTEMİ (Fan-powered VAV sistemi)

Tipik performans değerleriyle 1 ton soğutma enerjisi üretmek için sistemde tüketilen elektrik enerjisi ve cihaz kaynaklı ısı yükleri düşüldükten sonra elde kalan net soğuk enerji hesap çizelgesi

Cihaz: Hava Soğutmalı Pistonlu Çiller Kullanan Fan - Coil Sistemi	Elektrik Gücü (kW)	Soğutma Enerjisi (ton _{soğutma})	Soğutma Enerjisi (kW _{soğutma})
1. Çiller/Kompresör (1,51 kW/ton)	1,51	1,00	3,56
2. Kondenser Fanı	0,109	-	-
COP _{soğutma grubu} = $\frac{3,56}{1,51 + 0,109}$ = 2,20			
4. Taze Hava Santrali Besleme Fanı Fan Debisi = 46 l/s.ton _{soğutma} Toplam Fan Basıncı = 40 mmSS Motor Verimi ⁽¹⁾ %90; Fan Verimi ⁽¹⁾ %70	0,300	- 0,085	- 0,300
6. Çiller Pompası Pompa Debisi = 0,172 l/s.ton _{soğutma} Toplam Pompa Basıncı = 13 mSS Motor Verimi ⁽¹⁾ %90; Pompa Verimi ⁽¹⁾ %55	0,050	- 0,015	- 0,050
6. Sirkülasyon Pompası Pompa Debisi = 0,191 l/s.ton _{soğutma} Toplam Pompa Basıncı = 14 mSS Motor Verimi ⁽¹⁾ %90; Pompa Verimi ⁽¹⁾ %55	0,600	- 0,016	- 0,060
7. Fan Coil Fanları ⁽¹⁾ Motor 0,0013 kW/ton; 43 Adet	0,054	- 0,015	- 0,054
8. Borulardaki Isı Kazancı Toplam 0,29 kW/ton _{soğutma}	-	- 0,080	- 0,029
9. Hava Kanallarındaki Isı Kazancı Toplam 0,078 kW/ton _{soğutma}	-	- 0,022	- 0,078
Toplam	1,931	0,852	3,028
kW _{sistem} /ton _{soğutma}	2,266		
EER _{sistem} (Energy Efficiency Ratio)	5,290		
COP _{sistem} (Coefficient Of Performance)	1,55		
(1) Üretici verileri			

Tablo 2.73. ÖRNEK BİR FAN COIL SİSTEMİ İÇİN PROJEDEN ALINAN PERFORMANS DEĞERLERİYLE
1 ton soğutma enerjisi üretmek için sistemde tüketilen elektrik enerjisi ve
cihaz kaynaklı ısı yükleri düşüldükten sonra elde kalan net soğuk enerji hesap çizelgesi

- a. Borular, vanalar ve pompa yüzeylerinden ısı kazançları olacaktır. Bunlar hesaba katılmalıdır.
- b. Hava kanallarından olan ısı kazançları da hesaba eklenmelidir.
- c. Hava kanallarından ve hava kanallarının menfez bağlantılarından hava kaçaklarının olmadığı kabul edilmiştir.
- d. Bu hesaplar pik yüklerle göre yapılmıştır. Oysa sistem çok daha düşük yüklerde çalışmaktadır. Düşük yüklerde daha az soğutma kapasitesi ($\text{ton}_{\text{soğutma}}$) üretildiği halde, borular ve hava kanallarındaki ısı kazançları değişmez.
- e. Soğutulmuş su ve kondenser soğutma suyu pompaları çalışma süreleri, kompresörden daha fazladır. Kompresör duruşa geçtiğinde de özellikle soğutulmuş su pompası çalışmaya (enerji tüketmeye) devam edecektir.
- f. Su soğutma kulesinden
- Su (yumuşatılmış su) kaybının maliyeti (buharlaşma ve sıçrama kayıpları),
 - Kullanılan kimyasalların maliyeti (Lejyoner hastalığı riskini azaltmak için) gibi konular burada görülmemektedir.
- g. Bu değerler de sistem verimine veya ekonomisine dahil edildiğinde, sistem COP değerleri merkezi sistemlerde daha da aşağı düşecektir.
- h. Cihazlar tam kapasitede sürekli kullanılmazlar. Genelde düşük kapasitelerde çok daha uzun süreler kullanılır.

Çünkü dış hava sıcaklığı, her zaman en yüksek değerde değildir. Güneş yükü değişkendir ve iç yüklerde her zaman en yüksek değildir. Bu nedenle iş merkezlerindeki ortalama kapasite kullanımı %40'lar ve otellerde ise %20 - 30'lar mertebesinde. Bu durumda;

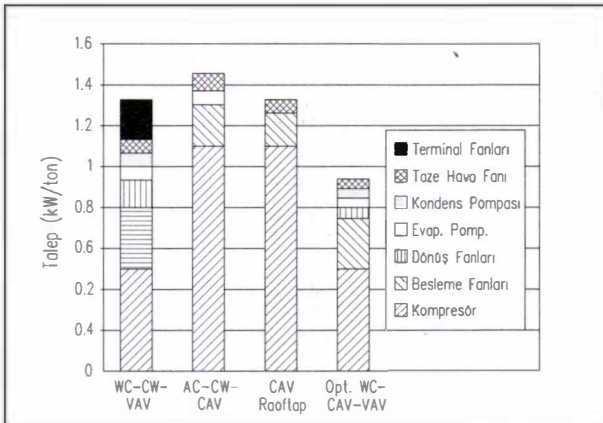
- Cihaz verimleri düşer.
- Boruların ve hava kanallarının ısı kazançları sabit kalır. Binanın kazançlarına olan oranı artar.

Merkezi sistemde işletme verimini düşüren o kadar çok etken vardır ki; (Yukarıdaki bölümlerde bunlardan bir kısmı yansıtılmıştır.) Sistemin, projenin, uygulamanın ve işletmenin kalitesine bağlı olarak çok ciddi miktarlara ulaşan bu verimsizlikler de sistem performansını etkilemektedir ve bunlar hesaplara dahil edilmemiştir.

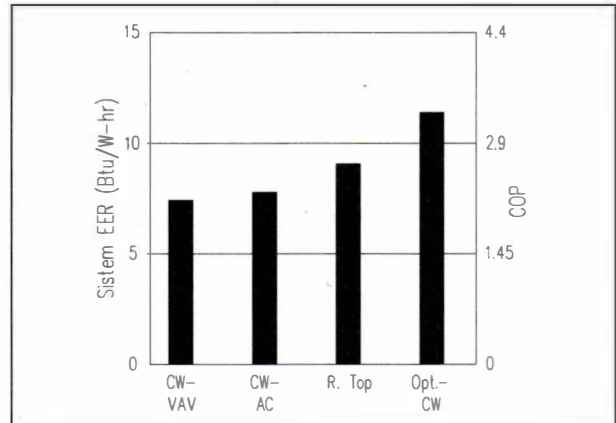
Tablo 2.74'te farklı sistemler için hesaplanmış sistem verimleri görülmektedir. Bu tabloda aynı zamanda sistemlerin karşılaştırması için gerekli olan yardımcı ekipman verileri de görülmektedir. Bu tablodaki veriler Şekil 2.75 ve 2.76'da grafik olarak gösterilmiştir. (Not: CAV = sabit debili tam havalı klima sistemi, GSHP = toprak kaynaklı ısı pompası, Opt. VAV = optimize edilmiş VAV sistemidir.) Birinci sistem için $\text{kW/ton} = 1,61$, $\text{EER} = 7,44$ ve $\text{COP} = 2,18$ çıkmıştır. Bu sistem optimum bir sistem olmamakla birlikte pratikte kullanılmaktadır.

Sistem	Kompresör	Kondenser	Çiller/ Kompresör Performansı	Besleme Fanı Basıncı	Dönüş Fanı Basıncı	Sirkülasyon Pompası Basıncı	Kondenser Pompası Basıncı	Kondenser/ Kule Fanı Performansı	Terminal Ünite Fanları	Sistem COP Değeri
			kW/ton	mmSS	mmSS	mSS	mSS	kW/ton	kW/ton	kW/kW
Fanlı VAV	Santrifüj	Sulu	0,5	100	50	22,5	22,5	0,065	0,18	2,18
CAV	Pistonlu	Havalı	1,1	50	25	22,5	-	0,065	-	2,3
Roof Top veya Kanallı Split	Pistonlu	Havalı	1,1	50	-	-	-	0,065	-	2,6
Optimize VAV	Santrifüj	Sulu	0,5	75	25	22,5	15	0,065	-	3,4

Tablo 2.74. FARKLI SİSTEMLER İÇİN HESAPLANMIŞ SİSTEM VERİMLERİ



Şekil 2.75. FARKLI SİSTEMLER İÇİN YARDIMCI EKİPMANLARDA TÜKETİLEN ENERJİLER



Şekil 2.76. FARKLI SİSTEMLER İÇİN HESAPLANAN SİSTEM EER DEĞERLERİ

Soğuk Enerji Taşıma Kayıpları:

- a. Borulardan ısı kazancı = - (.....) kW
- b. Hava kanallarından ısı kazancı = - (.....) kW
- c. Minimum hava kaçakları = - (.....) kW
- d. Hava ve su dağıtımındaki balans ve performans kayıpları = - (.....) kW

Sonuç: Bu değerler de dikkate alındığında

- Merkezi sistemlerde **COP_{sistem} < 1**
- Bireysel sistemlere örnek olarak: **COP_{İsisan Amana otel odası kliması} ≈ 3,2**

Sonuç: Merkezi sistemlerin enerji tüketiminin, otel odası kliması bireysel sistemine göre **yaklaşık 3 katından** daha fazla olduğu (genelde) görülmektedir.

Şekil 2.77. SOĞUK ENERJİ TAŞIMA KAYIPLARININ SİSTEM VERİMİNE ETKİSİ

Merkezi Sistemlerde Performansı Etkileyen Ana Faktörler:

PROJE
UYGULAMA
İŞLETME
BAKIM

} Merkezi sistemlerde yüksek performansın sürekliliğini sağlamak çok zor.
Ancak sürekli performans mutlaka sağlanmalıdır.

Ancak olabildiğince yapılmaya çalışılmalıdır.

Şekil 2.78. MERKEZİ SİSTEMLERDE PERFORMANSI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Dış Sıcaklık (°C)	Soğutma Kapasitesi (kW)	PI (kW)	COP	Soğutulmuş Su Debisi (l/min)	Evaporatör Su Devresi Basınç Kaybı (mSS)
25	178	57	3,1	510,3	4,1
30	167	62	2,7	478,7	3,7
35	155	66	2,3	444,3	3,4
40	143	72	2,0	409,9	2,9

Tablo 2.79. FARKLI DIŞ SICAKLIKLARDAKİ PERFORMANS DEĞERLERİNİN DEĞİŞİMİ

İkinci sistemde pistonlu kompresörlü hava soğutmalı çiller kullanılmaktadır. Bu çillerin güç gereksinimi, santrifüj kompresörünün 2 katından fazla olsa da, çıkan sonuç değerleri ilk sistemden pek farklı değildir: kW/ton = 1,56; EER = 7,7; COP = 2,3.

Burada klima santrallerinin güç ihtiyacı daha düşük olmaktadır.

Üçüncü sistem hava soğutmalı, direk genişmeli, sabit hava debili çatı tipi paket klima ünitesi veya hava kanallı split tip klimadır. İkinci sistemde olduğu gibi kompresörün kW/ton değeri yüksek olmasına rağmen, yardımcı ekipmanların ihtiyacı daha da düşüktür. Bu sistemde kW/ton = 1,37; EER = 8,8; COP = 2,6 çıkmaktadır. Dördüncü sistem optimize edilmiş bir VAV sistemidir. Fanlı VAV terminalleri yerine normal VAV terminalleri kullanılmış, fan basınçları ve pompa basınçları düşecek şekilde tasarım yapılmıştır. Bu haliyle sonuçlarda önemli oranda iyileşme olmuştur:

kW/ton = 1,04; EER = 11,4; COP = 3,4 değerlerine yükselmiştir.

Sonuçlar göstermektedir ki; en verimli ve optimize edilmiş çiller kullanılsa bile (ki kullanılması tavsiye edilir), yardımcı ekipmanların yüksek enerji gereksinimlerinin yarattığı negatif etki kaçınılmaz olmaktadır. Özetle, merkezi sistemlerde cihaz verimleri yüksek olsa bile sistem bir bütün olarak ele alındığında toplam verim çok düşük olmaktadır. Bireysel sistemler de ise, taşıma kayıpları olmadığından sistem verimi, cihaz verimiyle aynı olmaktadır (Şekil 2.77 ve 2.78). Burada önemli husus, sistem seçerken “Life Cycle Cost Analysis” (yaşam boyu maliyet analizi) yapılması, işletme ve bakım maliyetleri hesaba katılmasıdır.

2.10.4 SOĞUTULMUŞ SU SICAKLIĞINA VE SOĞUTMA SUYU (veya Dış Hava) SICAKLIĞINA BAĞLI OLARAK ÇİLLER PERFORMANSININ DEĞİŞİMİ

Soğutma kompresörlerinin ve bunların kullanıldığı su soğutma gruplarının (çiller) verimleri, kondenserde kullanılan soğutma ortamı sıcaklığına ve üretilen soğutulmuş su sıcaklığına (evaporatör sıcaklığına) bağlıdır. Havalı kondenserlerde soğutma ortamı hava olduğundan, kondens sıcaklıkları daha yüksektir. Kompresör

veriminin ifadesinde dış ortam hesap sıcaklığı referans alınır. Yani söz konusu iklimde yazın karşılaşılabilecek uç dış sıcaklık değeri referans alınır. İstanbul gibi iklimlerde geçerli olan ve genellikle havalı çiller anma verim değerlerinde esas alınan dış sıcaklık 35°C değerindedir. Kataloglarda cihaz verimleri (kW/ton, EER veya COP değerleri) bu sıcaklık için ifade edilir. Dış sıcaklık değeri bunun altındaysa verim yükselir, dış sıcaklık değeri bunun üzerindeyse verim düşer. Farklı dış ortam sıcaklıkları için düzeltme katsayıları:

$$T_{\text{dış ortam}} = 29^{\circ}\text{C} \text{ için } k = 0,86$$

$$T_{\text{dış ortam}} = 41^{\circ}\text{C} \text{ için } k = 1,17$$

Dış ortam sıcaklığı 29°C için kW/ton değeri 0,86 ile çarpılmalı veya EER ve COP değeri 0,86 değerine bölünmelidir. Su soğutmalı kondenserlerde, standart su giriş sıcaklığı 29°C alınmaktadır. Daha düşük ve yüksek su sıcaklıklarında verimde benzer değişim söz konusudur. Farklı su giriş sıcaklıkları için düzeltme katsayıları:

$$T_{\text{su giriş}} = 23^{\circ}\text{C} \text{ için } k = 0,86$$

$$T_{\text{su giriş}} = 35^{\circ}\text{C} \text{ için } k = 1,17$$

Hava soğutmalı örnek bir çiller için (GEA - Model 60) çillerde su sıcaklığı 7/12°C iken farklı dış sıcaklıklardaki performans değerlerinin değişimi aşağıdaki Tablo 2.79’da verilmiştir. Örnek cihazda görüldüğü gibi kondens sıcaklığının değişimi performansı (COP) önemli ölçüde etkilemektedir.

Not: PI çillere beslenen (kompresör + fanlar + kontrol devreleri + pompalar) toplam elektrik enerjisi değeridir. Soğutulmuş su sıcaklıklarının değişimi de çiller verimini etkiler. Çiller veriminin artması için çillerden alınan soğutulmuş su sıcaklığının mümkün olduğu kadar yüksek olması gerekmektedir. Soğutulmuş su sıcaklığı 7°C olan bir sistem için verilen anma verimi değerleri, farklı sıcaklıklarda aşağıdaki katsayılarla düzeltilmelidir:

$$T_{\text{su}} = 4^{\circ}\text{C} \text{ için } k = 1,10$$

$$T_{\text{su}} = 10^{\circ}\text{C} \text{ için } k = 0,92$$

Soğutulmuş su sıcaklığı 4°C için kW/ton değeri 1,10 ile çarpılmalı veya EER ve COP değeri 1,10 değerine bölünmelidir. Soğutulmuş su sıcaklıkları pratikte 5, 6, 7, 8°C olabilmektedir. Hangi sıcaklığın seçileceği veya bunların dışında bir sıcaklık seçimi, mutlaka bir incelemeye ve optimizasyona dayanmalıdır. Mecbur olunmadıkça su sıcaklığı yüksek seçilmelidir. Su giriş çıkış

Evaporatör Su Çıkış/Giriş Sıcaklıkları (°C)	Soğutma Kapasitesi (kW)	PI (kW)	COP	Soğutulmuş Su Debisi (l/min)	Evaporatör Su Devresi Basınç Kaybı (mSS)
4/9	141	64	2,2	404,2	2,6
7/12	155	66	2,3	444,3	3,0
10/15	170	69	2,5	487,3	3,7
16/21	199	74	2,7	570,5	5,0

Tablo 2.80. HAVA SOĞUTMALI MODEL 60 ÇİLLER İÇİN
DİŞ SICAKLIK 35°C VE ΔT = 3 - 8°C ARALIĞINDA İKEN

FARKLI ÇİLLER SU ÇIKIŞ SICAKLIKLARINDAKİ PERFORMANS DEĞERLERİNİN DEĞİŞİMİ

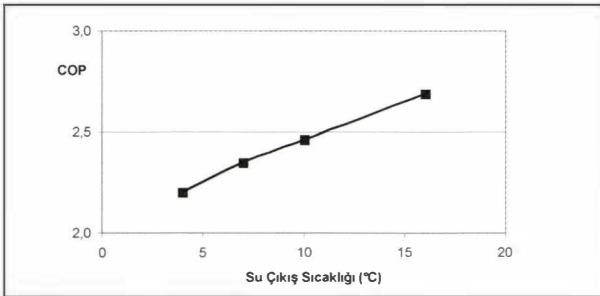
sıcaklıkları arasındaki fark da önemli bir optimizasyon konusudur. Genellikle kullanılan standart fark 5°C olup, standart soğutulmuş su sıcaklığı 7/12°C olarak kabul edilebilir.

Hava soğutmalı örnek çiller için (GEA - Model 60) dış hava sıcaklığı 35°C iken farklı su sıcaklıklarındaki performans değerlerinin değişimi aşağıdaki *Tablo 2.80*'de verilmiştir. Örnek cihazda görüldüğü gibi su sıcaklığı arttıkça soğutma kapasitesi artmakta, gerekli güç ihtiyacı da hafifçe artmaktadır. Bu iki değerin bölümü olan COP değeri de su sıcaklığıyla artmaktadır. COP değerinin su sıcaklığıyla değişimini *Şekil 2.81*'de ayrıca grafik olarak gösterilmiştir.

2.10.5 SOĞUTULMUŞ SU SICAKLIĞINA BAĞLI OLARAK HVAC SİSTEM PERFORMANSININ DEĞİŞİMİ

HVAC sisteminde soğutulmuş su ile soğutma yapılıyor, kullanılacak su sıcaklığı rastgele seçilmemelidir. Bu sıcaklık, bir optimizasyon çalışması sonucunda belirlenmelidir. Bu sıcaklık uygun seçilmezse,

- Sistem yatırım maliyetleri yüksek olabilir.
 - Sistem işletme maliyetleri yüksek olabilir.
 - İstenilen iç ortam konfor şartları sağlanamayabilir.
- Bir klima sisteminin tasarımında öncelikle psikrometrik çalışma yapılmalıdır. Kullanılacak soğutulmuş suyun sıcaklığını bu psikrometrik inceleme belirler. Duyulur ve gizli ısı yükleri, istenen iç ortam konfor şartları ve dış hava iklim değerlerine göre kabul edilebilecek en yüksek su sıcaklığı psikrometriden belirlenir. Psikrometriden belirlenen mümkün olabilecek en yüksek su sıcaklığından itibaren parametrik olarak su sıcaklığı azaltılacak



Şekil 2.81. EVAPORATÖR SU ÇIKIŞ SICAKLIĞIYLA COP DEĞİŞİMİ

olursa, yukarıda ifade edildiği gibi çiller devresinde verim düşer ve maliyetler artarken, klima santrali devresinde verim yükselir ve maliyetler azalır. Dolayısıyla psikrometriyle sınırlanan bir optimizasyon çalışması sonucunda çiller su sıcaklıklarının belirlenmesi gerekir. *Tablo 2.82*'de İstanbul için (33°C kuru termometre ve 25°C yaş termometre sıcaklığında) ve farklı iç hava koşullarında, taze hava oranlarında ve duyulur ısı oranlarında psikrometriden okunan örnek maksimum soğutulmuş su sıcaklık değerleri verilmiştir. Bu durumda seri fan-powered sistemi düşük sıcaklıkta hava üfleme etüd edilmelidir. Bu sistemde primer hava debisine yakın taze hava verilmekle shaft boyutları çok küçülmektedir. Su sıcaklığının düşürülmesi sonucu serpantin cihaz çığ noktası sıcaklığı azalır ve serpantinden daha düşük sıcaklıkta hava elde etmek mümkün olur.

Soğutma yükü ve duyulur ısı oranı aynı kaldığında, gerekli hava debisi azalırken üfleme havası sıcaklığı da azalır. Düşük sıcaklıktaki hava,

- Kanallarda ısı kazancını artırır,
- Kanal dış yüzeylerindeki ve menfezlerdeki yoğunlaşma riskini yükseltir.
- Buna karşılık hava kanalı ve menfez boyutlarını küçültmek imkanı ortaya çıkar.

Soğutulmuş Su Sıcaklıkları

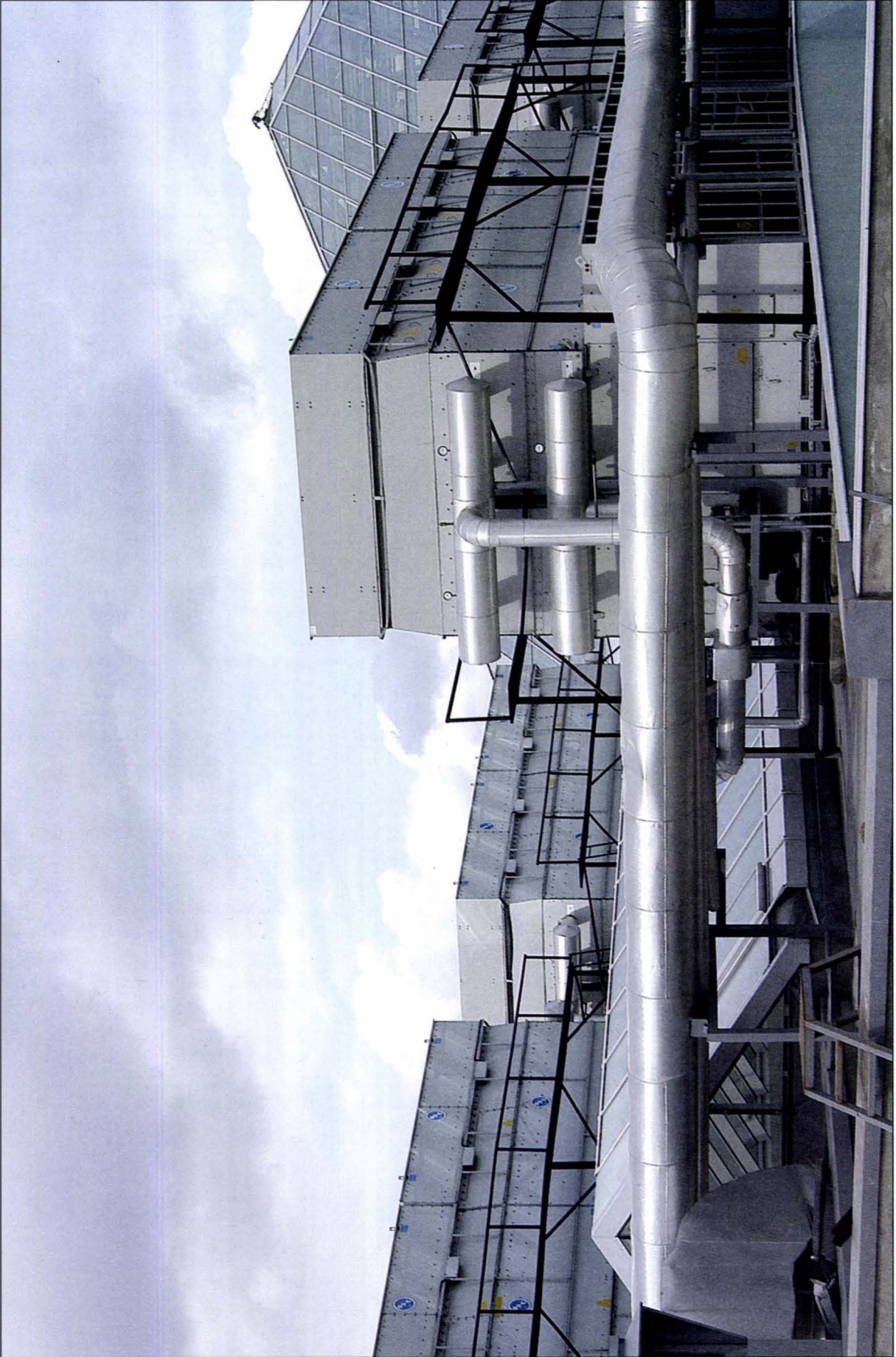
- Soğutulmuş su gidiş sıcaklıkları:
5, 6, 7, 8°C → kaç derece olmalıdır?
- Soğutulmuş su dönüş sıcaklıkları:
9, 10, 11, 12, 13, 14°C → kaç derece olmalıdır?
- Soğutulmuş su gidiş / dönüş sıcaklıkları farkı (ΔT):
4, 5, 6, 7, 8°C → kaç derece olmalıdır?

2.10.5.1 Düşük Soğutulmuş Su Sıcaklıkları

Pratikte su soğutma gruplarında inilebilen en düşük su sıcaklıkları 5°C mertebelerinde olabilir. Düşük soğutulmuş su sıcaklığı, üfleme havası sıcaklığını düşürme imkanı verir. Düşük sıcaklıkta havayla soğutma, özel bir uygulama alanıdır. Bu sistem dış havanın çok rutubetli olduğu yerlerde avantaj sağlar. Büyük hava debileri kullanılan, insan sayısı fazla ve gizli ısı kazancı yüksek toplantı salonu gibi yüksek tavanlı yerlerde bu sistem yine avantajlıdır. Tavan daha yüksek olduğu için daha düşük sıcaklıklarda hava üflenebilir. Bu durumda;

İç Sıcaklık	Bağıl Nem	Duyulur Isı Oranı	Taze Hava Oranı	Tesisata Gidişte Maksimum Soğutulmuş Su Sıcaklığı
26°C	% 50	0,9	% 25	13 °C
26°C	% 50	0,8	% 25	10 °C
26°C	% 50	0,7	% 25	7 °C
25°C	% 50	0,9	% 20	10,5 °C
25°C	% 50	0,8	% 20	9 °C
25°C	% 50	0,7	% 20	4 °C

Tablo 2.82. İSTANBUL İÇİN FARKLI KOŞULLARDA ÖRNEK TESİSATA GİDİŞ MAKSİMUM SOĞUTULMUŞ SU SICAKLIK DEĞERLERİ



Şekil 2.83. ÖRNEK SU SOĞUTMA KULESİ - SOĞUTMA KAPASİTESİ 2 x 1.800 kW

- Gerekli hava debisi daha azdır.
- Hava kanalı kesitlerinden önemli tasarruf sağlanır.
- Odada gerekli hava değişim sayısı daha azdır.
- Klima santralı serpantinlerinden daha fazla nem alınır ve iç ortam bağıl nem değeri azaltılabilir.

Gidiş suyu sıcaklığının düşük (5°C) olması halinde;

- Fan coil, klima santralı serpantini gibi cihazların soğutma kapasiteleri artar. Satın alma maliyetleri azalır.
- Soğutma gurubu maliyeti artar.
- Soğutma gurubu verimi düşer. Soğutma gurubu işletme masrafları artar.
- Borulardaki ısı kazançları artar.
- Aşırı yoğunlaşma nedeniyle enerji kaybı artar (eğer buna ihtiyaç yoksa).
- Psikrometri etkilenir,
- Klimatize edilen hacimlerdeki iç ortam koşulları değişir,
- Serpantinin nem alma kapasitesi artar.

2.10.5.2 Düşük ΔT (Soğutulmuş Su Gidiş - Dönüş Sıcaklık Farkı)

Sulu soğutma sistemlerinde sirküle eden su gidiş - dönüş sıcaklıkları arasındaki fark $3 - 8^{\circ}\text{C}$ olabilir (Tablo 2.84). Genellikle kullanılan fark 5°C olmaktadır. Soğutulmuş su sıcaklık farkı azaltılırsa,

- Boru çapı büyür,
- İzolasyon miktarı ve kalınlığı artar,
- Isı kazancı artar,
- Pompa kapasitesi, dolayısıyla enerjisi eartar,

Ofis gibi uygulamalar için genel olarak en uygun soğutulmuş su sıcaklığı $7/12,5^{\circ}\text{C}$ olarak görülmektedir.

Ancak her proje için uygun su sıcaklığı ayrı ayrı hesaplanmalıdır.

2.10.6 ÇEŞİTLİ TİP SOĞUTMA KULELERİNİN MALİYETLERİNİN ENERJİ TÜKETİMLERİ İLE BİRLİKTE DEĞERLENDİRMESİ

Yaklaşık 250.000 m^2 bir yapıda kullanılabilecek su soğutma kuleleri tipleri için ilk yatırım ve işletme maliyetleri açısından bir çalışma yapılmıştır. Kule tipleri mukayesesi aşağıda belirtilen alternatif tipler arasında yapılmıştır:

- Alt. 1. Kapalı devreli radyal fanlı kuleler
- Alt. 2. Kapalı devreli aksiyal fanlı hybrid kuleler
- Alt. 3. Açık devreli radyal fanlı kuleler
- Alt. 4. Açık devreli aksiyal fanlı kuleler

2.10.6.1 İlk Yatırım Maliyeti

Kule tiplerine göre ilk yatırım değerlendirmesi Tablo 2.86'da, buna göre fiyatları Tablo 2.85'te verilmiştir.

ALTERNATİF 1	Kapalı devreli radyal fanlı	937.100 EUR
ALTERNATİF 2	Kapalı devreli aksiyal fanlı hybrid	1.477.200 EUR
ALTERNATİF 3	Açık devreli radyal fanlı	249.000 EUR
ALTERNATİF 4	Açık devreli aksiyal fanlı	216.000 EUR

Tablo 2.85. ÖRNEK SOĞUTMA KULELERİ EX-WORKS FİYATLARI

2.10.6.2 İşletme Maliyeti

Yıllık kule işletme maliyetlerinin hesabı, ve bu hesapta kullanılan kabuller Tablo 2.87'de verilmiştir.

Soğutma kulelerinin ilk yatırım ve yıllık işletme maliyetleri ise Tablo 2.88'de özetlenmiştir. Hybrid kulelerin (Alt.2) tek avantajı $+11^{\circ}\text{C}$ dış hava sıcaklığı ve altında susuz çalışması ve su kaybının nispeten azalmasıdır. Ancak ilk yatırım 5,5 - 6,0 sene gibi uzun bir sürede geri dönmektedir. Kış çalışma süresinin çok kısa olması nedeniyle bu alternatif mukayese dışına çıkarılmıştır.

Radyal fanlı kapalı kule (-3°C) sıcaklığının altında kuru çalışmaktadır (Alt.1). Bu kulenin en önemli avantajı kış ve bahar aylarında soğutma gruplarını çalıştırmadan fan coil devresi üzerinden soğutma yapabilme özelliğidir. Ayrıca kule suyundan üreyen Legionella bakterisinin kapalı devre kulelerde üremesi ihtimali açık kulelere göre daha azdır.

Aksiyal fanlı soğutma kulelerinin (Alt.4) ise ses seviyeleri çok yüksek ve yerleşim alan ihtiyacı büyüktür. Aksiyal fanlı açık devreli su soğutma kulelerinin kullanıldığı sistemlerin enerji maliyetleri çok daha düşüktür. Ancak aksiyal fanların ses seviyeleri daha yüksektir. Bu yüzden genellikle yüksek yapıların üzerinde ki soğutma kuleleri aksiyal fanlı seçilir.

2.10.7 KLİMA SANTRALLARININ YUKARIDA VEYA AŞAĞIDA OLMASININ ETKİSİ

Yukarı yerleştirilen klima santralından çıkan soğutulmuş hava sıcaklığı 14°C ve ortam sıcaklığı 24°C olarak kabul edelim. Soğuk ve daha ağır olan hava aşağı yönde bir basınç uygular.

Basınç farkı $= h \times (\rho_{14} - \rho_{24})$ olarak ifade edilebilir.

$$h = 1 \text{ m } \rho_{14} = 1,230 \rho_{24} = 1,189$$

$$\text{Basınç farkı (1 m için)} = 1 \times (1,230 - 1,189) = 0,041 \text{ Pa}$$

Eğer 20 katlı bir binada ($h = 70 \text{ m}$) santral üst kata konursa basınç kaybı 3 Pa olacaktır. Santralin alt kata konulması halinde ise tam tersi soğuk havanın yukarı çıkartılması için santran fanı 3 Pa fazla basınç kaybı kullanacaktır. Sonuç olarak 20 katlı bir binada klima santralının alt kat yerine üst kata konması halinde fan da $3 + 3 = 6 \text{ Pa}$ basınç kazancı olur. Bu da daha küçük güçte fan motoru ve daha az enerji tüketimi demektir.

Gidiş	Dönüş	Gidiş/Dönüş Farkı (ΔT)
5 - 6 - 7 - 8	9 - 10 - 11 - 12	4 - 5 - 6 - 7 - 8

Tablo 2.84. SOĞUK SULU SİSTEMLERDE GİDİŞ - DÖNÜŞ ARASINDAKİ SICAKLIK FARKLARI

Model	Debi l/s	Ses Seviyesi dB (A)	Elektrik Gücü kW	Cihaz Fiyatı (yaklaşık) EUR	Adet	Toplam Güç kW	Toplam Maliyet EUR (Ex-Works)
ALTERNATİF 1							
Kapalı Devre, Radyal Fan							
Alışveriş Merkezi							
-3°C KT'de Tam Kuru Çalışma	146, 20% EG	99	128	154,000	3	384	462.000
				16,700	3		50.100
Ofisler							
-3°C KT'de Tam Kuru Çalışma	107, 20% EG	100	96	124,100	2	192	248.200
				16,700	2		33.400
Residans							
-3°C KT'de Tam Kuru Çalışma	59, 20% EG	97	48	63,300	2	96	126.600
				8,400	2		16.800
VXI Cihazların İçeriği: Fan Modülasyon Dampnerleri, Dahlander İki Hızlı Motorlar, Tava Isıtıcı ve Susturucular.							
ALTERNATİF 2						672	937.100
Kapalı Devre, Aksiyal Fan							
Alışveriş Merkezi							
11°C KT'de Tam Kuru Çalışma	146, 20% EG	109	115.5	259,000	3	347	777.000
				23,200	3		69.600
Ofisler							
9,2°C KT'de Tam Kuru Çalışma	107, 20% EG	107	77	194,400	2	154	388.800
				15,500	2		31.000
Residans							
4,7°C KT'de Tam Kuru Çalışma	59, 20% EG	104	38.5	97,600	2	77	195.200
				7,800	2		15.600
HXI Cihazların İçeriği: Debi Kontrol Paketi, Tava Isıtıcı ve Susturucular.							
ALTERNATİF 3						578	1.477.200
Açık Devre, Radyal Fan							
Alışveriş Merkezi							
(2) VXT - N370	139	95	60	47,000	3	180	141.000
Ofisler							
(1) VXT - N510	102	93	45	32,000	2	90	64.000
RESIDANS							
(1) VXT - N310	56	93	30	22,000	2	60	44.000
VXT Cihazların İçeriği: Fan Modülasyon Dampnerleri, Dahlander İki Hızlı Motorlar, Tava Isıtıcı.							
ALTERNATİF 4						330	249.000
Açık Devre, Aksiyal Fan							
Alışveriş Merkezi							
(2) S - 3654	139	103	30	42,000	3	90	126.000
Ofisler							
(2) S - 3542 - LM	102	101	22	30,000	2	44	60.000
Residans							
(1) S - 3542 - MM	56	100	15	15,000	2	30	30.000
S3000 Cihazların İçeriği: Dahlander İki Hızlı Motorlar, Tava Isıtıcı.							
35 / 29 °C, 24 °C YT							
F : Kanatlı Serpantin PAC: Kanadı Azaltılmış Serpantin							
164							
216.000							

Tablo 2.86. KULE TIPLERİNE GÖRE İLK YATIRIM DEĞERLENDİRMESİ

KABULLER		
Toplam Su Debisi	770 l/s (Kapalı Devre Kule için)	
	733 l/s (Açık Devre Kule için)	
Yıllık Çalışma Saati	5.000 saat	
Ortalama Kapasite Katsayısı	0,6	
Ortalama Blöf Katsayısı	0,3	
Su + Kimyal Birim Fiyatı 1 m³/h	2 EUR	
Alt.1 Kapalı Devre Kule Su Kazancı	% 30	
Alt.2 Hibrid Devreli Kule Su Kazancı	% 70	
ALTERNATİF 1 (VXI Kapalı Devre, Radyal Fanlı)		
Buharlaşma Kaybı	770 l/s x 6°C x 0,0018 x 3,6 x %70 =	21 m³/h
Blöf Miktarı	21 m³/h x 0,3 =	6 m³/h
Saatte Ortalama Su Kaybı	(21 + 6) x 0,6 =	16 m³/h
Yıllık Su + Kimyasal Maliyeti	16 m³/h x 5.000 saat x 2 EUR =	160.000 EUR
Yıllık Elektrik Maliyeti	672 kW x 5.000 saat x 0,6 x 0,1 EUR =	201.600 EUR
	Toplam	361.600 EUR
ALTERNATİF 2 (HXI Hibrid, Aksiyal Fanlı)		
Buharlaşma Kaybı	770 l/s x 6°C x 0,0018 x 3,6 x %30=	9 m³/h
Blöf Miktarı	9 m³/h x 0,3 =	3 m³/h
Saatte Ortalama Su Kaybı	(9 + 3) x 0,6 =	7 m³/h
Yıllık Su + Kimyasal Maliyeti	7 m³/h x 5.000 saat x 2 EUR =	70.000 EUR
Yıllık Elektrik Maliyeti	578 kW x 5.000 saat x 0,6 x 0,1 EUR =	173.400 EUR
	Toplam	243.400 EUR
ALTERNATİF 3 (VXT Açık Devre, Radyal Fanlı)		
Buharlaşma Kaybı	733 l/s x 6°C x 0,0018 x 3,6 =	28 m³/h
Blöf Miktarı	28 m³/h x 0,3 =	8 m³/h
Saatte Ortalama Su Kaybı	(28 + 8) x 0,6 =	22 m³/h
Yıllık Su + Kimyasal Maliyeti	22 m³/h x 5.000 saat x 2 EUR =	220.000 EUR
Yıllık Elektrik Maliyeti	330 kW x 5.000 saat x 0,6 x 0,1 EUR =	99.000 EUR
Yıllık İlave Kimyasal Maliyeti (yaklaşık)	=	25.000 EUR
	Toplam	344.000 EUR
ALTERNATİF 4 (S3000 Açık Devre, Aksiyal Fanlı)		
Buharlaşma Kaybı	733 l/s x 6°C x 0,0018 x 3,6 =	28 m³/h
Blöf Miktarı	28 m³/h x 0,3 =	8 m³/h
Saatte Ortalama Su Kaybı	(28 + 8) x 0,6 =	22 m³/h
Yıllık Su + Kimyasal Maliyeti	22 m³/h x 5.000 saat x 2 EUR =	220.000 EUR
Yıllık Elektrik Maliyeti	164 kW x 5.000 saat x 0,6 x 0,1 EUR =	49.200 EUR
Yıllık İlave Kimyasal Maliyeti (yaklaşık)	=	25.000 EUR
	Toplam	294.200 EUR

Tablo 2.87. KABULLER VE ALTERNATİFLER İÇİN HESAPLAMALAR

Kule Tipi	İlk Yatırım Ex - Works (EUR)	Yıllık İşletme Masrafları (EUR)	Toplam (EUR)
Kapalı devreli radyal fanlı	937.100	361.600	1.298.700
Kapalı devreli aksiyal fanlı hybrid	1.477.200	243.400	1.720.600
Açık devreli radyal fanlı	249.000	344.000	593.000
Açık devreli aksiyal fanlı	216.000	294.200	510.200

Tablo 2.88. İLK YATIRIM VE YILLIK İŞLETME MALİYETLERİ



Şekil 2.89. BİREYSEL SOĞUTMA ÖRNEĞİ.

2.11 BİREYSEL SOĞUTMA SİSTEMİNDE ENERJİ TASARRUFU

ABD’de uzun yıllar pencere tipi klimalar kullanıldı. Daha sonra bu cihazlar, iç ve dış ünite olarak ayrıldı ve Split (ayrık) klima cihazları ortaya çıktı. Ancak çok kısa bir süre sonra hava kanallı split klimalara geçildi. Bugün ABD’de duvar, yer, tavan tipi, salon tipi split klima pazarı yaklaşık 100 bin adet/yıl iken hava kanallı split klima pazarı yaklaşık 8 milyon adet/yıl’dır. Hava kanallı split klimalarda, iç ünitelere bağlanan kanal sistemi ile şartlandırılan hava, farklı hacimlere taşınabilir ve çok noktadan üfleme yapılarak oda içinde homojen dağılım sağlanır. Aynı zamanda dışarıdan alınan taze hava da verilebildiğinden yaşam mahallerinin taze hava ihtiyacı karşılanır.

Yapı elemanlarının kalitelerinin gün geçtikçe daha da artması ve bunun sonucunda pencere ve kapı sistemlerinin neredeyse hiç hava sızdırmaması, infiltrasyon (sızıntı) sayesinde sağlanan doğal havalandırmanın yeni kaliteli binalarda yeterince gerçekleşmemesini beraberinde getirmiştir. “Nefes alamayan” bu binalarda havalandırma sistemi yok ise, oksijen yetersizliği oluşmakta; ortamda bakteri ve virüs konsantrasyonu artarak hastalıkların bulaşma riski ve hızı artmakta; insanlardan, eşyalardan ve yapı malzemelerinden yayılan koku ve gazlar, sigara dumanı ve toz oluşumu gibi olumsuz etkiler sonucunda iç hava kalitesi çok düşerek sağlıksız bir ortam oluşmaktadır.

Binalarda havalandırma, iklim ve mevsim şartlarından bağımsız olarak, yani ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarından da önce gelen, 12 ay boyunca süren en birincil ihtiyaçtır. İşte kanal tipi cihazların en büyük avantajı bu özelliğe sahip olmalarıdır. Çünkü bu cihazlar dışarıdan aldıkları taze havayı filtre edip (tozdan arındırıp); kışın ısıtarak, yazın ise soğutarak en iyi konfor şartlarında ortama vermekte ve böylece soğutma için zaten kullanılan klima

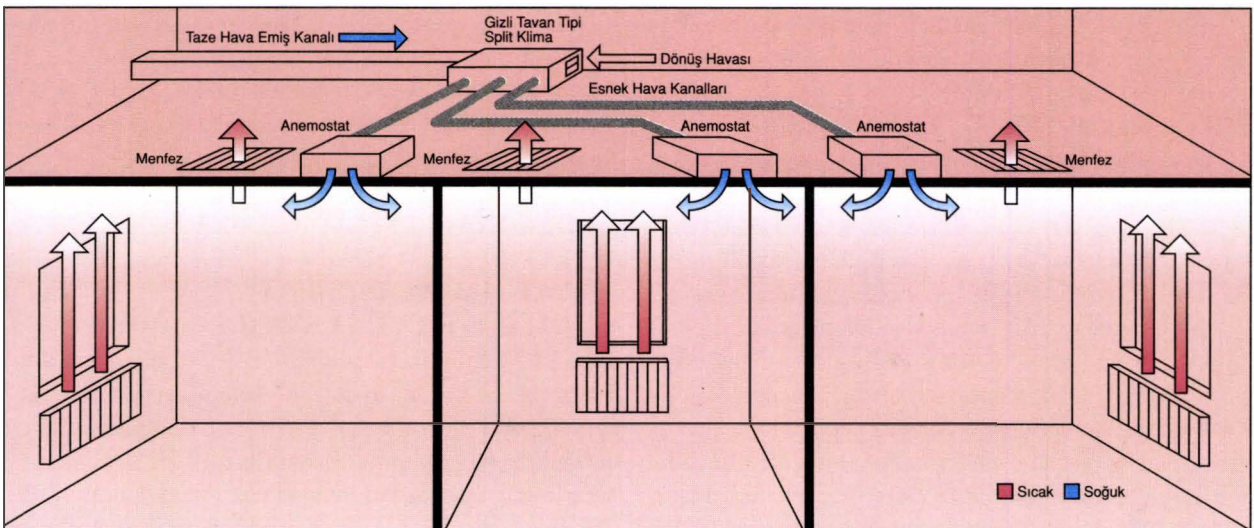
sistemi ile havalandırmayı da gerçekleştirmektedirler. En iyi konfor, en ucuz maliyetle bu sayede sağlanabilmektedir. Öte yandan iç hacimlere beslenen taze hava nedeniyle bina içinde pozitif basınç oluşur. Yani iç basınç, dış basınçtan daha yüksek olur. Bu durumda enfiltasyon önlenir. Yani kontrolsüz olarak binaya hava girişi olmaz. Bu sayede, hem binaya toz girişi önlenmiş olur, temizlik gereksinimi azalır, daha hijyenik bir ortam oluşur, hem de gereksiz yere kontrolsüz alınan havanın ısıtılması veya soğutulması için harcanacak enerjiden tasarruf edilmiş olunur. Havalandırma yeteneğinin yanında ortamda havanın homojen dağıtılabilmesi, sessizlik, iç ünitenin komşu hacimlere konularak servis işlemlerinin yaşam mahali dışında gerçekleştirilmesi, yüksek kapasite, uzun ömür, iç - dış ünite montaj mesafesinin uzunluğu ve optimum maliyet, kanal tipi klimaların diğer önemli avantajlarıdır.

Hava kanallı split klima kullanılan ofis binalarında ve evlerde statik ısıtma varsa, İstanbul’da kışın taze havayı ısıtmaya ihtiyaç olmaz. Tavan seviyesinden ortama verilen karışım havası (taze hava + iç hava karışımı) sıcaklığı (en soğuk havada bile) yaklaşık 17°C civarındadır. Ortama verildiğinde aydınlatmadan ve iç ısı kaynaklarından gelen ısı ile ısınır ve üflenen hava, oda sıcaklığına yakın bir değerde yaşam mahallerine ulaşır (Şekil 2.90). Bu, bina ısıtma ihtiyacından ortalama %30 mertebesinde tasarruf anlamına gelebilir.

2.11.1 SPLIT CİHAZLARIN YERLEŞİMİ

a. Duvar Tipi İç Üniteler

- Cihaz yerleşim yeri, direkt olarak güneş ışığına maruz kalmayacak bir bölge olmalıdır.
- Ünite, performansını etkileyecek kadar büyük ısı kaynaklarının yakınına yerleştirilmemelidir.
- Ünite, aşırı rutubetli ortamlara monte edilmemelidir.
- Hava sirkülasyonunun engellenemeyeceği bir yer seçimi yapılmalıdır.



Şekil 2.90. TAVAN SEVİYESİNDEN ORTAMA VERİLEN KARIŞIM HAVASI KIŞIN EKONOMİZÖR GİBİ ÇALIŞIR

- Yerleşim yeri:
 - Odayı en iyi şekilde ısıtıp soğutacak herhangi bir köşesinde,
 - Mümkün olduğunca yüksek bir noktada seçilmelidir.
- Ünite, bakım kolaylığı ve devamlı serbest hava alabileceği yan ve üst boşluklara sahip konumda yerleştirilmelidir.
- **Drenaj bağlantısı drenaj suyunun en rahat akabileceği şekilde yapılmalıdır.**

b. Duvar Tipi Dış Üniteler

- Dış ünitelerin yerleşiminde, bu ünitenin rahat hava alması ve atmasına dikkat edilmesi gerekir. Bir diğer önemli konu da alış ve atış havalarının birbirine karışmamasıdır.
- Direkt güneş ışığına maruz kalacak şekilde mümkün olduğu kadar monte edilmemelidir. Hava akışına engel teşkil etmeyen kör bir nokta, montaj yeri olarak idealdir.
- Ünitenin yazın mümkün olduğu kadar soğuyabileceği, kışın ise mümkün olduğunca sıcak kalabileceği korunaklı bölgelere montajı tercih edilmelidir.
- Isı kaynaklarına, egzost fanlarına, buhar ve yanıcı gaz kaynaklarına yakın montajdan kaçınılmalıdır.
- Ünite mümkün olduğunca, kuvvetli rüzgâr alan yerlerde monte edilmemelidir. Eğer bu durum kaçınılmaz ise dış ünitenin 2 - 3 metre önüne rüzgârı perdelene amaçlı olarak bir duvar yapılabilir (cihaz yere monte ediliyorsa).
- Aşırı derecede nemli ortamlarda cihaz montajından kaçınılmalıdır.
- Cihaz direkt olarak toprak zemine ve eğik bir biçimde monte edilmemelidir.
- Ünitelerin arka bölümü mümkün olduğunca kuzeye bakacak şekilde monte edilmelidir (Heat pump'ta kullanıldığında, yağın ısı değiştirici yüzeylere birikimini azaltmak için).
- Tek bir yere iki veya daha fazla ünite montajı yapılıyor ise birbirlerini etkilememesine (birinden çıkan sıcak havanın diğerinin hava akışına karışmasına) dikkat edilmelidir.

c. Hava Kanallı Split Tip Dış Üniteler

- Dış ünite serpantinleri üzerinden hava sirkülasyonu rahat sağlanmalıdır.

Balkon vb yarı açık yerlere monte edildiklerinde, cihazdan çıkan hava çok kısa bir hava kanalı ile (ve uygun boyutlu) dış havaya bağlanmalıdır. Aksi halde dış ünitenin attığı havayı tekrar emmesi cihaz kapasitesini oldukça düşürdüğü gibi, cihazın yüksek basınç presostatının atmasına da neden olabilir.
- Aynı zamanda üniteye kolayca servis yapılabilir ve ulaşılabilir bir biçimde yerleşim yapılmalıdır.
- En yaygın uygulama da ünite gerideki bir duvardan 15 - 25 cm açıkta yerleştirilir. Duvara yakın yerleşim boru ve kablo kullanımını azaltır, çarpmaları en aza indirir.

- Dış üniteler, yeterli hava alış - veriş sağlandığı takdirde kısmen bina içerisine (balkon, dış cephesi olan şaft vb) monte edilebilirler. Bu uygulama için özel önlemler alınması gerektiği unutulmamalıdır.
- Heat pump dış ünitelerde ısıtma esnasında yoğunlaşma olacağı düşünülüp zemine bir gider oluşturulmalıdır. Dış ünitenin bina cephesine asılmasının gerekmesi gibi özel hallerde, ünitenin drenajı olan bir platform yapılarak bunun üzerine yerleştirilmesi gerekir.

d. Hava Kanallı Split Tip İç Üniteler

- Cihazın monte edileceği yerde veya yakınında drenaj suyunun bağlanabileceği bir su gideri bulunmalıdır.
- Drenaj hatları gidere doğru en az %1'lik bir eğim ile bağlanmalıdır. Ayrıca giderden koku gelmesini ve drenaj tavaındaki suyun fan tarafından emilmesini engellemek amacıyla cihaz drenaj çıkışında en az 2,5 cm derinliğinde bir sifon oluşturulmalıdır. Özellikle asma tavan montajlarında drenaj hattı eğimine dikkat edilmelidir. Özellikle su giderinin üst kotta olmasından dolayı kullanılması gerekebilecek drenaj pompaları, bakım ve kontrol gerektirdiğinden işletme giderleri ve arıza riski fazladır. Mecbur kalmadıkça bu çözüm tercih edilmemelidir.
- **İç ünite ve dış ünite arasındaki mesafe mümkün olduğu kadar kısa tutulmalıdır.** Bu montaj maliyetini düşürdüğü gibi, ileride bakır borularda oluşabilecek servis problemlerinin de daha hızlı ve çabuk halledilmesini sağlar.
- Ünite aşırı rutubetli ortamlara yerleştirilmemelidir.
- Ancak çok daha önemli konu, enerji tüketimidir. İç ve dış üniteler arasındaki mesafenin uzaması, Cihazların performanslarını düşürdüğü için, enerji tüketimi de artar.
- Gizli tavan tipi split klimalar ise, tavan arasına yerleştirildiği için minimum yer kaybı ile montaj yapılabilmektedir. Çok sessiz çalışan fan motorları ve kumandadan değiştirilebilen üç kademe devri sayesinde yatak odaları gibi çok düşük ses seviyesi istenen yerlerde bile rahatlıkla kullanılabilir.

2.11.2 KANALLI SPLIT KLİMA VE

ÇATI TİPİ KLİMA,

KLİMA - HAVALANDIRMA

OTOMASYONU İLE ENERJİ TASARRUFU

2.11.2.1 Ekonomizer Kullanımı (Free Cooling İmkânı)

Soğutma sırasında, uygun dış ortam şartları mevcutken, dış hava - dönüş havası karışım damperi kullanılarak taze hava oranı artırılabilir (*Şekil 2.91*) ve böylece kompresör kullanılmadan soğutma yapılabilir. Bu şekilde karışım havası damperlerinin kontrol edilmesi durumu "Ekonomizer" olarak adlandırılır. Bu işlem iki biçimde gerçekleştirilebilir:

a. Sıcaklık Kontrolü

Sıcaklık kontrolünde alınan dış hava miktarı, dış hava ve ortam havasının kuru termometre sıcaklığına göre izin verilen minimum oran ile maksimum oran arasında değiştirilir. Tipik “Sıcaklık Kontrollü” ekonomizer algoritması Şekil 2.92’de gösterilmiştir.

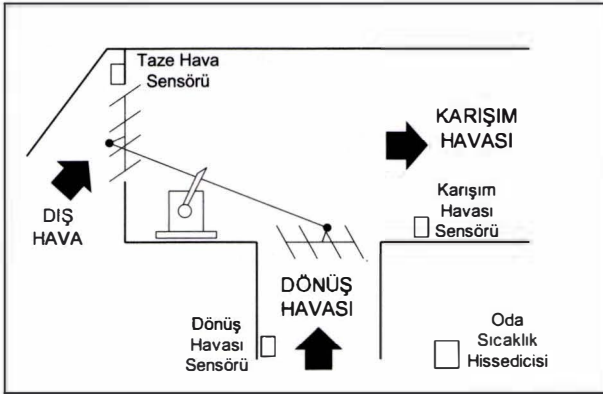
Bazı ekonomizer modüllerinde dönüş havası sıcaklık sensörü kullanılmaz ve dış hava “Geçiş Sıcaklık Değeri” ile karşılaştırılır (13 - 17°C arası). Dış havanın bu değerin altında olduğu durumlarda dış hava, birinci soğutma kademesi olarak devreye girer. Geçiş sıcaklık değerinin yüksek tutulması, daha uzun sürelerle “Ekonomizer” fonksiyonunun devreye girmesi ve daha fazla enerji tasarrufu anlamına gelir.

Dış havada yüksek nem varsa, soğutma sırasında nemli dış havanın alınması daha fazla enerji harcamasına

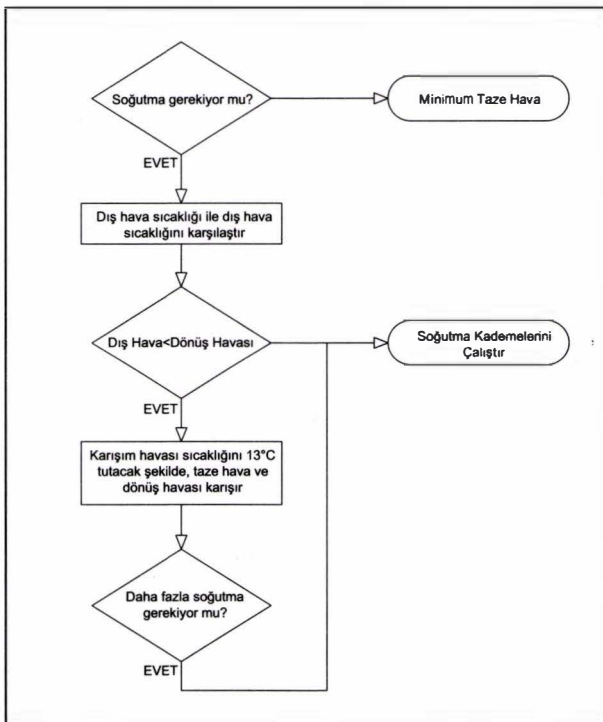
neden olacak, kar yerine zarar getirecektir. Bu nedenle alınan dış havanın yaş termometre sıcaklığı dönüş havası (iç hava), yaş termometre sıcaklığından düşük olmalıdır. Öte yandan dış hava sıcaklığı soğutma yapılmasına gerek kalmayacak kadar düşük değerlere inerse, yine ekonomizör çevrimi kullanılamaz; çünkü artık soğutmaya gerek yoktur. Ekonomizör çalışmasının uygun olabileceği aralık (enerji tasarrufu yapılan çalışma şartları) Şekil 2.93’deki psikometrik diyagramda verilmiştir.

Enerji tasarrufu, dış hava kuru termometre sıcaklığının, binanın soğutmaya gereksinim duymadığı değer ile konfor şartındaki havanın (iç hava) yaş termometre sıcaklığı arasında olduğunda mümkün olacaktır.

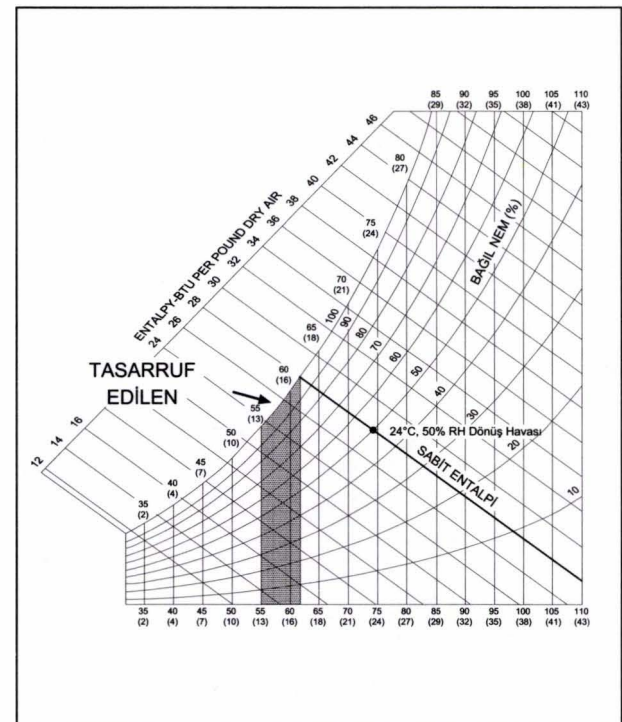
Örneğin, yaz konfor şartı olarak 24°C, %50 bağıl nem seçilen bir binada, dış hava sıcaklığı 13°C’nin üzerinde iken soğutmaya gereksinim oluşmaktadır. Bu binada psikometrik diyagramda görülen dış havanın 13 - 17°C arasında olduğu bölgede sıcaklık kontrollü bir ekonomizer ile enerji tasarrufu sağlanabilir. Dış havanın 13°C’nin altında olduğu sürelerde, binada soğutma ihtiyacı oluşmayacaktır. Dış havanın 17°C’nin üzerinde olduğu durumlarda ise dış hava entalpi değerinin, iç hava entalpi değerinden yüksek olma ihtimali olmaktadır. Enerji tasarrufu edilen bölgenin genişlemesi için “Geçiş Sıcaklık” değeri (17°C’nin üzerine) artırılabilir. Fakat, dış havanın 17 - 24°C arasında olduğu durumlarda, dış hava kullanımının ekonomik olması dış havadaki bağıl nem oranına bağlıdır. Nemli bölgelerde “Geçiş Sıcaklık” değerinin tasarımı yaş termometre sıcaklığının üzerinde ayarlanmaması daha doğru olacaktır.



Şekil 2.91. KARIŞIM DAMPERİ KONTROLÜ



Şekil 2.92. EKONOMİZÖR ÇALIŞMANIN ALGORİTASI



Şekil 2.93. EKONOMİZÖRÜN ÇALIŞMASININ PSİKOMETRİK DİYAGRAMDA GÖSTERİLMESİ

b. Entalpi Kontrolü

Entalpi kontrollü sistemlerde, dış havanın entalpi değeri ölçüldüğü için, yukarıdaki ikilem ortadan kalkar. Entalpi kontrollü sistemlerde, dış hava entalpi değerinin sabit bir **Geçiş Entalpi** değeri ile karşılaştırılması, "**Tek Entalpi Kontrolü**" olarak adlandırılır. Hem dış hava hem de dönüş havası entalpi değerlerinin ölçülüp karşılaştırıldığı sistemlere ise "**Fark Entalpi Kontrolü**" denir.

Tek Entalpi kontrolünde, ölçülen dış hava entalpi değerinin seçilen sabit bir Entalpi kontrol eğrisinin altında olması durumunda dış hava kullanılır. Entalpi kontrolünde, sıcaklık kontrolünde enerji tasarrufu sağlanamayan durumlarda da enerji tasarrufu sağlanmış olur.

Fakat, Tek Entalpi kontrolünün dezavantajı, dönüş havasının sıcaklık ve neminin her zaman konfor değerinde olduğunu varsaymasıdır. Bazı durumlarda, dış havanın entalpisi belirlenen Geçiş Entalpi'sinden düşüken, yine de ekonomizör moduna geçilmemesi daha ekonomik olabilir. Bu nedenle dönüş havasına koyulan bir entalpi sensörü ile dış ve dönüş havası entalpileri karşılaştırılır ve entalpi değeri düşük olan hava kullanılarak daha az enerji ile istenilen konfor sağlanabilir.

ABD'nin değişik eyaletlerinde 420 m²'lik bir binanın soğutma harcaması konusunda, istatistiksel meteorolojik verilere dayandırılarak bir simülasyon çalışması yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucu, ekonomizer kullanımıyla yapılan tasarrufun iklim şartlarına göre değişmekle birlikte Fark Entalpi kontrolü kullanılması durumunda anlamlı değerlere ulaştığını ortaya koymuştur. Bazı iklim koşullarında sıcaklığa göre ekonomizer kontrolünün hiç ya da çok az tasarruf sağladığı görülmüştür (Tablo 2.94).

2.11.2.2 Talep Kontrolü

Çoğu klima sistemi çalıştığı süre boyunca ortama sabit miktarda taze hava besler. Bu sabit taze hava miktarı, ortamın maksimum dolu olacağı ana göre hesaplanır. Gün boyunca ortamın doluluk oranı ise devamlı değişir ve maksimum doluluğa göre hemen her zaman daha düşüktür. Berkley Üniversitesinde yapılan bir çalışmada çalışma günü ve hafta sonu için farklı ortalama doluluk profilleri çıkarılmıştır. Şekil 2.95'te çalışma günleri için olan diyagram verilmiştir.

Ortamın gereğinin üzerinde havalandırılması sonucu, ısıtma-soğutma enerjisi kaybına neden olur. Ortalama doluluk oranları değişik karakterdeki binalarda farklı olabilir. Örneğin, alışveriş merkezlerindeki doluluk oranları gün içinde, hafta içi ve sonu olmasına göre büyük farklılıklar gösterirken, okul gibi binalarda doluluk oranı binanın çalışma saatleri boyunca genelde sabittir.

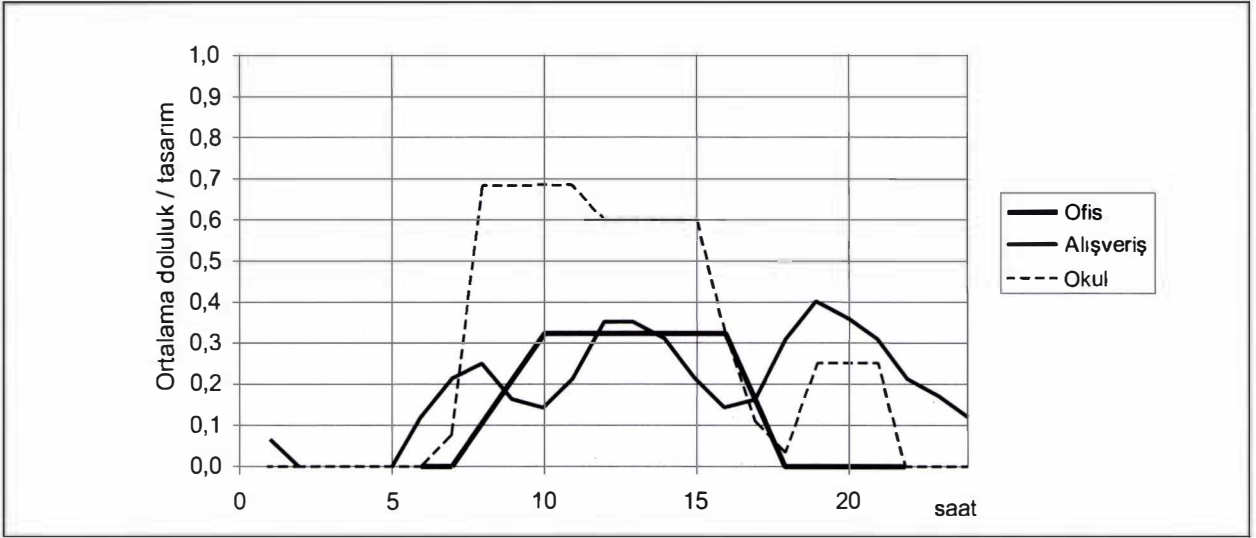
Talep kontrolü ile bir yandan ortam hava kalitesinin düşmemesi, bir yandan da aşırı havalandırmadan oluşan ısı kayıplarının önlenmesi sağlanır. Talep kontrolü için 1.000 ppm gibi bir iç hava CO₂ miktarı üst sınır olarak kabul edilebilir. Burada dikkat edilmesi gereken konu, havanın kalitesini düşüren CO₂ dışındaki kirlleticilerin de kontrol altında tutulmasıdır. Bunun için, restoranlardaki mutfak, iş yerlerindeki fotokopi-printer merkezleri, okullardaki resim ve el işi atelyeleri gibi yerlerin ayrı olarak havalandırılmaları veya CO₂ dışındaki kirleticileri de ölçen hava kalite sensörleri kullanılması gerekir. Böyle bir sensör, sigara dumanı, hidrojen, CO, ethanol, amonyak gibi kötü kokulardan da etkilenecek CO₂ sensörüne göre daha sağlıklı bir tepki verir. CO₂ ve/veya hava kalitesi sensörü ile ölçülen değerlere göre karışım damperinin (taze hava - dönüş havası) kontrolü sağlanabilir.

Talep kontrolü ile sadece soğutma enerjisi değil aynı zamanda ısıtma enerjisinden de tasarruf sağlanır. Özellikle, ısıtma enerjisi ihtiyacının, büyük oranda havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybını karşıladığı durumlarda, talep kontrolü ile elde edilebilecek ısıtma enerjisi tasarruf oranları çok artmaktadır. Bu konuda yapılan bir simülasyon çalışması, alışveriş merkezi, restoran ve okul gibi yerlerin ABD'nin çeşitli yerlerinde talep kontrolü ile %70 ve üzeri ısıtma enerjisi tasarrufu sağlandığı, ofis binalarında ise bu oranın %30'a kadar çıkabildiği görülmüştür (Şekil 2.96).

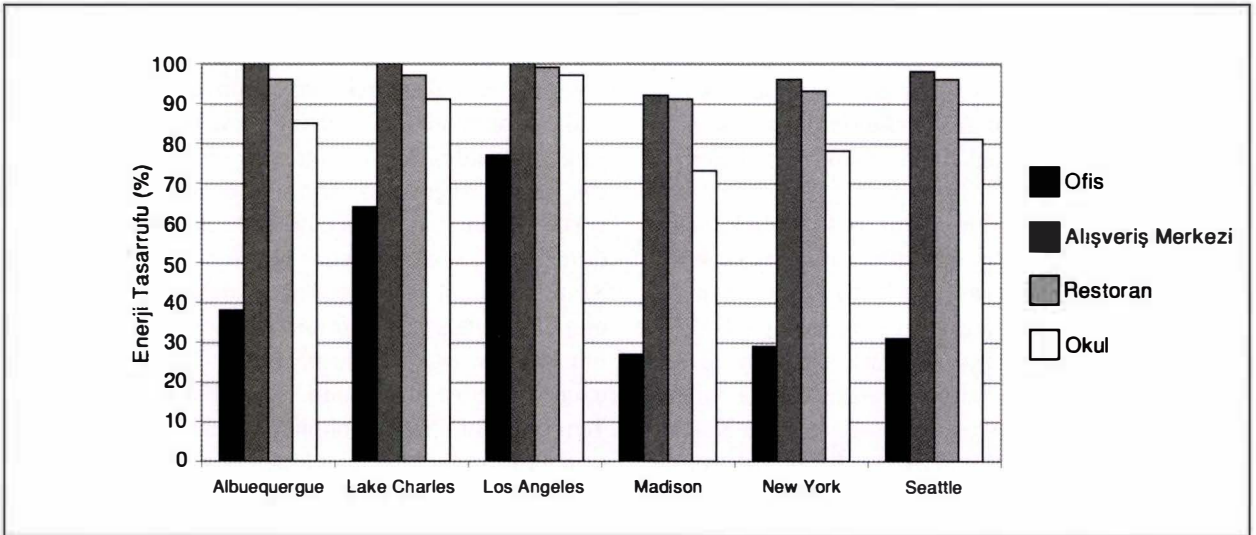
Entalpi kontrolü ve talep kontrolü birlikte yapıldığında, iki kontrol algoritmasının belirlediği taze hava açıklık oranının büyük olanı seçilir. Böylece, ekonomizer kontrolünde varsayılan minimum taze hava miktarı daha düşürülebilir ve yapılabilecek enerji tasarrufu da artırılabilir. Talep kontrolü ve ekonomizer kontrolünün birlikte kullanılması ile elde edilen soğutma enerjisi tasarrufu ise Şekil 2.97'deki diyagramda verilmiştir.

	Albuquerque	Lake Charles	Los Angeles	Madison	New York	Seattle
13°C Geçiş Sıcaklığı	%0	%0	%0	%0	%0	%0
18°C Geçiş Sıcaklığı	%4	Yok	%15	%4	%5	Yok
Tek Entalpi - A	%15	%4	%32	%11	%12	%22
Fark Entalpi	%20	%19	%47	%25	%28	%28

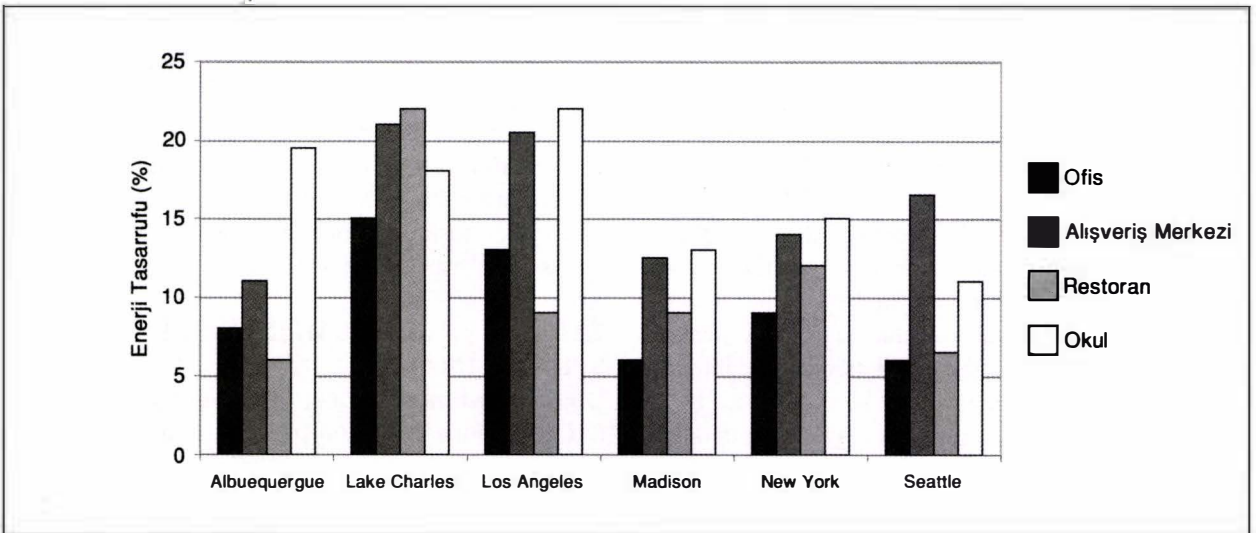
Tablo 2.94. EKONOMİZÖR KULLANIMIYLA YAPILAN TASARRUFUN İKLİM ŞARTLARINA GÖRE DEĞİŞİMİ



Şekil 2.95. FARKLI UYGULAMALARDA İŞ GÜNÜNDE DOLULUK ORANLARI



Şekil 2.96. ABD'NİN ÇEŞİTLİ YERLERİNDE ALIŞVERİŞ MERKEZİ, RESTORAN, OKUL VE OFİS BİNALARI GİBİ HACİMLERİN TALEP KONTROLÜ İLE SAĞLANDIĞI DURUMDA ISITMA ENERJİSİ TASARRUFU



Şekil 2.97. TALEP KONTROLÜ VE EKONOMİZÖR KONTROLÜNÜN BİRLİKTE KULLANILMASI İLE SAĞLANAN SOĞUTMA ENERJİSİ TASARRUFU

2.11.2.3 Zon Kontrolü

Zon kontrolü, binayı ısıtma veya soğutma kontrolünün birbirinden bağımsız yapıldığı bölgelere ayırmaktır. Bu sayede, her ayrı bölgenin ayrı bir ayar değeri, kontrolörü ve ilgili bölgeye giden ısıyı kontrol eden son kontrol elemanı bulunur. Zon kontrolünün faydaları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Gün ve mevsimlere göre değişen ısıtma/soğutma ihtiyaçlarına göre sistemin kendisini uyarlaması
- Bölgelerin ayrı ayrı sıcaklıklara ayarlanabilmesi
- Binanın her yerinde homojen konfor şartlarının sağlanması
- %30'a varan enerji tasarrufu

İlk yatırım maliyeti karşılaştırıldığında da, iki zonlu bir sistemi iki ayrı klima cihazı yerine 1 klima cihazı ve zon kontrolü ile çözmek daha ekonomik olmaktadır. Zon sayısı arttıkça aradaki fark daha da artmaktadır.

Ayrıca, birden çok klima cihazının bakım, servis maliyetleri açısından işletme maliyeti de daha fazla olacaktır. Zon kontrolü yapmak hem kullanıcılara istedikleri ısı konforu seçme şansını verdiği gibi, hem de farklı çalışma saatleri ve kullanım karakterlerine sahip zonların enerji tasarrufu sağlanarak istenilen ısı konfora ulaşılmasını sağlar.

Zon kontrolü yapmamak, tüm evde aydınlatmanın tek bir anahtarla açılıp kapatılmasına benzetilebilir.

Nasıl ki sadece kullanılan mahallerin aydınlatılabilmesi için her odada ayrı bir anahtar var ve bu da aydınlatma enerjisinden tasarruf sağlıyorsa, evin kullanıma göre ayrılmış her bölgesinin ayrı termostatlardan kontrol edilmesi de benzer şekilde enerji tasarrufu sağlayacaktır. Kullanılmayan bölgelerin sıcaklık ayarları ısıtmada daha düşük, soğutmada daha yüksek tutularak daha az enerji harcanır. İki katlı bir evde, genelde üst kat alt kata göre yaz boyunca daha fazla soğutma, kış boyunca ise daha az ısıtma ihtiyacı duyacaktır. Zon kontrol sistemi ile bir bölgenin artan ısıtma veya soğutma ihtiyacı yüzünden diğer bölgenin sıcaklığını konfor seviyelerinin dışına çıkarmanız engellenmiş olacaktır. Kuzey - güney veya doğu - batı cepheleri için de mevsimlere ve günün saatine göre benzer farklı ısıtma-soğutma ihtiyaçları oluşacaktır. Bina veya evde zonlama, değişen kullanım koşulları ve ısı şartlar dikkate alınarak yapılmalıdır.

Soğutma sistemlerinde Zon kontrolü değişik bölgelere giden havalandırma kanallarına yerleştirilen motorlu zon damperleri yardımı ile yapılır. Zon termostatları, ilgili bölgede istenen sıcaklık ile gerçek sıcaklığı karşılaştırır ve buna göre ilgili bölgenin damperini açar veya kapatır. Aynı zamanda klimayı kontrol eden termostada ilgili bölgenin ısıtma veya soğutma ihtiyacını bildiren bir sinyal gönderir. Klima termostadı çeşitli bölgelerden gelen ihtiyaç sinyallerine göre ısıtma ve soğutmaya sırayla devreye sokar.

Klima cihazının toplam hava debisi, tüm zonların ihtiyacını karşılayacak şekilde seçildiği için bir veya birkaç

zon damperi kapattığı sırada, fanın oluşturduğu fazla debi, elektronik veya mekanik kontrollü bir by-pass damperi ile emiş tarafına verilir. By-pass damperinin boyutu toplam hava debisinden en düşük debi ihtiyacı zonun hava debisi düşülerek bulunur. Statik basıncı 125 Pascal'a kadar olan sistemlerde mekanik by-pass damperi yeterli olurken, bunun üzerindeki basınçlarda bir statik basınç sensörü ile oransal motorlu damper motoru kullanılmalıdır. Bundan daha iyisi, debi kontrolü için frekans kontrollü değişken debili fanlar kullanmaktır. Ancak bu durumda inverter kompresör kullanılmalıdır.

Kullanılmayan bölgenin daha yüksek sıcaklıkta tutulması ile sağlanacak tasarruf, belirlenen konfor ve ekonomi, ortam sıcaklık ayar değerleri; dış hava sıcaklık ortalamalarına ve ilgili bölgenin enerji yüküne göre belirlenebilir. Kullanılmadığı sürelerde ekonomi konumunda bulundurulmuş bölge için gerekli olan soğutma enerjisinden tasarruf sağlanırken, diğer bölgelerin konforundan ödün verilmez. Üç zona ayrılmış *Şekil 2.98A, B, C*'deki örnek evde, Zon kontrolü yapılmaması durumunda rekreasyon alanı kullanılmıyorken, ya bu bölge de 22°C'de tutularak enerji boşa harcanacak ya da diğer bölgelerin konfor şartlarından ödün verilerek evin toplamda daha yüksek bir sıcaklıkta tutulmasına razı olunacaktır.

Konvansiyonel termostatlarla yapılan zon kontrolünün bir sakıncası, zonların ısıtma-soğutma ihtiyaçlarının düzensiz olarak belirmesi ile klimanın gereğinden uzun sürelerle çalışmasıdır.

Termostatların klima kontrolörü ile haberleşerek, zonlardaki ihtiyaç miktarlarını bildirdiği ve klima termostadının ısıtma - soğutma zamanlarını senkronize ettiği sistemlerde bu sorun ortadan kalkarak tasarruf oranları artar.

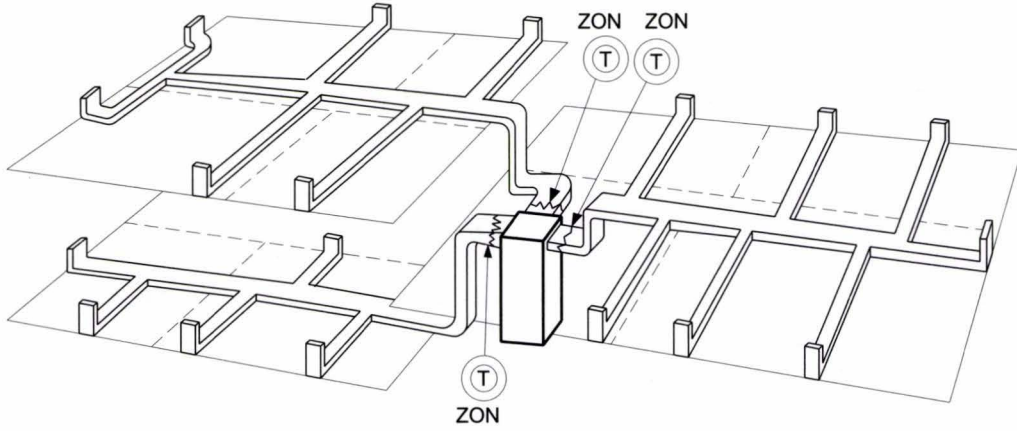
En çok ihtiyacı olan zon kavramı ile sistem, ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarını sıraya koyarak, ısıtma ve soğutma arasında otomatik geçiş yapar. Böylece, farklı iklimlendirme ihtiyacı olan zonun, diğer zonların ısıtma yada soğutma ihtiyacı tamamen giderilene kadar beklemesi gerekmez.

En çok ihtiyacı olan zon,

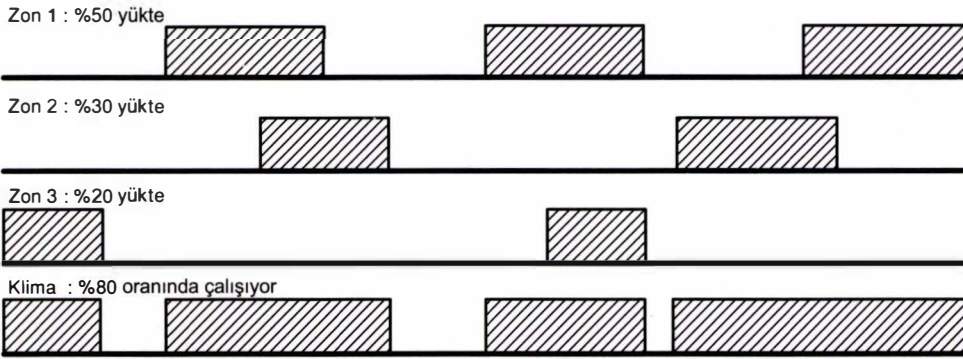
- Ayar değeri ile ortam sıcaklığı arasındaki fark
- Ortam sıcaklığının değişim hızı
- Zon termostadı tarafından toplanmış geçmiş sıcaklık bilgilerine göre belirlenir.

2.11.3 INVERTER KOMPRESÖRLÜ SPLIT KLİMALAR

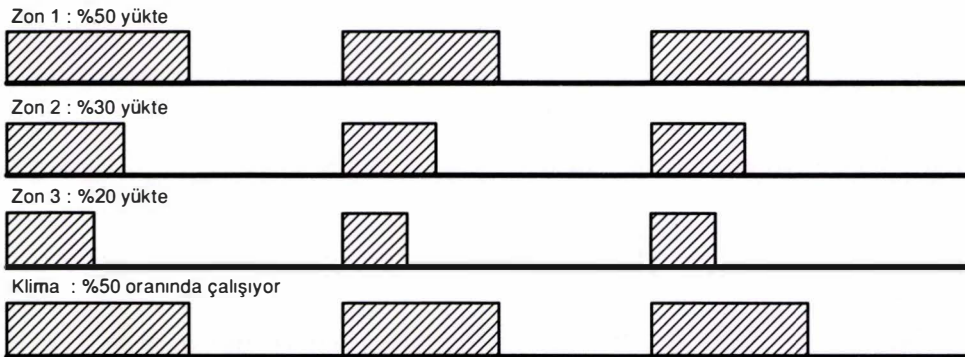
Doğru gerilimden (DC), değişken gerilim dalga (AC) biçimine dönüştürebilen, frekansı ve gerilimi birbirinden bağımsız ayarlanabilen düzeneklere "Inverter sistemler" adı verilir. Kompresörü bu şekilde kontrol edilebilen klima cihazlarına da "Inverter Klimalar" adı verilir. Klima sistem montajından önce yapılan ısı kazancı hesabı ile mekanın pik soğutma



A



B



C

Şekil 2.98A, B, C. ÖRNEK EV 3 ZONA AYRILMIŞTIR.
 ZON 1: SALON, OTURMA, YEMEK ODASI, MUTFAK
 ZON 2: YATAK ODALARI
 ZON 3: REKREASYON ALANLARI

yükü hesaplanır ve bu hesaba göre kapasite tayin edilir. Ancak soğutma mevsimi boyunca sistem genellikle kısmi yükte çalışır. Kısmi yükte çalışan inverter kompresörlü sistem klasik on-off kontrollü sisteme göre daha verimli çalışacaktır.

Genel olarak kısmi yük veya değişken yüklerde çalışacak olan klima sistemleri kompresörlerinin, inverter kompresör olarak kullanılması hem elektrik enerjisi tüketimini azaltacak hem de çok daha hassas sıcaklık kontrolüyle istenilen konfor şartlarının oluşmasına imkan sağlayacaktır. Mevsimlik elektrik harcaması ortalama olarak klasik split klima sistemlerine göre yaklaşık %30 daha azdır. Inverter kontrol devresi, kompresörü %20 oranında modüle etmiş olsun. Bu durumda motor %80 devirle döner. Güç eğrisine bakılırsa, motor %80 devirle dönerken, tam devirle döndüğü halindeki güç harcaması ile kıyaslandığında enerji harcamasının %50 oranına düşük olduğu görülür. Fanlarda olduğu gibi güç devrin küpü ile orantılı olarak değişmektedir.

Güç oranı = (hız oranı)³ = (n₂/n₁)³ = (0,80)³ = 0,50

Klasik split klimalarda kompresör rotasyonu sabittir. Kompresör, aynı kapasitede sabit çalışır. Klimatize edilen mekanda ayarlanan sıcaklığa ulaşıldığında, kompresör durur. Kompresörün dur-kalk yapması, klasik split klima sistemlerinin çalışma şeklidir. Kompresörün aynı kapasitede dur-kalk yaparak iç ortam sıcaklığını hassas kontrol etmesi mümkün değildir. Oda sıcaklığındaki dalgalanmalar sebebiyle konfor şartlarından sapma meydana gelir. Enerji sarfiyatı artar. Inverter kompresörlü split klimalar, kapasitelerini modüle edebilmektedir. Kapasite ayarını yapan, kompresördür. Şebekeden gelen sabit frekanslı elektriğin frekansını değiştirerek kompresör rotasyon sayısını ayarlar. Klimatize edilen inverter klimalarla klimatize edilen ortamda oda sıcaklığı ±0,1°C hassasiyetle sabit tutulabilir. Konfor şartlarından sapma olmaz.

- Soğutma ve ısıtma kapasitesi; dış ortam sıcaklığı, iç ortam sıcaklığı ve ayarlanan sıcaklığa bağlı olarak ayarlanır.
- Oda sıcaklığı, belirli bir aralıkta sürekli sabit kalır.
- Sistem, mekanı az sürede istenen sıcaklığa ulaştırabilir.
- Defrost süreleri standart klimalara göre çok daha kısa olduğu için, defrost süresince iç ortam sıcaklığında değişme olmaz.
- Inverter klimalar ortam ve ayar sıcaklığının yanı sıra soğutucu akışkan kontrolü yapabilmeleri ve COP değerlerinin standart klimalara göre daha yüksek olması sayesinde daha yüksek verime sahiptir.

Standart klimalar ilk çalışma (demera) anında normal çalışma akımının yaklaşık on katı oranında akım çeker. Inverter klimalar ise frekans kontrollü çalıştılarından kalkış anında çekilen akım normal çalışmada çekilen akım ile aynı değere sahiptir. Böylelikle cihazlarda minimum yıpranma, maksimum ömür ve yüksek enerji tasarrufu sağlanır.

Özellikle yatak odalarında inverter kompresörlü klima cihazları kullanılmalıdır. Sadece akşam saatlerinde kullanılan yatak odalarında soğutma yükü zaman zaman çok düşmektedir. Gece boyunca yatak odalarında istenen sıcaklık yazın 27°C dir. Inverter kompresörlü klima bu şartlarda en yüksek verimle çalışacak sistemdir.

Inverter klimalar ısıtmada kullanıldığında frekans düşerken ısıtma verimi artmaktadır. Inverter frekansı ile Enerji Verim Oranı (COP) arasındaki ilişki Şekil 2.99'da görülmektedir. Inverter olmayan klimada ise frekans sabit olduğundan ısıtma verimi sabit olmaktadır.

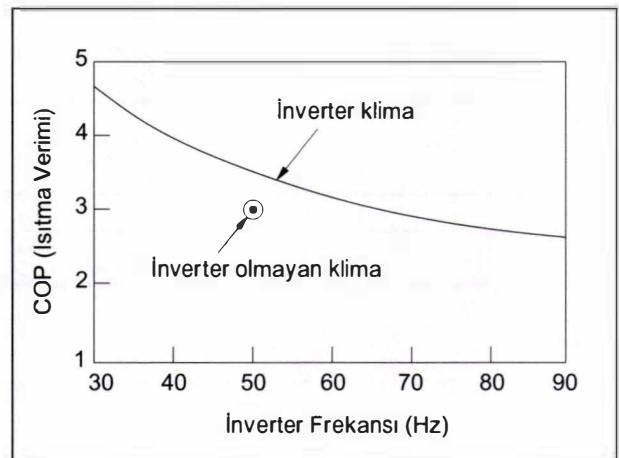
2.11.4 SPLIT KLİMALARDA İÇ VE DIŞ ÜNİTELER ARASINDAKİ YATAY VE DÜŞEY MESAFELERİN VERİME ETKİSİ

Soğutucu akışkanın iç ve dış üniteler arasında dolaştırılması kompresörde verilen enerjiyle karşılanır. Kompresörde akışkanın dolaşımı için kullanılan enerjinin artması sistem verimini düşürür. Bu nedenle iç ve dış ünite arasındaki boru uzunluğu, 90° dirsek ve fittings sayısı, cihaz performansını etkileyecektir. Buhar hattındaki basınç düşürününü minimuma indirebilmek için sadece büyük çaplı 90° fittings kullanılmalıdır.

Soğutucu, akışkan dış üniteden sıvı olarak iç üniteye gider ve iç üniteye bu sıvı buharlaşarak gaz haline dönüşüp tekrar dış üniteye geri döner. Bu nedenle:

- İç ünite ile dış ünite arasında seviye farkı olması ve dış ünitenin aşağıda veya yukarıda olması da performansı etkiler.
- Dış ünite aşağıda iken sıvının yukarı basılması için daha çok enerji harcanacaktır (dış ünitenin yukarıda olmasına göre).

Her markanın kendine ait mesafe limitleri vardır. Bu limitlerden daha uzun mesafelere ihtiyaç duyuluyorsa montaj yerleri yeniden gözden geçirilmelidir. İsisan Goodman Kanal Tip Split Klima cihazlarında



Şekil 2.99. ISITMADA INVERTER FREKANSI İLE COP ARASINDAKİ İLİŞKİ

ise **toplamda 60 metre** bakır boru hattı çekilebilir. Gaz hattı uzunluğu ve boru çapına karşılık gelen sistem performans değerleri, bir başka anlatımla boru direncinin sistem verimine etkisi *Tablo 2.100*'de gösterilmiştir. Boru çapı büyüdükçe ve boru uzunluğu azaldıkça verim yükselmektedir.

Her markanın ve modelin yine kendine ait iç - dış üniteler arası yükseklik farkı (kot farkı) limiti vardır. Dış ünite, bu limitlerin dışında iç üniteden daha yukarı ya da aşağı monte edilmemelidir. Aralarında yükseklik farkı bulunan montajlarda, uyulması gereken bakır boru tesisatı çekme işlemi ile ilgili kurallar vardır. Isısan Goodman Kanal Tip Split Klima cihazlarında, dış ünite yukarıda iç ünite aşağıdayken en fazla kot farkı 45 metre olmalıdır. Not: Bu durumda bakır boru tesisatının soğutucu akışkan buhar hattına (dönüş hattı) her 6 metrede bir yağ cebi yapılmalıdır. Yağ kapanı başına sisteme 28g yağ ilave edilmelidir.

Dış ünite aşağıda - iç ünite yukarıda iken; en fazla kot farkı 16 metre olmalıdır.

2.11.5 KANALLI SPLIT HEAT PUMP CİHAZLARIN DIŞ HAVA SICAKLIĞINA BAĞLI PERFORMANS DEĞİŞİMİ

Havadan havaya tipteki heat pump cihazlar, kış mevsiminde dış sıcaklığa bağlı olarak performans kaybına uğrarlar. Bu performans düşümünde rol oynayan iki önemli faktör bulunmaktadır:

- Dış sıcaklığın düşmesine paralel olarak düşen evaporasyon sıcaklığı nedeniyle, kompresör basınç farkının yükselmesi ve çevrim veriminin düşmesi;

Kapasite (Btu/h)	Boru Çapı (inç)	Kapasite Düzeltme Faktörü					
		Bakır Boru Mesafesi (Gaz Hattı)					
		8	16	25	33	41	50
24.000	3/4	1,00	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90
	7/8	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96
36.000	3/4	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88
	7/8	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94
	1 1/8	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95
48.000	3/4	0,95	0,92	0,90	0,86	0,83	0,80
	7/8	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88
	1 1/8	1,00	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90
60.000	7/8	0,98	0,96	0,94	0,91	0,89	0,87
	1 1/8	1,00	0,98	0,95	0,93	0,91	0,89
120.000 Yalnız Soğuk	1 1/8	0,99	0,97	0,96	0,94	0,92	0,90
	1 3/8	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96
120.000 Heat Pump	7/8	0,98	0,96	0,94	0,91	0,89	0,87
	1 1/8	1,00	0,98	0,95	0,93	0,91	0,89

Tablo 2.100. BORU ÇAPI VE UZUNLUĞUNA GÖRE KAPASİTE DÜZELTME FAKTÖRLERİ

- Düşük sıcaklıklarda dış ünite (evaporatör) serpantinlerinde meydana gelen karlanmanın eritilmesi için defrost yapılma gereksinimidir.

Isı pompası tipi cihazlar ilk uygulandığında, ABD'de müşterilerin şikayetçi oldukları gözlenmiştir. Bunun nedeni defrost sürecinden kaynaklanmaktadır. Hava kanallı split klimalara elektrikli ısıtıcı veya sulu batarya montajı yapılabildiği için, defrost anında iç ünite soğuk hava üflemez ve konfor bozulmaz.

2.11.5.1 Kanallı Klima ile Elektrikli Isıtıcı Uygulamaları

Isıtmada ısı pompasını başarı ile kullanmak için, bina iyi izoleli olmalı ve hava sızıntısı minimuma indirilmelidir. İyi izoleli binalarda ısıtma ihtiyacı azaldığından, cihaz otomatik olarak termostat üzerinden kapanır ve doğal defrost sağlanır.

Elektrikli ısıtıcılar, temel olarak kışın ısıtma yapılan yerlerdeki klimalara monte edilir. Hava kanallı klimalara opsiyonel olarak yerleştirilebilir. Elektrikli ısıtıcılar mutlaka cihazın üfleme ağzına monte edilmelidir. Cihazlar ile birlikte standart olarak verilen termostatlar ile birkaç farklı amaç için ısıtıcıları değişik şekillerde çalıştırabilmek mümkündür.

a. Isıtmaya takviye amacıyla çalıştırmak:

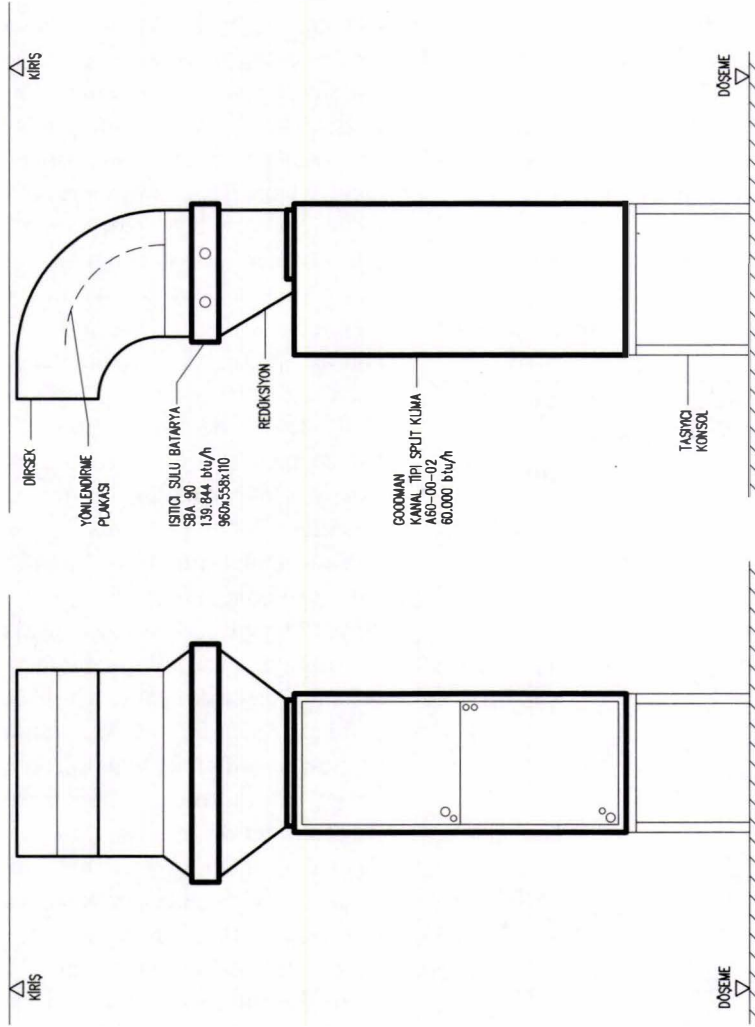
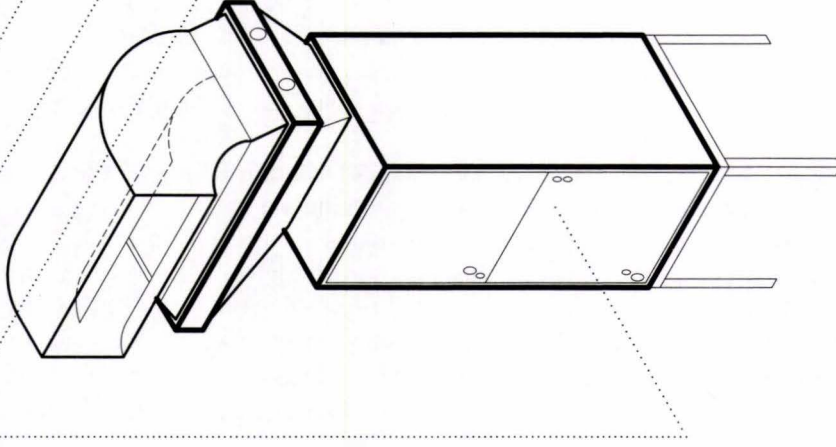
Bu uygulamada elektrikli ısıtıcı, heat pump çevrime takviye amacıyla devreye girecektir. Heat pump çevrim ile birlikte sürekli devrede kalmaz. Sadece ortam sıcaklığı, istenilen ayar sıcaklığından 3K'dan daha düşükse, elektrikli ısıtıcı aradaki diferans sıcaklığını 2K'ya getirene kadar çalışır ve sonra devreden çıkar. Bu ortam, konfor sıcaklığına mümkün olan en kısa zamanda ulaşmayı sağlar. Dış hava sıcaklığı düşük olduğunda sistem COP değeri de düşeceğinden, verim düşümünden kaynaklanan kayıp böylece önlenmiş olur. Ortam çok daha kısa sürede ısıtılır ve ısıtıcı görevi heat pump çevrime devreder.

b. Sadece acil durumlarda ısıtıcıyı çalıştırmak:

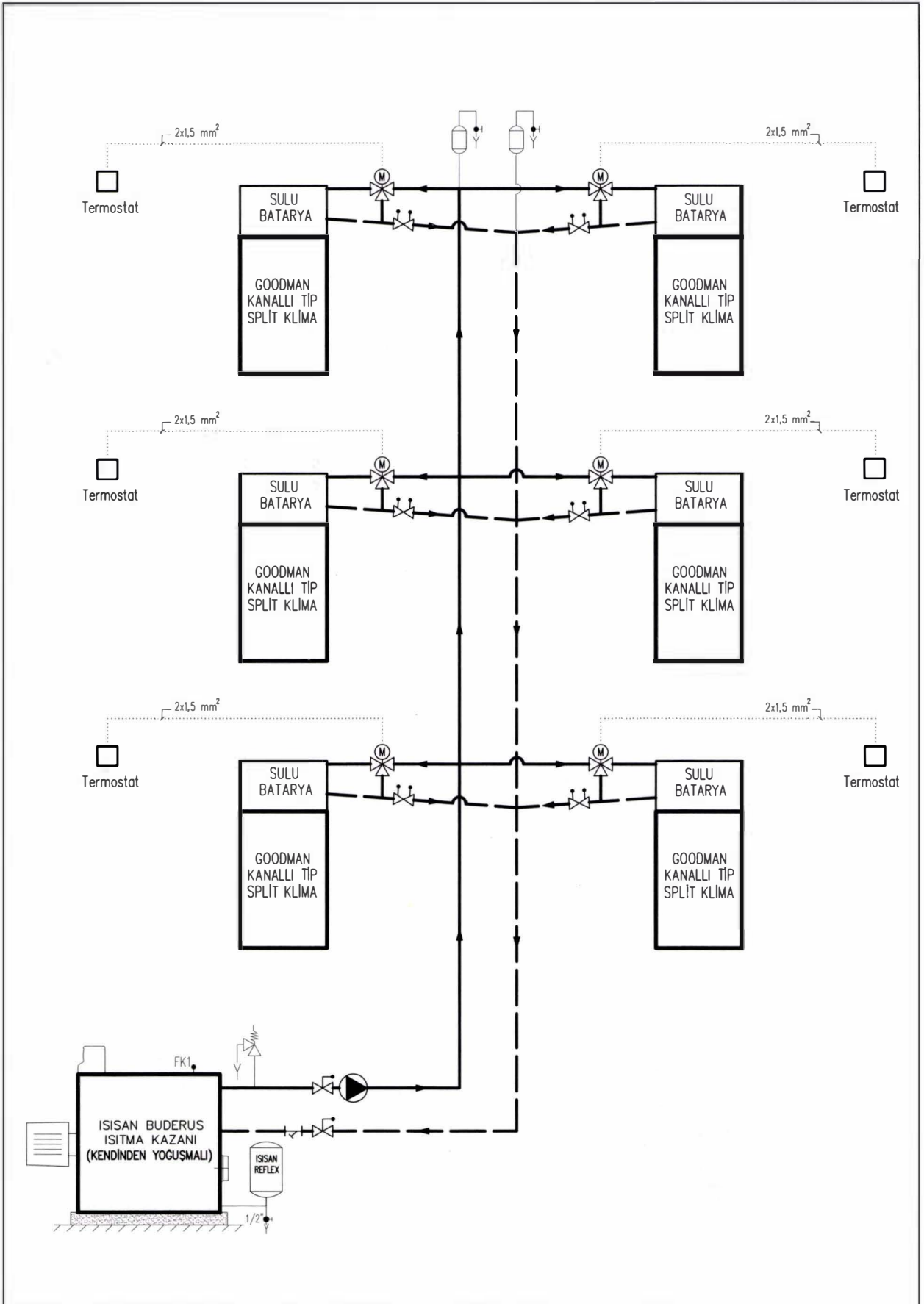
Bu uygulama, elektrikli ısıtıcı termostatta bulunan "Emergency Heat" komutu ile aktive edilir. Bu komut verildiğinde heat pump tamamen devre dışıdır. Sadece fan ve elektrikli ısıtıcı devrededir. Bu uygulama genellikle sadece ihtiyaç ve zorunluluk halinde devreye girmesi istendiğinde yapılmaktadır.

c. Defrost anında kesintisiz ısıtma sağlamak amacı ile çalıştırmak:

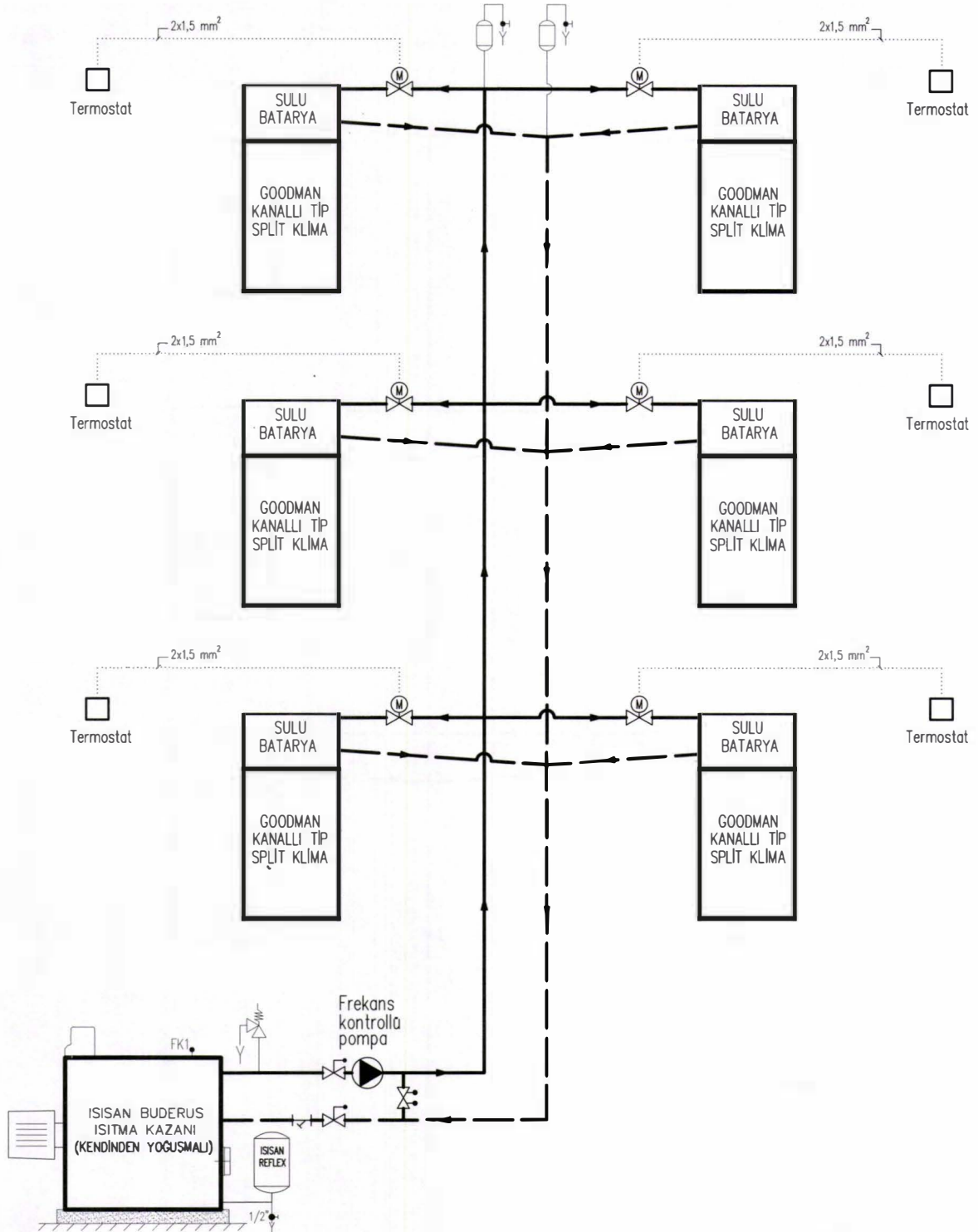
Dış hava sıcaklığı düştüğünde, dış ünite serpantin yüzeyinde buzlanma başlar. Sistem kendi otomatik kontrolü yardımı ile ısıtma çevrimini ters çevirerek (soğutma çevrimine geçerek) dış üniteye oluşan buzlanmayı eritir. Bu esnada ısıtma işlemi tamamen durur, sistem soğutma moduna geçer. Küçük kapasiteli split klimalarda iç ünite fanı dururken, kanallı klimalarda; defrost sırasında sistemin zarar görmesini engellemek ve defrost süresini kısaltmak amacıyla, genellikle iç ünite



Şekil 2.101. KANALLI KLİMADA SULU BATARYA UYGULAMASI



Şekil 2.102. KANALLI KLİMADA SULU BATARYA UYGULAMASI - ÜÇ YOLLU VANALI TESİSAT BAĞLANTI ŞEMASI ÖRNEĞİ



Şekil 2.103. KANALLI KLİMA DA SULU BATARYA UYGULAMASI - İKİ YOLLU VANALI TESİSAT BAĞLANTI ŞEMASI ÖRNEĞİ

fanları çalışmaya devam eder. Normal durumda, defrost 3 - 5 dakika arasında sürer ve sistem ısıtma çevrimine geçerek ısıtma işlemine devam eder. Bu durum, ısıtmaya çalışılan mekanın belli süre soğutulması anlamına da gelir. Bu durumu ortadan kaldırabilmek için elektrikli ısıtıcılar kullanılabilir. Kısa süreli olarak, sadece defrost anında elektrikli ısıtıcı devreye sokularak yukarıda belirtilen sıkıntılar kolayca ortadan kaldırılır.

d. Sadece belli sıcaklık aralığında elektrikli ısıtıcıları çalıştırmak:

Bu uygulama için cihaz termostatının yanı sıra ilave basit bir termostata daha ihtiyaç vardır. Örneğin ; mekan sıcaklığı 12°C olsun. İsteddiğimiz iç ortam sıcaklığı ise 23°C olsun. İlave ısıtıcı için koyduğumuz termostatı 17°C'ye sabitlemiş olalım. Bu durumda, pik ısıtma ihtiyacı duyulan 12 - 17°C aralığında heat pump + elektrikli ısıtıcı devrede olacaktır. Pik yükü yendikten sonra elektrikli ısıtıcı devreden çıkarak, 17 - 23°C aralığında sistem, heat pump çevrimle mekanı kolayca ısıtır. Bu tür uygulamada da, ısıtma süresi kısaldığından ve ısıtıcı sadece belli aralıkta çalışacağından ciddi enerji ekonomisi sağlanacaktır.

2.11.5.2 Kanallı Klima ile Sulu Batarya Uygulamaları (Şekil 2.101)

Bazı binalarda kanallı klima ve taze havalı sistem uygulamasına ihtiyaç duyulmasına karşılık, ısıtma için sıcak su kazanı bulunuyor olabilir. Bazı durumlarda ise, heat-pump (sıcak soğuk) çevrimli klima cihazlarının performansı dış hava sıcaklığına bağlı olduğu için, özellikle kış aylarda ek önlem alınmadığında kapasite sorunları ortaya çıkabilmektedir. Eğer sıcak su devresi (kazan, kombi vb gibi) varsa yada sistem kuruluşu esnasında bu tip sistem tercih edilirse, dış hava sıcaklığından bağımsız olarak kesintisiz ısıtma sağlanabilmektedir. Bu sistem yalnız soğuk kanallı klima, sıcak su bataryası, yalnız soğuk dış ünite ve sıcak su bataryası girişinde bulunan, oda termostatından kornut alan iki yada üç yollu vanadan ibarettir. Isıtma ihtiyacı sıcak su bataryası ile karşılandığından heat-pump (sıcak soğuk) bir sisteme gerek duyulmaz. Bu ilk yatırım maliyetinde ciddi oranda tasarruf sağlar.

Sıcak su bataryası uygulamalarında batarya girişinde sıcak suyu kontrol edecek iki yada üç yollu vana kullanılmalıdır. Eğer bir tek kanallı klima kullanılıyorsa üç yollu vana kullanılabilir (Şekil 2.102). Özellikle çok katlı uygulamalarda ve birden çok kanallı klima+sıcak su bataryasının bulunduğu uygulamalarda, by-pass riski nedeniyle iki yollu vana kullanmak ve sirkülasyon için inverter pompalar kullanmak çok daha verimli ve doğrudur kullanılabilir (Şekil 2.103). Bu durumda, iki yollu vanalar kapandıkça, yani cihazın bulunduğu ortamda ısıtma ihtiyacı bittiğinde, pompa o oranda devir düşürecek, bu hem eşit sıcak su dağılımı sağlarken, hem de daha az enerji harcanmasına ve üretilen enerjinin daha verimli kullanılmasına neden olacaktır.

İstenirse, sıcak su bataryası heat-pump cihazlarda da kullanılabilir. Sıcak su bataryaları aynı elektrikli ısıtıcılar gibi, direkt ısıtma yapmak, heat-pump'a takviye amaçlı, kademeli olarak önce sıcak su bataryası, sonra heat pump sistem devreye girmek, sadece acil durumda ısıtma yapmak, defrostta devreye girmek amacıyla sisteme bağlanabilir. Bataryanın girişine konulan vanaların bobinleri 24 Volt olması gereklidir. Çünkü ısıtma ihtiyacında devreye girme komutu oda termostatu tarafından verilecektir. Oda termostatu ve kanallı klimalardaki tüm kontrol devresi 24 Volt-AC'dir. Sistem kontrolü için standart oda termostatları dışında ilave hiçbir kontrol devresi gerekmemektedir.

Sıcak su bataryaları cihazların üfleme tarafına monte edilmelidir. Sıcak soğuk cihaz uygulamalarında, bataryanın üfleme tarafına montajı zorunludur. Sıcak su bataryaları fan çıkışında 40 - 50 Pa (batarya tipi, boyutu ve kapasitesine göre değişmekle birlikte) statik direnç uygulayacağı, kanal tasarımı ve direnç hesaplamada dikkate alınmalıdır.

2.11.6 SPLIT KLİMA CİHAZLARININ VERİMLİ KULLANILMASI İÇİN FAYDALI BİLGİLER

a. Klima çalışırken ihtiyaç dışı ısı yayan cihazlar kapatılmalıdır.

b. Termostatu mümkün olan en yüksek sıcaklıkta tutun. Tavsiye edilen sıcaklık 24°C - 25°C'dir. İç mekanda sabit kalınmıyorsa, dış ortam ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkının 8°C olması insan sağlığı için idealdir. Çok sık girilip çıkılan yerlerde ise dış-ıç hava sıcaklık farkının 5 - 6°C olması yeterlidir. Aksi halde nezle olma riski oluşabilir.

c. Günün sıcak saatlerinde pencereleri açarak sıcak havayı içeriye almayın. Doğal havalandırma yapılması gerekiyorsa bunu gecenin serin saatlerinde yapın.

d. Klima kanalları veya üfleme emiş ağızları mobilya veya başka bir eşya ile bloke edilmemelidir.

e. Binaların ısı yalıtımı, kış için önemli olduğu kadar, yaz için de önemlidir. Binanızda ısı yalıtım önlemlerinin alınıp alınmadığını kontrol edin. Filtreli veya güneş ışığını yansıtabilen tipte cam kullanın.

f. Yeni bir klima satın alırken enerji açısından verimli olanı seçin.

g. Odanızdan belirli bir süre ayrılacaksanız fanı kapatın. Açık kalması mutlak bir enerji israfıdır.

h. Klimanızın bakımını yaptırın. Periyodik bakımın, cihazın ömrünü uzatacağı gibi, aşırı elektrik sarfiyatını önleyeceği de unutulmamalıdır.

i. Klimanızın filtrelerini temiz tutun. **Filtresi kirli cihazda %6'ya varan oranda enerji kaybı olmaktadır. Kirli filtre arıza riskini de arttıracaktır.**

j. Klimanıza kalifiye bir ekip tarafından yılda en az bir kere bakım yaptırmanız, verimli çalışması için gereklidir. Kondenser paketlerini, soğutma sezonu başında ve sonunda sulandırılmış deterjan ile temizletin.

k. Klimanızı direkt gün ışığından koruyun.



Şekil 2.104. SALON TİPİ SPLIT KLİMA UYGULAMA ÖRNEĞİ

l. Günün soğuk saatlerinde pencerenizi açarak soğuk dış hava ile evinizi soğutun. Günün sıcak saatinde gün ışığının odaya girmemesi için gerekli tedbiri alın (Dış pancur, güneş kesicileri vb.).

m. Dış üniteye hava giriş ve çıkış kısımlarını kapatan herhangi bir engel bulunmamasına dikkat edin (Her sezon başında kontrol edin.).

n. Klimatize edilen ve kapısı çok sık açılan binalarda hava perdesi kullanın.

Duvar tipi split klimalar da kullanıldıkları hacimlerde konforu sağlarken hem sistemin hassas kontrolü sağlanmış hem de enerjinin minimum miktarda kullanılması sayesinde tasarruf edilmiş olur.

Yeni seri özel duvar tipi split klimalarda kullanılan yüksek verimli kompresörler çok sessiz, uzun ömürlü ve güvenlidir; ekstra enerji kaybına imkan vermez. Özel çok parçalı iç ünite serpantin dizaynı ile soğutma yüzeyleri arttırılmış, daha büyük çaplı fan çarkı ve özel fan motorları sayesinde hava sesi minimuma indirilmiştir. İç ünite fanı mikro işlemci ile kontrol edilir. Fan hızı değişimleri kesinlikle hissedilmez.

Cihazların Akıllı kontrol özelliği sayesinde kullanım çok kolaydır. Bu sayede kendi başına karar verebilen özel yazılım sistemi sayesinde kullanıcı, uzaktan kumandada bu modu seçtiğinde üstün teknolojiye sahip elektronik kart ve sensörler, algıladığı ortam sıcaklık değerlerine göre soğutma, ısıtma ve nem alma konumlarının hangisinde çalışacağına kendisi karar verir.

Dolayısıyla gereksiz enerji sarfiyatı olmaz. Ortamın sıcaklık ve nem değerleri bu özellik sayesinde sürekli olarak hassas bir şekilde sabit tutulur.

Kullanıcı dilediğinde hafızadaki standart değerleri değiştirip, kendi konfor şartlarını da oluşturabilir.

Hava yönlendirici klape 125° geniş açıda 3 boyutlu hava akışı sağlar. Kumanda üzerinden hem iç

klapenin hem de dış klapenin yönlendirilmesi ayrı ayrı yapılabilir. Klape kontrolü sayesinde yoğuşma koruması ve ısıtmada soğuk hava etkisinden korunma sağlanmış olur. Soğutmada ve ısıtmada akıllı kontrol sayesinde uygun klape konumunu kendisi seçer.

Ultraviyole dezenfeksiyon teknolojisi ile ultraviyole ışık gücü altında aktive olan Titanyumdioksit (TiO₂) filtresi sayesinde bakteri ve virüslerin koruma zarlarını parçalayarak ölmelerine neden olur. Böylelikle sağlıklı bir ortam ve iç hava kalitesi olabildiğince yükseltilmiş bir ortam sağlanır.

Cihaz sadece hava temizleme modunda çalışma özelliğine de sahiptir.

2.11.6.1 Hava Perdesi Kullanılmasının Avantajları

Hava perdeleri, dış ortama kapıları sürekli açılıp kapanan hacimlerde, iç mekanı, dış ortamın olumsuz etkilerinden korur (Şekil 2.105).

Hava perdeleri, hava perdeleme (izolasyonu) yeteneği ile birlikte, ısıtma sistemi sayesinde iç ortamdaki ısı kaybını engelleyerek, ısıtma enerjisinden de büyük oranda tasarruf sağlar.

Hava perdeleri, kapısı açık çalışan ya da sık sık açılan tüm işyerleri için sessiz ve etkili perdeleme sağlamaktadır. Kışın soğuk havanın, yazın sıcak havanın, toz, nem, pis kokular, egzost gazı, duman, zehirli gazlar, sinek ve haşerenin hiç bir türünün şartlandırılan mekana girmesine izin vermez.

Ayrıca; hava perdeleri, kapı ölçüsüne göre özenle seçilmelidir (Hava perdeleri uygulamalarında 90 cm, 120 cm ve 150 cm modellerle değişik kapı ölçülerinde uygulama yapmak mümkündür.). Hava perdeleri, elektrikli ısıtıcı, ısıtıcısız ve sulu bataryalı olmak üzere değişik tiplerde mevcuttur. Sadece soğutma yapılan yerlerde, yalnız soğuk (ısıtıcısız) modeller tercih edilebilir.



Şekil 2.105. HAVA PERDESİ

Üzerindeki elektrikli ısıtıcı veya sulu batarya olan modellerde kışın soğuk hava üflenmez, altından geçen insanları rahatsız etmez.

Mevcutta sıcak su tesisatı varsa, sulu bataryalı modeller tercih edilmelidir, böylelikle enerji tasarrufu sağlanır.

Hava perdeleri uzaktan kumandalı ve üzerinden kumandalı olarak farklılık gösterebilir. Hava perdesini kolay kontrol edebilmek için uzaktan kumandalı modeller tercih edilmelidir.

2.11.7 SPLIT KLİMA KULLANILAN UYGULAMALARDA VERİME ETKİ EDEN FAKTÖRLER

2.11.7.1 Montaj Esnasında Sistem Verimini ve Performansını Olumsuz Etkileyen Faktörler

a. Sistem Verimini Etkileyen Dış Ünite Yerleşim Hataları

- Dış üniteler, kapalı mahallere yerleştirilmemelidir. Bu durumda üflediği hava kapalı olan mahalde kalabilir. Eğer bu tip bir uygulama yapılacaksa özel önlem alınmalıdır.
- Dış ünitenin üzerinde gereğinden az mesafe bırakılmamalıdır. Bu durumda cihazın üflediği hava kondensere geri dönebilir.
- Çoklu cihaz uygulamalarında dış üniteler, birbirine çok yakın yerleştirilmemelidir. Servis müdahale kapakları ve gerekli minimum mesafelere dikkat edilmelidir.
- Şantiye halinde iken, zorunlu olmasa bile, zamanından önce dış üniteler monte edilmemelidir. Dış üniteler, şantiye ortamında zarar görebilir, kullanılmadan çok fazla kirlenebilir veya darbeden ya da şantiyede çalışanların bilinçsiz hareketlerinden ötürü bütün gazı kaçabilir. Kurutucu değişimi ve yeniden gaz şarjı gibi ek maliyetler çıkabilir.
- Dış üniteler, aşırı rüzgar alan yerlere monte edilmemelidir.
- Dış üniteler direkt güneş ışığı alan yerlere monte edilmemelidir. Zorunlu ise koruma yapılmalıdır.
- Altı üstlü cihaz montajlarında alttaki cihazın üfleme havası, üstteki cihazın kondenser emişine ulaşmamalıdır. Aksi takdirde hava yönlendirilemeyebilir.
- Çok kirli mekanlara monte edilmemelidir. Çimento, tuğla, tekstil fabrikaları gibi mekanların içine ya da yakınına monte edilmemelidir. Bu tip yerlerde özel önlemler alınmalıdır.
- Havalandırma boşlukları ve tesisat şaftları gibi yerlere dış ünite yerleştirilmemelidir. Sesin akustik etkisinden bina sakinleri fazla sesten rahatsız olabilir. Bu tip hacimlere altı üstlü birden çok cihaz uygulaması yapıldığında baca etkisi nedeni ile en üstte kalan cihazlar, yüksek basınç ve aşırı ısınma sorunu yaşayabilir.
- Dış üniteler, mutfak, restoran, çamaşırhane gibi yerlerin egzost çıkışlarına çok yakın yerleştirilmemelidir. Yağ, su buharı gibi maddeler hem kirlenmeye, hem de performans düşmesine neden olabilir.

- Yaşam mahallerinden yapılan egzostlar, dış ünitelerin olduğu bölüme yönlendirilebilmesine rağmen, bu göz ardı edilmemeli ve direk dışarı atılmamalıdır. Eğer egzost havası cihazların üzerine verilebilirse (özellikle dış ünitelerin kapalı hacimlere koyulması mecburiyeti olan uygulamalarda), dışarı atılan enerjiden faydalanılır ve sistem verimi artabilir.

b. Bakır Boru Hattındaki Tıkanmalara Neden Olan ve Sistem Verimini Etkileyen Hatalar

- Öncelikle doğru bakır boru çapları kullanılmalıdır. Bakır boru çapları ve maksimum mesafeleri, Isisan Highlife Split Klimalar için *Tablo 2.106*'da, Isisan Goodman Kanal Split Klimalar içinse *Tablo 2.107*'de verilmiştir.
- Hasarlı ve pis borular kullanılmamalıdır.
- Bina inşaat halinde iken çekilen bakır boruların ağızları açık bırakılmamalı ya da bantla kapatılmamalıdır. Bant sonradan yırtılabilir, tesisatın içine yağmur suyu, hava, nem ve diğer inşaat pislikleri kaçabilir. Bu tip sorunların engellenmesi için boruların ağızları kaynakla tamamen kapatılmalıdır.
- Bakır borular kesilirken özel bakır boru makası kullanılmalıdır. Eğri kesilmeler ve bakır boru çapaklarının borunun içine kaçması sistemi tıkayabilir.
- Uzun ve büyük çaplı tesisatlarda, kaynak yapılırken bakır borunun içinde oluşan oksijen korozyonu sistemin tıkanmasına neden olabilir. Yapılan kaynağın adı oksijen kaynağıdır ve kaynak yaparken oksitlenme etkisi artmaktadır. Söz konusu oksitlenmenin kaynak esnasında oluşmaması için, bakır borunun içinden azot gazı geçirilmelidir. Azot geçerken yapılan kaynak sonunda, bakır borunun iç yüzeylerinde oksitlenme olmaz. Gereksiz yere kaynak yapmak sistemde kaçak riskinin dışında, kirlenmeye de neden olur. Bakır boru hattı mümkün olduğunca kısa ve az kaynaklı olmalıdır.
- Çekilen bakır boruların, uzun süre cihaz bağlanmadan şantiyede beklemesi gerektiği zamanlarda, muhtemel hasarların kolayca tespit edilebilmesi için, bakır boru tesisatının uçları birleştirilerek kaynatılıp, test gazı basılmalı ve basılan azot gazı basıncı etiket ile çıkmayacak şekilde borunun girişine yazılmalıdır. Ancak bu uygulama yapılmadığı için kaçaklar bulunamıyor ya da kaçağa neden olan kişi, bunun farkına varamadığı için uyarıda bulunamıyor. Daha sonra bulunması da, onarılmasında çok zaman harcanmasına neden olabilir.

c. Bakır Boru Hattında Gaz Kaçaklarına Neden Olan ve Sistem Verimini Etkileyen Hatalar

- Uygun et kalınlığında, gerekli çapta ve uygun alışımda bakır borular kullanılmalıdır. Bakır borular %99 bakır alaşımlı olmalı, çapa göre içinden geçen akışkan basıncına dayanabilecek et kalınlığında olmalıdır.

Cihaz Tipi	Cihaz Modeli	Kapasite		Likit Hattı	Gaz Hattı	Maks. Bakır Boru Mesafesi	Maks. Kot Farkı		Cihazda Mevcut Gaz Miktarı
		Soğutma (Btu/h)	Isıtma (Btu/h)				Dış Ünite Yukarıda	Dış Ünite Aşağıda	
Duvar Tipi Split Klimalar	ISIO-08	7.000	8.000	1/4"	3/8"	15 m	5 m	5 m	650 g
	ISIO-09	9.000	10.500	1/4"	3/8"	15 m	5 m	5 m	780 g
	ISIO-12	12.000	13.500	1/4"	1/2"	15 m	5 m	5 m	1.180 g
	ISIO-18	18.000	19.000	1/4"	1/2"	15 m	5 m	5 m	1.330 g
	ISIO-22	22.000	24.000	3/8"	5/8"	15 m	5 m	5 m	1.650 g
	ISIO-24	25.000	29.000	3/8"	5/8"	30 m	30 m	30 m	2.150 g
	ISIO-30	30.000	32.000	3/8"	5/8"	50 m	50 m	50 m	3.500 g
Duvar Tipi Split R ve Y Serisi Klimalar	ISIO-09R	9.000	10.000	1/4"	3/8"	15 m	5 m	5 m	830 g
	ISIO-12R	12.000	14.000	1/4"	1/2"	15 m	5 m	5 m	1.220 g
	ISIO-09Y	9.000	10.000	1/4"	3/8"	15 m	5 m	5 m	830 g
	ISIO-12Y	12.000	14.000	1/4"	1/2"	15 m	5 m	5 m	1.220 g
Multi	ISIO-08*x2M	7.500x2	8.000x2	1/4"	3/8"	10 m+10 m	5 m	5 m	2x770 g
Inverter	ISIO-09BP	8.500(2.700-9.600)	11.600(2.700-14.300)	1/4"	3/8"	10 m	5 m	5 m	830 g
	ISIO-10BP	4.700-11.000	4.400-14.000	1/4"	3/8"	10 m	5 m	5 m	900 g
	ISIO-12BP	4.700-13.000	4.400-20.500	1/4"	1/2"	15 m	5 m	5 m	1.150 g
Inverter Multi	ISIO-09+09BP	18.000(3.413-20.500)	23.000(3.413-27.000)	1/4"x2	3/8"x2	10 m+10 m	5 m	5 m	1.900 g
	ISIO-09+12BP	18.700(3.413-24.000)	25.700(3.413-31.000)	1/4"x2	3/8"1/2	10 m+10 m	5 m	5 m	1.900 g
	ISIO-12+12BP	20.000(3.413-24.000)	26.000(3.413-31.000)	1/4"x2	1/2"x2	15 m+15 m	5 m	5 m	1.900 g
Yer/Tavan Tipi	ISIO-18FK	18.000	21.000	1/4"	1/2"	15 m	5 m	5 m	1.380 g
	ISIO-24FK	24.000	28.000	3/8"	5/8"	30 m	30 m	30 m	2.250 g
	ISIO-45FK	40.000	43.000	3/8"	3/4"	30 m	30 m	30 m	3.600 g
Kaset Tipi	ISIO-18K	18.000	19.000	1/4"	1/2"	15 m	5 m	5 m	1.600 g
	ISIO-24K	25.000	28.000	3/8"	5/8"	30 m	30 m	30 m	2.450 g
	ISIO-31K	32.000	36.500	3/8"	3/4"	30 m	30 m	30 m	3.500 g
	ISIO-34K	34.000	40.000	3/8"	3/4"	30 m	30 m	30 m	3.050 g
	ISIO-45K	41.000	44.500	3/8"	3/4"	30 m	30 m	30 m	4.100 g
Salon Tipi	ISIO-18F	18.000	20.000	1/4"	1/2"	15 m	5 m	5 m	2.700 g
	ISIO-27F	26.000	29.000	3/8"	5/8"	50 m	50 m	50 m	1.350 g
	ISIO-45F	41.000	48.000	3/8"	3/4"	50 m	50 m	50 m	4.700 g
	ISIO-50F	48.000	55.000	3/8"	3/4"	50 m	50 m	50 m	5.300 g
Gizli Tavan Tipi	IST-09 GC	9.000	9.600	1/4"	3/8"	10 m	5 m	5 m	900 g
	IST-12 GC	12.000	13.300	1/4"	1/2"	15 m	5 m	5 m	1.200 g
	IST-18 GC	18.000	19.500	1/4"	1/2"	20 m	10 m	10 m	1.400 g
	IST-27 GCH	27.000	28.000	3/8"	5/8"	30 m	15 m	15 m	2.400 g
	IST-36 GCH	36.000	38.000	3/8"	3/8"	40 m	20 m	20 m	3.500 g
	IST-45 GCH	43.000	45.000	3/8"	3/8"	50 m	30 m	30 m	4.700 g
	IST-50 GCH	52.000	55.000	3/8"	3/8"	50 m	30 m	30 m	3.800 g
	IST-60 GCH	58.000	60.000	3/8"	3/8"	50 m	30 m	30 m	4.800 g

Tablo 2.106. ISISAN HIGHLIFE KLİMA CİHAZLARI MAKS. BAKIR BORU MESAFELERİ VE AKIŞKAN MİKTARLARI

- Klima cihazlarında soğutucu akışkan olarak kullanılan R22 gazı, son derece güçlü temizleme özelliğine sahiptir. Azot, vakum vb gibi kuru gazlarla yapılan testlerde ortaya çıkmayan kaçaklar, sisteme akışkan verdikten sonra ortaya çıkabilir. Bu sorunun tek nedeni, kaynak yapılan yerin dış kısmı ile, fittings ya da diğer borunun iç kısmının özel temizleme beziyle (çok ince zımpara) temizlenmemesidir. Kaynak yapılan bölümün altında eğer kir ve pislik varsa, akışkan yol bularak kaynaktan kaçaklar oluşturabilmektedir.
- Bakır borular dış ünite vanalarına kaynakla birleştirilirken, vanaların içinde bulunan o-ringler yandığı için vanadan gaz kaçakları oluşabilir. Bu durum cihazın parçasının fabrikasyon arızası gibi algılanıp ilk devreye almalarında müşteri ile sorun yaşanmasına neden olabilir.
- Bakır borularda 3/4"den sonraki çaplar için bükme aparatları kullanılamamaktadır. Bazı uygulamacılar tarafından kot farkları ve bakır fittingslerin fiyatları pahalı olduğu için, bükülmeye veya kötü şekilde şişirilmeye çalışılması gibi ciddi hatalar yapılıyor. Bu durum, hem çap daralmalarından ötürü verim kaybına, hem de doğru ve dayanıklı kaynak yapılamamasına neden olmaktadır. Bükülebilecek çaptaki borular için dahi çoğu zaman boru bükme aparatı kullanılmamaktadır.

2.11.7.2 Bakır Boru İzolasyonları

Bir soğutma sistemi, akışkan hacimlerinin belirli bir sıcaklıkta ve basınçta, çok dikkatli dizayn edilmiş bir sistemde dolaşmasını kapsar. Optimal bir çalışma için akışkan sıcaklıkları, çevre şartlarından etkilenip çalışma prensibi haricinde artmamalı ya da azalmamalıdır. Bu nedenle, son sızdırmazlık testleri yapıldıktan sonra, yüksek dış etkiler altında çalışacak **soğutucu akışkan hatları, ısı kaybı ve kazancını azaltmak ve likit hat-ta flash buhar oluşumunu önlemek için izole edilmelidir.** Bu durumda sistem sıcaklığını koruyarak, evaporatör girişinde uygun akışkan oluşmasını sağlar. Piyasada basma hatlarına (kondensere gidiş borusu) izolasyon yapmamak gibi bir alışkanlık vardır. Gerekçesi ise akışkanın ısı atmasına yardımcı olacağıdır. Ancak, bilindiği gibi cihazlar tasarlanırken, bakır boruların her ikisinin de izole edileceği düşünülmüştür. Dolayısı ile bu hattın izole edilmemesi aşırı ısı kaybı nedeni ile basınç düşümlerine ve sistemde, özellikle dış hava sıcaklığı düştüğünde ciddi verim kayıplarına neden olur. Bu yanlışlığın bir başka türü de, her iki borunun da birbirine birleştirilerek aynı izolasyonun içinden geçirilmesi şeklinde yapılmamaktadır. Bu diğer örnekten çok daha vahim sonuçlar doğurur. Bakır boru çapına bağlı olarak bakır borunun üzerine geçirilecek izolasyon kalınlığı da değişmektedir. Çünkü yüzey artar. Ancak gerek maliyeti düşürmek, gerekse yanlış seçim nedeni ile olması gerekenden daha ince et kalınlığında izolasyonlar kullanılıyor. Bu yanlışlık, ciddi

Kapasite	0 - 7,5		7,5 - 15		15 - 25		25 - 33		33 - 41		41 - 53	
	Boru Çapları											
(btuh)	Gaz	Likit	Gaz	Likit	Gaz	Likit	Gaz	Likit	Gaz	Likit	Gaz	Likit
24.000	5/8	3/8	3/4	3/8	3/4	3/8	7/8	3/8	7/8	3/8	7/8	3/8
36.000	3/4	3/8	3/4*	3/8	7/8	3/8	7/8	3/8	7/8	1/2	1 1/8	1/2
42.000	3/4*	3/8	7/8	3/8	7/8	3/8	7/8	3/8	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2
50.000	7/8	3/8	1 1/8	3/8	1 1/8	3/8	1 1/8	3/8	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2
55.000	7/8	3/8	1 1/8	3/8	1 1/8	3/8	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2
60.000	7/8**	3/8	1 1/8	3/8	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2
70.000	7/8**	1/2	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2	1 3/8	1/2
120.000/Soğutma	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2	1 3/8	5/8	1 3/8	5/8	1 3/8	5/8
140.000/Soğutma***	7/8**	1/2	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2	1 3/8	1/2
110.000/Heat Pump***	7/8	3/8	1 1/8	3/8	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2
120.000/Heat Pump***	7/8**	3/8	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2
140.000/Heat Pump***	7/8**	1/2	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2	1 1/8	1/2	1 3/8	1/2

* Tam kapasite alabilmek için 7/8 kullanılmalıdır.

** Tam kapasite alabilmek için 1 1/8 kullanılmalıdır.

*** 110.000, 120.000, 140.000/Heat Pump cihazlarda 2 adet dış ünite kullanıldığı için bakır borular tabloda belirtilen çaplardan 2 adet ayrı ayrı çekilecektir.

Tablo 2.107. ISISAN GOODMAN KANAL TİPİ KLİMA CİHAZLARINA MESAFEYE BAĞLI BAKIR BORU ÇAP SEÇİM CETVELİ

verim kaybı gibi birçok aksaklığa sebep olabilir. **İdeal şartlarda, emiş (buhar hatları) 19 mm; basma (likit hatları) ise 12 mm kauçuk izolasyonla izole edilmelidir.** İzolasyon kalınlığı, hattın geçtiği dış ortam şartlarına göre belirlenmelidir. İzolasyon kalınlıkları, sürekli kullanılan yerlerde (ofis gibi) daha kalın yapılmalıdır.

Bakır boru izolasyonlar üçer metrelik boylar halinde dir. Daha uzun boru hatlarında bu izolasyonlar ard arda borunun üzerine geçirilir. Her izolasyon da birbiri ile iyice bantlanır. Sonuç olarak, durum ne olursa olsun bu izolasyonlar birbirinden ayrılmamalıdır. Bu konuya yeterince önem verilmediği için, bantlar zamanla açılıyor, izolasyonlar sıyrıldığı için boru yüzeyi açıkta kalıyor. Borularda yoğunlaşma, ısı kaybı, su damlamaları gibi sorunlar ortaya çıkıyor.

Cihaza yakın bölgelerde izolasyon eksiklikleri bırakabiliyor. Bu bölümlerde yoğunlaşma olduğundan su damlaması şikayeti oluşmaktadır.

Çatı - dış duvar gibi yerlerden geçen bakır boruların üzerindeki izolasyonu kuşlar tarafından yenebiliyor. Bir süre sonra bu bölgelerden ısı kaçışı başlamaktadır. Bundan dolayı boruların korumaya alınması gerekmektedir.

Dış ortamda yer alan izolasyonlar, güneş ışınlarının UV etkisinden korunmalıdır. Aksi halde izolasyon kalitesi düşer. Bu nedenle açık renkli dekoratif bant ile izolasyonlar sarılmalıdır.

İzolasyonun dayanımını artırmak için kullanılması gereken açık renkli bantlar bakır borunun üzerine sarılırken, izolasyonu inceleyecek şekilde baskı yapılarak sarılabilmektedir. Bu durumda izolasyon kalınlığı çok azalır. Bu da yoğunlaşma ve verim kayıplarına neden olacaktır.

2.11.7.3 Gereğinden Daha Uzun Bakır Boru Çekilmesi

Kondenser ve sistem, ihtiyacından daha fazla gaz şarjı yapılmasını gerektirir.

Aşırı sistem yükü nedeni ile kompresörün aşırı akım çekmesine ve ciddi verim kayıplarına neden olur.

Akışkan sirkülasyonunun zorlaşması, bu nedenle akışkanda hedeflenen basınç ve sıcaklıklara ulaşamaması nedeni ile verim kayıpları olur.

Akışkan hatları izole edilse dahi basınç ve sıcaklıkların düşmesi nedeni ile evaporatörde akışkan tam olarak buharlaştırılmaz. Bu sorun her defasında artarak devam eder, verim kaybı ile birlikte sistem arızalarına da neden olur.

2.11.7.4 Dış Ünitenin Gereğinden Yukarı Konulması (Gereğinden Fazla Kot Farkı Uygulaması)

Dış ünite yukarıda iç ünite aşağıda olan uygulamalarda, akışkan sirkülasyonunun zorlaşması, bu nedenle akışkanda hedeflenen basınç ve sıcaklıklara ulaşamaması nedeni ile verim kayıpları olur.

Kompresör tarafından akışkan ile birlikte sisteme gönderilen yağın geri dönüşü zorlaşır. Bu nedenle,

kompresör yağsız kalır. Kompresör tarafından sisteme gönderilen yağ, geri dönemediğinden evaporatörde yer işgal eder. Bu alan, akışkan tarafından kullanılmadığından ciddi verim kayıpları oluşur.

Yağ geri dönemediğinden kompresör ömrünü azaltır, sık arızalara neden olur.

2.11.7.5 Dış Ünitenin Gereğinden Aşağı Konulması (Gereğinden Fazla Kot Farkı Uygulaması)

Dış ünite aşağıda iç ünite yukarıda olan uygulamalarda, soğutma esnasında aşırı likit dönüşünü engellemek için, iç ünite çıkışında buhar (dönüş) hattına ters sifon yapılmalıdır. Bu uygulama, belirtilen mesafe sınırları içinde kalınsa dahi olmalıdır. Aksi halde;

Akışkan, üzerine ısı alamadan dış üniteye geri döner. Bu nedenle akışkanın ısı tutma kabiliyetinin ciddi bir kısmı kullanılamayacağından verim kayıpları oluşur. Kompresör tarafından akışkanın yukarı basılamaması ve sistem dirençlerinin artması nedeniyle gaz basınçlarında dengesizlikler oluşur.

2.11.7.6 Eksik Gaz Şarjı

Eksik gaz şarjı yapıldığında, kondenserde aşırı ısı atılması ve gaz basıncının düşmesi nedeni ile, sistemde aşırı likitleşmiş, sıcaklığı ve basıncı çok düşük akışkan dolaşmaya başlar. Bu durumda, akışkanın, üzerine ısı çekme çabası artsa dahi üzerine yeterli ısıyı çekemez ve likit dönüşü başlar. Bu durum, zamanla buzlanmaya kadar varır. Eğer ilave önlemler yoksa, sistem tamamen kullanılmaz hale gelir. Bu durum devam ederse kompresör, elektrik arızaları veya mekanik aşınmalara neden olur.

Cihazların içindeki fabrikasyon şarj edilmiş akışkan miktarı bellidir. Bu değer, genellikle kanallı klimalarda ortalama 7 metreye yetecek kadardır. Cihaz tipine, markasına ve modeline göre bu değer değişebilir. Daha uzun hatlar çekildiğinde mutlaka ilave gaz şarjı yapılmalıdır. Daha az mesafede gaz sistemden uygun basınca gelinceye kadar boşaltılmalıdır. Boşaltılan akışkan atmosfere atılmamalı, toplama üniteleri yardımı ile bu işlem yapılmalıdır.

2.11.7.7 Fazla Gaz Şarjı

Sisteme aşırı gaz şarjı yapılması durumunda, sistem mevcut gaza küçük gelecektir. Yani, evaporatör tarafından üzerine ısı alınan akışkan, kompresör tarafından kondensere gönderildiğinde basıncı ve sıcaklığı çok yükselir. Kondenser yüzeyi, akışkan tarafından çekilen ısıyı atabilmeye yeterli olmayacağından, kondenserden tamamen likit halde çıkması gereken akışkan, bir kısmı buhar halde ve hedeflenen basınç / sıcaklıktan daha yüksek halde çıkar. Bu nedenle; Akışkanın bir kısmı daha kondenser çıkışında buhar fazında olduğundan, atık enerji oluşur. Yani akışkanın o bölümü kullanılamaz.

Akışkan basıncı, her dönüşte daha çok artar; bu nedenle, sistem verimi her akışkan dönüşünde katlanarak düşer. Kompresörler, dönen soğutucu akışkan ile soğur. Eğer gereğinden daha sıcak halde akışkan kompresöre dönerse, elektrik sargıları üzerinden geçen akım artar, bu nedenle kompresörün şebekeden çektiği güç aynı oranda artar. Gereğinden çok enerji harcamaya başlar. Kompresör ömrü azalır.

Sistemde kaçak ve mekanik arıza riski artar. Daha sık ve çok servis ihtiyacı oluşur. Servis maliyeti artar.

2.12 BİREYSEL VEYA MERKEZİ SOĞUTMA SİSTEM SEÇİMİ

Klima sistemleri, bireysel ve merkezi olarak iki ayrı grupta düşünüldüğünde, büyük sistem proje ve uygulamaları yapan tesisat mühendislerinin, bireysel sistemleri daha az tanıdığı ortaya çıkmaktadır. Merkezi sistemler, mühendislik uygulaması olarak daha fazla çalışılmıştır ve daha iyi bilinmektedir. Bu sistemler, konfor açısından da çok iyi sonuçlar verebilmektedir. Mimari açıdan bakıldığında da merkezi sistemler daha cazip olmaktadır. Buna karşılık merkezi sistemlerde, dağıtım boru ve kanalları, bunlardaki sürekli enerji kayıpları, sirkülasyon pompaları ve fanlar, bunlara beslenen elektrik enerjisi dikkate alındığında sistemin COP değeri çok düşmekte veya başka anlatımla mal sahibi için merkezi sistemler pahalı kalmaktadır. Bu nedenle merkezi sistemlerin tasarımında, uygulamasında ve işletmesinde mutlaka cihaz ekonomisi ve enerji ekonomisine bakılmalı ve birinci öncelik olarak ele alınmalıdır. Merkezi sistemler mal sahibi için de cazip hale getirilmelidir.

Değişken yüklü uygulamalarda klima sistem seçiminde, bireysel ve merkezi sistemleri karşılaştırmak üzere oteller ele alınmıştır.

Otel odalarında soğutma yükleri ve klimanın kullanım süreleri çok değişkendir ve merkezi soğutma cihazları önemli oranda kısmi yükte çalışır.

- Otel tam kapasite dolu olduğunda dahi odalardaki cihazların tamamının çalıştırılmadığı bilinmektedir.
- Müşteriler gece uyurken (ses vb nedenlerle) klima cihazlarını genellikle çalıştırmazlar.
- Gündüz odadan çıktıklarında ise enerji programı (energy saving program) varsa, oda anahtarını yanlarına aldıkları için klimalar çalışmaz veya temizlik yapan kişiler odaya girdiklerinde genellikle cihazları kapatırlar.
- Ayrıca oteller her zaman %100 dolu da değildir.
- Isıtma veya soğutma ihtiyacının çok az olduğu ara mevsimlerde ise kapasite kullanımı çok daha azalmaktadır. Yukarıdaki nedenlerle otel odalarında klima cihazlarının kullanımı (otelin dolu veya boş olmasına ve iklim şartlarına bağlı olarak) yıllık ortalamada çok düşük oranlarda gerçekleşmektedir.

Bu yüzden otellerde kullanılan klima sistemlerinin, enerji ve işletme maliyetleri, sistemin kısmi yüklerdeki performansına çok bağlıdır.

Merkezi sistemlerde kısmi yüklerde çalışmada, hatlarda sürekli dolaşan suyun ısı kayıpları, pompaların enerji tüketimi, havalandırma fanlarının enerji tüketimi ve kanallardaki ısı kazançları nedeniyle enerji maliyeti çok yüksektir. Buna karşılık bireysel cihazlar, bu koşullara daha iyi adapte olur.

Her iki tip sistemin enerji maliyetlerini hesaplayarak bir karşılaştırma yapmak üzere Antalya'da kurulu, 43 odalı örnek bir otel seçilmiştir. Merkezi fan coil sistemi ve bireysel otel odası kliması yıllık enerji maliyetleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

2.12.1 KARŞILAŞTIRILAN CİHAZ VE SİSTEM

Otel odası klima cihazları, paket tipi klima cihazlarıdır. Kompresör, kondenser, evaporatör, borulama, kontrol elemanları ile cihaz bir paket halinde bütündür. Oda dış duvarında oluşturulan özel kör kasa içine yerleştirilir. Kompresör ve kondenserin olduğu bölüm ses geçirmez bir bölme ile ayrılmıştır. Dışta bulunan kondenser kısmı, kendi fanı ile aldığı dış havaya yoğunlaşma ısını atarken, oda içinde bulunan evaporatör kısmı üzerinden bir başka fanla geçirilen oda havasından ısı çekilir ve her iki fan aynı motor ile çalıştırılır. Cam altına dekoratif serbest yerleştirilebilir ya da ön kapağı çıkartılarak kaja içine de monte edilebilir. 120 - 135 m³/h taze hava alınabilir. Cihaz COP değeri 2,84 olarak verilmiştir.

Fan coil sisteminde çatıya yerleştirilmiş hava soğutmalı bir çiller bulunmaktadır. Burada üretilen soğutulmuş su, fan coil devresinde dolaştırılmaktadır. Çiller devresinde ve fan coil devresinde suyun dolaşımı için pompalar kullanılmaktadır. Odalardaki fan coil cihazları önünde 3 yollu kontrol vanaları bulunmakta ve kapasiteyi ayarlamaktadır. Odaların taze hava ihtiyacı ise merkezi taze hava santralından sağlanmaktadır. Çiller COP değeri anma yükünde 2,48 olarak verilmiştir. Bu değer kısmi yüklerde yükselmektedir ve %25 yükte 4,51 değerine ulaşmaktadır. Ancak bütün mekanik soğutma sistemi COPsistem değeri düşünüldüğünde, bu değer çok küçüktür.

2.12.2 İKLİM VERİLERİ VE BİNA ISI KAZANÇLARI

Göz önüne alınan otel binasının tasarım ısı kazancı 150 kW olarak hesaplanmıştır. Otel odalarında sistem kesintili olarak çalışmaktadır. Sistem, 14 saatlik gündüz döneminde 8 saat, 10 saatlik gece dönemindeyse 6 saat çalıştırılmaktadır.

Pik yükün meydana geldiği Temmuz ayındaki tipik günde 24 saat boyunca, yataya gelen güneş ışınlamı ve dış sıcaklığın değişimi esas alınarak gün içinde soğutma yükü değişimi hesaplanmıştır. Günlük ısı kazancı, 30 günle çarpılarak Temmuz ayı toplam ısı kazancı

bulunabilir. Buna brüt kazanç adı verilmiştir. Ancak sistem gündüz 6 saat ve gece 4 saat çalışmamaktadır. Örnek uygulamada depolama ihmal edilerek, klima sisteminin çalıştığı saatlerdeki Temmuz ayı net ısı yükü hesaplanmıştır. Temmuz ayı pik yükün olduğu ay olmak üzere referans alınarak, diğer aylardaki kazançlar aylık ortalama ısıtım veya dış sıcaklık değerlerine göre orantı ile hesaplanmıştır. Yıl boyunca ortalama ısıtım ve dış sıcaklık değerleriyle buna göre hesaplanan aylık net kazançlar *Tablo 2.108*'de verilmiştir.

2.12.3 ÇİLLER ENERJİ TÜKETİMİ

Düşünülen fan coil sisteminde soğutma yükünü çiller karşılayacaktır. Soğutma yükü olarak yukarıda hesaplanan bina ısı kazançları dışında çiller,

- Taze hava santralindeki fan motorundan olan ısı kazancını,
- Havalandırma kanallarındaki ısı kazancını,
- Kapalı devre boru tesisatında oluşan ısı kazancını da karşılamalıdır.

2.12.3.1 Fan Motoru Isı Kazancı

Taze hava santralindeki fan motoru, hava akımı içinde olduğundan bu motordan olan kazanç odaya taşınacaktır. Fan motor gücü 6.400 W olup, aylık ısı kazancı = 4.608 kWh hesaplanır.

2.12.3.2 Hava Kanallarındaki Isı Kazancı

Sistemde kullanılan taze hava kanalları toplam alanı 760 m² olarak projeden okunmuştur. Bu kanallarda çevreyle sıcaklık farkı 6°C alınmıştır. Yalıtımlı hava kanallarında özgül ısı kazancı 0,75 W/m² K olarak tavsiye edilmektedir. Buna göre,

Aylık Isı Kazancı =

$$0,75 \times 760 \times 6 \times 24 \times 30 / 1.000 = 2.462 \text{ kWh}$$

2.12.3.3 Borulardaki Isı Kazancı

Soğutulmuş su boruları ısı kazancına karşı izole edilmişlerdir. İzolasyon kalınlıkları projeden alınmıştır. Bu kalınlıklar Bayındırlık Bakanlığı şartnamelerindeki değerlerden daha fazladır. Sistemde borularda oluşan toplam ısı kazancı 12.649 W olarak hesaplanmıştır.

Aylık Isı Kazancı =

$$12.649 \times 24 \times 30 / 1.000 = 9.107 \text{ kWh/ay}$$

olarak bulunur.

2.12.3.4 Çillerde Tüketilen Enerji

Çillerde tüketilen enerji aylık bazda *Tablo 2.109*'da verilmiştir. Burada her ay için hesaplanan bina ısı kazançlarına yukarıdaki kazançlar ilave edilerek bulunan toplam kazanç değeri, otel doluluk oranlarıyla çarpılarak gerçek soğutma ihtiyacı bulunmuş ve bu değerler söz konusu kısmi yükteki COP değerlerine

	Ortalama ısıtım	Aylık Ortalama Dış Sıcaklık	Aylık Net Güneş Yükü	Aylık Net Transmisyon Yükü	Aylık Net Havalandırma Yükü	Diğer Yükler	Toplam Aylık Net Yük
	Mj/m ² - Gün	°C	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Mayıs	22,1	20,5	11.418	656	656	4.200	16.929
Haziran	23,8	25	12.296	2.560	2.560	4.200	21.616
Temmuz	23,1	28,2	11.935	10.752	10.752	4.200	37.639
Ağustos	20,9	28,1	10.798	10.496	10.496	4.200	35.990
Eylül	17,5	24,9	9.041	2.304	2.304	4.200	17.850
Ekim	12,8	20,3	6.613	393	393	4.200	11.600

Tablo 2.108. ÖRNEK OTEL ODALARININ YILLIK NET SOĞUTMA YÜKÜ

	Bina Brüt Yükü	Boru Isı Kazancı	Fan Isı Yükü	Kanal Isı Kazancı	Toplam Yük	Doluluk Oranı	Bina Net Yükü	Toplam Net Yük	Çiller Elektrik Tüketimi
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	%	kWh	kWh	kWh
Mayıs	16.926	12.649	4.608	2.462	36.648	75	12.697	27.486	6.889
Haziran	21.616	12.649	4.608	2.462	41.335	100	21.616	41.335	13.334
Temmuz	37.639	12.649	4.608	2.462	57.358	100	37.639	57.358	23.128
Ağustos	35.990	12.649	4.608	2.462	55.709	100	35.990	55.709	22.463
Eylül	17.850	12.649	4.608	2.462	37.568	75	13.387	28.176	7.062
Ekim	11.600	12.649	4.608	2.462	31.319	60	6.960	18.791	4.710
Toplam =							128.289	Toplam =	77.586

Tablo 2.109. ÇİLLER ELEKTRİK TÜKETİMİ

bölünerek çillerde ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi belirlenmiştir. Buna göre yıllık çiller elektrik enerjisi ihtiyacı 77.586 kWh değerindedir.

2.12.4 FAN COIL SİSTEMİ (Merkezi Sistem) ENERJİ TÜKETİMİ

Fan coil sisteminde çiller dışında, pompalar ve fanlar da elektrik tüketmektedir. Sistemde soğutulmuş su sirkülasyon pompası, çiller devresi pompası, taze hava santrali fanı ve fan coil fanları çalışmaktadır. Bunların enerji tüketimleri *Tablo 2.110*'da gösterilmiştir. Buna göre fan coil sistemi yıllık elektrik enerjisi tüketimi 132.079 kWh olmaktadır.

2.12.5 OTEL KLİMASI SİSTEMİ (Tekil Sistem) ENERJİ TÜKETİMİ

Her odaya yerleştirilen bağımsız otel kliması cihazlarının karşılayacağı bina ısı kazancı değerleri, fan coil sistemiyle aynı olup, buradan hareketle hesaplanan enerji tüketimleri *Tablo 2.111*'de verilmiştir. Burada her ay için hesaplanan bina ısı kazançları, otel doluluk oranlarıyla çarpılarak gerçek soğutma ihtiyacı bulunmuş ve bu değerler sabit COP = 2,84 (EER = 9,7) değerinden yararlanarak ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi belirlenmiştir. Bu sistemde ilave taze hava fan kitleri de elektrik tüketmektedir. Bunların enerji tüketimleri *Tablo 2.111*'de gösterilmiştir. Buna göre otel odası sistemi toplam yıllık elektrik enerjisi tüketimi 46.320 kWh olmaktadır. Bu çalışma kış mevsimindeki ısıtma için de ayrıca hesaplanabilir.

2.12.6 SONUÇ

Antalya'da kurulu örnek otel için merkezi fan coil sisteminde yıllık tüketim 132.079 kWh bulunmuştur. Buna karşılık bireysel otel odası klimalarıyla soğutma yapıldığında toplam yıllık elektrik tüketimi 46.320 kWh ile sınırlı kalmaktadır. Her iki sistemin elektrik tüketimleri arasındaki oran 0,35 olmaktadır. Bir başka anlatımla bireysel otel odası sistemi yıllık enerji tüketimi, merkezi fan coil sisteminin %35'i mertebesinde kalmaktadır ve %65 daha tasarrufludur.

Sistem COP_{sistem} değeri olarak hesap yapıldığında Merkezi fan coil sistemi kompresör COP değeri, anma gücünde COP_{komp} = 2,48 değerinde iken; sistemin yıllık bazda hesaplanan COP değeri

$$COP_{sistem} = 128.289 / 132.079 = 0,97$$
değerine düşmektedir. Bireysel sistem COP değeri,

anma gücünde COP_{komp} = 2,84 değerinde iken; sistemin yıllık bazda hesaplanan COP değeri

$$COP_{sistem} = 128.289 / 46.320 = 2,77$$
değerine düşmektedir.

Buna göre, Değişken yüklü uygulamalarda bireysel ve merkezi sistemlerin performansı farklıdır. Burada sistem seçimi, enerji tasarrufu açısından önemli bir rol oynar.

Merkezi sistemlerde kısmi yüklerde çalışmada; hatlarda dolaşmaya devam eden suyun ısı kazançları, pompaların enerji tüketimi, havalandırma fanlarının enerji tüketimi ve kanallardaki ısı kazançları nedeniyle enerji maliyeti çok yüksektir. Buna karşılık bireysel cihazlar, bu koşullara daha iyi adapte olur.

	Soğutulmuş Su Pompası	Çiller Pompası	Taze Hava Santral Fanı	Fan Coil Fanları	Chiller
Debi	30.000 l/h	27.000 l/h	7.200 m ³ /h	620 m ³ /h	
Basınç	14 mSS	13 mSS	400 Pa	40 Pa	
Güç	2,632 kW	2,200 kW	6,400 kW	0,055 kW	
Adet	1	1	1	43	
Yıllık	11.370 kWh	9.502 kWh	27.648 kWh	5.972 kWh	77.586 kWh
Tüketim				Toplam =	132.079 kWh

Tablo 2.110. FAN COIL SİSTEMİ TOPLAM ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİ

	Bina Yüğü	Otel Doluluk Oranı	Gerekli Elektrik Enerjisi	Fan Elektrik Tüketimi	Toplam Elektrik Tüketimi
	kWh	%	kWh	kWh	kWh
Mayıs	16.926	75	4.470	193	4.663
Haziran	21.616	100	7.610	193	7.803
Temmuz	37.639	100	13.251	193	13.444
Ağustos	35.990	100	12.671	193	12.863
Eylül	17.850	75	4.713	193	4.906
Ekim	11.600	60	2.450	193	2.643
				Toplam =	46.320

Tablo 2.111. OTEL ODASI KLİMASI ELEKTRİK TÜKETİMİ

Antalya'da kurulu örnek 43 odalı bir otel için bireysel otel odası sistemi yıllık soğutma enerji tüketimi, merkezi fan coil sisteminin %35'i mertebesinde kalmaktadır.

2.13 OTELLERDE KLİMADA TASARRUF

2.13.1 TASARIMDA ÖNLEMLER

Otelin tam dolu olmadığı zamanlarda bir veya iki cephe hizmete sunularak diğerlerini işletme dışı tutmak mümkün olabilmelidir. Klima ve havalandırma sistemi buna göre tasarlanmalıdır.

Aynı şekilde lobi, her zaman dolu değildir. Lobi klima sistemi de çok zonlu bir sistem olmalıdır. Zonlar işletmecisiyle birlikte saptanmalıdır.

Yatak odalarında fan coil termostatları kışın 20°C, yazın 24°C'ye ayarlanmalı ve odalara monte edilen termostatlarda müşterinin +2 ve -2°C (veya başka bir) ayar imkanı bulunmalıdır. Daha geniş ayar imkanı enerji sarfiyatının yükselmesine olanak tanır.

2.13.2 UYGULAMADA ÖNLEMLER

İmalat işleri biten her kısımda boru ve kanalların içleri kurallara uygun olarak yıkanıp, temizlenmelidir.

Sistemler gereği gibi temizlenmeden işletmeye alındıklarında tıkanmalara ve arızalara neden olur. İşletmeyi kesintiye uğratır.

Su devrelerinde Isısan Spirovent tortu ve pislik ayırıcı kullanılması, devrenin zaman içinde işletme sırasında temizlenmesine olanak tanır.

Test ve devreye alma sırasında işletme personeli de bulunmalı ve bu işlem birlikte yapılmalıdır.

2.13.3 İŞLETMEDE ÖNLEMLER

İşletmede tasarruf, periyodik bakımın ciddi bir şekilde yapılmasıyla başlar.

Mutfaklarda deep freeze sıcaklığının -18°C'ye ayarlanması yeterlidir.

Ocaklar pişirme yapılmadığı zamanlarda kapatılmalıdır. Ocakların tekrar yakılabilmesi kolay olmalıdır. Donmuş etlerin çözülmesi için sıcak su kullanılmamalı, ön soğuk odada bekletilerek çözülmelidir.

Benmari'de suyun kaynatılmasına gerek yoktur. Su sıcaklığının 85 veya 90°C olması yeterlidir.

2.13.4 SİSTEM SEÇİMİ

Otel odası kliması kullanılan bir otelde lobi, lokanta vb diğer hacimler için;

- Su soğutma grubu + klima santrali, fan coil vb,
- Çatı tipi veya paket tip klimalar kullanılabilir.

Lobi ve genel hacimlerde statik ısıtma yapılması tavsiye edilir ve girişlerde hava perdesi olmalıdır.

Lokantada ısı kaybını karşılamak için statik ısıtma yapılmalıdır. Klima cihazı, müşterilerin geldiği saatlerde kullanılır. Temizlik ve servis yapılırken klima

cihazları çalıştırılmaz (Özellikle yerler süpürülürken yerden yükselen toz, klima santrali de çalışıyorsa, girişlerini daha kısa sürede tıkayabilir.).

Toplantı salonlarını paket klimalar ile soğutmak ekonomiktir. Çünkü yıl içinde kullanıldıkları süre çok azdır. Merkezi sistemler kullanıldığında sisteme aşırı yük bindirir. Seminer salonları da toplantı salonları gibi düşünülebilir. Ancak seminer ve balo salonlarının fuayeleri için ayrı klima cihazları kullanılmalıdır (Çünkü salon dolu iken fuaye boş, fuaye dolu iken salon boş olabilir.).

Bazı seminer salonlarında sigara içilmediği için, enerjiden tasarruf etmek anlamında seminer salonlarından alınan egzost havasının fuayeye basılması ve fuayeden en son olarak egzost edilmesi hem ilk yatırım maliyeti hem de işletme maliyeti açısından kazanç sağlayabilir.

2.14 STANDART ASHRAE/IESNA 90.1-1999

Amerika'da binalarda enerji tüketiminin sınırlandırılması için ASHRAE/IESNA 90.1-2001 standardı hazırlanmıştır. Bu standart, konut dışı binaları kapsamaktadır. Binalardaki enerji ekonomisi bir bütünlük içinde ele alınmaktadır. Yani bir yandan yapı dışı kabuğundan olan ısı kazanç ve kayıpları üzerinde durulurken, standardın önemli bir bölümü HVAC cihaz ve sistemlerinin verimliliğine ve bu sistemlerde enerji geri kazanma konularına ayrılmıştır. Standart tarafından belirli kurallar (mecburi koşullar) zorunlu olarak uygulanmaktadır. Dolayısıyla yapı öncelikle bu mecburi koşullara uymak durumundadır. Bunun ötesindeki kuralların uygulanma yöntemi ikiye ayrılmıştır. Birinci yolda standart tarafından sıralanan "tanımlayıcı (yol gösterici) kurallar" uygulanır ve bunların uygulandığı gösterilir. İkinci yol ise enerji maliyetleri bütçesinin hazırlanmasıdır (Trade - off option). Burada bazı tanımlanan kurallara tam uyulmasa da sonuç olarak diğer konulara daha fazla ağırlık vererek enerji maliyetlerini belirli bir sınırın altında tutulabilir. Maliyetlerin belirli sınırların altında kaldığının gösterilmesi de ikinci yöntem olarak kabul edilmektedir. HVAC sistemi maliyetlerinin hesabında, standardın kabul ettiği belirli bina simülasyon programları kullanılmalıdır.

2.14.1 YAPILARDA DIŞ KABUK

İklim derece - günlerle belirlenmektedir.

Soğutma için derece - günde 50°F (10°C); ısıtma için derece - günde 65°F (18°C) esas alınmaktadır.

Genel olarak yapının dış kabuğunun ısı izolasyonu istenmektedir. Bununla ilgili sınır değerler iklim bölgelerine göre tablolar halinde ilgili standartta verilmiştir. Örneğin; 65°F esaslı ısıtma derece-gün değeri 2.701-3.600 (gün-°F) ve 50°F esaslı soğutma derece-gün değeri 5401 ve üzeri olan bölgede "konut dışı" binalarda: dış duvar maksimum ısı geçirgenliği $U = 0,151 \text{ Btu/h-ft}^2\text{°F}$; izolasyonun minimum direnci $R = 5,7 \text{ hft}^2\text{°F/Btu}$ olmalıdır.

Kapı ve pencerelerin belirli ısı koşullara uyması istenmektedir. Öngörülen değerler dış kabuktaki kapı-pencere oranlarına bağlı olarak verilmektedir. Sınır koşullar, kapı ve pencere toplam ısı geçirgenliği U değerleri ile bütün camların ortalama güneş ısı kazancı katsayısı ($SHGC_{bütün}$) ve sadece kuzeye bakan camların $SHGC_{kuzey}$ değerleridir. $SHGC$ değeri, gelen güneş ışınlımından ısı kazancı olarak pencerelerden iç hacme geçen ısı kazancı oranı olarak tanımlanmaktadır. Örneğin yine aynı bölgede düşey cam oranı toplam duvar alanının %10,1-20 arasında olması halinde limit değerler sabit camlarda $U_{fix} = 0,57 \text{ Btu/h-ft}^2\text{°F}$; açılabilen camlarda $U_{oper} = 0,67 \text{ Btu/h-ft}^2\text{°F}$; $SHGC_{bütün} = 0,25$ ve $SHGC_{kuzey} = 0,49$ verilmiştir. Bina dış kabuğunun hava sızdırmazlığının belirli koşullara uyması istenmektedir. Aşağıdaki yerler sızdırmaz hale getirilmelidir:

- Kapı ve pencere çerçeveleri,
- Duvarlarla döşeme, tavan birleşmeleri ve duvarların köşe birleşmeleri,
- Dış kabuktaki diğer açıklıklar.

2.14.2 MEKANİK SİSTEMLER İÇİN MECBURİ KOŞULLAR

2.14.2.1 Mekanik Cihaz Verimleri

Standart pek çok HVAC ekipmanı için minimum verim değerlerini talep etmektedir. İlgili tablolar A'dan G'ye kadar sıralanmaktadır. Minimum verim değerleri tabloları aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- Tablo A. Klima cihazları ve kondens üniteleri
- Tablo B. Isı pompaları
- Tablo C. Su soğutma grupları (çillerler)
- Tablo D. Paket tipi cihazlar
- Tablo E. Hava ısıtıcılar
- Tablo F. Kazanlar
- Tablo G. Isı atan ekipmanlar

Bu tablolarda verilen minimum değerler 2001 Ocak ayından itibaren zorunlu olarak geçerlidir. Bu tablolardan alınan bazı örnek değerler *Tablo 2.112*'de verilmiştir.

2.14.2.2 Otomatik Kontroller

Bu standart, HVAC kontrolleriyle ilgili geniş koşullar getirmektedir. Bu koşullar:

a. Zon Termostatik Kontrolü

Her zona olan sıcak veya soğuk enerji beslemesi, söz konusu zona özel termostatik kontrol ile kontrol edilmelidir. Aynı hacim için hem ısıtma ve hem de soğutmayı kontrol eden zon termostatik kontrolleri, en az 3°C genişliği olan bir "ölü bant (dead band)" içermeli ve sıcaklığın bu aralıkta olduğu dönemlerde sistemlerden hiç biri çalışmamalıdır. Eğer hacmin ısıtma ve soğutması ayrı zon termostatlarıyla kontrol ediliyorsa, ısıtma set noktası hiç bir zaman soğutma set noktasını aşmamalıdır.

b. Çalışma Dışı Saat Kontrolü (Off Hour Control)
Isıtma veya soğutma tasarım yükü 65.000 Btu/h

değerinden büyük olan ve sistem fan gücü 0,75 hp değerinden büyük olan HVAC sistemleri aşağıda sayılan çalışma dışı saat kontrolü (off hour control) imkanlarının hepsine sahip olmalıdır.

Otomatik Kapanma: Bu otomatik kapama imkanı, haftalık programlama yapabilme, içeride insan kalmayınca sistemi kapama, güvenlik sistemi aktive olduğunda sistemi kapatabilme, bir timer ile sistemi belirli bir süre çalıştırma gibi fonksyonlardan en az birine sahip olmalıdır. **Setback Kontrolü:** Isıtma hesap sıcaklığı 40°F ve altı olan yerlerde ısıtma sistemi kontrolü kapanmış olan sistemi, iç sıcaklık belirli bir değerin altına düşünce geçici olarak çalıştırma ve iç sıcaklığı 55°F veya üstünde ayarlanan bu set değerinde tutma imkanına sahip olmalıdır. Aynı şekilde dizayn sıcaklığı 100°F ve üstü olan yerlerde soğutma sistemi kontrolü, kapalı sistemde iç sıcaklık 90°F veya üstünde ayarlanan set sıcaklığını veya yüksek nem değerlerini aşınca sistemi yeniden çalıştırabilmelidir.

Optimum Çalıştırma Kontrolü: Toplam kapasitesi 10.000 cfm değerini aşan ısıtma veya soğutma hava dağıtım sistemleri, optimum başlatma kontrolüne sahip olmalıdır. **Zon İzolasyonu:** Sistem zonlara ayrılmalı ve izole edilebilmelidir. Sistemin bir bölümü çalışmaya devam ederken diğer bölümü kapatılabilmelidir.

- Mevsimsel enerji verimlilik oranı (SEER)
- Maksimum kule su akış debisinin fan motoru ana gücüne bölümü

c. Havalandırma Sistemi Kontrolleri

Merdiven ve asansör kovası fanları, motorlu damperlerle donatılmış olmalı ve binanın normal çalışma modunda kapalı olmalıdır. Ancak tehlike anında dedektörlere bağlı olarak otomatik devreye girmelidir.

Bütün dış hava bağlantılı açıklıkları ve vantilatörleri, motorlu damperli olmalı ve ihtiyaç yokken kapanmalıdır. Bütün taze hava fanları, motorlu damperli olmalı ve sistemin hizmet verdiği hacimler hizmet dışı ise, kapama damperleri otomatik olarak kapanmalıdır. Gece soğutması gibi özel programlar varsa kendi kontrol stratejisi içinde damperler açılabilir.

Damperler sızdırma miktarları standartları karşılayacak kalitede olmalıdır.

d. Isı Pompası Yardımcı Isıtma Kontrolü

Isı pompası yeterli ısıtmayı sağlayamadığı dönemde, yardımcı elektrikli ısıtma otomatik devreye girmelidir. Ayrıca defrost dönemlerinde elektrikli ısıtma devrede olabilir.

e. Nemlendirici Ön Isıtma

Ön ısıtmalı nemlendiricilerde, nemlendirme yapıldığı zaman ön ısıtma otomatik olarak kesilmelidir.

f. Nemlendirme ve Nem Alma

Aynı hacimlerin nemlendirme ve nem alma ihtiyacı olduğu uygulamalarda, her iki sistemin aynı anda çalışmasını önleyecek kontrol sistemi bulunmalıdır.

g. Dondan Koruma ve Kar/Buz Eritme Sistemleri
Bu sistemlerin belirli dış sıcaklık değerleri üzerinde otomatik devreden çıkması gerekir.

h. Yüksek İnsan Yoğunluğu Olan Alanlarda Havalandırma Kontrolü

3.000 cfm alandan daha büyük bölgelere dış hava besleyen sistemlerde, insan yoğunluğu 1.000 ft²'ye 100 insandan fazlaysa kısmi yüklerde havalandırma miktarlarını otomatik azaltacak kontroller olmalıdır.

2.14.2.3 Konstrüksiyon ve İzolasyon

Kanal sızdırmazlığı ve sızdırmazlık testleri; kanalların ve boruların izolasyonları mecburidir. İzolasyon iklime ve yerleşime bağlıdır. İzolasyon uygulaması, ilgili standartlara göre yapılmalıdır. Dış tesisatın izolasyonu, dış havada çalışmaya uygun olmalıdır. Alüminyum, saç,

plastik vb gibi koruyucu bir tabakayla kaplanmalıdır. Soğutulmuş su, soğutucu akışkan borularını veya soğutulmuş hava kanallarını kaplayan ısıl izolasyon üzerine, bir nem izolasyonu uygulanmalıdır. Nem izolasyonunda bütün birleşmeler ve sızma noktaları, contalanmalı ve sızdırmaz olmalıdır.

a. Kanal İzolasyonu

Bütün besleme ve dönüş kanalları ve plenumlar ısıl izole edilmelidir. İzolasyon kalınlıkları ısıtma, soğutma ve dönüş kanallarıyla kombine kanallar için ve farklı uygulama bölgeleri için ve farklı iklim bölgeleri için tablolar halinde verilmiştir. Burada doğrudan izolasyon kalınlığı yerine izolasyon R değeri (direnç değeri) verilmiştir.

Cihaz Tipi	Kapasite Aralığı	Isıtma Bölümü Tipi	Alt Kategori	Minimum Verim
Hava soğutmalı	Bütün kapasitelerde			2,80 COP 3,05 IPLV
Su soğutmalı, pistonlu kompresörlü	Bütün kapasitelerde			3,10 COP 3,45 IPLV
Su soğutmalı, vidalı ve scroll kompresörlü	< 150 ton			4,45 COP 5,20 IPLV
	150-300 ton			4,90 COP 5,60 IPLV
	≥ 300 ton			5,50 COP 6,15 IPLV
Su soğutmalı, santrifüj kompresörlü	< 150 ton			5,00 COP 5,25 IPLV
	150-300 ton			5,55 COP 5,90 IPLV
	≥ 300 ton			6,10 COP 6,40 IPLV
Hava soğutmalı, absorpsiyonlu, tek etkili	Bütün kapasitelerde			0,60 COP
Su soğutmalı, absorpsiyonlu, tek etkili	Bütün kapasitelerde			0,70 COP
Hava soğutmalı klima cihazları	< 65.000 Btu/h	Her tipte	Split	10,0 SEER ^(a)
			Paket	9,7 SEER ^(a)
	65.000-135.000 Btu/h	Elektrikli	Split veya paket	10,3 EER
		Diğer tipler	Split veya paket	10,1 EER
PTAC (otel odası kliması) (soğutma modunda)	Bütün kapasitelerde		35°C Dış hava sıcaklığı	12,5-(0,213xKapasite/1.000) EER
Aksiyal fanlı soğutma kuleleri			35°C Giriş suyu sic. 30°C Çıkış suyu sic. 24°C Dış hava sic.	≥38,2 gpm/hp
Radyal fanlı soğutma kuleleri			35°C Giriş suyu sic. 30°C Çıkış suyu sic. 24°C Dış hava sic.	≥20,0 ^(b) gpm/hp

Tablo 2.112. SU SOĞUTMA GRUPLARI (Çiller) MİNİMUM VERİM DEĞERLERİ

Örneğin ısıtma derece gün değeri 3.601 - 5.400 °F - gün olan bölgelerde dışarıdan geçen ısıtma kanallarında izolasyon direnci $R = 3,5 \text{ h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{°F/Btu}$ istenmektedir.

b. Boru İzolasyonu

Boru izolasyonları, ayrı bir tabloda verilmiştir. Bu tabloda izolasyon kalınlıkları boru içinde akan akışkan sıcaklığına, izolasyon maddesi ısı iletim katsayısına ve boru çapına göre verilmiştir. Örneğin soğutma boruları için *Tablo 2.113* kullanılabilir. Bu tabloda soğutma boruları için verilen değerler sadece ısı ekonomisi dikkate alınarak saptanmıştır. Kondensasyon önlenmesi için ilave izolasyon istenebilir veya buhar geçirgenliği için nem izolatörü gerekebilir.

Enerji kaybını azaltmak için standardın üzerinde boru izolasyonlarının kullanılması tavsiye edilir (*Tablo 2.114*).

c. Kanal ve Plenum Sızdırmazlıkları

Uyulması gerekli kanal sızdırmazlık sınıfları tablo halinde verilmiştir.

d. Kanal sızdırmazlık testi

3 in.SS değeri üzerindeki statik basınçta çalışacak kanallarda sızdırmazlık testi uygulanmalıdır. Maksimum müsaade edilen kanal sızması

$L_{\max} = C_L \times p^{0,65}$ olmalıdır. Burada,

$L_{\max}$ = izin verilen sızma maksimum (cfm/100 ft² kanal alanı)

C_L = kanal sızdırmazlık sınıfı

p = test basıncı (in.SS)

2.14.2.4 Tamamlayıcı Koşullar

Tesisatın as-build projeleri sistem kabulünden sonra 90 gün içinde iş sahibine teslim edilmelidir.

Cihazların işletme ve bakım manüelleri yine aynı sürede iş sahibine teslim edilmelidir.

Sistem dengelemesi yapılmalı ve 5.000 ft² şartlandırılmış alandan büyük sistemlerde, yazılı dengeleme raporu verilmelidir.

Sistemin kabul işlemi yapılmalıdır. 5.000 ft² den büyük tesislerde ihale dökümanında kabul şartnamesi olmalıdır.

2.14.3 TANIMLAYICI (Prescriptive) YOL

2.14.3.1 Ekonomizörler

İklim ve HVAC sistem boyutu, soğutma sistemlerinde hava tarafı ve su tarafı ekonomizörlerinin kullanımını belirlemektedir. *Tablo 2.115*'te farklı ABD şehirlerindeki ekonomizör gereksinimlerini göstermektedir. Ayrıca standartta ekonomizör kullanımını gerektiren minimum sistem boyutları iklim koşullarına göre bir tablo halinde verilmiştir. Hava tarafı ekonomizörlerde, dış havayı ve dönüş havasını modüle eden damperler olmalıdır. Ayrıca kapasite, gerektiğinde free cooling yapmaya yeterli olmalıdır. Kontrol sistemi, soğutma sistemi kontrolüyle entegre olmalıdır. Ayrıca dış hava, free cooling yapma imkanı vermediği dönemlerde, dış hava miktarı gerekli minimum değere düşmelidir.

Akışkan Çalışma Sıcaklığı Aralığı °F	İzolasyon Isıl Geçirgenliği		Boru Anma Çapı (inç)				
	Geçirgenlik Btu.inç/hft ² .°F	Referans Sıcaklık °F	< 1"	1" - 1 1/2"	1 1/2 - 4"	4" - 8"	≥ 8"
40 - 60	0,22 - 0,28	100	15	15	25	25	25
< 40	0,22 - 0,28	100	15	25	25	25	40

Tablo 2.113. SOĞUTMA SİSTEMLERİ (Soğutulmuş Su, Salamura ve Soğutucu Akışkan) STANDART BORU İZOLASYON KALINLIKLARI (mm)

Çap (mm)	15	20	25	32	40	50	60	80	100	125	150
İzolasyon Kalınlığı (mm)	25	25	30	30	30	30	40	40	40	50	50

Tablo 2.114. SOĞUTULMUŞ SU BORULARI İÇİN TAVSİYE EDİLEN STANDART ÜSTÜ İZOLASYON KALINLIKLARI

Şehir	%1 Soğutma Dizayn Yaş Termometre Sıcaklığı	8 a.m.-4 p.m. arası 55°F < Tdb < 69°F Arasında Bulunulan Süre	Ekonomizör Gerektiren Sistem Büyüklüğü
Chicago	73°F	613 saat	135.000 Btu/h
Denver	59°F	739 saat	65.000 Btu/h
Miami	77°F	259 saat	Ekonomizör gerekmiyor
Minneapolis	71°F	566 saat	Ekonomizör gerekmiyor
New York	73°F	790 saat	135.000 Btu/h
San Francisco	62°F	1.796 saat	65.000 Btu/h
Tuscon	65°F	716 saat	65.000 Btu/h

Tablo 2.115. FARKLI ABD ŞEHİRLERİNDEKİ EKONOMİZÖR GEREKSİNİMLERİ

Su tarafı ekonomizörleri, besleme havasını indirekt buharlaşmayla soğutma yeteneğinde olmalıdır. Ekonomizörlerde basınç düşümü 4,5 mSS değerini aşmamalıdır. Eğer özellikle ünite tipi cihazlarda performans yeteri kadar verimliyse, ekonomizöre gerek kalmamaktadır. Örneğin Tuskon'da çatı tipi cihazda 20 ton için gerekli olan 9,7 EER değeridir. Eğer cihaz EER değeri 11,1 veya daha iyi ise ekonomizör gereksizdir.

2.14.3.2 Simültane Isıtma ve Soğutma Sınırlaması

Bu tip uygulamalar standart tarafından sınırlandırılmaktadır. Simültane ısıtma ve soğutma:

- Reheat
- Recool
- Karıştırma
- Daha önce ısıtılmış ve daha önce soğutulmuş iki havayı aynı anda besleme
- Diğer ısıtma ve soğutmanın birlikte aynı zona uygulandığı uygulamalarda karşımıza çıkar. Ancak simültane ısıtma ve soğutma kullanımı her durumda yasak değildir. Örneğin reheat için en az %75 oranında geri kazanılmış ısı kullanılıyorsa, burada sınır getirilmemektedir.

T_{db} : Dış hava sıcaklığı (kuru termometre)

2.14.3.3 Havalı Sistem Tasarımı ve Kontrolü

HVAC sistemlerinde kullanılabilecek fanlar, 5 hp gücünü geçiyorsa fan verimleri, fan anma gücüne göre sınırlandırılmıştır.

Dizayn koşullarında her HVAC sisteminin, fan sistem gücünün besleme fanı debisine oranı *Tablo 2.116*'da gösterilen değerleri aşmamalıdır.

Müsade edilen fan sistem gücü =

Tablo 2.116'daki sınırlama x (sıcaklık oranı) + basınç kredisi + relief fan kredisi

Ayrıca 30 hp güçten büyük değişken debili fanlarda, değişken hızlı sürücü kullanımı zorunludur. Fanlarda güç ihtiyacı %50 debide %30'u aşmamalıdır.

2.14.3.4 Sulu Sistem Tasarımı ve Kontrolü

HVAC sistemlerinde kullanılabilecek pompalar, 10 hp gücünü geçiyorsa aşağıdaki koşulları sağlamalıdır.

Sulu HVAC sistemlerinde de değişken debili sistemler, kısmi yüklerde önemli kazançlar sağlar. Basıncı 30mSS ve gücü 50 hp üzerinde olan pompalarda güç ihtiyacı %50 debide %30'a düşmelidir. Bunun anlamı, değişken devirli pompa kullanmaktır.

Besleme Havası Debisi	Müsade Edilen Anma Motor Gücü	
	Sabit Debi	Değişken Debi
< 20.000 cfm	1,2 hp/1.000 cfm	1,7 hp/1.000 cfm
≥ 20.000 cfm	1,1 hp/1.000 cfm	1,5 hp/1.000 cfm

Tablo 2.116. HVAC SİSTEMLERİNE MÜSADE EDİLEN ANMA MOTOR GÜÇLERİ

Çok sayıda paralel bağlı çiller gruplarında kapanan çillerle orantılı olarak diğer çillerlerde dolaşan su miktarı azaltılmalıdır. Aynı şey kazanlar için de geçerlidir.

2.14.3.5 Soğutma Kuleleri

Bu tip uygulamalarda kullanılan fanlar 7,5 hp güçten daha büyükse, hızını en az 2/3 oranında azaltılabilir. Ayrıca çok hücreli kulelerde örneğin üç hücreli kulede en az iki hücre hız kontrollü olmalıdır.

2.14.3.6 Enerji Geri Kazanma

5.000 cfm'den büyük ve dizayn hava debisinin en az %70'i oranında dış hava taşıyan sistemlerde enerji geri kazanma ilave edilmelidir. Enerji geri kazanma cihazı en az %50 verimli olmalıdır.

2.14.3.7 Mutfak Davlumbazları

5.000 cfm debiden daha büyük davlumbazlarda debinin en az %50'si miktarda makeup havası sağlanmalıdır.

Bu hava

- Isıtılmamış veya en fazla 60°F sıcaklığa kadar ısıtılmış,
- Soğutulmamış veya mekanik soğutulmamış olmalıdır.

2.14.3.8 Kullanma Sıcak Suyu Isıtma

Kullanma suyu sistemlerinde enerji geri kazanma, günde 24 saat çalışan tesislerde, atık ısının 6 milyon Btu/h değerini aştığı ve kullanma sıcak suyu ısıtma yükünün 1 milyon Btu/h değerini aştığı yerlerde istenmektedir.

Burada da zorunlu koşullar ve tavsiye niteliğinde koşullar mevcuttur.

Zorunlu koşullar:

- Yük hesabı
- Cihaz verimleri
- Boru izolasyonları
- Kontrol konularındadır.

2.15 KLİMADA ENERJİ TASARRUFUNDA SONUÇ

Yukarıda belirlenen tasarruf kalemlerinin uygulanmasıyla elde edilecek tasarruf, farklı yapılarda ve sistemlerde farklı olacaktır.

Genel olarak klima sistemlerinde gerçekleştirilebilecek enerji tasarrufları, 2.15.1 ile 2.15.13 arasında özetlenmiştir.

2.15.1 DİREKT GÜNEŞ ENERJİSİ KAZANÇLARINI AZALTMAK

Dış gölgeleme elemanları, iç gölgeleme elemanları veya özel camlar kullanarak pencerelerden olan güneş ısı kazançları azaltılabilir. Bu yolla bina toplam soğutma yükü %5 ile 15 azaltılabilir.

2.15.2 DIŞ DUVAR YÜZEYLERİNİ İZOLE ETMEK

Bu yolla bina toplam soğutma yükü %1 mertebesinde azaltılabilir.

2.15.3 HAVALANDIRMADAN OLAN KAZANÇLARI AZALTMAK

Talep kontrollü havalandırma yapılabilir. Free cooling imkanından yararlanarak bina soğutma yükü azaltılabilir. Taze hava santrallerinde ısı geri kazanım hücreleri kullanılabilir. Yaz mevsiminde dış sıcaklığın iç sıcaklıktan daha düşük olduğu gece saatlerinde sistem tam açık duruma getirildiğinde, gece boyunca soğuk hava ile yapılan soğutma bina kütlesi içinde depo edilir. Burada depo edilen soğuk gün boyunca kullanılabilir. İklimin uygun olduğu bölgelerde, uygun tasarlanmış bir yapıda doğal soğutma yolu ile yapıyı bütün bir mevsim mekanik soğutmaya gerek duyulmadan konfor şartları içinde tutmak mümkündür.

2.15.4 ODA SICAKLIĞI AYAR NOKTASINI YÜKSELTMEK

Oda sıcaklığı ayar değerini 1°C yükseltmek suretiyle soğutma yükü yaklaşık %7 - 10 mertebesinde azaltılabilir.

2.15.5 HAVA KANALLARINDA BASINÇ KAYIPLARINI VE HAVA KAÇAKLARINI AZALTMAK

Hem elektrik tüketimi arttırılırken hem de istenen mekanların istendiği şekilde soğutulmasına olanak verecektir.

2.15.6 DEĞİŞKEN DEVİRLİ FANLAR KULLANMAK

Merkezi havalı klima sistemlerinde değişken debili sistem ve değişken devirli fanlar kullanarak fan enerjisinde %45 - 55 oranında ve toplam HVAC sisteminin kullandığı enerjide de %20 - 30 oranında tasarruf potansiyeli vardır.

2.15.7 BORULARDAKİ BASINÇ KAYIPLARINI AZALTMAK

Basınç kaybının azaltılması, pompalama için gerekli enerjiden (elektrik enerjisinden) tasarruf sağlayacaktır.

2.15.8 DEĞİŞKEN DEVİRLİ POMPALAR KULLANMAK

Merkezi sulu klima sistemlerinde değişken debili sistem ve değişken devirli pompalar kullanarak pompa enerjisinde %60 - 70 oranında ve toplam HVAC sisteminin kullandığı enerjide de %7 - 12 oranında tasarruf potansiyeli vardır.

2.15.9 HAVA KANALLARI, BORULAR VE CİHAZLARDA ÇOK İYİ ISI YALITIMI YAPMAK

Isı yalıtımı her noktada ve en iyi şekilde yapılmalıdır.

2.15.10 UYGUN VE YÜKSEK VERİMLİ KLİMA SİSTEMİ KULLANMAK

Otel örneğinde uygun sistem seçmek suretiyle soğutma kompresörlerinde kullanılan enerjide %40 ve toplam HVAC sisteminde kullanılan enerjide %65 mertebesinde tasarruf imkanı olabileceği görülmüştür.

2.15.11 İÇ - DIŞ HAVA SICAKLIK FARKLARINA GÖRE TASARIM

Soğuk - sıcak bölge şartlarına dikkat edilmelidir. Dış havanın kışın çok soğuk veya yazın çok sıcak olduğu günlerde, iç ve dış havanın sıcaklık farkı fazladır. İçle dış arasında basınç farkı artar. Aşırı basınç farkı nedeniyle dışarıdan içeriye kontrolsüz hava giriş artar. Dış hava bu günlerde kışın çok soğuk (yazın da çok sıcak) olduğu için binanın enerji tüketimi ciddi oranda artar. Ayrıca bu, toz ve nem kazançlarını da artırır.

2.15.12 FİLTRE TEMİZLİĞİNE ÇOK DİKKAT EDİLMELİDİR

Klima santralı filtre temizliği, pislik ayırıcıların temizliği çok önemlidir. Pislik ayırıcıların yerine Isisan Spirovent tortu ve pislik ayırıcıların kullanılması tavsiye edilir. Isisan Spirovent tortu ve pislik ayırıcıların diğer pislik ayırıcılara göre,

- Dirençleri daha azdır,
- Tortu biriktirme hacimleri daha fazladır. Bu nedenle daha geç tıkanır,
- Hatta tıkanmaz. Çünkü boşaltma vanası açılarak kolay temizlenir. Bu nedenle artan bir direnç ve basınç kaybı oluşmaz.

Böylece;

- Bina soğutma yükleri çeşitli önlemlerle %25 oranında azaltılabilir.
- Kullanılan fan ve pompa enerjilerinde ise %45 - 70 oranlarında tasarruf imkanı bulunmaktadır.
- Kullanılan cihaz ve sistem verimlerini %65 mertebelerinde artırmak mümkündür.

2.15.13 SONUÇ

Çeşitli yöntemlerle enerji geri kazanmak mümkündür. Uygulamanın cinsine ve kullanılan sisteme bağlı olmakla birlikte, iyi bir mimari ve mekanik tasarımıyla klima sistemi elektrik enerjisi giderlerini %80 oranlarına kadar azaltmanın mümkün olduğu anlaşılmaktadır. Yaptığımız sistemlerde, sorunsuz konfor sağlanabilmelidir. Aynı zamanda kuruluş maliyetleri yüksek olmamalıdır. Ama bundan daha önemli olan, işletme maliyetleridir. İşletme maliyetleri günümüzde kısa zamanda cihazların ilk satın alma maliyetlerinin üzerine çıkmaktadır. Bu nedenle toplam maliyete mutlaka bakılmalı ve toplam maliyetin optimize edildiği sistemlere yönelmelidir. En fazla tasarruf aranmalıdır. Bunun için mimariden başlayarak sistem seçimi, cihazların seçimi, montaj ve uygulama ve işletme aşamalarında aynı duyarlılık gösterilmelidir.

III. BÖLÜM

İÇ HAVA KALİTESİ

3.1 İÇ HAVA KALİTESİ

İç hava kalitesi (Indoor Air Quality, IAQ) yaşanan hacimlerde solunan havanın temizliği ile ilgili olup, 'kaliteli iç hava', otoritelerce belirlenen zararlı derişik seviyelerinin üzerinde bilinen hiçbir kirletici madde içermeyen ve bu havayı soluyan insanların % 80 inden fazlasının havanın kalitesi ile ilgili herhangi bir rahatsızlık hissetmediğı hava olarak tariflenmektedir. İnsanlar günde 20 - 30 kg hava teneffüs eder ve buna karşılık ancak yaklaşık 1 kg katı, 3 kg kadar da sıvı besin tüketirler. Bu nedenle en az yediklerimiz ve içtiklerimizle ilgili kalite standartları kadar teneffüs ettiğimiz havayla ilgili de kalite standartlarına ihtiyacımız vardır. Daha çok gelişmiş ülkelerde, insanlar günlük iş yaşamına ve sosyal etkinliklere aktif olarak katıldığından, günün büyük bir dilimini (yaklaşık % 90'ı) kapalı alanlarda geçirmek zorunda kalmaktadırlar. İç hacimlerde insan yoğunluğunun da çok olacağı göz önüne alınırsa, bu durumdan kaynaklı problemlerin olabileceğı rahatlıkla söylenebilir. Astım ve alerji son on yılda çok ciddi oranda (iki katından fazla) artmıştır. Bu durum gelişmiş ülkelerdeki insanların, özellikle çocukların üçte birini etkilemektedir. Gerçekte astım ve alerji eskiden beri var olmasına rağmen, günümüz yaşamında bazı kirleticiler bu reaksiyonları tetiklemektedir. Kimyasal gazlar (halıdan, boyadan, dolaptan ve eşyalardan sürekli olarak çıkan gazlar) ve organik maddeler (grip vb virüsler, mikro organizmalar, mantar vb) astım ve alerjik rahatsızlıkları kışkırtmaktadır. Bilgisayar, televizyon, faks makineleri vb cihazlar da kirliliğı artırmaktadır. Çeşitli mikroorganizmaların ve özellikle mantarın iç mekanlarda bir sağlık riski oluşturduğu bilinmektedir.

İç mekanlarda söz konusu bir çok mikrobik problem aynı zamanda nemle ilişkilidir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda hasta bina sendromu (Sick Building Syndrome, SBS) gibi kavramlar ortaya çıkmış ve iç hacimlerdeki kirlilikten kaynaklanan hastalıklar teşhis edilmiştir. Amerika'daki binaların %80 inde ASHRAE İç Hava Kalitesi standardının gereklerinin yerine getirilmediğı hesaplanmaktadır. Bu yaklaşık 4,2 milyon bina, 69 milyon çalışan ve bilinmeyen sayıda ziyaretçinin yetersiz iç havadan etkilendiğı anlamına gelmektedir. Konu ile ilgili çalışmalar buna paralel olarak artmış, bilimsel makaleler yayınlanmış, bilimsel toplantılar yapılmış ve yaptırım gücü olan yeni standartlar ortaya çıkmıştır. Bu standartlarda ASHRAE 62 - 89 konuyu en geniş biçimde ele almaktadır. Bu standardın kurallarının örneğin enerji tasarrufu ilkeleri ile çatışması en çok tartışılan konulardan biri olmuştur.

3.1.1 İÇ HAVA KİRLETİCİLERİ

3.1.1.1 Dolaylı Kirleticiler

İç hava kalitesi sorunu dolaylı olarak yapı teknolojisindeki gelişmelerle ilgilidir. Öncelikle değışen yapı konstrüksiyonu ve kullanılan maddeler kirlilik kaynağı oluşturmaktadır. Klasik beton, çelik, seramik malzemeler bakteri üremesi için uygun değildir. Ancak günümüz inşaat teknolojisinde kullanılan inşaat malzemeleri değışmiştir. Bu malzemeler içinde ahşap, kağıt gibi bakteri üremesine uygun malzemeler bulunduğu gibi, çeşitli zararlı gaz ve buhar yayan sentetik malzemeler kullanılmaya başlamıştır. Klima sistemleri yetersiz olduğunda ve istenilen biçimde işletilmediklerinde kendileri kirlilik kaynağı oluşturmaktadırlar. Sıkı enerji tasarrufu önlemleri sonucunda kaliteli tip pencere doğramalarının kullanılmaya başlanması ile hava sızdırmaz binalar yapılmaktadır. Yetersiz havalandırma sistemleri hastalıklara neden olmaktadır. Yeni malzemeler kullanılsa bile, dikkatli ve bilinçli bir tasarım ve işletme ile yeterli iç hava kalitesi sağlanabilir.

Son yıllarda bina malzemelerinden olan emisyonlar ve ömür boyu kirleticiye maruz kalma sendromu kirletici kaynağı olarak önem kazanmıştır. Buna karşılık bina ömrü içinde, yeni bina malzeme ve ürünlerinden olan emisyonların, binada yaşayanların maruz kaldığı toplam kimyasal ve biyolojik kirletici dozuna etkisinin önemi; yapı malzemelerinin kimyasal ve biyolojik oluşumlara karşı kaynak veya kuyu oluşturma performansından çok daha azdır. Periyodik temizleme ve bakım ürünlerinin, parlaticıların, cilaların ve yüzey bitirme malzemelerinin toplam maruz kalınan dozun belirlenmesinde, yeni bina malzemesinin kendisinin etkisinden kaynaklanan emisyonlardan çok daha önemli olabilir.

Bina malzeme ve ürünlerinin kullanım aşamasındaki emisyonlarına ilişkin iç hava kalitesi yeteri kadar incelenip yayınlanmamıştır. Pratik tecrübeler göstermiştir ki iç havadaki kimyasal bileşenler, partiküller ve diğer tip kirliliklerin neden olduğu semptomlar 6 ay ve daha uzun sürelerde maruz kalma sonucunda ortaya çıkmaktadır. İç havadaki kimyasal kompozisyonu etkileyen ana parametreleri dış hava miktarı ve kalitesi, malzemelerden olan emisyonlar, insan aktiviteleri (temizlik ve bakım dahil) oluşturmaktadır.

Yapılan bir çalışma için bir evin iç havasında bulunan bütün bileşenlerin bina malzemesinden yayılan bileşenler olması, iç havada kirliliğı yaratan ana kaynağın bina malzemesi olduğu şüphesini kuvvetlendirmektedir. Ancak henüz hangi kimyasal bileşenlerin iç hava kalitesi şikayetlerini ortaya çıkardığı tam anlaşılamamıştır.

İç havadaki kirliliğin (VOC) bir kaynağı da yapı malzemeleri olarak görülmektedir. Dolayısıyla çalışmalar; malzeme emisyonları, bu emisyonları etkileyen parametreler ve buradan da bu emisyonların sınırlandırılması yönünde gelişmektedir. Böylece tüketiciyi aşırı emisyonlardan koruyacak yönetmelikler Avrupa'da oluşturulmuştur. WHO'ya göre bina malzemelerinden yayınlanan emisyonlar *Tablo 3.1*'deki gibi toplanabilir.

Prensip olarak bütün bu gruplardan bileşenler iç havada mevcuttur. Fakat pratik olarak bütün hepsini rutin testlerde belirlemek mümkün değildir. Pratikte daha çok VOC'lere bakılır. Ancak çok iyi bilinen rahatsız edici hatta kanserojen bileşikler (örneğin formaldehit gibi) bu grubun dışına düşer. Hatta bu ölçülebilen bileşenler dışında insan burnunun algıladığı başka bileşenler de bulunmaktadır. Bu yüzden malzeme emisyonlarının hissetmeye dayanan belirlenmesi, gruplandırma ve markalama işlemlerinin bir parçası olmuştur.

Bütün bu ölçme, belirleme ve değerlendirme faaliyetleri şimdiden düşük emisyonlu malzemelerin gelişmesiyle sonuçlanmıştır. Yayınlanan çalışmalar bu malzemeleri kullanmanın iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Kirleticilerin en önemli kaynaklarından biri de bina yapı malzemeleri yanında bina içindeki mobilyalardan yayılan gazlardır. Yeni boyanan duvarlardan, halı kaplanan döşemelerden, mobilyalardan insanlar için zararlı gazlar yayılır. Bunun önlenmesi için birinci yöntem, filtre edilmiş taze dış hava ile yapılan havalandırmayı artırmaktır. Uzun süreli problemlerde kaynağın ortadan kaldırılması düşünülebilir. Düşük kirleticili bina ve mobilya seçildiğinde bina içindeki kirlilik yükü azaltılabilmektedir. Bu yöntem CEN CR 1752 tarafından tavsiye edilmektedir. Özellikle proje aşamasında ele alınırsa bu yöntemin ilave maliyeti de olmayacaktır. Bu yolla ofis binalarında üretkenlik %1,5 oranında artırılabilir.

3.1.1.1.1 Malzeme Yapısının Emisyonlara Etkisi

Malzemelerden emisyon işlemi iki ana mekanizmayla karakterize edilir:

- Malzeme içinde difüzyon kontrollü kütle transferi
 - Buharlaştırma kontrollü yüzeyden emisyon
- Kalın malzemelerde difüzyon belirleyici faktördür,

Çok uçucu organik bileşenler	VVOC
Uçucu organik bileşenler	VOC
Yarı uçucu organik bileşenler	SVOC
Tanecik bağlı organik maddeler	POM

*Tablo 3.1. WHO'YA GÖRE
BİNA MALZEMELERİNDEN YAYILAN
EMİSYONLAR*

emisyon yüzey üzerindeki hava hızından etkilenmez. İnce malzemelerde ise buharlaşma hızı emisyonu kontrol eder, yüzeydeki hava hızı etkilidir. Yapı malzemeleri emisyon yaptıkları gibi, havadaki gazları emici özelliğe de sahiptir. Yapı malzemelerinin iç hava kalitesine etkisinde malzemenin yayın (emisyon) ve emme (absorpsiyon) gibi kimyasal özelliklerinin yanında, fiziksel koşulların da etkisi vardır:

- Sıcaklık Etkisi:** Malzemede meydana gelen gaz çıkış mekanizmasına bağlı olarak sıcaklığın artması, bir çok açıdan malzeme emisyonlarını etkiler.
- Nem Etkisi:** Bina, iç döşeme bitirilmeden önce ısıtılarak veya kurutularak nem ortadan kaldırılmalıdır. Nemin bina malzemesi üzerine etkisi çoğunlukla hidrotilitik ayrışma reaksiyonlarına ve böyle reaksiyonlardan oluşan bozunma ürünlerine bağlıdır. Aynı zamanda nem, bina malzemeleri içinde veya yüzeyinde mikro organizmaların faaliyetleri açısından da etkilidir.

3.1.1.1.2 Dolaylı Kirlilik Kaynaklarının Kontrol Yöntemleri

Yeni yapıların tasarımında daha az SBS problemi yaratan malzemelerin kullanımı önemli bir imkan olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu anlamda aşağıdaki liste önerilebilir:

- Formaldehit içeren ürünleri daha az kullanılmalıdır. Bu ürünler arasında ağaç paneller, sunta ve bazı yapııştırıcılar bulunmaktadır.
- Daha az vinil duvar kaplaması kullanılmalıdır.
- Sert ağaç döşemelerde (parkelerde) su esaslı parlatma cilası kullanılmalıdır.
- Linolyum veya seramik döşeme karoları kullanılmalıdır.
- Sentetik elyaf halı kullanımını azaltılmalıdır.
- Mümkün olduğu kadar doğal elyaf halı kullanılmalıdır.
- Poliüretan ısı yalıtımı dış cepheye uygulanmalı ve araya buhar kesici konulmalıdır.
- Su bazlı boya kullanılmalıdır.
- Sert yüzeyli tavan karosu kullanılmalıdır.
- Formaldehit içermeyen mobilya seçilmelidir.
- Daha az zararlı bileşik içeren yapııştırıcılar kullanılmalıdır.
- Formaldehit içeren malzemeler yerine katkısız cam yünü ve kaya yünü izolasyon kullanılmalıdır.

3.1.1.2 Doğrudan Kirleticiler

Hava kirleticileri, temel anlamda, bulundukları faza göre kabaca üçe ayrılabilir:

- Tozlar, Tütsüler ve Dumanlar; Katı tanecikleri oluşturur, ancak duman çoğu zaman sıvı parçacıklar içermektedir.
- Sis, Mist ve Dumanlar; Sıvı tanecikler içermektedir.
- Gazlar ve Buharlar; Genel sınıflamaya göre tozlar,

rüzgar, volkan, deprem gibi doğal kuvvetler ile veya öğütme, parçalama vb gibi mekanik işlemlerle ortaya çıkan katı parçacıklardır ve 100 μm den büyükse toz olarak kabul edilmezler. Tozlar, mineral maddeler, metal, un, polen tüy gibi inorganik ve organik maddelerden oluşabilir. Tütsü, katı maddelerin içerisindeki buharın yoğunlaşması ile ortaya çıkan katı parçacıklardır. Metal buharı örneğinde olduğu gibi bu parçacıkların boyutu 1 μm den küçüktür. Duman ise katı ve/veya sıvı parçacıklar içerir ve organik maddelerin tam yanmaması ile ortaya çıkar. Duman parçacıkları değişik boyutlarda olur ancak muhtemel çap aralığı 0,1 - 0,3 μm değerindedir. Sigara dumanı daha çok asılı sıvı taneciklerden oluşur ve tanecik çap aralığı 0,1 - 1,0 μm mertebesindedir. Ayrıca sigara dumanı çok çeşitli gaz ürünleri içerir. Virüsler 0,003 - 0,060 μm boyutunda olmakla birlikte, çoğu zaman koloniler veya başka taneciklere yapışık halde bulunur. Bakterilerin çoğu 0,4 - 5,0 μm boyutundadır ve genellikle büyük taneciklerle ilişkilidir. Mantar sporları ise 10 - 30 μm aralığında iken polenler 10 - 100 μm boyutundadır.

Mist, sıvıların spray hale getirilmesi ile oluşur. Bu taneciklerin üzerine mikroorganizmalar yerleşirse (hapşırıktaki olduğu gibi) önemli bir kirletici sınıf oluştururlar. Sis buharının yoğunlaşması taneciklere göre çok daha küçüktür, eğer sis ve duman birlikte bir karışım oluştursa, buna smog adı verilmektedir.

Buharlar ve gazlar ise doğal veya yapay çeşitli kimyasal reaksiyonlar sonucu ortaya çıkar ve ortamda gaz halinde bulunurlar. Kirleticiler arasında yine son yıllarda giderek önem kazanan bir başka eleman ise radyoaktif kirleticilerdir. Özellikle topraktan yükselen radyoaktif toprak gazına radon gazı adı verilmekte olup bina temelinden iç hacimlere sızar.

0,1 μm den küçük tanecikler gaz moleküllerine benzer bir hareket tarzı gösterirler ve çökmezler. 0,1 - 1 μm arasındaki taneciklerin çökme hızı vardır, bu tanecikler alveollere yerleşirler, halbuki 8 - 10 μm den büyük tanecikler üst solunum yollarında tutulabilmektedirler. İç hacimlerde sözkonusu olan çeşitli kirletici maddelerin cinsleri, kaynakları, seviyeleri ve iç ve dış çevre konsantrasyonları arasındaki mertebeler *Tablo 3.2*'de verildiği üzeredir.

Kirletici	İç Hava Kirletici Kaynağı	Muhtemel İç Hava Derişikliği	İç/Dış Derişiklik Oranı	Bulunabileceği Yerler
Karbon - monoksit	Yanma cihazları, makinalar, hatalı ısıtma sistemleri	100 mg/kg	> 1	Paten alanları, ofisler, konutlar, araçlar, dükkanlar
Solunabilen tanecikler	Sobalar, şömineler, sigara, aerosol spreyler, pişirme, yoğunlaşan uçucu maddeler	100 - 500 mg/m ³	> 1	Konutlar, ofisler, halka açık yerler, bar, restoran
Organik buharlar	Yanma, solventler, aerosol spreyler, reçine ürünleri	Bu konuda kesin ölçüm yapılamamaktadır.	> 1	Konutlar, restoran, halka açık yerler, ofisler, hastane
NO₂	Yanma, gaz sobaları, şofben, kurutucular, sigara	100 - 1.000 mg/m ³	> 1	Konutlar, paten alanları
SO₂	Isıtma sistemleri	20 mg/m ³	< 1	İç hacimlere taşınma
Sigara dumanı hariç toplam asılı parçacık	Yanma, toz kalkması, ısıtma	100 mg/m ³	1	Konutlar, ofisler, halka açık yerler
Sülfat	Kibritler, gaz sobaları	5 mg/m ³	< 1	İç hacimlere taşınma
Formaldehit	İzolasyon, yapıştırma ürünleri, sunta	0,05 - 1,00 mg/kg	> 1	Konutlar, ofisler
Radon gazı	Yapı malzemesi, toprak, yeraltı suyu	5 nci/m ³	> 1	Konutlar, ofisler
Elyaf	Giysiler, halı, döşeme, mobilya	Bu konuda kesin ölçüm yapılamamaktadır.	-	Konutlar, ofisler, okul
Mikro organizmalar	İnsanlar, hayvanlar, mantar, böcekler, nemlendiriciler, klima cihazları	Bu konuda kesin ölçüm yapılamamaktadır.	> 1	Konutlar, hastane, okul, ofisler, halka açık yerler
Ozon	Elektrik arki, UV ışık kaynağı	20 - 200 mg/kg	> 1	Uçaklar, ofisler

Tablo 3.2. BAZI İÇ HAVA KİRLETİCİLERİNİN KAYNAKLARI, DERİŞİKLİKLERİ VE İÇ/DIŞ HAVA DERİŞİKLİK ORANLARI

3.2 HAVA FİLTASYON SİSTEMLERİ

Hava filtrasyonu bina dışından havanın içeriye alındığı yerlerde, daha çok klima ve havalandırma santralleri içinde uygulanır ve dış havanın içerisindeki kirleticilerin belirli oranlarda tutulması şeklinde özetlenebilir. İç hava kalitesinin sağlanmasında havanın ne şekilde ve hangi verimle filtre edildiği çok önemlidir. Filtrelerin, havayı temizleyebilmek anlamında değişik işlevlerde kullanılan gerekli tipleri mevcuttur. Filtrelerin havayı temizleyememe noktasına geldiğinde değiştirilmesi gerekmektedir. Filtreler gereken işlevleri karşılayacak şekilde doğru miktarda seçilmelidir ki yarattıkları basınç düşümü sebebiyle takviye fanı gibi bir ekstra ilk yatırım maliyetine ve işletme sırasında ki büyük enerji kayıplarına neden olmasınlar.

3.2.1 FİLTRE TİPLERİ

Hava filtrelerinde toz toplama aşağıdaki beş mekanizmaya dayanır:

- Süzme:** En kaba filtreleme süzme ile olur. Hava içerisindeki parçacıklar, kendi çaplarından daha küçük yüzey geçişlerinden geçerken bu deliklere takılırlar. Böylece hava da süzülür.
- Doğrudan Tutma:** Akışı takip edebilen küçüklükteki taneciklerden akış yolu üzerinde bulunan elyafa temas edecek kadar yakın olanlar, burada elyaf üzerinde takılır.
- Atalet Dolayısıyla Birikme:** Bir elyaf etrafındaki akışı takip edemeyecek kadar büyük ve yoğun olan tanecikler ataletleri dolayısıyla filtreye çarparak ortada kalırlar. Ancak hava hızı yükseldikçe sürüklenme ve zıplama hareketleri dolayısıyla taneciğin elyafa tutunup kalma şansı azalır.
- Difüzyon:** Çok küçük parçacıklar aynı gaz molekülleri gibi akış içinde rastgele hareket ederler, bu hareket onların elyaf üzerinde birikmesine yardımcı olur. Bu birikme akış içinde tanecik konsantrasyonu gradyanı oluşturur ve bu gradyan nedeni ile taneciklerin difüzyonu hızlanır.
- Elektrostatik Etki:** Taneciklerin veya filtre malzemesinin statik elektrik yüklenmesi halinde, elektrostatik kuvvetlerle taneciklerin akış yüzeyine çekilmesi ve burada tutunması sağlanır.

3.2.1.1 Elyaflı Malzemeden Filtreler

Bu filtrelerde ana malzeme elyafıdır. Filtre üzerinde toz biriktikçe basınç düşümü giderek artar. Bu üst değerde filtrenin temizlenmesi veya değiştirilmesi gerekmektedir. Ancak temizlenen filtrelerde, temizleme operasyonu, kirliliği bir miktar temizlerken aynı zamanda bir miktar da tozun kalıcı olarak elyaf yüzeyinde kalmasına sebep olduğundan, filtrenin belirli periyotlarla kesinlikle değiştirilmesi gerekir. Genel olarak iki tipte toplanırlar:

a. **Panel Filtreler:** Kaba elyafı yüksek poroziteli malzemeden yapılmıştır. Filtre malzemesi yağ gibi viskoz bir madde ile kaplanır. Kullanılan malzemeler arasında cam yünü, bitkisel elyaf, metalik yünler vb sayılabilir. Tasarım akış hızları 1 - 3 m/s mertebelerindedir, basınç düşümü 200 Pa değerine ulaşıncaya kadar kullanılabilir, ancak 120 Pa değerinden sonra kirlendiği söylenebilir.

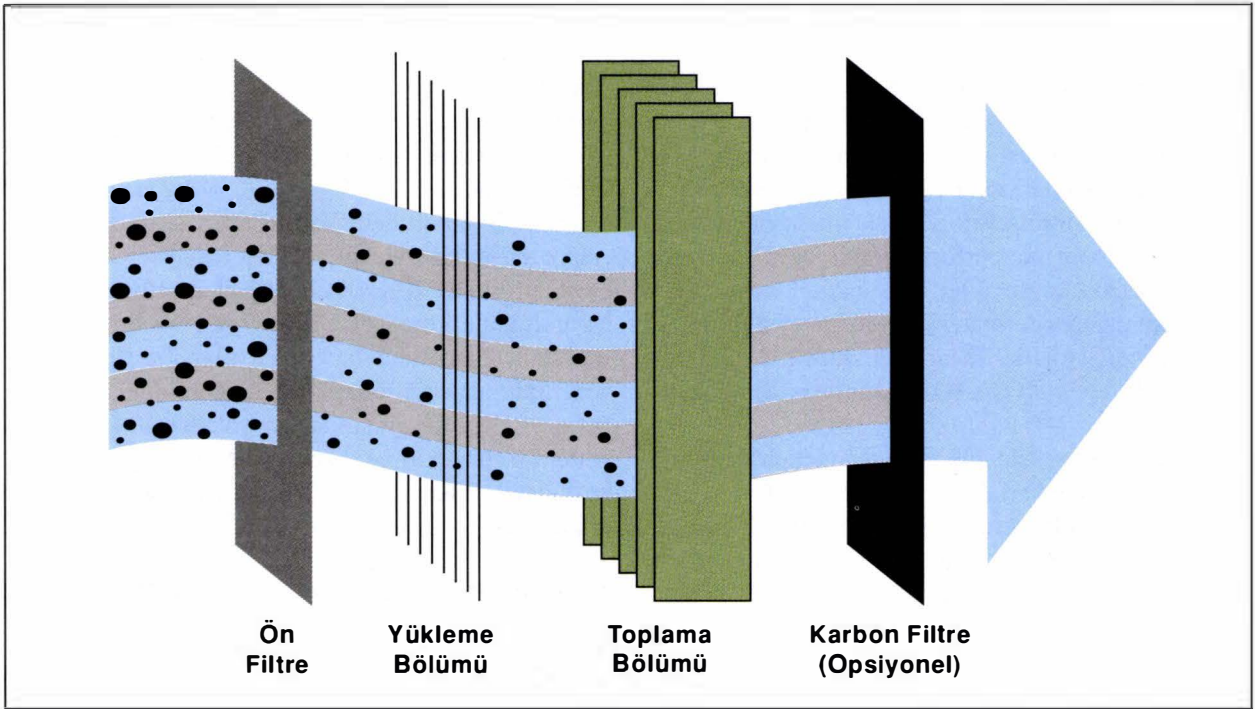
b. **Torbalı ve Genişletilmiş Yüzeyle (HEPA) Kuru Tip Filtreler:** Rastgele düzenlenmiş elyafı dokudan yapılmıştır. Bu elyaf dokusu akış yönünde V biçimi ve torbalar oluşturarak düzenlenmiştir, dolayısıyla filtre alanı monte edildiği serbest kesit alanından çok daha fazladır. Tasarım akış hızları serbest kesitte 1 - 3 m/s, filtre yüzeyinde 0,03 - 0,46 m/s mertebelerindedir, basınç düşümü 300 - 450 Pa değerine ulaşıncaya kadar kullanılabilir, ancak 200 Pa değerinden sonra kirlendiği söylenebilir. Çok yüksek verimli HEPA (High Efficiency Particle Arrestance) filtrelerde ise tasarım akış hızı serbest kesitte 1,3 m/s olmalıdır, filtrenin basınç düşümü ise 120 Pa değerinden başlayarak 500 Pa değerine ulaşabilir. Bu tip filtreler, daha çok temiz oda uygulamalarında kullanılır. Ancak, HEPA filtre önünde bir ya da daha fazla sayıda ön filtre uygulaması filtre ömrü açısından şarttır.

3.2.1.2 Hareketli Tip Filtreler

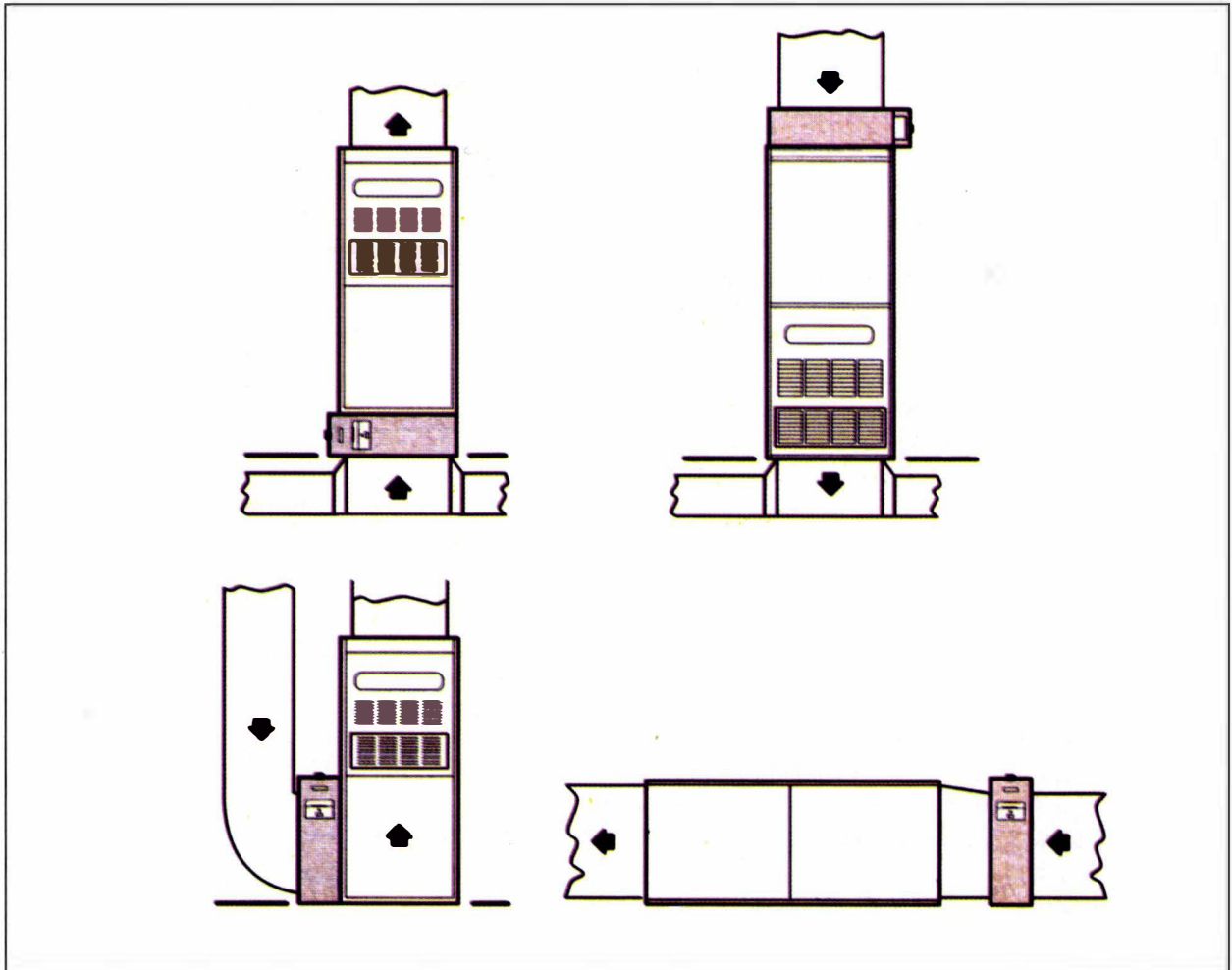
Bu filtreleri iki tip olarak gruplamak mümkündür. Birinci tipte filtre tabakası üstteki rulodan alttaki rulo bir motor yardımı ile sarılır. Böylece üzerinden hava akımı geçen filtre tabakası sürekli yenilenmiş olur. Motorun hareketi basınç düşümü, ışık geçirgenliği veya bir saat yardımı ile kontrollü olarak gerçekleştirilir. Rulo bittiğinde atılarak yenisi takılır. İkinci tipte ise sürekli dönen yağlı bir filtre perdesi vardır. Alt merdane yağ banyosu içindedir. Filtre üzerinde toplanan tozlar bu banyoda çözülür ve temizlenmiş ve yağlanmış filtre yeniden hava akımı içerisinde döner. Hareketli tip filtreler düşey doğrultuda çalışır ve 2,5 m/s tasarım hızında 100 - 120 Pa sabit basınç düşümüne sahiptirler.

3.2.1.3 Elektrostatik Filtreler (Şekil 3.3)

Bu filtreler, elektrostatik etki ile iyonize olmuş parçaları serbest kesit alanından geçişi sırasında geçiş yüzeylerine çekerek tutunmalarını sağlar. Toplanan parçacıklar yıkama metodu ile yüzeyden uzaklaştırılır. Özellikle küçük taneciklerin toplanması açısından etkili olan bu filtrelerde düşük tasarım hızlarında (0,8 - 1,8 m/s) ortalama verim %98'e kadar çıkabilmektedir. Bu filtrelerin önüne hem akımı düzenlemek hem de kaba tanecikleri tutmak için elyafı malzemeden ön filtre konur. Elektrostatik filtrenin montajı Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. ELEKTROSTATİK FİLTRE ÇALIŞMA PRENSİBİ



Şekil 3.4. ELEKTROSTATİK FİLTRE MONTAJI

Not: Uygulamalar hava ısıtıcı üzerinde gösterilmiştir. Kanal ve çatı tipi paket klimalarda da uygulanabilir.

3.2.1.4 Karbon Esaslı Filtreler

Karbon esaslı filtreler, içerisinde karbon molekülleri bulunan matris diziliimli kartuşlardan oluşur. Karbon molekülleri kimyasal yapıları itibarıyla zararlı ve zehirli gazları kartuş geçişlerinde emerek doyma fazına yaklaşıtlarından, daha çok koku tutucu özellikleri ile tanınır. Ancak 40°C nin üzerindeki sıcaklıklarda çalışma performansları ciddi anlamda düşer. Karbon molekülleri doyduktan sonra artık daha fazla yabancı materyal tutamayacaklarından yenisi ile değiştirilir. Tasarım hızları 2,0 - 2,3 m/s civarında olup, yaklaşık 90 Pa sabit basınç düşümüne sahiptirler.

Gelişen teknoloji ile elyaf malzemeden yapılmış filtre yüzeylerine karbon molekülleri emdirilerek elyaf filtrelerin koku tutucu özellikleri artırılabilir. Bu filtrelerin sıcaklık performansları 60°C ye kadar yükseltilmiş olup, aktif karbon filtre performansına tam olarak sahip değildir. Yıkama metodu ile bir süre kullanılabilirler ancak belli periyotlarla değiştirilmeleri gerekir. Tasarım hızları 2,0 - 2,5 m/s civarında olup, yaklaşık 30 - 450 Pa basınç düşümüne sahiptirler.

3.2.1.5 Metal Filtreler

Metal filtreler alüminyum malzemeden elek biçiminde oluşturulmuşlardır. Elek oluşumunda gres yağı kullanılır. Bu tip filtreler daha çok yağlı çözeltiliye sahip hava akımında özellikle davlumbaz egzost sistemlerinde kullanılır. Yıkama metodu ile bir süre kullanılabilirler ancak kısmen uzun periyotlarla değiştirilmeleri gerekir. Tasarım hızları 2 - 3 m/s civarında olup, yaklaşık 60 - 500 Pa basınç düşümüne sahiptirler.

3.2.2 FİLTRE VERİM TESTLERİ

Filtreler ile ilgili ülkemizden en yaygın olarak kullanılan standartlar, DIN EN 779: 2003 ve DIN EN 1822 ile ASHRAE Standartlarıdır. Bu standartlar filtre tipleri, kullanım alanları ve verimleri ile temel düzenlemelere sahiptir. Filtre verimlerinin belirlenmesinde ise ASHRAE'nin belirlediği dört farklı verim testi vardır ve filtreler özelliklerine göre bu testlerin en az birine tabi tutularak filtrelerin verim değerleri belirlenir:

a. Partikül Yakalama (Arrestance): İçerisinde farklı büyüklük ve tipte partikül içeren havanın filtre üzerinden geçirilmesi ile filtre üzerinde kalan toz miktarının filtre edilmemiş havadaki toz miktarına oranını gösteren verimdir.

b. Toz Leke Verimi (Dust Spot Efficiency): İçerisinde farklı büyüklük ve tipte partikül içeren havanın filtre üzerinden geçirilmesi ile filtre üzerinde oluşan renk değişikliğinin filtre edilmemiş havaya oranını gösteren verimdir.

c. Oransal / Nüfuz Etme Verimi (Fractional Efficiency or Penetration): İçerisinde yaklaşık aynı büyüklük ve tipte partikül içeren havanın filtre üzerinden geçirilmesi ile filtrede tutulabilen partiküllerin filtre edilmemiş havadaki partiküllere oranını gösteren verimdir.

d. Partikül Büyüklüğü Verimi (Particle Size Efficiency): Filtreden geçirilmiş hava ile filtre edilmemiş havadan alınan örneklerin değerlendirilip, partikül büyüklüğüne göre verimin belirlenmesidir. Bunun, 'arrestance' metodundan farklı olan özelliği, filtre veriminin, partikül büyüklüğüne göre değişmesidir. Bu dört yöntem arasında, en çok tercih edilen ve anılanlar, partikül yakalama (arrestance) ve toz leke verimi (dust spot efficiency) olarak belirtilen yöntemlerdir.

3.2.3 FİLTRE SINIFLARI VE VERİMLERİ

İlgili uluslararası standartlarca belirlenen filtre sınıfları aşağıdaki gibi verilmiştir:

a. G1 sınıfından G4 sınıfına kadar olan ve genelde 'kaba' filtre olarak tanımlanan filtreler, partikül yakalama (arrestance) verim testine tabi tutulur (DIN EN 779). Bu test sonucunda, bu sınıftaki filtreler, ortalama sentetik toz tutma verimlerine göre sıralandırılır. Önemle belirtilmelidir ki, bu sınıftaki filtreler için filtre veriminden bahsedilemez, ancak filtre partikül yakalama veriminden bahsedilebilir.

b. F5 sınıfından F9 sınıfına kadar olan filtreler, partikül büyüklüğü (particle size efficiency) verim testine tabi tutulur, test sonucunda 0,4 µm büyüklüğündeki partiküllerin ortalama filtrasyon verim değerleri baz

Filtre Sınıfı	Ortalama Partikül Yakalama Verimi	Ortalama Filtre Verimi
G2	%72,0 - 77,1	-
G3	%81,0 - 88,1	-
G4	%91,7 - 94,4	-
F5	%96,4 - 99,0	%43,5 - 56,6
F6	%98,2 - > %99,0	%63,0 - 75,0
F7	> %99,0	%82,3 - 86,0
F8	> %99,0	%90,0 - 93,7
F9	> %99,0	%95,0 - 96,0
H10	> %85,0	-
H11	> %95,0	-
H12	> %99,5	-
H13	> %99,95	-
H14	> %99,995	-
U15	> %99,9995	-
U16	> %99,99995	-
U17	> %99,999995	-

Tablo 3.5. SINIFLARINA GÖRE FİLTRE VERİMLERİ

alınır (DIN EN 779). Bu test sonucunda, bu sınıftaki filtreler, ortalama 0.4 μ m büyüklüğündeki partiküllerin tutulabilme verimliliğine göre sıralandırılır.

c. H10 sınıfından H14 sınıfına kadar ve U15 sınıfından U17 sınıfına kadar olan ve HEPA ya da UL-PA olarak tanımlanan filtreler, oransal/nüfuz etme verimi (fractional efficiency or penetration) testine tabi tutulur (DIN EN 1822). Bu test sonucunda, bu sınıftaki filtreler, en fazla nüfuz eden parçacık büyüklüğü (most penetrating particle size, MPPS) değerlerine göre sıralandırılır. Yine önemle belirtilmelidir ki, bu sınıftaki filtreler için filtre veriminden bahsedilemez, ancak filtre partikül yakalama veriminden bahsedilebilir.

Tablo 3.5'te filtrelere ait verim değerleri verilmiştir. Ancak burada belirtilmesi gereken iki husus vardır; birincisi, piyasada filtre verimi olarak adlandırılan verim değerleri, ilişkili DIN standartlarına göre belirlenmiş ortalama partikül yakalama verimleridir,

örneğin, F5 filtrenin %95 olarak belirtilen verimi, aslında F5 filtrenin ortalama partikül yakalama verim değeridir, oysaki bu filtreye ait ortalama verim DIN normlarınca ortalama %50 mertebelerindedir. İkinci husus ise, ortalama partikül yakalama verimi G2 den H10 filtreye kadar DIN EN 779'a göre hesaplanıp belirtilir, H10 ve üst sınıftaki filtreler için DIN 1822'ye göre hesaplanıp verilir, örnek olarak H10 filtrenin ortalama partikül verimi DIN EN 1822'e göre %85 civarında iken, F7 filtrenin ortalama partikül tutma verimi > %99 mertebelerindedir, ancak bu F7 filtrenin H10 filtreden daha iyi bir filtrasyon özelliğine sahip olduğunu göstermez.

3.2.3.1 Filtre Kullanım Alanları

Tablo 3.6'da klima santralinde kullanılan filtrelerin kullanım alanlarına göre sınıflandırmaları verilmiştir. Filtrelerin kullanım alanlarında *Tablo 3.6*'daki bilgiler ışığında klima santralinde filtrasyon sistemi belirlenebilir.

Uygulama Alanları	Ön Filtre		Ana Filtre		Son Filtre	Not
Depolar, mağazalar, üretim alanları, mekanik odalar, elektrik kontrol odaları ve ısıtma/soğutma bataryalarını korumak için	-	-	%50 - 85 partikül yakalama verimi	Panel ve/veya torba tip filtre	-	Büyük ölçekli partiküllerin cihaz içine tutunması engellenmeli ve bataryalar toza karşı korunmalıdır.
			%25 - 30 toz leke verimi			
Özel üretim alanları, boyahaneler, genel amaçlı ofisler, genel laboratuvarlar, havalimanları, otoglarlar	-	-	%75 - 90 partikül yakalama verimi	Torba tip ve/veya aktif karbon ve/veya elektrostatik filtre	-	Bu tür filtrasyon ile ortalama ev temizliği değerlerine ulaşılmaktadır. % 35 toz leke verimine sahip filtre ile havadaki polenlerin %85 i, % 60 toz leke verimine sahip filtre ile tamamı temizlenir. Ayrıca, is ve duman üzerinde de bir miktar etkilidir.
			%35 - 60 toz leke verimi			
Hastaneler, ilaç endüstrisi Ar - Ge bölümleri ve aseptik olmayan üretim alanları, yarı - temiz odalar	-	-	%98 partikül yakalama verimi	Torba tip ve/veya aktif karbon ve/veya elektrostatik filtre	> %95 partikül yakalama verimli atılabilir torba filtre	Bu tür filtrasyon ile en iyi ev temizliği değerlerine ulaşılmaktadır. Cihaz içerisinde toz birikmesi olmaz. Havadaki is ve benzeri kirliliğe karşı efektif bir direnç gösterilir, ayrıca, bakterilere karşı da yüksek verimli filtrasyon yapılır.
			%80 - 85 toz leke verimi			
İlaç teknolojisi aseptik üretim alanları, film ve elektronik üretimi yapılan alanlar, radyoaktif alanlar	%75 - 85 partikül yakalama verimi	Torba tip ve/veya aktif karbon filtre	%98 partikül yakalama verimi	Torba tip ve/veya aktif karbon ve/veya elektrostatik filtre	> %99,97 partikül yakalama verimli atılabilir torba filtre	Mahal bakterilere, radyoaktif tozlara, toksik tozlara, dumana ve zehirli gazlara karşı korunmuş olur.
	%25 - 40 toz leke verimi		%80 - 85 toz leke verimi			

Tablo 3.6. FİLTRE UYGULAMA ALANLARI

Ancak, işletme giderleri gözetlenerek detaylı yapılacak hesaplamalar konusunda her sistem için ön kaba filtre kullanımı diğer filtrelerin ömrünü uzatmak için tercih edilmelidir. Diğer bir yaklaşımla, aktif karbon filtre ya da elektrostatik filtreler yerine, teknik anlamda kısıtlamalar yok ise, kombinasyon filtre tercih edilebilir. Karışım havalı klima santrallerinde taze hava kanalına en az EU1 sınıfında kaba filtre kullanımı klima santrali içindeki ön, ana ve son filtrelerin kullanım ömürlerini ciddi anlamda arttırmaktadır. Biyolojik saldırı ihtimali olan sığınak, büyükçekililik binaları vb gibi yerlerde ise hava filtrasyon sistemleri ciddi teknik süzgeçten geçirilmelidir.

Davlumbaz egzost sistemlerinde pişirmeden kaynaklı yağ içeren egzost havasının fan motoru çerperine yapışıp motor soğutmasını engelleyerek motorun yanmasına sebep olacağı durumlardan kaçınmak için fan öncesinde metal yağ filtresi kullanılmalı ve ayrıca elektrik motoru harici havalandırma düzeneğine sahip olmalıdır.

3.3 HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNDE İÇ HAVA KALİTESİNİN ARTTIRILMASI

3.3.1 HASTA BİNA SENDROMU (SBS)

Hasta Bina Sendromu (SBS), görünür hiçbir hastalık nedeni olmayan bir binada, sakinlerin sadece binada geçirdikleri zamanla bağlantılı olarak sağlık ve konfor şikayetleri olmasına verilen isimdir. Şikayetçiler bina içinde belli bir oda veya zon içinde bulunabilecekleri gibi, bina içine dağılmış da olabilirler. Konu ile ilişkili bir başka kavram ise, "Bina Bağlantılı Hastalık" (BRS) kavramıdır. Bu durumda, bina içerisinde teşhis edilen hastalıkların nedenleri bellidir ve binanın havalandırma sisteminden kaynaklanmaktadır.

a. Hasta Bina Sendromu Göstergeleri: Bina sakinleri birdenbire rahatsızlıklardan şikayet etmeye başlarlar. Bu şikayetler baş ağrısı, yorgunluk, göz burun veya boğaz rahatsızlıkları, öksürük, kuru veya kaşıntılı bir cilt, baş dönmesi, mide bulantısı, konsantrasyon bozuklukları ve kokuya karşı aşırı duyarlılık şeklinde olabilir. Bu hastalık belirtilerinin kaynağı tam olarak tanımlanamamıştır.

Şikayetçilerin çoğu binayı terk etmelerinden hemen sonra rahatladıklarını belirtmişlerdir.

b. Bina Bağlantılı Hastalık Göstergeleri: Bina sakinlerinin çoğunluğunun öksürük, göğüs sıkışması, ateş, titreme ve kas ağrısı gibi şikayetleri görülmektedir. Bu bulguların nedenleri klinik olarak tamamen açıklanabilir. Şikayetçiler binayı terk etseler de iyileşmeleri belli bir süre alır.

3.3.1.1 İç Hava Kalitesini Bozan Hasta Bina Sendromunun (SBS) Nedenleri

İç hava kalitesini bozan ve kirlilik oluşturan zararlı maddeleri ancak çeşitli gruplar altında toplayarak tanımlamak mümkündür:

- Kimyasal gazlar (Badana, boya, halı, dolaptaki tutkal vb kaynaklıdır.)
- Solunan havadaki karbondioksit oranı (İnsanların ve canlıların solunumları yanma kaynaklıdır.)
- Koku (İnsan kaynaklıdır.)
- Mikroorganizmalar (Çevre ve insan kaynaklıdır.)
- Nem (Çevre ve pişirme gibi insan faaliyetleri kaynaklıdır.)
- Radon gazı (Toprak kaynaklıdır.)
- Organik buharlar (Kullanılan eşya ve bina elemanları kaynaklıdır.)
- Toz (Çevre ve kullanılan eşya kaynaklıdır.)
- Alerjen maddeler ve canlılar (Çevre kaynaklıdır.)
- Sigara dumanı (İnsan kaynaklıdır.)
- Diğer kaynaklar (Yukarıda sayılanların dışında hava kalitesine etki eden daha pek çok faktör vardır. Bunlar içinde elektronik kirlenmeden, radyasyona kadar pek çok faktör sayılabilir.)

Bu öğeler bir arada etkili olabilir ve yetersiz sıcaklık, nem veya ışığın yetersiz olduğu koşullarda diğer unsurların zararı artabilir.

3.3.1.1.1 Dahili Kaynaklı Kimyasal Kirleticiler

- Bir bina içerisindeki kirli havanın kaynağı çoğu zaman o binanın içerisinde.
- Bina içerisinde bulunan ve kullanılan yapıştırıcılar, kaplama ve döşemeler, bazı ahşap ürünler, kopyalama makineleri, böcek zehirleri, temizlik malzemelerinden yayılan formaldehit de içeren uçucu organik bileşenler hava kirliliğine sebep olan etmenlerdendir.
- Sigara dumanı; yüksek oranda uçucu organik ve diğer toksit bileşenlerin ve de solunabilir parçacıkların oluşumunda büyük katkısı olan bir etmendir.
- Araştırmalar kanserojen olarak da bilinen bazı uçucu organik bileşenlerin yüksek konsantrasyonda solunmasının kronik ve akut sağlık sorunlarına neden olduğunu göstermektedir. Düşük dereceden orta derecelere kadar birçok uçucu organik madde de akut reaksiyonlara neden olabilir.
- Dahili kirleticiler açısından en önemli kaynaklardan biri de mekanik havalandırma sisteminin kendisidir. Mekanik sistemlerdeki filtreler, izolasyon tabakaları, temizlenmemiş hava kanalları, sızdırmazlık malzemeleri, bağlantı elemanları, soğutucu serpantinler, yoğunlaşma tavaları ve nemlendiriciler kirleticiler kaynağı olabilmektedir. Dolayısıyla mekanik sistemin kendi temizliği en önemli konulardan biridir.
- Filtreler havayı temizlemek yerine kirlitmeye başladığında bunların değiştirilmesi gerekmektedir. Filtreler hassas olarak ve gerektiği kadar seçilmelidir. Yarattıkları basınç düşümü nedeniyle ömür boyu büyük enerji kaybına neden olurlar.

Bu nedenle filtre seçiminde ömür maliyetini minimize edilecek şekilde davranmalıdır. Yani filtre üzerinden geçen hava hızları olabildiği kadar azaltılmalıdır. Böylece filtreleme yeteneği artar, fan motorunun enerji tüketimi azalır, filtre temizliği daha uzun aralıklarla yapılabilir.

- Isıtma ve soğutma serpantinleri seçiminde de fazla basınç düşümü yaratmayacak kanatlı borular kullanılmasına dikkat edilmelidir. Hava hızları 1,44 m/s altında tutularak damla tutucu kullanımından kaçınılmalıdır. Damla tutucunun kullanılmasının gerektiği durumlarda da, erişim kaplığı üzerinden damla tutucunun belli periyotlarda temizlenmesine özen gösterilmelidir.
- Drenaj tavaları kirlenmenin en yoğun olduğu yerlerden biridir. Drenaj tavaları paslanmaz çelik malzemeden mamul, iyi eğitim verilmiş, tamamen drene edilebilir, kolayca yıkanabilir ve soğutma ve nem alma bittiğinde hemen kuruyan özellikte olmalıdır.
- Sulu nemlendiriciler yerine buharlı nemlendiriciler kullanılmalıdır. Bu Legionella riskini önlemek için de yararlı olacaktır.
- Bir klima santralı seçiminde ömür maliyetine bakılmalıdır. 20 yıllık ömrü olan bir santralin veya sistemin toplam maliyetinin yaklaşık olarak %25'i satın alma maliyeti, %10'u bakım maliyeti ve %65'i elektrik enerjisi maliyetidir.

3.3.1.1.2 Harici Kaynaklı Kimyasal Kirleticiler

Bir binanın taze hava olarak aldığı hava, çevredeki diğer binalardan atılan hava olabilir. Binalarda emiş menfezlerinin, pencere ve açıklıkların yanlış yerleştirilmesi; motorlu araçların ve binaların (banyo ve mutfaklardan kaynaklanan) egzost gazlarının, tesisatlarından kaçan gazların binaya kolayca girmesine sebep olur. Bunun yanında çeşitli yanma ürünleri de binaya, yakınlardaki garajlardan girebilir.

3.3.1.1.3 Biyolojik Kirleticiler

Bakteri, küf, polen ve virüsler en genel biyolojik kirleticilerdendir. Bu kirleticiler hava kanalları, nemlendiriciler veya drenaj tavaasında biriken durgun sularda ya da çatı, döşeme veya izolasyonda toplanan sularda çoğalıp büyüyebilir. Kimi zaman da böcek veya kuş pislikleri de biyolojik kirlenmeye neden olabilir. Öksürük, göğüs sıkışması, yüksek ateş, titreme, kas ağrısı, mide tahrişi, üst solunum yolu tıkanıklığı, alerjik tepkiler biyolojik kirleticilerin yol açtığı rahatsızlıklardandır. Legionella bakterisi de bulunduğu üzere Lejyoner hastalığına ve ateşe neden olmaktadır.

3.3.1.1.4 Radon ve Asbest

Radon gazı doğal radyoaktif bir gaz olup, topraktaki radyoaktif uranyumun parçalanmasından kaynaklanır.

Topraktan atmosfere yayılan bu gaz normalde dış havada zararlı derişikliğe ulaşamaz. Ancak sızdırmaz yapılarda topraktan iç ortama yayılan gaz burada tutulursa zararlı olmaya başlar. Hasta bina sendromu ve bina bağlantılı hastalıklar akut veya orta dereceli sağlık sorunlarına neden olabilirken, radon ve asbest vücuda alındıktan uzun süre sonra zararlı etkilerini gösterir. Bu iki madde bir binanın iç hava kalitesinin çok yönlü değerlendirilmesinde detaylı olarak ele alınmalıdır.

3.3.1.1.5 Mikroaerosoller

Havadaki su zerrecikleri ve sis tek başına zararlı sayılmaz. Ancak mikroparla yüklendiklerinde bunları uzak mesafelere taşıyarak çok tehlikeli olur. Örneğin Lejyoner hastalığının tek yayılma yolu, bu şekildeki su zerrecikleriyle taşınmaları ve bu kirli zerreciklerin solunmasıdır.

3.3.1.1.6 Karbondioksit

Karbonun tam yanmasıyla oluşur. Canlıların solunumuyla ve yakıtların yanmasıyla üretilir. 800 ppm üzerindeki aşırı dozlarda insanlarda başağrısı ve yorgunluk yapar. Ancak havalandırmayla giderilebilir.

3.3.2 İÇ HAVA KALİTESİNİN GELİŞTİRİLMESİ İÇİN ÖNLEMLER

Öncelikle kirlilik kaynaklarının kontrolü ve azaltılması gerekir. Örneğin sigara içiminin yasaklanması, zararlı gazlar çıkaran halı vs. malzemelerin iç hacimlerde kullanılmaması bu önlemler arasında sayılabilir. Zararlı maddelerin kaynağında yakalanması, ortama karışmadan dışarı atılması prensibi, endüstriyel havalandırma ve mutfak havalandırması gibi alanlarda yaygın olarak kullanılan prensiplerdir. Bu gibi alanlarda kirleticiler kaynakları belirlidir.

Dış hava kullanılmaksızın, iç ortamdaki havanın filtre edilmesi ve temizlenmesi yöntemi, kirleticiler maddelerin çok fazla cinsten ve sayıda olması nedeniyle tam başarıyla kullanılamamaktadır. Ancak gelişen bir sektördür. Özellikle dış hava kirliyse ve bu kirli dış havayla havalandırma yaparak iç havanın istenilen kalitede olması sağlanamıyorsa; iç hava, temizleyici cihazlar üzerinden resirküle edilmek suretiyle temizlenebilir. Bu durumda dış hava kullanılmaz.

İç hava kalitesinin sağlanmasında günümüzde, hala en yaygın kullanılan ve en etkin yöntem havalandırma- dır. Yeterli miktarda taze havanın iç mekanlara verilmesiyle, içerideki hava kalitesi tatmin edici bir düzeye getirilebilir.

3.3.2.1 Kirleticiler Kaynağının Ortadan Kaldırılması veya Değişimi

Bu yöntem kirlilik kaynağının bulunduğu ve kontrolünün mümkün olduğu durumlarda iç hava kalitesiyle ilgili sorunların çözülmesinde oldukça etkilidir.

Örneğin halılar toz depolarıdır. Her bir gram toz yüzbinlerce mantar sporu taşıyabilir ve aynı zamanda mikrop ve ağır metal içerir. Halılar ya çok iyi vakumlanmalıdır veya yerine sert yüzeyli kaplama malzemeleri kullanılmalıdır. Tozun binaya girişi, kapılarda önlenmelidir. Binalara girişte metal izgaralı çukurlardan oluşan paspaslar bulunmalıdır. İç tarafta ise nemli halı paspas kullanılabilir. İç ortamdaki tozları 2/3'ü dışardan gelmektedir. Hava filtrelerin periyodik olarak temizlenmesi veya değiştirilmesi gerekir. Binanın çelik tavan kaplamasının değiştirilmesi, sigara odalarının izolasyonu, kirletici madde kaynağının dışarıdan hava alacak şekilde yerleştirilmesi, boyaların, yapıştırıcı, solvent ve böcek zehirlerinin iyi havalandırılan (%100 egzost yapılan) alanlarda depolanması ve bu zararlı maddelerin bina sakinlerinin binada olmadığı zaman dilimlerinde kullanılması konu ile ilgili sayılabilecek diğer önlemlerdir. Binaların bakımı yapıldıktan sonra belli bir süre zehirli maddelerin etkisinin geçmesi için binaya girilmemelidir.

3.3.2.2 Havalandırma Oranını Arttırmak

Bir binadaki kirlilik oranını düşürmek için havalandırma oranlarını ve hava dağıtımını arttırmak genellikle maliyeti çok yüksek bir işlemdir. Ancak iç hava kalitesinin sağlanması açısından havalandırma kilit parametredir. Binaların havalandırma sistemleri tasarımı, yerel bina standartlarını karşılayabilecek şekilde yapılmalıdır. Gerekliğinde inisiyatif kullanarak standartların üzerinde havalandırma yapılması öngörülebilir. Binada kirletici madde kaynağı çok kuvvetli olduğu hallerde, yerel egzost sistemi kirli havanın atılması için çok önemlidir. Kirli havanın belli bölgelerde yoğun olarak toplanmış olduğu dinlenme, fotokopi ve baskı odası gibi odalarda yerel egzost sistemi kısmen de olsa kullanılabilir.

3.3.2.3 Hava Temizleme

Hava temizleme kaynak kontrolünde ek bir yöntem olarak kullanılabilse de uygulanma alanı oldukça sınırlıdır. Mutfak fırını filtreleri gibi katı veya sıvı parçacık kontrolünde kullanılan cihazlar ucuzdur, fakat çok küçük parçacıkların tutulmasında yetersizdir. Çok küçük parçacıkların tutulmasında kullanılabilecek yüksek kapasiteli filtreler ise montaj ve işletim açısından oldukça pahalıdır. Gaz fazındaki kirliliklerin tutulmasında ise mekanik filtreler yetersizdir. Bu tarz gaz fazındaki kirlilikler adsorbent tutucular kullanılarak temizlenebilir; ancak bu cihazlar pahalıdır ve çok sık değiştirilmesi gereklidir.

3.3.2.4 Rutubete ve Yoğuşmaya Bağlı Küf ve Mantar Gelişiminin Engellenmesi

İç ortamda bağıl nem %60 değerinin altında olmalıdır.

Yüksek nem mikro organizma faaliyetlerini hızla artırır. Bu organizmaların zararları sadece kendilerinden kaynaklanmaz. Aynı zamanda yarattıkları reaksiyonlar sonucu gaz kimyasallar çıkmaya başlar ve insanlar bu gazlardan şiddetle etkilenirler. Mikro organizmalar sadece insanlara değil aynı zamanda yapı malzemelerine de zarar verir ve onları bozar. Nemli yüzeylerde mantar ve küf gelişebilir. Tipik nemli yüzeyler duvar iç yüzeyleri ve yeni izole edilmemiş yapı yüzeyleri, halılar ve soğuk döşemelerdir. Yüksek yüzey nemliliği yoğuşmayı destekler. Özellikle soğuk iklimlerle, sıcak ve nemli iklimlerde bu sorun ciddi bir tehdit oluşturur. Bunun için,

- Yüzeyler mantar ve küf oluşumuna karşı temizlenmeli ve dezenfekte edilmelidir.
- Yoğuşmaya uygun bölgelerde yüzey sıcaklıkları artırılmalıdır.
- Yoğuşmaya müsait yerlerdeki nem düzeyi azaltılmalıdır.
- Buharla veya silerek yapılan halı ve kumaş temizliklerinden sonra hemen kurutma uygulanmalıdır.
- Kirlenmiş malzemeyi atıp, yok etmek gerekir.

3.3.2.5 Kişisel Havalandırma Yapmak

Kişisel havalandırma endüstriyel alanda eskiden beri uygulanmaktadır. Ancak son yıllarda ofis gibi alanlarda da kişisel havalandırma uygulamaları başlamıştır. Burada havalandırma sistemleri tamamen veya kısmen bölgeselleştirilerek çalışanların kontrolüne bırakılmaktadır. Kişiler kendi zonlarındaki havalandırma miktarını, yönünü ve hatta sıcaklığını kontrol edebilmektedirler. Böylece lokal havalandırma ile ısıtma, soğutma ve fan enerjisinden tasarruf sağlandığı gibi, yaratılan mükemmel iç hava kalitesi sayesinde çalışma verimi de artmaktadır. Çünkü iç hava kalitesi ile çalışanların performansı arasında etkin bir ilişki vardır.

Genel havalandırmada odaya kişi başına 10 l/s dış hava temin edildiğinde, bu havanın sadece kişi başına 0,1 l/s kısmı yani %1'i teneffüs edilir. Geriye kalan yani beslenen dış havanın %99'u kullanılmaz. Ayrıca havanın teneffüs edilen %1'lik kısım tamamen temiz de değildir. Çünkü hava solunmadan önce kirletici kaynaklardan gelen emisyonlarla belli oranda kirlenir. Kişisel havalandırmada ise her bir bireyin soluma bölgesine küçük miktarlarda temiz hava temin edilir. Buradaki amaç, ortamda bulunabilecek kirlilik kaynaklarından en az etkilenmiş temiz havanın, ortamla karışmadan doğrudan sunulmasıdır. Ofis ortamında bu şekilde kişisel havalandırma masa üzerindeki bilgisayar yanında bulunan bir menfezden verilebilir. Kullanıcı doğrudan jet menfezden üzerine üflenen temiz, serin ve kuru havayı soluyabilecektir. Hava düşük hız ve türbülansla beslenir. Oda içinde hava dağıtımı döşeme altı kanallar ve döşemedeki prizlere takılan esnek kanallarla üfleme menfezlerine ulaştırılır.

3.3.3 İÇ HAVA KALİTESİNİN ARTTIRILMASI İLE ÇALIŞANLARIN PERFORMANSI İLİŞKİSİ

Yeni yapılan deneylerin sonuçları göstermiştir ki, taze hava beslemesini artırmak veya kirletici yüklerini azaltmak yoluyla iç hava kalitesinin iyileştirilmesi insan sağlığı, konforu ve üretkenliği üzerinde pozitif bir etkiye sahiptir.

Hava kalitesinin aynı zamanda çok ciddi ekonomik boyutu bulunmaktadır. Ofis binalarında bina ömrü boyunca maliyetlere bakıldığında;

- Ofislerde çalışan personele ödenen ücretler toplam maliyetin %92'sini,
 - Binanın işletme maliyetleri %6'sını,
 - Bina ilk yatırım maliyeti %2'sini oluşturmaktadır.
- Bu açıdan insanların ısı konforu ve üretkenliği esas maliyet unsurudur. Uygun olmayan iç hava koşulları nedeniyle personel üretkenliğinde kaybedilecek %6 pay, binanın bütün enerji ve işletim maliyetlerine eşdeğerdir. İç hava kalitesinin önemi biraz da bu rakamların altında yatmaktadır. Buradaki rakamlara klima tesisatı açısından bakıldığında ofis binası toplam ömür boyu maliyeti içinde;
- Klima tesisatı ilk yatırım maliyetinin oranı yaklaşık %1,
 - Klima tesisatı işletme maliyeti oranı yaklaşık %1,5 mertebelerindedir.
 - Yetersiz iç hava kalitesi nedeniyle klima tesisatının oluşturabileceği (veya kazandırabileceği) ücret maliyeti oranı %6 mertebelerinde olabilmektedir.

Başka bir çalışmada ise, ABD ofis binalarında yapılan araştırmada mevcut yapılarda iç hava kalitesini artırmakla ilişkili toplam yatırım tutarı 87,9 milyar USD ve bunun getireceği ilave yıllık işletme maliyetlerinin 4,8 milyar USD olduğu; buna karşılık iyileştirilen sağlık ve üretkenlik nedeniyle yılda 62,7 milyar USD kar edilebileceği hesaplanmıştır.

Bireysel sıcaklık kontrolünün üretkenlik üzerine etkisinin incelendiği bir araştırmada, basit daktilo yazma tipik ofis aktivitesi için, bireysel sıcaklık kontrolünün üretkenliği % 5,4 oranında artırdığı ifade edilmektedir. Aynı çalışmada ortalama nötr ortam sıcaklığındaki çalışma performansının, bu nötr sıcaklıktan 5°C daha fazla ortalama sıcaklıktaki ortama göre %10 daha fazla olduğu gösterilmiştir.

3.3.4 İÇ HAVA KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ İLE ENERJİ TASARRUFUNUN ARTTIRILMASI ÇATIŞMASI

İç hava kalitesinin artırılması için alınacak tüm önlemler, daha iyi filtrasyon sistemleri ve daha çok temiz hava sağlanması olarak özetlenebilir. Ancak, bu özetlemeye ulaşırken aynı zamanda ortam şartlarındaki havanın daha çok dışarıya atılması sonucunda enerji kaybı olacak, yüksek filtrasyon sistemleri için de

daha çok işletme giderleri ortaya çıkacaktır. Bu durum, doğal olarak bu iki kavram arasında çatışmaya yol açmaktadır: İç hava kalitesinin sağlanması mı daha önemlidir; yoksa enerjinin bu kadar pahalı olduğu günümüzde enerji tasarrufu yapmak mı önemlidir? Bu sorunun cevabı elbette ki, iki kavramın da optimum düzeyde iyileştirilmesi olarak tanımlanabilir. İç hava kalitesini arttırırken işletme giderlerini korkutucu anlamda etkilememek için alınabilecek önlemlerden bazıları aşağıdaki gibidir:

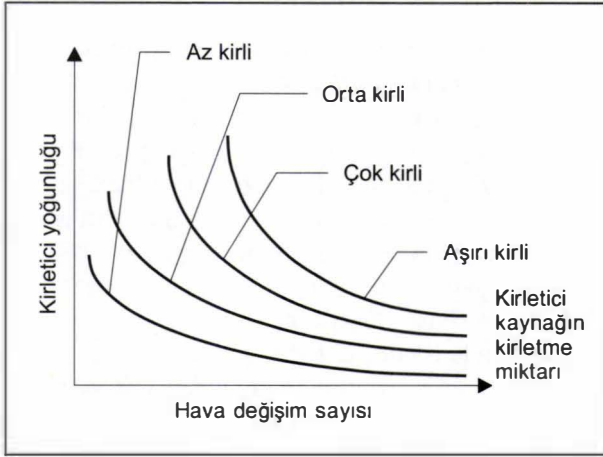
- Isı Geri Kazanımı Yapılması:** Doğru şekilde etüdü edilmiş ısı geri kazanım sistemleri egzost edilecek havanın enerjisinin alınacak dış havaya transfer edilmesi sonucunda enerji tasarrufu gerçekleştirilebilir.
- Kombinasyon Filtrelerin Kullanılması:** Kombinasyon filtrelerin kullanılması ile bir miktar hava kalitesinden ödün verilirken, işletme giderleri düşürülebilir.
- Serbest Soğutma (Free Cooling) Yapılması:** Dış hava sıcaklığının uygun olduğu durumlarda, dışarıdaki hava sadece filtre edilerek içeri verilebilir, böylelikle yüksek oranda işletme giderleri azaltılır.
- CO₂ Sensörü Kullanımı:** İç ortamda yaşayan insanların sürekli olarak değişkenlik gösterdiği alışveriş merkezi, tiyatrolar, konser salonları vb gibi yerlerde CO₂ sensörü kullanılarak anlık durumda içeride kaç kişinin olduğu bilgisi alınabilir, böylelikle dışarıdan alınacak taze havanın miktarı ya da besleme / dönüş hava debileri değiştirilebilir.
- Havalandırma Cihazlarının Temizliği:** Havalandırma cihazlarının içindeki filtrelerin belirli periyotlarla temizlenmesinin yanında, filtre harici diğer elemanlar da temizlenmeli, böylelikle cihaz içindeki kontaminasyon oluşumları engellenmelidir.
- Havalandırma Kanallarının Temizliği:** Kanal içerisinde açıklıklardan giren veya performansı düşen filtrelerin görev yapamamasından kaynaklanan kirliliğin temizlenmesi için uzaktan kumandalı robot temizleme sistemleri düşünülebilir. Bu robot belirli aralıklarla kanal içlerini temizleyerek iç hava kalitesini arttırabilir.

3.4 İÇ HAVA KALİTESİNİN SAĞLANMASI İÇİN GEREKLİ HAVALANDIRMA MİKTARLARI VE DİĞER HUSUSLAR

3.4.1 GEREKLİ HAVALANDIRMA MİKTARLARI

Hava kalitesi probleminin neden olan parametrelerle ilgili bir çalışmada 529 sorunlu bina incelenmiştir. Bu binalardaki hava kalitesi sorunlarının kaynağı, %53 oranında yetersiz havalandırmaya bağlıdır. %15 oranında iç kirletici kaynaklar, %10 oranında dış kirletici kaynaklar vb olarak sıralama devam etmektedir. İç hava kalitesi sorunu modern zamanların problemidir ve esas

olarak yetersiz havalandırmadan kaynaklanmaktadır. Binaların doğal olarak yeterince havalandırıldığı Güney iklimlerindeki geleneksel yapılarda böyle bir sorun karşımıza çıkmamaktadır. 1973 yılına kadar mekanik olarak havalandırılan modern ticari binalarda da bu sorunla karşılaşmamaktadır. 1973 deki petrol ambargosundan sonra, binalardaki taze hava miktarları enerji tasarrufu kaygısıyla azaltılmıştır. Ancak azaltılan bu dış hava miktarlarının, hem konfor hem de sağlık şartlarını



**Şekil 3.7. EMİSYON KAYNAĞI GÜCÜ
PARAMETRE OLMAK ÜZERE
ODA İÇİNDEKİ KİRLETİCİ YOĞUNLUĞUNUN
HAVALANDIRMAYLA DEĞİŞİMİ**

karşulamakta yetersiz kaldığı görülmüştür. İç hava kalitesi sorunları da bundan sonra gündeme gelmiştir. Yetersiz havalandırma, HVAC sistemlerinin verimsiz çalışmasının bir sonucu olarak da karşımıza çıkabilir. Eğer bir binanın klima sistemi havayı insanlara efektif bir şekilde dağıtıyorsa, bu hasta bina sendromu olarak karşımıza çıkar. Minimum enerji tüketimiyle kabul edilebilir bir iç hava kalitesine ulaşabilmek için ASHRAE kişi başına düşen dış hava miktarını bir standarda bağlamıştır. Ancak söz konusu havalandırma değerleri hala tartışılmakta olan değerlerdir. Yeterli havalandırmayı, kaynaktan bağımsız olarak, her koşul için geçerli genel değerlerle temin etmek mümkün değildir. Şekil 3.7’de görüldüğü gibi içeride belirli bir kimyasalın konsantrasyon limitini tutturmak için, kaynağın gücü azaldıkça gerekli havalandırma önemli ölçüde azalmaktadır. Dolayısıyla binadaki kirlenme kaynakları hakkında yeterli bilgi olmadan gerekli havalandırma miktarının standartlara göre gözü kapalı seçimi çoğu kez fazla havalandırma veya yetersiz havalandırma ile sonuçlanacaktır. Belki de havalandırma miktarları, aynı ısı kaybı ve kazancı hesaplarında yapıldığı gibi, her bina için kaynak tanımına bağlı olarak hesaplanmalıdır. Böyle bir hesap yöntemi, kaynak tanımları yapılamadığı ve zararlı düzeyleri belirlenemediği için, günümüzde verilememektedir. Buradan hareketle son yıllarda gelişen tekniklerden biri talep kontrollü havalandırmadır. Bu sistemde hava

Uygulama	İnsan Sayısı (kişi/100 m ²)	Havalandırma Miktarı (l/s.kişi)	Taze Hava Miktarı (l/s. m ²)	Açıklamalar
Lokanta	70	10		
Kafeterya	100	10		
Bar	100	15		
Otel Yatak Odaları			15 l/s.oda	
Ofisler	7	10		Bazı ofis cihazları yerel egzoz gerektirilebilir.
Tiyatro Salonları	150	8		
Tiyatro Lobileri	150	10		
Okullar Sınıf	50	8		
Hastane Hasta Odası	10	13		
Ameliyathane	20	15		Özel standartlar hava miktarını ve filtre seçimini etkileyebilir.
Konutlar		7,5		
Konut Banyo		Kesintili 25 l/s Sürekli 10 l/s		
Konut Mutfak		Kesintili 25 l/s Sürekli 10 l/s		

**Tablo 3.8. ÇEŞİTLİ UYGULAMALAR İÇİN ASHRAE 62-89 STANDARDI TARAFINDAN
TAVSİYE EDİLEN MİNİMUM DIŞ HAVA MİKTARLARI**

kalite sensöründen veya CO₂ sensöründen kumanda alan bir havalandırma sistemi, ihtiyaç olduğunda ve talep geldiğinde devreye girmektedir. Özellikle kafe, bar gibi yoğun havalandırma gereken ve büyük havalandırma enerjisi tüketimi olan ve aynı zamanda havalandırma ihtiyacının gün boyunca değişken olduğu yerlerde bu sistemin uygulaması giderek yaygınlaşmaktadır. Bu sistemler konvansiyonel sistemlere göre enerji tüketiminde %20 ile %50 oranında tasarruf sağlayabilmektedir.

a. Karışık gaz (hava kalitesi) sensörleri daha ucuz olduğundan 1.000 m³/h ve üzerindeki havalandırma debilerinde uygundur. Bunlar, kötü kokuları, duman, buhar gibi kirlenici gazları algılar. Lokanta, spor salonu konferans salonu gibi uygulamalarda idealdir.

b. CO₂ sensörleri ise daha pahalı olup, 5.000 m³/h ve üzeri debilerde ekonomik olmaya başlar. Özellikle insanı algıladığından, tiyatro, konser salonu gibi sigara içilmeyen yerler için idealdir.

İç hava kalitesi ve havalandırma ile ilgili konuyu en geniş biçimde ilk ele alan standart ASHRAE 62 - 73 olmuştur. Bu standart 1973, 1981, 1989, 1999 yıllarında revize edilmiş ve son ASHRAE Standart 62 - 2001 yayınlanmıştır. Bu standartta verilen taze hava miktarı değerlerinden örnekler *Tablo 3.8*'de verilmiştir.

Avrupa da ise bu konuda bir standart yeni ortaya çıkmaktadır. Son aşamasına gelen EN 13779 "Ventilation for Buildings - Performance Requirements for Ventilation and Air Conditioning Systems" isimli AB standardı yakında yürürlüğe girecektir. Bu konuda üye ülkelerdeki uygulamalar ve mevcut ulusal standartlar önemli farklılıklar içermektedir. EN 13779 bu farklılıkları gözetenerek, belirli aralıklar ve kademeler tanımlamaktadır. EN 13779 bu amaçla iç hava kalitesini dört gruba ayırmaktadır:

- IDA 1 : yüksek iç hava kalitesi,
 - IDA 2 : orta iç hava kalitesi,
 - IDA 4 : kabul edilebilir iç hava kalitesi,
 - IDA 5 : düşük iç hava kalitesi,
- olarak sıralanabilir.

İç hava kalitesi ve konfordan söz ederken, öncelikle iç hava bölgesi tanımlanmalıdır. Ölçümler ve gerekli koşullar bu bölgede gerçekleştirilmelidir. Özellikle

İç Yüzeyinden İtibaren Olan Mesafenin Verildiği Eleman	Tipik Aralıklar	Ön Değer
Döşemeler (alt sınır)	0,00 - 0,20 m	0,05 m
Döşemeler (üst sınır)	1,30 - 2,00 m	1,80 m
Dış Kapılar ve Pencereleler	0,50 - 1,50 m	1,00 m
Radyatörler	0,50 - 1,50 m	1,00 m
Dış Duvarlar	0,15 - 0,75 m	0,50 m
İç Duvarlar	0,15 - 0,75 m	0,50 m

Tablo 3.9. EN 13779 UYARINCA TANIMLANAN YAŞAM ALANI BOYUTLARI

konfor koşulları ancak "yaşam alanı" denilen bölgede garanti altına alınır. *Tablo 3.9*'da EN 13779 tarafından tanımlanan yaşam alanının boyutları verilmiştir. İç hava kalitesinin kategorisinin belirlenebilmesi ve ölçülmesi için dolaylı ve dolaysız 5 yöntem tanımlanmıştır. Dolaysız yöntemler CO₂ seviyesinin veya belirli kirlenicilerin seviyelerinin ölçülmesine veya algılanan hava kalitesinin sınıflandırılmasına dayanmaktadır. Dolaylı yöntemlerde ise kişi başına veya kullanım alanı başına temin edilen dış hava miktarı, yani havalandırma miktarına bakılmaktadır. Aşağıdaki *Tablo 3.10*'da kişi başına havalandırma miktarına göre iç hava kalitesi kategorilerinin tanımları verilmiştir. Burada belirli aralıklar tanımlanmaktadır. Bu aralıkta hangi değerin seçileceği ulusal standartlara bırakılmaktadır. Burada verilen havalandırma miktarları enerji tasarrufu amacıyla bir dönem kısılan havalandırma miktarlarına göre çok yüksektir.

Avrupa Standartına dayanan Türk Standartında ise havalandırma miktarları bir aralık olarak değil, bu aralık içinde seçilen bir değer olarak verilmiştir. Birkaç değer ise aralığın içinde kalmamaktadır. Türk standardı değerleri *Tablo 3.11*'de verilmiştir.

EN 13799'a Göre İç Hava Kalitesi Grupları		Sigara İçilmeyen Alanlarda Kişi Başına Dış Hava Miktarı	Sigara İçilen Alanlarda Kişi Başına Dış Hava Miktarı
IDA 1	Yüksek İç Hava Kalitesi	> 54 m ³ /h > 15 l/sn	> 109 m ³ /h > 30 l/sn
IDA 2	Orta İç Hava Kalitesi	36 - 54 m ³ /h 10 - 15 l/sn	72 - 108 m ³ /h 20 - 30 l/sn
IDA 4	Kabul Edilebilir İç Hava Kalitesi	22 - 36 m ³ /h 6 - 10 l/sn	43 - 72 m ³ /h 12 - 20 l/sn
IDA 5	Düşük İç Hava Kalitesi	< 22 m ³ /h < 6 l/sn	< 43 m ³ /h < 12 l/sn

Tablo 3.10. EN 13779 KİŞİ BAŞINA TAZE HAVA MİKTARLARI

TS'ye Göre İç Hava Kalitesi Grupları		Sigara İçilmeyen Alanlarda	Sigara İçilen Alanlarda (% 20)	Sigara İçilen Alanlarda (% 40)
A Sınıfı	Yüksek İç Hava Kalitesi	10 l/sn	20 l/sn	30 l/sn
B Sınıfı	Orta İç Hava Kalitesi	7 l/sn	14 l/sn	21 l/sn
C Sınıfı	Kabul Edilebilir İç Hava Kalitesi	4 l/sn	8 l/sn	12 l/sn

Tablo 3.11. TÜRK STANDARDINA GÖRE KİŞİ BAŞINA TAZE HAVA MİKTARLARI

Kişi başına taze hava miktarlarının belirlendiği bir tablo olduğu gibi aynı zamanda hacimlerin kullanım şekline de göre gerekli hava değişim katsayıları tanımlanmıştır (Tablo 3.12).

EN 13779 standardına esas olan geniş kapsamlı bir çalışmada:

- Kişi başına 10 l/s değerinin alt limit olması ve bu havalandırma miktarının artırılması halinde şikayetlerin azaldığı,
- 20 l/s kişi havalandırmanın emniyetli ve iyi bir değer olduğu ortaya konulmuştur.

Söz konusu çalışma bir literatür araştırmasına dayanmaktadır. 30.000 denek içeren yirmi çalışmanın sonuçları dikkate alınmıştır.

Doğal olarak bina cinsine ve kirleticilerin yoğunluğuna bağlı olarak tatminkar değerler farklılık göstermektedir. Ancak 20 l/s değeri, çalışmaların çok büyük kısmında, uygulamadan bağımsız biçimde, tamamen yeterli bir değer olarak karşımıza çıkmaktadır.

3.4.2 HVAC SİSTEMİNİN KENDİ TEMİZLİĞİ

6 farklı binada dış havanın, besleme havasının ve iç havanın algılanan kalitesinin ölçüldüğü bir araştırmada, 5 binada dış hava ile besleme havası kalitesi arasında iki misline varan çok ciddi farklar ölçülmüştür. Aradaki fark dış taze havanın klima sisteminde kirlenmesinden kaynaklanmaktadır. Bazı hallerde klima sistemindeki kirlenme, iç kaynaklardan olan kirlenmeden daha fazladır. Klima sistemindeki kirlenmede 3 ana kaynak bulunmaktadır. Bunlardan birincisi filtrelerdir. Bir diğer önemli kaynak kanallardır ve üçüncü kaynak ise klima santrallerinde soğutma serpantini gibi yoğunlaşmanın olduğu yüzeylerdir. Klima sisteminin bu etkisi dolayısıyla iç hava kalitesi ana çalışma konularından biri de HVAC sisteminin kendi temizliğidir. HVAC sistemlerinin yeni bakım yönetmeliklerini oluşturmak, belirli HVAC sistem bileşenlerinin temizlik tanımlarını yapmak üzere bir Avrupa projesi ve çalışma grubu oluşturulmuştur. Bu konuda mevcut en kapsamlı standart

Odanın Özellikleri	Saatteki Hava Değişim Sayısı	Tavsiye Edilen Havalandırma Yöntemi	Odanın Özellikleri	Saatteki Hava Değişim Sayısı	Tavsiye Edilen Havalandırma Yöntemi
Toplantı Salonları	4 - 8	Egzost	Mutfaklar, Domestik	15 - 25	Egzost
Oditoryumlar	6 - 8	Egzost ve besleme	Mutfaklar, Ticari	15 - 30	Egzost, ekipmanı kontrol et
Pasta, Fırın	20 - 30	Egzost	Laboratuvarlar	8 - 15	Egzost, asit dirençli filtre tipi
Banyolar, Domestik	6 - 7	Egzost	Çamaşırhaneler	10 - 20	Egzost
Banyolar, Genel	7 - 10	Ön ısıtılmış hava besleme	Kütüphaneler	4 - 5	Egzost ve besleme
Güzellik Salonları	8 - 12	Egzost ve besleme	Asansörler	5 - 7	Egzost
Kafeler	10 - 12	Egzost	Asansör Makina Odası	10 - 30	Egzost, ısıyı hesapla
Kumarhaneler	8 - 12	Egzost ve besleme	Makina Daireleri	10 - 40	Egzost, ısıyı hesapla
Sinemalar	5 - 8	Egzost ve besleme	Ofisler	4 - 8	Egzost ve besleme
Vestiyer	4 - 5	Egzost	Lokantalar	8 - 12	Egzost ve besleme
Konferans Salonları	5 - 8	Egzost ve besleme	Tuvaletler, Domestik	4 - 5	Egzost
Soyunma Odaları	6 - 8	Egzost	Tuvaletler, Genel	8 - 15	Egzost
Boyahaneler	5 - 15	Alev geçirmez, asite dayanıklı	Dershaneler	5 - 7	Egzost
Motor Odaları	15 - 30	Egzost, ısıyı hesapla	Dükkanlar	4 - 8	Egzost
Dökümhaneler	5 - 15	Egzost, ısıyı hesapla	Duşlar	15 - 25	Egzost
Garajlar	5 - 7	Egzost	Süpermarketler	10 - 15	Egzost ve besleme, zonlamayı kontrol et
Jimnastik Salonları	4 - 6	Egzost	Yüzme Havuzları	10 - 15	Egzost ve ısıtılmış besleme, nemi kontrol et
Kuaförler	10 - 15	Egzost	Tiyatrolar	5 - 8	Egzost ve besleme
Hastaneler, Hasta Odaları	6 - 8	Egzost	Kaynak Atölyeleri	20 - 30	Zonlanmış egzost ekipmanı kontrol et
Hastaneler, Ameliyathaneler	10 - 15	Egzost ve besleme filtre tipini kontrol et			

Tablo 3.12. TAVSİYE EDİLEN SAATTEKİ HAVA DEĞİŞİM KATSAYILARI

“Havalandırma ve klima sistemlerinin hijyenik standardı” adını taşıyan VDI 6022 Kısım 1 - 3 standardıdır. HVAC sistem bileşenleri içinde en önemlilerinden biri yukarıda ifade edildiği gibi kanallardır. Kanal toplam yüzey alanı tipik uygulamalarda bina döşeme alanının %10’u mertebelerine ulaşır. Kanallardaki toz yükünün tanımı, temizleme yöntemleri ve bunların etkinliği geniş ölçüde çalışılmaktadır. Kanallardaki toz ölçüm yöntemleri, aralarındaki farklar ve temizliğin ölçüsü *Tablo 3.13*’te verilmiştir. Kanalların temizliği için VDI 6022 kısım 1 de “süpürge temizliği” tanımı getirilmiştir. Bu değer 4 g/m² gibi bir temizlik standardını ifade etmektedir. Yeni VDI 6022 Kısım 3 kanallarda *Tablo 3.13*’te düşük standart değerinin üzerinde toz oluştuğunda, temizliği şart koşmaktadır. Temizlikten sonra toz konsantrasyon değeri orta standart değerinin üzerine çıkmalıdır.

3.4.3 İÇ ORTAM SICAKLIĞI İLE İÇ HAVA KALİTESİ İLİŞKİSİ

Hava sıcaklığı ve nem oranının yüksek olması, daha fazla hasta bina sendromuna neden olmaktadır. Yüksek nemin insan sağlığına olan negatif etkisi daha iyi bilinmektedir. Rutubet ayrıca bir çok mikroorganizmanın gelişebilmesine olanak sağlar. Nemli yüzeyler mikropların gelişmesi için en uygun ortamlardır. Hava insanlara soğuk ve kuru sunulmalıdır. Böyle bir havanın algılanan kalitesi yüksek olmaktadır. Soğuk ve kuru hava kaliteyi artırırken, gerekli havalandırma miktarını da düşürmektedir.

Yüksek sıcaklığın iç hava kalitesine ve insan sağlığına etkisi incelenirse, sendrom sayısı ve sıcaklık arasındaki bağıntı 20°C ile 26°C arasındaki iç sıcaklık aralığında lineere yakındır.

Bir başka çalışmaya göre de hastalık riski iç ortam sıcaklıkları 20 - 21°C üzerine çıkınca artmaktadır. Bunun üzerinde sıcaklığın her 1°C artışı hastalık riskini %10 - 20 artırmaktadır.

Sıcaklığın artması aynı zamanda algılanan iç hava kalitesini de düşürmektedir. Aynı iç hava, sıcaklık düşükçe daha temiz hava olarak algılanmaktadır.

İç sıcaklığı artması insan performansının da azalmasına neden olmaktadır. İç sıcaklığın 20°C’den 24°C’ye çıkması halinde, daktilo ile yazma hızı olarak ölçülen çalışma performansı %18 - 49 arasında azalmaktadır.

3.5 HAVALANDIRMADA ENERJİ TASARRUFU

3.5.1 DOAS (Dedicated Outdoor Air Systems)

Tam havalı sistemlerde özellikle VAV sistemlerinde iç hava kalitesi standartlarının gereği olan havalandırma miktarlarını, bütün hacimlerde ve sürekli sağlamak mümkün olamamaktadır. İç hava kalitesi – konfor ikilemine bir çözüm olarak DOAS fikri ortaya atılmıştır. Özel atanmış dış hava sisteminde (DOAS) dış hava temini, bağımsız bir sistemle gerçekleştirilmektedir. Dışarıdan iç mahallerin ihtiyacı olan ve standartlarla belirlenen miktarlarda dış hava, bir taze hava santralinden geçirilip, hacimlere ihtiyacı ölçüsünde dağıtılmaktadır. Bu taze hava, aynı zamanda taze hava santralinde şartlandırılmaktadır. Santralda %100 taze hava filtre edilip kurutulmakta ve iç ortam sıcaklığının altında soğuk olarak iç hacimlere beslenmektedir. Beslenen taze hava, iç hacimlerdeki gizli ısı yükünü tamamen alacak şekilde kuru olarak verilmektedir. Hava soğuk olarak üflendiğinden aynı zamanda bir miktar duyulur ısı kazancını da karşılamaktadır. Paralel olarak çalışan ve %100 iç hava kullanan herhangi klima sisteminde ise binanın duyulur ısı yükü karşılanmaktadır. Klima sistemi olarak fan coil, VAV, panel (statik) soğutma ve ısıtma, ısı pompası gibi bir sistem kullanılabilir. Sonuç olarak sistem tanımı aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Bağımsız ve ayrı %100 taze havalı havalandırma sistemi,
- Havalandırma havasını iç gizli ısı kazancını tamamen karşılayacak şekilde kuru besleme (Besleme havası çığ noktası sıcaklığı 7°C),
- Havalandırma havasını iç ısı kaynaklarının bulunduğu ofis binaları, okullar gibi yerlerde yaz-kış ortam sıcaklığından daha soğuk üfleme (13°C mertebesinde),

Yöntem	Tanım	Algılama Verimi (faktör)	Toz Yüzey Konsantrasyonu (g/m ²)		
			Düşük Standart	Orta Standart	Yüksek Standart
Toplam toz	Solvent	1,0	20	10	5,0
Vakum	Bıçakla	0,90	18	9,0	4,5
Silme	JADCA	0,50	10	5,0	2,5
Yapışkan bant	Gravimetrik	0,35	7,0	3,5	1,8
Vakum	Fırçayla	0,15	3,0	1,5	0,80
Vakum	Wintest	0,10	2,0	1,0	0,50
Vakum	NADCA/HVCA	0,02	0,40	0,20	0,10

Tablo 3.13. KANALLARDAKİ TOZ ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ, ARALARINDAKİ FARKLAR VE TEMİZLİĞİN ÖLÇÜSÜ

- Sistemin duyulur ısı yükünün geri kalanını (yaklaşık %70'i) paralel çalışan bir klima sistemiyle karşılama.

Bu sistem, hem iç hava kalitesi hem de konforu birlikte sağlayan mükemmel özellikte ve gelecekteki klima sistemi olarak tanımlanabilir.

Nem alma için nem alıcı maddeler veya soğutma serpantinleri kullanılabilir. Nem alıcı maddelerle oluşturulan sistemler, çığ noktası sıcaklığının 4°C altında olduğu uygulamalar için daha iyi sonuçlar vermekte ve bu bölgede tercih edilmektedirler. Çığ noktası sıcaklığı 4°C üstünde olduğunda soğutucu yüzeylerde nem almak daha uygundur. Soğutucu yüzey olarak ise su soğutmalı serpantinler tercih edilmelidir. DX serpantinlerin bu amaçla kullanılmasında hijyen, ekonomi ve kullanım kolaylığı açısından dezavantajlar vardır. DX serpantinlerde kısmi yüklerde kompresörün durup kalkması gerekir. Kısmi yükte nem alma kapasitesi azalacak ve tam tersine "off" konumunda serpantin yüzeyleri nemlendirici gibi çalışacaktır. Ucuz tarifieden elektrik kullanım imkanı ortadan kalkacaktır.

Dışarıdan alınan taze havanın şartlandırılmasında, ısı geri kazanma cihazları kullanılabilir. Bu geri kazanma cihazları duyulur ısı geri kazanma ve gizli ısı geri kazanma (entalpi tekerleği) biçimde olabilir.

3.5.2 TALEP KONTROLLÜ HAVALANDIRMA YAPILMASI

Havalandırmada iç hava kalitesini bozmadan enerji tasarrufu sağlamak üzere son yıllarda gelişen tekniklerden biri, talep kontrollü havalandırmadır. Bu sistemde, hava kalite sensöründen veya CO₂ sensöründen kumanda alan bir havalandırma sistemi, ihtiyaç olduğunda ve talep geldiğinde devreye girmektedir. Özellikle kafe, bar gibi kirletici kaynağı insan olan ve yoğun havalandırma gereken ve büyük havalandırma enerjisi tüketimi olan ve aynı zamanda havalandırma ihtiyacının gün boyunca değişken olduğu yerlerde bu sistemin uygulaması giderek yaygınlaşmaktadır. Bu sistemler konvansiyonel sistemlere göre enerji tüketiminde %20 ile %50 oranında tasarruf sağlayabilmektedir.

Lokanta, kantin ve kafeteryalarda	%20 - 50
Açık ofislerde	
Toplantı salonlarında	%20 - 50
Çalışanlar ortalama %40 süreliyse	%20 - 30
Çalışanlar ortalama %90 süreliyse	%3 - 5
Giriş hollerinde	%20 - 60
Spor salonları ve fuar alanlarında	%40 - 70

Tablo 3.14. ÇEŞİTLİ UYGULAMALAR İÇİN TASARRUF POTANSİYELLERİ

a. Karışık gaz (hava kalitesi) sensörleri daha ucuz olduğundan 1.000 m³/h ve üzerindeki havalandırma debilerinde uygundur. Bunlar, kötü kokuları, duman, buhar gibi kirletici gazları algılar. Lokanta, spor salonu, konferans salonu gibi uygulamalarda idealdir.

b. CO₂ sensörleri ise daha pahalı olup, 5.000 m³/h ve üzeri debilerde ekonomik olmaya başlar. Özellikle insanı algıladığından, tiyatro, konser salonu gibi sigara içilmeyen yerler için idealdir.

Kontrollü enerji tasarrufu klima santralında taze havanın ısıtılması ve soğutulması için harcanan enerjiden olmaktadır. Ayrıca taze hava santrallerinde değişken debili uygun fanlar kullanılırsa, fanda tüketilen elektrik enerjisinden tasarruf edilir. Çeşitli uygulamalar için verilen tasarruf potansiyeli Tablo 3.14'te verilmiştir.

3.5.2.1 Örnek

Kontrollü havalandırma ile yapılacak tasarrufa örnek olarak pik yükte %100 doluluk oranında dışarıdan alınan taze hava miktarı = 6.000 m³/h olan bir ofis uygulaması verilmiştir. Bu uygulamada iç mekana yerleştirilen bir CO₂ sensörüyle insan yoğunluğu sürekli kontrol edilmekte ve klima santralında taze hava miktarı buna göre belirlenmektedir. Yani içerideki insan yoğunluğu azaldıkça, dışarıdan alınan taze hava miktarı da aynı oranda azaltılmaktadır. Santralda kullanılan fan debileri sabittir ve hava debileri klapelerle kontrol edilmektedir. Taze hava azaldıkça, taze hava damperi kapanırken iç hava damperi açılmaktadır. İstanbul için gün içi sıcaklık değerleri ve kabul edilen doluluk miktarları uyarınca klimayla ilgili hesaplanan veriler aşağıdaki Tablo 3.15'te görülmektedir.

Buna göre gün içi ortalama batarya kapasiteleri soğutma için %80, ısıtma için %72 mertebelerindedir. Basit bir CO₂ sensörü kullanımıyla soğutma bataryası, pik yükün %80'i civarında çalışacak ve böylelikle soğutma için günde 21 EUR, soğutma sezonunun 5 ay süreceği kabul edilirse, bir soğutma sezonunda 3.125 EUR civarında işletme maliyetleri azalacaktır.

Aynı şekilde CO₂ sensörüyle ısıtma bataryası pik yükünün %72'si civarında çalışacaktır. Böylelikle kazan yakıtı olarak doğal gaz kullanılırsa, günlük kazanç yaklaşık 132 EUR, ısıtma sezonu 4 ay kabul edilirse, sezonluk işletme kazancı yaklaşık 15.800 EUR olacaktır.

3.5.3 CEPHE HAVALANDIRMASI

Havalandırma için gerekli dış havanın bir merkezi sistemle temini yerine bina dış cephesinden doğrudan iklimlendirilen hacimlere alınmasına verilen isimdir.

Aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

- Yüksek ofis yapılarında olası dekorasyon veya yerleşim değişikliklerine cevap verebilen çok yönlü kullanım mümkün olmalıdır.
- Bina sahibine bina içinde maksimum kullanılabilir alan bırakmalıdır.
- Tesisat için ayrılan shaft ve asma tavan hacimleri en aza indirilmelidir.
- Sistem ucuz olmalı, projelendirilmesi hızlı ve düşük maliyetli, montajı ve işletmesi ise basit olmalıdır.

3.5.3.1 Doğal Havalandırma ve Free Cooling

Doğal ve mekanik havalandırma sistemlerinin birleştirildiği hibrid havalandırma sistemlerinde, her iki sistemin de avantajlarına sahip olunurken, dış hava sıcaklığının 16 - 26°C olduğu durumlarda pencereler vasıtasıyla doğal havalandırma yapılarak 12,5 l/s.m² hava debisiyle soğutma gruplarını çalıştırmadan yaklaşık 80 W/m² soğutma yüklerine erişilebilmektedir.

Uygun iklim şartlarında gece soğutmaya ihtiyaç olan mekanik sistemlerde “free cooling” veya “cool down” seçenekleri gece soğutması olarak kullanılabilir. Yaz mevsiminde ve geçiş mevsimlerinde, gece iç sıcaklıktan daha düşük iç hava gece saatlerinde sistem tam açık konuma getirilerek soğuk hava ile yapılan soğutma kütlesi bina içinde depolanır ve gün boyunca kullanılır.

3.5.4 NIGHT PURGE

Otomasyon sisteminin enerji harcamasını azaltmak için, gece (mahal kullanımda değilken) dışarıdaki soğuk hava ile ortam havasını değiştirmesine Night Purge adı verilir. Kontrolör Night Purge’e dış hava sıcaklığı, ortam sıcaklığı ve dış hava nemi veya yaş termometre sıcaklığına göre karar verir. Night Purge sırasında binaya %100 taze hava alınır. VAV’li sistemlerde, Night Purge sırasında fan hızını düşürmek amaçlı zonların debileri %50 kapasitelerine ayarlanır. Night Purge başlaması için gerekli şartlar *Tablo 3.16*’da verilmiştir.

Saat	Dış Sıcaklık		Doluluk	Taze Hava	Karışım Havası		Isıtma Bataryası		Soğutma Bataryası	
	Kış	Yaz			Kış	Yaz	Tasarım	Reel	Tasarım	Reel
	°C	°C			°C	°C	kW	kW	kW	kW
06	1,0	26,8	10	600	20,4	25,1	111	65,60	128	93,90
07	1,2	28,3	30	1.800	19,2	25,3	111	73,70	128	96,60
08	1,3	29,6	70	4.200	16,9	26,0	111	89,80	128	106,4
09	1,8	29,9	100	6.000	15,2	26,5	111	100,9	128	115,4
10	2,4	29,9	100	6.000	15,4	26,5	111	99,60	128	115,4
11	2,7	30,6	100	6.000	15,5	26,7	111	99,00	128	118,7
12	3,3	31,1	50	3.000	18,3	25,9	111	79,60	128	107,3
13	3,4	32,4	100	6.000	15,7	27,2	111	97,60	128	126,4
14	3,2	32,5	100	6.000	15,7	27,3	111	98,00	128	128,0
15	3,0	31,9	100	6.000	15,6	27,1	111	98,40	128	124,6
16	2,9	30,8	100	6.000	15,6	26,7	111	98,60	128	118,7
17	2,4	30,0	100	6.000	15,4	26,5	111	99,60	128	115,4
18	1,9	28,0	70	4.200	17,0	25,6	111	88,90	128	100,7
19	1,4	27,2	30	4.200	19,2	25,2	111	73,60	128	95,30
20	1,2	26,8	30	4.200	19,2	25,2	111	73,70	128	95,30
21	0,8	25,4	10	600	20,4	25,0	111	65,60	128	92,60
22	0,1	24,9	10	600	20,4	25,0	111	65,80	128	92,60
23	-1,5	24,4	10	600	20,3	25,0	111	66,10	128	92,60

Tablo 3.15. İSTANBUL’DAKİ ÖRNEK BİNA İÇİN SICAĞLIK DEĞERLERİ VE DOLULUK MİKTARLARI UYARINCA KLİMA İLE İLGİLİ HESAPLANAN VERİLER

Dış hava sıcaklığı yaz-kış geçiş sıcaklığının üzerinde	DHS > 16°C
Dış hava sıcaklığı, ortam sıcaklığından belli bir farkla düşük olması	DHS < OHS - 2°C
Dış hava belli bir yaş termometre sıcaklığının altında	Örnek: 16°C
Ortam sıcaklığı minimum Night Purge sıcaklığının üzerinde	Örnek: OHS > 24°C

Tablo 3.16. NIGHT PURGE BAŞLAMASI İÇİN GEREKLİ ŞARTLAR

3.6 TAZE HAVA MİKTARI VE BUNUN ASTIM VE ALERJİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Evlerdeki taze hava miktarının sağlık üzerine etkisi, daha az araştırılmış bir konudur. İsveç'te yapılan bir araştırmada yetersiz havalandırmanın, okul öncesi çocuklarda astım ve diğer alerjik hastalıklar üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla geniş bir anket çalışması ve arkasından 400 denek üzerinde case-kontrol çalışması yapılmıştır. Bu 400 çocuk, villa tipi ve apartman tipi olmak üzere farklı tip konutlarda yaşamaktadır. Bu konutlarda gerçekleşen ortalama doğal taze hava miktarı, saatte 0,37 hava değişimidir. En iyi değişim 1,37 ve en kötü değişim 0,17 olarak ölçülmüştür. Evler saatteki hava değişim miktarlarına göre 4 aralık dilimine bölünmüştür. En iyi havalandıran son çeyrekteki evlerdeki çocukların hastalık riski = 1 olarak referans alınmıştır. Diğer daha az havalandıran ev gruplarında yaşayan çocukların hastalık riskleri *Tablo 3.17*'de verilmiştir.

Buna göre İsveç'teki evlerde hava değişim sayısı, tavsiye edilen 0,5 değerinin altındadır ve düşük havalandırma astım, alerji gibi hastalık risklerini artırmaktadır.

3.7 İÇ HAVA KALİTESİNİN SAĞLANMASI İÇİN PROJELENDİRME, UYGULAMA, CİHAZ SEÇİMİ VE İŞLETMEDE DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN KONULARA İLİŞKİN GENEL NOTLAR

a. Planlanmayan hava akımları iç hava kalitesini düşürür. Binalardaki rutubet, konfor, iç hava kalitesi, aşırı enerji tüketimi ve duman koku yayılması gibi pek çok problem; başta planlanmayan ve yanlış tasarım, uygulama veya işletmeden kaynaklanan hava hareketleri nedeniyle oluşur. Bunlarla ilgili aşağıdaki örnekler verilebilir:

- Bacadan basan havanın yanma ürünlerini yaşayan hacimlere yayması,
- Dönüş plenumundaki emiş nedeniyle döşeme giderlerindeki sifonların kaybolması ve kötü kokuların ve gazların yaşanan hacimlere dolması,

- Yine dönüş plenumundaki çekişin etkisiyle şartlandırılmamış dış havanın iç ortama emilmesi, aynı şekilde kazan dairesinden kimyasal madde depolarından, fotokopi odalarından vs. hava emilmesi,
 - Dış hava alış ağızlarının yanlış yerlere bulunması nedeniyle kirli veya nemli hava emilmesi,
 - Dış hava alış panjurlarının kapalı kalması nedeniyle iç ortamda istenilen havalandırmanın yapılamaması.
- b. İç hava kalitesi açısından klima sistemlerinin sağlanması gereken kriterler:
- Oda sıcaklığının bireysel veya zon kontrollü yapılması ve diğer çevresel kontroller, sağlık ve konfor için tavsiye edilir. Dış iklim şartları iç mekan şartlarını kontrol için çok iyi belirlenmeli ve tasarımda titizlikle ele alınmalıdır.
 - Daha kolay kontrol ve enerji verimliliği için ısıtma sistemi, yerleşime ve hacimlerdeki yük karakterine göre zonlara ayrılmalıdır. Klima sistemi de benzer şekilde yük karakterine göre zonlara ayrılmalıdır.
 - Odadaki tozları yaktığından, yüksek sıcaklık ısıtmasından kaçınılmalıdır (Buhar ile ısıtma, 90/70°C ısıtma vb).
 - Mümkün olduğu kadar düşük sıcaklık ısıtması tercih edilmelidir (75/60°C, 65/50°C vb).
 - Radyatörleri soğuk iklimlerde mümkün olduğu kadar pencere altlarına yerleştirilerek, pencereden olan soğuk hava akımı önlenmelidir.
 - Hacim içerisinde yerel veya zamana bağlı sıcaklık değişimlerinden kaçınılmalıdır.
 - Oda içerisinde düşey sıcaklık gradyanı oluşmamalıdır.
 - Yüksek nemli ortamların oluşması önlenmelidir. Rutubetli ortamlar hava kalitesini düşürür ve mikropların üremesine uygun ortam oluşturur.
 - Kirlilik yüklerine bağlı olarak her odanın yeterli düzeyde havalandırılması sağlanmalıdır.
 - Kirleticiler mümkün olduğu kadar kaynağında yakalanarak dışarı atılmalıdır.
 - Havalandırma sisteminin çalışma saatleri, binanın kullanım saatlerinin üzerinde olmalıdır.
 - Dış hava alma ağızları mümkün olduğu kadar temiz bölgelerde bulunmalıdır.
 - Hava alış ve egzost ağızları arasında yeterince mesafe bulunmalıdır.
 - Dış havanın etkin filtrasyonu gerekir.

Grup	Hastalık Riski
En az havalandıran çeyrekteki evlerde yaşayan çocuklarda hastalık riski	1,92
İkinci az havalandıran çeyrekteki evlerde yaşayan çocuklarda hastalık riski	1,49
Üçüncü daha iyi havalandıran çeyrekteki evlerde yaşayan çocuklarda hastalık riski	1,39

Tablo 3.17. DAHA AZ HAVALANAN EVLERDE YAŞAYAN ÇOCUKLARIN HASTALIK RİSKLERİ

- Hava kanalları sızdırmaz yapılmalıdır ve klima sistemi elemanları çok kaliteli tip seçilmeli ve temiz tutulmalıdır. Bunlar kendileri kirlilik kaynağı olmamalıdır.
- Klima sistem bileşenleri seçilirken iç hava kalitesi ve hijyen koşulları dikkate alınmalıdır.
- Hava kanallarının içten izolasyonundan olabildiğince kaçınılmalıdır.
- Uygun olmayan hacimlerden resirkülasyon havası kullanımından mümkün olduğu kadar kaçınılmalıdır.
- c. Proje firması, uygulama firması ve binanın işletme/bakım grubunun kendi aralarında ve mal sahibiyle, binanın hijyen standardının VDI 6022’de belirtilen hususlara uygunluğu konusunda mutabakat sağlanmalıdır.
- d. Projenin gerek uygulaması sırasında, gerekse işletmesi süresince sistemin temiz tutulmasına yönelik yazılı bir hijyen yönetmeliği hazırlanmalıdır.
- e. By-pass ihtimalinin önlenmesi için binadaki taze hava alış ve egzost havası atış noktaları projelerde açık bir şekilde belirtilmeli, uygulama firması bu noktaların uygunluğunu çevre şartlarını da (ağır trafik, ses seviyeleri, çevre bina bacaları ve egzost atışları gibi) göz önüne alarak kontrol etmelidir. Bir değişiklik söz konusu ise proje firması ile protokol düzenlenmelidir.
- f. Belirlenen temizlik yöntemlerine uygun olarak kanal sistemlerinde yeterli sayı ve büyüklükte kontrol/müdahale kapağı konmalıdır. Bunlarla, klima ve havalandırma sistemlerine bakım amacıyla rahatlıkla ulaşılabilmelidir.
- g. Yangın damperi ve hacim damperleri için kontrol/müdahale kapakları konmalıdır.
- h. Klima ve havalandırma santrallerinin hücre yapısı olabildiğince hijyenik olmalıdır. Yüksek kalitede imal edilmiş cihazlar tercih edilmelidir.
- Hücrelerin iç yüzeyleri düzgün, toz tutmayacak şekilde olmalıdır.
- Cihazlar sızdırmaz olmalıdır.
- Isı köprüsü bulunmamalıdır.
- Kolay temizlenmesi yönünden plug fanlar tercih edilmelidir.
- Kanal bağlantısı için esnek bağlantı parçaları hijyenik malzemeden olmalıdır (Branda bezi asla kullanılmamalıdır.).
- i. Klima santrallerinde damla tutuculardan geçen havanın geçiş hızı 3,5 m/s’nin altında olmalıdır.
- j. Soğutucu ve ısıtıcı bataryalar kolayca çıkarılabilmelidir.
- k. Sulu tip nemlendirici kullanılması zorunlu olan yerlerde hava yıkayıcı ve sulu nemlendiricilerde hijyen otomasyonu yapılmalıdır. Akşamları su rezerv tankları otomatik olarak boşaltılmalı, kuru çalıştırma yapılmalı; sabahları otomatik su doldurma sağlanmalıdır. Bu şekilde literatürde pazartesi ateşi denilen sendromun önlenildiği tespit edilmiştir.

l. Soğutma bataryalarının kondens tavaları korozyona dayanıklı malzemelerden yapılmalıdır. Sulu nemlendirici kullanımından kaçınılmalı, buharlı tip nemlendiriciler tercih edilmelidir.

m. Tüm drenaj tavalardan, drenaj suyunun doğru şekilde akıp gittiği, tavada birikmediği kontrol edilmelidir.

n. Radyal fanların gövdelerinde (salyangoz kısmında) fan içinde oluşabilecek suyun drenajını sağlayan bir boşaltma tapası veya bir kontrol kapağı ($d > 400$ mm olan fanlarda) bulunmalıdır.

o. Havalandırma santrallerinde minimum F7 sınıfı filtre öngörülmelidir. Daha iyisi çift filtre kullanımıdır. Bunlardan ilki F5 ile F7 arası, ikincisi F7 ile F9 arası olabilir.

p. Filtrelerin kirlilik seviyesi proje ve şartnamelerde belirtilmelidir. Ayrıca stoktaki filtrelerin (yedek filtrelerin) maksimum depolanma süresi bilinmeli ve bunlar kesinlikle kuru ve tozdan arındırılmış mahallerde saklanmalıdır.

q. Filtre değişimlerinin kaydı tutulmalıdır.

r. Her filtre kademesine gereken hassasiyette fark basınç manometresi monte edilerek filtre kirlilikleri gözlenmelidir.

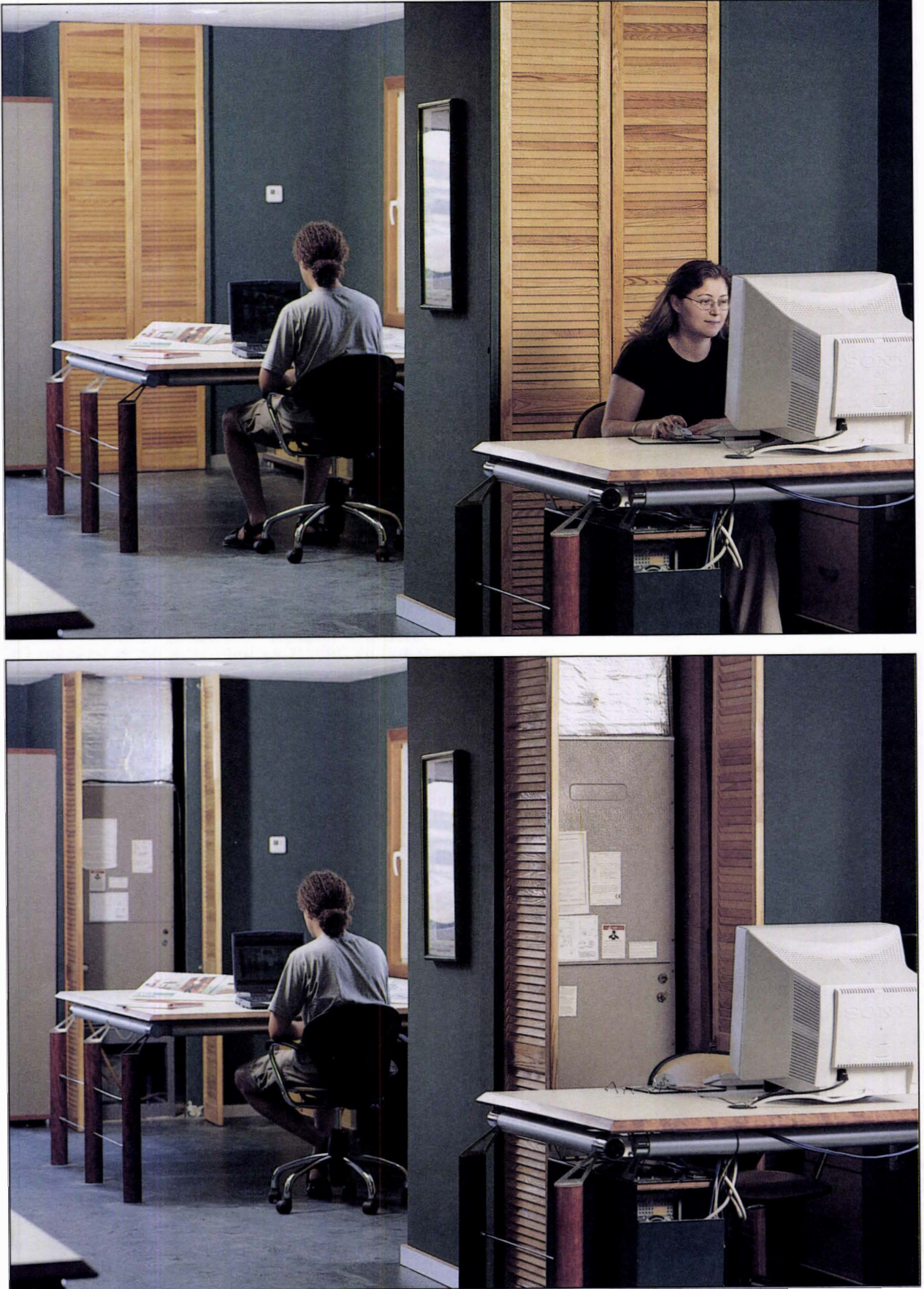
s. Tüm havalandırma cihazları şantiyelerde uygun koşullarda depolanmalı ve montajları süresince temiz tutulmalıdır. Özellikle hava ile temas eden yüzeylerin kuru olmasına dikkat edilmelidir. Açık ağızlar naylon vb malzeme ile sıkıca kapatılmalıdır. Ortamın nemli olmamasına olabildiğince özen gösterilmelidir.

t. Hava kanalı montajlarında gün sonunda açık olan ağızlar kapatılmalı ve kanal içlerinin kirlenmesi önlenmelidir.

u. Taze hava veya karışım havası tavan seviyesinden ve ortam sıcaklığının altındaki sıcaklıktan üflenmelidir. Statik ısıtma yapılan binalarda, hava tavan seviyesinden dört mevsim soğuk üflenebilir. Böylece:

- Daha düşük hızda üflenebildiği için ses (gürültü) oluşmaz.
- Ortam sıcaklığına göre daha soğuk olan karışım havası daha ağır olduğu için aşağıya doğru kendiliğinden inerek (soğuk hava dökülmesi olmamalıdır) ortamdaki havayla iyi bir karışım sağlar. İç hava kalitesi artar.
- Karışım havası tavandan sıcak üflendiğinde egzost menfeziyle kısa devre oluşması riski artar ve iç hava kalitesi etkilenebilir.

v. Binada kullanılacak halı, dolap, masa, kumaş, bade - boya, asma tavan vb malzemelerin ve ahşap imalatında kullanılan tutkalların havayı kirliletecek miktarları (kimyasal gaz yayma miktarları) araştırılmalı ve uygun malzemeler (iç havayı daha az kirliletecek malzemeler) seçilmelidir.



Şekil 3.18. ISISAN GOODMAN TAZE HAVA ALABİLEN
KANAL TİPİ SPLIT KLİMA UYGULAMA ÖRNEĞİ

IV. BÖLÜM

ISITMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ EKONOMİSİ

4.1 GİRİŞ ENERJİ SAVURGANLIĞININ ÖNLENMESİ

Yapılarda enerji ekonomisi 1973 petrol krizinden sonra ortaya çıkan ve aradan geçen 32 yıl boyunca güncelliğini koruyan bir konudur. Bu süre içerisinde kavramlar gelişmiştir.

1999 yılı başlarında 9 USD/varil olan ham petrol fiyatı 01 Ocak 2005'te 40 USD/varil rakamına ulaşmıştır. 24 Ağustos 2005'te ise 70 USD/varil fiyatına kadar çıkmıştır. Petrolün geleceği ile ilgili beklentilerde veya spekülasyonlarda ise 100 USD/varil değeri konuşulmaktadır. Doğal gaz fiyatları da ham petrolün piyasa değeri baz olarak alınan bir formül ile belirlenmektedir.

Enerjinin daha verimli kullanımını ve enerji savurganlığının önlenmesi bu yüzden artık çok daha dikkat edilen bir konu olmaya başlamıştır. Her zaman önemli olan bu konu yeterince önemsenmezse gelecekte (hatta günümüzde) mal sahipleri veya işletmeciler için katlanılamayacak maliyetler oluşturacaktır. Mekanik tesisatlarda enerji ekonomisinin ya da daha uygun deyimle enerjinin doğru kullanımının felsefesi "Kullanmadan tüketilen enerji miktarını en aza, yani pratik sınıra indirmek" olmalıdır.

Projede, uygulamada ve işletmede sistem seçimiyle başlayıp, %5, %10, %15 gibi büyük oranlarda ya da küçük görünen ama çok sayıda olan %1, %0,5, %0,001 gibi görünen ve detaylarda önemsenmeyen rakamların (kayıpların) toplamı çok büyük değerlere ulaşmaktadır. Çok iyi planlanan bir bina ile kötü planlanan bir bina arasında enerji tüketimlerinde 4 - 5 kat farklar oluşabilmektedir. Isıtma sistemlerinde de maalesef görünmeyen veya bir başka deyimle göremediğimiz enerji kayıpları çok ciddi boyutlardadır. İyi planlanmış bir ısıtma sisteminde görünmeyen enerji kayıplarını görünür hale getirmek termal kamera görüntüleriyle ile mümkün olabilmektedir.

a. Isıtma dağıtım kolektörlerinde kazanlardan gelen borularda da, gidiş hatlarının bağlantı noktalarında da, izolasyona rağmen ısı kayıpları oluşmaktadır (*Şekil 4.2A*). Kolektör taşıyıcı ayakları ısı köprüsü görevi yapmakta, borularda sıcak suyla taşınan ısıyı çalmaktadır. İzolasyonları yapılmadığı için vanalardan da yüksek kayıp olmaktadır.

b. Borular incelendiğinde, konsol ve taşıyıcıların ısı köprüsü gibi davrandığı görülmektedir (*Şekil 4.2B*).

c. Sıcak su sirkülasyon pompalarında da izolasyon olmadığı için yüksek ısı kayıpları söz konusudur (*Şekil 4.2C*).

d. Kullanım sıcak suyu sirkülasyon pompaları ve depolama tankı kapakları da ısı kaybı noktalarıdır (*Şekil 4.2D*).

e. Isıtma sistemlerindeki kazanların da termal kamera görüntüleri alındığında ısı kaybeden yüzeyler daha net görülebilir. Brülörün çalıştığı anda (kazan içerisindeki sıcak

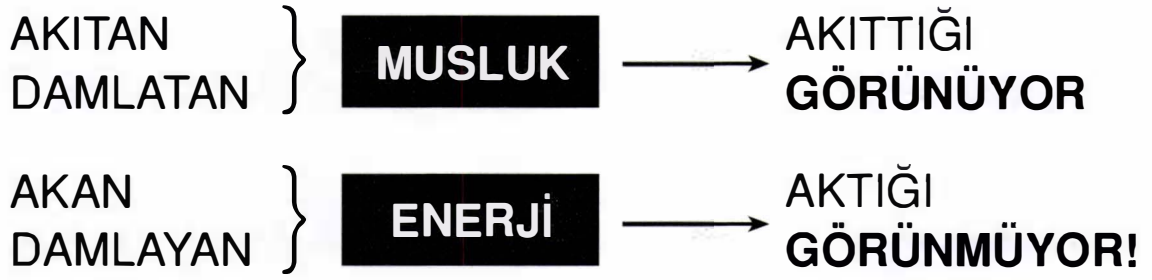
gaz dolaşırken) ısı kaybeden ön kapak vb ısı köprüleri yüzey sıcaklıkları, bu yüzeylerin büyüklüğü ile orantılı olarak ne kadar ısı kaybettiği görülebilir.

Yoğuşmalı olmayan kazanlar yüksek sıcaklıkta çalışır. Gaz borularındaki türbülantörleri nedeniyle duman gazındaki ısının ciddi bir kısmının transferini üçüncü gaz geçişinde gerçekleştirir. Bu nedenle gelen gazların sıcaklığı yüksektir ve ön kapağa yüksek oranda ısı yüklenir. Bu durum türbülantörlü kazanların tamamı için geçerlidir diyebiliriz. Bu yüzden imalatçılar petrol ve gaz fiyatlarındaki aşırı yükselmeleri ve gelecekteki artışları da dikkate alarak kazanlarının ısı yalıtım malzemelerinin kalitesini ve kalınlığını artırmalı, böylece kazanlarının çalışma ve durma kayıplarını daha da azaltmayı hedeflemelidir. Konfor yapılarında kullanılan kendinden yoğuşmalı kazanlarda ise çevreye olan ısı kayıpları yıllık olarak genellikle çok daha azdır. Daha pahalı olan kendinden yoğuşmalı kazanların kuruluş ve işletme maliyetleri (ömür boyu maliyeti) dikkate alınarak amortisman süreleri hesaplanabilir.

f. Çoklu kazan sistemlerinde ise, çalışmayan kazandan olan ısı kayıpları da termal görüntüleriyle tespit edilebilir. Burada önemli nokta brülörü çalışmayan kazan içerisinde sıcak suyun dolaştığı anlardaki ısı kaybı, kazan kapasitesine oranla %2, 3, ... 5 gibi ilk bakışta düşük gibi görünen değerlerdedir. Oysa kazanların kullanılan yıllık ortalama kapasiteleri, örneğin konfor tesislerinde %15 civarındadır. Bu durumda maksimum kazan kapasitesine göre %3 gibi görünen kayıp yıllık ortalama kullanılan kapasiteye göre $3/15 = \%20$ gibi gerçekleşebilir. %5 gibi görünen başka bir kazanın durma ya da çalışma kaybı ise yine yıllık ortalama kullanılan kapasiteye göre $5/15 = \%33$ gibi çok yüksek enerji kayıplarına neden olabilir. Artan durma kayıpları, kazanların yıllık kullanma verimlerini düşüren önemli bir faktördür.

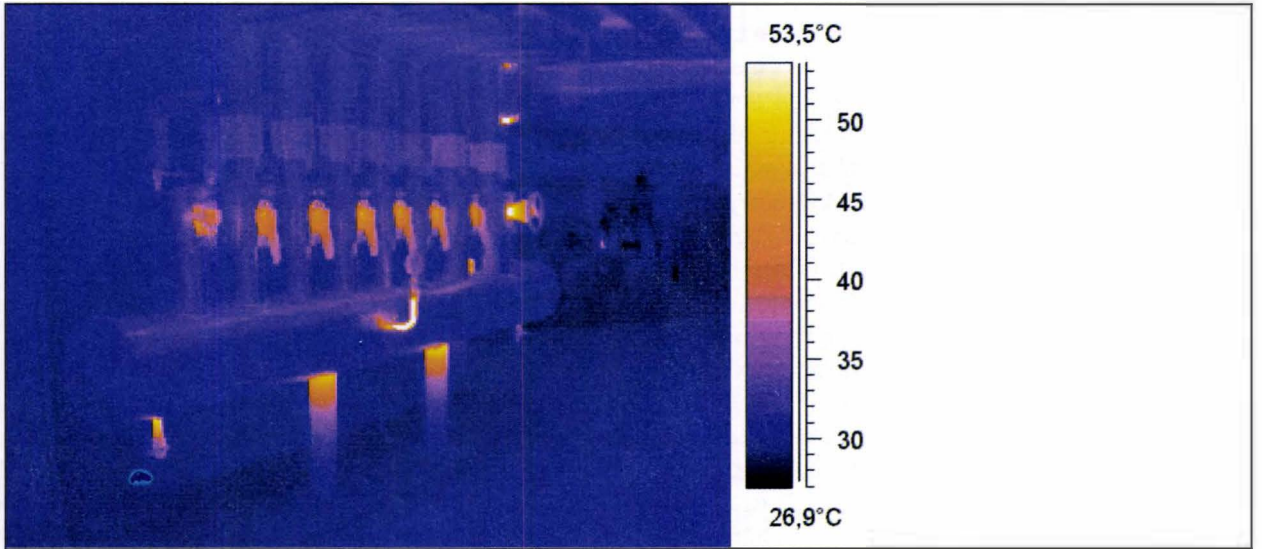
g. Çok kazanlı sistemler dış hava sıcaklığına göre kontrol edilir. Tüm kazanlar en soğuk günde çalışacak şekilde proje yapılır. Otomasyon ihtiyaç olan kapasite kadar kazanı çalıştırıp, diğer kazanların brülörlerini susturur. Ama burada dikkat edilmesi gereken nokta, çalışmayan kazan üzerinden sıcak su geçmesine izin verilmemesidir. Aksi halde çalışmayan kazan, boşuna ısınacak ve ısı kaybına neden olacaktır. Tesisatta primer pompalar ya da iki veya üç yollu motorlu vanalar kullanılırsa çalışmayan kazanlardan sıcak su dolaşmayacak ve bu yüzden fazladan ısı kaybı oluşmayacaktır.

h. Enerji ekonomisi amacıyla konulan yoğuşma eşanjörleri, kazan dışında (harici) olarak tasarlandığında her bağlantı noktası yeni bir ısı kayıp noktası haline gelebilir. Bu kayıptan kaçınmak için, kapasite uygunsa kendinden yoğuşmalı kazanların tercih edilmesi artan yakıt fiyatları nedeniyle çok daha ekonomik olmaktadır.

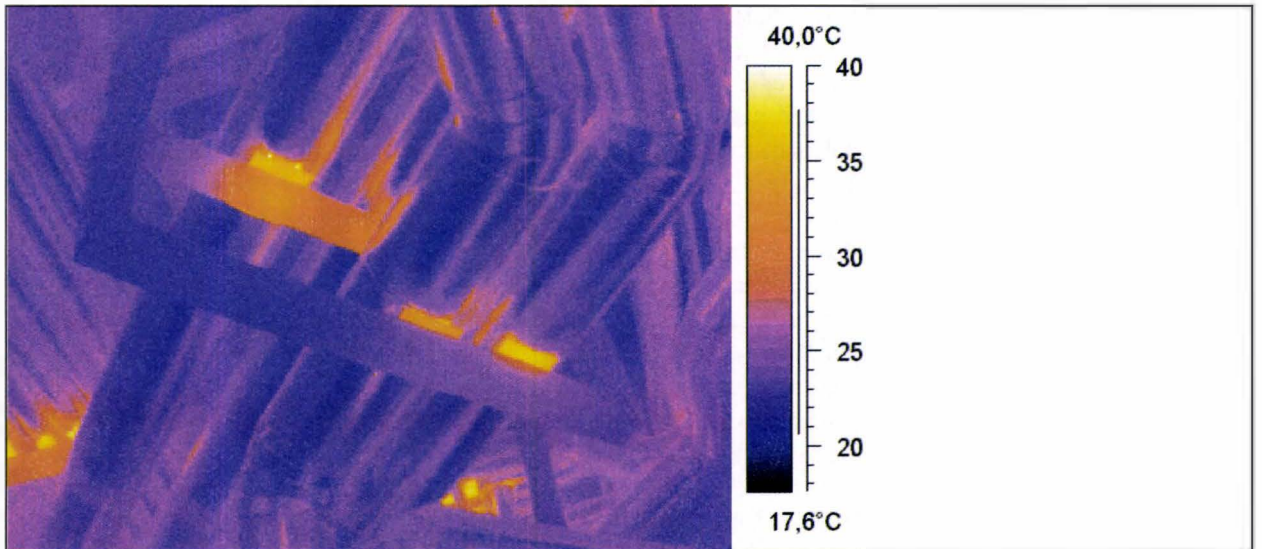


Ancak termal kameralarla enerji kaçaklarının yerleri ve boyutları GÖRÜNMEKTEDİR.

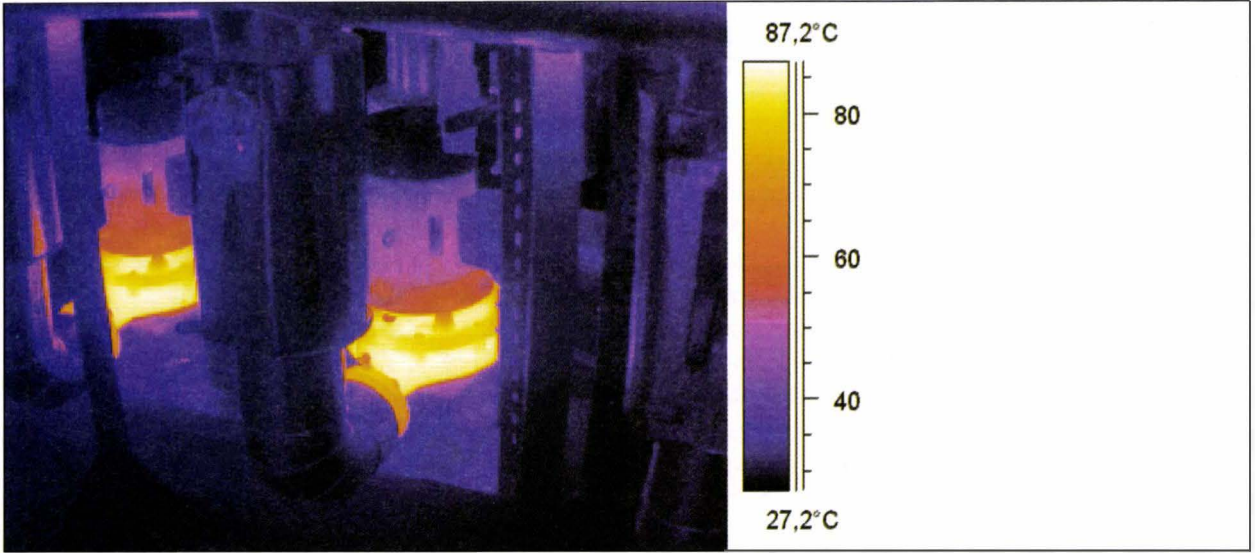
Şekil 4.1. ENERJİ SAVURGANLIĞI



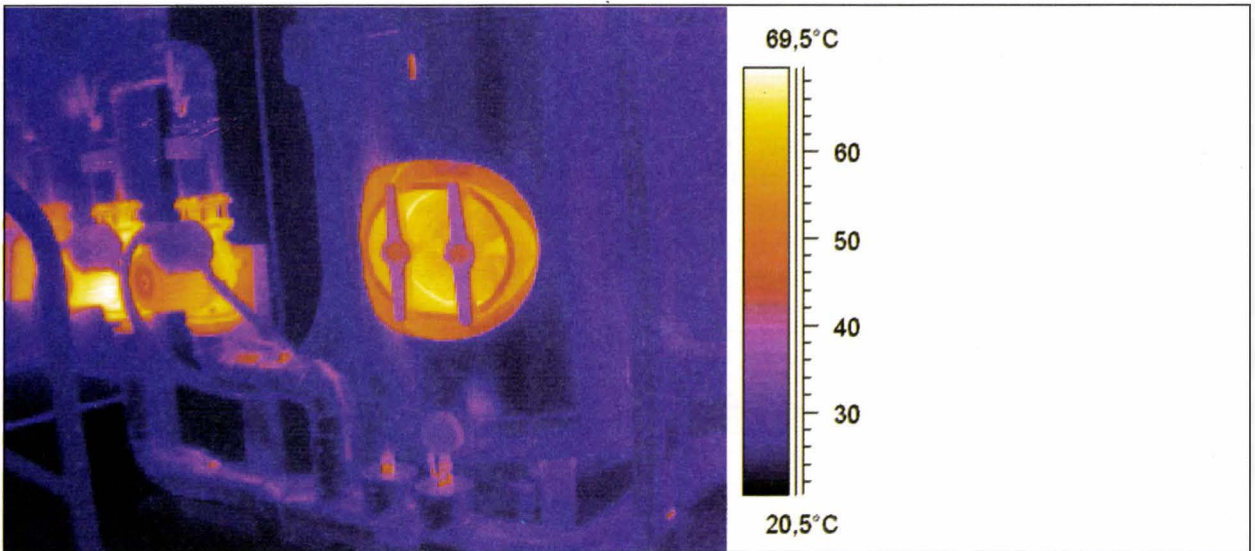
Şekil 4.2A. ISITMA DAĞITIM KOLEKTÖRÜ (Termal Kamera Görüntüsü)



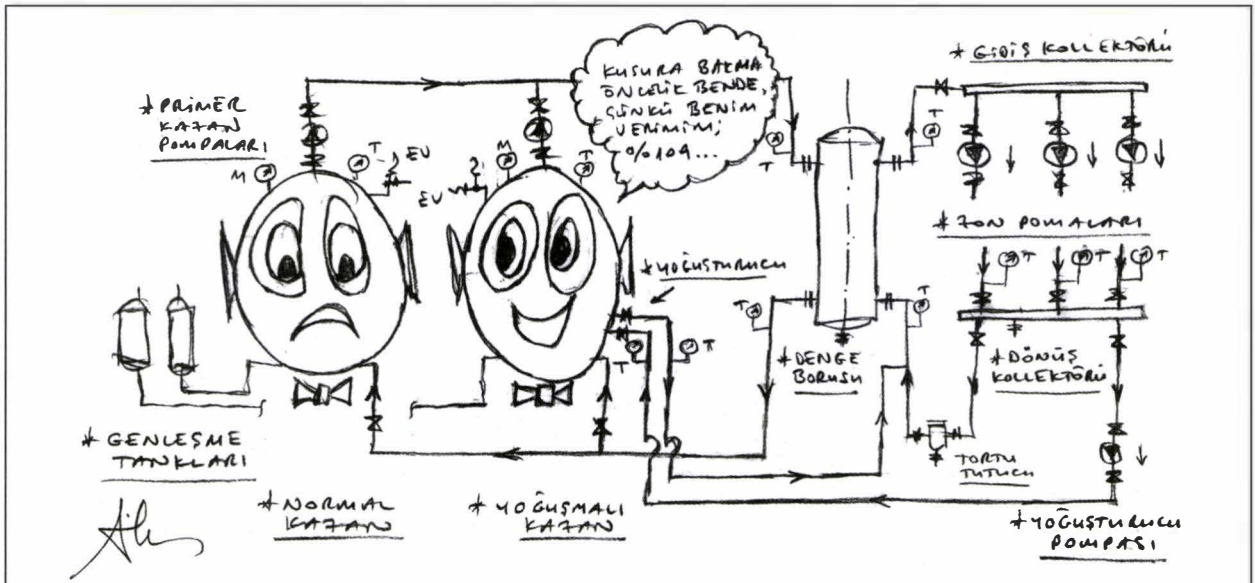
Şekil 4.2B. BORU TAŞIYICILARI (Termal Kamera Görüntüsü)



Şekil 4.2C. SİRKÜLASYON POMPALARI (Termal Kamera Görüntüsü)



Şekil 4.2D. SICAK SU SİRKÜLASYON POMPALARI VE DEPOLAMA TANKLARI (Termal Kamera Görüntüsü)



4.2 DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE YAKIT FİYATLARININ GÜNCEL DURUMU VE GELECEKTEN BEKLENTİ

Günümüzde yakıt fiyatlarının ulaştığı seviye, toplam maliyet içinde işletme maliyetlerini ön plana çıkarmaktadır. Isıtma sistemlerinde, örneğin kazanlar için satın alma maliyeti yıllık yakıt tüketiminin küçük kesirleri boyutundadır. Bu durumda yakıt tasarrufu her zamankinden daha önemli hale gelmiştir. Isıtma sistemlerinde çeşitli önlemlerle yakıt tüketimini önemli oranda aşağı çekmek mümkündür. Bu önlemler yapının ısı yalıtımı, yüksek verimli kendinden yoğuşmalı kazan kullanımı, dış ve iç hava kompanzasyonlu gelişmiş ve hassas kontrol sistemleri kullanımı, iç ortam sıcaklıklarının düşük tutulması, zon kontrolü, kompakt ve su hacmi küçük kazanlar kullanımı, kullanma sıcak suyu tüketiminde gerekli önlemlerin alınması olarak sıralanabilir. Bütün bu önlemlerle yıllık yakıt tüketimini, bu önlemlerin alınmadığı bir binada 100 birimden 10 birime indirilmesinin artık zorunlu hale geldiğini düşünüyoruz.

Yakıt fiyatları büyük bir hızla artmaktadır. Özellikle son yıllarda petrol fiyatlarındaki artışlar enerji maliyetlerinin önemini göstermektedir. Diğer yakıt ve hammadde (demir, çelik, bakır, alüminyum vb) fiyatlarının da petrole bağlı olarak veya başka nedenlerle de

tırmandığını düşündüğümüzde, enerji maliyetlerinin sistemlerin en önemli özelliği haline geldiğini söylemek mümkündür. Geçmişte yüksek maliyetli olduğu için tercih edilmeyen veya az tercih edilen yüksek verimli sistemler, bugün çok ekonomik hale gelmiştir. *Tablo 4.3*'te konutlarda ve sanayide yakıt fiyatlarının son yıllardaki değişimi verilmiştir.

Zaman içinde petrol fiyatlarını ucuz ve pahalı olarak sıralarsak *Tablo 4.4*'ü oluşturmak mümkündür.

Bugün yakıt fiyatları ve ilk yatırım maliyetlerine bakıldığında çarpıcı bir tablo ile karşılaşılmaktadır.

Binaların bir mevsimlik yakıt harcaması =

Kazan bedelinin 2 - 10 katı biçiminde ifade edilebilir.

Bu bakış açısıyla örneğin yakıt tüketimini %1 azaltmak, kazan bedelinin %2 - 10'u mertebesinde bir tasarruf sağlamak anlamına gelmektedir. Bir başka anlatımla, kazan, yıllık yakıt tüketimini %1 azaltabiliyorsa hemen ilk yıl için fiyatında %2 - 10 indirim sağlıyor demektir.

Yakıt tüketimini azaltmak mümkündür. Batı toplumlarında bu yönde çok önemli ilerlemeler sağlanmıştır. Ancak tasarrufa batı ülkelerinden daha fazla ihtiyacı olan ülkemizde alınan yol maalesef çok azdır. Binada ve ısıtma sisteminde alınacak önlemlerle, yakıt tüketimlerinin önemli mertebelerde azaltılabileceği, bunun bazı binalar için 100 birimden 10 birime kadar düşebileceği görülmektedir.

	Birim	1 Ocak 1999	1 Ocak 2001	1 Ocak 2003	1 Ocak 2005	1 Kasım 2005	Artış Yüzdeleri (%)		
							1999 - 2001	1999 - 2003	1999 - 2005
Dolar	YTL/USD	0,32	0,67	1,65	1,34	1,35	209	516	419
KONUT									
Doğal Gaz	YTL/m ³	0,07	0,17	0,39	0,41	0,47	243	557	586
Fuel Oil (No.4)	YTL/kg	0,08	0,23	0,81	1,05	1,35	288	1.013	1.313
Motorin	YTL/kg	0,18	0,53	1,61	2,11	2,51	294	894	1.172
LPG (Dökme)	YTL/kg	0,14	0,43	1,56	1,74	1,89	307	1.114	1.243
Elektrik	YTL/kWh	0,03	0,06	0,16	0,16	0,16	200	533	533
SANAYİ									
Doğal Gaz	YTL/m ³	0,05	0,14	0,31	0,35	0,47	280	620	700
Fuel Oil (No.6)	YTL/kg	0,04	0,13	0,39	0,50	0,79	425	975	1.250
LPG (Dökme)	YTL/kg	0,09	0,30	1,20	1,45	1,57	333	1.333	1.611
Elektrik	YTL/kWh	0,02	0,05	0,13	0,12	0,12	250	650	600

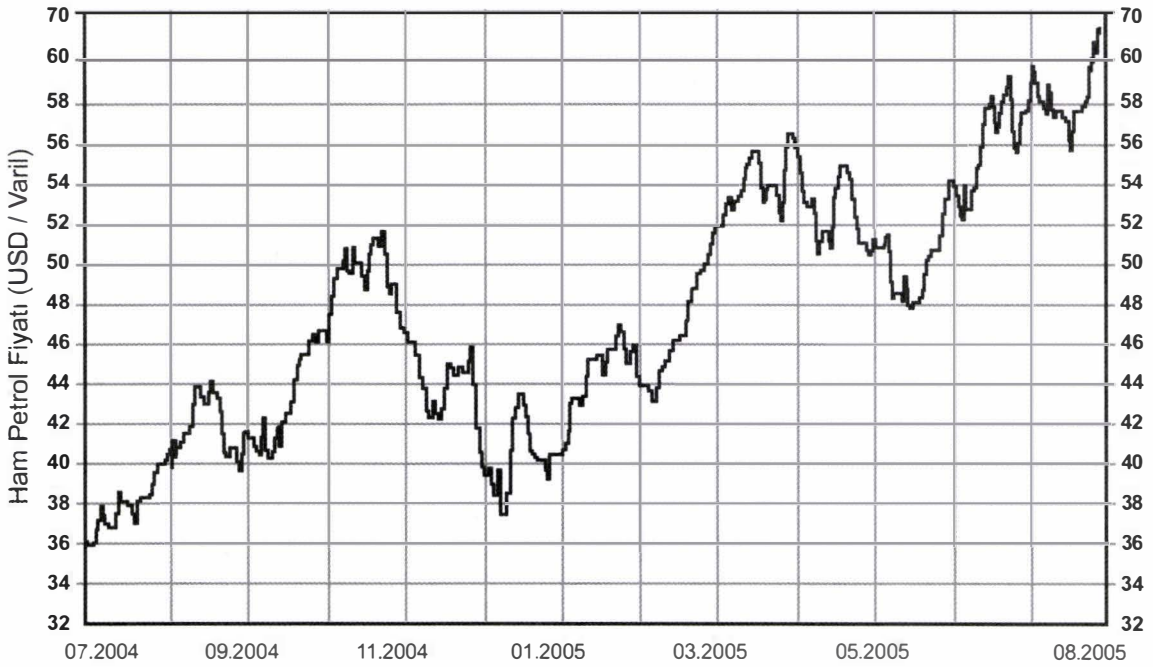
Tablo 4.3. KONUTLARDA VE SANAYİDE YAKIT FİYATLARI DEĞİŞİMİ

Petrol Fiyatı	Çok Ucuz	Ucuz	Normal	Pahalı	Çok Pahalı	70 USD/Varil
Yıllar	→ 1973		→ (2000)		2001 →	2005

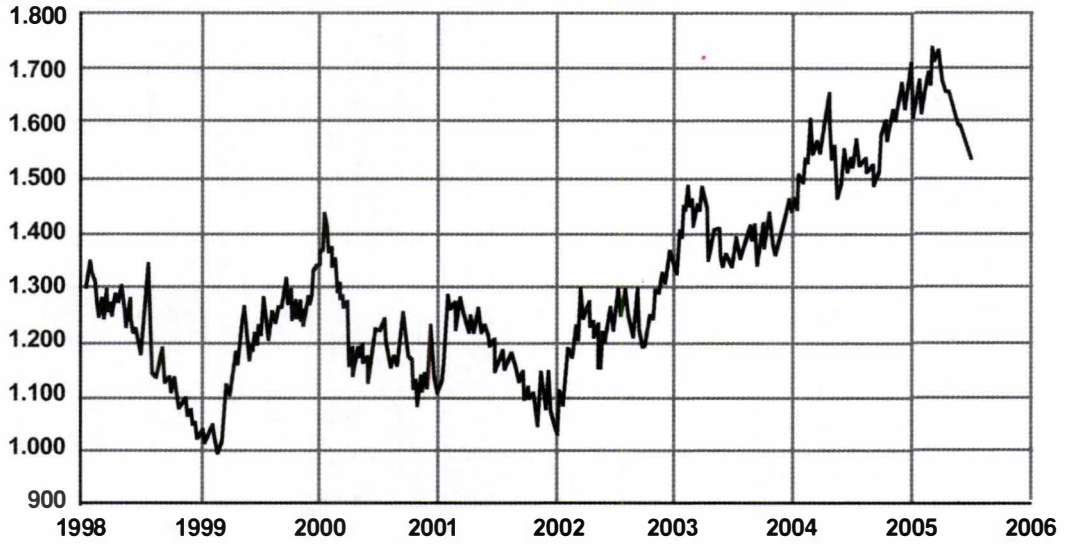
Tablo 4.4. PETROL FİYATLARI DEĞİŞİMİ



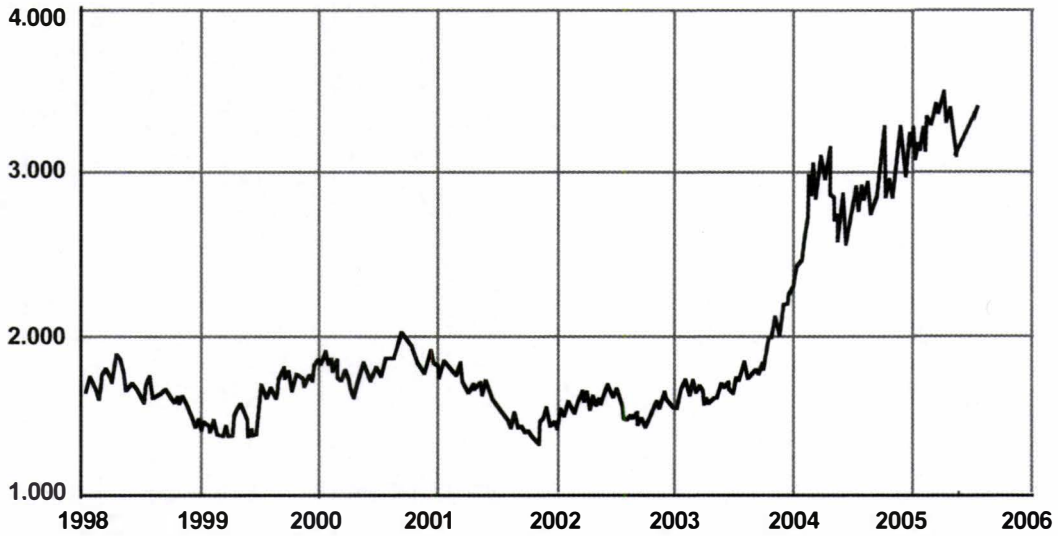
Şekil 4.5A. 1988 - 2005 YILLARI ARASI PETROL FİYATLARI



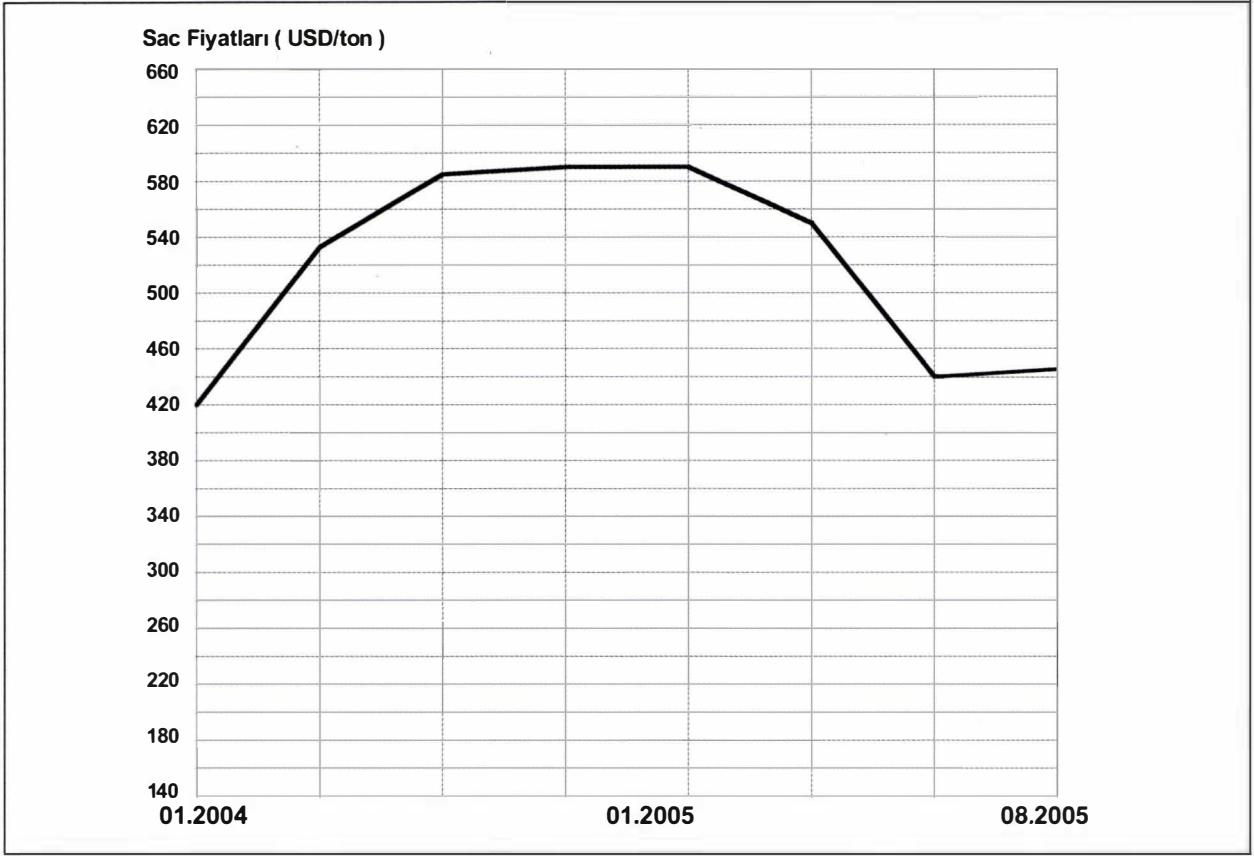
Şekil 4.5B. SON BİR YILDA HAM PETROLDEKİ FİYAT ARTIŞI

Alüminyum Fiyatı (USD/ton)

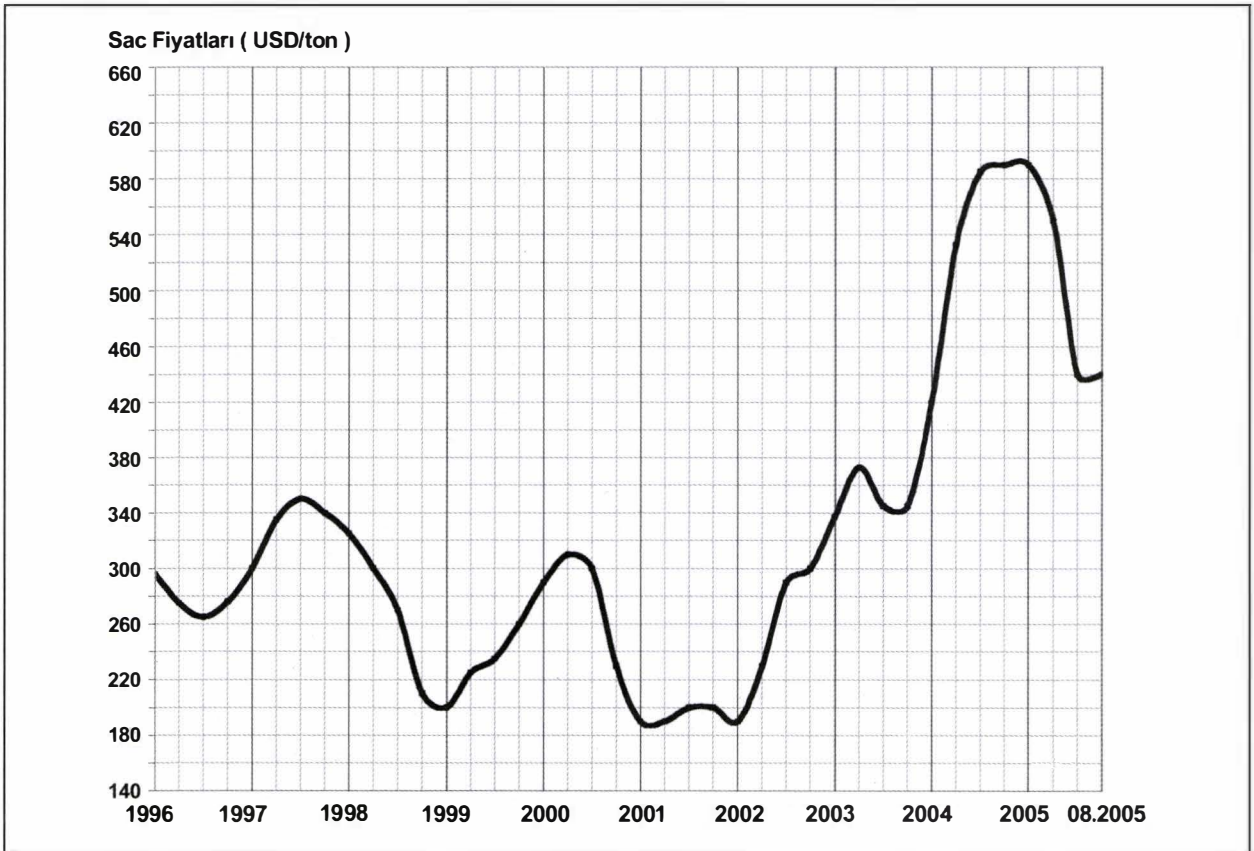
Şekil 4.6. 1998 - 2005 YILLARI ARASI ALÜMİNYUM FİYATLARI

Bakır Fiyatı (USD/ton)

Şekil 4.7. 1998 - 2005 YILLARI ARASI BAKIR FİYATLARI



Şekil 4.8A. SON BİR YILIN SICAK SAC FİYATLARI (Batı Avrupa)



Şekil 4.8B. 1996 - 2005 YILLARI ARASI SICAK SAC FİYATLARI (Batı Avrupa)

4.3 ISI YALITIMI

Isı yalıtımı yakıt tasarrufunun birinci ve en önemli unsurudur. Türkiye açısından ısı yalıtımı konusunda, 1981 ve 1998 olmak üzere iki tarih önemlidir. Bu yıllarda TS 825 numaralı Türk Standardı ve buna bağlı olarak çıkarılan Bayındırlık Bakanlığı Şartnameleri ile binalarda ısı yalıtımı yapılması şart koşulmuş ve bu izolasyonun mertebesi belirlenmiştir. Bu tarihlerden sonra yapılan binalarda söz konusu düzenlemelere hangi oranda uyulduğu bir kenara bırakılırsa, üç tip bina ve bunların ısıtma ihtiyacındaki azalma *Tablo 4.9*'da verilmiştir:

Buna göre yalıtımsız bina ile 1981 yönetmeliğine uygun bina arasında %33 yakıt tasarrufu, 1981 ve 1998 yönetmeliklerine uygun binalar arasında %37,5 yakıt tasarrufu ve yalıtımsız bina ile 1998 yönetmeliğine uygun bina arasında %58 yakıt tasarrufu söz konusudur.

Isı yalıtımıyla yapılabilecek tasarruflar yukarıda anlatılanlarla kısıtlı değildir. Daha farklı açılardan yaklaşılsa çok daha yüksek tasarruf imkanları ortaya çıkacaktır. Yakıt tüketimi azaltmanın yollarından biri de iç ortam sıcaklıklarının, konfor şartlarını bozmadan düşürülmesidir. Oda sıcaklığını düşürmek bir taraftan ısı kaybını azaltarak yakıt tasarrufu sağlarken, diğer taraftan ortamda yaşayan insanların sağlığını da olumlu yönde etkileyecektir. Aşırı ısıtılan bir ortamda hava kuruyacağından grip, nezle vb hastalıkların riski artmaktadır.

Bina dış kabuğunda ısı yalıtımı yapılması halinde, ortamı çevreleyen dış kabuğun iç yüzey sıcaklıkları yani iç ortamı çevreleyen yüzeylerin sıcaklıkları yükselecektir. Bu durumda iç ortam sıcaklığını düşürmek mümkündür. Çünkü hissedilen konfor sıcaklığı, iç ortam sıcaklığı ile iç ortamı çevreleyen yüzeylerin sıcaklıkların ortalaması olarak tanımlanır. Sıcak iç yüzeyler gerekli sıcaklık hissinin sağlarken, havanın gereğinden fazla ısıtılması gereksinimi ortadan kalkacaktır. Soğuk yüzeylerle çevrili bir ortamdaki insanlar, üşüdüklerini düşündüklerinden ortam sıcaklığını arttırmakta, yüzeylerde yeterince izolasyon olmadığında asıl ısıtılması gereken çevre yüzeyleri yeterince ısıtamayıp, onun yerine havayı fazlasıyla ısıtmaktadır. Hem yeterince ısınma hissi sağlanamamakta, hem fazlasıyla ısı harcanmakta hem de hava kurutulduğundan sağlıklı bir ortam oluşturulmaktadır.

İç ortam sıcaklığının düşürülmesi yakıt tüketimini önemli ölçüde azaltacaktır. Dolayısıyla, iç ortam sıcaklığını konforu azaltmadan düşürülmesi olanak verdiği için izolasyon yapılması ilave bir yakıt tasarrufu potansiyeli sunmaktadır.

Bina Tanımı	Isıtma İhtiyacı	Fark
Yalıtımsız Bina	100	-
1981 Yönetmeliğine Uygun Yalıtımlı Bina	67	%33
1998 Yönetmeliğine Uygun Yalıtımlı Bina	42	%58

Tablo 4.9. YALITIMA GÖRE BİNA ISITMA İHTİYAÇLARI

4.4 ISITMADA SİSTEM SEÇİMİ

Ham petrol fiyatlarındaki hızlı ve aşırı yükselmenin de etkisi sistemlerin enerji maliyetlerini çok daha önemli hale getirmektedir.

01 Ocak 2005'te 40 USD/varil olan ham petrol günümüzde (15 Ağustos 2005) 67 USD/varil seviyesinde ulaşmış olup, 8 ayda %68 artmıştır. 01 Ocak 2003'de ise ham petrol 28 USD/varil idi. Yaklaşık son 2,5 yıldaki artış ise %140 olarak gerçekleşmiştir. Petrolün geleceği ile ilgili beklentiler veya spekülasyonlarda ise yakın sürelerde 80 USD/varil ve orta vadede 100 USD/varil şeklinde fiyatlar konuşulmaktadır.

Petrol ürünleri (fuel-oil, motorin, LPG) dışındaki diğer fosil yakıtların fiyatları da petrol fiyatından etkilenmektedir. Örneğin kömür, mazot ile madenden çıkarılmakta, mazot kullanılarak kamyonlarla taşınmakta ve külü de yine kamyonlarla mazot kullanılarak atılmaktadır. Doğal gaz fiyatları da, petrol fiyatı baz olarak alınan bir formülle belirlenmektedir. Elektrik ise hidroelektrik santraller dışında genellikle petrol, kömür veya doğal gaz kullanılarak üretildiği için, petrol fiyatlarındaki artıştan çok ciddi oranda etkilenmektedir.

Kullanılacak enerji kaynağının cinsini ve kurulacak sistemin amortisman süresini belirlerken, bugünkü enerji maliyetlerinin yanında gelecekteki maliyetleri de dikkate alınmalıdır.

a. Kömür

Kömür, merkezi sistemlerde bireysel sistemlere göre daha yüksek verimle yakılabilmektedir.

- Ancak kömürün ısıttığı su veya buharın taşıma maliyetleri (pompalama enerjisi, borulardaki ısı kayıpları vb) dikkate alındığında bireysel sistemler enerji tüketimi yönünden genellikle daha avantajlıdır.
- Ayrıca balanslama ve bireysel kullanım dikkati de bireysel sistemleri daha ekonomik kılmaktadır.
- Kömürün dairelere taşınması, depolanması yakılması, külünün atılması gibi zorluklar, konfor ve çevre şartları dikkate alındığında, enerji tüketiminin daha fazla olmasına rağmen merkezi sistemler daha az dezavantajlı görünmektedir.
- Ancak çevre şartları (hava kirliliği vb) nedeniyle özellikle toplu yerleşim yerlerinde (şehir, kasaba vb) kömürün kullanım imkanı çok sınırlanmıştır.

b. Fuel-Oil ve Motorin

- Fuel-oil'in bireysel sistemlerde kullanım imkanı yoktur (veya çok zordur) denilebilir.
- Kömür için söz konusu olan dezavantajları aynen sahiptir.
- Fuel-oil daha çok bölge ısıtmasında, doğal gazın olmadığı yerlerde kullanılmaktadır.
- Motorin ise yine doğal gazın olmadığı yerlerde, LPG kullanımına da olanak yoksa bireysel sistemlerde kullanılmaktadır.

- Fuel-oil No:6 yalnız buhar veya kaynar su kazanlarında (ortalama su sıcaklığı 130°C'nin üzerinde olan) kullanılabilir. Fuel-oil No:6'da yüksek oranda kükürt vardır. Kazan suyu sıcaklığı 130°C'nin altında olursa kükürt yoğunlaşır ve sülfirik asit oluşur ve bu asit kazan borularını çürütür.
- Fuel-oil No:4 ise su sıcaklığı 80°C ve üzerindeki kazanlarda kullanılabilir.
- Fuel-oil No:6, No:4'e göre daha ucuz olmakla birlikte ikisi arasında bir karşılaştırma yapıldığında kazan su sıcaklığının yüksek olması nedeniyle fuel-oil No:6 kullanılan kızgın su kazanlarında aşağıda sıralanan dezavantajlar yaşanacaktır:
 - Kazan verimi daha düşüktür.
 - Dağıtım kayıpları daha fazladır.
 - İlk yatırım maliyeti daha fazladır.
 - İşletme maliyeti daha fazladır.Karşılaştırma yapılırken fuel-oil No:4 veya 6'nın herhangi birisinin alınması aşağıdaki sonucu değiştirmez.
- Bölge ısıtmasında fuel-oil, bireysel ısıtmada ise motorin kullanıldığı kabulüyle bir karşılaştırma yaparsak:
 - Fuel-oil kullanılan iyi projelendirilmiş ve uygulanmış bölge ısıtması veya merkezi sistemlerin teorik işletme maliyetleri, motorin veya LPG kullanılan bireysel sistemlerden daha düşüktür.
 - Ancak bireysel ısıtmadaki kişisel olarak tasarruf edebilme isteği ve bireysel konfor beklentileri sistem tercihinde daha önemli kriterler olarak görülmektedir.

c. LPG

- LPG nin maliyeti bugün motorin ile yakın seviyelerdedir. Ancak LPG'nin depolanması için daha özel şartlar gerekmektedir. Apartman dairelerinde tüp gaz ile kullanımda ise sınırlı depolama olanağı ve daha fazla risk oluşmaktadır.
- LPG kullanımı doğal gaz yoksa veya yakın bir gelecekte gelecek ise gelinceye kadar kullanılabilen uygun bir alternatif olmaktadır. LPG kullanımında risk oluşumunu en aza indiren standartlar mutlaka uygulanmalıdır (her yakıtın depolanmasında ve kullanımında olduğu gibi).
- LPG merkezi ve bireysel sistemlerde aynı yüksek verimle kullanılabilir.
- LPG kullanılan merkezi sistemlerde en az bir kazanın yoğunlaşmalı tip, brülörlerin oransal ve baca çekiminden etkilenmeyen tipte seçilmesi bugün için çok daha uygun görünmektedir.
- Bireysel ısıtma sistemlerinde de yoğunlaşmalı kombilerin kullanımı enerji tüketimini azaltmaktadır. Artan yakıt fiyatları çok kısa bir süre sonra yoğunlaşmalı kombilerin kullanımını zorunlu kılacak gibi görünmektedir (Not: Hollanda ve İngiltere'de yoğunlaşmalı olmayan kombi kullanımı yasaklanmıştır.).

d. Doğal Gaz

- Doğal gaz bugün için kullanılabilir en ucuz yakıt cinsi olarak görünmektedir. Doğal gaza göre:
 - Fuel-oil ~ 2
 - LPG ~ 3
 - Motorin ~ 4
 - Elektrik ~ 4 kez daha pahalıdır.
- Doğal gaz bölge ısıtması ya da merkezi ısıtma sistemlerinin ısı merkezlerinde ve bireysel kullanımlarda aynı verimle yakılabilir. Ancak:
 - Bölge ısıtması ve merkezi ısıtmalarda, kazanlarının daha yüksek sıcaklıkta çalıştırılmasından gelen kayıplar (kazan verimi, durma kayıpları ve yoğunlaşma enerjisinden daha az yararlanabilme vb),
 - Dağıtım için harcanan ilave pompalama enerjisi,
 - Dağıtım borularındaki ısı kayıpları,
 - Balanslamadan gelen verim kayıpları,
 - Büyük sistemler için gerekli olan işletme personeli masrafları,
 - Dağıtım sisteminin bakımı ve onarım masrafları vb ilave maliyetler nedeniyle bölge ısıtmaları ve merkezi ısıtma sistemlerinin işletme maliyetleri çok yüksektir. Bireysel kullanımdaki daha tasarruflu kullanma dikkati ise bireysel ısıtmayı daha avantajlı kılmaktadır. Ancak:
 - Nereye kadar kombi yada bireysel ısıtma sistemleri kullanılmalıdır?
 - 20 katlı binada her daireye kombi koymak güvenli midir?
 - Kombilerin bacaları nasıl olmalıdır?
 - Dış duvardan hermetik bacalarla bağlanan kombilerin egzost gazları üst katları rahatsız etmeyecek mi?
 - Bina cephesindeki gazlarla birlikte oluşan sıcak hava hareketi cephe boyasını batırmayacak mı?
 - Üst kat, alt kat veya komşu daire kaloriferini çalıştırmazsa ısıtma maliyeti iki katına çıkabilir, soğuk döşemeler konforu bozabilir mi? Hatta ısıtma konforu yeterince sağlanamayabilir mi?Soruları karşımıza çıkmaktadır. Bu konularda belirli bir standart olmamasına rağmen genel doğrulardan yola çıkılırsa:
 - Yaklaşık 5 kata kadar binalarda kombi kullanılabilir.
 - Bu binalarda döşemelerde ve komşu duvarlarda ısı yalıtımları yapılmalıdır.Döşemelerdeki ısı yalıtımı, ses yalıtımı görevi de yapacaktır.
 - Kombi kullananların komşuların kombilerini çalıştırmadıkları soğuk günlerde yine de daha fazla yakıt harcayacaklarını ve ısıtma konforlarının az da olsa bozulacağını bilerek (sobalı evler de olduğu gibi) tercih yapmaları gerekir.
 - Merkezi sistemlerde ise konfor daha iyi olduğu halde, yakıt bedelinin toplanması ve daha fazla işletme maliyeti sorunları olacaktır.



Şekil 4.10. BÖLGE ISITMASI ISI MERKEZİ

Kapasite: 2 x 455 kW + 2 x 1.320 kW + 6.500 kW (en sağda)

Dikkat: Üç tam geçişli türbülörsüz çelik kazanın kapasitesi (6.500 kW),

diğer kazanların toplam kapasitesinin (3.550 kW), yaklaşık iki katı olmasına olmasına rağmen (6.500 kW), çok daha az yer kaplıyor.

4.4.1 BÖLGE ISITMASI

(Uzaktan Isıtma Sistemleri)

Bölge ısıtması, endüstri tesisleri, toplu konut uygulamaları, mahalle ve şehir ısıtmaları gibi büyük ölçekli ısıtma olarak tanımlanabilir.

Bölge ısıtmasında, seçilecek sistemin, yatırım ve işletme maliyetleri üzerine etkisi çok önemlidir. Bu bakımdan her bölge ısıtması uygulaması için öncelikle bir fizibilite veya ekonomiklik çalışması yapılması gerekir. Bu fizibilite çalışmasında ana parametreler: yakıt, primer devre akışkan cinsi, akışkan sıcaklığı, ısı merkezi sayısı ve boru şebekesinin dağılımı olmaktadır.

Bölge ısıtmasında çeşitli sistemler oluşturulabilir. Klasik bölge ısıtmasında bir ısı merkezinde üretilen ısı, boru şebekesi ile primer devre akışkanı tarafından ısıtılacak binalara taşınır. Her binanın altındaki bir ısı değiştirgecinde sekonder devrede dolaşan ısıtıcı akışkan ısıtılır. Primer devrede sıcak su, kızgın su veya buhar; sekonder devrede ise genellikle 90/70°C sıcak su dolaşır.

Bölge ısıtmasında kullanılan diğer bir sistemde ise, primer devrede üretilen sıcak su veya kızgın su doğrudan bloklara verilir.

Burada her blok altında bir pompa ve otomatik karıştırma vanası vardır ve bu vanada primer devreden alınan yüksek sıcaklıktaki su, istenen oranda karıştırılarak bloktaki ısıtıcılara gönderilir (Basınca dikkat edilmelidir.).

Kömür ve hatta sıvı yakıt yakılırken (yakıt, depolama ve taşıma nedeniyle) avantajları ağır basan bölge ısıtması, yakıt olarak doğal gaz kullanıldığında dezavantajlı duruma düşmektedir. Bölge ısıtmasının en büyük dezavantajı toprak altındaki dağıtım borularıdır.

Daha küçük boyutlu uygulamalarda ise bir merkezde üretilen su ile doğrudan blokları ısıtmak mümkündür. Bu sistemlerde kullanma sıcak suyu da aynı merkezde üretilip bütün noktalara ayrı bir hatla dağıtılabilir. Bölge ısıtmasının dağıtım borularında mutlaka eşit direnç sistemi (Tichelmann sistemi) uygulanmalıdır.

Bölge ısıtmasında blok bazında verilen ısının ölçülmesi sorunu vardır. Bu amaçla blok girişlerinde sistemde ayrıca ısı payölçerler kullanılabilir. Bölge ısıtmasında kazan dairesi ile binalar arasındaki ısı kanallarındaki (veya galerilerdeki) boruların ısı kaybı, boru izolasyonlarının zamanla bozulması ile giderek artmaktadır.

Ayrıca bu kanallardaki boruların zamanla çürümesi sistemde uzun süreli ve sık karşılaşılan kesintiler oluşturmaktadır.

Teorik olarak hat vanaları ile lokal hale getirilebileceği düşünülen arızalar, pratikte uzun süre kullanılmayan vanaların su kaçırması nedeniyle tüm

sistemin suyunun boşaltılması zorunluluğunu yaratmaktadır.

Boruların kanal veya galeri içine alınması inşaat maliyetlerini artırdığından tercih edilmemektedir. Genellikle borular ısı izolasyonu yapılarak doğrudan toprağa gömülmektedir.

Diğer bir alternatif ise ön izoleli, dijital alarmlı, direkt toprağa gömülebilen fabrikasyon yalıtımlı boruların kullanılmasıdır.

Hatta büyük çaplı, kangal şeklinde, ön izoleli PEX borular ek sayısını da çok azaltacaktır. Ancak bu boruların da uzama miktarı çelik borulara göre çok fazladır.

Yaşanan tecrübeler göstermiştir ki bu sistemlerin neredeyse tamamında, yapım aşamasındaki hatalar, bakımsızlık veya farelerin izolasyonları yemesi, toprak altındaki kaçakların yerinin bulunamaması gibi nedenlerle boru izolasyonları bozulmuş, paslanma sonucu delinen borulardan ciddi oranda su kaçakları oluşmuş ve bu nedenlerle yakıt ve su masrafları kabul edilemez seviyelere gelmiştir. Aynı zamanda bu sorunlar kazan, pompa vb tesisat elemanlarına da zarar vermektedir.

Çünkü sisteme sürekli su takviyesi yapılması sonucunda tüm cihazlarda kireç ve çamur birikimi oluşmakta, besleme suyuyla birlikte tesisata sürekli giren oksijen önemli oranda korozyona (paslanma) neden olmaktadır. Bu tür büyük sistemlerde kazanlarla tesisat arasında plakalı eşanjör kullanılarak kazanların kireç, çamur vb olumsuzluklardan korunması tavsiye edilir.

Bölge ısıtması sistemlerinin en büyük zorluklarından biri sistemin dengelenmesi, yani her binaya veya konuta istenilen miktarda ısının dağıtılabilmesidir. Dengesiz sistemlerde bazı yerler çok ısınırken bazı yerler çok az ısınmakta, yetersiz ısınma şikayetleri oluşmaktadır.

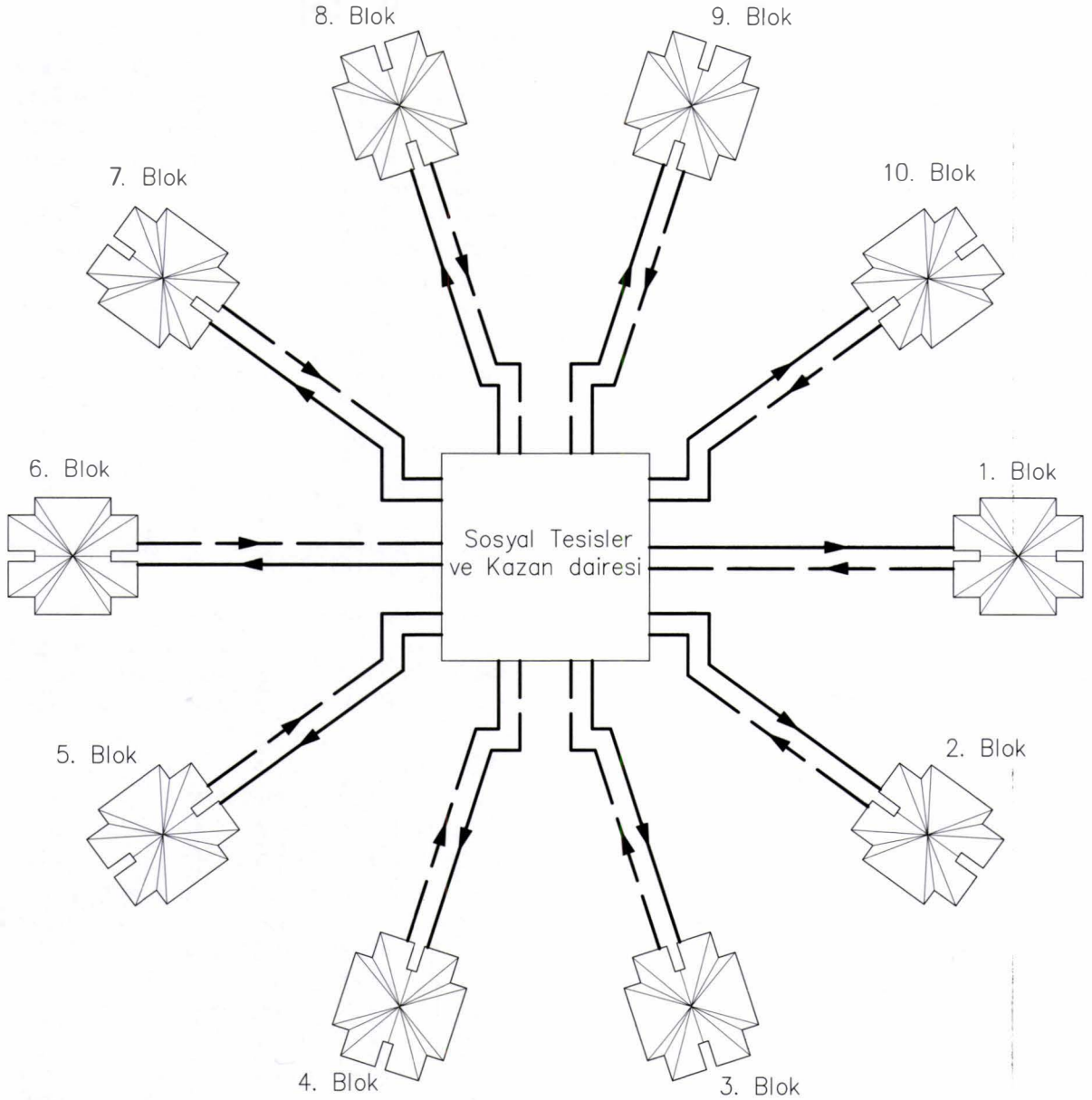
Bu sistemde suyun pompalanması için ciddi miktarda elektrik enerjisi sarfedilmektedir. Sonuçta sistemde su kayıpları ve maliyeti, suyun doldurulup boşaltılması ile oluşan kireçlenmeler ve kesintiye uğrayan ısıtma nedeniyle oluşan konfor kayıpları söz konusu olmaktadır.

Bölge ısıtması kömür veya fuel oil kullanımı halinde her binaya yakıt taşıma, her binadan kül ve çürüf atılması, bu yakıtların tek noktada ve büyük kapasitede yakılmaları halinde verimlerinin artması gibi nedenlerle tercih edilebilir. Ancak doğalgaz her kapasitede, aynı yüksek verimle yakılabilirdiğinden bölge ısıtması sisteminin doğalgazda herhangi bir avantajı kalmamaktadır.

Konuya farklı bir açıdan bakıldığında ise:

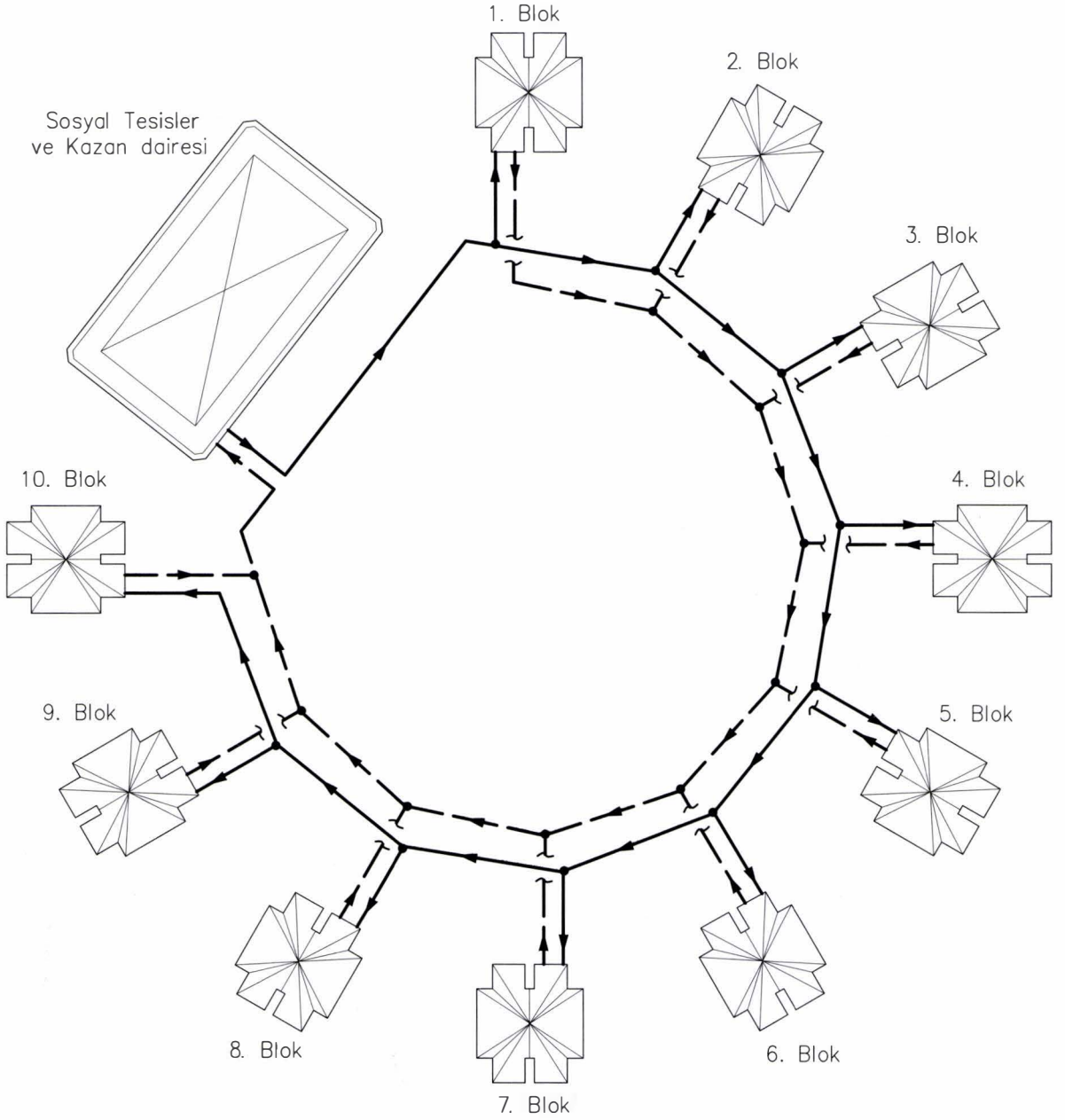
Doğal gaz da olsa merkezi sistemlerde büyüyen kapasiteyle birlikte teknolojik sistemlerin kullanma imkanı yaratılabilir.

BÖLGE ISITMASI (UZAKTAN ISITMA)
HER BİNAYA AYRI HAT UYGULAMASI ÖRNEĞİ
BOYLERLER HER BİNANIN ALTINDA



Şekil 4.11A. HER BİNAYA AYRI HAT UYGULAMASI

BÖLGE ISITMASI (UZAKTAN ISITMA) EŞİT DİRENÇ SİSTEMİ UYGULAMASI ÖRNEĞİ BOYLERLER HER BİNANIN ALTINDA



Şekil 4.11B. EŞİT DİRENÇ SİSTEMİ UYGULAMASI

Yoğuşmalı kazanlar, baca çekişinden etkilenmeyen oransal brülörler, oksijen- λ kontrollü sistemler, frekans kontrollü brülörler, entegre kojenerasyon sistemleri vb kullanılabilir. Ayrıca iyi çözümlenmemiş bina altı kazanlarda gürültü, ses, uğultu, pompa sesi, hidrofor sesi gibi problemler bazen şikayetlere hatta mahkemelik durumlara neden olabilmektedir. Bu yüzden çok iyi çözümlenmiş merkezi sistemleri tercih eden tesisat mühendisleri de bulunmaktadır.

Doğal gazın bölge içinde dağıtılması ve her binaya ulaştırılması daha ekonomik ve sorunsuzdur. Her bina altında veya çatısında kurulacak bağımsız kazan dairelerinden her binanın merkezi ısıtma sistemiyle ısıtılması en uygun çözümdür. Her apartmandaki merkezi sistemde atmosferik brülörlü kazanların veya kaskad sistemlerin kullanılması sessiz, işletme ve bakımı kolay, sık servis gerektirmeyen ve yüksek verimli bir çözüm oluşturur. Eğer kazan dairesi çatıda oluşturulursa baca maliyeti de daha düşük olacaktır.

4.4.1.1 Bölge Isıtmasında Kullanım Sıcak Suyu

Bölge ısıtmasında sıcak su ihtiyacını karşılamak için iki alternatif bulunmaktadır.

Sistemde bir ısı dağıtım merkezi ve her bina altında da dağıtım kolektörleri bulunmaktadır.

Birinci alternatif ısı dağıtım merkezindeki kazandan bina altına gelen sıcak su ile her bina altında bulunan boylerleri ısıtmak ve bu boylerle sıcak su sağlamaktır.

İkinci alternatif ise boylerleri de ısı dağıtım merkezine yerleştirerek kullanma sıcak suyunu da ayrı bir borulamayla binalara dağıtmaktır.

4.4.1.1.1 Boylerler Bina Altlarında

Boyerlerin bina altında olması durumunda yaz - kış kazanın çalışması ve sisteme sıcak su sağlaması gerekmektedir. Bu da yazın bile galerilerdeki tüm tesisatta devamlı yüksek sıcaklıkta suyun dolaşacağı anlamına gelir.

İzolasyonları iyi yapılmış örnek bir tesiste yapılan incelemede, yaz işletmesinde gidiş (dağıtım) borularında kazan dairesinden 73°C olarak çıkan gidiş suyu sıcaklığının son binaya gelindiğinde 68°C mertebesine düştüğü gözlemlenmiştir (Şekil 4.12A). Aynı işletmede, yine yaz işletmesinde dönüş (toplama) borularında ilk binadan 64,3°C olarak çıkan dönüş suyu sıcaklığı kazan dairesine ulaştığında 61,2°C olarak ölçülmüştür (Şekil 4.12B).

Bu farklar borulardaki ısı kayıplarını gözler önüne sermektedir.

Uygulama

- Sıcak su binalara 90°C gidiyor (90/70°C teorik) Boyler binaların altında → borular yazın da sıcak.

• Kullanılan kapasite:

En soğuk günde ve pik yükte:

%100 (dizayn şartları)

Yıllık ortalama (kullanılan kapasite):

~ %15 (yazın da kullanıldığı için)

• İyi tasarlanmış, boru izolasyonları çok iyi olan bir bölge ısıtmasında borulardaki ısı kaybı:

En sondaki binaya kadar gidiş borularında su sıcaklığı 1,5°C azalıyor.

Gidiş - dönüş dikkate alındığında dağıtım borularında toplam 2,5°C soğuma var.

Sistem 90/70°C tasarlanmış,

Uygulamada ise görülen en soğuk günde su sıcaklığı gidişte 85°C, dönüşte 67,5°C'dir.

Borulardaki toplam kayıp $\Delta T = 2,5^\circ\text{C}$ olduğu kabul edelim.

Ölçülen $\Delta T = 8,5^\circ\text{C}$ yerine ortalama olarak kabul ettiğimiz $\Delta T = 2,5^\circ\text{C}$ göre hesap yaparsak:

Kış işletmesi:

Su sıcaklığı 85/67,5°C: $\Delta T = 17,5^\circ\text{C}$

Borulardaki soğuma: 2,5°C

Isıtmada yararlı olarak kullanılan: $\Delta T = 15^\circ\text{C}$

Borulardaki kayıp: $2,5^\circ\text{C} / 15^\circ\text{C} = 0,167 \rightarrow \%16,7$

Sonuç:

- Borulardaki ısı kaybı
 - %100 kapasiteye göre: %16,7
 - Ortalama kullanılan kapasiteye göre: $\%16,7 / \%15 \approx 1$
- Bu sistem kaynar su ise
 - Oran 2,5 - 3 katına çıkar (kaynar su sıcaklığına bağlı olarak).
- Buharda ise bu kayıp daha da artacaktır. Sonuç olarak boylerler bina altında olduğundan, tüm sene boyunca yaklaşık 80 - 88°C gidiş suyu sıcaklığı ile işletme gerçekleşecektir. Dolayısıyla $\Delta T = 2,5^\circ\text{C}$ 'lik kayıp (%16,7) yaklaşık tüm sene boyunca gerçekleşecektir. Yıllık ortalama faydalı kapasitenin %15'i civarında olduğu bilindiğine göre yararlanılan kadar ısı da dağıtım borularında kaybedilmektedir.
- Yakıt üst ısı değeri (doğalgaz) : 111
- Kazan verimi (nominal) : 95
- Yıllık yararlanılan kazan performansı : 90
- Borularda kaybolan enerji : 45
- Yararlanılan : 45

Notlar:

- Pompanın tükettiği enerjinin bedeli (suyu ısıtan yararlı kısım hariç) ayrıca dikkate alınmalıdır.
- Balans bozukluklarının verime etkisi dikkate alınmamıştır.
- Sistemin düşük yüklerde çalışmasından dolayı cihaz verimlerindeki azalmalar dikkate alınmamıştır.

- **Bölge ısıtmasındaki yıllık ortalama sistem verimleri (çok özel önlemler alınmazsa)**

COP_{sistem} (90/70°C): 0,40

COP_{sistem} (160/120°C Kaynar Su): < 0,25

COP_{sistem} (Buhar, 6 bar): < 0,20

Isı dağıtım merkezinde dikkat edilmesi gereken en önemli husus kazanların işletme şartlarına uyulmasıdır. Eğer dönüş suyu sıcaklığı kontrolü ve minimum debi şartı aranan kazanlar kullanılacak ise özel kontrol paneli, sensörler ve şönt pompa uygulanması şart olacaktır. Ama Isisan Buderus Ecostream kazanlar gibi bu tarz işletme şartları olmayan kazanlar tercih edilirse, hem ilk yatırımda bu maliyetlere gerek olmayacak, hem de işletmede ilave pompalama enerjisi maliyetinden kaçınılacaktır. Çalışmayan kazandan su geçmesini engellemek ve hidrolik dengeyi sağlamak için kazan primer pompası, kazan üç yollu vanası, çekvalf ve denge kabı kullanılmalıdır (Şekil 4.13A). Çalışmayan kazandan sıcak su geçerse kazandan oluşacak ısı kaybı nedeniyle enerji israf edilecektir. Denge kabı ise kazan pompasıyla sistemdeki pompa arasında hidrolik dengeyi sağlayacaktır. Eğer ecostream veya yoğunlaşmalı kazan kullanılıyorsa, primer pompaların toplam debisi, sistemin toplam debi ihtiyacının 1,0 - 1,2 katı kadar olmalıdır. Eğer standart kazan kullanılıyorsa bu pompalar aynı zamanda şönt pompa görevi göreğinden, kapasiteleri sistemin toplam ihtiyacının 1,5 katı kadar olmalıdır.

Sistemdeki yüksek su hacmi nedeniyle, ilk çalıştırmada kazanda yoğunlaşma oluşacaktır. Kazan ömrü açısından, ilk çalıştırmada oluşacak yoğunlaşmayı tamamen önlemek için ısıtma sisteminde üç yollu karıştırıcı vanalar kullanılmalıdır (Şekil 4.13B). Kazan panelinin, bu sisteme kendi başına kontrol edebilecek özellikte olması önemlidir.

Bina altına kurulacak tesisatta (Şekil 4.14) dikkat edilmesi gereken iki önemli husus bulunmaktadır.

Bunların birincisi, boylerin yüksek sıcaklıkta su ihtiyacı gösterirken, radyatörlerin dış hava sıcaklığına göre farklı sıcaklıklarda su ihtiyacı göstereceğidir. Radyatörlerde termostatik vana kullanılması halinde bile bu ayarlama doğru şekilde yapılamaz. Termostatik radyatör vanaları son ayar için kullanılır. Bu vanaların en önemli görevi farklı kullanım amacı olan veya farklı yönlere bakan odalarda oluşacak veya oluşması istenen sıcaklık farklarını ayarlamaktır. Dış hava sıcaklığına göre ayarlama üç yollu vana ile tesisat odasında yapılmalıdır. Böylelikle hem gereksiz yere yüksek sıcaklıkta su kullanımı engellenmiş olur, hem de konfor tam olarak sağlanabilir. Frekans kontrollü pompa bile kullanılsa, otomasyon radyatör vanalarına bırakıldığında vana kararsızlığı ve sirkülasyon problemleri yaşanabilir.

Diğer önemli konu ise, enerji ekonomisidir. Sistem seçilirken mümkün mertebe en düşük enerji tüketecek sistem tercih edilmelidir. Sistemde dolaşan sıcak sudan oluşan ısı kayıpları, birinci enerji israfıdır. Diğer israf ise pompalama enerjisinde söz konusudur. Dolayısıyla hem su sıcaklığı hem de dolaşan su miktarı azaltılmalıdır. Bunun için alınabilecek önlemler aşağıda sıralanmıştır:

a. Dış Hava Sıcaklığına Bağlı Kontrol + Termostatik Radyatör Vanası + Frekans Kontrollü Pompa Kullanımı:

İhtiyaç olmayan bölgelerde termostatik radyatör vanası radyatörlerden geçen su debisini azaltacak, gerekirse tamamen kesecektir. Bunu takiben frekans kontrollü pompa da debiyi azaltacaktır.

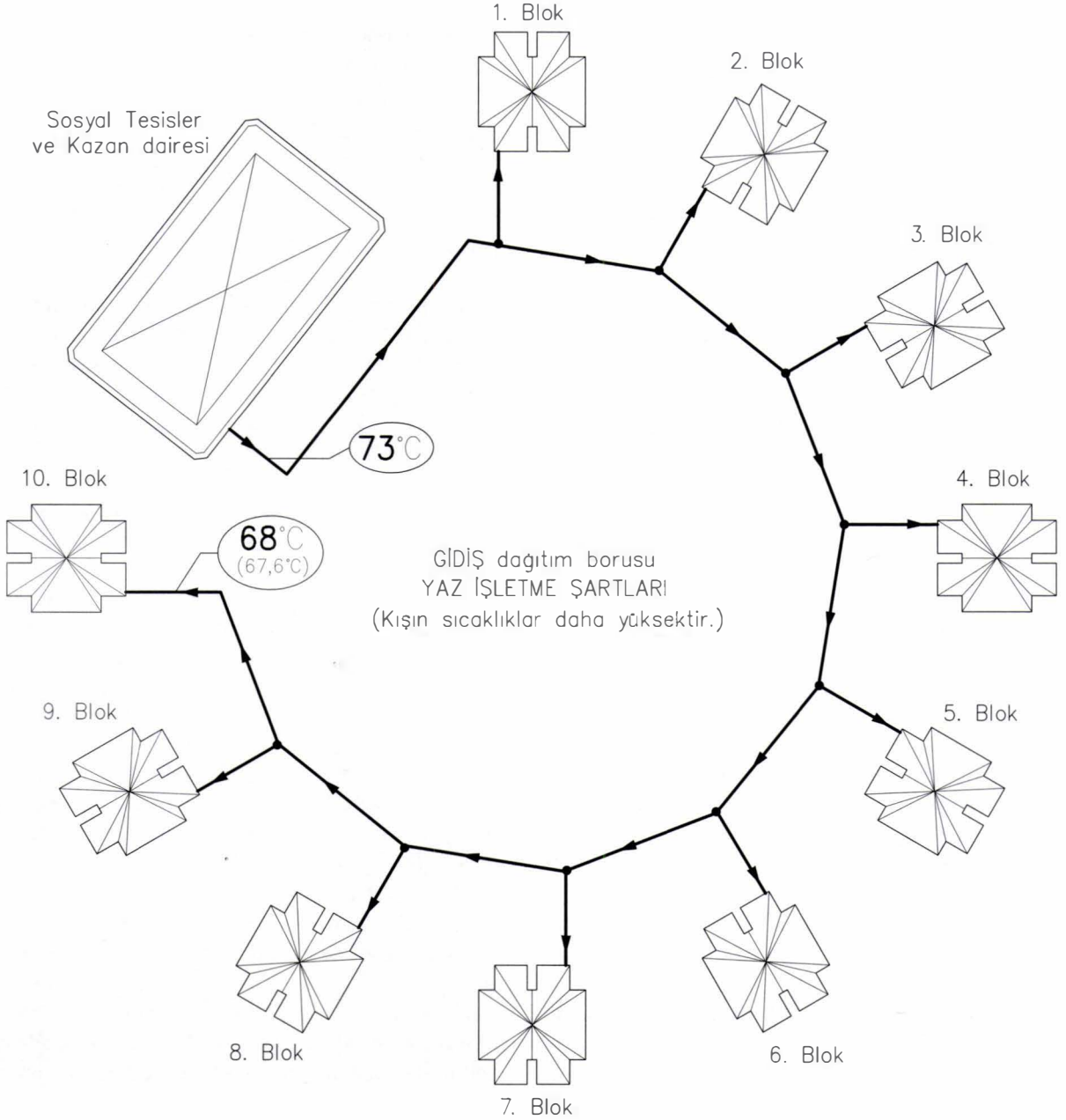
b. Tek Kolektör Uygulaması:

Tek kolektör uygulaması ile sistemden gelen 90°C su boylere gönderilecek, oradan dönen 75°C su da dış hava sıcaklığına bağlı olarak çalışan üç yollu vananın kontrolünde radyatörlere gönderilecektir. Çok basit bir örnek alırsak, radyatör kapasitesi 2 m³/h, boiler kapasitesi de 1 m³/h olan bir sistemde, her bina için toplamda 3 m³/h su pompalanması gerekirken bu şekilde 2 m³/h pompalanması yeterli olacaktır. Eğer otomasyon paneli de ihtiyaçları kontrol ediyor ve kazan paneline bildirebiliyorsa, boylerde hiç ihtiyaç olmadığı durumlarda tüm sistemin sıcaklığı bile düşürülebilir (Bu sistem çok iyi etüt edilmeli, ani sıcak su ihtiyaçlarında sistemdeki su sıcaklığı 90°C'ye çıkana kadar geçecek sürede boylerin ihtiyacı karşılayabilecek kapasitede olmasına özen gösterilmelidir.). Bu durumda hem pompalama enerjisinden, hem de ısı enerjisinden tasarruf yapılacaktır. Dikkat edilmesi gereken çok önemli bir konu, bu uygulamada gidiş suyu ile dönüş suyu sıcaklık farkının açılacağıdır. Dönüş suyu sıcaklığının düşmesi dönüş hattında oluşan ısı kaybının azalması demektir. Ama ısı dağıtım merkezindeki kazanların bu sisteme uygun olması gerekir (örneğin Isisan Buderus Ecostream kazan gibi). Bu durumda sistem 90/55°C gibi çalışabilir. Kazanların işletme şartlarında buna izin verilip verilmediği kontrol edilmelidir (Şekil 4.15A ve Şekil 4.15B).

c. Otomatik Kontrol:

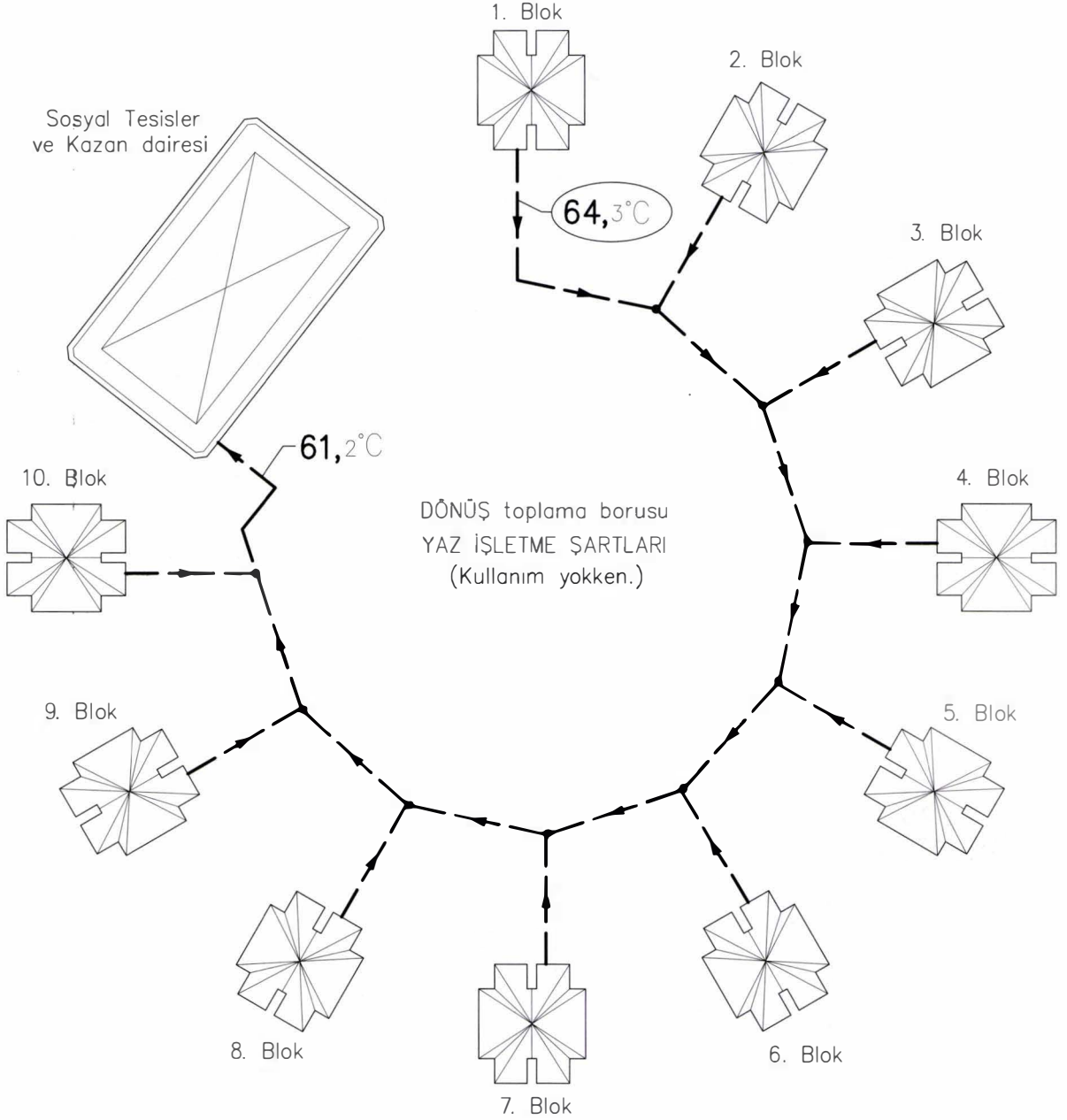
Sistemde öncelikle konfor, daha sonra da ekonomi için doğru otomasyon sistemi tercih edilmelidir. Her binanın altında ayrı bir kontrol sistemi (dış hava sıcaklığına göre çalışan) ve ısı dağıtım merkezinde ise kazanlarda gene dış hava kontrollü otomatik kontrol bulunmalıdır. Sistemin düzgün çalışabilmesi için bu iki panelin birbiriyle iletişimde olması daha sağlıklı olacaktır (Şekil 4.16). Eğer tercih imkanı var ise kazanı kontrol edecek otomasyon, kazan üreticisinin üretimi olan veya uygunluğuna onay verdiği bir sistem olmalıdır.

BÖLGE ISITMASI (UZAKTAN ISITMA) EŞİT DİRENÇ SİSTEMİ UYGULAMASI ÖRNEĞİ BOYLERLER HER BİNANIN ALTINDA



**Şekil 4.12A. GİDİŞ (Dağıtım) HATTI PROJESİ (5°C Soğuma Çok Fazla)
Dönüş Borusunda Aşırı Isı Kaybı Var**

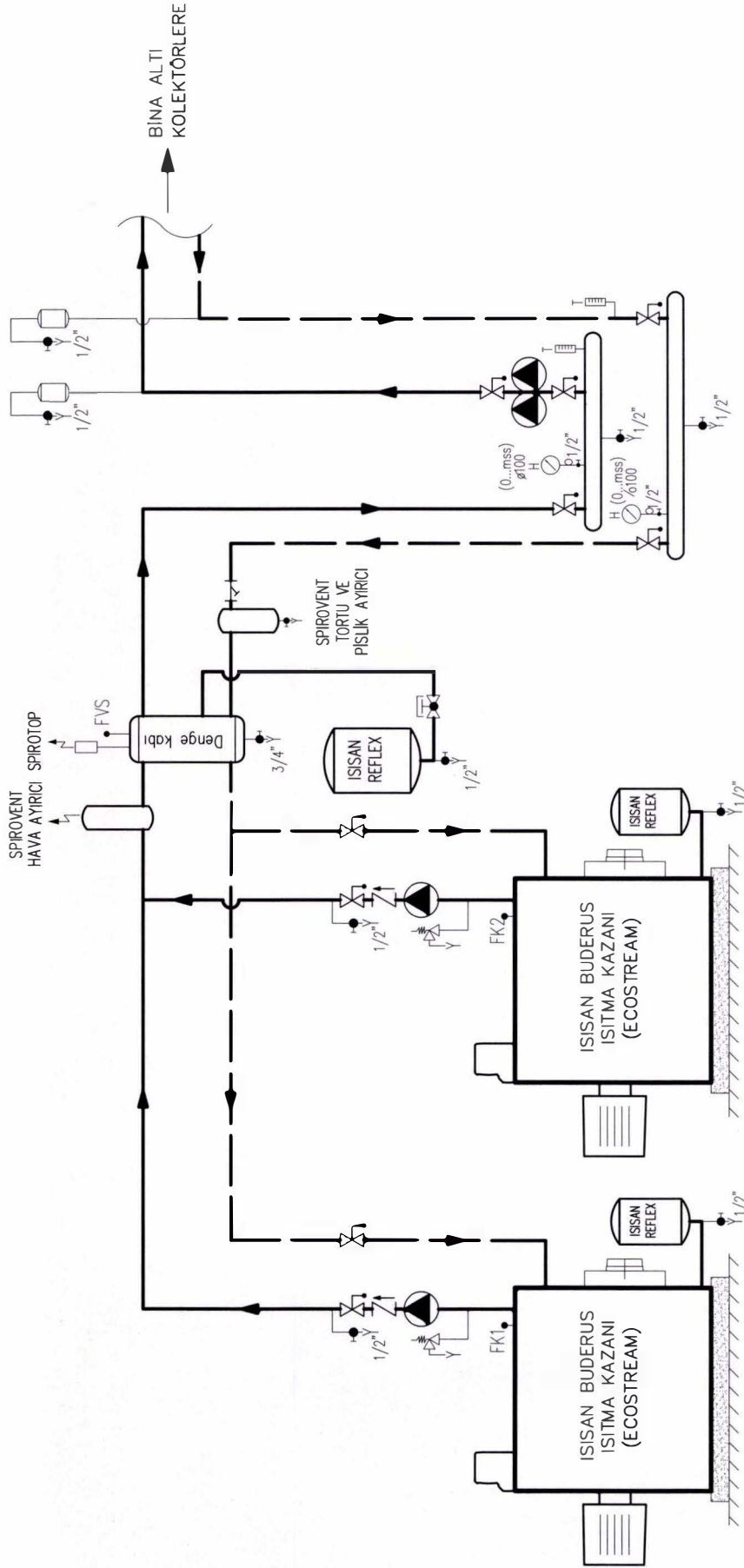
BÖLGE ISITMASI (UZAKTAN ISITMA) EŞİT DİRENÇ SİSTEMİ UYGULAMASI ÖRNEĞİ BOYLERLER HER BİNANIN ALTINDA



Şekil 4.12B. DÖNÜŞ (Toplama) HATTI PROJESİ (3°C Soğuma Çok Fazla)
Dönüş Borusunda Aşırı Isı Kaybı Var



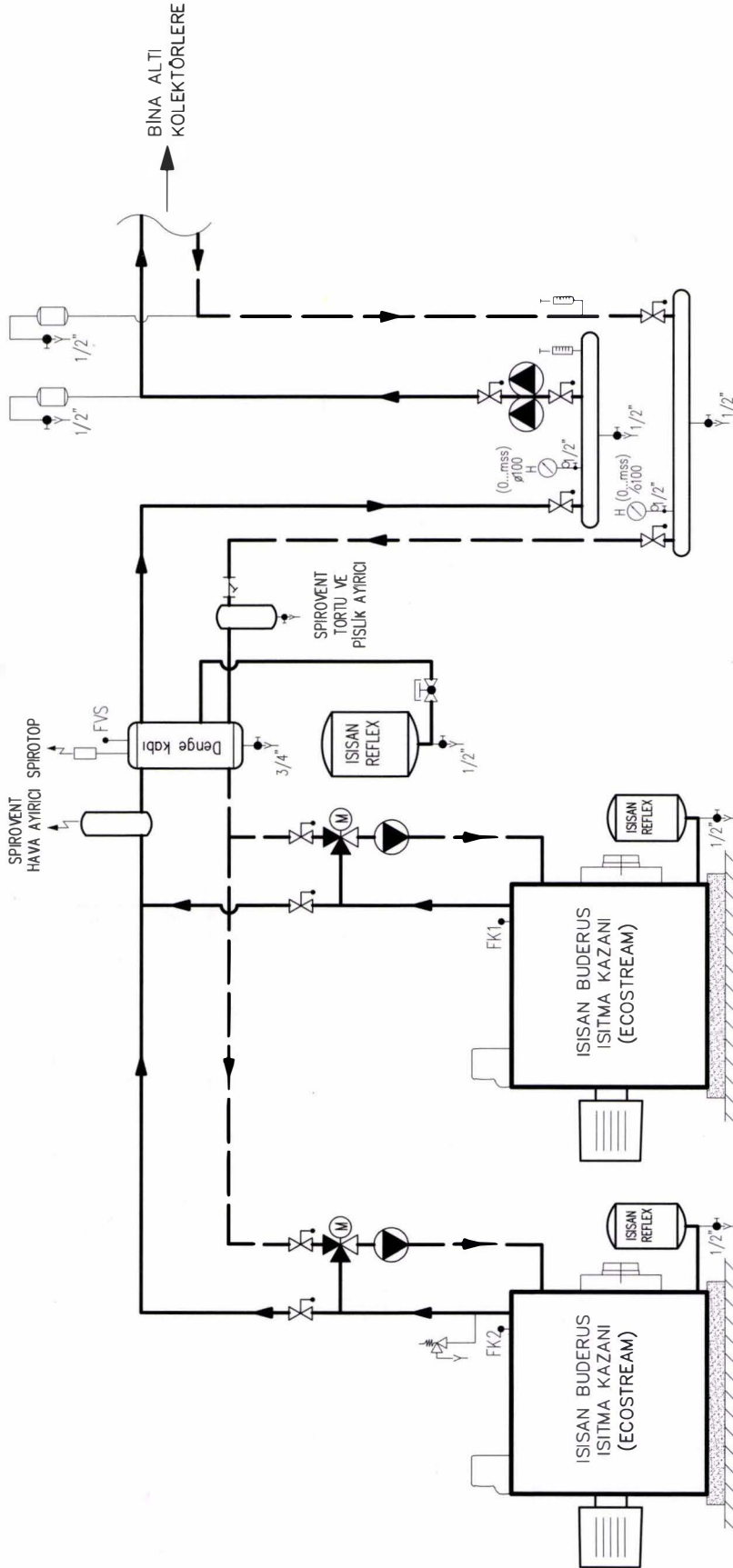
TÜRBÜLATÖRSÜZ ÜÇ TAM GEÇİŞLİ KAZANLAR (2.500 kw x 2) VE KURUM YAPMAYAN ORANSAL BRÜLÖRLER



Şekil 4.13A. Bölge Isıtması (Boyerler Bina Altlarında) - ISI DAĞITIM MERKEZİ - KAZANLAR PRİMER POMPALI
(Not: İlk ısıtma için kazanların çıkışında üç yollu vana yararlı olacaktır.)



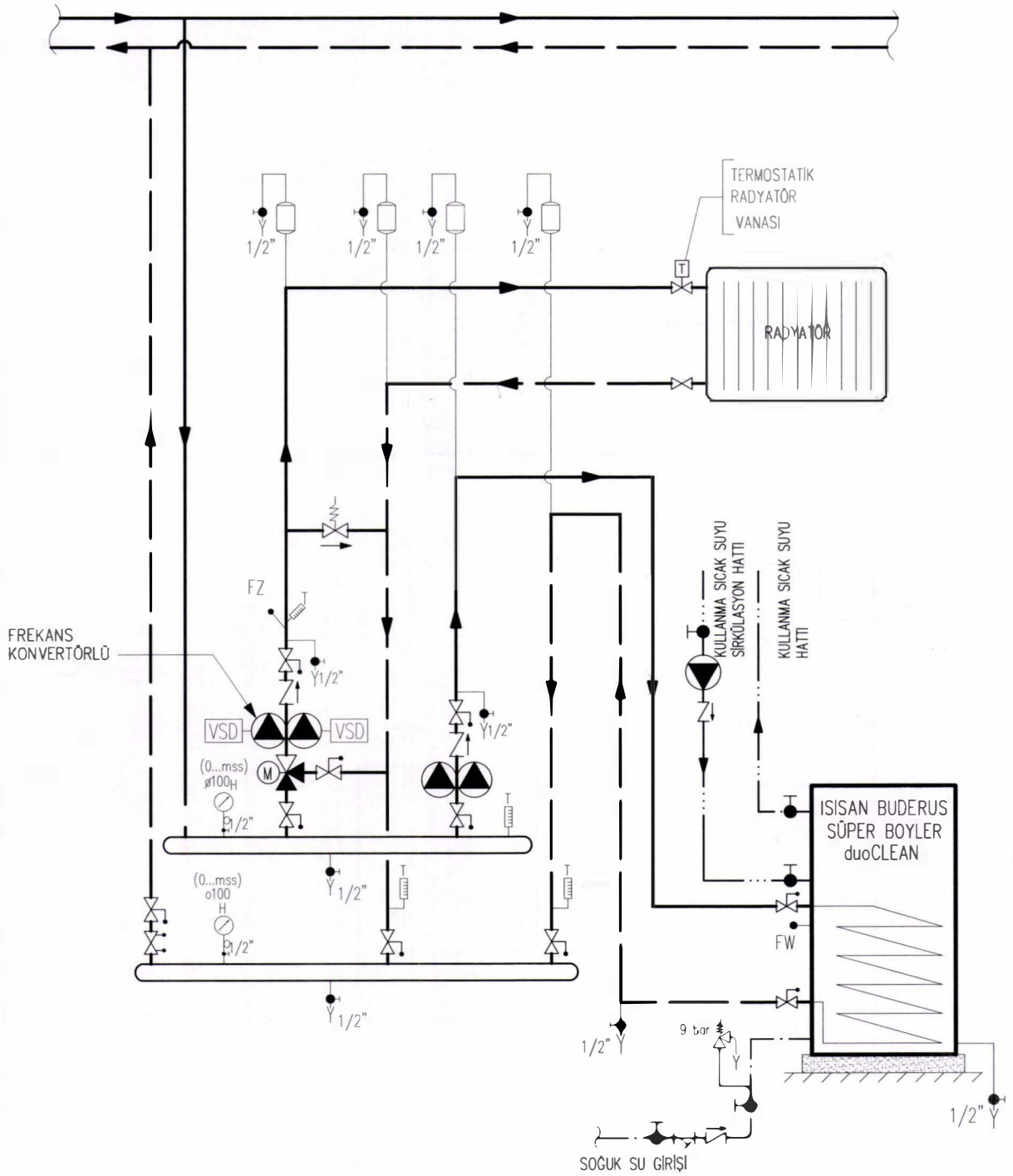
ECOSTREAM ÇELİK KAZAN (2 x 1.750 kW) VE KURUM YAPMAYAN ORANSAL BRÜLÖRLER



Not: Kazan primer pompalarının dönüşte olmasının nedenleri:

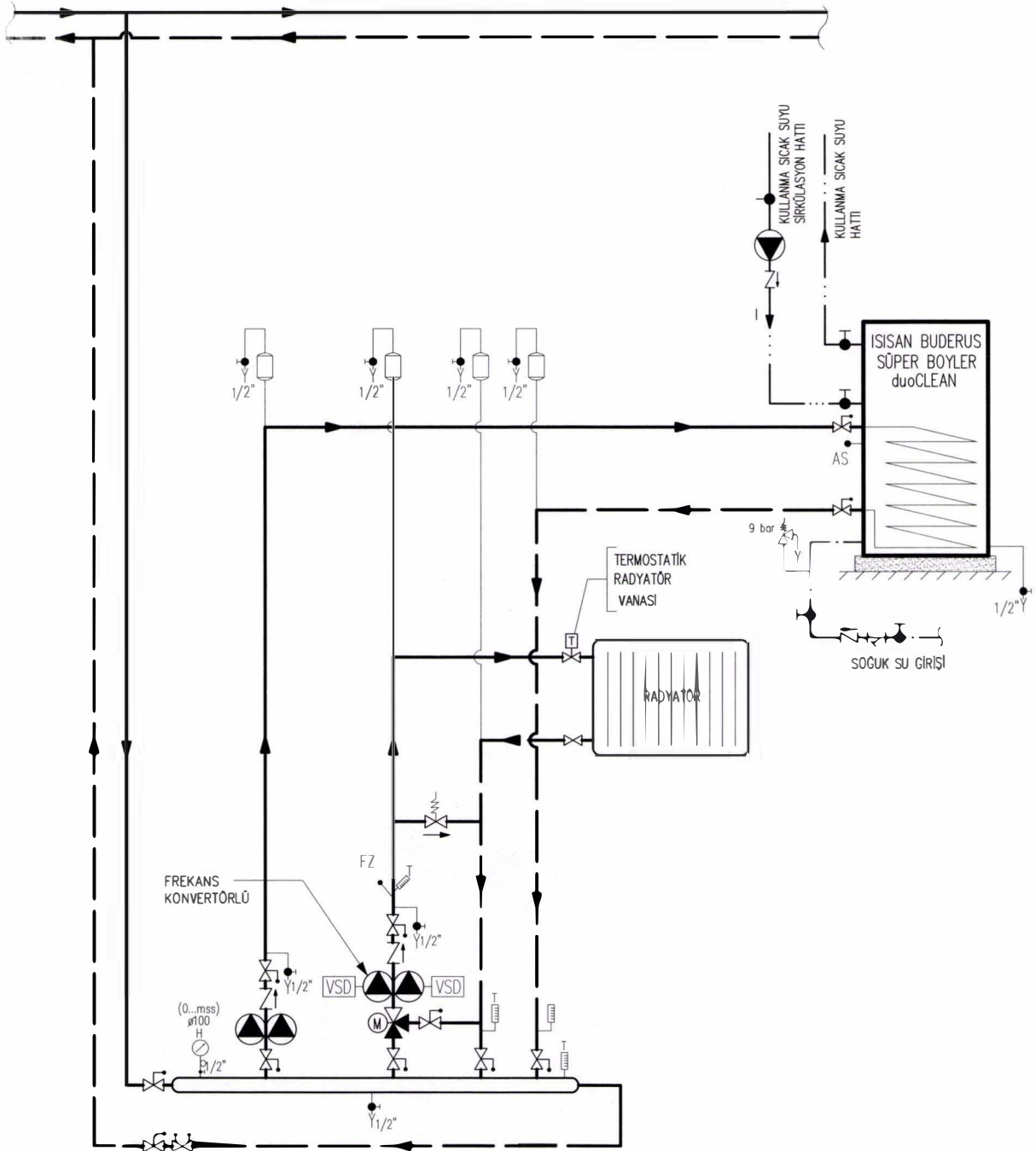
- Daha az ısı kaybı oluşturmak,
- Yoğunluğu daha fazla olan (daha soğuk) dönüş suyunu pompa verimi de daha fazla olur.
- Bunlar çok küçük avantajlar da olsa, enerji ekonomisi için az da olsa yararlıdır.
- Ancak statik basınç sınır değerlerde ise veya primer pompa basıncı yüksekse pompayı gidişe monte etmek daha doğrudur.

Şekil 4.13B. Bölge Isıtması (Boilerler Bina Altlarında) - ISI DAĞITIM MERKEZİ - KAZANLAR PRİMER POMPALI VE ÜÇ YOLLU VANALI



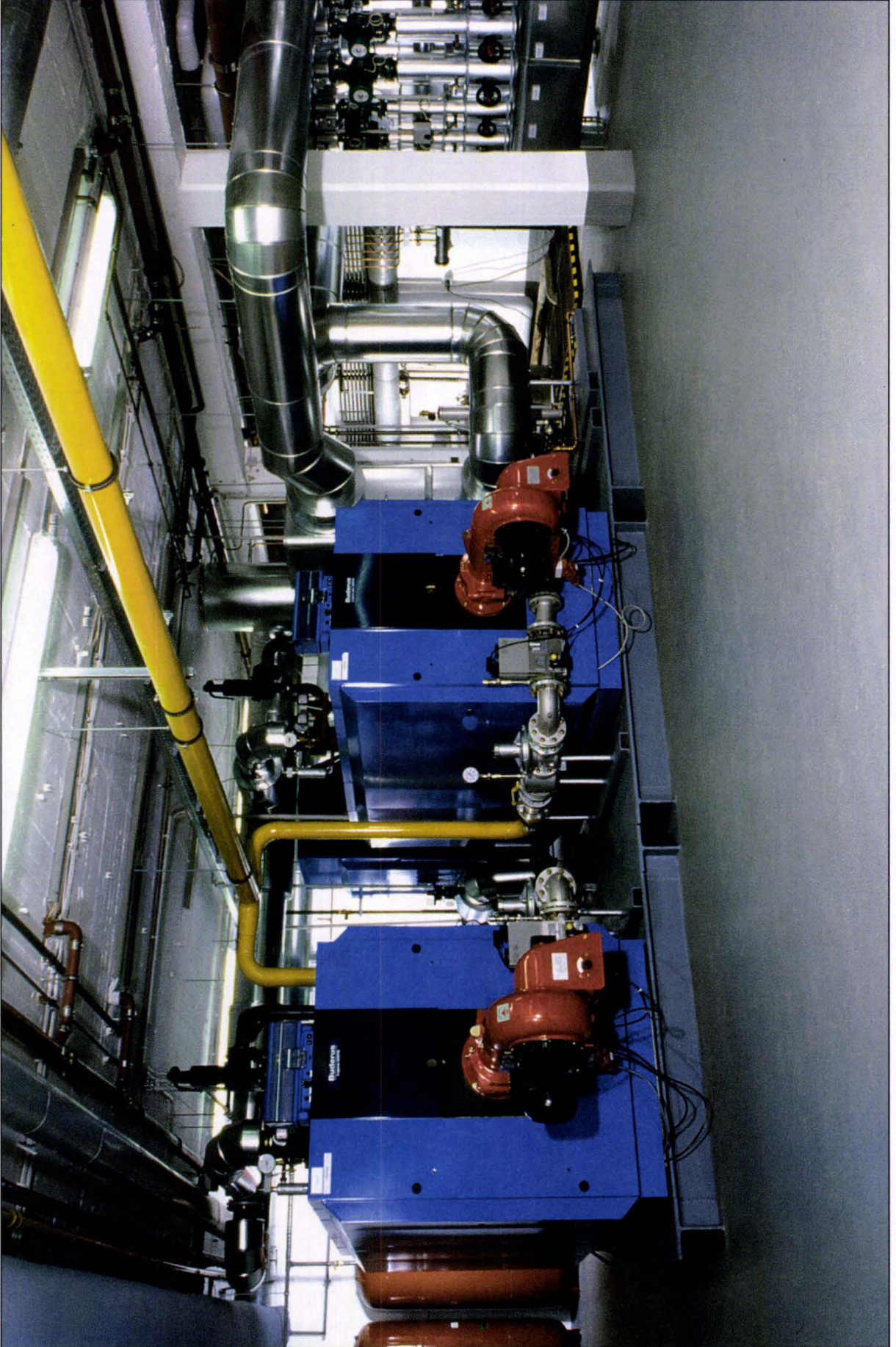
Dikkat: Sistemde hem üç yollu vana hem de termostatik vana ve frekans konvertörlü pompa kullanılabilir. Çünkü üç yollu vana pompanın gidiş hattında değil, emiş hattında ve dış hava sıcaklığına göre çalışmaktadır.

Şekil 4.14. Bölge Isıtması (Boylerler Bina Altlarında) - BİNA ALTI KOLEKTÖRLERİ
Radyatörlerde Termostatik Radyatör Vanaları Var

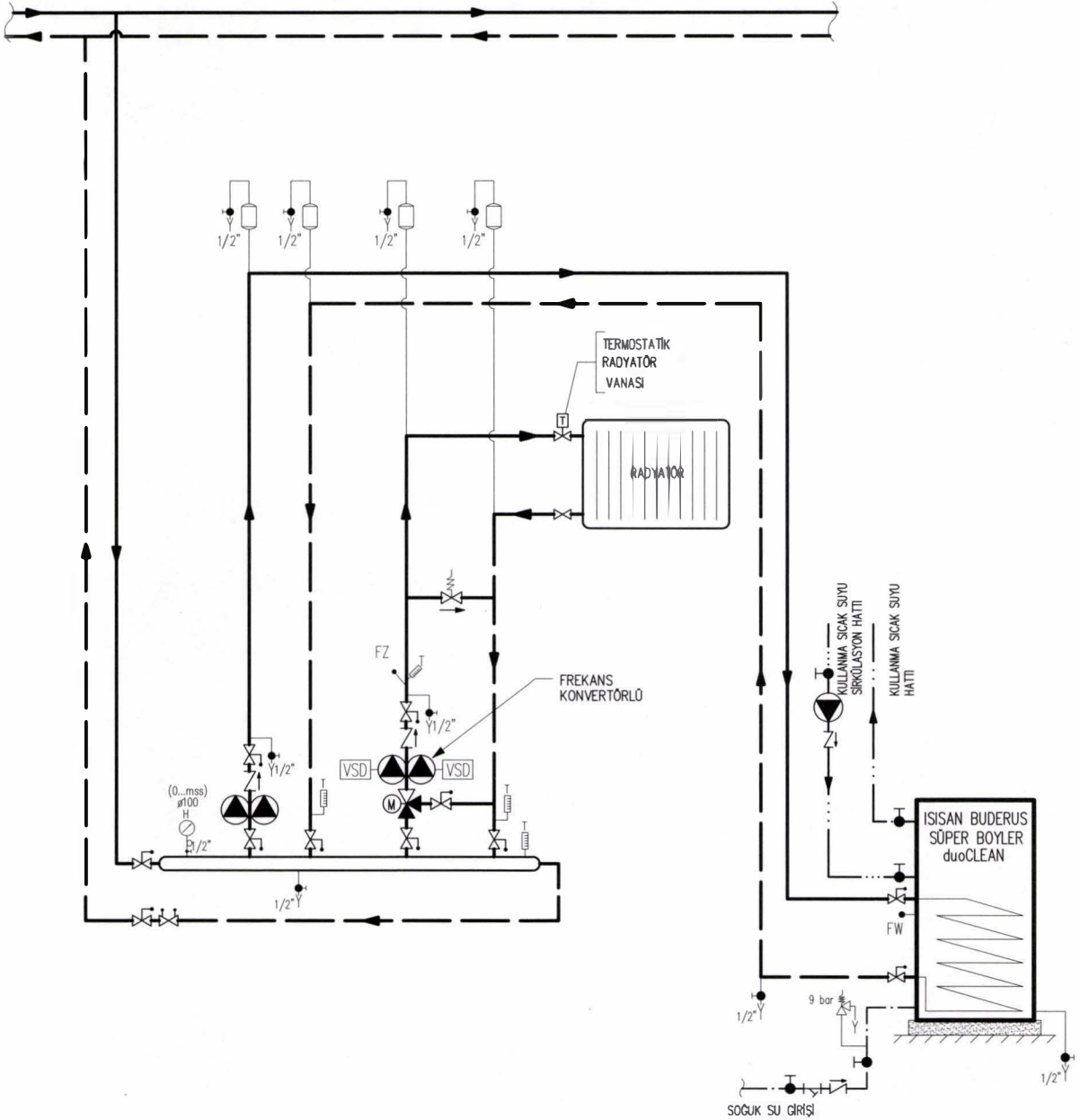


Not: Isı dağıtım merkezinde çalışan ana dağıtım pompasının kapasitesi, bina ısıtma ve boiler pompalarının kapasitesinin toplamı kadar seçilir.

Şekil 4.15A. Bölge Isıtması (Boilerler Bina Altlarında) - BİNALARIN ALTINDA TEK KOLEKTÖR UYGULAMASI
Radyatörlerde Termostatik Radyatör Vanaları Var
SİRKÜLASYONU İYİLEŞTİRİLMİŞ SİSTEM - 1



ECOSTREAM ESNEK DÖKÜM KAZANLAR (1.200 kW x 2)

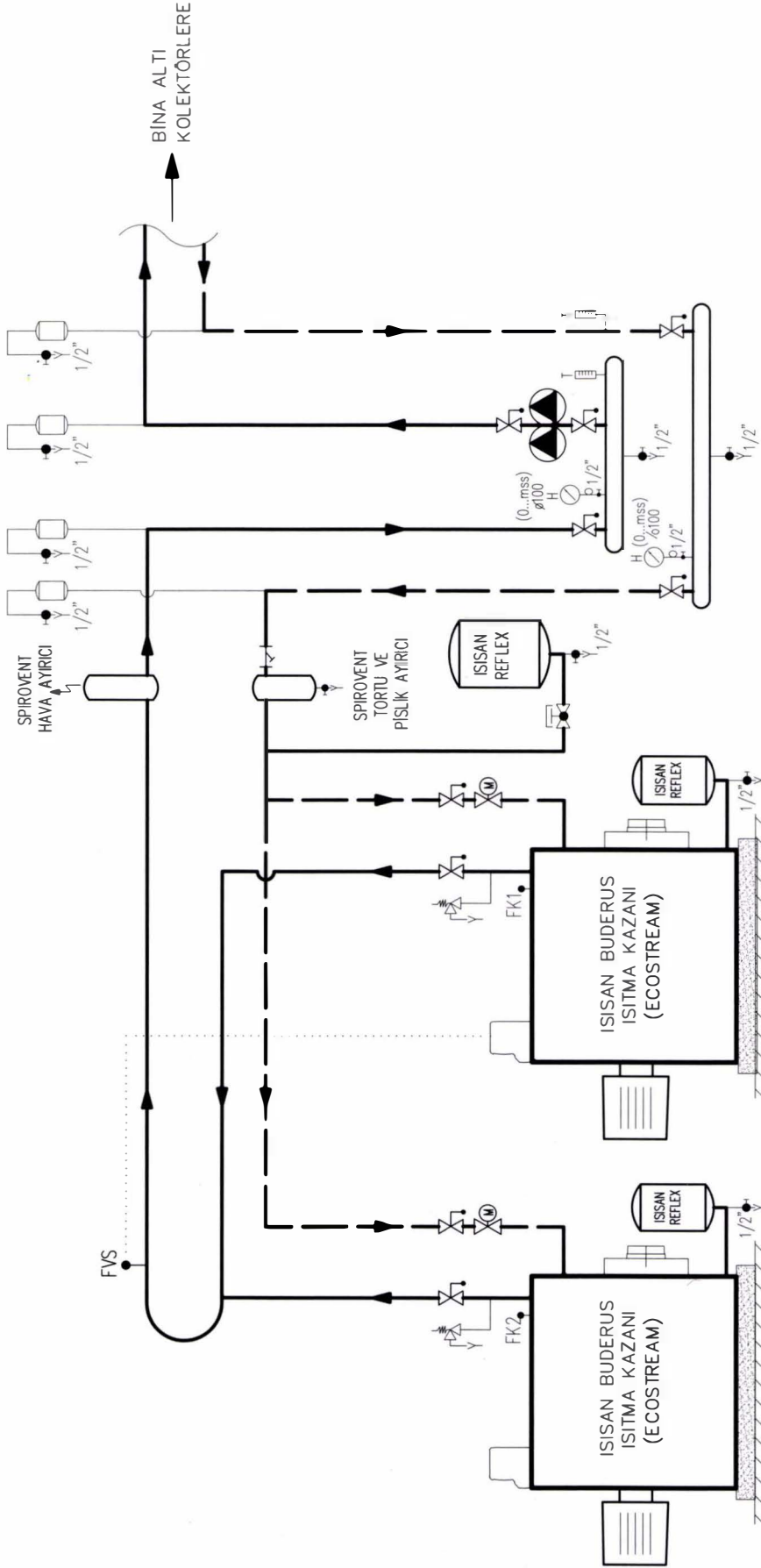


- Not:** 1. Isı dağıtım merkezinde çalışan ana dağıtım pompasının kapasitesi, bina ısıtma pompalarının kapasitesinin toplamı kadar seçilir (Boiler ısıtma pompalarının kapasitesi genellikle ısıtma pompalarının kapasitesinden düşük olduğu için ve ısıtma pompası boilerden dönen suyu ve by-pass yapan suyu aldığı için).
2. Böylece sistemde çok daha az su dolaşır, ana dağıtım pompası daha küçük seçilir ve daha az elektrik tüketir.
3. Isı dağıtım merkezine dönen suyun sıcaklığı daha düşüktür. Böylece dağıtım kayıpları azalır. Kazan verimi artar. Bundan çok daha iyi yararlanılması için yoğunmalı kazan kullanılması tavsiye edilir.

Şekil 4.15B. Bölge Isıtması (Boyerler Bina Altlarında) - BİNALARIN ALTINDA TEK KOLEKTÖR UYGULAMASI
Radyatörlerde Termostatik Radyatör Vanaları Var
SİRKÜLASYONU İYİLEŞTİRİLMİŞ SİSTEM - 2



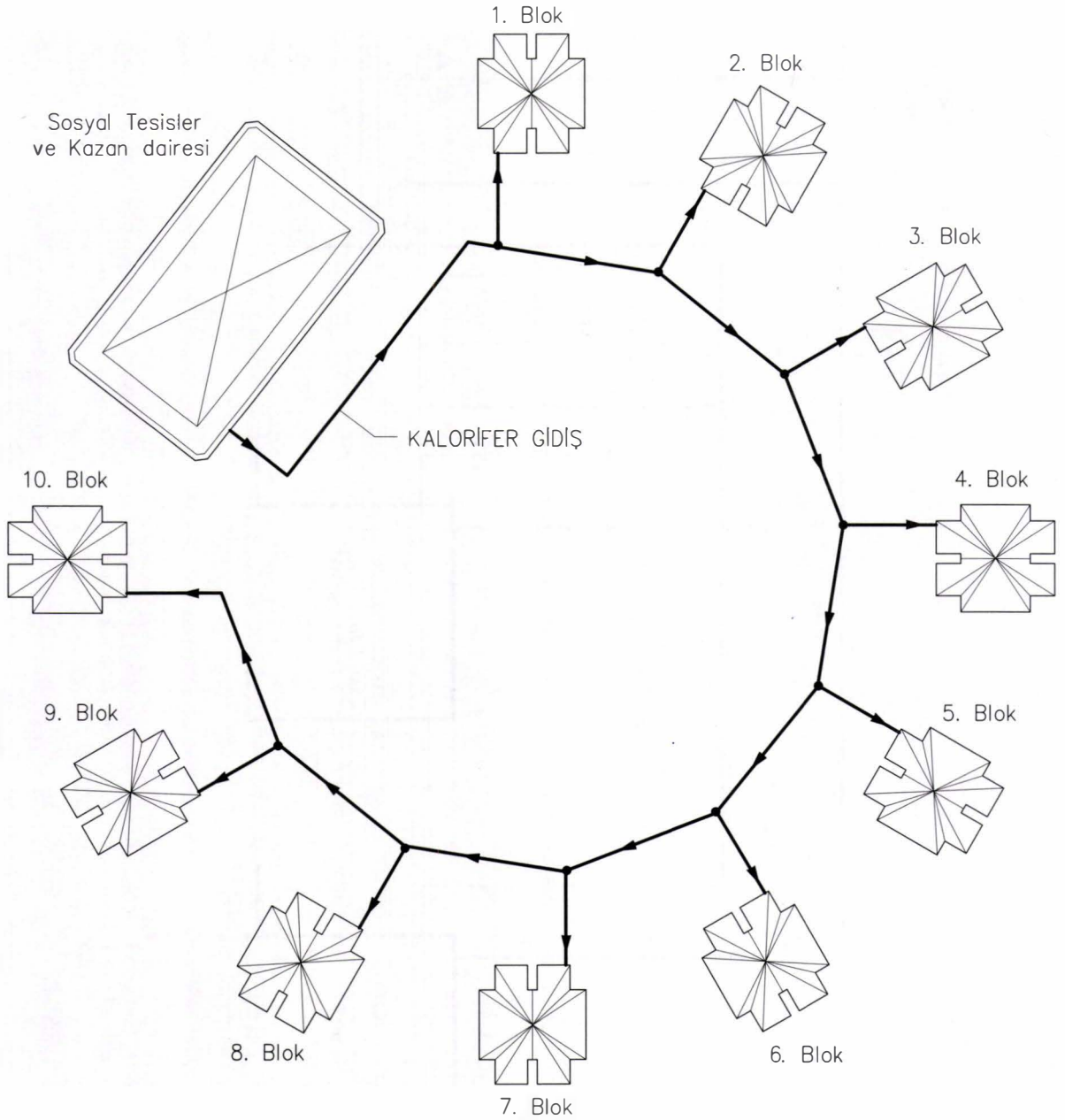
ECOSTREAM ESNEK DÖKÜM KAZANLAR (1.200 kW x 2) VE İKİ KADEMELİ BRÜLÖRLER



Elestri: Sistemde tek sabit debili pompa var. Çalışmayan kazanın iki yollu vanası kapandığında tüm debi diğer kazandan geçecek, çok kazanlı sistemlerde ise problem daha büyük olacaktır. Her kazana primer pompa, sisteme de denge kabı ve sekonder pompa uygulaması genellikle daha uygundur.

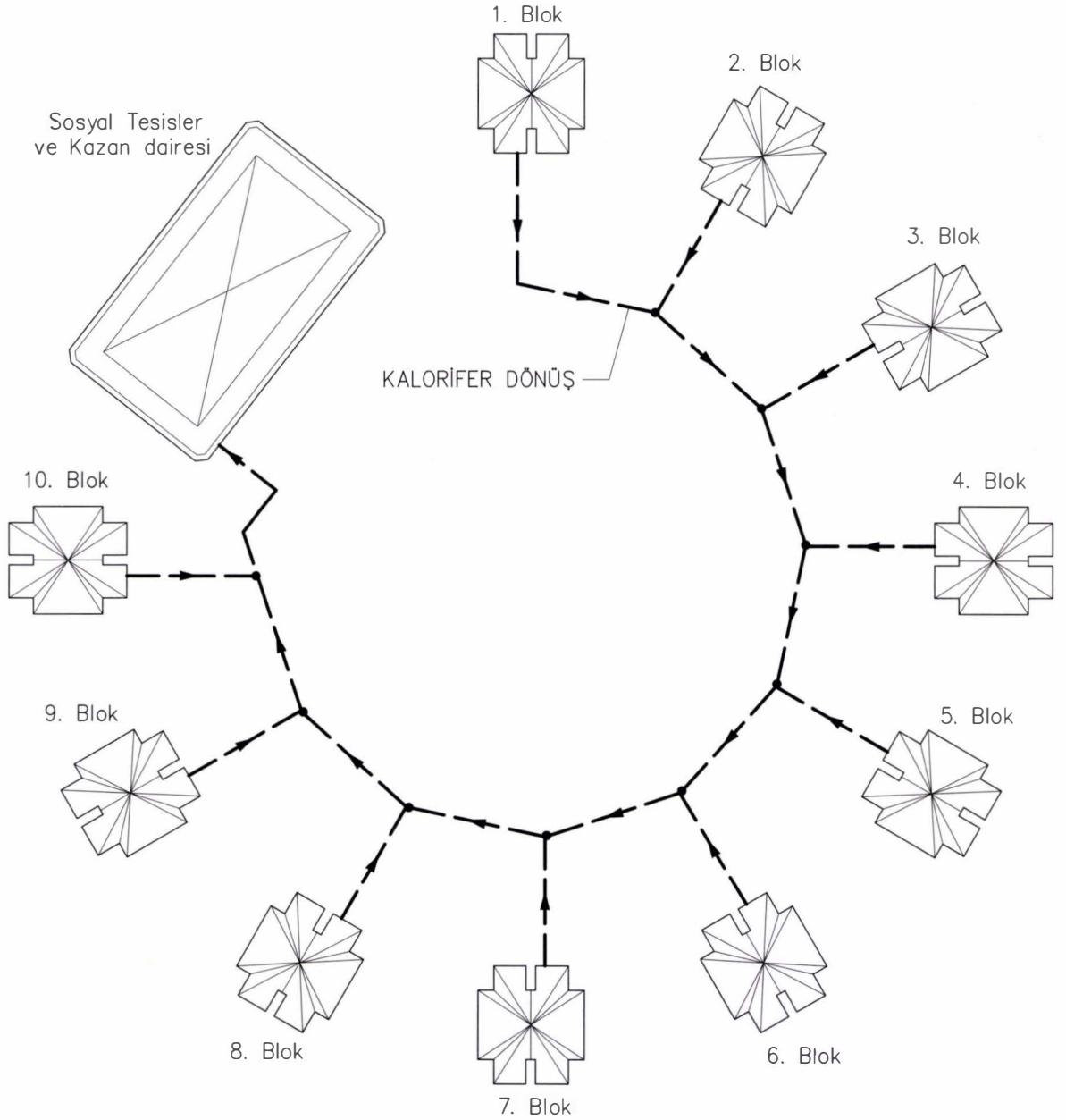
Şekil 4.16. Bölge Isıtması (Boyerler Bina Altlarında) - ISI DAĞITIM MERKEZİ - Eşit Direnç Uygulaması

**BÖLGE ISITMASI (UZAKTAN ISITMA)
EŞİT DİRENÇ SİSTEMİ UYGULAMASI ÖRNEĞİ
BOYLERLER ISI DAĞITIM MERKEZİNDE**



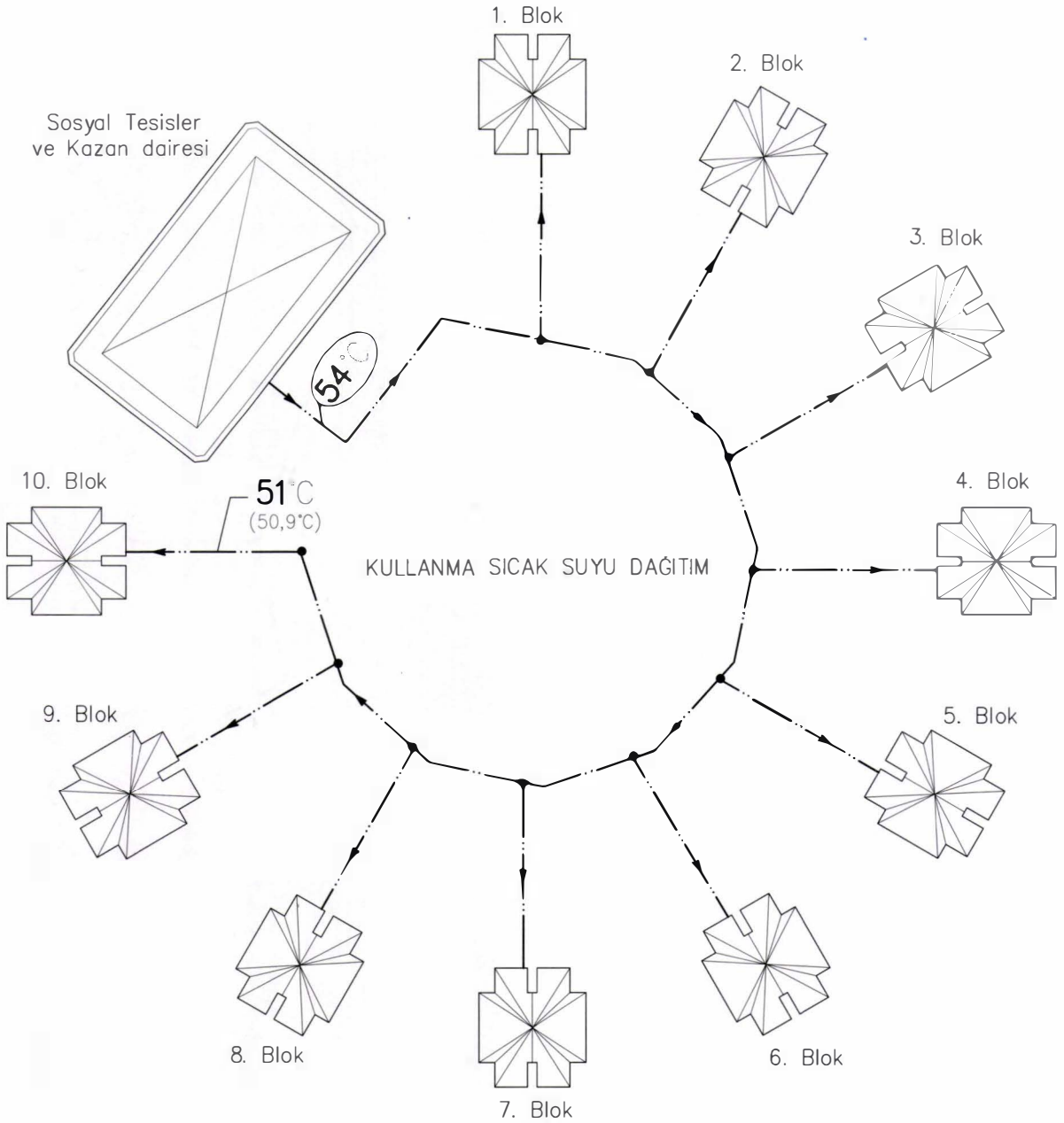
Şekil 4.17A. Bölge Isıtması - TESİSAT GİDİŞ (Dağıtım) HATTI PROJESİ

BÖLGE ISITMASI (UZAKTAN ISITMA)
EŞİT DİRENÇ SİSTEMİ UYGULAMASI ÖRNEĞİ
BOYLERLER ISI DAĞITIM MERKEZİNDE



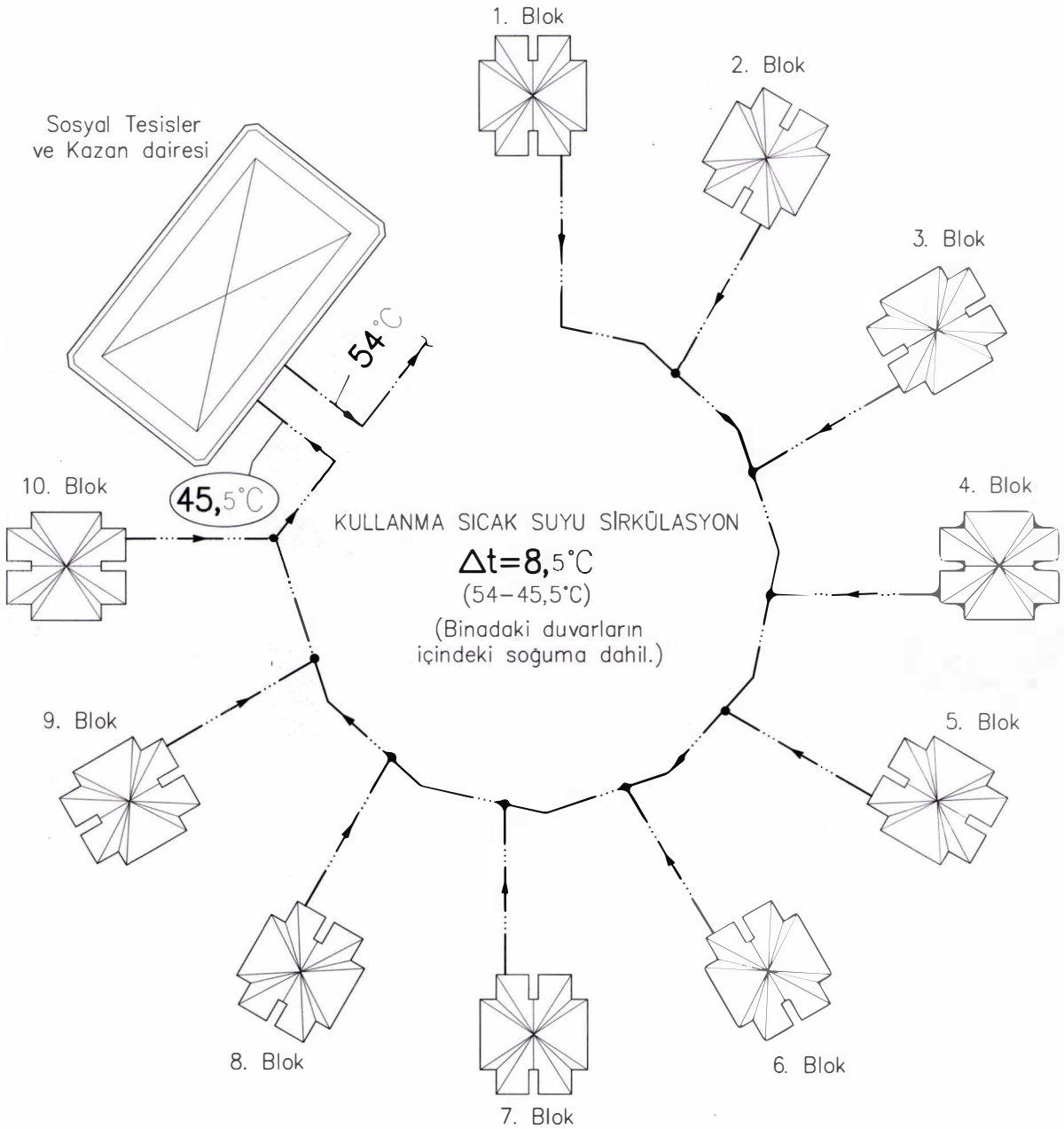
Şekil 4.17B. Bölge Isıtması - TESİSAT DÖNÜŞ (Toplama) HATTI PROJESİ

BÖLGE ISITMASI (UZAKTAN ISITMA) EŞİT DİRENÇ SİSTEMİ UYGULAMASI ÖRNEĞİ BOYLERLER ISI DAĞITIM MERKEZİNDE

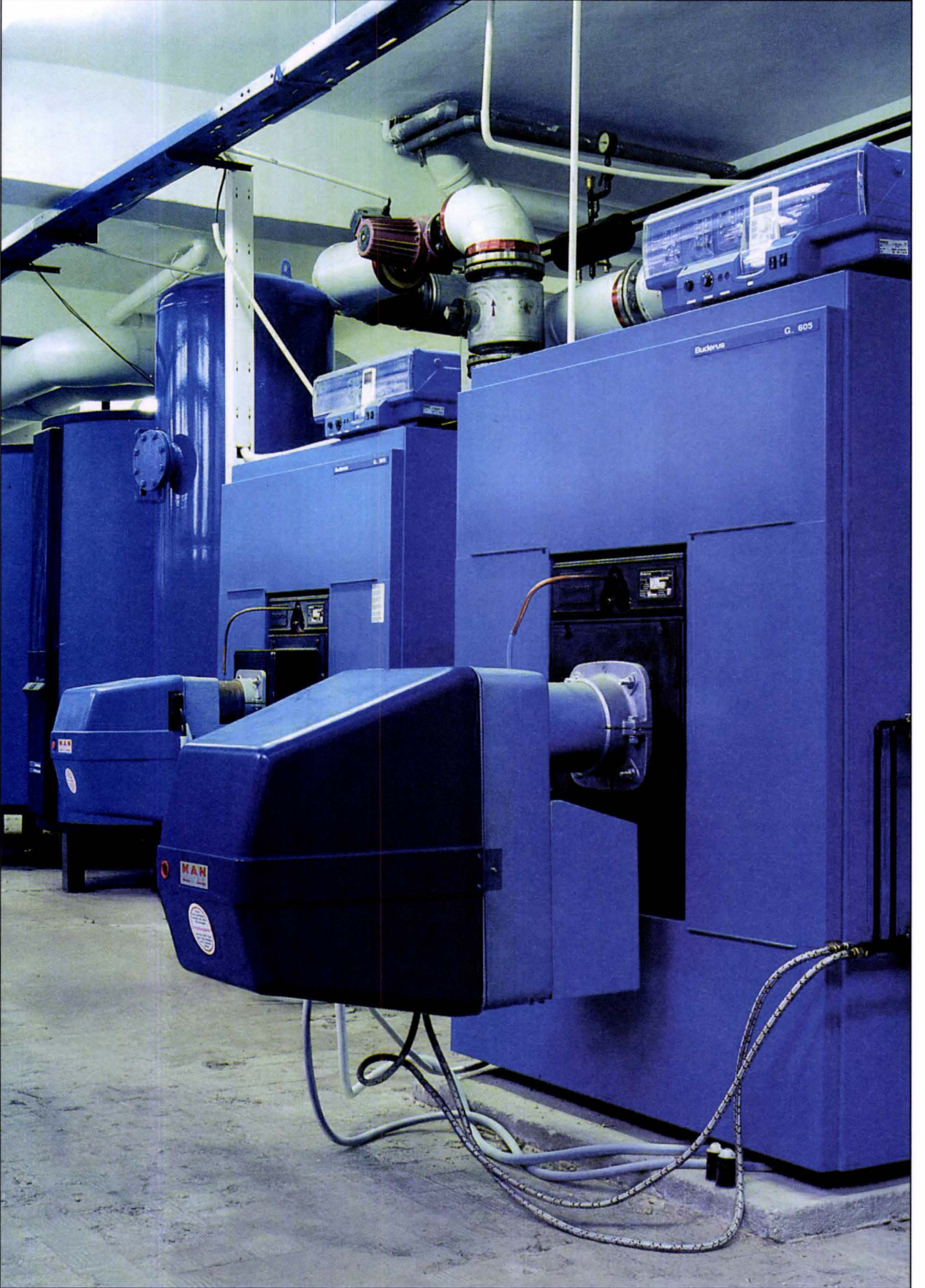


Şekil 4.17C. Bölge Isıtması - KULLANMA SICAK SUYU DAĞITIM HATTI PROJESİ

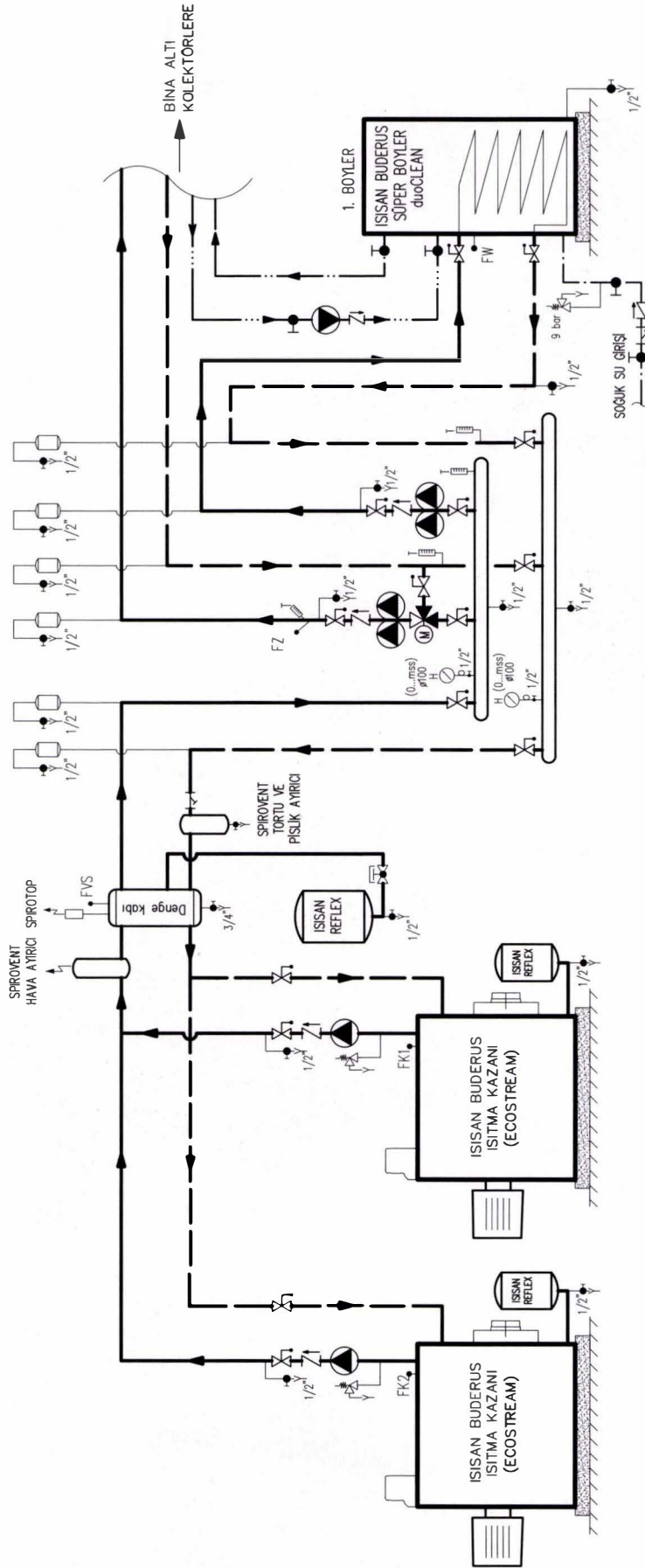
BÖLGE ISITMASI (UZAKTAN ISITMA) EŞİT DİRENÇ SİSTEMİ UYGULAMASI ÖRNEĞİ BOYLERLER ISI DAĞITIM MERKEZİNDE



Şekil 4.17D. Bölge Isıtması - KULLANMA SICAK SUYU SİRKÜLASYON HATTI PROJESİ



ECOSTREAM ESNEK DÖKÜM KAZANLAR (2 x 1.200 kW) ve
DİK TİP HİJYENİK BOYLERLER (2 x 1.000 l = 6.420 l/h)



Sistemde birden fazla boyler varsa
Şekil 4.23F ve 4.23G'de gösterildiği
gibi bağlanmalıdır.

Şekil 4.18A. Bölge Isıtması (Boylerler ısı Dağıtım Merkezinde) - ISI DAĞITIM MERKEZİ - Kazanlar Primer Pompalı
(Zon üç yönlü vanasını kazan kontrol ediyor.)

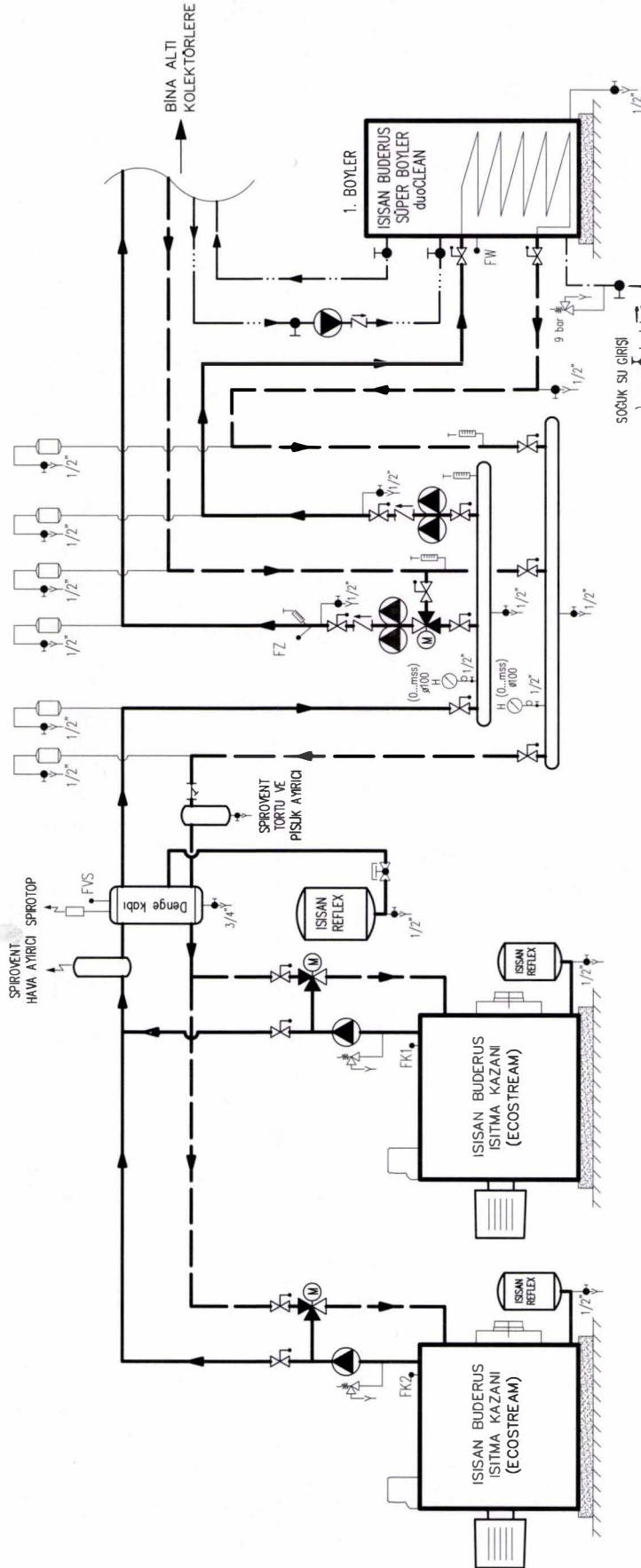


TÜRBÜLATÖRSÜZ ÜÇ TAM GEÇİŞLİ KAZANLAR (2.500 kW x 2) VE YATIK TIP HIJYENİK BOYLERLER (2 x 3.000 l = 33.000 l/h)

Aynı sıcak su kapasitesi için 10 adet dik boiler gerekecektir.

Yatık hijyenik boilerler kullanılarak; çok daha az yer kaybı ve çok daha az boiler dış yüzeyleriyle ısı kayıpları da azaltılmış ve enerji ekonomisi sağlanmıştır.

Sistemde kazan dönüş suyu sıcaklık kontrolü yapılıyor. Sistem soğukken (örneğin geceleri kapatılan sistemlerde) ilk devreye alındığında kazanı dengeli ısıtmak için bu sistem yararlıdır.



Sistemde birden fazla boiler varsa Şekil 4.23F ve 4.23G'de gösterildiği gibi bağlanmalıdır.

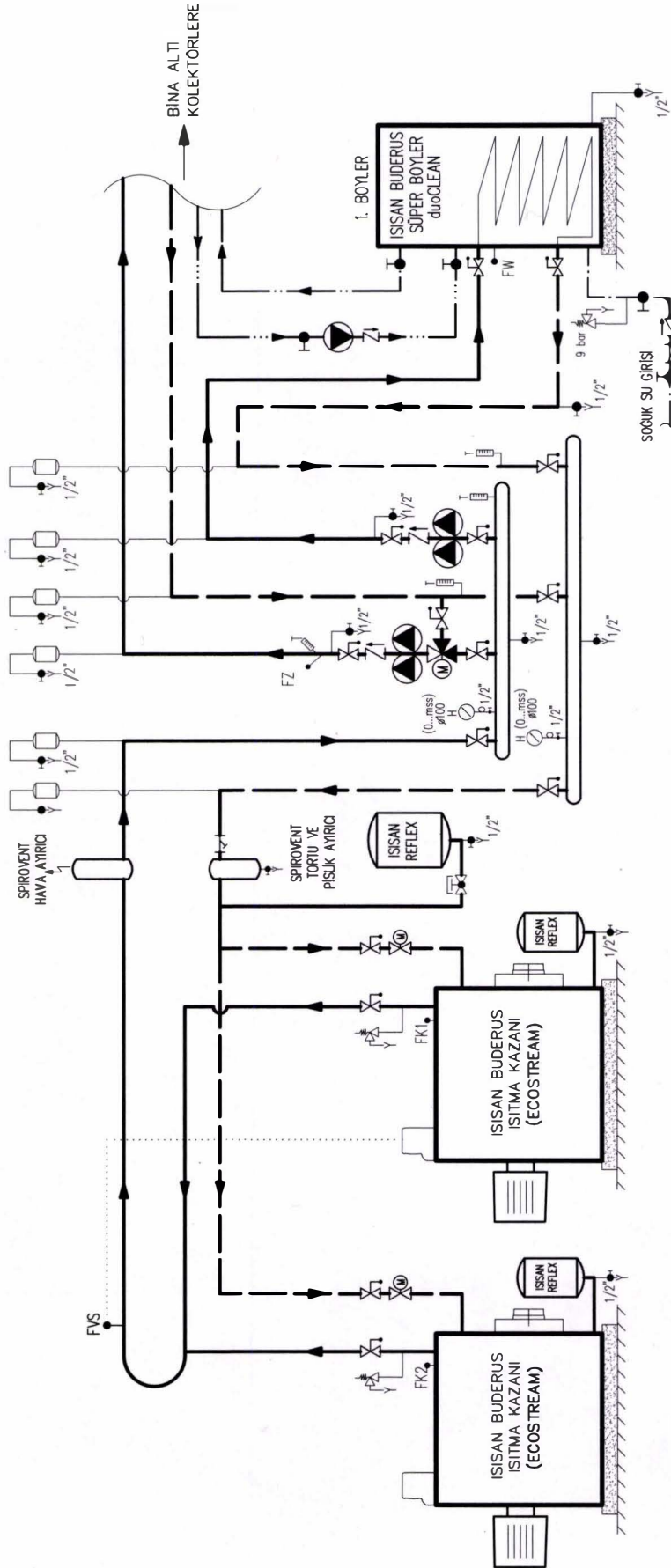
Pratik Bilgi : Boyleri ısıtan sirkülasyon pompaları durduğu zaman (boylerdeki su istenilen sıcaklığa gelmiş durumda) kazan pompalarının (primer pompaların) bastığı ısıtma suyu az da olsa boilerlerden geçebilir. Bu istenmeyen, ancak işletmede bazen karşılaşılan bir sorundur. Bu durumda :

- Kazan (primer) pompaların kapasitesi (basıncı) aşırı büyük seçilmiş olabilir, kapasite azaltılmalıdır.
- Denge kabı boyutları kaçak seçilmiş olabilir. Denge kabı boyutlandırması için ısısan çalışmalarını No:265 Isıtma tesisatı kitabına bakınız.
- Geçici çözüm olarak da boiler ısıtma devresine on-off iki yollu vana monte edilebilir.

Şekil 4.18B. Bölge Isıtması (Boyerler ısı Dağıtım Merkezinde) - ISI DAĞITIM MERKEZİ - Kazanlar Primer Pompalı ve Üç Yollu Vanalı

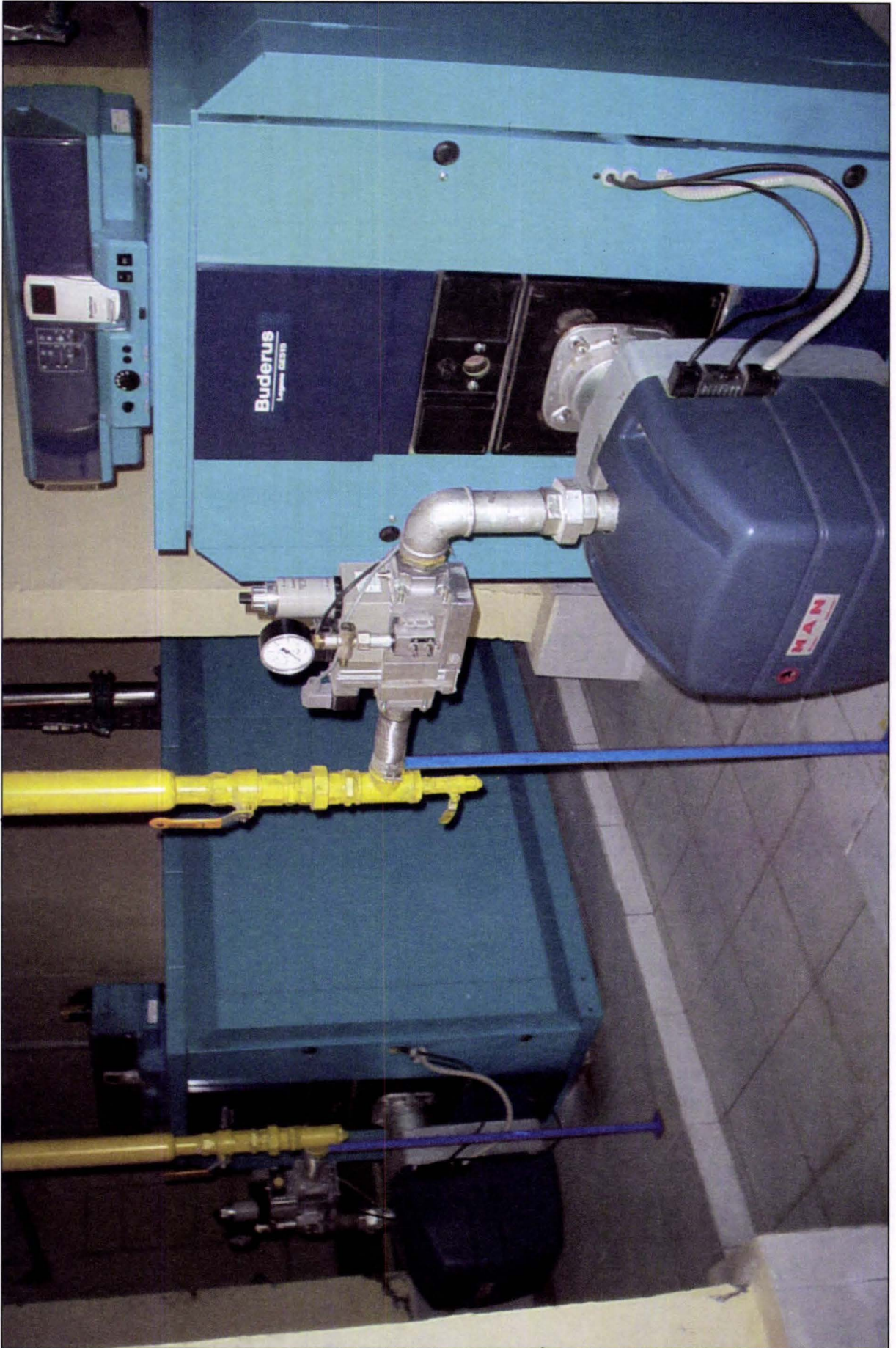


ECOSTREAM ÇELİK KAZANLAR (2 x 1.400 kW) VE KURUM YAPMAYAN ORANSAL BRÜLÖRLER (Soldaki brülör çift yakıtlı tip)

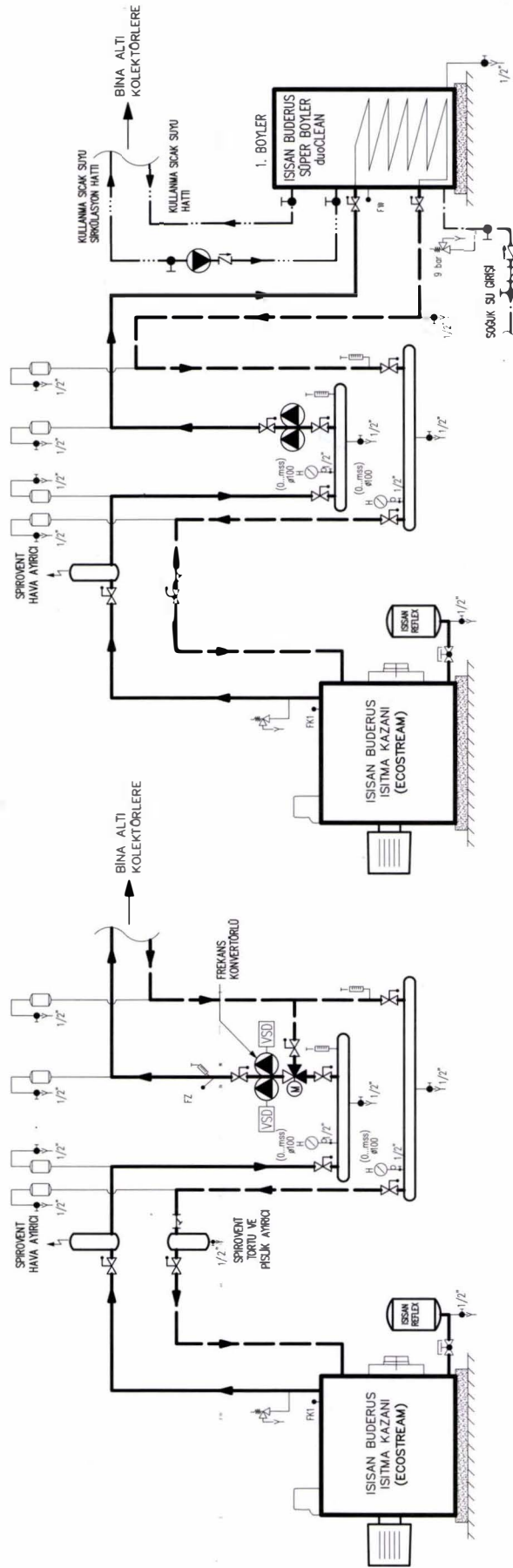


Sistemde birden fazla boyler varsa
Şekil 4.23F ve 4.23G'de gösterildiği
gibi bağlanmalıdır.

Şekil 4.18C. Bölge Isıtması (Boylarlar Isı Dağıtım Merkezinde) - Eşit Direnç Uygulaması

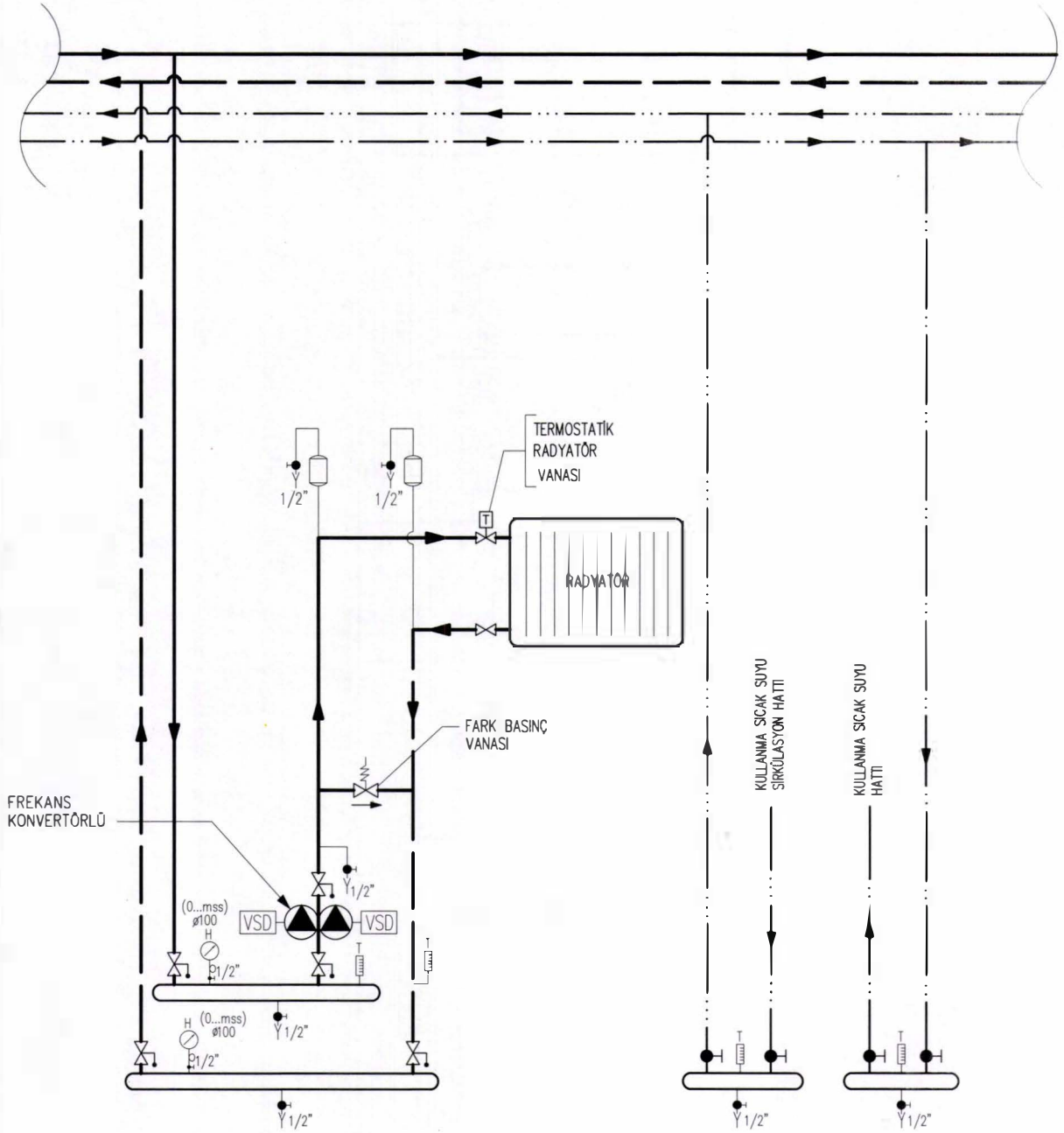


ECOSTREAM ESNEK DÖKÜM KAZANLAR (2 x 510 kW)



Sistemde birden fazla boyler varsa
Şekil 4.23F ve 4.23G'de gösterildiği
gibi bağlanmalıdır.

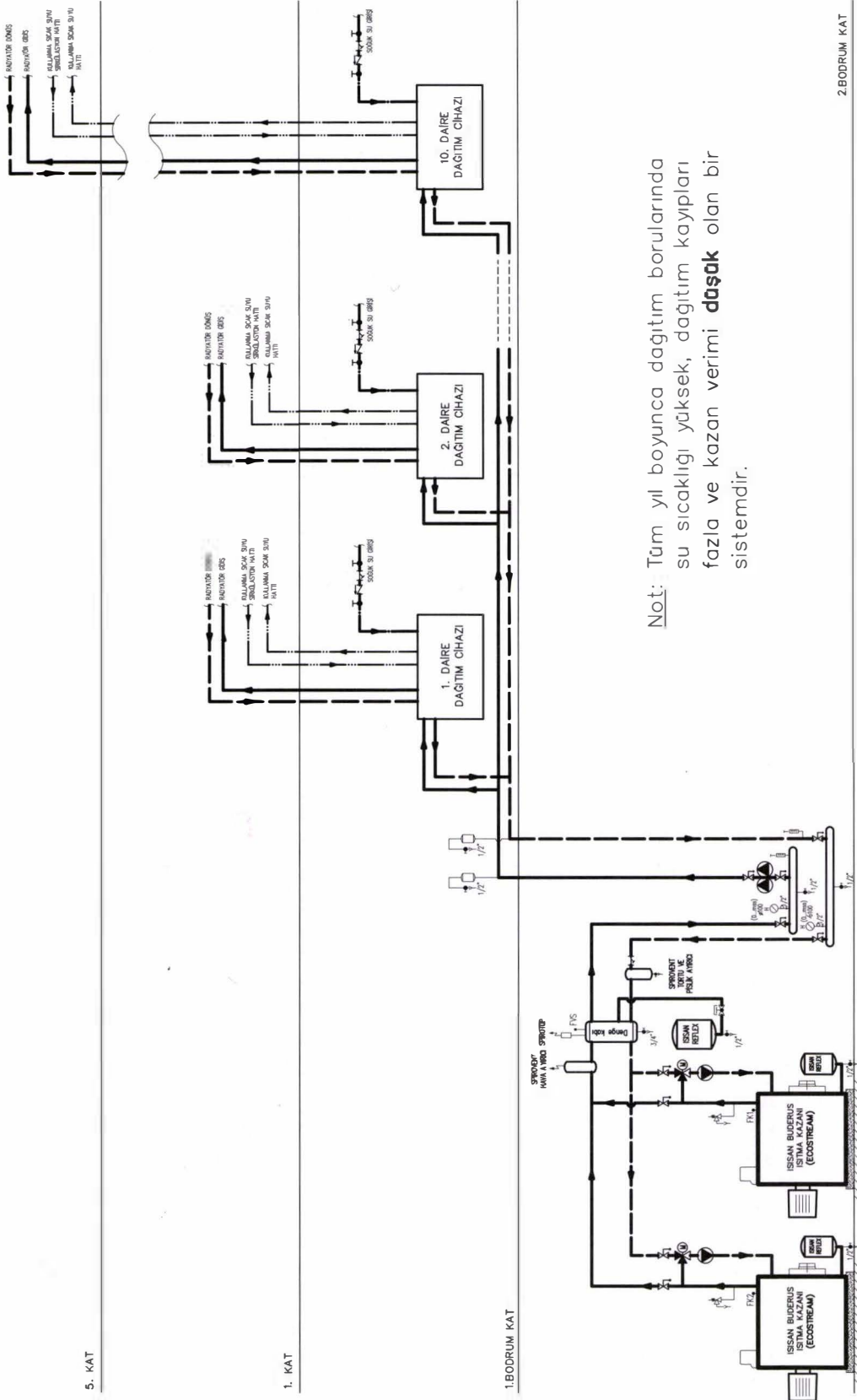
Şekil 4.19. Bölge Isıtması (Boyerler Isı Dağıtım Merkezinde) - Isıtma Kazanı ve Boyler Kazanı Ayrık



(Not: Isıtma merkezindeki pompa frekans konvertörlü.)

Şekil 4.20. Bölge Isıtması (Boylerler Isı Dağıtım Merkezinde) - BİNA ALTI KOLEKTÖRLERİ

KAZANLAR 2.BODRUM KATTA, HER DAİRENİN KULLANIM SICAK SUYU VE ISITMA DAĞITIM KUTUSU 1.BODRUM KATTA



Not: Tüm yıl boyunca dağıtım borularında su sıcaklığı yüksek, dağıtım kayıpları fazla ve kazan verimi **düşük** olan bir sistemdir.

Şekil 4.21. Bölge Isıtması - Her Bina Altında Isı Dağıtım Cihazları

4.4.1.1.2 Boylerler de Isı Dağıtım Merkezinde (Şekil 4.17A, B, C, D)

Bölge ısıtılmasında sıcak su ihtiyacını karşılamak için ikinci alternatif, boylerlerin de ısı dağıtım merkezinde olmasıdır. Bu alternatifin avantajı yazın tesisatta sıcak su dolaşmasının engellenmesidir. Ama diğer taraftan kullanma sıcak suyu borularda gezecektir. Sistem olarak konuşursak, 90°C su yerine 60°C su gale- rilerde dolaşacaktır. Bu yazın söz konusu olan ısı ka- yıbını düşürecektir. Fakat, kışın ise durum tam tersi olacaktır. Çünkü her iki sistemde de (hem sıcak su tesisatında, hem de kullanma sıcak suyu tesisatında) ısı kaybı olacaktır. Bu yüzden hesapların çok iyi yapılması gerekmektedir.

Söz konusu örnekte yapılan ölçümlerde, kazan da- iresindeki boylerlerden gelen kullanma sıcak suyu sıcaklığı kazan dairesinden çıktığında 54°C iken son binaya girerken 51°C'ye düştüğü görülmüştür (Şekil 4.17C).

Kullanma sıcak suyu sirkülasyon hattında yapılan ölçümlerde ise kullanma suyunun sıcaklığının, ka- zan dairesine döndüğünde 45,5°C olduğu gözlem- lenmiştir (Şekil 4.17D). Kazan dairesi boyler çıkışı ile sirkülasyon hattı dönüşü arasındaki toplam fark $\Delta T = 54 - 45,5 = 8,5^\circ\text{C}$ 'dir.

Dolayısıyla tesisat hattındakine benzer bir kaybın, sı- cak kullanma suyu hattında da olduğu görülmüştür. Isı dağıtım merkezindeki kazan seçimi bu sistemde çok daha önemli bir kriter olmaktadır. Kazanlar ya- zın sadece boylerlere çalışacaktır. Öncelikli olarak tam kapasitede bir kazan yerine yarı kapasite iki kazan seçilmelidir. Bu hem sisteme bir parça ye- dekleme getirecektir (kazanlardan biri bir şekilde çalışmaz ise, diğeri en azından sistemi bir süre idare edebilecektir.). Diğer taraftan da yazın büyük bir kazanla sadece sıcak su ihtiyacı karşılanmak zo- runda kalınmayacaktır. Bu da yakıt tüketimini azal- tacaktır. Kazan dairesindeki fark boylerlerin bina altında olduğu halden sadece denge kabından son- ra boyler hattı eklenmesi ile sınırlıdır (Şekil 4.18A). Bir önceki bölümde bahsedildiği gibi ilk çalıştırmada oluşacak yoğunlaşmanın engellenebilme- si için, kazan üç yollu vanalarının kullanılması ge- rekmemektedir (Şekil 4.18B).

Burada gelecek bir soru: "Boiler kazanı ayrı olsun mu?" olacaktır. Eğer tercih edilirse boyler kazanı ayrı yapılabilir (Şekil 4.19). Burada en önemli kri- ter, sıcak su ihtiyacı miktarı ve kullanım süresidir. Bu sistemin avantajı sadece yazın ısıtma kazanının tamamen kapatılması değildir. Ayrıca eğer ısıtma kazanı olarak uygun bir kazan seçilirse, kışın dış hava sıcaklığına göre işletim sağlanabilir. Dış hava sıcaklığı uygun olduğunda tüm sistemin sıcaklığı düşürülebilir. Boyler kazanı ise sadece boyler ihti- yacı olduğunda, ona göre çalışacaktır.

Bina altlarında ise üç kolektör olacaktır. Isıtma kolek- töründe sadece radyatör hattı olacaktır. Ayrıca sıcak kullanma suyu ve soğuk kullanma suyu için birer ko- lektör olacaktır (Şekil 4.20).

4.4.1.1.3 Bina Altlarında Dağıtım Cihazlı Sistem

Bir diğer alternatif ise ilk alternatif benzeri olan bina altlarında dağıtım cihazlı sistemdir. Bu sistemde ısı dağıtım merkezinden gelen dağıtım hatları, her bağımsız bölümün kendi dağıtım cihazlarına girer. Dağıtım cihazları içinde iki hat bulunur. Birinci hat tes- isata giden hattır. İkinci hat ise cihazın içindeki sıcak kullanma suyu eşanjörüne gider. Sıcak su ihtiyacı ol-duğunda cihaz ısıtmayı durdurur ve eşanjör vasıtasıyla sıcak kullanma suyu üretir. İhtiyaç bittiğinde ısıt- maya geri döner. Isıtmadaki kontrol radyatörlerdeki termostatik vanalarca yapılır (Şekil 4.21).

Bu sistemin **avantajı**, dağıtım cihazının girişine kalo- rimetre eklenerek yakıt giderinin binalar arasında da- ğılımı problemlerine bir nebze de olsa çözüm getirmesi- dir. Hatlardaki kayıplar binalar arasında ortak bölüşü- lürken, her bina kalorimetresine göre ödeme yapılabilir. Sistemin **dezavantajı** öncelikle yakıt tüketiminin yüksek olmasıdır. Sistemde her zaman yüksek sıcak- lıkta su dolaşmak zorundadır. Radyatöre gelene ka- dar su sıcaklığı teorik olarak 90°C olacaktır (kayıp- lar göz önünde tutulmazsa). Konfor açısından da, iş- letme giderleri açısından da bakılırsa kontrolün ta- mamen termostatik radyatör vanalarınca yapılması problem yaratabilecektir. Sisteme en azından ısıtma tarafına bir üç yollu vana eklenerek dış hava sıcaklı- ğına göre çalışması sağlanabilir. 4.1.1 bölümünde de bahsedildiği gibi termostatik radyatör vanaları son ayar için tasarlanmıştır. Tüm kontrolü onlardan bek-lemek sistemi zorlayabilir.

4.4.1.2 Boylerler Isı Dağıtım Merkezinde mi, Bina Altlarında mı Olmalıdır?

Pratikte hangi sistemin kullanılacağını seçimi kul- lanma suyu durumuna bağlıdır. Eğer her binanın altın- da soğuk su tankı varsa ve ayrı hidrofor varsa, boyler- lerin de binaların altında olması doğrudur. Özellikle binaların dağıldığı ortamın özellikleri, seçimde önem- li bir kriter olacaktır. Eğer binalar arasında çok fazla kot farkı varsa, merkezi bir hidrofor sistemi kullanıldığında basınç ayarlamasının yapılması çok zor ola- caktır. Bu yüzden yüksekte kalan binalara ayrı hidro- for sistemi konması önemlidir. Böylelikle bir bina için tüm bir sistemi yüksek basınçta tutmak zorunluluğu ortadan kalkacaktır. Diğer taraftan da, günümüzde bi- naların içindeki her mekan çok değerli hale gelmiştir. Her bina altında bir tesisat dairesi kurulmasına da bir maliyet gözüyle bakılmalıdır. Gerekli alan hiç buluna- mayacak projeler de olacaktır. Bu durumda doğru ter- cih, merkezi kullanma suyu sistemi olacaktır.

4.4.1.3 Kazan Seçimi

Sistem verimi açısından, bakıldığında işletmede yapılacak iyileştirmelerin yanı sıra cihaz seçimi de çok önemlidir. Bölge ısıtmasında kapasitenin büyüklüğü de düşünüldüğünde kazan veriminin önemi daha da artmaktadır. Bu açıdan bakıldığında, ısı dağıtım merkezindeki kazanlardan birinin yoğunluğalı kazan olması sistem verimini arttıracaktır. İşletme maliyetinin kazan ilk yatırım bedelinin katları mertebesinde olduğu düşünülürse, bu ilk yatırımda yapılacak artış çok kısa sürede işletme maliyetinden yapılacak tasarruf ile karşılanacaktır. Boylerler bina altında olduğu durumda iki kazandan biri yoğunluğalı kazan olarak seçilebilir (Şekil 4.22A). Boylerler bina altlarında olduğu için genelde sistemde yüksek sıcaklıkta su dolaşmak zorunda kalacaktır. Burada bina altlarında kontrol panelleri ve bunlarla iletişimde olabilen kazan paneli kullanılıp ihtiyaç takibi daha iyi yapılarak, mümkün olan durumlarda sistem sıcaklığı düşürülebilir. Fakat büyük bir sistemde genelde bir noktada her zaman sıcak su ihtiyacı olabileceği için sistem sıcaklığını düşürmek pek mümkün olmayacaktır. Yoğuşma veriminden yararlanmanın diğer bir yolu Şekil 4.15B’de gösterilen tek kolektör sisteminin kullanılmasıdır. Bu sistemde gidiş ile dönüş arasındaki su sıcaklık farkı azaltılacaktır. Bir taraftan su debisi azaltılarak pompalama enerjisinden tasarruf sağlanırken, diğer taraftan dönüş su sıcaklığı düştüğü için dönüş hatlarındaki ısı kaybı azalacaktır. Bu sistemde yoğunluğalı kazan kullanıldığında ise yoğuşmadan daha çok yararlanılabilecek, ve verim hep yüksek kalacaktır. Sistem paralel iki kazan olarak tasarlanmak yerine, seri iki kazan olarak tasarlanırsa verim artar (Şekil 4.22B).

Bu şekilde yoğunluğalı olan birinci kazan her zaman yoğuşma sıcaklıklarında, yani yüksek verimde çalışacaktır. Boylerler ısı dağıtım merkezinde ise gene kazanlardan biri aynı sebeplerden dolayı yoğunluğalı seçilebilir (Şekil 4.23A). Bu sistemde de boyler için kazanlar yüksek sıcaklığa çıktığında yoğuşma olmayacak, sadece yoğunluğalı kazanın yüksek işletme sıcaklıklarında bile yüksek verimlerle çalışabilmesinden gelen avantajı kullanılacaktır (Isisan Buderus Logano SB735 %109 Verimli Yoğuşmalı Kazanların 90/70°C sistem için yıllık ortalama norm kullanma verimi %105’tir). Boylerlerin bina altlarında olduğu alternatifteki gibi kazanlar seri de bağlanabilir (Şekil 4.23B). Diğer bir olasılık ise 4.1.1.2 bölümünde bahsedildiği gibi boyler kazanının ayrılmasıdır. Bu durumda ısıtma kazanı yoğunluğalı kazan, boyler kazanı yoğuşmasız seçilebilir (Şekil 4.23C). Dış hava kompanzasyonlu bir panel kullanılırsa, ısıtma kazanında dış hava sıcaklığına bağlı olarak yoğuşmadan daha çok yararlanılabilir. Günümüzde yakıt fiyatları giderek artmakta, işletme maliyetinin önemi ilk kurulum maliyetinin çok önüne geçmeye başlamaktadır. Günümüzün sloganı “her kapasitede yoğunluğalı kazanlar”dır. Hem çevreye daha saygılı olan hem de yakıt tüketimleri düşük olan yoğunluğalı kazanların kullanımı gün geçtikçe artmaktadır.

Öyle ki, normalde yüksek sıcaklık ile çalışan boyler kazanları bile yoğunluğalı seçilmeye başlanmıştır (Şekil 4.23D). Sıcak su, serpentine boylerin en altından girerek en soğuk suyla karşılaşmaktadır. Her ne kadar sistem 90/70°C olarak tasarlansa da dönüş suyu daha düşük olabilmektedir. Sıcak su kapasitesine ve kullanım değişkenliğine bağlı olarak boyler kazanı olarak yoğunluğalı kaskad sistem de tercih edilebilir. Böylelikle sıra kontrolünün getireceği tasarruftan da yararlanılacaktır (Şekil 4.23E).

4.4.1.4 Plakalı Eşanjör Kullanımı

a. Isıtma tesisatında plakalı eşanjör aşağıdaki durumlarda kullanılır:

- Su hacmi fazla olan ve sistemdeki suyun zaman zaman boşaltıldığı sistemlerde, kazanda kireçlenme olmasını önlemek için;
- Yüksek statik basıncın söz konusu olduğu yüksek yapı uygulamalarında;
- Kaynar su ve buhar sistemlerinde ısıtma sıcak suyu üretiminde;
- Isı geri kazanma sistemlerinde;
- Kapalı ve açık yüzme havuzlarının ısıtılmasında;
- Oksijen bariyerli olmayan plastik boru kullanılan ısıtma tesisatlarında (özellikle yerden ısıtmada) geçici çözüm olarak, plakalı eşanjör kullanılabilir.

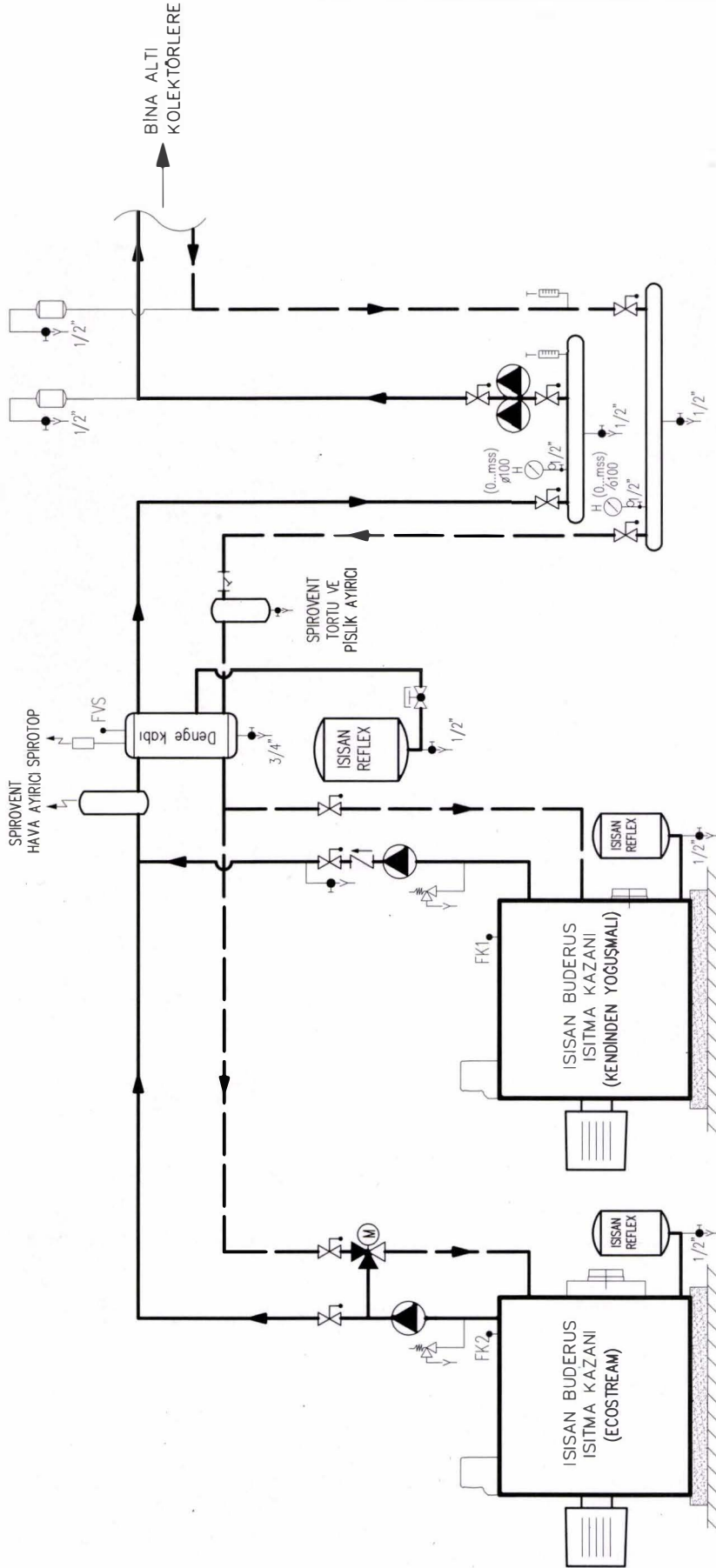
b. Isıtma sisteminde kullanılacak plakalı eşanjörün seçiminde genellikle ısı kapasite dikkate alınır. Isı transferini optimize eden çözüm, plakalı eşanjör üreticisi tarafından önerilir. Halbuki plakalı eşanjörün kullanıldığı sistemin aynı zamanda işletme maliyeti de söz konusudur. Sistemde bulunan birincil ve ikincil devre pompaları sürekli çalışmakta ve enerji tüketmektedirler. Yapılan plakalı eşanjör seçimi bu pompaların tükettiği enerji miktarını doğrudan etkilemektedir. Plakalı eşanjörler ne kadar büyük seçilirse, direnç azalacaktır. Uygun seçilen pompalarda bu, enerji tüketiminin azalması anlamına gelir. Tersine plakalı eşanjör küçüldükçe, pompalara karşı gösterilen direnç ve pompaların işletme maliyeti artar. Dolayısıyla plakalı eşanjör seçiminde toplam maliyetin (satınalma ve işletme maliyetlerinin toplamı) minimize edilmesi önemlidir. Genellikle bu durum dikkate alınmaz ve pompa işletme maliyetleri ihmal edilir. Bu durumu incelemek için parametrik bir çalışma yapılmıştır. Isıl kapasite olarak, 600.000 kcal/h, 1.000.000 kcal/h, 2.000.000 kcal/h ve 4.000.000 kcal/h seçilerek, bu dört kapasitede plakalı eşanjör yüzey büyüklükleri %20, %30, %40, %50 ve %100 daha fazla seçilerek plakalı eşanjör maliyetinin değişimine karşılık, pompalarda tüketilen elektrik enerjisi maliyet değişimi hesaplanmıştır. Ayrıca yakıt tüketimindeki azalma hesaplanmıştır.

Buna göre:

Plakalı eşanjörleri daha büyük seçme durumunda, yapılan fazla plakalı eşanjör yatırımı kendini kısa sürede geri ödemektedir. Özellikle 1 - 2 milyon kcal/h kapasite aralığında geri ödeme süreleri, bir mevsim mertebesinde



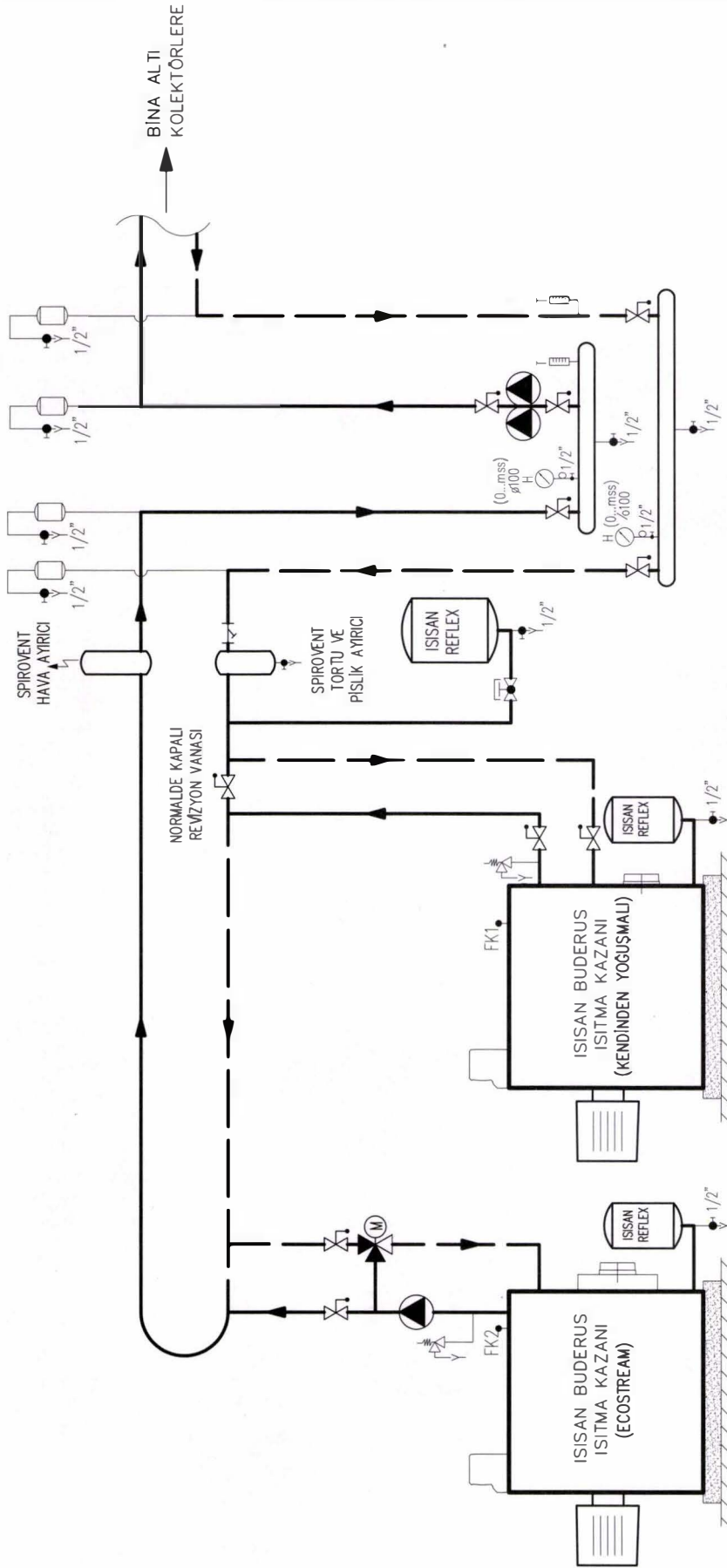
KENDİNDEN YOĞUŞMALI ÜÇ TAM GEÇİŞLİ KAZAN (1.200 kW) (Sağda), ÇELİK KAZAN (1.320 kW) (Solda) VE KURUM YAPMAYAN ORANSAL BRÜLÖRLER



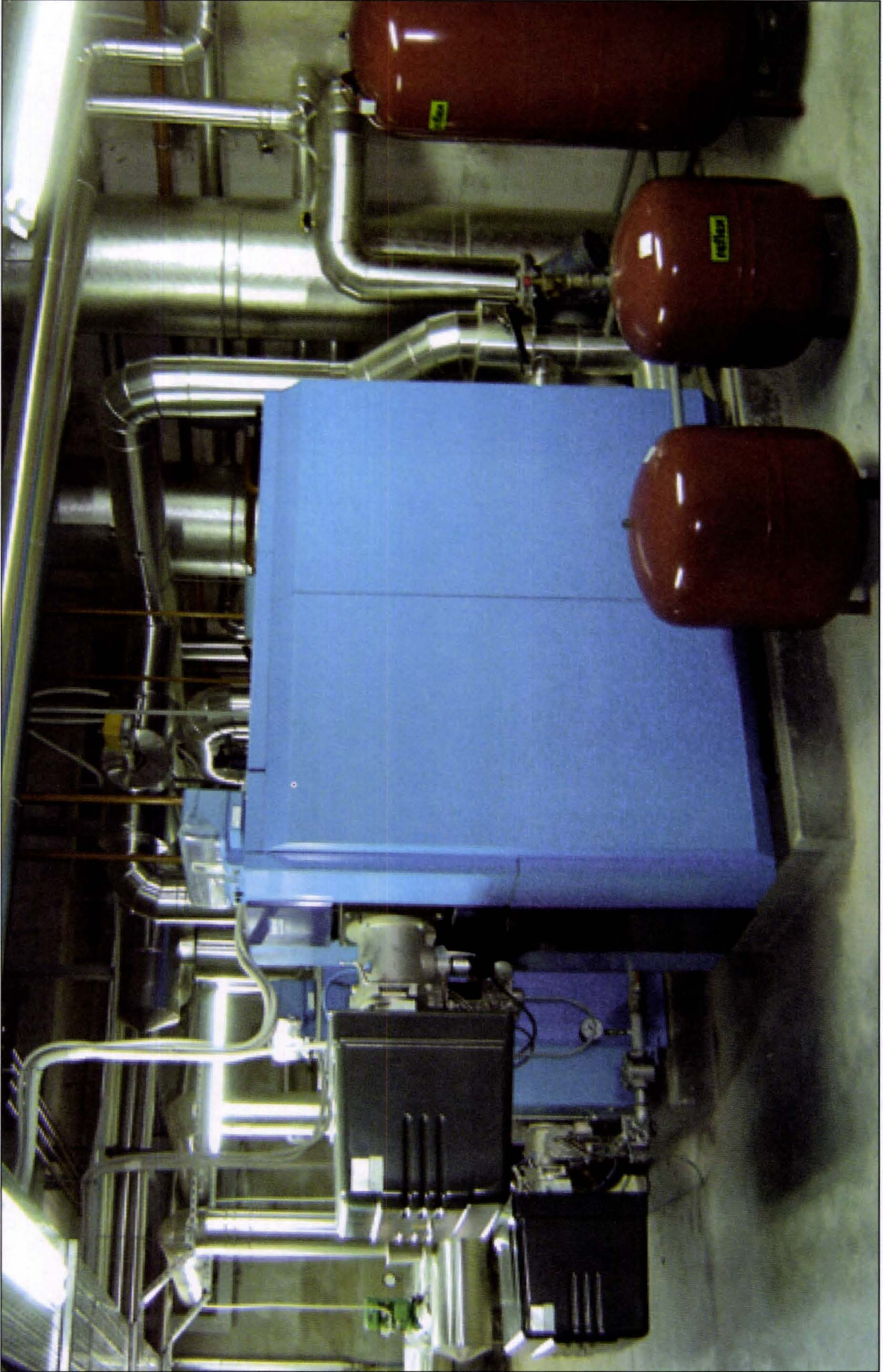
Şekil 4.22A. Bölge Isıtması (Boylerler Bina Altlarında) - KAZANLARDAN BİRİ KENDİNDEN YOĞUŞMALI (Denge Kaplı Sistem)



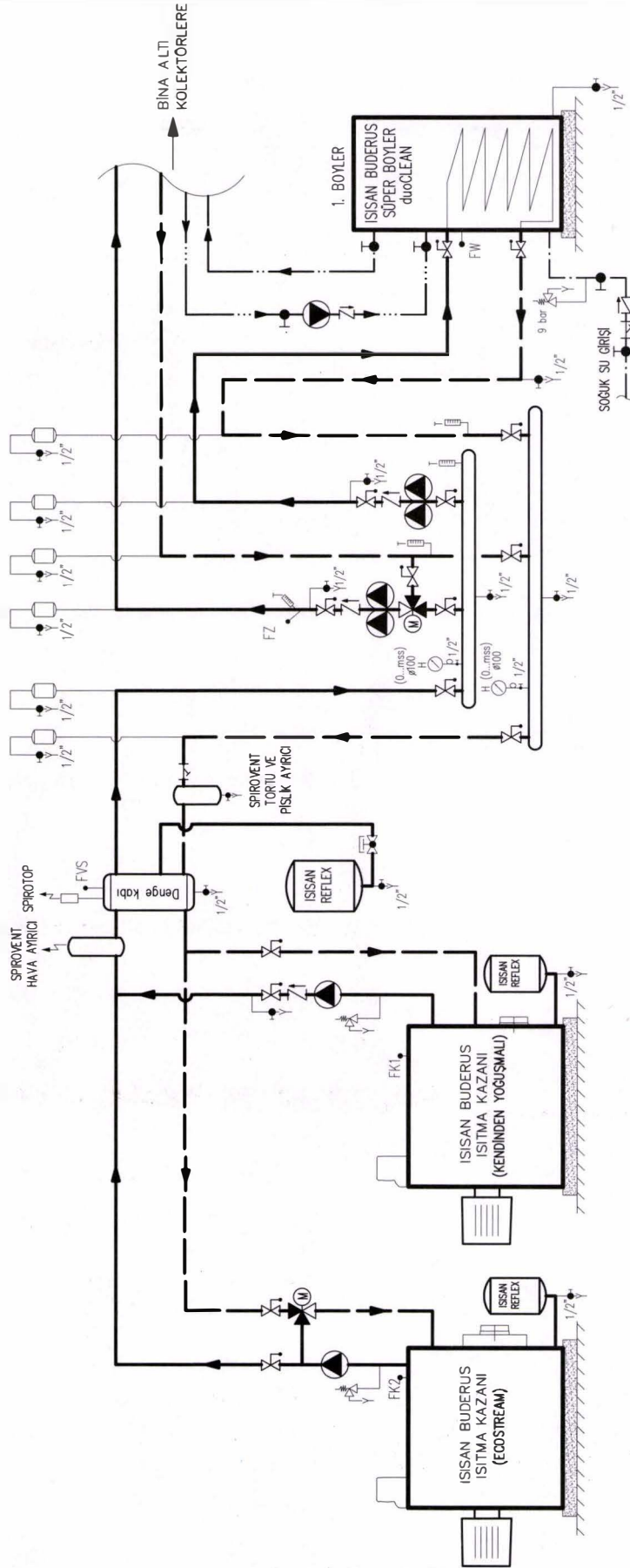
TÜRBÜLATÖRSÜZ ÜÇ TAM GEÇİŞLİ KAZANLAR (2 x 2.500 kW), SAĞDAKİ ENTEGRE YOĞUŞMA EŞANJÖRLÜ ve KURUM YAPMAYAN ORANSAL BRÜLÖRLER (Soldaki özel susturucu kapaklı, sağdaki frekans kontrollü)



Şekil 4.22B. Bölge Isıtması (Boyerler Bina Altlarında) - KAZANLARDAN BİRİ KENDİNDEN YOĞUŞMALI (Seri Bağlı Sistem)



KENDİNDEN YOĞUŞMALI ÜÇ TAM GEÇİŞLİ KAZAN (970 kW) SAĞDA, ECOSTREAM ESNEK DÖKÜM KAZAN (1.020 kW) SOLDA ve KURUM YAPMAYAN ORANSAL BRÜLÖRLER

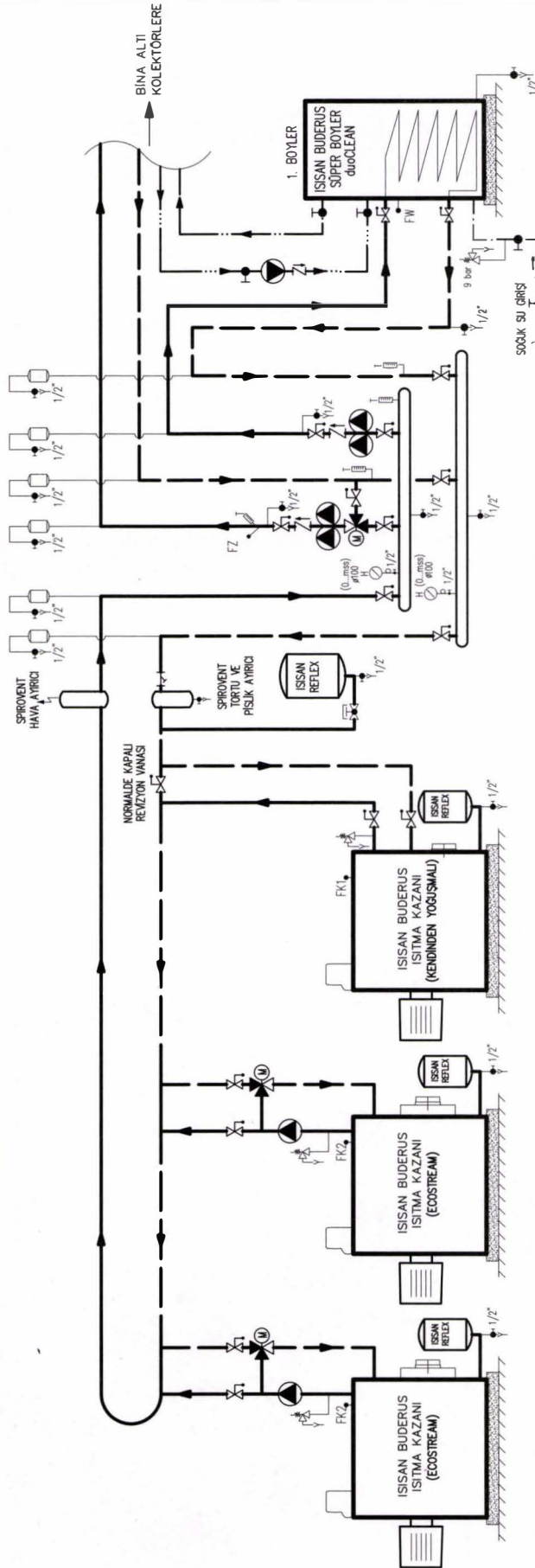


Sistemde birden fazla boyler varsa
Şekil 4.23F ve 4.23G'de gösterildiği
gibi bağlanmalıdır.

Şekil 4.23A. Bölge Isıtması (Boyerler ısı Dağıtım Merkezinde) - KAZANLARDAN BİRİ KENDİNDEN YOĞUŞMALI (Denge Kaplı Sistem)

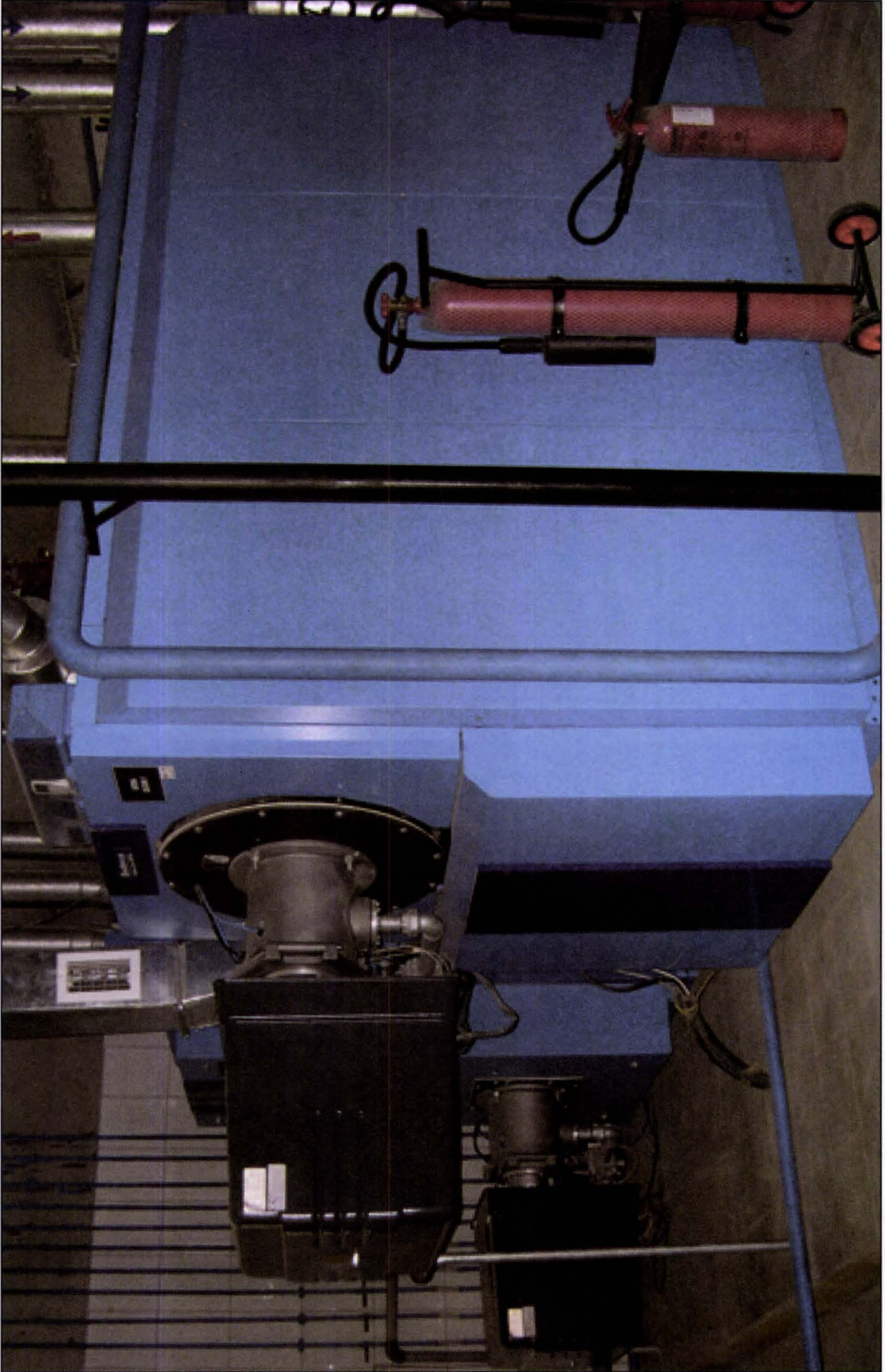


KENDİNDEN YOĞUŞMALI ÜÇ TAM GEÇİŞLİ KAZAN (1.200 kW) (Solda), ECOSTREAM ESNEK DÖKÜM KAZANLAR (2 x 510 kW) (Sağda) ve
ÖZEL SUSTURUCULU KURUM YAPMAYAN ORANSAL BRÜLÖRLER

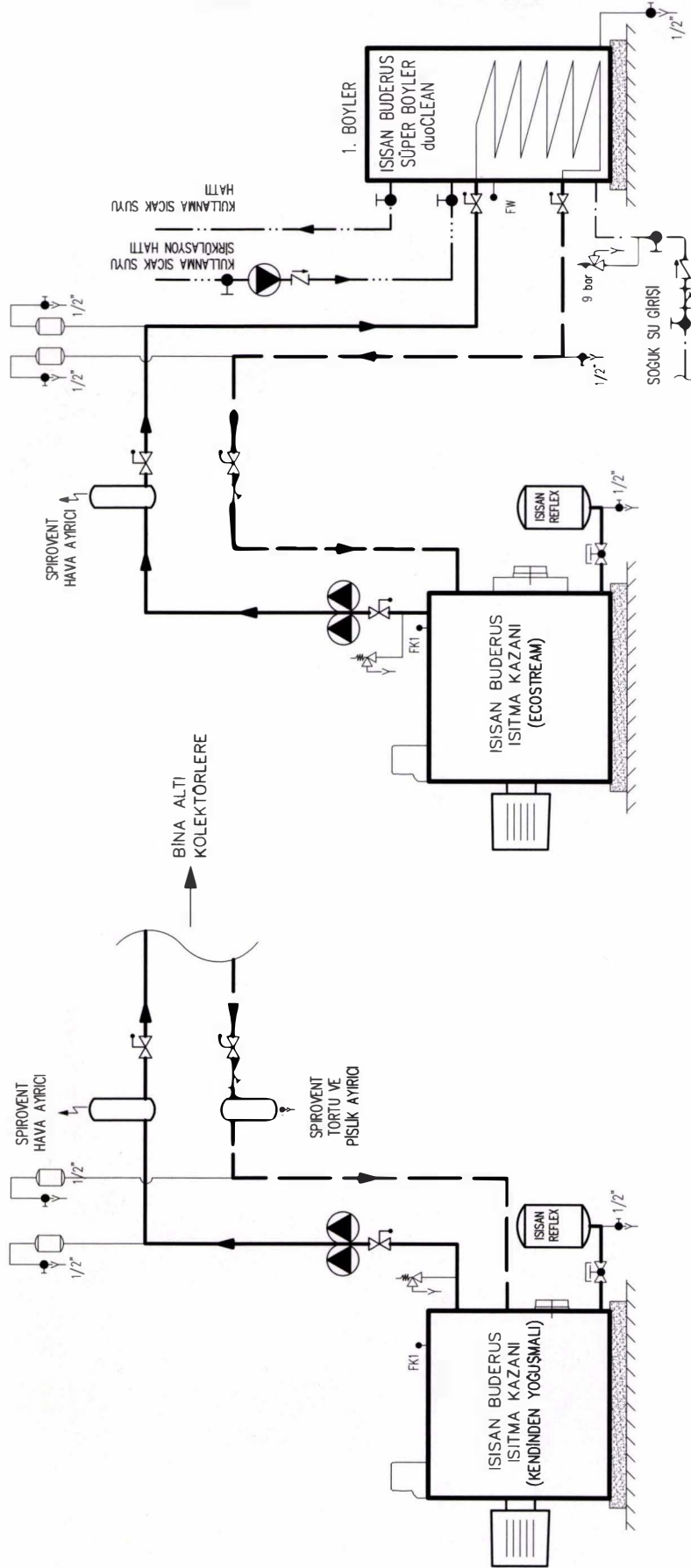


Sistemde birden fazla boyler varsa
Şekil 4.23F ve 4.23G de gösterildiği
gibi bağlanmalıdır.

Şekil 4.23B. Bölge Isıtması (Boyelerler Isı Dağıtım Merkezinde) - KAZANLARDAN BİRİ KENDİNDEN YOĞUŞMALI (Seri Bağlı Sistem)

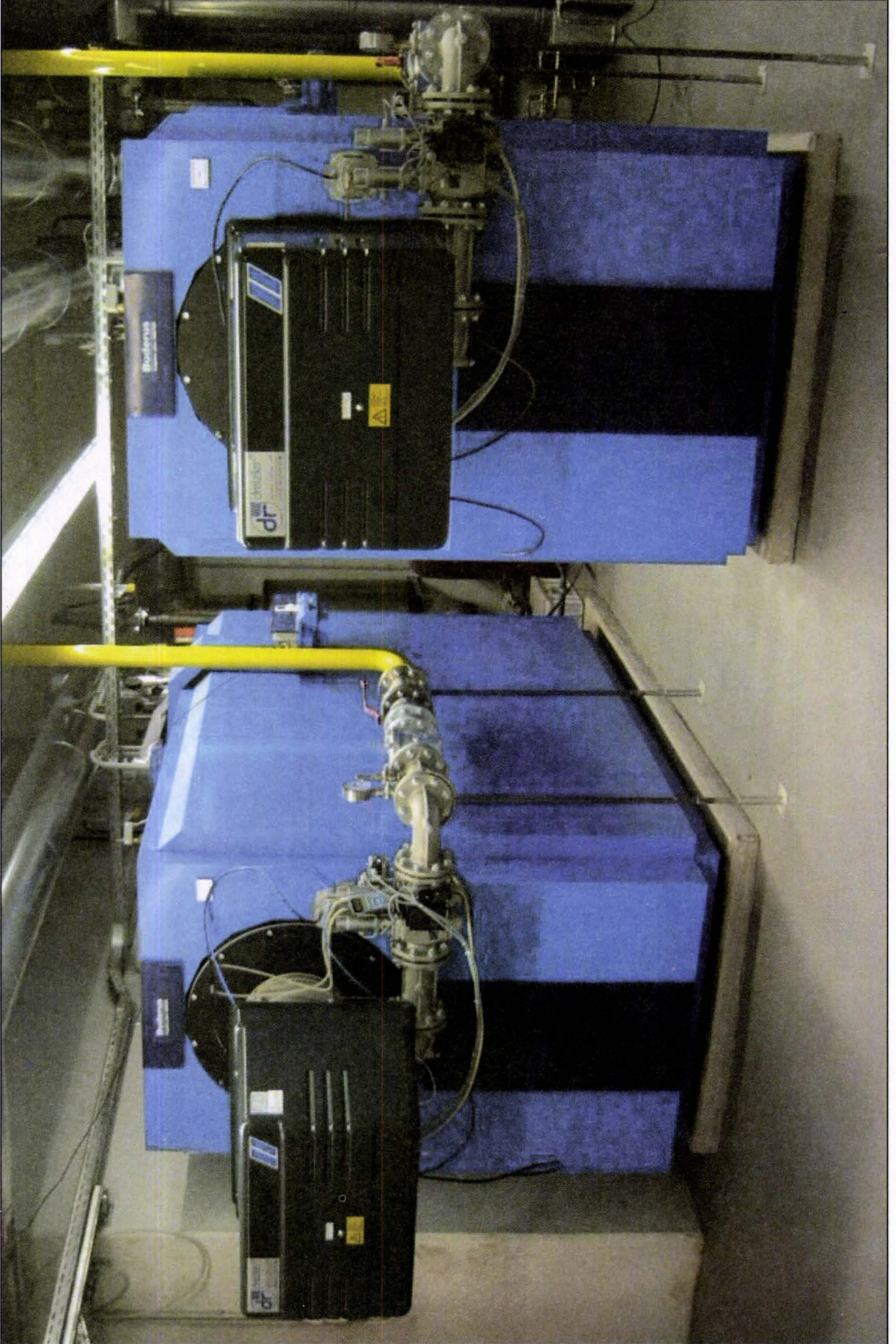


KENDİNDEN YOĞUŞMALI ÜÇ TAM GEÇİŞLİ KAZAN (1.200 kW) (Sağda), ECOSTREAM ÇELİK KAZAN (1.120 kW) (Solda) ve KURUM YAPMAYAN ORANSAL BRÜLÖRLER

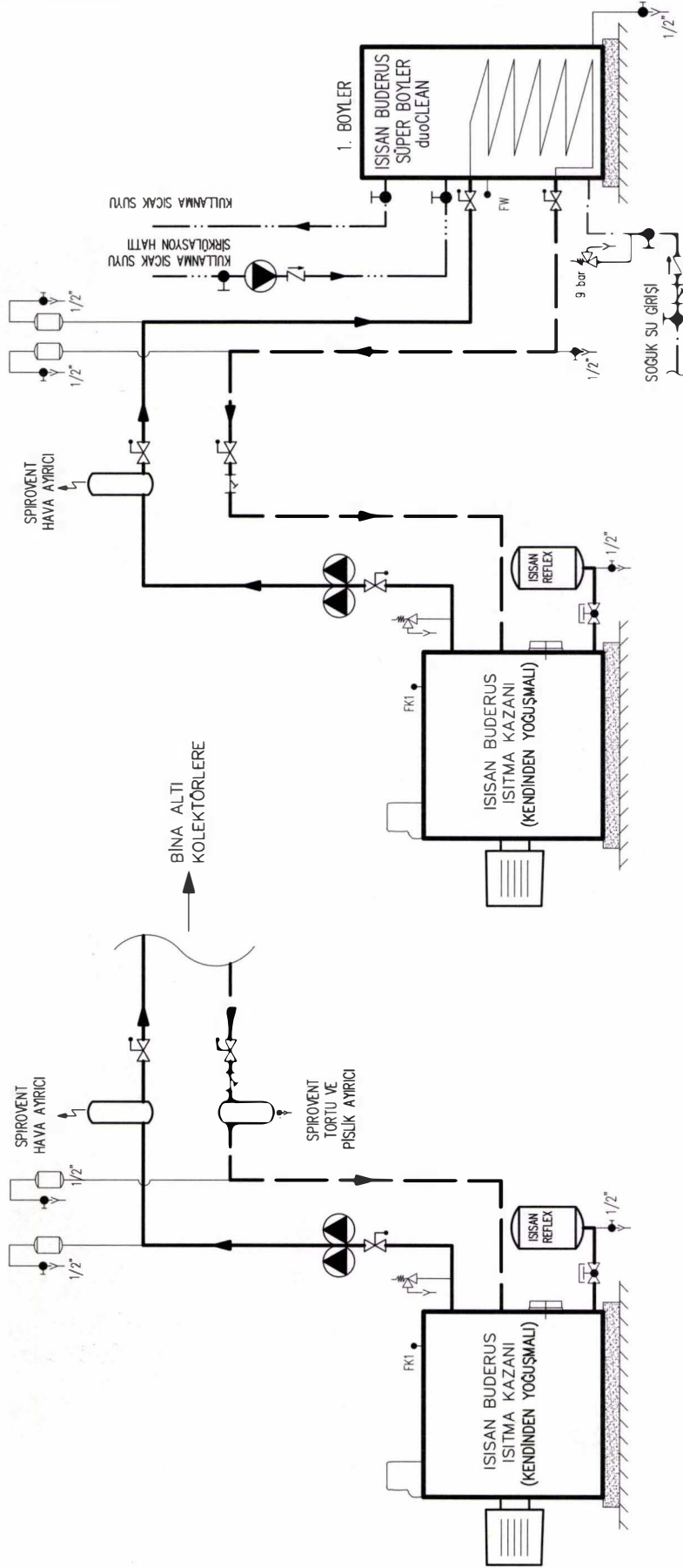


Sistemde birden fazla boyler varsa Şekil 4.23F ve 4.23G'de gösterildiği gibi bağlanmalıdır.

Şekil 4.23C. Bölge Isıtması (Boylerler Isı Dağıtım Merkezinde) - ISITMA KAZANI (Kendinden Yoğuşmalı) VE BOYLER KAZANI AYRI KAZANLAR



KENDİNDEN YOĞUŞMALI ÜÇ TAM GEÇİŞLİ KAZANLAR (2 x 1.200 kW) VE KURUM YAPMAYAN ORANSAL BRÜLÖRLER

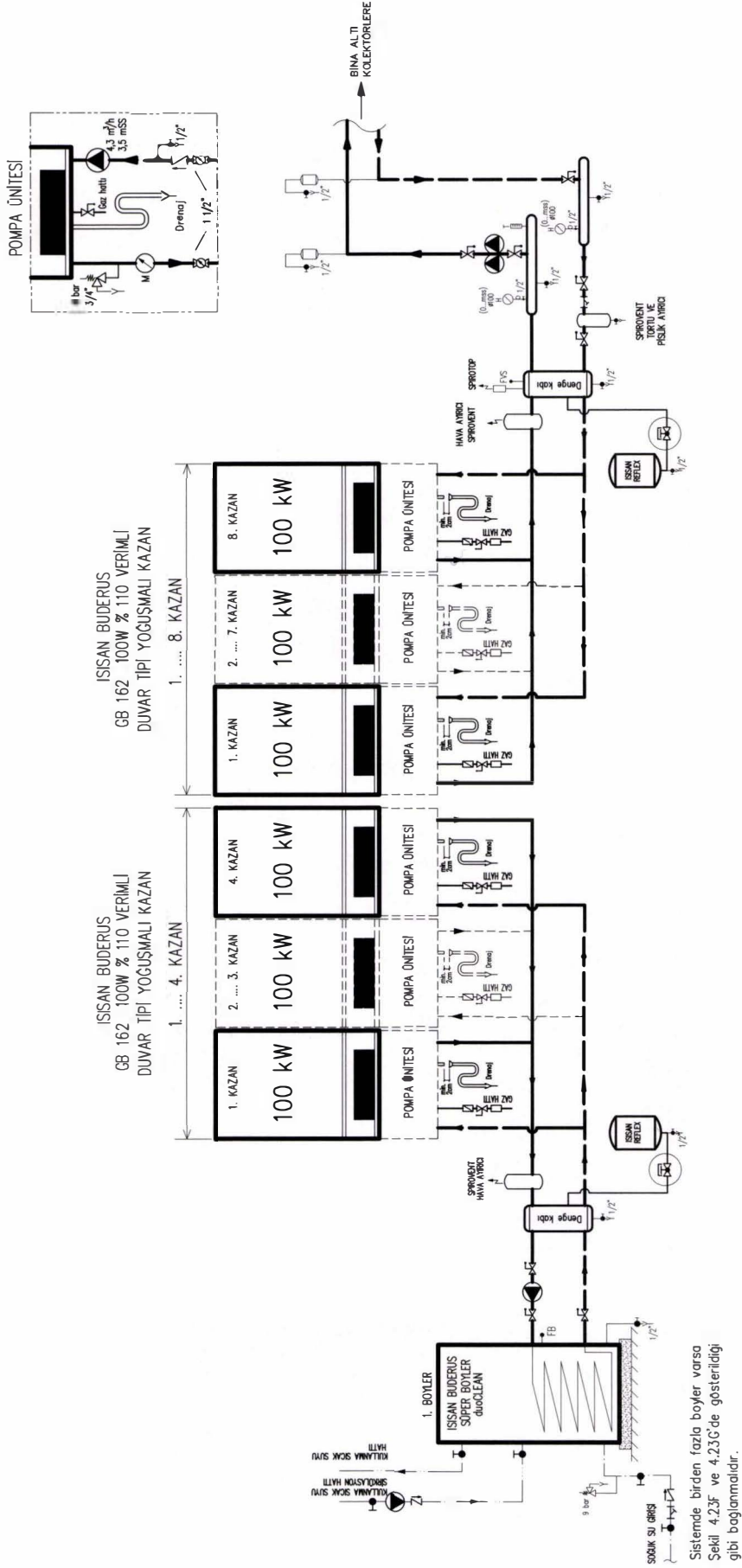


Sistemde birden fazla boyler varsa Şekil 4.23F ve 4.23G'de gösterildiği gibi bağlanmalıdır.

Şekil 4.23D. Bölge Isıtması (Boyerler Isı Dağıtım Merkezinde) - ISITMA KAZANI VE BOYLER KAZANI AYRI (İkisi de Kendinden Yoğuşmalı)



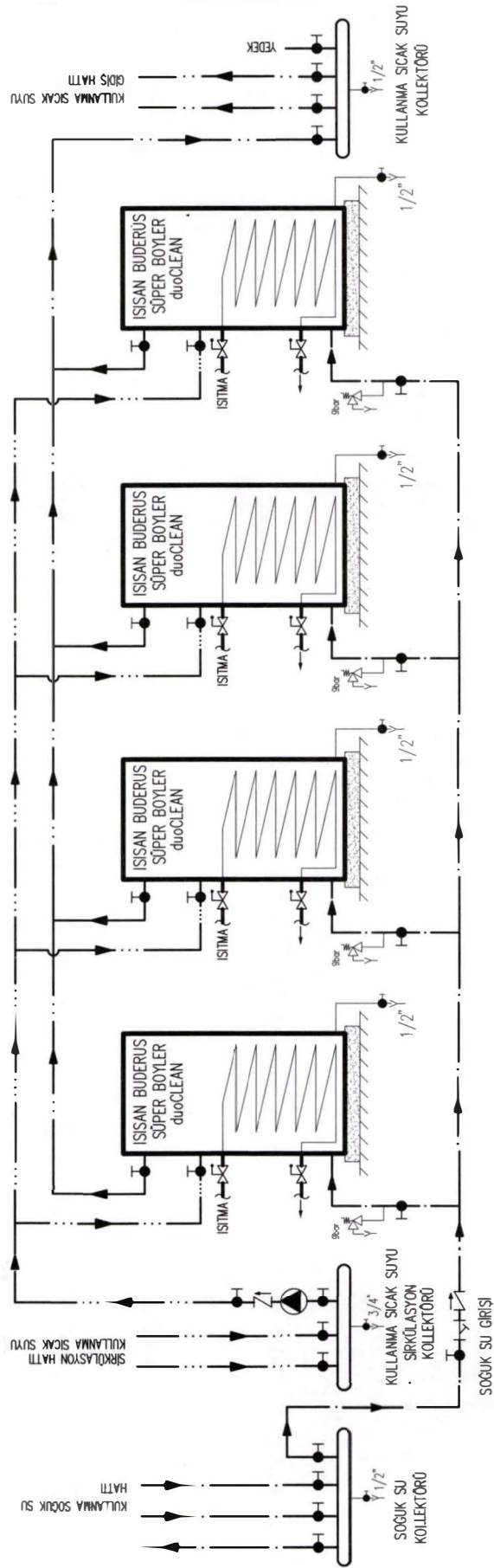
%110 VERİMLİ DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KASKAD SİSTEM (8 x 100 kW = 800 kW)
(Özel hermetik baca bağlantısı ve özel hazır kaskad bağlantı seti)



Şekil 4.23E. Bölge Istiması (Boyerler ısı Dağıtım Merkezinde) - BOYLER KAZANI (Yoğuşmalı Kaskad) VE ISITMA KAZANI (Yoğuşmalı Kaskad) AYRI

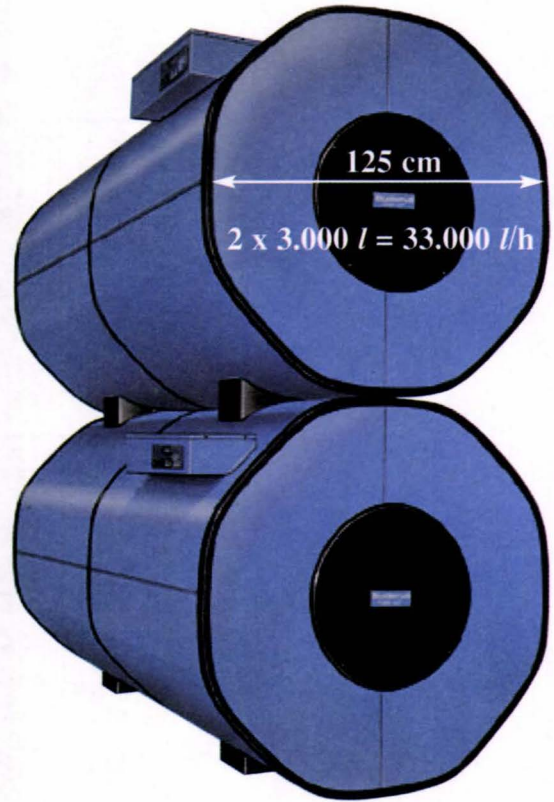
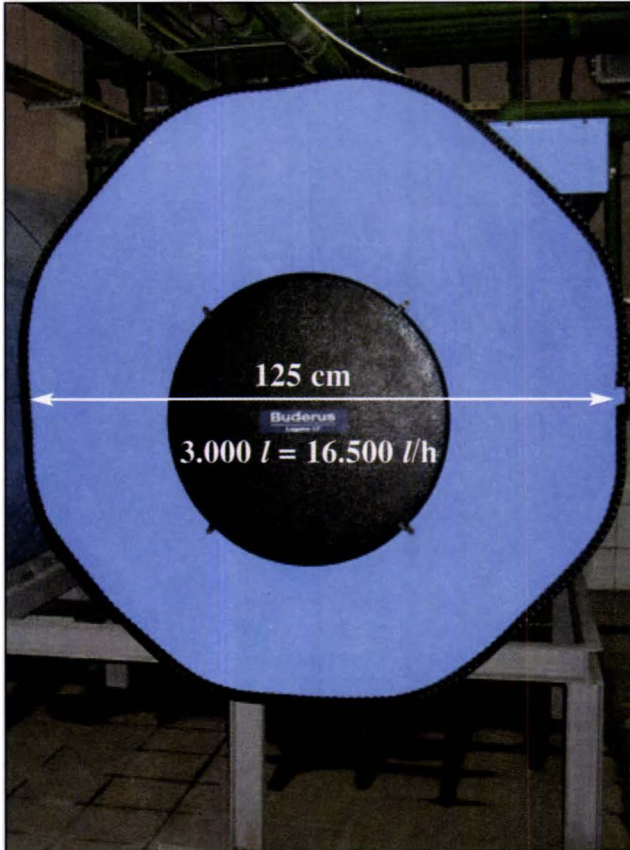


DİK TIP HİJYENİK BOYLERLER (8 x 1.000 l = 25.680 l/h)

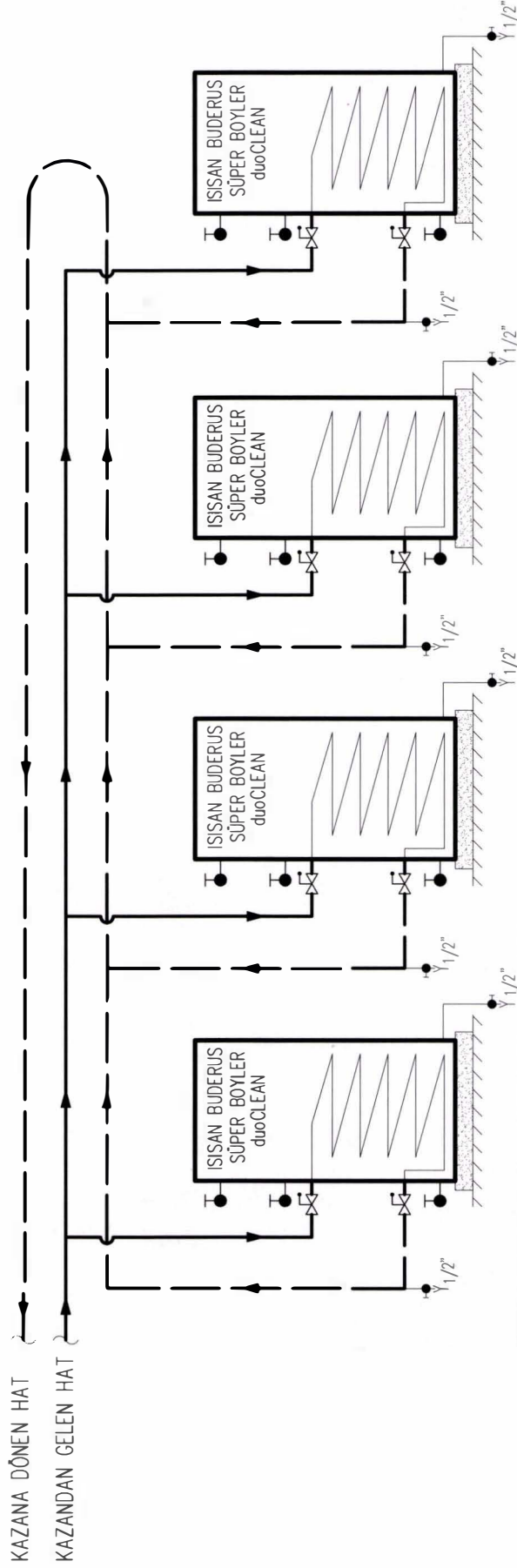


- Boyler birden fazla ise;
Soğuk su dağıtım kolonu sağda, sıcak su dağıtım kollektörü solda (veya tersi)
olursa eşit direnç sağlanacaktır. Bütün boylerlerden yaklaşık aynı miktarda su çekilir.

Şekil 4.23F. BOYLERLER KULLANMA SUYU BAĞLANTISI (Eşit Direnç Sistemi)



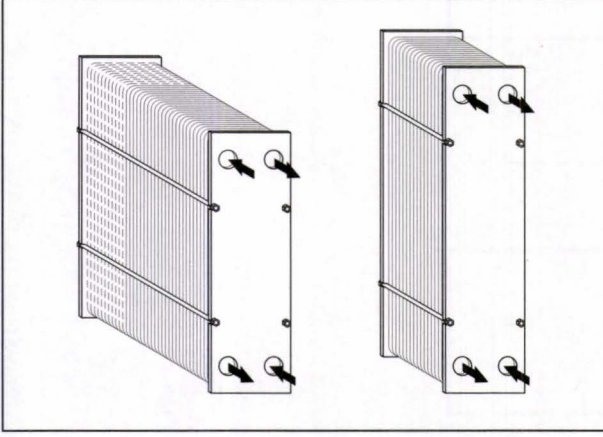
DİK VE YATIK TİP HİJYENİK BOYLER
YATIK TİP BOYLERLER İLE ÇOK DAHA AZ YERDE ÇOK DAHA YÜKSEK KAPASİTE
(Hem yer kaybı, hem de ısı kaybı çok daha az.)



- Sistemde birden fazla boyler varsa;
Isıtmanın homojen olması için kazan dairesinin de eşit direnç yöntemi ile (Tichelmann devresi) yapılmalıdır.

Şekil 4.23G. BOYLERLER - KAZAN BAĞLANTISI (Eşit Direnç Sistemi)

olup çok caziptir. Yüzey artırım oranı yükseldikçe geri ödeme süreleri de artmaktadır. Ancak ihtiyaç olan kapasiteden, %30 veya %40 oranında daha büyük kapasiteli plakalı eşanjör seçmek makul görülmektedir. Enerji tüketimindeki düşüştan tam yararlanabilmek için pompalar değişken devirli veya



Şekil 4.24A. PLAKALI EŞANJÖR

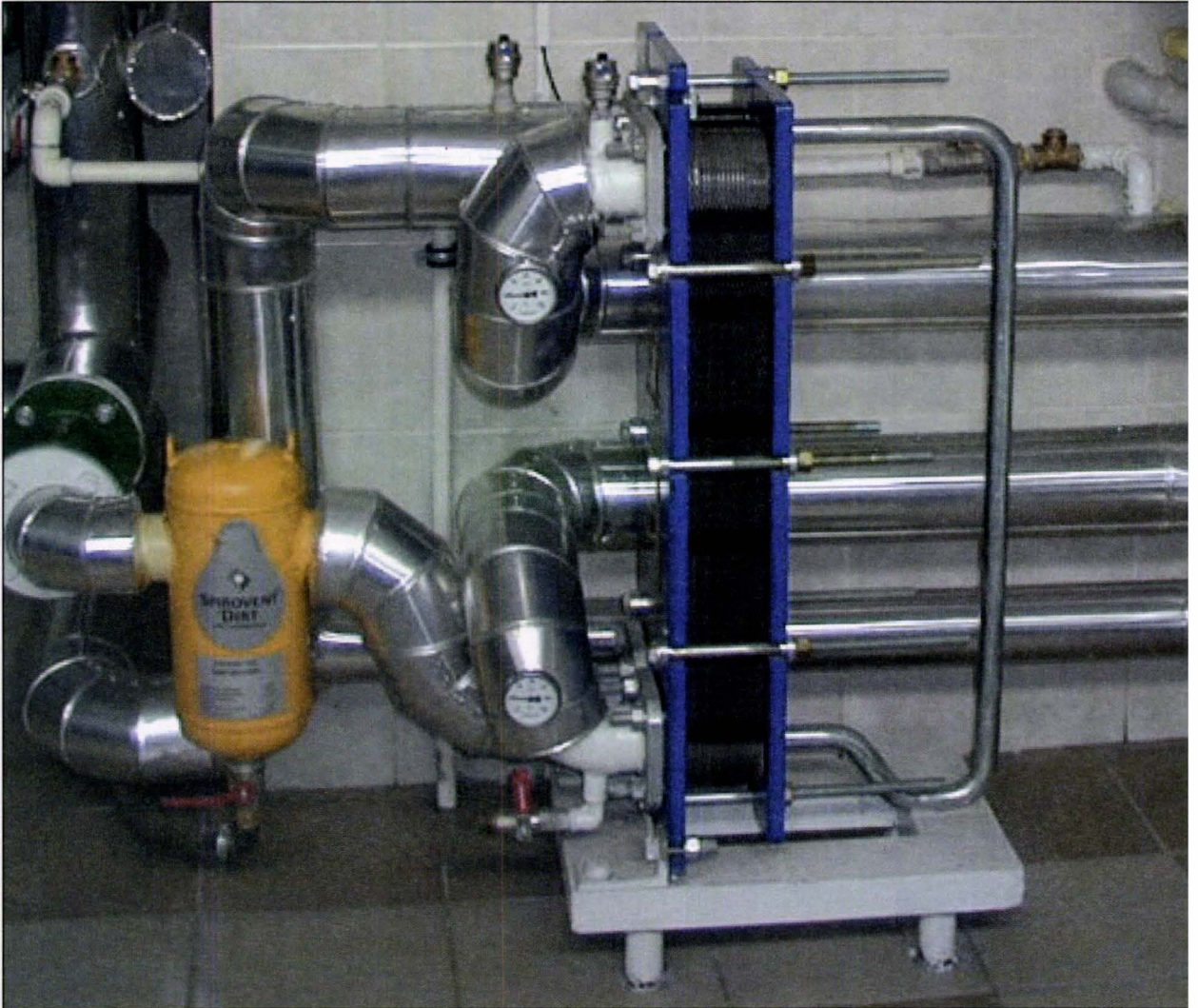
kademeli devir ayarlı olmalıdır. Plakalı eşanjörlerin kirlilik veya kireçlenme nedeniyle zaman zaman sökülüp, temizlik ve bakımının yapılması gerekir. Bu işlem daha büyük seçilmiş plakalı eşanjörlerde daha geç sürelerde yapılabileceğinden, sistem bakım maliyetinde de azalma olacaktır.

c. Plakalı eşanjör seçimi

Küçük ve plaka sayısı fazla eşanjör (direnci yüksek) yerine, daha büyük ve plaka sayısı daha az eşanjör (direnci daha az) tercih edilmelidir (Şekil 4.24A ve B). Bu şekilde basınç düşümleri ve enerji kayıpları daha az olacaktır. Tabi ki tesisat proje mühendisi en uygun değerleri kendisi belirleyip seçimini yapacaktır.

d. Bölge ısıtmasında plakalı eşanjör uygulaması

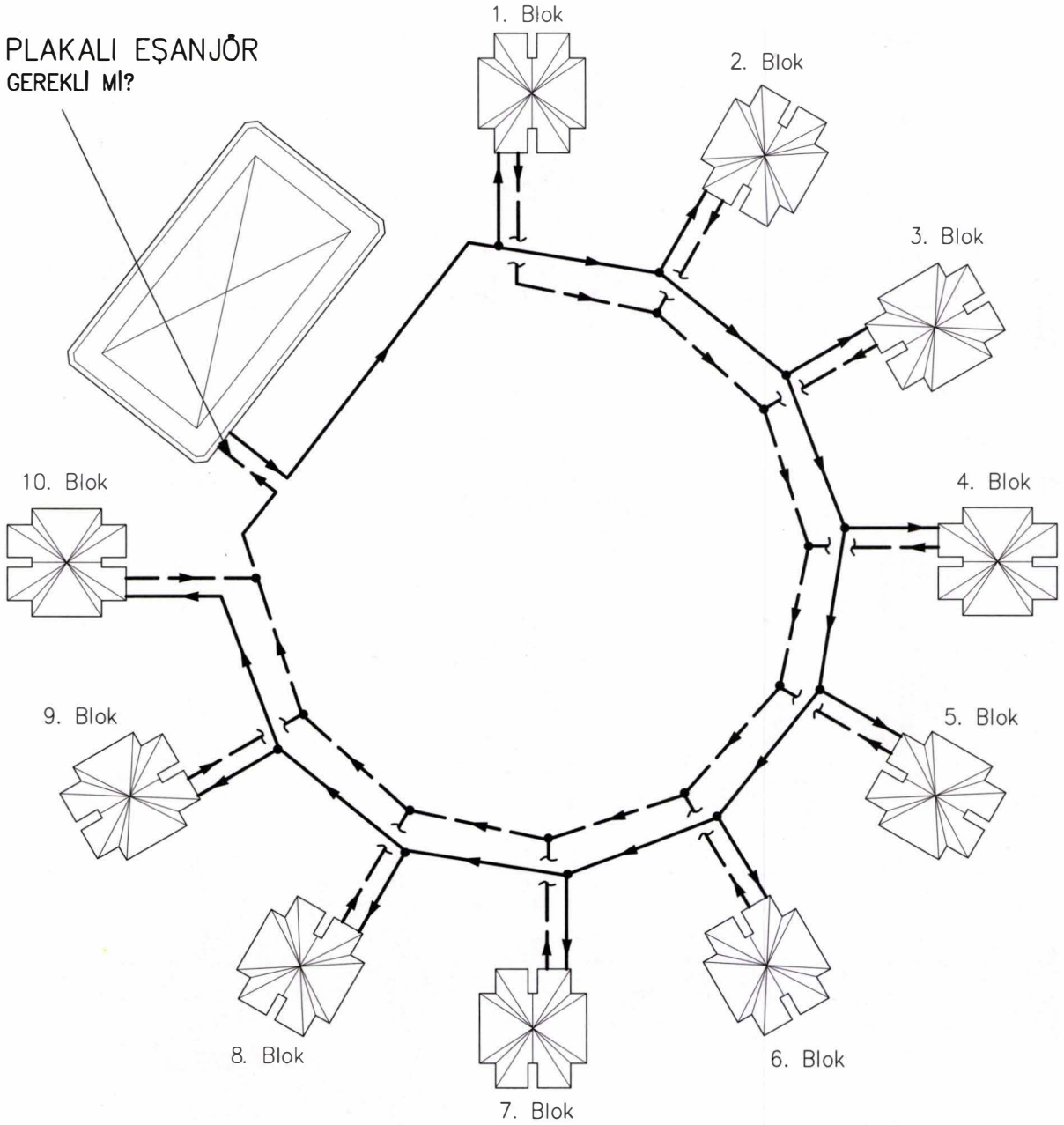
Bölge ısıtmasında plakalı eşanjör kullanılması kazan ömrü açısından faydalı olacaktır. Çünkü bölge ısıtması yüksek su hacmi demektir. Bu da fazlasıyla oksijen, kireç, tortu ve pislik demektir. Boylerlerin binaların altında olduğu durumda, ısı dağıtım merkezindeki kazan dairesinin tesisatı çok fazla değişmeyecektir. Tesisat şemasında denge kabı yerine plakalı eşanjör gelecektir (Şekil 4.25).



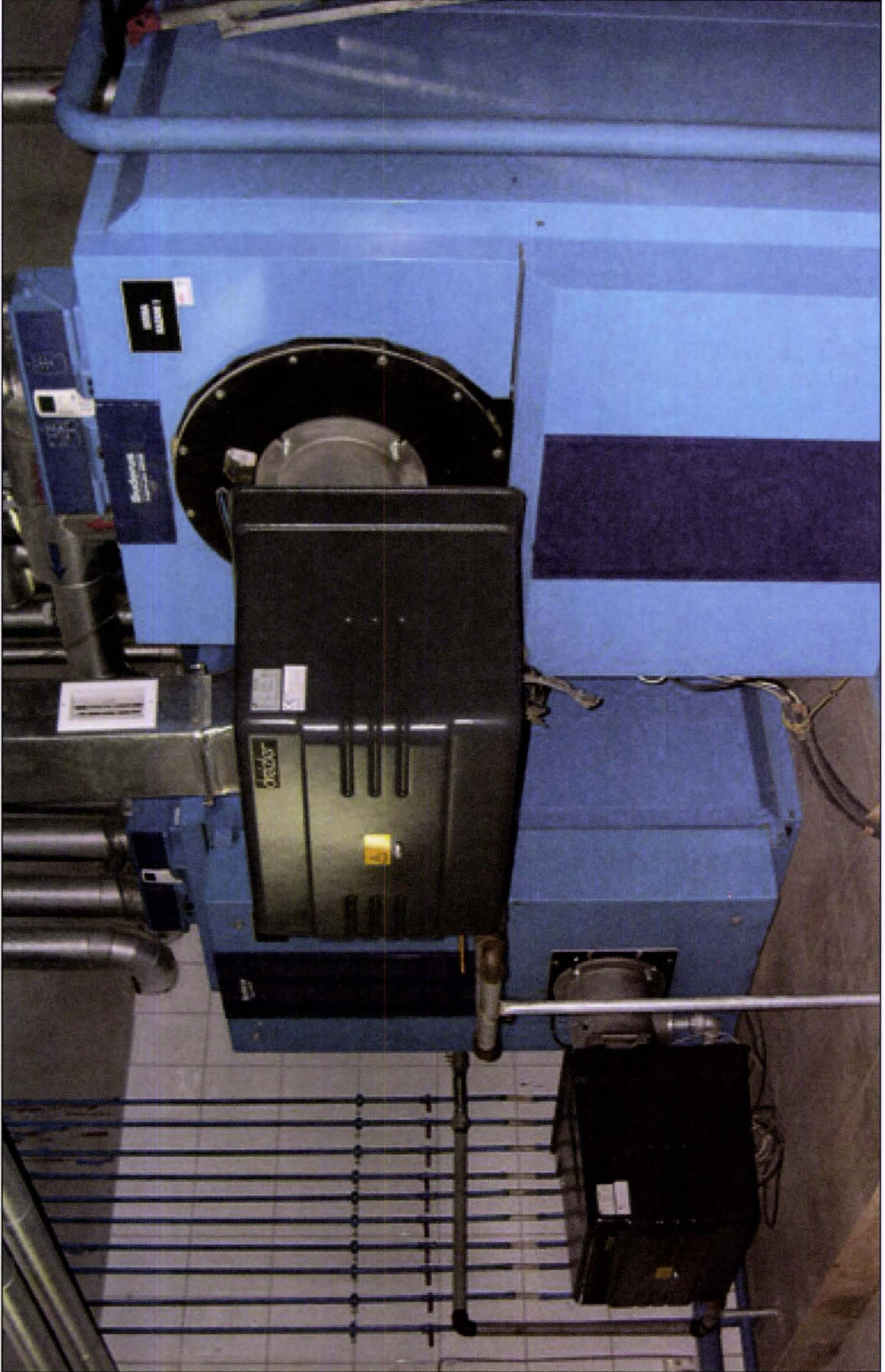
Şekil 4.24B. PLAKALI EŞANJÖR UYGULAMA ÖRNEĞİ

BÖLGE ISITMASI (UZAKTAN ISITMA)
EŞİT DİRENÇ SİSTEMİ UYGULAMASI ÖRNEĞİ
BOYLERLER HER BİNANIN ALTINDA

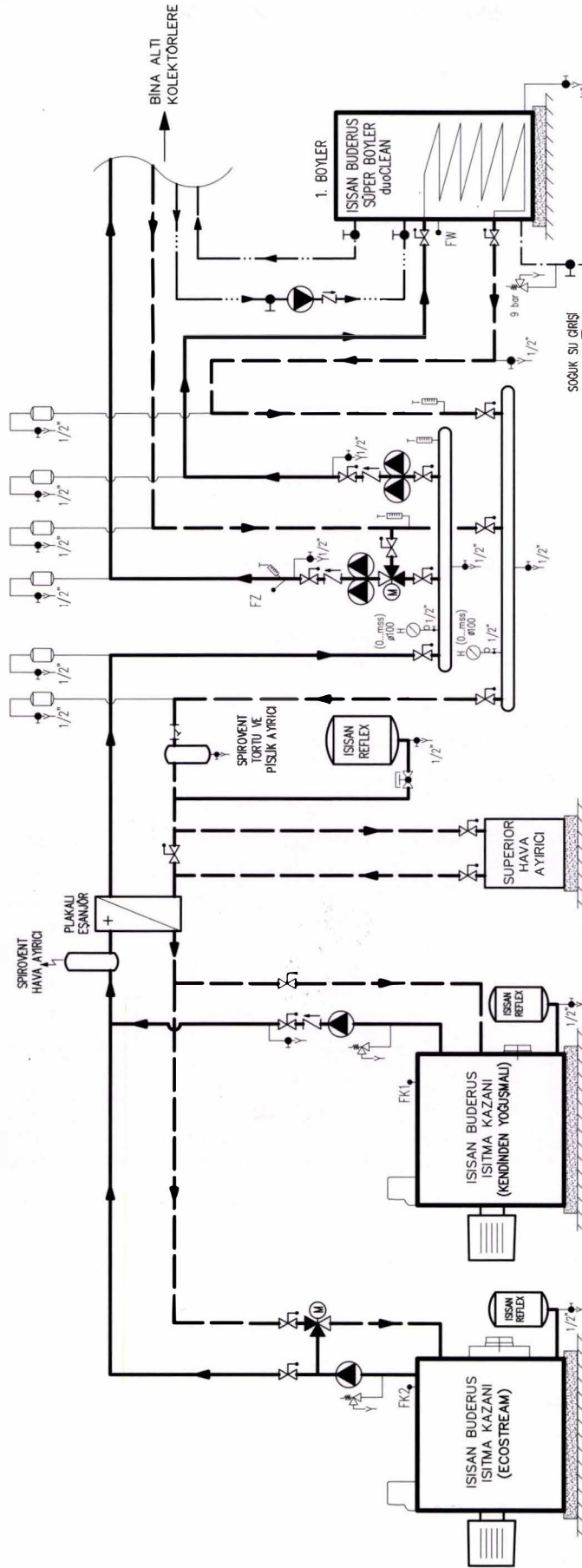
PLAKALI EŞANJÖR
 GEREKLİ Mİ?



Şekil 4.25. Bölge Isıtması - PLAKALI EŞANJÖR UYGULAMASI

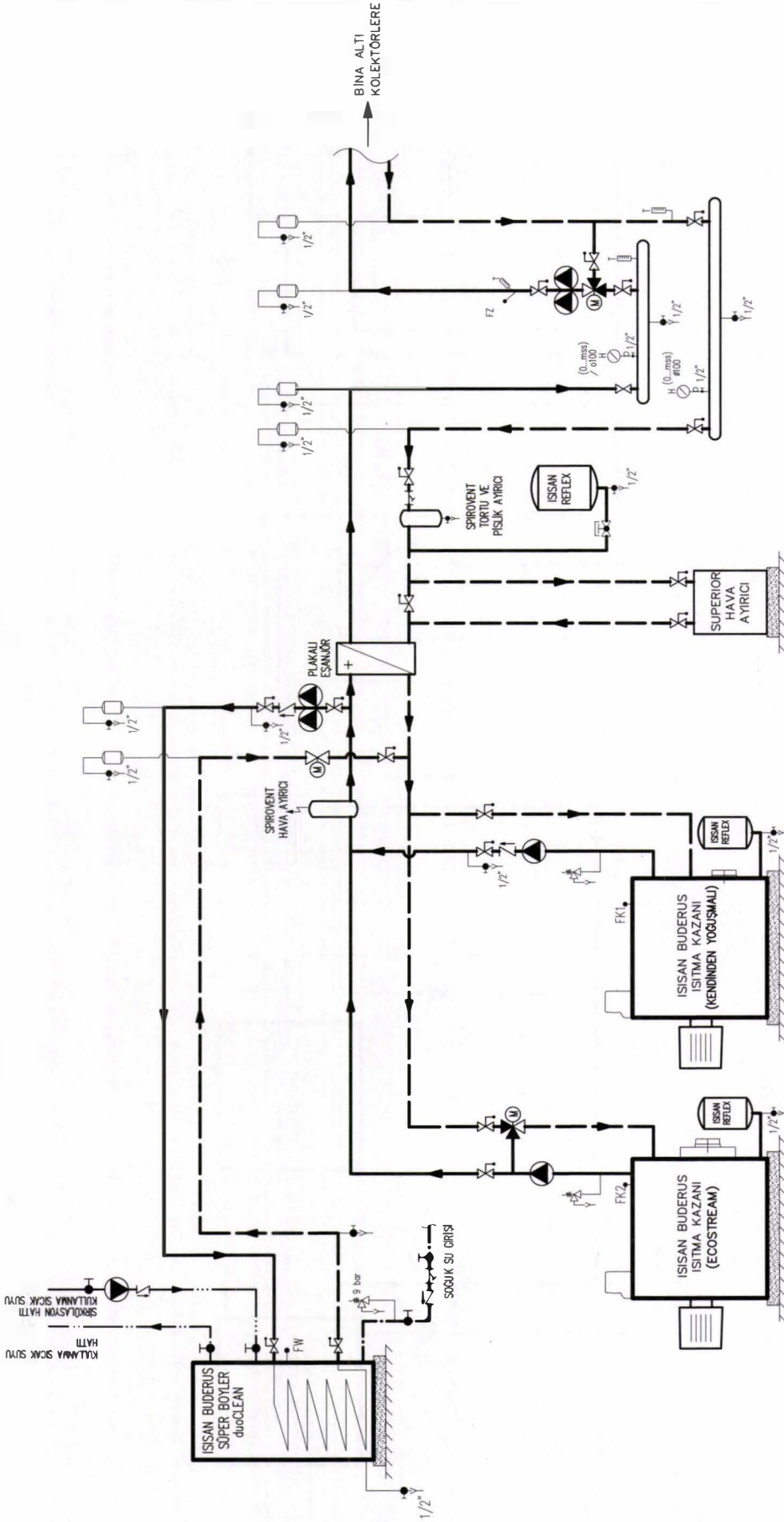


KENDİNDEN YOĞUŞMALI ÜÇ TAM GEÇİŞLİ KAZAN (1.200 kW) (Sağda), ECOSTREAM ÇELİK KAZAN (1.750 kW) (Solda) ve KURUM YAPMAYAN ORANSAL BRÜLÖRLER

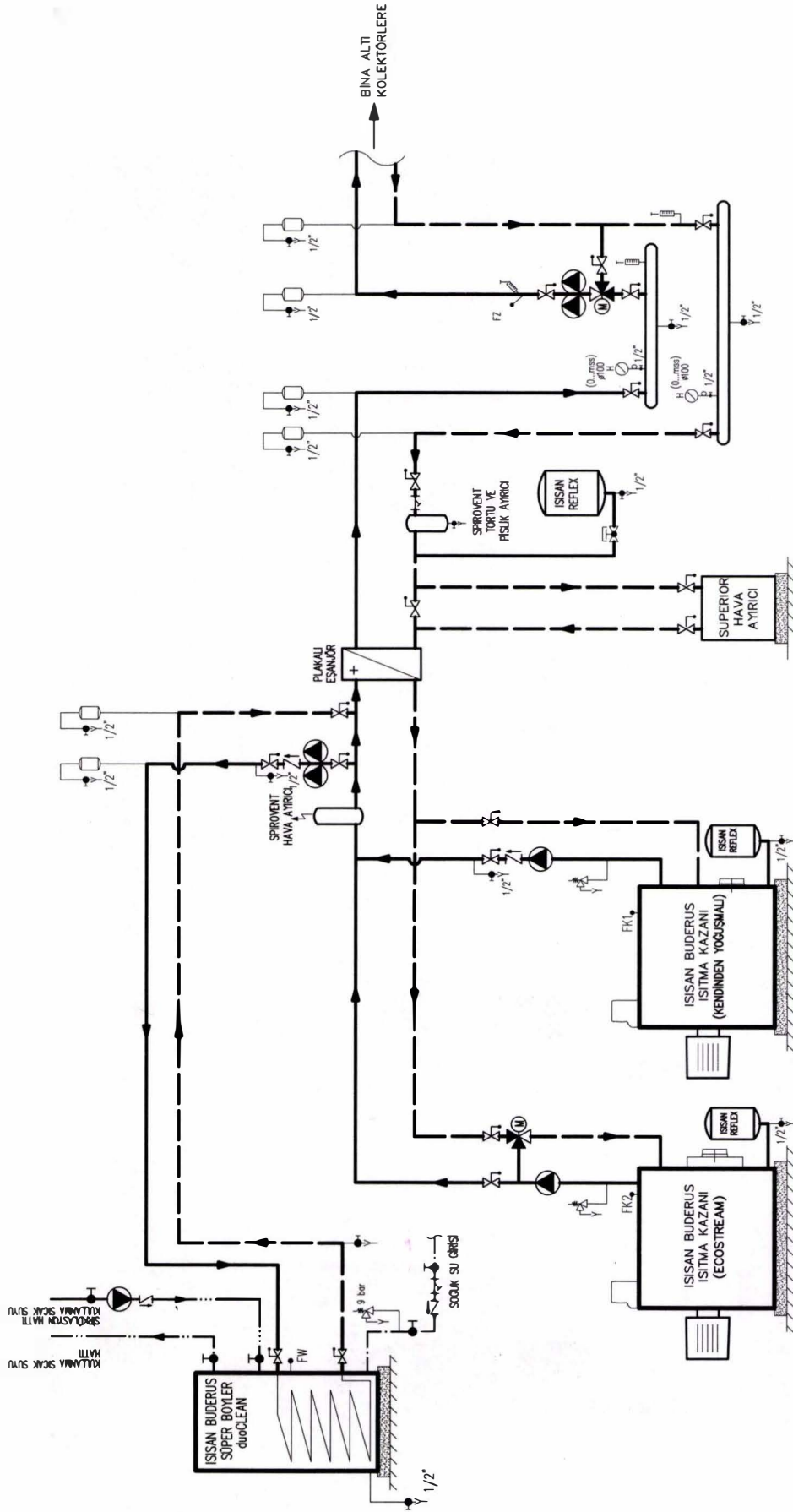


Sistemde birden fazla boyler varsa
Şekil 4.23F ve 4.23G'de gösterildiği
gibi bağlanmalıdır.

Şekil 4.26A. Bölge Isıtması - Isı Dağıtım Merkezi - PLAKALI ESANJÖR UYGULAMASI - BOYLERLER ESANJÖRDEN SONRA



Şekil 4.26B. Bölge Isıtması - Isı Dağıtım Merkezi - PLAKALI EŞANJÖR UYGULAMASI (Boiler eşanjörden önce, paralel bağlı)



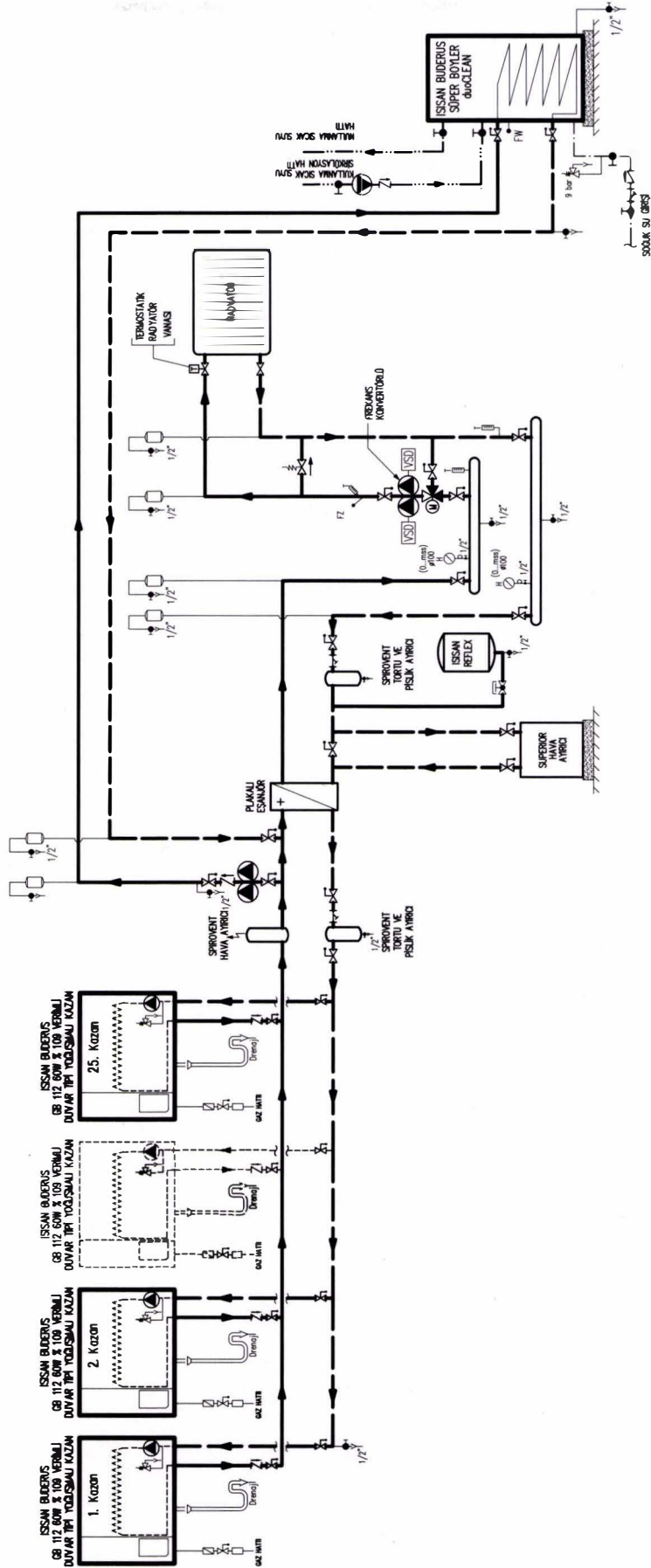
Notlar:

- 1) Seri bağlantı nedeniyle eşanjör kapasitesi daha büyük seçilir. Ancak eşanjör için ayrı pompaya ihtiyaç kalmaz.
- 2) Alternatif olarak eşanjörden önce denge kabı yapılır ve kazan pompalarının basıncı eşanjör kayıplarını eklemeden seçilir. Boyler ve eşanjör ayrı pompalar ile ısıtılır.

Şekil 4.26C. Bölge Isıtması - Isı Dağıtım Merkezi - PLAKALI EŞANJÖR UYGULAMASI - BOYLERLER EŞANJÖRDEN ÖNCE, SERİ BAĞLI

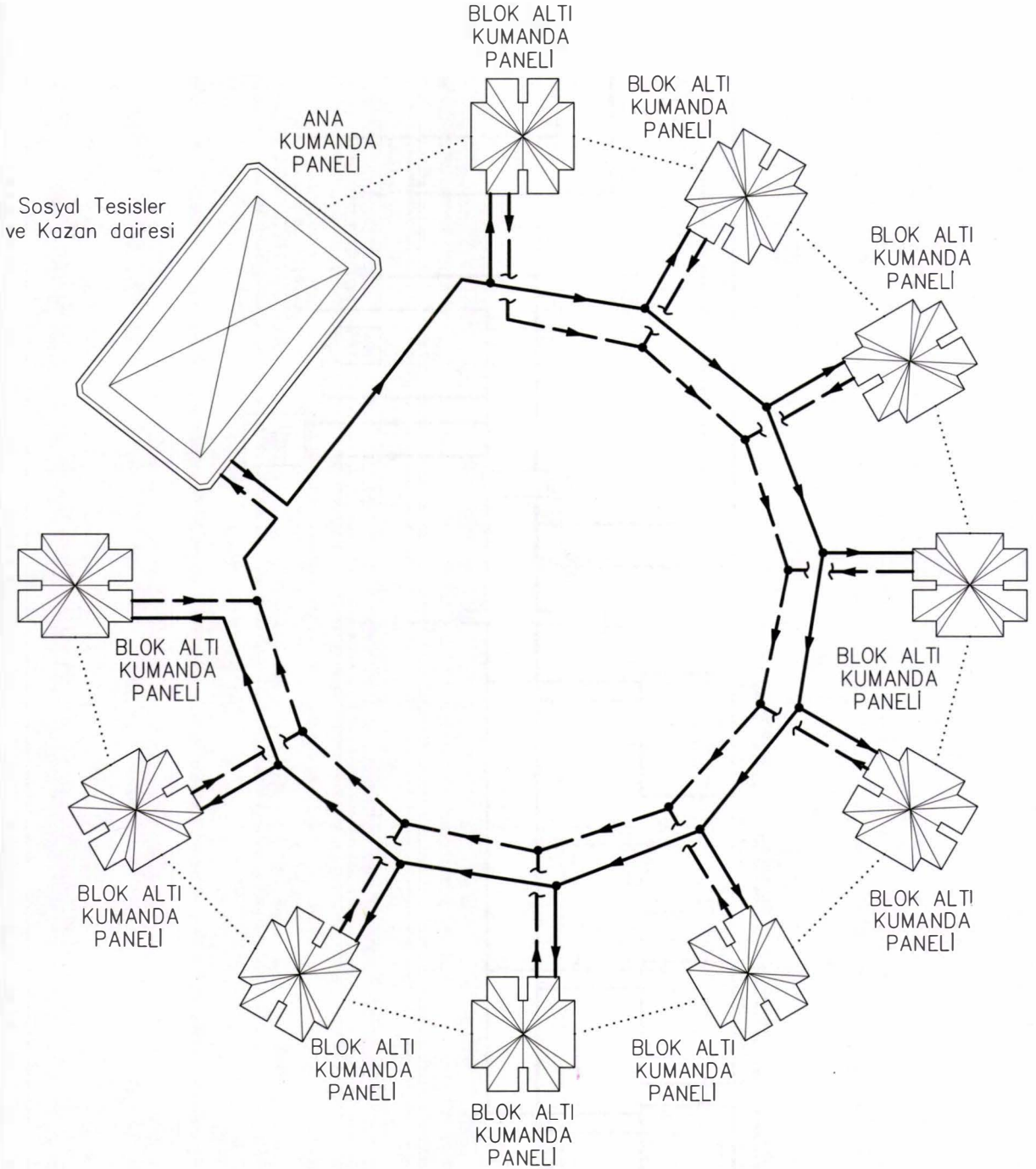


DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KASKAD SİSTEM (4 x 60 kW = 240 kW)



Şekil 4.26D. Bölge Isıtması - Isı Dağıtım Merkezi - PLAKALİEŞANJÖR UYGULAMASI - KASKAD SİSTEMİ

BÖLGE ISITMASI (UZAKTAN ISITMA)
EŞİT DİRENÇ SİSTEMİ UYGULAMASI ÖRNEĞİ
BOYLERLER HER BİNANIN ALTINDA



Şekil 4.27. BÖLGE ISITMASINDA UZAKTAN KUMANDA

Boyerlerin, ısı dağıtım merkezinde olduğu durumda ise birkaç alternatif vardır. Basit olarak denge kabının yerine plakalı eşanjör konulup sistemde başka değişiklik yapılmayabilir (Şekil 4.26A). Bu durumda boylerlerde de sistemde dolaşan su dolaşacaktır. Ancak bölgesel ısıtmada söz konusu olan yüksek su hacmi ve bu hacmin olası içerikleri düşünüldüğünde, boylerleri eşanjörden önceye almak daha sağlıklı olacaktır (Şekil 4.26B). Eğer sistemde yüksek basınç söz konusu ise boylerler bundan korunacaktır. Boyler hattına motorlu iki yollu vana koyularak, pompa durduğunda oluşabilecek istenmeyen ısıtma sirkülasyonları da önenebilir. Bu sistemde kazanlar boyler ihtiyacı olduğu sürece yüksek sıcaklıkta olacaktır. Diğer bir alternatif boyleri sisteme paralel bağlamak yerine, seri bağlamaktır (Şekil 4.26C). Bu sistem tek kolektör sistemi gibi çalışacaktır. 90/75°C çalışan boyler ısıtmasını, 75/60°C çalışan ısıtma devresi takip edecektir. Boyler hattı ihtiyacı kadar suyu alıp, ısıtmaya giden hatta ekleyecektir. Eğer boyler ihtiyacı yoksa kazanlar sadece ısıtmaya çalışacaktır. Kontrol paneli de bu sistemi idare edecek şekilde olmalıdır.

Kapasite uygunsa Kaskad sistem seçilerek enerji tasarrufu daha da artırılabilir (Şekil 4.26D).

4.4.1.5 Bölge Isıtmasında Uzaktan Kumanda (Şekil 4.27)

Bölge ısıtması uygulamalarında enerji ekonomisi yönünden en önemli unsurlardan biri de otomasyondur. Isı dağıtım merkezinde yer alan ana kumanda paneli, bina altlarında yer alan kumanda panellerini kontrol edecek teknolojide olmalıdır. Klasik panellerden farklı olarak gelişmiş kumanda panelleri ile her binanın ihtiyacı ayrı ayrı belirlenir ve ısı dağıtım merkezinden ihtiyaca göre beslenir. Ana kumanda paneli, hangi binada ihtiyaç varsa o binanın altındaki kumanda panelinden bilgi alarak, o binanın ihtiyacını karşılar. Her binada ihtiyaca ve isteğe bağlı olarak dış hava sıcaklığına göre kontrol yapılır. Tesisata giden su sıcaklığı binalardaki ihtiyaca göre belirlenir. Binalarda ihtiyaç olmadığı zamanlarda gereksiz yere sıcak su sirkülasyonu önlenmiş olur.

Isı dağıtım merkezinden bina altlarındaki sıcaklıklar kontrol edilebilir. Her binada dış hava sıcaklığına göre açma-kapama optimizasyonu yapılır, amaçlanan sıcaklık tam istenildiği zamanda sağlanır ve bu sayede yüksek konfor, düşük yakıt tüketimi gerçekleşir. Adaptasyon özelliği sayesinde her binanın karakteristik özelliklerine göre (binanın konumu, yerleşimi ve izolasyon durumu) gidiş suyu sıcaklıkları düşürülebilir.

Isı dağıtım merkezindeki pompalar ΔT kontrollü frekans kontrollü olarak seçilirse, binalara ihtiyaca göre debi kontrolü yapılabilir ve binalardaki dağıtım kayıpları en aza indirilmiş olur, enerji ekonomisi sağlanır. Böylelikle bina altlarında gereksiz ısıtma yapılmamış olur.

Bina altı kumanda panelleri ile binalardaki ısıtma pompası, binalardaki boyler ve sirkülasyon pompaları kontrol

edilebilir. Bu kontrol pompalarda gereksiz çalışmayı önler. Böylelikle büyük oranda enerji tasarrufu sağlanır. Sonuçta her binanın ısıtma sistemi birbirinden bağımsız olarak, kendine ait bir kazan varmışçasına işletilebilir.

4.4.1.6 Sonuç

Özetle, bölge ısıtması günümüzde günümüzde aşağıdaki sebeplerden pek tercih edilmeyen bir alternatif olmaktadır.

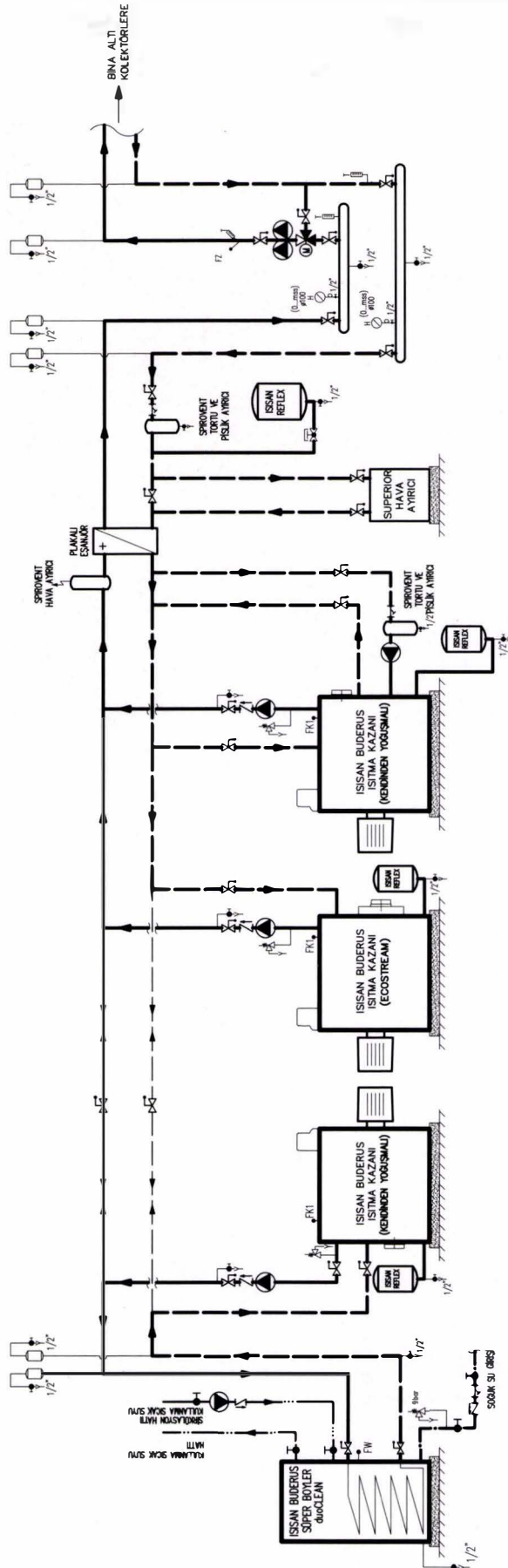
- **Yakıt giderleri çok yüksektir.** Bölge ısıtmasının en önemli tercih sebebi kömür, fuel oil gibi yakıtların tek bir merkezde büyük kapasitelerde yakılmasının daha avantajlı olmasıdır. Hem nakliyelerinin zor olması, hem de depolama ihtiyacı göstermeleri tek merkezde kullanılmasını avantajlı hale getirmektedir. Ayrıca durmadan, sürekli yüksek sıcaklıkta çalışan bir kazanda yakılmaları daha verimli olmaktadır. Ama doğal gaz gibi temiz yakıtlarda her kapasitede aynı verim elde edilmektedir. Ayrıca depolama ihtiyacı göstermemesi, nakliye gerektirmemesi gibi avantajları nedeniyle doğal gaz kullanımında bir ısı dağıtım merkezi yapılması gereksinimi azalmıştır.
- Bölge ısıtmasında uzun hatların bulunması, yüksek su hacmi, ısıtılmayan dış mekanlardan sıcak su borularının dolaşması gibi nedenlerden sistem verimsizdir.
- Bölgesel ısıtma yapıldığında ısıtmanın bedelinin binalara ve binalar içinde dairelere dağılımı konusu hep tartışılmaktadır. Kalorimetre kullanımı bile çözüm olamamaktadır (Kalorimetrelerin kalibrasyonu çok kısa sürede bozulabilmektedir.).
- Genellikle galeri yapılmasının zorlukları ve maliyeti nedeniyle borular toprağa gömülmektedir. Bu da boruların çok kısa sürede korozyona uğramasına ve delinmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla hatlardan su kaçakları olmakta, sistem sadece ısı değil, direkt su kaybetmektedir. Büyük bir hat olduğundan kaçığın tam yerinin tesbit edilmesi zor olmakta, toprak altı tesisat olduğundan dolayı tamiri de zor olmaktadır. Korozyon nedeniyle tesisatta pislik dolaşmakta, pompalara ve kazanlara zarar vermektedir.
- Toplam olarak bakıldığında sistemin COP değeri %40'lara kadar düşmektedir.

Dolayısıyla günümüzde genelde bölgesel ısıtma, ancak büyük bir ısı merkezi zaten varsa tercih edilmektedir. Eğer bir doğal sıcak su kaynağının yakınında bir tesis kurulacak ve verimli şekilde bu kaynaktan yararlanılabilecek ise ya da atık ısı çok olan bir santralin çevresinde, bölgesel ısıtma mantıklı olmaktadır.

Eğer sistem olarak bölgesel ısıtma tercih edilecek ise, yukarıdaki dezavantajlar göz önünde bulundurulmalıdır. Verimli cihazların tercih edilmesi, mümkünse kazanlardan birinin yoğunmalı kazan seçilmesi, boyler kazanının ayrı tutulması (yedekleme açısından ısıtma kazanına bir hat ile bağlanabilir) ve otomatik kontrolün iyi seçilmesi tavsiye edilir (Şekil 4.28).



TÜRBÜLATÖRSÜZ ÜÇ TAM GEÇİŞLİ KAZANLAR (3 x 5.200 kW = 15.600 kW),
soldaki ve ortadaki kazanlar ENTEGRE YOGUŞMA EŞANJÖRLÜ, BRÜLÖRLER: KURUM YAPMAYAN, ORANSAL TİP
(Kazanların üzerindeki vanalara ulaşabilmek için yapılan servis platformu önemli bir detaydır.)



Not: Zon 3 yollu vanası ısıtma kazanı kontrol paneli ile kontrol edilmelidir. Aksi durumlarda kazanların çıkışına 3 yollu karışım vanaları kullanılmalıdır.

Şekil 4.28. Bölge Isıtması - SONUÇ



Şekil 4.29. Bina Isıtması - KAZAN DAİRESİ ÖRNEĞİ
ÇELİK KAZAN (1.600kW), HARİCİ YOĞUŞMA EŞANJÖRLÜ
BRÜLÖR ORANSAL, KURUM YAPMAYAN TİP

4.4.2 BİNA ISITMASI (Şekil 4.29)

Bina ısıtması, ısıtma merkezinin her bina için ayrı ve o binanın içinde olması olarak tanımlanabilir. Kazan dairesi binanın bodrumunda olabileceği gibi, giderek artan bir oranda çatı arasında da olabilmektedir.

Temel olarak bakıldığında bina ısıtmasında, bölge ısıtmasında bina altlarında olan tesisatın aynısı bulunmaktadır. Tek farkı ısı dağıtım merkezinden gelen gidiş hattı, ve merkeze dönen dönüş hattının kazana bağlı olmasıdır. Bina ısıtmasında dikkat edilmesi gereken en önemli kriter kazan seçimidir. Bu seçim yukarıda anlatılan olasılıklar içinden ihtiyaca göre yapılmalıdır. Ama kazan tercihinin önce belirlenmesi gereken bir çok kriter vardır:

4.4.2.1 Kazan Dairesinin Yeri

Binanın durumuna göre kazan dairesi bodrumda ya da çatıda olabilmektedir (Çok ender olarak arada bir kat da olabilir, ama pek tercih edilmemelidir.).

Kazan dairesinin çatıda olması çok daha avantajlıdır (Bakınız Çatı Kazan Dairesi bölümü). Hem ilk yatırım maliyeti düşük olacaktır, hem de işletmede kolaylık sağlanacaktır. Sistem binanın yüksekliğinden gelen basıncı taşımak zorunda olmayacağından, cihazlar buna göre seçilebilecek, işletme de daha düşük basınçta yapılacaktır.

Günümüzün en büyük problemlerinden birinin otopark olduğu da göz önünde tutulursa, bodrumun otopark veya başka amaçlar (sığınak, yönetim odası, kapıcı dairesi vb) için kullanılabilecek olması avantajlı olacaktır.

4.4.2.2 Kazan Tipinin Seçimi

Genelde kazan alınırken sadece ilk yatırım maliyetine göre karar verilmektedir. Halbuki sistemin ömrü ve işletme maliyeti seçilecek kazana çok bağlıdır. Özellikle yakıt fiyatlarının gün geçtikçe arttığı şu günlerde, kazan seçilirken birinci kriter işletme maliyeti olmalıdır.

a. Standart Tek Kazanlı Sistemler:

En eski sistemlerdir. Genellikle açık genleşme depolu yapılmıştır. Kazan düşük sıcaklık kazanı olmadığından kesinlikle şönt pompa ve kazan üç yollu vanası ile kullanılmalıdır (Şekil 4.30A ve B).

b. Ecostream Tek Kazanlı Sistemler:

Ecostream kazan olduğundan şönt pompa ihtiyacı yoktur. Konfor için radyatör hattında üç yollu vana kullanılması tavsiye edilir (Şekil 4.31A).

Kapasite uygun ise duvar tipi yoğunlaşmalı kazan kullanılabilir. Bu durumda üç yollu vanaya gerek yoktur. Ama sıcak su ihtiyacı da merkezi karşılanılırsa radyatör hattında kesinlikle bir üç yollu vana olmalıdır (Şekil 4.31B). Ecostream kazanda tek kolektör uygulaması da yapılabilir (Şekil 4.31C).

c. Çok Kazanlı Sistemler:

Kapasite büyüdükçe iki veya daha fazla kazan tercih edilebilir. Kazanlar eşit kapasitede seçilebilir (Şekil 4.32A ve B).

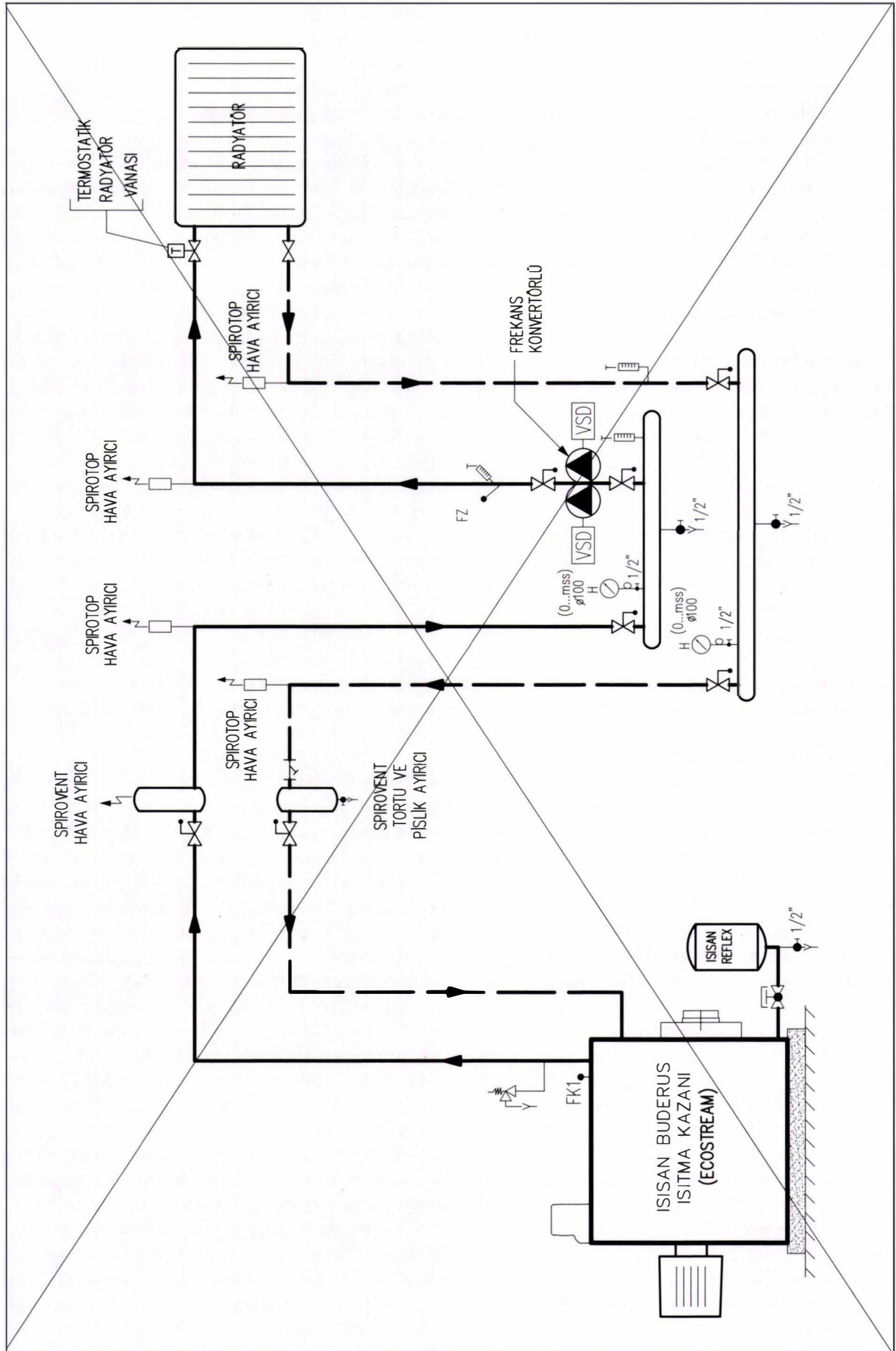
Buradaki amaç, kazanlardan biri bir şekilde kapatılmak istenirse, diğer kazan ile ısıtmaya devam etmektir. Tasarım kapasitesi en düşük dış hava sıcaklığına göre seçildiğinden, genelde tek kazan sistemi idare edebilecektir. Ama günümüzde kullanılan kaliteli kazanlarda bir kazanın çalışmaz hale gelmesi ve tekrar çalışır hale getirilmesinin çok uzun sürmesi pek olası değildir. Bu sebepten dolayı iki kazan tercih edilirken, bir kazan sıcak su ihtiyacı kadar seçilebilir. Bu durumda eğer bir apartman söz konusu ise ve hızlı boyler kullanılıyorsa, diğer kazan ısıtma için belirlenen tasarım kapasitesinde değil, bu kapasiteden diğer kazanın kapasitesi eksiltilerek seçilebilir (Şekil 4.33). Günümüzdeki yakıt fiyatlarının artışı düşünüldüğünde bu ısıtma kazanı da yoğunlaşmalı kazan olarak seçilmelidir (Şekil 4.34A, B, C, D, 4.35 ve 4.36). Hızlı boylerlerde çalışma sıcaklığı 90/70°C olarak tasarlanırsa da, işletmelerde özellikle ilk çalıştırmada dönüş suyu sıcaklığının 40°C civarında olduğu gözlenmiştir. Bu sebepten dolayı ve daha önemlisi yoğunlaşmalı kazanların yüksek işletme sıcaklıklarında bile, yoğunlaşmaz kazanlara göre daha verimli oldukları göz önünde tutularak, iki kazan da yoğunlaşmalı seçilebilir (Şekil 4.37). Kapasite uygunsa çok daha düşük işletme maliyetlerine sahip olan duvar tipi yoğunlaşmalı kazanlarla oluşturulan kaskad sistemler tercih edilmelidir (Şekil 4.38A, B ve C).

4.4.2.3 Kazan Kapasitesi

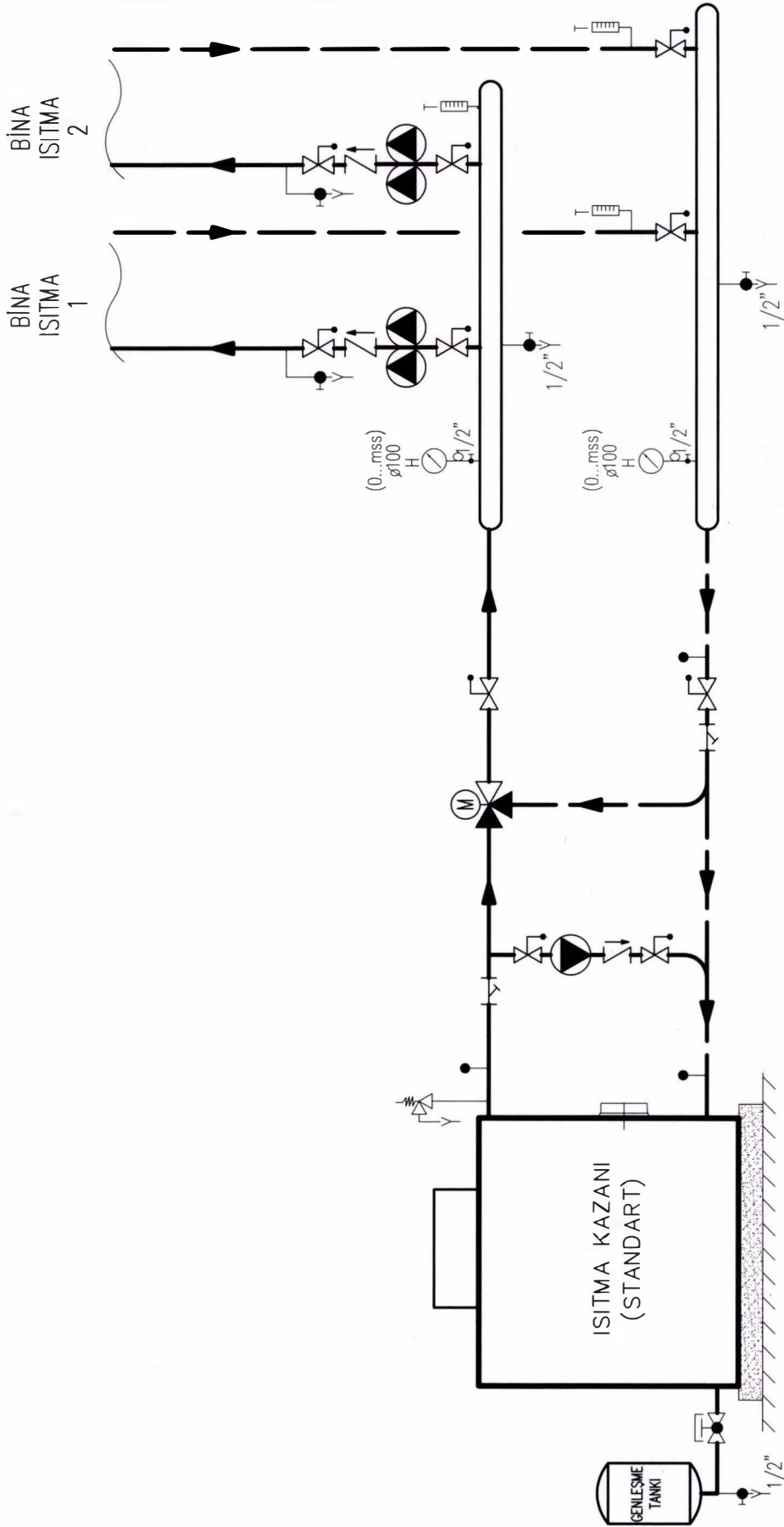
En önemli konulardan biri de doğru kapasitenin belirlenmesidir. Bu konu, 4.4.1 nolu bölümde detaylı bir şekilde incelenmiştir.

4.4.2.4 Tek Kolektör Uygulaması

Tek kolektör uygulaması ile kazanlardan gelen 90°C su boylere gönderilecek, oradan dönen 75°C su da dış hava sıcaklığına bağlı olarak çalışan üç yollu vananın kontrolünde radyatörlere gönderilecektir. Çok basit bir örnek alırsak, radyatör kapasitesi 2 m³/h, boyler kapasitesi de 1 m³/h olan bir sistemde, toplamda 3 m³/h su pompalanması gerekirken, bu şekilde 2 m³/h pompalanması yeterli olacaktır. Eğer otomasyon paneli de ihtiyaçları kontrol ediyorsa, boylerde hiç ihtiyaç olmadığı durumlarda tüm sistemin sıcaklığı bile düşürülebilir. Bu durumda hem pompalama enerjisinden, hem de ısı enerjisinden tasarruf yapılacaktır. Dikkat edilmesi gereken çok önemli bir konu, bu uygulamada gidiş suyu ile dönüş suyu sıcaklık farkının açılacağıdır. Dönüş suyu sıcaklığının düşmesi dönüş hattında oluşan ısı kaybının azalması demektir. Ama kazanların bu sisteme uygun olması gerekir. Bu durumda sistem 90/55°C gibi çalışacaktır. Kazanların işletme şartlarında buna izin verilip verilmediği kontrol edilmelidir. Bu dezavantaj gibi gözükse de durum kazanlardan biri yoğunlaşmalı seçilerek avantaja çevrilebilir. Düşük dönüş suyu sıcaklığı sayesinde yoğunlaşmadan çok daha fazla yararlanılacak, dolayısıyla yakıt tüketimi çok daha düşük olacaktır (Şekil 4.39A ve B).



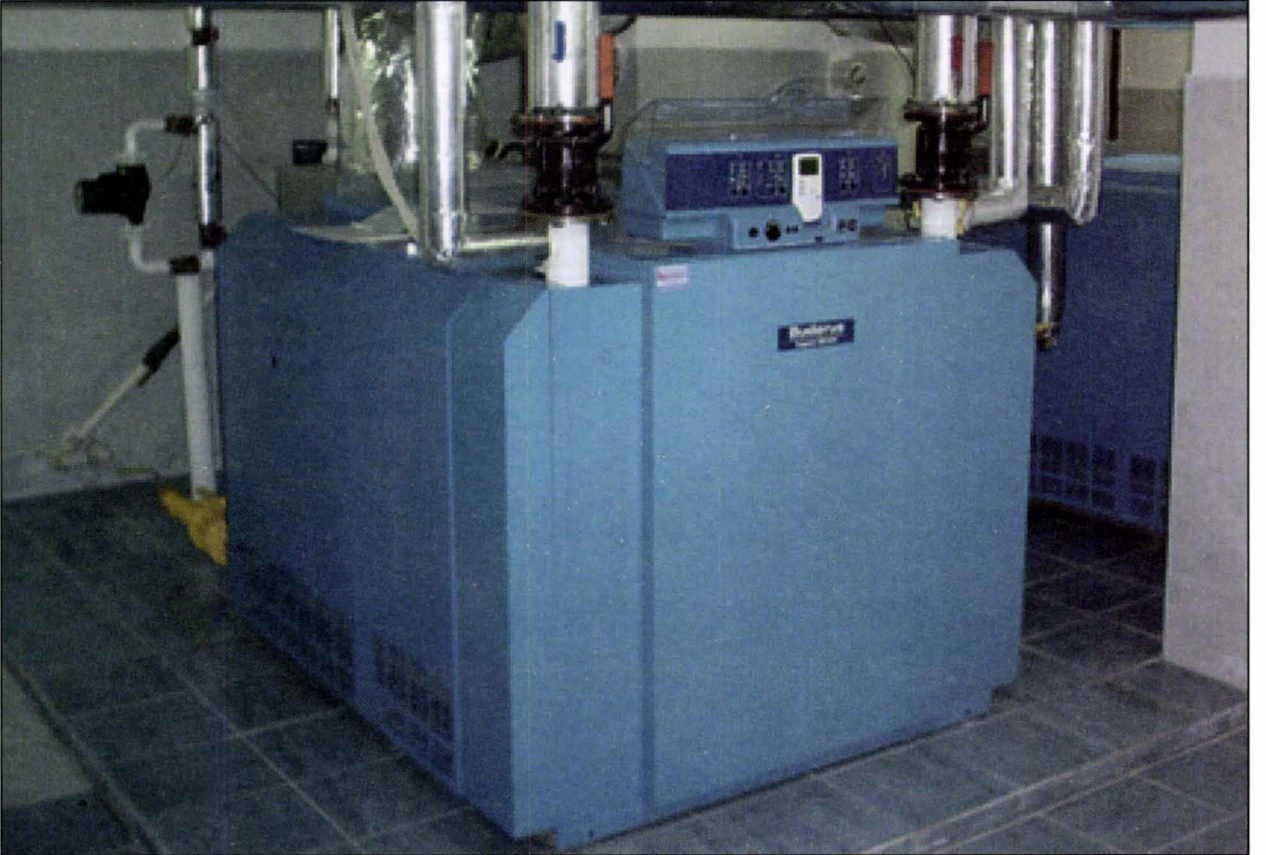
Şekil 4.30A. Bina Isıtması - ÜÇ YOLLU VANASIZ STANDART TEK KAZANLI SİSTEM (Yanlış Uygulama)



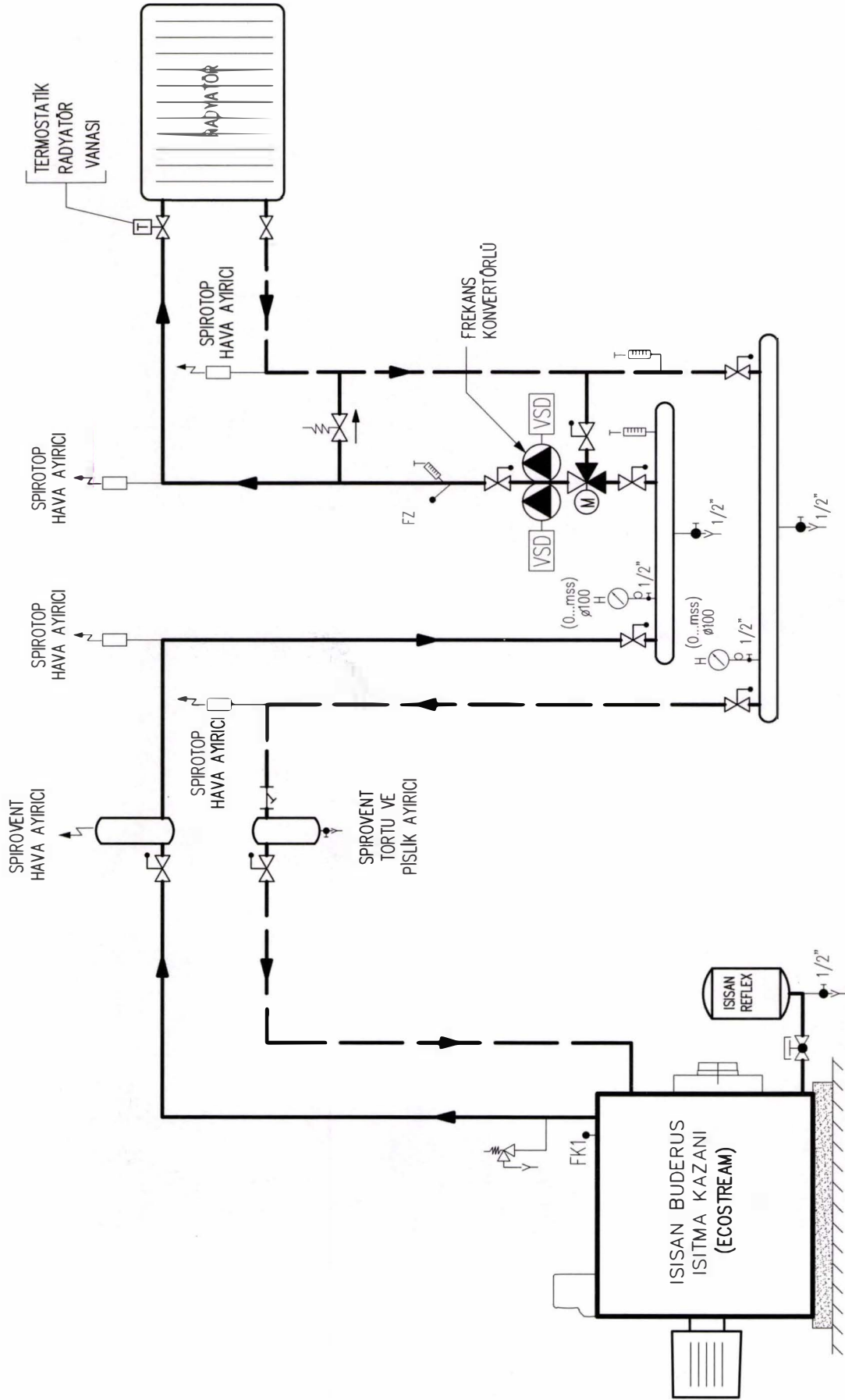
Şekil 4.30B. Bina Isıtması - STANDART TEK KAZANLI SİSTEM (Şönt Pompalı)



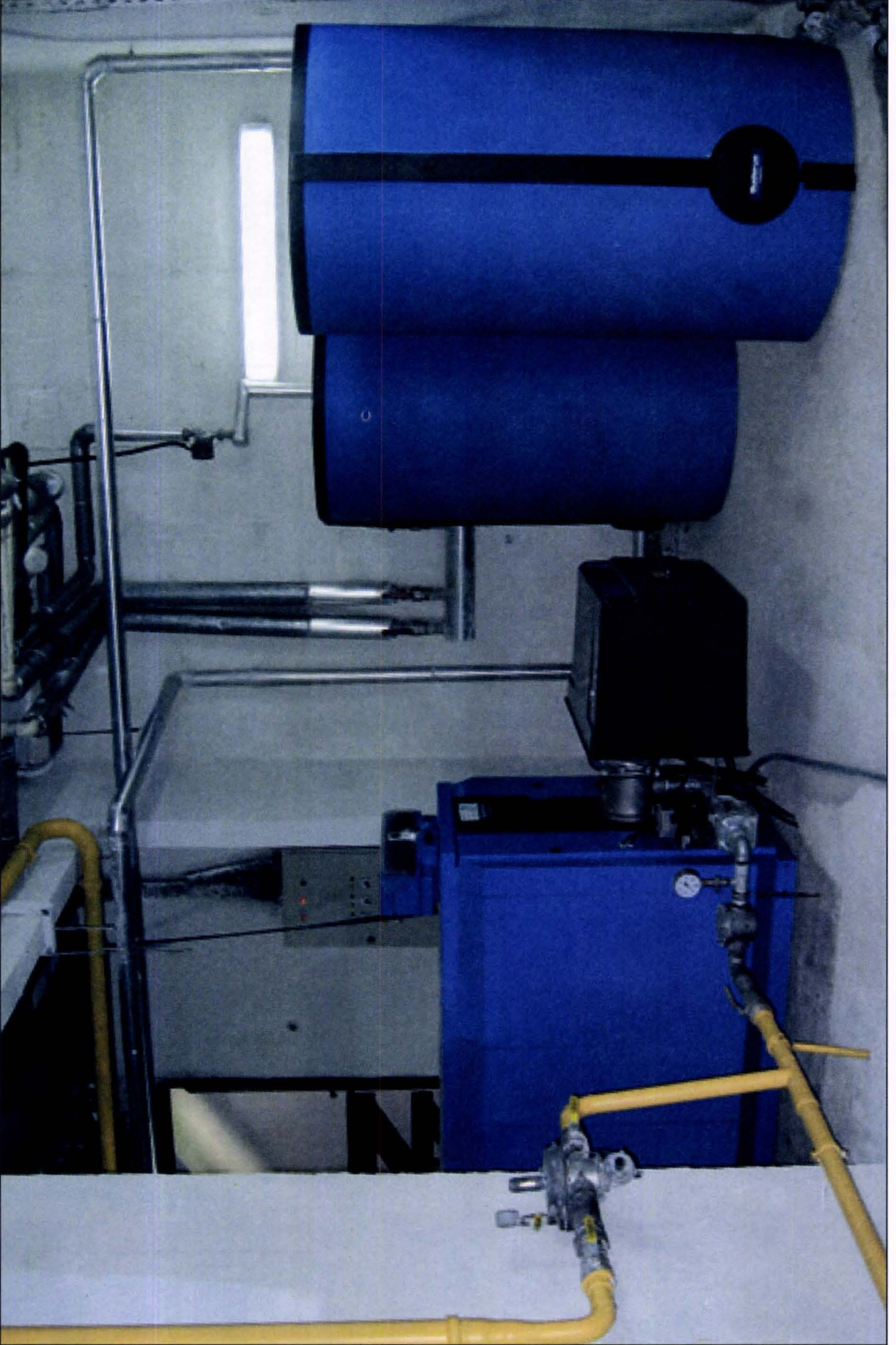
TÜRBÜLATÖRSÜZ ÜÇ TAM GEÇİŞLİ KAZAN (3.700 KW) ve KURUM YAPMAYAN ORANSAL BRÜLÖR



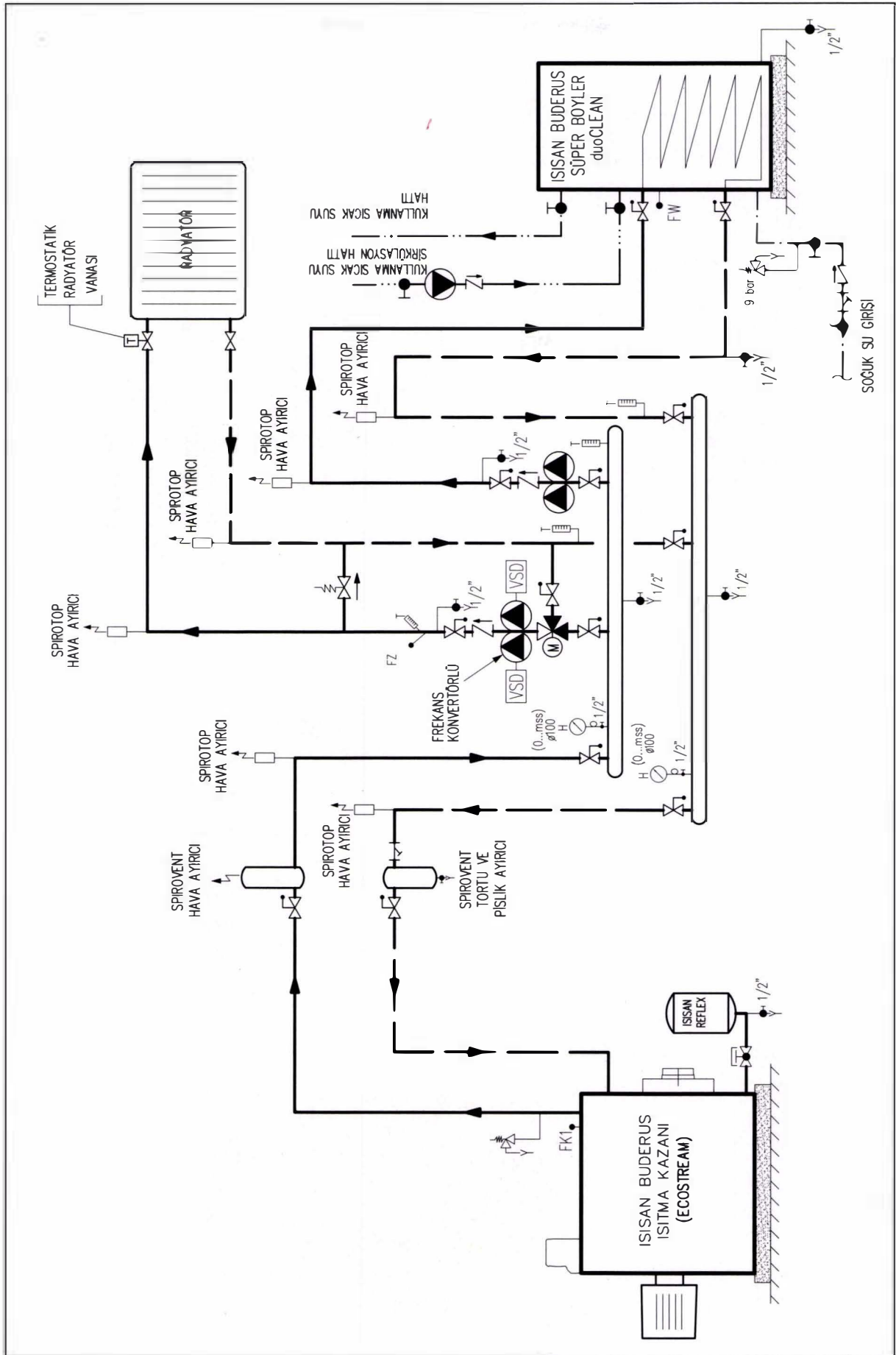
ATMOSFERİK BRÜLÖRLÜ ESNEK DÖKÜM ECOSTREAM KAZAN (375 KW)



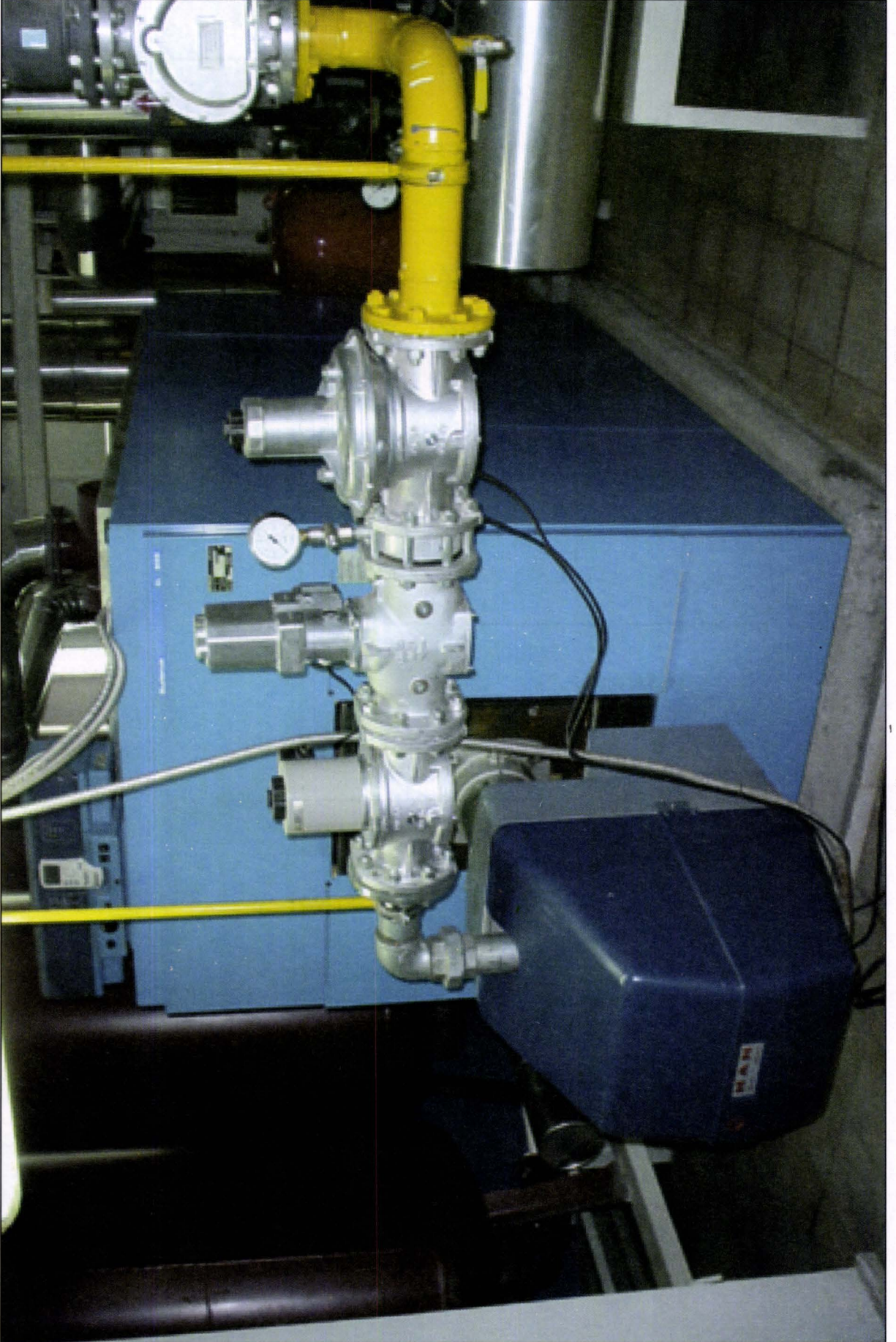
Şekil 4.31A. Bina Isıtması - ECOSTREAM TEK KAZANLI SİSTEM (Sadece Radyatör Isıtması)



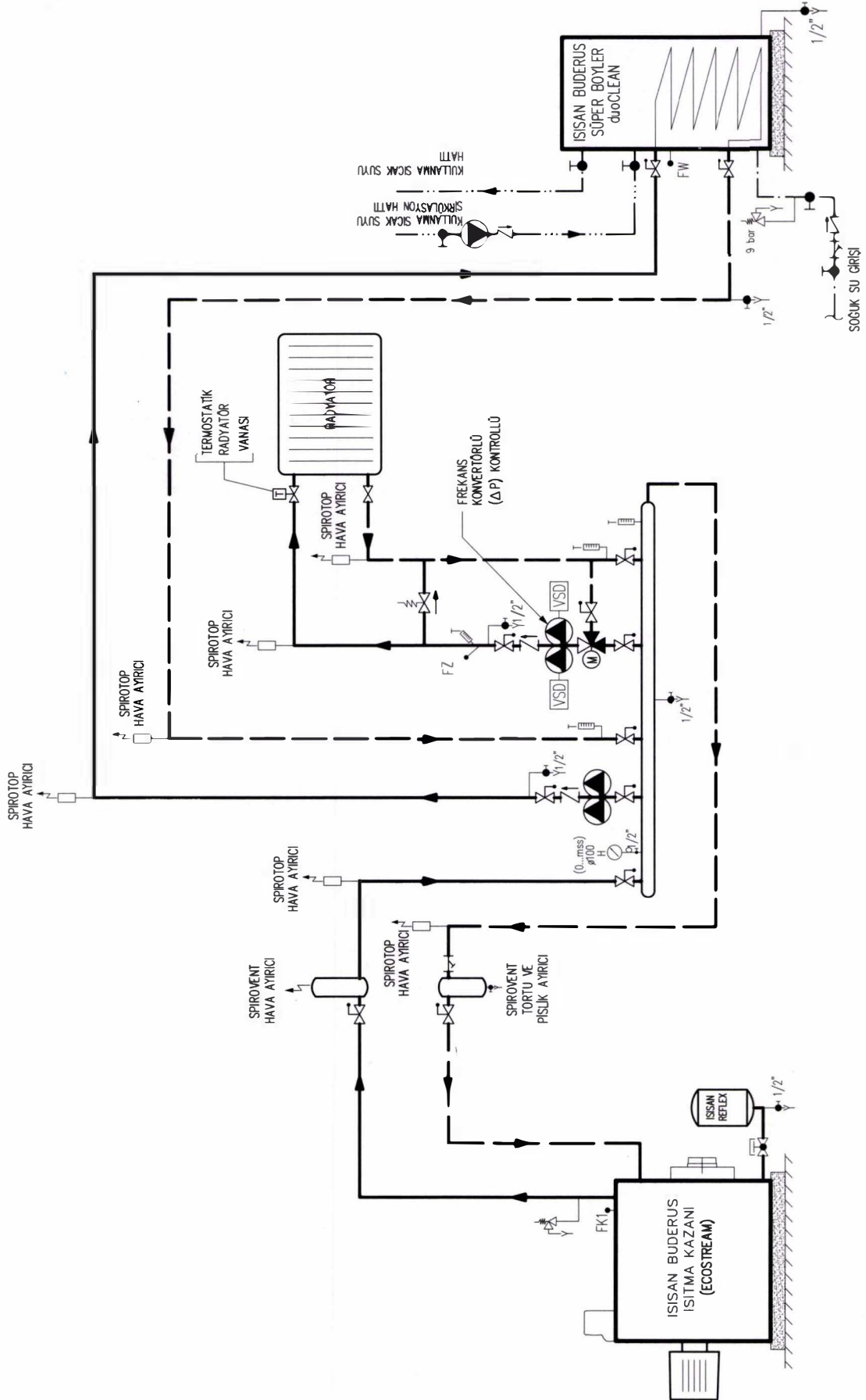
ECOSTREAM ESNEK DÖKÜM KAZAN (455 kW), DİK TİP HİJYENİK BOYLERLER (2 x 750 l = 5.780 l/h) VE KURUM YAPMAYAN ORANSAL BRÜLÖR



Şekil 4.31/B. Bina Isıtması - ECOSTREAM TEK KAZANLI SİSTEM (Radyatör ve Boyler Isıtması)



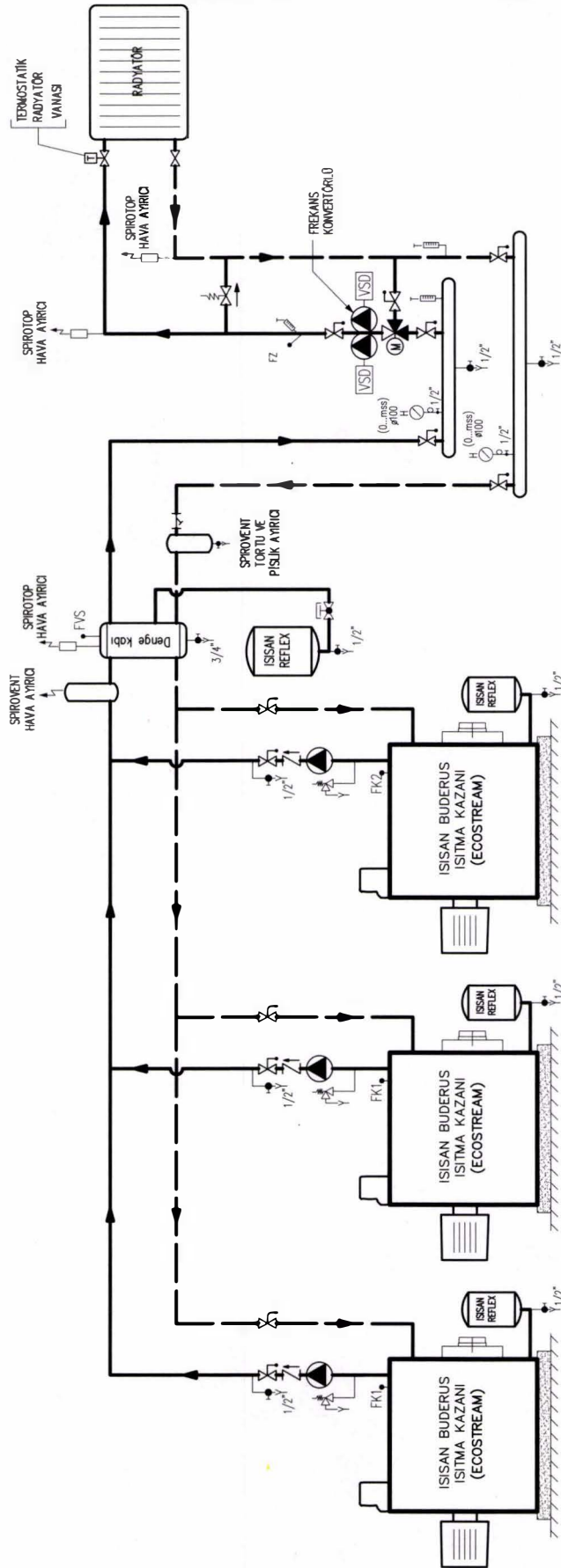
ECOSTREAM ESNEK DÖKÜM KAZAN (1.200 kW) VE İKİ KADEMELİ BRÜLÖR



Şekil 4.3/C. Bina Isıtması - ECOSTREAM TEK KAZANLI SİSTEM (Tek Kolektör Uygulaması)



ECOSTREAM ESNEK DÖKÜM KAZAN (3 x 1.200 kW) VE KURUM YAPMAYAN ORANSAL BRÜLÖRLER



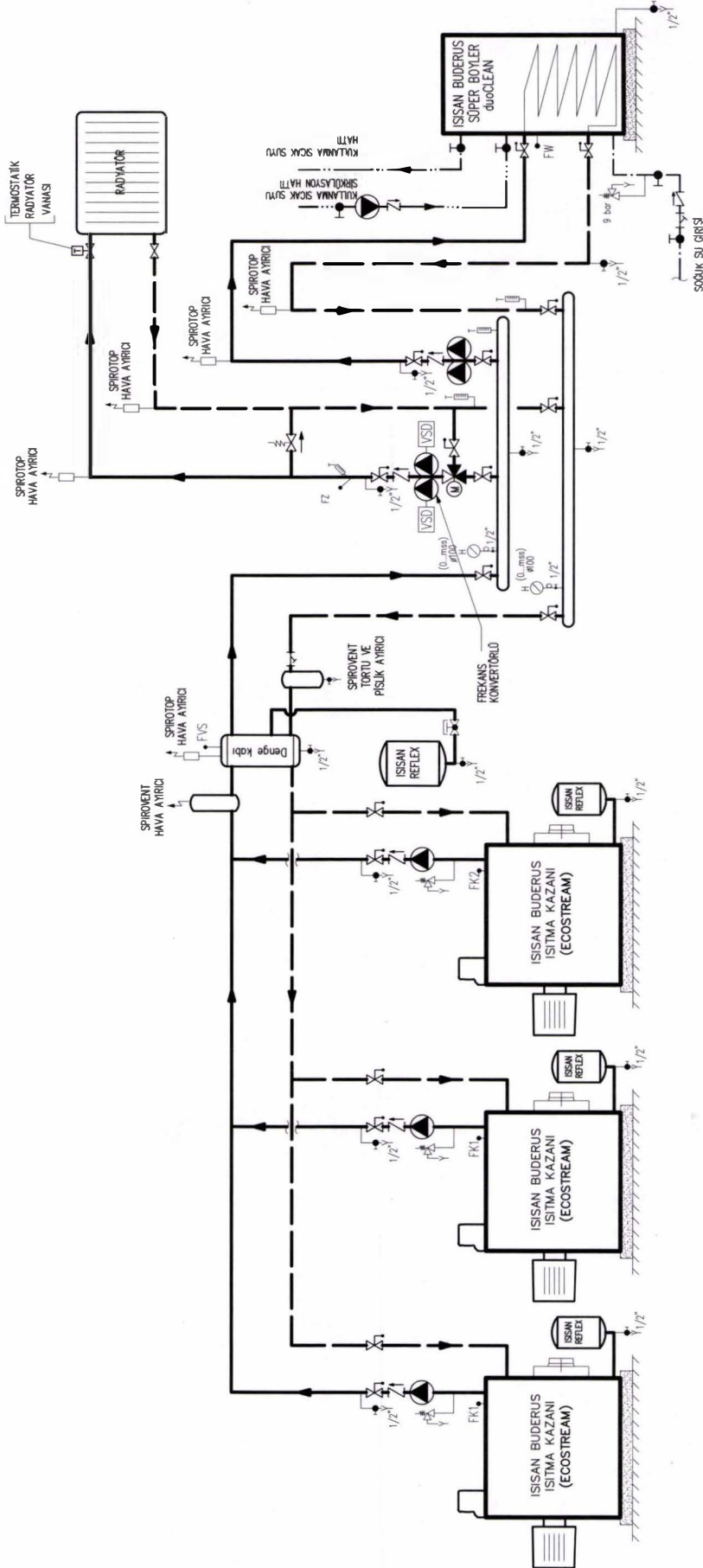
Pratik Bilgi : Boyleri ısıtan sirkülasyon pompaları durduğu zaman (boylerdeki su istenilen sıcaklığa gelmiş durumda) kazan pompalarının (primer pompaların) bastığı ısıtma suyu az da olsa boylerden geçebilir. Bu istenmeyen, ancak işletmede bazen karşılaşılan bir sorundur. Bu durumda :

- Kazan (primer) pompaların kapasitesi (basıncı) aşırı büyük seçilmiş olabilir, kapasite azaltılmalıdır.
- Denge kolu boyutları küçük seçilmiş olabilir. Denge kolu boyutlandırması için ısıtma çalışmaları No:265 ısıtma tesisatı kitabına bakınız.
- Geçici çözüm olarak da boiler ısıtma devresine on-off iki yollu vana monte edilebilir.

Şekil 4.32A. Bina Isıtması - ÇOK KAZANLI SİSTEM - Radyatör Isıtması



ECOSTREAM ESNEK DÖKÜM KAZANLAR (3 x 1.200 kW) VE İKİ KADEMELİ BRÜLÖRLER



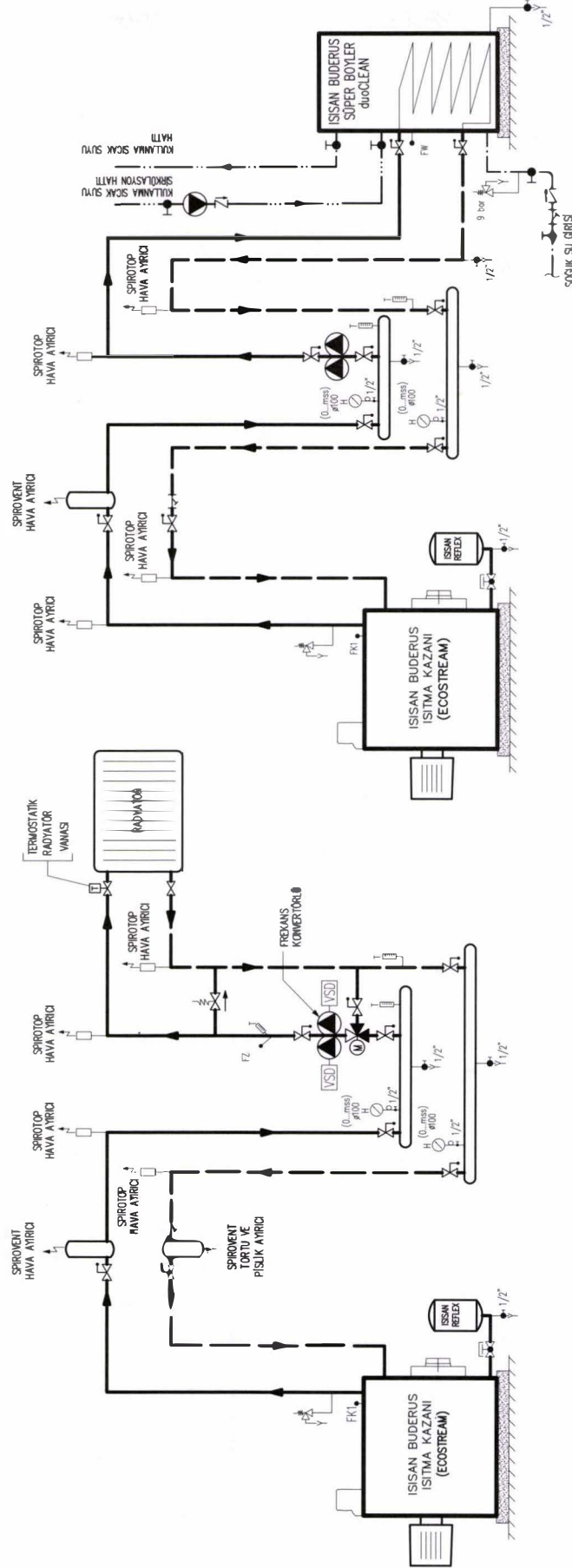
Pratik Bilgi : Boyleri ısıtın sirkülasyon pompaları durduğu zaman (boylerdeki su istenilen sıcaklığa gelmiş durumda) kazan pompalarının (primer pompaların) bastığı ısıtma suyu az da olsa boylerden geçebilir. Bu istenmeyen, ancak işletmede bazen karşılaşılan bir sorundur. Bu durumda :

- Kazan (primer) pompaların kapasitesi (basıncı) aşırı büyük seçilmiş olabilir, kapasite azaltılmalıdır.
- Denge kabı boyutları küçük seçilmiş olabilir. Denge kabı boyutlandırması için ısıtma çalışmaları No:265 Isıtma tesisatı kitabına bakınız.
- Geçici çözüm olarak da boyler ısıtma devresine on-off iki yollu vana monte edilebilir.

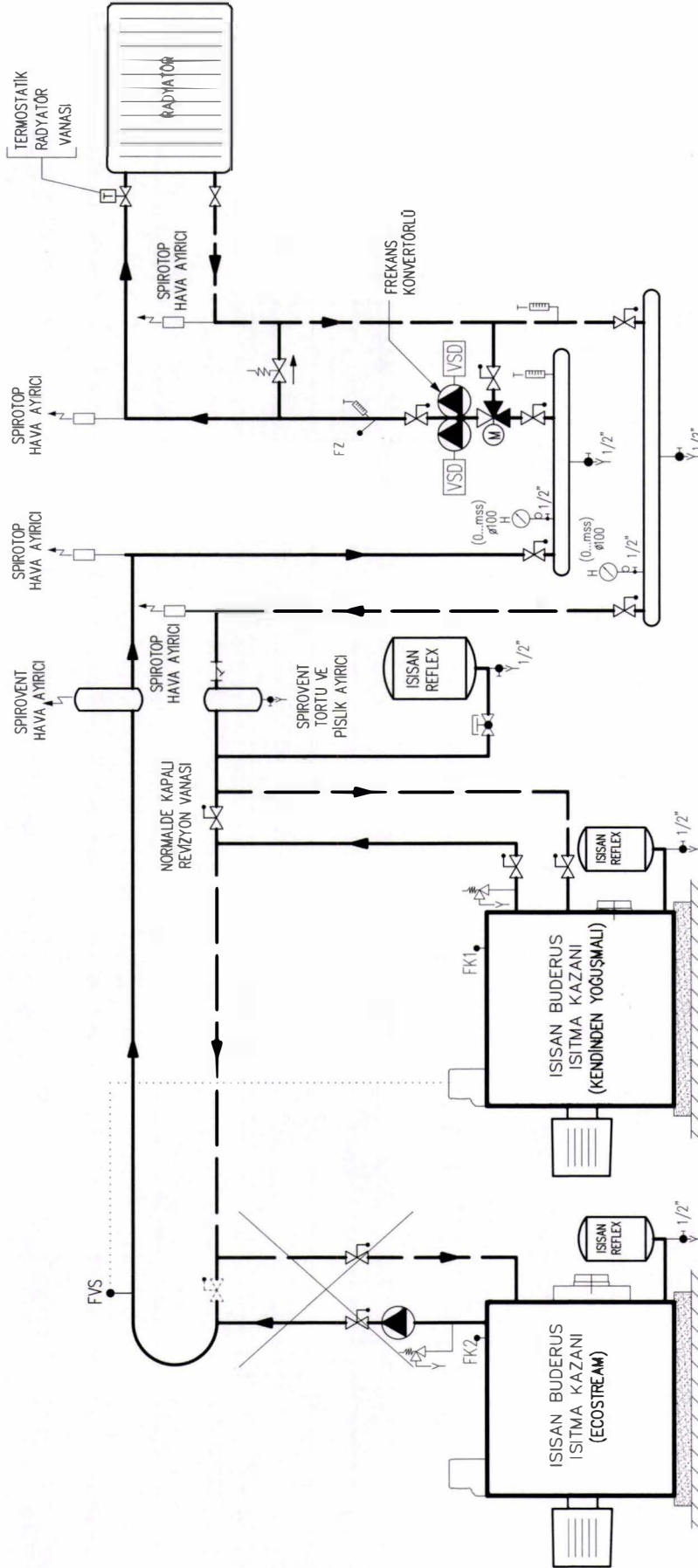
Şekil 4.32B. Bina Isıtması - ÇOK KAZANLI SİSTEM - Radyatör ve Boyler Isıtması



Bina Isıtması - ECOSTREAM ESNEK DÖKÜM KAZAN (1.200 kW) VE KURUM YAPMAYAN ORANSAL BRÜLÖR
Boiler Isıtması - ECOSTREAM ESNEK DÖKÜM KAZAN (455 kW) VE İKİ KADEMELİ BRÜLÖR

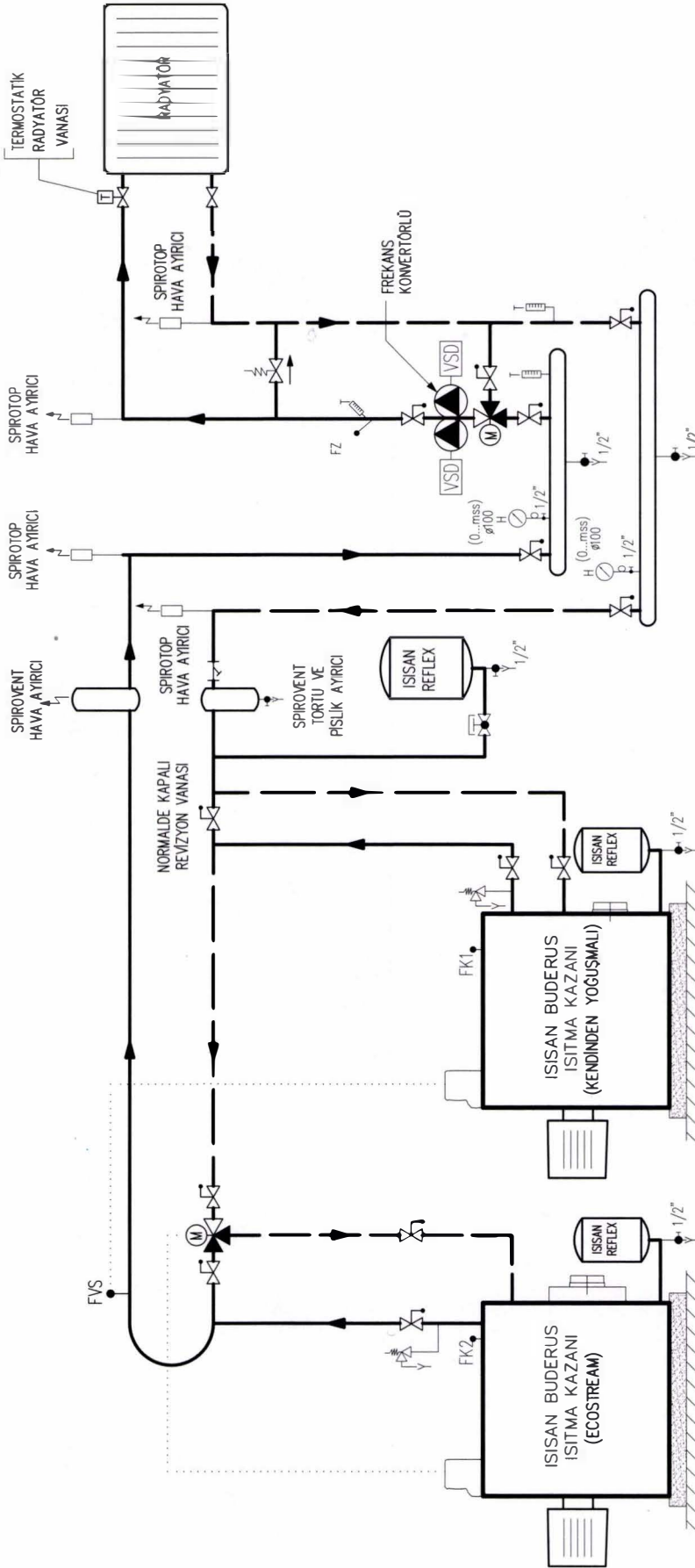


Şekil 4.3.3. Bina Isıtması - ISITMA VE BOYLER KAZANI AYRI (İkisi de Ecostream Kazan)



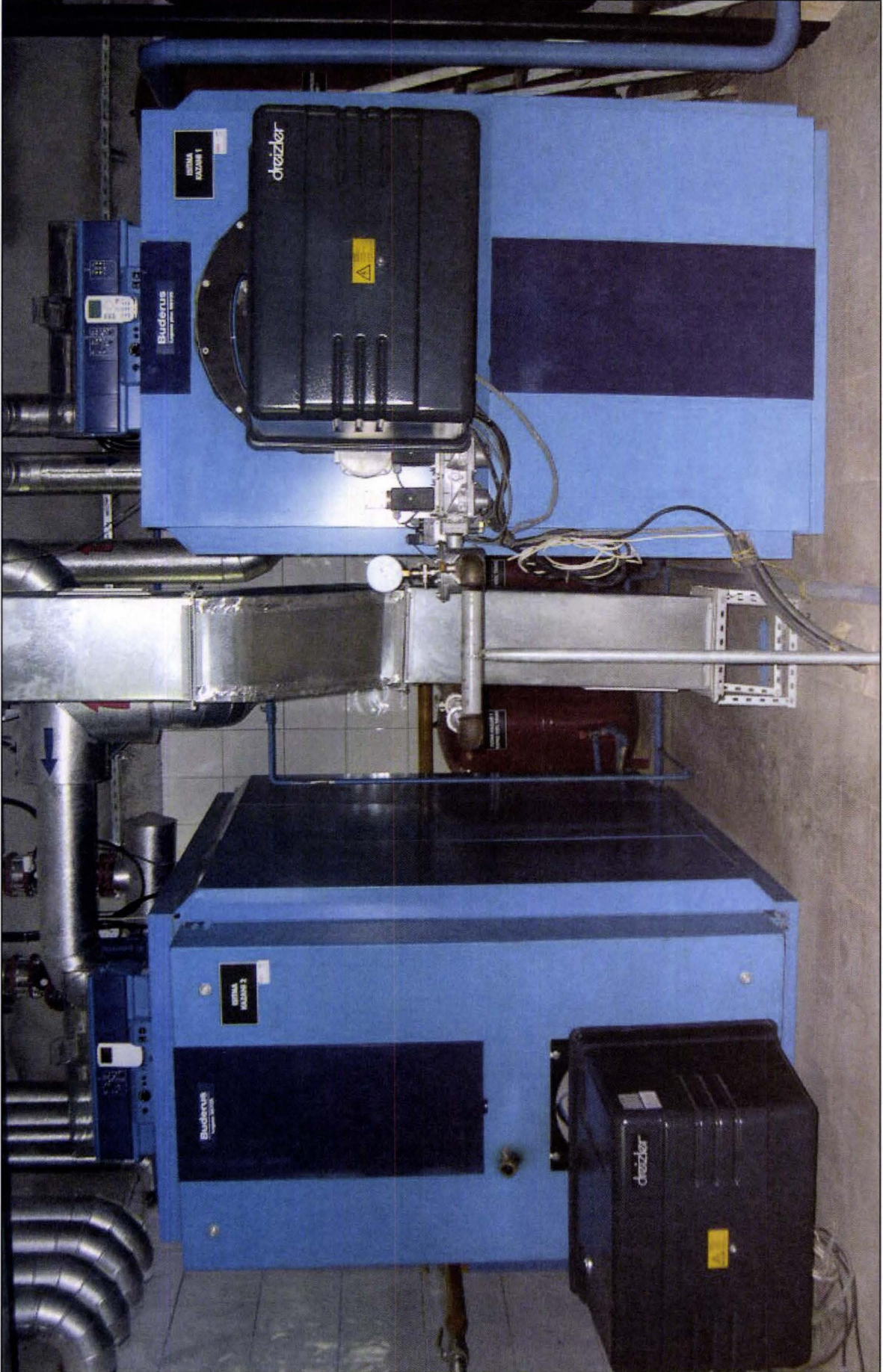
Not: İkinci kazan Ecostream ise gidişindeki pompaya ihtiyaç yoktur. Ancak bu durumda üst by-pass bağlantısına vana veya aç yollu vana konulması gerekir.

Şekil 4.34A. Bina Isıtması - KENDİNDEN YOĞUŞMALI (Sağda) VE ECOSTREAM KAZAN (Alternatif 1)

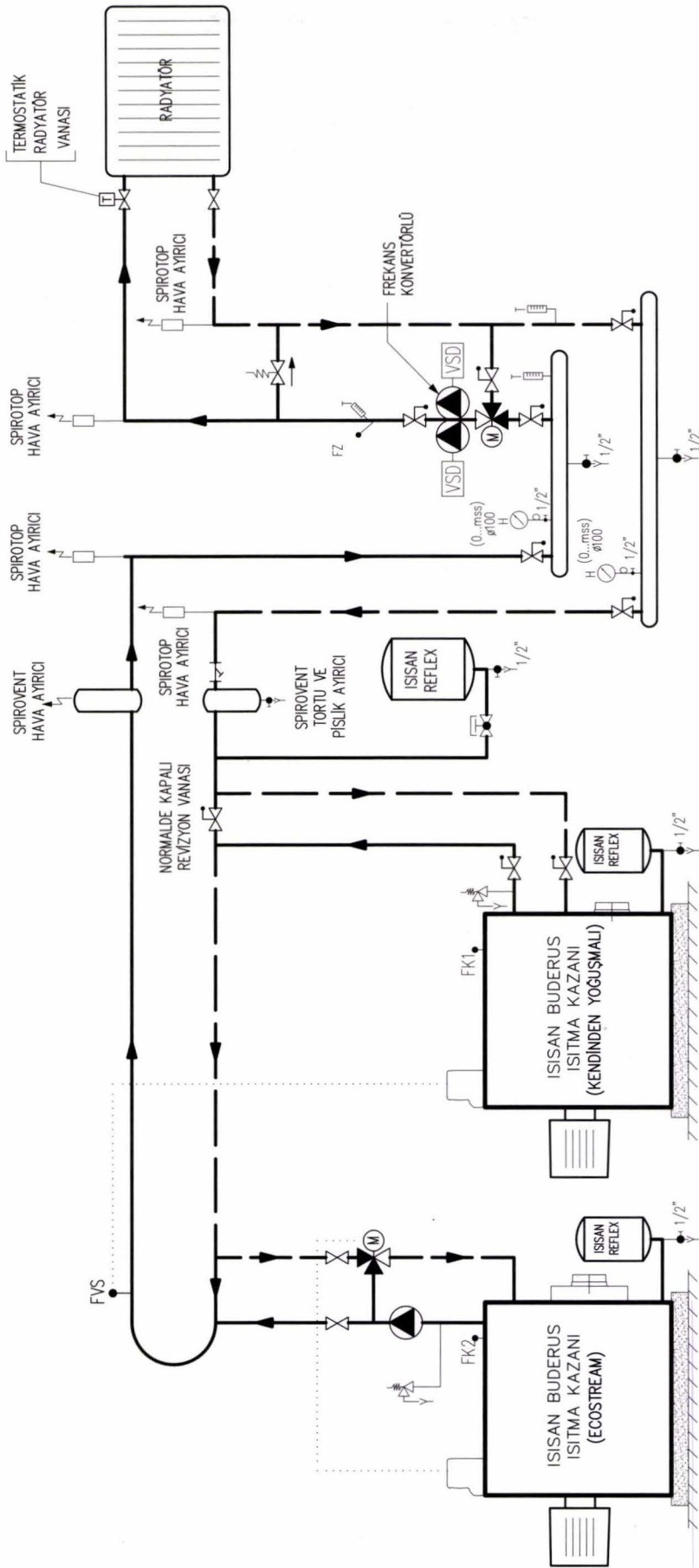


Not: Üç yollu vana zan pompasının emişinde kalyor. Bu yüzden pompaya ilave ilave direnç yaratacağı. Pompa bçydk seçilmek zorundadır. Bu da elektrik tüketimini arttıracaktır.

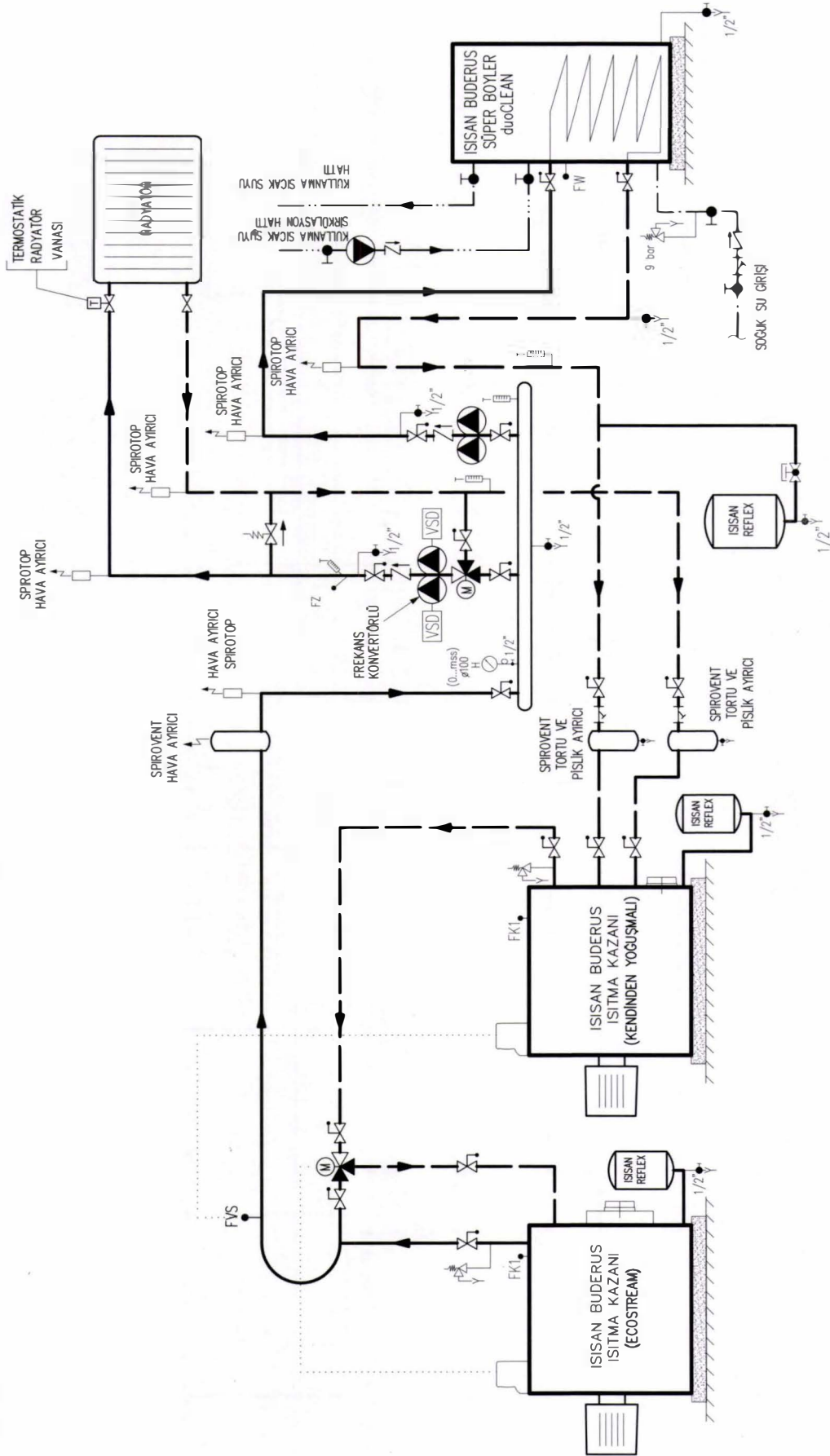
Şekil 4.34B. Bina Isıtması - KENDİNDEN YOĞUŞMALI (Sağda) ECOSTREAM KAZAN (Alternatif 2)



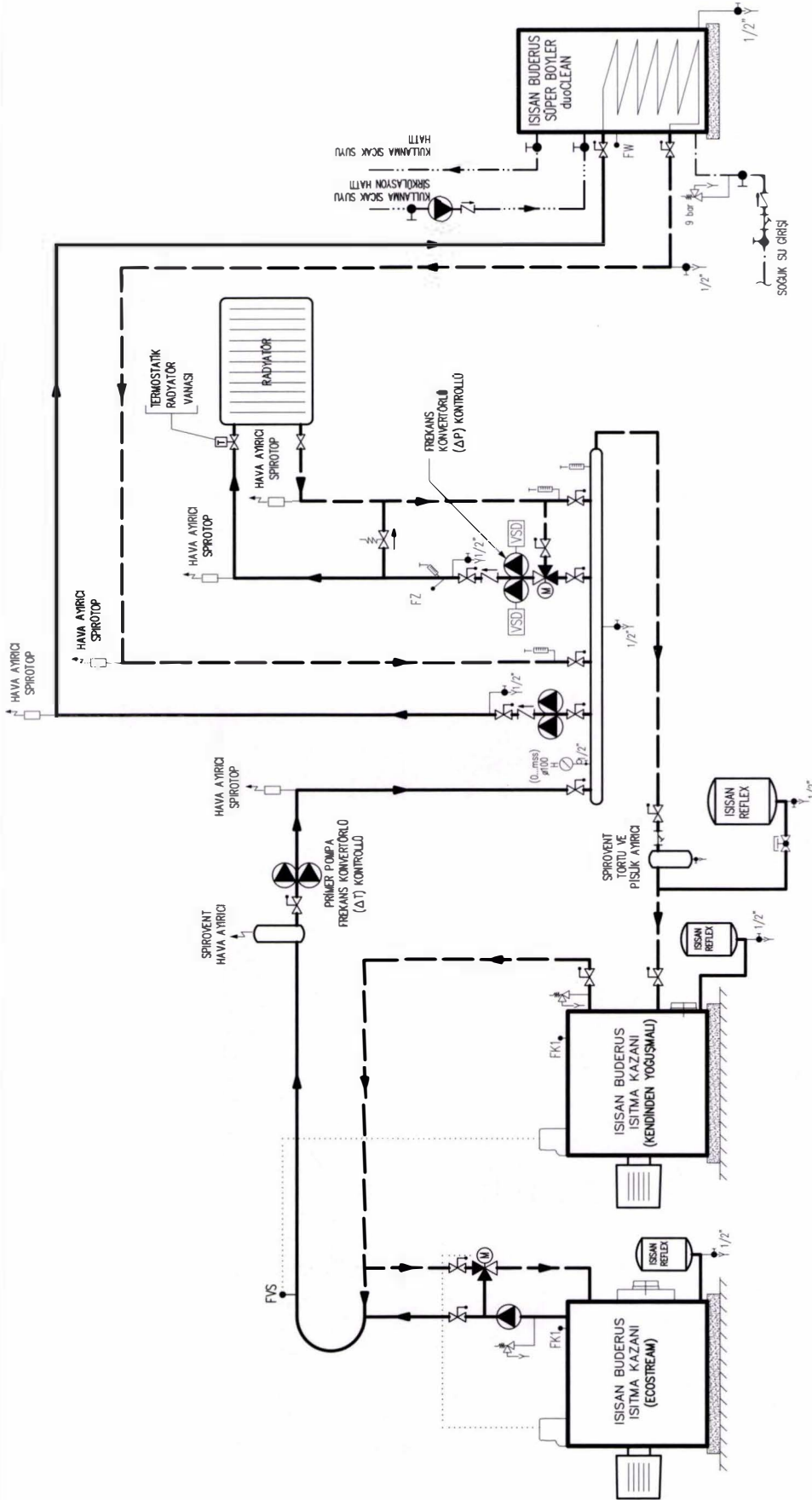
KENDİNDEN YOĞUŞMALI ÜÇ TAM GEÇİŞLİ KAZAN (1.200 kW) (Sağda), ECOSTREAM ÇELİK KAZAN (1.750 kW) (Solda) ve KURUM YAPMAYAN ORANSAL BRÜLÖRLER



Şekil 4.34C. Bina Isıtması - KENDİNDEN YOĞUŞMALI (Sağda) ECOSTREAM KAZAN (Alternatif 3)



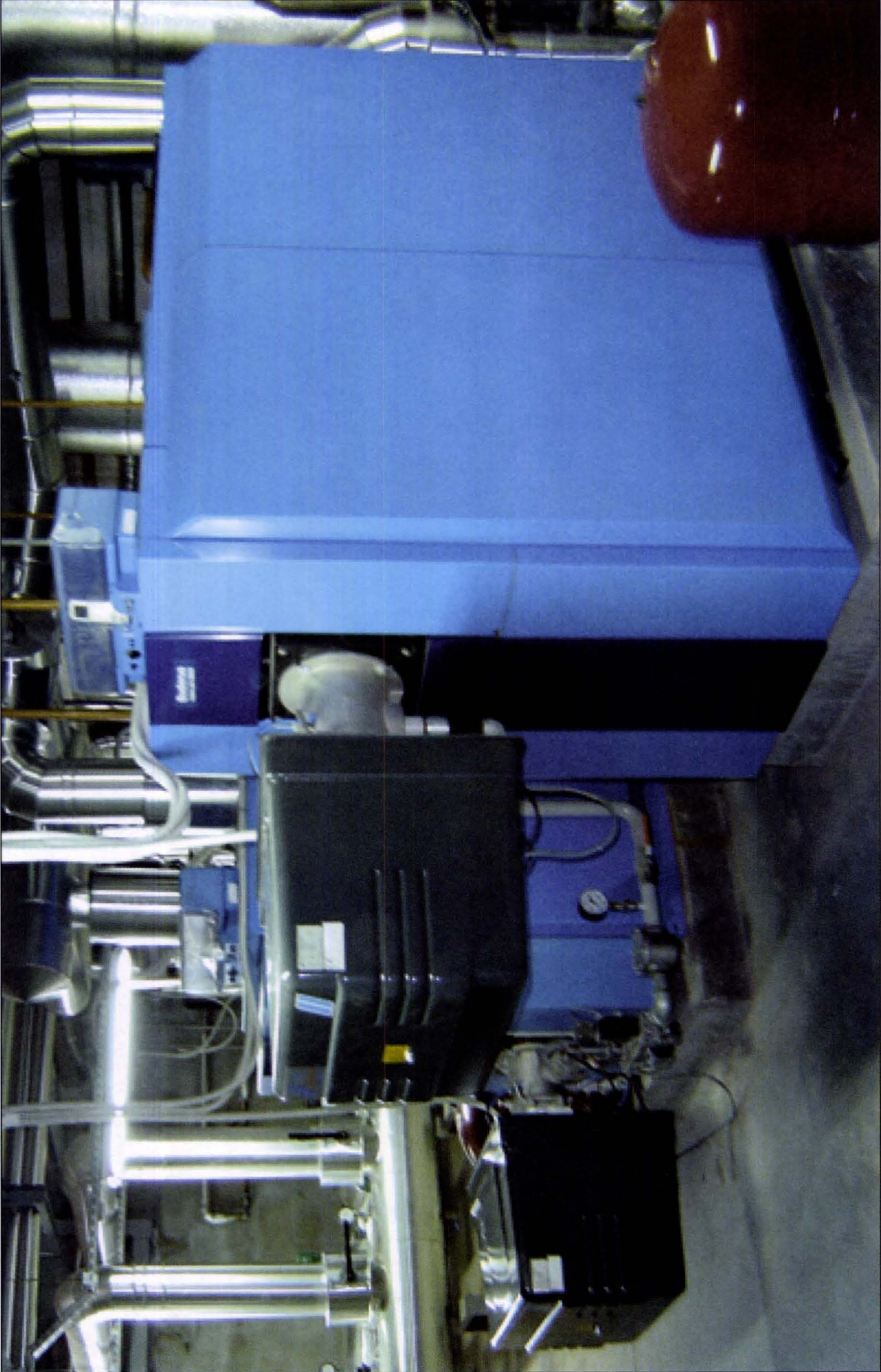
Şekil 4.34D. Bina Isıtması - KENDİNDEN YOĞUŞMALI (Sağda) ECOSTREAM KAZAN (Alternatif 4)



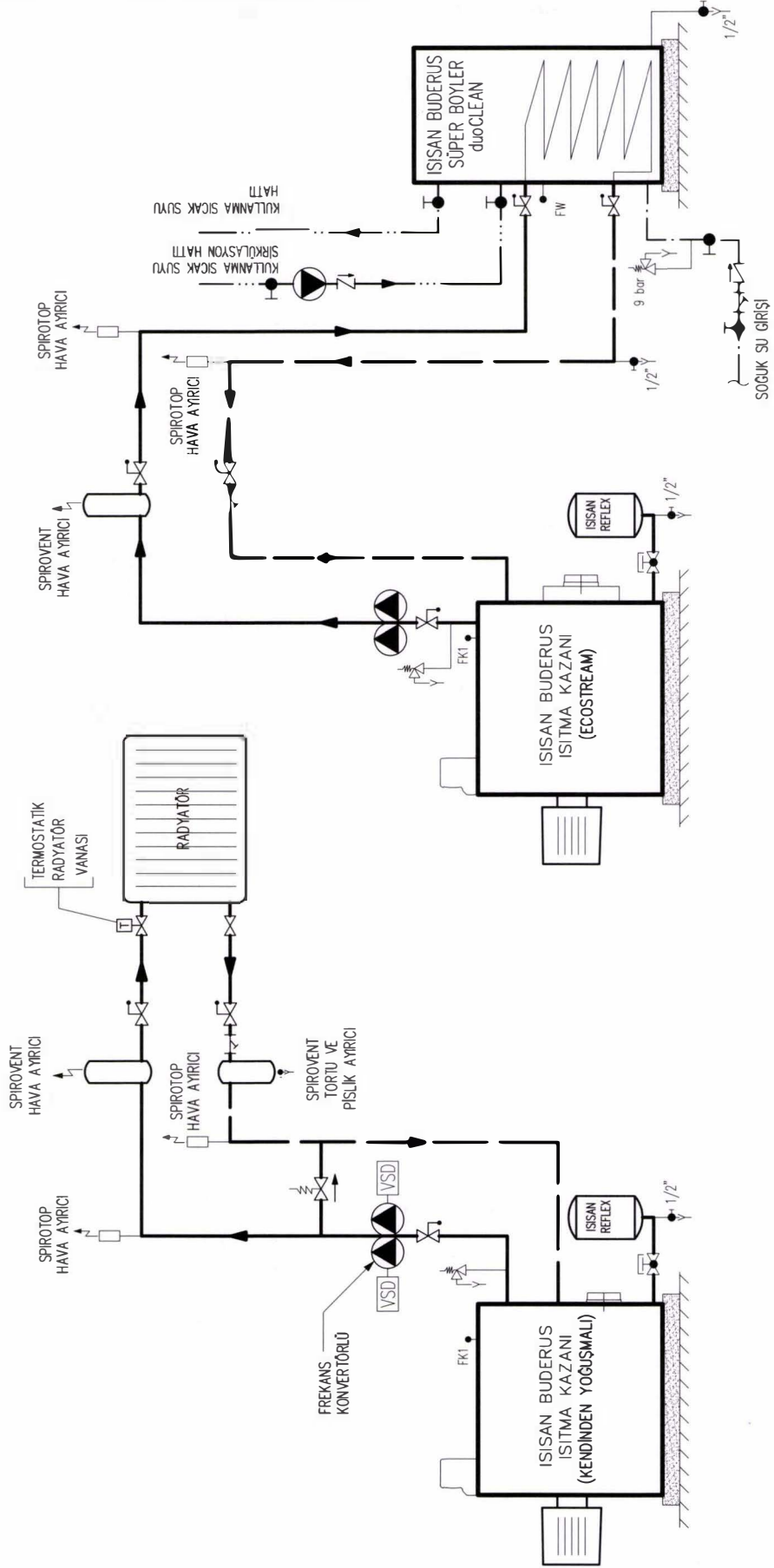
Pratik Bilgi : Boyleri ısıtan sirkülasyon pompaları durduğu zaman (boylerdeki su istenilen sıcaklığa gelmiş durumda) kazan pompalarının (primer pompaların) bastığı ısıtma suyu az da olsa boylerden geçebilir. Bu istenmeyen, ancak işletmede bazen karşılaşılan bir sorundur. Bu durumda :

- Kazan (primer) pompalarının kapasitesi (basıncı) aşırı büyük seçilmiş olabilir, kapasite azaltılmalıdır.
- Denge kabı boyutları küçük seçilmiş olabilir. Denge kabı boyutlandırması için ısısan çalışmaları No.265 Isıtma tesisatı kitabına bakınız.
- Geçici çözüm olarak da boiler ısıtma devresine on-off iki yollu vana monte edilebilir.

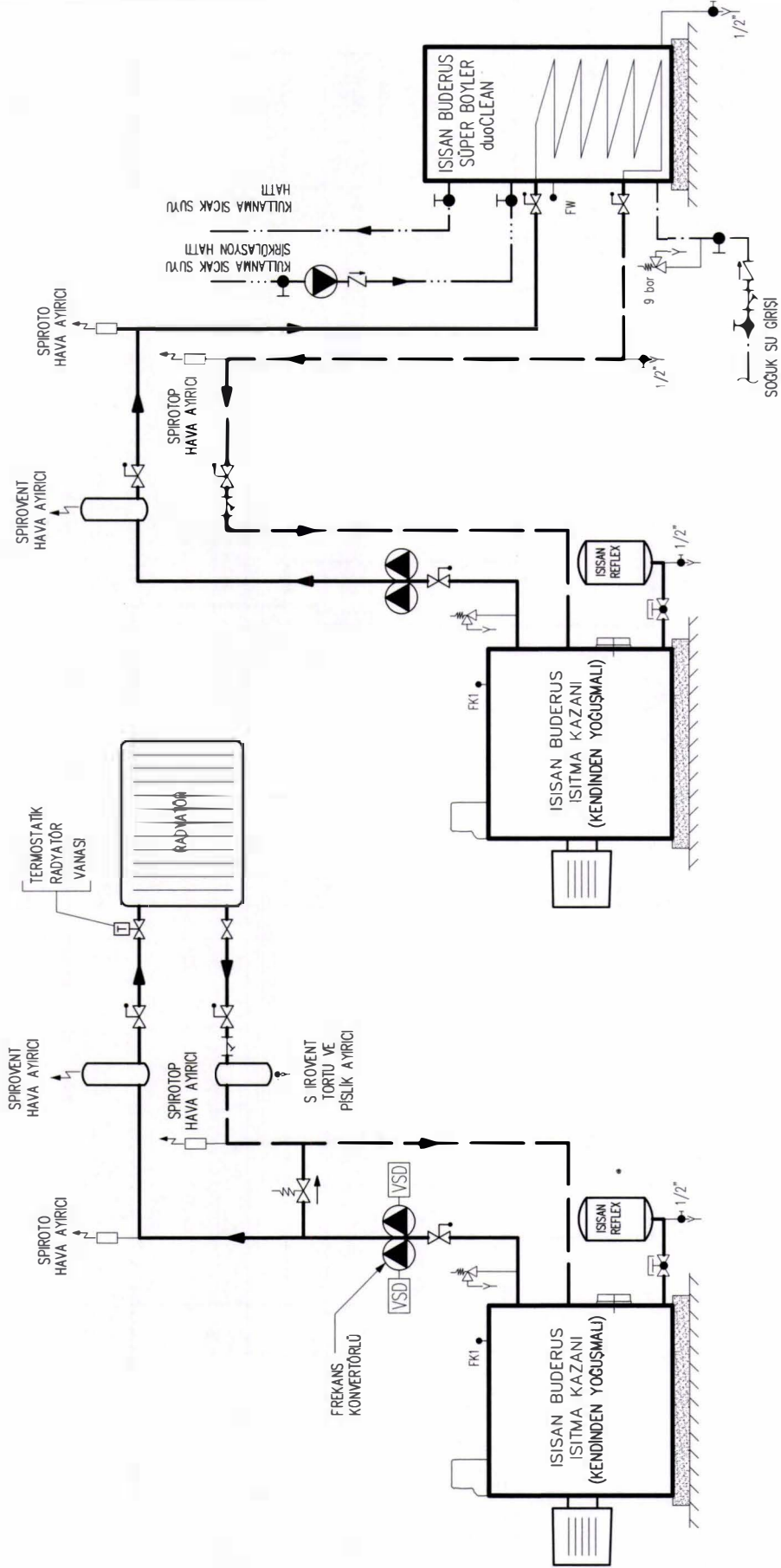
Şekil 4.35. Bina Isıtması - KENDİNDEN YOĞUŞMALI (Sağda) ECOSTREAM KAZAN (Tek Kolektör Uygulaması)



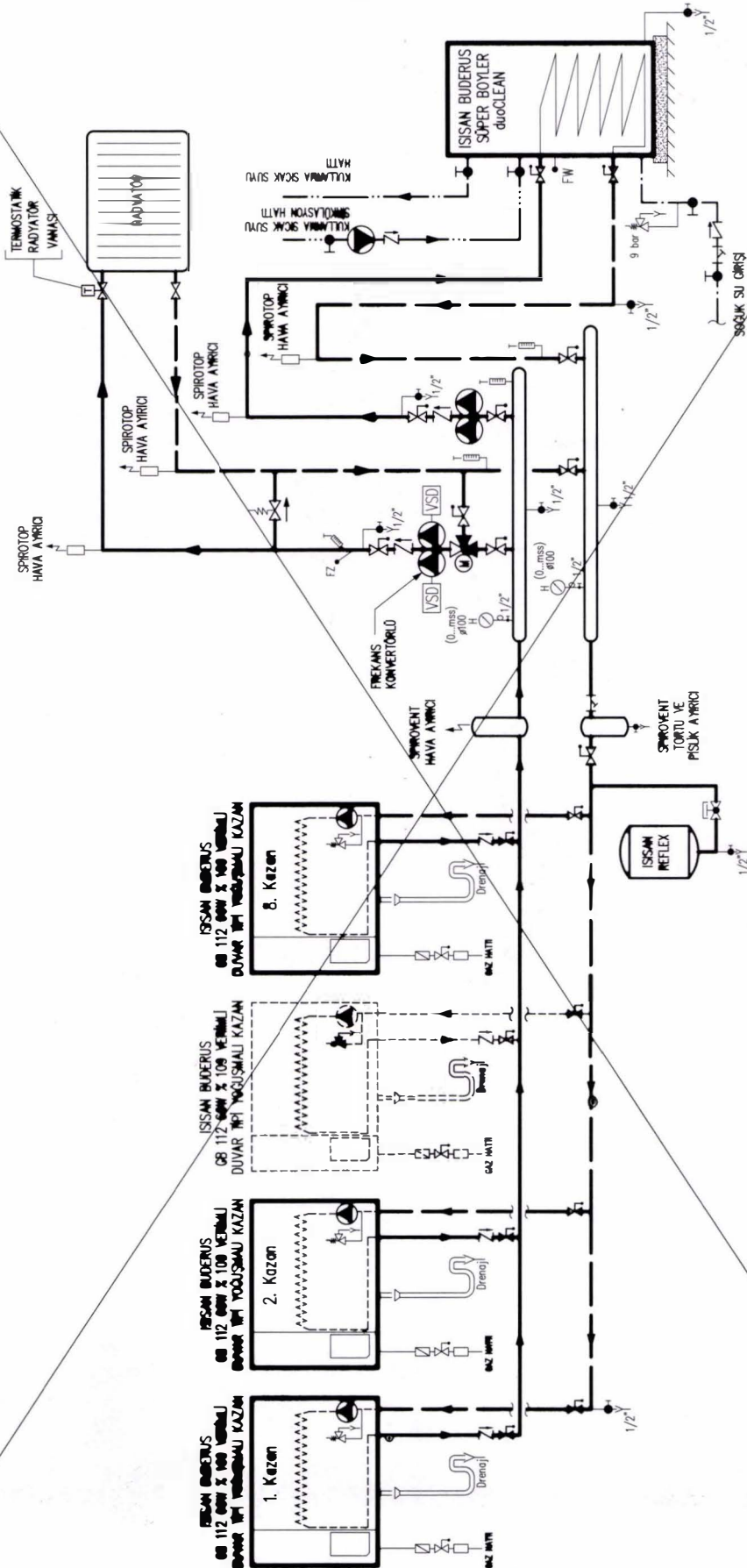
Isıtma Kazanı - KENDİNDEN YOĞUŞMALI ÜÇ TAM GEÇİŞLİ KAZAN (1.200 kW) (Sağda) ve KURUM YAPMAYAN ORANSAL BRÜLÖR
Boiler Kazanı - ECOSTREAM ESNEK DÖKÜM KAZAN (800 kW) (Solda) ve KURUM YAPMAYAN ORANSAL BRÜLÖR



Şekil 4.36. Bina Isıtması - ISITMA KAZANI (Kendinden Yoğuşmalı), VE BOYLER KAZANI (Ecostream) AYRI



Şekil 4.37. Bina Isıtması - ISITMA KAZANI VE BOYLER KAZANI AYRI (İkisi de Kendinden Yoğuşmalı Kazan)

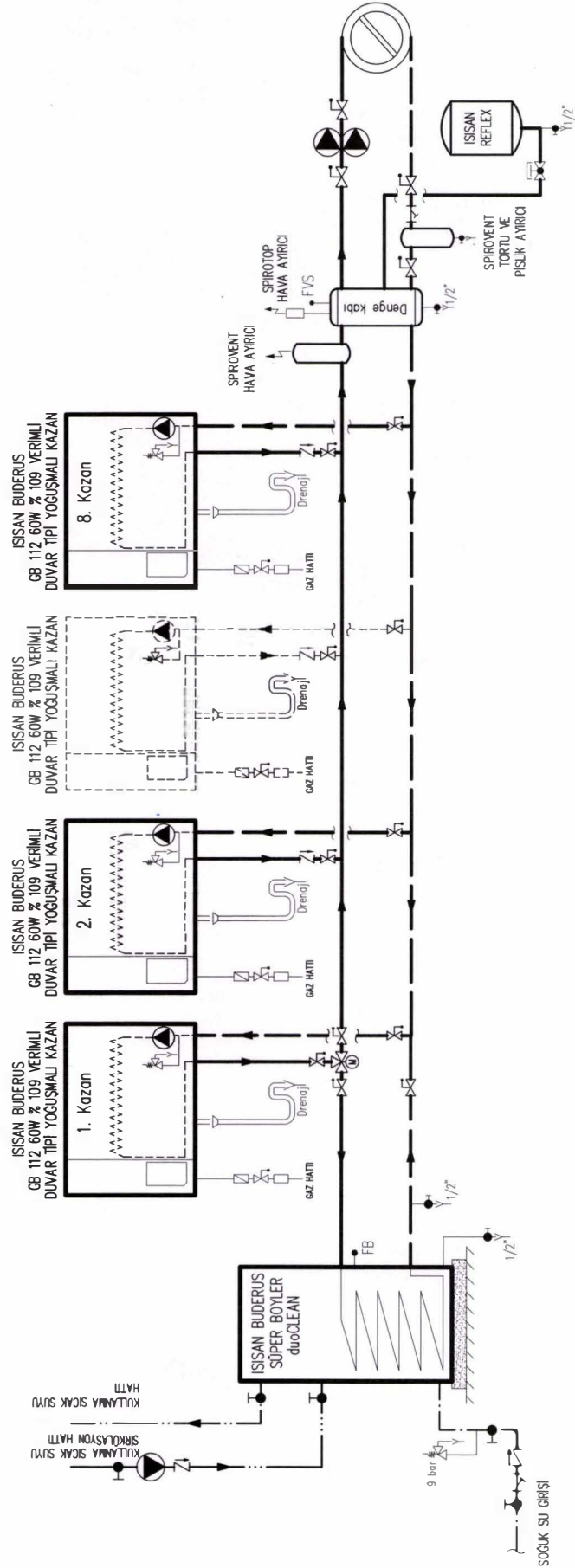


Denge kabı olmadığı için HİDROLİK DENGİ YOK

Şekil 4.38A. Bina Isıtması - KASKAD SİSTEM - Denge Kapsız Uygulama (Yanlış Uygulama)



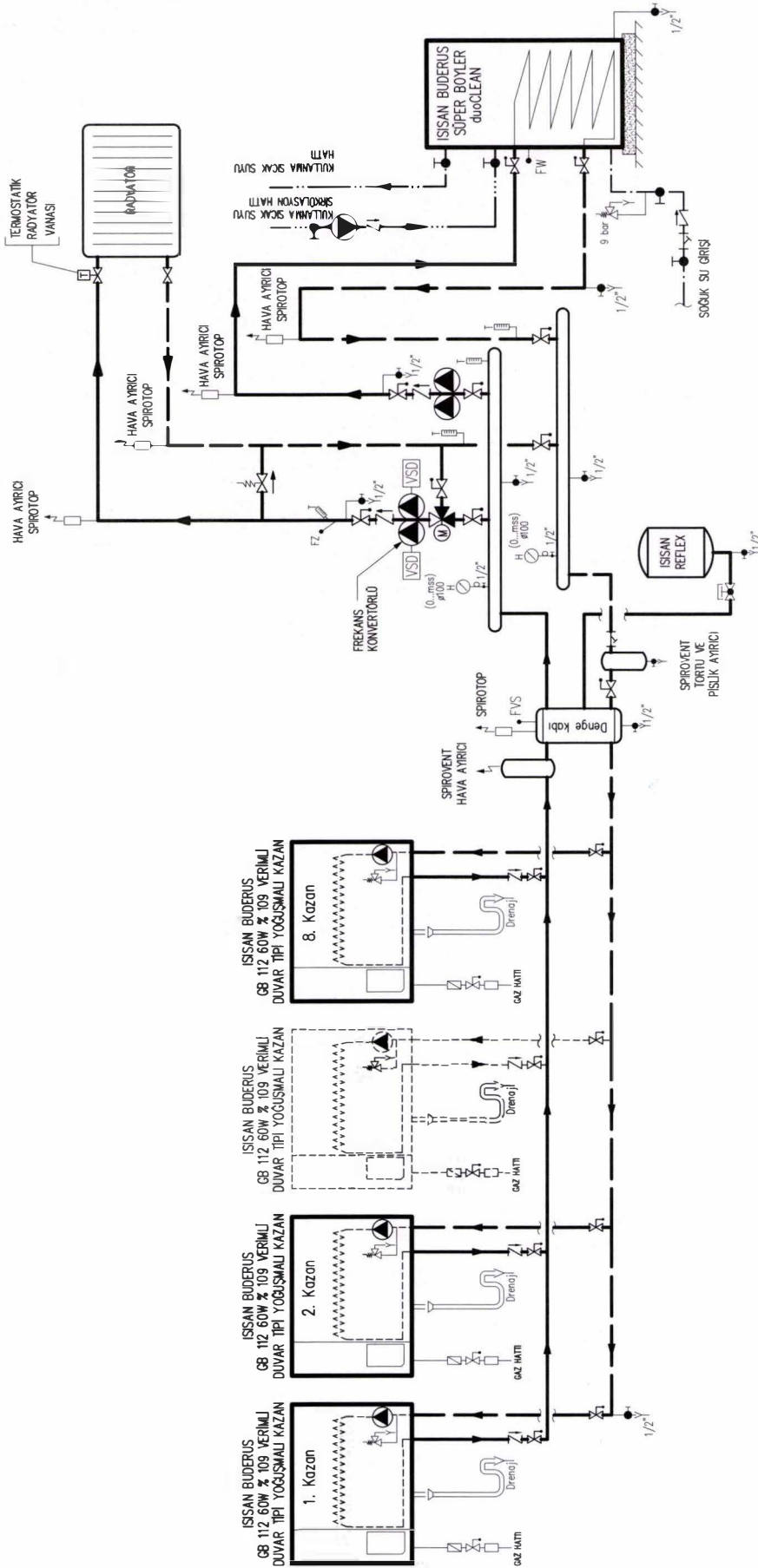
DUVAR TIPI YOĞUŞMALI KASKAD SİSTEM (3 x 60 kW = 180 kW) VE DİK TİP HİJYENİK BOYLER (300 l = 1.320 l/h)



Şekil 4.38B. Bina Isıtması - KASKAD SİSTEM - Boyler Öncelikli Sistem



DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KASKAD SİSTEM (7 x 60 kW = 420 kW) VE DİK TİP HİJYENİK BOYLER (2 x 500 l = 4.600 l/h)

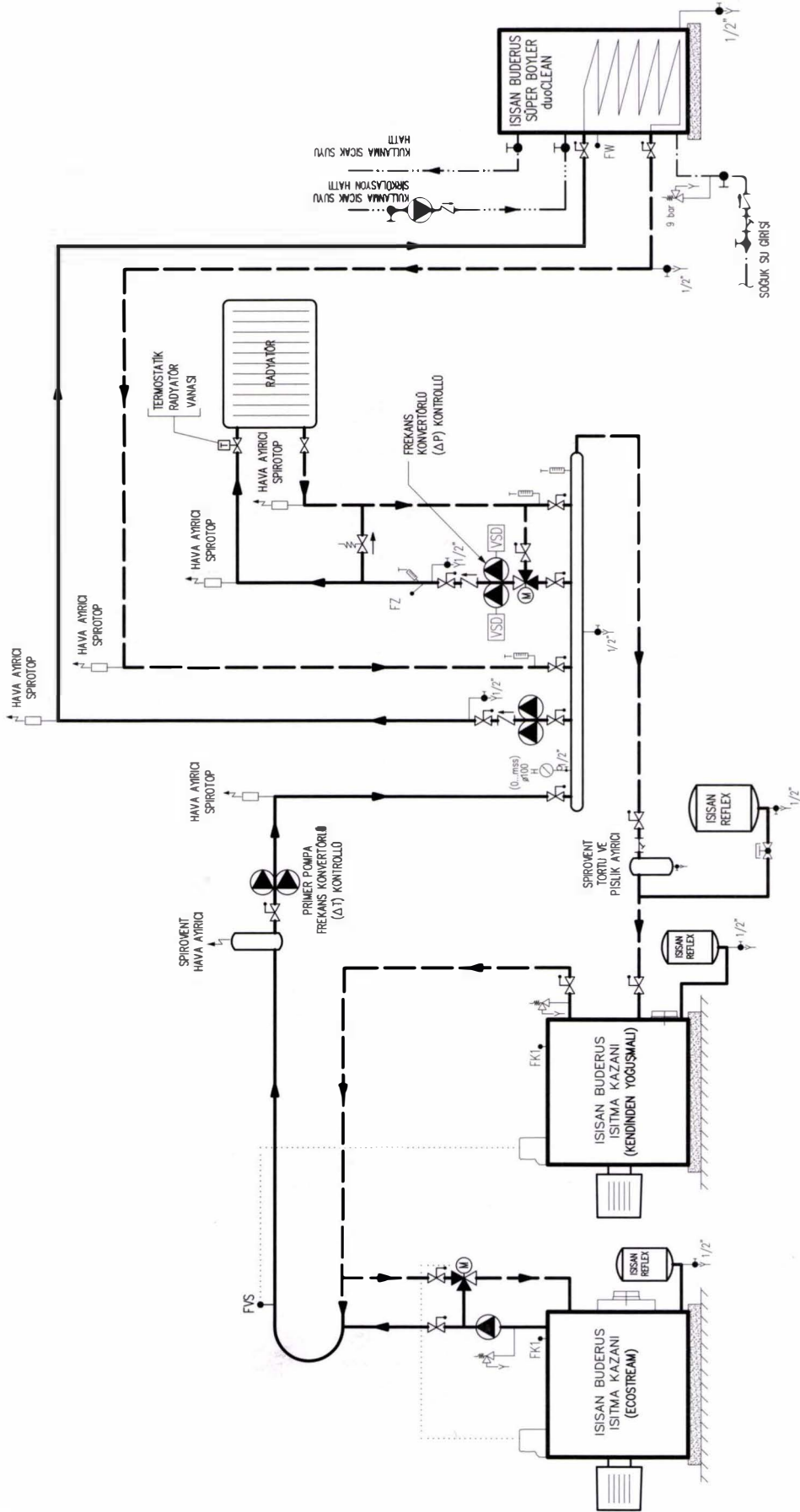


Not: GB 112 serisi kazanın küçük su hacmi ve özel emniyet tertibatı (Flow-control) nedeni ile her kazana ayrıca genişleme tankı konulmamıştır. Farklı tip cihaz kullanılacaksa risk oluşmaması için kontrol edilmelidir.

Şekil 4.38C. Bina Isıtması - KASKAD SİSTEM - BİNA VE BOYLER ISITMASI



KENDİNDEN YOĞUŞMALI ÜÇ TAM GEÇİŞLİ KAZAN (970 kW) (Solda), ECOSTREAM ESNEK DÖKÜM KAZAN (920 kW) (Sağda) ve KURUM YAPMAYAN ORANSAL BRÜLÖRLER

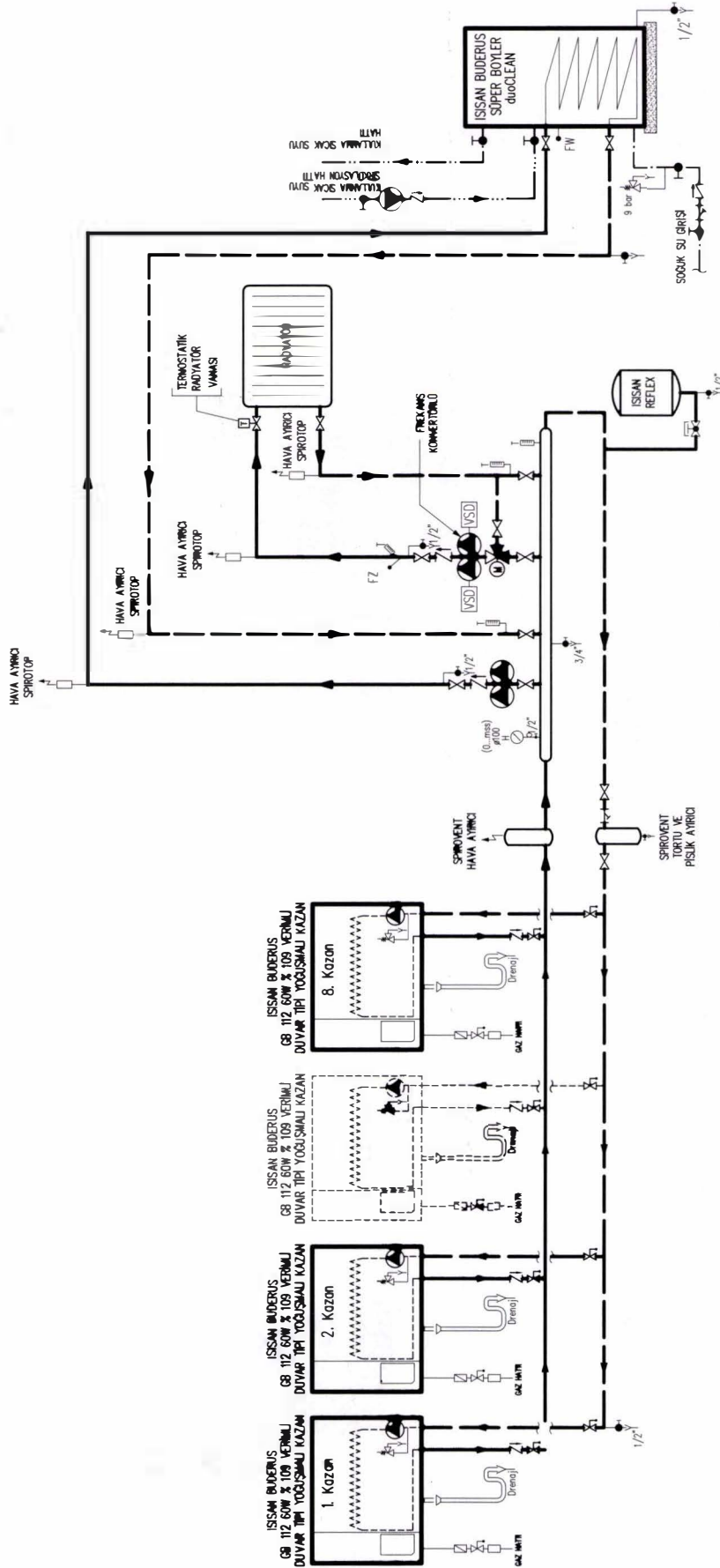


Pratik Bilgi : Bakınız Şekil 4.18 B

Şekil 4.39A. Bina Isıtması - PRİMER POMPALI TEK KOLEKTÖR UYGULAMASI - Kendinden Yoğuşmalı (Sağda) ve Ecostream Kazan



DUVAR TIPI YOĞUŞMALI KASKAD SİSTEM (6 x 60 kW = 360 kW)



Not: GB 112 serisi kazanın küçük su hacmi ve özel emniyet tertibatı (Flow-control) nedeni ile her kazana ayrıca genişleme tankı konulmamıştır. Farklı tip cihaz kullanılacaksa risk oluşmaması için kontrol edilmelidir.

Şekil 4.39B. Bina Isıtması - KASKAD SİSTEM - Tek Kolektör Uygulaması



Şekil 4.40. BİREYSEL ISITMA

4.4.3 BİREYSEL ISITMA (Şekil 4.40)

Yakıt fiyatları gün geçtikçe artmakta, ısıtma sistemlerinin işletme maliyetleri de buna bağlı olarak yükselmektedir. Toplam maliyete bakıldığında günümüzde işletme maliyeti toplam maliyetin önemli bir kısmı olmuştur. Örneğin ısıtma kazanlarına bakıldığında, ilk yatırım maliyeti yıllık yakıt tüketimi maliyetinden daha az olmakta, hatta kapasite arttıkça küçük bir oranı seviyesine düşmektedir. Bu durumda yakıt tasarrufu her zamankinden daha önemli hale gelmiştir.

Projede, uygulamada ve işletmede sistem seçimiyle başlayıp, detaylarda %5, %1, %0,5, %0,01 gibi önemsenmeyen rakamların (kayıpların) toplamı çok büyük değerlere ulaşmaktadır. Merkezi ısıtma sistemlerinde de maalesef görünmeyen veya bir başka deyimle göremediğimiz enerji kayıpları çok ciddi boyutlardadır. Bunun yanı sıra kullanıcıların konfor açısından sistem kontrolünün bireysel olarak kendilerinde olmalarını istemeleri ve yakıt giderlerini bireysel olarak ödeme istekleri, son dönemlerde bireysel sistemleri ön plana çıkartmıştır. Bireysel ısıtma sistemlerin tercih edilme sebebi oda sıcaklığının ve ısıtma saatlerinin kullanıcının kendi isteğince bağımsız olarak ayarlanabilmesi ve yakıt gideri paylaşımı gibi bir konunun bulunmamasıdır. Ayrıca sıcak su yine aynı cihazla temin edilebilmektedir. Bireysel ısıtma sistemini planlarken en temel konuların başında kullanıcının evindeki baca sisteminin uygunluğu gelir. Mevcut baca sistemi bireysel ısıtma cihazının çalışmasını sağlayacaksa veya buna uygun yeni baca sistemi yapılacaksa bacalı tip bir cihaz kullanmak mümkündür. Baca yapmak toplam maliyette daha pahalı olmasına rağmen uygulamanın daha doğru olmasını sağlayacaktır. Bu mümkün değil ise geriye kalan alternatif hermetik tip bir cihazdır. Bu uygulamada cihaz yanma havasını bir boru ile dışarıdan kendi alır ve yanma ürünü olan duman gazlarını başka bir boruyla içindeki fan yardımıyla dışarı atar.

4.4.3.1 Kombilerin Yakıt Tüketimleri

Kombilerin yakıt tüketimlerini değerlendirebilmek üzere, öncelikle bir kombinin yıllık yakıt tüketimine etki eden ana faktörler incelenmelidir:

- Kombilerin kullanma verim değerleri
- Oda sıcaklığını kontrol kabiliyeti
- Oda sıcaklığını kontrol hassasiyeti
- Şalt sayısı (brülörün durup-kalkma sayısı)
- Kullanma sıcak suyunun ekonomik ısıtılması

Görüldüğü gibi, bireysel ısıtma sistemlerinde de enerji ekonomisini gerçekleştiren en önemli faktör cihazların çalışma prensibidir.

Genelde standart kombilerin çalışma prensibi dur - kalk çalışmadır. Bu tip cihazlar ısıtma veya sıcak su ihtiyacı için tam kapasite ile çalışır durur.

Bu tip cihazın biraz daha gelişmiş, iki modülasyonlu cihazlardır. Birinci modülasyon kullanma suyu sıcaklığına göre yapılır. İkinci modülasyon ise ısıtma gidiş suyunun

ayarlandığı değere göre yapılır. Örneğin 60°C ayarlanmış ise, ısıtma devresi su sıcaklığı bu değere yaklaştığında, oransal yanma ile su sıcaklığı kontrol edilerek alev kısılır. Üç modülasyonlu kombiler ise iki modülasyona ek olarak oda sıcaklığı istenilen değere yaklaştığında alevi kısarak oda sıcaklığının sabit kalmasını sağlar. Böylece hem konfor, hem de düşük yakıt tüketimi birlikte sağlanır. Bu kombiler oda sıcaklığını ölçerek kombinin beynine bildiren bir oda hissedicisine sahiptir.

Kullanma sıcak suyu günlük ortalamada bir saatten daha kısa sürelerde kullanılır. Oysa evin ısıtılması 24 saat bile olabilir. Bu nedenle en yararlı kontrol oda hissedicisinden yapılır. Sonuç olarak üç tam modülasyonun da olması konfor ve ekonomik işletmeyi birlikte sağlar, yakıt tüketimini çok azaltır.

Yakıt tüketimini azaltan ve günümüz teknolojisinde git-tikçe yaygınlaşan bir diğer bireysel kombi uygulaması da yoğunlaşmalı tip cihazlardır. Cihazlarda yanma sonucu oluşan baca gazları içindeki su buharının yoğunlaştırılması sonucu yanma ürünlerinin gizli ısısını açığa çıkaran yoğunlaşmalı cihazlar sayesinde, bu enerjiden faydalanılmaktadır. Kombilerde üç tam modülasyon özelliği sayesinde düşük gaz basıncında da (1,5 mbar) çalışmak mümkündür. Cihaz düşük ısıtma kapasitesi ihtiyaçlarında dahi oransal kontrol yaparak yüksek performansta çalışmaya devam eder.

Kombiler için diğer bir önemli konu ise genişleme deposunun hacmidir. Özellikle su hacmi daha çok olan plastik boru kullanılan tesisatlarda (yerden ısıtma, kat kolektörleri vb) genişleme deposu hacmi çok önemlidir. Genişleme deposunun ilk görevi ısınınca genişleyen su için hacim sağlamaktır. Sistem soğuyunca ise genişleme deposundaki su sisteme geri döner. Diğer bir görevi ise sistemde oluşabilecek su eksilmelerine karşı depo görevidir. Sistemde su eksildikçe genişleme deposundaki ekstra su kullanılacaktır. Eğer böyle bir rezerv yoksa, sisteme ilave su takviyesi yapılması gerekir. Her su takviyesi ise, suyla beraber sisteme hava (yani oksijen), pislik, tortu ve kireç ilavesi demektir. Bu ilaveler sistem ömrünü olumsuz etkileyecektir. Uzun ömürlü bir sistem için mümkün mertebe düşük su takviyesi yapılmalıdır. Bu yüzden büyük genişleme deposu olan kombiler tercih edilmelidir.

4.4.3.2 Bireysel Sistemlerde Yoğunlaşmalı Kombi Uygulamaları

Ülkemizde ısıtma tesisatlarında bireysel sistem uygulamaları her geçen gün daha fazla yaygınlaşmaktadır. Özellikle yakıt olarak doğal gaz ve LPG kullanılabilecek yapılarda bireysel sistemlerde kombi kullanımı tercih edilmektedir. Isıtma tekniği açısından 3 - 4 kat-tan daha yüksek binalarda, katlar arası izolasyon olmadığı durumlarda, bireysel ısıtma sistemi tavsiye edilmemesine rağmen, ülkemizde bir çok ev sahibi, ortak kullanımdan doğabilecek olası paylaşım sorunlarının önüne geçmek ve inşaat firmaları da cihaz seçimini ve maliyetini daire sahiplerine bırakmak için,

yatırım ve işletme maliyeti daha yüksek olmasına rağmen bireysel ısıtma sistemlerine yönelmektedir.

Genelde bireysel sistemlerde uygulanan standart kombiler düşük verimleri ve kısa ekonomik ömürleri ile dikkat çekerler. Aç-kapa mantığı ile çalışan standart kombilerde hem yakıt tüketimi artmakta hem de cihaz ömrü kısalmaktadır. Gaz yakıtlı bireysel sistemlerde standart kombiler yerlerini son yıllarda yoğunlaşmalı kombilere bırakmaktadır. Bu değişimin başlıca nedeni yoğunlaşmalı kombilerin kullanıma bağlı olarak standart kombilere göre yaklaşık %25 yakıt tasarrufu yapabilmeleridir. Bu tasarruf yoğunlaşmalı kombinin bir çok özelliğinden kaynaklanmaktadır.

Yoğunlaşmalı kombilerde yoğunlaşma teknolojisi sayesinde verim %107 değerlerine ulaşmaktadır. Yoğunlaşmalı kombiler, üç tam modülasyon özelliğinin geliştirilmiş şekline sahiptirler. Oda sıcaklığına, ısıtma su sıcaklığına ve kullanım su sıcaklığına göre modülasyon yapma imkanı sağlarlar. Gaz ve hava tarafında aynı anda modülasyon özelliği ile her çalışma kapasitesinde doğru yanma gerçekleştirilir ve %100 kapasite kontrolü yapılır. Bu çalışma özelliği ile hem yakıt tasarrufu hem de yüksek konfor sağlanır.

Oda sıcaklıkları $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ hassasiyetle sabit tutulmaktadır. Kullanma sıcak suyu debisinin değişmesi durumunda bile su sıcaklığı sabit kalmaktadır. Gerçekleşen doğru yanma sayesinde CO ve NO_x emisyonları çevre kirliliği açısından en düşük düzeyde gerçekleşmektedir.

Yoğunlaşmalı kombilerde kullanılan eşanjörlerin malzemeleri yoğunlaşma suyuna karşı yüksek dayanım gösterecek ve yüksek ısı iletimini sağlayacak şekilde seçilirler. Son yıllarda otomotiv ve havacılık gibi gelişmiş teknoloji endüstrilerde kullanılan alüminyum alaşımları yoğunlaşmalı cihaz teknolojisinde yaklaşık 25 yıldır başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.

Magnezyum - Alüminyum - Silisyum özel döküm yapı duvar tipi yoğunlaşmalı kazan pazarında en uzun süre denenmiş ve güvenilir malzeme olarak öne çıkmaktadır.

Avrupa'da yoğunlaşmalı cihazların kullanımı ile ilgili en son düzenleme 1 Nisan 2005 tarihinde İngiltere'de yapılmıştır. Belirtilen tarihten itibaren İngiltere'de her kapasitede duvar tipi cihaz kullanımında sadece yoğunlaşmalı cihaz kullanımına izin verilmiştir. 1 Nisan 2007'den itibaren her kapasitede sadece yoğunlaşmalı kombi veya kazan kullanımı kanuni bir zorunluluk haline gelecektir. Avrupa'da benzer uygulamalar teşvik edici olarak yıllardır süregelmektedir. Almanya'da yoğunlaşmalı cihaz kullanımında sübvansiyon uygulaması bulunmaktadır. Yoğunlaşmalı cihaz uygulamasının %90'nın üzerinde olduğu Hollanda'da yoğunlaşmalı cihaz kullanıcıları indirimli tarifieden faydalanmaktadır. Tüm dünya'da enerji ekonomisi çok önemli bir gündem oluşturmaktadır. 2000 yılında petrol varil fiyatı 25 USD mertebelerinde iken, 2004 yılında bu fiyat 40 USD mertebelerine gelmiş ve Ağustos 2005'te 70 USD gibi rekor bir seviyeye ulaşmıştır. Türkiye'de doğal gaz fiyatı petrol varil fiyatının 40 USD olduğu seviyededir, kısa sürede fiyatın dünya seviyesine gelme olasılığı Türkiye'de yüksek verimli ve yakıt tasarrufu sağlayan yoğunlaşmalı kombilerin kullanımının ne kadar önemli bir kavram olduğunu desteklemektedir.

Doğal gaz ile ısıtılan yaklaşık 110 m² standart izolasyonlu bir dairede yoğunlaşmalı kombi ve standart kombi kullanımı arasında yıllık yakıt maliyeti farkı tahmini olarak 150 EUR mertebelerindedir (Yalıtımın kalitesi ve bölgenin iklim şartları da göz önüne alınmalıdır.). Bu durumda her iki kombinin yatırım maliyetleri gözönüne alınırsa, aradaki yatırım maliyet farkının geri ödeme süresi yaklaşık üç yıldır. Aynı karşılaştırma LPG yakıt için yapılır ise geri ödeme süresi bir yıl mertebelerine gerilemektedir (Tablo 4.41A).

Her geçen gün artan yakıt maliyetleri ile (Tablo 4.41B) yoğunlaşmalı kombilerin geri ödeme süreleri hızla kısalmaktadır. Her kapasitede yüksek verimli yoğunlaşmalı kombi veya kazanlar kullanarak çok yüksek enerji tasarrufu yapmak mümkün olmaktadır.

Standart Bina ¹⁾	Isı Yalıtımlı Bina ²⁾	DOĞAL GAZ		LPG	
		Tahmini Yıllık Tüketim Farkı ³⁾	İlk Yatırım Farkı Geri Ödeme Süresi	Tahmini Yıllık Tüketim Farkı ³⁾	İlk Yatırım Farkı Geri Ödeme Süresi
70 m ²	120 m ²	105 EUR	4 yıl 5 ay	325 EUR	1 yıl 3 ay
110 m ²	160 m ²	150 EUR	3 yıl 2 ay	475 EUR	1 yıl
160 m ²	220 m ²	200 EUR	2 yıl 3 ay	620 EUR	5 ay

1) Camlar büyük, çift cam, ısı yalıtımsız duvarlar (13,5 cm tuğla)
2) Cam ebatları normal, çift cam, ısı yalıtım dıştan boğçalama (5 cm izolasyon)
3) Yoğunlaşmalı kombi - standart kombi tahmini yıllık tüketim farkı (Ortalama bir rakamdır. Kullanım şartlarına bağlı olarak değişebilir.)

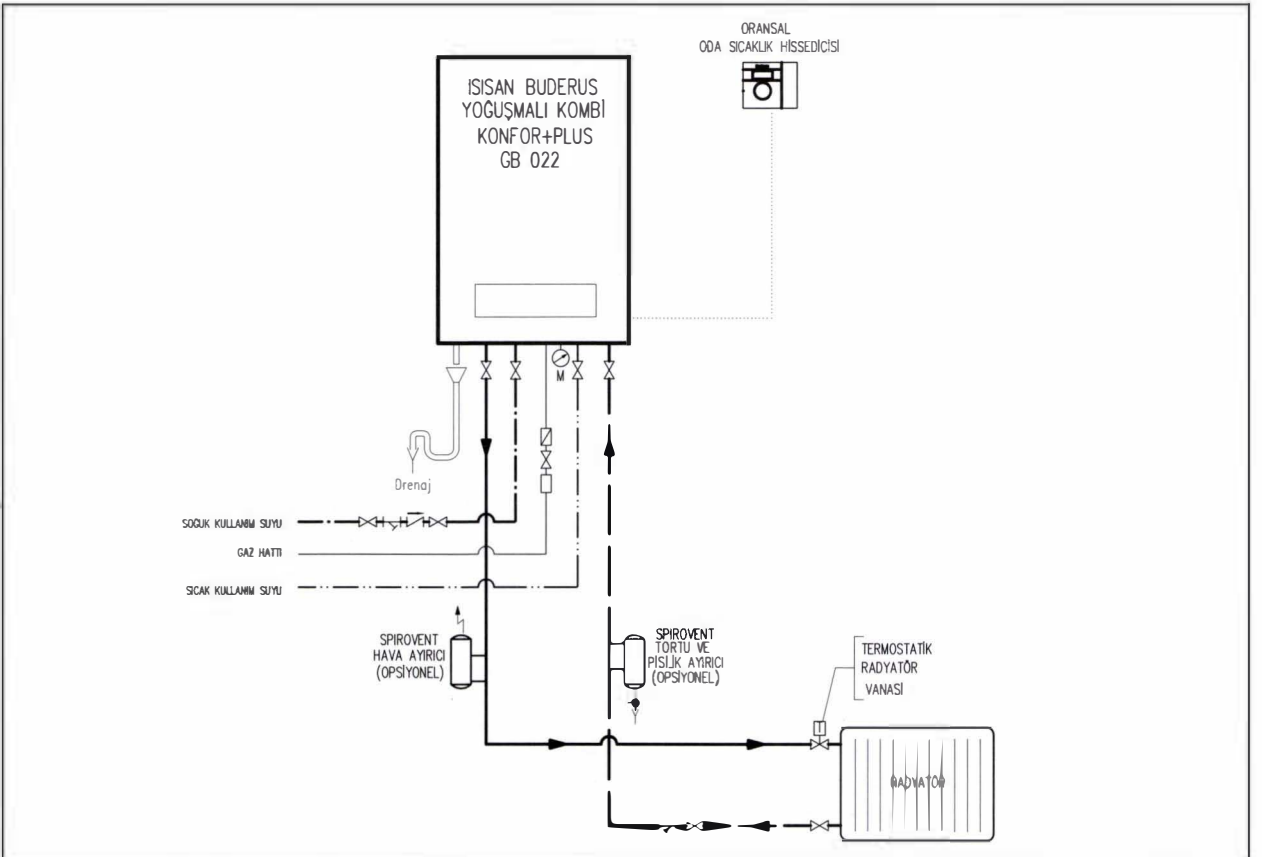
Tablo 4.41A. AMORTİSMAN SÜRELERİ

Yakıt Cinsi	1999	2000	1999	2002	1999	2005 (Temmuz)
Doğal Gaz	0,068 YTL/m ³	0,146 YTL/m ³	0,068 YTL/m ³	0,278 YTL/m ³	0,068 YTL/m ³	0,449 YTL/m ³
	%114		%308		%560	
LPG (Dökme)	0,138 YTL/kg	0,277 YTL/kg	0,138 YTL/kg	0,91 YTL/kg	0,138 YTL/kg	1,844 YTL/kg
	%101		%559		%1.236	

Tablo 4.41B. GAZ YAKITLARIN YILLIK ARTIŞ ORANLARI



Şekil 4.42. ISISAN BUDERUS ÜÇ TAM MODÜLASYONLU YOĞUŞMALI KOMBİ



Şekil 4.43. KOMBİ ÖRNEK TESİSAT ŞEMASI

Değerlendirme Kriteri	Isısan Buderus %107 Verimli Yoğuşmalı KonforPlus Kombi	Standart Kombi
1- Verim	Baca gazındaki gizli ısıyı aldığı için (bu kombiler klasik kombilerde bacadan atılan su buharını yoğuşturup, buharın ısınıp geri alır.) verimi çok yüksektir. Baca gazı sıcaklığı, sistemden dönen su sıcaklığının yaklaşık olarak 5°C üzerindedir. Örneğin konbiye dönen suyun sıcaklığı 30°C olduğunda ise, baca gazı sıcaklığı 35°C ($\Delta T = 5^\circ C$)'dir. Norm kullanma verimi %107'lere ulaşmaktadır(40/30°C işletmede).	Standart kombilerde verim değerleri üretici firmalar tarafından ilan edilmektedir. Standart kombiler tasarımları gereği yoğuşmaya izin verilmeyen kombilerdir. Baca gazı sıcaklıkları yoğuşma sıcaklıkları üzerinde olmalıdır. Standart kombilerde verim değerleri yaklaşık %90 mertebelerindedir.
2- Yakıt Tüketimi	Günümüzde yakıt fiyatları gittikçe yükselmektedir. 2000'de 25 USD/varil olan petrol fiyatı bugün 70 USD/varile ulaşmıştır. İlerde ise 80-100 USD'ye ulaşması beklenmektedir. Yoğuşmalı kombiler çalışma prensipleri ve otomasyon özellikleri sayesinde düşük işletme maliyetlerini garantilemektedir. Amortisman süreleri yakıt cinsine ve kullanıma bağlı olarak 1 ile 4 yıl gibidir. Yakıt fiyatlarının son yıllarda artışı göz önüne alındığında bu sürelerin çok daha kısalaacağı söylenebilir.	Özellikle düşük kapasite ihtiyaçlarında standart cihazlar çok fazla dur-kalk yapmaktadırlar. Standart kombilerin yakıt tüketimi cihazların verim değerlerinin düşük olması, dur-kalk çalışma prensibi, modülasyon özelliklerinin olmamasından dolayı yüksektir. Oda sıcaklığına göre çalışma ancak aç-kapa şeklinde yapılabilir.
3- Modülasyon	Yoğuşmalı kombilerde modülasyon sadece yakıt tarafında değil aynı zamanda hava tarafında da yapılmaktadır. Hava fazlalık katsayısı sabit değerlerde tutulur, mükemmel yanma sağlanır ve her çalışma anında kapasite ısıtma ihtiyacını karşılayacak şekilde ayarlanır. Buderus KonforPlus Yoğuşmalı Kombiler, diğer tüm Buderus kombi serilerinde bulunan üç tam modülasyon özelliğine geliştirilmiş olarak sahiptirler: - Oda Sıcaklığına göre modülasyon - Isıtma Su Sıcaklığına göre modülasyon - Kullanma Su Sıcaklığına göre modülasyon Modülasyon sayesinde; a- Kombi, kapasitesini ihtiyaca göre ayarlar. Isıtma veya sıcak su ihtiyacı az olduğunda düşük kapasitede çalışarak yüksek verimin sürekliliğini sağlar, yakıt tüketimi ve arıza riski azalır. b- Isıtma ihtiyacı azaldığında, yakıt ve hava miktarını azaltır ve düşük kapasitelerde yanma devam eder. c- Dur-kalk çalışma olmaz. Verim yüksektir ve kurum oluşmaz, servis ve bakım gereksinimi minimum düzeydedir. d- Cihaz çok uzun ömürlüdür.	Standart kombilerde cihaz verimleri düşük olduğu gibi, sistem kullanma verimleri de düşüktür. Isıtma sezonu boyunca kombi kapasitesi ısıtma ihtiyacına göre ayarlanmadığından, yıllık verim daha da düşük olacaktır. Cihazların çalışma ve durmaları sırasında kötü yanma oluşur. Kötü yanma sonucu kurum oluşur ve yakıt tüketimi artar. Dur-kalk çalışan cihazlarda bu nedenle de arıza olasılığı daha fazladır. Cihaz ömrü kullanıma bağlı olarak değişmesine rağmen, Yoğuşmalı kombilere göre kısadır.
4- Eşanjör Yapısı	Özel Magnezyum-Alüminyum-Silisyum alaşımı döküm High-Tech eşanjörü vardır. Bu özel alaşım, korozyona ve termal gerilmelere yüksek dayanımı, yüksek ısı iletimi ve hafifliği nedeniyle tercih edilmektedir. Aynı zamanda eşanjör üzerinde bulunan yoğun kanatçık düzeni ısı iletimini maksimum düzeye çıkartmaktadır. Eşanjör içerisinde yoğuşma oluşumunu destekleyici (Ters Akım Prensibi) bir yapı vardır.	Standart kombilerde eşanjör yapıları genelde birbirine benzer ve bir kaplama sayesinde alev ile temas eden yüzeylerin dayanımı artırmaya çalışmıştır. Alev eşanjörün altında oluşur ve eşanjör modülasyon özelliği olmadığı için daimi alev ile direk temastadır. Cihazın dur-kalk çalışması eşanjör yüzeyinin ani ısınma ve soğumasını beraberinde getirir. Termal gerilmeler maksimum düzeyde gerçekleşir.
5- Ömür	a- Buderus'un 1981 yılında ürettiği Magnezyum-Alüminyum-Silisyum alaşımı eşanjörlü kombiler halen çalışmaktadır. b- Cihaz ömrünün normal koşullarda 30 yıldan fazla olacağını tahmin edilmektedir. c- Aynı malzeme günümüzde lüks otomobillerin motor bloklarında da kullanılmaktadır.	Standart kombilerde ömür, kombi imalat kalitesine ve kullanım şekline bağlı olarak değişmektedir. 5-8 yıl arası ekonomik ömürden söz edilebilir.
6- Baca Bağlantısı	Yoğuşmalı kombiler, hermetik veya bacalı olarak çalıştırabilir. Bacalı kullanımda her cihazın kendi müstakil bacasına bağlanması gerekmektedir. Önemli nokta, oluşan yoğuşma suyunun drene edilebilmesidir. Baca Magnezyum-Alüminyum-Silisyum alaşımı, paslanmaz çelik, cam vb. yoğuşmadan etkilenmeyecek malzemeden ve sızdırmaz olarak yapılmalıdır.	Standart kombiler hermetik veya bacalı olarak çalıştırabilir. Bacalı kullanımda her cihazın kendi müstakil bacasına bağlanması gerekmektedir. Baca yoğuşmadan etkilenmeyecek şekilde yapılmalıdır.

Tablo 4.44. KOMBİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU

Bu tablo ön bilgi vermek için hazırlanmıştır. Tartışmaya açıktır. Hedeflenen ise; yakıt fiyatlarındaki astronomik artış dikkate alınarak enerji tüketimini her cihaz ve sistemde azaltmaktır.

Değerlendirme Kriteri	Isisan Buderus %107 Verimli Yoğuşmalı KonforPlus Kombi	Standart Kombi
7- Ateşleme	Buderus yoğuşmalı kombilerde ateşleme akkor elektrot yardımı ile sağlanır. 1.200°C'de gerçekleşen yanma sayesinde her türlü gaz cinsinde (doğal gaz veya LPG) ve basıncında cihazın patlamasız devreye girmesi sağlanır. Bu şekilde cihazın tam emniyetli ve minimum ses seviyesi ile çalışması mümkün olmaktadır. Nemli ortamlarda bile sorunsuz ateşleme sağlanır.	Standart kombilerde pilot alev veya bir veya iki adet ateşleme elektrodu ile ilk yanma sağlanır. Ateşleme süresi genelde uzundur. Devreye girme sırasında gaz basıncına bağlı olarak patlamalı yanma ve ses oluşumu daha yüksek oranda gerçekleşir.
8- Konfor Oda Sıcaklığı	Yoğuşmalı kombiler oda sıcaklığına göre kapasitelerini ayarlayabilir. Oda sıcaklığına göre modülasyon özelliği ile istenilen oda sıcaklığı $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ ile sabit tutulabilir. Bu sayede 21°C ayarlanan odada sıcaklık $20,9^{\circ}\text{C}$ ile $21,1^{\circ}\text{C}$ arasında değişir. En yüksek konforun yanı sıra, enerji tasarrufu da gerçekleştirilir.	Oda sıcaklığına göre kontrol standart kombilerde genelde yoktur. Oda sıcaklığı ne olursa olsun cihaz üzerinden ayarlanan tesisat gidiş su sıcaklığı ile çalışılır. Özellikle dış hava sıcaklığının çok düşük olmadığı geçiş mevsimleri ve kışın iyi havalarda oda sıcaklığı yüksektir. Bu durum, havanın kurumasını ve solunum yollarında hastalık riskini beraberinde oluşturur. Oda sıcaklığına göre aç-kapa yapan bir kombi kullanımında ise sıcaklık iyi halde $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ile sabitlenebilir. Bu durumda 21°C hedeflen oda sıcaklığı, ancak termostadın 22°C ayarlanması durumunda alt sınırdan sağlanmaktadır. Üst sıcaklık ise 23°C olmaktadır. Odada sıcaklık dalgalanması konforu bozmakta ve yüksek ayar sıcaklığı gerekliliği yakıt tüketimini artırmaktadır (1°C artırım yakıt tüketimini yaklaşık %8-10 artırmaktadır.).
9- Konfor Kullanma Suyu Sıcaklığı	Yoğuşmalı kombiler kullanım su sıcaklığına göre kapasitelerini ayarlayabilir. Suyun debisi bir türbin yardımı ile ölçülürken, aynı zamanda çıkış su sıcaklığı bir sensör yardımı ile izlenmektedir. Bu şekilde ani kullanım değişikliklerinde bile sabit su sıcaklığı sağlanabilmektedir. Günden güne artan kullanma suyu konforu isteğinin daha iyi karşılanabilmesi için cihazlar ısıtmada 20.000 kcal/h kapasite ile çalışırken sıcak su için 24.500 kcal/h kapasite ile çalışabilmektedirler. Bu sayede %20 artırılmış sıcak su konforu elde edilir. İstendiği takdirde hazırda sıcak su bekletme fonksiyonu ile hemen musluktan sıcak su alınabilir.	Standart cihazlar tek kapasite ile çalıştıklarından kullanma su debisi değiştiğinde su sıcaklıklarında dalgalanma olması kaçınılmazdır. Düşük debilerde su sıcaklığı çok artar. Kombi dur-kalk çalışma yapar ise, bu arada su sıcaklığı düşer. Sabit sıcaklıkta su elde etmek çok zordur. Isıtma ve sıcak su için cihazlar aynı kapasitede çalışır. Sıcak suyun musluktan alınabilmesi için belli bir süre gereklidir. Hem su harcaması hem de konfor anlamında dezavantaj oluşturur.
10- İlk Yatırım Maliyeti	Cihaz ilk yatırım maliyeti daha yüksektir. Yoğuşma suyu için drenaj yapılması gereklidir. Sistemin verim farkı ile hesaplandığında 1-3 yılda ilk yatırım maliyetinin amorti edilmesi mümkündür. Bu süre artma eğiliminde olan yakıt fiyatları ile her geçen gün kısalmaktadır.	Yatırım maliyeti düşüktür. Otomasyon bulunmamaktadır.
11- Mimari Avantajlar veya Önlemler	a- Küçük boyutları ve duvara monte edilebilme imkanı ile daha küçük boyutlarda kazan dairesine ihtiyaç gösterirler. b- Yüksekliği az olan kazan dairelerine monte edilebilirler. c- Baca için shaft ihtiyacı hermetik sistemlerle ortadan kalkmaktadır. d- Yoğuşma sonucu oluşan suyu drene etmek için pis su giderine ihtiyaç vardır.	a- Küçük boyutları ve duvara monte edilebilme imkanı ile daha küçük boyutlarda kazan dairesine ihtiyaç gösterirler. b- Yüksekliği az olan kazan dairelerine monte edilebilirler. c- Baca için shaft ihtiyacı hermetik sistemlerle ortadan kalkmaktadır.
12- Çevre	Yoğuşmalı kombiler CO ve NO _x emisyon değerleri bakımından mükemmel olup çevre dostudur. Mavi Melek standartlarının çok altında kalabilmektedir. CO : 30 mg/kWh değerinin altında NO _x : 22 mg/kWh değerinin altında	Standart kombilerde bu değerler çok yüksektir. Emisyon değerleri düşürmek için gerekli cihaz iyileştirmesinin maliyeti yüksek olduğundan standart kombilerde uygulama yapılmamaktadır. Gerek dur/kalk çalışma gerek yanma verimi bu değerleri negatif etkilemektedir. CO : 100 mg/kWh değerinin üstünde NO _x : 150 mg/kWh değerinin üstünde

Tablo 4.44. KOMBİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU (Devamı)

Bu tablo ön bilgi vermek için hazırlanmıştır. Tartışmaya açıktır. Hedeflenen ise; yakıt fiyatlarındaki astronomik artış dikkate alınarak enerji tüketimini her cihaz ve sistemde azaltmaktır.

4.4.3.3 Duvar Tipi Yoğuşmalı Kazanlar (Şekil 4.45)

Klasik kazanlarda, kazana zarar gelmemesi için yoğuşmaya izin verilmez. Bu nedenle hem baca gazı sıcaklığı bilinçli olarak yüksek tutulur, hem de baca gazının içindeki su buharı bacadan dışarı atılır. Bu durum ciddi bir enerji kaybına neden olur.

Yoğuşmalı kazanlarda ise korozyona dayanımlı özel Magnezyum - Alüminyum - Silisyum alaşımı kullanılarak hem baca gazı sıcaklıkları çok düşürülür ve baca gazı hacmi azaltılır, hem de su buharı yoğuşturularak baca gazının içindeki enerji dışarı atılmamış olur. Bu sayede yoğuşmalı kazanlarda norm kullanma verimi %110'a ulaşmaktadır. Böylelikle ısıl konfor daha az yakıt sarfiyatıyla elde edilmiş olur. Geniş eşanjör yüzeyleri ile yüksek su sıcaklıklarında da yüksek verim korunur (75/60°C sistemde %105 norm kullanma verimi).

ALUplus Teknolojisi, eşanjör içi akış optimizasyonu ve dayanımı artıran çok özel metal yüzey işlemlerinin bir sentezidir (Şekil 4.46).

Isisan Buderus Logamax - Plus GB162 Duvar Tipi Yoğuşmalı Kazanların eşanjörleri Plazma Polimerizasyon tekniğiyle kaplanmıştır. Bu teknik, gaz formulu tekil moleküllerden oluşan özel bir kaplama

yüzeyi oluşturarak eşanjörün en agresif bileşenlere karşı çok yüksek dayanıma kavuşmasını sağlar. Bu özel yüzey ısı iletim borularında korozyon ve her türlü kirlenmeyi minimize eder. Özel plazma polimerizasyon tekniği ile oluşturulmuş özel kaplama sayesinde ısı iletim kabiliyeti, kimyasal etkenlere karşı dayanım arttırılmıştır. Özel Mg-Al-Si döküm eşanjör, asidik yoğuşma suyunun korozif etkisinden korunur. 1981 yılında monte edilen kazanlar halen çalışmaktadır.

Özel Magnezyum - Alüminyum - Silisyum alaşımının yüksek ısı iletme yeteneği sayesinde işletme sıcaklığına çok hızlı ulaşılır ve değişken sıcaklık ihtiyaçlarına çok büyük bir hızla uyum sağlanarak, yük değişimlerinde neredeyse "sıfır" kayıp elde edilir. Isı iletim borularının dışında 15 mm derinliğinde kanatçıklar, içinde döner kanal yapısı ile kompakt kazan boyutları ve maksimum ısı transfer yüzeyi elde edilmiştir.

Türkiye'de şehir şebeke sularında klor kullanılmaktadır. Buderus'un plazma polimerizasyon tekniği ile güçlendirilmiş Magnezyum-Alüminyum-Silisyum alaşımı özel döküm eşanjörünün bir başka avantajı da klordan etkilenmemesidir. Suyun içinde eriyik halde bulunan klor, su ısıtılınca ayrışır ve agresif hale gelir. Klor iyonları çok küçük boyutta olduklarından paslanmaz çelik de dahil olmak üzere her türlü çelik malzeme ile temas ettiklerinde tane aralarına girerek korozyona sebep olup delinmeler oluşturabilir. İki Almanya'nın birleşmesinden sonra tesisat suyunda klor bulunan Doğu Almanya tarafında kullanılan paslanmaz çelik boylerlerde ciddi hasarlar olduğu gözlenmiştir. Bu yüzden boylerlerin iç yüzeyleri özel cam alaşımlarla kaplanmaya başlanmıştır.

ETA plus seramik brülörü sayesinde %19 - %100 kapasite aralığına sahiptir. Bu sayede sadece sistemin gereksinimi kadar enerji üretilmekte, böylece işletme giderleri düşmektedir. ETA plus ile şalt sayısı azaltmakta, uzun ömür, ideal kapasite kontrolü, düşük ses seviyesi bir arada elde edilebilmektedir.

FLOW plus frekans kontrollü pompa kullanımı ile kapasiteye uygun debi ile çalışır ve elektrik minimum düzeyde olur. Basit tesisat uygulaması yapılarak minimum debi şartı gerektirmeden işletilebilmektedir. Hassas kapasite kontrolü ile verimde artış ve daha az yıpranma sağlanır. Kapasite anlık ısıtma gereksinimlerini karşılayacak şekilde ayarlanır. Böylece gereğinden fazla ısı üretilmez ve brülörün dur-kalk çalışması engellenmiş olur. Bu da ciddi oranlarda yakıt tasarrufu sağlar ve tüm ekipmanların ömrünü artırır. Logamatic Kontrol Panelinin optimizasyon özelliği sayesinde yüksek dış hava sıcaklıklarında kazanın gereksiz yere çok önceden çalışması ve fazla yakıt harcaması engellenir, konfor artar.



Şekil 4.45. DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KAZAN İLE BİREYSEL ISITMA UYGULAMASI

Doğal gazda normal şebeke basıncı 21 mbar'dır. Fakat yüksek kullanımın olduğu zamanlarda, yani en soğuk günlerde bu basınç düşebilir. Buderus yoğunmalı kazanlar 8 mbar basınca kadar sorunsuz olarak çalışabilmekte, kullanıcısını soğukta bırakmamaktadır.

Düşük voltajda bile (175 V'a kadar) sorunsuz olarak çalışır. Voltaj çok daha fazla düşerse kendini korumaya alır.

Duvar tipi yoğunmalı kazanların çok dairesel apartmanlarda ve orta ölçekli ısıtma tesislerinde kullanımları gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Buderus'un bu amaca yönelik tasarladığı yeni nesil yoğunmalı kazanlar mekanik tesisat ve mimari açıdan yüksek kalite ve optimizasyon gereksinimini karşılamak üzere tasarlanmıştır. Tek kazanda 86.000 kcal/h kapasiteye, kaskad sistemde ise 688.000 kcal/h'a ulaşarak yoğunmalı kazanların avantajlarından büyük kapasitelerde de yararlanılması sağlanmıştır.

NASA'nın uzay araçları için geliştirdiği, özel kıvılcımsız ateşleme sistemi ile sessiz, verimli ve emniyetli yanma sağlar. 120 V ile çalışan ateşleme, elektrodu 1.200°C'a kadar ısıtmakta ve sonra ateşlemeyi gerçekleştirmektedir. Bu ateşleme metodu ile düşük kalorili gazlarda bile sorunsuz ve sessiz bir ateşleme yapılır. Bu ateşleme sistemi sayesinde, tam kapasitedeki ses

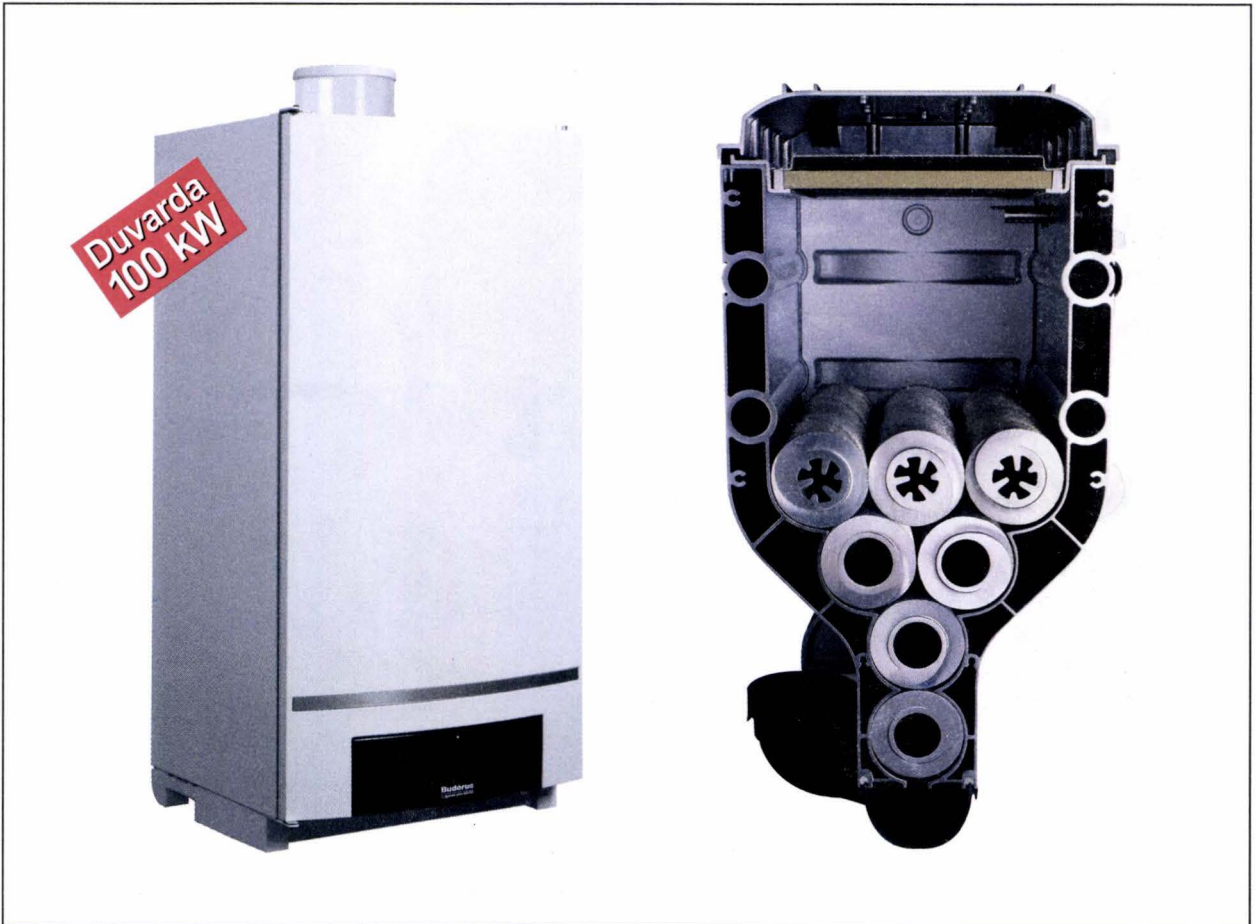
seviyesi yaklaşık 38 dB(A) olup, ara kapasitelerde 23 dB(A)'e kadar düşer (bir kütüphanede hedeflenen ses seviyesi yaklaşık 40 dB(A)'dır).

Gidiş suyu sıcaklığını ölçen termometre, basıncını ölçen manometre ile sistem bilgileri kolaylıkla izlenebilir. İyonizasyon kontrolü ile alev sürekli kontrol eder. Herhangi bir şekilde alev kopması olursa anında gazı keser. Yer gereksinimini azaltan modern tasarımı, kolaylık sağlayan baca tasarımı ile hem çok kolay kurulum hem de kolay işletme imkanı sunar. Böylelikle, yer seçiminde esneklik, montajda kolaylık sağlar.

Tüm elemanlarına kolay ulaşılabilir iç yapısı ile bakım ve servis kolaylığı sağlar.

Önden açılan kapısı sayesinde sağdan soldan sıfır montaj yapılabilir. Dar alanlarda montajı kolaylaştıran bu özellik ayrıca kaskad uygulamalarda da esneklik ve mekanda yer tasarrufu sağlar.

Almanya pazarında kullanıcıları doğru yönlendirme amacı ile tamamen objektif ve tarafsız bir şekilde ürün karşılaştırmalarını yapan "STIFTUNG WARENTEST" dergisi, 11/2000 sayısında Duvar Tipi Yoğunmalı Kazanları test etti. 14 farklı markanın test edildiği bu karşılaştırmada BUDERUS GB 112 serisi kazanlar en iyi derece olan "SEHR GUT = ÇOK İYİ" notunu alarak kalitelerini kanıtladılar.



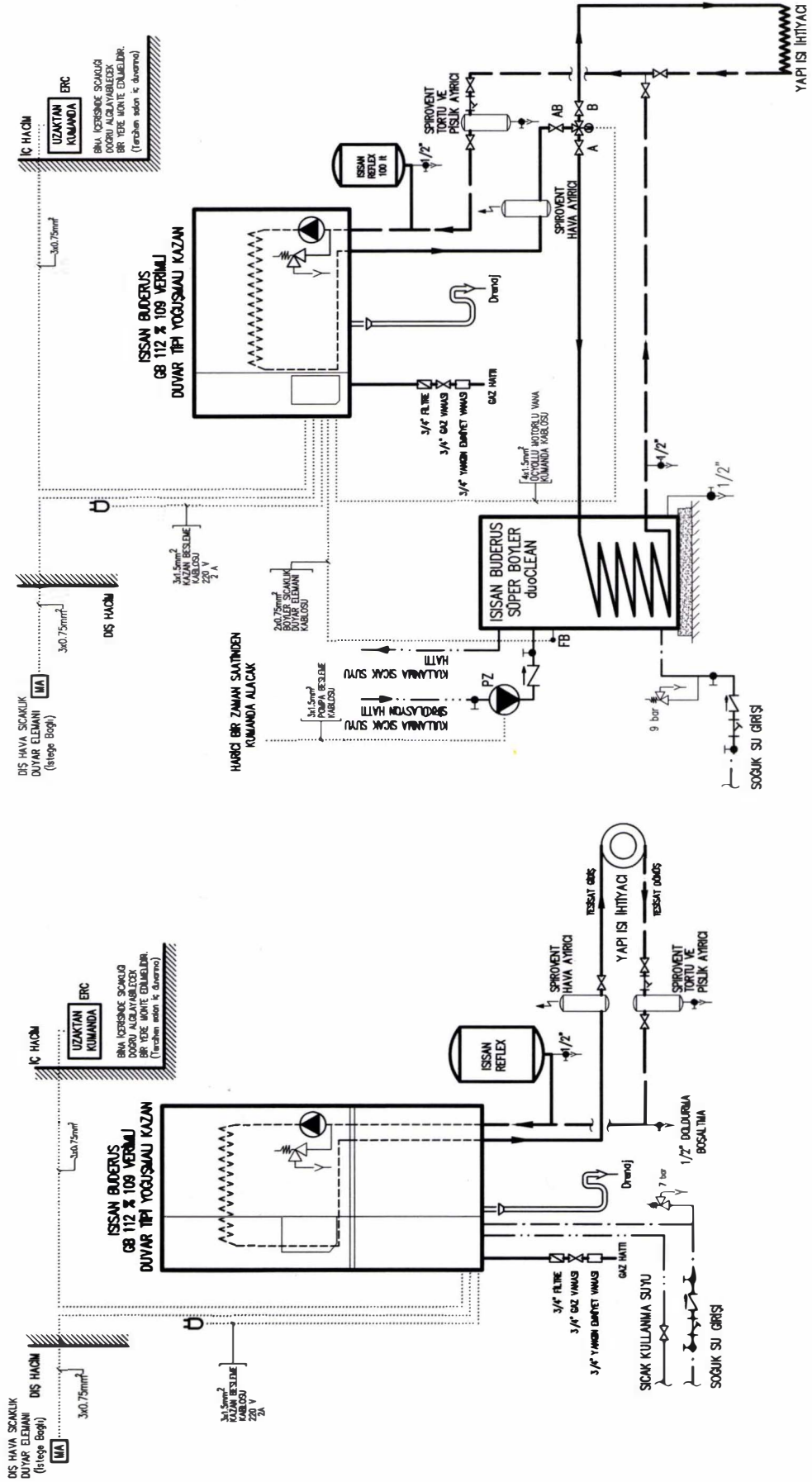
Şekil 4.46. DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KAZAN VE EŞANJÖR GÖVDESİ



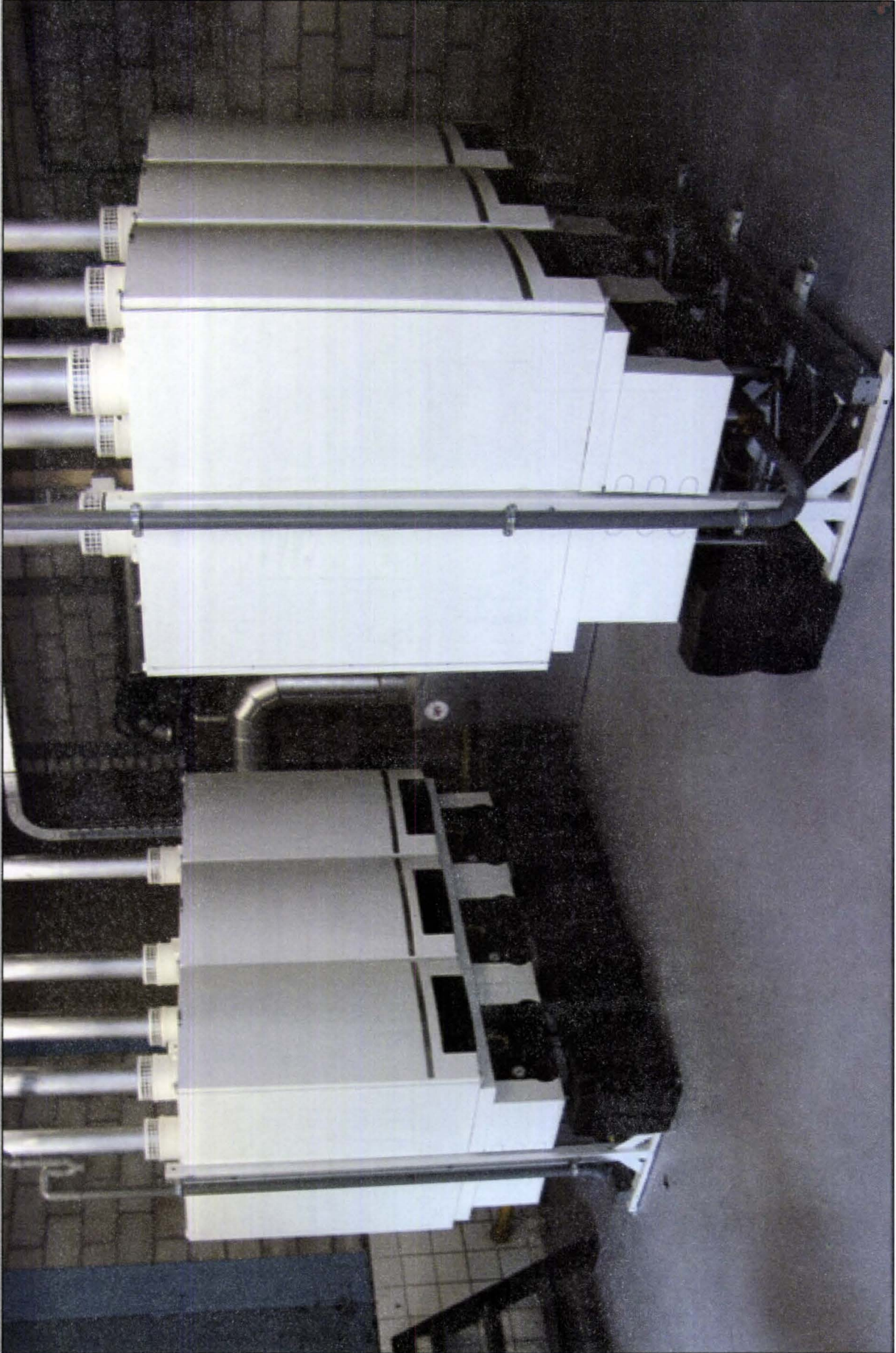
ENTEĞRE BOYLERLİ (25 l) DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KAZAN (29 kW)



HARİCİ duoCLEAN HİJYENİK BOYLERLİ (SU 160) (160 l) DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KAZAN (29 kW)
(SU 160 boyler ve 43 kW kazan ile 1.080 l/h sıcak su kapasitesi sağlanabilir.)



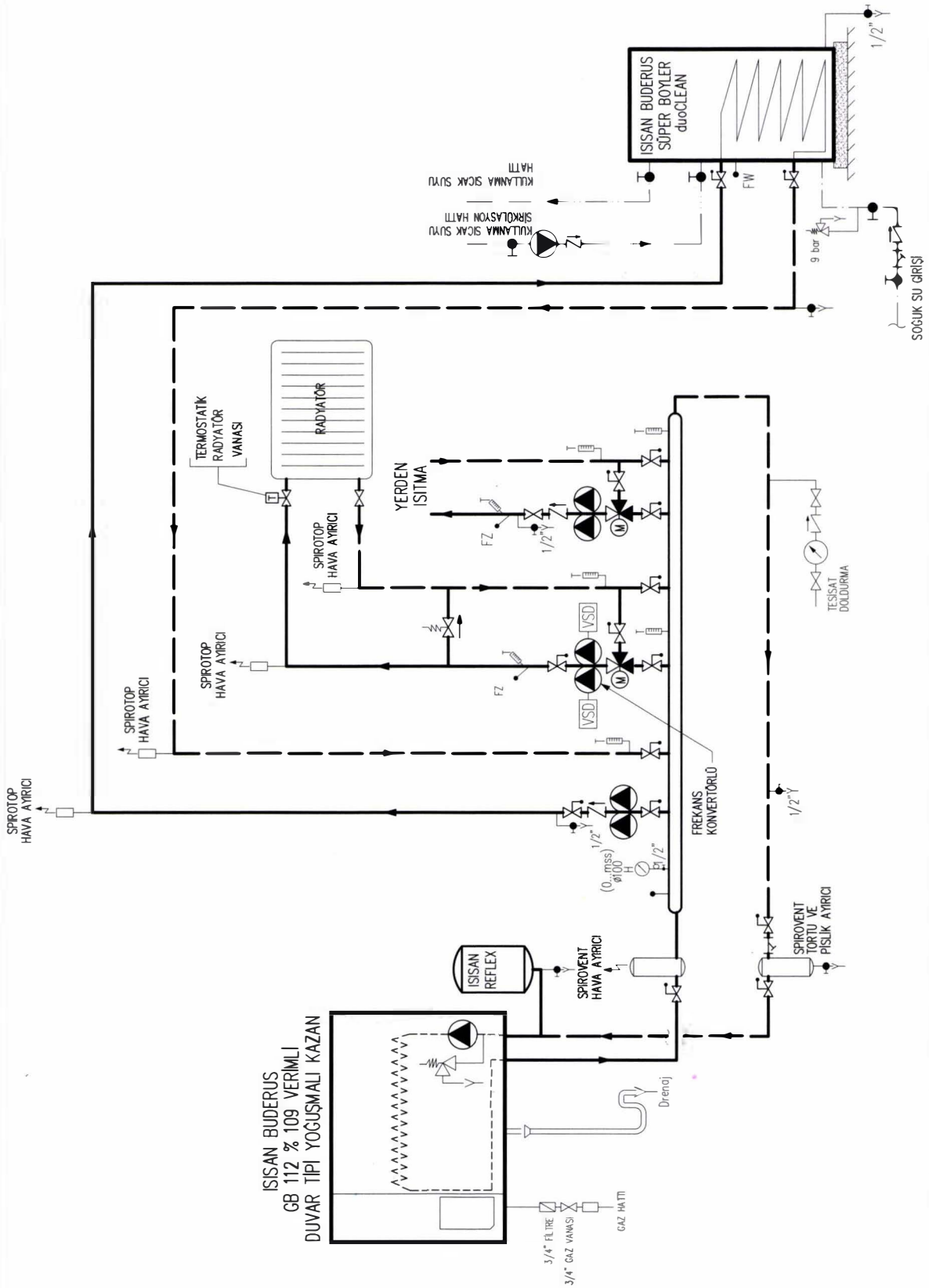
Şekil 4.47A. DUVAR TIPI YOĞUŞMALI KAZAN ÖRNEK TESİSAT ŞEMASI 1, 2



%110 VERİMLİ DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KASKAD SİSTEM (12 x 100 kW = 1.200 kW)



TEK KOLEKTÖR UYGULAMASI - SOLDAN SAĞA: BOYLER ISITMASI, RADYATÖR ISITICI VE YERDEN ISITMA DEVRELERİ SERİ BAĞLIDIR
(Not: Tüm vanalara da ısı yalıtımı yapılmalıdır.)



Şekil 4.47C. DUVAR TIPI YOĞUŞMALI KAZAN ÖRNEK TESİSAT ŞEMASI (Tek Kolektör Uygulaması)

Dış hava ve iç hava sıcaklıkları, programlanabilir otomatik kontrol paneli sayesinde saniyede üç kez ölçülerek binanın o anki gerçek ısı ihtiyacı hesaplanır ve cihaz kapasitesi buna göre otomatik olarak ayarlanır. Çalışma eğrisi otomatik olarak tespit edilir. Kullanıcı veya servis müdahalesi gerekmez.

Sistemde bir hata oluştuğunda kazanın üzerindeki dijital gösterge kullanıcıya ve servise hatanın ne olduğunu kesin olarak gösterir. Böylece servis süresi çok kısalmır. Otomatik Kontrol Paneli oda sıcaklığını $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ 'de sabit tutarak ısıtma maliyetinizi düşürür. İstanbul'da oda sıcaklığını 1°C yüksek tutmak yaklaşık %10 daha fazla yakıt yakmak demektir.

Ön karışımli seramik brülörü ile gerekli gaz ve hava karışımının tam anlamıyla yanmasını sağlamakta, böylelikle CO ve NO_x emisyon değerlerini düşürmektedir. MAVİ MELEK sınırlarının bile oldukça altında olan emisyon değerlerine sahiptir.

Yoğuşmalı kazanlar için örnek tesisat şemaları *Şekil 4.47A, B ve C*'de verilmiştir.

4.4.3.4 Kaskad Sistem (100 kW ve Yukarısı)

Birden fazla sayıda duvar tipi yoğuşmalı kazanın paralel bağlanmasıyla kaskad sistem oluşturulması halinde, belirli kapasitelere kadar yatırım maliyeti daha ekonomik olabilmektedir.

Kaskad sistemde özel kontrol panelleriyle sekiz cihaza kadar duvar tipi yoğuşmalı kazanı paralel çalıştırmak ve tek bir kazan gibi kullanmak mümkündür. Kaskad sistemde bütün kazanlar modülasyonlu olarak çalıştırılmaktadır ve kazanlara otomatik olarak rotasyon uygulanmaktadır.

Yoğuşmalı duvar tipi kazanlardan oluşturulan kaskad sistemler ilave çok sayıda avantaja sahiptir. Bu avantajları aşağıdaki gibi maddeler halinde sıralamak mümkündür:

- Bu sistemler tam modülasyonlu brülörlere sahiptir ve bu brülörlerde hava ve yakıt birlikte oransal olarak ayarlanır. Modülasyonlu brülörü ve fanı ile kapasiteyi kontrol eder.
- Oransal kontrol yanında aynı zamanda sıra kontrol avantajına da sahiptir. Böylece toplamda kapasite %2 ile %100 arasında sürekli kontrol edilebilmektedir. %0 - 2 arasında ise oransal kapasite kontrolü, pompa modülasyonu (pompa çalışma süresi kontrolü) yardımıyla sağlanır. Brülör modülasyonuna paralel gerçekleşen pompa modülasyonu sayesinde sistemde dolaşan su miktarı, dolayısıyla da kayıplar azalır, sürekli yüksek sıcaklık farkı (= düşük dönüş suyu sıcaklığı) sağlanarak yüksek verim elde edilir. Frekans kontrollü pompa elektrik harcamasının da azalmasını sağlar.
- Oda sıcaklığı kontrol hassasiyeti $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ değerindedir.
- Primer pompalar çok küçüktür. Dolayısıyla elektrik tüketimi çok azdır.
- Yer kaybı çok azdır.

- Gövdesi küçük olduğundan ısıtım kaybı çok azdır. Çok daha düşük boyut, yüzey alanı ve su hacmi sayesinde çok daha az bekleme-durma kayıplarına sahiptir.
 - Tek zonlu ısıtma sistemlerinde ve tek zon ısıtma + boyler sistemlerinde karıştırıcı 3 yollu vana ve aksesuarlarına ihtiyaç yoktur.
 - Alev sıcaklığı çok düşüktür. Bu nedenle NO_x emisyonları 20 mg/kWh değerinin altında kalmaktadır.
 - Sistem sürekli yedeklidir.
 - Hermetik baca bağlantısı mümkün olduğundan, baca bağlantılarında avantaj sağlanır. Her cihaz ortak bacaya bağlanabildiği gibi, gerekli durumlarda tek tek baca bağlantısı da yapılabilir.
 - Cihazlar 24 saatte bir sıra değiştirir. Bu sayede tüm cihazlar eşit zamanlarda çalışır.
 - Cihazların su hacmi düşük olduğundan kısa sürede istenen gidiş suyu sıcaklığına ulaşır.
 - Yanma fan yardımı ile gerçekleştirildiğinden, bacanın pozitif basınçlı dizayn edilmesi mümkündür. Bu sayede daha küçük baca çapları hesaplamak mümkündür.
 - Hava - yakıt karışımı pnömatik olarak yapıldığından, baca çekişinden etkilenmez. Mevsim değişikliklerinde tekrar brülör ayarı gerekmez.
 - Pnömatik brülör kontrolü sayesinde:
 - Kazanda kurum oluşumu engellenir.
 - Hava fazlalığının gereksiz yere artması ve verimin düşmesi engellenir.
 - Sürekli yüksek CO₂ oranı ve yüksek yoğuşma sıcaklığı yoğuşma enerjisinden maksimum oranda faydalanmayı sağlar.
 - Yoğuşma suyu asidik değildir. Bu sebepten nötralizasyon ünitesine gerek duyulmaz (Mg-Al-Si eşanjörlü tiplerde).
 - Dönüş suyu kontrolü ve yoğuşma için önlem almaya gerek yoktur. İlk yatırım maliyeti düşüktür.
 - Logamatic kontrol paneli sayesinde sistem kapasitesine %100 uyabilen çok hassas kapasite kontrolü (ısı üretimi) en yüksek verimli işletmeyi sağlar. Gereğinden fazla ısı üretilmez, brülör şalt sayısı olabilecek en düşük seviyeye düşer, durma ve bekleme kayıpları en aza iner.
- Yoğuşmalı kaskad sistemler (*Şekil 4.48*), yoğuşmadan faydalanma, oransal kapasite kontrolü ve oda sıcaklık kontrol hassasiyetine ek olarak, sıra kontrol avantajına da sahiptir. Kazanlar ihtiyaca göre sırayla devreye girer çıkar. Toplamda kapasite %2 ile %100 arasında sürekli kontrol edilebilmektedir. Böylece Yoğuşmalı Kaskad Sistemler, klasik tip cihazlara göre bazı koşullarda %30'ları aşan yıllık yakıt ekonomisi sağlayabilir.
- Günümüzde kaskad sistemde 25 kazana bile birlikte kumanda edilebilmektedir.

4.4.3.5 Termostatik Radyatör Vanası Kullanılması

Termostatik radyatör vanasının kullanılmasının birçok avantajı vardır:

- a. Eğer oda ısıtıcılarında termostatik kontrol imkanı varsa, güneşten gelen enerji yakıt tasarrufuna dönüşür. Bu durumda termostatik vanalar kısarak odaya beslenen yakıt enerjisini azaltacaklardır.
- b. Benzer şekilde insanlardan, aydınlatmadan, ocak; fırın, ütü, bilgisayar gibi cihazlardan olan iç ısı kazancı, termostatik vanalarla yakıt tasarrufuna dönüşür.
- c. Kullanılmayan odalardaki ısıtıcıların kapatılması veya düşük sıcaklığa ayarlanması yakıt tasarrufuna katkı sağlar.

d. Farklı odaları farklı sıcaklıklara ayarlama imkanı verir. Salon 20 - 22°C, yatak odası 16 - 18°C ve banyo 22 - 24°C gibi farklı sıcaklıklara ayarlanabilir.

e. Dupleks daireler veya müstakil evlerde iç merdivenin baca etkisi ile yukarı kaçan ısı, üst katları daha fazla ısıtabilir. Bunun önlenmesi yine termostatik vanalarla yapılabilir. Termostatik vanalar, katlar arasındaki sıcaklık farkını dengeleyerek merdivenin baca etkisini azaltır. Böylece yakıt tasarrufu sağlar.

f. Oda hissedicisinin olduğu odadaki (genellikle salon) radyatörlere termostatik vana kullanılmamalıdır.



Şekil 4.48. DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KAZAN İLE KASKAD SİSTEM UYGULAMASI

4.4.4 ISITMA SİSTEMİNDE EKONOMİYİ ARTIRACAK ÖNLEMLER

4.4.4.1 Kapasitenin Doğru Seçilmesi ve Aşırı Büyük Boyutlandırmadan (Oversizing) Kaçınma

Isıtma sistemlerinde kazan kapasitesini yüksek seçmek kötü bir fikirdir. Genellikle hesaplardaki hata payları, belirsizlikler ve kabuller nedeniyle emniyetli tarafta kalmak üzere emniyet katsayıları kullanmak ve kapasiteyi her ihtimale karşı büyük seçmek mühendislikte uygulanan bir yöntemdir. Aslında her emniyet katsayısı hesaptaki yetersizliğin bir işaretidir. Bir seçim veya tasarımda hesap kabiliyeti ne kadar iyi ise, seçilen veya tasarlanan sistem veya cihaz da gerçek ihtiyaca o kadar yakındır. Gereksiz yere büyük seçilen kazan hem pahalı olacak ve hem de genel olarak işletme, bakım ve yedek parça maliyeti yükselecektir. Bu nedenle aşırı büyük cihaz ve sistem seçimlerinden mümkün olduğunca kaçınmak

gerekmektedir. Sistem tasarımında eş zaman veya diverse faktörleri, mümkün olduğu kadar hesaplara dahil edilmelidir. İhtiyacın, konforu bozmadan minimum kapasiteyle karşılanması bir tasarım hedefi olmalıdır. Büyük kazan seçilirse, dur - kalk çalışan brülörlerde şalt sayısı (brülörün devreye girip çıkma sayısı) ve durma süresi artar. Brülörün her devreye girişindeki eksik yanma kayıpları ve durma sırasında kazandaki ısıtım kayıpları artar. Sonuçta bu da yakıt tüketimini artırıcı bir faktördür. Binalarda kışın en soğuk günde bile su sıcaklığı 65°C'yi aşmamaktadır. Bu gidiş suyu sıcaklığında yeterli ısıtım konforu elde edildiğine göre, gerçekte ihtiyaç duyulan ısı miktarı radyatörlerin 90°C'de verdiği ısıdan daha azdır. Bir başka deyişle ısı kaybı hesaplanandan az olduğundan ve radyatör miktarı emniyetli olarak konduğundan dolayı 65°C giriş suyu sıcaklığı bile binanın ısıtılması için yeterli olmaktadır. Bu nedenle kazan kapasitesini tayin ederken aşırı büyük cihaz seçmek yerine doğru projelendirme yaparak düşük gidiş suyu sıcaklıklarında ve ısı kapasiteyi sağlayan seçimler yapmak gerekir. 90/70°C sıcak sulu ısıtma sistemleri genel olarak ihtiyaçtan daha büyük olduğu için su sıcaklıkları hiç bir zaman bu değerlere çıkamaz. Gerçek hayatta gerçekleşen sıcak su sıcaklıkları bina tiplerine göre Tablo 4.49'da verilmiştir.

En Soğuk Günlerde Kazan Suyu Sıcaklığı	Yüksek Değerler	En Yüksek Değerler
Eski yapılarda gerçekleşen	70/55°C	75/60°C
Yeni yapılarda gerçekleşen	60/48°C	65/50°C

Tablo 4.49. KAZAN ÇALIŞMA SICAKLIK ARALIKLARI

Dış Hava Sıcaklık Aralığı	İç - Dış Hava Sıcaklık Farkı	Süre	İhtiyacın Maks. Yüke Oranı	Isıtma Dönüş Suyu Sıcaklığı	Verim	Süre x Verim
°C	°C	Saat		°C		
15 ... 11	7	1.335	0,30	28	1,072	1.431
11 ... 7	11	1.720	0,48	35	1,050	1.806
7 ... 3	15	1.517	0,65	42	1,026	1.556
3 ... -1	19	343	0,83	51	0,995	341
-1 ... -5	23	16	1,00	60	0,975	16
Toplam		4.931	Toplam			5.150
Yıllık Ortalama Verim						%104,5

Tablo 4.50A. 75/60°C SİSTEMDE KENDİNDEN YOĞUŞMALI KAZANIN İSTANBUL İÇİN YILLIK ORTALAMA VERİM DEĞERLERİ

Dış Hava Sıcaklık Aralığı	İç - Dış Hava Sıcaklık Farkı	Süre	İhtiyacın Maks. Yüke Oranı	Isıtma Dönüş Suyu Sıcaklığı		Verim	Süre x Verim
				Teorik	İzin Verilen		
°C	°C	Saat		°C	°C		
15 ... 11	7	1.335	0,30	28	50	0,948	1.266
11 ... 7	11	1.720	0,48	35	50	0,948	1.631
7 ... 3	15	1.517	0,65	42	50	0,926	1.405
3 ... -1	19	343	0,83	51	51	0,926	318
-1 ... -5	23	16	1,00	60	60	0,923	15
Toplam		4.931	Toplam				4.633
Yıllık Ortalama Verim							%94,0

Tablo 4.50B. 75/60°C SİSTEMDE YOĞUŞMASIZ KAZANIN İSTANBUL İÇİN YILLIK ORTALAMA VERİM DEĞERLERİ

Isı Kaybı Hesaplarında İklim Şartları:

Isı kaybı hesaplarında izlenen yöntem bir il veya bölge için belirli bir dış hava sıcaklığının ve bölgenin rüzgarlı olup olmadığı, basit kabullerden ibarettir. İklim şartlarının doğru bir yaklaşım ile ısı kaybı hesaplarına katılması ve kapasitenin belirleneceği uygulama yerinin kullanım karakteristiği (ev, iş yeri, okul, hastahane vb) en iyi sistemin seçilmesi ve sistem verimliliğinin iyileştirilmesinde en önemli faktörlerdendir.

Yakıt tüketimine etki eden esas faktör yakıcı veya ısıtıcının yıllık verimi olduğundan, öncelikle karşılaştırılacak çeşitli sistemler için yıllık ortalama verim değeri belirlenmelidir. Bunu belirleyebilmek için dış hava sıcaklıklarının belirli sıcaklık aralıklarında yılda kaç saat meydana geldiği ve kazanların bu değişen dış hava koşullarındaki verim değerleri bilinmelidir.

İstanbul'da karakteristik bir yılda dış hava sıcaklıklarının saatlik değişimi TTMD Türkiye İklim Verileri projesinden alınmıştır. Bu şehirdeki saatlik dış sıcaklık değerlerinden yararlanılarak 1 Ekim ve 31 Mayıs arasında belirli dış hava sıcaklık bandlarında kaç saat kalındığı sayılmıştır (4°C'lik sıcaklık bandları kullanılmıştır). Her sıcaklık aralığı, ortasındaki sıcaklıkla temsil edilmektedir. Buna göre bu sıcaklık aralıklarında dış hava

sıcaklığının ısıtma mevsimi boyunca kaç saat tekrarlandığı sayılmıştır. Bu veriler aşağıdaki örnek hesap tablolarında görülebilir (Tablo 4.50A, B, C ve D).

Kendinden yoğuşmalı kazanların kullanımı sayesinde yüksek verimlere çıkmak mümkündür. Bu kazanların 40/30°C sistemlerde kullanılması halinde norm kullanma verimi %110 (alt ısıl değere göre tanımlanan) değerine kadar çıkılabilir. Halbuki aynı verim değeri iyi kaliteli yoğuşmasız kazanlarda (düşük sıcaklık kazanları) %95 mertebelerinde kalmaktadır. Buna karşılık dönüş suyu sıcaklığı sınırlamalı standart kazanlarda norm kullanma verim değeri %90'ın altında kalmaktadır. Buna göre yıllık yakıt tüketimi açısından en uygun koşullarda yoğuşmalı kazanlarla düşük sıcaklık kazanları arasında %15, yoğuşmalı kazanlarla standart kazanlar arasında %20 mertebesinde tasarruf söz konusudur.

Bu tasarruf 75/60°C sistemlerde daha az olmaktadır. Örnek olarak yoğuşmasız kaliteli çelik düşük sıcaklık kazanı ile buna karşı gelen kendinden yoğuşmalı çelik sıcak su kazanı için 75/60°C ısıtma sistemlerinde hesaplanan yıllık ortalama verim değerleri İstanbul için Tablo 4.50A ve B'de gösterilmiştir. Tablo 4.50C ve D'de ise 65/50°C sistem için yoğuşmalı kazan ve yoğuşmasız kazan karşılaştırılması gösterilmiştir.

Dış Hava Sıcaklık Aralığı	İç - Dış Hava Sıcaklık Farkı	Süre	İhtiyacın Maks. Yüke Oranı	Isıtma Dönüş Suyu Sıcaklığı	Verim	Süre x Verim
°C	°C	Saat		°C		
15 ... 11	7	1.335	0,30	26	1,077	1.438
11 ... 7	11	1.720	0,48	31	1,050	1.823
7 ... 3	15	1.517	0,65	37	1,041	1.580
3 ... -1	19	343	0,83	43	1,017	349
-1 ... -5	23	16	1,00	50	1,000	16
Toplam		4.931	Toplam			5.206
Yıllık Ortalama Verim						%105,6

Tablo 4.50C. 65/50°C SİSTEMDE KENDİNDEN YOĞUŞMALI KAZANIN İSTANBUL İÇİN YILLIK ORTALAMA VERİM DEĞERLERİ

Dış Hava Sıcaklık Aralığı	İç - Dış Hava Sıcaklık Farkı	Süre	İhtiyacın Maks. Yüke Oranı	Isıtma Dönüş Suyu Sıcaklığı		Verim	Süre x Verim
				Teorik	İzin Verilen		
°C	°C	Saat		°C	°C		
15 ... 11	7	1.335	0,30	26	50	0,948	1.266
11 ... 7	11	1.720	0,48	31	50	0,948	1.631
7 ... 3	15	1.517	0,65	37	50	0,926	1.405
3 ... -1	19	343	0,83	43	50	0,926	318
-1 ... -5	23	16	1,00	50	50	0,926	15
Toplam		4.931	Toplam				4.633
Yıllık Ortalama Verim							%94,0

Tablo 4.50D. 65/50°C SİSTEMDE YOĞUŞMASIZ KAZANIN İSTANBUL İÇİN YILLIK ORTALAMA VERİM DEĞERLERİ

Bu veriler göz önünde tutulduğunda bina ısıtması tasarlanırken, kazanlardan en azından birinin yoğuşmalı seçilmesinin işletme maliyetinde oldukça yüksek tasarruflar sağlayacağı görülmektedir. Toplam kapasiteye bağlı olarak yoğuşmalı kaskad sistem de tercih edilebilir.

4.4.4.2 Düşük Sıcaklık ve Üst Isıl Değer Tekniği

a. Ortak Temel Olarak Isıtma Eğrisi

Düşük sıcaklık kazanı ve yoğuşmalı kazanın ortak tarafları binanın dış hava sıcaklığına bağlı olan ısı ihtiyacına uyum sağlayan değişken sıcaklık ile işletme tarzına sahip olmalarıdır.

Isıtma sistemi ile ilgili gerekli işletme sıcaklığı dış hava sıcaklığının bir fonksiyonu olarak elde edilebilmektedir. Bu fonksiyonun grafik şeklinde gösterilmesi ısıtma eğrisi veya ısıtma doğrusu olarak adlandırılmaktadır.

Gidiş-dönüş sıcaklıkları daha önce radyatörler için 90/70°C olarak (yani 20 Kelvin'lik bir sıcaklık farkıyla) tespit ediliyordu. Bugün daha ziyade 75/60°C veya 70/50°C'lik sıcaklıklar kullanılmaktadır. Yerden ısıtma sistemlerinde ise sıcaklık farkı yaklaşık 8 ile 12K arasındadır. Norm gidiş suyu sıcaklığı genellikle 50°C'nin altında kalmaktadır.

b. İşletme Şartları ve Kazandan İstenenler

Kazanın değişken sıcaklık ile işletilmesi sırasında su buharı çığ noktası sıcaklığının altına inilmesi durumunda doğal gazda pH-değeri 3,5 ile 4 arasında ve sıvı yakıtta pH-değeri 2,5'a kadar olan kondens oluşmaktadır. Bu olay yoğuşmalı kazanda enerji kazancı olarak teşvik edilmektedir. Düşük sıcaklık kazanında ise kondens nedeniyle işletme arızaları veya korozyon oluşmaması için dikkatli olunması gerekmektedir. Bu nedenle düşük sıcaklık kazanında genellikle kondens oluşumunun kesin olarak önlenmesi veya azaltılması amaçlanmaktadır. Çığ noktası sıcaklığı yakıttaki hidrojen miktarı ve yanmadaki hava fazlalığı tarafından mümkün mertebe düşük tutulmaktadır. Bu nedenle modern düşük sıcaklık kazanları esas itibarıyla daha yüksek hava fazlalığı ile işletilen eski kazanlara göre daha fazla tehlikeye maruzdur. Aynı zamanda $\leq 40^\circ\text{C}$ 'ye düşen işletme sıcaklığı da buna ilave olarak gelmektedir. Bu nedenle duman gazı ile temasta olan yüzeylerde korozyon hasarlarını önleyebilmek için kazanda konstrüktif önlemlerin alınması gerekmektedir. Yoğuşmalı Kazan ile ilgili sonuçlar:

Üst ısıl değerlerden faydalanma bugün hemen hemen tamamen doğalgaz ile sınırlıdır. Çünkü burada üst ısıl değer (H_u) ile alt ısıl değer (H_a) arasındaki fark ve bununla enerji kazancı sıvı yakıttakinin yaklaşık iki katıdır. Ayrıca çığ noktası sıcaklığı da yaklaşık 9K daha yüksektir. Pratik olarak üst ısıl değerden faydalanma bu nedenle oldukça iyileşmektedir. Düşük sıcaklık kazanlarının aksine yoğuşmalı kazanlar kondens oluşumunu mümkün olduğunca artıracak ve burada işletme arızalarına veya korozyona yol açmayacak şekilde tasarlanmak zorundadır.

Kondens oluşumuyla ilgili şartlar:

Kondens oluşumu duman gazı akış kesitindeki sıcaklık dağılımı tarafından belirlenmektedir.

Burada termografik kayıtlardan çok iyi görülebilen bir sıcaklık profili oluşmaktadır. İki kriter belirleyicidir; duman gazının merkezdeki akım sıcaklığı ve duvarın cidar sıcaklığı. Cidar sıcaklığı öncelikle boru dışındaki kazan suyu sıcaklığı tarafından belirlenmektedir. Kazan suyu sıcaklığı kondens oluşabilmesi için esasen ilk şartı oluşturmaktadır.

Sıcaklık profilinin su buharı çığ noktası doğrusu ile ilişkisine bağlı olarak üç tipik işletme durumu görülebilmektedir.

- Yoğuşmanın olmadığı durum

Su sıcaklığı çığ noktasının üzerinde bulunmaktadır (*Şekil 4.51A*).

- Kısmi Yoğuşma

Su sıcaklığı çığ noktasının altında, ancak merkezdeki akım sıcaklığı bunun üstünde bulunmaktadır. Kondens miktarı sıcaklık profili ile çığ noktası doğrusunun kesişme noktasına bağlıdır. Bu yoğuşma bölgesinin tabaka genişliğini belirlemektedir (*Şekil 4.51B*).

- Tam Yoğuşma

Merkezdeki akım sıcaklığı çığ noktasının altında seyretilmektedir. Yoğuşma tüm akış kesiti boyunca sürmektedir. Yoğuşmalı kazan için doğal olarak mümkün olduğunca büyük bir tam yoğuşmalı çalışma bölgesi amaçlanmalıdır (*Şekil 4.51C*).

- Yoğuşmalı Kazan

Yoğuşmalı kazanlarda önemli olan tam bir yoğuşma için mümkün olduğunca uygun şartların sağlanmasıdır. Duman gazı kesitindeki sıcaklığın seyir şekli ve bunun çığ noktası doğrusuna olan konumu belirleyicidir. *Şekil 4.51D* çığ noktasının altında bulunan bir duvar yüzey sıcaklığında (yaklaşık su sıcaklığına karşılık gelmektedir) kondens miktarının merkezdeki akım sıcaklığı tarafından belirlendiğini göstermektedir. Kaliteli yoğuşmalı kazanlarda bu nedenle duman gazı yolunun sonunda kazan suyu ile duman gazı arasında sadece birkaç K'lık sıcaklık farkı mevcuttur. Buna yüksek etkenliğe sahip, özel olarak yoğuşma şartlarına uygun olan ısıtma yüzeyi konstrüksüyonları ve kısmi yük bölgesine mümkün olduğunca giren oransal bir brülör ile ulaşılmaktadır. En düşük merkezdeki akım sıcaklığına doğal olarak duman gazı yolunun sonunda ulaşılmaktadır.

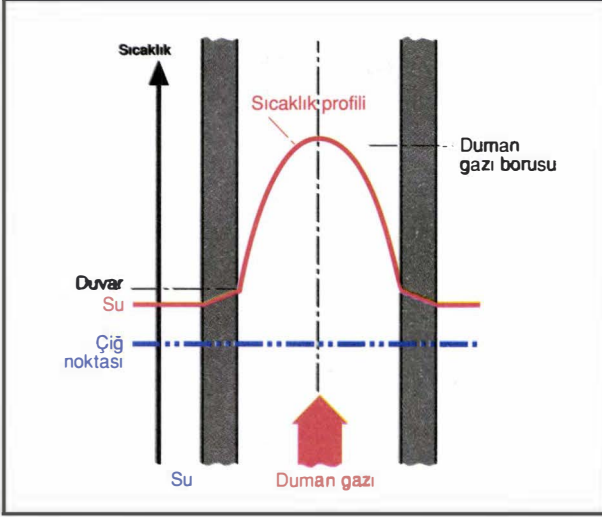
Mümkün olduğunca efektif bir yoğuşma elde edilebilmesi için en düşük su sıcaklığının da burada bulunması gerekmektedir.

Yoğuşmalı kazanlarda duman gazı ve kazan suyu için ters yönlü paralel akım söz konusudur.

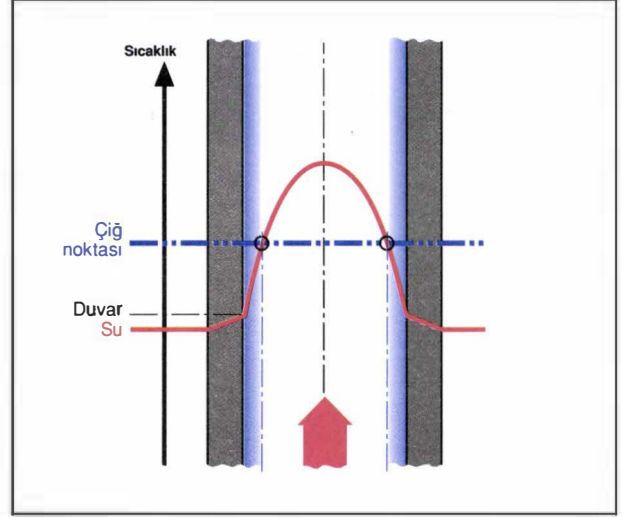
Yoğuşmalı kazanın etkinliği dönüş suyu sıcaklığı tarafından belirlenmektedir. Bir yoğuşmalı kazanın değişen sıcaklık ile işletilmesi halinde, dönüş suyu sıcaklık eğrisi üzerinde belirleyici işletme büyüklüğü olarak üç karakteristik dönem (tam yoğuşma, kısmi yoğuşma ve

yoğuşmasız) tariflenebilir. Bu dönemler ısı ihtiyaç değerleri ile ilgili yüzdelerde birlikte belirlenebilmektedir. Kısmi yükte azaltılan bir brülör gücü çok etkilidir, çünkü bununla merkezdeki akım sıcaklığı düşürülmekte ve tam yoğuşmalı işletme dönemi genişletilmektedir. Şekil 4.52'de brülör gücü 0°C'lik dış hava sıcaklığında anma ısı gücünün %50'sine düşmüştür. Çiğ noktası ile merkezdeki akım sıcaklığının kesişme noktası sola kaymakta ve tam yoğuşma ile sağlanan ısı miktarı %74'e yükselmektedir. Bu şartlar altında yaklaşık olarak %105 değerindeki norm kullanma ısı verimine ulaşılmaktadır.

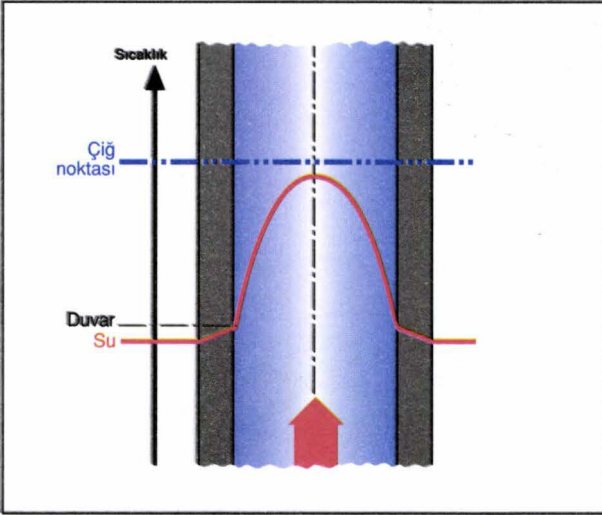
Kullanma ısı verimleri Almanya'da geleneksel olarak yakıtın alt ısı değerine göre belirlendiğinden yoğuşmalı kazanlarda %100'ün üzerinde değerler görülebilmektedir. Böylece alt ısı değerinin bugün artık uygun bir ölçek sunmadığı anlaşılmaktadır. Kullanma ısı veriminin yakıtın üst ısı değeri ile ilişkilendirilmesi, duruma açıklık kazandırmaktadır. Ayrıca yoğuşmalı olmayan kazanların fiili kayıp büyüklükleri de ortaya çıkmaktadır. Ölçekler arasındaki dönüşüm büyüklüğü H_o/H_u oranıdır. Doğalgaz için yaklaşık olarak bu değer 1,11 mertebesindedir (Tablo 4.53).



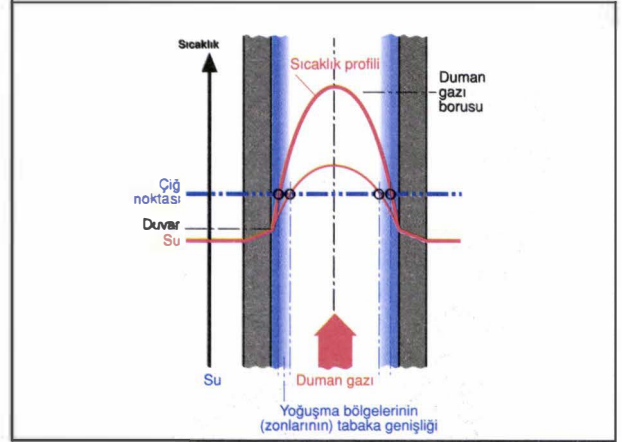
Şekil 4.51A. YOĞUŞMA YOK



Şekil 4.51B. KİSMİ YOĞUŞMA



Şekil 4.51C. TAM YOĞUŞMA



Şekil 4.51D. AZALTILAN BRÜLÖR GÜCÜ MERKEZDEKİ GAZ AKIMININ SICAKLIĞINI AZALTMAKTA VE YOĞUŞMAYA EĞİLİMİ İYİLEŞTİRMEKTEDİR

Yakıt Özellikleri	Yakıt				
	Doğalgaz L	Doğalgaz H	Propan	Bütan	Motorin
Üst ısı değeri (H_u)	10,30 kWh/m ³	12,18 kWh/m ³	28,11 kWh/m ³	37,17 kWh/m ³	12,61 kWh/kg
Alt ısı değeri (H_o)	9,30 kWh/m ³	11,02 kWh/m ³	25,88 kWh/m ³	34,32 kWh/m ³	11,80 kWh/kg
Oran (H_o/H_u)	1,11	1,11	1,09	1,08	1,06
Baca gazı yoğuşma sıcaklığı	56°C	56°C	53°C	52°C	47°C

Tablo 4.53. ÇEŞİTLİ YAKITLARIN ÜST ISIL DEĞER/ALT ISIL DEĞER ORANI

YOĞUŞMALI KAZANLARDA ORANSAL BRÜLÖR KULLANILMALIDIR.

(Daha yüksek verim almak ve daha az yakıt harcamak için.)

Yoğuşmasız

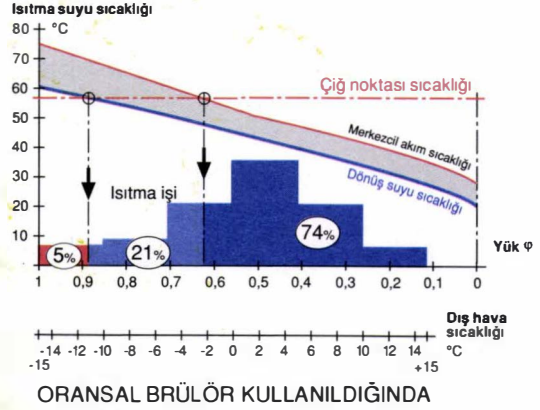
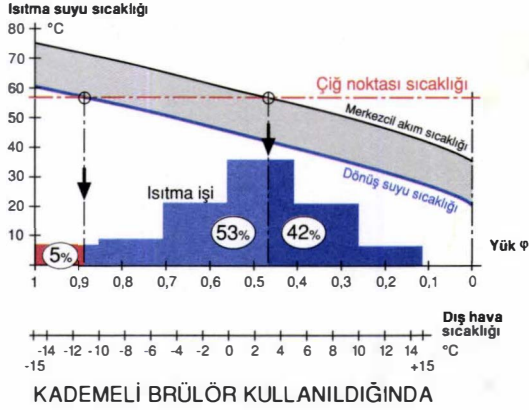
Dönüş suyu sıcaklığı
çığ noktasının üzerinde

Kısmi yoğuşma

Dönüş suyu sıcaklığı
çığ noktasının altında
Merkezcil akım sıcaklığı
çığ noktasının üzerinde

Tam yoğuşma

Merkezcil akım sıcaklığı
çığ noktasının altında



Şekil 4.52. KADEMELİ veya ORANSAL BRÜLÖRLER KULLANILDIĞINDA ISITMA ZAMANI YÜZDELERİ

(Tam yoğuşmanın olduğu süre, oransal brülör kullanıldığında %42'den %74'e çıktığı için yıllık yakıt tüketimi ciddi oranda azalır.)

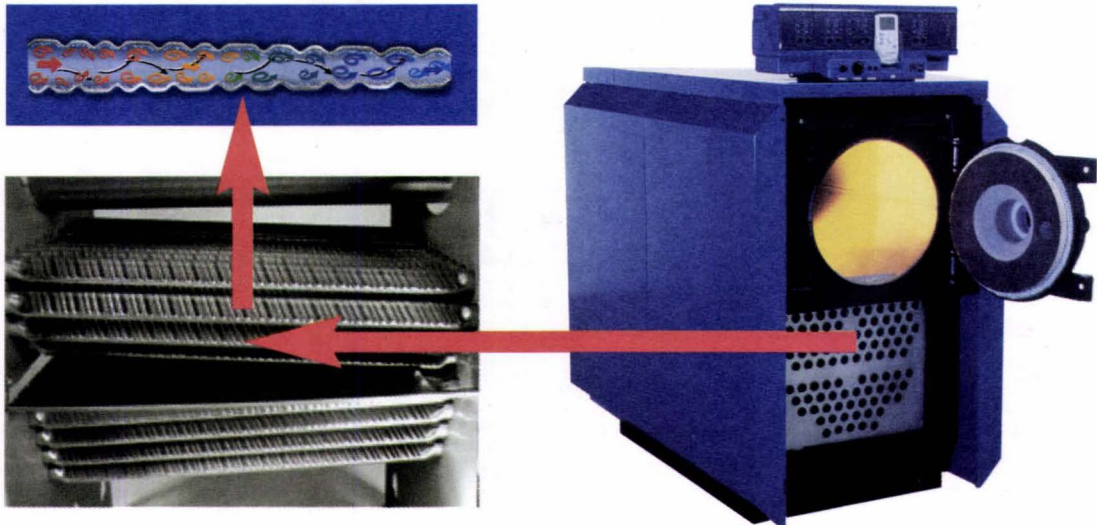
c. Kazan Konstrüksiyonları ve Bunlarla İlgili Teknolojiler

• Yeni Nesil Daralan Kesitli Mikro Türbülanslı Duman Boruları (Şekil 4.54)

Yeni nesil daralan kesitli mikro türbülans duman boruları, baca gazı akışını engellemeyecek şekilde dizayn edilmiştir. Duman borularındaki daralma mikrotürbülans oluştururken yoğuşma yüzeyini artırır.

Mikro türbülanslar sürekli olarak boru yüzeyine yakın ve ana baca gazı akışının içinde ilerler. Böylelikle bütün baca gazı soğuk yüzeyle temas halinde olduğundan yoğuşma enerjisinden daha fazla yararlanılır.

Daralan kesitli mikro türbülanslı duman borularında hız sabit olduğundan, düşük baca gazı sıcaklıklarında bile yüksek ısı transferi gerçekleşir.



Şekil 4.54. YOĞUŞMALI KAZANLARIN KONDENS YÜZEY YAPISI

Mikro türbülanslı daralan kesitli duman borularının konstruksiyonu gereği, yoğunlaşma suyu sürekli olarak yukarıdan aşağıya, kazanın baca çıkışına doğru akar.

Yoğunlaşma suyunun tekrar buharlaşması veya boruların pislikten tıkanma ihtimali olmadığından herhangi bir bakım ve servis ihtiyacı yoktur. Yanma odası:

1. Üst daralan kesitli mikro türbülans duman boruları
2. Su plakası
3. Alt daralan kesitli mikro türbülans duman boruları
4. Daralan kesitli mikro türbülans duman borularındaki şematik baca gazı akışı

• Duvar Tipi Kazanın Magnezyum-Alüminyum-Silisyum Alaşım Isıtma Yüzeyi

Duvara asılabilen yoğunlaşmalı kazanlar doğal olarak kompakt ve hafif olmak zorundadır. Diğer taraftan yüksek verimli işletme ve yoğunlaşma için transferi yapılan yüzeyin mümkün mertebe büyük tutulması gerekir. Gerekli yoğunlaşma yüzeyinin bu kompakt yapıya yerleştirilebilmesi için kanatlı borular kullanılmaktadır.

Korozyona dayanımlı özel Magnezyum-Alüminyum-Silisyum alaşımı kullanılarak hem baca gazı sıcaklıkları çok düşürülür ve baca gazı hacmi azaltılır, hem de su buharı yoğunlaştırularak baca gazının içindeki enerji dışarı atılmamış olur. Bu sayede yoğunlaşmalı kazanlarda norm kullanma verimi %110'a ulaşmaktadır. Böylelikle ısıl konfor daha az yakıt sarfiyatıyla elde edilmiş olur. Geniş eşanjör yüzeyleri ile yüksek su sıcaklıklarında da yüksek verim korunur (75/60°C sistemde %105 norm kullanma verimi).

Özel Magnezyum-Alüminyum-Silisyum alaşımının yüksek ısı iletim yeteneği sayesinde işletme sıcaklığına çok hızlı ulaşılır ve değişken sıcaklık ihtiyaçlarına çok büyük hızla uyum sağlanarak, yük değişimlerinde neredeyse "sıfır" kayıp elde edilir. Üst ısıl değerden yüksek oranda faydalanma %19 ile %100 arasındaki modülasyonlu (oransal) brülör işletmesi ile de sağlanmaktadır. Bu sayede sadece sistemin gereksinimi kadar enerji üretilmekte, böylece işletme giderleri düşmektedir.

Üst ısıl değerden optimal şekilde faydalanma ile ilgili diğer önemli husus da yanmadaki hava fazlalığına doğrudan bağlı olan çığ noktası sıcaklığı değeridir. Tüm modülasyon bölgesi boyunca sabit düşük hava fazlalığı ile çalışabilmesi için otomatik gaz yakıt-hava karışımli bir güç kumandası gereklidir. Bu nedenle bir gaz-yakıt-hava-birleşik kontrolü aynı şekilde yüksek verimli yoğunlaşmalı kazanların olması gereken özelliklerinden biridir.

4.4.4.3 Kaskad Sistem Kullanımı

Tek döşeme tipi yoğunlaşmalı kazan yerine, birden fazla sayıda duvar tipi yoğunlaşmalı kazanın paralel bağlanarak kaskad sistem oluşturulması belirli kapasitelere kadar yatırım maliyeti açısından daha ekonomik olabilmektedir. Kaskad sistemde 25 cihaza kadar duvar tipi yoğunlaşmalı kazanı birlikte çalıştırmak mümkündür. Yoğunlaşmalı duvar tipi kazanlardan oluşturulan kaskad sistemlerin avantajları 4.4.3.4'de anlatılmıştır.

Yoğunlaşmalı kaskad sistemlerin tesisat şemaları yer tipi kazanların tesisat şemalarından çok farklı değildir. Kazan tarafında bağlantı farklı olsa da, tesisat tarafı aynı olacaktır (Şekil 4.55A). Sıcak su ihtiyacı çok yüksek değil ise, kaskadı oluşturan kazanlardan biri boyler öncelikli bağlanabilir (Şekil 4.55B). Yoğunlaşmadan daha fazla yararlanmak için tek kolektör sistemi de yapılabilir (Şekil 4.55C).

4.4.4.4 Kendinden Yoğunlaşmalı Kazanların Kullanılması

Yoğunlaşmalı kazanları,

- Kendinden yoğunlaşmalı (Şekil 4.56A),
- Yoğunlaşmaz kazan + yoğunlaşma ekonomizörü çözümleri olarak ikiye ayırmak mümkündür. Ancak her iki çözüm arasında verim ve fiyat olarak önemli farklar bulunmaktadır. Kendinden yoğunlaşmalı kazanların diğer çözüme göre önemli avantajları bulunmaktadır (Şekil 4.56B).

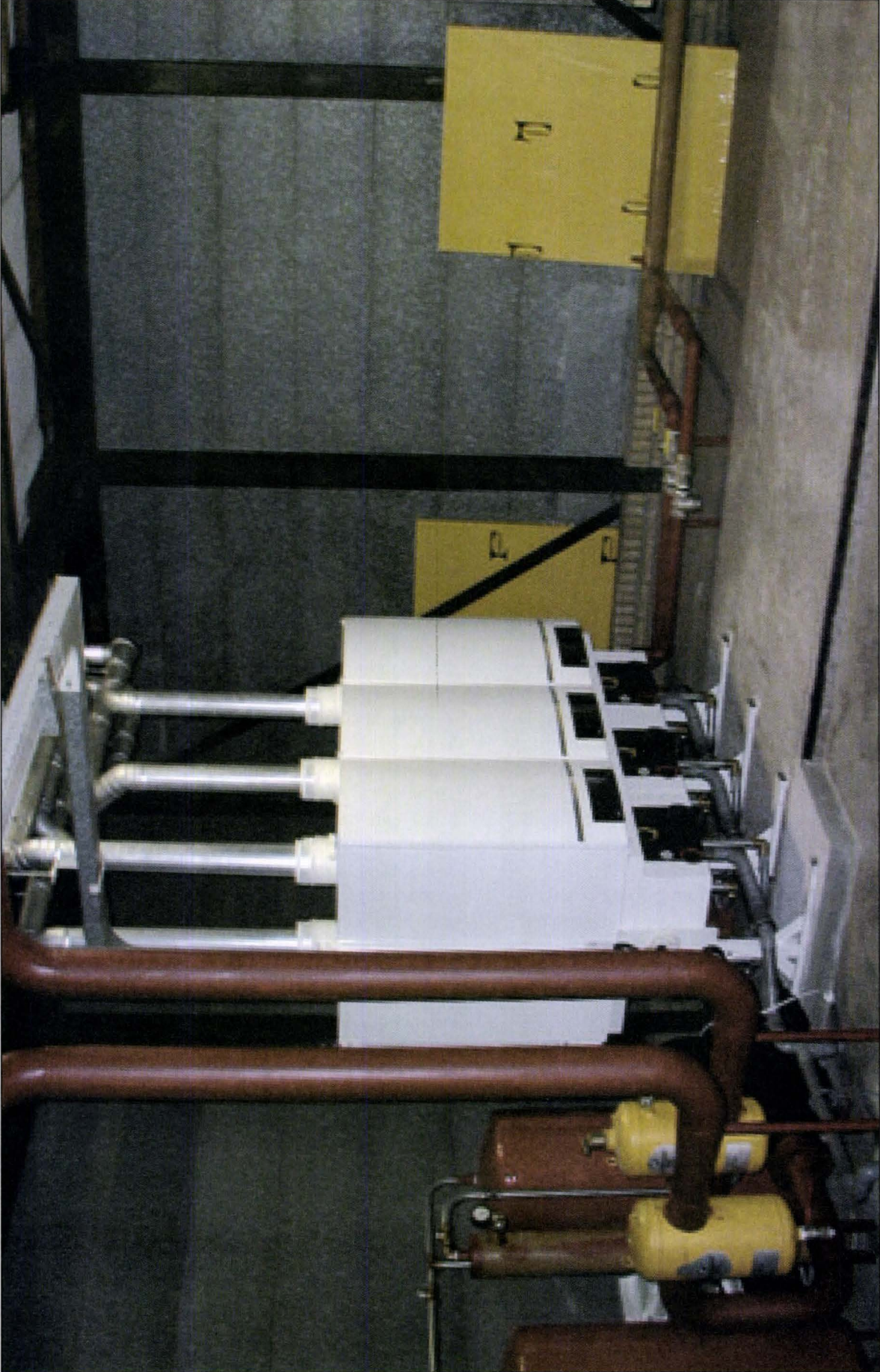
Bu avantajları:

- Verimin daha yüksek olması (Şekil 4.57),
- Yer kaybının daha az olması,
- Daha düşük gövde kaybı,
- Türbülötör bulunmaması,
- Nakliyenin daha ucuz ve kolay olması,
- Yatay ve düşey taşımanın daha kolay olması,
- Yoğunlaşma eşanjörü için ayrıca montaj gerektirmemesi,
- Beton kaidelerin daha küçük ve dolayısıyla daha ucuz olması olarak sıralamak mümkündür.
- 1.200 kW kapasitenin üzerinde ise entegre yoğunlaşma eşanjörlü kazan tercih edilebilir (Şekil 4.58). İlave yoğunlaşma eşanjörü kullanımına göre gene yer kazancı olacaktır (Şekil 4.59).

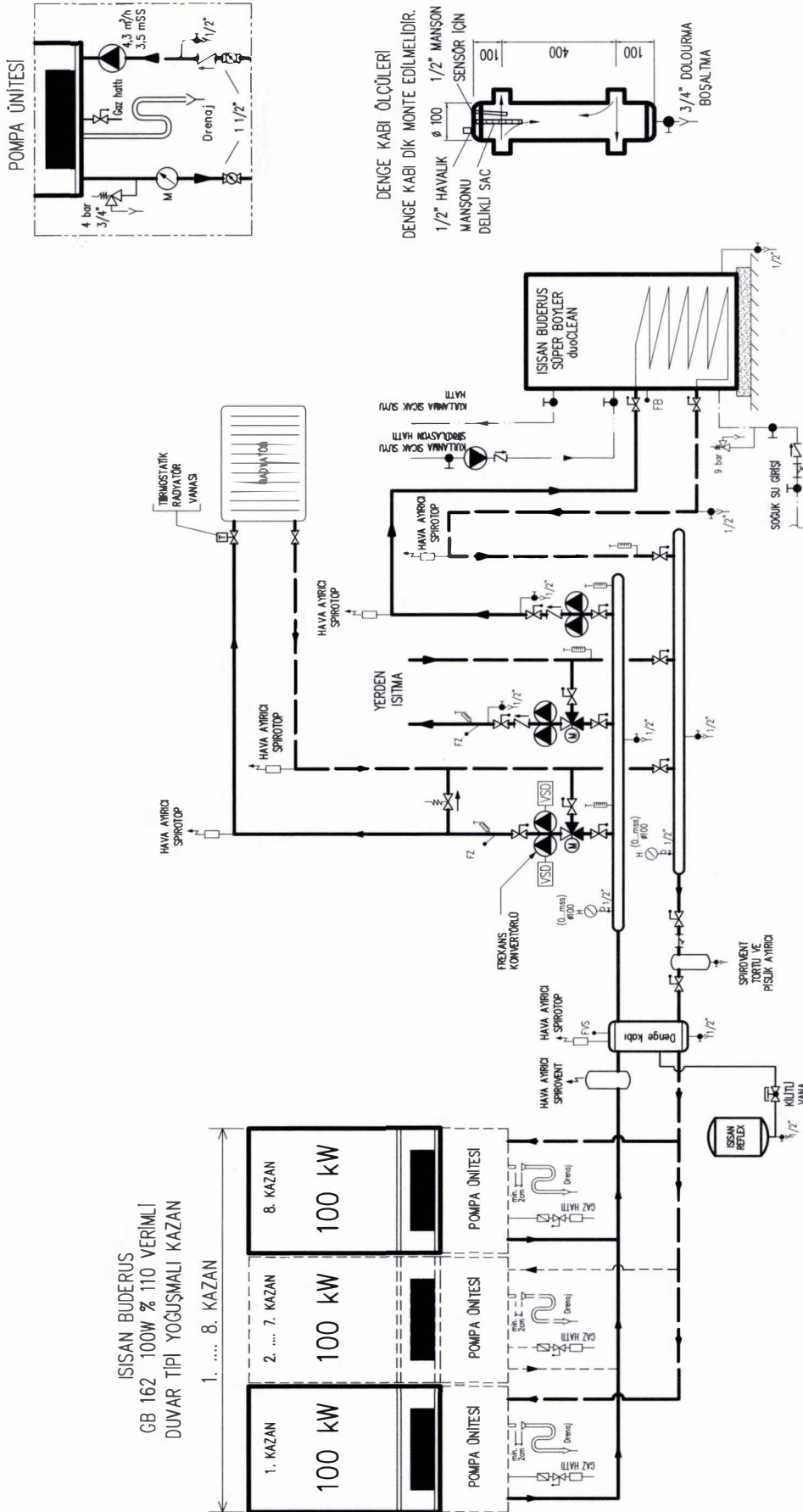
4.4.4.5 Üç Tam Geçişli Kazan Kullanılması

Sistem verimini oluşturan temellerin en önemlisi kazan verimidir. Yüksek verimli kazanların kullanımı yakıt tüketimini azaltacak en önemli kriterlerden biridir. Teknoloji geliştikçe kazan verimini yüksek tutmak için bir çok teknik geliştirilmiştir. Burada seçim yapılırken dikkat edilmesi gereken nokta sadece kazanın veriminin yüksek olması değil, kazanın bu yüksek verimi ömrü boyunca koruyabilir şekilde tasarlanmış olmasıdır.

Üreticilerin yüksek verim için en çok kullandıkları yöntemlerden biri üç geçiştir. Baca gazları kazan içinde üç defa suyun etrafından dolaştırılarak içlerindeki enerjiden maksimum yararlanmak hedeflenmektedir.



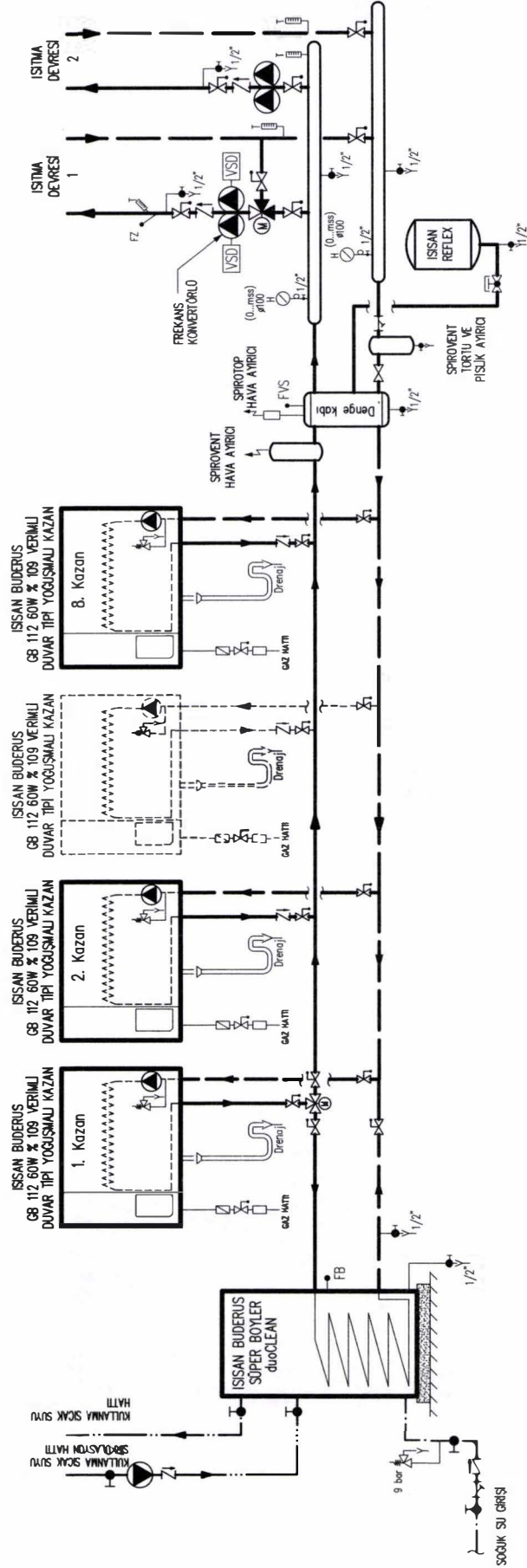
%110 VERİMLİ DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KASKAD SİSTEM (6 x 100 kW = 600 kW)
(Boruların ısı yalıtımları yapılmadan önceki fotoğraf)



Şekil 4.55A. DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KASKAD SİSTEM - KLASİK TESİSAT BAĞLANTI ŞEMASI ÖRNEĞİ



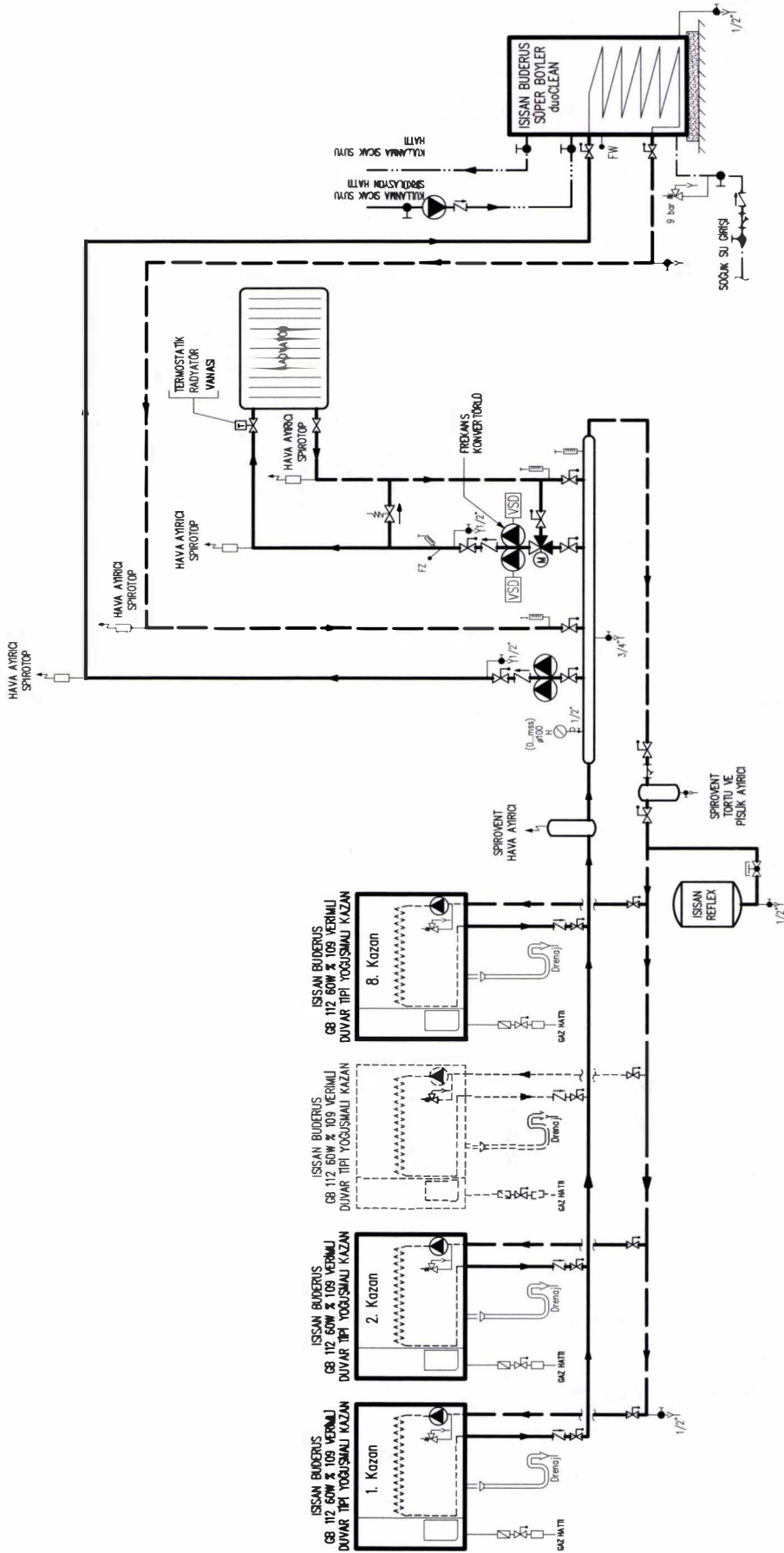
DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KASKAD SİSTEM (5 x 60 kW = 300 kW) VE DİK TİP HİJYENİK BOYLER (300 l = 1.300 l/h)
(Boruların ısı yalıtımları yapılmadan önceki fotoğraf)



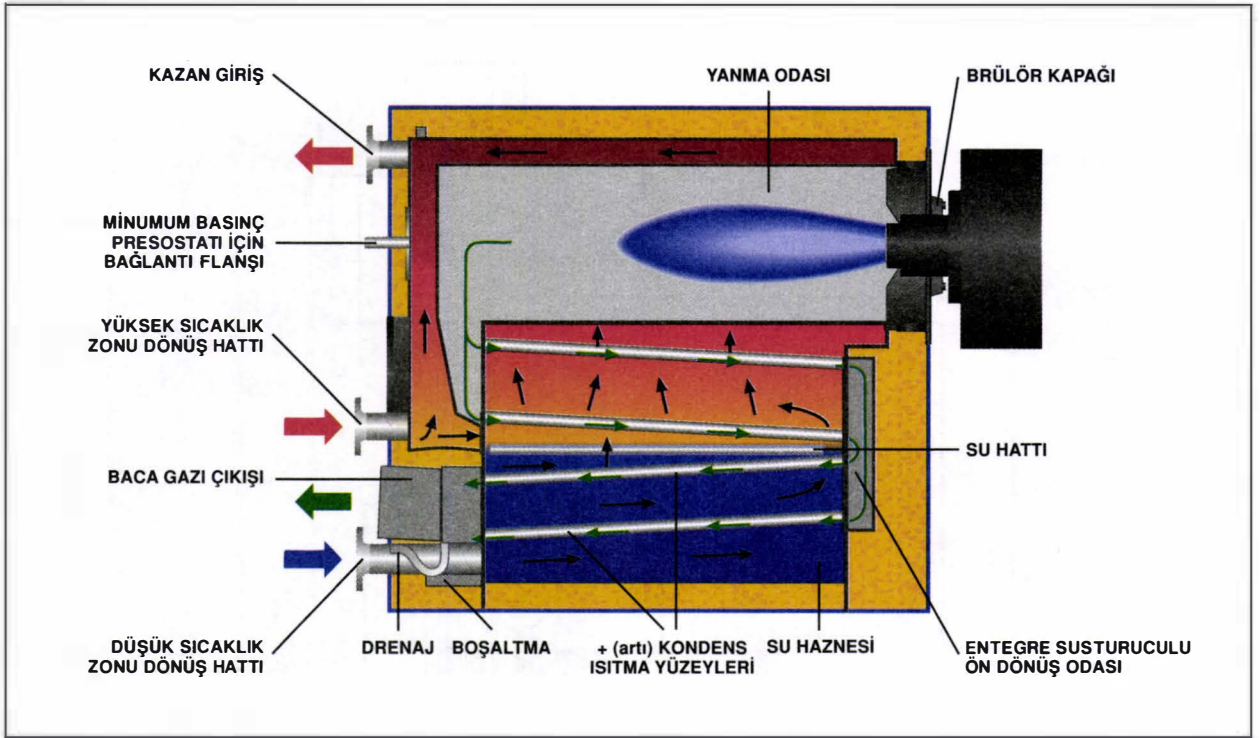
Şekil 4.55B. DUVAR TIPI YOĞUŞMALI KASKAD SİSTEM - BOYLER ÖNCELİKLİ ÖRNEK TESİSAT ŞEMASI



DUVAR TIPI YOĞUŞMALI KASKAD SİSTEM (7 x 600 kW = 420 kW)



Şekil 4.55C. DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KASKAD SİSTEM - TEK KOLEKTÖR ÖRNEK TESİSAT ŞEMASI

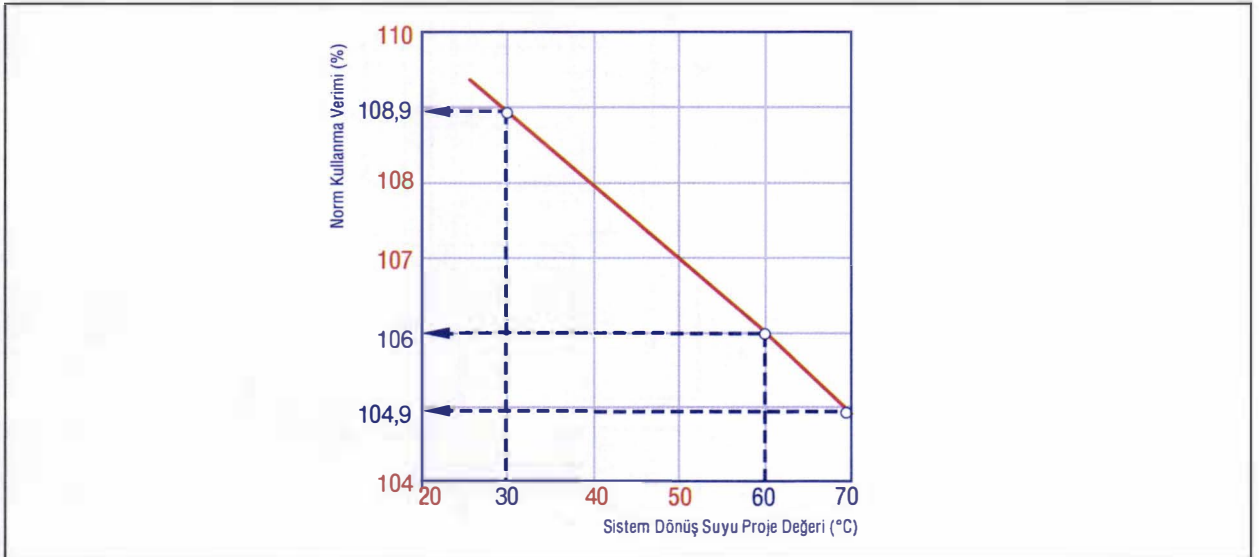


Şekil 4.56A. KENDİNDEN YOĞUŞMALI ÜÇ TAM GEÇİŞLİ KAZANLAR

Kriter	Kendinden Yoğuşturmalı Kazan	Standart Kazan + Yoğuşturma Eşanjörü
Gidiş Suyu Sıcaklık Sınırlaması	Yok	60°C
Dönüş Suyu Sıcaklık Sınırlaması	Yok	52°C
Brülör Modülasyonu	Sınır Yok	%60 ile sınırlı
Tam Yoğuşturma Süresi	Maksimum	Sınırlı
Şönt Pompa (Elektrik Tüketimi)	Yok	Var (çalışma süresinin %90'u ve üzeri veya gidiş suyu sıcaklığı 60°C ve üzeri)

Şekil 4.56B. KENDİNDEN YOĞUŞMALI VE HARİCİ YOĞUŞMA EŞANJÖRLÜ KAZANLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Not: Karşılaştırma amacıyla genel ortalama değerlerdir. Üretici firmaların verdiği sınırlamalara bakılmalıdır.



Şekil 4.57. KENDİNDEN YOĞUŞMALI KAZANLARIN DÖNÜŞ SUYU SICAKLIĞI PROJE DEĞERLERİNE BAĞLI NORM KULLANMA VERİMLERİ

Dikkat edilmesi gereken nokta kazanın üç tam geçişli olmasıdır. By-pass borulu olan kazanlar bazen üç tam geçişli borulu kazanlarla karıştırılmaktadır. Ama by-pass geçişli kazanların bazı dezavantajları vardır. Öncelikle bu kazanlarda ikinci geçiş olarak kabul edilen aslında by-pass geçişinde düşük ısı transferi olur. Çünkü duman borularına göre geniş geçişli olan bu borunun asıl görevi ısı transferi değil, cehennemlikten baca gazlarını duman borularına aktarmaktır. Bu da kapak sıcaklığını artırır. Zira baca gazları halen sıcak durumdadır. Kazan bir de türbülantörli ise, bu sıcaklıklar, türbülantörlerin kavrulmasını ve borulara yapışmasını da hızlandıracaktır. Bu da bilindiği üzere, kazan borularının tıkanarak, kalıcı olarak performans düşümü anlamına gelmektedir. Dolayısıyla yüksek gözükten kazan verimi bir süre sonra standart kazan verimlerine düşecektir. Diğer önemli bir nokta ise kazanın kapasitesinde kullanılmasıdır. Üretici firmanın verdiği değerlerin üzerinde yüklenen kazanlarda da benzer problemler görülmektedir. Bu yüzden kazanları üretici firmanın önerdiği değerler dışında kullanmamak gerekir. Günümüzde, globalleşen dünyamızda her türlü kazanın gerçek değerlerine üretici firmasının internet adresinden rahatlıkla ulaşılabilir.

4.4.4.6 Türbülantörsüz Kazan Kullanılması

Çelik kazanlarda, duman borularında ısı transferini artırmak amacıyla paslanmaz çelik türbülantörler kullanılır. Türbülantörlerle boru içindeki akışta homojen bir sıcaklık dağılımı sağlanır. Genel olarak ısı transferini, dolayısıyla da verimi artıran türbülantörler, ısı kapasiteyle birlikte artan duman borusu sayısı nedeniyle yüksek kapasitelerde efektif olmaktan çıkmaktadır. Bu durumda kazanın temizlik ve bakım işlemi zorlaşmakta ve yüksek maliyetli bir hale gelmektedir. Türbülantörler, yoğunlaşmaya izin verilmeyen kazanlarda yoğunlaşmayı önlemek ve kazan maliyetini azaltmak için kullanılmaktadır.

Yeni seri kendinden yoğunlaşmalı kazanlarda ise, tam tersine, olabildiği kadar yoğunlaşma olması istenmektedir. Bu kazanlarda türbülantör kullanılmadığı için ömür boyu çok yüksek performans sağlanmaktadır.

Yoğunlaşmaya izin verilmeyen türbülantörsüz kazanlarda, duman borularının çapları biraz daha küçük seçilmekte ve biraz daha fazla adette duman borusu kullanılmaktadır. Böylece yoğunlaşma olmadan yüksek verime ulaşmakla birlikte, işletmede duman borularında akış sürekliliği sağlanmaktadır. Boruların tıkanma ve kirlenme riski çok azaldığı için, işletmede çok daha az temizlik işlemi gerekirken ve işletme verimi daha yüksek kalabilmektedir (Şekil 4.60).

Yoğunlaşmaya izin verilmeyen türbülantörlü kazanlarda, gaz yakıt kullanıldığında bile kirlenme riski bulunmaktadır. Ayrıca gaz yakıt kullanıldığında türbülantörler bir süre sonra duman borularına kaydığı için çıkartılması zorlaşmakta, hatta kopan türbülantörleri boru içerisinden

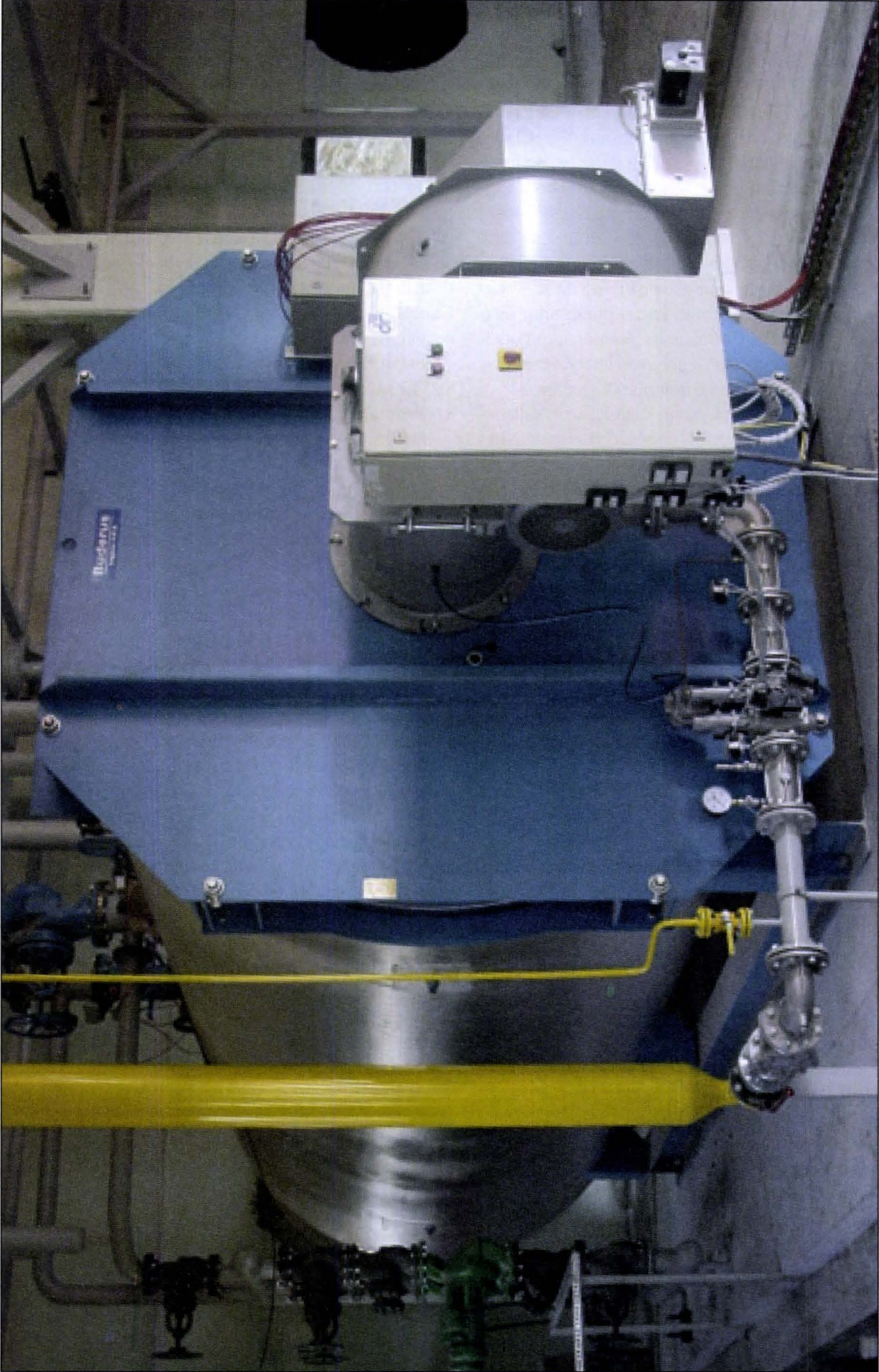
çıkarmak için özel servis işlemi gerekmektedir. Oldukça güç olan bu çıkarma işlemi gerçekleştirilemeyince, türbülantörler boruyu tıkanmış durumda bırakılmaktadır. Bu durumda tıkalı boruların yükü diğer borulara taşınmakta ve kazanın işletme dengesi bozulmaktadır. Türbülantörlü kazanlarda ısı transferinin çok ciddi bir kısmı son geçişte (türbülantörlerin olduğu borularda) gerçekleşmektedir. Bunun sonucunda ön kapağa dönen gazların sıcaklığı türbülantörsüz kazanlara göre genellikle çok daha yüksek sıcaklıkta olmaktadır. Bunun sonucunda ön kapaktaki ısı kayıpları daha fazla olmaktadır (ön kapaktaki ısı yalıtımı çok iyi olsa bile).

Genel bir tanım olarak; türbülantörlü kazanlarda son borulara giren gaz sıcaklığı genellikle çok daha yüksektir. Bunun sonucunda:

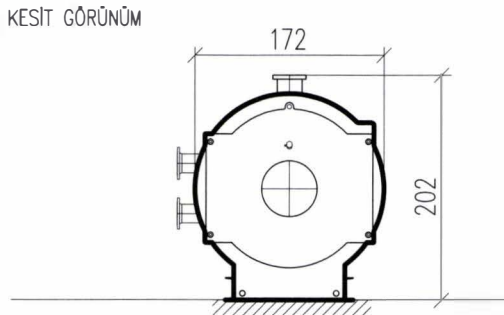
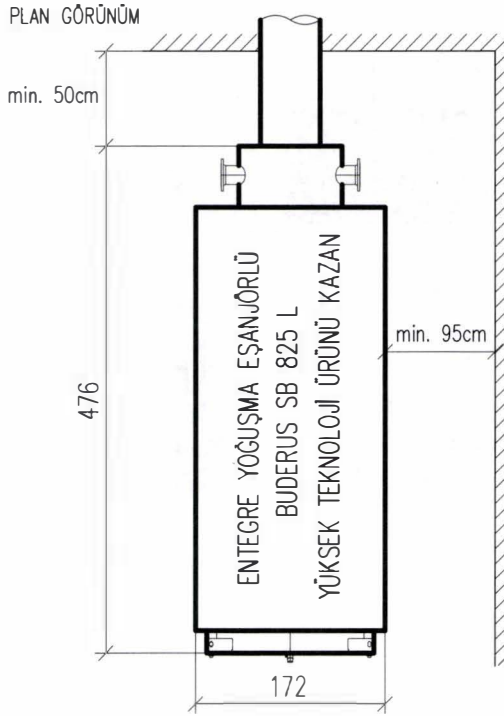
- Ön kapaktaki ısı kayıpları artar.
- Borulara daha yüksek sıcaklıkta giren duman gazları zaman içinde türbülantörlerin duman borularına kaynamasına neden olabilir ve borular bloke olabilir, kazan verimi azalır.
- Türbülantörlerde kurum birikmesi boruların daha kısa sürede tıkanmasına neden olabilir. Servis sıklığı daha fazladır.
- Borulardaki kurumu temizlenebilmesi için türbülantörler öne doğru çekilirken (eğer türbülantör boruya kaynamamışsa) yağlı olan kurumu toplamak önlem alınsa bile etrafın kirlenmesine neden olur. Oysa türbülantörsüz kazan borularına sokulan fırça ile kurumu kazanın arka tarafına itmek ve içeriden almak biraz daha kolaydır ve kazan dairesinin daha az kirlenmesine neden olur. Yani işletme teknisyeni için daha rahat çalışma imkanı oluşur.
- Kazan temizliği için brülörü sökmeden servis yapabilmek avantajdır. Brülör kazan kapağı üzerinde kapak ile birlikte açılabilir servisi daha kolay ve güvenli yapılır. Servisin kolay yapılması işletme verimliliğini de artırır.

Enerjinin çok pahalı olduğu ve giderek de artacağı kaygısını taşıdığımız bir dönemde verimliliği etkileyen her detay değerlendirilmelidir. Kazanların durma kayıpları (brülör çalışırken veya brülör durduğu halde kazanın içinden sıcak su dolaşırken kazandan çevreye olan kayıplar) kazan kapasitesi ile karşılaştırıldığında çok düşük kalabilir (yaklaşık %1 gibi). Ancak binaların ısıtma sistemlerinde yıllık kullanılan ortalama kapasite, toplam kazan kapasitesinin yaklaşık %15 mertebelerindedir (İşletme şekline ve kapasiteye göre değişebilir). Kazan kapasitesine göre %1 olan bir durma kaybı bile yıllık kullanılan ortalama kapasite ile karşılaştırıldığında $1/15 = \%7$ kayıp olarak değerlendirilebilir.

Sonuç olarak türbülantörlerin işletme şartlarını güçleştirilmesi, kısa sürede tıkanarak verimde sürekliliği engellemesi, ya da bu nedenle söküldüklerinde baca gazı sıcaklığının çok artması nedeniyle bu tip kazanlarda ömür boyu yakıt maliyeti planlanandan çok yüksek olmaktadır.

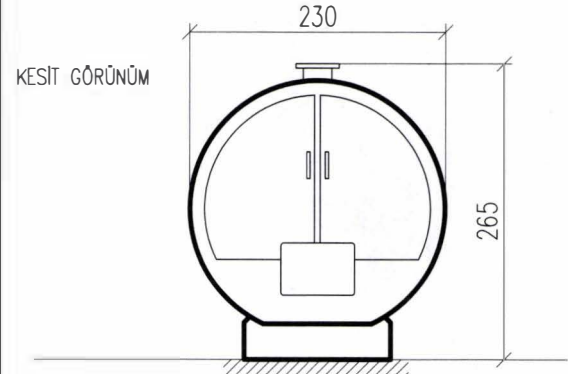
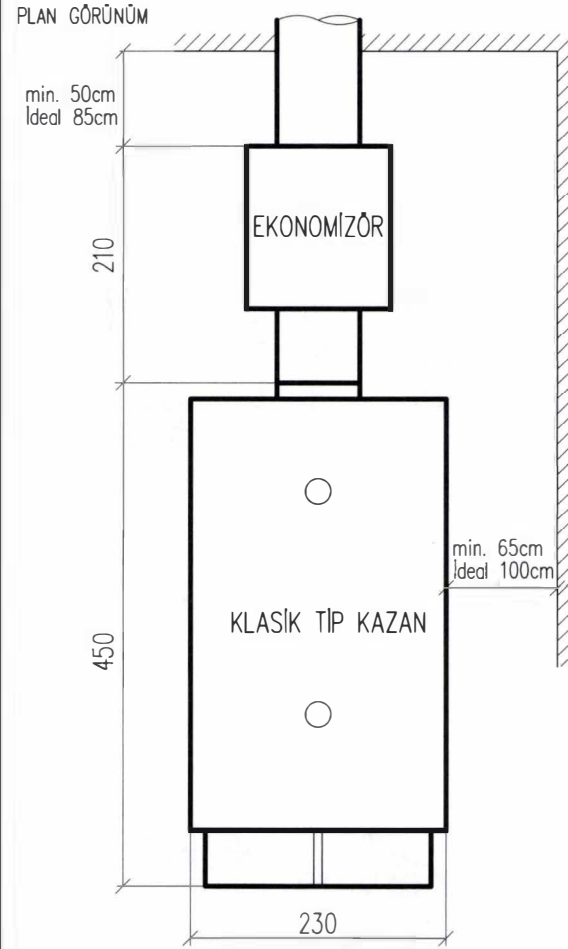


Şekil 4.58. ENTEGRE YOĞUŞMA EŞANJÖRLÜ TÜRBÜLATÖRSÜZ ÜÇ TAM GEÇİŞLİ KAZAN (8.200 kW)
BRÜLÖR: KURUM YAPMAYAN, ORANSAL TİP



3.700kW ENTEĞRE YOĞUŞMA EŞANJÖRLÜ
ISISAN BUDERUS
YÜKSEK TEKNOLOJİ ÜRÜNÜ KAZAN

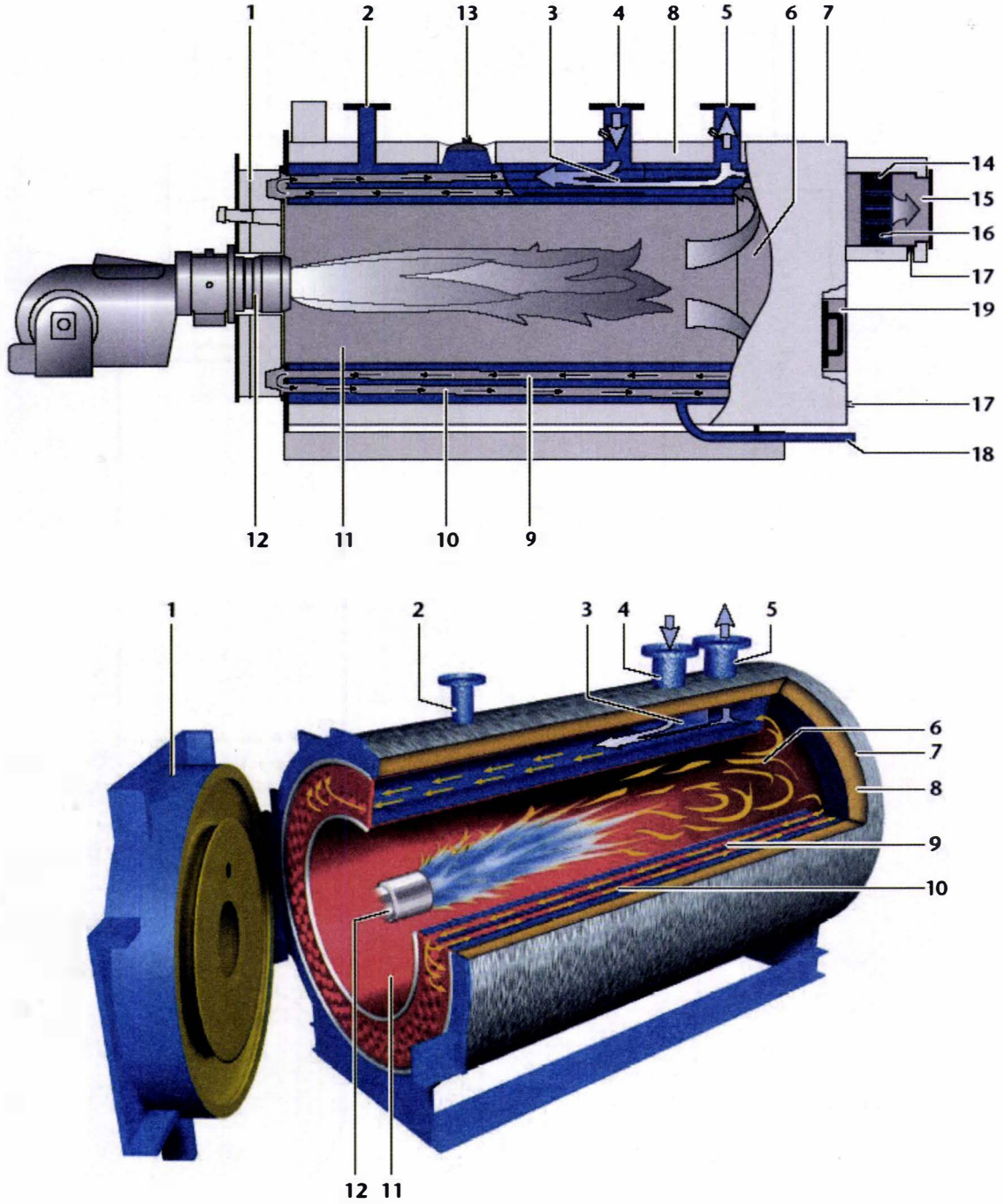
8,19m² ALAN KAPLAR



3.500kW KLASİK TİP KAZAN+EKONOMİZÖR

15,18m² ALAN KAPLAR

Şekil 4.59. ENTEĞRE YOĞUŞMA EŞANJÖRLÜ KAZANIN VE YOĞUŞMASIZ KAZAN + YOĞUŞMA EŞANJÖRLÜ KAZAN SİSTEMLERİNİN, YERLEŞİMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI



- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1. Kazan ön kapağı (çift kat izolasyonlu) | 11. Yanma odası (birinci geçiş) |
| 2. Emniyet hattı | 12. Brülör |
| 3. Dönüş suyu enjektörü (sıcaklık yükseltme donanımı) | 13. Atom deliği |
| 4. Kazan dönüş | 14. Yoğuşma eşanjörü gidişi |
| 5. Kazan gidiş | 15. Paslanmaz çelik yoğuşma eşanjörü |
| 6. Su soğutmalı arka duman sandığı | 16. Yoğuşma eşanjörü dönüşü |
| 7. Alüminyum dış kaplama | 17. Boru gazı drenaj hattı |
| 8. Isı köprüsüz yüksek verimli izolasyon | 18. Boşaltma |
| 9. İkinci geçiş duman boruları (çift sıra) | 19. Tamir - bakım kapağı |
| 10. Üçüncü geçiş duman boruları | |

Şekil 4.60. TÜRBÜLATÖRSÜZ ÜÇ TAM GEÇİŞLİ KAZAN KESİTİ

Kazan kapağı brülör üzerindyeen kolayca açılabilir (Kazan temizliği için brülörü sökmeye gerek yoktur).

Toplarsak, türbülantörlü kazanlar kötü, türbülantörsüz kazanlar iyi anlamında bir değerlendirme doğru değildir. Kazanların yıllık verimleri öncelikle kazan konstrüksiyonu ve imalat kalitesi ile ilgilidir. Kazanların diğer özelliklerine de bakılmalıdır. Burada anlatılan türbülantörlü kazan kullanan bazı tesislerde işletimcilerin yaşadıkları temel alınarak, türbülantörün olmadığı kazanlar daha rahat işletildiği şeklindedir. Konu tartışmaya her zaman açıktır. Günümüzde ise zaten bu tartışma da sona ermek üzere kabul edilebilir. Çünkü yakıt fiyatlarının 70 USD/varil olduğu bugünlerde artık ısıtma kazanlarının her kapasitede yoğunmalı tip olması, brülörlerin de oransal olması tercih edilmektedir. Yoğunmalı kazanlar da zaten türbülantörsüz olarak imal edilmektedir.

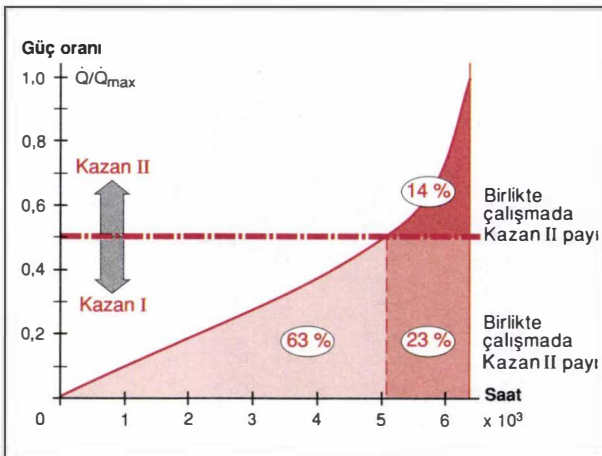
4.4.4.7 İki Kazanlı Sistemlerde Alınabilecek Önlemler

Yoğunmalı kazan sistemlerinde birden fazla (iki) kazan olması halinde iki alternatiften söz edilebilir:

- İkisi de kendinden yoğunmalı tip
- Bir adedi kendinden yoğunmalı kazan, diğeri düşük sıcaklık kazanı (Şekil 4.62).

Kazanlardan sadece biri yoğunmalı kazan olduğunda, bu kazan kısmi yüklerde tek başına çalışırken, tam yükte ikinci kazan ile birlikte çalışmaktadır. Bu çözümde, ikinci kazanın daha ucuz yoğunmasız kazan olması yatırım maliyetlerini düşürmektedir. Buna karşılık yıllık yakıt tüketiminde ortaya çıkacak kayıp fazla olmayacaktır.

Yoğunmalı kazan bu ikili sistemde aynı kapasitede olmasına rağmen, yıllık ısıtma yükünün yaklaşık %86'sını karşılamaktadır. Yoğunmasız kazan ise ancak %14 yük karşılamaktadır (Şekil 4.61). Bu durumda yoğunmalı ve yoğunmasız kazanlar arasındaki yukarıda hesaplanan ve verilen farkın amortisman süresi bu çözümde azalacaktır. Eşit büyüklükte biri yoğunmalı diğeri yoğunmasız iki kazanlı sistem için, Yaklaşık farkın amortisman süresi = Bir adet kendinden yoğunmalı kazan amortisman süresi x 0,5 / 0,86 olarak bulunabilir.



Şekil 4.61. İKİ KAZANLI SİSTEMDE KAPASİTE KULLANIMIN DAĞILIMI

4.4.4.8 Oda Sıcaklığı Ayar Noktasının Doğru Seçimi

Bir binanın yakıt tüketimine etki eden en önemli faktörlerden biri iç sıcaklık değeridir. İç ortam sıcaklığı için genel kabul görmüş standart bir hesap sıcaklık değeri vardır. Kış şartlarında bu iç sıcaklık 20°C değerindedir. İşletme sırasında ise bu iç ortam sıcaklık değeri, yakıt savurganlığının en önemli noktasıdır. Birincisi; bu sıcaklık başta kabul edildiği gibi 20°C ile sınırlı tutulmaz ve kullanıcı tarafından kontrol sistemi bunun çok üzerinde değerlere ayarlanır. İkincisi; bu sıcaklık ısıtma sistemi tarafından istenilen değerde kalacak biçimde kontrol edilemez ve çok yüksek değerlere çıkar.

İç ortam sıcaklığının 1°C artışında, farklı koşullarda yakıt tüketiminin ne kadar veya hangi oranda artacağı bilinmelidir. Yıllık yakıt tüketiminin hesabında sistem verimlerinin de dikkate alınabilmesi için sıcaklık aralığı yöntemi kullanılabilir.

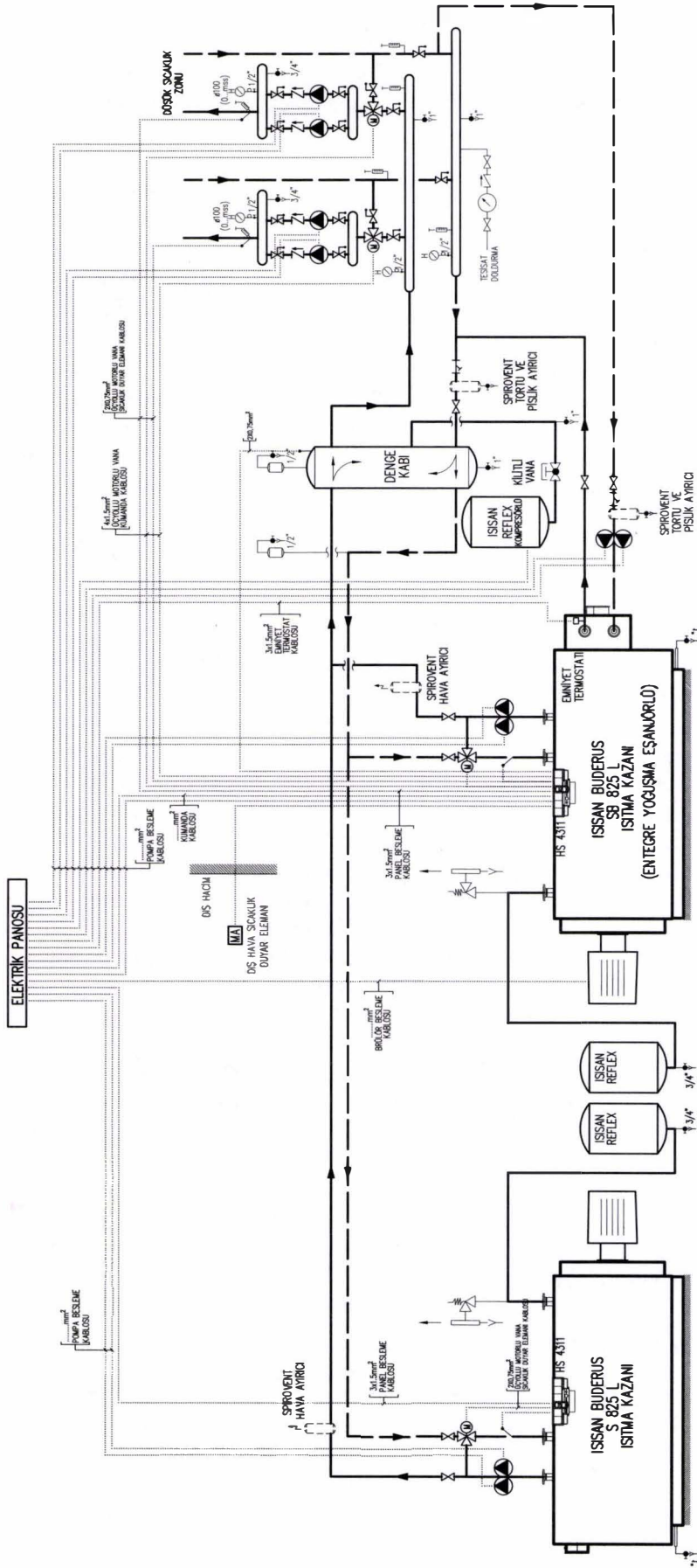
Bu yöntemde dış sıcaklıkların belirli sıcaklık aralıklarında yılda kaç saat meydana geldiği belirlenir. TTMD Türkiye iklim verileri projesinden yararlanılarak İstanbul, Ankara, İzmir ve Antalya için bu istasyonların seçilen karakteristik yılları saatlik dış sıcaklık değerlerinden 15 Ekim ve 15 Mayıs arasındaki sıcaklıklar kullanılmıştır. 4°C sıcaklık aralıkları kullanılarak, ısıtma mevsiminde -13°C ile +15°C arasında 7°C sıcaklık aralığı belirlenmiştir. Her sıcaklık aralığı ortasındaki sıcaklıkla temsil edilmektedir. Buna göre bu 7°C sıcaklık aralığında dış sıcaklığın ısıtma mevsimi boyunca kaç saat tekrarlandığı sayılmıştır. Bu çalışmada esas olarak konutlar dikkate alınmış ve ısıtma sisteminin sadece gece 1 - 5 saatleri arasında 4 saat boyunca kapatıldığı, diğer saatlerde ısıtma sisteminin çalıştığı varsayılmıştır. İç ortam sıcaklığının bir derece artışında, farklı koşullarda yakıt tüketimi ne kadar veya hangi oranda artar? Farklı iç ortam sıcaklıklarında, farklı iklimlerde yoğunmalı tip kazanın tükettiği yakıt miktarları hesaplanmıştır. Sistem su sıcaklığı olarak 75/60°C seçilmiştir. Hesaplanan yıllık yakıt tüketimi değerleri Tablo 4.43'de verilmiştir. Bu tabloda bitişik sütunlarda, iç sıcaklık artışının enfiltrasyon miktarının artmasına olan etkisi gibi, hesapta gözönüne alınamayan faktörler dolayısıyla gerçekleştiği kabul edilen, pratik tasarruf oranları da girilmiştir.

Buna göre iç ortam sıcaklığının 1°C artırılması yıllık yakıt tüketiminde şehirlere göre %8 ile %12 arasında bir artışa neden olmaktadır. Soğuk iklimlerde dış hava sıcaklık değişim aralığı fazla olduğundan iç ortam sıcaklık değişiminin etkisi göreceli olarak daha az olmaktadır. Buna karşılık Antalya gibi dış hava sıcaklığının fazla düşmediği bölgelerde iç ortam sıcaklık değişimleri daha etkili olmaktadır.

Soğuk bölgelerde 1°C değişim, içle dış arasındaki sıcaklık farkı yüksek olduğundan daha küçük bir oran olmakla birlikte, ısıtma süresi fazla olduğu için toplam yakıt tüketimine olan etki yaklaşık sabit kalmaktadır.



TÜRBÜLATÖRSÜZ ÜÇ TAM GEÇİŞLİ KAZANLAR (2 x 2.500 kW), SOLDAKİ ENTEGRE YOĞUŞMA EŞANJÖRLÜ ve KURUM YAPMAYAN ORANSAL BRÜLÖRLER



NOT: ÇEKVALFELERİN VE VANALARIN POMPA ÇIKIŞ ÇAPINDA DEĞİL, BORU ÇAPINDA SEÇİLMESİNİ ÖNERİRİZ.

PİSLİK TUTUCULAR YATAYA MONTE EDİLMELİDİR.

PİSLİK TUTUCULARIN ÇAPI, BORU ÇAPINDAN 1 ÇAP BÜYÜK SEÇİLMELİDİR.

EMNİYET VENTİLLERİNİN TAHLİYELERİ BİR BORU İLE ÇEVRE SU TOPLAMA KANALINA KADAR TAŞINMALIDIR.

NOT: SPROVENT PİSLİK VE TORTU AYIRICI KULLANILDIĞI TAKTİRDE SPROVENT GRİŞİNDEKİ PİSLİK TUTUCU HARCİNDEKİ TÜM PİSLİK TUTUCULAR KALDIRILABİLİR.

Şekil 4.62. ÇOKLU TÜRBÜLATÖRSÜZ ÜÇ TAM GEÇİŞLİ KAZANLAR (BİRİ ENTEGRE YOĞUŞMA EŞANJÖRLÜ) ÖRNEK TESİSAT ŞEMASI

İstanbul esas alındığında, yıl boyunca iç ortam sıcaklığının 22°C yerine 20°C değerinde tutulabilmesi halinde yıllık tasarrufu %17 - 20 gibi çok büyük bir değere karşı gelmektedir (Tablo 4.63). Bunun incelenen haldeki net karşılığı yoğunmalı kazanda yılda 125.000 m³/yıl yakıt tasarrufudur. Yapılan tasarruf yaklaşık olarak kazanın satın alma bedelini karşılamaktadır.

Sonuç olarak,

- Oda sıcaklığını daha düşük seçmek ve işletmede bu düşük sıcaklığı sürekli ve yüksek hassasiyetle kontrol edebilecek kontrol sistemine sahip olmak, yakıt ekonomisi sağlar.
- Odadaki havanın sıcaklığı arttıkça, hava daha fazla kurur. Havanın neminin azalması solunumu olumsuz etkiler ve grip olma riskini artırır.
- Oda sıcaklığı arttıkça enfiltrasyon da artar.

4.4.4.9 Hassas Oda Sıcaklık Kontrolü

Oda sıcaklığını kontrol eden termostatin sıcaklık diferansı az olmalıdır. Aksi halde konfor için termostat ayar değeri, ulaşılan en düşük sıcaklık konfor değerinin altına inmeyecek şekilde ayarlanacağından, ortalama sıcaklık yükselir ve yakıt tüketimi artar. Normal tip oda termostatlarının sıcaklık diferansı yaklaşık olarak $\pm 1^\circ\text{C}$ dir. 22°C oda sıcaklığını tercih eden bir kullanıcı, termostadı 23°C sıcaklığa ayarlar, oda sıcaklığı 22 - 24°C arasında değişir. Halbuki daha hassas kontrol kabiliyeti olan bir hissedici ve kazan kontrol sistemi kullanıldığında diferansı $\pm 0,1^\circ\text{C}$ hassasiyetle ayarlamak mümkündür. Bu durumda oda sıcaklığı yaklaşık olarak 22°C değerinde sabit kalır. Böylece oda sıcaklığının 1°C indirmek mümkün olur ve İstanbul için bu yaklaşık %10 yakıt tasarrufu ve daha iyi bir konfor sağlar.

4.4.4.10 Kazanların Çalışmaya Başlama ve Durma Saatlerinin Dış Hava Sıcaklığına Göre Otomatik Belirlenmesi (Açma - Kapama Optimizasyonu)

Bu kontrol şekli gelişmiş bir kazan kontrol paneli ile mümkündür. Bu tür gelişmiş bir panele ortam sıcaklığının hangi saatte (örneğin 08:30'da) kaç derece istendiği (örneğin 20°C) girilir. Dış hava sıcaklığının düşük olduğu günlerde panel kazanı daha erken saatlerde, dış

hava sıcaklığının daha yüksek olduğu günlerde ise kazanı daha geç saatlerde çalışmaya başlatır. Böylece gereksiz yakıt tüketimi önlenir. Örneğin dış hava sıcaklığı -3°C iken kazan saat 05:40'da; dış hava sıcaklığı 14°C iken saat 08:05'de çalışmaya başlar.

Aynı panel akşamları çalışma saatinin bitiminden önce kazanı durdurarak gereksiz yakıt tüketimini önler. İç ortam sıcaklığı çalışma süresi sonuna kadar konfor şartları altına düşmez. Ayrıca haftanın her günü için ayrı saatler ve sıcaklıklar tanımlanabilir. Aynı kontrol kullanma sıcak suyu için de yapılır. Böylece istediğimiz saatte sıcak su hazır olur ve boyler ile sirkülasyon hatlarında meydana gelebilecek kayıplar minimuma indirilir.

4.4.4.11 Durma Kayıplarının Azaltılması

Kazanlarda kayıplar, baca kaybı ve soğuma kaybı olarak ikiye ayrılır. Baca kaybı doğal olarak sadece brülörün çalıştığı sürelerde meydana gelmektedir.

Soğuma kaybı kazanın, belli bir sıcaklıkta tutulması esnasında, yani kazanın işletme süresi boyunca oluşmaktadır. Burada brülörün çalışması veya durması önemli değildir. Soğuma kaybı da kendi içinde ikiye ayrılmaktadır:

- Işınım kaybı: Brülörün çalıştığı süredeki soğuma kaybı
- Durma kaybı: Brülörün çalışmadığı süredeki soğuma kaybı

Kazan soğuma kaybı, ışıınım ve durma kaybının toplanması ile hesaplanmaktadır. Örneğin:

- Brülör devredeyken: Işınım kaybı %1,2
- Brülör devre dışıyken: Durma kaybı %0,8

Böylece kazanın soğuma kaybının %2 olduğu söylenebilir. Eğer kayıplar yüzde olarak ifade edilirse, baca kaybı ve ışıınım kaybı sebebiyle meydana gelen yakıt harcaması brülörün devrede olduğu zamanda olacaktır. Örneğin %7'lik bir baca kaybı aynı zamanda %7'lik bir yakıt kaybı anlamına gelmektedir. Işınım kaybı için de aynı düşünce geçerlidir. Oysa durma kayıplarında durum farklıdır. Yakıt kaybı durma süresine bağlıdır. Eğer durma yoksa, durma yakıt kaybı da olmayacaktır. Durma kaybı baca kaybına göre daha azdır. Kazan gücü arttıkça durma kaybı baca kaybına göre daha da azalır; çünkü baca kaybı kazan gücünden bağımsızdır. Buna karşılık durma kaybı, özgül kazan yüzeyi yani

Şehirler	Yakıt Tüketimi (m ³ /yıl)			İç Sıcaklıkta 1°C Artış için Yakıt Tüketimindeki Artış Oranı		İç Sıcaklıkta 2°C Artış için Yakıt Tüketimindeki Artış Oranı	
	Oda Sıcaklığı 20°C	Oda Sıcaklığı 21°C	Oda Sıcaklığı 22°C	Teorik Hesaplanan	Yaklaşık Gerçekleşen	Teorik Hesaplanan	Yaklaşık Gerçekleşen
Ankara	701.000	747.000	793.000	%6,6	%8	%13,1	%16
İstanbul	729.000	792.000	854.000	%8,6	%10	%17,1	%20
İzmir	592.000	647.000	701.000	%9,3	%11	%18,4	%22
Antalya	491.000	542.000	593.000	%10,4	%12	%20,8	%24

Tablo 4.63. İÇ SICAKLIK ARTIŞININ 3.700 kW'LIK KENDİNDEN YOĞUŞMALI TİP KAZANIN YILLIK YAKIT TÜKETİMİNE (m³/YIL) ETKİSİ

kW kazan gücü başına düşen kazan dış yüzeyi ile orantılı olarak azalır. Kazan gücü büyüdükçe özgül kazan yüzeyi değeri azalır. Baca ve durma kayıpları arasında ki oran 70 kW'ta 3 misli, 1.000 kW'ta 5 mislidir.

Eski tip kazanlarda durma kayıpları, bu kazanların yetersiz ısı yalıtımları ve sürekli yüksek işletme sıcaklıkları ile çalıştırılmaları sonucunda önem kazanmıştır. Bu problemin eski tip kazanlarda brülör çalışma süreleri uzatılarak çözülebileceğine inanılmıştır. Düşünülen uzun brülör çalışma sürelerinde brülör kapasitesini azaltmak ve böylece brülör şalt sayısı çok düşük olan ve durma kaybı hiç olmayan veya çok az olan bir sistem düşünülmüştür. Ancak durma kayıplarının bu şekilde azaldığı düşünülürken ısınım kayıplarının da arttığı unutulmamalıdır, sonuç toplamda daha da kötü çıkabilir.

Diğer taraftan eski tip kazanlarda soğuma kayıplarının, tüm ısıtma süresi içinde meydana gelmesinden dolayı, baca kayıplarından çok daha fazla olduğu bir gerçektir. Örneğin yılda 1.500 saat çalışan, 40 kW'lık eski bir kazandan., %10 baca gazı kaybı ve %3 soğuma kaybı olduğunu varsayalım. Bu kazanın baca gazı kaybı;

$$40 \times 0,1 \times 1.500 = 6.000 \text{ kWh/yıldır.}$$

Oysa aynı kazanın tüm yıl boyunca soğuma kaybı;

$$40 \times 0,03 \times 8.760 = 10.512 \text{ kWh/yıldır.}$$

Yani bu tip eski kazanlarda soğuma kaybı, baca gazı kaybının yaklaşık 1,5 - 2 katı mertebesine kadar ulaşabilmektedir.

Modern kazanlarda ise örneğin oransal brülör kullanılarak baca gazı kayıplarını azaltmak, durma kayıplarını azaltmaktan daha etkilidir. Günümüzdeki modern tasarıma sahip, kompakt, boyutları küçük, iyi ısı yalıtımlı kazanlarda durma kayıpları daha azdır. Buna ek olarak günümüzdeki bu modern kazanlarda düşük sıcaklık işletmesi yaparak, kazanlar daha düşük sıcaklıklarda çalıştırılmakta ve böylece de durma kayıpları azaltılmaktadır. Özellikle yoğunmalı kazanlarda bu kayıplar çok daha azdır. Yoğunmalı kazanlarda ısıtma sezonu boyunca, dönüş suyu sıcaklığı ısı ihtiyacının karşılandığı sürenin yaklaşık %90'ında yoğunlaşma sınırının altında seyretmektedir. Bu sayede de kazan ve dağıtım ile ilgili soğutma kayıpları %43 oranında azalmaktadır.

Su hacmi daha düşük olan kompakt Isisan Buderus Ecostream kazanlarda daha soğuk olan su dış tarafa doğru yönlendirilir, bu şekilde brülörün çalıştığı ve çalışmadığı durumlarda kazan soğuma kayıpları en aza indirilmiştir. Özellikle Isisan Buderus Logano S825L yüksek kapasiteli çelik kazanlar gibi tüm yan ve arka cidarı tamamen su ile çevrili olan, 100 mm taşıyını kazan izolasyonuna ve 0,6 mm alüminyum dış kaplamaya sahip olan kazanlarda durma ve ısınım kayıpları minimize edilmiştir.

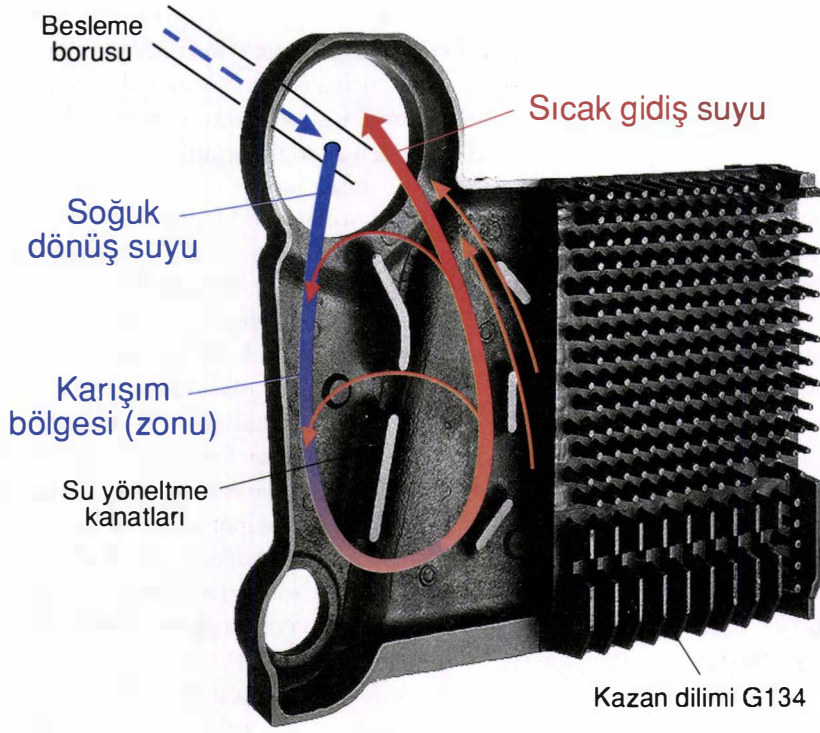
4.4.4.12 Tesissattaki Diğer Kayıpların Azaltılması

Isıtma tesisatlarının değişmez parçalarından olan ve kullanma suyu ısıtması için kullanılan boylerlerde de kayıpların az olması önemlidir. Bu yüzden boylerlerin iyi izole

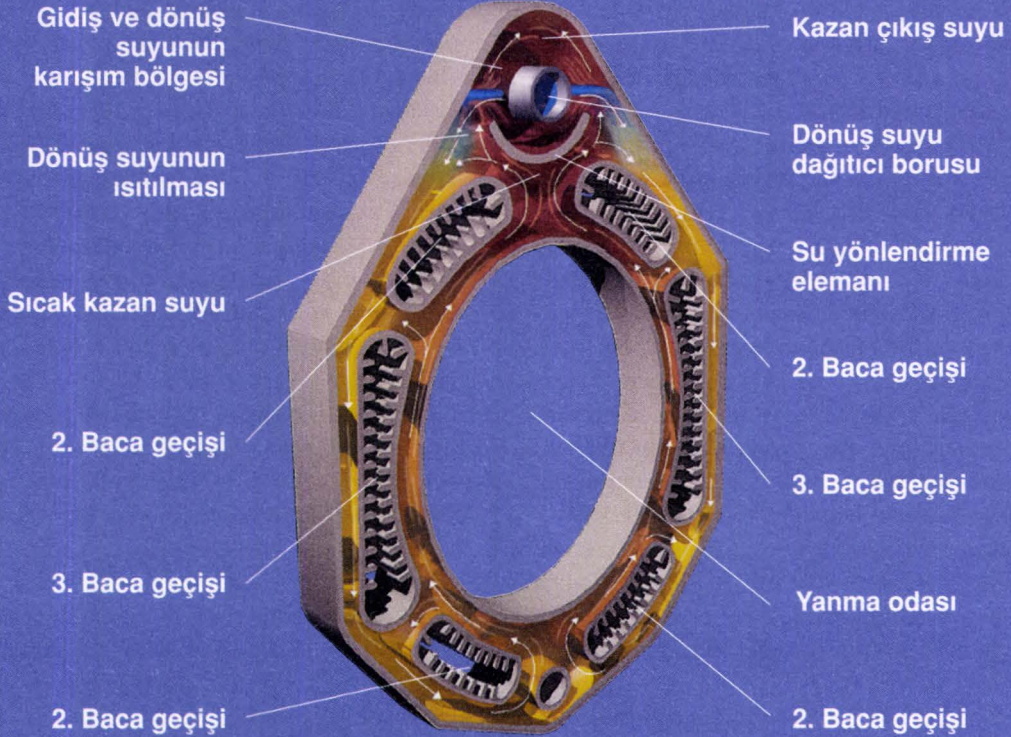
edilmiş olmaları gerekir. Serpantinli boylerlerde, serpantin mümkün olduğunca boylerin en altına kadar inmeli, boylerde ölü zonlar bırakmamalıdır. Bu sayede boylerin dış yüzey sıcaklığı daha düşük olacak ve böylece ısı kaybı da daha az olacaktır. Primer devrenin dışta olduğu çift cidarlı boylerlerde ise tam tersine çok daha fazla ısı kaybı vardır. Isıtma tesisatlarındaki boruların ısıtılan hacimlerin içinden geçtiği durumlarda, borulardan mekana transfer olan ısı, kayıp olarak değerlendirilmez. Ancak tesisat boruları ısıtılmayan hacimlerden geçiyor ise, bu borularda ısı kaybı meydana gelecektir. Bu yüzden bu tip borular izole edilmelidir.

Örneğin DN65 çapında izolasyonsuz bir boruda, 10°C ortam sıcaklığında 90/70 sistemde boru metresi başına 180 W ısı kaybı olacaktır. Aynı borunun, aynı şartlarda, 50 mm cam yünü ile izole edilmesi sonucunda ise ısı kaybı borunun metresi başına 25 W'a düşecektir. Burada 50 mm izolasyon ile %85 bir tasarruf sağlanabilir. İzolasyon kalınlığının artması ile borudan olan ısı kaybının önlenmesi değeri doğrusal değişmez; dolayısıyla ekonomik izolasyon kalınlığı belirlenmelidir. Alman normlarına göre örneğin DN40 ile DN100 arası çaplarda, izolasyonun yaklaşık çap kalınlığında olması istenir. Borular dışında tesisatlardaki vanalar, flanşlar, pislik tutucular ve çekvalflerden de ısı kaybı meydana gelmektedir. Bu kayıpların önlenmesi için prefabrik izolasyon malzemeleri veya özel olarak yapılmış vana kutuları kullanılabilir. Bu izolasyonların kolayca sökülebilir olması işletmedeki bakımlarda kolaylık sağlayacaktır. Bu amaçla vana ceketleri kullanılabilir. Vana ceketleri yanıcı değildir; su, yağ gibi maddelere karşı dayanıklıdır, montaj ve bakım esnasında kolayca sökülüp tekrar takılabilir. Bu sebeplerden dolayı pratiktir. Vanaların ve flanşların ısı kaybı için eşdeğer boru uzunluğuna bakmak gerekir. DN100'lük bir vana ve flanşlarının 100°C boru sıcaklığında ısı kaybı için eşdeğer boru uzunluğu yaklaşık 10 metredir. Böylece bu vana ve flanşlarının izole edilmeleri durumda, 10°C oda sıcaklığında ısı kaybının yaklaşık olarak 3000 W olduğunu bulabiliriz. Bu ısı kaybının bugünkü fiyatlarla karşılığı 7,5 Eurcenttir. Yılda 1.500 saat ortalama çalışma varsayımı ile bu vanadaki ısı kaybı sebebiyle yıllık kayıp 11 EUR'dur (ki 1.500 saat çalışma vana için çok düşük bir değerdir. 3.000 saat de alınabilir.). İzolasyon yapıldığında bu kayıp yılda 3,75 EUR mertebesine düşmektedir. Yani bir vanada yılda 7 EUR tasarruf yapılmaktadır. Sırf bu çapta tüm Türkiye'de milyonlarca vana olduğu düşünülürse, sadece bu çapta vanaları izole ederek milyonlarca EUR tasarruf yapılabilir. Bu çalışma başka çapta vanalar, flanşlar, çekvalfler, pislik tutucular için de yapılabilir. Toplamda bu şekilde ülkemizde yüz milyonlarca EUR tasarruf potansiyeli bulunmaktadır. Bu sebeple boru hatlarındaki vana, flanş, çekvalf ve pislik tutucu benzeri ekipmanlar da izole edilmelidir.

ATMOSFERİK BRÜLÖRLÜ ESNEK DÖKÜM ECOSTREAM KAZAN DİLİMİ



ÜFLEMELİ BRÜLÖRLÜ ESNEK DÖKÜM ECOSTREAM KAZAN DİLİMİ



Şekil 4.64. THERMOSTREAM TEKNOLOJİSİ

4.4.4.13 Thermostream Teknolojisi (Şekil 4.64)

Çalışma sıcaklıkları bir ısıtma tesisatının tasarım ve işletmesinde en önemli parametrelerden biri olduğu gibi, bir kazanın ömrünü de belirleyen önemli bir faktördür. Isıtma tesisatının işletmesi açısından yakıtların üç ana özelliği öne çıkmaktadır:

- Fiziksel hali (katı, sıvı, gaz)
 - Isıl değeri (birim yakıt miktarına göre, alt ve üst ısı değer)
 - Yoğuşma sınırı (özellikle sıvı ve gaz yakıtlar için)
- Yakıtların fiziksel hali ve ısı değeri, özellikle brülör ve kazan tipinin belirlenmesi için önemlidir. Ancak bu özelliklerden yoğuşma sınırı kazan ömrü açısından, son derece belirleyici bir faktördür.

Bilindiği üzere baca gazları, kimyasal çevrim sırasında hidrokarbonların oksijen ile bağlanarak ortaya çıkan suyu da içerir. Ancak baca gazı sıcaklıklarının yüksek olması bu suyun buhar halinde açığa çıkmasını sağlar. Alt ısı değeri ile üst ısı değeri arasındaki fark enerjisini, işte bu su taşımaktadır ve bu enerji gizli ısı olarak adlandırılır.

Yoğuşma sınırı, bir yakıtın baca gazındaki su buharının yoğuşmaya başladığı sıcaklıktır. Bu sıcaklığın altında, baca gazındaki su sıvı hale geçer.

Ancak bir kazan, içinde yoğuşmaya izin veren bir konstrüksiyona sahip değil ise, yoğuşma sonucunda kazan çok ciddi hasarlara maruz kalabilir. Bunun nedeni yoğuşan suyun saf su olmaması, yakıtta bulunan diğer maddelerle birleşerek çeşitli asitler halinde ortaya çıkmasıdır. Örneğin genelde tüm sıvı yakıtlarda bulunan sülfür (S), yoğuşma sonucunda sülfürik asit (H_2SO_4) olarak açığa çıkmaktadır. Benzer olarak da gaz yakıtlardan da çeşitli azot asitleri oluşmaktadır.

Eğer kazan malzemesi bu tip asitlere dayanıklı değil ise, kazanın kısa sürede zarar göreceği çok açıktır. İşte bu nedenle, yoğuşmasız tüm kazanlarda, minimum dönüş suyu sıcaklığı, minimum kazan suyu sıcaklığı gibi belirli sınırlar öngörülür. Burada amaç su sıcaklığını sınırlayarak, kazan içerisinde bu su ile ısı transferine giren baca gazlarının aşırı soğumasının önüne geçmektir.

Bir kazan içerisinde iç sirkülasyon ne kadar iyi ve sıcaklık dağılımı ne kadar homojen sağlanır ise, bu sıcaklık sınırları da yoğuşma sınırına o kadar yaklaşır. Aynı zamanda iç sirkülasyonun başarısı kazanda istenen minimum debi değerini de belirler. İç sirkülasyonu kötü olan bir kazanda, daha yüksek bir debinin sürekli olarak geçmesi istenir. Aksi takdirde sirkülasyon bozukluğu nedeniyle oluşacak sıcaklık dengesizliği, kazan gövdesinde ısı gerilmelere, dolayısıyla çeşitli hasarlara neden olabilmektedir. Isıtma tesisatında ise gerekli olan sıcaklıklar, yoğuşma sınırının altında olabilir. Örnek olarak, bir yerden ısıtma tesisatında sıcaklıklar neredeyse tüm yıl boyunca her türlü sıvı ve gaz yakıtın yoğuşma sınırının altındadır. Bu durumda kazandan daha yüksek sıcaklıkta çıkan su, bir karıştırıcı üç yollu vana ile dönüş suyu ile karıştırılarak soğutulabilir ve tesisata yollanabilir.

Ancak kazan tarafında da belirli bir önlem gereklidir. Burada da benzer bir şekilde soğuk dönüş suyu, sıcak çıkış suyundan alınacak bir hat ile karıştırılıp ısıtılır. Amaç dönüş suyu sıcaklığının kazan üreticisi tarafından verilen değere kadar yükseltilmesidir. Bu etkiyi sağlamak için kazan çıkış ve giriş hatları arasında bir pompa yerleştirilir. Şönt pompa olarak adlandırılan bu pompa, brülör çalışma süresince belirli bir ek süre ile devamlı olarak çalışarak kazan işletme şartlarını (minimum sıcaklık ve minimum debi) yerine getirir.

Her iki halde de şönt pompa hem ilk yatırım, hem de işletme giderlerinin artmasına neden olur.

İlk yatırım farkı:

- Pompa
- Boru
- Vanalar, üç yollu vana ve çekvalfler
- Gerekli kablolama, işçilik vs.

İşletmede ise:

- Elektrik tüketimi
- Bakım, servis

Örnek olarak 1.000 kW'lık bir kazanda, yaklaşık 29 m³/h'lik bir şönt pompa, kazanın ve brülörün tüm işletme süresinde devrede olacak ve her şaltın ardından ek bir süre daha çalışmaya devam edecektir. Bu durumda sadece bu şönt pompa 3 kW kadar bir elektrik enerjisi tüketecektir.

Buna ek olarak kazan su çıkış sıcaklığının sürekli olarak yüksek kalmasından gelen verim kaybı da unutulmamalıdır.

Thermostream teknolojisine sahip olan Ecostream kazanlarda ise, kazan içerisinde doğal sirkülasyonla gerekli sıcaklık dağılımı ve karışım etkisi sağlanmaktadır. Yani kazana giren soğuk dönüş suyu, kazan konstrüksiyonunda alınan önlemler ile dış cıdarlardan aşağı doğru yönlendirilir ve bu sırada da sıcak çıkış suyu ile karıştırılarak ısıtılır.

Dönüş suyu sıcaklığı bu şekilde sıcak baca gazları ile ısı transferine girmeden önce yoğuşma sınırının üzerine çıkartılır. Aynı zamanda bu doğal sirkülasyon ile, kazanda sıcaklık dağılımı da kontrol altında tutulabilir ve herhangi bir minimum debiye ihtiyaç duyulmaz.

İşletme açısından, minimum dönüş suyu sıcaklığına ve minimum debiye ihtiyaç göstermeyen Ecostream kazanlar iki ana öneme sahiptir:

- Düşük işletme giderleri
- Uzun kazan ömrü

Brülör çalışma süresinden daha uzun bir süre çalışan bir şönt pompanın olmayışı hem elektrik tüketimi açısından, hem de döner elemanlara sahip bir pompa ve bir üç yollu vananın olmayışı ile daha düşük servis ihtiyacı açısından, işletmenin daha verimli olmasını sağlayacaktır.

Ayrıca kazan dönüş suyu sıcaklığındaki sınırlamanın kalkması ile, kazan çalışma sıcaklıkları da daha düşülebilecektir. Bu da kazanın daha verimli çalışmasına izin verecektir. Isıtma devrelerinde istenen düşük

sıcaklıklar karışım yöntemi ile değil, doğrudan sağlanabildiği için tesisatta oluşan kayıplar da azalacaktır. Buna ek olarak, tesisat çalışma sıcaklıkları arasındaki fark da açılabilir. Yani tesisat DT= 20K yerine, örneğin DT= 40K ile çalışabilir. Örnek olarak, bir bölgesel ısıtma tesisatı yüksek sıcaklık farkı ile kurulabilecek ve kazanı 90°C ile terk eden su, örneğin 40°C ile geri dönebilir. Ya da tek kolektörlü bir tesisatta, boyler ısıtması için 90°C ile kolektöre giren su, bundan sonra radyatör ısıtması ve yerden ısıtma zonlarını da besledikten sonra, örneğin 45°C ile kazana geri dönebilir. Tüm bu süreçte de herhangi bir sıcaklık sınırlaması gerekli olmayacaktır. Üstelik bu sıcaklık farkı açılırken de su debileri azalacak, pompa işletme giderleri düşecektir, böylece de tesisatın toplam verimi artacaktır. Ecostream kazanlarda, bugüne değin tüm dünyada, tek bir kez bile yoğunlaşmadan dolayı sorun yaşanmamıştır. Yani sistemin güvenilirliği tamdır.

4.4.5 ISITMADA VERİMLER

Bir ısı üretici ile ilgili verimler iki ana sınıfta toplanabilir:

- Sistem çalışırken (ısı üretilirken) gerçekleşen verim
- Sistem beklerken gerçekleşen verim

Gerçekte sistem beklerken söz konusu olan verim değil, kayıplardır. Ancak verimin kayıpların bir sonucu olduğunu düşünürsek, bu tanımlamada bir hata yapmadığımızı söyleyebiliriz.

Isı üretici (kazan) çalışırken, istenen ısı (alınan) ile üretiminde kullanılan primer enerji (verilen) arasındaki fark kayıplardır. Kayıplar kazan konstrüksiyonundan, brülörden ve bacadan kaynaklanabilir. Ancak ısı üretici beklerken kayıplar sadece kazan konstrüksiyonundan ve bacadan oluşabilir.

Isı üretimi için basit anlamda bir yakıtın yakılması (brülör) ve ortaya çıkan enerjinin ise bir ısı değiştirici (kazan) yardımı ile istenilen akışkana/ortama aktarılması gereklidir. Bu halde bir ısı üreticinin verimi tek başına önemli olsa da, gerçekte sistem verimine daha fazla dikkat edilmelidir.

Isıtmada geçerli verimleri tekrar gözden geçirirsek:

- a. Kazan verimi
(Sistem çalışırken, cihaza özel)
- b. Brülör verimi
(Sistem çalışırken, cihaza özel)
- c. Kullanma verimi
(Sistem çalışırken ve beklerken, tesisata özel)
- d. Norm kullanma verimi
(Sistem çalışırken ve beklerken, cihaza özel)

4.4.5.1 Kazan Verimleri

Yukarıda da belirttiğimiz üzere ısı üreteçleri (kazanlar) ile ilgili olarak farklı verim değerleri bulunmaktadır:

- Kazan (yanma) verimi
(Sistem çalışırken, cihaza özel)
- Kullanma verimi
(Sistem çalışırken ve beklerken, tesisata özel)

- Norm kullanma verimi

(Sistem çalışırken ve beklerken, cihaza özel)

Her verimin ayrı ayrı ne anlama geldiğini bilmek, ilk yatırım ve işletme açısından çok önemlidir.

Kazanlarda meydana gelen kayıplar ana olarak iki noktada gerçekleşir:

- Baca kayıpları
 - Kazan yüzeyinden olan soğuma (ışınım) kayıpları
- Her ikisi de kazan konstrüksiyonu ile doğrudan ilgilidir. Ancak baca kayıpları sadece kazan (ve brülör) çalışırken meydana gelirken, soğuma kayıpları tüm ısıtma mevsimi süresince oluşur.

Kazan verimi bir kazanın aldığı ile verdiği arasındaki farktır ve

- Çalışma kapasitesine (veya % olarak kazan yüküne)
- Çalışma sıcaklıklarına bağlıdır.

Yoğuşmaya izin verilmeyen kazanlarda kazan çıkış suyu sıcaklığı belirli bir değerin altına indirilemez. Bu yüzden yıllık işletme verimi düşük kalır. Yoğuşmalı kazanlarda ise su sıcaklığı o anda gerekli olan en düşük sıcaklıklara düşürülür ve verim artar. Yoğuşmalı kazan verimleri özellikle dönüş suyu sıcaklıkları yoğunlaşma sınırının altına indikçe yoğunlaşma enerjisinden de yaralandığı için ciddi oranda yükselir.

Yüzde olarak kazan yükü azaldıkça, kazan verimleri artar. Ancak belirli bir yükün altında artık kazan tasarım şartları sağlanamadığı için kazan verimleri çok düşer.

Kazan verimi, kazan üreticileri tarafından laboratuvar şartlarında belirli sıcaklık ve yükler için yapılan deneylerle tespit edilir ve yayınlanır. Bir kazanın bir ısıtma sistemine uygunluğu için referans olarak kullanılacak bir parametredir.

Ancak bir ısıtma sezonu boyunca kazanın ve brülörün devrede olduğu süre ile, bekleme süresinin oranı çok önemlidir. Örnek olarak İstanbul şartlarında bir konut ısıtma tesisatı yılda yaklaşık 4500 h devrede olması halinde, ortalama 1500 h brülör çalışma süresi gerçekleşmektedir. Yani kazan bekleme süresi, brülörün devrede olduğu süreden daha uzundur.

Buna göre sadece kazanın çalıştığı sürede geçerli olan kazan verimi, gerçek bir tesisatta ne olmaktadır? İşte bu soruyu cevaplayan birim, kullanma verimidir.

Kullanma verimi, kazanın (ve brülörün) çalışmadığı sürede gerçekleşen bekleme kayıplarını da hesaba katar. Yukarıda da belirttiğimiz üzere, bekleme süresinde kazan yüzeylerinden olan ısıtma kayıpları, sıcak bekleyen bir kazanda devam etmektedir.

Aslında bekleme süresinde kazan içerisinde gerçekleşecek ve bacaya doğru devam edecek hava hareketi kayıp oluştursa da bu ihmal edilebilir ölçüde kalır; zira

- Cebri havalı brülörlerin hepsinde hava klapesi bulunmaktadır ve bekleme süresinde kapalı konumda durarak, kazandaki hava hareketini engeller.

- Atmosferik brülörlü modern kazanlarda, bir baca davlumbazı aracılığıyla ikincil hava kontrolü sağlanmaktadır. Baca çekişi nedeniyle oluşabilecek bir hava hareketi, bu davlumbazın arkasından ortamdaki hava çekilerek sekonder hava sağlanır. Kazan üzerinden hava geçişi çok sınırlıdır.

Ancak ısıma kayıpları, kazan yüzey sıcaklıklarına bağlı olarak değişen oranlarda meydana gelir. İyi bir kazanda yüzey sıcaklıkları, kazanın bulunduğu ortama göre 1 veya 2°C daha yüksek olabilmektedir.

Modern kazanlarda kazan içi su sirkülasyonu soğuk olan dönüş suyunun dış çeperlerden aşağıya doğru ilerlemesi şeklinde gerçekleşir. Ayrıca arka duman sandığı su ile soğutulan bu tip kazanlarda kazan arkasından oluşabilecek ısıma kayıpları da engellenebilmektedir. Kazan için en kritik yüzey brülörün bağlandığı ön kapaktır. Teorik olarak bu kapakta da su ile soğutma düşünülse de pratikteki uygulamalar, bu tip bir soğutmanın, hem kazan kapağının sabit olması zorunluluğundan dolayı, hem de soğutma kanallarının brülör flanş çapını sınırlaması nedeniyle temizlik - bakım işlemlerini çok zorlaştırdığını göstermektedir. Ayrıca bu tip bir soğutmanın pratikte kayıpları ancak ihmal edilebilir bir ölçüde engelleyebildiği bilinmektedir.

Ancak kazan konstrüksiyonu doğru bir tasarıma sahip ise, ısı transferi kazan kapağına en az yük gelecek şekilde gerçekleştirilebilir. Örneğin tam üç geçişli bir kazanda, birinci ve ikinci geçişlerde ısı transferinin %80 - 90'lık kısmı sağlanabilir. Ancak bir by-pass borusu ile ikinci geçişi sağlanan kimi kazan konstrüksiyonlarında ise, ikinci geçişte ancak %10'luk bir ısı transferi yapılabilir ve kazanın üçüncü geçişine yaklaşık %30 - 40'lık bir yük kalır. Bu da kapakta gerçekleşen dönüşte gaz sıcaklıklarının hala çok yüksek olması anlamına gelecektir.

Üç tam geçişli bir kazanda, kazan kapağında yeterli ısı yalıtımı da yapılmış ise (ki genelde içte aleve karşı refrakter malzeme ve dışta da ısı yalıtım amaçlı kaplamalarla) bu yüzey ortama göre 1 ila 2°C daha sıcak olacaktır. Kazan içi sirkülasyona bağlı olarak kazan cidarlarının sıcaklığının düşürülebildiğini söylemiştik. Ancak buna rağmen kazanın iyi bir ısı yalıtımına sahip olması gerektiği de unutulmamalıdır. Burada kazanı bir boru olarak düşünürsek, büyüyen boru çapına göre ısı yalıtım kalınlığının da artacağı unutulmadan, uygun bir yalıtım sağlanmalıdır.

Kullanma verimi kazan kayıplarını içerdiği gibi, tesisattaki sıcaklıklar ve kazan yüküne de bağlıdır. Tesisatta ne zaman hangi sıcaklığın gerekli olduğu, hangi yüke ihtiyaç duyulduğu, dönüş sıcaklıklarının ne olduğu gibi farklı parametreler, her kazanın, her tesisatta ayrı bir kullanma verimine sahip olmasını sağlar. Kullanma verimi tesisata birebir bağlıdır ve ancak yerinde yapılacak ölçümlerle belirlenebilir. Bu nedenle de kazanların tesisattaki durumlarını sergileyebilmek için norm

kullanma verimi tarif edilmiştir. Norm kullanma verimi farklı sıcaklıklardaki ısıtma tesisatları için, kazanların laboratuvar ortamında 5 farklı yükte tam bir gün çalıştırılması ile hesaplanır. Bu çalışma gerçeğinin aynısı olarak, bekleme süreleri dahil olarak gerçekleştirilir.

Norm kullanma verimleri kazanların karşılaştırılması için mevcut en geçerli referanstır. Norm kullanma verimi, genelde kazan anma veriminin %1 - 2 altında oluşur. Bu büyüklük kazan bekleme kayıplarının ne ölçüde olabildiğinin en büyük kanıtıdır.

4.4.5.2 Brülör Verimi

Bir brülörün istenilen ısıyı oluşturmak için harcadığı enerji şeklinde sonucu özetlenebilen brülör verimi;

- Yakma sisteminin başarısı
- Brülör fanının çalışma noktası ile doğrudan ilgilidir.

Günümüzde brülörlerin birçok farklı yakma sistemleri vardır. Atmosferik ya da cebri havalı tüm brülörler, yakıt ve havayı uygun oranda ve doğru karıştırıp yakarak, beraber çalıştıkları ısı üreticisine gönderir.

4.4.5.2.1 Yakıt Hava Karışımı

Yakıt-hava karışımı atmosferik brülörlerde bir kontrol sistemi olmaksızın, sadece hava ve yakıt memelerinin konstrüksiyonuna ve birbirlerine göre konumlarına bağlıdır. Ancak cebri havalı brülörlerde yakıt ve hava miktarlarını birbirlerinden bağımsız olarak ayarlamak ve bu şekilde de farklı şartlarda istenilen yakmayı sağlamak mümkündür. Yakıt hava karışımı, bugün geçerli üç ana şekilde sağlanır:

- Sabit ayarlarla çubuk-çark mekanizmalı sistemler
- Değişken ayarlarla pnömatik sistemler
- Tam değişken ayarlarla elektronik sistemler

Çubuk - çark mekanizmalı sistemlerde, brülör fanının girişinde bulunan ve kapasite ayarında kullanılan hava klapesinin konumuna göre, yakıt klapesinin konumu sabit bir şekilde ayarlanır. Ayarın hassas yapılabilmesi için, birden fazla konumda ayar yapılmalı ve kontrol edilmelidir. Her mevsim tekrar ayarlanması gerekir ve ilave bakım maliyeti getirir. Her kapasitede hava/yakıt oranını sabit olarak ayarlamak mümkün değildir.

Pnömatik sistemlerde, fan çıkışındaki hava klapesinin ardında oluşan basınç ile birlikte kazan yanma odasında mevcut karşı basınç (ve dolayısıyla baca çekişi) değeri, birer hortum vasıtası ile yakıt ventiline etkir ve anlık duruma uygun miktarda yakıt geçişi sağlanır. Bu kısa tariftten de anlaşılacağı üzere, yakıt miktarı sadece hava miktarına değil, kazanda mevcut şartlara da bağlı olarak ayarlanabilmektedir. Yakıt-hava karışımının farklı kazan karşı basıncı ve baca çekişi değerlerine göre sabitlenmesi mümkün olur.

Elektronik sistemler esasen pnömatik sistemlere eklenerek oluşturulur. Bu tiplerde, bir oksijen sensörü ile baca gazı sürekli olarak analiz edilerek, yanmanın

sonucu takip edilir. Bu sonuca göre hava ve yakıt klape-leri birbirinden bağımsız olarak, ayrı ayrı kumanda edilir. Yakıt-hava karışımı tüm çalışma süresi boyunca tek noktada tutulabilir.

Yakıt - hava karışımının brülör verimine (ve dolayısı ile sistem verimine) etkisi çok büyüktür. Karışım değeri doğru seçilirse:

- Tüm yakıt yakılabilir; yanmamış hidrokarbonlar (boşa giden yakıt) ve karbonmonoksit (CO) oluşumu engellenir. Kötü yanma kendini kurum şeklinde gösterir. Kurumun önüne geçilememesi durumunda, kazanın ısı transfer yüzeyleri kurum ile kaplanacak, baca gazı geçiş kesitleri tıkanacak ve kazan verimi çok önemli oranda düşecektir.
- Hava miktarının uygun olması sonucu, fazla havanın ısıtılmasının önüne geçilir. Yani sistem verimi ciddi miktarda artacaktır.

Bilindiği üzere, baca çekişi bacanın boyutuna ve dış hava sıcaklığına bağlıdır. Isınan dış hava sıcaklığı ile baca çekişi azalırken, dış hava soğudukça da baca çekişi artmaktadır.

Genel olarak brülör ayarlarının, brülöre çok ihtiyaç duyulmayan zamanlarda, yani sıcak mevsimlerde yapıldığı göz önünde tutulursa, yakıt-hava karışımının düşük baca çekiş şartına göre ayarlandığı ortadadır.

Örneğin +20°C dış hava sıcaklığında 1,1 olarak ayarlanan hava fazlalık katsayısı, dış hava sıcaklığı -20°C'ye düşünce artan baca çekişi ile brülörden daha fazla hava geçmesi nedeniyle 1,2'ye çıkmaktadır. Bu durumda gaz miktarı artırılmaz ise, bu fazla miktardaki hava ısıtılarak, ısı bacadan dışarı atılacaktır. Tam tersi durumda ise baca çekişinin azalması ile, yakıtın bir kısmı kullanılamayacaktır.

Bu durumdaki kazan verimlerine bakıldığında, hava fazlalık katsayısının kazan verimine $\pm$ % 1'lik bir etkisi olduğu görülebilir. Baca çekişine göre ayarlanan pnömatik brülörlerin yarattığı ek verim bu şekilde açıklanabilir.

4.4.5.2.2 Brülör Fanı

Brülör fanının çalışma noktası dolaylı olarak, brülörün çalıştığı nokta olarak da düşünülebilir. Bu noktanın brülörün elektrik tüketimi ve yakıt tüketimine ayrı ayrı etkileri vardır.

Fanın çalışması olarak düşündüğümüzde, brülörün mevcut kazan karşı direncine göre çok büyük seçilmesi durumunda fan verimsizleşecek ve elektrik tüketimi artacaktır. Aslında doğru bir seçimde de kazanın düşük kapasitelerde çalışması halinde aynı durum gerçekleşecektir.

Ancak brülör fanının kapasiteye uygun olarak kontrol edilmesi de mümkündür. Bu tip kontrollere devir kontrollü adı verilir ve esasen iki ana yöntemle sağlanabilir:

- Çift rotorlu fan motorları
- Frekans kontrollü fan motorları

Çift rotorlu fan motorlarında fan iki ayrı devirde çalışabilir. Bu durumda, ısıtma sisteminin %0 – 50 kapasite aralığında düşük, %51 – 100 aralığında ise yüksek devirde çalışarak elektrik tüketiminde önemli tasarruflar mümkün olmaktadır.

Frekans kontrollü fan motorlarında ise, fan devri tüm bir çalışma dönemi boyunca brülör kapasitesine denk olarak değişmektedir. Yani hava miktarının ayarı esas olarak fan ile, ardından klape ile gerçekleştirilmektedir.

Bilindiği üzere fan devri ile elektrik tüketimi arasında şöyle bir bağıntı bulunmaktadır:

$$\left\{ \frac{n_1}{n_2} \right\}^3 = \frac{Q_2}{Q_1}$$

n_1, n_2 Fan Devri (d/d)
 Q_1, Q_2 Elektrik Tüketimi (kW)

Bu bağıntıya göre, brülör fanının devrinin yarıya düşmesi halinde bağıntı aşağıdaki şekilde olacaktır:

$$\left\{ \frac{n_1}{n_2} \right\}^3 = \left\{ \frac{1}{2} \right\}^3 = \frac{1}{8} = \frac{Q_2}{Q_1} \quad \text{yani} \quad Q_2 = \frac{Q_1}{8}$$

Görüldüğü gibi brülör devrine bağlı olarak, elektrik tüketimi önemli oranda değişebilmektedir.

Yaklaşık 1.000 kW'lık, 5,5 kW motor güçlü bir brülörün tek devirle, bir bina ısıtmasında, yıllık 1800 saat süre ile kullanımı halinde elektrik tüketimi yaklaşık 25.000 kWh olmaktadır.

Aynı brülör frekans kontrollü bir motor ile çalışırsa, tüm şartlar aynı kalmak kaydı ile yaklaşık 15.000 kWh'lik bir elektrik tasarrufu mümkün olmaktadır. Brülör kapasitesi büyüdükçe ve işletme şartları değiştikçe (ısıtılan bina tipi, ısıtıcı üreteç tipi, ısıtma süreleri vb) hem tasarruf oranı hem de tasarruf miktarı farklılaşmaktadır.

4.4.5.2.3 Kapasite Kontrolü

Buna ek olarak brülörün kapasite kontrolü de verime doğrudan etkimektedir. Brülörler ana olarak:

- Tek kademeli
- Çok kademeli (iki veya üç)
- Kademesiz (modülasyonlu)

kapasite kontrolü yapmaktadır. Günümüzde küçük kapasitelerde bile brülörlerin kademesiz kontrollü olması alışkanlığı yaygınlaşmaktadır. Bunun nedeni de pek tabii ki kademesiz brülörlerle sağlanabilen enerji tasarrufudur.

Kademesiz brülörler öncelikle ihtiyaca uyum sağlayarak tasarruf gerçekleştirir; yani sadece ısıtma sisteminin ihtiyacını karşılar. Kademeli brülörler ise kapasite ayarı yapmadığı için, ihtiyaç duyulan kapasite brülörden farklı bir ekipman tarafından ayarlanmalıdır. Bu durumda

- Bir kısım enerji kaybedilir.
- Enerji açığı doğar.

Sonuç olarak ya istenenden fazlası ya da istenenden azı brülör tarafında sağlanabildiği için düşük verim söz konusu olacaktır. Ancak kademesiz ve pnömatik kontrolde bir minimum ve bir maksimum kapasite aralığında istenen her türlü değer sağlanabilmekte ve böylece gerekenden fazla enerji tüketilmesinin ya da gerekenden az enerji üretilerek, konfor - işletme şartlarının bozulmasının önüne geçilebilir (Kollu sistemlerde ara değerlerde yakıt-hava karışımı yine bozulabilmektedir.). Kademesiz brülörlerin kullanımı özellikle yoğunmalı kazanlarla birlikte daha da öne çıkmaktadır. Bu brülörlerin genel olarak düşük yüklerle inebilmesi, tesisatın düşük sıcaklıkların gerekli olduğu dönemde de sürekli olarak çalışmasına izin verir. Kademeli kontrollerde ise bu durumlarda, daha yüksek kapasitede (ve sıcaklıkta) çalış-dur mantığı ile kapasite ayarlaması yapılır. Tesisatın düşük sıcaklıklarda sürekli çalışması ise, yoğunmalı kazanlar için daha uzun süre yoğunma anlamına gelmektedir. Gerçekte ısıtma sistemlerinde düşük yüklü çalışma süresinin, tam yüke oranla 3 - 4 kat büyük olmasından ötürü sistemin toplam kullanma verimine olan katkısı çok daha büyük olacaktır.

4.4.5.2.4 Süpürme Süresi

Kademesiz brülörlerin kullanımında verim artışının bir diğer sebebi ise süpürme süresidir. Süpürme işlemi brülörler her devreye girdiğinde gerçekleşen ve 30 ila 90 sn aralığında, yanma olmaksızın brülör fanının çalıştığı süreçtir. Kademeli brülörlerin kapasite ayarı için dur-kalk mantığında çalıştığını daha önce de söylemiştik. Bunun anlamı kademeli brülörlerde şalt sayılarının çok yüksek olduğudur.

Ortalama olarak şalt sayıları *Tablo 4.65*'de verilmiştir. Özellikle kazanın ilk çalışması (soğuk start) değil ama ara şaltları sırasında, ön süpürme ile kazan içerisinden önemli miktarda hava geçirilerek, kazan gövdesindeki bir önceki ısıtma süresinden kalan atıl ısı bacadan dışarı atılır. Bu 500 kW'ın üzerinde bir kapasiteye sahip bir kazan için %3 mertebelerinde bir verim düşümü anlamına gelmektedir.

Yani modülasyonlu brülör kullanımı ve sadece şalt sayısının azaltılması ile %3'lük bir tasarruf mümkün olmaktadır. *Tablo 4.66*'da örnek bir hesap verilmiştir.

Cihaz Tipi	Kapasite Kontrolü	Kapasite (kW)	Yıllık Şalt Sayısı
Kombi	Tek	<25	125.000
Kombi	Modülasyonlu	<25	60.000
Kazan	Tek	<50	40.000
Kazan	Çok	<50	30.000
Kazan	Modülasyonlu	>50	20.000
Kazan	Modülasyonlu	>500	<10.000

Tablo 4.65. CİHAZLARIN ŞALT SAYILARI

4.4.5.2.5 Değişen Baca Çekişinden Etkilenmeyen Brülör

Dış hava sıcaklığındaki değişimler özellikle üflemleri brülörlü kazanlarda etkilidir. Tek veya çok kademeli sabit hava ayarlı brülörlerde, dış sıcaklık değişimleri yanmadaki hava fazlalık değerinin değişmesine, bu da yanma ve kazan veriminin değişmesine neden olur.

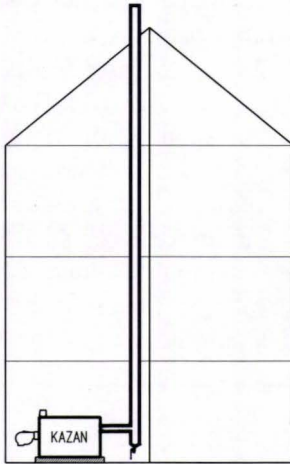
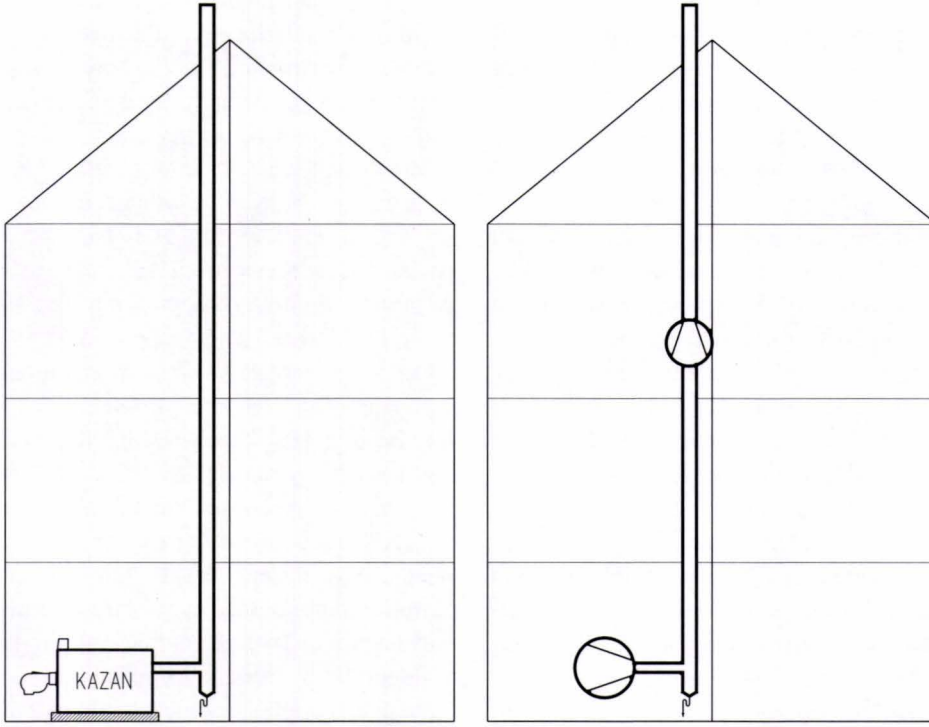
Üflemleri brülörde kazana gönderilen hava ve gaz yakıt oranı en uygun değere ayarlanır. Bunun için ayar yapılan koşullarda kazan çalışırken baca gazı analizi yapılır ve bu analiz sonuçlarına bakılarak ayar tamamlanır. Ayar yapıldığı sırada örneğin sonbaharda dış hava sıcaklığı yüksekse baca çekişi az olacaktır. Daha sonra kışın dış sıcaklık düştüğünde baca çekişi artar. Bu durumda kazana emilen hava artar. Üflenen yakıt değişmediğinden, hava fazlalık katsayısı artar ve fazla havayla bacadan atılan enerji artar, kazan verimi düşer. Tam tersinde ise yani kışın ayar yapıldığında ve sonradan dış hava sıcaklığı yükseldiğinde kazana emilen hava azalacaktır. Azalan hava nedeniyle yakıt tam yakılamaz ve kurum oluşumu, tam yanmamış zehirli gazların atmosfere salınması gibi olumsuz durumlar ortaya çıkar.

Üflemleri brülörlü standart tip çelik bir doğal gaz kazanının teorik modeli üzerinde çalışılarak bu etkinin boyutu araştırılmıştır. +20°C dış hava sıcaklığında brülör ayarı yapıldığında ve bu kazan aynı brülör ayarıyla sıfırın altında 20°C dış sıcaklık değerinde çalıştığında, daha fazla çekilen hava dolayısıyla hava fazlalık katsayısı 1,1 değerinden 1,2 değerine yükselmekte; baca gazı sıcaklığı da 222°C değerinden 230°C değerine yükselmektedir. Bu durumda ısı verim %91,6 değerinden %90,7 değerine düşmektedir. Görüldüğü gibi dış sıcaklık değişimi kazan veriminde %1 mertebesinde bir değişime neden olabilmektedir (*Şekil 4.67A*).

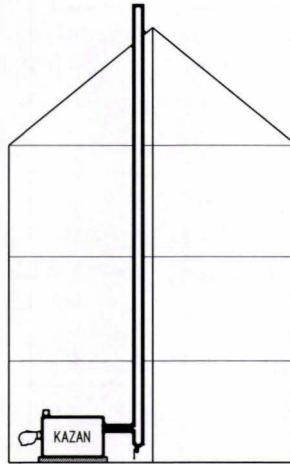
Tam tersi bir durumda, yani brülör ayarının soğuk havada yapılması ve dış sıcaklığın artması halinde, hava miktarı azalacak ve hava fazlalık katsayısı düşecektir.

Isıl Kapasite	5.000 kW
Brülör Çalışma Süresi	1.800 h/yıl
Kazan Verimi	%92
Yaklaşık Yakıt Tüketimi	200.000 EUR/yıl
Ön Süpürmenin Giderilmesi ile Elde Edilebilecek Verim Artışı	%2,5
Kazanç	Yaklaşık 20.000 EUR/yıl
Motor Devir Kontrolü ile Elde Edilebilecek Kazanç	Yaklaşık 5.000 EUR/yıl
Oksijen Kontrolü ile Elde Edilebilecek Kazanç	Yaklaşık 10.000 EUR/yıl
Elde Edilebilecek Toplam Kazanç	Yaklaşık 35.000 EUR/yıl Yaklaşık %17,5

Tablo 4.66. ÖRNEK HESAP

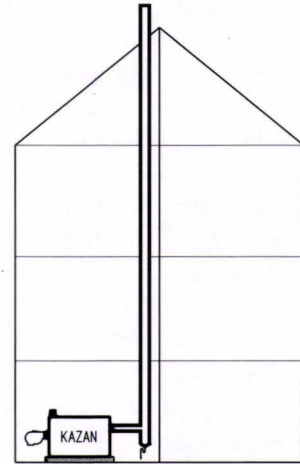


**Servisin brülör ayarını
yaptığı gün;
Dış hava sıcaklığı: 20°C**



**Hava daha soğuk
Dış hava sıcaklığı: 0°C**

Sonuç:
Baca çekişi ve hava
fazlalık katsayısı artar.
Düşük verim.



**Hava daha sıcak
Dış hava sıcaklığı: 30°C**

Sonuç:
Baca çekişi ve hava
fazlalık katsayısı düşer.
**Düşük verim,
Kurum oluşumu.**

**Şekil 4.67A. ÜFLEMELİ BRÜLÖRLÜ KAZANLARDA BRÜLÖRÜN FANI İLE KALORİFER BACASI,
BİRBİRİNE SERİ BAĞLI İKİ FAN GİBİ ÇALIŞIR.
YANMA HAVASI DIŞ HAVA KOŞULLARINDAN ETKİLENİR.**

Bu durumda yanma kötüleşecek, kurum oluşacak ve yakıtın bir kısmı yanmadan dışarı atılacaktır. Çevre açısından ortaya çıkan olumsuz durum yanında, yanma veriminde düşme meydana gelecektir. Kayıplar bu halde %1 mertebesinin çok üzerinde olmaktadır. Teorik olarak hesap yapıldığında ele alınan bu örnekte kayıpların %9 mertebesine kadar çıkabileceği görülmüştür. Burada verim düşümü yanında kazanda meydana gelen kirlenme de çok önemlidir. Kazanda belirli zaman aralıklarıyla bakım ve temizlik gerekecektir. Bu durum göz önüne alınarak modülasyonlu modern kazanlarda ve brülörlerde yakıt beslenmesi hava debisine bağlı olarak yapılmaktadır. Dreizler üflemeli brülörde baca çekişine bağlı olarak hava debisi arttıkça stokiometri aynı kalacak biçimde yakıt miktarı da artmaktadır. Böylece hava fazlalığı sürekli optimum değerinde korunmaktadır. Kazan dış sıcaklık değişimlerinden bağımsız olarak sürekli gerekli kapasitede ve optimum stokiyometrik oranda yakılmaktadır. Böylece yıl boyunca değişen dış hava koşullarında verim düşümü olmadığı gibi kazanda kurum oluşumu ve kirliliğe de rastlanmamaktadır (Şekil 4.67B).

Bu tip değişken devirli ve modülasyonlu brülörlerde bir diğer imkan, sürekli baca gazı analizi yaparak baca gazları içindeki oksijen oranını izleyen sensör kullanmaktır. Bu durumda yakıt hava oranını değiştirme imkanı da ortaya çıkmaktadır. Bu brülörlerde stokiyometrik

oran adı verilen yakıt/hava oranı, sabit bir değere set edilmek yerine kontrol sistemi tarafından değiştirilebilir. Özellikle büyük kapasiteli kazanlar için fizibil olan bu sistem sayesinde bütün koşullarda yanma verimini en üst düzeyde tutmak mümkün olabilmektedir.

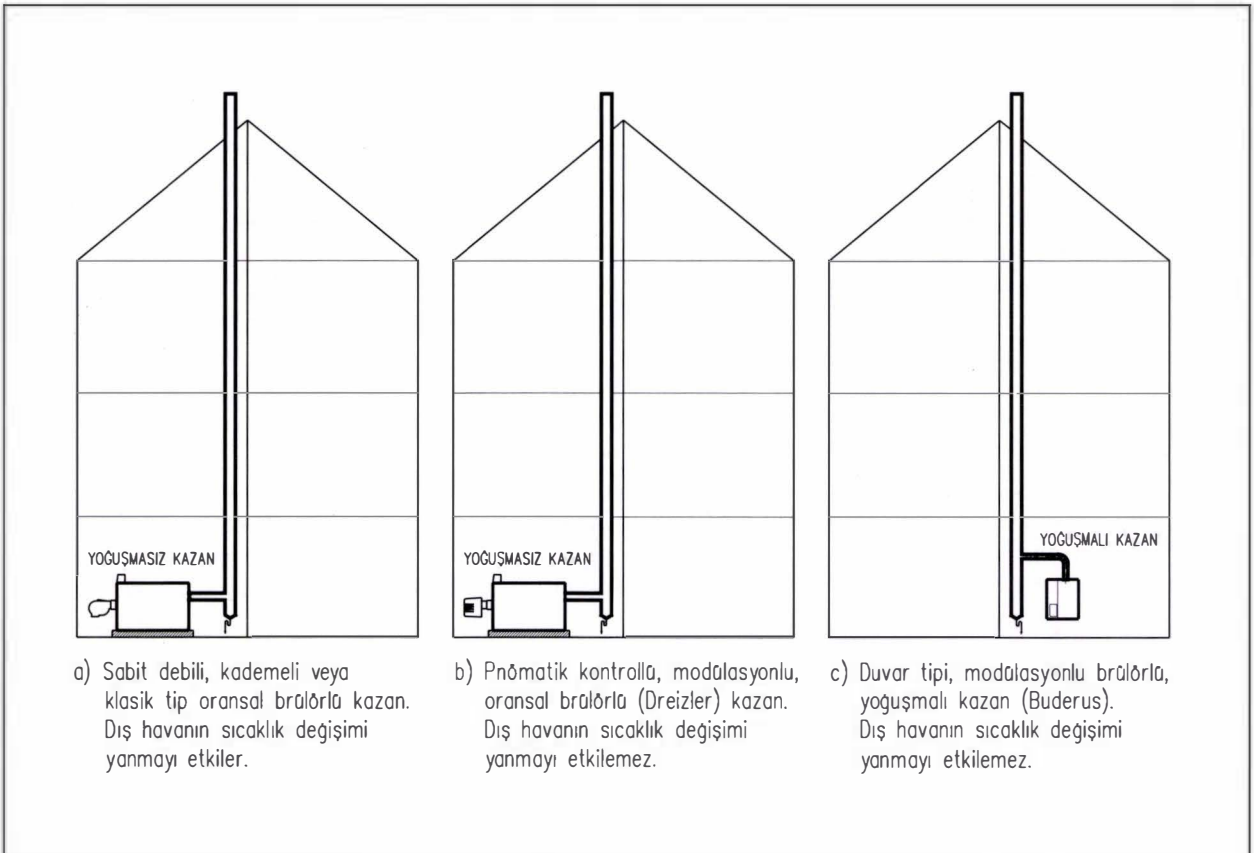
4.4.5.3 Verim Artırıcı Ekipmanlar - Atık Isı Kullanımı

Özellikle sanayi tesisleri, genelde yüksek kapasiteler ve uzun çalışma süreleri ile ısıtma verimlerinin öne çıktığı tesisatlara sahiptir.

Kazan-brülör sisteminin bina ısıtması haricinde, üretimde de kullanıldığı yerlerde, çalışma süreleri günde 24 saatten, yıllık 8.000 saatin üzerine çıkabilmektedir. Üstelik kazan ve brülör çalışma süreleri de birbirlerine çok yakın olabilir. Bu değer normal bir konut ısıtma sisteminin yaklaşık 5 katı olup, tesisat veriminde %1'lerin bile çok önemli olmasını sağlamaktadır.

Örnek olarak tüm yıl boyunca 24 saat çalışan bir tesiste, pnömatik hava - yakıt karışımli brülör sayesinde sağlanabilecek %3'lük verim artışı, çalışma süreleri ve yakıt tüketimi göz önüne alındığında çok önemli olmaktadır.

5.000 kW'lık, %92 norm kullanma verimine sahip bir ısıtma kazanı, 1.800 saatlik bir sezonda yaklaşık 1.000.000 m³ doğal gaz tüketecektir. Ancak aynı kazan, bir proseste kullanıldığı ve yıllık yaklaşık 4.500 saat brülör işletme saatine sahip olursa, yaklaşık 2.500.000 m³ doğal gaz tüketilecektir.



Şekil 4.67B. KAZAN VE BRÜLÖR TİPİNE GÖRE DIŞ HAVA SICAKLIĞININ YANMAYA ETKİSİ

Esasında tüm ısıtma tesisleri için gerekli olduğuna inansak da, atık ısı kullanımı sanayi tesislerinde daha da öne çıkmakta ve sağlanabilecek her türlü tasarruf gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır.

Bir sanayi tesisinde atık ısı, üretim hattından ya da ısıtma/buhar tesisatından açığa çıkabilir. Örnek olarak bir tünel fırının baca gazları, bir buhar kazanının baca gazları ya da kullanım sonrası buhar tesisatında oluşan kondens ciddi ısı kaynakları olarak kullanılabilir durumdadır.

Tabii ki mevcut olan bu atık ısı kaynağının şartları, bu ısınn kullanım tipini de doğrudan etkilemektedir. Bir kojenerasyon tesisinin türbininden çıkan çok yüksek sıcaklıkta ve debideki baca gazları ile sıcak su yerine buhar ya da kaynar su üretmek, hem ilk yatırım maliyeti açısından, hem de azalan sıcaklık farkı ile sistem verimi açısından daha doğru olacaktır.

4.4.5.4 Verim Koruyucu Faktörler

Isıtma tesisatında verim koruyucu birçok faktör vardır. Bunları işletme ve tasarım faktörleri olarak iki başlık altında toplamak mümkündür.

a. İşletmede Verim Koruyucu Faktörler

Bir ısıtma tesisatının işletmesinde verim koruyucu faktörlerin başında bakım ve temizlik gelir. Tesisatın kazan, brülör gibi ana ekipmanlarının yanı sıra, genleşme depoları, pompalar, borular, vanalar vb elemanların da periyodik bakım ve temizliği, işletmenin tasarım şartlarında hesaplanan verimini ekonomik ömrü boyunca korumasının ilk şartıdır.

Örneğin gaz tarafı geçiş kesitlerinin temizliği düzenli yapılan bir kazan, çok daha uzun bir süre boyunca verimin korunmasını ve kazan ömrünün üretici tarafından verilen sürede gerçekleşmesini sağlar.

Benzer bir şekilde, kaçak tespitinin doğru yapıldığı ve gerekli onarımın etkin bir şekilde gerçekleştirildiği bir tesisatta, tesisata yeniden beslenen su miktarı düşük olacaktır. Bu sayede beslenen su ile birlikte kapalı tesisata beslenen kireç, pislik gibi partiküller de minimum seviyede kalacaktır. Bu tip partiküllerin tesisatta yol açacağı tıkanma ve ısı değiştiricilerinde oluşabilecek istenmeyen yalıtımların da önüne geçilecek, verim kaybı engellenecektir.

Tesisat borularının ısı yalıtımlarının sürekli iyi bir halde tutulması da verimi koruyan önemli önlemlerden biridir.

b. Tasarımda Verimi Koruyan Faktörler

Isıtma tesisatı ve tesisat komponentlerinin tasarımında, tesisatın toplam verimini koruyacak birçok önlem alınabilir. Isıtma kazanlarının duman borularında kullanılan ısı transferini artırıcı önlemler de bunlara dahildir. Üreticiler kazan konstrüksiyonunu ucuzlatmak ve ısı transferini garanti altına almak amacıyla birçok uygulamada türbülötör kullanılmaktadır. Türbülötörler sayesinde duman boru sayısı azaltılmakta ve birim boru uzunluğunda gerçekleşen ısı transferi artmaktadır. Bu açılarından bakıldığında türbülötörler artıları olan bir seçimdir.

Ancak türbülötörler duman borularının kesitlerini daraltmaktadır. Baca gazlarında yanma bozukluğu (eksik hava) sonucunda oluşabilecek kurum haricinde, artık oluşturmayan gaz yakıtlarda bu kesit daralması sıvı yakıtlarda olduğu kadar büyük bir sorun oluşturmaz. Fakat özellikle baca gazlarında çok miktarda partikül olabilen sıvı yakıtlar için bu kesit daralmaları, duman borularında tıkanmaya ve blokaja yol açabilen sonuçlar doğurabilir. Duman borularının tıkanması ise kazan ısı kapasitesinde azalma, gaz tarafı direncinde ise artma olarak sonuçlanacaktır. Her iki halde de kazan verimi düşecektir. Özellikle kazan temizliği açısından türbülötörler sıkıntı kaynağıdır. Duman borularının temizliği için önce tüm türbülötörlerin yerlerinden sökülmesi, boruların ve ardından türbülötörlerin temizlenmesi ve ardından da yerine tekrar takılması gereklidir. Türbülötörler sökülürken üzerlerindeki kirlerin kazan dairesine ve brülöre dökülmesi de işlemi zorlaştırmaktadır. Bazı zamanlarda da türbülötörler kopmakta ve çıkarılamamaktadır. Bu durumda o duman borusu işlevini yapamaz hale gelir. Bu gibi nedenlerle kazan temizliği ya ihmal edilmekte, ya da daha da kötüsü, temizlik yapılmayacağı kabulü ile türbülötörler ilk devreye alma esnasında veya daha sonra sökülüp atılmaktadır. Bu durumda aynı kazanda türbülötörsüz olarak verimin ne olduğu çok önemlidir. Yaşanacak verim düşümü tahminlerin çok ötesinde olacaktır. Örnek olarak, türbülötörü sökülmüş ve sıvı yakıtla çalışan bir ısıtma kazanında, 90/70°C sistem sıcaklıklarına karşın, 400°C'yi aşan baca gazı sıcaklıklarına ulaşılabilir. Bu durumdaki bir kazan için %70'in üzerinde bir verim beklemek doğru değildir.

Kazan konstrüksiyonunda türbülötör kullanılmaması, buna karşın ısı transferinin garanti altına alınması için duman borusu sayısının artırılması diğer bir yöntemdir. Bu tip kazanlarda, duman geçiş kesitleri her zaman ilk hallerindeki gibi kalacaktır.

Kazan temizlik işlemi, özellikle tek bir kapak ile kolayca ulaşılabilen duman kanallarına sahip kazanlarda oldukça kolaydır.

Kazan geçiş kesitlerinin sürekli açık kalması ve duman borularında herhangi bir tıkanma olmaması, kazan kapasitesinin ve veriminin ömür boyu yüksek kalmasına izin verir. Özellikle sıvı yakıt kullanımı halinde, baca gazı geçişlerinin geniş kalması, kazanın temizlik ihtiyacını da geciktirici bir etkiye sahiptir. Dolayısıyla, türbülötörsüz kazanlarda hem bakım ve servis giderleri, hem de yakıt giderleri düşük kalabilmektedir.

Kazan tasarımında verimi koruyan diğer bir faktör de iç sirkülasyondur. İç sirkülasyonu başarılı olan bir kazanda, kazan içinde ölü noktalar bulunmamaktadır. Özellikle alt kısımda bulunabilecek ölü noktalar, tesisat suyu ile birlikte kazana taşınabilen pislikler için önemli bir yığılma noktası olabilir. İyi bir iç sirkülasyonlu kazanda bu tip yığılmalar oluşmayacak ve kazan ömrü açısından çok önemli bir problem engellenmiş olacaktır.

4.4.6 RADYATÖR SİSTEMİ

Sıcak sulu ısıtma tesisatlarında, radyatörler tesisatın temel elemanlarından biridir. Bunun en önemli nedenleri:

- Isı kaybı en çok cam yüzeylerde oluşmakta, dolayısıyla burada soğuk etkisi ortaya çıkmaktadır. Radyatörler pencere altlarına konulduğundan soğuk hava kaynağında ısıtılmakta ve en yüksek konfor elde edilmektedir. Ayrıca radyasyon etkisi sayesinde oda içinde soğuk yüzeylerin oluşumu önlenir. Bu, konforu daha da artırır.
- Sorunsuz bir sistemdir. Isıtma sezonu boyunca herhangi bir bakım-servis istemez, işletmede teknik personel gerektirmez.
- Sessizdir. Hareketli bir parça veya elektrik motoru içermez. Enerji harcamaz.
- Kolay işletilir ve sürekli ayar gerektirmez.
- Termostatik vana ile her oda farklı sıcaklıkta kontrol edilebilir.
- Yatırım maliyeti düşüktür.
- Yer kaybı azdır.
- Montajı kolaydır.

4.4.6.1 Radyatör Sistemiyle İlgili Pratik Notlar

Isıtma, cam altına yerleştirilen radyatörlerle yapılmaktadır. Çünkü cam yüzeyinde soğuyan ve zemine çökme eğilimine giren hava, cam altındaki radyatörlerle ısıtılarak zeminde soğuk hava etkisi engellenmiş olur. Dolayısı ile ısıtma direkt olarak ısı kaybının en büyük olduğu bölgede yapılarak en yüksek konfor elde edilmiş olur. Cam altına yerleştirilen radyatör boylarının mümkün olduğunca pencere genişliğinde olmasına dikkat edilmelidir.

Isı yalıtımlı binalarda radyatör ihtiyacı çok azaldığı için, cam önüne monte edilen klasik tip radyatörlerin boyları cam uzunluğuna göre çok az yer kaplamaktadır. Isının cam altından daha yaygın dağıtılması konforu arttıracığından PKKP tipi radyatörler yerine Isısan P55 tipi ince panel radyatörler ya da alüminyum radyatörler kullanılmalıdır.

Banyo ve mutfak gibi hacimlerde mimari projede radyatörü monte edecek yer bırakılmamış ise, radyatör yukarı asılır. Bu durumda ısı yukarıda toplanacağı için bir kayıp söz konusudur. Mutlaka yukarı koyulacaksa da bu radyatörlerin kapasitesi %10-15 arttırılmalı, panel tipi radyatörler ızgara alt yüzeyde olacak şekilde (aşağıdan görüleceği için) monte edilmelidir.

Isı kaybı en az olan hacimlerde, radyatör miktarı 2 dilimden az hesaplanmış ise, bu hacimlere radyatör koymayıp, ısı kaybını komşu hacimlere ekleyebiliriz.

Bazı projelerde ısıtma ve soğutmanın aynı cihazla yapılması amacıyla fan coil sistemi veya hava kanallı sistemler kullanılsa da bunlar işletme ve uygulama zorlukları, ses, servis sıklığı gibi nedenlerle çok tercih edilmemelidir.

4.4.6.2 Radyatör Seçimi

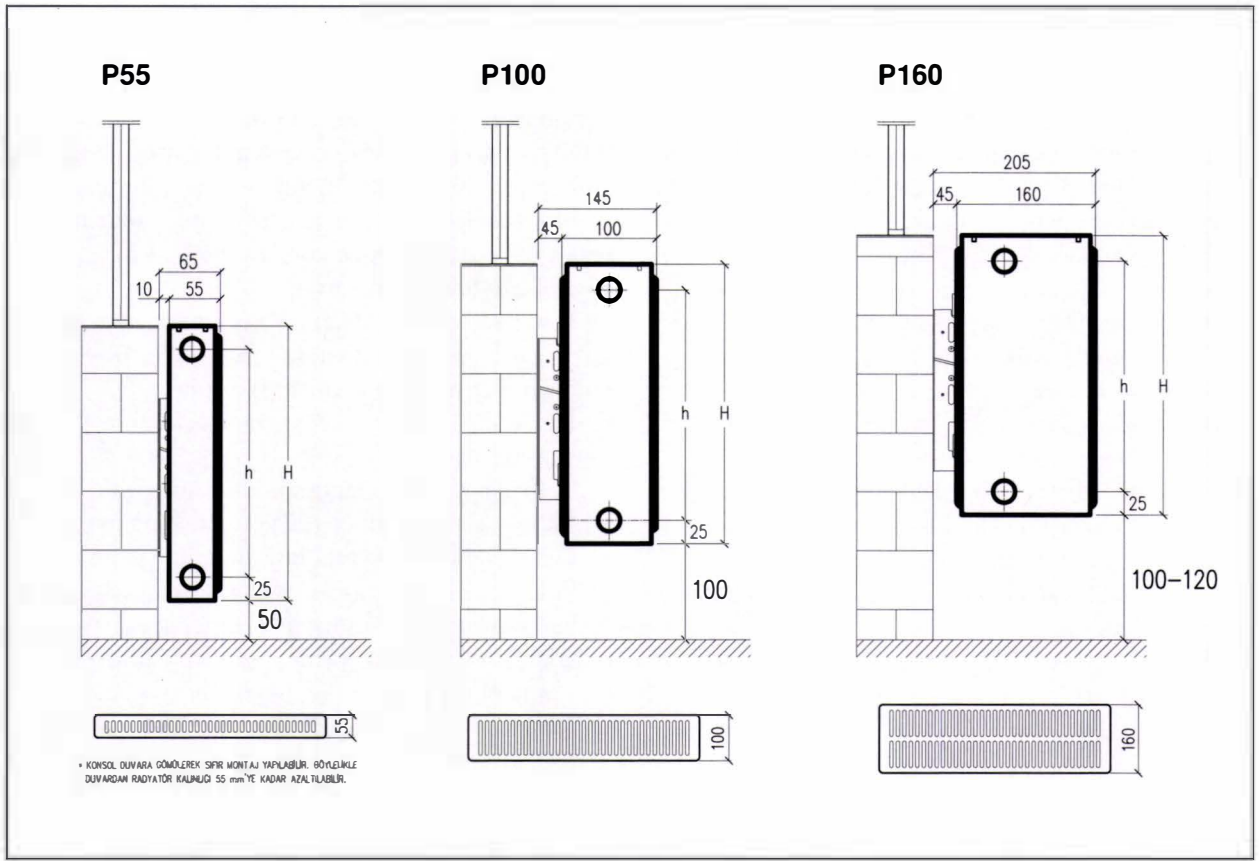
Konforlu ve ekonomik bir ısıtma için uygun radyatör seçimi çok önemlidir. Sıcak sulu ısıtma tesisatında kullanılabilecek çeşitli tipte radyatörler bulunmaktadır. Bunları malzemelerine göre çelik, döküm, alüminyum gibi gruplara ayırmak mümkün olduğu gibi; formlarına göre panel, dilimli gibi sınıflandırmak mümkündür. Farklı tiplerin diğerlerine göre avantajlı veya dezavantajlı olduğu özellikleri vardır.

Radyatör seçiminde dikkat edilecek unsurlar:

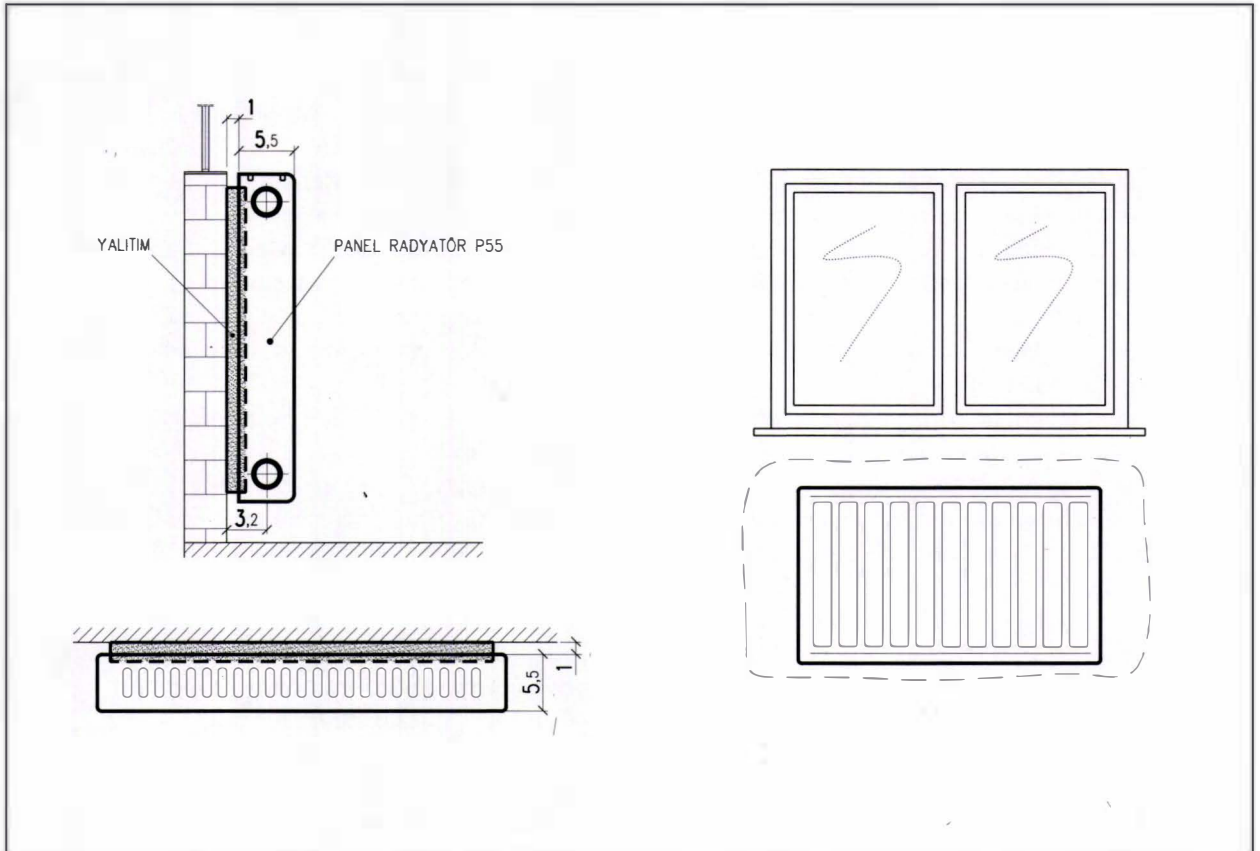
- a. Yer kaybı daha az olmalıdır (*Şekil 4.68*). Böylelikle;
 - Duvardan açıklığı (genişliği) az olur.
 - Duvar ile radyatör arasında boşluk bırakmaya ihtiyaç olmaz.
 - Tül veya perde kullanımını kolaylaştırır.
 - Radyatör arkası net olarak görünmediği için radyatör arkasındaki duvarın boyanma ihtiyacı oluşmaz veya çok daha azalır. Duvarlarda badana yapılırken radyatörün sökülmesine de gerek kalmaz.
- b. Homojen ve konforlu ısıtma sağlanmalıdır.
 - Cam altında yaygın olarak yer alacak şekilde seçilecek radyatörün soğuk yüzey etkisini azaltır, konforu artırır.
 - Oda içinde sıcaklık dağılımı daha homojen olur.
 - Odayı çevreleyen ortalama yüzey sıcaklığı ve hissedilen sıcaklık arttığı için, oda sıcaklığı azaltılarak yakıt tasarrufu sağlanabilir.
 - Dubleks evlerde üst katlara kaçan ısı azalır.
 - Odaya bakan daha fazla düz panel yüzeyine sahip radyatör seçildiğinde düşük sıcaklık ısıtması uygun olur. Düşük sıcaklık ısıtması da yakıt tasarrufu ve konfor açısından avantajlı olacaktır.
- c. Radyatör arkasındaki duvardan ısı kaybı az olmalıdır. Isısan P55 panel radyatörler kullanılırsa duvar tarafında göreceli olarak daha soğuk olan kanatlar yer alır. Bu nedenle duvardan ısı kaybı daha azdır. İstenirse duvar tarafına yansıtıcı malzeme monte edilebilir ve Isısan P55 panel radyatörler duvara çok yakın olduğu için bu malzeme radyatörün arkasından görünmez (*Şekil 4.69*).
- d. İşletme maliyeti de ilk yatırım maliyeti de ekonomik olmalıdır.

Yatak odalarının ve banyonun ısı kaybı, ısı yalıtımlı bir çok evde 500 - 800 kcal/h mertebelerindedir. Bu odalara PKKP panel radyatör tiplerinde ihtiyaçtan daha fazla radyatör konulması gerektiğinden, dengesiz ısıtma oluşur. Alternatif olarak Isısan 55 panel kullanıldığında ise ısıtma ihtiyacına çok yakın uzunluklarda radyatör seçilerek,

 - Evde dengeli ısıtma yapılır.
 - Gereksiz yakıt tüketimi oluşmaz.
 - Daha konforlu ve dengeli ısıtma yapılır.
 - Daha uygun boyutlarda seçim yapıldığından oversizing (aşırı büyük boyutlandırma) önlenir. Toplam panel radyatör maliyeti genellikle çok daha ekonomik olur.



Şekil 4.68. ISISAN P55, P100 VE P160 PANEL RADIYATÖRLERİN ÖRNEK MONTAJ ÖLÇÜLERİ



Şekil 4.69. ISISAN P55 RADIYATÖRÜN VE İZOLASYONUN YERLEŞİMİ

- Yatak odalarına ihtiyaçtan fazla oranda radyatör montajı yapıldığında oda fazla ısınır, hava kurur ve insanların grip olma riski artar. Isısan P55 Panel ile dengeli ısıtma yapılırken, oda sıcaklığı normal değerde kalacağı için oda havası daha az kuru olur ve grip olma riski azalır.

e. Radyatör yerleşimine dikkat edilmelidir.

Isısan P55 radyatör kullanıldığında, duvardan açıklığı çok az olduğu için üzerine oturulma olasılığı çok azdır. Oturulsa da konsol açıklığı çok az olduğu için eğilme veya kırılma riski oluşmaz.

4.4.6.3 Radyatör Miktarının Artırılmasının Yakıt Tüketimi ve Yatırım Maliyeti Üzerine Etkisi

Isısan Buderus yoğunmalı tip kazanlar kullanıldığında, sistem ısı veriminin mümkün olduğu kadar yüksek olabilmesi için kullanılan ısıtma sıcak suyu sıcaklıklarının mümkün olduğu kadar düşük olması gereklidir. Bu nedenle yoğunmalı tip kazanlar düşük sıcaklık ısıtmasıyla özdeşleşmiştir. Yine bu nedenle yerden ısıtma sistemlerinde yoğunmalı tip kazanların kullanılması çok karlı olmaktadır. Ancak buradan radyatörle ısıtmada yoğunmalı tip kazanların kullanılmaması anlamı çıkartılmamalıdır. Sistem anma sıcak su sıcaklığı ne olursa olsun, yoğunmalı tip kazanlar kısmi yüklerde yoğunlaşma modunda çalışır ve yıllık yakıt tüketimi açısından değerlendirildiğinde yoğunlaşmaz kazanlara oranla önemli ölçüde yakıt tasarrufu sağlarlar.

Isısan Buderus yoğunmalı kazan kullanma kılavuzunda, Sayfa 6'da, "DIN 4701 1959 baskısına göre yapılan eski binalardaki 90/70°C sistemler, alınan büyük emniyet faktörleri dolayısıyla bugün pratikte 75/60°C sistemler olarak davranmaktadırlar" denilmektedir. Türkiye için de 90/70°C hesaplanan sıcak sulu ısıtma sistemlerin, uygulamada 75/60°C çalışan sistemler olduğu kabul edilebilir. Gücü 1.200 kW olan yoğunmalı bir kazan kullanılan 90/70°C sıcak sulu ısıtma sisteminde Standart hesap yolu ile belirlenen radyatör miktarı, PKKP 600 tip panel radyatör kullanıldığında 467 m olarak bulunmaktadır.

Yoğunmalı kazan performansının artırılması amacıyla radyatör yüzey miktarlarının artırılması halinde, yakıttan yapılacak yıllık tasarruf ve buna karşılık ilave radyatör maliyetleri hesaplanmıştır.

Hesap sonuçları *Tablo 4.70*'te sunulmuştur. Bu tabloda standarda göre hesaplanan radyatör miktarı esas alınmıştır. Radyatör miktarının referans değere oranla artırılıp, eksiltilmesi halinde hesaplanan yıllık yakıt maliyetleri, radyatör fiyatları, fark maliyetleri, geri ödeme süreleri tabloda görülmektedir. Burada 7 ay = 1 ısıtma sezonu = 1 yıl olarak kabul edilmiştir. Yoğunmalı kazan kullanımında Türkiye'de standart hesap yöntemlerine göre boyutlandırılmış 90/70°C sıcak sulu ısıtma sistemlerindeki radyatör miktarları yeterlidir. Yoğunmalı tip kazanlardan daha geniş ölçüde yararlanmak için radyatör yüzeylerinin artırılması ekonomik olarak fizibil olmamaktadır. Radyatör yüzeylerinin artırılmasıyla elde edilen karlılık giderek azalmakta ve amortisman süreleri hızla artmaktadır. Standart olarak belirlenen radyatör miktarlarının kullanılması halinde İstanbul koşullarında yıllık sistem verimi %104,5 gibi yüksek bir değerde kalabilmektedir. Yapılan yakıt tasarrufuna karşılık gerekli radyatör fark maliyeti *Şekil 4.71*'de grafik halinde verilmiştir.

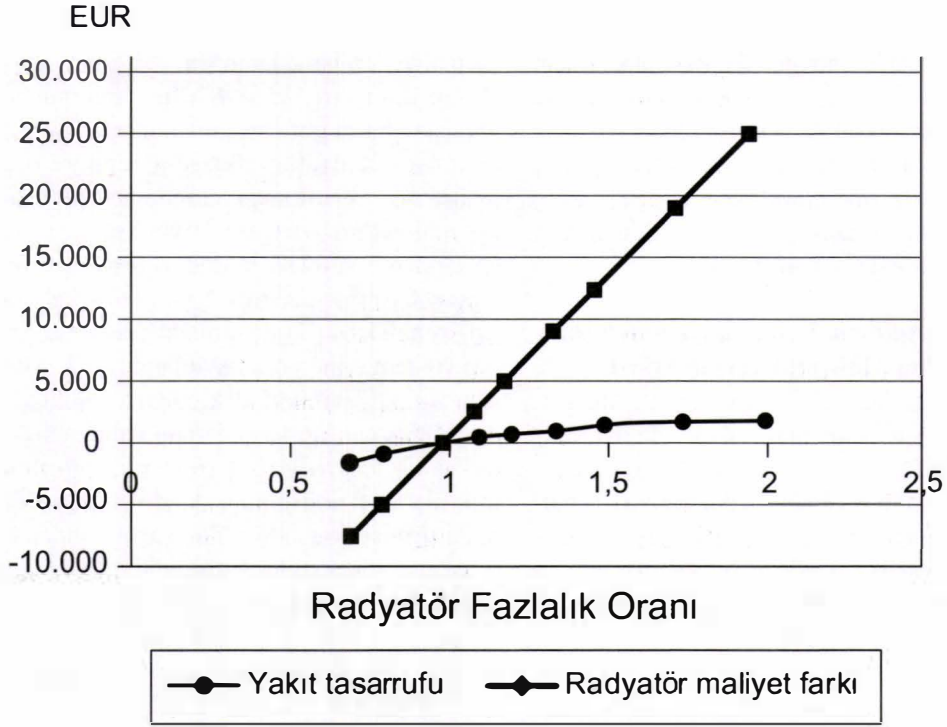
4.4.7 YERDEN ISITMA (Şekil 4.72)

Yerden ısıtma kat betonu üzerine yerleştirilen izolasyondan sonra, genellikle plastik veya bakır borularla yapılan ısıtmadır. Boruların üzerine bir tesviye (şap) betonu atılarak kaplama malzemesi yerleştirilir. Bu şekilde yerden ısıtma için kat betonundan sonra 8 - 10 cm'lik bir yükseklik yeterlidir.

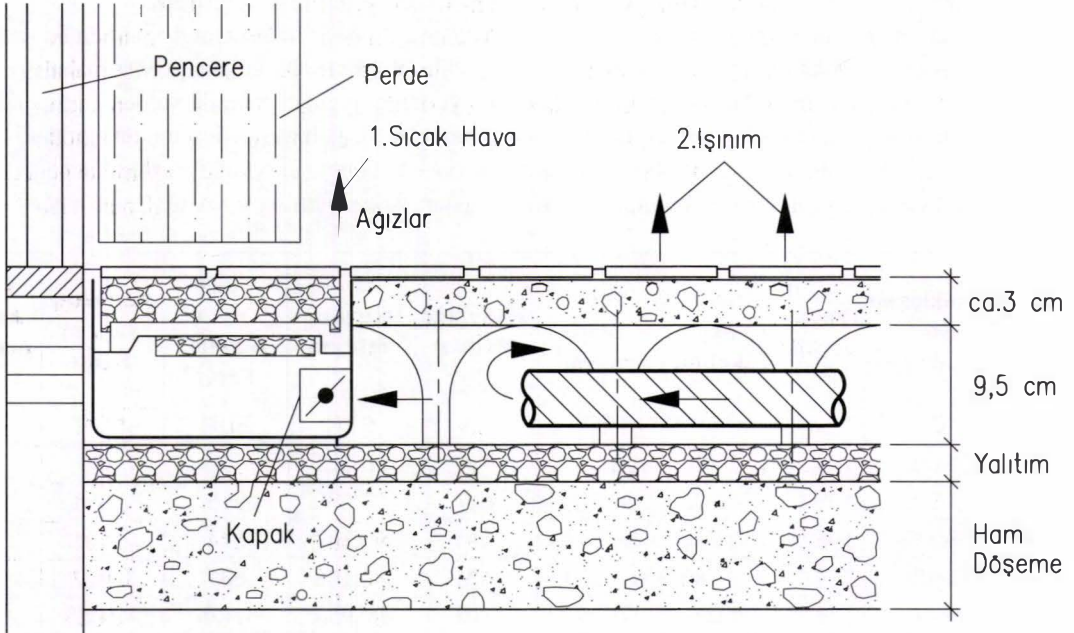
Yerden ısıtma sistemleri temel anlamda iki ana gruba ayrılabilir. Bunların ilki villalar, havuz mahalleri ve camiler vb yerlerde uygulanan su ile yerden ısıtmadır. İkinci uygulama ise sıcak havanın döşemenin altındaki boşlukta ve bu boşlukta bulunan borular yardımıyla pencere altındaki ağızlara kadar iletilmesi ile sağlanan hava ile ısıtmadır.

Radyatör Artırım Oranı	Gerçekleşen Su Sıcaklığı	Yıllık Verim	Yıllık Yakıt Tüketimi	Yıllık Yakıt Maliyeti	Radyatör Metresi	Radyatör Yatırımı	Yıllık Yakıt Tüketim Farkı	Radyatör Yatırım Farkı	Radyatör Artırımının Amortisman Süresi
-	°C	%	m ³ /yıl	EUR	m	EUR	EUR	EUR	yıl
1,0	75/60	104,5	215.536	55.091	467	25.306	0	0	-
1,10	71/56	105,1	214.305	54.776	514	27.836	315	2.531	8,0
1,20	67/52	105,6	213.290	54.517	561	30.367	574	5.061	8,8
1,35	63/48	106,1	212.285	54.260	631	34.163	831	8.857	10,7
1,50	59/44	106,7	211.091	53.955	701	37.958	1.136	12.653	11,1
1,75	55/40	107,2	210.107	53.703	818	44.285	1.388	18.979	13,7
2,00	51/36	107,8	208.937	53.404	934	50.611	1.686	25.306	15,0

Tablo 4.70. 75/60°C ISITMA SİSTEMİNE GÖRE (İstanbul) RADYATÖR MİKTARLARININ ARTIRILIP, AZALTILMASININ EKONOMİK ANALİZİ (1.200 kW kapasite için)



Şekil 4.71. YAKIT TASARRUFUNA KARŞILIK YATIRIM MALİYET FARKI



Şekil 4.72. SICAK HAVA VE YERDEN ISITMA

4.4.7.1 Eleştiriler

- a. Cam önlerindeki bölgede sıcaklık düşük kalmaktadır. Cam önlerine boru daha kısa mesafelerde sık döşense de cam önündeki sıcaklık oda ortalamasının altında kalmaktadır. Avrupa'da yerden ısıtma yapan bazı firmalar cam önlerinde açıkta monte edilecek serpantinlerin kullanılmasını öneriyorlar. Aksi halde oda içindeki sıcaklık cam önünde en az, karşı duvar kenarında ise en fazla olacaktır.
- b. Binanın ısınma süresi fazladır. Soğuk binanın ısınma süresi 5 - 6 saati bulmaktadır.
- c. Ayaklarda şişme: Yerden ısıtma yapılan binalarda döşeme yüzey sıcaklığı 23 - 24°C geçmemelidir. Aksi durumda yaşayanların ayaklarında şişmeler olduğu ifade edilmektedir.
- d. Yerdeki tozlar kuruyacaktır.
- e. Tozların toplandığı döşemenin ısıtılması yerdeki tozların hareketlenmesine neden olabilir. Karşı eleştiri ise radyatörlü sistemde tozların yandığı şeklindedir.
- f. Isıtılan döşemenin üzeri mümkün olduğunca ısı iletimini önleyecek malzeme (halı gibi) ile kapatılmamalıdır.
- g. Montaj ve imalat hataları nedeniyle veya genleşen boruların sürtünerek aşınması sonucu borular delindiğinde tamir için döşemenin kırılması gerekir. Boru ömrü için 20 yıl verilebilir.
- h. Yanlış hesap sonucu yetersiz boru döşendiğinde bunun telafisi (boru ilavesi) pratikte mümkün değildir.
- i. Oksijen bariyerli boru kullanılmadığı durumlarda da tesisatta ciddi bir oksijen korozyonuna sebep verebilir.

4.4.7.2 Avantajlar

- a. Yerden ısıtma sisteminde ısı bütün bir döşeme alanında yayılmakta ve oda içinde homojen bir ısı dağılımı sağlanabilmektedir. Bu sistemde en sıcak yer döşeme seviyesidir ki, yer değiştiren hava döşeme seviyesinden itibaren yükseldikçe soğuyacak ve hacmin yüksek kısımlarında hava hareketi zayıflayacaktır.
- b. Bu sistemde açıkta görülen hiçbir boru ve radyatör yoktur. Estetik açıdan mükemmel bir sistemdir.
- c. Sistemde mahal havası, kendisinden 4 - 5°C daha yüksek sıcaklıktaki döşeme ve 1 - 2°C'de daha yüksek sıcaklıktaki duvarlar tarafından ısıtıldığından bağıl nemde rahatsızlık verici bir düşme görülmez. Ortama göre döşemedeki 4 - 5°C daha fazla olan sıcaklıktan dolayı 1 - 2 mm yükseklikte kuru bir ortam oluşur. Bakteri üremesini önleyen bu durum nedeniyle yerden ısıtma özellikle hastaneler ve çocuk yuvaları için tavsiye edilmektedir.
- d. Mahal havası ile onu ısıtan geniş yüzeyler arasındaki düşük sıcaklık farkı nedeni ile mahal havasının, küçük yüzeyli ve çok sıcak ısıtıcıların üzerinden geçerken fazlaca ısınması ve içinden toz ayrıştırması, buna bağlı olarak kirlenme gibi problemler sistemde bertaraf edilmiştir.
- e. Isınmanın daha çok radyasyon ile olması neticesi diğer ısıtma sistemlerine göre 1 ~ 2°C düşük sıcaklıklarda aynı konforu bulmak mümkündür.

4.4.7.3 Yerden Isıtma ile İlgili Tavsiyeler

Yerden ısıtma sistemi, özellikle yüksek tavanlı hacimler için ideal bir ısıtma isteniyorsa zorunluluktur. Hafta sonu evleri, ani sıcaklık değişimi istenen yerler veya gün içinde ısıtılmayan (kesintili çalışan) evlerde geç ısınma ve geç soğuma özelliğinden dolayı kullanılması pek uygun değildir. Sistem düşük sıcaklıkta (maks. 55°C) ısıtma suyu ile çalışmaktadır. Bu nedenle yoğunmalı kazanlarla kullanıldığında kazanın çok yüksek verimde çalışması sağlanacak ve yakıt giderleri çok azalacaktır. Düşük sıcaklıklarda %2 verim artışı gözlemlenmektedir. Bu noktada sadece verim değeri değil bu sistemlerin kurulumları arasında yatırım maliyeti (boru ve otomasyon) de göz önüne alındığında yerden ısıtma sistemleri bir çok nedenden dolayı az tercih edilmektedir. Toprakla temasta olan ısıtılan mahallerde, örneğin bodrum katı olmayan villa zemin katları veya yaşanan bodrum katları gibi yerlerde döşemedeki soğuk etkisini önlediği için kullanılmasında fayda vardır. Yerden ısıtma, radyatörle ısıtma ile birlikte de kullanılabilir. Örneğin lüks villa ve dairelerde taş, seramik, mermer kaplı hacimlerde (koridor, banyo, mutfak) yerden ısıtma, diğer odalarda radyatörle ısıtma uygulanabilir. Yerden ısıtma sistemlerinin ekonomik ve konforlu olabilmesi için sistemin su hacmi ve ataletinden dolayı mutlaka dış hava sıcaklığına göre çalışan bir kontrol sistemi ile birlikte çalıştırılması gerekir. Dış hava sıcaklığı azalınca, bina içindeki sıcaklığın düşmesi belirli bir süre (birkaç saat) gecikme ile hissedilir. Bu durumda oda hissedicisinin kazandaki suyun sıcaklığını arttırmasına karşılık, yerden ısıtma sisteminin buna cevap vermesi birkaç saat sonra başlar ve konfor bozulur. Dış hava sıcaklığı arttığında ise bunun tam tersi olur. Oda hissedicisi kalorifer sistemini kapasa bile oda sıcaklığı yükselir, gereksiz yakıt tüketimi olur; hava kurur ve konfor bozulur. Dış hava sıcaklık kontrol düzeni olan kombilerde dış hava sıcaklık değişimi anında hissedilir ve ısıtma sistemi buna göre çalışır. Programda yerden ısıtma ve radyatörlü sistemler için farklı seçenekler kullanılabildiği için en iyi konfor ve yakıt ekonomisi her iki sistem için de sağlanır. Dış hava kontrollü çalışma imkanı 3 modülasyonlu kombilerde ve duvar tipi kendinden yoğunmalı kazanlarda vardır. Yerden ısıtma sistemlerinin mutlaka DIN 4726'ya göre oksijen bariyerli plastik borular ile uygulaması yapılmalıdır. Aksi halde kazan tarafı ve sistem tarafı bir eşanjör ile birbirinden ayrılmalıdır. Kullanılan plastik borularda izin verilen oksijen geçirgenliği 40°C su sıcaklığında < 0,1 mg// gün olmasına rağmen oksijen bariyersiz borularda bu değer 5 mg// gün mertebesindedir. Sistemlerde, ısıtıcı çıkışında Isısan Spirovent hava ayırıcı ve dönüşünde ise pislik ve tortu ayırıcı kullanılması büyük fayda vardır.

Enerji ekonomisi açısından bakıldığında düşük sıcaklık ısıtması her zaman daha çok tercih edilmesi gereken uygulamalardır. Özellikle gaz yakıtların kullanılabilirdiği durumlarda, yoğunmalı kazanlar ile yapılan düşük sıcaklık uygulamaları konvansiyonel ısıtma sistemlerine göre %8 - 25 aralığında enerji ekonomisi sağlayabilmektedir.

4.4.8 BOYLER SİSTEMLERİ

Boyerler, kullanma sıcak suyu üreten cihazlardır. Kullanım yeri ve amacına bağlı olarak 45 - 60°C sıcaklıkta su üretmek üzere tasarlanmışlardır. Özellikle son yıllarda boyler ve kazan otomasyonundaki gelişmeler boyler ayar sıcaklıklarında düşüşe sağlıklıklı bir şekilde ulaşılmasını mümkün kılmaktadır. Konutlarda ayar sıcaklıklarının 45°C değerlerine çekilmesiyle, Legionella bakterisi riskine karşı da önlemler alınmakta, ileri teknoloji kazan kumanda panelleri ile termik dezenfeksiyon yapılarak bu risk ortadan kaldırılmaktadır. Bu da yakıt ekonomisi ile insan sağlığını birarada sunan bir teknolojik çözümlemedir.

Özel boyler iç yüzeyleri ile de hijyen en üst düzeydedir. Isısan Buderus boylerlerde kullanım suyu ile temasta olan tüm yüzeyler, Termoglasür adı verilen özel bir malzeme ile kaplanmıştır. Çelik ile camı birleştiren bu teknik sayesinde malzeme sertliğinden dolayı çizilmelere ve -30 ile +220°C sıcaklıklar arasında termik şoklara karşı dayanıklı bir yapı gelişmiştir. Bu özel iç yüzey aynı zamanda hijyenik olup bakteri oluşumuna imkan vermeyecek özelliktedir. Kireç dayanımı yüksek bu yapıya ek bir önlem olarak, boylerler magnezyum anot ile donatılmıştır. Klasik çift cidarlı boylerlerde ısıtma süreleri uzun olduğundan, ihtiyaç büyük depo hacimleri ile karşılaşılır. Bir çok uygulamada saatlik sıcak su ihtiyacına eşdeğer hacimli boylerler kullanılmakta, bunun sonucu, izolasyon ne kadar iyi olursa olsun ısı kayıpları yüksek olmaktadır. Oysa günümüzde yüksek kapasiteli boylerler sayesinde daha az depo hacmi ile aynı yük rahatlıkla karşılanabilmektedir; böylece ısı kayıpları çok düşük olmaktadır. Boyler kapasitelerini artıran ve hacmi en verimli şekilde değerlendirebilmemizi sağlayan yeni serpantin yapıları sayesinde, soğuk suyun giriş yaptığı boylerin alt bölgesinde bile verimli ısıtma yapılabilmektedir. Ölü hacim minimum düzeydedir.

4.4.8.1 Kullanma Sıcak Suyu

a. Kullanma sıcak suyu ekonomik olarak ısıtılmalıdır. Bunun için öncelikle ısıtma sıcaklığı düşük olmalı ve (Legionella bakterisi riskine karşı termik dezenfeksiyon olması kaydıyla) 45°C ile sınırlanmalıdır. Boyler izolasyonuna önem verilmeli ve boyler adeta termos özelliğinde olmalıdır.

b. Kullanma sıcak suyu ekonomik olarak kullanılmalıdır. Duvar içinden geçen boruların da sıcak su ve sirkülasyon olmak üzere hepsi izole edilmelidir. Duş başlıkları ve armatür seçerken ekonomiye dikkat edilmelidir.

c. Sirkülasyon hattındaki pompa, sürekli çalıştırılmamalıdır. Sirkülasyon hattındaki pompa kontrol paneli tarafından dur-kalk yaparak çalıştırılmalıdır. Böylece sürekli sirkülasyon ile oluşacak kayıplar minimuma iner.

4.4.8.2 Boyler Isıtma Sistem Sıcaklığı

Klasik sistemlerde, boyler ısıtma kazanında su sıcaklığı 90/70°C seçilmektedir.

Tüm ısıtma sisteminde su sıcaklığının düşürülmesi ile kazan işletme verimini artıracak için ısıtmada ciddi ekonomi sağlanacaktır. Bu yüzden boyler ısıtma sistemi 90/70°C seçilse de;

- Boylere giren suyun sıcaklığı kışın yaklaşık 10°C, yazın da yaklaşık yaklaşık 20°C olduğu için ısıtma dönüş suyu sıcaklığı genelde 70°C olarak gerçekleşmez ve genellikle buna ihtiyaç da olmaz.
- Kaliteli boylerlerde ısıtma serpantini boylerin en altına oturduğu için (bu Legionella bakterisinin dezenfeksiyonu için de zorunludur) ısıtma dönüş suyu sıcaklığı düşer ve en yüksek kazan verimi elde edilir.
- Kazan olarak yüksek verimli yoğunmalı kazan kullanımı hemen hemen her zaman avantajlıdır.
- Yoğunmalı tip kazanlarla kaskad sistem kullanımı ile enerji tüketimi daha da azalacaktır. Boylerdeki kapasite kullanımı gün içinde %0 ile %100 arasında değişir. Kaskad sistemde; kazan, oluşan ihtiyaç kadar devrede olacağı için durma kayıpları da en az olur.
- Gelişmiş kazan kontrol panelleri kullanılarak boyler ısıtma suyu sıcaklığı optimizasyonu yapılabilir. Kontrol paneli boyleri tanır ve ne kadar zamanda ısıtacağını hesap eder. Buna göre göndereceği kazan suyu sıcaklığını ayarlar.
- Boyler çalışma saati optimizasyonu yapılarak istediğimiz saatte istediğimiz sıcaklığa hazır olması sağlanabilir.

4.4.8.3 Boyler Seçimi

a. Çift Cidarlı Boylerler

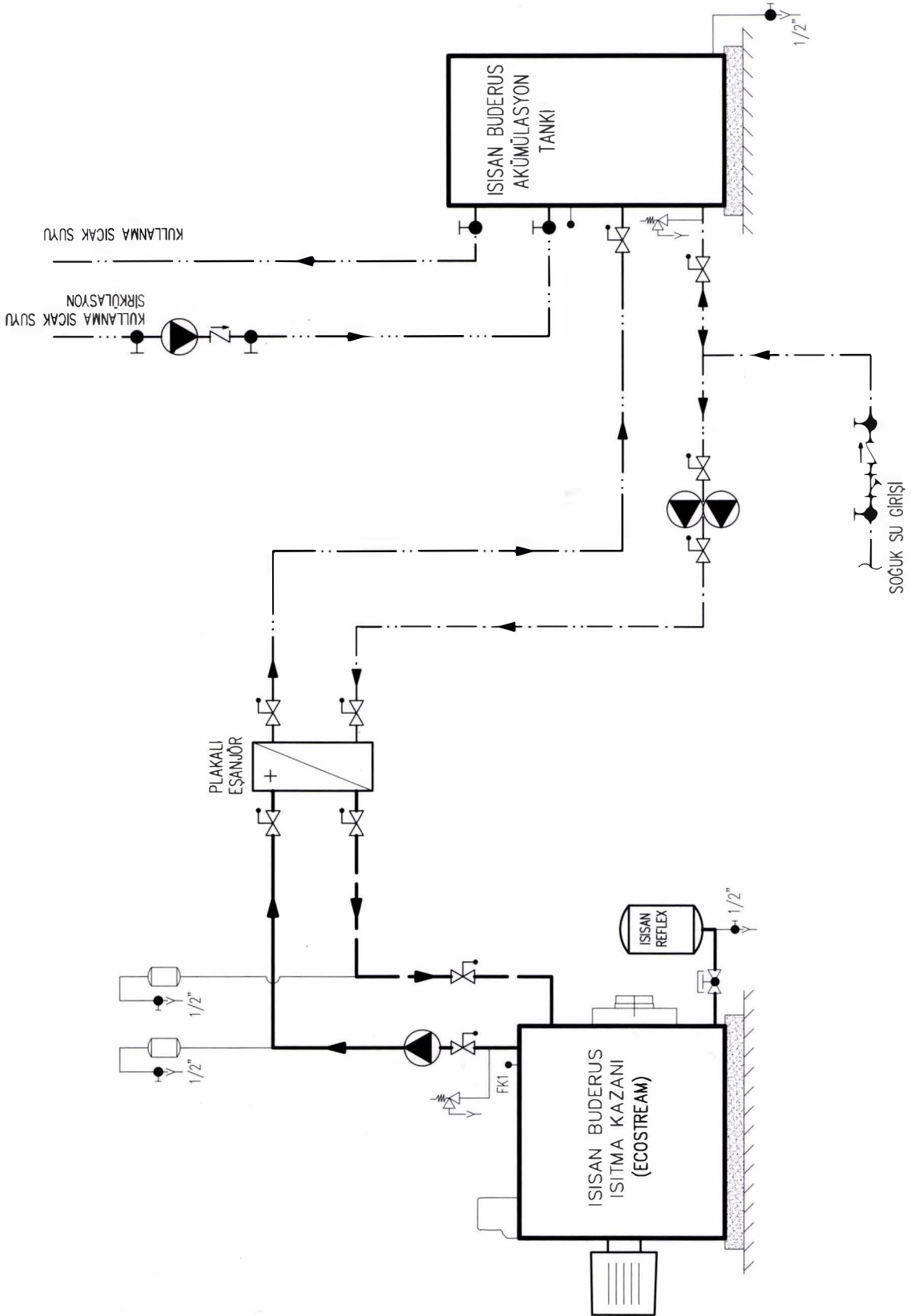
- Ataletlerinin çok fazla olması;
- Isıtıcı akışkan dış yüzeyde olduğu için ısı kayıplarının çok fazla olması;
- Isı yalıtım kalitesinin düşük olma riski;
- Yeterli hijyen şartlarının sağlanamaması;
- Paslanmaya ve korozyona karşı dayanıklı olmaması;
- Bakım ve temizliğin zor olması, gibi nedenlerle artık kullanılmamaktadır.

b. Plakalı Eşanjör + Depolama tankı (Dıştan Serpantinli Boyler)

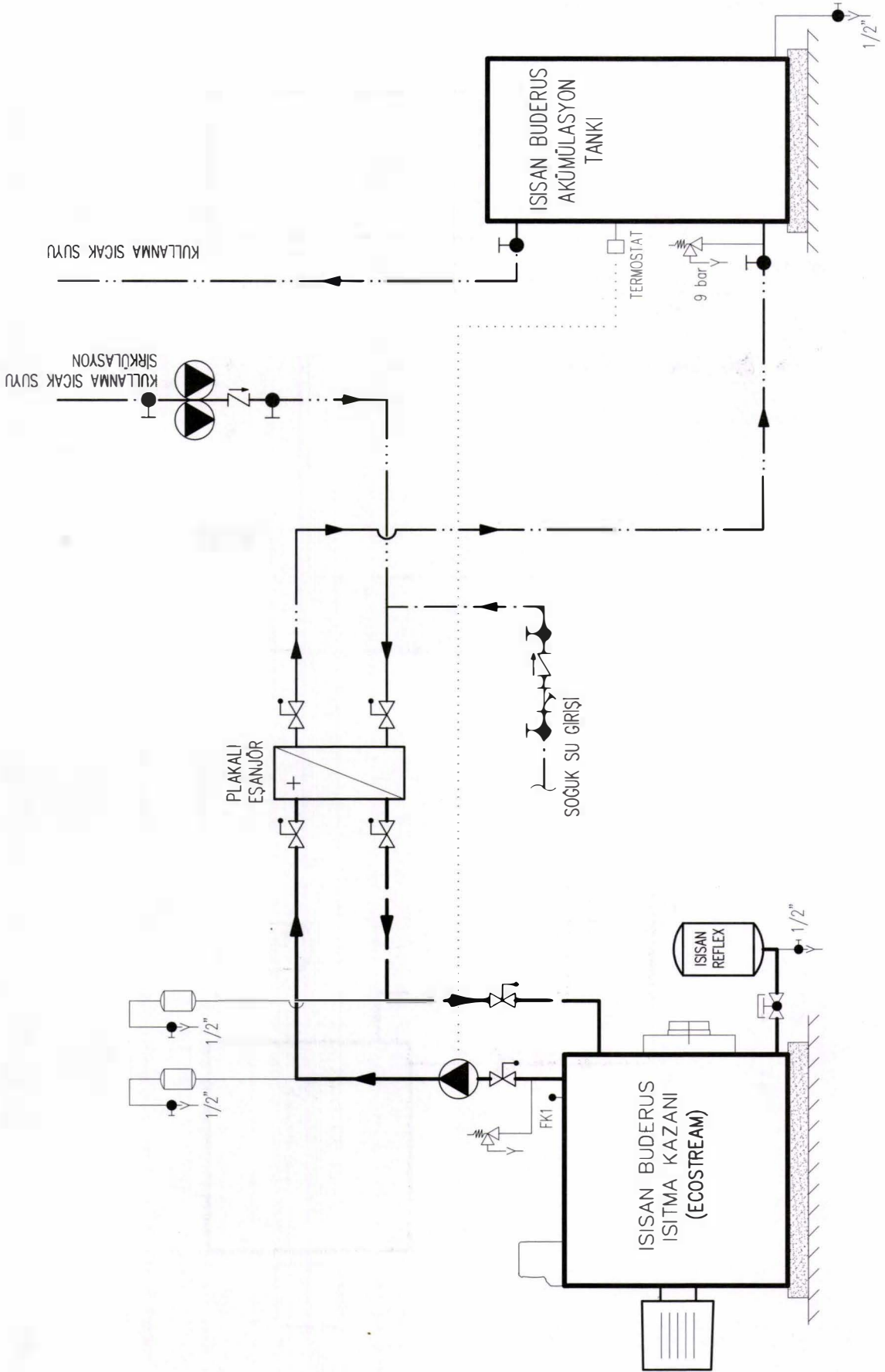
Bu sistem, kullanımın kesintisiz (sürekli) olduğu çok özel uygulamalarda ve 30 - 40 m³/h dan büyük ihtiyaçlarda kullanımı avantajlıdır.

Sistemin en önemli dezavantajları ise;

- Depolama hacmi küçük olduğundan (pik yüklerdeki ihtiyaca cevap verebilecek şekilde) kazan kapasitesini çok büyük seçmek zorunluluğu;



Şekil 4.73A. PLAKALI EŞANJÖR İLE AKÜMÜLASYON TANKI UYGULAMA ÖRNEĞİ



- Plakalı eşanjör ile depolama tankı arasındaki sürekli çalışan sirkülasyon pompasının fazladan enerji tüketimi;
- Eşanjör direnci genellikle daha yüksek olduğu için primer ısıtma pompası da daha büyük seçildiği, için daha fazla enerji harcanması;
- Kazan otomasyon sistemlerine genellikle uyum sağlamamasıdır. Çünkü boyler sensörünün su sıcaklığını doğru algılaması ve kazan suyu hedef sıcaklığını hesap etmesi için yeterince büyüklükte depo hacmine ihtiyaç vardır.

Bütün bu dezavantajlar hem kuruluş, hem de işletme maliyetini artırabilmektedir.

Plakalı eşanjör ile depolama tankı arasına pompa gerekemeyebilir. Sıcak su sirkülasyon pompası bu amaçla kullanılabilir (Şekil 4.73A ve 4.74B).

Avantajları:

- Ara pompa yoktur. Ancak kullanım sıcak suyu pompalarının debisinin ve basıncının daha büyük seçilmesi gerekecektir.
- Eşanjör pompası termostat kontrollü dur - kalk çalışıyor. Akümülayon tankında yeterli sıcaklık varsa pompa gereksiz çalışmayacaktır.
- Boylerin kapladığı alan daha azdır. Ancak ısıtma kazanlarının daha büyük seçilmesi gerekecektir. Ayrıca eşanjörde yer kaplayacaktır.

Dezavantajları:

- Kullanma soğuk suyunun (eşanjöre giren) debisi çok değişkendir. Oysa kazan ile plakalı eşanjör arasındaki ısıtma pompalarının debisi sabittir. Aşırı su geçtiği durumlarda kullanma suyu yeterince ısıtılamayabilir.
- Eşanjörde ısıtma durduğu sırada, kullanma sıcak suyu ihtiyacı başladığında soğuk su eşanjörden yeterince ısınmadan geçip depolama tankına girecektir. Dolayısıyla sisteme giden kullanma sıcak suyunun sıcaklığı düşecektir.
- Ayrıca sıcaklığın kontrol edilmesi gereken yer depolama tankı çıkış sıcaklığıdır. Oysa bu şekilde yapıldığında eşanjörden çıkan su ısınmak için tüm tesisatı dolaşmak zorundadır. Ancak teloranslı yerlerde uygulanabilir.
- Diğer boyler sistemlerine göre çok daha büyük debi ve basınçlı seçilen kullanım suyu sirkülasyon pompaları sürekli olarak çalıştırılacaktır. Bu da yıllık toplam pompalama enerjisinin çok daha fazla olacağı anlamına gelir,
- Konforlu olmayacaktır. Kullanma sıcak suyu sıcaklığında zaman zaman değişimler olabilir. 2 yıldızlı oteller veya lüks olmayan yerlerde pompalama maliyetini düşürmek içinde tercih edilebilir.
- En önemlisi içten serpantinli boylerler yerine, plakalı eşanjörlü sistem seçildiğinde ısıtma kazanın daha büyük seçilmesi ve kazanın devamlı yüksek sıcaklıkta çalışması gerekmesidir.

c. İçten Serpantinli Boyler

İçten serpantinli boylerler genellikle optimum çözüm olarak görünmektedir. Kuruluş ve işletme maliyetleri (yan faktörlerle birlikte) çok daha düşüktür. Ayrıca hijyen şartlarını sağlaması ve Legionella bakterisi dezenfeksiyonuna uygun olması da diğer avantajlar olarak eklenebilir.

Kaliteli boylerlerde ısı kaybı çok düşüktür. Örneğin, İssan Buderus boylerler de, 120 litrelik boylerde 1,5 kWh/gün; 500 litre boyler 3 kWh/gün mertebelerinde ısı kaybı gerçekleşir. Bu değer içerideki su sıcaklığına ve deponun izolasyon kabiliyetine bağlı olarak değişir.

Dıştan serpantinli boylerde (plakalı eşanjör + depolama tankı) ise ısı kaybı hem depodan hem de dışarıdaki eşanjörden olacaktır. Plakalı eşanjörler genellikle izole edilmedikleri için kayıp büyük olmaktadır. Örneğin 100 kW gücünde plakalı eşanjörde, bu kayıp 20 kWh/gün mertebelerine kadar yükselir.

4.4.8.4 Boyler Düşük Su Sıcaklığı

(= Daha Az Enerji ve Su Tüketimi)

- a. Boylerden, kullanma sıcak suyu ve sirkülasyon borularından olan ısı kaybı azalır.
- b. Kullanıcı musluğu açtığında suyu istediği sıcaklığa daha kısa sürede ayarlar. Böylece sıcak su boşa daha az akıtılır. Su ve enerji kaybı azalır.
- c. Kullanma sıcak suyu tüketimi azalır.
- d. Isıtma kazanı düşük sıcaklıkta çalışacağı için daha az yakıt yakılır. Özellikle yoğunmalı tip kazan kullanıldığında (boyler su sıcaklığı 60°C den 45°C'ye azaltılarak) yakıttan çok daha büyük oranda tasarruf edilir.
- e. Musluk açıldığında haşlanma riski oluşmaz.
- f. Kazanlarda boyler su sıcaklığını 45°C kullanma yerine 42°C kullanılması tavsiye edilir.
- g. Sistemde daha yüksek sıcaklıkta su gerektiren (çamaşırhanelerde olan su sıcaklığı 55 - 60°C) veya benzeri yerler varsa ayrı bir boyler ve tesisat kullanılması daha uygundur.

4.4.8.5 Boylerde Enerji Ekonomisi

Boyer yapısında ve otomasyonunda gerçekleşen gelişmeler kazan tekniğindeki yeniliklerle uyum sağlayarak yakıt ekonomisine giden yolda yeni olanaklar yaratmaktadır.

Termik dezenfeksiyon imkanı, özel konstrüksiyon yüksek verimli serpantin yapıları ve boyler ayar sıcaklıklarındaki güncel standartlar, yoğunmalı kazanların yüksek verimle boyler ısıtmasına kullanılabilmesini mümkün kılmıştır. 45°C'lerdeki boyler ayar sıcaklıkları ve kazanların boyler yüküne bağlı olarak modülasyona çalışabilmesi, yoğunma sıcaklıklarında çalışma ve bunun sonucu yüksek verimi beraberinde getirmektedir. Boyler işletme saatlerinin sürekli ve değişken olduğu yerlerde sağlanan enerji tasarrufu daha da yükselmektedir.

Karşılaştırma Kriteri	Isiran Buderus duoCLEAN Boyler	Galvanizli Çift Cidarlı veya Paslanmaz Çelik Boylerler
Kullanma Yerleri - Kapasite Aralığı	a- Değişken debili sıcak su kullanım yerlerinde (konutlar, iş merkezleri, okullar, oteller, spor salonları vb) b- 1.000 l/h - 33.000 l/h kapasiteler arasında dikey ve yatay modeller mevcuttur. c- Depolama hacimleri küçük (yer ve enerji kaybı daha az), saatlik sıcak su üretim kapasiteleri çok yüksektir. d- Örneğin: 5 m³ hacimli Buderus duoCLEAN (2 adet LTH 3000) Boylerin, 33 m³ suyu tekrar ısıtma süresi bir saattir.	a- Değişken debili sıcak su kullanım yerlerinde (konutlar, iş merkezleri, okullar, oteller, spor salonları vb) b- Çift cidarlı boylerlerin depolama hacimleri büyük , saatlik üretim (sıcak su verme) kapasiteleri düşüktür. c- Örneğin: 5 m³ hacimli çift cidarlı boylerin, 5 m³ suyu tekrar ısıtma süresi yaklaşık 3,5 saattir.
Isı Kaybı	Isı kaybı çok azdır. a- 300 litre kapasiteye kadar boylerlerde 60 mm poliüretan, 400 litre ve yüksek kapasitelerde 150 mm kalınlıklara ulaşan polietilen yumuşak köpük izolasyon kullanılmaktadır. İzolasyon malzemeleri CFC içermez. b- Isıtıcı akışkanın dolaştığı serpantin içinde olduğu için , boylerin dış yüzey sıcaklığı daha düşük, ısı kaybı çift cidarlı boylerlere göre çok daha azdır. Buderus duoCLEAN Boylerler çok kaliteli ısı köprüleri oluşturmadan yapılan izolasyon tekniği sayesinde termos özelliği taşırlar. Isıtılan suyu çok uzun süre sıcak tutarlar.Hafta sonu evlerinde boylerdeki sıcak suyu bir hafta sonra eve gittiğinizde dahi kullanabilirsiniz.	Isı kaybı yüksektir. a- Çift cidarlı saatlik sıcak su üretimi kapasitesi düşük, depolama hacimleri fazladır. b- Serpantinli boylerlerde ise izolasyon malzemesine, kalınlığına ve montaj kalitesine göre boyler ısı kaybı değişir. c- İzolasyon genellikle şantiyede sınırlı kalitede yapıldığından, ısı kayıpları daha fazladır. d- Gömlekli boylerlerde, ısıtıcı akışkan dışta olduğu için ısı kaybı fazladır.
Sıcak Su Konforu	Buderus duoCLEAN Boylerlerde serpantin yapısı alt kısmı konikleştirilmiştir Bu özel serpantin yapısı sayesinde; a- En alt noktaya kadar, su homojen olarak ısıtılmaktadır. b- Boyler kapasitesi tam olarak kullanılır. c- Konstrüktif yapısı sayesinde boylere giren soğuk su sıcak suya karıştırmaz , sıcak su tabaka halinde boylerin üst kısmına doğru yükselir. d- Termik dezenfeksiyon ve steril (cam) konstrüksiyon sayesinde temiz ve konforlu sıcak su temin edilir. e- Isıtma kapasitesi ve verim çok yüksek olduğu için sürekli ve bol sıcak su üretir f- İstenirse elektrikli ısıtıcı alternatif olarak kullanılabilir.	a- Aynı debiyi elde etmek için, daha büyük hacimde boyler kullanmak gerekir. b- Özellikle suyun içindeki klorun etkisi ile paslanmaz çelik ve galvanizli boylerler korozyon riski taşıdıkları için hijyenik şartlar genellikle sağlanamaz, zaman zaman musluktan paslı su bile akabilir.
Hijyen	Mükemmel! Su ile temas eden yüzeyler Buderus'un çift kat termoglasür (çift kat cam) teknolojisi ile kaplanmıştır. Bu cam bazlı, üst yüzey koruyucu tabaka; sert, aşınmaya dayanıklı ve içme suyuna karşı kimyasal olarak nötr olan bir malzemedir. Bu sayede Buderus duoCLEAN teknolojisi garantili içme suyu hijyeni ve sürekli bir korozyon koruması sağlar. Yüzey düzgün ve mikro düzeyde girintisiz, çıkıntısız olduğundan bakteri üremesine uygun ortam oluşmaz. Buderus kazan üzerindeki Logamatic Panel, haftada bir defa kazan suyu sıcaklığını bir saat süreyle yükselterek boylerde termik dezenfeksiyon yapar. (Lejyoner hastalığına karşı dezenfekte ederek, steril ortam yaratır)	1- Paslanmaz çelik malzeme dolayısıyla oluşan riskler sonucunda; a- Nikel alerjisi oluşabilir. b- Yüzey mikro düzeyde pürüzlü olduğu için bakteri üreme riski vardır. c- Su ısınınca bünyesinde erimiş halde bulunan klor ayrışır ve hızlı korozyona neden olur. 2- Çift cidarlı, galvanizli boylerlerde ise, hijyen koşulları oldukça kötüdür.
Ömür	a- 30 yıldan fazladır. b- Isıtılan su içinde, ayrışan klor ve diğer korozif maddeler termoglasür malzemeyi etkilemez. c- Korozyona karşı ilave bir koruma olarak inert anot ile donatılmıştır. Bu sayede elektropil oluşumu önlenir, korozyon garantili şekilde engellenir.	Türkiye'de şehir suyunun içinde yüksek miktarda klor vardır. Soğuk su bünyesinde erimiş halde bulunan klor, su ısıtıldığında ayrışır ve serbest kalır. Klor, paslanmaz çelik ve benzeri malzemelerde kısa sürede korozyona sebep olabilir.

Tablo 4.74. ISIRAN BUDERUS duoCLEAN BOYLERLER İLE GALVANİZ VEYA PASLANMAZ ÇELİK BOYLERLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Karşılaştırma Kriteri	Isisan Buderus duoCLEAN Boyler	Galvanizli Çift Cidarlı veya Paslanmaz Çelik Boylerler
Kazan - Boyler Uyumu ve İlk Yatırım Maliyeti	Buderus Kazan - Logamatic Panel - brülör ve boyler birlikte geliştirilmiştir. a- Boylerin ısıtma ihtiyacı olduğunda, Logamatic Panel kazanı çalıştırır. b- Boylerdeki su sıcaklığı istenilen değere gelmeden bir süre önce (bu süreyi Logamatic Panel belirler) Logamatic Panel brülörü durdurur, boyler ısıtma pompası çalışmaya devam eder, kazandaki ısıyı boylere aktarır, kazanda atık ısı kalmaz. c- Boylerdeki su istenilen sıcaklığa geldiğinde, kazandaki ısı boylere transfer edilmiş ve kazandaki suyun sıcaklığı düşürülmüştür. (Enerji tasarrufu) d- Boylerde su ısıtıldıktan sonra, kazan dış hava sıcaklığının gerektirdiği sıcaklıkta (genellikle düşük sıcaklıkta) çalışır. Düşük sıcaklıkta çalışan kazan daha yüksek verimle çalışır ve daha az yakıt harcar. e- Buderus duvar tipi yoğunmalı kaskad sistemler kapasitelerini % 2 - 100 arasında ayarlayabilirler. Bu nedenle boyler için ayrı bir kazan satın almaya ihtiyaç yoktur. Örneğin; 860 kW kapasiteli Buderus Yoğuşmalı Kastad Sistem, 8 adet 100 kW (kendi içinde de) kapasitesini ayarlayabilen Buderus %110 Verimli Duvar Tipi Yoğuşmalı Kazandan oluşur. Yazın kazanlardan sadece biri, hatta o kazanın tam ihtiyacı karşılayacak kadar kapasitesi çalışabilir. f- Buderus Kazanların etiket değerleri, o kazanın maksimum değeri değildir. Buderus Kazan etiket değerleri optimum değerler olup, gerekirse kazanlardan etiket değerlerinden fazla kapasiteler rahatlıkla alınabilir. Buderus Kazan seçerken, binanın ısı kapasitesinde kazan seçilir. Boylerin ısıtma, ihtiyacını kazan kapasitesine ilave etmeye gerek yoktur. (konutlar, ofis binaları, villalar vb yerlerde) Böylece ilave kazan kapasitesi (veya kazan), ekipmanları, boru, fittings, vana, pompa, yer kaybı vb maliyetlerden tasarruf edilir. g- Yukarıda açıklanan nedenler dikkate alındığında, kuruluş ve işletme maliyeti daha azdır.	a- Kazan, brülör, kontrol paneli ve boyler genellikle ayrı ayrı firmalarca dizayn edilmiştir ve uyumlu çalışabilme alanları sınırlıdır. b-c- Boylerdeki su istenilen sıcaklığa ısıtıldıktan sonra kazan içinde atık ısı kalır ve bu ısı genelde kullanılmadan çevreye yayılır. d- Kazanlar genellikle yüksek sıcaklıkta çalışır ve daha çok yakıt tüketir. e- Boyleri ısıtmak için ayrıca bir kazan kullanmak gerekebilir. (Özellikle yaz ayları veya düşük kapasite çalışmaları için) f- Kazan seçerken boylere ayrı bir kazan seçmek veya boylerin ısıtma ihtiyacını ısı kaybına eklemek gerekir. Galvanizli çift cidarlı boylerlerde ise, çelik veya beton kaidesi, ısı izolasyonu, galvaniz saç veya alüminyum kaplama ve yer kaybı gibi maliyetler dikkate alınmalıdır. g- Yukarıda açıklanan nedenler dikkate alındığında, kuruluş ve işletme maliyeti daha fazladır.
Yer Kaybı ve Ağırlık	a- Dikey ve yatay kullanılabilecek tipleri vardır. b- Nakliyesi kolaydır. c- Az yer kaplar.	Çift cidarlı boylerler genellikle 2-10 kat daha büyük yere ihtiyaç gösterirler.
Servis - Bakım Temizleme Kolaylığı	Buderus duoCLEAN Boylerlerin içerisi iki kat cam kaplıdır. Kireç ve kir tutmaz, çok kolay temizlenir. Boylerin ön alt kısmında ve üstündeki temizleme flanşları sayesinde temizleme işlemi çok rahat bir şekilde yapılır. Pürüzsüz cam yüzeyler bu işlemi iyice kolaylaştırır.	Gömlükli yatık tip boylerlerde, temizleme veya bakım yapmak yüzey pürüzlülüğü ve büyük hacimler nedeniyle daha zahmetlidir.
İşletme Maliyeti	Yüksek imalat ve malzeme kalitesiyle, yüksek yıllık verim ve uzun ömüre sahiptir. Isı kayıpları çok düşüktür. Isınma süreleri kısadır. Buderus Kazan, Logamatic Panel ve boylerler tam uyumlu çalışarak işletme maliyetlerini minimum seviyeye düşürürler.	Boyerlerde bakım yapılamaması veya bakımın yeterli olmamasından dolayı, zamanla boylerlerin performansında önemli ölçüde düşme olur. Bu konforu azalttığı gibi, yakıt harcamasını da artırır. Yüksek ısı kaybı ve kötü izolasyon kalitesi işletme maliyetinin artırır.
Özel Uygulamalar	SU serisi boylerler 10 bar ısıtıcı akışkan işletme basıncında, LT serisi boylerler isteğe bağlı olarak sipariş üzerine 16-25 bar ısıtıcı akışkan işletme basıncı ve 160°C'ye kadar ısıtıcı akışkan sıcaklıklarında kullanılabilir. Güneş enerjisi sistemleri için tek veya çift serpantinli boylerler, ısıtmaya destek amaçlı özel combi boylerler mevcuttur. Deniz suyu ile kullanımda sipariş üzerine 3 kat termoglasür uygulaması (3 kat cam) mümkündür. Termoglasür yüzey kısa süreli - 30°C ile + 220°C termal şoklara dayanıklıdır.	

Tablo 4.74. ISISAN BUDERUS duoCLEAN BOYLERLER İLE GALVANİZ VEYA PASLANMAZ ÇELİK BOYLERLERİN KARŞILAŞTIRILMASI (Devamı)

Boylar ısıtmasında enerji tasarrufuna yönelik bir diğer önemli husus kazandaki atık ısının değerlendirilmesidir. Standart kazan otomasyonu, boylar ayar sıcaklığına ulaşıldığı anda termostatik kontrol ile brülör ve pompayı durdurmaktadır. Kazan içerisinde yüksek sıcaklığa ulaşmış (genellikle 80 - 90°C) tesisat suyu kazanda soğumaya terk edilir. Oysa ki, Logamatic Panel mantığında boylar optimizasyonu ile boylar ayar sıcaklığına ulaşılmadan brülör durmakta, sirkülasyon pompası çalışmaya devam ederek kazan içerisindeki atık ısı ile boylar ayar sıcaklığına ulaştırılır. Yer tipi modülasyonlu brülörlü kazanlarda ve duvar tipi yoğunlaşmalı kazanlarda bu optimizasyon çok daha etkin bir şekilde yakıt tasarrufu sağlamaktadır.

4.4.8.5.1 Güneş Enerjisi Boylerleri

Diğer boylarlar ile aynı hijyenik iç yapıya (Termoglasür iç yüzey) sahip güneş enerjisi kullanma suyu boylarlarında de bu optimizasyon, kontrol mantığındaki en önemli parametrelerden biri olmaktadır. Termosifon tip güneş enerjisi boylarlarında özel iletim borusu içerisinde konumlandırılmış güneş enerjisi serpantini ve bu yapı üzerindeki silikon klapelerle boylarda en hızlı şekilde sıcak su hazırlanmaya yönelik bir yapı vardır. Şebeke suyu, boylara en alt noktadan girdiği için, güneş enerjisi serpantini ve ısı iletim borusu boyların en soğuk noktasında yer almaktadır. Isı iletim borusunun alt noktasında bulunan delik yardımı ile soğuk su, iletim borusu içine girerek güneş enerjisi serpantininin üzerinden geçer. Güneş enerjisi serpantini üzerinden geçerken ısınan kullanım suyu, özel iletim borusu yardımı ile soğuk suyla karışmadan boyların en üst noktasına kadar ulaşır. Değişken debili güneş enerjisi kumanda panelleri ile tam uyumlu olan bu boylarlar sayesinde, düşük ışıının olduğu zamanlarda bile yüke bağlı olarak boyların üst kısmında kullanıma hazır sıcak su temin edilebilmektedir. Tüm boylar hacmini bir seferde ısıtmak yerine, öncelikli olarak kullanıma hazır belirli miktarda su hazırlayabilmek ve geri kalan hacmi kademeli olarak sıcaklık katmanları yaratarak ısıtmak, hem sistemin işletim sürekliliğini sağlamak ve böylece kazanın devreye girmesini geciktirmekte, hem de sıcak su konforunu artırmaktadır. Konfor ve yakıt tasarrufu bir arada sağlanmaktadır.

Sadece kullanma suyu boylarlarında değil, yüksek depo hacimli ısıtma destek (depo boylarlar) boylarlarında de aynı termosifon yapı bulunmaktadır. Yüksek hacimli depo boylarlarında güneş enerjisi serpantini iki adet olmaktadır. Depo boylarlarında termosifon yapı sayesinde tesisat dönüş suyu kontrolü sağlayan güneş enerjisi otomasyonu ile ısıtma desteğinde çok yüksek verim elde edilmektedir. Tesisattan dönen soğuk su boylara alttan giriş yapar, termosifon yapı içerisinde ısınarak özel iletim borusu içerisinde yukarıya doğru hareket eder. Depo hacminin büyük olması sayesinde özellikle geçiş mevsimlerinde yüksek karşılama oranları sağlanırken, ışıının düşük olduğu

dönemlerde, boylar içerisinde üst katmanlarda sıcak su hazırlanabildiğinden kazana düşen yük azalmaktadır. Termosifon tip kombi boylarlar ise hem kullanma suyu ihtiyacı, hem de ısıtma desteğini kompakt bir yapıda sunarlar. Konik kullanma suyu haznesi içerisinde bulunan güneş enerjisi serpantini öncelikli olarak kullanma suyunu ısıtmaktadır. Kullanım suyu boylarının etrafı depo boylar ile sarılmış olup yüklenme durumuna göre iç taraftan kademeli olarak ısınır.

Kullanma suyu boylar ve depo boylar ısındığında güneş enerjisi sistemi kapanmaktadır. Sıcak su kullanımı olduğunda, şebeke suyu iç gövdeye alt noktadan girdiği için, kullanma suyu haznesi aşağıdan yukarı doğru soğumaya başlar. İç ve dış gövdenin farklı zamanlarda ısınmasından dolayı, dıştaki depo boylar istenilen sıcaklıkta olsa da kullanma suyu boylar ısınmaya devam eder. Bu da sistem veriminin yüksek olmasını sağlar.

Tesisat açısından bakıldığında kullanma suyu hatlarında ve sirkülasyon devrelerinde izolasyon mutlaka yapılmalıdır. Özellikle güneş enerjisinden faydalanılarak kullanma suyu ısıtmasının yapıldığı sistemlerde depo hacmi çok büyük önem kazanmakta ve izolasyonsuz su hatları, güneşten elde edilen enerjinin kullanılmasından kaybına yol açmaktadır.

4.4.8.5.2 Boylar Hacminin Seçimi

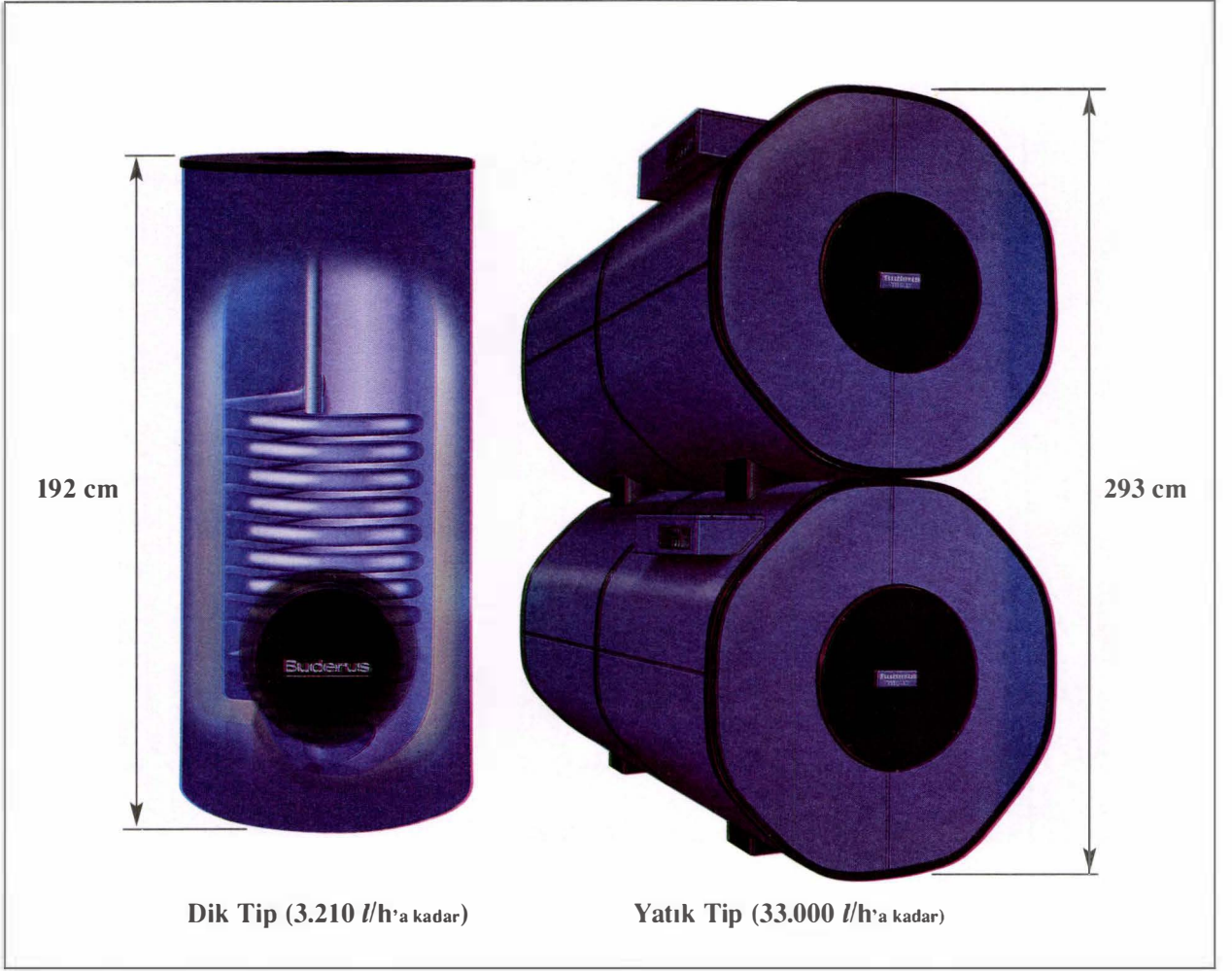
Diğer önemli bir konu da boylar hacmi seçimidir. Aynı kapasiteyi veren birden fazla olasılık bulunabilir. Yatık tip boylarlar çok daha az hacimde çok daha fazla sıcak su verebilmektedir. İlk yatırım maliyeti de göz önüne alınıp, işletme maliyeti hesaplanarak dik tip ya da yatık tip seçimi yapılmalıdır (Şekil 4.75). Boylar yüzeyinden olan ısı kaybı dikkate alınarak (çok iyi izoleli boylarlar olsa bile) seçim yapılmalıdır. Örneğin 8 x 1.000 litre hacimli boylar yerine 2 x 3.000 litre (üst üste monte edilen) seçilmesi avantajlı olabilir. 8 tane dik tip yerine seçilen 2 adet yatık tip boylar ile

- Daha az ısı kaybı
- Daha az yer kaybı (kaybedilen yerin bedeli çok daha fazla olabilir) olacaktır.

Ayrıca boylar soğuk su girişine hijyen genleşme tankı konulmalı ve emniyet ventilinden su alınması engellenmelidir. Böylece su tasarrufu yapılır. Emniyet ventili gideri açıkta bırakılmalı, su akıyorsa görülmeli ve önlem alınmalıdır.

4.4.9 KAPALI GENLEŞME TANKLARI

Eski tesisatlarda kullanılan açık genleşme (imbisat) depoları günümüzde yerini kapalı genleşme tanklarına bırakmıştır. Bunun temel sebebi açık genleşme tanklarının hava, pislik ve tortu girişine açık olmaları ve her zaman ısı kaybına neden olmalarıdır. Isıtılmayan çatı arasında bulunan açık genleşme tanklarından yüksek oranda ısı kaybedilmektedir. Ayrıca sistemde basınç dengesizliklerine ve belli bölgelerde ısınamama problemlerine neden olmaktadır (Şekil 4.76).



Şekil 4.75. ISISAN BUDERUS duoCLEAN HIJYENİK BOYLERLER



Şekil 4.76. ISISAN REFLEX KAPALI GENLEŞME TANKI



Şekil 4.77. DEĞİŞKEN BASINÇLI KAPALI GENLEŞME TANKI İLE
KOMPRESÖRLÜ KAPALI GENLEŞME TANKI UYGULAMA KARŞILAŞTIRMASI

Kapalı genleşme tankı kullanılarak hem sistemin basıncı dengeye getirilmekte, hem hava, pislik ve tortu girişi engellenmekte, hem de ısı kaybı azaltılmaktadır. Kapalı genleşme tanklarında basınçlandırma azot gazı ile yapılmalıdır. Böylelikle sisteme oksijen girişi olması söz konusu olmayacaktır.

Genleşme depolarının kalitesi de oldukça önemlidir. Kalitesiz depolar delinebilmekte, hava kaçırabilmekte, hatta dışarıya su atabilmektedir. Her problemde sistemdeki su boşaltılmak zorunda kalmakta, dolayısıyla sık değişen su nedeniyle kazan kireç bağlamaktadır. Kireç tabakası kalınlığının artması kazanın verimini düşürmekte, yakıt tüketimi arttırmaktadır.

Kapalı genleşme depolarının hacimleri büyük seçilmelidir. Böylece basınç değişimleri azaltıldığı gibi su takviyesi sıklığı da azalacaktır. Dolayısıyla konforlu bir sistem elde edilecektir.

Büyük hacimli tesislerde, yüksek binalarda çok fazla kapalı genleşme tankının kullanılması yerine 1 adet kompresörü kontrollü veya pompa kontrollü kapalı genleşme tankı tercih edilebilir (*Şekil 4.77*). Bu durumda, sistemdeki suyun ısınması ve soğumasıyla oluşan basınç dalgalanmalarını kompresör veya pompa kontrolü ile engellenir, sistemde sabit basınç sağlanır. Bu sistemlerde toplam tank hacminin % 80'i faydalı hacim olarak kullanılabilirdiği için özellikle büyük su hacmine sahip tesisatlarda daha küçük tank hacimleri ile çalışma sağlanır, ekonomik bir çözüm sunulur. Daha küçük hacmi ile naklieleri daha kolaydır. Kazan dairesinde çok daha az yer kaplar. Üzerlerindeki panelleri ile bina otomasyonuna bağlanabilir. Panel den tesisat su seviyesi, depodaki su seviyesi, çalışma basıncı sürekli izlenebilir. Kapasitenin artması durumunda, birden fazla kompresör veya pompa, depolar ile paralel bağlanabilir ve bunların çalışma sırası, yedekleme, alarm ve kontroller cihaz üzerindeki kontrol paneli ile yapılır. Pompa kontrollü kapalı genleşme tanklarında depoda ise basınç her zaman atmosferiktir. Bu sayede depodaki sudan basınç düşmesi yolu ile hava atışı da yapılmaktadır.

Genleşme deposuna giden hatta kesinlikle emniyet açısından vana olmamalıdır. Fakat bu durumda kapalı genleşme deposuna yapılacak her serviste sistemdeki tüm suyun boşaltılması gerekebilecektir. Bu yüzden kazan - kapalı genleşme tankı hattında bir adet kilitli vana kullanılması yararlıdır. Bu kilitli vana sayesinde genleşme deposundaki hava basıncı her zaman kontrol edilip ayarlanabilir, genleşme tankı değiştirilebilir. Kilitli olduğu için de yetkili kişiler haricinde yanlışlıkla vananın kapatılması durumu söz konusu olmayacaktır. Dolayısıyla, kazanın kapalı genleşme tankı ile irtibatının kesilip kazana zarar gelmesi olasılığı ortadan kalkacaktır.

Emniyet ventili de depo üzerinde olmak yerine dönüş borusu üzerinde kazana yakın olmalıdır.

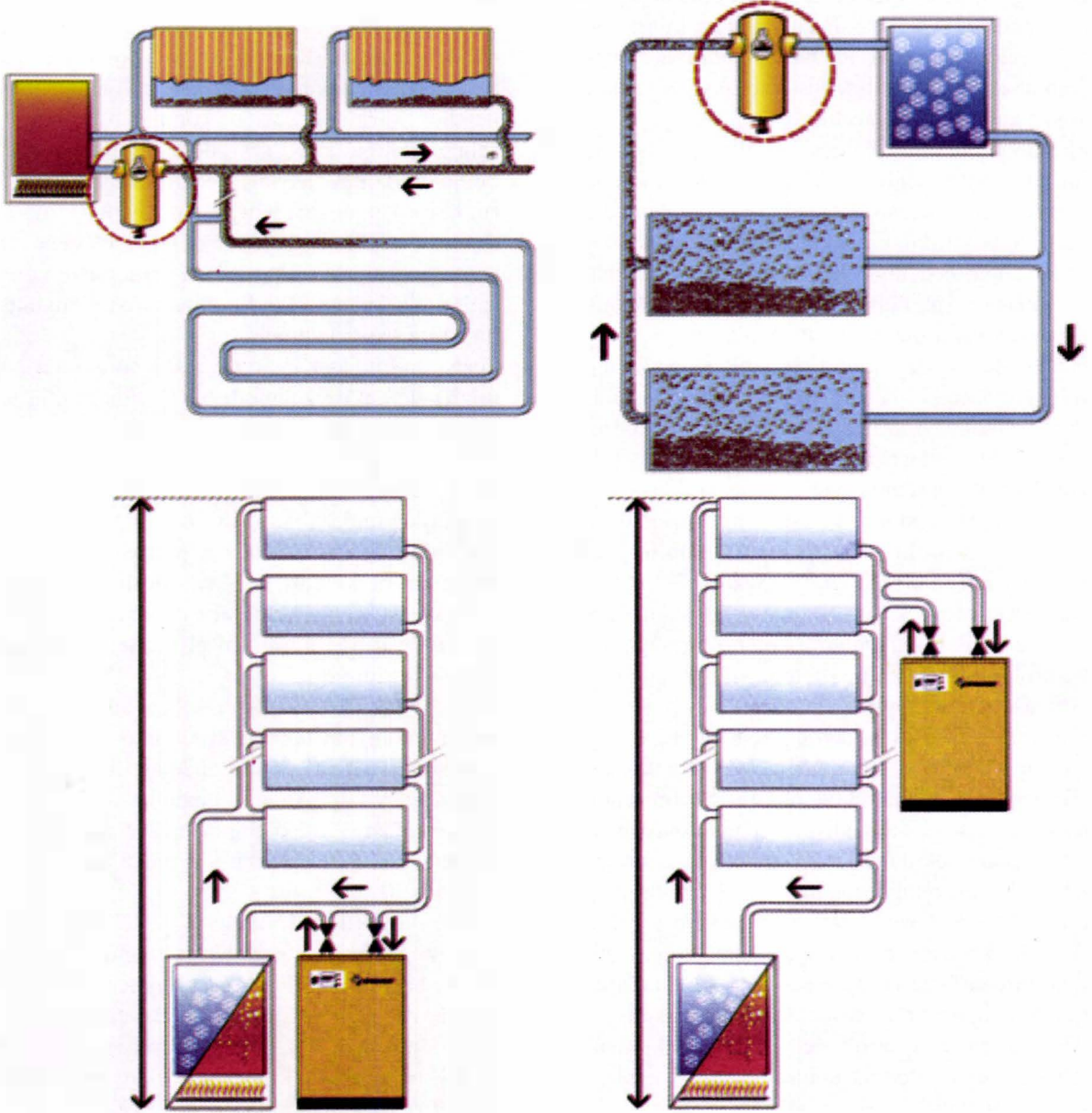
4.4.10 TORTU, PİSLİK VE HAVA AYIRICILAR

- Tesisatta Hava: Tesisat suyunun içinde eriyik halde bulunan hava su sıcaklığının artmasıyla gaz haline geçerek sistemdeki suyla birlikte dolaşmaya başlar. Bu hava, tesisattaki metal malzemelerde (boru, armatür, kazan, kombi vb) korozyona sebep olduğu gibi, ses, dolaşım bozuklukları, pompalarda kavitasyona neden olur. Radyatörlerin hava yapması nedeniyle ısınamama sorunlarını da beraberinde getirir. Özellikle oksijen bariyersiz plastik boru kullanılan yerden ısıtma tesisatlarında sisteme sürekli hava girişi olduğundan bu sorun daha da büyür.
- Tesisatta Pislik: Klasik tip pislik tutucularda temizlik ve bakım zahmetli bir iş olduğu için teknik personel tarafından yapılır. Kullanıcı tarafından kolayca yapılamaması nedeniyle temizlik genellikle ihmal edilir. Bu yüzden de filtrelerde tıkanmalar, hatta filtrenin doğrudan su geçiş yolu üzerinde olması nedeniyle su geçişini tamamen bloke etmesi sıkça görülür; dolayısıyla sirkülasyon bozuklukları, ısınamama ve işletmenin kesintiye uğraması bu tip tesisatlarda en büyük sorunlardır.
- Pislik ayırıcı korunması gereken cihazdan önce kullanılırken, hava ayırıcı sistemin en sıcak noktasına konur. Isıtma sistemlerinde ayrı iki cihaz kullanılması gerekir. Ama bir soğutma sisteminde bu iki nokta aynı yerde olduğundan ayrı ayrı iki cihaz kullanılması yerine kombi tip cihaz kullanılabilir (*Şekil 4.78*).
- Statik yüksekliğin 15 metreyi geçtiği ısıtma ve 5 metreyi geçtiği soğutma tesisatlarında veya yüksek su hacminin bulunduğu yatay tesisatlarda ise özel hava ayırıcılar kullanılır. Bu cihazlar sistemin dönüş hattı üzerine bağlanır. Cihaz temel olarak bir tank, tank girişinde manyetik kapama ventili ve tank çıkışında ise yüksek basınçlı pompadan oluşur. bulunur. Manyetik ventil açarak tank içine tesisat suyunu alır ve sonra kapanır. Yüksek basınçlı pompa, vakum etkisi yaratarak tesisat suyu içindeki havayı ayırıştırır. Açığa çıkan hava tank üzerinde bulunan otomatik pürjör ile atılır. Hava alınmış su tesisata verilir ve bu işlem tesisattaki hava tahliye edilene kadar sürer (*Şekil 4.79*).

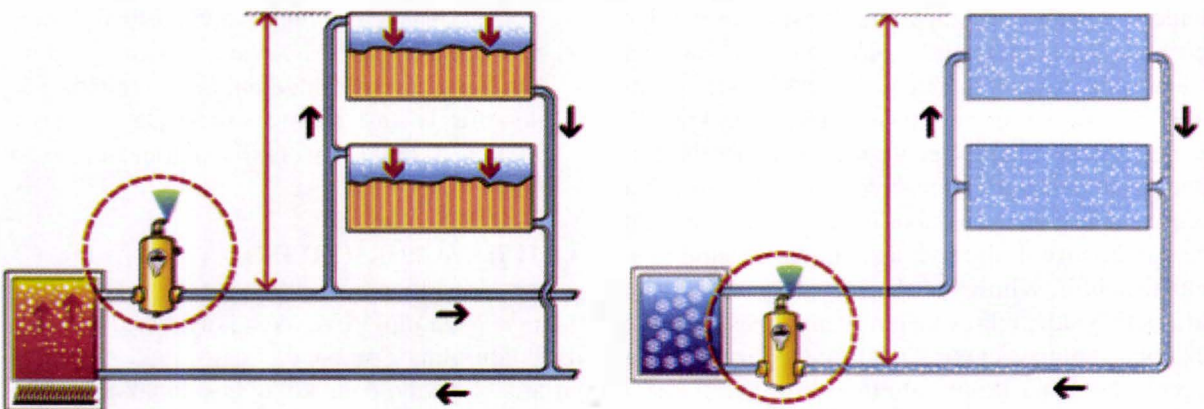
4.4.11 HAVA PÜRJÖRLERİ

Isıtma tesisatında kullanılan önemli diğer bir ekipman ise hava tüpleri ve hava pürjörleridir. Sistemin ilk doldurulması sırasında, sistemdeki büyük miktarlardaki havayı daha kolay boşaltmak için eski tesisatlarda hava tüpleri kullanılmaktaydı (*Şekil 4.80*). Hava tahliyesi için oldukça kullanışlı olsa da bu ekipmanların bir çok dezavantajı söz konusuydu.

HAVA AYIRICI MONTAJI



TORTU VE PİSLİK AYIRICI MONTAJI



Şekil 4.78. HAVA AYIRICI VE PİSLİK AYIRICI MONTAJI

Öncelikle tesisata direkt bağlı olduklarında hava atış ağızlarından su gelme riskine karşı drenaj hattına bağlanmaları gerekmektedir.

Sisteme bir bütün olarak bakıldığında bir hava tüpü; $\frac{1}{2}$ "boru+hava tüpü+ $\frac{1}{2}$ "boru+ $\frac{1}{2}$ "vana+ $\frac{1}{2}$ "drenaj borusu ekipmanlar topluluğundan oluşmaktadır.

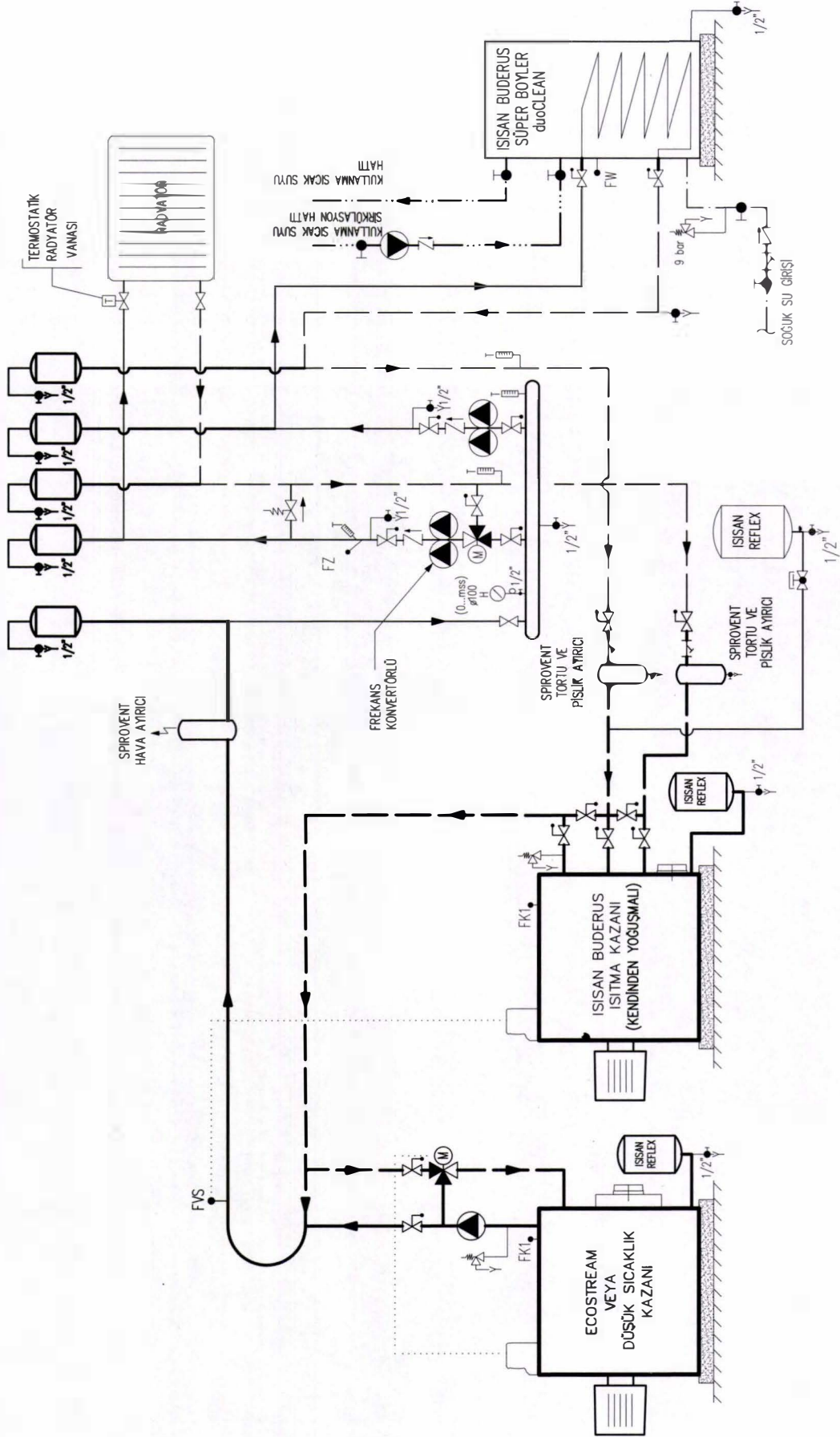
Nerdeyse kazan dairesinde sırf havayı atmak için ayrı bir tesisat yapılması gerekmektedir. Ayrıca bunların hepsi de birer ısı kaybı noktasıdır. Toplama bakıldığında belki binde bir bile olmasa da bu kayıp sonuçta çok kolay bir şekilde önüne geçilebilecek bir kayıptır.

Bu yüzden günümüzde otomatik hava pürjörleri tercih edilmektedir (Şekil 4.81). Otomatik hava pürjörü konusunda da çok dikkat edilmesi gereken

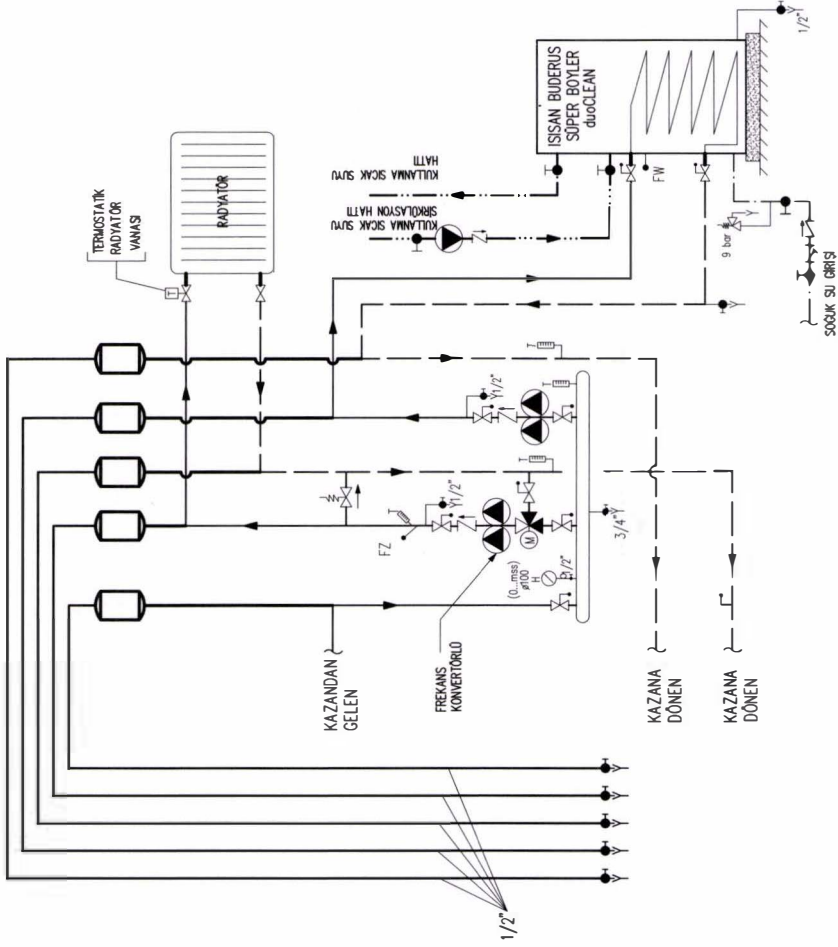
bir nokta pürjörün kalbi denebilecek olan hava atış ağzının suyla temas etmemesi gereğidir. Eğer su bu hassas ağza kadar geliyorsa bu durumda zamanla bu ağzın kireçten tıkanması, ya da bir pislik parçasının takılması nedeniyle ağzın sürekli su kaçırması olasıdır. Bu sebepten dolayı bir şamandıra sistemi ile havayı sudan ayıran bir sisteme sahip modeller tercih edilmelidir (Şekil 4.82). Bu modellerde hava suyun üzerinde bir cep oluşturmakta, burada biriktikçe şamandırayı itmektir. Yeterli basınca ulaştığında şamandıra hava atış ağzını açmakta ve hava tahliye edilmektedir. Aksi durumlarda şamandıra ağzı kapalı tutmakta ve suyla hassas ağzın teması engellenmektedir (Şekil 4.83).



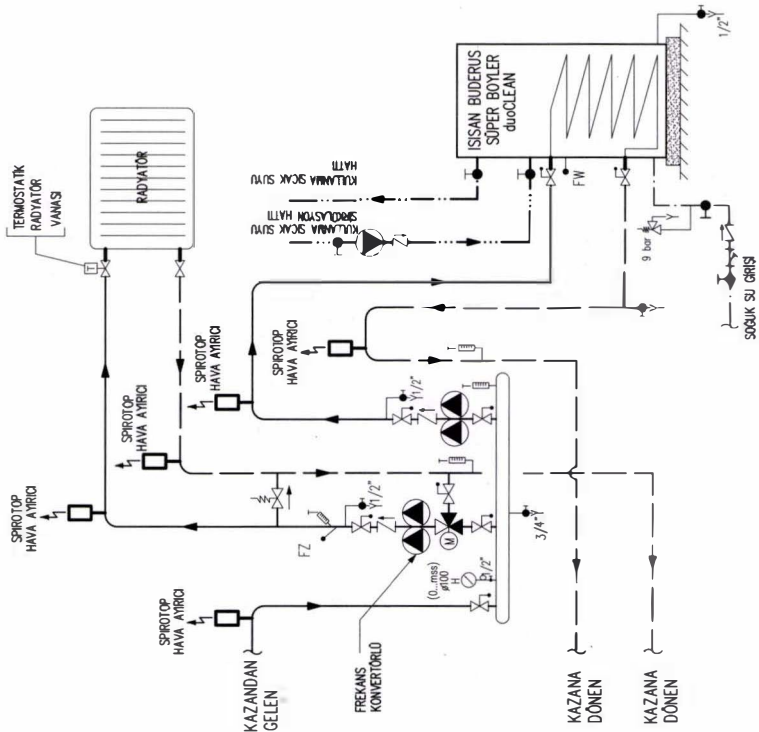
Şekil 4.79. ISISAN SUPERIOR HAVA AYIRICI UYGULAMA ÖRNEĞİ



Şekil 4.80. HAVA TÜPLERİ İLE ÇÖZÜM

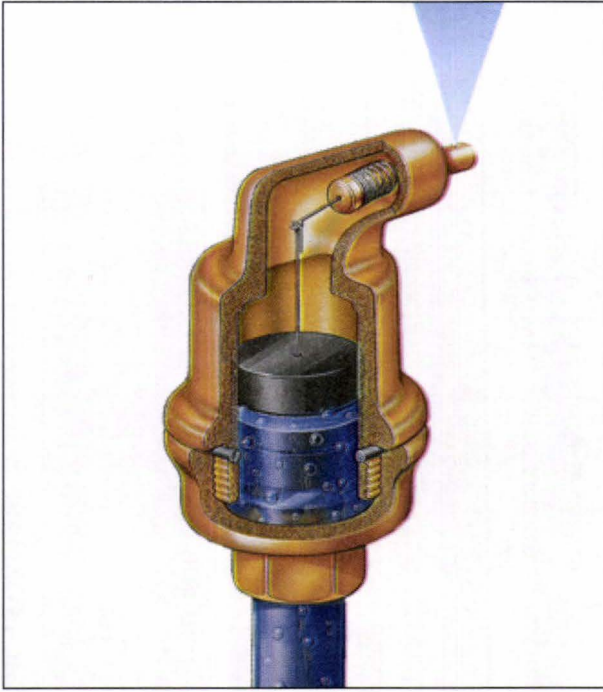


HAVA TUPU İLE ÇÖZÜM

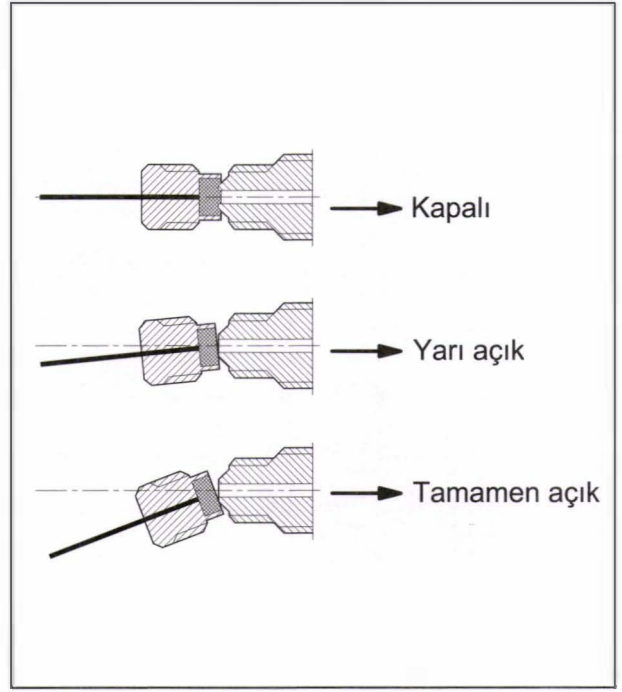


SPIROTOP İLE ÇÖZÜM

Şekil 4.81. SPIROTOP / HAVA TUPU İLE ÇÖZÜM KARŞILAŞTIRMASI



Şekil 4.82. ISISAN SPIROTOP OTOMATİK HAVA PÜRJÖRÜ



Şekil 4.83. ISISAN SPIROTOP OTOMATİK HAVA PÜRJÖRÜNÜN ÇALIŞMA PRENSİBİ



Şekil 4.84. DENG KABI

4.4.12 HİDROLİK DENGEME

Isıtma sistemlerinde hidrolik olarak dengelenecek birbirinden bağımsız birçok sistem parçası vardır. Bunlar, çok kazanlı sistemlerde kazanlar, dağıtım sisteminde kolonlar ve ısı transferinde radyatör, yerden ısıtma ve benzeri ısıtıcılardır. Hidrolik dengesi olmayan ısıtma sistemleri problemlili çalışır ve yüksek oranda enerji harcar.

4.4.12.1 Çok Kazanlı Sistemlerde Hidrolik Dengeleme

Çok kazanlı sistemlerde kazanlar ile ısıtma tesisatı arasında denge kabı konularak hidrolik olarak kazanlar ile ısıtma sistemi birbirinden ayrılır ve kazan tarafı kendi içinde hidrolik olarak dengelenir (Şekil 4.84). Denge tanklı uygulamada kazanlar ve ısıtma zonları uygun su debisi altında çalışır. Denge kabının iki tarafındaki ayar elemanları (örneğin üç yollu vanalar), kendi devrelerinin kapasitesine göre boyutlandırılır ve optimal olarak çalışır.

Eğer Ecostream kazan kullanılıyor ise ve ısıtma devrelerindeki üç yollu vanalar kazan panelinin kontrolünde, kazan üç yollu vanası kullanmaya gerek yoktur.

4.4.12.2 Kolonlarda Hidrolik Dengeleme

Aynı kolon hattı üzerinde bulunan en son radyatörden de yeterli debi geçebilmesi için pompanın üreteceği basınç farkının en az tüm basınç düşümlerinin toplamı kadar olması gereklidir. Bunun sonucunda diğer tüm radyatörlerde çok yüksek bir basınç farkı oluşarak, bu radyatörlerden fazla debi geçmesine ve enerji tüketiminin artmasına sebep olacaktır. Fazla basınç farkını yok etmek için kolon ayar vanaları kullanılır. Böylece istenen debi kontrol ve ayar edilebilir.

Söz konusu kolonlarda eksik olan debi miktarları, enerji tüketimini artırır. Sistemdeki tüm radyatörleri yeterli miktarda debi ile besleyebilmek için yüksek pompa gücüne ihtiyaç vardır, diğer taraftan da basınç kaybı düşük olan radyatörlerden fazla debi geçecektir. Bunun sonucunda da gereğinden yüksek oda sıcaklıklarına ulaşılabacaktır. Binalarda İstanbul şartlarında ortam sıcaklığının 1°C artırılması yakıt tüketimini yaklaşık %10 artırmaktadır.

4.4.12.3 Radyatörlerde Hidrolik Dengeleme

İçinden tasarım debisinin 3 katı debi geçen bir radyatörün anma gücünde sadece %10 mertebesinde bir artış olur. İçinden tasarım debisinin %50'si kadar debi geçen bir radyatör, anma gücünün %85'ini verebilir. Bunun anlamı, sistemlerde hidrolik dengelemenin yerini kapasitesi yüksek seçilen pompaların almış olduğudur. Bunun sonucunda sistem hacimsel debileri tasarım debilerinin %200 - 400 üzerindedir. Bazı radyatörlerin aşırı beslenmesi, sistemdeki gidiş ile dönüş sıcaklık farkının düşmesine yol açar. Bu şekilde dönüş suyu sıcaklığı yükselir ve kazan daha verimsiz çalışmaya başlar.

Hidrolik dengeleme için hesap yapılırken önce her odanın ısı ihtiyacı belirlenmeli, daha sonra radyatör yüzeyleri hesaplanmalı, oluşan gerçek dönüş suyu sıcaklığı dikkate alınarak her radyatörün hacimsel debisi hesaplanmalı ve elde edilen radyatör hacimsel debileri yardımı ile boru tesisatı boyutlandırılmalıdır.

Her bir radyatörün hesaplanan debi ile beslenebilmesi için ayarlanabilir termostatik vanalara ihtiyaç vardır. Radyatör giriş hattı üzerine takılan termostatik vanalar ile oda sıcaklığına bağlı olarak sıcak su debisi ayarlanır. Termostatik vanalar ile hem odalarda harici ısı kazancı ile oda sıcaklığında bir artış söz konusu olduğunda yakıt tasarrufu sağlanmaktadır, hem de radyatörlerden aşırı debi geçmesi engellenmektedir. Termostatik vanalar ile beraber değişken debili (frekans kontrollü) sirkülasyon pompalarının kullanılması, termostatik vanaların çoğunluğunun kapandığı durumlarda pompanın sıkışmasını da engelleyecektir.

4.4.12.4 Isıtma Tesisatlarında Kayıp Faktörleri

Oda sıcaklığının 1°C artırılması İstanbul şartlarında yakıt tüketimini yaklaşık %10 artırmaktadır.

Kazan gidiş su sıcaklığının yükselmesi, kazan veriminin düşmesine neden olur. Kazan gidiş su sıcaklığı artınca kazanda baca ve ışınlım kayıpları ve boru tesisatındaki ısı kayıpları artar.

Baca gazı sıcaklığının 20 K yükselmesi, baca gazı kayıplarını %1,2 artırır.

Kazan sıcaklığının her 10 K yükselmesi, ışınlım kayıplarını %0,25 yükseltir.

Boru tesisatındaki ortalama su sıcaklığının her 10 K artışı, dağıtım kayıplarının %1,5 yükselmesine sebep olur. Hidrolik dengeleme ile bu kayıp faktörlerinden %5 ila %15 arasında tasarruf yapmak mümkündür. Dengelenmesi yapılmamış dağıtım ağlarında, debinin yükseltilmesi sonucunda pompanın enerji ihtiyacı artar. Hidrolik dengeleme ve devir kontrollü pompalar ile, pompa enerji tüketimi %40 mertebelerinde azaltılabilir.

4.4.13 DEĞİŞKEN DEVİRLİ SİRKÜLASYON POMPALARI

HVAC sistemlerinde pompaların enerji tüketim payları önemlidir. Özellikle tam sulu klima sistemlerinde, yıllık elektrik enerjisi tüketiminde pompalar önemli paya sahiptir. Bu tür klima sistemlerinde, HVAC cihazları toplam elektrik tüketimi içinde pompaların payı, %3 - 12 mertebesinde.

Isıtmada kullanılan sirkülasyon pompaları küçük güçlü olsalar da, sürekli çalıştırlarından toplamda tükettikleri elektrik enerjisi çok büyüktür. AB ülkelerinde konut ısıtmada kullanılan küçük (gücü 250 W'dan küçük) sirkülasyon pompaları yılda yaklaşık olarak 40 TWh/yıl (= 40.106 kWh/yıl) elektrik enerjisi tüketmektedir.

Sirkülasyon pompaları zamanlarının büyük kısmında kısmi yükte çalışır. Almanya için ısıtmada kullanılan sirkülasyon pompaları kısmi yüklerde yıllık çalışma süresi oranları *Tablo 4.85*'te verilmiştir. Buna göre pompa ısıtma mevsiminin % 44 zamanında, %25 kısmi yükte çalışmaktadır. Bu tür bir çalışma rejiminde değişken devirli pompalar kullanılarak yılda %25-80 elektrik enerjisi tasarrufu sağlamak mümkündür.

Sıcak su tesisatında kullanılan sirkülasyon pompalarının sağladığı tasarrufun değerlendirilmesi için bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada Ankara'da tipik bir kış mevsimi boyunca sirkülasyon pompalarının enerji tüketimi hesaplanmıştır. Kısmi yüklerde değişken devirli pompanın, basıncı sabit tutacak biçimde çalıştırıldığı dikkate alınarak gerekli güç değeri bulunmuştur. Güç değeri çalışma süresiyle çarpılarak harcanan elektrik enerjisi bulunmuştur. Öte yandan sabit debili halde güç değeri sabit kalır. Bu sabit güç değeri yıllık çalışma saatiyle çarpılarak sabit debili sistemin enerji tüketimi kolayca bulunabilir.

Debi Oranı	Zaman Oranı
%100 Tam Yük	%6
%75 Kısmi Yük	%15
%50 Kısmi Yük	%35
%25 Kısmi Yük	%44

Tablo 4.85. POMPALARIN FARKLI YÜK ORANLARINDA ORTALAMA ÇALIŞMA SÜRELERİ

Ankara için 90/70°C sistemde örnek bir hesap aşağıda verilmiştir:

Sistem ısı gücü 1.000.000 kcal/h olarak alınmıştır. Buna göre değişken debili pompanın,

Yıllık elektrik tüketimi = 913 kWh

Yıllık maliyeti = 146 EUR olmaktadır.

Buna karşılık sabit devirli pompanın,

Yıllık enerji tüketimi = $833 \times 4957 = 4.129$ kWh

Yıllık maliyeti = 661 EUR olmaktadır.

Her iki tip pompa arasında yıllık enerji tüketim farkı 3.218 kWh ve bunun parasal karşılığı 515 EUR değerindedir. Tasarruf oranı %78 olarak hesaplanmıştır.

4.5 LOGAMATIC PANEL İLE OTOMASYON (Kazan Kontrol Panelleri İle Ekonomi)

4.5.1 BİNANIN İZOLASYON DURUMUNA GÖRE KAZANIN ÇALIŞMASI

Logamatic Panel'e binanın izolasyon durumu ile ilgili bilgiler girilebilir. Bu sayede Logamatic Panel binanın ısı depolama kapasitesi ile ilgili bilgi sahibi olur ve özellikle yaz/kış zamanlarında yaşanan evin sıcak, dış havanın soğuk olması ya da evin soğuk, dış havanın sıcak olması gibi durumlarda meydana gelen sıcaklık dengesizliklerini önler. Bina izolasyonu panel üzerinden kötü, orta ve iyi olarak seçilebilir.

Eğer bina izolasyonu kötü seçilmiş ise Logamatic Panel dış hava sıcaklığındaki değişimleri yaklaşık 1 saat daha geç takip eder. Örneğin saat 11:00'de dış hava sıcaklığı 17°C olsun. Logamatic Panel'de kötü izolasyon seçilmiş ise panel bu sıcaklığı saat 12:00'de 17°C olarak algılayacaktır. Bu sayede hava soğuduğu anda devreye girmeyecek, evin ısı depolama kabiliyetinden de faydalanacak ve yaklaşık 1 saat sonra devreye girerek hem tasarruf hem de konfor sağlayacaktır (Şekil 4.86).

Klasik otomasyon panellerinde dış hava sıcaklığı yaz/kış geçiş sıcaklığı altına düştüğü anda sistem kış konumuna geçer. Bu durumda özellikle ev hala sıcak olduğundan aşırı ısınma meydana gelir ve konfor bozulur, yakıt sarfiyatı artar. Aynı şekilde kışın birden güneş çıktığında sistem hemen yaz konumuna geçer ve bu seferde ev soğur ve konfor bozulur.

Bina izolasyonu "orta" seçildiğinde, Logamatic Panel mevcut dış hava sıcaklığını yaklaşık olarak 3 saat gecikme ile hisseder. Örnek olarak saat 11:00'de dış hava sıcaklığı 17°C olsun. Logamatic Panel dış hava sıcaklığını saat 14:00'de 17°C olarak hissedecektir. Bina izolasyonu orta derecede olduğundan evin ısı tutma kabiliyeti daha iyidir ve Logamatic Panel bunu kullanacaktır. Bina izolasyonun "iyi" seçildiği durumda ise, Logamatic Panel mevcut dış hava sıcaklığını yaklaşık olarak 5 saatlik bir gecikme ile takip edecektir. Bina izolasyonu iyi olduğundan evin ısı tutma

kabiliyeti yüksektir. Yani hava soğusa bile ev hemen soğumayacaktır. Logamatic Panel bundan dolayı kazanı hemen devreye sokmaz, gecikmeli olarak çalıştırır.

4.5.2 ISITMA SİSTEMİNE GÖRE KAZANIN ÇALIŞMASI

Logamatic Panel'de ısıtma eğrisi değişik ısıtma sistemlerine göre hazır olarak tanımlanmıştır. Radyatör, yerden ısıtma, konvektör, sabit, oda termostadı ve kendi eğrimiz şeklinde değişik ısıtma sistemleri alternatifleri için yılların tecrübeleri ve bilgisayar desteği ile tasarlanmış ideal ısıtma eğrileri tanımlanmıştır (Şekil 4.87). Bu sayede kullanıcı ısıtma eğrisi seçimini yaparken sadece sistemin tanımını girmesi yeterlidir. Böylece ısıtma sistemimizde optimum ısıtma eğrisi ve çok iyi bir konfor ile çalışmak mümkün olacaktır.

Klasik otomasyon panellerinde bu tip bir ayarın konusu değildir. Sisteme uygun eğrinin seçimi için ya bu konuda tecrübeli ve uzman bir kişinin seçimi, ya da kullanıcının belirli bir süre deneme yanılma ile uygun eğriyi tespit etmesi söz konusudur. Bu süre zarfında da hem gereksiz yere enerji sarfiyatı olacak hem de yeterli konfor sağlanamayacaktır.

Logamatic Panel'de tanımlanmış ısıtma eğrileri kullanıcının isteği doğrultusunda çok basit bir şekilde değiştirilebilir. Bu değişiklik oda sıcaklığının değiştirilmesi ile yapılabileceği gibi (bu durumda oda sıcaklığındaki değişim oranında Logamatic Panel ısıtma eğrisini düşürür veya artırır) manuel olarak da, eğrinin tepe noktasını arttırıp-azaltmakla da yapılabilir. Örneğin fabrikasyon ayar -10°C dış hava sıcaklığında ısıtma devresi sıcaklığı 75°C'dir. Gerekirse bu 75°C sıcaklık arttırılıp düşürülebilir. Böylece ısıtma eğrisinin eğimi de değişeceğinden, diğer dış hava sıcaklıklarındaki ısıtma suyu sıcaklıkları da değişecektir (Şekil 4.88).

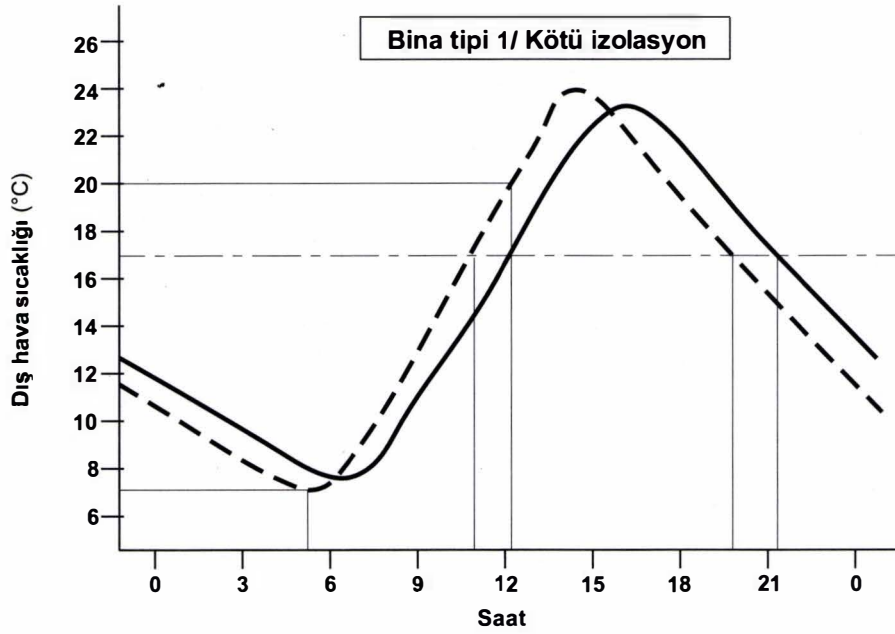
Klasik otomasyon panellerinde ısıtma eğrisini değiştirmek istenirse sadece tanımlı eğriler seçilebilir. Örnek olarak otomasyon panelinde 5 tane eğri tanımlanmış ise bunların ara değerlerini ayarlamak mümkün değildir. Sadece 5 eğriden biri seçilebilir. Ara ihtiyaçlarda ya bir üst eğri ya da bir alt eğri seçilmek zorundadır.

Sabit ve Kendi Eğrini Seçebilme Özelliği (Şekil 4.89):

Logamatic Panel'de her türlü ısıtma tesisatına uyum sağlayacak eğriler tanımlanmıştır. "Sabit" eğri seçildiğinde dış hava sıcaklığından bağımsız olarak istenilen sabit sıcaklıkta ısıtma suyu elde edilebilir. Örneğin havuz ısıtmasında ya da sanayide herhangi bir proses uygulamasında, yaz kış 75°C sabit sıcaklık istenebilir. Bu durumda Logamatic Panel'den sadece eğri tipini "Sabit" seçmek ve çalışma sıcaklığını belirtmek yeterli olacaktır.

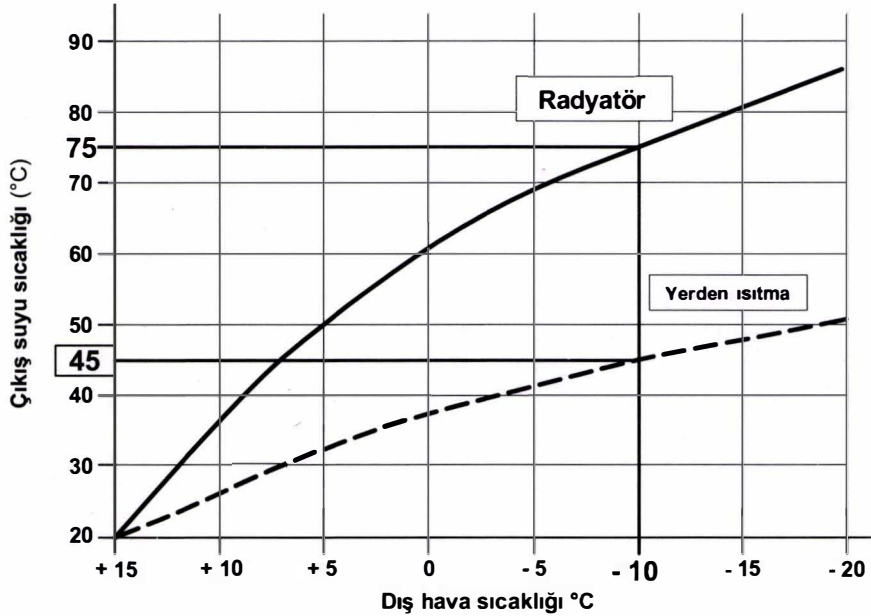
Bazı durumlarda ısıtma sisteminin çalışma eğrisinin tamamen özel olarak dizayn edilmesi gerekebilir.

GENEL VERİLER-BİNA TİPİ:KÖTÜ



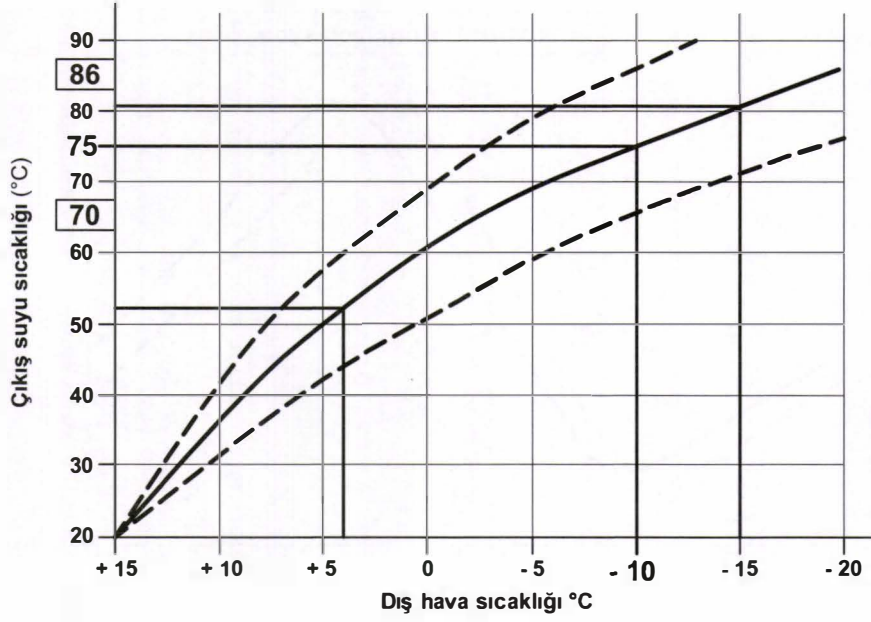
Şekil 4.86. LOGAMATIC PANEL'DE DIŞ HAVA SICAKLIĞINA GÖRE DEVREYE GİRME PRENSİBİ - BİNA İZOLASYONU: KÖTÜ

ISITMA EĞRİSİ SEÇİMİ



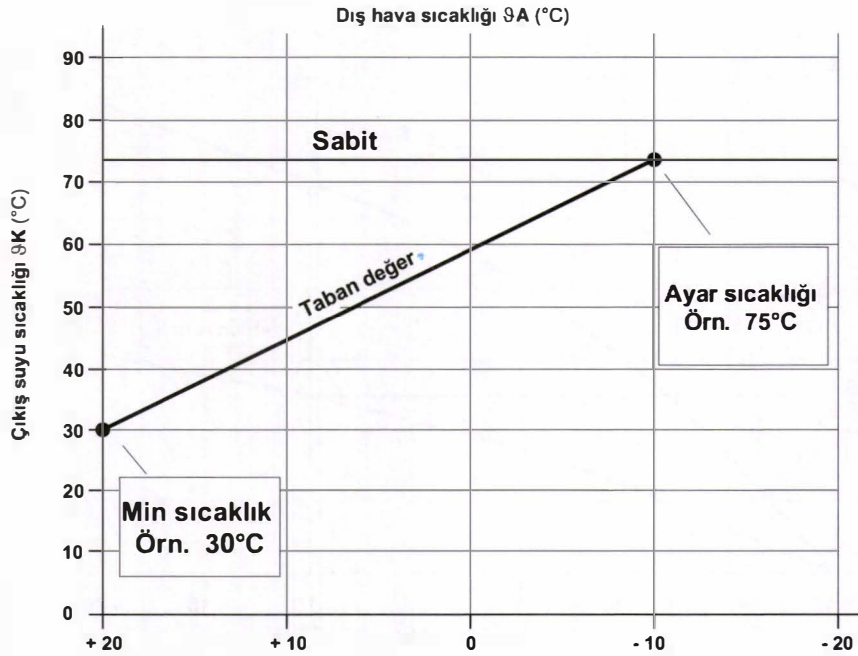
Şekil 4.87. LOGAMATIC PANEL'DE ÇALIŞMA EĞRİLERİ

ISITMA EĞRİSİ SEÇİMİ



Şekil 4.88. LOGAMATIC PANEL'DE ÇALIŞMA EĞRİSİ AYARI

ISITMA EĞRİSİ SEÇİMİ



Şekil 4.89. LOGAMATIC PANEL'DE SABİT EĞRİ VE KENDİ EĞRİNİ SEÇEBİLME ÖZELLİĞİ

Özellikle sanayide bazı proseslerde ya da sıcak sulu hava perdesi, hava apareyi gibi ısıtma elemanlarının bulunduğu sistemlerde ısıtma eğrisinin taban ve tavan noktalarının tanımlanması gerekebilir. Bu durumda Logamatic Panel’de “Sıcaklık Eğri Başlangıç Noktası” seçilerek bu eğri tanımlanabilir. Örnek olarak dış hava 20°C iken 48°C gidiş suyu sıcaklığı, dış hava -10°C iken 73°C gidiş suyu sıcaklığı gibi bir tanımlama rahatlıkla yapılabilir.

Klasik otomasyon panellerinde standart eğriler dışında özel isteklere cevap verecek ısıtma eğrileri tanımlanamaz. Bundan dolayı ihtiyaçtan daha yüksek değerlerde eğriler tanımlanabilir. Bu da gereksiz yere enerji sarfiyatına sebep olur.

4.5.3 ODA SICAKLIĞINA GÖRE KAZANIN ÇALIŞMASI (Şekil 4.90)

Logamatic Panel ile ısıtma sistemine, dış hava sıcaklığından bağımsız olarak sadece oda içerisindeki sıcaklık değişimlerine bağlı olarak da kumanda etme imkanı vardır. Bu tip ısıtma eğrisine “Oda termostati” adı verilir ve bu fonksiyon için oda içerisinde MEC2 oda kumandasının bulunması gerekir. Örnek olarak oda kumandasından istediğimiz oda sıcaklığını 20°C olarak ayarlayalım. Mevcut oda sıcaklığı ile ayarladığımız oda sıcaklığı arasındaki fark 1,5°C’den daha büyük ise ısıtma tesisatı yüksek sıcaklıkta çalışır (Bu sıcaklık tarafımızdan Logamatic Panel’e girilebilir. Yukarıdaki diyagramda 75°C olduğu görülmektedir.). Mevcut oda sıcaklığı ile ayarlanan oda sıcaklığı arasındaki fark 1°C altına düşmeye başladığı anda gidiş suyu sıcaklığı da düşmeye başlar. Mevcut oda sıcaklığı ayarlanan oda sıcaklığını 1,5°C geçtiği anda sirkülasyon pompası durur (üç yollu vana da kapanır). Oda soğumaya başlar ve mevcut oda sıcaklığı ayarlanan oda sıcaklığına düşerse pompa ve üç yollu vana devreye girerek ısıtma eğrisine göre ihtiyaç olan sıcaklıkta suyu tesisata gönderir. Bu sayede mevcut oda sıcaklığı, ayarlanan oda sıcaklığını altına hiçbir zaman düşmez ve sabit olarak tutulur.

Klasik oda termostatlı sistemlerde termostatin çalışma diferansı min. $\pm 1^\circ\text{C}$ ’dir. Bundan dolayı oda içerisindeki sıcaklık dalgalanması daha yüksek olur ve gereksiz yakıt sarfiyatı söz konusudur.

4.5.4 ÇALIŞMA EĞRİSİNİN ODA SICAKLIĞINA GÖRE OTOMATİK DÜZENLENMESİ

Logamatic Panel binanın ısıtma eğrisini, oda içerisindeki sıcaklık değişikliklerine veya müşteri isteklerine bağlı olarak sürekli değiştirebilme özelliğine sahiptir. Isıtma sistemi için Logamatic Panel’de sadece bir eğri tipi seçmek çözüm değildir. Aynı zamanda oda içerisinde de ölçümler alınarak egride bir takım düzeltmeler yapılabilir. Eğer oda kumandası var ise (tek aileli sistemlerde tavsiye edilir) Logamatic Panel bu

düzeltilmeyi otomatik olarak yapar. Eğer oda kumandası yok ise (çok aileli evler) bu değer oda içerisinde manuel olarak ölçülerek Logamatic Panel’e girilebilir ve bu sayede Logamatic Panel eğriyi düzeltebilir.

Klasik otomasyon panellerinde bu tip düzeltmeler bir düşük veya bir yüksek eğriyi seçmek şeklinde yapılır ve ara değerde eğriler olmadığından hiçbir zaman ideal sıcaklıklar yakalanamaz.

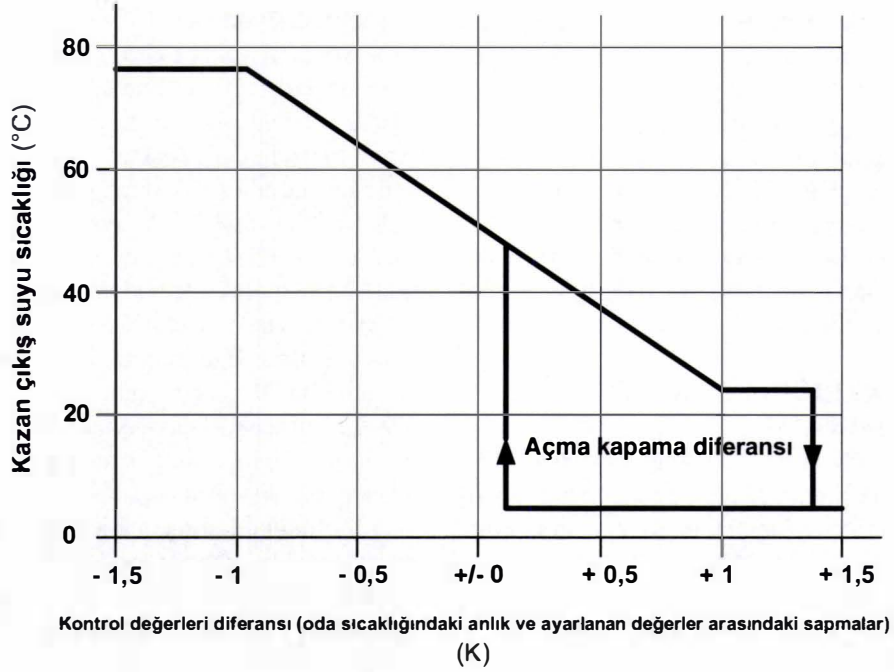
Örnek bir çalışma yaparsak, dış hava sıcaklığı 0°C iken mevcut oda sıcaklığına göre ihtiyaç olan ısıtma suyu sıcaklığı 60°C, oda ayar sıcaklığı da 21°C olsun (Şekil 4.91). Logamatic Panel mevcut oda sıcaklığını 22°C olarak ölçerse ısıtma eğrisini 3 K düşürecektir. Böylece sistem 60°C yerine 57°C sıcaklık ile çalışacaktır. Eğer tam tersi bir durum söz konusu ise yani oda 20°C ise Logamatic Panel ısıtma eğrisini 9 K arttıracak, dolayısıyla 60°C yerine 69°C ısıtma suyu ile çalışacaktır (Şekil 4.92). Buradaki farkın sebebi, sistemin soğumasını engellemek daha önemli olduğunda Logamatic Panel eğriyi arttırırken mevcut sıcaklık ile ayar sıcaklığı arasındaki farkı 9 K ile çarpmasıdır. Amaç oda sıcaklığını çok çabuk bir şekilde yükseltmektir (Bu durumda diğer odaların aşırı ısınmasını engellemek için mutlaka termostatik vana kullanılması tavsiye edilir.).

Böyle durumlar genellikle oda kumandasının bulunduğu ortamlardaki lokal sıcaklık değişiklikleri söz konusu olduğunda yaşanabilir. Örneğin şöminenin yakılması, pencerelerin açılarak odanın havalandırılması vb bu sebepten dolayı oda kumandasının konulacağı yer çok iyi tespit edilmeli ve ev içindeki diğer ısıtma elemanlarında termostatik vana kullanılmalıdır.

Klasik otomasyon panellerinde oda sıcaklığı düştüğünde ya da yükseldiğinde ısıtma eğrisinde bir değişiklik olmaz. Bundan dolayı ısıtma eğrisi evdeki sıcaklık değişimlerine uyum sağlayamaz. Ev ya çok ısınır ya da soğuk olur. Dolayısıyla genellikle yüksek eğri ayarları yapılır ve ev çok sıcak olduğunda radyatörler kapatılır ya da pencereler açılır. Bu durumda yakıt sarfiyatı artar. Oda ayar sıcaklığı ile oda sıcaklığı arasında 3 K fark olduğu durumu incelersek, yani oda ayar sıcaklığı 21°C ve mevcut sıcaklık 18°C olsun. Bu durumda Logamatic Panel ısıtma suyu sıcaklığını 27 K arttıracaktır ($3 \times 9 = 27 \text{ K}$). Bu durumda tesisat suyu sıcaklığı 60°C değil 87°C olacaktır. Tam tersi bir durum söz konusu olduğunda, yani ayar sıcaklığı 21°C fakat ölçülen oda sıcaklığı 24°C iken Logamatic Panel ısıtma suyu sıcaklığını 9°C düşürecektir ($3 \times 3 = 9 \text{ K}$). Yani 60°C yerine 51°C tesisat suyu sıcaklığı elde edilecektir (Şekil 4.93). Bu şekilde eğer sadece oda kumandasının olduğu odada bir sıcaklık artışı olmuşsa bile tüm ev tamamen soğumayacaktır.

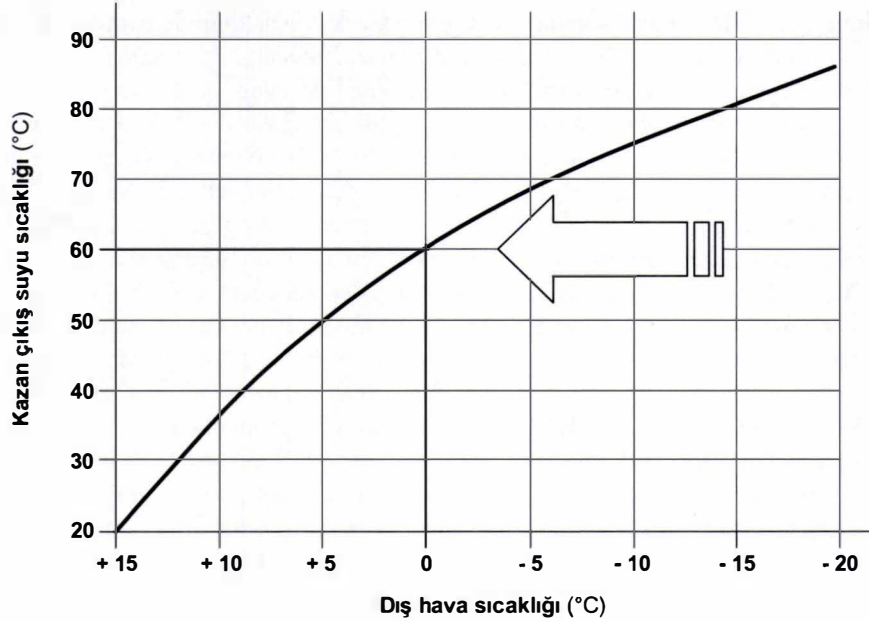
Son olarak oda ayar sıcaklığı ile oda sıcaklığı arasında 10 K fark olduğu durumu incelersek; yani oda ayar sıcaklığı 21°C iken, ölçülen oda sıcaklığı 11°C olsun.

ODA TERMOSTADI



Şekil 4.90. LOGAMATIC PANEL'DE ODA SICAKLIĞINA GÖRE ÇALIŞMA

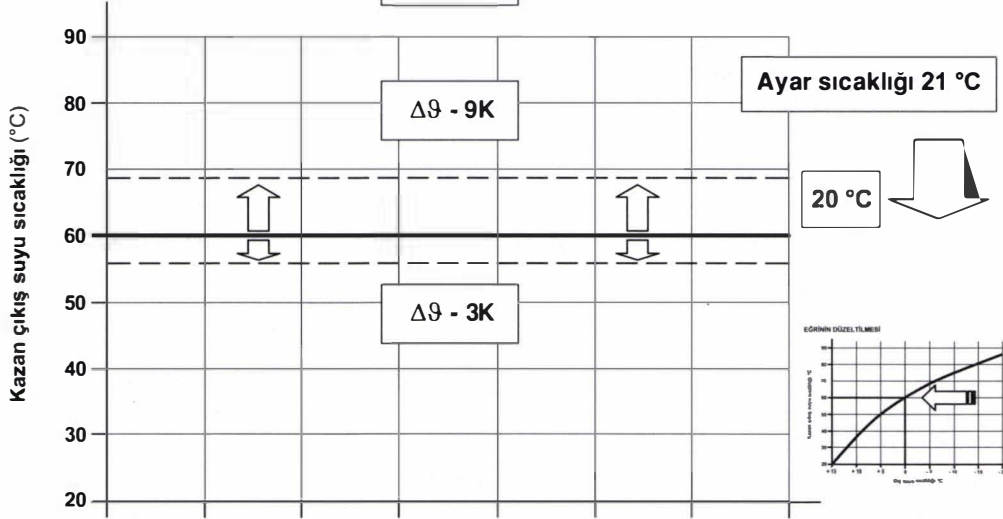
EĞRİNİN DÜZELTİLMESİ



Şekil 4.91. ÖRNEK - ÇALIŞMA EĞRİSİ

EĞRİNİN DÜZELTİLMESİ

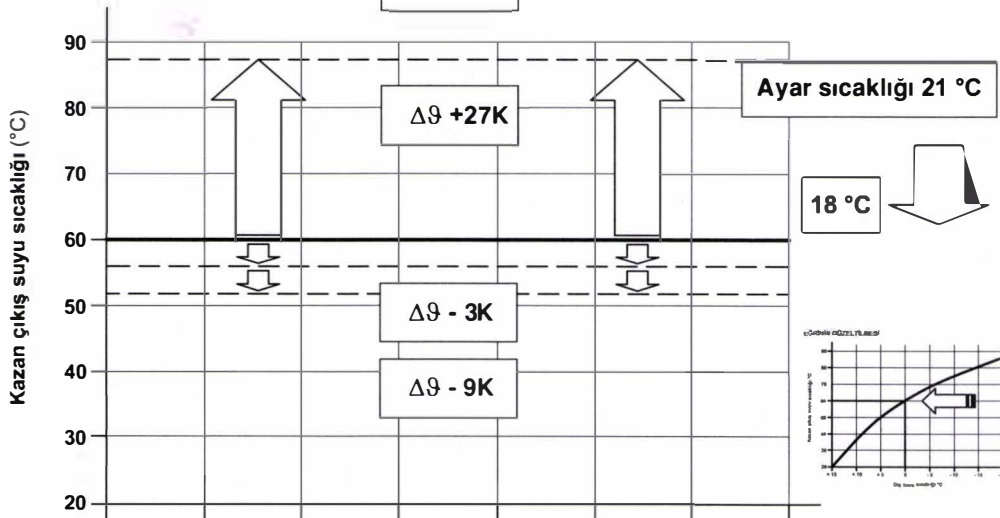
Fark 1



Şekil 4.92. ÖRNEK - ODA SICAKLIĞI AYAR SICAKLIĞINDAN 1°K DÜŞÜK VEYA YÜKSEK OLURSA

EĞRİNİN DÜZELTİLMESİ

Fark 3



Şekil 4.93. ÖRNEK - ODA SICAKLIĞI AYAR SICAKLIĞINDAN 3°K DÜŞÜK VEYA YÜKSEK OLURSA

Bu durumda ise Logamatic Panel tesisata giden suyun sıcaklığını 90°C'a arttıracaktır. Tam tersi durumda ölçülen oda sıcaklığı 31°C olduğunda ise tesisata giden suyun sıcaklığını 30 K düşürecek (Şekil 4.94).

Bu ayar sistemi özellikle evin soğuk olması durumunda hızlı bir şekilde ısıtılmasını sağlayacaktır (Özellikle hafta sonu evlerinde gerekli olacaktır.). Klasik otomasyon sistemleri sürekli standart bir eğri ile çalıştırlarından bu türlü bir adaptasyon sağlayamaz. Bu yüzden ev çok geç ısınır.

Aynı zamanda sadece oda kumandasının olduğu yerde bir sıcaklık artışı olursa, evin diğer odalarının tamamen soğuması engellenecektir. Klasik otomasyon sistemlerinde oda kumandası kazanı tamamen kapatacak ve ölçüm değeri ayar değeri altına düşene kadar çalıştırmayacaktır. Dolayısıyla evin diğer odalarında soğuma olacaktır.

4.5.5 ÇALIŞMA EĞRİSİNDE MANUEL DÜZELTME

Düzeltilme fonksiyonu, oda kumandası kullanılmadığı durumlarda manuel olarak panele girilen değere göre ısıtma eğrisini paralel kaydırır. Örnek olarak -10°C dış hava sıcaklığında 75°C ısıtma suyu ile çalışan bir ısıtma eğrisinde, oda içinde istediğimiz sıcaklık 21°C olsun. Odaya konan bir termometre yardımı ile odada 18°C sıcaklık ölçüldüğünde eğriyi düzeltmek için,

panel üzerinden düzeltme ayarı +3 K verilir, böylelikle ısıtma eğrisi +9 yukarıya doğru paralel kayacaktır. Bu durumda oda sıcaklığı istendiği gibi yaklaşık olarak +3°C kadar artacaktır (Şekil 4.95).

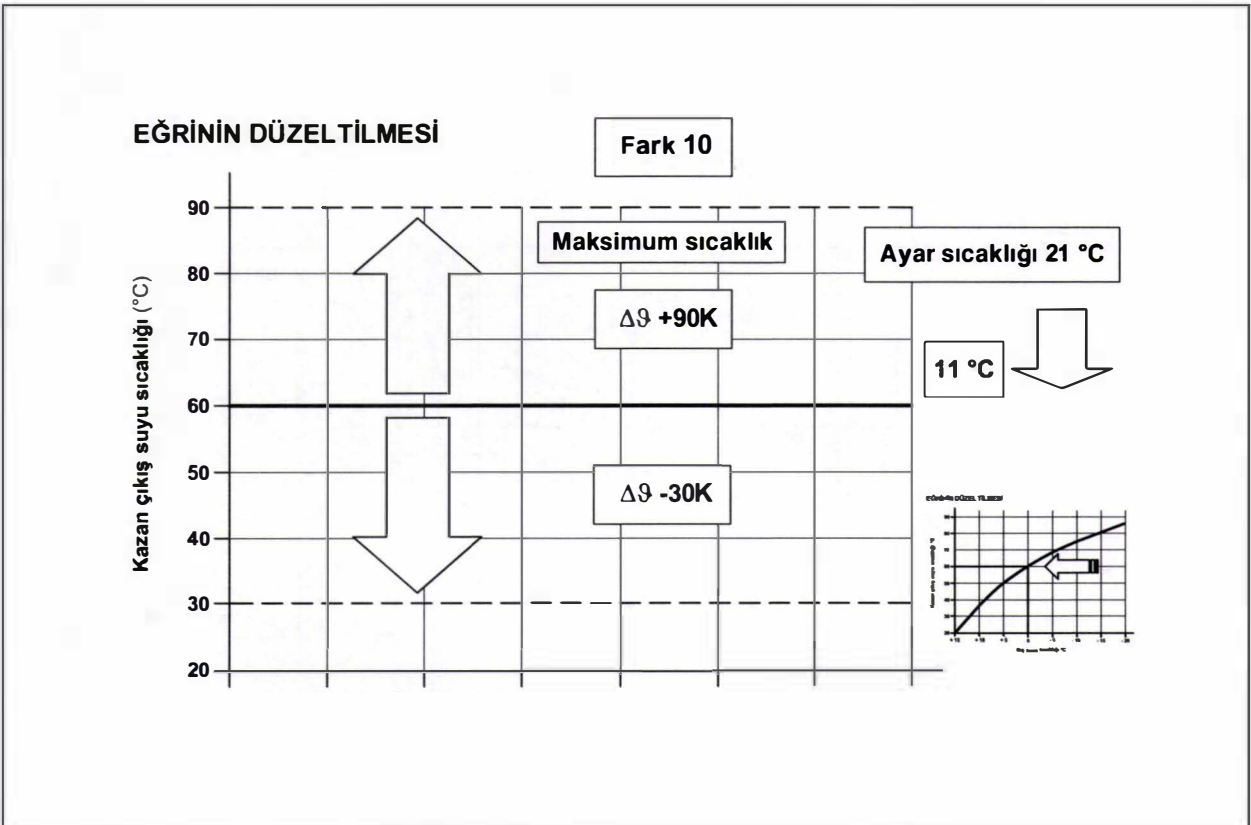
Oda içinde istenen sıcaklık 21°C fakat oda içindeki termometrede 23°C ölçülüyor ise, Logamatic Panel üzerinden düzeltme fonksiyonu -2 K verildiğinde ısıtma eğrisi 6 aşağıya doğru paralel kayacaktır. Bu durumda oda sıcaklığı yaklaşık olarak 1,5 - 2°C kadar düşecektir (Şekil 4.96).

Klasik otomasyon panellerinde oda içinden alınan bir ölçüm ile eğrinin ne kadar artırılıp düşürülmesini gerektiğini bilmek tecrübe, uzun süreli bir deneyim istemektedir. Bu tip durumlarda uzman kişilerin panele müdahale etmesi gerekmektedir.

4.5.6 DÜŞÜK İŞLETME ŞEKİLLERİ

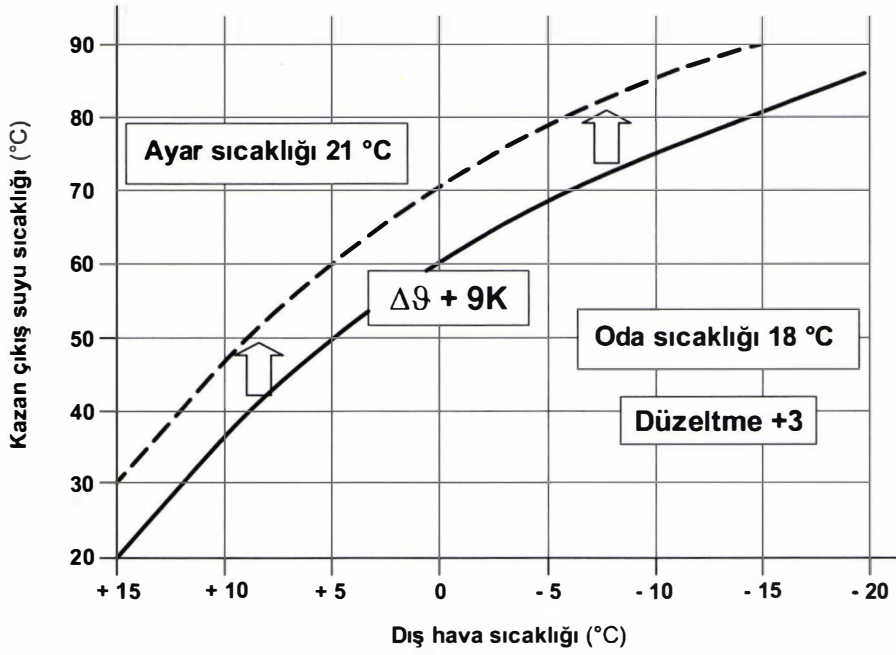
Logamatic Panel üzerinden normal çalışma süreleri dışında düşük sıcaklıkta çalışma eğrisi de seçilebilir. Özellikle geceleri veya gündüzleri belirli saatler arasında ısıtma sisteminin daha düşük sıcaklıkta çalışması istendiğinde bu fonksiyonlar kullanılabilir.

- Kapama
 - Oda sıcaklığına göre düşük işletme
 - Düşük
 - Dış hava sıcaklığına göre düşük işletme
- Şeklinde dört tip fonksiyon mevcuttur.



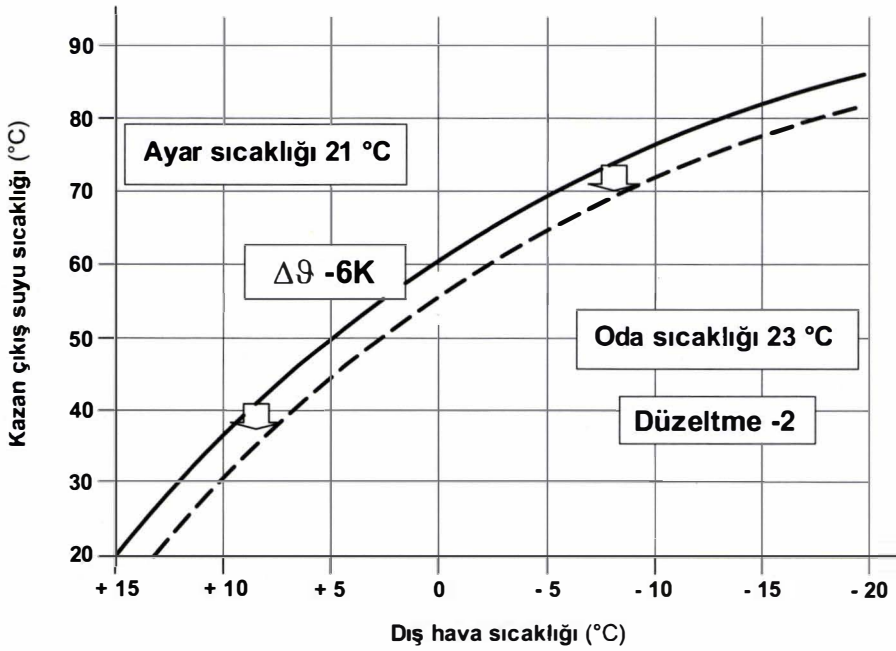
Şekil 4.94. ÖRNEK - ODA SICAKLIĞI AYAR SICAKLIĞINDAN 10°K DÜŞÜK VEYA YÜKSEK OLURSA

DÜZELTME



Şekil 4.95. LOGAMATIC PANEL'DE ÇALIŞMA EĞRİSİNİN MANUEL DÜZELTME ODA SICAKLIĞI AYAR SICAKLIĞINDAN DÜŞÜK İSE

DÜZELTME



Şekil 4.96. LOGAMATIC PANEL'DE ÇALIŞMA EĞRİSİNİN MANUEL DÜZELTME ODA SICAKLIĞI AYAR SICAKLIĞINDAN YÜKSEK İSE

Şekil 4.97’de görülen “KAPAMA” fonksiyonunda gündüz çalışma sıcaklıkları dışında sistem komple kapanacaktır. Gece boyunca ısıtma olmayacaktır. Bina izolasyonu çok iyi olan ya da yumuşak iklimli bölgelerde veya kullanıcı isteği doğrultusunda bu fonksiyon seçilebilir. Düşük işletme fonksiyonunda kapatma saatinden sonra sirkülasyon pompası devreden çıkmaz ve devamlı çalışır. Logamatic Panel düşük işletme için yeni bir ısıtma eğrisi hesaplar. Bu eğri hesaplanırken gündüz ile gece istenen sıcaklıklar arasındaki fark 3 ile çarpılır ve ısıtma eğrisi çıkan değer kadar aşağıya kaydırılır. Bu durumda yeni bir düşük işletme eğrisi hesaplanmış olur. Eğer sistem sıcaklığı gece boyunca bu eğrinin altına düşerse kazan devreye girer ve eğriye göre sistemi ısıtır (Şekil 4.98). Örnek olarak gündüz 21°C, gece ise 17°C istenen bir sistemde düşük işletme eğrisi gündüz eğrisinden 12°C daha düşük olur ($21 - 17 = 4\text{ K}$; $4 \times 3 = 12\text{ K}$).

Düşük işletme fonksiyonu özellikle yerden ısıtma tesisatı gibi geç cevap veren sistemlerde seçilmelidir. Çünkü pompa sürekli devrededir ve tesisattaki sıcaklık düştüğü anda kazan devreye girecektir.

Oda sıcaklığına göre düşük işletme özellikle tek ailenin yaşadığı sistemlerde ve oda kumandası var ise seçilmelidir. Bu fonksiyonda oda kumandası üzerinden gündüz ve gece sıcaklığı verilir. Sistem düşük işletmeye geçtiği anda pompa kapanır. Oda sıcaklığı ayarlanan gece sıcaklığı altına düşene kadar kazan ve pompa kapalı kalır. Oda sıcaklığı, ayar gece sıcaklığının 1 K altına düştüğü anda kazan ve pompa devreye girer ve sistem düşük işletme eğrisine göre oda sıcaklığını ayarlar (Şekil 4.99).

Dış hava sıcaklığına göre düşük işletme özellikle çok aileli evlerde ve oda kumandası kullanılmadığı durumlarda tercih edilmelidir. Bu fonksiyonda Logamatic Panel üzerinden bir gece dış hava sıcaklığı verilir. Kapatma zamanından itibaren pompa ve kazan devre dışı kalır. Eğer kapatma süresi içerisinde, dış hava sıcaklığı ayarlanan dış hava sıcaklığı altına düşerse kazan ve pompa devreye girer ve sistem düşük işletme eğrisine göre çalışır (Şekil 4.100).

Klasik otomasyon sistemlerinde bu şekilde alternatifli düşük işletme fonksiyonları bulunmaz. Genellikle gece için bir eğri tanımlanır ve kazan gece boyunca bu eğriye göre çalışır. Oda içinden veya dış hava sıcaklığından bağımlı bir başlangıç noktası bulunmaz. Oda içinde gece aşırı ısınmalar meydana gelebilir. Bu da hem konforu bozar hem de fazla yakıt sarfiyatına sebep olur.

4.5.7 EĞRİNİN OTOMATİK ADAPTASYONU (Şekil 4.101)

Isıtma sistemi doğru eğriye göre çalışmazsa, istenilen oda sıcaklıkları sağlanamayacak ve cihaz verimsiz çalışacaktır. Ya gidiş suyu sıcaklığı düşük olduğundan odalar ısınmayacak ya da sıcaklık gereğinden fazla olduğundan aşırı ısınma meydana gelecektir. Baca gazı sıcaklığı ve kazan ısınım kayıpları artacaktır. Bu yüzden

kontrol paneli, sistemi dış hava sıcaklığına bağlı bir eğriye göre çalıştırılmalıdır. Bu eğrinin karakteristikleri ise binanın konumuna, yerleşimine ve izolasyon durumuna göre; yani ısıl durumuna göre belirlenir. Binanın bu karakteristik özellikleri zaman içinde değişebilir. Örneğin binaya sonradan izolasyon yapılabilir. Açık bir alanda olan bir binanın etrafına sonradan binalar yapılabilir ve bina korunaklı bir duruma dönebilir. Isıtma eğrisi de bu tür değişiklikleri hissedebilmeli ve buna göre kendini ayarlayabilmelidir. Bu ayarlama, yani ısıtma eğrisinin binanın ısıl durumuna göre sürekli değişimi “adaptasyon” olarak tanımlanır. Adaptasyon özelliği için dış hava sıcaklığının ve oda sıcaklığının ölçülebilmesi şarttır.

Oda kumandası, oda sıcaklığını sürekli ölçerek Logamatic Panel’e iletir. Logamatic Panel oda sıcaklığı ile beraber güncel dış hava sıcaklığını ve mevcut ısıtma devresi gidiş sıcaklığını hesaplar. Bu değerler oda kumandası gündüz konumunda iken ölçülür. Logamatic Panel, bir saat boyunca hedef gidiş suyu sıcaklığı ve oda sıcaklık sapmalarını kontrol eder. Oda sıcaklığında $\pm 0,7\text{ K}$ bir değişiklik olursa adaptasyon devreye girer. Bir saat içinde mutlaka 4 defa oda sıcaklığında bu aralıkta bir değişim olmalıdır. Aksi takdirde adaptasyon devre dışı kalır. Saat 11:00 ile 15:00 arasında güneş etkisi çok fazla olduğundan adaptasyon devrede olmaz. Yine dış hava sıcaklığı $+6^\circ\text{C}$ üzerinde olduğunda eğri açısı küçük olduğundan adaptasyon devrede olmaz.

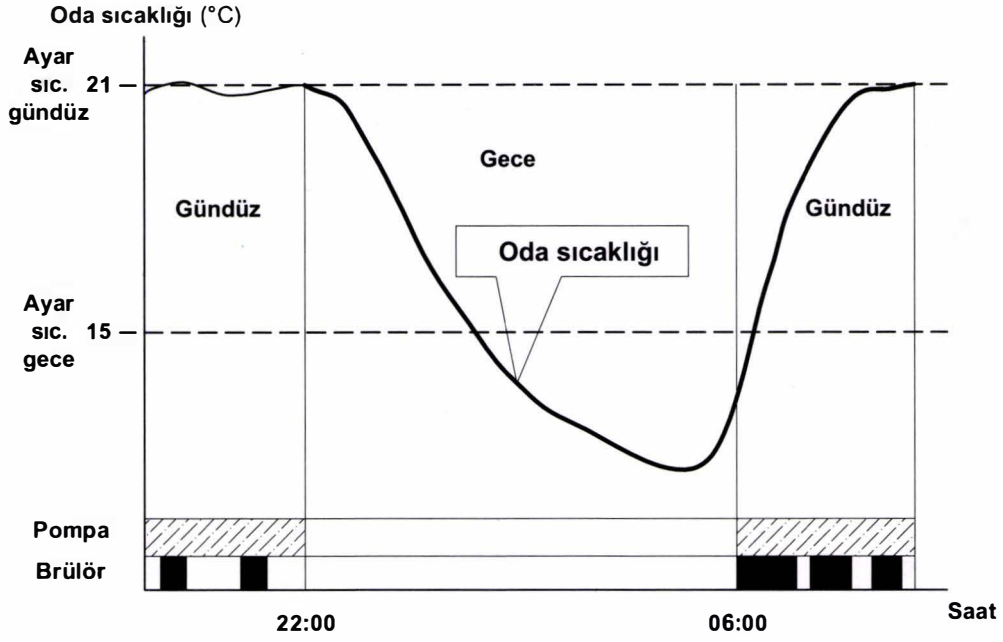
Oda içinde bir saatte yapılan ölçümlerde oda sıcaklığındaki sapmalar ya hep “+” yönde ya da hep “-” yönde olmalıdır. Eğer iki türlü değişim varsa adaptasyon çalışmaz. Tüm bu şartlar sağlandığında adaptasyon devrede olur ve ölçülen oda sıcaklığına göre sistem gidiş suyu sıcaklıkları hesap edilir. Bunların bir saat içerisindeki ortalaması alınır ve her gün saat 24:00 günün ortalaması hesaplanır. Böylece -10°C dış hava sıcaklığındaki eğrinin tepe noktası değeri değiştirilir.

Adaptasyon etkisi sistem ilk devreye alındığında %100’dür. Yaklaşık iki hafta içerisinde %14’e düşer. Doğru ısıtma eğrisine ulaşıncaya adaptasyon etkisi azalır. Bu süreye Logamatic Panel’in binayı tanıma süresi denir. Logamatic Panel sürekli kendini kontrol ettiğinden, eğer binada bir değişiklik olursa sistem bunu fark edecek ve adaptasyon etkisi tekrar devreye girecektir.

4.5.8 OPTİMİZASYON (Açma - Kapama Zamanları Ayarlanması)

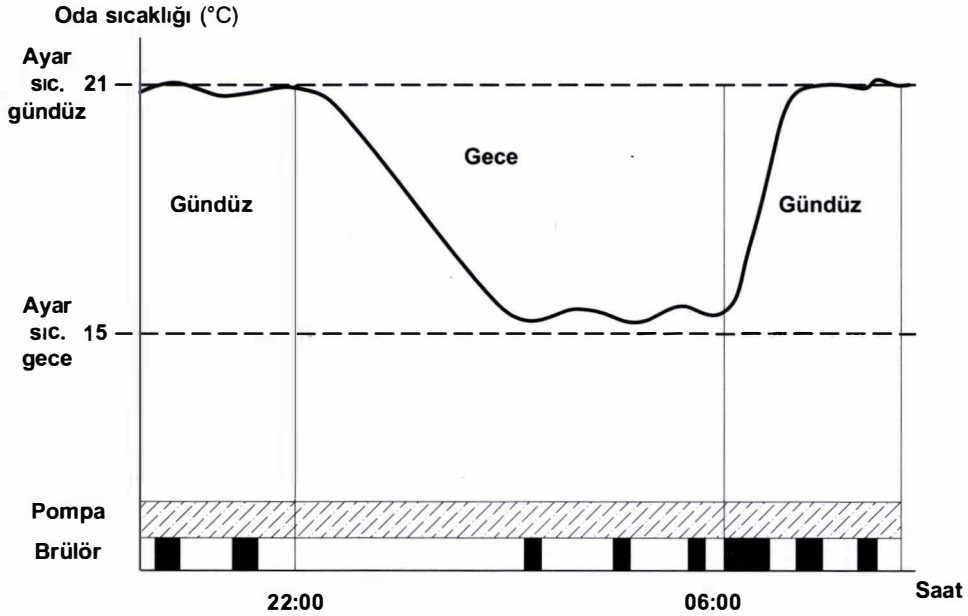
Klasik kontrol sistemlerinde gündüz/gece işletmesi için program noktalarını kullanıcı belirler ve sistem bu program noktalarına göre çalışır. Fakat gündüz işletmesine geçildikten sonra tesisatın rejime girme süresini kullanıcının tahmin etmesi gerekir ve bu tahminine göre program noktası girilmelidir. Rejime girme süresi de dış hava etkenlerine göre sürekli değişmektedir.

KAPAMA



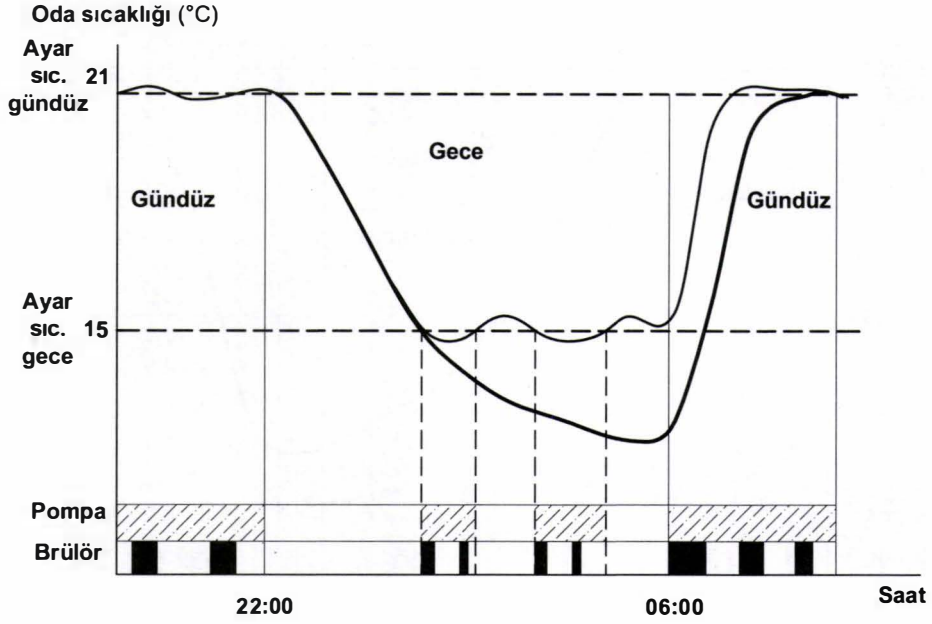
Şekil 4.97. LOGAMATIC PANEL'DE DÜŞÜK İŞLETME ŞEKİLLERİ - KAPAMA

KAPAMA



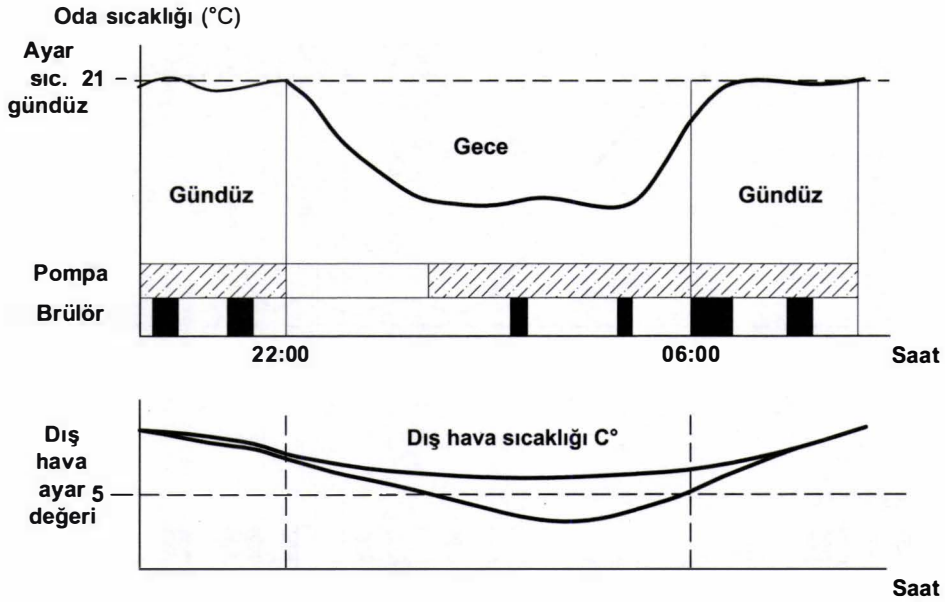
Şekil 4.98. LOGAMATIC PANEL'DE DÜŞÜK İŞLETME ŞEKİLLERİ - DÜŞÜK İŞLETİM

ODA SICAKLIĞINA BAĞLI



Şekil 4.99. LOGAMATIC PANEL'DE DÜŞÜK İŞLETME ŞEKİLLERİ - ODA SICAKLIĞINA BAĞLI

DIŞ HAVA SICAKLIĞINA BAĞLI



Şekil 4.100. LOGAMATIC PANEL'DE DÜŞÜK İŞLETME ŞEKİLLERİ - DIŞ HAVA SICAKLIĞINA BAĞLI

Logamatic Panel’de binanın rejime ulaşma süresi, kontrol paneli tarafından belirlenir. Panel üzerinden açma optimizasyonu “evet” seçilirse, program saati geldiğinde oda istenilen sıcaklığa ulaşmış olur. Logamatic Panel bunu yaparken açma saatinden bir saat önce devreye girer ve maks. gidiş suyu sıcaklığı hedefler. Aynı zamanda mevcut oda sıcaklığı ve dış hava sıcaklığını kaydeder. Oda sıcaklığı istenen değere geldiğinde ısıtma işlemi sona erer ve toplam geçen süre ölçülür. Logamatic Panel bir sonraki gün, bir önceki günkü süreyi bir düzeltme faktörü ile çarpar. Bu düzeltme faktörü için o günkü mevcut ve istenen oda sıcaklığı ile aktüel dış hava sıcaklığı dikkate alınır (Şekil 4.102). Buradaki amaç istenen saatte istenen oda sıcaklığının sağlanmasıdır. Logamatic Panel bir süre bu şekilde çalışarak, ölçümler yaparak hangi dış hava sıcaklığında ne kadar önceden çalışmaya başlanması gerektiğini hesaplar ve sonrasında buna göre çalışır.

Yerden ısıtılmalı sistemlerde su hacmi büyük olduğundan ve rejime girmesi de uzun zaman aldığından açma optimizasyonu tavsiye edilmemektedir.

Eğer referans odadaki termostatik vanalar sonuna kadar açık değil ise ısıtma süreci uzun sürecek ve ertesi gün açma optimizasyonu çok erken başlayacaktır (maksimum 4 saate çıkabilir). En kısa açma süresi ise 10 dakikadır.

Logamatic Panel üzerinde kontrol kısmından optimizasyon süresi görülebilir.

Kapama optimizasyonu için ise oda içerisindeki sıcaklık değişimi sürekli takip edilir. Eğer çok yavaş bir sıcaklık düşüşü var ise kapatma zamanı gelmeden önce sistem kapatabilir (maks. 60 dakika). Eğer bu süre içinde oda sıcaklığı aniden düşerse, ısıtma tekrar devreye girecektir. Boylerdeki sıcak su da programındaki açma saati geldiği anda hazır olmalıdır. Logamatic Panel boylerin ne kadar zamanda ısınacağını hesap eder ve açma saatinden o kadar zaman önce çalışarak sıcak suyu hazır eder. Buna da boyler optimizasyonu denir.

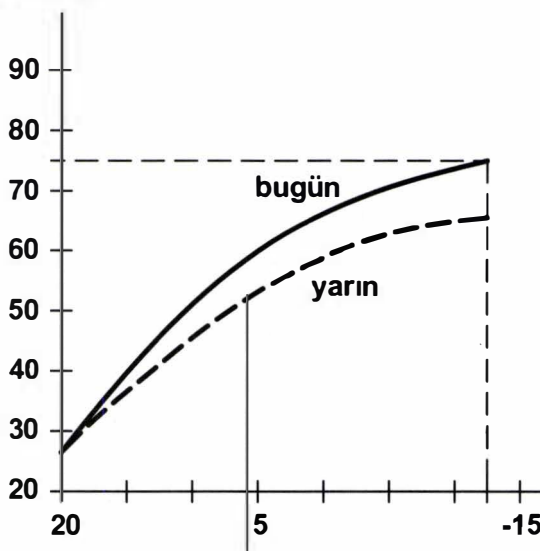
Klasik otomasyon panellerinde olmayan bu özellik ile kazan oda içindeki veya boylerdeki sıcaklığı tam istenildiği zamanda hazır eder ve bu sayede konfordan vazgeçilmeden yakıt ekonomisi sağlanır.

4.5.9 BACA GAZI SICAKLIĞI KONTROLÜ (Şekil 4.103)

Logamatic Panel, baca gazı sensörü ile baca sıcaklığını sürekli ölçer. Logamatic Panel’e maks. baca gazı sıcaklığı servis tarafından girilir. Eğer sensörün ölçtüğü baca gazı değeri, sınır değer üzerinde ise panel hata sinyali verir. Easycom cihazı aracılığı ile de bu hata sinyalini yetkili servise iletebilir. Bu sayede kazanın içerisinde bir kirlenme var ise anında müdahale etmek mümkün olur ve kazan verimi düşmez, yakıt tasarrufu sağlanır.

EĞRİNİN OTOMATİK ADAPTASYONU

Kazan gidiş suyu sıcaklığı (°C)



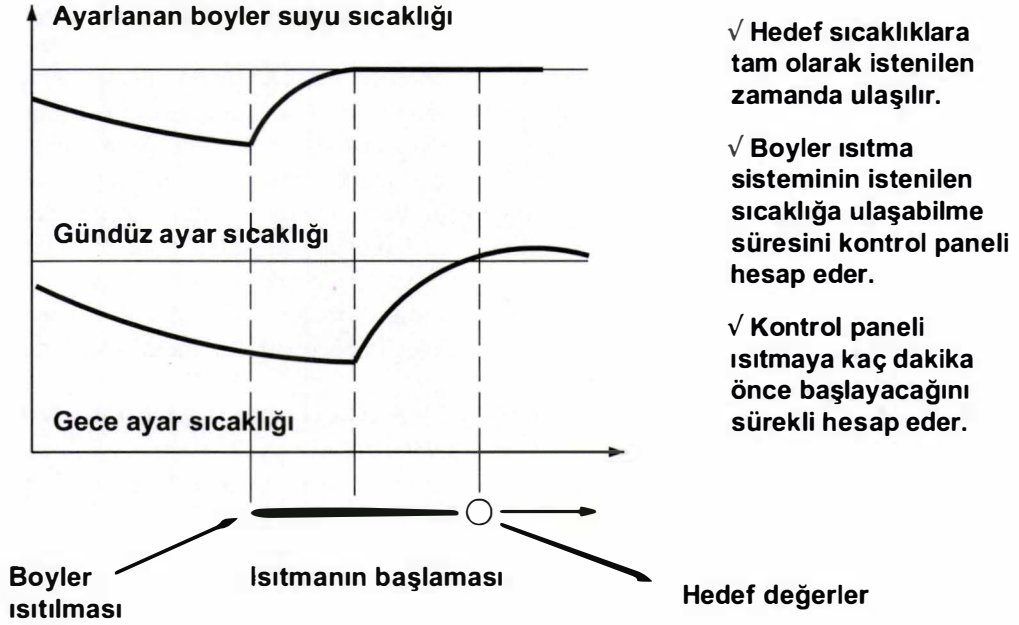
✓Isıtma eğrisinin doğru değerlere getirilmesi

✓Gün içindeki değişimlere göre bir sonraki günün eğrisinin hesaplanması

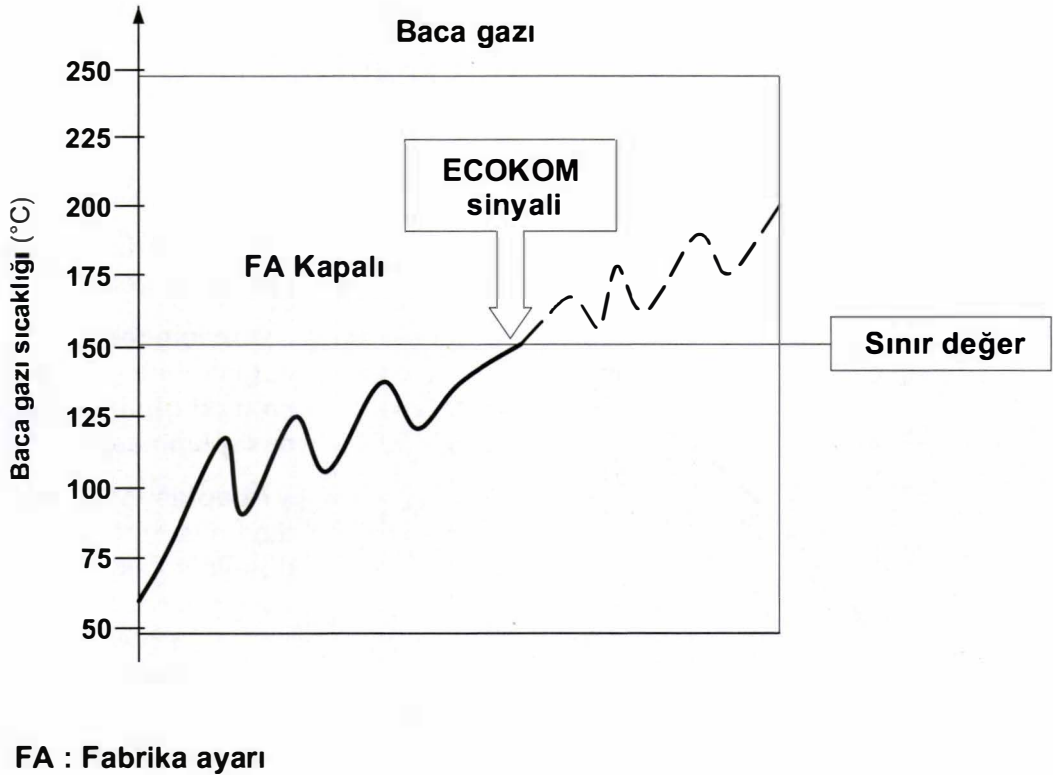
✓Adaptasyon sadece dış hava +6°C’den daha düşük ise aktiftir.

Şekil 4.101. EĞRİNİN OTOMATİK ADAPTASYONU

OPTİMİZASYON



Şekil 4.102. OPTİMİZASYON



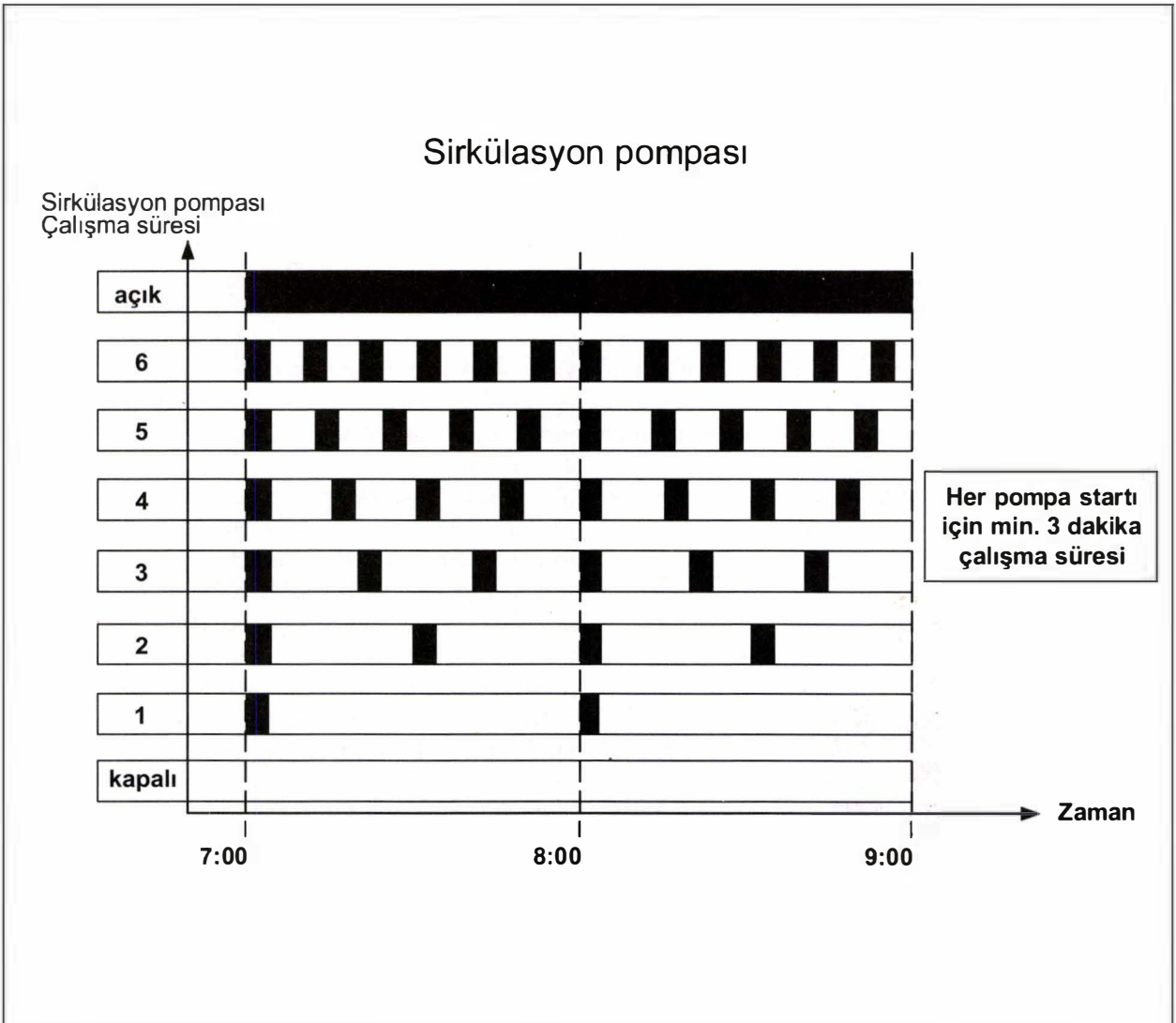
Şekil 4.103. BACA GAZI SICAKLIĞI KONTROLÜ

4.5.10 SİRKÜLASYON POMPASI KONTROLÜ (Şekil 4.104).

Logamatic Panel'den boyler sıcak su sirkülasyon pompasına kesintili işletme programı vermek mümkündür. Sıcak su sirkülasyon pompaları boyler sistemlerinde genellikle sürekli açık tutulur veya boyler programına paralel çalıştırılır. Oysa boyler kullanılmadığı zamanlarda bu pompanın sürekli çalışması boyler içindeki sıcak suyun sirkülasyon hattında soğumasına neden olur. Bu durumda kazan gereksiz yere boyleri ısıtmak için devreye girer. Bu durum ilave yakıt sarfiyatına neden olur. Logamatic Panel'deki kesintili işletme fonksiyonu ile sıcak su sirkülasyon pompası saatte 6 defa, 5 defa, 4 defa, 3 defa, 2 defa veya 1 defa devreye girer. Her devreye girdiğinde 3 dakika açık kalır ve kapatır. Bu sayede borulardaki su sıcak kalır ve hem pompa çalışmadığından dolayı elektrik tasarrufu sağlanır, hem de boyler gereksiz yere soğumadığından yakıt tasarrufu sağlanır.

4.5.11 DİNAMİK BRÜLÖR ŞALT DİFERANSI

Logamatic 4000 Panel'lerde brülör diferansı sürekli değişkendir. Çünkü ideal brülör diferans eğrisi, sürekli sistemi tanıyıp bu sisteme adapte olabilen eğridir. Logamatic 4000 Panel'lerdeki brülör diferansı sisteminin patenti Buderus tarafından alınmıştır. Bu sisteme göre sistem ilk çalıştığında suyun ısınma hızı düşük olacağından brülör diferansı da küçük olur ve brülör sık devreye girerek sistemin çabuk ısınmasını sağlar. Sistem rejime girmeye başladıkça suyun ısınma hızı da artar. Bu durumda Logamatic Panel brülör diferansını açmaya başlar ve dur-kalk sayısı düşer. Min. brülör diferansı 4 K, maks. ise 15 K'dır. Bu aralıkta brülör diferansı sistemi karakteristik özelliklerine bağlı olarak sürekli değişmektedir. Buderus bu sistem sayesinde brülör şalt sayısını yıllık olarak 12.000'e kadar düşürebilmiştir. Bu sistem çalışan otomasyon paneli şu anda sadece Logamatic 4000'dir ve dünyada tektir.



Şekil 4.104. SİRKÜLASYON POMPASI KONTROLÜ

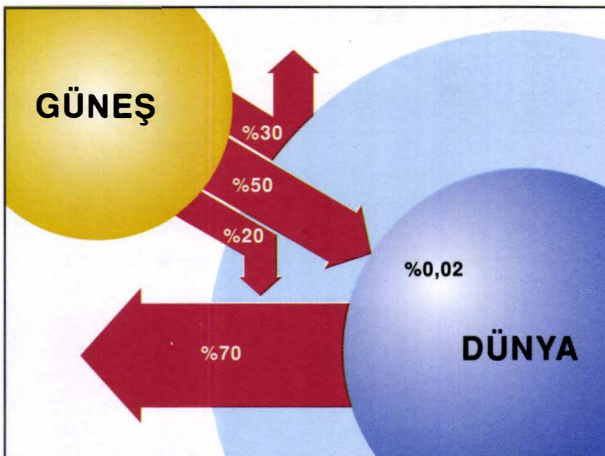
4.6 ALTERNATİF ENERJİLER

Fosil yakıtların kullanımı ortalama dünya sıcaklığı- nı son bin yılın en yüksek değerlerine ulaştırmış, yo- ğun hava kirliliğinin yanı sıra milyarlarca dolar za- rara yol açan sel/fırtına gibi doğal felaketlerin gözle görülür şekilde artmasına neden olmuştur. En kısa zamanda önlem alınmaması durumunda yakın gele- cekte buzulların erimesi sonucunda deniz kenarında kurulmuş birçok şehir sular altında kalabilecektir. Bu nedenle insanoğlu fosil yakıt rezervlerinin bit- mesini beklemeden temiz enerji kaynaklarına yönel- mek zorundadır.

Fosil yakıtlar yerine alternatif temiz bir çözümün ge- tirilmemesi durumunda birçok hayvan ve bitki soyu tükenecektir. Bu durumda insanoğlunun da yaşam şartları son derece ağırlaşacaktır. Yoğun hava kirliliği tehdidi altındaki büyük şehirlerde yüzlerce insan ha- va kirliliği nedeni ile dolaylı olarak hayatını kaybet- mektedir. Asit yağmurları yüzünden birçok doğal ekosistem tamamen yok olmuştur.

Bu durumda kendini sınırsız tekrarlayan yenilenebilir ve hammadde bağımlısı olmayan enerji kaynakları (güneş, rüzgar, su ve biyokütle gibi) çok kısa bir süre içinde önem kazanacaktır.

Petrol varil fiyatı 1988 yılında 15 USD mertebelerin- de idi. 1998 yılına kadar olan on yıllık süreçte 15 USD - 20 USD bandında salınan petrol varil fiyatı 1999 yılından itibaren hızla artış göstermiş ve 2004 yılına kadar 25 USD - 30 USD aralığında kalmıştır. 2004 yılından itibaren petrol varil fiyatı 30 USD'den sürekli bir yükselişle 2005 Ağustos ayı sonlarında 70 USD noktasına kadar gelmiştir. Petrol fiyatlarının son 15 yılda %500 ve son bir yılda % 133'e yakın artışı ve dünyanın buna bağlı sosyopolitik durumu her geçen gün alternatif enerji kaynaklarının önem kazanmasına ve bu konuda çalışmaların katlanarak artmasını beraberinde getirmektedir.



Şekil 4.105. DÜNYAYA ULAŞAN GÜNEŞ IŞINIMI

Dünyanın birçok ülkesinde yeni enerji üretim yatırımları artık temiz enerji odaklı olmaktadır. Özel araştırma kurumlarının hazırladıkları raporlara göre 2060 yılında dünya enerji ihtiyacının yaklaşık %60'ı yenilenebilir kaynaklardan karşılanacaktır. 2000 yılı itibarıyla 9,2 milyar ton petrol eşdeğeri enerji tüketilmiş ve bu tüke- timin yaklaşık % 3'ü güneş, rüzgar ve jeotermal enerji kaynaklarından sağlanmıştır.

4.6.1 GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ (G.E.S.)

Güneş enerjisi, güneşlenme süresi, güneş ışınlamı vb değişkenlere bağlı bir enerji türü olduğundan, güneş enerjisi sistemlerinin veriminin yüksek olması çok bü- yük bir gerekliliktir. Bundan dolayı güneş enerjisin- den “Akıllı Sistemler ile Akılcı Çözümler” prensibi ile yararlanmak çok önem kazanmıştır.

4.6.1.1 Güneş Enerjisinin Avantajları

- Bol ve tükenmeyen tek enerji kaynağıdır.
- Duman, karbonmonoksit, kükürt ve radyasyon ar- tığı içermeyen temiz enerjidir.
- Enerjiye gereksinim duyulan her yerde kullanılabilir.
- Yurtdışına bağımlı olmadığı için ekonomik ve po- litik krizlerden etkilenmez.
- İşletme masrafları çok azdır.
- Çeşitli uygulamalar için farklı çözümler üretmek mümkündür (Kazan destekli veya desteksiz sıcak kullanım suyu üretimi, ısıtma sistemine destek ver- me, elektrik enerjisi üretimi - fotovoltaiik, enerji depolama - güneş pilleri).

Dünya ile Güneş arasındaki mesafe 150 milyon km'dir. Güneşin tahmin edilen tükenme süresi 5 mil- yar yıldır. Güneş ışınlamının tamamı yeryüzeyine ulaş- maz, %30 kadarı dünya atmosferi tarafından geriye yansıtılır. Güneş ışınlamının %50'si atmosferi geçerek dünya yüzeyine ulaşır. Bu enerji ile Dünya'nın sıcak- lığı yükselir ve yeryüzünde yaşam mümkün olur. Rüz- gar hareketlerine ve okyanus dalgalanmalarına da bu ısınma neden olur. Güneşten gelen ışınlamının %20'si atmosfer ve bulutlarda tutulur. Yeryüzeyine gelen gü- neş ışınlamının %1'den azı bitkiler tarafından fotosen- tez olayında kullanılır. Bitkiler, fotosentez sırasında güneş ışığıyla birlikte karbondioksit ve su kullanarak, oksijen ve şeker üretirler. Fotosentez, yeryüzünde bit- kisel yaşamın kaynağıdır (Şekil 4.105).

Yeryüzüne ulaşan bu güneş enerjisi doğal dönüşüm- lere uğrar. Bu dönüşümlerden biri, suların buharlaş- tırılarak dünyadaki su döngüsünün sağlanmasıdır. Bu işlem, gerek biz insanlar için, gerekse tüm can- lılar için çok önemlidir. Böylece derelerimiz akabi- lir, yer altı sularımız kurumaz, yağmur ve kar yağış- ları olabilir. Bu gün sadece Türkiye üzerine bir yıl- da düşen yağış tutarının 500 milyar ton su olduğu göz önüne alınırsa, bu işlemin ne denli önemli oldu- ğu anlaşılabilir.

İkinci bir dönüşüm, ışıkla birleşimdir. Bu işlem, dünyadaki canlılar için yaşam demektir. Bir saniyede gelen güneş enerjisinin yaklaşık on binde ikisi bu işlem için harcanır. Ya da başka bir deyişle, bitkilerde toplanır. Bitkiler, gelen güneş enerjisini kullanarak ışıkla-birleşim yapmakta ve böylece biokütle oluşturmaktadırlar. Yani, gelen güneş enerjisinin bu kesri, biokütle-ye dönüşmektedir. Tüm canlıların besin kaynağı bu enerjidir. Biokütle ile otlar oluşur; otları yiyen otoburlar oluşur; otoburları yiyen etoburlar oluşur.

Güneş enerjisinin bir diğer dönüşümü de rüzgarlar ve deniz dalgalarıyla okyanus akıntılarıdır. Rüzgarların oluşması temelinde havanın bazı bölgelerinin değişik etkenler sonucu diğer bölgelere kıyasla daha sıcak ya da daha soğuk olmasından kaynaklanan basınç farklılıkları etkin olmaktadır. Bu ısınma ve soğumalarda da güneş etkin rol oynamaktadır. Deniz dalgaları ve akıntıları temelde rüzgarın etkisiyle ortaya çıkarlar. Dolayısıyla, hem rüzgar, hem de deniz dalgaları ve akıntıları birer güneş enerjisi türevidir.

- Doğal Dönüşümler
 - Toprak ve su ısınması
 - Fotosentez (bitki-hayvan-insan ve fosil yakıt oluşumu)
 - Yağış ve buharlaşma (su döngüsü)
 - Rüzgar ve dalga oluşumu
 - Doğal yangınlar
- İnsanın Geliştirdiği Dönüşümler
 - Güneş ışıınımı - ısı (toplaçlar)
 - Güneş ışıınımı - elektrik (güneş pilleri)
 - Su gücü - mekanik elektrik (barajlar)
 - Rüzgar - elektrik (rüzgar türbünleri)
 - Biokütle - ısı (odun vb yakma sistemleri)
 - Fosil yakıt - elektrik (elektrik ve ısı üretim merkezleri)
 - Güneş mimarlığı uygulamaları

Güneş enerjisi sistemleri iki ana gruba ayrılabilir;

a. Pasif Sistemler (seralar vb) gibi herhangi bir mekanik ekipmana gereksinim duymaksızın faydalanan sistemler

- Ürün Kurutma ve Seralar; Güneş enerjisinin tarım alanındaki uygulamalarıdır. Bu tür sistemler ilkel pasif yapıda olabileceği gibi, hava hareketini sağlayan aktif bileşenler de içerebilir. Bu sistemler dünyada kırsal yörelerde sınırlı bir biçimde kullanılmaktadırlar.
- Su Arıtma Sistemleri; Bu sistemler esas olarak sığ bir havuzdan ibarettir. Havuzun üzerine eğimli şeffaf - cam yüzeyler kapatılır. Havuzda buharlaşan su bu kapaklar üzerinde yoğunlaşarak toplanır. Bu tür sistemler, temiz su kaynağının bulunmadığı bazı yerleşim yerlerinde yıllardır kullanılmaktadır. Su arıtma havuzları üzerinde yapılan Ar - Ge çalışmaları ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin azaltılmasına ve verimin artırılmasına yöneliktir.

b. Aktif Sistemler; Isı enerjisi veya elektrik enerjisi (Fotovoltaik Sistemler) üretimi için kullanılırlar.

- Düşük Sıcaklık Sistemleri
 - Düzlemsel Güneş Kolektörleri; Güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak aktaran çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır. Ulaştıkları sıcaklık basit kolektörlerde 70°C, gelişmiş yapıya sahip kolektörlerde 90°C civarındadır. Güneş kolektörlü sistemler tabii dolaşım ve pompalı olmak üzere ikiye ayrılır. Bu sistemler evlerin yanı sıra, yüzme havuzları, oteller ve sanayi tesisleri için de sıcak su sağlanmasında kullanılır. Bu konudaki Ar - Ge çalışmaları sürmekle birlikte, bu sistemler tamamen ticari ortama girmiş durumdadırlar. Dünya genelinde kurulu bulunan güneş kolektörü alanı 30 milyon m²'nin üzerindedir. En fazla güneş kolektörü bulunan ülkeler arasında ABD, Japonya, Avustralya, İsrail ve Yunanistan yer almaktadır (*Şekil 4.106*).
 - Vakumlu Güneş Kolektörleri; Bu sistemlerde, vakumlu cam borular ve gerekirse absorban yüzeyine gelen enerjiyi artırmak için metal ya da cam yansıtıcılar kullanılır. Bunların çıkışları daha yüksek sıcaklıkta olduğu için (100 - 120°C), düzlemsel kolektörlerin kullanıldığı yerlerde ve ayrıca yiyecek dondurma, bina soğutma gibi daha geniş bir yelpazede kullanılabilirler. Daha çok ışıının süresinin ve gücünün az olduğu kuzey ülkelerde uygulanmaktadırlar. Pazar payları günden güne azalmaktadır.
- Yüksek Sıcaklık Sistemleri
 - Parabolik Oluk Kolektörler; Doğrusal yoğunlaştırıcı termal sistemlerin en yaygınıdır. Kolektörler, kesiti parabolik olan yoğunlaştırıcı dizilerden oluşur. Kolektörün iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş enerjisini, kolektörün odağında yer alan ve boydan boya uzanan siyah bir absorban boruya odaklarlar. Kolektörler genellikle, güneşin doğudan batıya hareketini izleyen tek eksenli bir izleme sistemi üzerine yerleştirilirler. Enerjiyi toplamak için absorban boruda bir sıvı dolaştırılır. Toplanan ısı, elektrik üretimi için enerji santraline gönderilir. Bu sistemler yoğunlaştırma yaptıkları için daha yüksek sıcaklığa 350 - 400°C ulaşabilirler (*Şekil 4.107*).
 - Parabolik Çanak Sistemler; İki eksenli güneşi takip ederek, sürekli olarak güneşi odaklama bölgesine yoğunlaştırırlar. Termal enerji, odaklama bölgesinden uygun bir çalışma sıvısı ile alınarak, termodinamik bir dolaşıma gönderilebilir ya da odak bölgesine monte edilen bir Stirling makine yardımı ile elektrik enerjisine çevrilebilir. Çanak - Stirling bileşimiyle güneş enerjisinin elektriğe dönüştürülmesinde % 30 civarında verim elde edilmiştir.

- Merkezi Alıcı Sistemler; Tek tek odaklama yapan ve heliostat adı verilen aynalardan oluşan bir alan, güneş enerjisini, alıcı deneni bir kule üzerine monte edilmiş ısı eşanjörüne yansıtır ve yoğunlaştırır. Alıcıda bulunan ve içinden akışkan geçen boru yumağı, güneş enerjisini üç boyutta hacimsel olarak absorbe eder. Bu sıvı, Rankine makineye pompalanarak elektrik üretilir. Bu sistemlerde ısı aktarım akışkanı olarak hava da kullanılabilir, bu durumda sıcaklık 800°C'ye çıkar. Heliostatlar bilgisayar tarafından sürekli kontrol edilerek, alıcının sürekli güneş alması sağlanır. Bu sistemlerin kapasite ve sıcaklıkları, sanayi ile kıyaslanabilir düzeyde olup ARGE çalışmaları devam etmektedir.

4.6.1.2 Kullanım Suyu Isıtmasında Güneş Kolektörü Sistemleri

Güneş kolektörü sistemlerinin en yaygın kullanım şekli kullanım suyu ısıtmasıdır. Doğru sistem çözümleri ile

yıllık sıcak su gereksiniminin %60 ila %80'i gibi önemli bir kısmı güneş enerjisinin sağladığı enerji ile karşılanabilir. Yazın kullanım suyu ısıtması için gereken enerjinin neredeyse tamamı güneş enerjisi sistemi tarafından karşılanır (Şekil 4.108). Ancak mevcut konvansiyonel ısıtma sistemi, güneş enerjisinden bağımsız olarak kullanım suyu ısıtma ihtiyacını karşılayabilmelidir. Uzun süre hava koşullarının kötü gitmesi durumunda, sıcak su konforu garanti edilmelidir.

4.6.1.3 Kullanım Suyu Isıtmasıyla Beraber Isıtma Desteği Sağlayan Güneş Kolektörü Sistemleri

Konvansiyonel sistemlerin çevreye olan zararlı etkilerini en aza indirmek ve Güneş enerjisinden en yüksek oranda fayda sağlayabilmek için, güneş kolektörü sistemlerini sadece kullanım suyu ısıtmasında değil, aynı zamanda ısıtmaya destek olarak da planlamak gerekmektedir. Bu tip bir uygulamada güneş enerjisi sistemi sadece bir depo boylerin ısıtılmasında



Şekil 4.106. DÜZLEMSEL KOLEKTÖR UYGULAMASI ÖRNEĞİ

kullanılır ve boiler su sıcaklığının ısıtma dönüş suyu sıcaklığının üstünde olduğu zamanlarda doğrudan fayda sağlar (Şekil 4.109). Bu nedenle, düşük sistem sıcaklığında çalışan geniş yüzeyli ısıtıcılar kullanan sistemler veya yerden ısıtma sistemleri güneş enerjisinden yararlanmada idealdir.

Optimum olarak planlanmış Güneş enerjisi sistemi, kullanım suyu ısıtması ve ısıtma için gerekli olan toplam yıllık ısı ihtiyacının mertebe olarak %20 ila %40'ını karşılar. Bu uygulamada enerjinin geri kalan kısmı yoğunmalı kazan ya da düşük sıcaklık kazanıyla karşılanmalıdır.

Güneş enerji sistemlerinin ilk kullanımı açık devre adını verdiğimiz, kullanım suyunun kolektörler içinden geçirilerek ısıtılması ile başlamıştır. Açık devre

sistemlerin verim düşüklüğü, ömür kısalığı yanında hijyen şartlarının yetersiz oluşu ve tüm yıl boyunca kullanılamaması gibi dezavantajları, güneş enerjisi kullanımında açık sistemlerin yerlerini yavaş da olsa kapalı sistemlerin alması sonucunu doğurmuştur.

Kapalı sistemlerin verim değerlerinin ise kullanılan sistem parçalarının (kolektör, boiler vb) kalitesi ve uyumluluğu yanında, sistemin otomatik kontrolü ile direkt bağlantılıdır. Kapalı devre güneş enerji sistemleri genelde bir ısıtma sistem ile beraber uygulanmaktadır ve güneş enerjisinin gereksinimi karşılayamadığı zamanlarda, ısıtma sistemi konforu sağlayacak şekilde sıcak kullanım suyunu hazırlamaktadır. Gelişmiş güneş enerji sistemlerinde yeterli miktarda kolektör ve uygun depolama hacimleri ve otomatik kontrol sayesinde düşük sıcaklık ısıtma sistemlerine ısıtma desteği sağlamak mümkün olmaktadır.

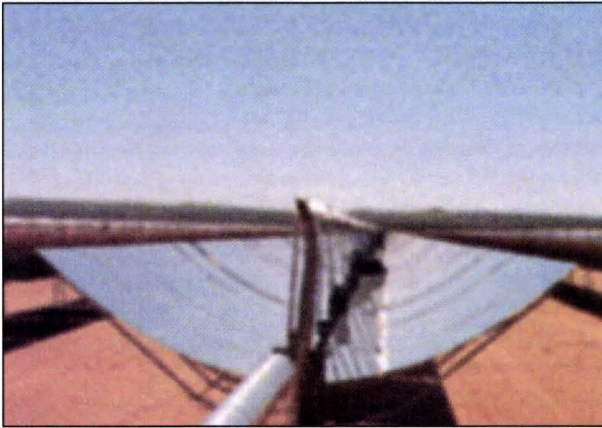
Güneş Enerjisi Sistemleri üç ana parçadan oluşur.

- Güneş Kolektörü
- Güneş Enerjisi Boyleri
- Kumanda Paneli

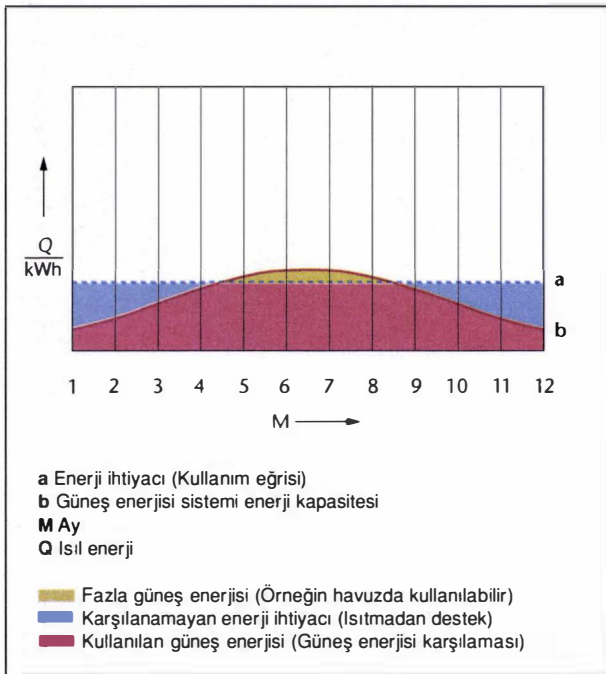
4.6.1.4 Güneş Kolektörleri (Şekil 4.110)

Güneş kolektörlerinde aranılan özellikler aşağıda sıralanmıştır.

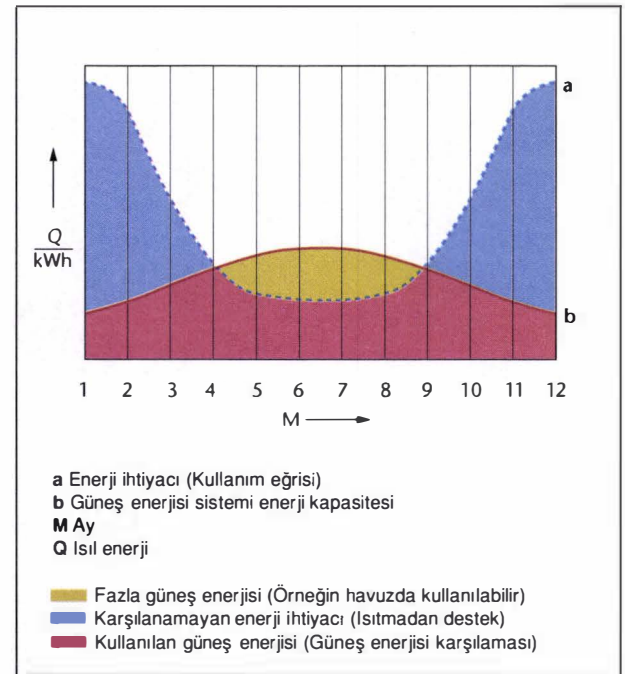
- Sürekli yüksek verim.
- Uzun ömür.
- Yüksek verim ve ısı izolasyonu sağlayan asal gaz içeren yapı.



Şekil 4.107. PARABOLİK OLUK KOLEKTÖR



Şekil 4.108. YILLIK KULLANIM SUYU ISITMASI GEREKSİNİMİNE GÖRE, GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİNİN ENERJİ KAPASİTESİ



Şekil 4.109. YILLIK KULLANIM SUYU BİNA ISITMASI GEREKSİNİMİNE GÖRE, GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİNİN ENERJİ KAPASİTESİ



Şekil 4.110. GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİ

- Yüksek absorpsiyon katsayısı ve düşük emisyon değeri.
- Kolektörün özel dökme cam yüzeyi ve dış çerçevesinin yakın genleşme katsayılarına sahip olmaları sayesinde sızdırmazlığın contasız olarak özel bir malzeme ile gerçekleştirilebilmesi (Contalı bağlantılar gün içinde görülen yüksek kolektör sıcaklık farklarına ve ultraviyole ışınlarına uzun süreli maruz kalma durumunda sızdırmazlık sorunu yaratmaktadır.).
- Kolektör camının yüksek geçirgenliğe ve minimum yansıma oranına sahip olması.
- Dış çerçevenin geri dönüşümlü, hafif ve korozyondan zarar görmeyecek malzemeden imal edilmesi.
- Kolektör içinde uygun boru bağlantısı ile eş direnç sağlanması.
- Korozyona dayanıklı, ısı iletim özelliği yüksek seçici özellikli bakır absorber ve kaynaklı absorber - bakır boru bağlantısı.
- Basit ve hızlı montaj imkanı sağlayan, bakım istemeyen yapıya sahip olmalı.
- Hafif ve yayılı ve noktasal yüklere dayanıklı yapı.
- Yüksek sıcaklıklara dayanım.
- Kolektörler arası bağlantıların en kısa mesafede, en az ısı kaybı ve izolasyon ile entegre setlerle yapılabilmesi. Statik olmayan, zorlanmayan kolektör yapısı.
- Optimum kolektör ısı taşıyıcı sıvı miktarı (ortalama 1 - 2 litre/kolektör).
- Kolektör alt yüzeyinde enerji kaybını, çatıya sıcaklık iletimini minimuma indiren ve maksimum verim sağlayan izolasyon (Şekil 4.111).
- Maksimum kolektör yüzeyinin enerji iletimi için kullanılabilmesi.
- Dış çerçevenin korozyona dayanıklı olması (özellikle denize yakın yörelerde)
- Kolektörlerin beşik çatı üstü, çatı içi ve düz (teras) çatı olarak uygulanabilmesi.
- Kirlenme, buğulanma, terleme, havalandırma ihtiyacı olmaması ve uzun ömürlü olması için hermetik yapıda olması.
- Vidasız ve perçinsiz cam ve dış çerçeve bağlantısı ile nem girişini tam engellemeli.
- Yüksek sıcaklığa ve sıcaklık farklarına, tüm hava şartlarına (kar, dolu vb) dayanıklı olması.
- Çatı alanından maksimum yararlanabilecek şekilde kolektör yerleştirme imkanı.
- Kolektör çerçevesinin güneş ışınlarını yansıtmayan özelliğe sahip olması (parlak olmaması) (Şekil 4.112).

4.6.1.5 Güneş Enerjisi Boylerleri

Güneş boylerlerinde aranılan özellikler aşağıda sıralanmıştır:

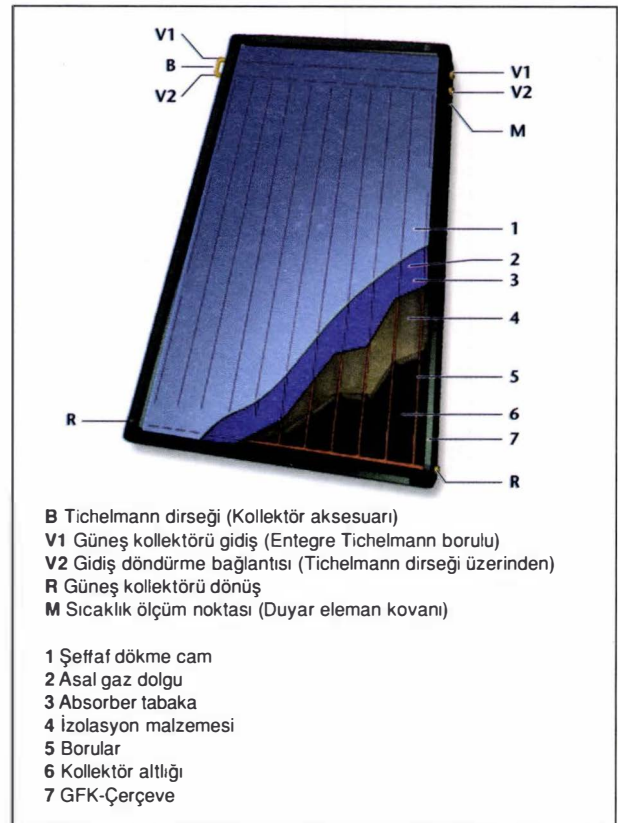
- Yüksek verim elde edilebilmesi için Termosifon prensibi ile çalışmalıdır. Boyler hacmi içinde ısınan su yoğunluk farkı sayesinde boylerin üst tarafına çıkar ve yukarıdan aşağı kademeli bir ısınma sağlar.

- Termosifon prensibi ile kısa sürede kullanım sıcak suyu hazırlayabilecek iç dizayna ve serpantin yapısına sahip olmalıdır.
- Hijyen özelliği (su ile temas eden yüzeylerin çift kat cam-termoglasür ile kaplanması) tam olarak sağlanmış olmalıdır. İç yapı klor ve diğer korozif etkilere dayanıklı ve bakteri üremesine uygun ortam yaratmayacak kadar düzgün ve girintisiz çıkıntısız olmalıdır.
- Sıcak suyun toplandığı üst tarafta daha fazla olmak üzere boyler etrafında yeterli kalınlıkta izolasyon yapılmalıdır.
- Yeterli ısınım olmadığında, kazandan beslenen destek amaçlı ikinci bir serpantin veya elektrikli ısıtıcı montajı için rezervasyon bulunmalıdır.
- Kolay temizlenebilir yapıda olmalıdır. Alt veya yan tarafında temizleme için flanş bulunmalıdır.
- Sirkülasyon hattı için rezervasyon bırakılmış olmalıdır.
- Montajı kolay yapılabilmelidir (Şekil 4.113).

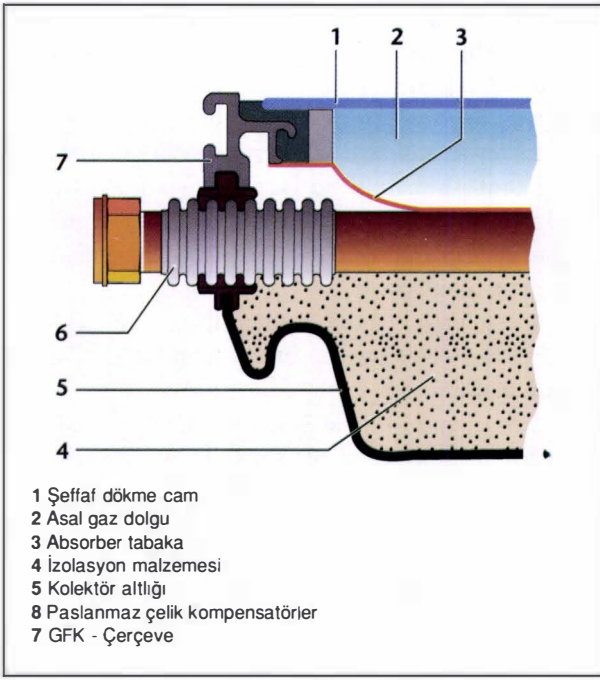
4.6.1.6 Güneş Enerjisi Kontrol Panelleri

Güneş enerjisi kontrol panellerinde aranılan özellikler aşağıda sıralanmıştır.

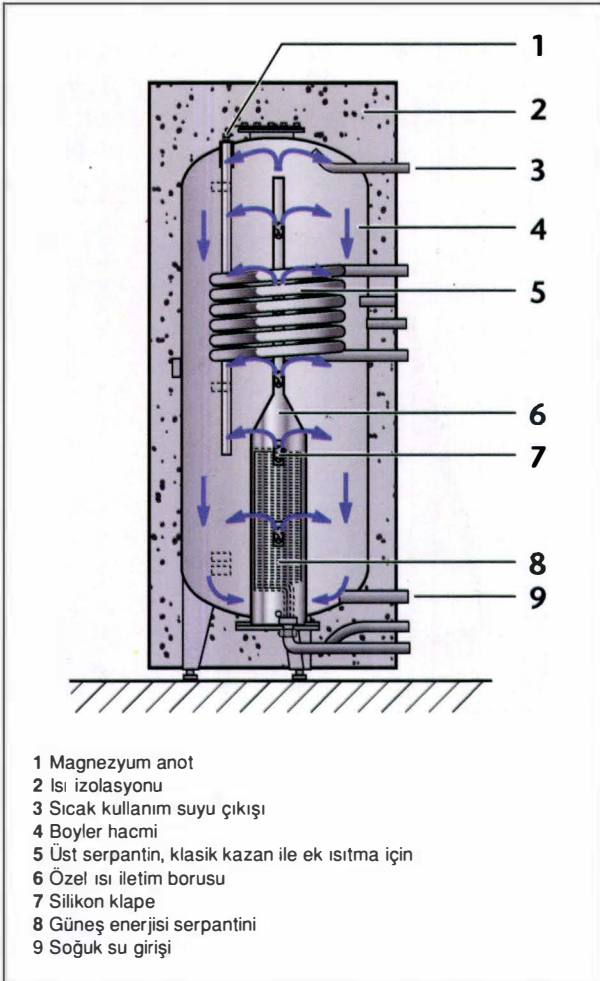
- Tam otomatik kontrol imkanı sağlanmalıdır.
- Tesisatta bulunan ısıtma sisteminden destek alabilecek veya ısıtma sistemine destek verecek şekilde sistemin kontrol paneli ile veri alışverişi yapabilecek ve uyumlu biçimde çalışabilecek yapıda olmalıdır.



Şekil 4.111. GÜNEŞ KOLEKTÖRÜ İÇ YAPISI



Şekil 4.112. DÜZLEMSEL KOLEKTÖR KESİT DETAYI



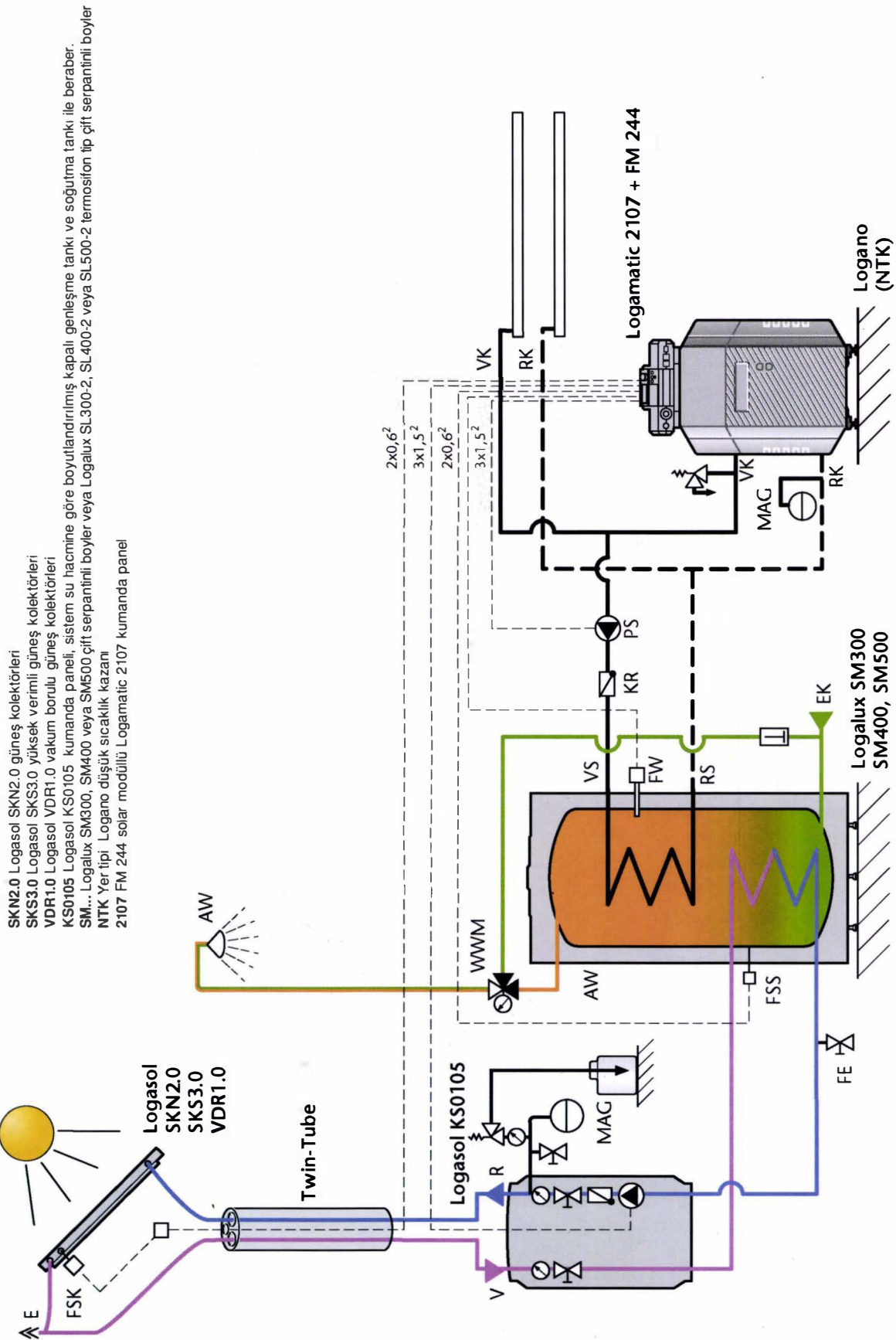
Şekil 4.113. TERMOSİFON BOYLER ÇİFT SERPANTİNLİ

- Sistemde kullanılan pompa düşük enerji ile ve sessiz çalışmalıdır.
- Montaj / devreye alma ve bakım işlemleri basit olmalıdır.
- Panel kasası izole edilmiş olmalıdır.
- Işınım ve ihtiyaca bağlı olarak kademeli çalışma özelliğine sahip olmalıdır.
- Sistem verileri (kolektör, boyler sıcaklıkları, kolektör doluluk oranı, pompa çalışma kapasitesi, sistem çalışma süresi) kontrol paneli üzerinde bulunan kumanda ekranında görülebilmelidir.
- Kompakt bir yapıya sahip olmalı, duvara veya modül olarak kontrol kazan paneline monte edilebilmelidir.
- Uzaktan kumanda mümkün olmalıdır.
- Otomatik veya manuel çalışma seçenekleri olmalı, arıza halinde ikaz sinyali verilebilmelidir.
- Sistem **Solar Optimizasyon** özelliğine sahip olmalı, anlık güneş enerjisi yararlanma durumuna göre kazana aç/kapa komutu verebilmeli.

Güneş enerji sistemleri, otomatik kontrolün duyar elemanlar yardımı ile yapılması ve sistem pompasının kendi debisini ayarlayabilme (modülasyon) özelliği sayesinde belirli sıcaklık farkları ile çalışma mantığını uygulamaya getirmiştir. Güneş enerji sisteminin beraber çalıştığı ısıtma sisteminin otomatik kontrolü ile iletişim içinde çalışabilmesi, sistemin daha uzun süre devrede kalmasını, aç - kapa olmaksızın pompa çalışmasını ve sistem ekipmanlarının dayanımını ve servis - bakım sıklığının azalması yanında, güneş enerjisi sisteminden elektrik harcamaları dahil en yüksek düzeyde verim alınmasını sağlar (Şekil 4.114).

Yeni nesil otomatik kontrol mantığı güneş enerjisinden en yüksek verimi alabilmemizi sağlayan çok noktadan sistem sıcaklıklarının kontrol edilebilmesi, sistemin ölçülen sıcaklıkların farklarına göre aç - kapa alması ve değişen sıcaklık farklarına göre hep yüksek ısı transferi sağlayacak şekilde pompa debisinin kontrolüne dayanmaktadır. Bunun yanında kullanıma bağlı olarak güneş enerjisi sisteminin devrede olduğu zamanlarda soğuk ama güneşli bir kış gününün sabahında dahi sıcak kullanma suyunun kazan tarafından ısıtılmasını önleyici kontrol senaryoları mümkündür.

Güneş enerjisinden en yüksek oranda faydalanabilmek için depolama hacimleri büyük tutulmaktadır. Böylece depolanan enerji miktarı da artmaktadır. Ancak depo hacminin büyük olması klasik boylerlerde dezavantaj olabilmektedir. Bu yüzden güneş enerjisi boylerleri çok iyi izolasyona sahip olmalı, özellikle boylerin üst kısmında arttırılmış izolasyon kullanılmalıdır. Aksi takdirde boylerden istenen sıcaklıkta (konfor sıcaklığında) su alınması güçleşmekte, boyler soğumaktadır ve sistemde boyler ayar sıcaklığına ulaşılmadığı zaman kazan desteği devreye girmekte



Şekil 4.114. BASİT GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ ŞEMASI

ve boyler kazan tarafından ısıtılmaktadır. Klasik Sistemlerde güneşten elde edilen enerji büyük olan su kütlesinin sıcaklığını kimi zaman ancak birkaç derece yükseltebilmektedir, özellikle kullanımın yoğun olabileceği sabah saatlerinde veya kış aylarında zaten düşük miktarlarda olan güneş ışınlamından verimli şekilde faydalanabilmek zorlaşmaktadır. Az ama artan miktarda güneş ışınlamı olan sabah saatlerinde eğer boyler sıcaklığı belli bir hızla yükseliyor ise bile kazanın devreye girmesi önlenememektedir. Oysa debi kontrollü bir sistemde ısıtım miktarı ve boyler yükü dikkate alınarak debi en uygun seviyede tutulmakta, gerektiğinde kolektör ile boyler sıcaklık farkına bağlı olarak düşürülen debi sayesinde yüksek sıcaklıkta su serpantine yollanmakta ve boylerin üst katmanlarında en zor şartlarda bile hazır sıcak su sağlanabilmektedir.

Güneş Enerji Sistemleri yeterli miktarda kolektör ve uygun depolama hacimleri ile ısıtmaya destek için kullanılmaktadır. Bu sistemler sıcak kullanma suyu üretimi ve ikincil olarak ısıtmaya destek için kazana dönen su sıcaklığını artırmak mantığıyla çalışırlar. Bunun yanında ısıtma desteği yerine ikincil devre bir havuz ısıtması da olabilir. Bu tip uygulamalarda ikincil devrenin ısıtma sistemi otomatik kontrolü ve bu sistemin güneş enerjisi sistemi ile uyumlu çalışması verim artırıcı bir etkidir. Bunun yanı sıra hafta sonu ve yazlık ev olarak kullanılan mekanlarda iki veya üç adet kolektör ile sıcak kullanma suyu üretimi için kurulmuş düşük maliyetli sistemlerin, binanın kullanılmadığı zamanlarda, harici bir pompa ve güneş enerji sistemine ilave edilmiş bir eşanjör yardımıyla, binanın ısı sığasını artıracak şekilde nem alma amaçlı kullanımı, binanın gerek yıpranmaması gerekse evin ısıtma devreye alındığında çok hızlı bir şekilde konfor sıcaklığına getirilmesini sağlar.

4.6.1.7 Güneş Enerjisi Sistemlerinde Optimizasyon

Bir Güneş Enerjisi Sisteminden (G.E.S.) maksimum fayda sağlayabilmek için, sistem komponentleri arasında ve bunların konvansiyonel bir ısıtma sistemi ile olan eş çalışması durumunda solar optimizasyon mantığında geliştirilmiş ileri düzeyde bir otomasyon kontrolü gerekmektedir.

Buderus G.E.S.'lerinde (FM443) solar fonksiyon modülü ve KS kumanda paneli sayesinde güneş enerjisi sisteminden en yüksek fayda elde edilmesi amaçlanmaktadır. G.E.S ile birlikte mevcut ısıtma kazanı da aynı panelden kontrol almakta, böylece hem yatırım maliyetleri azalmakta hem de iki sistem (G.E.S. ve ısıtma kazanı) arası maksimum uyuma ulaşılmaktadır. Optimizasyon özellikli bir Buderus G.E.S.'inde;

- G.E.S. açma - kapama komutu kolektör ve boyler sıcaklık farklarına göre oluşmaktadır.

- Boyler alt duyar elemanı ile kolektör duyar elemanı arasındaki sıcaklık farkı $\Delta t = 10^{\circ}\text{K}$ olduğunda sistem pompası %100 debide çalışmaya başlamaktadır. Boylerin ortasında bulunan duyar elemanın algıladığı sıcaklık 45°C 'ye gelene kadar pompa debisini azaltarak (low flow) kolektör grubundan en yüksek sıcaklıkta suyun boylerin güneş enerjisi serpantinine girişini sağlar. Böylece güneş enerjisi boyleri (sistem ile uyumlu özel termosifon boyler) düşük debili akışla yukarıdan aşağıya doğru ısıtılır. Termosifon boylerdeki silikon klapelerin de yardımıyla boyler içerisinde bir sıcaklık dengesi oluşmaktadır. Üst kısım ısıtıldıktan sonra boyler orta duyar elemanından aldığı komut ile sistem pompası yüksek debide (high flow) çalışarak boylerin alt kısmını da ısıtmaktadır. Bu şekilde boyler içerisinde su hareketi en aza indirilmekte su öncelikle yukarıda depolanmakta ve kullanılabilmektedir.
 - Eğer sistemde iki boyler var ise (kullanım suyu ve ısıtma destek boyleri) bu iki boyler arasında da bir optimizasyon yapılmaktadır. İki boylerli bir sistemde kullanım suyu boyleri öncelikli boylerdir. Eğer 1. boyler ayar sıcaklığına ulaşmış ise veya güneş enerji sistemi artık 1. boyleri ısıtacak su sıcaklık değerleri ile çalışmıyor ise, otomasyon 2. boyleri ısıtılmasını sağlayacak şekilde kumanda verir ve 30 dakika süreyle ikinci boyler ısıtılır. 30 dakikada bir otomasyon 1. boylerin tekrar ısıtılabilme imkanı olup olmadığını duyar eleman ölçümleri ile kontrol eder. 1. boylerin ısıtılması mümkün ise 1. boyler ısıtılır, değil ise 2. boylere enerji aktarımına devam edilir. Burada öncelikli amaç sistemin enerji aktarabileceği boylere çalışmasıdır.
 - Bu otomasyonda çalışma prensibi; eğer 1. boyler ayar sıcaklığının altında ise ve kolektörde sıcaklık artışı 120 saniyede 2 K ve üzerinde ise sistem tekrar 1. boylere çalışır. Sıcaklık artışı bu değerin altında ise sistem 2. boylere çalışmaya devam eder. Bu çalışma mantığında uygun boyler tercih edilerek güneş enerjisinden maksimum oranda verim elde edilir.
 - Sistem pompası %30 kapasite ile çalışırken, kolektör sıcaklığı ile boyler alt duyar elemanının algıladığı sıcaklık arasındaki fark $\Delta t = 5 \text{ K}$ olduğunda sistem kapama komutu alır.
- “Solar Optimizasyon” adı verilen özel uygulama ile G.E.S devrede ve boyler alt ve orta duyar elemanlarındaki sıcaklık artışı istenilen değerin üzerinde ise, kazanın boyleri ısıtmak için devreye girmesi boyler istenilen sıcaklıkta değilse bile önlenir. Örneğin ayar sıcaklığı 45°C ise, bu şartta kontrol paneli ayar sıcaklığını kullanıcının izin verdiği değere kadar düşürerek, kazanın devreye girmesini engeller. Başka bir

optimizasyon ise; boyler alt kısmında sıcaklık 30°C'ye ulaşmış ise boylerin üst kısımlarında sıcaklık daha yüksek olacağı kabulünden yola çıkarak kazanın devreye girmesi otomasyon tarafından önlenir. Her iki durumda da kullanıcının sıcak su konforunun bozulmaması için duyar elemanların ölçümleri doğrultusunda, ani ısı gereksiniminde otomasyon kazana aç komutu verecek şekilde bir senaryo ile programlanmıştır. Böylece kısa sürede güneş enerjisi en verimli şekilde kullanılarak ve kazanın gereksiz yere devreye girmesi engellenerek sıcak su konforu sağlanmış olur. Klasik sistemlerde bu koşulda kazan devreye girip boyleri ısıtacaktır. Bu durumda güneş enerjisinden yeterince faydalanılmamış olacaktır.

Güneş Enerjisi Sistemleri (G.E.S.) düşük sıcaklık uygulamalarında her geçen gün daha fazla kullanılmaktadır. Bireysel ve küçük sistemler yanında orta ve büyük ölçekli sosyal tesis ve otel vb uygulamalar hızla artmaktadır. Güneş enerji sistemlerinin mevcut konvansiyonel ısıtma sistemleri ile iletişim halinde çalışması mümkün olmuş ve böylece sistem verimliliği artmıştır. Güneş enerjisi sistemlerinin fizibilitesi yapıldığında yüksek teknoloji ürünü cihazlar ile oluşturulan sistemlerin kullanılan yakıta bağlı olarak geri ödeme süreleri büyük ölçekli sistemlerde 2 - 4

yıl, evsel uygulamalarda 7 - 10 yıl aralığındadır. İklim şartları, sistem sıcaklıkları, otomasyon ve sistemi oluşturan ekipmanların uyumu bu geri ödeme süreleri ciddi şekilde etkilemektedir.

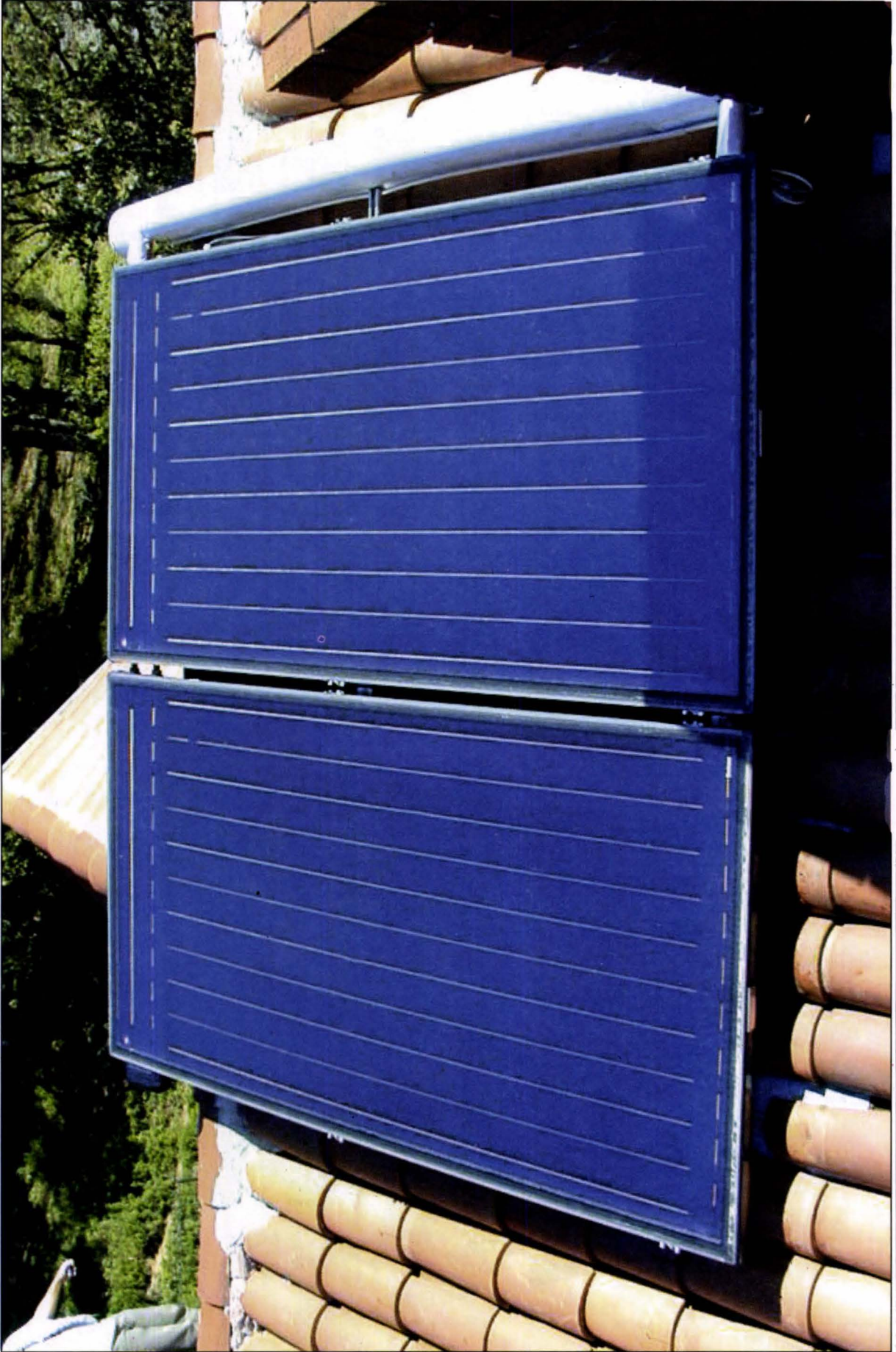
4.6.1.8 Fotovoltaik Sistemler

Güneş pilleri (fotovoltaik piller), yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddelerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş pillerinin alanları genellikle 100 cm² civarında, kalınlıkları ise 0,2 - 0,4 mm arasındadır.

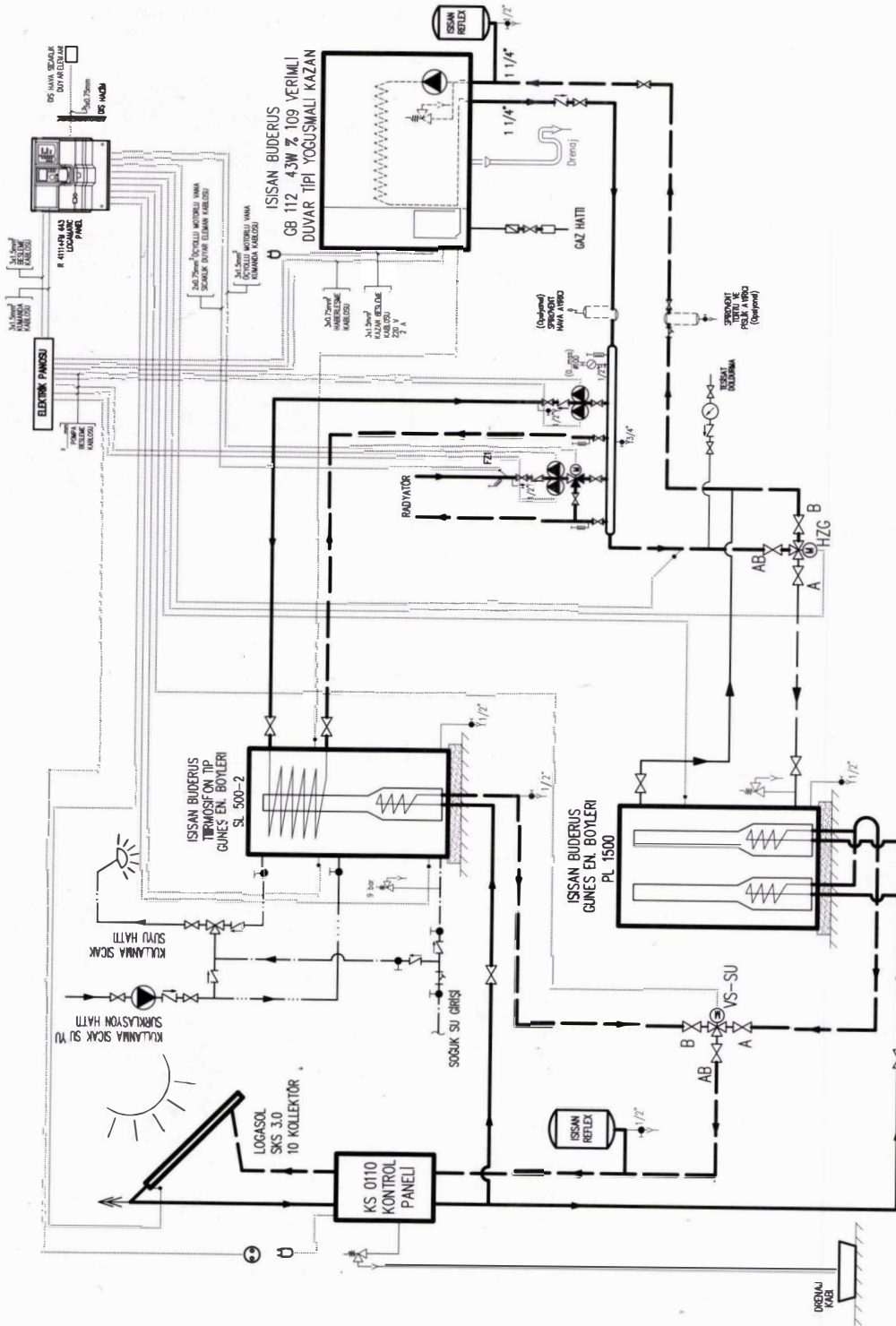
Güneş pilleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Pilin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya güneş pili modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak bir kaç Watt'tan megaWatt'lara kadar sistem oluşturulur (Şekil 4.120 ve 4.121).



Şekil 4.115. ISISAN BUDERUS GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ



GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ KOLEKTÖR YERLEŞİMİ (VİLLA UYGULAMASI)



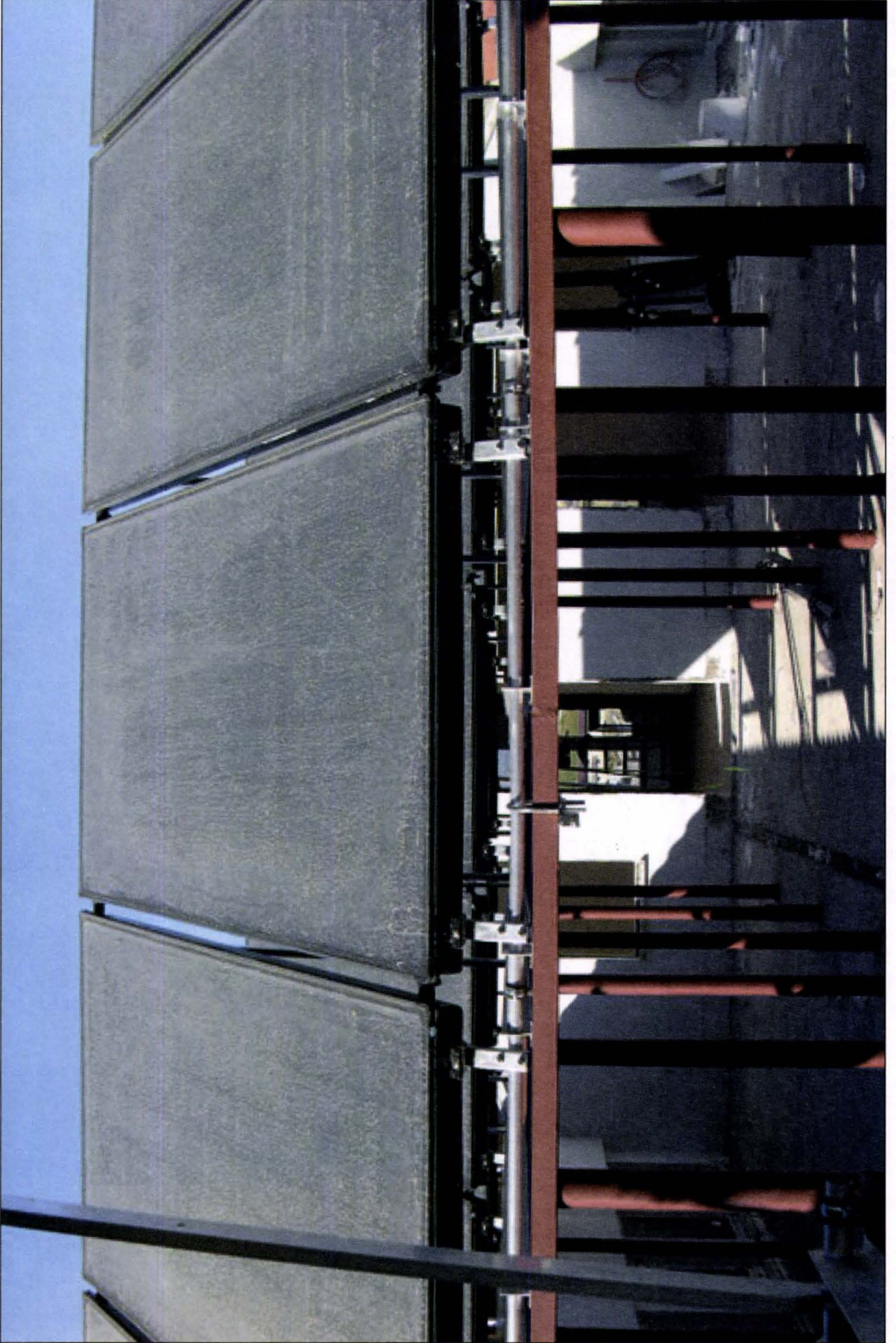
DİKKAT:

- PİSLİK TUTUCULARIN ÇAPI, BORU ÇAPINDAN 1 ÇAP BÜYÜK SEÇİLMELİDİR VE YATAY MONTE EDİLMELİDİR.
- BORU ÇAPLARI BAKIR VEYA ÇELİK BİRİNE İNİ GEÇERİLİR. PLASTİK BORU KULLANILAN KADAR İSTİSNA YOKTUR.
- EMİYET VENTİLLERİNİN TAHLİLERİ BİR BORU LE ÇEVRE SÜ TOPLAMA KANALINA KADAR TAŞINMADIR.
- TERMOSTATIK VANA KULLANILAN İSTİSNA SİSTEMLERİNDE ISIAK MEKANLARDA NORMAL RADIYATÖR VANASI

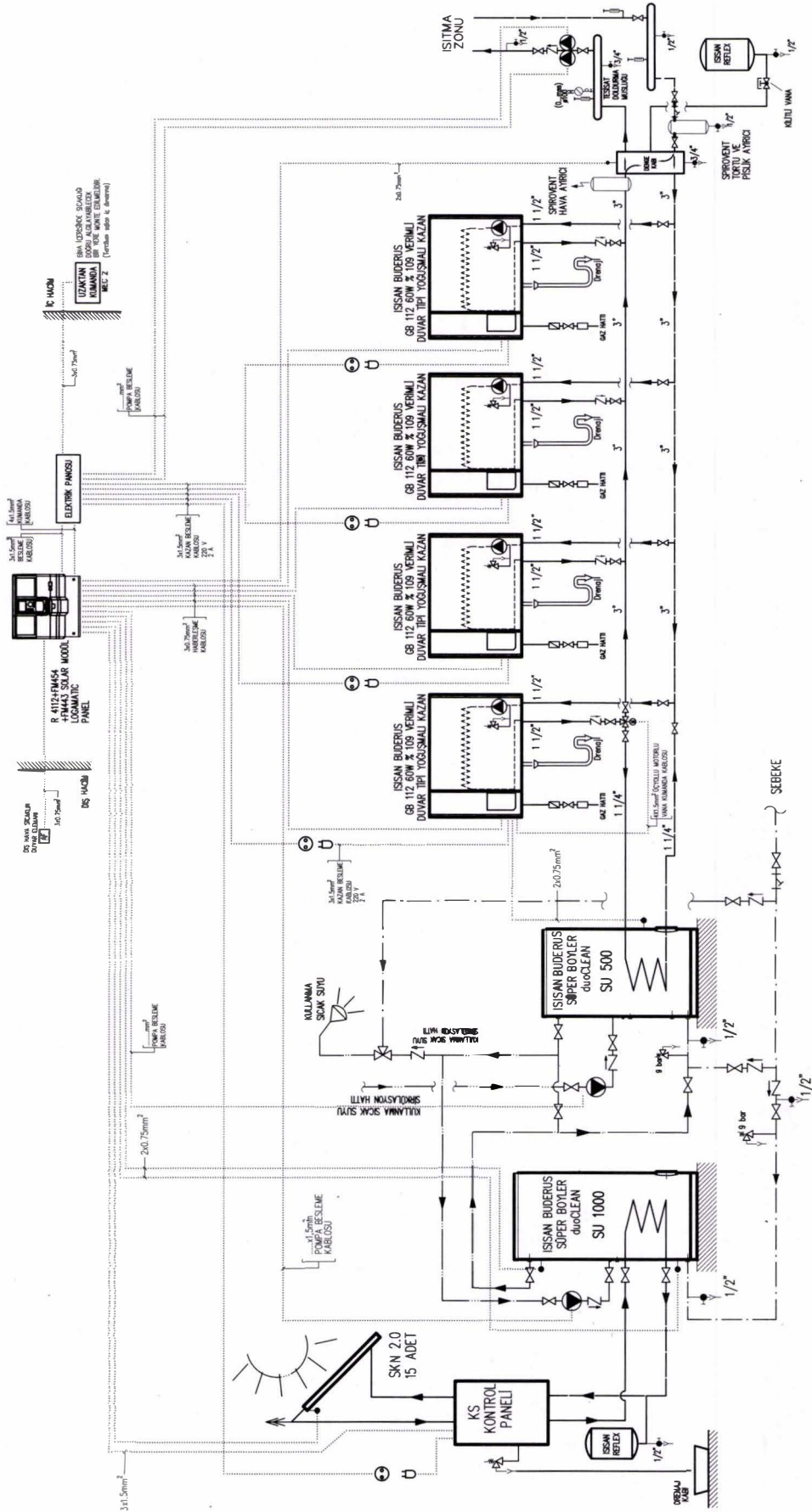
K SEÇİLMELİDİR.

SPİROMENT PİŞİK VE TORTU AYIRICI KULLANILDIĞI İÇİN, DÜŞÜK YOLLU VANA
GRİSLERİNDEKİ VE KAZAN DÜŞÜŞİNDEKİ
TOPLAM 6 ADET PİŞİK TUTUCUYA GEREK KALMAMIS'TIR.
SPİROMENT PİŞİK VE TORTU AYIRICI KULLANILMAĞI
TAKTİRDE BU PİŞİK TUTUCULAR KULLANILMALIDIR.

Şekil 4.116. GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ ÖRNEK TESİSAT ŞEMASI I



GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ KOLEKTÖR YERLEŞİMİ (OTEL UYGULAMASI)

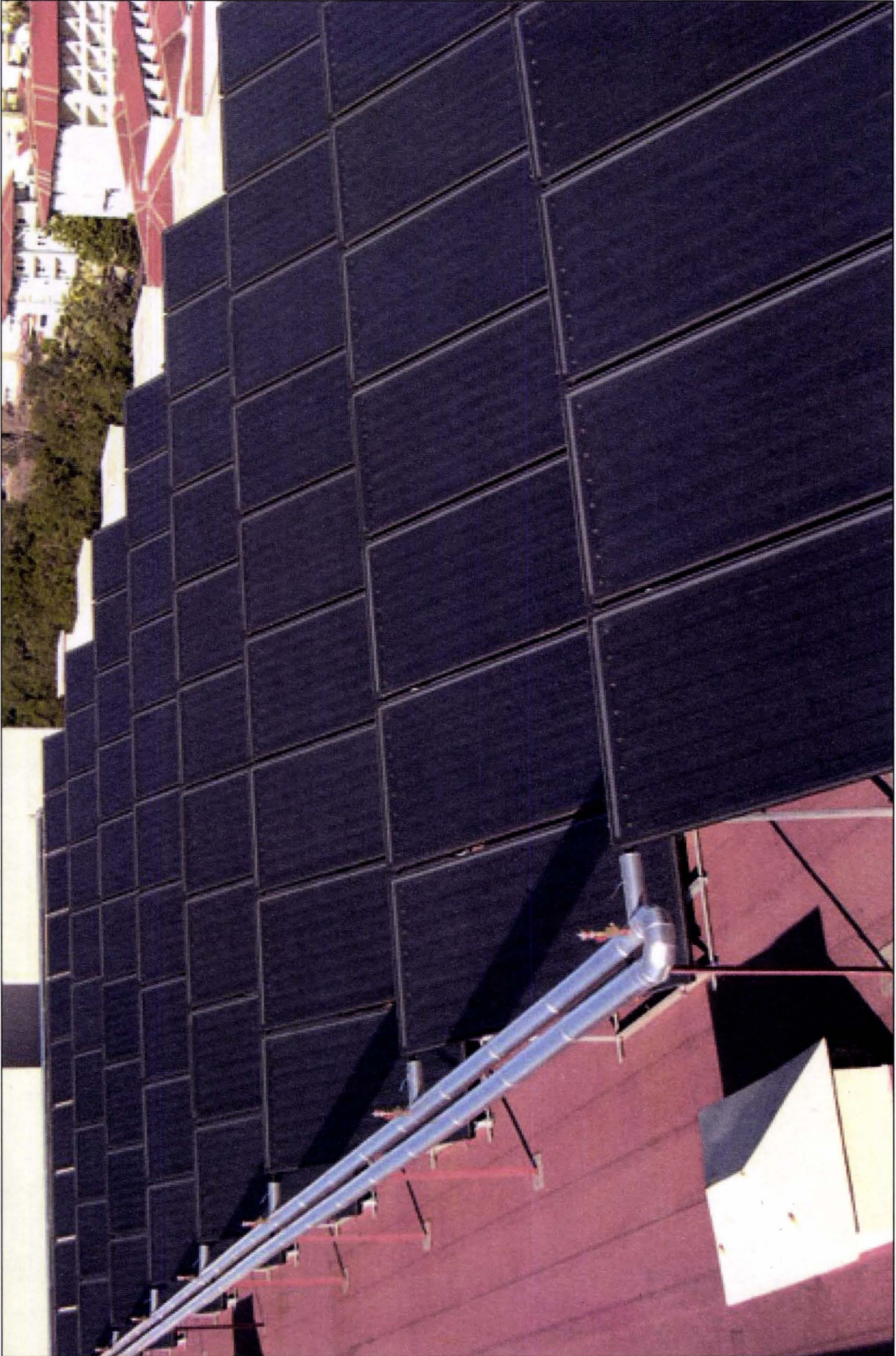


Şekil 4.117. GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ ÖRNEK TESISAT ŞEMASI 2

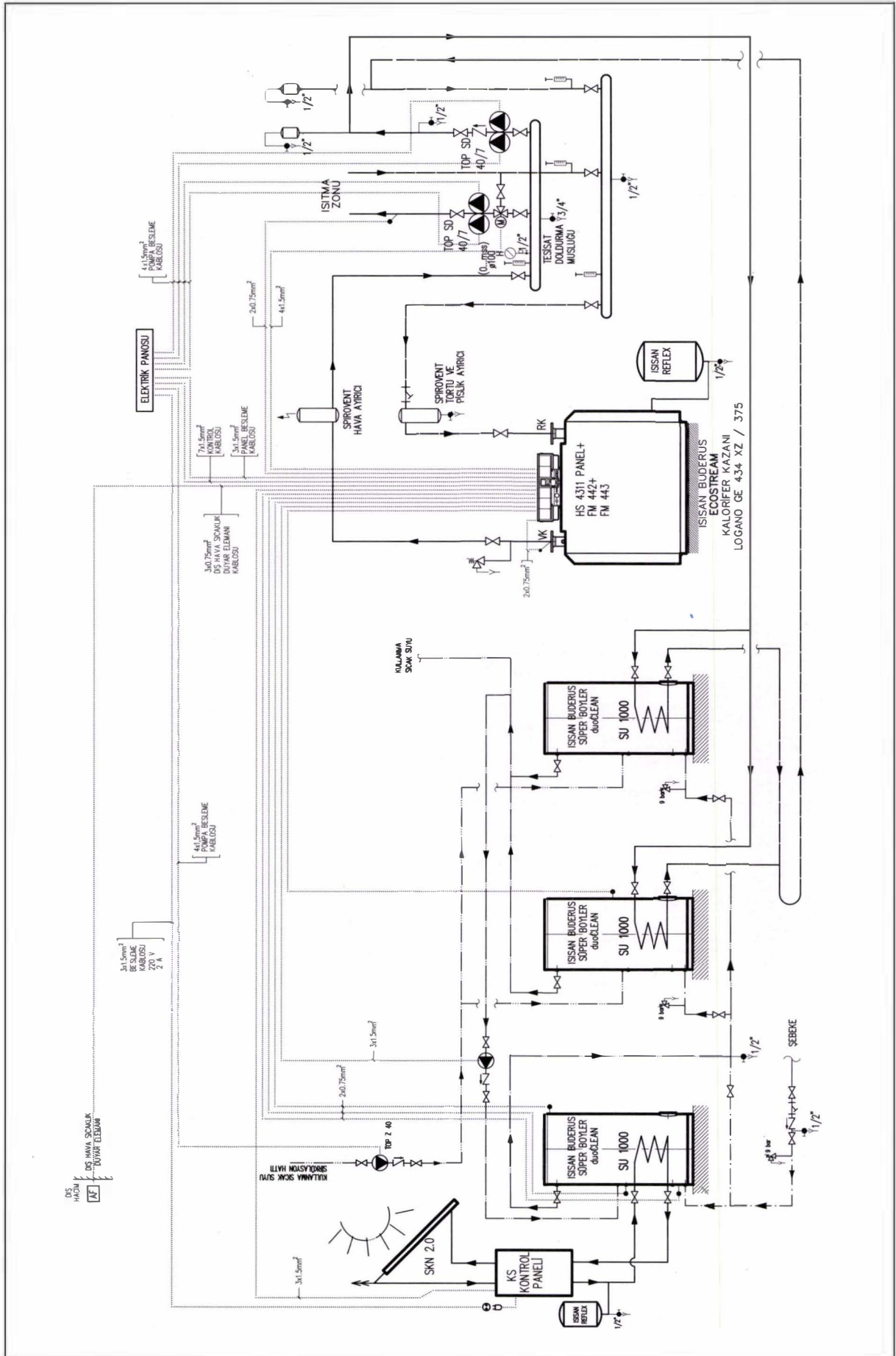


GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ AKÜMÜLATÖR TANKI YERLEŞİMİ (OTEL UYGULAMASI)

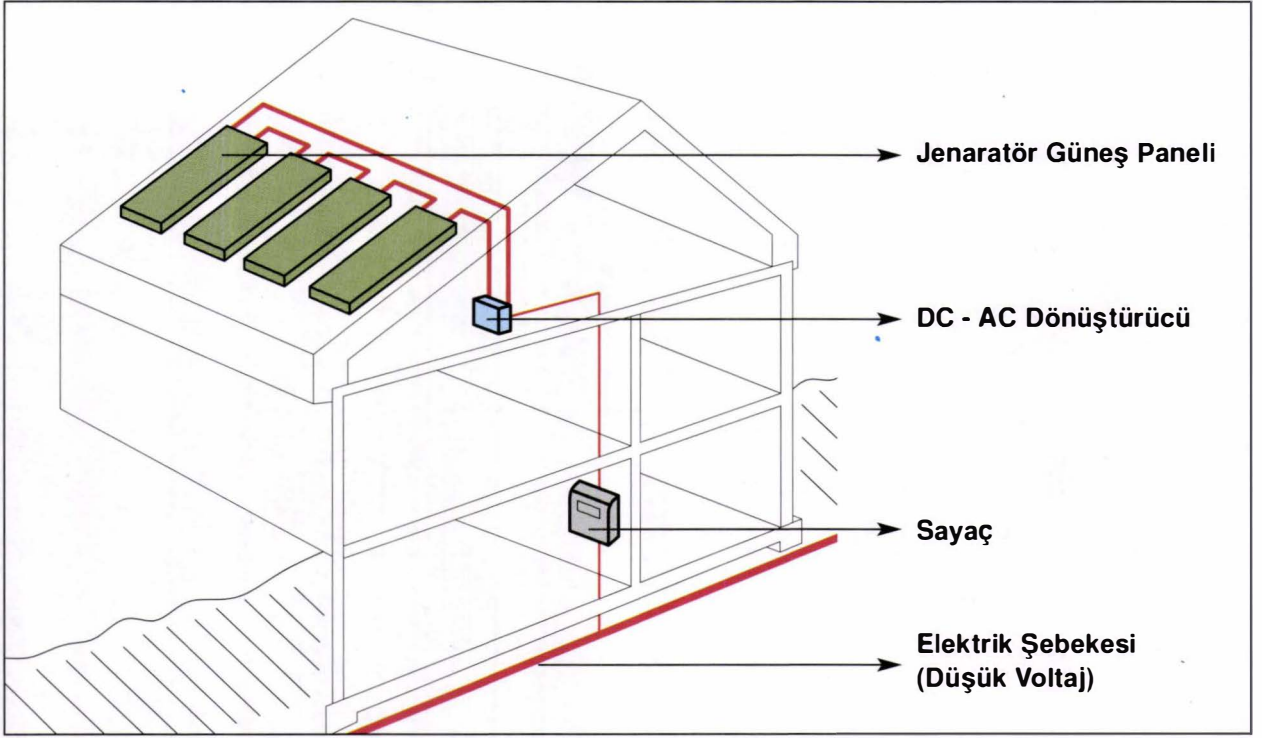
395



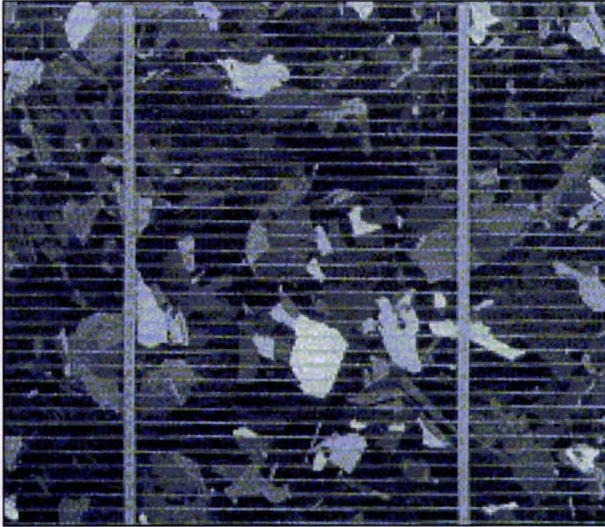
GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ KOLEKTÖR YERLEŞİMİ (OTEL UYGULAMASI)



Şekil 4.119. GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ ÖRNEK TESİSAT ŞEMASI 4



Şekil 4.120. FOTOVOLTAİK SİSTEM ŞEMASI



Şekil 4.121. POLİKRİSTAL SİLİSYUM HÜCRE

4.6.2 RÜZGAR ENERJİSİ

İnsanoğlu yüzyıllardır rüzgar enerjisinden yararlanmaktadır. Hollandanın meşhur yel değirmenleri rüzgar enerjisi ile su çekme ve un öğütme konusunda iyi örneklerdir. Günümüzde modern rüzgar türbinleri ile elektrik üretilmektedir.

Aslında rüzgar enerjisinin kaynağı güneştir. Rüzgar denilen hava akımları, güneşin atmosferi homojen olarak ısıtmamasından kaynaklanan basınç ve sıcaklık farklarından doğmaktadır.

Havanın kütlesi az olduğundan rüzgardan sağlanacak enerji miktarı, rüzgar hızına bağlıdır. Rüzgar hızı yükseklikle, gücü hızın kübü ile orantılı olarak artar.

Sağlayacağı enerji gücüne ve esme saat sayısına göre değişir. Özgül rüzgar gücü, hava akımına dik birim yüzeye düşen güç miktarıdır. Türkiye’de yerleşim alanları dışında 10 m yükseklikteki rüzgar hızı yıllık ortalaması, Ege Bölgesi ve diğer kıyı alanlarında 4,5 - 5,6 m/s, iç kesimlerde 3,4 - 4,6 m/s arasındadır. 10 m yükseklikte yıllık ortalama rüzgar hızı 4 - 5 m/s olan yörelerimizde, türbin kurulması açısından önemli olan 50 m yükseklikteki güç yoğunluğu çoğu kez yıllık ortalama 500 W/m² düzeyini aşmaktadır (Şekil 4.122).

Türkiye’de rüzgar enerjisinden faydalanmak amacıyla çalışmalar sürdürülmektedir. Bu çalışmaların ilki potansiyel belirleme çalışmalarıdır. Bu amaçla ilk aşamada belirlenmiş rüzgar enerjisi yönünden umut verici yerlerde Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından Rüzgar Enerjisi Gözlem İstasyonları kurulmuştur. Bu istasyonlarda mikro işlemci kontrollü veri toplama sistemleri ile genelde 10 metre yükseklikten birer saatlik ve onar dakikalık periyotlarla veriler toparlanmakta ve arşivlenmektedir. Yapılan teorik çalışmalara göre, Türkiye’nin karasal alanlarında 400 milyar kWh/yıl brüt potansiyel ve 120 milyar kWh/yıl teknik potansiyel olduğu hesaplanmıştır. Buradaki brüt potansiyel 160.000 MW, teknik potansiyel de 48.000 MW rüzgar gücüne karşılıktır. Ancak Türkiye’nin ekonomik rüzgar potansiyelinin 50 milyar kWh/yıl olduğu zannedilmektedir, buna karşılık kurulması gereken rüzgar gücü ise 20.000 MW’dır. Rüzgar enerjisi zenginliği sırasıyla Marmara, Ege, Akdeniz ve Karadeniz kıyı alanlarına bulunmaktadır. Bunun yanı sıra Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu ve Doğu Anadolu’da rüzgarca zengin yörelerin var olduğu bilinmektedir.

Rüzgar türbinleri de bir kule üzerine monte edilmektedir. Yaklaşık 30 metre ve daha yüksek olan kule uzunlukları ile daha hızlı ve daha az türbülanslı rüzgar profilleri yakalamak mümkündür. Türbinler 2 veya 3 kanatlı yapıda olup rüzgarı yakalarlar ve kanatlar dönme-ye başlar böylece oluşan kinetik enerji elektrik enerjisine dönüşür. Rüzgar türbinleri elektrik şebekesinden bağımsız istenen yerde elektrik üretirler (örneğin şehir dışında bir çiftlik evi), daha büyük ölçekli rüzgar türbinleri ise şebekeye bağlanabilir, bir çok türbinin oluşturduğu rüzgar çiftlikleri elektrik santralı gibi çalışırlar ve elektrik satarlar. 3 kanatlı bir türbin 11 - 12 m/s'lik bir rüzgar hızında maksimum gücüne ulaşmaktadır.

Rüzgar türbinleri için en uygun yerleşimler, ulaşımı her zaman mümkün, trafo merkezlerine yakın, ormansız tepelerdir (Balıkesir - Şamlı, İzmir - Çeşme, Gelibolu - Fındıklı).

İkinci derecede uygun alanlar, ulaşımı her zaman mümkün olan, trafo merkezine yakın, kıyı kesimleridir. (Bandırma- Manyas, Karabiga, Çeşme).

Üçüncü derecede uygun alanlar, ulaşımı her zaman mümkün, trafo merkezine yakın açık arazilerdir (tarlalar, bahçeler).

Dördüncü derecede uygun alanlar ulaşımı mümkün ama orman içinde türbinlerin dikilmesi, bakım ve onarımı için yol yapılması zorunlu olan, trafo merkezine çok yakın olmayan, kısmen ormanlık tepelerdir (İzmir - Çeşme, Kocadağ, Çanakkale-Ayvacı, Bozcaada, Gelibolu).

Beşinci derecede uygun olan yerleşimler, ulaşımı her zaman mümkün fakat orman içinde türbinlerin

dikilmesi, bakım ve onarım için yeni yol yapılması zorunlu, trafo merkezlerine uzak, ormanlık tepeler olmaktadır (Balıkesir - Balya, Yenice, Çanakkale - Çan, Biga, İzmir - Bergama).

Bunun dışında rüzgar türbinlerinin yer seçiminde dikkat edilecek diğer bir husus ise kanunlar ve uluslar arası anlaşmalarla korunan orman, milli park, tarihi sit ve koruma alanları vb ile doğal yaşama alanlarına (deniz kaplumbağaları, Akdeniz foku, göçmen kuşların göç yolları üzeri vb) zarar vermeyecek şekilde hareket edilmesidir.

Rüzgar enerjisinin kullanımı 1970'li yıllardan sonra başlamıştır. Şu anda dünyadaki kurulu güç yaklaşık Avrupa'da (lider ülkeler Almanya, Hollanda, Danimarka) 6.500 MW, Amerika'da 2.000 MW, Asya'da 1.200 MW'dir. Türkiye'deki kurulu güç 9 MW mertebesindedir.

4.6.2.1 Rüzgar Gücünün Özellikleri

- Modern türbinler 2 - 3 kanatlıdır.
- İki türbin arası uzaklık 150 - 300 metre arası değişebilir. Arazinin büyük kısmı tarım, hayvancılık gibi işlerle değerlendirilebilir.
- En ekonomik santral 10 - 30 MW arasındadır.
- Enerji üretimi rotor yüksekliğine, rüzgar hızının küpüne ve kanatların süpürme alanına bağlıdır.
- Rüzgar hızı yükseklikle artar, kuleler 30 - 50 metre yüksekliğindedir.
- Beklenen türbin ömrü 20 yıldır.
- Rüzgar türbini karada veya denizde kurulabilir.

Rüzgar enerjisi sistemleri artan elektrik fiyatlarına alternatif oluşturmaktadır. Fosil yakıtlara bağımlılığı azaltan, çevreyi kirletmeyen bir enerji sistemidir. İlk yatırım masrafları yüksektir, ancak ömür boyu kullanım ve bedava enerji sağladığı için konvansiyonel sistemlere alternatiftir. Enerji maliyeti olarak bakıldığında rüzgar ile elektrik üretiminde sent/kWh fiyatı 6 mertebesinde iken, bu rakam hidroelektrik santralı ile elektrik üretiminde 12, nükleer güç ile elektrik üretiminde 7,3 mertebesindedir. Doğal gaz ile elektrik üretiminde ise ortalama sent/kWh fiyatı 4,7 mertebelerindedir.

4.6.3 ISI POMPALARI (Şekil 4.123)

Isı pompası teknolojisi uzun yıllardır bilinmekle birlikte ticari olarak yaygın kullanılmaya başlanması, ancak son yıllarda mümkün olabilmiştir. Isı pompalarında fosil yakıtlar kullanılmadığı için alternatif ısıtma sistemi olarak düşünülebilir. Isı pompası çalışma mantığı toprak, hava veya su gibi ısı kaynaklarından elde edilen enerjinin ısı pompasının kapalı devresinde bulunan buharlaştırıcı üzerinden alınması ile ısı taşıyıcı sıcaklığının artırılması ve buharlaştırılması, kompresör yardımı ile basınç ve sıcaklığı iyice artırılan gazın enerjisini yoğunlaştırıcı üzerinden kullanılacak kapalı devrede



Şekil 4.122. RÜZGAR TÜRBİNİ

bulunan suya aktarılmasına dayalıdır. Yoğuşturucuda enerjisini bırakan gaz tekrar buharlaştırıcıya girmeden genişleme vanasından geçirilir. Isı pompalarının çalışması için gerekli olan elektriğin üretiminde fosil yakıtların kullanıldığı unutulmamalıdır. Enerji Ekonomisi anlamında bakıldığında ısı pompalarının her zaman ekonomik olduklarını söylemek doğru değildir. Isı pompalarının ekonomikliği alternatif olan yakıtla bağlıdır. Örneğin doğalgazın bulunduğu bir yerde, ısı pompaları doğalgaz karşısında ekonomik olarak çalışmamaktadır. Bu durum elektrik enerjisi ve doğal gaz enerji birim maliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Propan veya mazota alternatif olarak ise ısı pompaları ekonomiktirler. Isı pompalarını enerji ekonomisi açısından değerlendirdiğimizde, sistemdeki pompanın sürekli çalıştığını da hesaba katmalı ve bunun sistem COP'sine etkisini de göz ardı etmemeliyiz.

Isı pompaları hava, su veya toprak kaynaklı olabilir. Bu üç kaynaktan yararlanarak ısıtma yapabilen çok sayıda alternatif çözüm üretilebilir. Burada havadan suya, sudan suya ve topraktan suya olmak üzere, üç tip üzerinde durulacaktır.

4.6.3.1 Hava Kaynaklı Isı Pompaları (Şekil 4.123)

Hava kaynaklı ısı pompaları dış ortama veya kazan dairesine iç ortama yerleştirilebilir. İç ortama yerleştirildiğinde, hava kanalı bağlantısı yapılması tavsiye edilir. Dış hava kanalla cihaza ulaştırılıp, kullanılmış hava cihazdan tekrar dışarı kanalla taşınmalıdır aksi halde cihazın girişinde hava sıcaklığı by-pass etkisinden dolayı cihaz çıkış sıcaklığına yaklaşacak ve verim düşecektir. Hava hareketini sağlayan fan, cihazın

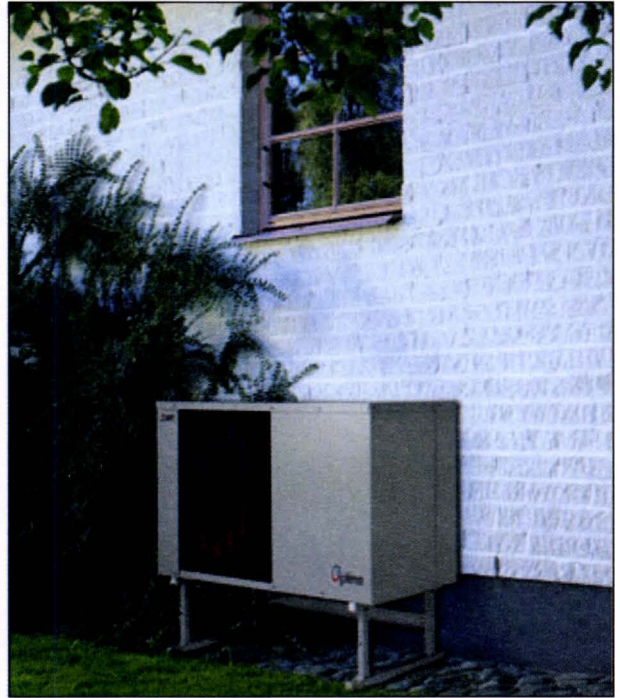
entegre bir elemanıdır ve performans değerleri hesaplanırken bu fan da göz önüne alınmaktadır. Havadan çekilen ısı, kapalı sıcak sulu ısıtma devresinde dolaşan suya aktarılır. Sıcak sulu ısıtma devresinde su sıcaklığı 55°C değerinin üzerine çıkamaz. Hava kaynaklı ısı pompalarında COP değerleri 2,5 ila 4,1 değerleri arasındadır Yüksek COP değerleri ise ancak 35°C gibi düşük sıcaklık değerlerinde elde edilebilmektedir. Bu nedenle hava kaynaklı ısı pompalarının kullanıldığı sıcak sulu ısıtma sistemleri düşük sıcaklık ısıtma sistemleri tercih edilmelidir. Bu amaca en uygun çözüm yerden ısıtma sistemleridir.

Konutlarda ve küçük ticari uygulamalardaki ısı pompalarında hava çok kullanılan universal bir ısı kaynağıdır. Hava kaynaklı ısı pompaları 2 kW - 15 kW kapasite aralığında üretilmektedir. Hava sıcaklığı -18 ile 24°C kabul edilebilir. Cihaz çalışma aralığı -10 ile 35°C değerindedir. Soğutucu akışkan sıcaklığı ısıtma modunda dış hava sıcaklığından 6 - 11°C daha soğuktur. Hava kaynaklı ısı pompalarında dış hava sıcaklığı ve buz oluşumu en önemli iki tasarım parametresidir. Hava sıcaklığı düştükçe ısıtmada pompanın verimi ve kapasitesi düşer. Cihaz kışın ısıtma yükünü belli oranda karşılar, yazın soğutma modunda aşırı büyük kalmamalıdır (Şekil 4.124).

Optimum cihaz boyutları açısından seçilecek denge sıcaklığı çok önemlidir. Isı pompasının binanın ısı yükünün tamamını karşıladığı en düşük dış sıcaklık değerine denge sıcaklığı denir. Bu sıcaklığın altındaki hava sıcaklıklarında ikinci bir yardımcı ısıtıcı devreye girmelidir. Bu ısıtıcı genellikle elektrikli ısıtıcıdır. Öte yandan dış hava sıcaklığı 5,5°C mertebelerine indiğinde dış



Şekil 4.123. ISISAN BUDERUS ISI POMPASI



Şekil 4.124. HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI

serpantinin yüzey sıcaklığı 0°C mertebelerindedir. Bu dış sıcaklığın altında çalışmada eşanjörde buz oluşur. Oluşan buzun eritilmesi için defrost yapılır. Defrost sayısı pek çok faktöre bağlıdır. Nemli iklimlerde defrost ihtiyacı 20 dakikada bir değerine kadar inebilir. Bu sırada kaybedilen zaman ve harcanan elektrik enerjisi sistem veriminde hesaba katılmalıdır. Genellikle denge sıcaklığı 5°C mertebelerinde veya üzerinde olacak şekilde ısı pompası seçilir. Havadan suya ısı pompalarında konforun sağlanabilmesi için mutlaka takviye ısıtma yapılması ihtiyacı vardır.

Yeni yönetmeliklerde bina uygulamalarında hacmin kullanımına bağlı olarak belirli miktarda havanın dışarı atılması (egzost) ve taze hava alınması zorunluluğu getirilmeye başlanmıştır. Havanın ısı pompası üzerinden geçirilip dışarı atılması ile azda olsa kazanç sağlanmaktadır. Bu tip uygulamalar genellikle iç ve dış hava sıcaklık farklarının yüksek olduğu bölgelerde kullanılmaktadır. Sadece egzost havası ile çalışan ısı pompalarının yanı sıra hem hava hem de özel toprak kolektörleri ile destekli ikiz ısı pompaları da bulunmaktadır (Şekil 4.125).

Bu tip sistemlerde hacmin ısı gereksinimi olmadığı durumlarda hava kaynaklı ısı pompası ile sağlanan enerji toprağa geri verilmekte ve toprak kaynaklı ısı pompası yardımı ile gereksinim olduğunda tekrar kullanılabilir. Hava kaynaklı ısı pompaları mevsim geçişlerinde ve ılıman iklimlerde avantajlıdır.

4.6.3.2 Su Kaynaklı Isı Pompaları

Su kaynaklı ısı pompaları uygulamaları su kuyuları, göl, akarsu ve deniz gibi yüzey suları veya atık enerjili sular ile yapılmaktadır. Su kaynaklı ısı pompaları evsel uygulamalarda genelde açık devreli sistemlerdir. Su kaynaklı ısı pompaları bugün için 90kW maksimum kapasitede üretilmektedirler ama uygulamalar 30 kW mertebelerine kadar pratikte yapılmaktadır. En çok yapılan uygulama, kuyudan bir pompa yardımı ile alınan suyun ısı pompası üzerinden geçirilerek tekrar toprağa döndürülmesidir. Normal uygulamada ikinci bir kuyu açılarak su buraya verilmeli, yüzeye deşarj edilmemelidir. Açılan kuyuların arasında minimum 15 m mesafe olması ve zemin su akış yönüne dikkat edilmesi gerekmektedir. Besleme kuyusu 15 m derinliğinde, boşaltma kuyusu ise 25 m derinlikte uygulanmalıdır. Zemin suyu akış yönü besleme kuyusundan boşaltma kuyusuna olacak şekilde kuyu yerleşimi belirlenmelidir aksi halde by-pass riski oluşacaktır. Burada, kullanılan kuyu suyunun kalitesi cihaz ömrü açısından çok önemlidir. Öncelikle su analiz edilmelidir. Suyun analizi sonucu yapısı uygunsa bakır eşanjörlü ısı pompası kullanılabilir. Su yapısı uygun değil ise, paslanmaz çelik eşanjörlü ısı pompası kullanmak gerekir. Bu durumda sadece mangan ve demir oranı dikkate alınmalı ve bu değerler kontrol edilmelidir. Isıtma devresi hava kaynaklı ısı pompası gibi eşanjör üzerinden ısıtılmaktadır (Şekil 4.126).



Şekil 4.125. HAVA / TOPRAK KAYNAKLI İKİZ ISI POMPASI

Kuyu ısı pompalarında iki çözüm vardır. A) kuyudan pompalanan su ısı pompası eşanjöründen dolaşır ve bir başka kuyuya geri verilir. Bu direk sistemler villa ısıtması gibi küçük uygulamalarda kullanılır. B) kuyu suyu bir eşanjör aracılığı ile kapalı bir su devresinden ısı alır veya verir. Bu kapalı su devresine çok sayıda ısı pompası bağlıdır. Klasik kapalı su devreli su/su ısı pompası sistemlerindeki su soğutma kulesi/kazan çifti yerine su kuyusu gelmiştir.

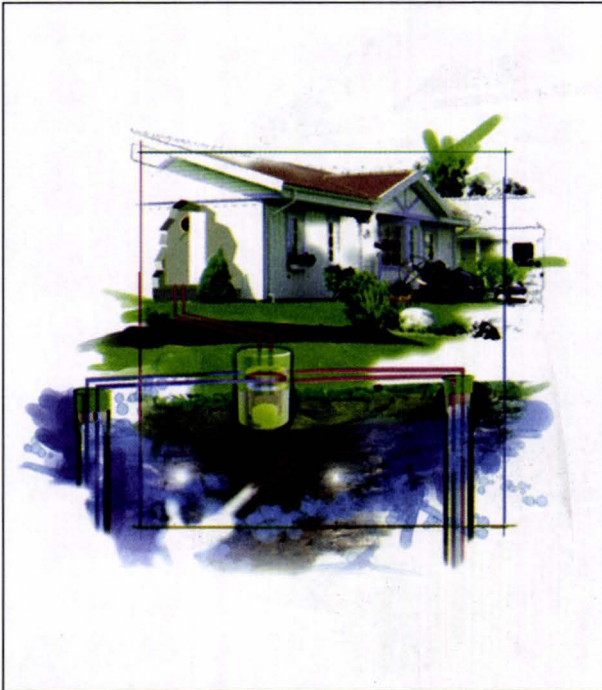
Göl, akarsu ve deniz gibi yerüstü suyu uygulamalarında ısı kaynağı suyun özelliklerinden dolayı, kapalı bir çevrim olarak bir ısı eşanjörü üzerinden ısı pompası devresine enerji aktarmaktadırlar. İtalyada yapılan bir çalışmada Akdeniz kıyılarında deniz suyu kullanan ısı pompaları ile COP değerlerinin 5 mertebesinde olacağı ifade edilmektedir. Bu uygulamada deniz suyu boru ile kazan dairesine pompalanır. Bu su filtre edilir, biyolojik oluşumlar için dozajlanır veya elektrotlar arasından geçirilerek yüklenir. Sonrasında bir ısı değiştirgecinden geçtikten sonra tekrar denize geri verilir. Burada deniz suyunun alım ağzı, deniz suyu ile temastaki yüzeylerde yosun teşkili ve tuzlu suyun korozyon etkisi özel problemlerdir. Isı değiştiricisinde sekonder kapalı devre akışkanı olan temiz su soğutulur. Isı pompasının eşanjöründe bu temiz su dolaşır. Bu sistem göl gibi yüzey suları, endüstriyel atık sular, kalitesiz sular halinde de kullanılabilir (Şekil 4.127).

Primer ve sekonder devre arasında plakalı ısı eşanjörü kullanılır. Plakalı ısı eşanjörü seçiminde basınç düşümü ile, toplam ısı geçiş katsayısı arasında bir optimizasyon yapılması gerekir. Basınç düşümü işletme maliyetini

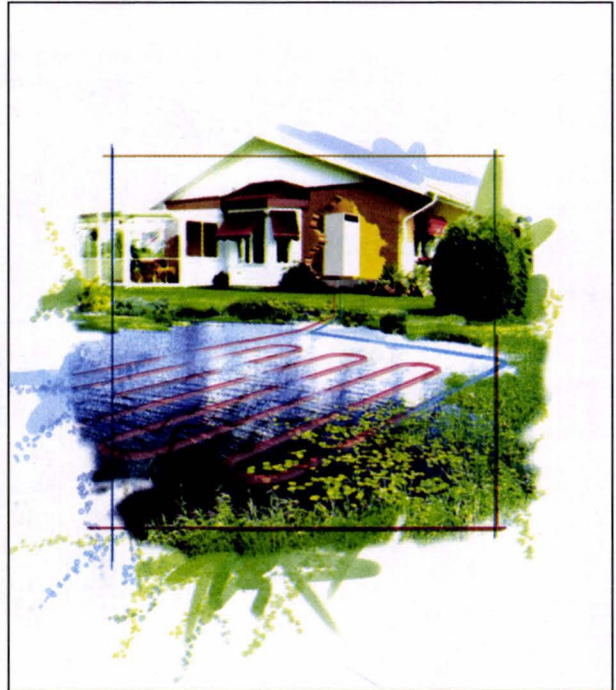
artırırken, ısı geçiş katsayısının artması küçülen yüzeyler dolayısıyla yatırım maliyetlerini azaltır. Genellikle eşanjörler 1,7°C (luptan dönen su sıcaklığı ile eşanjörü terk eden su sıcaklıkları arasındaki fark) yaklaşımı ve basınç düşümünün 70 kPa'dan daha düşük olmasıyla seçilirler. Plakalı eşanjörler kolayca temizlenebildiğinden büyük kirlilik faktörleri hesaba konmamalıdır.

Sistemde kullanılacak ısı pompasının eşanjörü direk ısı kaynağı su ile temas halinde olmayacağından ısı pompası eşanjörü için özel bir uygulama gereksinimi yoktur. Sistem bir toprak kaynaklı sistem gibi kapalı çalışmaktadır. Atık enerjili su uygulamalarında ise genelde suyun agresif özellikleri özel borulama, eşanjör ve pompa gereksinimini beraberinde getirmektedir. Yatırım maliyetini azaltmak için devre kısa borulama mesafeleri ile planlanır. Sistemde harici bir pompa ve ısı eşanjörü ile oluşturulur. Bu durumda bir tane fazla pompa ve eşanjörden kaynaklanan yatırım ve işletme maliyetlerinde artma olmaktadır. Bu tip uygulamaların avantajı atık suların bir proses sonucu elde edilmesi ve daimi yüksek enerjili sular olmaları sayesinde sistem COP değerinin yüksek olmasıdır.

Su kaynaklı ısı pompaları COP değerleri gözönüne alındığında çok ekonomik sistemlerdir. COP değerleri çalışma sıcaklıklarına bağlı olarak 2,5 ila 6 arasındadır. Dezavantajları kaliteli ve bol su ihtiyacı, ısı değiştirgeçlerinde kireçlenme sorunları ve pompa enerjisine olan gereksinimdir. Bu sistemlerde suyun kalitesi çok önemli bir parametredir. Yer altı suyu sıcaklığı 7 - 12°C kabul edilebilir. Cihaz çalışma aralığı 7 - 25°C değerindedir. Kaynak sıcaklığının



Şekil 4.126. SU KAYNAKLI ISI POMPASI KUYU UYGULAMASI



Şekil 4.127. SU KAYNAKLI ISI POMPASI GÖL UYGULAMASI

göreceli olarak sabit kalması nedeniyle kapasite yıl boyu fazla değişmez ve defrost sorunu yoktur. Bu nedenle bütün yıl boyunca ısıtma ihtiyacını tek başına karşılayacak şekilde seçilebilirler.

4.6.3.3 Toprak Kaynaklı Isı Pompaları (GSHP)

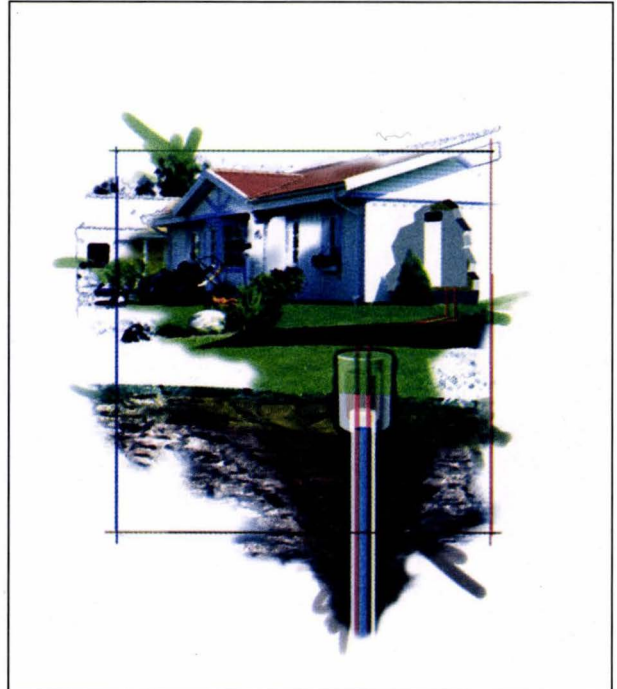
Toprak kaynaklı ısı pompaları kapalı devre olarak çalışan sistemlerdir. Derin kuyu ve toprak kolektörü olmak üzere iki ana uygulama tipi bulunmaktadır. Toprağa gömülen borulardan oluşan toprak ısı değiştiricisinde ısı topraktan çekilir ve kapalı devre akışkanı tarafından ısı pompası eşanjörüne taşınır. Bu devrede antifrizli suyu dolaştıran bir sirkülasyon pompası bulunur. Sıcak sulu ısıtma devresi yine aynıdır. Toprak yerküre için bir izolasyon görevi görmektedir ve toprak yüzey sıcaklıkları mevsimlere göre yani dış hava sıcaklığına bağlı değişme göstermesine rağmen, yeryüzünün 15 m altından itibaren sıcaklık sabit yaklaşık 10°C olmaktadır. Toprak kaynaklı ısı pompaları yaklaşık 70kW kapasitelere kadar uygulanmaktadır ve çoklu uygulamalarda mümkün olmaktadır. COP değerleri işletme sıcaklıklarına bağlı olarak 2 ila 4,8 değerleri arasında değişmektedir. Toprak kolektörü uygulamaları yüzeyden 1,5 - 2 m derinlikte yapılmaktadır ve ısı pompasından alınabilecek kapasite dış hava sıcaklıklarına bağlıdır. Toprak kolektörü uygulamasında, toprak 1 - 2 m kadar kaldırılarak borular serpantin halinde yatay olarak toprağa serilir ve tekrar üstü kapatılır. Uygulamada toprağa açılan kanallara yerleştirilen 1, 2 veya 4 sıra boru veya spiral şeklinde kıvrılmış borulardan veya tamamen kaldırılan toprağın altına serpantin şeklinde döşenen borulardan

oluşur. Birbirine paralel devrelerden oluşan sistemde, bir devrenin boru uzunluğu 100 m'den fazla olmaması tavsiye edilir. Borular arasında en az 0,7 ile 0,8 m aralık olmalıdır. Ayrıca bu kapalı devrede hava yapmamasına ve havanın tahliye edilebilmesine dikkat edilmelidir. 12 kW gücünde bir sistem için gerekli minimum alan 450 m² mertebesindedir. Bu boruların üzerine inşaat yapılamaz. Bu nedenle yoğun yapılaşma olan şehirlerde uygulama şansı zayıftır (Şekil 4.128).

Derin kuyu uygulamaları ise yüzeyden 80 - 200 m derinlik aralığında kuyular açılarak yapılmakta ve çalışma genelde sabit sıcaklıkta gerçekleşmektedir ve defrost sorunu yoktur. Bu nedenle bütün yıl boyunca ısıtma ihtiyacını tek başına karşılayacak şekilde seçilebilirler. Derin kuyu uygulamalarında, dar bir sondaj deliği delinerek ısı değiştirici borular toprağa düşey olarak yerleştirilir. Pratik sondaj derinliği 100 m mertebelerindedir. Derin kuyu uygulamalarında da cihazdan elde edilebilecek kapasite tam olarak belirlenememektedir. Derin kuyu uygulamalarında birden fazla kuyu vurulacak ise kuyuların zemin suyu akış yönüne dik yerleştirilmesi kuyuların birbirini etkilememesi için gerekli bir uygulamadır. Bu kuyular arasında da minimum 5 m mesafe olması gerekmektedir (Şekil 4.129). Derin kuyu uygulamalarında toprak kaynaklı ısı pompalarından elde edilecek enerji miktarının hesaplanmasında döşenen boru miktarı yanında, borunun temas ettiği toprak yüzey özelliği de belirleyicidir. Genelde çift sıra yüksek yoğunluklu polietilen, özel kendinden ağırlıklı borular uygulamalarda kullanılır. Çaplar 1" ve 1 1/4" olarak seçilir. Bir metre boru uygulaması ile



Şekil 4.128. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI
TOPRAK KOLEKTÖRÜ UYGULAMASI



Şekil 4.129. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI
DERİN KUYU UYGULAMASI

20W ila 70W arası enerji alınabilir. Zemin kuru ve kum veya çakıl ise değer 20W mertebesinde iken ıslak ve kil zeminde bu değer 40W'a çıkmaktadır. Granit ve bazalt gibi magmatit yapılarında ise bir metre borulama ile 70W enerji suya aktarılabilir. Toprak kaynaklı ısı pompası uygulama ve geri dönüş hesaplarında, uygulama yapılacak zemin büyük rol oynamaktadır. Kapalı devre uygulaması olması nedeni ile donma riskine karşı sistemde antifrizli su kullanılır. Donma riskinden dolayı antifriz kullanımı bölgeye göre doğru hesaplanmalıdır. Gerekenden fazla antifriz kullanımı topraktan enerji çekişini ve ısı pompasının kapasitesini azaltmakta buna paralel sistem verimini düşürmektedir.

Toprak kaynaklı ısı pompalarının kullanımına bakıldığında en büyük kullanım Amerika'da, daha sonra sıra ile İsveç, Kanada, İsviçre, Avusturya, Almanya ve Finlandiya'da olduğu görülmektedir. Bu ülkeler refah düzeylerinin yüksekliği ile dikkati çekmektedir.

Isı pompalarının sıcak sulu ısıtma amacıyla kullanımında bir potansiyel bulunmaktadır. Özellikle yeterli ve uygun kalitede yeraltı suyu bulunması durumunda su-su ısı pompası cazip olabilmektedir. Yakıt fiyatları yükseldikçe gelecekte ısı pompaları daha yaygın kullanılacaktır. Isı pompalarının çevreyi koruma yönündeki üstünlüğü ve aynı zamanda yazın soğutmada kullanılabilme özelliği, kullanımlarını teşvik eden diğer önemli faktörlerdir.

Doğal gaz kullanma imkanı varsa, yoğunmalı tip kazanlar çok avantajlı konumdadırlar. Isı pompaları bugünkü koşullarda yoğunmalı kazanlarla rekabet edemez konumdadırlar. Yoğunmalı kazanlara karşı ısı pompasının geri ödeme süresi ısı pompası tipine bağlı olarak 20 ile 40 yıl arası çıkmaktadır. Ancak doğal gazın bulunmadığı alanlarda ısı pompaları ticari bir alternatif oluşturabilmektedirler. Mazotla çalışan bir sisteme alternatif olarak düşünülen ısı pompalarında geri ödeme süreleri 2 ila 4 yıl arası çıkmaktadır.

En cazip alternatif sudan suya ısı pompalarıdır. Uygun yeraltı suyu kaynağı bulunması halinde bu tiplerin geri ödeme süresi 3 yıla kadar inebilmektedir.

Topraktan suya ısı pompalarında eşanjör maliyetleri çok yüksektir. Eşanjör ve tesisat maliyeti ısı pompasının kendi fiyatından daha fazla olabilmektedir. Ayrıca sistem iyi hesaplanmazsa, beklenen performansın elde edilmesi mümkün değildir.

Hava - su ısı pompaları her yerde uygulanabilme avantajına ve kolay tesis özelliğine sahiptir. Ancak bir yardımcı enerji kaynağına gereksinim mutlaka bulunmaktadır. Yüksek denge sıcaklıkları seçilerek makul geri ödeme süreleri olan basit ve temiz bir sistem oluşturulabilir.

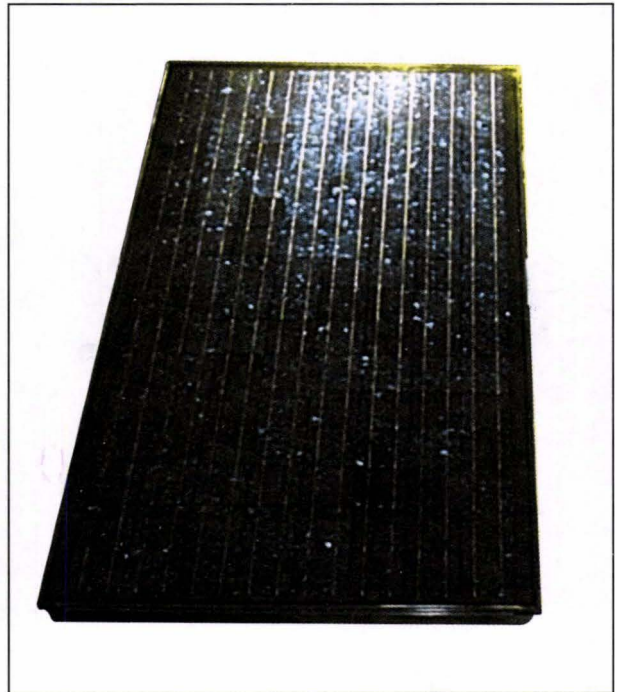
Sıcak sulu ısıtma sistemi mutlaka düşük sıcaklık ısıtması olmalıdır.

4.6.4 YAKIT HÜCRELERİ (Şekil 4.130)

Yakıt hücreleri verimli, ekonomik, sessiz ve çevre ile uyumlu enerji üretiminde kullanılan, gelecek kuşaklarda çok daha yaygın olarak kullanılacağı tahmin edilen önemli yaklaşımlardan biridir. Yakıt gazlarındaki kimyasal enerji, düşük enerjili, minimum hareketli parçalar içeren ve hava kirliliğine sebep olmayan elektro kimyasal bir proseste elektrik enerjisine dönüştürülür. Genel elektrik üretim tekniklerine göre hemen hemen hiç zararlı madde emisyonu, gürültü ve titreşim yoktur. Elektrik ile beraber ısı da üretilir. Ancak şu anda yakıt hücreleri ticari ürün olmaktan uzaktırlar. Almanya, Hollanda ve bazı Kuzey Avrupa ülkelerinde evsel kullanıma uygun hem elektrik hemde ısı üreten yakıt hücresi prototipleri üzerinde çalışılmaktadır. Ancak evsel anlamda ticari bir ürün olarak ekonomik çözüm sunacak hale gelmeleri için daha en az 8 - 10 sene olduğu tahmin edilmektedir.

Yakıt hücresinde üretilen elektrik akımı doğru akımdır ve bir transformatör ile değişken akıma dönüştürülmelidir. Ayrıca ihtiyaçtan fazla elektrik üretimi söz konusu olduğunda bu fazla üretimin bataryalarda depolanması veya şebekeye geri beslenmesi konuları da unutulmamalıdır.

Yakıt hücrelerinin üstünlüğü kimyasal enerjiyi doğrudan elektrik enerjisine dönüştürmesidir. Klasik elektrik üretiminde kimyasal enerji önce yanma sonucu ısı enerjisine dönüştürülür, ısı enerjisi taşıyıcı bir çevrim akışkanına yüklenir ve bu akışkan üzerindeki ısıdan, iş çevriminde mekanik enerji üretilir ve mekanik enerji yardımıyla elektrik jeneratörlerinde elektrik üretilir.



Şekil 4.130. ISISAN BUDERUS
PHOTO - VOLTAIC GÜNEŞ PİLİ

Klasik elektrik jeneratörleri içten yanmalı motorlar ve gaz türbini sistemleri olarak gelişmiştir. Bu dolaylı yöntemde üst üste toplanan verimsizlikler nedeniyle toplam sistem verimi düşük olmaktadır. Ayrıca sistemde sürekli bakım ve servis gerektiren dönen mekanik parçalar bulunmaktadır. Halbuki yakıt hücreleri yüksek verimli ve basit yapıdadırlar. Özellikle yakıt olarak hidrojen kullanmaları halinde, çevre kirliliği ve çevrenin sürdürülebilirliği bakımından mükemmel sistemlerdir.

Bütün yakıt hücresi sistemleri için bugün en önemli dezavantaj maliyettir. Buna karşılık sistemlerin önemli avantajları vardır. Bu nedenle üzerinde yoğun olarak çalışılmaktadır. Avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

a. Verim: Yakıt hücrelerinde verim pistonlu veya türbinli sistemlere göre daha yüksektir. Bundan da önemlisi sistem verimi sistemin büyüklüğünden bağımsızdır. Bu nedenle küçük kojenerasyon sistemlerinde yakıt hücrelerinin daha fazla rekabet şansı olmaktadır.

b. Basitlik: Yakıt hücrelerinin dayandığı esas çok basittir. Sistemde dönen parça yoktur veya çok azdır. Bu nedenle bakım ve servis istemez ve uzun ömürlüdür.

c. Düşük Emisyon: Yakıt olarak hidrojen kullanıldığında ürün su olup, bu sıfır emisyon anlamına gelir. Ancak unutulmamalıdır ki bugün için hidrojen üretiminde daima CO₂ emisyonu olmaktadır.

d. Sessizlik: Yakıt hücreleri çok sessizdir. Hatta içinde yakıt dönüşüm sistemlerini barındıran yakıt hücreleri bile aynı özelliğe sahiptir. Özellikle yerel güç üretiminde bu özellik tercih nedeni olmaktadır.

Mevcut enerji kaynakları gün geçtikçe tükenmektedir. Yine bu mevcut kaynaklar, kömür, petrol, odun, v.b. yakıt olarak kullanıldıkları zaman çevre kirliliğini de beraberinde getirmektedir. İşte bu nedenlerden dolayı yakıt hücrelerinin araştırılması ve geliştirilmesi üzerinde ki çalışmalar önem kazanmıştır.

Yakıt hücreleri yakıt türüne karşı esnek enerji dönüştürücüleridir. Hidrojence zengin herhangi bir madde potansiyel bir yakıt kaynağı olabilir. Yakıt hücresi sistemleri çalışılan sıcaklık ve basınç aralığına göre çeşitlilik gösterir (yüksek, normal, düşük). Aynı zamanda kullandıkları yakıt ve/veya oksidantlara göre de; Gaz yakıt kullananlar (hidrojen, amonyak, hava ve oksijen) Sıvı yakıt kullananlar (alkoller, hidrazin, hidrokarbonlar) ve Katı yakıt kullananlar (kömür, hidratlar) olmak üzere çeşitlilik gösterir. Ancak yakıt hücresi sistemleri genel ve basit olarak yukarıdaki farklılıklarından dolayı değil, kullandıkları elektrolit çeşidine göre sınıflandırılırlar.

Yakıt hücreleri ilk defa 19. Yüzyılın sonunda geliştirilmiştir. Yakıt hücresi terimi ilk olarak 1889'da Ludwig Mond ve Charles Langer tarafından Grove'un çalışmaları tekrarlanarak ortaya konmuştur. Mond ve Longer oksijen kaynağı olarak havayı, hidrojen kaynağı olarak

da endüstriyel kömür gazını kullanarak 1.5 watt güç üreten ve %50 çalışma verimine sahip bir yakıt hücresi geliştirmişlerdir. Yakıt hücreleri hafif olmaları ve yan ürün olarak su üretmelerinden dolayı uzay uygulamaları için düşünülmeye başlanmıştır. Uzay çalışmalarında yakıt hücrelerinin kullanılması; yüksek verim, düşük gürültü ve titreme, yüksek enerji yoğunluğu gibi avantajlar sağlamaktadır.

Yakıt hücreleri (pilleri), temiz, çevreye zarar vermeyen ve yüksek verime sahip enerji dönüşüm teknolojileridir. Bir buhar kazanı veya türbin kullanılmadan, sadece kimyasal reaksiyon ile elektrik enerjisi üretilir. Hidrojen (H₂) ve oksijen (O₂) arasındaki elektrokimyasal reaksiyon ile elde edilen ve toplam verimlilikleri % 80'lere kadar ulaşabilen yakıt pilleri, sürekli çalışan piller veya elektrokimyasal makinalar olarak da bilinir. Yakıt pilleri, boyutlarının küçük olması, yüksek verimle çalışmaları ve atık ısılarının kullanılabilir olmasının yanı sıra aşağıdaki özellikleri nedeniyle de diğer güç sistemlerine göre daha üstündürler.

- Modüler olmaları,
- Kullanıcıya yakın inşaa edilebilmeleri,
- Yakıt olarak saf hidrojenin yanı sıra doğal gaz, metanol veya kömür gazlarını kullanılabilmeleri,
- Sessiz çalışmaları,
- Minimum seviyede kükürt oksit ve azot oksit emisyon değerleri,
- İnşaa edilecek alanda çok az çevre kısıtlamaları gerektirmeleri ve kısa sürede inşaa edilebilmeleri,
- Katı atık problemlerinin olmamaları.

Konvansiyonel yakıtları kullanan diğer tüm teknolojilerden ve içten yanmalı motor teknolojilerinden daha verimli olan yakıt hücreleri, enerji tüketen tüm sektörler için özel bir önem taşımaktadır. Her birimin 1 volt-tan daha düşük enerji ürettiği bu hücrelerin seri bağlanması sonucunda yüksek voltaj elde edilebilmektedir. Yakıt pillerinde yakıt olarak metanol, etanol, doğalgaz, LPG ya da hidrojen kullanılabilir. Ama tüm bu yakıtlar arasında enerji verimi en yüksek olanı hidrojendir. Ayrıca hidrojen, yan ürün olarak yalnızca su buharı çıkartır. Öteki yakıtlarsa, az da olsa zehirli ya da sera etkisine yol açan gazlar yaymaktadırlar. Bunların enerji verimi de hidrojeninki kadar yüksek değildir. İçten yanmalı benzin motorlarında yapılacak bir takım değişikliklerle, hidrojen bir yakıt olarak rahatlıkla kullanılabilir. Hidrojen, içten yanmalı bir motor-da yakıldığında hiç karbonmonooksit (CO), hidrokarbon ve partikül ya da karbondioksit (CO₂) yaymaz. Tek zararlı yan ürünü, yanma sırasında yüksek motor sıcaklığı da havadaki azotla oksijenin birleşmesi sonucunda oluşan azotoksitler (NO_x). Ama bu NO_x düzeyi de benzinle çalışan günümüz taşıtlarının %10'u dolayında, insan sağlığı ve çevre sorunları açısından bakıldığında hidrojen, geleneksel içten yanmalı motorlu taşıtlar için bile daha iyi bir yakıttır.

4.6.4.1 Yakıt Hücresi Çalışma Prensibi ve Türleri

Yakıt gazlarındaki kimyasal enerji; düşük enerjili, minimum hareketli parçalar içeren ve hava kirliliğine sebep olmayan elektrokimyasal bir süreçte elektrik enerjisine dönüştürülür. Yakıt hücreleri düşük gücü seviyesinde, az kirlenici ürün açığa çıkararak yüksek verimle çalışabilmektedirler, tek yan ürün saf sudur. Hidrojen (H_2); katottaki oksijenin indirgenmesiyle birlikte anotta yükseltgenir. Bunun yanı sıra yakıt hücresinde metanol, su ve karbondioksit (CO_2)'e veya karbonmonooksit (CO); karbondioksit (CO_2)'e dönüşebilmektedir.

4.6.4.2 Yakıt Hücresi Türleri (Tablo 4.131)

Yakıt hücresi sistemleri çalışılan sıcaklık ve basınç aralığına göre çeşitlilik gösterir (yüksek, normal, düşük). Aynı zamanda kullandıkları yakıt ve/veya oksidantlara göre de;

- Gaz yakıt kullananlar (hidrojen, amonyak, hava ve oksijen)
 - Sıvı yakıt kullananlar (alkoller, hidrazin, hidrokarbonlar)
 - Katı yakıt kullananlar (kömür, hidratlar)
- olmak üzere çeşitlilik gösterir.

Ancak, genel ve basit olarak yakıt hücresi sistemleri yukarıdaki farklılıklarından dolayı değil, kullandıkları elektrolit çeşidine göre sınıflandırılırlar:

- Proton değişim membran yakıt hücreleri
- Bazik yakıt hücreleri

- Erimiş karbonat yakıt hücreleri
- Fosforik asit yakıt hücreleri
- Katı oksit yakıt hücreleri

a. Proton Değişim Membran Yakıt Hücreleri: Proton değişim membran yakıt hücrelerinin çalışma sıcaklığı yaklaşık olarak 80 - 100°C'dir. Bu hücrelerde bulunan tek sıvı sudur ve diğer hücrelere göre korozyon çok azdır. Düşük sıcaklıkta çalıştığından ulaşım araçları için uygun bir yakıt hücresi tipidir.

b. Bazik Yakıt Hücreleri: Yakıt kaynağı olarak saf hidrojen (H_2) kullanılmaktadır. Bu hücreler oda sıcaklığında çalışırlar ve diğer yakıt hücreleriyle karşılaştırıldıklarında daha yüksek voltaj verimi elde edilir. Ticari uygulamaları çok pahalı olan bu tür yakıt hücreleri üzerine bir çok şirket maliyetinin düşürülmesi ve işletim kolaylığının sağlanması için çalışmalar yapmaktadır.

c. Erimiş Karbonat Yakıt Hücreleri: Hidrokarbonlar yakıt olarak kullanıldıklarında hücreye direk olarak beslenirler ve burada hidrojen içeren gazlara dönüştürülür. Yakıt hücresinin dayanımı önemli bir problemidir. Hücrenin yapımında kullanılacak düşük maliyetli materyallerin bulunması da karşılaşılan önemli bir zordur, sıcaklığı 500 - 700°C arasındadır.

d. Fosforik Asit Yakıt Hücreleri: Sistemin çalışma sıcaklığı yaklaşık olarak 170 - 200°C arasındadır. Oldukça yüksek çalışma sıcaklıkları katalizörlerin CO ile zehirlenmesini azaltır. Sistem oldukça düşük maliyetlidir ve yaklaşık olarak 40.000 saat çalışma ömrüne ulaşılabilir.

	Fosforik Asit Yakıt Pili	Katı Oksit Yakıt Pili	Erimiş Karbonat Yakıt Pili	Polimer Elektrolit Yakıt Pili	Alkali Yakıt Pili
Elektrolit	Fosforik	Çinko Üzerine Tutturulmuş Yittria (YSZ)	Karbonat	Polimer İyon Değişim Filmi	Potasyum Hidroksit
Elektrolitteki Taşıyıcı	H^+	O_2^{-2}	CO_3^{-2}	H^+	OH^-
Hücreli Materyali	Karbon	Seramik vb.	Ni, Paslanmaz Çelik vb.	Karbon	Karbon
Güç Yoğunluğu (W/kg)	120 - 180	15 - 20	30 - 40	350 - 1.500	35 - 150
Yakıt Türü	H_2 Hidrokarbonlar Fosil Yakıtlar	H_2 Hidrokarbonlar	H_2 Hidrokarbonlar	H_2 Hidrokarbonlar	H_2
Sıcaklık	200°C	1.000°C	600 - 700°C	80°C	80°C
Güç Üretim Verimi	%37 - 42	%60 - 70	%45 - 60	%60	%42 - 73
Uygulama Alanları	Ticari Uygulama (Oteller, Hastaneler vb.)	Ticari Uygulama Sanayi Uygulama Elektrik Santralleri	Elektrik Santralleri	Ulaşım Araçları Askeri Sistemler	Uzay Çalışmaları

Tablo 4.131. YAKIT HÜCRESİ TÜRLERİ

e. Katı Oksit Yakıt Hücreleri: Uygulama sıcaklığı 650 - 1.000°C arasındadır. Hücre üretiminin zor ve maliyetinin de oldukça yüksek olmasından dolayı ticari alanda en az gelişme gösteren yakıt hücreleridir.

4.6.5 HİDROLİK ENERJİ

Türkiye’de 26 akarsu havzasına dağılmış olan su kaynaklarının enerji üretimi açısından toplam debisi 186 km³ /yıl düzeyindedir. Havzaların 1/3’ü Fırat ve Dicle havzalarındadır. Hidrolik enerji açısından akarsularımızın rejiminin düzgün olmaması bir dezavantajdır. Debiler %200 - %50 mertebelerinde mevsime bağlı değişiklik gösterebilmektedirler. Hidrolik kaynaktan 2010 yılında 85.4 milyar kWh enerji üretileceği düşünülmektedir. Türkiye’nin ekonomik hidrolik potansiyelinin tahmini %38 olarak değerlendirilmektedir. Gerçekleşme oranının daha üst düzeyde olamamasının nedeni, hidro elektrik santrallerinin maliyetinin diğer kaynaklara göre yüksek oluşudur.

4.6.6 JEOTERMAL ENERJİ

Jeotermal enerji yer kabuğunun derinliklerinden gelen ısının doğal olarak yeraltındaki sulara aktarılması ve ısınan suyun yeryüzüne ulaşması sonucu ortaya çıkan bir enerji türüdür. Türkiye jeotermal enerji açısından zengin ülkeler arasındadır. Türkiye’nin jeolojik yapısının volkanik olmasından dolayı sıcaklığı 100°C’ye ulaşan 600’den fazla sıcak su kaynağının varlığı Türkiye’nin önemli jeotermal potansiyelinin göstergesidir. Elektrik ve entegre ısıtma sistemine uygun jeotermal kaynaklarımız Batı, Kuzey - Batı ve Orta Anadolu’da bulunmaktadır.

4.6.7 DENİZ KÖKENLİ ENERJİLER

Deniz dalga enerjisi, deniz akıntıları enerjisi ve gel-git enerjisi deniz kökenli enerji yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Gel - git enerjisi olanağı ülkemizde bulunmamaktadır. İstanbul ve Çanakkale boğazlarında akıntı enerjisi şansı olmasına rağmen yoğun deniz trafiği bu uygulama şansını sınırlandırmaktadır. 8.000 km’yi geçen açık deniz kıyıları ile Türkiye deniz dalga enerjisi potansiyeline sahip olmakla beraber, bu konu hiç gündeme gelmemiştir.

4.6.8 BİOKÜTLE ENERJİ

Fotosentez ile kazanılan enerji biokütle enerjinin kökenidir. Biokütle enerjinin oluşumu bitkisel ve hayvansal ürünlerdir. Hayvansal üretim bitkisel üretime bağlıdır. Türkiye biokütle materyal üretimi açısından, güneşlenme ve alan kullanılabilirliği, su kaynakları, iklim koşulları gibi özellikleri uygun olan bir ülkedir.

4.6.9 ISI DEPOLAYICILAR

Isı depolayıcıların amacı, ihtiyaç fazlası enerjinin, ihtiyaç doğuncaya kadar saklanabilmesidir. Güneş

enerjisi veya ısı pompaları uygulamalar olmak üzere farklı uygulamalar yapmak mümkündür. Depolayıcılar yardımıyla, enerji üretimi daha etkin şekilde kullanılabilir.

4.6.9.1 Sıcak Su ve Kaynar Su Depolayıcılar

Uzaktan ısıtma sistemlerindeki uç noktaların dengelenmesi amacıyla kullanılırlar. Genel olarak ısı üretim tesislerinde, elektrik veya ısı ihtiyacında büyük değişiklikler ortaya çıktığı zaman kullanılırlar.

4.6.9.2 Uzun Süreli Depolama Sistemleri (Şekil 4.132)

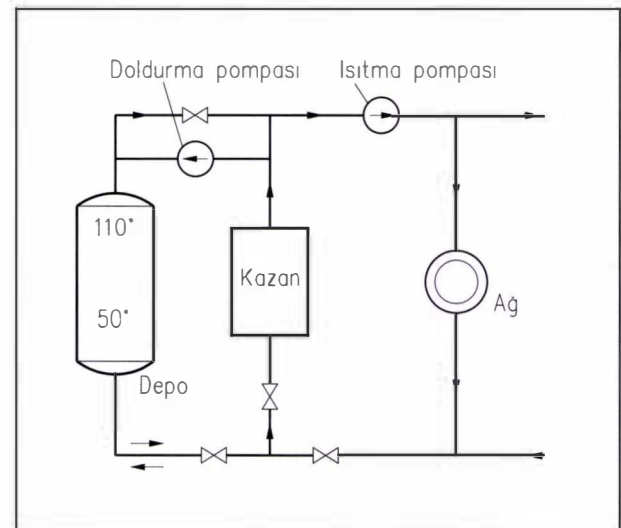
Güneş enerjisi veya ısı pompası sistemlerinde elde edilen atık ısının kullanılabilmesi amacıyla, içi 60 ila 90°C sıcaklıkta yüklenen sistemlerdir. Çok özel hallerde toprak (akuifer) depolama için de kullanılabilir.

Isı depolaması sayesinde kısa süreli aşırı yüklenmelere, yayılmış sistemin hali hazırda büyük bir ısı kapasitesine sahip olmasına karşın, karşılık verebilir. Seri ya da paralel montaj mümkündür.

Doldurma pompası, sıcak suyu dolum için deponun alt tarafından alır ve kazandan geçirerek üst tarafa iletir. Boşaltmada doldurma pompası durdurulur ve ısı pompası depo edilmiş sıcak suyu sisteme verir.

Isıtma sistemlerinde ısı depolayıcılar kojenerasyon, güneş enerji sistemleri ve ısı pompaları uygulamalarında kullanım bulmaktadırlar. Özel uygulamalarda havuzlar ısı depolayıcısı olarak kullanılmaktadır. Özellikle yazın güneş enerji sistemlerinin atık enerjisini depolamak mümkündür.

Elektro - merkezi depolar adı verilen sistemlerde büyük kapasiteli sistemlerde kullanımdadırlar. Bu sistemin en büyük avantajı depoların gece tarifesinin daha ekonomik olduğu durumlarda elektrik ile ısı üretimi ve ihtiyaç halinde sistemde bu sıcak suyun kullanımıdır.



Şekil 4.132. UZUN SÜRELİ DEPOLAMA SİSTEMLERİ

4.7 ŞÖMİNELERİN ISITMA TESİSATINDA KULLANIMI

Birçok villada ve bazı apartman dairelerinde estetik amaçlı olarak şömineler bulunmaktadır (Şekil 4.133). Geçmiş yüzyıllarda evlerin ısınma ve yemek pişirme noktası olarak kullanılan şömineler, bugün sadece zevke hitap etmek amacı ile kurulmaktadır.

Ancak bir evde şömine yakıldığında, bina ısıtma tesisatında buna bağlı olan önlemler düşünülmediği takdirde, fazla ısı açığa çıkmaktadır. Bu ısı kısmen bacadan kaybedilmekte, bazen de oda sıcaklığının aşırı yükselmesi sonucunda pencereler açılarak daha hızlı yitilmektedir.

Şömineler de pek tabii ki bina ısıtmasına entegre edilebilmektedir. Hatta günümüzde bu amaçla üretilmiş hazır şömine kazanları ya da şömine eşanjörleri bulunmaktadır.

Ortalama olarak bir şömineden 7 ila 11 kW arası bir

enerji alınabilir. Katı yakıt kullanıldığı için, bu ısı sürekli olarak üretilmemektedir. Ancak tesisat buna göre kurulursa şömineden gelen enerji, sistem verimini artırıcı etkiye sahip olmaktadır.

Şömine kazanları ya da şömine eşanjörleri ile, şöminede üretilen enerji suya aktarılır. Isıtılan bu su örnek olarak bir depo boyler ile ısıtma tesisatı ile birleştirilebilir.

İyi tasarlanmış bir tesisatta, örneğin güneş enerjisi sistemi de aynı depo boylere bağlanarak, ısıtma tesisatının dönüş suyu bu şekilde ısıtılabilir. Bu durumda ısıtma kazanının çalışma sıcaklık aralığı, depo boylerde elde edilen ısı ile azaltılabilir, aynı anda ısıtma ihtiyacı değişmeyeceğinden de yakıt tüketimi düşürülebilir. Benzer şekilde şömine eşanjörleri vasıtasıyla, su yerine havaya da ısı aktararak binaya örneğin taze hava ısıtılarak verilebilir. Bu sayede hem açığa çıkan ısı kullanılacak, hem de binaya düşük sıcaklıkta hava verilmeyerek, ısı kaybı düşürülecektir.



Şekil 4.133. ISISAN BUDERUS ŞÖMİNE

V. BÖLÜM

ÇATI ISI MERKEZLERİ

5.1 GİRİŞ

Bir yapıda kullanılacak ısıtma, soğutma sistemi ve uygun cihaz seçimleri, yapının enerji etken bir yapı olmasındaki en önemli faktörlerden biridir. Sistem seçimlerinde yatırım maliyetlerinin yanında ömür boyu süren işletim maliyetlerinin analizlerinin de çok iyi şekilde yapılması gerekmektedir.

10 - 15 yıl önce kazan dairesi içinde aşağıdaki ekipmanlar için yer bırakılması gündemde idi;

- Kazanlar,
- Yakıt deposu,
- Baca ve duman kanalları,
- Tesisat elemanları (pompa, boyler, eşanjör, su deposu, hidrofor, kolektörler vb),
- Kazan bakıcı odası.

Günümüzde ise yukarıda belirtilen ekipmanların bazıları aynı oranda önem göstermemektedir. Katı ve sıvı yakıtların, düşük verimlilik, kirlilik, çevre kirlenmesi, depolama, maliyet vb birçok nedenle yerlerini gaz yakıtlara bırakması, kazan ve kazan dairesi sistemlerinde yeni uygulamaların yapılabilmesinin önünü açmıştır.

Doğalgaz kullanımı yakıt depolarını kazan dairelerinden çıkarırken, kazanlarla beraber geliştirilen interaktif otomatik kontrol panelleri ve sınırlı oranda olsa bile bina otomasyon sistemleri, kazan bakıcı dairesinin ortadan kalkmasını sağlamıştır.

Doğalgaz kullanımı aynı zamanda çatı ısı merkezlerinin daha sık uygulanmasını da sağlamıştır. Bu uygulama yapının baca projelendirmesini kolaylaştırmıştır. Bina altı ısı merkezi uygulamalarında baca genelde binanın çekirdek dediğimiz orta bölümünde planlandığı için tüm bina boyunca baca shaftı ve bu shaftın içinde bacanın özellikle diğer borular ile olan etkileşiminin minimuma indirilmesi için baca izolasyonu gereksinimi ortaya çıkmaktadır.

Kazanlarda brülör devre dışı iken durma kayıpları yaklaşık %0,8 ila 1 arasındadır. Bu kayıp kazanın bağlı olduğu bacanın doğal çekişi ile kazanı soğutmasından dolayı oluşmaktadır. Özellikle yüksek yapılarda ısı gereksinimi çoklu kazan sistemleri ile karşılanmaktadır ve kazanların hepsi aynı anda devrede olmamaktadır. Çatı kazan daireleri kazanların durma kayıpları açısından enerji tüketimini azaltan bir uygulamadır.

Binalarda ısı yalıtım yönetmeliği, çatı ısı merkezi tedbirlerini belirtmiştir:

- a. Statik hesaplarda kazan dairesi etkisi dikkate alınmalıdır (1.000 - 2.000 kg/m²).
- b. Çatının altında ve yanındaki mahallerde rahatsızlık verebilecek etkileri aktarmamak için yeterli akustik yalıtım uygulanmalıdır.

c. Kazan dairesinden çıkış için uygun merdiven yapılmalıdır. Kapı ve pencereler kaçış yönünde kiltsiz ve kolay açılabilir şekilde düzenlenmelidir.

d. Havalandırma ve diğer kriterler bina altı ısı merkezleri ile aynı olmalıdır.

5.2 ÇATI ISI MERKEZLERİ

Yakıt olarak fuel oil veya kömür kullanımında ısı merkezinin çatıda oluşturulmasında en önemli sakınca, yakıtın çatıya taşınması, depolanması ve bu depolanmanın getirdiği statik yüklerdir. Oysa doğal gaz söz konusu olduğunda kazan dairelerini çatı katında düzenlemek büyük avantajlar sağlamaktadır. Özellikle %109 verimli duvar tipi yoğunmalı kazanlar ile oluşturulan kaskad sistemler ve atmosferik brülörlü esnek döküm doğal gaz kazanları ile çatı ısı merkezleri mutlaka birlikte düşünülmesi gerekli kavramlar olarak eski ve yeni bütün yapılarda değerlendirilmelidir. Bu yolla önemli ölçüde avantaj ve farklılık yaratmak mümkündür.

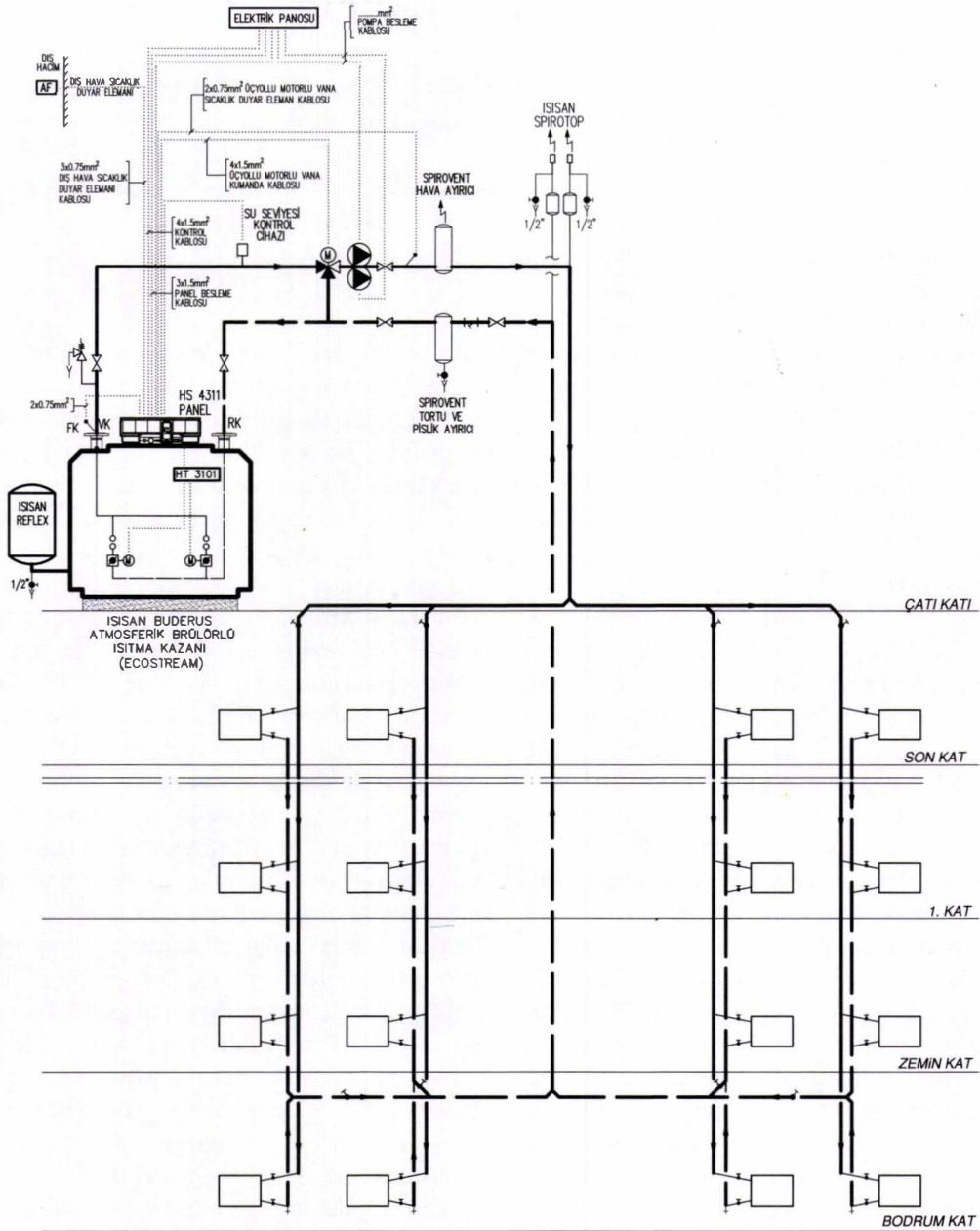
En basit çatı ısı merkezi uygulamasını (tek zonlu, üç yollu vana ile dış hava kompanzasyonlu çalışan basit sistem) *Şekil 5.1*'de gösterilmiştir. Çatı ısı merkezi uygulamasında üstten dağıtım alttan toplama sistemi ile boru maliyeti ve ısı kayıpları azalmaktadır. Sistem basınç dağılımı dengeli olarak çözülmüştür.

Bina altı ısı merkezi uygulamasında alttan dağıtım alttan toplama sistemi çok yapılan bir uygulamadır (*Şekil 5.2*). Çatı ısı merkezi uygulamasında bu sistem, boru maliyeti ve ısı kayıpları açısından dezavantajlıdır. Yükselen her kolonda havalık yapılması ve çatıda toplanması gerekmektedir. Sistem basınç dağılımı dengesizdir. Bu dengesizlik kolon ve radyatör vanaları ile yapılacak reglaj ayarı ile çözülebilir. Üç ve daha yüksek katlı yapılarda vanalar ile yapılacak reglaj dengeleme sağlasa da, pratik olarak ses problemlerini beraberinde getirmektedir ve önerilmemektedir.

Çatı ısı merkezi uygulamasında üstten dağıtım üstten toplama sistemi, boru maliyeti ve ısı kayıpları açısından ortada kalan bir çözümdür (*Şekil 5.3*). Sistem basınç dağılımı dengesizdir. Bu dengesizlik kolon ve radyatör vanaları ile yapılacak reglaj ayarı ile çözülebilir. Çatı kazan dairesinde kapasite uygunsa yoğunlaşma teknolojilerinden de yararlanılıp işletme maliyetlerini düşürmek için yoğunmalı kaskad sistem tercih edilebilir (*Şekil 5.4*).

Bina yüksekliğine bağlı olarak zonlama yapmak gerekebilir (*Şekil 5.5*).

Daha detaylı bilgi için; Yüksek Yapılar bölümüne bakınız (VI. Bölüm).



NOTLAR

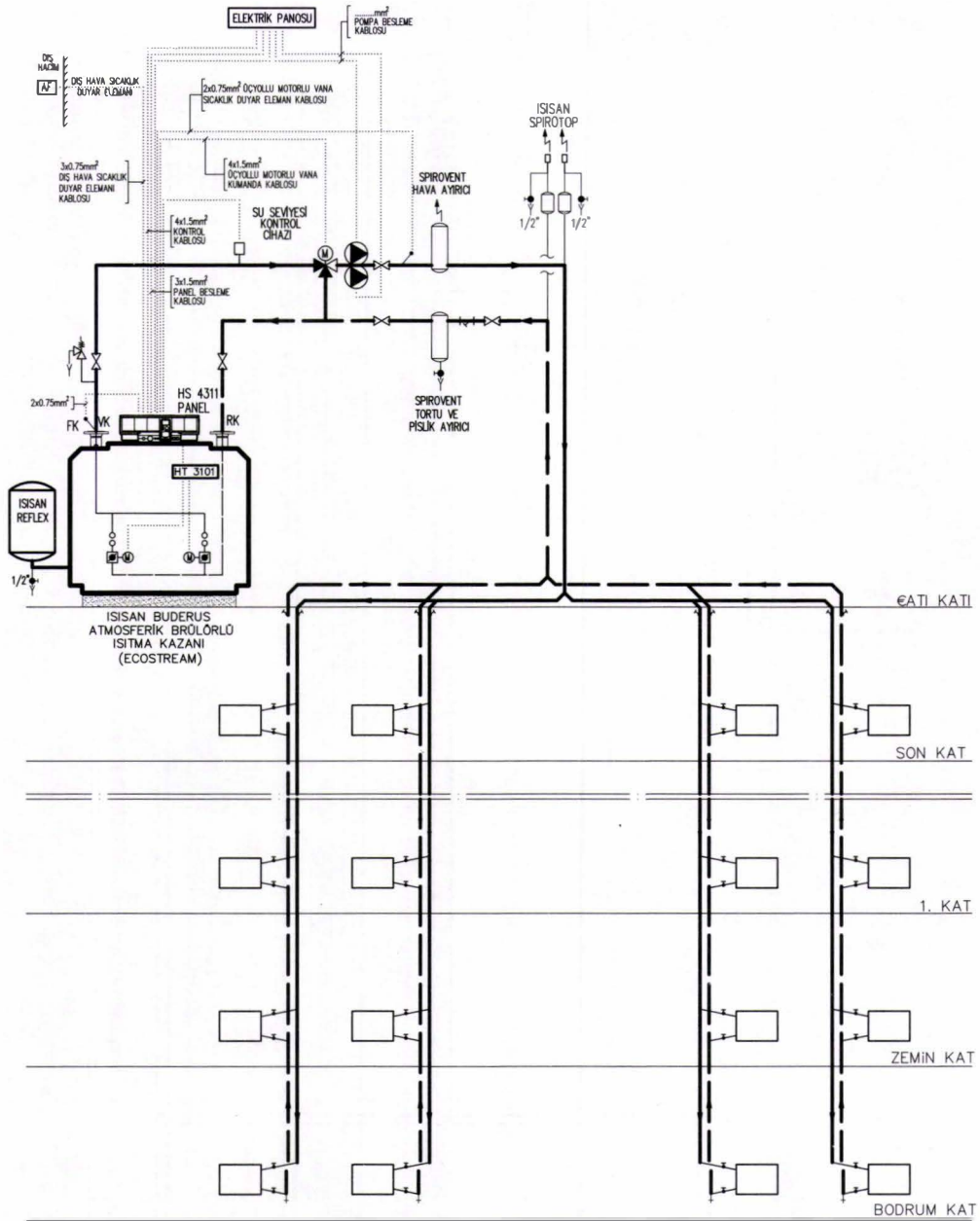
- 1-) TESİSATA SU DOLDURMAK İÇİN BODRUM KATTA VEYA ÇATI KATINDA 3/4" SU DOLDURMA MUSLUĞU OLMALIDIR.
- 2-) ÇATI KATINA SÜZGEÇ MONTE EDİLMELİDİR.
- 3-) DOĞAL GAZ DUMAN BACASI ALTINA SIFON YAPIP DRENAJA BAĞLANMALIDIR.
- 4-) KAZANIN SÜREKLİ SU İLE DOLU KALMASINI SAĞLAYACAK ŞEKİLDE SU SEVİYE ŞALTERİ KONULMALIDIR.
- 5-) SIFON ÇALIŞAN BODRUM KAT RADIYATÖR BORULARI HESAPLANANDAN BİR ÇAP BÜYÜK ÇEKİLMELİDİR.
- 6-) ANA TABLODA TOPRAKLAMA OLMALIDIR.
- 7-) DUMAN KANALINA, KAZAN ÇIKIŞ TARAFINA 1/2" ANALİZ MANŞONU VE KÖRTAPA KONULMALIDIR.
- 8-) RADIYATÖR GİRİŞ MUSLUKLARINDA REGLAJ YAPILMALIDIR. RADIYATÖR DÖNÜŞÜNDE AYRICA DÖNÜŞ VANASI KONULMALIDIR.

AF: DİŞ HAVA SICAKLIK DUYAR ELEMANI
(KUZAY CEPHESİNDE, GÜNEŞ GÖRMEYEN YERE MONTE EDİNİZ.)

SEMBOLLER

- EMNİYET VENTİLİ
- SÜRGÜLÜ VANA, DIN 3204
- KÜRESEL VANA
- SİBER VANA
- RADIYATÖR MUSLUGU
- KOSVA VANA
- HIDROMETRE
- İKİZ POMPA

Şekil 5.1. ÇATI ISI MERKEZİ UYGULAMASI
(Üstten dağıtım, alttan toplama sistemi)



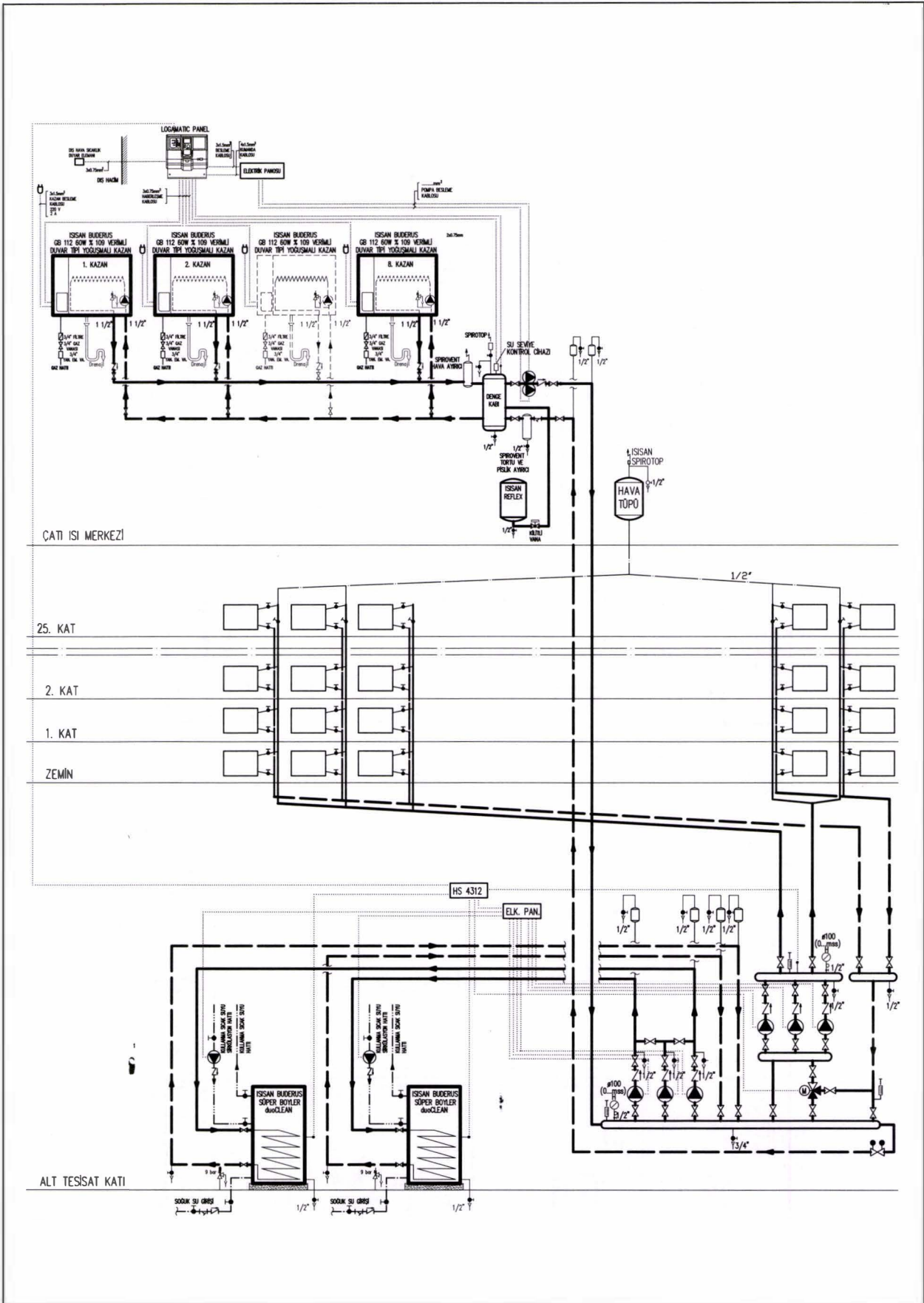
NOTLAR

- 1-) TESİSATA SU DOLDURMAK İÇİN BODRUM KATTA VEYA ÇATI KATINDA 3/4" SU DOLDURMA MUSLUĞU OLMALIDIR.
 - 2-) ÇATI KATINA SÖZGEÇ MONTE EDİLMELİDİR.
 - 3-) DOĞAL GAZ DUMAN BACASI ALTINA SIFON YAPIP DRENAJA BAĞLANMALIDIR.
 - 4-) KAZANIN SÜREKLİ SU İLE DOLU KALMASINI SAĞLAYACAK ŞEKİLDE SU SEVİYE ŞALTERİ KONULMALIDIR.
 - 5-) SİSTEM SIFON ÇALIŞACAGINDAN RADYATÖR KOLON VE BRANŞMAN BORULARI HESAPLANANDAN BİR ÇAP BÜYÜK ÇEKİLMELİDİR.
 - 6-) ANA TABLODA TOPRAKLAMA OLMALIDIR.
 - 7-) DUMAN KANALINA, KAZAN ÇIKIŞ TARAFINA 1/2" ANALİZ MANŞONU VE KÖRTAPA KONULMALIDIR.
 - 8-) BU SİSTEMDE ALT KAT RADYATÖRLERİ KRİTİK DEVRE OLUŞTURMAKTADIR. BORU ÇAPININ VE SİRKÜLASYON POMPASININ SEÇİMİNE DİKKAT EDİNİZ.
 - 9-) SİSTEM 3 KATTAN YÜKSEK YAPILARDA TAVSİYE EDİLMEZ.
 - 10-) RADYATÖR GİRİŞ MUSLUKLARINDA REGLAJ YAPILMALIDIR. RADYATÖR DÖNÜŞÜNDE AYRICA DÖNÜŞ VANASI KONULMALIDIR.
- AF: DİŞ HAVA SICAKLIK DUYAR ELEMANI (KUZİY CEPHESİNDE, GÖRMEYEN YERE MONTE EDİNİZ.)

SEMBOLLER



Şekil 5.3. ÇATI ISI MERKEZİ UYGULAMASI
(Üstten dağıtım, üstten toplama sistemi)



Şekil 5.4. ÇATI ISI MERKEZİ ÖRNEK TESİSAT ŞEMASI
(Yoğuşmalı kaskad sistem)

Isı merkezinin çatıda oluşturulması, doğal gaz kullanımı halinde teknik ve ekonomik avantajları yanında, bazen yapı kullanımı açısından da bir gereklilik olabilmektedir. Örneğin,

- Bodrum katta park yeri veya çok amaçlı kullanım sahası kazanabilmek (Büyük marketlerde alışveriş alanı, tek aileli evlerde hobi odası, jimnastik salonu vs.),
- Yüksek zemin suyu seviyesi veya kayalık temel nedeniyle

5.2.1 ÇATI ISI MERKEZLERİNİN AVANTAJLARI

5.2.1.1 Kazan Dairesi Açısından

- a. Bodrum katı yapılması mümkün olmayan yerlerde ideal çözümü getirir.
- b. Kıymetli bodrum katlarını kazanmak mümkün olur.
- c. Doğal gaz için gerekli yüksek maliyetli havalandırma ve emniyet önlemlerinden ekonomi sağlanır. Herhangi bir gaz sızıntısı riski ve beraberinde patlama tehlikesi çatı katında bulunmayacaktır.
- d. Olası bir gaz sızıntısı, gaz havadan hafif olduğundan yükselerek çatıdaki havalandırma bacasından dışarı kaçacağı için binada tehlike yaratmayacaktır. Ayrıca herhangi bir patlama halinde, çatının kolayca yırtılarak basıncı yok etmesi sonucu, binada oturma mahallerinde herhangi bir hasar yaratmayacaktır.
- e. Doğal gaz halinde depolama gerekmediğinden, kazan dairesinde fazla yere gerek yoktur.
- f. Yakıt depolama için depo yatırımına ihtiyaç yoktur. Sadece bir boru ile doğal gazın çatıya taşınması gerekir. Doğal gaz havadan hafif olduğundan, bir basınç kullanımına bile gerek kalmaksızın kendiliğinden yükselir.

5.2.1.2 Baca Açısından

- a. Kazanların doğal gaz dönüşümünde en büyük problem kömüre göre gelişmiş güzel projelendirilmiş ve kötü yapılmış bacalardan kaynaklanmaktadır. Doğal gazda baca gazında bulunan yüksek su buharı oranı nedeni ile baca da yoğunlaşma olmaktadır. Bu yoğunlaşan sular bacaya komşu duvarlardan ıslı kara bir leke olarak yaşam mahallerine yansımakta ve istenilmeyen bir durum yaratmaktadır. Bunun önüne geçilmesi için çok pahalı önlemler gerekir. Böyle bir durumda bacanın iptal edilerek, kazan dairesinin çatıda düzenlenmesi basit ve pratik bir önlemdir.
- b. Yeni yapılacak binalarda baca olmayacak, gerek baca maliyeti, gerekse kazanılan inşaat alanı olarak önemli bir avantaj sağlayacaktır.
- c. Baca çekişindeki değişimler ve bodrumda kazan dairelerindeki havalandırma cihazlarının yanmaya etkileri (vakum etkisi) ortadan kalkacaktır. Böylece kazanda işletme kolaylığı ve verim artışı elde edilecektir. Çekişteki değişimler dolayısı ile ortaya çıkan kötü yanma ve kurum problemleri olmayacaktır.
- d. Durma sırasında baca çekişi olmadığından kazanda soğuma olmayacaktır.
- e. Bacanın temizlik ve işletme giderleri çok azalacaktır.

Yüksek binalarda olması gereken kaliteli ve iyi izolasyonlu bacaların fiyatı yaklaşık olarak kazan fiyatına eş değerdir (Çok yüksek yapılarda ise daha yüksek bile olabilir.).

5.2.1.3 Kazan Açısından

- a. Kazanda statik basınç olmayacağı için bütün uygulamalarda (yüksek yapılarda bile) normal tip kazan kullanılabilir.
- b. Bacada yoğunlaşma problemi olmadığından baca gazı sıcaklığı düşürülebilir ve gaz yakıtlı sistemlerde gerek yer tipi gerekse duvar tipi yoğunlaşmalı kazanlar ile en yüksek verim değerlerine çıkılabilir.
- c. Özellikle yoğunlaşmalı kaskad sistem uygulamaları çatı ısı merkezleri için idealdir. 2 m² alanda 800 kW (~700.000 kcal/h) kapasiteli bir ısı merkezi oluşturulması mümkündür. Statik yük olarak sorunsuz, taşınması problemsiz, baca uygulaması basit ve çok verimli bir sistem kolaylıkla oluşturulabilir.
- d. Atmosferik brülörlü ve üflemlili brülörlü esnek döküm kazanlar da çatı ısı merkezleri için uygundur. Özellikle atmosferik brülörlü esnek döküm kazanlarda sağlanması gereken baca çekişi çok düşüktür. Ayrıca esnek döküm kazanların dilimli yapıları çatı kazan dairesi kurulumunu, kazanların çatıya taşınmasını kolaylaştırmaktadır.

5.2.1.4 Boru Tesisatı Açısından

- a. Açık genleşme kabı kullanılan sistemlerdeki emniyet gidisi ve dönüş boruları haberci boruları ve bu boruların bütün katlarda kapladığı kayıp alandan ekonomi sağlanacaktır. Bunlardan oluşan ısı kaybı ve açık genleşme kabından emilen hava problemleri ortadan kalkacaktır. Çatı katındaki ısı merkezlerinde kapalı genleşme kabı kullanılır. Genleşme deposu sistemin susuz kalmaması için kazanın üst seviyesinden daha yukarıya monte edilir.
- b. Sistemin havasını almak kolaylaşır.
- c. Kazanla birlikte pompa ve diğer armatürler de düşük basınç altında çalışır. Ayrıca sistemde çatı katında klima ve havalandırma santralleri de varsa bu cihazlara olan tesisat bağlantısı daha kısaltacaktır.

5.2.2 SİSTEMİN DEZAVANTAJLARI

- a. Bu sistemin en önemli dezavantajı kazan ve pompa tarafından yaratılan sesin izole edilerek yapıya geçmesinin önlenmesidir. Ancak konut ısıtmasında kullanılan boruya takılan cinsten dolaşım pompalarında (ıslak rotorlu pompalar) herhangi bir ses problemi yoktur. Duvar tipi yoğunlaşmalı kazanlar ile oluşturulan kaskad sistemler ve atmosferik brülörlü kazanlar kullanılırsa ses problemi hiç olmayacaktır.
- b. Boru şebekesi üstten dağıtma üstten toplama yapıldığında boru maliyetleri değişmez. Ancak iki kattan daha yüksek yapılarda alttan dağıtma alttan toplama sistemi yapılırsa çatı ısı merkezinden aşağıya inen kolon yapılacaktır. Buna karşılık emniyet gidisi ve dönüş borularının kalkması bu ana kolonun maliyetini

kompanse edecektir. Üstten dağıtım alttan toplama genelde en ideal sistemdir.

c. Kazan dairesi henüz kaba inşaat bitiminde tamamlanmalıdır. Ayrıca döşeme desteklenmelidir. 350 kW'a kadar olan küçük kapasitelerde kazanlar mahya altında, giriş üzerine monte edildiğinde genelde özel önlemler gerekmecektir.

d. Çatıda uygun boru geçiş delikleri bırakılmalıdır.

e. Çatı katı yeterli yükseklikte olmalıdır. Yoğuşmalı kaskad sistemlerde çatı katı yüksekliği bağlayıcı olmayabilir.

f. Yakıt bağlantısı, elektrik kablosu bağlantıları ve kazan soğuk su bağlantılarının çatıya kadar uzatılması ilave yatırım maliyeti getirir. çatı ısı merkezlerinin yatırım maliyeti, doğal gazda daha ekonomiktir.

Çatı ısı merkezleriyle, bina altındaki ısı merkezi karşılaştırması *Tablo 5.6'da* verilmiştir.

g. Düşük su seviye kontrolü yapılmalıdır.

5.3 ÇATI ISI MERKEZLERİ İÇİN TEKNİK ŞARTLAR

5.3.1 KAZAN DAİRESİ YAPISI İLE İLGİLİ ŞARTLAR

a. Çatı katının ve tüm yapının statığında kazan dairesinin etkisi dikkate alınmalıdır. Kazanın işletme ağırlığı esas olmakla birlikte, genelde 1.000 - 2.000 kg/m²'lik bir yük hesaplanmalıdır. Çatılarda 2 - 4 m³ hacimli su depolarının ve genişleme depolarının monte edildiği düşünülürse, toplam ağırlığı (su dahil) 4 tonu geçen kazanların monte edileceği yerlerde statik proje mutlaka kontrol edilmelidir.

b. Uygulama üflelemeli kazanlarla yapılırsa bir akustik izolasyon seçilmelidir. Çatının altındaki veya yanındaki katlara rahatsız edici gürültülerin geçmemesi gerekmektedir. Bu yönde DIN 4109 "Yüksek yapılarda ses yalıtımı" esasları faydalı bir kaynak olarak alınabilir. Çatı kazan dairelerinde düşey pencere açılmaması akustik yönden faydalıdır. Sadece ışık için çatı kaplaması üzerinde aydınlatma camları düşünülmelidir. Duvar tipi yoğuşmalı kazanlar ile oluşturulan kaskad sistemler ve atmosferik brülörlü kazanlar, ses problemi olmadığı için avantajlıdır.

c. Çelik kazanlar için ısı merkezine komşu alanlarda kazan için uygun giriş deliği bırakılmalıdır. Bu gereksinim duvar tipi yoğuşmalı kazanlar ve dökme dilimli kazanlar için bulunmamaktadır.

d. Doğal gazlı büyük tesislerde (5000 kW'dan büyük tesisler) gaz sayacı, basınç düşürme, basınç besleme istasyonu için ayrı bir oda yapılması gerekir.

e. Birkaç binayı birden besleyen tek çatı ısı merkezi kurulacaksa, bu merkez en yüksek binanın tepesinde olmalıdır. Ancak her binanın tepesine bağımsız kazan dairesi kurulması alternatifini daha iyi çözümdür.

f. Acil çıkış için bir merdivene gerek vardır. Isı merkezinin bütün kapıları ve pencereleri kaçış yönünde kilitli

ve kolay açılabilen cinsten olmalıdır. Merdiven basamaklı ya da gemici merdiveni tipinde sabit yapılmalıdır.

g. Kazanların oturması için titreşim izoleli kaideler yapılmalıdır (Duvar tipi yoğuşmalı kazanlar ile oluşturulan kaskad sistemler ve atmosferik tip brülörlü kazanlarda buna ihtiyaç yoktur.).

h. Doğal gaz besleme boru hattı için bir boru şaftı oluşturulmalıdır. Bu şaftta kontrol amacı ile her kattan ulaşılabilir ve bu şaft havalandırılmalıdır. Ya da merdiven boşluğundan, duvara yakın olarak çelik boru ile (doğal gaz borusu) çekilmelidir.

i. Kazan dairesinde havalandırma açıkları hesabı ve yapımı için TS 7363 ve MMO 133 nolu yayını geçerlidir.

5.3.2 KAZANLARLA İLGİLİ ŞARTLAR

a. Kazanlar için baca çekişine gereksinim duyulmalıdır. Bunun için yoğuşmalı kaskad sistem, atmosferik brülörlü kazanlar veya kendinden susturucu kapağı olan brülörlü kazanlar kullanılmalıdır.

b. Kazanların taşınması ve yerleştirilmesi kolay olmalıdır. Kazan mümkün olduğu kadar az yer kaplamalıdır.

c. Kazan sessiz çalışmalıdır. Bunun için üflelemeli brülörlü kazan kullanılacaksa, brülörleri akustik özel bir kutu (kapak) içine alınmalıdır. Ya da sessiz çalıştığı ve servis sıklığı çok az olduğu için yoğuşmalı kaskad sistem veya atmosferik brülörlü kazanlar tercih edilmelidir.

5.3.3 TESİSATLA İLGİLİ ŞARTLAR

a. Gaz tesisatının projelendirilmesi ve yapımı TS 7363'e uygun olmalıdır.

b. Bina bağlantısı ve basınç ayar istasyonu, ya bina girişinde veya ısı merkezinde ayrı bir odada bulunmalıdır.

c. Gaz sayacı ısı merkezindeki ayrı odada, binada uygun bir yerde veya kazan dairesinde olmalıdır.

d. Gaz hattında API normuna uygun doğal gaz borusu ve dirsekleri kullanılmalıdır.

e. DN 25'ten büyük çaplı borularda kaynaklı bağlantı kullanılmalıdır.

- Borular korozyona karşı korunmalıdır. 2 kat sülyen ve 2 kat yağlı boya ile boyanmalıdır.
- Borular merdiven boşluğunda duvardan açıkta monte edilmeli veya havalandırılan ve her kattan ulaşılabilen bir şafttan geçirilmelidir. Ancak havalandırma bacası, çöp bacası asansör boşluğu gibi boşluk ve şaftlardan geçirilemezler.
- Boruların bina dışından geçirilmesi mümkündür. Ancak bu durumda dış etkenlere karşı korunmaya alınmalıdır.
- Özellikle bina dışından gecen borularda uzamaya karşı önlem alınmalı ve düşey boru uzunluğu 40 m'yi geçerse kompensatör kullanılmalıdır.
- Borular döşemeden geçerken mutlaka koruyucu kılıf veya ikinci boru içinden geçirilmelidir.
- Borular döşendikten sonra sızdırmazlık testi uygulanmalıdır.

Karşılaştırma Konusu	Çatı Isı Merkezi	Bina Altı Isı Merkezi
1- İlk Yatırım Maliyeti	a- Bir ile beş kata kadar olan yapılarda ilk yatırım maliyeti yaklaşık olarak aynı. b- Beş ile on kata kadar olan yapılarda ilk yatırım maliyeti daha az. c- On kat ve daha yüksek yapılarda ilk yatırım maliyeti çok daha az. Özellikle yüksek yapılarda çatı kazan dairesi avantajlıdır. Baca maliyetine ek olarak artan statik basınç nedeniyle kazan dairesindeki diğer elemanların (genleşme deposu, vanalar vb.) de maliyeti daha azdır. Ayrıca kazan dairesi havalandırma şartları çok kolay ve ucuza sağlanır	Daha fazladır. Bina yüksekliğince bacaya ihtiyaç vardır. Bacanın maliyetine ek olarak bacaların ve havalandırma bacasının tüm katlarda kaybet-tirdiği alanın ve bacaları kapatmak için gerekli duvar veya prekast elemanın maliyeti de dikkate alınmalıdır. Yakıt olarak doğal gaz kullanıldığında baca gazlarındaki yüksek su buharı bacada aşırı yoğunlaşmaya neden olmaktadır. Bunun önüne geçmek için çok pahalı baca sistemleri gerekmektedir (özellikle eski yapıların doğal gaz dönüşümünde). Yüksek yapılarda ise genleşme deposu başta olmak üzere, diğer sistem elemanlarının (basınç nedeniyle) maliyeti ciddi oranda artmaktadır. Ayrıca TSE kuralları nedeniyle eşanjör kullanımı da maliyeti ciddi oranda artırmaktadır. Kazan dairesi havalandırma şartları (özellikle orta kısımda ise) yatay hava kanalları ve hava bacası maliyetleri ile birlikte daha pahalıya mal olur.
2- Ses - Gürültü ve Titreşim	Ses - gürültü ve titreşim kazan tipi ile ilgilidir. Bu kriter genel olarak değerlendirilirse; a- Atmosferik brülörlü kazan kullanılırsa ses ve titreşim problemi hiç olmayacaktır. b- Duvar tipi %109 verimli yoğunlaşmalı kazanların ses seviyesi en düşüktür. Tam yükteki ses seviyesi kütüphanede hedeflenen ses seviyesinin bile altındadır. c- Üflemlili brülörlü kazanlar kullanılması halinde ses (gürültü) problemi oluşacaktır. Kazan dairesine bitişik dairelerde ve kazan dairesinin üstündeki veya üstündeki birkaç katta (çatı ısı merkezlerinde ise altındaki birkaç katta) çok ciddi sorun olabilir. Bacanın içindeki ses de etrafındaki odalara dağılıp rahatsızlık verecektir. Üflemlili brülörlü kazanlardaki ses ve titreşim için alınabilecek önlemler: a- Sessiz çalışan ve bunun için özel önlemlerle donatılmış brülörlerin tercih edilmesi, b- Brülör üzerine susturucu montajı (eğer standardında varsa çok daha iyi), c- Duman kanalına baca susturucusu montajı, d- Kazan dairesi duvar ve tavanlarda akustik önlemler, e- Çok kaliteli bacalar kullanımı (Prefabrik tip çift cidarlı özel bacalar kullanılmalı), f- Bacanın etrafına beton perde veya dolu tuğladan kalın (20 cm) duvar örülmesi, g- Bacanın yatak odası, salon gibi hacimlerden uzak tasarlanması, h- Kazanın altına titreşim önleyici tedbirler alınması (özellikle çatı ısı merkezlerinde). Yukarıda belirtilen bu önlemlere rağmen, üflemlili tip doğal gaz brülörlerinde yanma sonucu oluşan düşük frekanslı ses, susturucular kullanılmasına rağmen sorun yaratabilmektedir.	

Şekil 5.6. ÇATI KAZAN DAİRESİ İLE BİNA ALTINDAKİ KAZAN DAİRESİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Karşılaştırma Konusu	Çatı Isı Merkezi	Bina Altı Isı Merkezi
3- Yapı Kullanımı Açısından	Teknik ve ekonomik avantajlar yanında; a- Bodrum katta park yeri kazanabilmek, b- Bodrum katta çeşitli amaçlı kullanım sahaları kazanabilmek, c- Bodrum kat yapılmayan ve zemin katı çok kıymetli olan yapılarda, d- Zemin suyu seviyesi veya kayalık temel nedeniyle bodrum kat yapılmayan binalarda çatı ısı merkezleri zorunlu olabilir.	a- Çatı katı çok kıymetli olan yerlerde yakıt cinsi doğal gaz olsa da, kazan dairesi bodrum kata yapılır. b- Kömür ve fuel oil kullanımında bodrum kat kazan daireleri daha ekonomik ve kullanışlıdır.
4- Mimari	Kazan dairesi boyutları on kata kadar olan yapılarda aynıdır. Daha yüksek yapılarda ise daha küçük alan yeterli olacaktır. Boruların yukarıdan (en üst kattan) dağıtılması ve aşağıdan toplanması mümkündür. (İdeal sistem) Yada çatı kazan dairesinden gidiş ve dönüş boruları alt kata indirilip , bodrum kat tavanından bôru dağıtımı yapılabilir.	Kazan dairesi boyutları on kata kadar olan yapılarda yaklaşık olarak aynıdır. Yüksek yapılarda; a- Genleşme deposu boyutları daha fazladır. b- TSE kalorifer kazanına gelen basıncın 50 mSS (5 Atü) geçmesi halinde (statik basınç + genleşme basıncı toplamı 50 mSS) emniyet açısından plakalı tip eşanjör kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.
5- Konfor	Sistem otomatik kontrol paneli (Logamatic Panel) ile çalıştırılmalıdır. Çatıya çıkmaya gerek kalmayacaktır. Dış sıcaklık kompanzasyonlu kontrol paneli (Logamatic Panel) termostatik radyatör vanası ile kontrol edilen sistemde istenilen sıcaklıkta ısıtma ve ideal konfor sağlanır.	Dış sıcaklık kompanzasyonlu kontrol paneli (Logamatic Panel), termostatik radyatör vanası ile kontrol edilen sistemde istenilen sıcaklıkta ısıtma ve ideal konfor sağlanır.
6- Yakıtın Depolanması ve Taşınması	Yakıt olarak kömür ve sıvı yakıt kullanımında ısı merkezinin çatıda oluşturulmasında en önemli sakınca, yakıtın çatıya taşınması, depolanması ve depolamanın getirdiği statik yükler, külün alınması ve çatıya servis, temizlik ve bakım için çok sık çıkmak gerekecektir. Bu nedenle katı ve sıvı yakıtlar (özellikle fuel oil) çatı ısı merkezi için pratik değildir. Doğal gaz söz konusu olduğunda kazan dairelerini çatı katında düzenlemek büyük avantaj sağlamaktadır. Sadece bir boru ile doğal gazın çatıya taşınması mümkündür. Doğal gaz havadan hafif olduğundan, bir basınç kullanımına bile gerek kalmaksızın kendiliğinden yükselir.	Yakıt olarak katı, sıvı ve gaz yakıtlar kullanılabilir.
7 - Emniyet	Yakıt cinsi doğal gaz olduğunda çatı ısı merkezleri daha güvenlidir.	

Şekil 5.6. ÇATI KAZAN DAİRESİ İLE BİNA ALTINDAKİ KAZAN DAİRESİNİN KARŞILAŞTIRILMASI (Devamı)

Karşılaştırma Konusu	Çatı Isı Merkezi	Bina Altı Isı Merkezi
8- Kazan Seçimi	Kazanda statik basınç olmayacağından bütün uygulamalarda (Yüksek yapılarda bile) normal tip kazanlar kullanılabilir. Ses açısından atmosferik brülörlü kazanlar veya duvar tipi %109 verimli yoğunmalı kazanlar tercih sebebi olmalıdır. Ayrıca dökme dilimli kazanların çatıya taşınması ve montajında problem oluşmaz. Duvar tipi %109 verimli yoğunmalı kazanlar düşük yakıt sarfiyatı ve sessiz çalışma özelliğinden ayrıca, mevcut binalarda ağırlıkları daha az olduğu için de tercih edilebilirler.	Bina yüksekliğinden kaynaklanan statik basınç göz önünde bulundurulmalıdır. a- Atmosferik brülörlü kazanlar ses açısından tercih sebebi olmalıdır. Dilimli dökme kazanların kazan dairesine taşınması ve montajında problem olmaz. 10 kattan daha yüksek yapılarda plakalı eşanjörler kullanılmalıdır. b- Duvar tipi %109 verimli yoğunmalı kazanlar düşük yakıt sarfiyatı ve sessiz çalışma özellikleri nedeniyle tercih edilebilir. Plakalı eşanjör ile kullanılmasını öneririz.
9- Baca Kuruluş Maliyeti	Ucuz	Çok pahalı (Bacanın tüm katlarda kaybettirdiği alanın maliyeti ve baca boşluğunu kapatmak için gerekli duvar vs. maliyetleri de dikkate alınarak.)
10- Baca Temizliği	Çok kolay ve ucuza yapılır.	Baca yüksekliği fazla olduğu için; daha zahmetli ve pahalıdır. Doğal gaz için (çok özel şartlar dışında) genellikle ihtiyaç yoktur.
11- Malzemenin Taşınması	Çatıya çıkarmak daha güçtür. Ancak atmosferik kazanlar dilimli olduğu için çatıya kolay çıkartılır. %109 verimli yoğunmalı kazanlar da çatıya kolayca taşınırlar.	Daha kolaydır. Dökme dilimli kazanların taşınması ve yerine yerleştirilmesi her zaman çelik kazanlara göre daha kolaydır.
12- Kazan Kaidesi	a- Üflelemeli brülörlü kazanlar için titreşim, izoleli kaideler yapılmalıdır. b- Atmosferik brülörlü kazanlarda buna gerek yoktur. Beton kaide (demirli) yeterlidir. c- Duvar tipi yoğunmalı kazanlar ile oluşturulan kaskad sistemlerde kaide gereksinimi olmayacaktır.	Beton kaide (demirli) yeterlidir.
13- Genleşme Deposu	3 bar basınçta genleşme deposu seçilir.	Yüksek basınçlı ve daha büyük genleşme deposuna ihtiyaç vardır. Genleşme deposu maliyeti daha pahalıdır.
14- Sonuç	Yakıt cinsi kömür ise: Kazan dairesi bina altında yapılmalıdır. Yakıt cinsi fuel oil ise: Kazan dairesi bina altında yapılmalıdır. Yakıt cinsi motorin ise: Kazan dairesi bina altında veya çatıda olabilir. Bina altında olması daha avantajlıdır. Yakıt cinsi doğal gaz ise: (Yoğunmalı kaskad sistem veya atmosferik tip kazanlar kullanılması halinde) a- Beş kata kadar olan binalarda kazan çatıda veya bina altında olabilir. b- Beş ila on kata kadar olan binalarda kazanın çatı katına monte edilmesi daha uygundur. c- On kattan daha yüksek yapılarda özel bir neden (panoramik manzara vb.) yoksa, kazanın çatı katına monte edilmesi çok daha ekonomiktir.	

Şekil 5.6. ÇATI KAZAN DAİRESİ İLE BİNA ALTINDAKİ KAZAN DAİRESİNİN KARŞILAŞTIRILMASI (Devamı)

5.3.4 SICAK SU BORULARI İLE İLGİLİ ŞARTLAR

- a. En düşük maliyet; yatay borular döşeyerek, üstten dağıtma üstten toplama sisteminde (bir veya iki katlı binalarda) söz konusudur. Buna karşılık en dengeli dağılım, büyük çaplı bir ana kolonla aşağı inip, alttan dağıtma üstten toplama yapan sistemle elde edilir. Alttan dağıtma alttan toplama sistemde ise, gidiş ve dönüş ana kolonu kazandan çıkıp direkt olarak bodruma inmeli, dağıtım bodrum tavanından yapılmalıdır. Tesisatı mevcut binaların dönüşümünde bu sistem daha pratiktir.
- b. Duvar ve tavan delikleri, boru bağlantı yerleri sese karşı izole edilmelidir.
- c. Boru uzamalarına karşı önlem alınmalı, gerekirse kompensatör kullanılmalıdır veya omega yapılmalıdır.
- d. Kazandan çıkan ana gidiş ve dönüş boruları önce yukarı çıkmalıdır. Böylece su kaçığında kazanın boşalması önlenmiş olur. Yine bu durumda sifonla suyun boşalmasına karşı bir karışma vanası kullanılabilir.
- e. Kolon vanası kullanımı önerilebilir.

5.3.5 DİĞER EKİPMANLARLA İLGİLİ ŞARTLAR

- a. Sirkülasyon pompası gidiş hattına bağlanmalıdır. Pompa hesaplanırken sıcak suyun aşağı doğru olan hareketi dolayısı ile oluşan karşı basınç dikkate alınmalıdır. Aşağıya inen kalorifer kolonlarında bir metre boruda 25 mmSS (gidiş dönüş boruları olduğundan $2 \times 25 = 50$ mmSS/metre) yoğunluk farkı direnci pompa basıncına eklenmelidir. Bu konu özellikle kapalı tesisatın planlanmasında önemlidir. Santrifüj pompaların giriş ve çıkışında tesisata titreşimin iletimini önlemek üzere titreşim absorberi kullanılması gerekir. Islak rotorlu pompalarda titreşim absorberi kullanılmasına ihtiyaç olmayacaktır.
- b. Çatı ısıtma merkezi uygulamalarında kapalı genleşme depoları kullanılması daha uygundur. Ancak kapalı genleşme deposunun alt kotu kazan seviyesinin üzerinde olmalıdır. (su eksilmesinde kazanda problem olmaması için) Ayrıca statik basınç + genleşme basıncı (~ 2 mSS) toplamına; radyatör ve vanaların uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir. Açık genleşme kabı olan tesislerde kazandaki düşük seviye emniyetine ilave olarak genleşme kabında da düşük seviye emniyeti bulunmalıdır. Minimum su seviyesi optik yolla veya sesle uyarmalıdır.
- c. Boru şebekesinde toplanan havanın dışarı atılması için kapalı sistemlerde tesisatın en yüksek yerine hava tüpü, hava alma vanası ve otomatik hava atma cihazları konulmalıdır.
- d. Kazan dairesi dışında çıkış kapısına yakın bir tehlike anahtarı konulmalıdır. Yakıt kesme vanasının bulunduğu yerle ilgili bir tabela asılmalıdır.
- e. Bacada yoğun suyun alınması tesisatın boşaltılabilmesi için süzgeç düşünülmelidir.
- f. Sistem otomatik kontrol (Logamatic Panel) ile çalıştırılmalıdır. Çatıya çıkmaya gerek kalmayacaktır.
- g. Donma riski olan bölgelerde çatı arasında ısı yalıtımı çok iyi yapılmalıdır.

h. Düşük su seviyesi emniyeti (termal kontrol daha iyidir) yapılmalıdır.

i. Baca tepmesi riskine karşı kontrol sistemi (baca üzerinde hissedici ve panel üzerine ilave modül) monte edilmelidir.

j. Brülörlerde düşük basınçta çalışma yeteneği, çift manyetik ventil, düşük basınç presostadı ve iyonizasyon ile kontrol yapılmalıdır (tam güvenlik sistemi).

5.3.6 BACAYLA İLGİLİ ŞARTLAR

Baca DIN 4705 veya MMO yayın No: 84'e göre boyutlandırılmalıdır. Baca malzemesi olarak paslanmaz çelik baca kullanılabilir. Duvar tipi yoğunlaşma kazanları ile oluşturulan kaskad sistemlerde her kazan için bir baca oluşturulabileceği gibi, tüm kazanlar tek bacaya da bağlanabilir. İki atmosferik brülörlü kazan aynı bacaya bağlanabilir. Diğer durumlarda her kazan kendi bağımsız bacasına bağlanmalıdır.

5.4 ÇATI ISI MERKEZİNİN EKONOMİSİ

Bugün için çatı ısı merkezinin üstünlüklerini ve getirisini sayısal olarak görmek yatırımcılar açısından daha büyük önem taşımaktadır. Yüksekliği 50 m daha yüksek olan binalarda kazan dairesini binanın son katına yapmak bodrum kata planlamaya göre çok daha ucuz olmaktadır. Söz konusu uygulamalarda avantaj ve karlılıkları görebilmek için somut bir örnek alınmış ve bu örnek için yatırım maliyetleri hesaplanarak bodrum kattaki kazan dairesi ile, çatı katındaki kazan dairesi arasındaki yatırım farkı belirlenmiştir. Buna göre 75 m yükseklikte bir yapıda inşaat ve tesisat yatırım maliyetlerindeki azalmanın, kazan maliyetinin üzerinde olduğu görülmüştür. Burada bina yüksekliği açısından kritik değer 50 m olmaktadır.

5.4.1 ÖRNEK YAPI İÇİN VERİLER VE KARŞILAŞTIRMA BİLGİLERİ

- a. Gerçekçi maliyet hesaplarının yapılabilmesi ve iki sistemin karşılaştırılabilmesi için somut bir proje seçilmiştir. Bu amaçla İstanbul'da kurulan bir toplu konut alanı içinde yer alan 75 m yükseklikte bir yapı ele alınmıştır. Bu yüksek yapı ısıtma ve merkezi kullanma sıcak suyu üretimi amacı ile sıcak sulu bir ısıtma sistemi düşünülmektedir. Yakıt olarak doğal gaz kullanılacaktır.
- b. Yapılan hesaplara göre sistemin ısıtma yükü 800.000 kcal/h, domestik sıcak su yükü 400.000 kcal/h ve toplam yükü 1.200.000 kcal/h değerindedir. Bunu karşılamak üzere 1 adet 560.000 kcal/h kapasitede, 1 adet de 650.000 kcal/h kapasitede 2 adet sıcak su kazanı kullanılacaktır. Kazanlar döküm kazan seçilmiş olup, çatı kazan dairesi uygulaması açısından atmosferik brülörlü tip tercih edilmiştir. Her iki alternatifin karşılaştırılmasında kazanlar aynı kabul edilmiştir (atmosferik kazanların sessiz çalışması bakım ve servis gereksiniminin en az olması nedeniyle).
- c. Bina yüksekliği 75 m kritik bir değerdir. Böyle bir yapıda ısıtma sistemi düşey doğrultuda iki zonlu

düşünülebilirdi. Ancak bu uygulamada binanın alt katları çarşı üst katları konuttur. Çarşı kazan dairesi ayrı bir bölümdedir ve çatı kazan dairesi 60 m yükseklikteki konut bloğunu ısıtacaktır. Düşey yönde tek zon mevcuttur.

d. Kazan dairesinde 3 adet baca düşünülecektir. Bacalar 400 mm iç çapında olacak ve kazanlara bağlı 2 adedi izoleli çift cidarlı paslanmaz çelik baca olacaktır. Diğerleri tek cidarlı paslanmaz çelik hava bacası olacaktır. Bu üç baca bir şaft içinde bulunacaktır.

e. Isıtma tesisatında ısıtıcı eleman olarak Alurad radyatör kullanılmakta olup, daire içlerinde kolonların görülmesi istenmediğinden, ana kolonlarla beslenen radyatörlere borular daire içinde döşeme altından geçerek ulaşmaktadır. Dolayısıyla sistemdeki hava tahliyesi büyük önem kazanmaktadır. Yine özellikle bu nedenle kapalı genleşme kabı kullanılacaktır.

f. Kalorifer tesisatında statik su yüksekliği 50 m değerini aştığı için, kazanların bodruma yerleşmesi halinde bir ısı eşanjörü kullanılması gerekecektir. Kazanda üretilen 90/70°C mertebesinde olması gerektiğinden, ısıtma sıcak suyu en fazla 85/65°C sıcaklıkta olacaktır.

g. Kazan dairesinin bodrum katta bulunması halinde kullanılacak ısı eşanjörü dolayısı ile, radyatörlerin seçiminde 90/70 yerine 85/65°C su sıcaklığı esas alınacaktır. Buna göre ortalama radyatör sıcaklığı ile oda sıcaklığı arasındaki fark 60°C değerinden 55°C değerine inecek ve aynı gücün eldesi için ısıtma yüzeyleri, $F/F_0 = (60/55)^{1,3}$ oranında artırılacaktır. Isıtma yüzeylerinin artırma oranı bu durumda %12 mertebesinde olup, ısıtıcı olarak Alurad 525 kullanıldığında, Radyatör yüzey farkı = $(800.000 / 446) \times 0,12 = 215 \text{ m}^2$ olarak ortaya çıkmaktadır.

h. Yüksek yapı dolayısı ile bodrum kattaki basınca maruz armatürler PN16 olmak zorunda kalacaktır. Ayrıca statik basınca maruz ısıtma sirkülasyon pompaları da çelik gövdeli PN16 seçilecektir.

i. İki sistem arasında maliyet açısından en önemli fark bacada ortaya çıkmaktadır. Her iki kazan için de 40 cm iç çapında paslanmaz çelik çift cidarlı izolasyonlu baca gerekmektedir. Ayrıca 1 adet de tek cidarlı paslanmaz çelikten 40 cm çaplı havalandırma bacası yapılacaktır.

j. Bu üç baca bir şaft içinde oluşturulacaktır. Şaftın ve duvarların yapımı maliyeti hesaba dahil edilecektir.

k. Baca ile ilgili üçüncü maliyet ise her katta kaybedilen inşaat alanıdır. Buna göre bodrum katta kazan dairesi yapılması halinde baca maliyetini belirleyen unsurlar:

- 2 adet 40 cm çapında, 75 m uzunluktaki çift cidarlı ve izolasyonlu paslanmaz çelik baca ve aksesuarları,
- 1 adet 40 cm çapında, 75 m uzunlukta tek cidarlı paslanmaz çelik baca ve aksesuarları,
- Şaft için prekast duvar (d=10 cm) alanı, $F = 75 \times 2 \times (1,80 + 0,70 \text{ m}) = 375 \text{ m}^2$,
- İnşaat alanı kaybı (25 katta toplam) = $25 \times (1,90 \times 0,80 \text{ m}) = 38 \text{ m}^2$,

(Çatı ısı merkezi yapılması halindeki 2 adet kalorifer borusunun ve doğal gaz borusunun oluşturacağı kayıp alanı düşünülerek hesaplanmıştır.)

l. Kazan dairesi bodrum katta yapılması halinde ilave eşanjör ve ekipmanlar için (kapladığı alan kadar fazla) alana ihtiyaç vardır.

m. Bodrum katta havalandırma ve emniyet yönünden alınacak önlemlerin getireceği inşaat ve tesisat maliyetleri ile kaybedilecek alan maliyeti çatı ısı merkezi-ne göre daha fazla olacaktır.

n. Bunların dışında iki sistem arasındaki dikkate alınabilecek farklar,

- Doğal gaz borusundan gelen fark maliyet Doğal gaz borusu fark uzunluğu, $L = 65 \text{ m}$, $D = 3''$,
- Kalorifer borularından gelen fark maliyet 2 adet kalorifer borusu ve izolasyonu fark uzunluğu $L = 45 \text{ m}$, $D = 5''$,

• Kazanın çatıya taşınması ile ilgili fark maliyet.

o. Sistem: Sıcak sulu ısıtma sistemi kazan dairesinin bodrum katta olması halinde alttan dağıtım, alttan toplama olacaktır. Kazan dairesinin çatıda olması halinde ise; çatıdan aşağıya iki boru inecek ve alttan dağıtım üstten toplama sistemi yapılacaktır. Kalorifer kazanı çatıya monte edildiğinde ilave maliyet olarak 2 adet kalorifer borusu ve bir adet yukarıya çıkan doğal gaz borusu maliyete ilave olarak gelmektedir. Ancak yüksek yapılarda kazan dairesinin bodrum katta yapılması halinde kazan dairesi elemanlarının maliyeti çok fazla artmaktadır.

5.4.2 MALİYET

Bu binada kazan dairesinin bodrum kat yerine çatı katına yapılması halinde oluşacak yaklaşık fark maliyetleri *Tablo 5.7*'de verilmiştir.

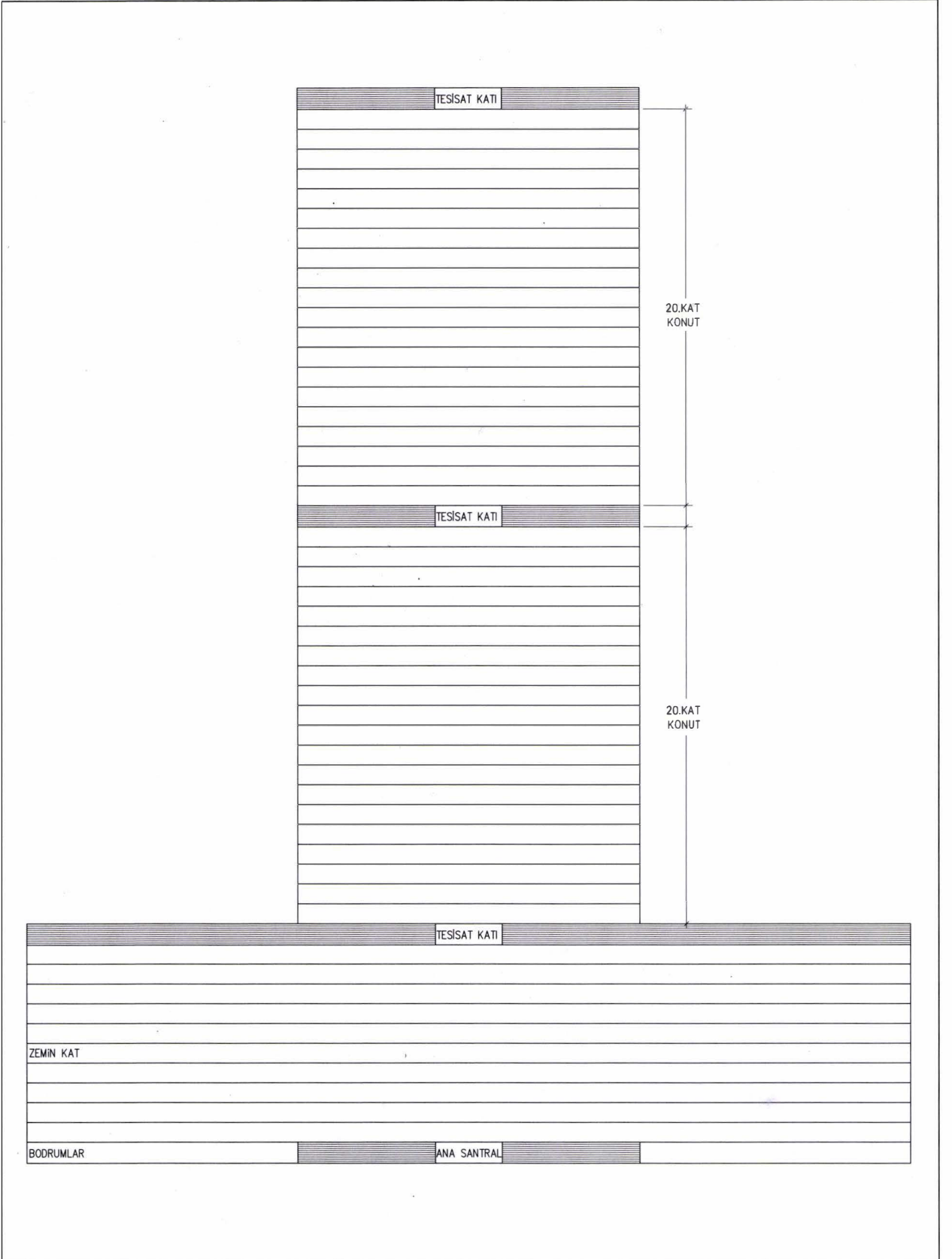
5.4.3 SONUÇ

Kazan dairelerinin çatı katında çatı ısı merkezinin oluşturulmasının çeşitli avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Yakıt olarak doğal gaz kullanılması halinde özellikle yüksek yapılarda çatı kazan daireleri avantajlıdır. Somut bir örnek üzerinde yapılan hesaplara göre kazan dairesinin çatıda oluşturulması ile yatırım maliyetindeki tasarruf 100.000 EUR mertebesinde ve bu bedelin içine bodrum katta monte edilecek kalorifer kazanı, brülör ve otomatik kontrol sistemin maliyeti dahil değildir. Çatı ısı merkezinde kullanılacak yüksek teknoloji ürünü 2 adet atmosferik brülörlü kazanın otomatik kontrol dahil toplam maliyeti ise ~50.000 EUR değerindedir. Buna göre kazan dairesinin çatıda oluşturulması halinde, bu ömekte tesisat ve inşaat maliyetindeki düşmelerle kazanlar bedavaya gelmektedir. Bu açıdan özellikle bina yüksekliği 50 m'yi geçen binalarda çatı kazan dairesi oluşturulması ile ilgili benzer bir hesabın yapılarak, parasal avantajların görülmesinde ve kazan dairesi yerinin buna göre belirlenmesi yararlı olacaktır. Güvenlik yönünden de çatı ısı merkezinin avantajlı olabileceği unutulmamalıdır.

1	Eşanjör maliyeti (10 Atü, 800.000 kcal/h)	+ 6.000 EUR
2	Eşanjör ısıtma pompaları, vanalar, borular, boru ve eşanjör izolasyonları, otomatik kontrol donanımı, eşanjör beton kaidesi ve diğer donanımlar tutarı	+ 3.000 EUR
3	Radyatördeki artıştan gelen fark maliyet (Boru çaplarının büyümesinden oluşacak fark maliyetinde dikkate alınmıştır.)	+ 8.000 EUR
4	10 Atü ve 3 Atü basınçlarındaki kapalı genişleme depolarının (2.000 litre) maliyet farkı	+ 4.250 EUR
5	Bodrum kattaki eşanjör 2. Devresindeki armatürlerin PN16 seçilmesi ve pompaların çelik döküm seçilmesinden oluşacak maliyet farkı (4.800m x 3 pompa + vanaların farkı)	+ 1.400 EUR
6	Kalorifer bacalarının fark maliyeti: Paslanmaz çelik çift cidarlı kalorifer bacaları (2 adet x 240 EUR/m x 70 m) ve Paslanmaz çelik tek cidarlı hava bacası (1 adet x 80 EUR/m x 70 m) Notlar: a) Yukarıdaki hesap orta kalitede ithal baca için yapılmıştır. Yerli üretim bacalar için bu maliyetler yaklaşık olarak çift cidarlı baca 150 EUR/m, tek cidarlı baca 70 EUR/m b) Bina 75 m olduğu halde, çatı ısı merkezinin bacasının 5 m olacağı kabul edilerek, baca fark maliyeti 70 m uzunluktaki baca için yapılmıştır.	+ 39.200 EUR
7	Bacanın etrafına örülecek duvar veya prekast elemanın maliyeti (boya vs. dahil) 375 m² x 30 EUR/m²	+ 11.250 EUR
8	Bacanın oluşturduğu kayıp alanın yaklaşık maliyeti (kayıp alanın maliyeti gerçekte çok daha fazladır) 38m² x 550 EUR/m²	+ 20.900 EUR
9	Diğer maliyetler a) Bodrum kazan dairesinde eşanjör ve ekipmanlardan dolayı daha fazla alana ihtiyaç vardır. b) Bodrum kazan dairesinde havalandırma maliyeti daha fazladır. (hava kanalı + gerekirse cebri havalandırma maliyet + hava kanalının üstteki bodrum katlarda oluşturacağı kayıp alan + inşaat maliyetleri vb.) c) Bu iki fark maliyet dikkate alınmamıştır	+ 6.000 EUR
10	Çatı ısı merkezinin ilave maliyetleri a) Doğal gaz borusu fark maliyet (montaj malzemesi ve işçilik dahil 3" boru için) 65 m x 18 EUR/m b) Kalorifer borularının fark maliyeti (montaj malzemesi, izolasyon ve işçilik dahil 5", 2 adet boru için) 45 m x 25 EUR/m c) Kalorifer kazanlarının çatıya taşıma maliyeti 700 EUR	- 2.995 EUR
Kazan Dairesinin Çatıya Yapılması ile Elde Edilecek Toplam Avantaj		97.005 EUR

Şekil 5.7. ÇATI KAZAN DAİRESİ MALİYETİ İLE BİNA ALTINDAKİ KAZAN DAİRESİNİN MALİYETİNİN BİR ÖRNEKTE KARŞILAŞTIRILMASI

VI. BÖLÜM YÜKSEK YAPILAR



Şekil 6.1. TİPİK TESİSAT KATLARI PLANLAMASI

6.1 YÜKSEK YAPILAR

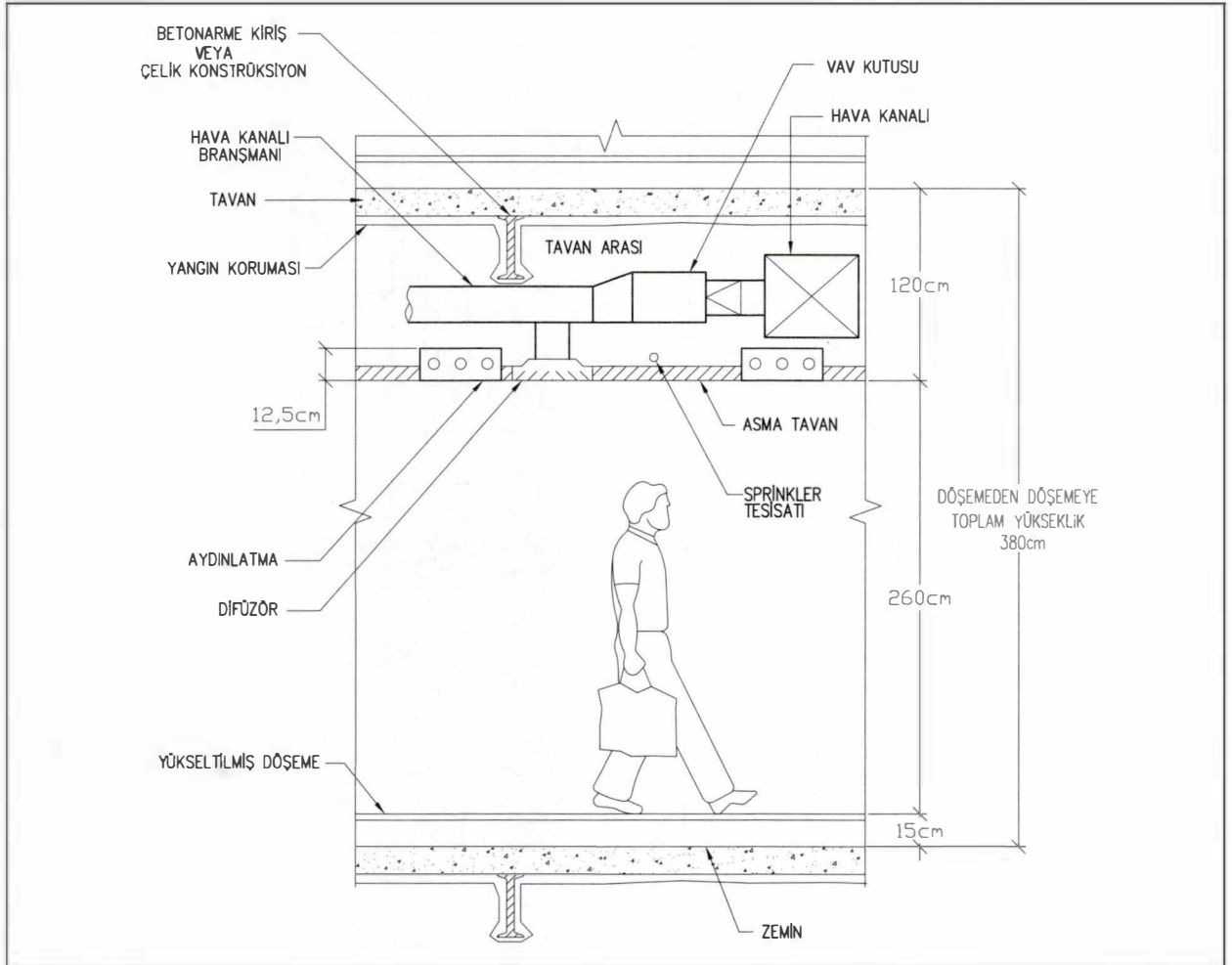
- a. Sıhhi tesisat (kullanma soğuk ve sıcak suyu tesisatı) açısından her 35 m yükseklik bir basınç zonu olarak alınır.
- b. 15 katın üzerindeki yapılar (~ 50 m ve daha fazla yükseklikte yapılar) yüksek yapı kapsamı içine girer.
- c. Teorik olarak 75 m yükseklik aşıldığında, tasarım kavramları ve tesisat sistemlerinin modifikasyonu gerekmektedir.
- d. Amerika'da 20 kat ve daha çok katlı yapılar yüksek yapılarıdır. Ofis yapılarında kat yüksekliğinin (döşmeden döşemeye olan mesafenin) yaklaşık 3,75 m civarında olduğunu kabul edersek, 20 katlı binanın yüksekliğinin de 75 m olduğu söylenebilir. Ofis binaları için kat yükseklikleri 3,70 - 4,10 m (döşmeden döşemeye) öngörülmelidir.
- e. ASHRAE TL 9.12 (Technical Committae for Tall Buildings) ise 91 m (300 feet) ve daha fazla yükseklikteki binaları yüksek yapılar olarak kabul etmektedir.
- f. Batı ülkelerinde yenilenen bazı standartlarda ise 25 m'yi geçen her bina yüksek yapı olarak görülmektedir. Bu tanım binaların yangın güvenlik talepleri bazında düşünülmüş olup, temelde mantıklıdır.

g. Yüksek yapılarda tipik bir ofis kesiti Şekil 6.2'de verilmiştir.

h. Yüksek Yapılarda Kışın ve Yazın Oluşan Dış Basınç Etkisi (Yığılma ve Ters Yığılma):

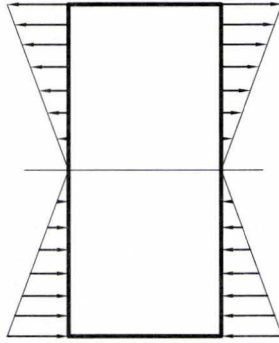
Dış hava sıcaklığının binanın içindeki sıcaklıktan çok daha düşük olduğu durumlarda, yüksek binalarda yığılma etkisi denilen olay söz konusu olmaktadır. Yığılma etkisi, yüksek binaların soğuk havalarda baca gibi çalışması böylece havanın doğal olarak alt katlardan binaya girmesi, binanın içinde yukarı doğru hareket etmesi ve üst katlardan binayı terk etmesidir. Yığılma etkisinin sebebi, bina dışındaki soğuk hava ile bina içindeki sıcak havanın yoğunluk farkıdır. Yığılma etkisi ile oluşan basınç farkı binanın yüksekliğine ve dışa hava sıcaklığı ile bina içindeki havanın sıcaklığı arasındaki farka bağlıdır.

Eğer binanın dışındaki havanın sıcaklığı, binanın içindeki havadan daha sıcak ise, yığılma etkisi ters çalışacaktır. Bunun anlamı çok sıcak iklimlerde dış hava binaya binanın üst katlarından girecek, aşağı doğru akan ve binayı alt katlardan terk edecektir. Havanın böyle ters yönde akmasına ters yığılma etkisi denir. Ters yığılma etkisinin sebebi de yine bina içindeki havanın



Şekil 6.2. TİPİK BİR OFİS KATI KESİTİ

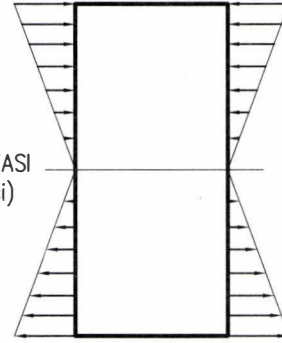
EKSİLTRASYON
(denge basıncının üstünde)



İNFİLTRASYON
(denge basıncının altında)

YİĞİLMA ETKİSİ
DIŞ HAVA SOĞUK

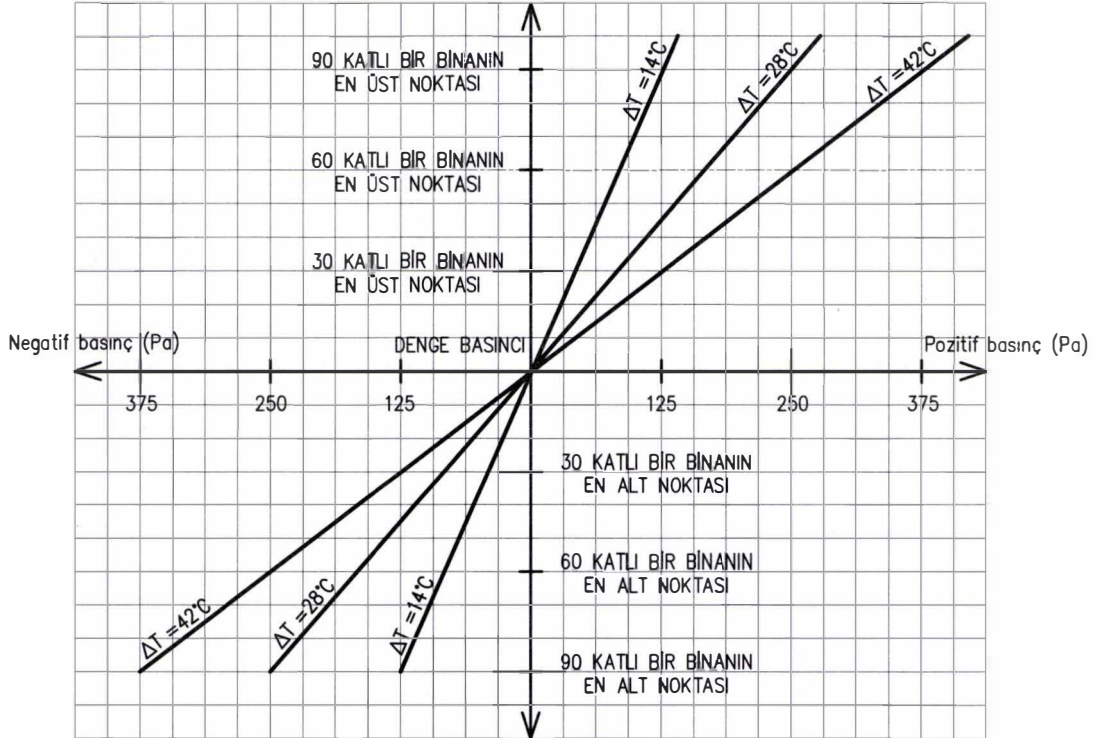
İNFİLTRASYON
(denge basıncının üstünde)



EKSİLTRASYON
(denge basıncının altında)

TERS YİĞİLMA ETKİSİ
DIŞ HAVA SICAK

Şekil 6.3. YÜKSEK YAPILARDA YİĞİLMA VE TERS YİĞİLMA ETKİSİYLE HAVA AKIŞI



Notlar: $-\Delta T = |t_{\text{ç}} - t_{\text{dış}}|$ ortam sıcaklık farkı
- Kat yükseklikleri döşemeden döşemeye 4m olarak alınmıştır

Şekil 6.4. ÇEŞİTLİ BİNA YÜKSEKLİKLERİNDE ALTERNATİF SICAKLIK FARKLARINA GÖRE TEORİK YİĞİLMA ETKİSİ BASINÇ GRADYANI

yoğunluğu ile bina dışındaki havanın yoğunluğu arasındaki farktır. Bu durumda daha ağır ve yoğun olan hava bina içindeki havadır.

Sıcak iklimlerde ters yığılma etkisi ciddi bir problem yaratabileceği düşünülse de, bu genelde böyle değildir. Bunun sebebi, sıcak iklimlerdeki dış hava ile iç hava sıcaklığı arasındaki yoğunluk farkının, soğuk iklimlerdeki yoğunluk farkından daha az olmasıdır. Bu yüzden soğuk iklimlerde ortaya çıkan yığılma etkisinin meydana getirdiği problemlere daha çok yoğunlaşılmalıdır.

Teorik yığılma etkisinin hesaplanmasında bina içindeki sıcaklık ile bina dışındaki sıcaklık arasındaki farklar dikkate alınmaktadır. Ayrıca her binadaki Denge Basınç Noktası (DBN); belirli bir binada, verilen bir sıcaklık farkında, iç ve dış basıncın aynı olduğu noktadır. Bir binadaki denge basınç noktasının yeri, o binanın duvarlarının geçirgenliğine, iç bölümlere, binanın yapısına, merdivenlerin ve şaftların (asansör ve tesisat şaftları dahil) geçirgenliğine bağlıdır. Ayrıca binanın klima sistemi de denge basınç noktasını etkiler, yine egzost sistemleri binanın denge basınç noktasını yükseltmeye (binanın alt bölümlerinde oluşan toplam basınç farkını yükseltir) meyillidir. Klima sistemlerinde dış havanın, egzost havasından daha fazla olduğu durumlar binanın denge basınç noktasını azaltmaya meyillidir (binanın alt bölümlerinde oluşan toplam basınç farkını azaltır).

Şekil 6.3 şematik olarak havanın bina içine ve bina dışına akımının soğuk iklimlerde (yığılma etkisi) ve sıcak iklimlerde (ters yığılma etkisi) durumunu gösterir. Gösterilmeyen ise havanın bina içindeki yukarı veya aşağı hareketidir. Denge basınç noktası, binaya havanın ne girdiği ne de çıktığı noktadır. Havanın bina içindeki düşey hareketi şaftlarda ve merdivenlerde, ve iyi izole edilmemiş açık noktalarda veya düşey boru hatları boyunca olur. Şekilde yine havanın içeri ve dışarı hareketinin, denge basınç noktasından uzaklaştıkça arttığı görülmektedir.

Bir binada verilen bir yükseklikte ve verilen bir dış hava sıcaklığı ile iç hava sıcaklığı farkında oluşan toplam teorik basınç farkını hesaplamak mümkündür.

2003 Ashrae El Kitabı-Uygulamalar'da verilen formüller kullanılarak hesaplanan çeşitli bina yükseklikleri ve sıcaklık değişiklikleri için teorik yığılma etkisi basınç gradyanı *Şekil 6.4*'de görülmektedir. Diyagram, oluşabilecek maksimum potansiyel diferansını göstermek amacıyla rakamlar dikkat çekicidir. Fakat diyagramı oluşturan rakamları iç ara bölümleri olmayan bir bina içindir. Dolayısıyla grafik, bina içinde hava hareketine hiçbir direnç karşılığı içermemektedir. Ayrıca, dış duvarın geçirgenliği diyagram üzerindeki rakamları etkileyecektir ve rüzgar etkisinin yapacağı gibi binanın klima cihazlarının ve fanlarının çalışması da teorik değeri etkileyecektir. Bu yüzden

diyagram problemin yaklaşık büyüklüğünü gösteren bir çalışma olarak kabul edilmeli, her bina için tam gerçek rakamlar olarak kabul edilmemelidir. Herhangi bir binadaki gerçek yığılma etkisini ve denge basınç noktasını bulmak zordur, eğer pratik bakılmazsa neredeyse imkansızdır. Ancak böyle bir nokta vardır ve problemi yaratacaktır. Dolayısıyla bir projenin tasarım dokümantasyonunda bunun olası etkileri dikkate alınmalıdır.

Yüksek binalarda yığılma etkisinin olması çoğunlukla ciddi problemler getirir. Bu problemler çoğunlukla asansör kapılarının zor kapanması ve binanın alt katların zor ısıtılması olarak karşımıza çıkar. Asansör kapılarının zor kapanmasının sebebi kapılar arasında basınç farkı olması ve bu yüzden asansör kapılarının kapatmaya yetecek yeterli gücü oluşturamamasıdır. Isıtma problemlerinin sebebi de alt katlarda (giriş katlarında) kapılardan ve binanın dış duvarlarından, duvarın geçirgenliğinin tasarım şartlarından daha yüksek olması dolayısıyla, geçirgenlik ile içeri giren soğuk havadır. Isıtma problemi, sprinkler sistemindeki suyu ve soğuk su sirkülasyonu olmadığı durumlarda soğutma bataryalarındaki suyu donduracak kadar ciddi sorunları beraberinde getirebilir. Amerikan Mimari Metal Üreticileri dış duvarlarda birim yüzeyde hava geçirgenliğini 0,30 inç su sütunu (75 Pa) basınç farkı için 0,06 cfm/ft² (300 cm³/hm²) olarak tarif eder (açılabilir pencerelerden olan kaçaklar hariç). Bu kriterler, her ne kadar proje safhasında dikkate alınsa da, inşaat esnasında uygulanmadığı için, işletmede problem çıkmaktadır.

Yığılma etkisi dış hava sıcaklığı özellikle -7°C ve daha düşük değerlere indiğinde yoğun olarak hissedilir. Dönen kapıların çarpması, asansör kapılarının kapanmaması, ve giriş katlarının ısınmaması gibi sorunlar oluşur.

Çözüm giriş katlarına ısıtılmış dış hava verilmesi, merdivenin sızdırmazlığının sağlanmasıdır.

Yığılma Etkisinin Azaltılması

Yığılma etkisinin yaratacağı potansiyel problemlerin minimize edilmesi için atılacak adımlar vardır ve tasarım esnasında dikkate alınmalıdır. Gerekli adımlar hem mimar hem de mekanik tesisat mühendisi tarafından atılmalıdır. Alınacak tedbir binanın içine ve dışına doğru hava sızdırmasının minimize edilmesidir. Bir binayı tam sızdırmaz hale getirmek mümkün olmayacağından, problem minimize edilebilir.

- Bir binada dış havanın bina içine gireceği noktalar:
 - Binanın giriş kapıları,
 - yükleme alanlarının kapıları,
 - taze hava alım panjurları,
 - egzost panjurları,
 - dış duvarlardaki çatlaklar,
 - giriş katının hemen üzerinde bulunan ve sızdırmazlığı sağlanmayan çıkmalardır.

- İçeride ise:
 - Binada hava yangın merdivenlerinden,
 - asansör şaftlarından,
 - kanal ve boru şaftlarından,
 - dış duvarların döşeme ile birleştiği yerde olabilecek düşey sızıntı noktalarından geçer. Tüm bu noktalara dikkat edilmelidir.
 - Mümkün olduğunca sızdırmaz dış duvarlar yapılmalı,
 - şaftlar kapatılmalı, sızıntı noktaları sızdırmaz yapılmalıdır.
 - Yükleme bölümlerinde antreler veya hava kilitleri, yükleme bölümlerine açılan kapılarda iyi kapı contaları kullanılmalıdır.

Soğuk iklimlerde yüksek binaların giriş kapıları mutlaka döner kapı olmalıdır. Bu tip kapılar, orta eksenin her iki tarafındaki panellerde ters tarafa doğru eşit basınçla dengelenmiş olduğundan, dönmeleri için özel bir çabaya gerek kalmadan çalışacak şekilde basit yapıları sebebiyle önemlidirler. Bunlar aynı zamanda iyi kaliteli contaları sayesinde her zaman sızdırmazlık da sağlarlar.

Yeterince ısıtması olan iki kapılı antreler, kapılar arasında her bir kapının yalnız başına çalışabileceği kadar mesafe olması, kapılardan birinin sürekli kapalı durması ve yeterli ısıtmanın olması şartıyla, yükleme yerlerinde kullanılabilir. Yeterli mesafe var ise, her iki kapının da aynı anda açılması kontrol edilebilir.

Ancak iki kapılı antrelerin insanların içeri girdiği yerlerde uygun olmadığı ispatlanmıştır, farklı zamanlarda çok sayıda insanın içeri girdiği durumda her iki kapıda açık kalacağından ciddi miktarda hava da binaya girecektir. Soğuk iklimlerde iki kapılı antreler ile projelendirilen binalarda problemlerin çıkması engellenemez. Yüksek binalarda, insanların binaya giriş noktalarında döner kapıların kullanımı ciddi olarak tavsiye edilir.

Asansör şaftlarına olası bir hava akımının kontrol edilmesi için, asansör bölümlerinin girişlerindeki kapıların kapalı tutulmaları düşünülmelidir. Bu şekilde her katta bir asansör antre bölgesi oluşur ve açık olan asansör kapılarından hava geçmesi minimize edilir.

Eğer merdivenlerde iyi sızdırmazlığa sahip kapılar varsa, bina içinden geçen hava akımını azaltma yönünde faydalı olacaktır. Bu, tüm bina yüksekliği boyunca giden yangın merdivenlerinde daha da önemlidir. Yangın merdivenine giriş yapan kapılardaki contaların çok iyi olması gereklidir. Asansör şaftları, en tepe noktalarında bir açıklığa ihtiyaçları olabileceğinden, problem yaratabilirler. Tüm şaftlar dikey yüzleri boyunca sızdırmaz yapılarak havanın şaft içinde en üstteki açıklığa doğru gitmesini minimize edilir.

Son önemli nokta da mümkün olduğunca sızdırmaz dış duvar tasarımı yapılması, işin çok iyi bir müteahhide

verilmesi, iyi inşaat ekipleri ile yapılması ve iyi bir kontrolden geçirilmesidir.

Yukarıda bahsedilenlerin tümünde mimar da sorumluluk almalıdır. Mekanik tesisat mühendisi, egzosttan daha fazla taze hava alan bir klima sistemi sağlamalıdır. Bu basınçlandırmayı garanti etmek için, (tüm sistemler için geçerlidir).

Binada komple bir hava dengesi sağlanması için, tüm işletme şartlarında egzost havasından minimum %5 daha fazla taze hava verilmelidir.

Buna ilaveten (standartlarda da vardır ve istenir) iyi bir duman kontrolü için, giriş lobisinin sistemini ayırmakta fayda vardır. Her zaman istenirse de, sistem çok soğuk havalarda bile %100 dış hava ile çalışabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Bu hava ile lobi bölgesi basınçlandırılacak ve bu da yığılma etkisini minimize etme yönünde faydalı olacaktır.

i. Yüksek yapılarda tesisatta yüksek statik basınç nedeniyle dikey zonlama gereksinimi ortaya çıkmaktadır.

j. Ayrıca yüksek yapıda bütün tesisat konuları ön plana çıkmakta ve tasarımda optimizasyon büyük önem taşımaktadır. Her şeyin başarısı mekanik tesisata bağlıdır.

k. Böyle bir yapıda en küçük bir yer kaybı olmamalıdır. Dolayısıyla tesisat şaftlarının kullanımı özel bir dikkati gerektirir.

l. Cam açılmadığı için mekanik havalandırma hayati önem taşır.

m. Yangın güvenliği en büyük problemdir. Bu konuda hiçbir risk alınamaz. Her ilave edilen kat aynı oranda riski artırır. Dolayısıyla bu optimizasyon ve riski azaltma çabası her türlü yapıda gerekli olmakla birlikte, yüksek yapıda sonuçları çok çarpıcıdır.

6.2 YÜKSEK YAPILARDA SİHHİ TESİSAT

a. Genel Kurallar

Özel ihtiyaçlar dışındaki konfor yapılarında aşağıdaki kurallar uygulanabilir:

- Musluktaki akma basıncı: 8 - 10 mSS olmalıdır. Klozet arkası rezervuar ve gömme rezervuar kullanılan binalarda 8 mSS akma basıncı idealdir. Bas rezervuar veya özel armatür için (masaj, duş vb) akma basıncı 15 - 20 mSS değerine ulaşabilir, ancak her zaman armatür imalatçısının verdiği değer kontrol edilmelidir.
- Tesisattaki kritik ekipmanların yedekli olması gerekir ve bu kritik ekipmanlar mümkünse, acil elektrik sistemine bağlanmalıdır. Sistem basıncının istenen düzeyde tutulabilmesi için kullanılacak yöntemin iyi seçilmiş ve değerlendirilmiş olması gerekir (Yangın sistemi, hidrofor sistemi vb).

- Tesisatta statik basınçlar ve muslukların akma basınçları alt ve üstten sınırlıdır. Normal musluklarda akma basıncı 1 bar (10 mSS) ve statik basınçlar alt sınır 1 bar ve üst sınır 4 bar mertebelerinde olmalıdır. Bas rezervuarlar ve şofbenlerde gerekli akma basınçları daha yüksektir. Yüksek binalarda hidrofor çıkışına mutlaka basınç sabitleyici monte edilmelidir. Hidrofor alt ve üst basınç aralığında çalışırken, oluşacak basınç değişiminin olumsuz etkilerini (olumsuz konfor ve gereksiz su tüketimini) önlemek için, bu önlem yararlı olacaktır.
 - Soğuk ve sıcak kullanma suyu sistemleri arasında basınç dengelenmelidir. Aksi halde bataryalarda önemli basınç farklılıkları oluşur ve her iki sistem arasında çapraz akışa veya sıcak su ile soğuk suyun birbirine karışmasına neden olabilir.
 - Yüksek yapılarda montaj malzemeleri önem taşır. Destek ve tespit sistemleri her türlü genleşme, titreşim vs. gibi dinamik ve büyük yükseklik nedeniyle oluşan statik yükleri karşılayacak kapasitede olmalıdır. Örneğin 100 m uzunlukta su dolu 6" çapında bir boru, yaklaşık 3,5 ton ağırlıktadır. Dübeller, kelepçeler vs. buna göre seçilmelidir.
 - Yüksek yapılarda yaşayacak insan sayısını tahmin etmek ve cinsiyetlerine göre ayırıp, planlama yapmak gerekir. Bu durum özellikle toplantı yapılan salonlarda daha büyük sorunlar oluşturur. Örneğin bir kadın hakları toplantısında katılımcıların %90'ı kadın iken, bir mühendisler toplantısında katılımcıların %80'i erkektir. Bu durumda, örneğin tuvalet dizaynında esnek sistem oluşturulmalıdır. Mesela bazı kilitlenebilir kapıları açıp, kapayarak kadın ve erkek tuvaletleri geçici olarak birbirine dönüştürülebilir.
 - Borulardaki hızlar 2 m/s'nin altında olmalıdır. Borulardaki hızlar 3 m/s değerini geçerse aşırı ses oluşur.
 - Her 10 kat (~ 35 m yükseklik) bir basınç kademesi olarak projelendirilmelidir. Zon yüksekliğini arttırmak ve zon sayısını düşürmek için ana su deposundan aşağı doğru besleme yapan bir sistem seçilmelidir. Üst depodan aşağıya doğru doğal akış ile beslenen sistemlerde alt katlara doğru boru uzunluğu arttıkça boru basınç kaybı toplamı da artmakta, ancak su deposundan itibaren statik basınç da arttığından uzak noktalarda kayıplarından dolayı olumsuz bir etki oluşmamaktadır. Sonuç olarak yukarıdan aşağıya dağıtım yapılması halinde, 10 kat yükseklikteki zonda aşağıdan yukarı dağıtıma göre bir kat daha fazla yükseklikte basınç zonlaması yapılabilir.
 - Basıncın fazla olması borulardaki hızın artmasına neden olur. Sonuçta ses, işletme problemleri, bakım ve tamir giderleri artar. Aşırı basınç ve hızın doğurduğu sorunlar:
 - Ses,
 - Aşırı su sarfiyatı,
 - Vana yataklarında arıza,
 - Aşırı basınçlı suyun çarpma etkisi ile kullanımda yarattığı rahatsızlık,
 - Sistem ve ekipmanlarda ömür azalması,
 - Borularda aşırı aşınma,
 - Su darbesi riski, bunun yarattığı tahribat,
 - Yüksek basınca dayanıklı ekipmanın yüksek maliyeti.
 - Proje hesaplarında kullanılacak akma basıncı değeri armatür imalatçısından alınmalıdır. Bu durumda tüm tesisatı yüksek akma basıncı değeri ile projelendirmek yerine, yüksek basınç gerektiren armatürleri ayrı bir zon yapmak daha uygun olabilir. Bas rezervuar kullanıldığı anda, soğuk su kolonunda basınç düştüğü için, aynı kolondan beslenen komşu banyoda duş veya lavabodan akan soğuk suyun debisi azalır aniden sıcak su akabilir. Özellikle duşu kullanan kişiler bu andaki su sıcaklığının değişiminden rahatsız olabilirler.
 - Soğuk su dağıtımını yukardan aşağıya veya aşağıdan yukarıya doğru yapmak mümkündür. Ancak özel nedenler dışında (mimari olanaklar vs) soğuk su dağıtımını yukarıdan aşağıya doğru yapmak daha iyidir. Bu durumda alt katlara doğru artan boru basınç kayıpları, artan statik basınç ile fazlasıyla karşılanır. Üst ve alt katlar arasındaki basınç kaybı, (dolayısıyla basınç farkı) alttan dağıtım sistemine göre daha az olur.
- b. Basınçlandırma ve Basınç Kademeleri (Zonlama)**
- Düşey basınçlandırmada iki yöntem vardır. Yüksek basınçlı transfer pompaları ve az sayıda ara kat su depoları (toplamda bir veya iki adet) kullanıp, ara zonlar basınç ayarlama vanaları ile oluşturulur.
 - Yaklaşık her 10 kat için bir pompalama sistemi ve bir su deposu ile çok sayıda zon pompaları ve ara kat su depoları ile basınçlandırma sistemi oluşturulur. Basınçlandırma sistemlerinde iki yol izlenebilir:
 - Transfer pompalarına, yukarıdaki su deposuna monte edilen seviye şalterinden kumanda etmek.
 - Hidrofor sistemi kullanıp depo dolumlarında fla-tör kullanmak.
- Her bina için zon sayısının belirlenmesi çok önemli bir karardır. Akma basıncını 10 mSS olarak kabul edersek, kat yüksekliği 3 mSS olan binalarda 10 kat bir basınç zonu olarak planlandığında statik basınç (30 mSS) + akma basıncı (10 mSS) = 40 mSS değerine ulaşmakta ve ideal zonlama yapılmış olmaktadır. Her 13 kat bir basınç zonu olarak planlandığındaysa, 10 mSS + (13 kat x 3 m) = 49 mSS izin verilen en yüksek basınç olan 50 mSS değerine ulaşmaktadır. Yani kat yüksekliği 3 m olan binalarda ideal olarak her 10 kat bir basınç zonu olarak projelendirilmelidir. Şartlar zorlandığında bile en fazla 13 kat bir basınç zonu olarak düşünülebilir.

6.2.1 TEMİZ SU TESİSATI

Yüksek yapılarda temiz su tesisatı tek zonlu veya tek kademeli yapılırsa, alt katlardaki boru, donanım, armatürler ve cihazlar üzerinde çok yüksek bir statik basınç etkisi olacaktır. Bu basınç hem tesisatı daha pahalı hale getirecek, hem de işletme problemleri yaratacaktır. Bazı hallerdeyse, tesisatın bu basınca dayanması zaten mümkün olmayacaktır. Bu nedenle yüksek yapı düşey doğrultuda zonlara bölünür. Bu bölünme aynı zamanda ısıtma, havalandırma ve klima tesisatı için de gereklidir. Dolayısıyla tesisat açısından her bir düşey zon besleyen cihazların yerleştirileceği mahallere ihtiyaç vardır. Her bir düşey zon beslemek üzere, yüksek yapıda tesisat katları oluşturulur.

Örnek yüksek yapı *Şekil 6.1*'de görülmektedir. Ana tesisat daireisi genellikle en alt bodrum katta bulunur. Buradan ana yayvan yapı beslenir. Kule katlarıysa, biri başlangıçta olmak üzere yeteri sayıda oluşturulan tesisat katlarından beslenir. Tesisat katlarının yaklaşık her 20 katta bir (veya 60 m'de bir) oluşturulması tavsiye edilir. Her tesisat katından aşağı ve yukarı doğrultuda 10'ar kat yükseklikte düşey zonlar beslenebilir. Buna göre düşey klima zon 20 kat, düşey sıhhi tesisat zon 10 kat yüksekliktedir. Her 20 katta bir galeri katı oluşturulmalıdır. Sıhhi tesisat buralardan veya her 10 katta bir oluşturulacak sıhhi tesisat merkezlerinden beslenir.

Temiz su tesisatı düzenlenirken soğuk su yukarıdan aşağı doğru besleniyorsa, sıcak su da yukarıdan aşağı beslenmelidir. Soğuk su aşağıdan yukarı besleniyorsa, paralel olarak sıcak su da aşağıdan yukarı doğru beslenir. Bu sayede sıcak ve soğuk su arasında basınç farkı engellenir. Aksi takdirde basınç farkı nedeni ile sıcak ve soğuk su musluklarda birbirine karışacaktır. Yüksek yapılarda temiz su tesisatında ana problem, şehir şebekesinden alınan suyun katlara dağıtımıdır. Burada birinci problem basınçlandırma gereğidir. Şehir şebeke basıncı 40 mSS civarında olup, ancak 6 - 7 kata kadar olan yapıların beslenmesinde doğrudan kullanılabilir. Yüksek yapıdaysa mutlaka hidrofor sistemi kullanmak gerekir. İkinci büyük problemse, su akıtma yerlerindeki akma basınçları arasındaki büyük farklardır. Aralarında 20 kat fark olan iki musluk akma basınçları arasında, yaklaşık 6 bar fark vardır. Bu durumda en alt kattaki musluklarda su sarfiyatı arttığı gibi, su koçu olayları da artar. Ayrıca conta ve sızdırmazlık elemanı problemleri oluşur; bu nedenle basınç farkının makul ölçülerde kaldığı düşey zonlar yaratılmalıdır. Bu uygulamada su depolanması mutlaka gereklidir. Depolanması gerekli su miktarı büyük olduğu için betonarme depolar tercih edilir. Burada bir başka önlem de, suyun hijyenik olarak saklanmasıdır. Bu amaçla kullanma suyunun depolanmadan önce kum filtresinden geçirilmesi tavsiye edilir. Bir diğer

önlem ise, depo alt kotundan suyu emerek üstten fıskiye şeklinde suyu püskürten bir resirkülasyon devresi oluşmaktadır. Bu devrenin kendi tek bağımsız pompası olacaktır. Böylece depoda suyun durgun kalmadan hareket etmesi ve havalanması sağlanır. Su depolarının iç yüzeyinin beyaz renkli seramik (havuz seramiği) ile kaplanması hijyenik ve temiz bir ortam sağlayacaktır. Örnek yüksek yapı için alternatif su depolama, hidrofor ve zonlama sistemleri sıra ile üç şekilde incelenmiştir. Alternatifler burada verilen 3 şekille sınırlı değildir. *Şekil 6.5A*'daki "Tipik temiz su zonlaması - 1" de esas olarak alttan dağıtım prensibi uygulanmıştır. 5. bodrumdaki ana su deposundan su, hidroforla üstündeki 10 kata ve 1. tesisat katındaki depoya basılmaktadır. Yüksek basınçlı diğer bir hidroforla ise su 2. tesisat katındaki depoya basılmaktadır.

1. tesisat katında bir depo ve iki hidrofor vardır. Yüksek basınçlı birinci hidrofor üstteki ikinci 10 kata, buna karşılık alçak basınçlı ikinci hidrofor üstteki ilk 10 kata su basmaktadır. İkinci tesisat katında da bir depo ve iki hidrofor vardır. Bu hidroforlardan birincisinden yine üstteki ikinci 10 kata su basılır. Arada kalan 10 kat ise ikinci hidrofordan beslenir. Böylece bütün katlar istenen basınçta su ile beslenir. Buna göre iki musluk akma basınçları arasındaki fark 10 katla (~3 bar) sınırlandırılmıştır. Ayrıca hiçbir muslukta ve kullanma yerinde yetersiz basınç söz konusu değildir. Basıncın yetersiz olduğu yerlerde bas rezervuarları ve gazlı şofbenleri çalıştırmak mümkün olamaz. *Şekil 6.5B*'deki "Tipik temiz su zonlaması - 2"de yine 5. bodrumda bir ana depo bulunmaktadır. Bu ana depodan tek hidroforla su yukarı basılmaktadır. Bu hidrofor en alttaki 10 katı ve 1. tesisat katındaki depoyu beslemektedir. 1. tesisat katındaki depoya iki hidrofor bağlıdır. Alçak basınçlı hidrofor ilk 10 katı, yüksek basınçlı ikinci hidrofor ise, ikinci 10 katı ve 2. tesisat katındaki depoyu besler. 2. tesisat katından itibaren çözüm bir öncekinin aynıdır. *Şekil 6.5C*'de görülen "Tipik temiz su zonlaması - 3"te ise dağıtım karışık yapılmaktadır. 1. tesisat katında depo yoktur. Ana depodan birinci hidroforla ilk 10 kat beslenmektedir. İkinci hidrofor ise üçüncü 10 kata ve 2. tesisat katındaki depoya su beslemektedir. Altan itibaren ikinci 10 kat yukarıdan gravite ile beslenmektedir. 2. tesisat katındaki depodan su hidroforla üstündeki ikinci 10 kata ve çatıdaki depoya su basar. Aradaki 10 kat yine çatıdan yer çekimi ile (doğal akış ile) beslenir.

6.2.1.1 Amerika'da Yüksek Yapı Uygulamaları

a. Örnek 1

Şekil 6.5D'de örnek bir soğuk su dağıtım sisteminin şematik olarak akış diyagramı görülmektedir. Bu örnekte 81 normal kat ve 5 bodrum kattan oluşan 86 katlı binada kullanma suyu için yukarıdan aşağıya dağıtım sistemi uygulanmıştır ve ara kat depoları en az sayıda kullanılmıştır.

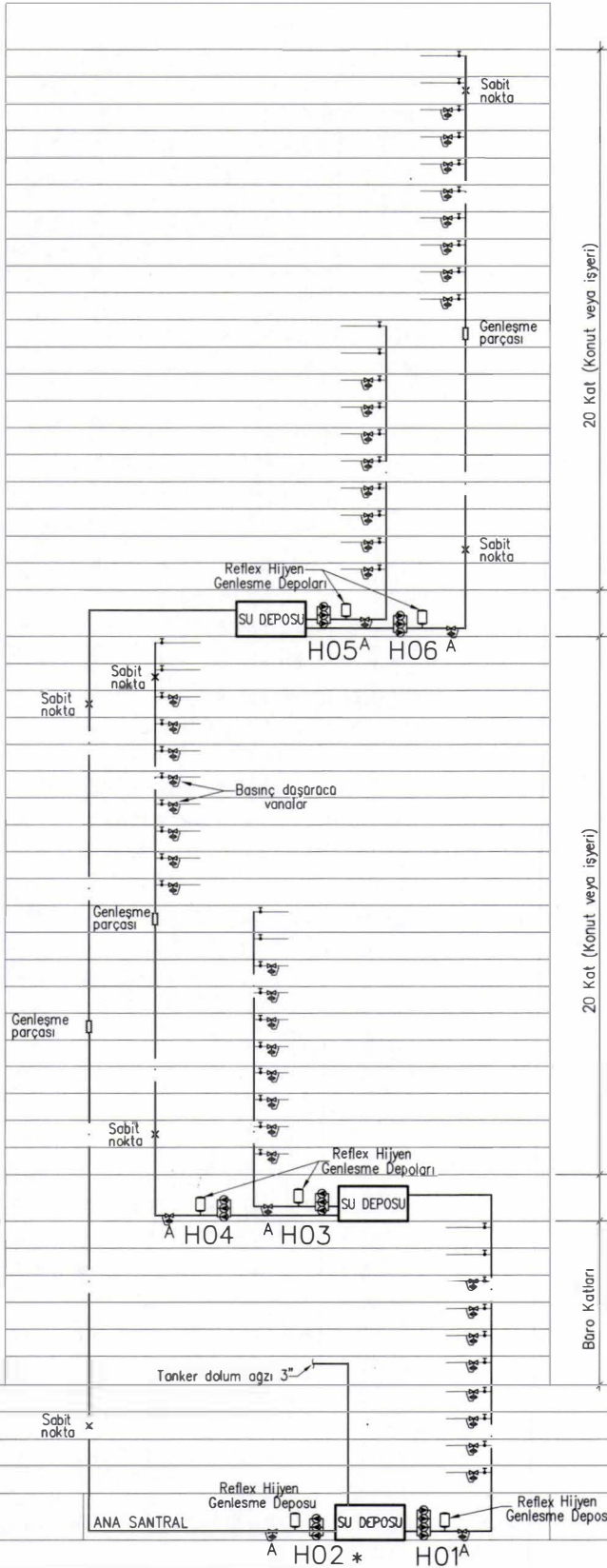
TESİSAT K.
(50.KAT)

TESİSAT K.
(30.KAT)

TESİSAT K.
(10.KAT)

ZEMİN KAT

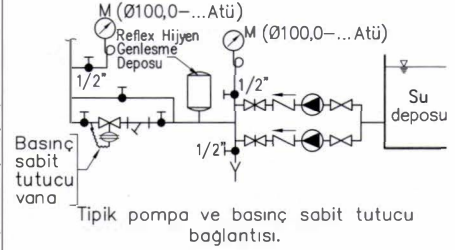
BODRUMLAR



NOTLAR :

- 1-) Her 10 kat (~35 m) bir basınç zonu olarak alınmıştır.
- 2-) Hidrofor çıkışlarında basınç sabit tutucu vana kullanılması yararlıdır. Basınç sabit tutucu vana, hidrofor alt ve üst basıncı arasındaki basınç dalgalanmalarının tesisata yansımaları engeller. Basınç dalgalanmasında su tüketimi artacaktır. Basınç sabit tutucu vana su sarfiyatını düşürür, tesisatın sessiz ve konforlu çalışmasını sağlar.
- 3-) By-pass vanası çapı, basınç sabit tutucu vana çapı ile aynı olmalıdır. Diğer vana ve pislik tutucular boru çapında seçilmelidir.
- 4-) Her zonda son kat veya son iki kat hariç, ya da bütün katlara basınç dışarıya vana konulması, servis sıklığı nedeniyle artık tercih edilmeyor.
- 5-) Yüksek blokta galvaniz boru kullanıldığı düşünülmüştür. Genleşme parçaları katlardaki bransmanların uzunlukları (mafsal) dikkate alınarak (esneklik) seçilmelidir.
- 6-) Toplam debi ihtiyacına göre hidroforun pompa sayısı 2-5 adet arasında seçilebilir. (1 adet yedek pompa olacaktır.) Pompa sayısı arttıkça yedek pompa kapasitesi azalacak ve pompalar sıra ile devreye gireceği için enerji daha verimli kullanılacaktır.

7-)



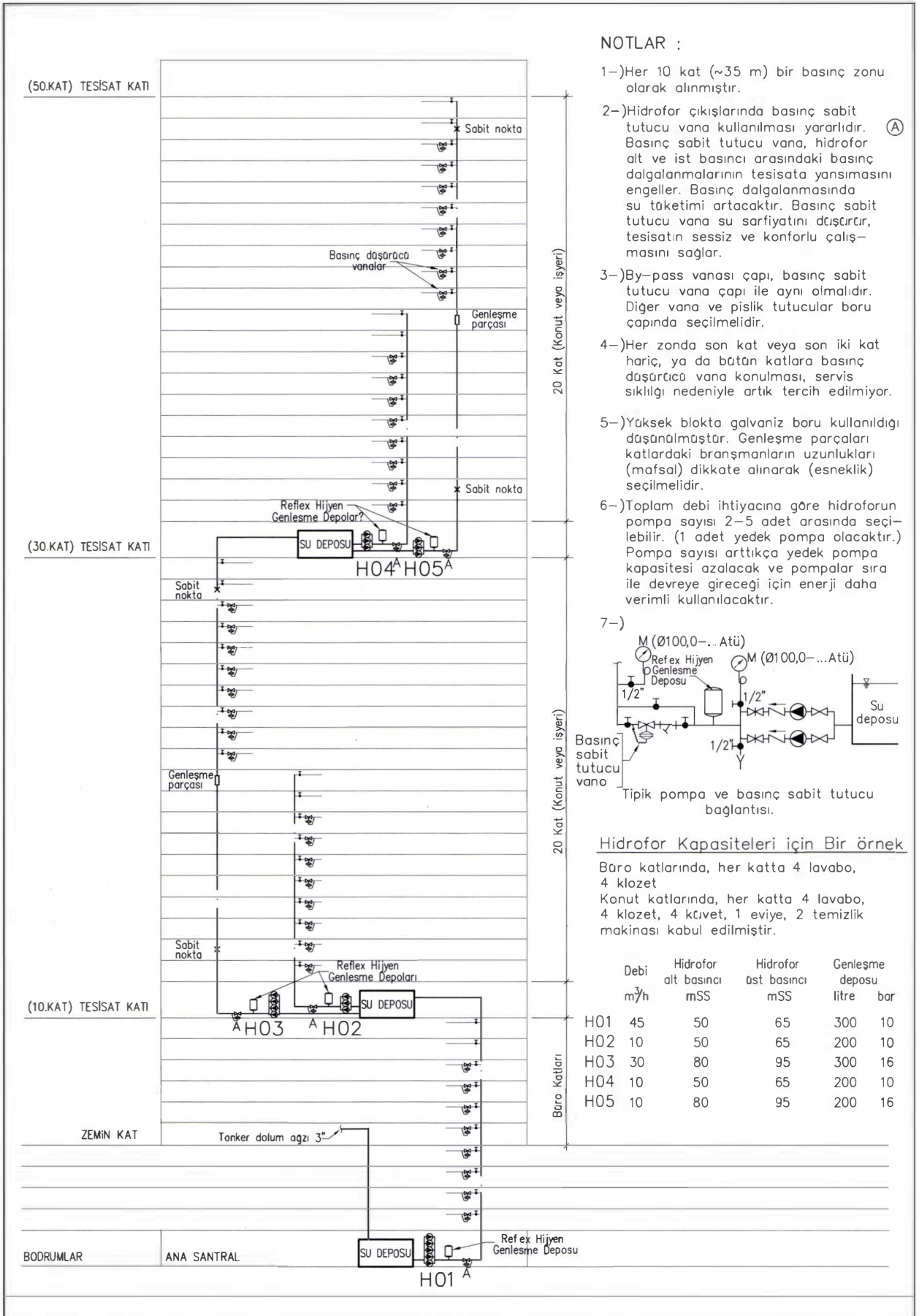
Hidrofor Kapasiteleri için Bir örnek

Büro katlarında, her katta 4 lavabo, 4 klozet
Konut katlarında, her katta 4 lavabo, 4 klozet, 4 követ, 1 eviye, 2 temizlik makinası kabul edilmiştir.

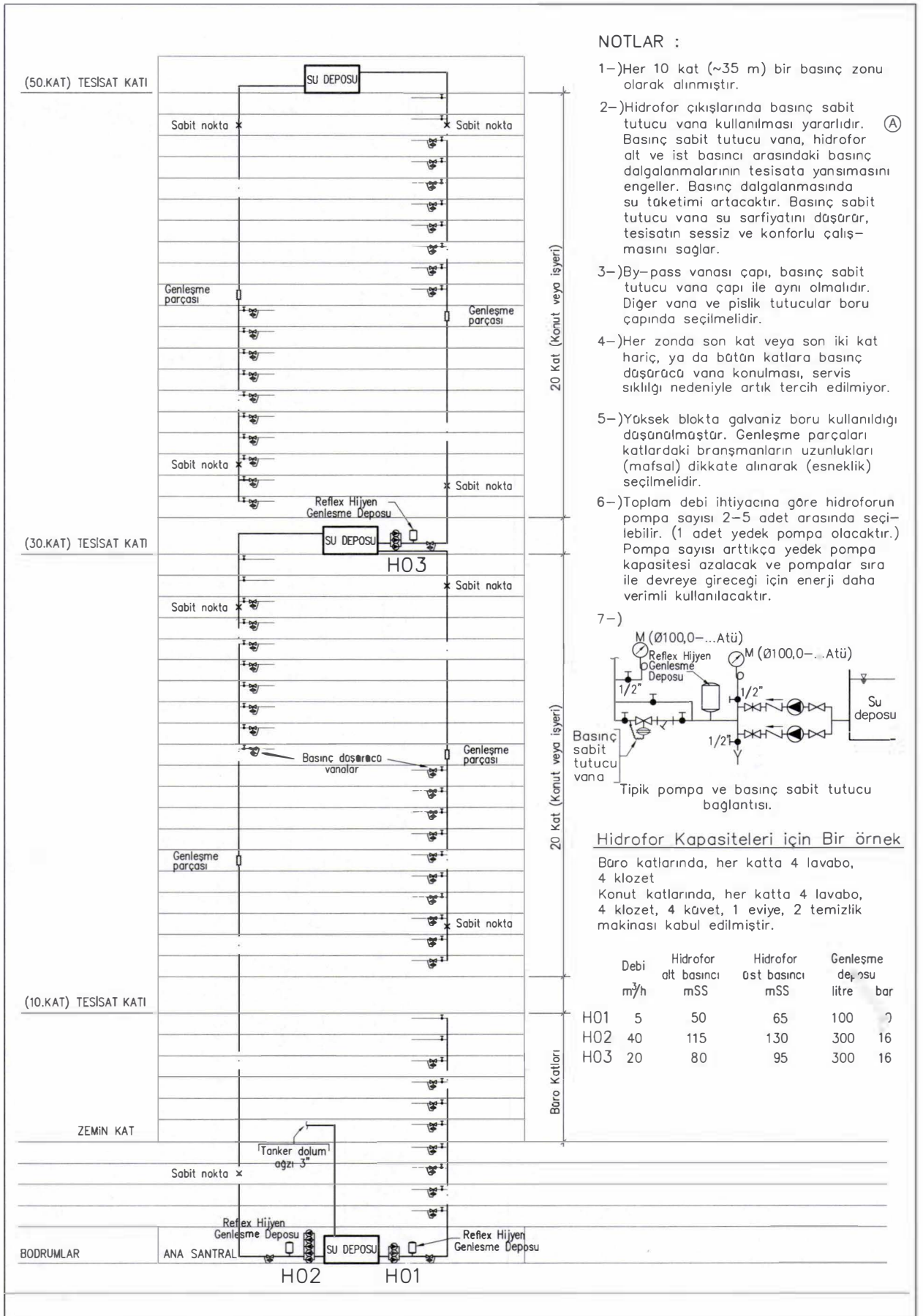
Debi m ³ /h	Hidrofor alt basıncı mSS	Hidrofor üst basıncı mSS	Genleşme deposu litre	bar
H01	25	50	65	300 10
H02	20	115	130	300 16
H03	10	50	65	200 10
H04	10	80	95	200 16
H05	10	50	65	200 10
H06	10	80	95	200 16

* Hidrofor yerine pompa da kullanılabilir. Ancak bu durumda üst su deposunda seviye kontrol sistemi gerekir.

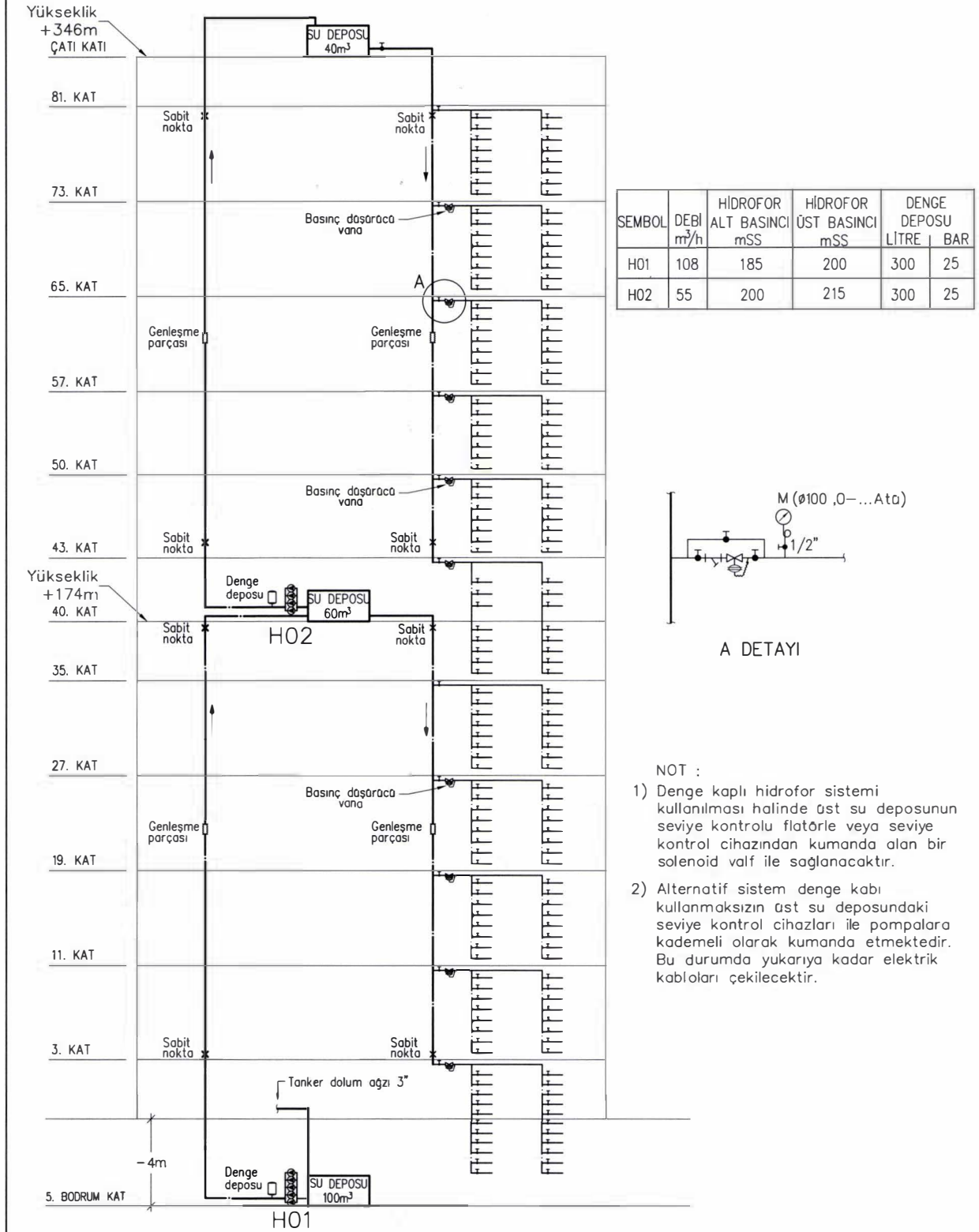
Şekil 6.5A. YÜKSEK YAPILARDA TİPİK TEMİZ SU ZONLAMASI - 1



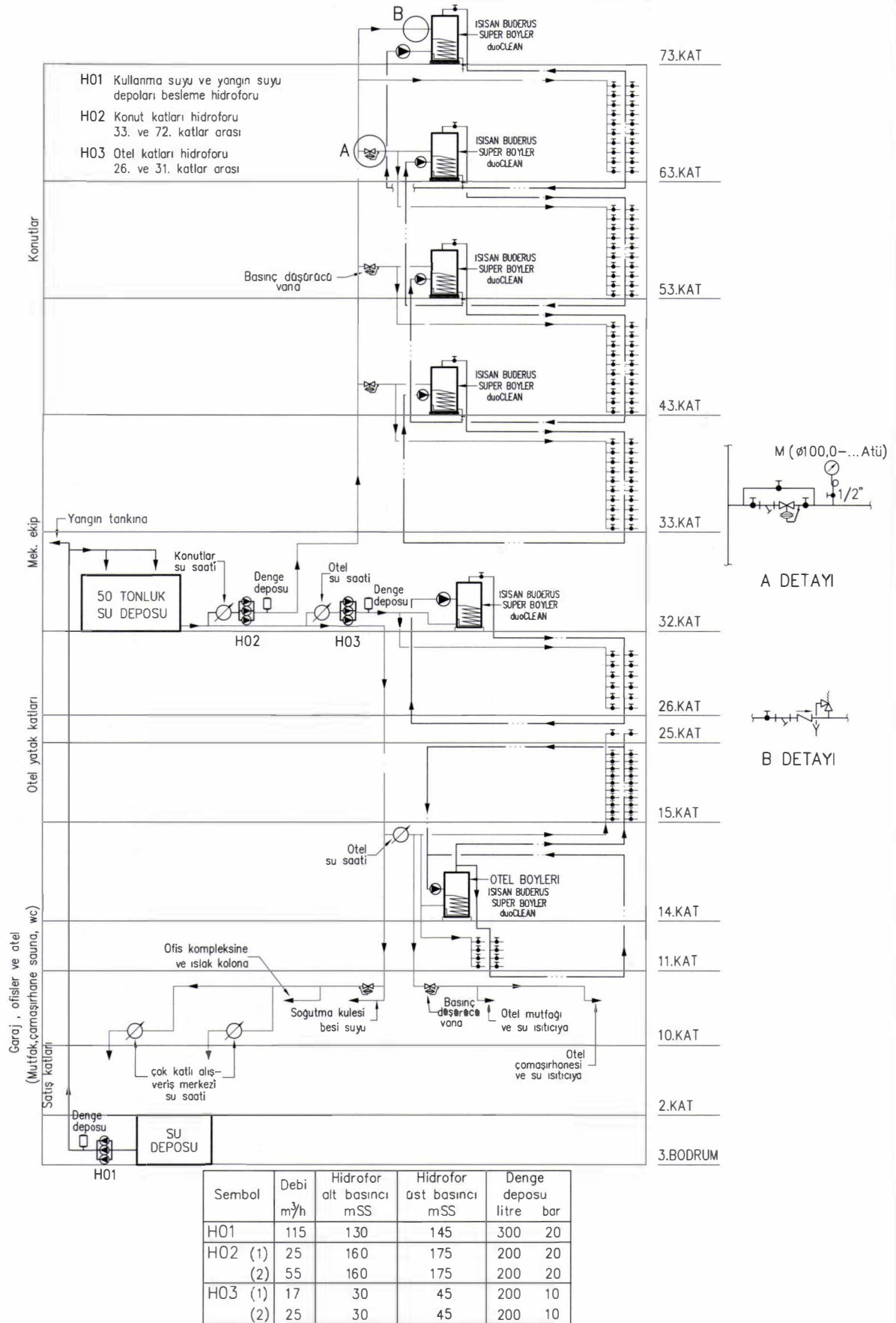
Şekil 6.5B. YÜKSEK YAPILARDA TİPİK TEMİZ SU ZONLAMASI - 2



Şekil 6.5C. YÜKSEK YAPILARDA TİPİK TEMİZ SU ZONLAMASI - 3



Şekil 6.5D. TEMİZ SU DAĞITIM SİSTEMİ PRENSİP ŞEMASI



Şekil 6.6. WATER TOWER PLACE BİNASI

- 40 m³ kapasiteli bir su deposu binanın çatısına yerleştirilmiştir. Çatıdaki su deposu 80. kat ile 35. kat arasındaki katlara su vermektedir.
- 60 m³ kapasiteli bir başka depo ise 40. kata yerleştirilmiştir. Bu depo 34. kattan en alt kata kadar su besleme görevini yapmaktadır, aynı zamanda 40. katta bulunan ve çatıdaki su deposuna su basan 2 pompa için emiş tankı vazifesini görmektedir.
- Bodrumdaki iki pompanın kapasitesi tüm binanın ihtiyacını karşılayacak şekilde seçilmiştir.
- 40. kattaki pompanın kapasitesi ise, sadece binanın üst zonunun ihtiyacını karşılayacak şekilde seçilmiştir.
- Her pompa yükün 2/3'ünü karşılayacak şekilde seçilmiştir; böylece çift çalışan pompalardan bir tanesi bozulsa bile diğer pompa sistemi çalışmaya devam edecektir. Pompalar ikiden fazla da seçilebilir (2 veya 3 asıl, 1 yedek pompa gibi).
- Binanın ortasına ve çatısına ara kat su depoları yerleştirilerek oldukça yüksek olan bina, her biri yaklaşık 165 m olan 2 parçaya bölünmüştür. Binanın tek yarısını incelemek yeterli olacaktır; çünkü diğer yarısı tamamen aynı tarzdadır.
- Ana aşağı doğru besleyici kolon, su deposundan en alt zonun en üst noktasına kadar iner.
- Deponun altındaki 2. zon için basınç yaklaşık 48 mSS'dir. Bunun ve bunun altındaki tüm zonların en düşük basıncı yaklaşık 17 mSS'na (bas rezervuar kullanıldığı için) ve her kolonun tabanında ise 48 mSS aşmayacak şekilde projelendirilmiştir. Basınç ayar vanaları bu amaçla kullanılmıştır.
- Basınç düşürme istasyonundan sonra bir bransman alınmış ve zonun su ısıtıcısı için kullanılmıştır.
- Isıtıcılarda sistem basıncı her zaman 20 mSS'nin altındadır ve bu sıcak su sirkülasyon pompaları için de geçerlidir.
- Bu sistemin güzelliği özel bir malzeme veya ağır bir yapıya ihtiyaç göstermemesidir. Bu uygulamada 48 mSS'den fazla basınca maruz kalan borular sadece pompa atış hatları ve tanklardan çıkan ana kolondur.

b. Örnek 2 (Water Tower Place)

Water Tower Place binasının (*Şekil 6.6*) oturulan yerleri bağımsız 4 bölüme ayrılmıştır. Binanın sahibi her bölüme belli temel servisler verme sorumluluğundadır. Apartman daireleri kat mülkiyeti şeklindedir ve burada yapılan her hizmet (borular, pompalar, ısıtıcılar ve diğer ekipmanlar, işletme ve bakım) kat mülkiyeti sahiplerinin sorumluluğu altındadır. Bu yüzden, su dağıtım sistemi binadaki tüm diğer sistemlerden tamamen ayrı olacak şekilde tasarlanmalıdır. Bina sahibi bodrumdaki tank doldurma pompalarından, ara depolar ve borularından, 32. kattaki makine dairesindeki tanktan ve tanktan sayaç çıkışına kadar olan borudan

sorumludur. Sayaçtan sonra kat mülkiyeti nedeniyle, apartman katları binanın geriye kalan kısmından ayrılmıştır ve bu bölümün tüm işletme ve bakım masrafları kolaylıkla ayrılabilir olmalıdır. Otel kompleksi ve büyük mağaza kiracıları için de kat mülkiyeti olan apartmanlardaki usul geçerlidir. Su akış diyagramı incelendiğinde her birinin nasıl ayrıldığı görülmektedir. Ofis kompleksi, diğer dükkan ve kiracılar bina sahibinin sorumluluğu altındadırlar ve temel bina olarak adlandırılır. Böylece tüm bina; ana bina, 2 ayrı büyük mağaza, otel ve bağımsız kat mülkiyetleri olarak ayrılmış olur. Bu binada gravite tankı ve hidrofor sistemleri kullanılmıştır. Binada farklı kompleksleri ayırmak ve limitler dahilinde maksimum basınçlar elde etmek için zonlama yapılmıştır. Hem yukarı besleme, hem de aşağı besleme sistemleri kullanılmıştır.

c. Örnek 3 (John Hancock Building)

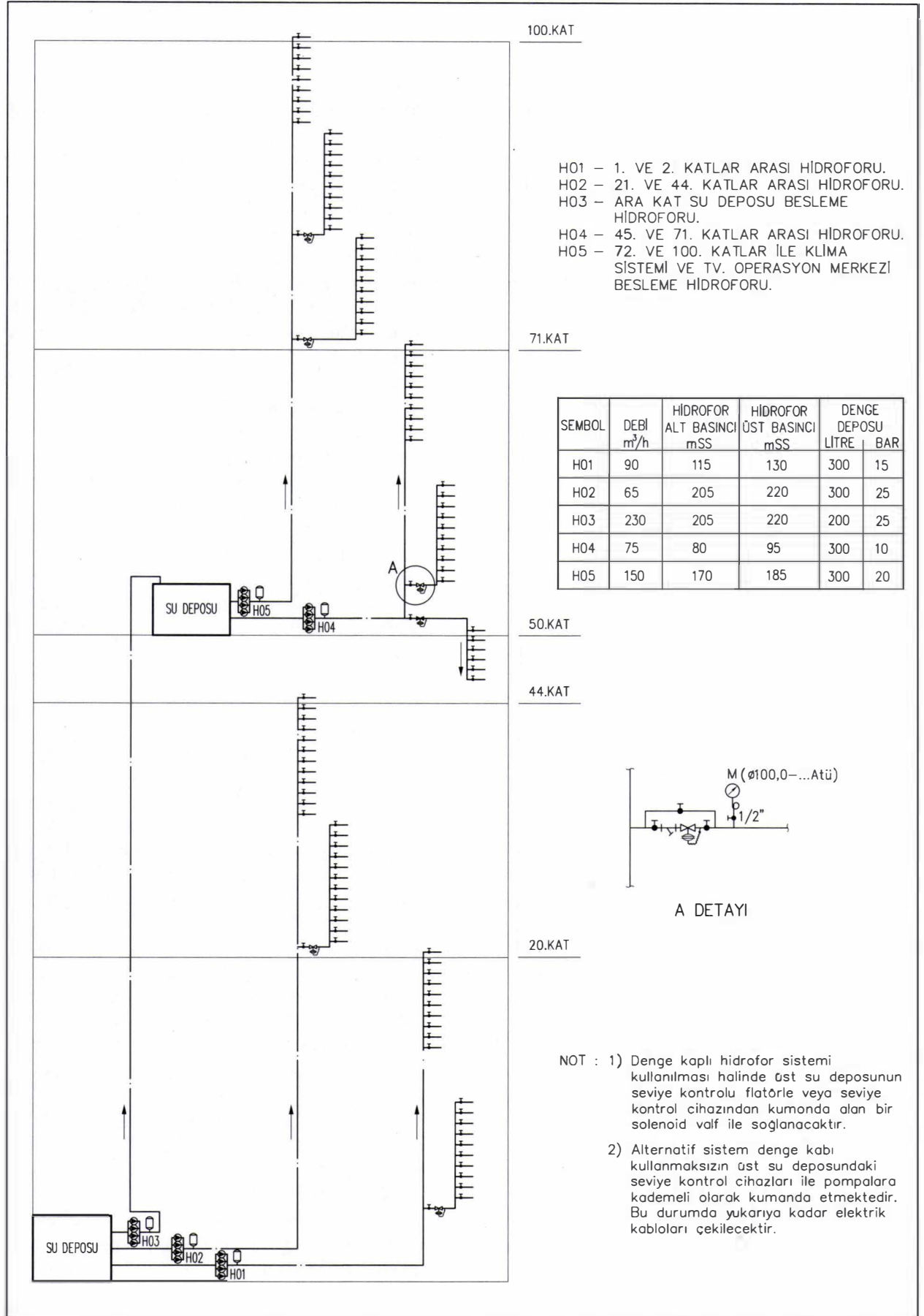
Şekil 6.7'de başka bir yüksek bina su dağıtım sistemi yorum yapılmadan gösterilmiştir. Şematik çizimler, farklı yaklaşımları ve farklı projelerde mühendislerin çözümlerini göstermek amacıyla verilmiştir.

6.2.1.2 Kullanma Sıcak Suyu Tesisatı

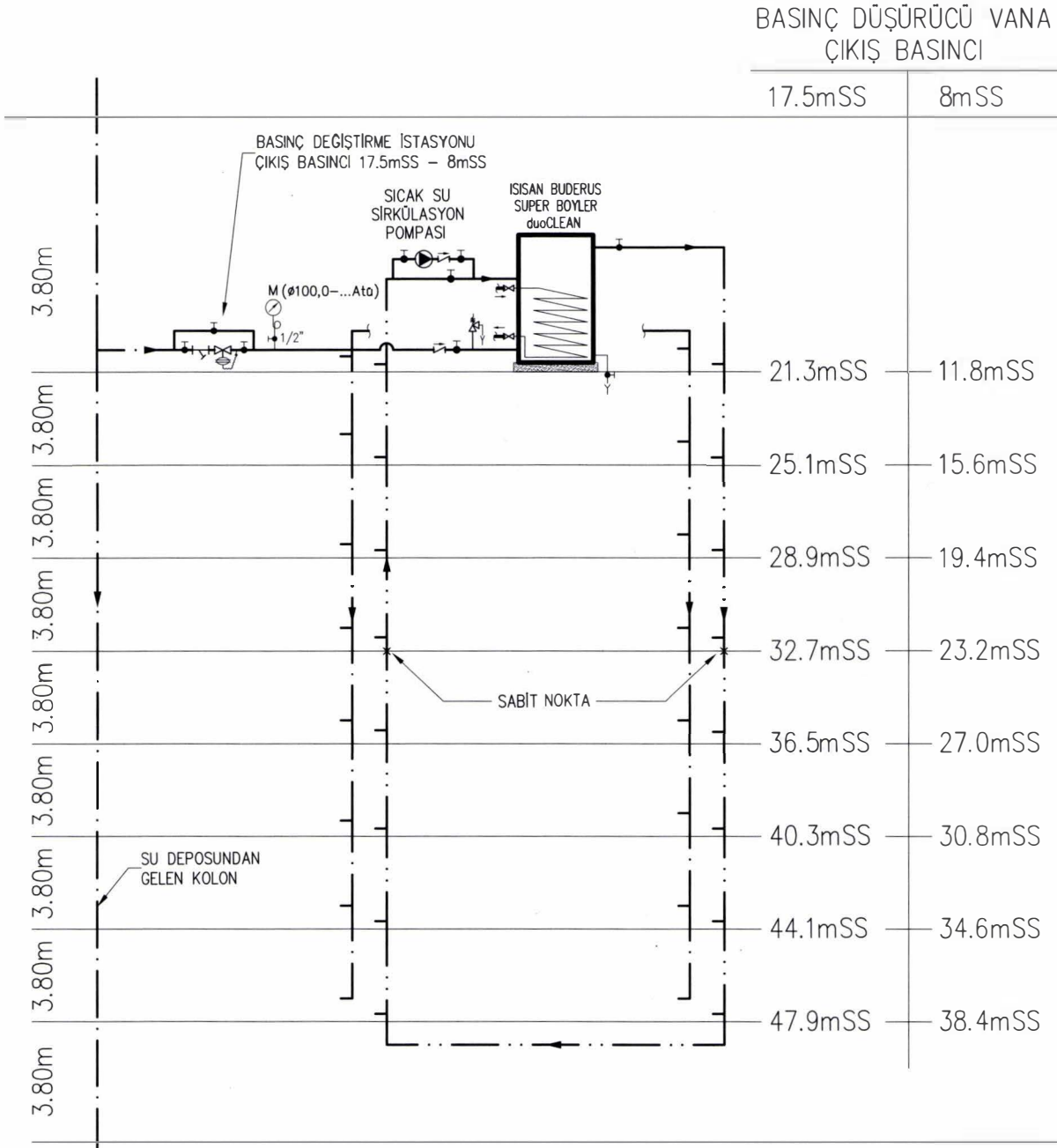
Yüksek yapı kullanım biçimine göre kullanma sıcak suyu tesisatı da değişir. Konut, otel vs. gibi kullanma sıcak suyu tüketiminin yoğun olduğu uygulamalarda, merkezi boyler kullanımı tavsiye edilir. Bu durumda temiz soğuk su tesisatına paralel olarak merkezi kullanma sıcak suyu tesisatı çekilir. Sistem yine soğuk su tesisatına paralel olarak düşey zonlara bölünür ve bu zonlar tesisat katlarında bulunan boylerlerden beslenir. Yüksek yapılarda kolon borularının sıcaklık etkisiyle uzaması önemli mertebelerdedir. Uzamayı almak üzere kolonlarda kompensatör kullanılmalıdır. Boru içinde tesisattaki suyun genleşmesini karşılamak üzere ise kapalı genleşme depoları kullanılmalıdır. Genleşen suyun emniyet vanalarından dışarı akması uygun değildir.

Eğer yüksek yapı ofis vb amaçlı yapılıyor ise, bu durumda kullanma sıcak suyu ihtiyacı sınırlıdır. Bu tip uygulamalarda lavabolarda sıcak su kullanılıp, kullanılmayacağına karar verilmelidir. Çay ocağı ve mutfakların da ihtiyacı dikkate alınıp merkezi sıcak su (boyler) tesisi planlanmalıdır. Kullanma sıcak suyu ihtiyacı çok sınırlı olan yerlerde merkezi boyler yerine lokal sıcak su ısıtıcıları tercih edilebilir. Genellikle elektrikli şofbenler bu amaç için idealdir.

Sıcak su dağıtım sistemi ekonominin özüdür. *Şekil 6.8*'de görülen tipik zon prensip şemasında, ısıtıcıdan çıkan kolon aşağı doğru düşey olarak iner ve banyo ve tuvaletleri besler, en alt katta dönüş yapar ve yukarı doğru çıkarak ters taraftaki tuvaletleri besler ve bir kapalı devre çizer. İlave bir sirkülasyon kolonuna ihtiyaç yoktur ve sistemin dengelenme problemi yoktur. Bu ideal uygulama birçok ofis binasında uygulanabilir.

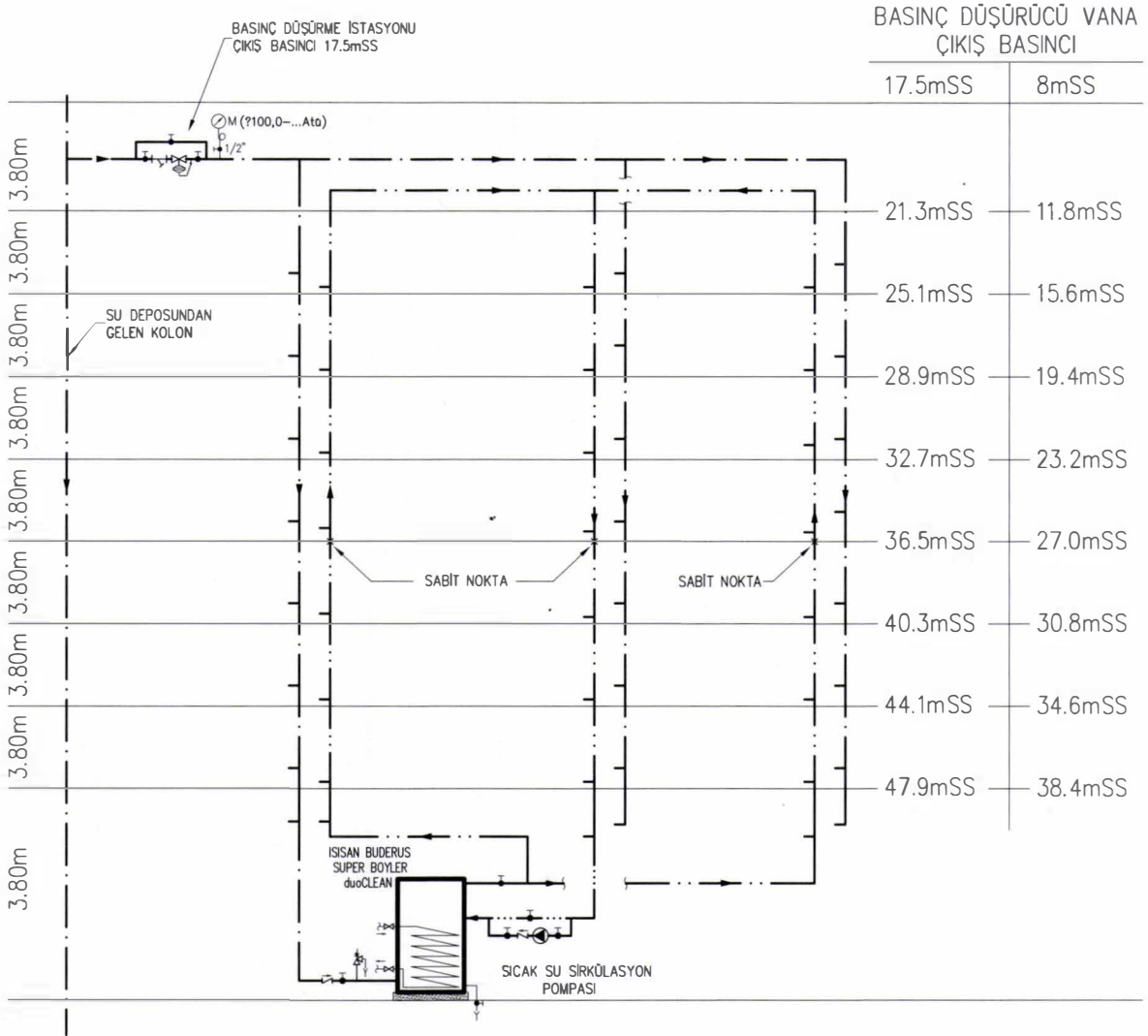


Şekil 6.7. JOHN HANCOCK BUILDING



NOT: BASINÇ DEĞİŞTİRME İSTASYONU ÇIKIŞINDAKİ BASINÇ NORMAL KOŞULLARDA 8mSS' na KADAR DÜŞÜRÜLEBİLİR

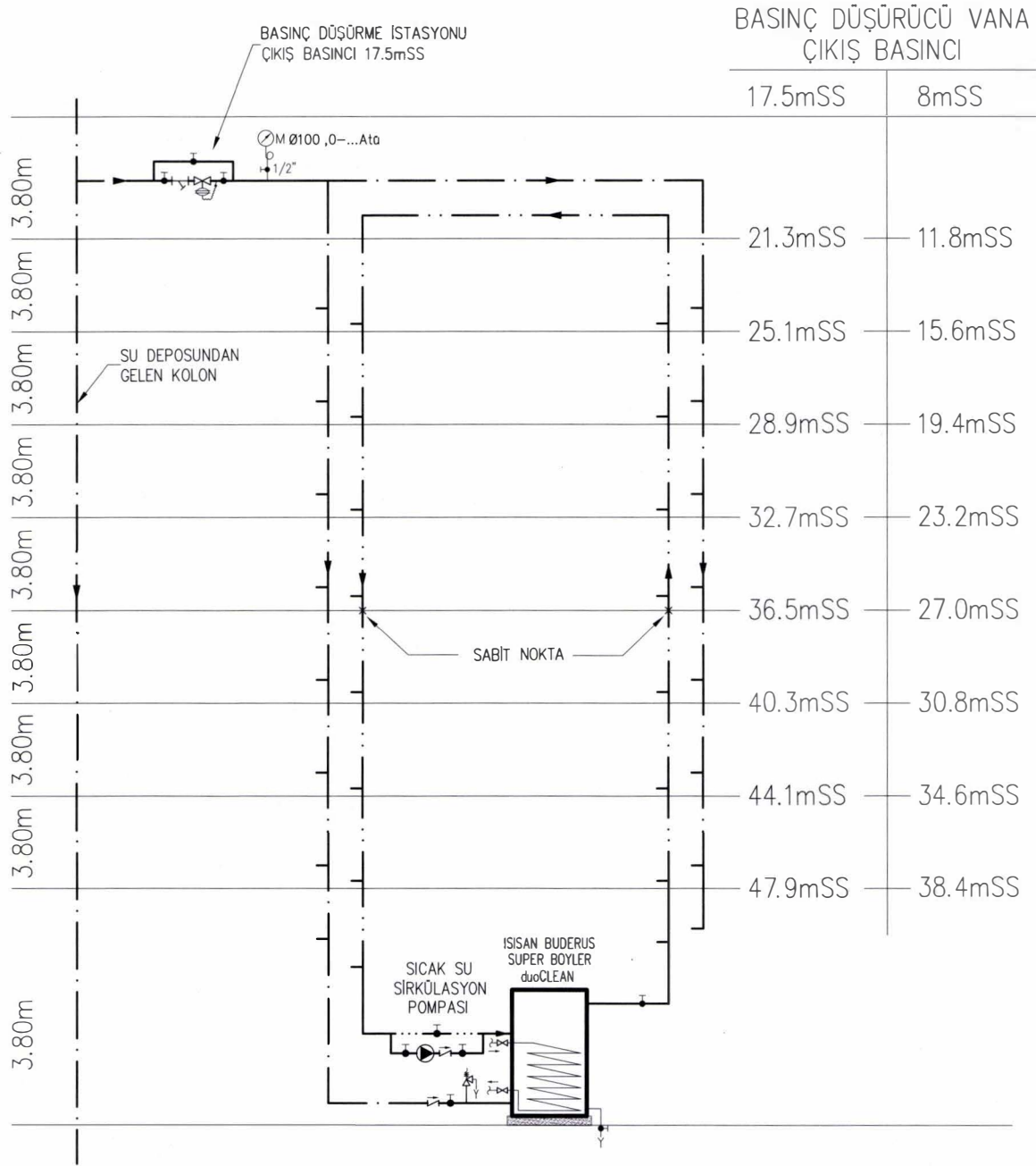
Şekil 6.8. TİPİK ZON PRENSİP ŞEMASI



NOT:1) BASINÇ DÜŞÜRME İSTASYONU ÇIKIŞINDAKİ BASINÇ NORMAL KOŞULLARDA 8mSS' na KADAR DÜŞÜRÜLEBİLİR

2) MÜMKÜN OLURSA YUKARIDAN AŞAĞIYA İNEN SOĞUK SU KOLONLARINI AŞAĞIDA ÖNCE BİRLEŞTİRİP SONRA BOYLERE GİRMEK DAHA İYİ ÇÖZÜM OLABİLİR

Şekil 6.9. TİPİK ZON PRENSİP ŞEMASI



- NOT : 1) BASINÇ DÜŞÜRME İSTASYONU ÇIKIŞINDAKİ BASINÇ NORMAL KOŞULLARDA 8mSS'na KADAR DÜŞÜRÜLEBİLİR.
- 2) MÜMKÜN OLURSA YUKARIDAN AŞAĞIYA İNEN SOĞUK SU KOLONLARINI AŞAĞIDA ÖNCE BİRLEŞTİRİP SONRA BOYLERE GİRMEK DAHA İYİ ÇÖZÜM OLABİLİR.

Şekil 6.10. TİPİK ZON PRENSİP ŞEMASI

Klasik her kolona sirkülasyon dönüş borusu yapılmasına göre; 4 boru iki boruya indirilmiş olup, boru ısı izolasyonu ve fittings maliyetleri toplamda ~%40 azaltılmış olur. Tesisat shaft boyutları da küçülmüş ve tesisat için kaybedilen yer en aza indirilmiştir. Ayrıca, daha dengeli bir sirkülasyon tesisatı yapılmıştır. *Şekil 6.9 ve 6.10*'da ise alt katta bulunan boylerden olabilecek alternatif dağıtımlar gösterilmiştir.

Kurallar:

- Sistem basınç kayıpları en az olacak şekilde projelendirilmelidir.
- Her zon, diğer zonlar ile bağlantısı olmayan komple sistem olarak düşünülmelidir.
- Her zonun kendine ait ısıtıcısı (boyler), sıcak su dağıtım boruları, sıcak su sirkülasyon boruları ve sirkülasyon pompaları olmalıdır.
- Bağlayıcı ekonomik bir gerekçe, inşaat bir sorun (statik yük problemi gibi) veya yer problemi gibi sorunlar olmadıkça, boylerin sistemin en üstünde olması tercih edilmelidir. Çatıdaki ısıtıcıya ve sirkülasyon pompalarına gelen basınç, bu ekipmanların bodrum katta olmaları duruma göre çok daha azdır. Bir çok uygulamada bodrum kata konulan boyler ve pompalar; basınca dayanabilmek için özel konstrüksiyona sahip olmak zorundadır ve bu yüzden yatırım maliyeti artmaktadır.
- Yüksek noktalardan hava tahliyesinin yapılabilmesi için önlem alınmalıdır (Su ısınınca içerisindeki eriyik haldeki hava ayrışır ve üst noktalarda toplanır.).
- Kullanma sıcak suyu kolonu ile son tüketim yeri arasındaki yatay uzunluk 12 m'den fazlaysa; sirkülasyon borusu son noktaya monte edilmelidir. Aynı not küçük binalarda, boyler ve son tüketim noktası arasındaki mesafe için de geçerlidir.
- Kullanma sıcak suyu dağıtım sistemi:
Kullanma soğuk suyu üstten dağıtılırsa; sıcak su da üstten dağıtılmalıdır. Aynı şekilde kullanma soğuk suyu alttan dağıtıldığından, sıcak su da alttan dağıtılmalıdır (Kullanma yerindeki karışımında soğuk ve sıcak su basınçlarının eşit olmasını sağlamak için.).
- Boyler soğuk su girişi devresine özel hijyenik kapalı genişleme kabı konulmalıdır. Böylece emniyet valfinden su atılması önlenmiş olur. Hijyenik kapalı genişleme kabının, içindeki suyu sürekli olarak hareketli kılan özel bir bağlantısı bulunmaktadır (*Şekil 6.11*).

6.2.1.3 Kendi Kendine Ayar Yapan Şerit Isıtıcı ve Tek Borulu Sıcak Su Dağıtım Sistemi

Bu uygulamayla her zon için ayrı bir su ısıtıcısı şartı elimine edilebilmekte ve tüm proje için tek borulu sıcak su dağıtım sistemi ve merkezi su ısıtıcısı kullanılabilir. Bu sistem sirkülasyon sistemine ihtiyaç duymamaktadır. Bu amaçla lokal sıcaklık şartlarına göre, kapasitesini kendiliğinden ayarlayan elektrikli şerit ısıtıcıları geliştirmiştir.

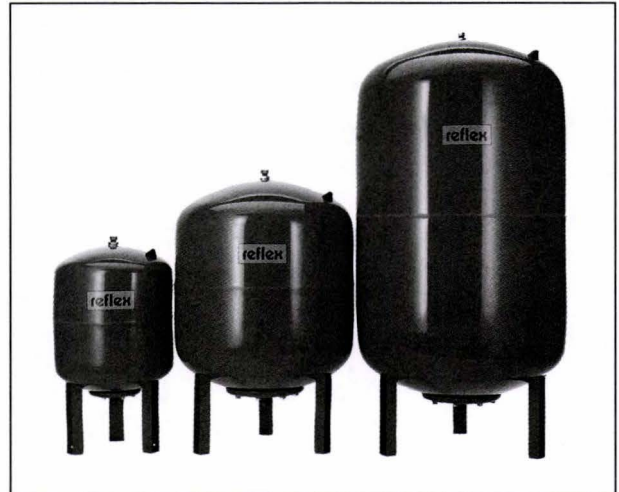
Isıtıcının kalbi yarı iletken polimerdir. Bu şerit ısıtıcının çekirdeğidir ve ısıtıcı, bu çekirdekten ve şerit boyunca paralel olarak ilerleyen iki bakır telden oluşur. Bakır teller ısıtıcı eleman değildir, tellerin tek görevi ısıtıcı boyunca polimer çekirdekte voltaj potansiyeli sağlamaktır. Çekirdek içerisinde bir telden diğerine geçen elektrik akımı sayesinde ısı elde edilir.

Şerit ısıtıcı uzunluğu boyunca borular ile temas edecek şekilde monte edilmelidir. Polimer çekirdek, boru tarafından ısıtıldığında genişler ve iletken yollar mikroskopik olarak küçülür. Çekirdeğin termal genişlemesi artan boru sıcaklığıyla birlikte arttığı için, daha fazla elektriksel yol ayrılır ve direnç artar; böylece sistem termal olarak stabil hale gelene kadar ısı kapasitesi azalır. Boru sıcaklığı düştüğü zaman bu proses tam tersine döner; çekirdek yeni yollar yaratır. İletken yolların sayısı arttığı için, elektrik akımına karşı direnç azalır ve şerit ısıtıcı ısı üretmeye başlar.

Bu çekirdeğin moleküler hafızasının kendiliğinden ayar karakteristiğidir, boru boyunca her noktada çekirdek bağımsız olarak termal değişikliklere karşılık verir. Çalışma esnasında kendiliğinden ayar yapan ısıtıcı boru, üzerinde meydana gelen ısı kaybını karşılar ve böylece suyun sıcaklığını kaynaktan sıcak su hattının sonuna kadar korur (ısı kaynağı konvansiyonel ısıtıcı). Besleme hattı üzerinde su sıcaklığı korunduğu için konvansiyonel sirkülasyon sistemine gerek yoktur. Kendiliğinden ayar yapan ısıtıcılar ticari yapı endüstrisi için oldukça yeni olmalarına rağmen, endüstriyel uygulamalarda boru içinde akışkanların sıcaklıklarını korumada oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Isıtıcının yapısı *Şekil 6.12*'de gösterilmiştir.

a. Tek Borulu Sistemin İki Borulu Sistemle Karşılaştırılması

Konvansiyonel sıcak su sistemleri; su ısıtıcısı (gerekli olduğunda sıcak su depolama tankı ile beraber), besleme

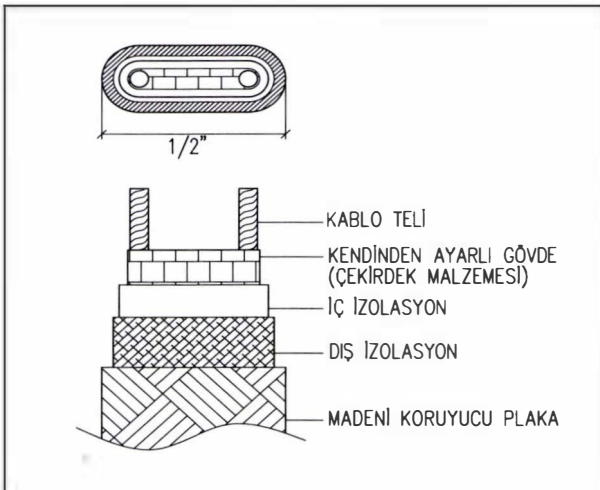


Şekil 6.11. ISISAN REFLEX HİJYENİK KAPALI GENİŞLEME DEPOLARI

boruları, sirkülasyon boruları ve sirkülasyon pompasından oluşan iki borulu sistemlerdir. Kendiliğinden ayar yapan ısıtıcıya sahip olan sistemlerse; su ısıtıcısı (gerekli olduğunda sıcak su depolama tankı ile beraber), besleme boruları ve ısıtıcıdan oluşan tek borulu sistemlerdir. Tek borulu sistemde su ısıtıcısının (ve depolama tankının) görevi iki borulu sistemdekini aynısıdır. Amaç, soğuk su beslemesini istenen sistem sıcaklığına ulaştırmaaktır. Her iki sistemde de ısıtıcıların kontrolü aynıdır. Soğuk su sistem sıcaklığına çıkarıldığında kendiliğinden ayar yapan ısıtıcı su sıcaklığını besleme borusu boyunca korur. Besleme borusu boyunca ısı kaybının olduğu noktalarda, kendiliğinden ayar yapan ısıtıcı ısı kaybını karşılar. Su sıcaklığı sürekli korunduğu için sirkülasyon borularına, ayar vanalarına, sirkülasyon pompasına ve kontrol ekipmanlarına gerek yoktur.

b. Avantajlar

- Düşük montaj maliyeti; Tüm sirkülasyon borularının ve izolasyonlarının, sirkülasyon kolon kontrol vanalarının ve ayar vanalarının, sirkülasyon pompalarının ve aksesuarlarının kalkması sayesinde montaj maliyetlerinin düşmesi tek borulu sistemlerin en açık avantajlarından biridir.
- Düşük enerji tüketimi; Tek borulu sistemler iki borulu sistemlere göre daha az enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Sirkülasyon sisteminde, sirkülasyon borularındaki su sürekli olarak ısı kaybeder, bu da ısıtıcı tarafından karşılanır. Sirkülasyon pompasının kullanılmaması da önemli bir enerji tasarrufu etkenidir.
- Sistem tasarımı kolaylığı; Tek borulu sistem konvansiyonel çift borulu sisteme göre daha kolay tasarlanır. Seçilecek ve çizilecek boru sayısı daha azdır Kendiliğinden ayar yapan ısıtıcı şeritler yüksek yapıların sıcak su tasarımlarında kullanıldıklarında çok büyük fayda sağlar. Örneğin yüksek basınçlardan kurtulmak için 3 dikey zondan oluşan yüksek bir yapı olduğunu düşünelim.



Şekil 6.12. KENDİNDEN AYARLI ISITICI DETAYI

Konvansiyonel bir tasarımda her zon için ayrı bir su ısıtıcısı monte edilmeli ve her zon sistem içinde birbirinden ayrı olmalıdır. Konvansiyonel sıcak su sisteminde, her zondan merkezi ısıtıcıya gelen basınçlar birbirinden farklı olduğu için, merkezi sistem tasarlamak mümkün değildir. Tek borulu sistemde sirkülasyon sistemi olmadığı için, Şekil 6.13'te görüldüğü gibi merkezi su ısıtıcısına sahip merkezi sistem tasarımı yapmak mümkündür. Su ısıtıcısı binanın tepesinde bulunmalıdır. Su ısıtıcı eğer binanın zemin katında bulunursa aşırı yüksek basınçlara maruz kalır.

- Geliştirilmiş sistem performansı sağlar.

6.2.1.4 Merkez İçme Suyu Tesisatı

Ofis amaçlı yüksek yapılarda çay ocağında ve içme suyu pınarlarında içilebilir temiz su gereklidir. Bu amaçla bağımsız merkezi bir sistem yapılması gerekir. Burada içilebilir temiz su kaynağı iki türlü oluşturulabilir.

a. Dışardan Tankerlerle Besleme: Tanker bağlantı ağzından su, paslanmaz çelik depoya alınır. Depodan pompa veya hidroforla sisteme basılan su, ince filtreden ve ultraviyole cihazından geçirilir.

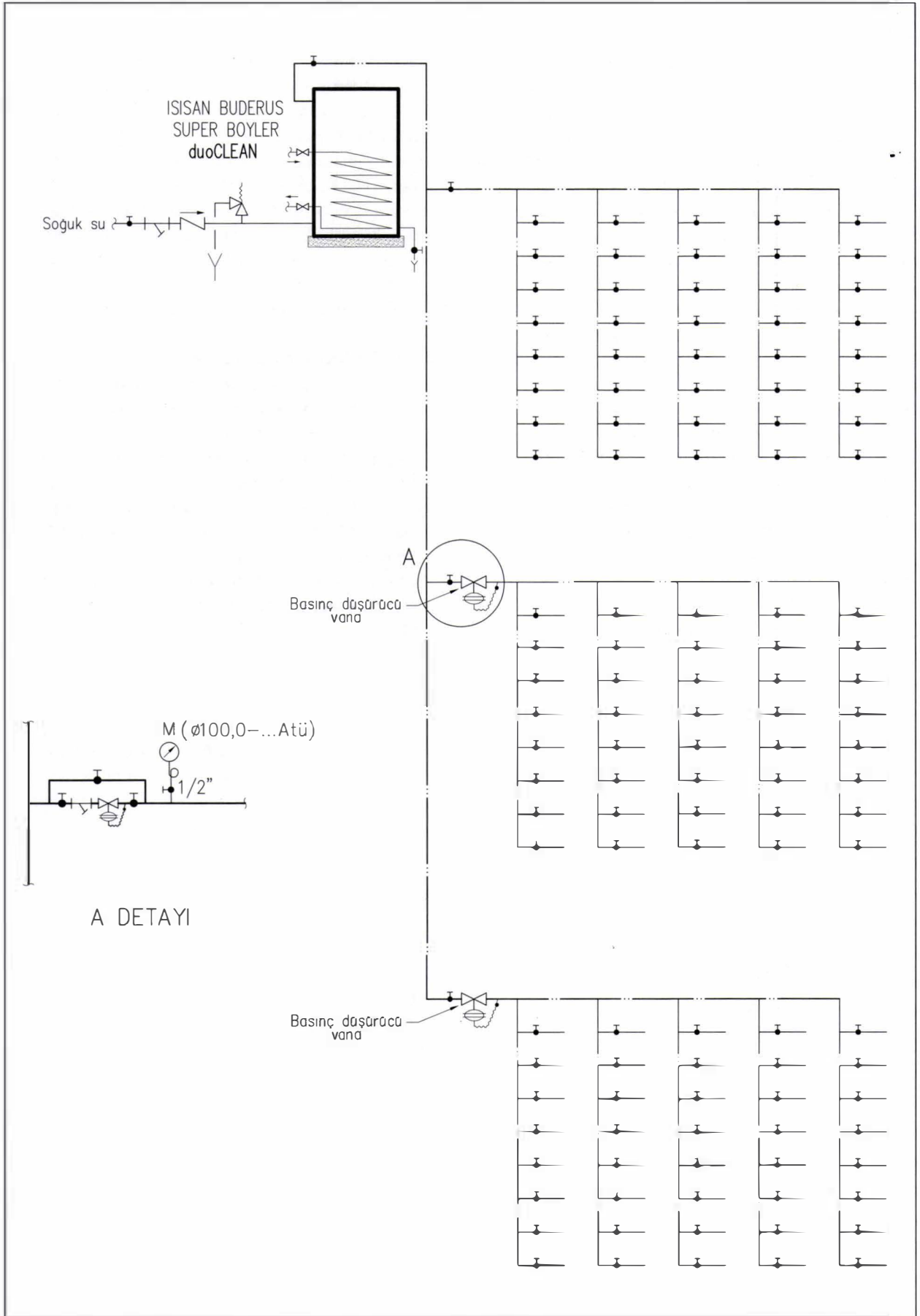
b. Şehir Şebekesinden Besleme: Şehir şebekesinden gelen su önce arıtılır. Bu amaçla su sıra ile kum filtresi, aktif karbon filtre, ince filtre ve ters osmoz cihazından geçirilir. Paslanmaz çelik depoda toplanır. Sisteme basılan su burada da ultraviyole cihazından geçer.

Her iki sistemde de temiz içme suyu ayrı bir paslanmaz çelik depoda depolanır. Bu depodan alınan su hidroforla kullanım yerlerine ayrı bir boru şebekesi ile ulaştırılır. Borulamada bakır boru kullanımı ve pompalamada özel paslanmaz çelik veya eşdeğeri hijyenik pompaların kullanımı tercih edilmelidir. Bu sistemde düşey doğrultuda zonlama gerekir. Ara depoların da paslanmaz çelik olması şarttır. Temiz içme suyu tesisatı mümkün olduğu kadar basit olmalı ve az armatür kullanılmalıdır.

6.2.2 YÜKSEK YAPI PİS SU TESİSATI

Yüksek yapıların düşey pis su kolonlarında çok yüksek hızların oluşacağı düşünülür. Tesisat mühendisine her zaman kolonun en altındaki bu yüksek hızlardan nasıl korunacağı sorulur. En alttaki fittingsleri patlamaya veya kırılmaya karşı nasıl koruyacağı sorulur. Halbuki yüksek hızlara karşı taban fittingslerini koruyacak özel önlemlere gerek yoktur. Çünkü aşırı yüksek hızlar zaten oluşmamaktadır.

a. Terminal Hız: Pis su tesisatında; yatay branşmandan kolona olan su akış hızına, kolon fittings tipine, kolon çapına ve üst katlardan kolona olan akışa bağlı olarak, branşmandan kolona boşalan su bağlantı noktasında kolon kesitini tamamen doldurabilir veya doldurmayabilir. Su kolona girer girmez $9,81 \text{ m/s}^2$ değerinde yer çekimine bağlı bir ivme ile hızlanmaya başlar ve çok kısa bir mesafe içerisinde borunun iç çeperinde bir



Şekil 6.13. TEK BORULU MERKEZİ SİSTEM

tabaka oluşturur. Bu olayı içi boş bir su silindrine benzetebiliriz. Bu, çekirdeği hava olan, su tabakası boru çepesindeki sürtünme kuvveti yerçekimi kuvvetine eşit olana kadar hızlanmaya devam eder. Sürtünme kuvveti hızın karesi ile orantılıdır. Böylece akışa karşı direnç hızla artar. Sürtünme kuvvetinin yer çekimi kuvvetine eşit olduğu noktada su filmi pratik olarak değişmeyen bir hızla düşmeye devam edecektir. Bu ulaşılan düşey hız "terminal hız" olarak adlandırılır ve terminal hıza ulaşım mesafesi "terminal mesafe" olarak adlandırılır. Terminal hız ve mesafe aşağıdaki bağlantılarla bulunabilir.

$$\text{Terminal hız } V_t = 1,96 \cdot (q / d)^{0,4}$$

$$\text{Terminal mesafe } L_t = 0,17 \cdot V_t^2$$

q = Akışkan debisi (l/dakika)

d = Kolon çapı (mm)

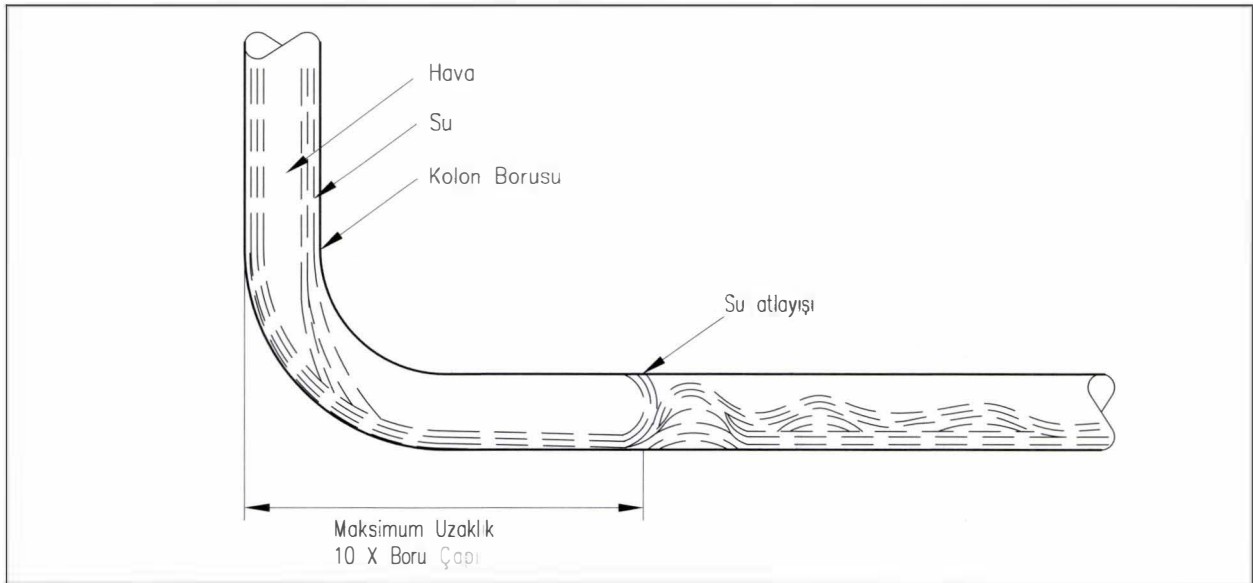
Bu terminal hızın yaklaşık olarak 3,0 - 4,5 m/s olduğu ve giriş noktasından 3,0 - 4,5 m uzakta ortaya çıktığı görülebilir. 100 katlı bir binanın kolonunun en alt noktasındaki suyun hızı, 3 katlı bir binanın kolonunun en alt noktasındaki hızdan sadece ihmal edilebilecek kadar büyüktür. Kolonların çapı ve yüksekliğini sınırlamak için bilimsel bir sebep yoktur ve kolon düz olarak, ≈ 300 m veya daha uzun aşağıya doğru inebilir. "Hız freni" olarak adlandırılan önlemler tamamen gereksizdir ve hatta tam tersine kolonda büyük pnömatik basınç dalgalanmalarına sebep olurlar.

b. Kolon Yön Değiştirmeleri: Bir kolonda 45°C'den daha büyük bir açı ile yön değiştirme olursa problem yaşanır. Düşeyden yataya dönülen dirseklerde, yatay boru girişinde suyun akış hızı, bir yatay boruda üniform akış şartlarında boru kesitinin tam veya yarım dolduran suyun akış hızına göre, çok daha fazladır. Su dirsekteki dönüş noktasına ulaştığında, orijinal düşey akış yönüne dik bir doğrultuya döndürülür ve yatay boruda birkaç çap uzunluğunda göreceli olarak yüksek hızlı akış devam eder.

Yatay borunun eğimi, suyun dirseğe ulaştığı andaki düşey koldaki akış hızını devam ettirmeye yeterli olmadığından, yatay borudaki su akış hızı giderek azalır. Bu hız azalmasıyla orantılı olarak da, boru içindeki suyun yüksekliği (kalınlığı) artar. Bu hızdaki yavaş azalma ve buna karşı gelen yatay borudaki su yüksekliğindeki artış kritik bir noktaya ulaşana kadar devam eder. Söz konusu kritik noktaya ulaşıldığında suyun yüksekliği aniden artar. Yükseklikteki bu ani artışa "Hidrolik sıçrama" adı verilir (Şekil 6.14).

Hidrolik sıçramanın oluşabileceği mesafe değişkendir. Bu mesafe, giriş hızına, yatay boruda mevcut bulunan su derinliğine, boru pürüzlülüğüne, boru çapına ve eğime bağlıdır. Hidrolik sıçrama hemen dirsek yakınında olabileceği gibi, dirsekten 10 kolon çapı kadar aşağıda da olabilir. Yatay akışın çapı kolondan daha büyük ise daha az sıçrama olur. Yatay akışın eğimini arttırmak da sıçramayı minimize eder. Hidrolik sıçrama gerçekleşip akış boru kesitini doldurduğu zaman, boru tamamen dolu olarak ve boru üstüne doğru su ile birlikte sürüklenen büyük hava kabarcıkları ile beraber, akma eğilimi gösterir. Borunun sürtünme direnci, hızı (düzenli akış şartlarındaki hız) yavaşlatana kadar akış kabarak devam eder. Kolondaki 45°'den büyük her dönüş binanın her katında hidrolik sıçrama meydana getirebilir. Hidrolik sıçrama meydana gelip de uygun bir havalandırma sağlanamamışsa, sıçramanın arkasında çok yüksek pnömatik basınçlar meydana gelir.

Bazı olaylarda bu 25 mmSS mertebelerindeki yüksek basıncın kolon boyunca 12 m'ye kadar etkili olduğu görülmüştür. Üzerinde önemle durulması gereken konu, bu yüksek basınçların sadece yeterli havalandırma sağlanmadığı durumlarda ortaya çıktığıdır. Hiçbir şekilde, bir dirseğin üzerindeki katta bulunan kullanma yerlerinin pis su giderleri, dirsek üst tarafında kalan



Şekil 6.14. YATAYA YÖN DEĞİŞTİRMEDE HİDROLİK SIÇRAMA

kolona direkt olarak bağlanmamalıdır. Bu kullanma yerleri yatay boruya dirsekten en az 10 çap kadar sonra bağlanmalı (*Şekil 6.15*) veya daha da iyisi, *Şekil 6.16*'da görüldüğü gibi, tekrar düşeye dönüldüğünde düşey kolona dirsekten en az 60 santim mesafede bağlanmalıdır. *Şekil 6.17*'de kolon kayması halinde kolon boyutlandırması görülmektedir.

Yüksek yapılarda pis su tesisatında bina içinde ve özellikle kolonlarda pik döküm mufsz boru kullanmak, ses ve ömür açısından tavsiye edilir. Pik boru dayanıklıdır. Yüksek yapılardaki büyük düşüş nedeniyle dayanıklılık ön plandadır. Bu bakımdan pik boru tercih edilir. Mufsz borular ise hızlı montaj ve bakım onarım kolaylığı avantajı yüzünden tercih edilir. *Şekil 6.18*'te şematik olarak örnek bir yüksek yapı pis su tesisatı verilmiştir. Kanalizasyon seviyesi altındaki bodrum kat pis suları bir pis su çukurunda toplanıp, pompa ile kanalizasyona basılmaktadır. Bu pis su çukuru havalandırılmaktadır. Kule bölümünde yardımcı havalık kolonları mevcut olup en üstte bunlar birleşmektedir. Kesikli çizgiler havalık borularını göstermektedir. Ayrıca katlardaki sıra tuvaletler bir yardımcı havalık borusu ile ana kolona bağlanmaktadır.

Yatay pis su borularında her dirsekten ve yatay ya da düşey branşman bağlantısından sonra temizleme kapakları monte edilmelidir.

6.2.2.1 Havalandırma Tesisatı

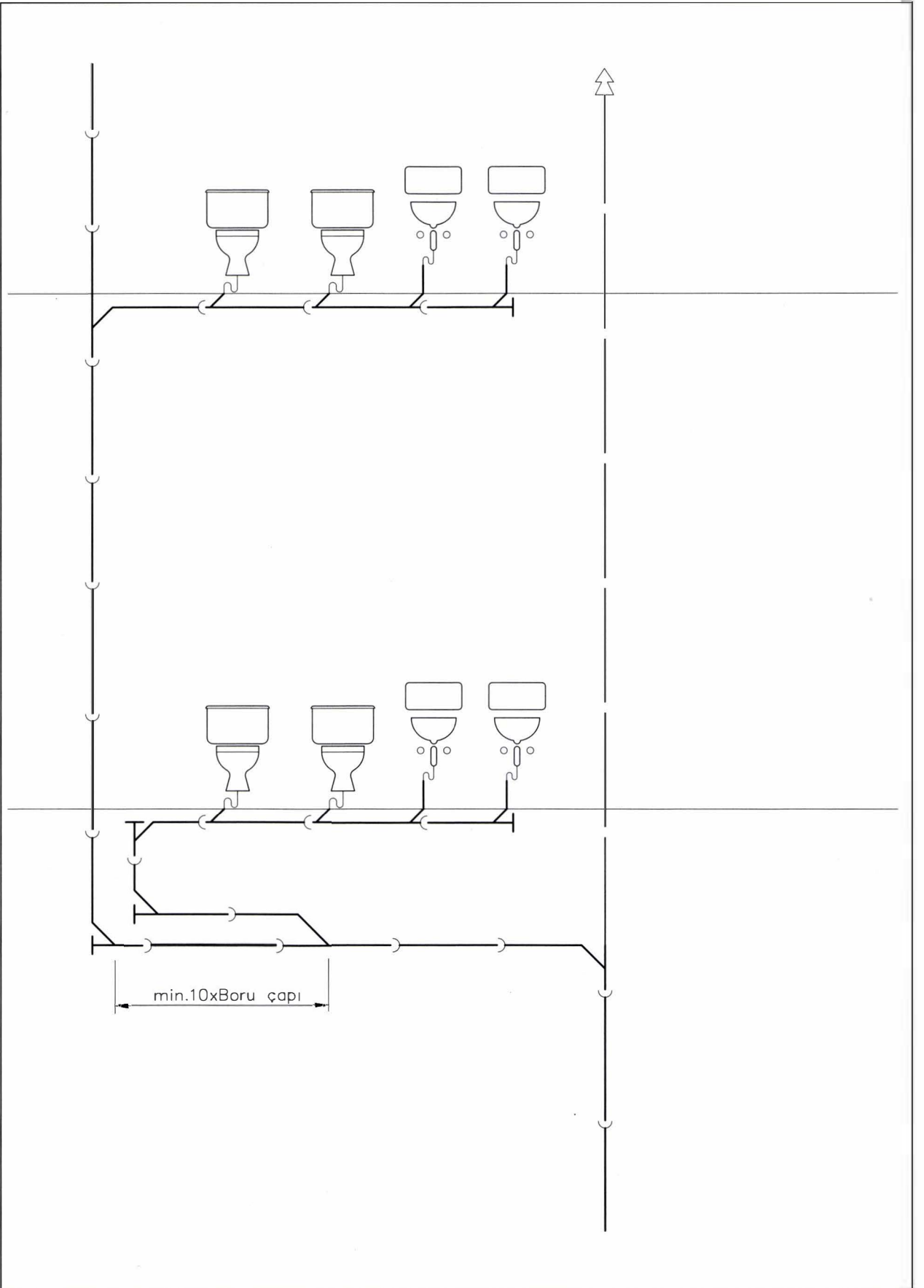
Yüksek yapılarda pis su tesisatında en önemli konu havalandırmadır. Bu amaçla pis su kolonuna paralel yardımcı havalık kolonu kullanılmalıdır. Çok katlı bir bina için pis su havalandırma borusu dizaynında biraz daha önleyici tedbirlerin alınması gerekir. Bu havalandırma borusunun ana amacı katı atıkların boru içinde oluşturduğu fazla basınç dalgalanmalarını gidermektir. Suyun akışının bütün hidrolik kurallarına uyulması gibi, hava akışı da bütün gaz kurallarına uyar. Borunun uzunluk ve çapı, sıhhi tesisatta oluşabilecek basınç dalgalanmalarını sifon bağlantılarının sayesinde maksimum $\pm 2,54$ cm su sütunu oynama ile giderebilecek şekilde dizayn edilmelidir. Su çok katlı bir binanın sıhhi tesisat sistemi içinde akarken, drenaj sistemi içinde ve havalandırma bacası içinde sürekli basınç dalgalanmaları meydana getirir. Ana drenaj sisteminin alt tarafında bulunan havalandırma kolonundan yapılan dallanmalar her zaman bu dalgalanmaları gidermez. Kesin olarak belirlenmemiş sebeplerden dolayı, on veya daha fazla kat bağlantısını içeren pis su kolonlarında fazla basınç dalgalanmaları meydana gelmektedir. Pis su kolonu içinden geçen basıncı çeşitli aralıklarla yerleştirilmiş olan çıkış havalıkla- rı ile dengelemek bunun için çok büyük önem taşır. Binadaki 10 veya daha fazla kata hizmet veren kolonlar için en üstten başlayarak aşağıya doğru her 10 branşmanda bir çıkış havalık bağlantısı yerleştirilmelidir. Havalığın alt ucu, kolonu branşman bağlantısının altından

alınmalı ve üst uç kısmı, kolona döşemeden en azından 1 m üstünde bağlanmalıdır. *Şekil 6.19*'da havalıkla- rın kolon bağlantısı ve *Şekil 6.20*'de 10 veya daha fazla dal- lanma içeren kolonların havalıkla- rı gösterilmiştir.

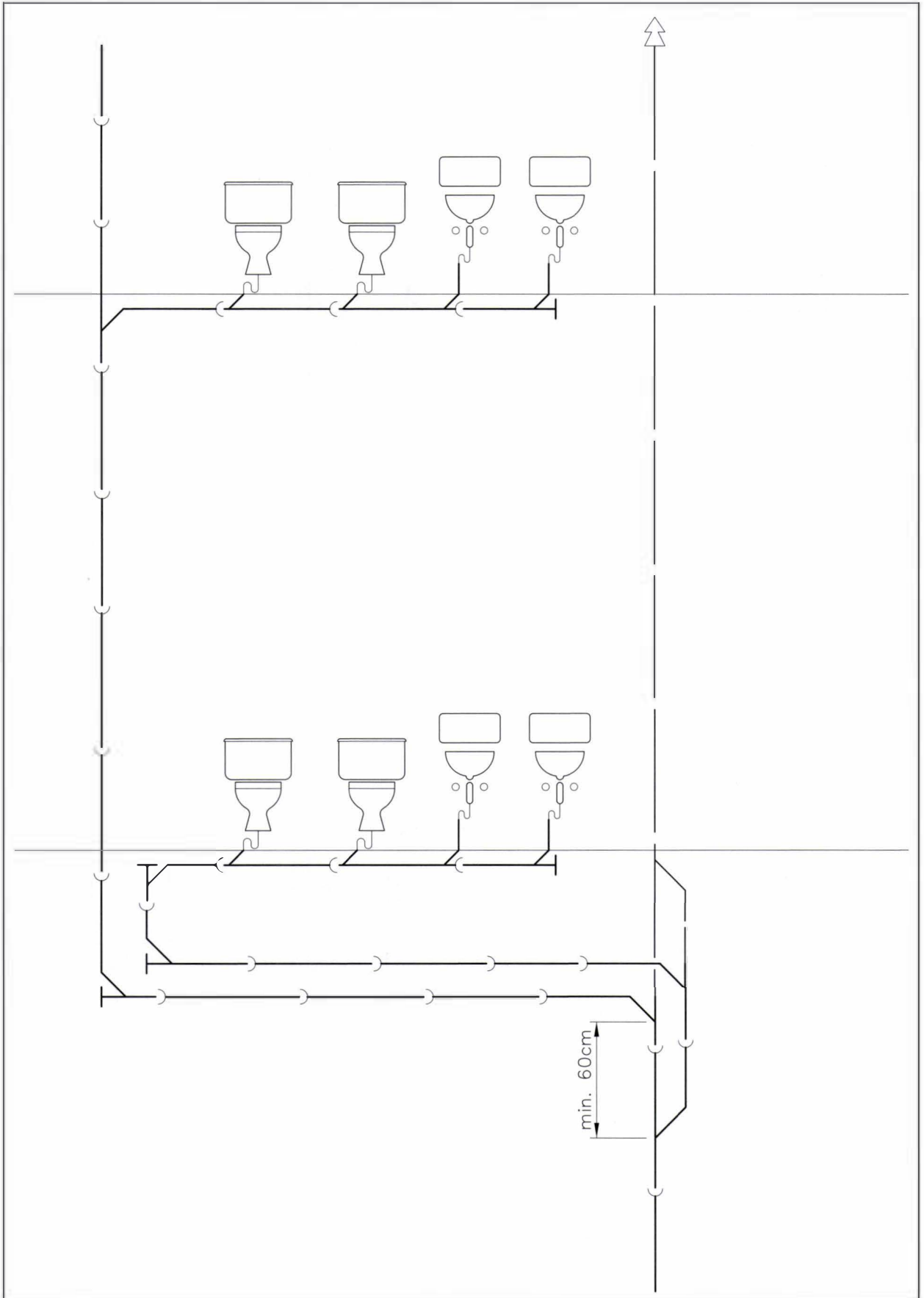
a. Genleşme ve Büzüşme: Gözönünde tutulması ge- reken bir başka sorun ise kolonların genleşmesi ve büzüşmesidir. Bugüne kadar sıcaklık değişiklikleri sebebiyle kolonların genleşme veya büzüşmesinden mey- dana gelen herhangi bir kılma kayıtlara geçmemiştir. Suyun akışının boru içinde sürekli olmayışı, sıcaklık de- ğişikliklerinden borunun olumsuz yönde etkilenmesini engellemektedir. Bir yüksek yapıda daha da önemli ve tehlikeli olan ve daha çok üzerine gidilen sorun, binanın alt kısımlarının kısılmasıdır. Üst yapının büyük ağırlığı nedeniyle alt katlardaki kısılmanın 60 katlı binada 5 cm kadar olabildiği gözlenmiştir. Kalafatlara ara levhası ve- ya conta konulması yoluyla bu tür problemler çözülmüş- tür. Meydana gelebilecek kısılma ve uzamalara karşı ön- lem alabilmek için statik mühendisine danışılmalıdır.

b. Sabun Köpüğü Basıncı; Köpürme yeteneği olan deter- janların bulaşık makinası, mutfak lavabosu gibi yerlerde kullanılması, yüksek yapılarda önemli problemler yarat- mıştır. Bina içinde üst katlardan gelen atık su akışı içinde deterjan olduğu zaman, köpük üreten maddeler yoğun şe- kilde kolon içinde su ve hava ile karışır. Bu karışımı oluş- turan köpükler kolon içinden aşağıya doğru akar, drenaj sisteminin alt kısmında toplanır ve 45°'nin üzerinde yön değiştirme olan bölgelere yapışır. Köpükten daha ağır olan sıvı atıklar köpüğün arasından bunları taşımadan akar gider. Atıklarla beraber taşınan hava, köpükleri sıkış- tırır ve onları uygun bir çıkış yoluna taşınmaya zorlar.

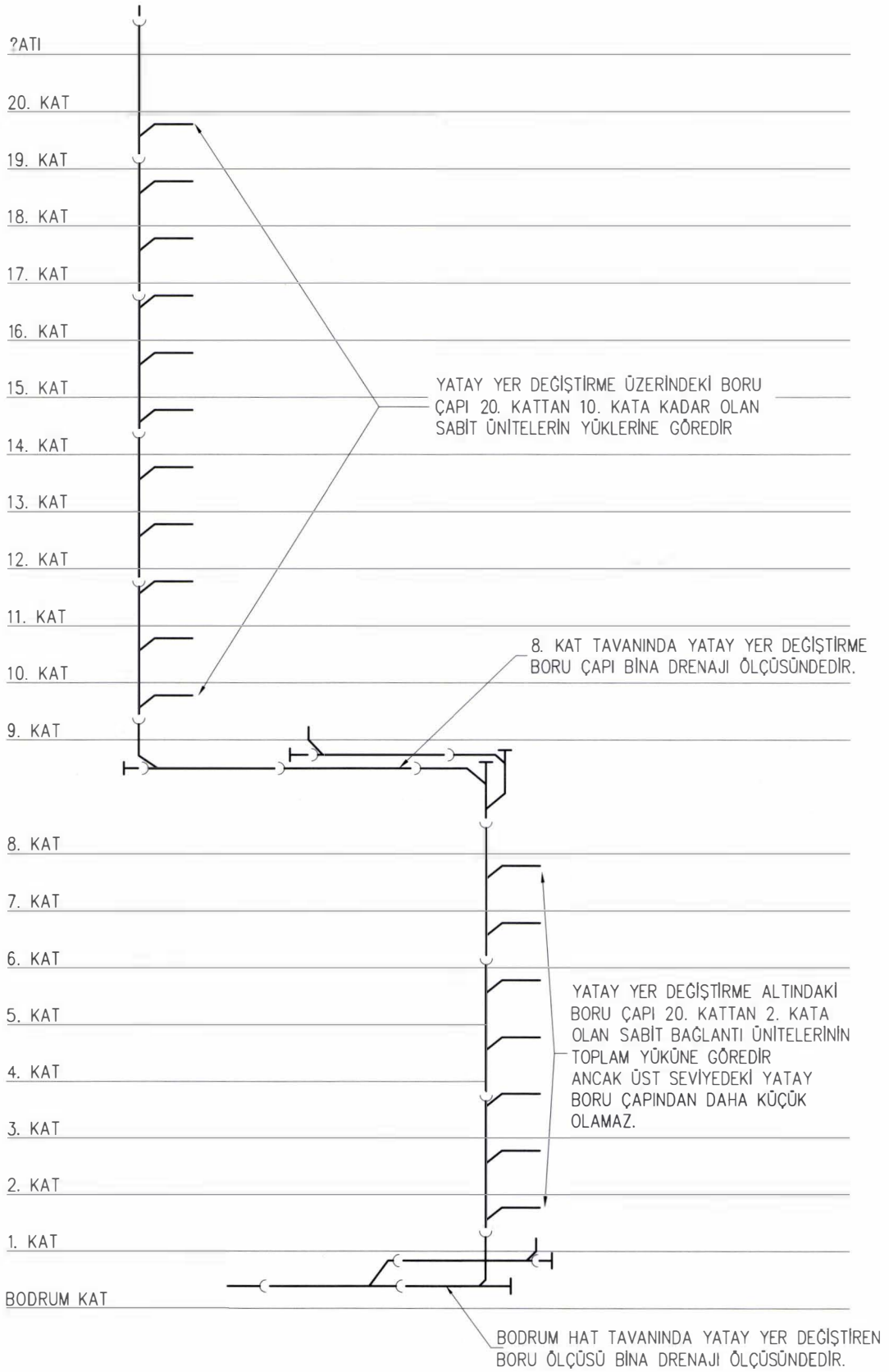
Çıkış yolu, binanın ana drenaj hattı veya buna bağlı her- hangi bir hat, havalandırma ana kanalı veya bu kanalın dalları olabilir. Bu çıkış yolu konumuna ve boyutlarına bağlı olarak her zaman akışa elverişli olmayabilir veya hidrolik sıçrama ile tıkanabilir. Bu durumda köpük yük- sek basınç yaratarak gereçlerin sifonlarındaki su yüksek- liğini yener ve gereçlerden köpük yükselir. Meydana ge- len bu yüksek köpük basıncı aynı zamanda tesisatın bağ- lantı ve ek yerlerinde sızıntılara yol açabilir. Yüksek kö- pük basıncı bölgeleri yatay ve düşey olarak yüzey norma- li ile 45°'den büyük açı yapan her hatta gerçekleşebilir. Havalandırma kolonlarının ana hatları veya havalandır- ma kolonu dalları yüksek basınçlı köpükler için çıkış yolu teşkil edebilir. Bunlar genellikle boyut olarak kö- püklerin akışına karşı yetersiz boyutlardadır. Havalan- dırma boru hattı, boyutlandırma tabloları, hava akış ka- pasitesi baz alınarak hesaplanmıştır ve bu tablolar daha geniş olması istenilen köpük akışını sağlamak için ge- rekli olan değerleri göstermez. Bu tablolara göre imal edilen havalandırma boru hatları köpük akışı için elve- rişsiz olmakta ve sistem için gerekli basınç çıkış yolu- nun temini için yetersiz kalmaktadır. Eşit akım oranları ve basınç kayıpları için köpüklü su kullanılan yerlerde- ki havalandırma borusu çapı normal hava tahliye çapına



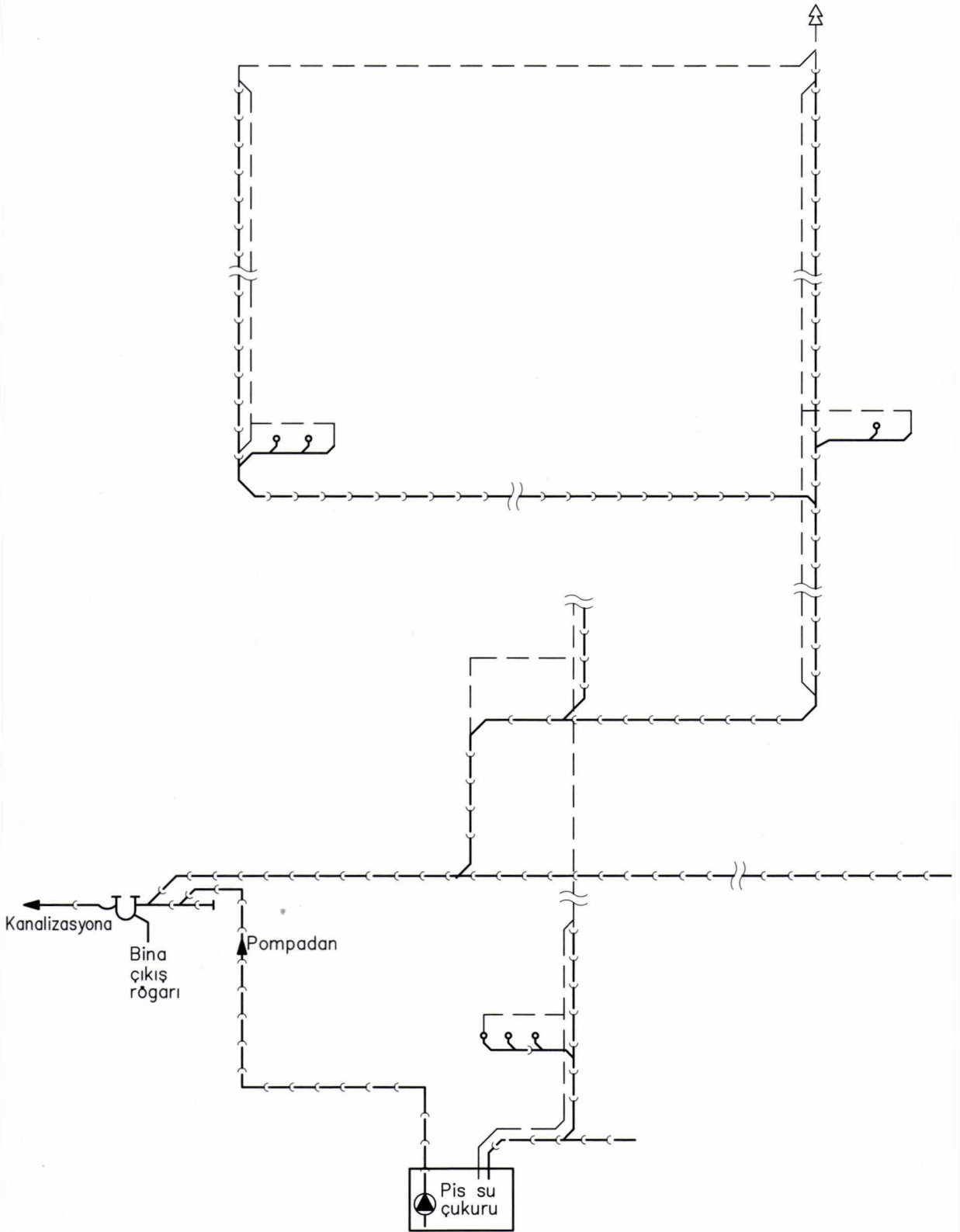
Şekil 6.15. KAYMA HALİNDE YATAY HAT ÜZERİNDEKİ DİREKT BAĞLANTILAR İÇİN BORULAMA (Alternatif 1)



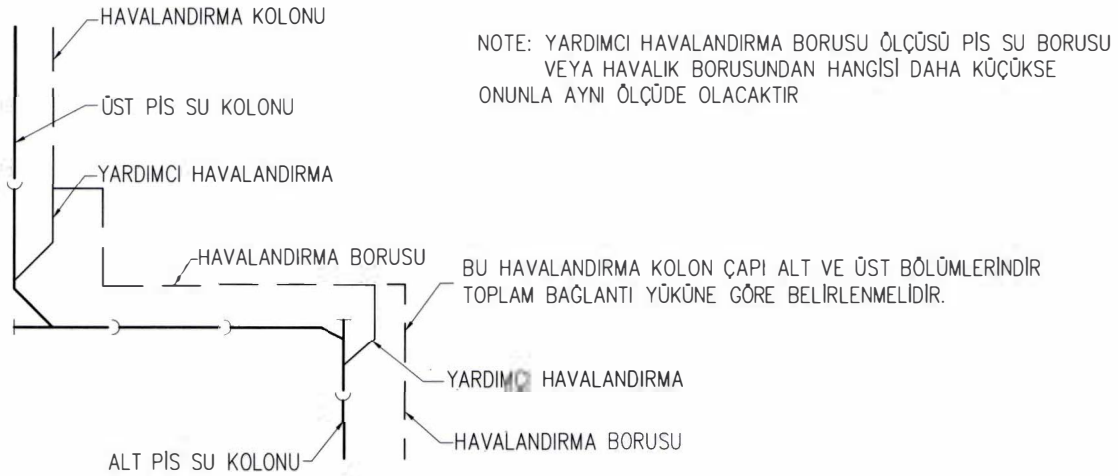
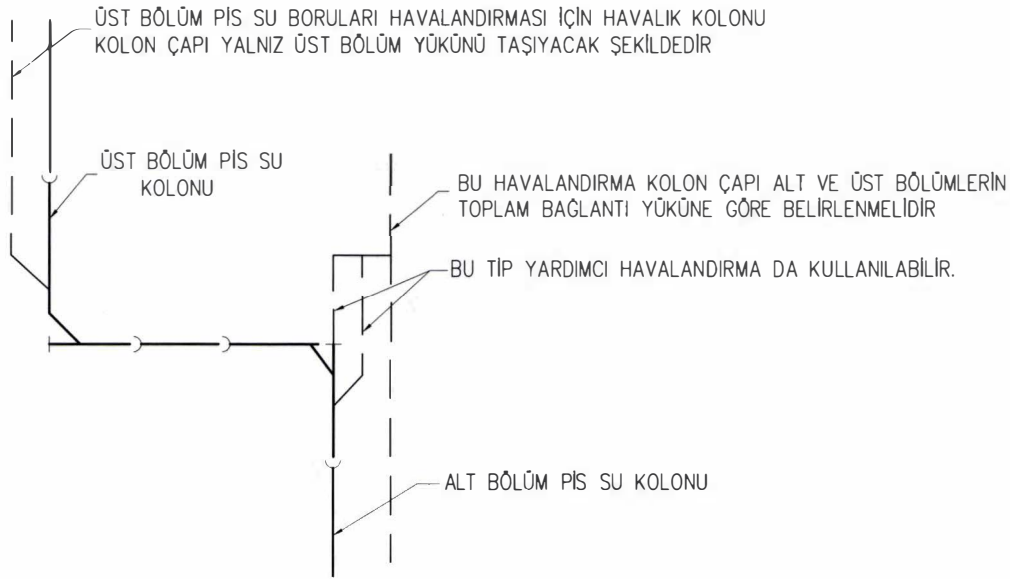
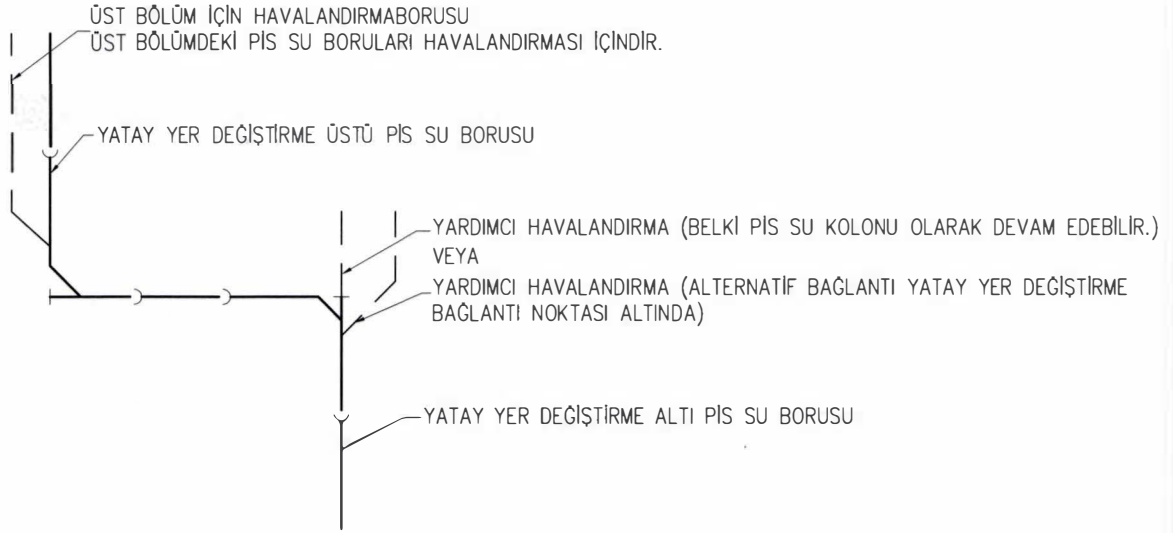
Şekil 6.16. KAYMA HALİNDE YATAY HAT ÜZERİNDEKİ DİREKT BAĞLANTILAR İÇİN BORULAMA
(Alternatif 2)



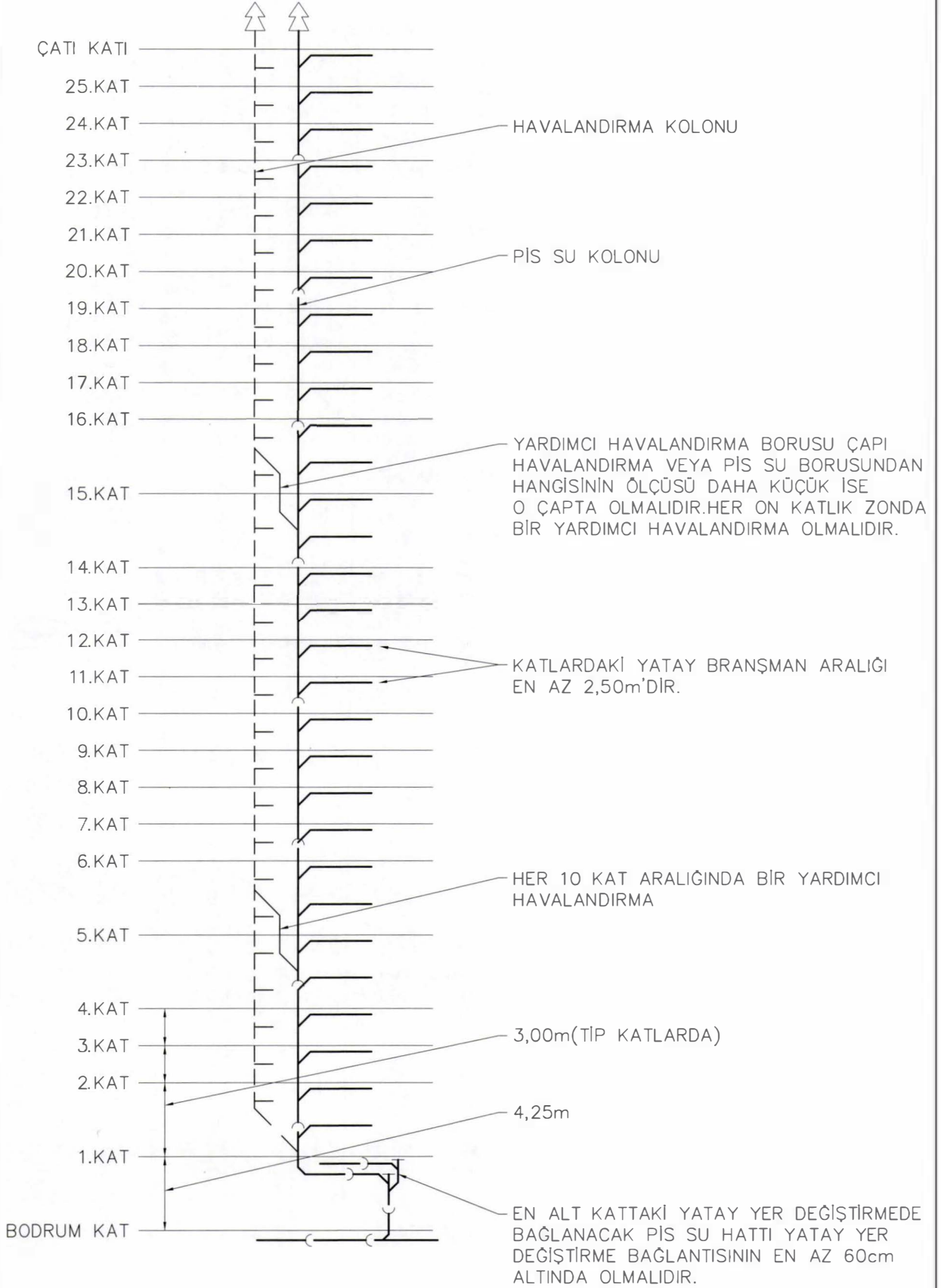
Şekil 6.17. YATAY YER DEĞİŞTİREN KOLON BOYUTLANDIRMASI



Şekil 6.18. ÖRNEK YÜKSEK YAPI PİS SU TESİSATI ŞEMASI



Şekil 6.19. YATAY YER DEĞİŞTİREN KOLONLARDA HAVALANDIRMA



Şekil 6.20. ON KATTAN YÜKSEK KOLONLAR İÇİN HAVALANDIRMA

göre %20 ile %80 arası daha fazla seçilmelidir. Bulaşık makinası, çamaşır makinası, mutfak lavabosu veya köpük üreten deterjanların bağlantı noktalarından kolona ulaşması halinde, köpüklerin, köpük basıncının mevcut olduğu bölgeden, drenaj ve havalandırma borusu alt bağlantıları veya bağlantı üst saptırmasını kullanarak tesisatın başka bölgelerine geçmesi engellenmelidir.

6.2.2.2 Islak Kolonlar

Çok nadiren gerçekleşen bir olay olmasına karşın eğer çok katlı bir ofis binasının bütün katları binanın proje ve dizayn aşamasında kiralanmış ise ayarlamalar ona göre yapılır. Ancak genellikle kiracıların özellikleri ve tesisat ihtiyaçları binanın tasarım aşamasında genelde bilinmez. Eğer başlangıçta gerekli öngörüler yapılmamış ve rezervler bırakılmamışsa bu gelecekte oluşacak ihtiyaçları karşılamak için gereken hizmetin verilmesini aksatabilir. Bu problem “ıslak kolonlar” olarak adlandırılan sistemin tesisata bağlanması ile çözülmüştür. Gelecekteki kiracılar ve ilave gereçler için sağlanan ıslak kolonlar, bir pis su ve havalık kolonu ile bunların her katta kör tapa takılmış bağlantı uçlarını içerir. Ayrıca her katta ucunda vana olan çıkışları içeren sıcak, soğuk temiz su ve sirkülasyon suyu kolonları temin edilmelidir (*Şekil 6.21*). Aşağıda belirtilen öneriler kolonların ve çıkışların tatmin edici şekilde yerleştirilmesini ve boyutlandırılmasını sağlamaktadır:

- Islak kolonlar yaklaşık olarak sıhhi tesisatın 4 - 5 m açığında veya gelecekte kullanılması olasılığı olan en uzak gereçten en fazla 22 - 25 m yatay boru mesafesinde bulunmalıdır.
- Bir ıslak kolon da restorantı beslemek üzere boyutlandırılmalıdır.
- Sıcak su vanalı çıkışlar, bransman uzunluğu kolondan veya ana hattan 15 m mesafeyi geçmeyecek şekilde yerleştirilmelidir. Eğer bu olanaksızsa, bransman hattına sirkülasyon imkanı sağlanmalıdır.
- Basınç düşürücü vanalar sıcak ve soğuk su vana çıkışına statik basıncın 48 mSS’nu geçtiği durumlarda bağlanmalıdır.

6.2.2.3 Yağmur Suyu

Yüksek binalar için uygulanacak olan yağmur suyu sistemi tasarımı için üzerinde önemle durulması gereken bazı noktalar vardır. Bir çok binada yükseklik arttıkça daralan bir mimari vardır. En üst çatıdaki drenaj gibi alt çatılarda da çatı drenajı yapılmalıdır. Yüksek çatıdan aşağıya doğru gerçekleşen kolondaki su akışı daha aşağı bir çatıdaki akışı etkileyebilir. Bu olay ihtiyatsız bir tasarımcı için problem yaratabilir. Yatay dönüş hattında bulunan hava hidrolik sıçramadan dolayı sıkışır ve aşağı çatı drenajından bu yüksek basınç alanına olan her bağlantıda geriye doğru fiskeye şeklinde bir su püskürtmesi oluşur. Aynı oluşum yağmur suyu bina drenajlarının yüksek basınç bölgelerine bağlantılarında da meydana gelebilir. Düşük

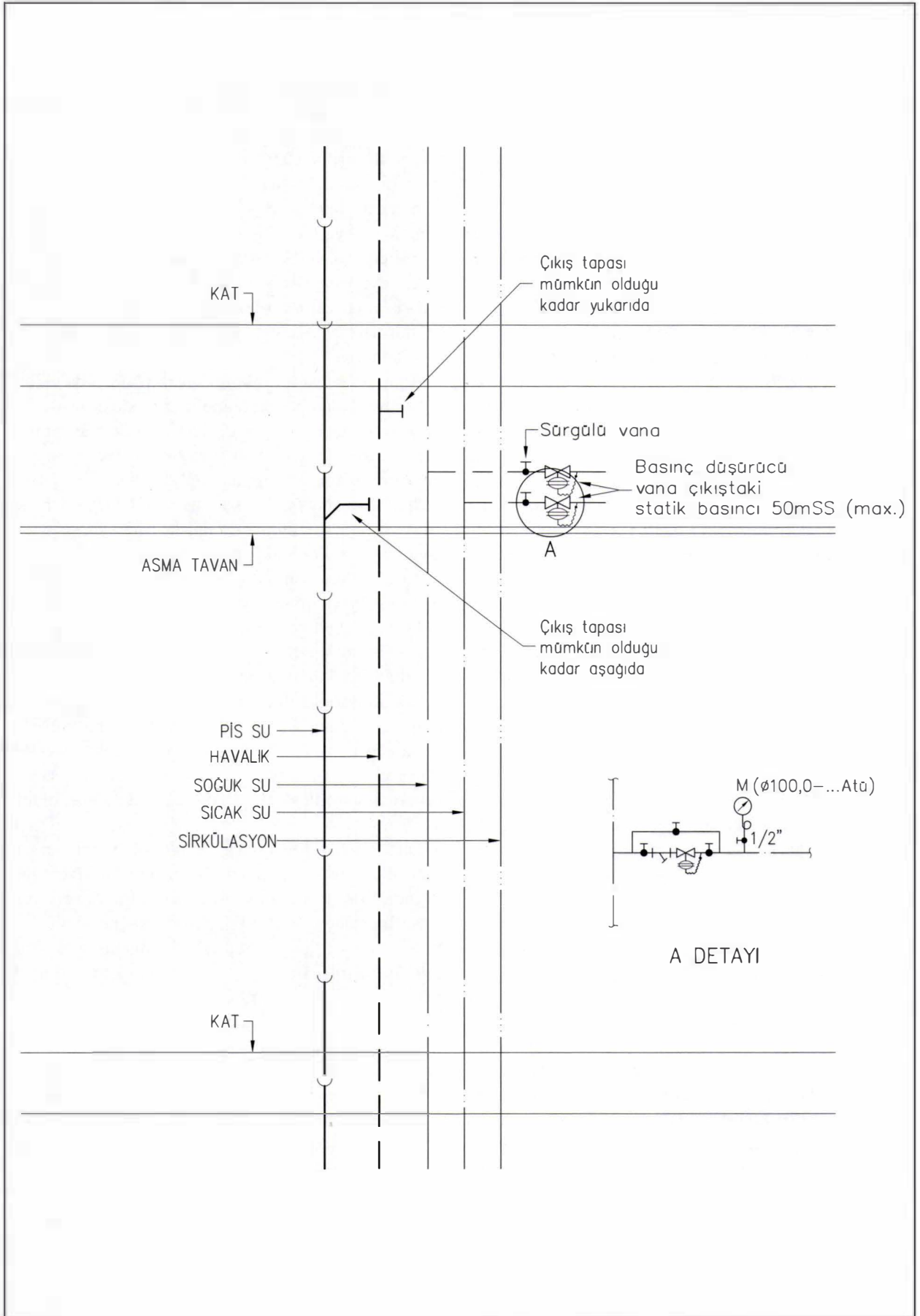
seviyedeki bir drenajın yüksek basınç alanını boşaltma olarak desteklemesi problemini ortadan kaldırmak için, her düşük çatı veya alan drenajı, yatay dönüş hattının en az 60 cm. altından olacak şekilde bağlanmalıdır.

Birçok uygulamada, klima sistemlerinin soğutma kuleleri veya su tankları çatının tam üstüne veya yukarısına yerleştirilir. Çatı drenajları bu aletlerden dışarı atılan drenajları toplamak için de kullanılır. Bu şartlar altında çatı drenajı ve yağmur kolonları bu akış oranlarını karşılayacak şekilde boyutlandırılmalıdır.

Çatı drenajına bağlantıda mutlaka bir genleşme elemanı veya yatay kayma hattı (offset) kullanılmalıdır. Burada amaç olası bir boru uzatması sonucu çatı drenajının yükselerek çatı su izolasyonunu bozmasını engellemektir.

Yağmur suyu tesisatı, boru tesisatları arasında en çok genleşme daralma hareketine maruz kalan tesisatlardan biridir, ancak en çok genleşen değildir. Boru tesisatının hareketi, iç ortama göre sık sık değişiklik gösteren dış ortam sıcaklığına bağlıdır. Kışın, düşük sıcaklıktaki erimiş buz ve kar suyu 21°C veya daha sıcak iç ortamda bulunan drenaj hattına akar. Yağmur suyu boru tesisatı içinde düşük sıcaklıklı sıvı akışı binanın boru tesisatının dış tarafında yoğunlaşmaya sebep olur. Bütün yağmur suyu borularının, yatay kayma hatlarında lekeli, kusurlu tavanların oluşumunu önlemek için; izole edilmesi tavsiye edilir. Yağmur suyu sistemi yüksek yapılar için genelde bir standart tarafından kapsanmalıdır. Ancak birçok standart konuyu kapsamaz ve yapılan bu ihmal kontrollü bir çatı akış drenajı tesisatının yapılmasını çoğu zaman engeller. Eğer çatı drenajı standart kapsamına alınmamışsa yetkililerle kontrollü akışlı çatı drenajını tartışmak oldukça önemlidir.

Geleneksel çatı drenajına göre, bir çok uygulama için kontrollü akışlı çatı drenajı, bu sistemi tavsiye etmeyi gerektirecek avantajlar içerir. Bina ne kadar yüksekse bu yöntemlerin uygulamada sağlayacağı ekonomik fayda o kadar artar. Ekonomi, inşaatçı firma için en önemli sırada yer alır. Fakat ekonomikliğinden de önemlisi, kontrollü çatı drenaj akış sistemi, su kirliliği ve şiddetli yağışlar sonucu meydana gelebilecek su baskınları ile mücadele etmenin en etkili yöntemidir. şiddetli yağmurlar esnasında katı atıkların arıtılması görevini üstlenen sistemler ortaya çıkan artış miktarı ile baş edemezler ve dolayısıyla çok büyük miktarlardaki hiçbir işleme tabii tutulmamış ham katı atıklar, su yollarıyla ülkenin göllerine ve denizlerine akıtılır. Sıhhi tesisat ve lağım sistemlerinin mevcut olduğu yerlerde kontrollü akış sistemlerinin kullanılması su baskınlarını önlemek açısından da önemlidir. Yağmur suyu sistemleri kullanılarak, şiddetli yağışlar esnasında lağım kanalları içine giren akış miktarı azaltılarak lağım atıklarının sistem dışı bölgelere taşınması önlenabilir.



Şekil 6.21. TİPİK ISLAK KOLONLAR

Yağmur suyu tesisatında dikkat edilmesi gereken notlar aşağıda sıralanmıştır.

- Yağmur tesisatı ayrı yapılmalıdır.
- Bina içersinden geçen yağmur suyu boruları üzerine testten sonra ısı izolasyonu yapılmalıdır.
- Kışın soğuk olan yağmur suyunun, boru üzerinde oluşturabileceği yoğuşmayı önlemek ve sesi azaltmak için yağmur suyu borularının üzerine izolasyon yapılması önerilir.
- Teras, çatı ve balkon süzgeçlerinden toplanan su önce bir çamur tutucudan geçirilerek, yağmur toplama depolarına bağlanabilir.
- Yağmur suyu buradan yağmur suyu kanalizasyonuna drenajla veya pompa ile verilebilir. Ayrıca bu su, bahçe sulama vs. amaçları ile de kullanılabilir.
- Öte yandan garaj, kazan dairesi vb mahallerin yer süzgeçleri ayrı bir tesisatla toplanıp, önce hidrokarbon (benzin) ayırıcıdan geçirilir ve sonra yağmur suyu drenajına bağlanır.
- Ayrı bir yağmur suyu şebekesinin olmadığı yerlerde yağmur suyu tesisatı en son noktada pis su hattına bağlanmadan önce sifonla (derin ve temizlenebilir bir sifonla) bağlanmalıdır. Yazın koku ters yönde ilerleyip sızıntı yapabilmektedir.

6.2.3 BORULAR, VANALAR VE FİTTİNGSLER

Doğru malzeme seçimi yapılabilmesi açısından, borular, vanalar ve fittingslerin işletme basınçları belirlenmelidir. ABD’de çelik borularda, 250 mm çapa kadar borulardaki et kalınlıklarını gösteren standart Schedule 40 boru’dur. 300 mm çaptan daha büyük borular için kullanılan standart boruların et kalınlığı 9,5 mm’dir. Farklı boru çapları için izin verilen basınç değerleri ASME yayınlarından ve boru üreticilerinin yayınlarından bulunabilir. Kullanılan vanaların proje gereklerini yerine getirip getiremeyeceği vana üreticilerinin teknik bilgilerinden kontrol edilmelidir.

Buhar sistemlerindeki kondens suyu borulaması veya kondenser su borulaması gibi korozyonun göz önünde bulundurulması gereken yerlerde daha yüksek et kalınlığı olan borular, basınç konusuyla ilgisi olmaksızın kullanılabilir.

Çelik harici malzemelerde kullanılmaktadır. 100 mm çapın altındaki borularda veya açık kondenser su borulamasında, korozyon problemi yaşanabilecek yerlerde genellikle bakır tercih edilir. Bakır boru kullanımı nadir olmakla beraber bakır boru demeti sıkça kullanılır. Bakır boru demeti kullanımını sınırlandıran ise, yüksek işletme basınçlarında dayanamayan ek yerleridir.

6.2.3.1 Boru Tesisatı Tasarımında Dikkat Edilmesi Gerekenler

Boru tesisatının tasarımı esnasında, binanın çelik konstrüksiyonu üzerinde etki eden, borulardaki genleşme,

büzüşme ve borulara etki eden statik ve dinamik yükler göz önüne alınmalıdır. Bina inşa edildikten sonra yapılacak periyodik denetlemelere dayanarak binanın konstrüksiyonunda düzenlemeler yapılabilir ve boru tesisatı üzerine kompensatörler, sabitleyiciler ve sismik emniyet elemanları yerleştirilebilir.

Hava sıcaklığındaki değişimlere veya pompalanan sıvının sıcaklığına bağlı olarak boruların uzayıp kılmasına ek olarak betonarme binalarda karşımıza başka bir problem çıkabilir. Bu problem zamanla betonun büzülmesi ve bina iskeletinin daralmasıdır. Betonarme binalar zaman içinde kat başına 3 mm kadar büzülebilirler. Oldukça küçük gözüken bu kısalma 70 katlı bir binada 225 mm’ye ulaşmaktadır. Bu boru hattı tesisatının tasarımı yapılırken, tasarımcının boruların altına ve üstüne, sabit noktalar arasına, boruların binanın iskeletine göre yeterli esnekliği sağlaması gerektiğini göstermektedir. Boru hattı tasarlanırken, inşaat mühendisinden betonun büzüşmesi sonucu borunun maruz kalabileceği daralma bilgisi alınarak tesisat ona göre yapılmalıdır.

6.2.3.2 Genleşme ve Büzüşme

Boru tesisatının farklı işletme dönemlerindeki hareketleri HVAC tasarım mühendisi tarafından önceden tahmin edilmelidir. Bu analizde boruların inşaat esnasındaki hareketi de dikkate alınmalıdır. Boruların hareketinin getirdiği yük önemli olduğundan, boruların hareketinin binanın inşaat projesi yapılırken dikkate alınması çok önemlidir. İnşaat esnasında bina ne ısıtılıp ne de soğutulacağından, borular çok fazla değişen dış hava sıcaklıklarına maruz kalacaklar ve bu yüzden inşaat esnasında borular üzerinde sık ve uzun süreli yüksek yükler olacaktır.

HVAC tasarım mühendisi, inşaat mühendisinin, boruların binanın çelik yapısından destek aslığı noktalarda boru sisteminin oluşturduğu yükleri karşılayacak bir iskelet sistemi kurabilmesi için, akışkan dolu borularında ağırlığını dikkate alarak, borularda beklenen statik ve dinamik yükleri vermelidir.

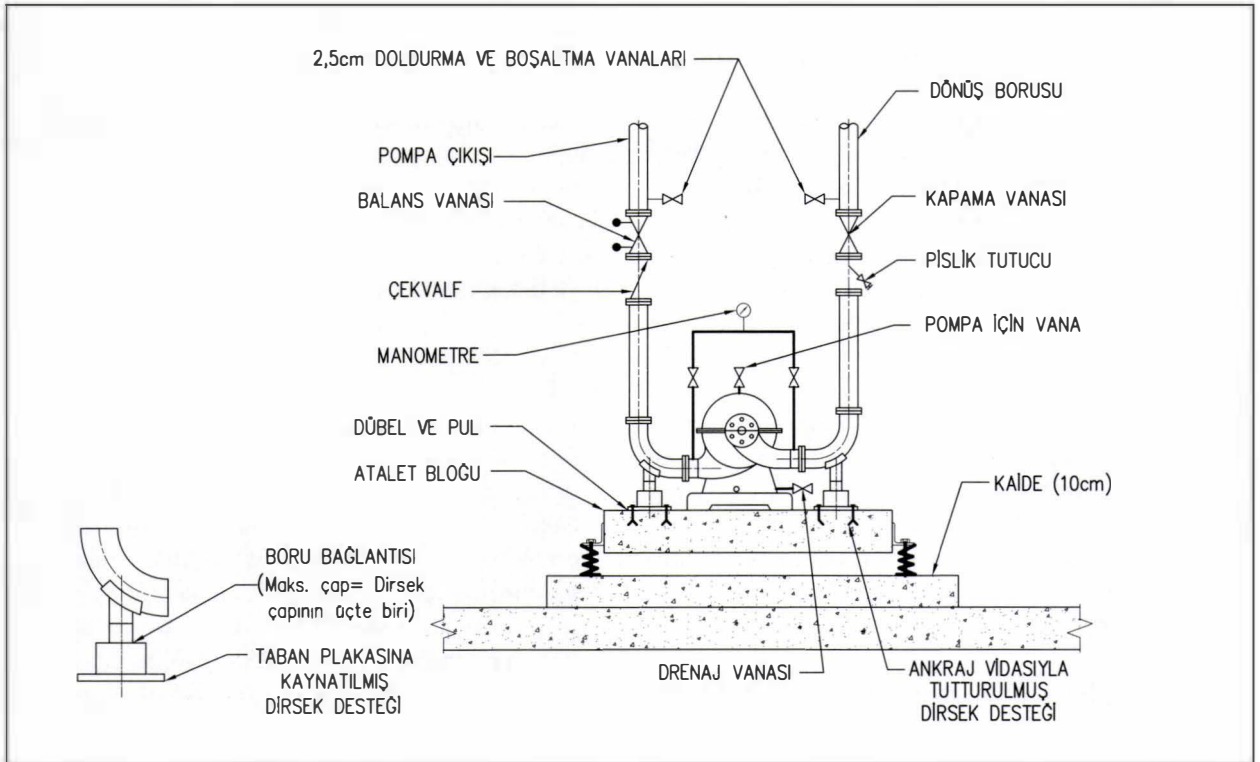
6.2.4 YÜKSEK YAPI SİHHİ TESİSATINDA PRATİK NOTLAR

- Kullanma suyunun musluktan akma basıncı için 8 mSS uygun bir değerdir. Akma basıncı için 0,5 mSS ekonomik değer olarak alınabilir. Ancak hiçbir zaman 0,5 mSS’in altında olmamalıdır. 10 mSS (1 bar) değeri ise en üst kattaki akma basıncı için alınabilecek üst değerdir.
- Boş rezervuar veya özel armatürler (masaj, duş vb) için akım basıncı 15 - 20 mSS olabilir. Bu tip armatürler veya özel cihazlar (bulaşık makinası, su soğutucu vb) kullanılacaksa kataloglarında öngörülen basınç değerleri sağlanabilecek şekilde akma basıncı belirlenmelidir.

- Boş rezervuar vb daha yüksek su giriş basıncı gereksinimi olan cihazlar aynı hidrofor sistemine bağlanacaksa olabildiği kadar düşük basınçta çalışabilen tipleri tercih edilmelidir. Sistemdeki basınç arttıkça diğer armatürlerin su tüketimleri de artacaktır. Alt seviyelerde suyun borularda hızlı akması nedeniyle (3 m/s aşırsa) gürültü oluşabilir.
- Atık suyun kullanılabileceği sistemlerde ise atık suyun arıtılmış olmasına rağmen rezervuarlarda beklemesi istenmeyen bir ortam oluşturabilir. Bu nedenle atık suyun değerlendirileceği sistemlerde ayrı bir depolama ve basınçlandırma sistemi kullanıp, bas rezervuarlar tercih edilmelidir.
- Yüksek yapılarda kullanma suyu tesisatı için her 35m yükseklik (~10 kat) bir basınç zonu olarak belirlenmelidir.
- En alt kattaki musluktan akma basıncı ise mümkün olduğunca 4 bar (40 mSS) değerini aşmamalıdır. En üst kattaki akma basıncını 0,5 mSS alırsak ve 35 statik basınç farkı varsa en alt kattaki basınç yaklaşık 40mSS (4 bar) olacaktır.
- Su dağıtım boruları aşağıdan yukarı doğru yapılıyor ise üst kata kadar olan basınç kayıpları da (en üst katta 0,5 bar basıncı sağlamak için) ekleneceğinden alt seviyelerde akma basıncı 4 barın üzerine çıkacaktır. Bu nedenle de su dağıtımının yukarıdan aşağıya yapılması daha uygundur.
- Hidrofor kullanılan sistemlerde hidroforlar alt ve üst basınç aralığında çalışır. Hidroforların alt ve üst basınç farkı yaklaşık 1 - 2 bar'dır.

Alt basıncında en üst katta istenilen su basıncı sağlanacak şekilde hidrofor seçilmelidir:
(statik basınç + boru kayıpları + akma basıncı) = hidrofor alt basıncı

- Ancak hidrofor basıncı üst değere ulaştığında binanın alt katlarında aşırı basınç oluşacaktır.
- Hidrofor kullanılan sistemlerde hidroforlar çıkışına basınç sabit tutucular monte edilerek, hidroforlar alt ve üst basınç aralığında çalışırken borulara giden suyun basıncı hidroforlar alt basınç değerinde sabit tutulur. Böylece istenmeyen su sıçramaları, borulardaki yüksek akış hızının oluşturacağı konfor bozuklukları, aşırı su ve elektrik enerjisi tüketimi önlenir.
- Alternatif sistem (belki de daha iyisi) her zon için en üst kattaki kullanma yerinden yaklaşık 10m daha yukarıda bir su deposu yapmak, bu depoya bodrum kattaki depodan suyu pompalamak ve dağıtımını yukarıdan aşağıya yapmaktır.
- Her zon için ayrı bir su deposu yapmak yerine binanın en üstüne (yine son kullanma yerinden yaklaşık 10m daha yukarıya) ortak bir su deposu yapıp ilk 35m içindeki kullanma yerlerine bu depo çıkışından dağıtmak, daha alttaki içinde her 35m için basınç düşürücüler ile ayrı zonlar oluşturmak da bir çözümdür.
- Yüksek binalarda pompalar üzerindeki ağırlığı taşımak zorunda kalırlar. Bunu engellemek için özel tasarımı dik kasalı pompalar (Şekil 6.22) kullanılarak boruların ağırlığı direkt kaideye verilebilir.



Şekil 6.22. DİK KASALI POMPA DETAYI

6.3 ISITMA VE KLİMA TESİSATI UYGULAMALARI

6.3.1 YÜKSEK YAPILAR

Yüksek yapılarda ısıtma, havalandırma, klima tesisatı tasarımı yüksek statik basınç, rüzgar etkisi, baca etkisi, iç hava kalitesi, hava taşınması, yangın güvenliği, acil durum prosedürleri, deprem önlemleri, bina yönetim sistemi ve zonlama gereksinimleri dikkate alınmak zorundadır. Yapının mimari tasarımında tesisatla ilgili rezervasyonlar üzerinde önemle durulmalıdır. Yüksek yapılarda tamamen havalı (Özellikle VAV kutulu) veya tamamen sulu (Özellikle 2 veya 4 borulu fan coil) sistemler kullanılabilir.

Ancak bunların karışımı olan hem havalı hem sulu sistemler uygulamada daha yaygındır. Yüksek yapılarda sistem seçiminde ekonomik kriterler ön plandadır. Yatırım ve işletme maliyetlerini optimize eden çözümler araştırılmalıdır. Bu tip uygulamalarda yapılacak yanlışlıklar büyük boyutlarda kaynak israfına neden olur. Burada sadece ısıtma tesisatı üzerinde durulacak ve yüksek yapılarda uygulanacak ısıtma tesisatının özellikleri tartışılacaktır.

Yüksek yapılar genelde ticari binalar olarak yapılmaktadır. Gerek dekorasyon, gerekse de diğer sistemler için önemli bedeller ödeyen firmalar, doğal olarak hacimlerde konforun en üst düzeyde olmasını talep etmektedir. Firmaların genelde çok dinamik bir yapıya sahip olması, organizasyon şemalarının ve yerleşimlerin sık sık değişmesine neden olmaktadır. Çalışanların sayısı ve buna paralel olarak aydınlatma ve makina gücü değişebilmektedir. Bütün bu nedenlerden dolayı, yüksek yapılarda kullanılabilecek ısıtma ve klima sistemleri çok esnek olmalıdır.

6.3.1.1 Isı Kayıp ve Kazançları

Yüksek yapılar genellikle çevrelerindeki yapıların arasından tek başlarına yükselir ve korunmasıdır. Yüksek yapılarda gölgeleme etkisi olmadığından güneşten olan ısı kazancı önemli mertebelerdedir. İkinci önemli konu gün boyunca bu ısı kazancının değerinin güneşin konumuna göre değişmesidir.

Yüksek yapılarda rüzgar etkisi ise çok önemli ikinci bir faktördür. Rüzgar hızı yerden olan yükseklikle birlikte artar. Bu yüksek rüzgar hızına bağlı olarak binanın rüzgar yönündeki cephesinde önemli bir pozitif basınç ve aksi yönde önemli bir negatif basınç oluşur. Bina cephesi açıklıklarından sızan hava çok fazladır. Isı kaybı hesaplarında yükseklik etkisi gözönüne alınmalıdır. Ayrıca kalorifer kolonlarında aşağı katlarda 90°C olan su sıcaklığı, üst katlara çıktığında (kolonlarda ısı yalıtımı yoksa) 90°C olmayacaktır. Bu amaçla DIN 4701 yeni baskısında detaylı bir hesap yöntemi verilmiştir.

Baca etkisi ise yüksek yapıların bir başka önemli özelliğidir. Soğuk dış hava ve sıcak iç hava, yüksek yapı

merdiven kovanında ve diğer dikey shaftlarda yukarı doğru bir hava hareketi oluşturur. Aynen bacalarda olduğu gibi alt katlardan ve ana girişten giren hava düşey shaftlarda yukarı yükselir. Bu olay özellikle alt katları ve ana girişleri etkiler. Bu nedenle ana girişlere döner kapı yapılması, sıcak hava perdeleri uygulanması veya ekstra döşemeden ısıtma veya sıcak hava apareyleri kullanılması önerilen önlemler arasındadır.

6.3.1.2 Çevre ve Çekirdek Zonları

Yüksek yapılar genellikle derinlemesine planlanır. Buna göre çevrede dışa bakan hacimler ve ortada dışarı ile hiç ilişkisi olmayan çekirdek hacimleri ortaya çıkar. Çevre zonu genel olarak bina cephesinden itibaren 4 - 5 m kabul edilebilir. Bu mesafe bazı hallerde 7 - 8 m değerine kadar çıkabilmektedir. Yüksek yapıların en önemli özelliklerinden biri budur.

Çevre zonunda güneşin, dış hava sıcaklığının ve rüzgarın etkilerine bağlı olarak sürekli değişen bir ısı yük geçerlidir. Güneşin, dış hava sıcaklığının ve rüzgarın etkilerine bağlı olarak hem soğutma, hem de ısıtma gerekmektedir. Kışın ve ara mevsimlerde yöne, günün saatine ve güneşlenmeye bağlı olarak, çevre zonunun bir kısmı ısıtılırken, diğer kısımları soğutulabilmektedir.

Çekirdek zonda ise yükler zamana bağlı olarak büyük farklılık göstermez ve sabittir. Bu sabit yük genellikle yapay aydınlatmaya vs. bağlı olan yüksek iç kazançlar nedeniyle yaz-kış soğutma yönündedir. O halde yüksek yapılardaki ısıtma tesisatı planlanırken çevre zonlarla, iç zon mutlaka birbirinden ayrılmalı ve çok zonlu bir sistem düşünülmelidir.

6.3.1.3 Yüksek Statik Basınç

Yüksek yapılarda sıcak su ile ısıtma yapıldığında büyük bir statik basınç ortaya çıkacaktır. Isıtma sistemi içinde basınca en duyarlı elemanlar kazanlar ve radyatörlerdir. Normal radyatör ve kazanlar 4 ve 6 bar, özel sipariş edildiğinde ise 10 bar basınca dayanıklı olarak üretilirler. Buna göre bina yüksekliği 60 m'yi, başka bazı faktörleri ve emniyet payı dikkate alındığında yaklaşık 50 m'yi geçmemelidir.

Yüksekliği 50 m'yi aşan yapılarda ise sistemin düşey doğrultuda iki veya gerekirse daha fazla sayıda zona ayrılması gerekir. Sistemin ikiye bölünmesinde genellikle ara tesisat katı kullanılır. Pratik olarak yüksek yapılarda her 20 kata bir galeri kat yapılır. Kalorifer 1. zon tesisatında 20 kat yukarıya doğru dağıtım yapılır. Sıhhi tesisatta ise galeri kattaki 1. hidrofor sistemi 10 kat aşağıya, 2. hidrofor sistemi ise 10 kat yukarıya su basar. Kazan bodrumda veya özellikle doğal gaz halinde çatıda olabilir. Çatıdaki kazan daireleri yüksek yapılarda, çok uzun bacanın yapım maliyetinden ve tüm katlarda bacaya ayrılması gereken kıymetli inşaat alanından tasarruf sağladığı için çok büyük avantaj yaratır.

Ara tesisat katında bir ısı değiştirici kullanılır. Kazan-da üretilen sıcak su ile bu ısı değiştirgecinde, yaklaşık 5°C daha düşük sıcaklıkta yine sıcak su elde edilir. Yüksek yapıdaki kazanla ara tesisat katı arasındaki daireler kazandan, ara yapıdan sonraki dairelerse ısı değiştiricinden beslenir.

Yüksek yapılarda eşanjör kullanıldığında, 3 yolu kontrol vanası primer devreye konulmalıdır. Böylece bu vananın kireçlenme, basınç gibi etkilerden korunması mümkün olur.

Basınç zonlamasının amaçları:

- Sistemin statik basıncını azaltmak,
- Alt/üst basınç farkını azaltmak,
- Akışkan debisini kontrol edebilmektir.

Ara tesisat katları en fazla 20 katta bir, yani yaklaşık max. 60 mSS (6 bar) basınç yaratacak şekilde oluşturulmalıdır. Her basınç zonu eşanjörü, genişleme deposu, pompası, hidroforu, vs. gibi bağımsız işletme ve kumanda elemanlarına sahip olmalıdır.

6.3.1.4 Isı Geri Kazanma

Yüksek yapı ısıtma ve soğutma sistemleri ısı geri kazanma uygulamaları açısından geniş imkanlar yaratır. Bazı zonların ısıtılırken, bazılarının soğutulması bu imkanı yaratan ana etkidir.

Bu konuda ASHRAE Handbook'larında geniş uygulama örnekleri bulunmaktadır. Yüksek yapılarda uygulanabilecek ilginç bir fikir aynı su devresine bağlı su kaynaklı ısı pompaları ile ısıtma ve soğutmanın yapılmasıdır. Bu su devresine, ayrıca ihtiyaca göre devreye girmek üzere, sıcak su kazanı ve su soğutma kulesi bağlıdır. Aynı zamanda ısıtma ve soğutma yapan ısı pompalarından soğutma yapan ortak su devresine ısı verirken, ısıtma yapan ısı pompası ısı çeker. Ortak devrede dolaşan suyun sıcaklığını sabit tutabilmek için gerekli ilave ısıtma, sıcak su kazanı ile karşılanır.

6.3.2 Yüksek Yapılarda Isıtma Tesisatı

Yukarıdakiler özetlenirse üç ana özellik ortaya çıkmaktadır:

- Yapının çeşitli cephelerinde güneşten gün boyu değişen önemli ölçüde ısı kazancı vardır.
- Rüzgar etkisine bağlı olarak, açılabilen en küçük aralıktan kontrol edilemeyen bir hava sızıntısı söz konusudur.
- Yapay aydınlatmaya bağlı olarak çekirdek bölgelerde önemli bir iç ısı kazancı vardır.

Bu özellikler gözönüne alındığında,

- Çevre zonunda değişikliklere çabuk cevap verecek ve otomatik kontrole sahip hızlı bir ısıtma sistemi düşünülmelidir. Bu anlamda çevre zonları için örneğin döşemeden ısıtma gibi ataleti fazla sistemler düşünülmemelidir. Konvektör, panel radyatör, alüminyum radyatörler ve fan coil gibi su hacmi az olan ısıtıcılar bu zonlar için en uygun çözümdür.

- Her hacimdeki ısıtıcı bağımsız olarak kontrol edilebilmelidir.
- Çevre zonunda açılabilen pencereler kullanılmamalıdır. Bu nedenle ısıtma ile birlikte mekanik havalandırma da yapılmalı ve hacimlere gönderilen temiz hava oda sıcaklığından 3 veya 4°C fazla sıcaklığa kadar santralde ısıtılmalıdır.
- Çekirdek hacimleri için ısıtma gerekmez. Sadece havalandırma yeterlidir. Gönderilen havanın sıcaklığı ayarlanarak iç ısı kazançları kullanılabilir. Genellikle verilen hava sıcaklığının, oda sıcaklığından 5°C daha düşük olması yeterlidir. Ancak otomatik kontrol egzost havasından aldığı sonuca göre hava sıcaklığını 14°C'ye kadar düşürebilmektedir.
- Aslında yüksek yapılar için en uygun sistem düz ısıtma ve havalandırma yerine, klima tesisatı kullanılmasıdır. Çevre zonları için VAV veya fan coilli sulu sistemler, çekirdek zonu için de hava üfleyen klima santrali, hava kanalları ve dağıtıcı menfezlerden oluşan sistemler veya VAV sistem en uygunlarıdır.

6.3.2.1 Yüksek Yapılarla İlgili Tesisat Notları

a. Kazanlarda işletme basıncı

İşletme Basıncı = (Kazan alt seviyesi ile tesisatın en üst seviyesi farkı + pompa basıncı)

Pompa basıncı yaklaşık 5 mSS alınabilir.

b. Boyler kazanı: Boyleri besleyen kazan ayrı olmalıdır. Boyler beslemesinde 90/70°C sabit sıcaklıkta su gerekir. Ayrıca yaz-kış bütün yıl çalışır. Eğer boyler, ısıtma kazanından beslenirse, kazan kapasitesi bina ısıtması ve boyler kapasitesini karşılayacak şekilde yüksek olacağından, yazın kazan düşük kapasitede ve verimsiz çalışır. Aynı zamanda ısıtma sistemi dış hava sıcaklığına bağlı olarak değişen farklı sıcaklıkta su ile beslenmelidir. Bu durumda boyler bağlantısı için özel önlem alınması gerekir. Yüksek verimli kendinden yoğunlaşmalı kazan kullanılan bir tesisatta, boyler için gerekli olan yüksek sıcaklıklar, yoğunlaşma sınırının üzerinde olacağından, tek kazan kullanılması halinde tüm boyler çalışması süresinde yoğunlaşma olmayacak ve kazan verimi düşük olacaktır.

Bina ve boyleri aynı kazandan ısıtmak gerekirse, 3 yollu vana kullanarak iki farklı sıcaklıkta su elde edilebilir. Ancak boyler kazanını ayırmak, yaz işletmesi de dikkate alındığında genelde işletmede daha ekonomiktir.

c. Boyler yerleşimi ve cinsi: Yüksek binalarda serpantinli boyler kullanılmalıdır. Kalorifer basıncı 25 mSS'yi geçince çift cidarlı boylerlerde çökme olabilir. Silindirik kapların içeriden gelen basınca dayanıklılığı, dıştan gelen basınca göre daha fazladır. Bu nedenle 6 bar işletme basıncındaki bir çift cidarlı boylerde kalorifer devresi basıncı en fazla 2,5 bar olabilir. Boyler içerisindeki suyun boşaltıldığı yerlerde, kalorifer devresi suyu dolu ise, çift cidarlı boylerlerde çökmeler olur. Sonuçta yüksek yapılarda

serpantinli boyler kullanılmalıdır. Ayrıca serpantinli boyler az yer kapladığı ve ısınma süresi daha kısa olduğu için de avantajlı olacaktır.

d. Pompa: Islak rotorlu pompaların max. kullanma basıncı 60 mSS değerindedir. Bina yüksekliği 60 m'den (veya pompaya gelen statik basınç 6 bar'dan) fazla ise kullanılacak bütün pompalar sfero döküm olmalı ve santrifüj pompalarda mekanik salmastra kullanılmalıdır.

e. Uzama: Yüksek yapılarda borularda sıcaklık ve uzun mesafeler nedeniyle uzama önemli mertebededir. PVC borularda ise uzama çelik boruların 7 katı mertebesinde (Şekil 6.23).

Kalorifer kolonlarında, sabit nokta yapılacak yerler belirlenmelidir. Uzama miktarı 30 mm'yi bulduğunda bir boru kompensatör kullanılmalıdır. Uzama miktarı, özel bransman ve esnek bağlantılar varsa en fazla 50 mm, klasik uygulamalarda ise 30 mm değerini aştığında ikinci boru kompensatör kullanılmalıdır. Bu amaçla özel olarak Hacı Ayvaz firması tarafından kalorifer tesisatı için üretilen kılavuzlu (yatakli) kompensatörler söz konusu tesisatta başarı ile kullanılmaktadır (Şekil 6.24).

Yaklaşık 1 m boru 100°C sıcaklık farkında 1 mm uzadığından, bransmanlar da dikkate alınarak kompensatörlerin her 30 m'de bir konulması uygundur. Kompensatör kullanılmıyorsa, boruda Omega yapılarak da uzama alınabilir. Omega (veya kompensatör) ilk ve son bransmanın ortasında yapılmalıdır (Şekil 6.25).

Alt kattan itibaren kolonda ilk sabit nokta, bodrumdaki yatay boru uzunluğunun yaklaşık iki katı bir mesafede teşkil edilebilir. Eğer bir tek kompensatör veya omega kullanılacaksa üst taraftaki sabit nokta sondan 3. veya 4. katta olabilir.

Çatıdaki havalık boruları kolonlardan sonra yaklaşık 5 m yatay uzunlukta olmalıdır. Radyatör bransman boruları uzamanın fazla olduğu noktalarda en az 2,0 - 2,5 m yapılmalıdır.

Duvar geçen bransmanlardan kaçınılmalı, zorunlu ise duvar geçişinde esnek kovan kullanılmalıdır.

En üst katın dönüş kolonu ile radyatör çıkış eksenindeki seviye farkı hesaplanan uzama değerinden yaklaşık 2 cm daha fazla olmalıdır. Yani pratik olarak 5 - 6 cm olmalıdır.

Eğer bu sağlanamıyorsa, dönüş kolonu üzerine bir parça ilave edip üzerine pürjör takılmalıdır (Şekil 6.26A). Radyatör bransman bağlantıları radyatöre direkt bağlanmamalıdır. Aksi halde pirinç vanadan veya ek noktasından kopar. Bu amaçla bir dirsek ve köşe radyatör vanası kullanılması, bransman uzunluğunun 1 - 2 m olması yararlı olacaktır (Şekil 6.26B).

Kalorifer kolonlarından duvar geçişlerinde,

- Esnek kovanlar oluşturulmalı,
- Bu sağlanamıyorsa bransmanlar duvarı geçmeden önce yaklaşık 2 m yatay ilerlemeli,

- Boru geçişlerinin olacağı duvarlarda korozyon riski nedeniyle Ytong tipi kireç esaslı malzeme kullanılmamalı veya borunun bu malzeme ile temasını önleyecek özel kovan kullanılmalıdır.

Boru geçiş delikleri yine aynı korozyon nedeni ile kesinlikle alçı ile doldurulmamalıdır.

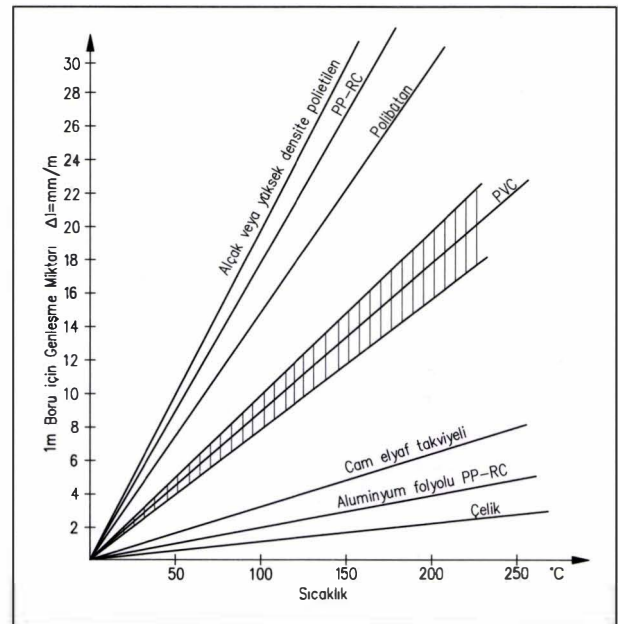
Kolonların döşeme geçişlerinde kovan kullanılmalıdır. Tesisat kesinlikle kaynaklı yapılmalıdır. Fittings kolonlarda ve kısa bransmanlarda kullanılmamalıdır.

f. Isıtıcı: Döküm ve panel radyatörler 4 bar işletme basıncına dayanacak şekilde üretilirler. Yüksek yapılar için radyatör sipariş verirken 6 bar işletme basıncında kullanılacağı siparişte belirtilmelidir. 4 bar ve 6 bar radyatörlerin fiyatları aynıdır. Eşanjör kullanılan yüksek yapılarda da statik basıncın 6 bar değerini geçmemesi, özel bir nedenle bu değer aşılabarsa, yüksek basınca dayanıklı Alurad veya benzeri ısıtıcılar kullanılması gerekir.

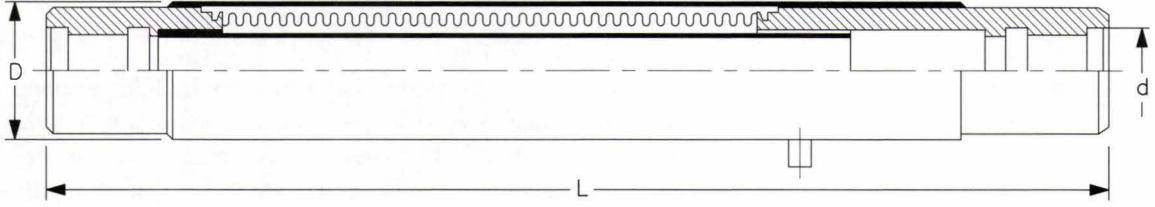
g. Yüksek statik basınçlı tesisatta kosva vana kullanmaktan kaçınılmalıdır (Boru uzamalarında zayıf nokta oluşturduğu için). Bunun yerine bütün radyatörlere dönüş vanası kullanılmalıdır. Kullanılacak sürgülü vanalar PN 10 kalitesinde olmalıdır.

6.3.2.2 Yüksek Binalar İçin Bacada Alınacak Önlemler

a. Baca sistemi seçiminde kenetlenmeli sistemler tercih edilmelidir. Kaynaklı sistemlerde kaynak bölgelelerinin sıcaktan etkilenmesi sebebiyle soğuma esnasında gevrekleşme olur ve bu bölgelerde kritik durumlarda çatlaklar meydana gelebilir. Baca gazları içerisindeki zehirli gazlarının bu çatlaklardan sızabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Çok katlı binalarda kullanılan çift cidarlı paslanmaz çelik bacaların ısı genleşmeleri dikkate alınmalı ve bu genleşmeleri absorbe



Şekil 6.23. ÇELİK VE PLASTİK BORULARDA GENLEŞME MİKTARI



AYVAZ - BORU KOMPANSATÖRÜ

PN 16 (+ 35 mm), (- 15 mm) genişlemeli

BORU DIŞ ÇAPI	Ød	mm	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
KOMPANSATÖR DIŞ ÇAPI	ØD	mm	32	38	48,3	60,3	77	77
KOMPANSATÖR BOYU	L	mm	255	240	265	300	300	300

Günümüzde yaşanan çok katlı yüksek binaların ısıtma ve sıcak su tesisatı kolon hatlarında sıcaklık değişiminden meydana gelen büzülme ve genişlemeler, borularda eğilmelere, gürültülere, bağlantı yerlerinden kopmalara, dış sıyrılmalara sebebiyet verir.

AYVAZ - BORU KOMPANSATÖRÜ AVANTAJLARI

- Kolon borularındaki genişlemeleri, gürültüleri zorlanmaları ve flambajları önler.
- Basınç kaybı yaratmadığı için enerji tasarrufu sağlar.
- Hazırlık ve montaj zamanının hem çok basit, hemde çok kısa olması işçilik maliyetini düşürür.
- Odalarda, hotelde, bürolarda, görünen kolon hatlarında rahatlıkla kullanılır, görüntü ESTETİK'tir.

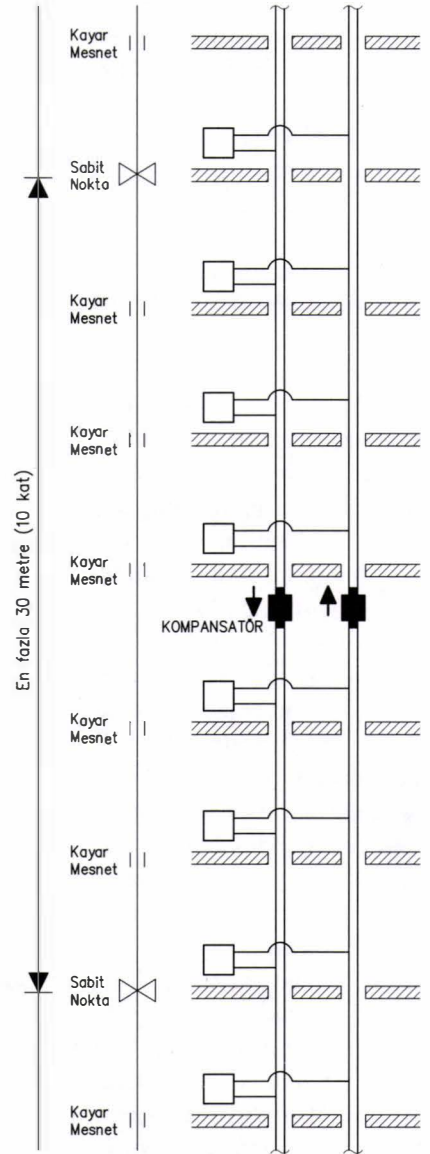
90°C / 70°C ısıtma tesisatı kolonlarında her katta yaklaşık 3 mm'lik genişleme olur. 7 katlı (21 metre) bir binanın kolon hattındaki genişleme havalık ve ana hat toplamasındaki dirseklerle alınabilir. 7 kattan yüksek binaların kolon hatlarında kullanılması zorunlu olan AYVAZ - BORU KOMPANSATÖRÜ, en fazla 30 metrede bir (10 katta bir) kullanılmalıdır.

Yandaki tabloda 0°C ile 100°C arasında çeşitli boru boylarındaki yaklaşık boru uzamaları milimetre olarak verilmektedir.

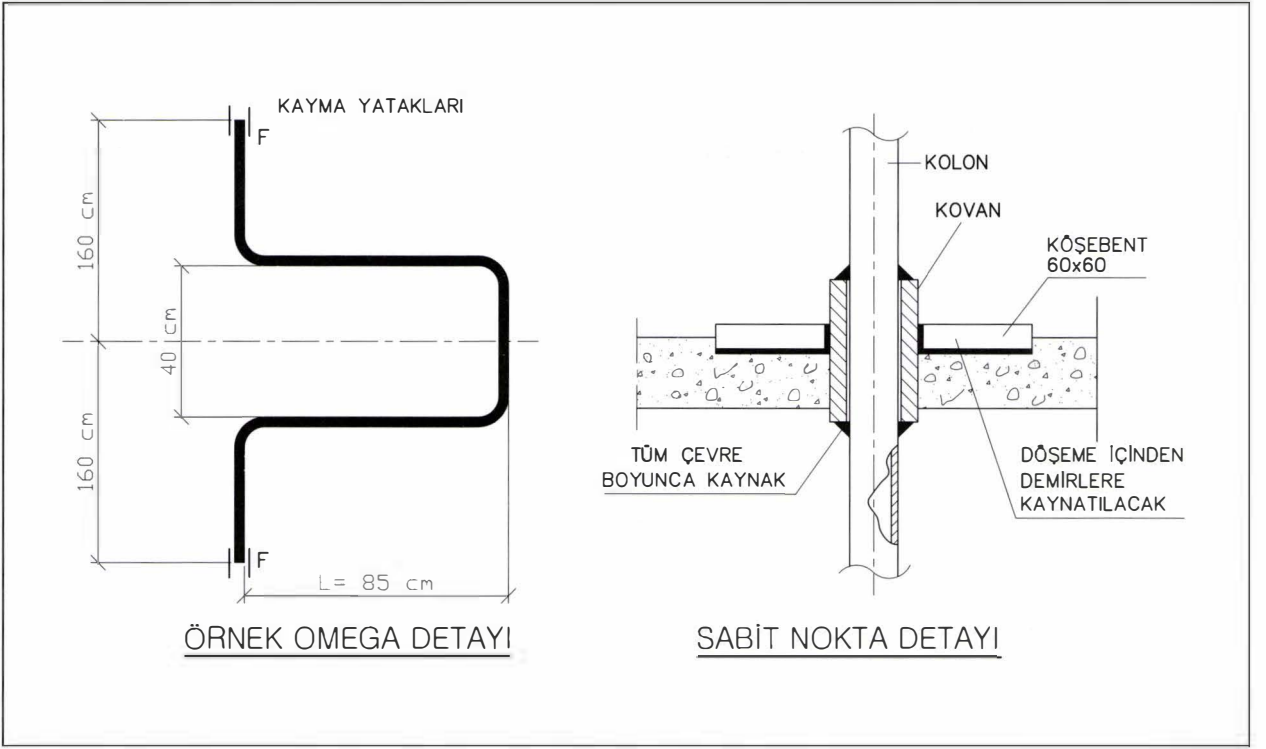
Örneğin 50 metre uzunluğundaki 90°C su taşıyan bir boru 50,5 mm genişlemektedir. Bir adet AYVAZ - BORU KOMPANSATÖRÜ'nün kullanılması gerekmektedir.

- İki sabit nokta arası en fazla 30 metredir. AYVAZ-BORU KOMPANSATÖRÜ, iki sabit noktanın arasına gelen kata, tavana yakın konumda monte edilir.
- Branşmanların kolona uygun eğimle bağlanması önerilir..

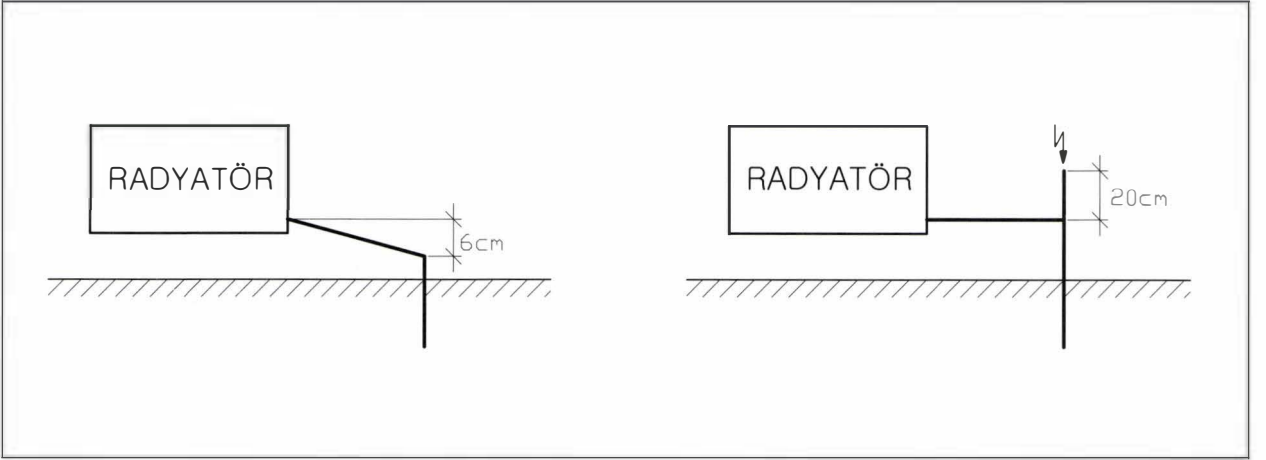
Mesafe (m)	Sıcaklık (°C)					
	m °C	60	70	80	90	100
20	13.2	15.6	17.8	20.2	22.6	
25	16.5	19.5	22.3	25.3	28.3	
30	19.8	23.4	26.7	30.3	33.9	
35	23.1	27.3	31.2	35.4	39.6	
40	23.1	27.3	31.2	35.4	39.6	
45	29.7	35.1	40.1	45.5	50.9	
50	33.0	39.0	44.5	50.5	56.5	
55	36.3	42.9	49.0	55.6	62.2	
60	39.6	46.8	53.4	60.6	67.8	
65	42.9	50.7	57.9	65.7	73.5	
70	46.2	54.6	62.3	70.7	79.1	
75	49.5	58.5	66.8	75.8	84.8	
80	52.8	62.4	71.2	80.8	90.4	
85	56.1	66.3	75.7	85.9	96.1	
90	59.4	70.2	80.1	90.9	101.7	
95	62.7	74.1	84.6	96.0	107.4	
100	66.0	78.0	89.0	101.0	113.0	



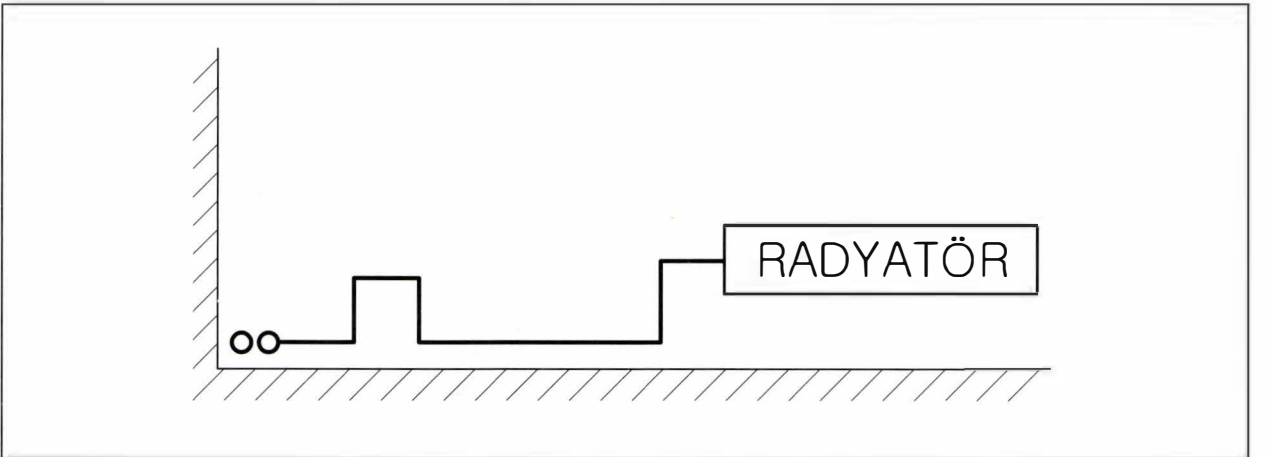
Şekil 6.24. KILAVUZLU (Yataklı) KOMPANSATÖRLER



Şekil 6.25. OMEGA (veya Kompansatör) YERLEŞİMİ



Şekil 6.26A. KOLON ÜZERİNDE PÜRJÖR



Şekil 6.26B. RADYATÖR BRANŞMAN BAĞLANTISI

etmek için baca sistemi üreticileri tarafından, kalite kontrollü fabrika şartlarında imal edilmiş genleşme elemanları kullanılmalıdır. Çift cidarlı baca sistemi yaparken iç cidarı sıcaklık değişimlerini karşılayacak şekilde dış cidardan bağımsızca hareket edebilmelidir.

b. Çok katlı binalarda düşük sıcaklık kazanı kullanılması durumunda bacaların çıkışa yakın kısımlarında yoğunlaşma olabilir. Bunun önlenmesi için çıkışa yakın bölgeye konulacak bir fan ile sıcaklık çığ noktası altına düşmeden baca gazları dışarı atılabilir. Diğer bir yol ise yardımcı hava düzeneği kullanmaktır. Bu düzenek baca gazının hızını arttırarak baca gazlarının yoğunlaşmadan dışarı atılmasını sağlar, kazanın yanmadığı sürelerde havalandırma yaparak baca içindeki ıslaklığı kurutma etkisi yapar ve yanmanın hava çekişindeki değişimlerden etkilenmeden düzenli olmasını da sağlar.

c. Birden fazla kazanın bulunduğu ısıtma istemlerinde zorunlu kalmadıkça aynı bacaya iki kazan bağlanmamalı ve bunların yakıtlarının ve brülörlerinin aynı tip olmasına dikkat edilmelidir.

d. Bacanın yoğunlaşma olacak bölgelerine yoğunlaşan suyun toplanarak drenaj edileceği kondens kollektörleri konulmalıdır. Duman kanallarında fazla yön değiştirmeden kaçınılmalı ve mümkünse uzunlukları baca yüksekliğinin maksimum 1/4'ü olmalıdır. Zorunlu haller dışında kanal baca bağlantısı 135° te parçaları ile yapılmalıdır. Her 30 m'de bir gözetleme/bakım parçası konulmalıdır.

e. Bacalara paratoner takılması ve topraklama hattının yapılması gereklidir. Duman gazı ve kurum yanmasının bina içinde yangına sebebiyet vermeyecek şekilde baca dış duvarlarının ısı yalıtımı yapılmalı ve baca bu yanmalardan etkilenmemelidir. Bacalar bina içerisinde çıkacak yangınlara karşı dayanıklı olmalı ve yangının ısı iletimi yoluyla diğer katlara geçmesini engellemelidir. Çift cidarlı bacalarda kullanılan izolasyon malzemesi yanmaz özellikte olmalıdır. Baca yanıcı bir zemin ya da tavanın içinden geçtiğinde 50 mm'lik bir serbest hava aralığı korunmalı ve yangın durdurucu eleman kullanılmalıdır.

f. Özellikle yüksek binalara bacanın çatıya son desteği 1,5 m aşacak şekilde yerleştirilmesi gerekli olduğunda, bu uzatma ek bir destekle donatılmalıdır. Bu amaçla bir germe teli kuşağı kelepçelenmeli ve bu kuşağa rijit germeler, tercihen demir köşebentler bağlanmalı ve bölgedeki ortalama rüzgar hızı kontrol edilmelidir.

6.3.2.3 Çatı Isı Merkezleri

Yakıt olarak fuel oil, motorin veya kömür kullanımı ısı merkezinin çatıda oluşturulmasında en önemli sakınca, yakıtın çatıya taşınması, depolanması ve bu depolanmanın getirdiği statik yüklerdir. Oysa doğal gaz söz konusu olduğunda kazan dairelerini çatı katında düzenlemek büyük avantajlar sağlamaktadır. Özellikle atmosferik brülörlü döküm doğal gaz kazanları ile çatı ısı merkezleri mutlaka birlikte

düşünülmesi gerekli kavramlar olarak eski ve yeni bütün yapılarda değerlendirilmelidir. Bu yolla önemli ölçüde avantaj ve farklılık yaratmak mümkündür. Isı merkezinin çatıda oluşturulması, doğal gaz kullanımını halinde teknik ve ekonomik avantajları yanında, bazen yapı kullanımı açısından da bir gereklilik olabilmektedir. Örneğin,

- Bodrum katta park yeri veya çeşitli amaçlı kullanım sahaları kazanabilmek (Büyük marketlerde alışveriş sahası, tek aileli evlerde hobi odaları, jimnastik salonu vs),
- Yüksek zemin suyu seviyesi veya kayalık temel nedeniyle.

Daha detaylı bilgi için; Çatı Isı Merkezleri bölümüne bakınız (V. Bölüm).

6.3.3. YÜKSEK YAPILARDA KLİMA TESİSATI

6.3.3.1 Mimari Yerleşim Özellikleri

Farklı klima sistemlerinin yerleşiminde, toplam alanın yüzdesi olarak teknik hacim ihtiyaçları yaklaşık olarak aşağıdaki gibi gerçekleşmektedir:

Isı kazanımlı üniteler + Primer hava	%5
Çevre indüksiyon	%5
Fan coil + Primer hava	%5
Soğuk tavan + Primer hava	%5
Tek kanallı tam havalı sistemler	%7
Çift kanallı tam havalı sistemler	%8
Perimetre ısıtılmalı VAV sistemi	%7
Amerikan sistem	%2 - 4

Buna göre;

- Ayrılan tesisat alanlarının toplam alana oranı %4 - 8 mertebesinde olmalıdır.
- Ana makina dairesi yüksekliği 5,0 - 5,5 m olmalıdır.
- Ara tesisat katı yüksekliği en az 4,0 - 4,5 m net olmalıdır.
- Klima santral seçimlerinde tek santralde yer kaybı, kat yüksekliği, ses - konfor, hava kanal dağıtımı, servis kolaylığı gibi nedenlerle 25.000 m³/h debinin üzerine çıkılmamalıdır.

Komple klimatize edilen yapılarda cihazlar için ayrılması gerekli yaklaşık alanlar:

Soğutma grupları (1.000 kW'a kadar) 8 m²/100 kW soğutma yükü

Soğutma kuleleri 3 m²/100 kW soğutma yükü

Havalandırma ve klima santralleri 0,0035 m²/(m³/h) hava debisi

Uygulanan sistemlere göre, 500 m² kat alanına sahip ofis binalarında gerekli net asma tavan içi yükseklik:

Soğuk tavan + Taze hava besleme + Egzost 500 mm VAV tek kanallı 400 - 600 mm

Tavan tipi fan coil 500 mm

Su kaynaklı ısı pompası + Taze hava + Egzost 550 mm

Çift kanallı sistemler 600 mm

Amerikan sistem klima 350 - 400 mm

Teknik hacimlerin belirlenmesinde;

- Basınç zonlaması,
- Boru ve kanal boylarının minimize edilmesi,
- Sistem dirençlerinin minimize edilmesi gibi konular gözönünde tutulmalıdır.

Farklı ünitelerin yerleşiminde öneriler aşağıda sıralanmaktadır:

a. Soğutma Kuleleri: Soğutma havasına ihtiyaç olduğundan en uygun yer çatıdır. Ancak kazan bacalarından etkilenmemesi için hakim rüzgar yönüne dikkat edilmelidir.

Aksiya fanlı kulelerin enerji tüketimi çok daha fazladır.

b. Soğutma Cihazları: Cihaz yükünü taşıyacak bir yapının olması, ses ve titreşim geçişinin problemsiz olarak engellenebilmesi kaydıyla, soğutma cihazları çatıya yerleştirilebilir. Ancak yapı statığı ve enerji beslemesi nedenleriyle, su soğutmalı çillerin bodrum katlara konulması daha doğrudur.

c. Havalandırma ve Klima Cihazları: Klima cihazları şaft alanlarına uygun olarak katlara yayılmalıdır. Basınç zonlarındaki uygun hacimlere santraller yerleştirilmelidir.

6.3.3.2 Yangın Damperlerinin Kullanımı

Yangın bölmeleri arasından geçen düşey hava kanalları en az 2 saat yangına mukavim şaftlar içine yerleştirilmelidir. Yangın korumalı şaft içine yerleştirilmiş düşey kanalların branşman çıkış veya girişlerinde, branşmanların şaft duvarını deldiği her yere yangın damperleri konulmalıdır.

Bu damperlerin yangın dayanımları içine yerleştirildiği yangın bölme duvarınıninkine eşit olmalıdır.

Bir şaft içine yerleştirilmemiş olup da katlar arasında yangın ayırımı yapan bir döşemeyi delen her hava kanalının döşemeyi deldiği her noktaya, döşeme ile aynı yangın mukavemetine sahip yangın damperleri konulmalıdır.

Aşağıda tarif edilen hava kanalları içine veya bunların duvar geçişlerine yangın damperleri konulmamalıdır:

- Yangın esnasında duman egzostu için kullanılacak tüm hava kanalları,
- Mutfak egzostu kanalları (Bu kanallar mutfak dışında, içten ve dıştan yangına dayanıklı olarak izole edilmelidir.),
- Yangın merdivenleri ve merdiven sahanlıkları basınçlandırma sistemi kanalları.

6.3.3.3. Yüksek Yapılarda Otomatik Kontrol ve Bina Otomasyon Sistemi

Çiller ve kazanların otomatik olarak devreye sokulması, tüm pompaların, soğutma kulelerinin, havalandırma sisteminin, klima santrallerinin, VAV kutularının kontrolü ve izlenmesi için mikroişlemci bazlı bir bina otomasyon sistemi tesis edilmelidir.

Bina otomasyon sistemi ile yangın alarm ve güvenlik sistemi aynı protokolü kullanmalı ve rahatça haberleşebilmelidir. Binadaki elektrik ve sıhhi tesisat sistemleri de bina otomasyon sistemi tarafından kontrol edilmeli ve izlenebilmelidir.

Bina otomasyon sistemi, lokal DDC panelleri, sistem ve ağ kontrolörleri, merkezi bilgisayar ve ona bağlı alt istasyonlar ve bir ağdan oluşan, dağınık bir kontrol sistemi (distributed control system) olacaktır.

Bina otomasyon sistemi genel olarak şunları sağlayacaktır:

- Havalandırma, klima, hava filtreleri, elektrik sistemleri, aydınlatma, VAV kutuları ve bu sistemlere bağlı bütün makina ve ekipmanın gözlenmesi, otomatik veya elle merkezi bilgisayar üzerinden çalıştırıp, durdurulması ve otomatik kontrolü,
- Sistem entegrasyonu, koordinasyonu ve izlenmesi,
- Zon ve mahal sıcaklıklarının sürekli olarak gözlenmesi ve bütün değişkenler için en alt ve en üst sınırlar için alarm verilmesi,
- VAV kutularının, klima santrallerinin sıcaklık, statik basınç, hava akımı gibi değişkenlerinin, lokal paneller ile direkt dijital kontrolü (DDC),
- Bütün modülasyon kontrol devrelerinin direkt dijital PID kontrolü,
- Bina otomasyon sistemine bağlı tüm sistemler için raporlama, alarm kontrolü, tarihçe, yazılı ve grafik takip ve kumandası,
- Soğutma, ısıtma, elektrik, enerji kullanımlarının takip edilmesi ve sistemlerde enerji optimizasyonu programları vasıtasıyla enerji kullanımının minimize edilmesi,
- Bakım programlaması,
- Sistemlerdeki, makina ve ekipmanlardaki arızaların kolayca tespit edilmesi,
- Bütün sistemlerin otomatik olarak, insan müdahalesi olmadan çalıştırılması,
- Enerji faturalama sistemi oluşturulmalıdır.

6.3.3.4 Yüksek Yapılarda Klima Sistemi Seçimi

Yüksek yapılarda mekanik tesisat (ısıtma, soğutma, havalandırma, yangın ve sıhhi tesisat) ve elektrik tesisatının maliyeti, arsa hariç toplam inşaat maliyetinin yaklaşık %35'i kadardır ve her zaman %25'inden fazladır.

Binanın kullanım amacına hitap eden mekanik ve elektrik ekipmanlarının kapladığı alanlar ve tesisat şaftları için de brüt bina alanının %7-%10 arasında yere ihtiyaç vardır. Ayrıca binanın dış görünüşü ve bina çekirdeği de binadaki sistemin seçiminden etkilenir.

Bu yüzden sistem seçiminde tüm takım (mal sahibi, mimar, proje ve taahhüt firma yetkilileri) görev almalıdır. Yüksek yapılarda klima sistemi kurmak deyince akla, sistem seçimi, monte edilen cihazların detayları, seçilen sistemin çalışabilmesi için cihazların monte edileceği yerlerin belirlenmesi gibi konular gelir. Gerekli olan

HVAC sisteminin ve ilave ekipmanların seçiminde minimumda aşağıdaki konular dikkate alınmalıdır:

- Yatırılacak sermayenin maliyeti (finans maliyeti)
- O anki ve gelecekteki potansiyel kullanıcıların ihtiyaçları
- Mimari ve konstrüktif engeller ve hedefler
- Kullanıcıların beklentileri harici beklentiler ve binanın çevre ile ilişkisi
- Yaşam mahallerindeki akustik ortam
- Sismik ihtiyaçlar (uygulanabiliyorsa)
- Enerji tüketimi ve kullanılacak enerjinin cinsi
- Yıllık işletme ve bakım masrafları
- Duman tahliye ve yangından korunma ve söndürme sistemleri

Dikkat edilecek hususlar listesi alçak bir bina için hazırlanmış da bundan farklı olmamaktadır. Alternatif sistemler yaratmak her zaman mümkün olmakla birlikte, yüksek binalarda alternatif sistemler, alçak binalara göre daha limitlidir.

a. Klima Sistem Alternatifleri

Yüksek binalarda kullanılabilecek bir çok farklı alternatif sistem vardır. Sistemlerin detaylı alternatifleri projenin deneyimine ve hayal gücüne bağlı olmakla birlikte, primer sistemler tam havalı ve hava-sulu sistemlerin varyasyonlarıdır.

Soğutucu akışkanlı üniter sistemler, örneğin duvara konan cihazlar, çekirdek zondan hava yollayan tam havalı sistemler ile birlikte kullanım bulmaktadır. Ancak bu sistem kombinasyonu, ilk inşa edildiğinde klima sistemine sahip olmayan binalarda klima tesisi kurulması ve alçak binalardaki kullanımları ile sınırlıdır. Bu sistemler, birinci sınıf yüksek binalarda, doğal eksiklikleri sebebiyle seyrek olarak kullanılırlar. Bu eksiklikler; enerji tüketiminin daha fazla olma ihtimali, her cihazda periyodik filtre değişimi, her cihazda periyodik soğutma ve kondenser bataryalarının temizlenmesi, kısa ekipman ömrü, yığılma etkisine karşı ve cihaz içinden geçen havaya karşı güçsüz kalması, birinci sınıf bir ofis binasında kabul edilmeyecek düzeyde yüksek ses seviyesi, yetersiz filtreleme, havalandırma havasının iyi kontrol edilememesi, kompresörlerin on-off çalışma prensibi yüzünden ortamda kabul edilemeyen sıcaklık dalgalanması gibi çevresel problemlerdir.

Yine Amerika'daki yüksek binalarda limitli kullanılan soğuk tavan sistemi gibi panel tipi soğutma sistemleri vardır. Bu sistemler, ilk inşa edildiklerinde klima sistemine sahip olmayan binalarda daha sonra klima istendiğinde, mevcut mekanlarda minimum etki ile monte edilebildiklerinden, Avrupa'da dönüşüm ve yenileme alanında kullanım bulmuşlardır.

Tam havalı VAV sistemleri bir çok değişik konfigürasyon ile yüksek binalarda en fazla kullanılan sistemlerdir. VAV sistemi için şartlandırılmış hava merkezi bir fan odasından veya kat bazındaki klima sisteminden sağlanır. VAV sisteminde oda sıcaklığı kontrolü,

odadaki soğutma ihtiyacına göre odaya gönderilen soğuk hava miktarı değiştirilerek sağlanır. Daha önceleri yüksek binalarda kullanılan tam havalı sistemlerde ise, sabit hava debisi ve bu havanın reheating ile veya iki kanallı sistemlerde sıcak hava kanalı ile soğuk hava kanalı arasında karışım yaparak sıcaklık kontrolü yapıldı. Bu alternatiflerin fazla enerji tüketmesi sebebiyle, bu sistemler artık yüksek binalarda oldukça az kullanılmaktadır. VAV terminaleri veya kutuları yüksek bloklarda kullanılmak üzere çok çeşitli konfigürasyonlarda olabilir. Tüm bu konfigürasyonlarda oda sıcaklığı kontrolü, üflenen soğuk hava miktarı değiştirilerek sağlanır. Projelerin çoğuna basınç-bağımsız terminaler önerilir. Yıl boyunca dış hava sıcaklığından bağımsız olarak sürekli soğutma ihtiyacı olan iç zonlar, aşağıdaki 3 alternatif VAV kutusundan birini kullanabilir.

- Soğutma yükü düştüğünde üflenen havayı direk olarak azaltan VAV kutusu: Bu tip terminaler ticari bina projelerinde çok kullanılırlar. Bu tip kutular en düşük yüksekliğe sahip olduklarından avantajlıdır. Dezavantajları ise, düşük soğutma yüklerinde, odada zayıf bir hava sirkülasyonuna sebep olacak kadar havayı azaltmalarındır. Bu dezavantajı önlemenin yolu, terminalde bir minimum hava debisi set etmek ve bu debinin altına indirmemektir.
- Soğuk hava ile ortamdan dönüş havasını karıştırarak ortama sabit debide hava veren seri akışlı fan-powered VAV terminali: VAV terminalinde ortama sabit debide hava göndermeye yarayan küçük bir fan vardır. Terminaldeki fan sürekli devrededir. Bunun sonucunda VAV kutusundaki basınç kaybı VAV'nin fanı tarafından yenildiği için, merkezi santralin fanı enerjisi azalır. Ancak VAV kutusundaki fan çok düşük verimli olduğundan, sistemin toplam enerji tüketimi genelde VAV kutulu sistemden biraz daha fazladır. Toplam enerji tüketiminin biraz fazla olması genelde çok önemli değildir ve terminal seçiminde seyrek olarak dikkate alınır. Fan-powered kutunun avantajı her türlü yük durumunda ortamda sabit bir hava debisi olması ve böylece her türlü yük durumunda sabit hava debisi mükemmel bir hava dağılımı sağlamasıdır. Bu eğer düşük sıcaklıktaki hava dağıtılan hava debisini ve sistem havasının dağıtımı için gerekli olan enerjinin azaltılması için kullanılırsa, önemlidir.
- Merkezden gelen hava debisini kısarken, aynı anda endüksiyon ile ortam havasını karıştırarak, ortama sabit debide hava veren endüksiyon kutusu: bu cihazlarda, endüksiyon için gerekli olan hızlara ulaşabilmek için daha yüksek iç statik basınç gereklidir, buda merkezi sistemdeki fan enerjisi ihtiyacını artırır. Bundan öte bu tip cihazlarda işletme problemleri de olduğundan büyük projelerde kullanımı azdır. Ticari binalarda kullanım bulsa bile, tasarımcıların çok sık kullanmadığı bir terminal tipidir.

Dış zonlar da bu üç VAV tipinden biri kullanılabilir, ancak ısıtma ihtiyacı olan yerlerde ilave ısıtıcı da tasarlanmalıdır. Bu VAV terminali dışında iki alternatif ile yapılabilir:

- Birinci olarak dış yüzeylerde özellikle cam önlerine radyatör veya sulu ısıtma konvektörü eklenebilir. Konvektördeki su akışı termostatik olarak kontrol edilmeli ve ayrıca ısıtma su sıcaklığı dış hava sıcaklığına bağlı olarak da değiştirilmelidir.
- İkinci alternatif ise dış duvarlarda elektrikli ısıtıcı kullanılmasıdır. Bu ısıtıcı VAV terminalinden bağımsız olarak termostatik kumanda edilir.
- Isıtma ile ilgili bir başka yaklaşım da, VAV kutusunun içine sulu veya elektrikli batarya koymak ve VAV kutusu minimum hava debisinde olmasına rağmen oda sıcaklığı düşüyorsa bu ısıtıcıyı çalıştırmaktadır.

b. Düşük Sıcaklıklı Havalı VAV Sistemleri

Yukarıda anlatılan tüm uygulamalar, üfleme havası sıcaklığı ile oda sıcaklığı arasındaki farka bakılarak tasarlanır. Bu sıcaklık farkları 8°C (16°F) ile 10°C (18°F) arasındadır. Üfleme havası sıcaklığı 14°C ile 16°C arasındadır. Son günlerde birçok binada düşük sıcaklıklı üfleme havası [9°C (48°F) ile 10°C (50°F)] sistemleri tasarlanmaktadır, bu durumda sıcaklık farkı yaklaşık 16°C (28°F) olur.

Düşük sıcaklıkta hava, soğutma grubu çıkış sıcaklığı 4,5°C'ye (40°F) ayarlanarak elde edilebilir. Eğer projede buz depolama var ise, elektrik yükünü azaltmak için, 4,5°C'deki (40°F) su buz depolama tasarımının bir parçası olarak da elde edilebilir. Düşük sıcaklıkta hava kullanımı buz depolama için bir argüman değildir, düşük sıcaklıkta hava soğutma grubunun düşük sıcaklıkta su üretmesi ile elde edilir. Eğer soğutma grubu 4,5°C (40°F) su veriyor ise, soğutma sisteminin işletme gideri artacak ve soğutma grubu ekonomizer devresi kullanılmadan uzun süre devrede kalacaktır. Bundan başka bu sıcaklıklara ulaşmayan absorpsiyonlu soğutma gruplarının da kullanımı mümkün olmamaktadır. Düşük sıcaklıklı hava sistemi çözümünün önemi, bu durumda binaya verilen hava miktarının önemli ölçüde azalmasıdır. Bu şekilde hava miktarının azalması ile fan enerjilerinden yapılan tasarruf soğutma grubunun ilave harcayacağından fazladır. Bu tip düşük sıcaklıklı havalı uygulamalarda, özellikle iç zonlarda düşük hava debisinin tasarım debisinin altına düşmesi için, fan powered VAV kullanılması zorunludur.

c. Hava-Su Sistemleri

Tarihsel anlamda hava-su sistemleri endüksiyon sistemleriyken günümüzde bu sistemlerde fan coil kullanılmaktadır. Bu çözümde binanın dış zonuna duvarlara fan coil konarken, iç zonda tam havalı VAV sistemleri, dış zonda da sabit debili havalandırma sistemi kullanılır. Yüksek binalarda kışın ısıtma ihtiyacı olan yerlerde genelde 4 borulu fan coil tasarlanır. İç zonlara hava veren kanal sistemi üzerinden dış zona'da

gerekli olan hava verilebilir, ancak dış zonda havalandırmayı garanti altına almak ve her zaman hava hareketlerini sağlamak için sabit debitli kutular kullanılır. Hava-su sisteminin avantajı üfleme havası ve dönüş havası sistemlerinin kapasitesinde azalma ve tam havalı sistemlerin kanallarına göre daha küçük boyutta kanal sistemine sahip olmasıdır, ayrıca cihazların yerleştirileceği mekanik oda büyüklüğünün azalması, tavan arasında daha az yer ihtiyacı olması da avantajdır. Ancak hava-su sisteminde ısı değiştiriciler ve pompalar için mekana ihtiyaç duyulmaktadır. 1.bölümde de anlatıldığı üzere, tavan arasında daha az yer ihtiyacı olacağından dış duvar maliyeti ve binadaki diğer diğer elemanların maliyeti azalacaktır.

d. Döşmeden Havalandırma Sistemleri

Döşmeden havalandırma sistemlerinde, yükseltilmiş döşemenin altında kalan yer dağıtım plenumu olarak kullanılır veya terminal cihazlar buraya yerleştirilir. Bu sistem terminallerin tavan arasına yerleştirildiği sistemler ile zıtlık yaratır. Her iki sistemde eğer uygun şekilde tasarlanmış iseler kullanıcıların konfor şartlarını sağlar. Döşmeden havalandırma sistemleri yükseltilmiş döşeme maliyeti sebebiyle ilk yatırımı yüksek sistemlerdir. Ancak yükseltilmiş döşemeden enerji kablolama ve bilgisayar altyapısı için de faydalanılabileceğinden yükseltilmiş döşeme maliyeti projelerde uygun çıkabilir. Bu ilave kullanım imkanına bakılmaz ise döşemeden havalandırma sistemleri; hem yükseltilmiş döşeme maliyeti yüzünden hem de kat yüksekliklerinin daha fazla olması ve bu yüzden dış duvarların, iç şaftların, merdiven ve boruların maliyetinin daha yüksek olması sebebiyle, bu sistemin kullanımını kararını verdirmeyecek kadar pahalıdır.

Döşmeden havalandırma sistemlerinin tasarımında çok farklı uygulamalar vardır. Döşemeden havalandırma sistemlerinde havanın dağıtımında yer değiştirmeli havalandırma prensibi kullanılır. Tasarımında tam havalı sistemde kullanılır ve hava kat döşemesi ile yükseltilmiş döşeme arasındaki plenumdan dağıtılır. Şartlandırılmış hava, soğuk üfleme havası ile sıcak dönüş havası karıştırılarak 16-18°C (60°F - 64°F) gibi yüksek sıcaklıklarda sağlanır.

Bu karışım havası daha sonra yükseltilmiş döşemede ki çıkışlardan düşük hızla dışarı çıkar ve dikey olarak tavana doğru kendi kaldırma kuvveti ile yükselir. Yukarı çıkarken insanların ve ekipmanların ısısını üzerine alır. Tavan dönüş plenumu gibi dönüş havasını toplar ve hava buradan merkezi sistemle veya kat bazlı sistemle geri döndürülür. Asma tavanın üzerindeki plenum, üfleme havası kanal sistemi olmadığı için, diğer sistemlere göre daha az olmaktadır. Döşemeden havalandırma sistemleri içinden kullanım alanı bulan bir başka sistem de;

Tam havalı terminallerin veya fan coilin dış zonda yükseltilmiş döşemenin altında olduğu durumudur.

Dış zonda bulunan ve termostatik olarak kontrol edilen terminal ile değişen yüklerde kapasite kontrolü ile avantaj sağlanabilir. İlaveten, kapasitesini yüke göre değiştiren ve tam havalı terminallere göre daha fazla kapasite verebilen Fan coillerin kullanımı yüksek ticari binalarda özellikle dış cephede büyük camların olduğu durumlarda maliyet düşümü sağlamaktadır. Fan coil kullanılan sistemde de aynı tam havalı terminallerdeki gibi hava yükseltilmiş döşemedeki ızgaralardan çıkmakta ve mekandaki tavan dönüş plenumu şeklinde çalışmaktadır.

Avrupa'daki projelerin neredeyse tamamında enerji hatları ve bilgisayar / data hatları için yükseltilmiş döşeme kullanıldığı için, döşmeden havalandırma sistemlerinin önemi kabul edilmiştir. Bu sistemlerin ABD'de kullanımı olsa da sınırlıdır. Bu sınırlamanın nedenleri, ABD'de yükseltilmiş döşeme kullanımının az olması ve bir hava plenumundan geçen kablolar için ulusal elektrik standartlarının özel kablo kanalı veya plenum garantili özel kablo kullanma zorunluluğu getirmesidir. Eğer döşeme plenumu sadece kablo için kullanılıyor ise böyle zorunluluk yoktur, ancak aynı plenum hava dağıtmak içinde kullanılırsa zorunluluk doğar. Bu kablolanın maliyetini arttıracaktır ve sistem seçiminde önem kazanacaktır.

Gelecekte VAV terminalli veya fan coil'li döşmeden havalandırma sisteminin daha fazla kullanılacağı düşünülmektedir. Bu sistemlerde mekanlarda kullanım amaç değiştiğinde sadece döşeme menfezinin yerini değiştirmek yeterli olmaktadır. Mekan iç kullanımındaki değişikliklerin bu sistemde ucuza mal olması bu sistemin seçiminde avantaj sağlamaktadır.

Yüksek ticari binalarda havalandırma sistemleri dağıtım kanal yapısı bazında iki ana kategoriye ayrılır.

Birincisi mekanik tesisat odasına yerleştirilmiş merkezi klima sistemi ve bu sistemden beslenen bina katları.

İkinci kategori ise her katta klima sistemi ve sistemin sadece bulunduğu kata hizmet vermesi.

Kat bazında klima sistemi iki alternatif konfigürasyona sahiptir. Bunlardan birincisi soğuk su ile çalışan santraller ikincisi ise direk gerçekleşmeli klima sistemleridir.

6.3.3.5. Yüksek Yapı Uygulamalarında Sistem Önerileri

Yüksek yapılarda uygulanacak klima sistemleri başta sayılan bütün şartları aynı anda sağlayabilecek yetekte olmalıdır. Yapıların klimatizasyonunda:

- Tüm havalı sistemleri (all - air systems)
 - Hem hava hem su kullanan sistemler (air-water systems)
 - Tüm su kullanan sistemler (all - water systems)
- kullanılabilir. Tüm su kullanan sistemlerde havalandırma sakıncası olduğundan genelde bu tip yapılarda tek başına kullanılmamalıdır. Yüksek yapıların giriş

lobi, konferans salonu, yemekhane gibi bazı bölümlerin klimatizasyonunda tüm havalı sistemler kullanılabilir. Özellikle kule katlarında kullanılacak sistemin belirlenmesi yapılacak fizibilite işletme ve bakım onarım avantajları, konfor üstünlüğü göz önüne alınarak yapılmalıdır.

Son zamanlarda yüksek yapılarda ağırlıklı olarak kullanılan alternatif sistemler aşağıda 8 başlık altında toplanmıştır. Doğal olarak seçenekler bunlarla sınırlı değildir.

a. Sistem 1

İÇ ZON: VAV

ÇEVRE ZONU: VAV + konvektör veya radyatör ile statik ısıtma

Bu sistemde örnek fonksiyon şeması olarak *Şekil 6.27* verilmiştir. Örnek, şematik tek kat planı ise *Şekil 6.28*'dedir.

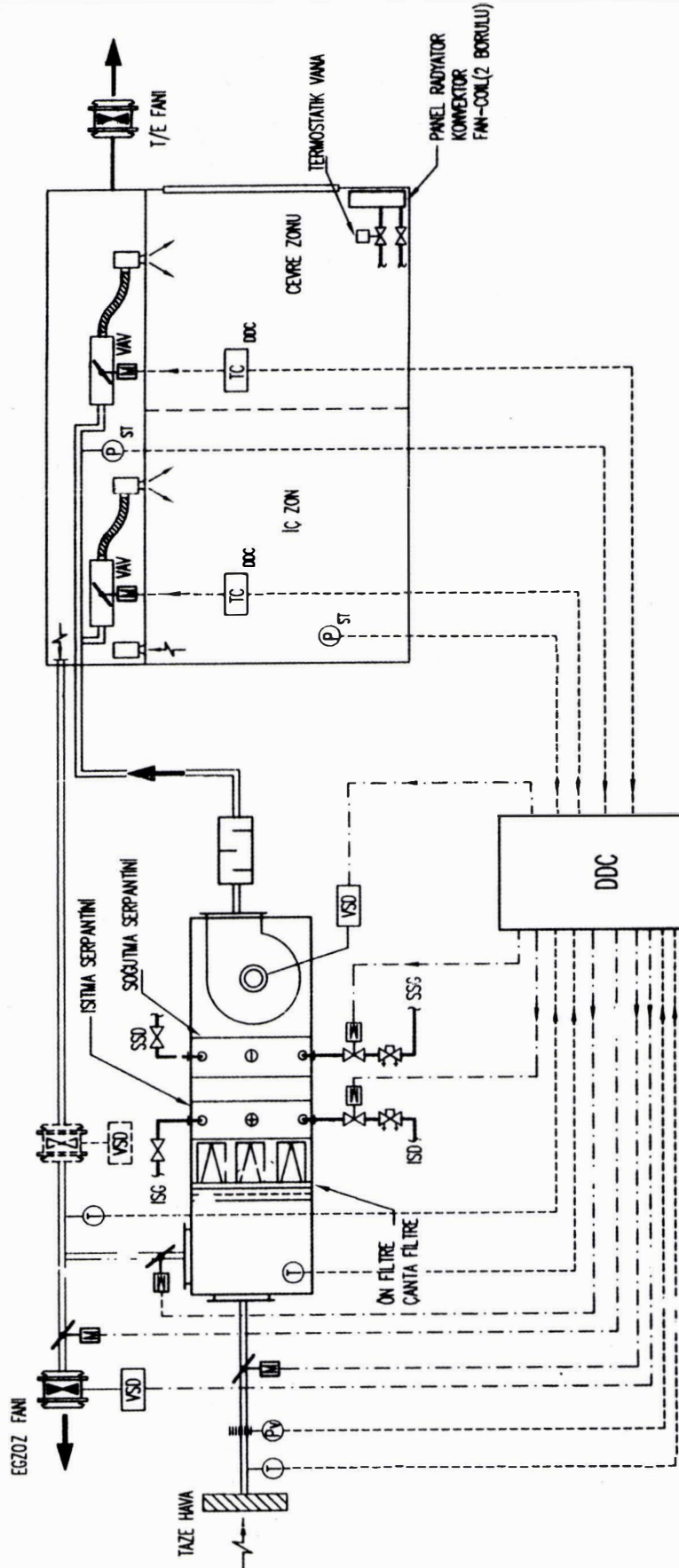
Bu çözümde çevrede sıcak sulu radyatör (veya konvektör) sistemi, kışın ısı kayıpları ile enfiltrasyonu karşılar. Bu ısıtıcı elemanların su girişlerinde termostatik kontrol vanası olmalıdır. VAV sistemi bir klima santralinden beslenir. Bu santralde üfleme havası filtrelenir ve şartlandırılır. Hem soğutma ve hem de serpantini vardır. Kışın sabah ilk saatlerde ön ısıtma gerekebilir. Kışın ayrıca sıcaklığının çok düşük olduğu zamanlarda içeri alınan soğutma havasının bir miktar ısıtılması gerekebilir. VAV sistemi esas olarak, hem iç zonda ve hem de dış zonda bütün yıl boyunca soğutmaya çalışır ve her iki zonun taze hava ihtiyacını da karşılar. Bu nedenle minimum açıklık ayarı bulunmalıdır. Egzost fanı asma tavan içi plenumuna bağlı dönüş kanalı üzerindedir. Kışın VAV sisteminden 15 - 17°C sabit sıcaklıkta çevre zonuna verilen havanın ortam sıcaklığına yükseltilmesi için gerekli olan ısıtma enerjisi de çevre zondaki statik ısıtma sistemince karşılanır. Söz konusu enerjinin kayıp olarak değerlendirilmemesi gerekir. Kış koşullarında dışarıdan alınan soğuk hava ana santralde üfleme sıcaklığına kadar ısıtılır. Bunun üstündeki ısıtma çevre zona yerleştirilen radyatörlerle karşılanmaktadır. Kış döneminde mekanik soğutma devrede değildir.

Bu durumda çevredeki ısıtma sistemi kapasitesi hesaplanırken:

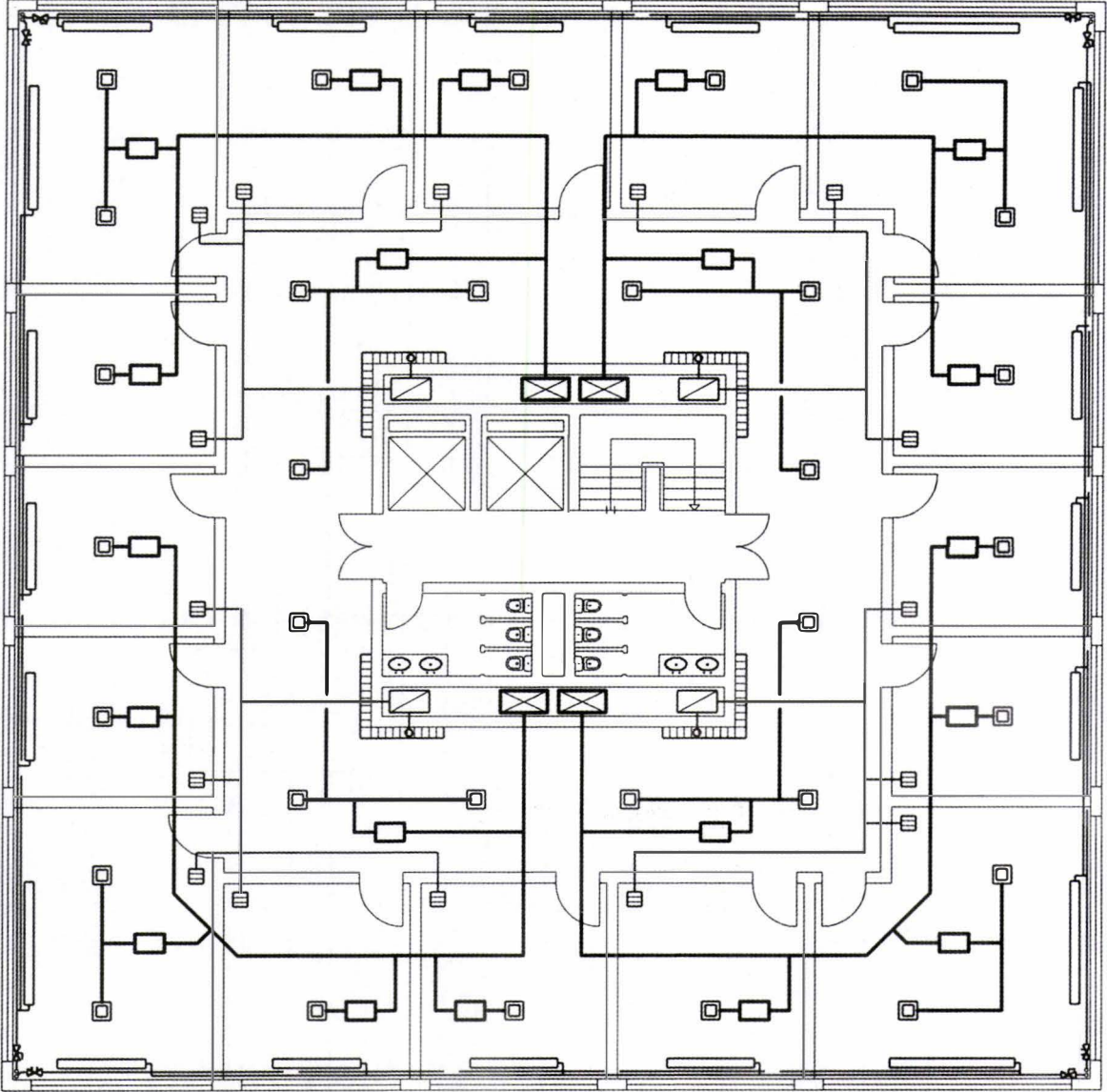
- Zonun iletimsel ısı kaybı,
- Zonun enfiltrasyon kaybı,
- VAV minimum hava debisi 22°C'ye ısıtılması için gerekli ısı dikkate alınmalıdır.

Avantajları:

- Kolay ekonomik gece ayarı yapımı/sabah ısıtma operasyonu,
- Zon kontrolü için mükemmel bir esneklik,
- Pencere altına ısıtıcı yerleştirilmesi, muhtemel down - draft problemine en iyi çözüm olması,
- Sadece bir tek klima cihazı ve bir tek kanal sistemi olması,



Şekil 6.27. İÇ ZON VAV, ÇEVRE ZONU VAV + RADYATÖRLE STATİK ISITMA SİSTEMİ



V.A.V. SANTRAL + RADYATÖR SİSTEMİ 1

- NOT : 1-) RADYATÖRLERDE TERMOSTATİK RADYATÖR VANASI KULLANILMALIDIR.
2-) V.A.V. KLİMA SANTRALI HAVA ÇIKIŞ SICAKLIKLARI YAZIN 14 °C, KIŞIN 16 °C OLMALIDIR.
3-) V.A.V. BOX ÇIKIŞLARINDA ELEKTRİKLİ ISITICI OLMALIDIR.

Şekil 6.28. VAV SANTRALI + RADYATÖR SİSTEMİ KAT PLANI TEK HAT ŞEMASI

- Besleme havası hacim sıcaklığından daha düşük sıcaklıkta olduğundan daha iyi bir hava dağılımı sağlaması,
- Mevsim geçiş dönemlerinde dış taze hava oranının arttırılması ile serbest soğutma yapabilme kabiliyeti ve iç hava karışımı daha yüksek olması,
- Dönüş havası kullanılarak besleme havasının ısıtılması (geçiş mevsimlerinde),
- Dönüş - egzost sistemi ile dış hava soğutma imkanı (ısı geri kazanımı) kolaylıkla uygulanabilmesi,
- Duman egzost sistemi için ilave yatırıma gerek olmamasıdır.

Dezavantajları:

- İlk yatırım maliyeti yüksektir.
- Kovektör veya radyatörün çevre zonda kullanılması burada yer kaybına neden olmaktadır.
- Çevre zon ısıtılmasıyla iç zonun birbiriyle karşılaşmasını önlemek için dikkatli bir tasarım gerektirir.

b. Sistem 2

İÇ ZON: VAV

ÇEVRE ZONU: Sabit hava debili (CAV) + Dört borulu fan coil

Bu sistem çevredeki fan coil sistemi kışın ısı kayıpları ile enfiltrasyonu karşılar. Böylece çevredeki ısıtma, ısıtma ve soğutma fan coil sistemiyle karşılanır. Tek klima santral kullanıldığında, bu santralden elde edilen sabit sıcaklıktaki hava, iç zonda VAV kutuları kontrolü de bütün yıl boyunca soğutma yapar. Aynı hava dış zona CAV kutularıyla sabit debide üflenerek, zonun taze hava ihtiyacını karşılar ve soğutma yükünün karşılanmasına katkıda bulunur. VAV sistemi her iki zonun taze hava ihtiyacını da karşılamaktadır. Bu nedenle minimum açıklık ayarı bulunmalıdır. Kışın 15 - 17°C sabit sıcaklıkta çevre zonuna verilen havanın ortam sıcaklığına yükseltilmesi için gerekli olan ısıtma enerjisi de çevre zondaki fan coil sistemince karşılanır. Söz konusu enerjinin kayıp olarak değerlendirilmesi gerekir.

Kış koşullarında dışarıdan alınan soğuk hava ana santralde üfleme sıcaklığına kadar ısıtılır. Bunun üstündeki ısıtma çevre zonda karşılanmaktadır ve bu ısıtma aksi halde zaten yapılmak zorundadır. Kış döneminde mekanik soğutma devrede değildir. Bu durumda çevredeki fan coil ısıtma kapasitesi hesaplanırken:

- Zon iletimsel ısı kaybı,
- Zonun enfiltrasyon kaybı,
- VAV minimum hava debisinin 22°C'ye ısıtılması için gerekli ısı dikkate alınmalıdır.

Fan coil soğutma kapasitesi hesaplanırken üflenen soğuk havanın etkisi dikkate alınmaz ve bir emniyet olarak bırakılır.

Tek klima santral yerine iki santral kullanıldığında, çevre zon için ayrı bir primer hava sistemi kullanılır.

Şekil 6.29'da şematik tek hat kat planı olarak görülen bu sistemde iç zona VAV santralinden besleme yapılmaktadır. Esas olarak yukarıda anlatılan sistemin eşdeğeri. Avantajları:

- Kolay ve ekonomik gece ayarı yapımı/sabah ısıtılma operasyonu,
- Zon kontrolü için mükemmel bir esneklik,
- Pencere altına ısıtıcı yerleştirilmesi, muhtemel down - draft problemine en iyi çözüm olması,
- Sadece bir tek klima cihazı ve tek kala sistemi olması,
- Dış zonda kanal boyutlarından tasarruf dolayısıyla asma tavan derinliğinde kazanç sağlaması,
- Dönüş - egzost sistemi ile dış hava soğutma imkanı (ısı geri kazanımı) kolaylıkla uygulanması,
- Çevre zonda fan coil sisteminde ısı kazanım sistemi tatbikatına elverişlilik

Dezavantajları:

- İlk yatırım maliyeti yüksektir.
- Fan coil ünitelerinin çevre zonda kullanılması burada yer kaybına neden olmaktadır.
- Fan coil ünitelerinin nedeniyle ses problemi olacaktır.
- Çevre zonda free cooling yeterince yapılamaz.
- Çevre zonda iç hava kalitesi daha düşük kalacaktır.
- Çevre zonda gece ventilasyonu (cool down) yapılamaz.
- Müstakil duman egzost sistemi gerektirir.

c. Sistem 3

İÇ ZON: Primer hava + İki borulu fan coil

ÇEVRE ZONU: Primer hava + Dört borulu fan coil

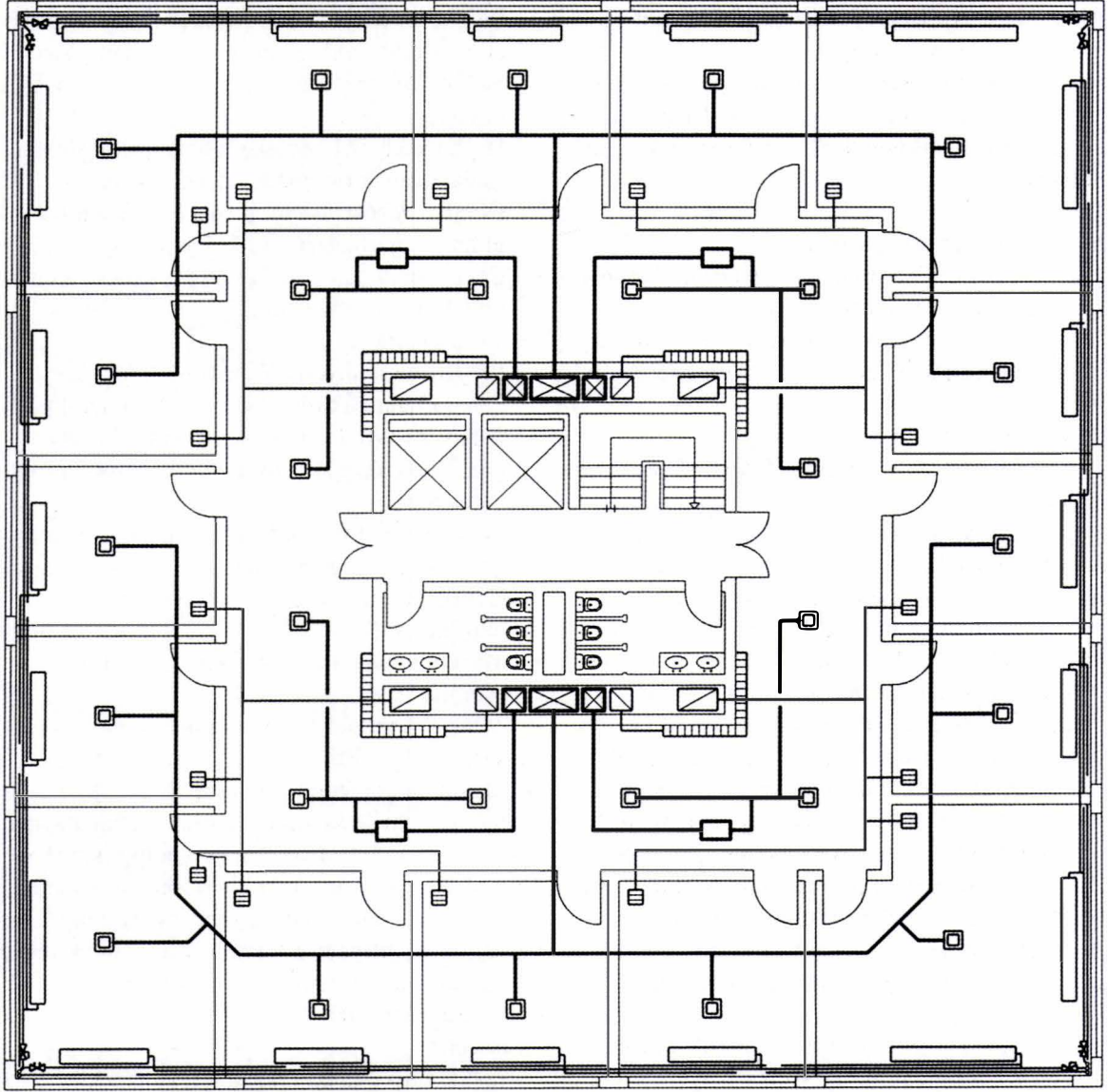
Bu sistemde çevredeki fan coil sistemi kışın ısı kayıpları ile enfiltrasyonu karşılar, yazın da ısı kazançlarını karşılar. Böylece çevredeki ısıtma ve soğutma fan coil sistemiyle karşılanır. İç zonda 2 borulu fan coil bütün yıl boyunca soğutmaya çalışır ve soğutma ihtiyacını karşılar. Taze hava tek taze hava santralinden temin edilerek, hem iç zona hem de dış zona verilir.

Avantajları:

- Zon kontrolü için mükemmel bir esneklik,
- Pencere altına ısıtıcı yerleştirilmesi, muhtemel down - draft problemine en iyi çözüm olması,
- Sadece bir tek taze hava santral ve bir tek kanal sistemi olması,
- Kanal minimum boyutta olduğundan, asma tavan derinliğinde kazanç sağlaması,
- Çevre zonda fan coil sisteminde ısı kazanım sistemi tatbikatına elverişliliği,
- İlk tesis fiyatı göreceli olarak ucuz olmasıdır.

Dezavantajları:

- Fan coil ünitelerinin çevre zonda kullanılması burada yer kaybına neden olmaktadır.
- Soğutma borularının tavanda olması nedeniyle kondenzasyon problemi yaşanabilir.



ÇEVRE ZON FANCOIL + PRİMER HAVA SİSTEMİ
ÇEKİRDEK ZON V.A.V. KLİMA SANTRALİ SİSTEMİ

- NOT : 1-) ÇEVRE ZONDA FANCOIL CİHAZLARI, PRİMER HAVA SANTRALİ VE EGZOZ OLACAKTIR.
ÇEKİRDEK ZONDA İSE V.A.V. KLİMA SANTRALİ OLACAKTIR.
SANTRAL ÇIKIŞ HAVASI SICAKLIKLARI YAZ : 14 °C
KİŞ : 16 °C
2-) V.A.V. BOX ÇIKIŞLARINDA ELEKTRİKLİ ISITICI OLMALIDIR.

Şekil 6.29. İÇ ZON VAV, ÇEVRE ZONU PRİMER HAVA + FAN COIL KLİMA SİSTEMİ TEK HAT ŞEMASI

- Free cooling yeterince yapılamaz.
- Gece ventilasyonu (cool down) yapılamaz.
- Fan coil motorlarının üreteceği ses problemi oluşabilir.
- Soğutma grup ve pompalarının çok uzun bir süre devrede tutulması ek maliyeti vardır.

d. Sistem 4

İÇ ZON: VAV

ÇEVRE ZONU: VAV + Tam havalı, sabit hava debili sistem

Sistem Şekil 6.30'da görülmektedir. Bu sistemde çevredeki sabit debili tam havalı klima sistemi kışın ısı kayıpları ile enfiltrasyonu karşılar, yazın da ısı kazançlarının taban kısmını karşılar. Böylece çevredeki ısıtmanın tamamı ve soğutmanın bir kısmı sabit debili klima sistemiyle karşılanır. Bu klima santralі tamamen dönüş havasıyla çalışmaktadır.

VAV santralından elde edilen sabit sıcaklıktaki hava, iç zonda VAV kutularıyla bütün yıl boyunca soğutma ihtiyacını karşılar. Aynı hava dış zona VAV kutularıyla değişken debide üflenerek, zonun taze hava ihtiyacını ve değişken soğutma yükünü karşılar. VAV sistemi her iki zonun taze hava ihtiyacını da karşılamaktadır. Bu nedenle minimum açıklık ayarı bulunmalıdır.

Avantajları:

- Hiçbir döşeme alanı işgali yoktur.
- Kontrol zonlarının değişmesinde mükemmel esnekliğe sahiptir.
- Kolay ve ekonomik gece ayarı yapımı/sabah ısıtma operasyonu yapılır.
- Soğutucu devre geceleyin durdurulabilir.

Dezavantajları:

- İki ayrı kanal sistemi gerektirir.
- 450W/m ısı kaybı mertebeleri üzerinde muhtemel down - draft problemi vardır.
- Sıcak havanın tavandan yere indirilmesi çok zordur.

e. Sistem 5

İÇ ZON: VAV

ÇEVRE ZONU: Reheat VAV sistem

Sistem Şekil 6.31'de görülmektedir. Bu sistemde çevredeki değişken debili tam havalı klima sistemi kışın ısı kayıpları ile enfiltrasyonu karşılar, yazın da ısı kazançlarını karşılar. Böylece çevredeki ısıtmanın ve soğutmanın tamamı reheat VAV klima sistemiyle karşılanır.

Bir VAV klima santralından elde edilen sabit sıcaklıktaki hava, iç zonda VAV kutularıyla bütün yıl boyunca soğutmaya çalışır ve soğutma ihtiyacını karşılar. Aynı hava dış zona VAV kutularıyla değişken debide üflenerek, zonun taze hava ihtiyacını ve yazın değişken soğutma yükünü, kışın ısıtma ihtiyacını karşılar. VAV sistemi her iki zonun taze hava ihtiyacını da karşılamaktadır.

Avantajları:

- Tek bir kanal sistemi vardır.
- Minimum hava miktarı gerektirir.
- Yeni iç yerleşimlere çabuk ve kolay uyum sağlar.
- Klasik reheat sistemlere nazaran daha az enerji sarfıyatı vardır.
- Sistem dizaynı kolaydır.
- Döşemede yer kaybına neden olmaz.
- Sıcak suyla reheat yapılabilir. Ancak büyük çarşıların dükkanlarının VAV sisteminde, VAV kutularına elektrik ısıtıcı montajı daha uygundur. Bu kutulara sulu ısıtıcı monte etmek "VAV sistemi sulandırmak" olarak tanımlanabilir.

Dezavantajları:

- Klasik reheat sistemine göre daha az enerji sarfetmesine rağmen, hala ısı savurganlığı vardır.
- İlk tesiste, boru vana sisteminin getirdiği ek maliyet vardır.
- Dış kabukta ısı kaybı yüksek olması halinde down - draft problemi vardır.

f. Sistem 6

İÇ ZON: VAV

ÇEVRE ZONU: Çift kanallı VAV sistemi

Bu sistemde iç ve dış zonlarda iki ayrı VAV sistemi bulunmaktadır.

Avantajları:

- VAV sistemleri içinde maksimum enerji tasarrufu yapan bir sistemdir.
- Döşemede yer kaybına sebep olmaz.
- Kolay, ekonomik gece ayarı yapımı / sabah ısıtma operasyonu temin eder.
- Isı geri kazanım sistem tatbikatlarına uygundur.
- Minimum hava miktarı gerektirir

Dezavantajları:

- İki kanal sistemine gerek vardır.
- İlk tesisi en pahalı olan VAV sistemidir.
- Isı kaybının büyük olması halinde, muhtemelen down - draft problemi yaratır.

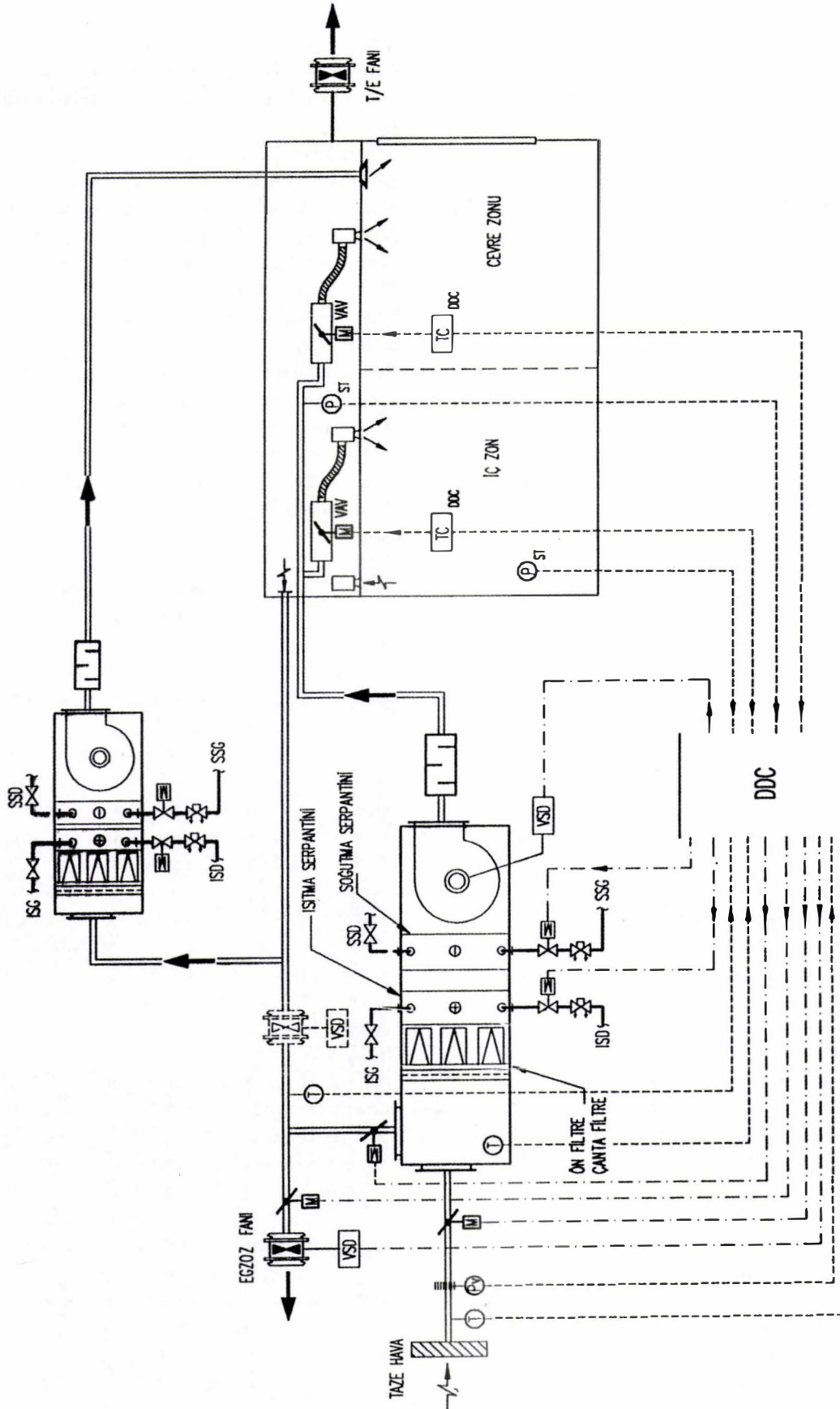
g. Sistem 7

İÇ ZON: VAV

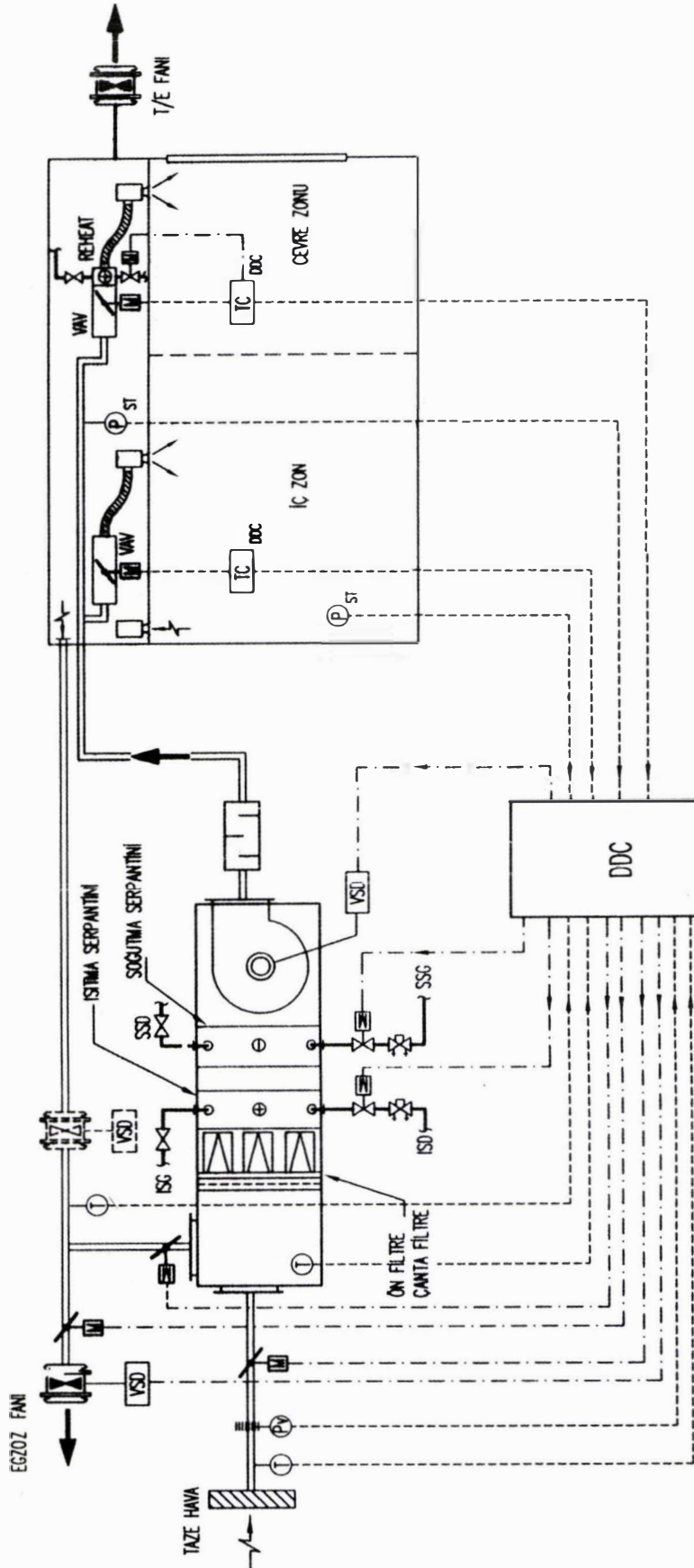
ÇEVRE ZONU: Kompakt klima cihazlarıyla kat bazında perimetrede reheat VAV

Bu sistemde her kat dış zona için, su soğutmalı değişken debili kompakt klima cihazları seçilmektedir. Bu cihazlar ve kat bazındaki hava kanal sistemi, VAV kutusu ve slot difüzörler kullanıcının arzusunun göre sonradan yapılabilecektir. Ancak kat soğutucu cihazlarının çalışabilmesi için gerekli elektrik enerjisi ve kondenser soğutması için soğutma kulesi boruları ve ısıtıcı akışkan bu noktalara getirilmelidir.

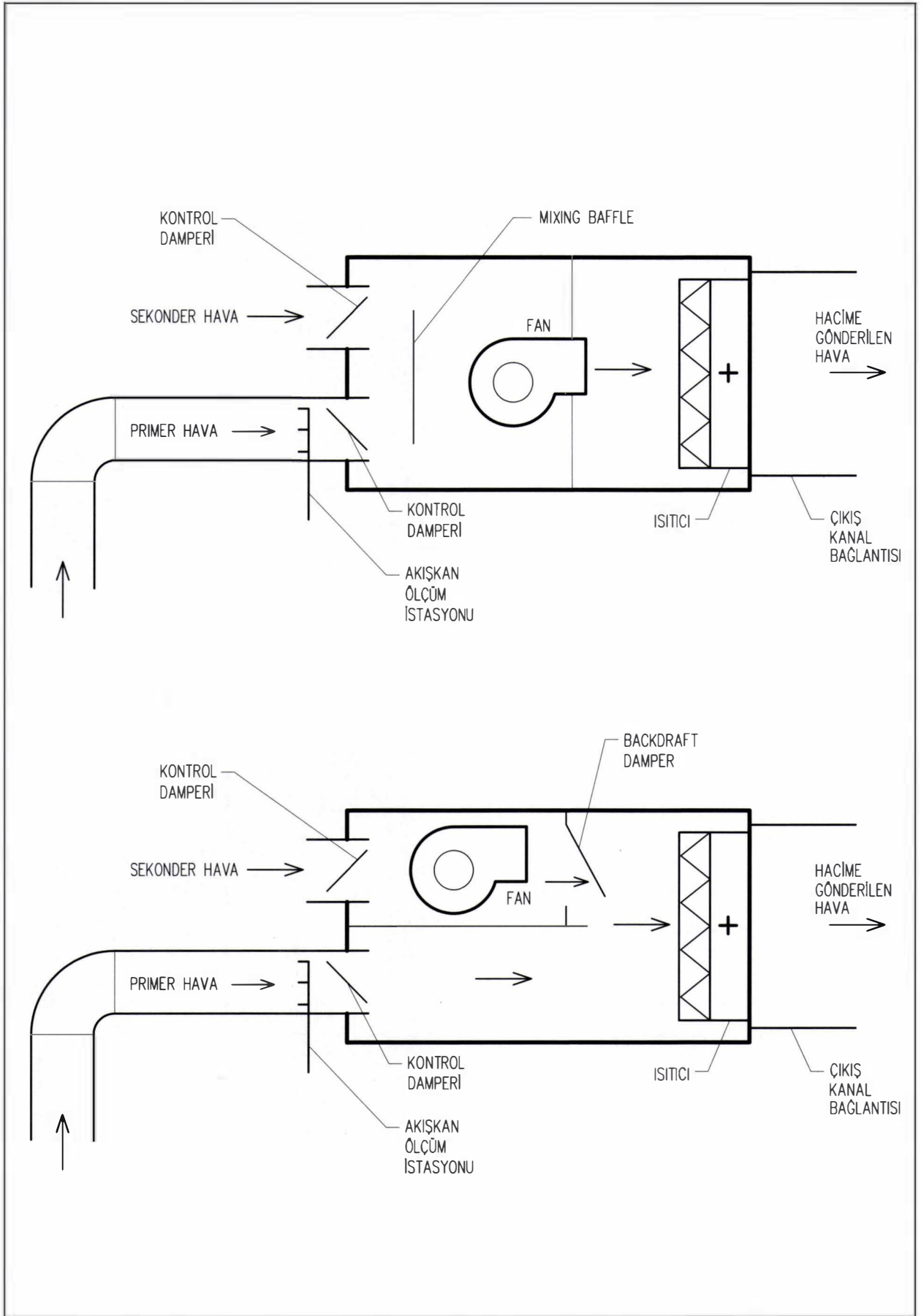
Klima santrallerinde dış hava dönüş havasıyla karıştırılarak sisteme verilecektir. Santrallerin veriş havası sürekli olarak soğutma yüküne göre değişeceğinden, minimum dış hava debisini sabit tutmak amacıyla,



Şekil 6.30. İÇ ZON VAV, ÇEVRE ZONU VAV + CAV KLİMA SİSTEMİ



Şekil 6.31. İÇ ZON VAV, ÇEVRE ZONU REHEAT VAV KLİMA SİSTEMİ



Şekil 6.32. FAN - POWERED VAV SİSTEMLERİ

santralin dış hava ve dönüş havası damperleri karışım hücrelerine konacak bir basınç ölçme sensörü vasıtasıyla otomatik olarak kontrol edilecektir. Bu suretle karışım hücrelerinde minimum dış hava emilmesini sağlayacak olan negatif basıncın sürekli olarak temin edilmesi sağlanacaktır.

İlk yatırım maliyeti yüksek olan bu sistem, kullanıcı çalışma saatlerinin değişik olması halinde ve hafta sonu çalışmaları açısından çok önemlidir ve büyük enerji ekonomisi getirmektedir.

h. Sistem 8

İÇ ZON: Paralel fanlı VAV (Fan - Powered VAV)

DIŞ ZON: Reheat paralel fanlı VAV

VAV ve yukarıda bahsedilen fan coil sistemlerinin en büyük dezavantajı düşük yüklerde mekanlarda istenen hava hareketlerinin sağlanamamasıdır. Bu sistem merkezi olarak VAV gibi çalışan ancak VAV kutularına ilave edilen fanlarla sabit debili gibi çalışan bir sistemdir.

Bu sistemler paralel ve seri fanlı olarak kullanılabilir. Paralel fanlı sistemler seri fanlı sistemlere göre daha çok tercih edilen sistemlerdir (*Şekil 6.32*).

Paralel fanlı sistemde merkezi AHU'lerden gelen hava miktarı tüm soğutma yükünü alacak şekilde seçilir. Hacmin soğutma ihtiyacı düştükçe debi kısılır ve bir noktadan sonra fan devreye girerek tavan boşluğundan aldığı hava ile merkezden gelen havayı karıştırarak hacme gönderir.

Çevre zonda kış aylarında ısı ihtiyacı olacağından ayrıca bir reheat batarya kullanılır. Merkezden gelen 15-17°C sıcaklığındaki taze hava asma tavadan alınan sıcak hava ile karıştırılarak hacimlere verilir. İhtiyaca göre bu bölümlerde ısıtıcı bataryada devreye girer.

İç zonlarda ise tavan içi hava daha sıcak olduğundan bu hacimlerin ısıtılmasını da bu cihazlarla sağlanır. Avantajları:

VAV sistem avantajlarına ilaveten aşağıdaki avantajlara sahiptir:

- Hacimlere debide hava verilmesi daha etkin bir havalandırma sağlar.
- Asma tavan içi atık ısı kullanılabilir bir ısı haline dönüşür.
- Sabah ısıtmasında merkezi fanların çalışmasına gerek yoktur.

Dezavantajları:

Normal VAV sistemi dezavantajlarına ilave olarak aşağıdaki maddeleri sayabiliriz:

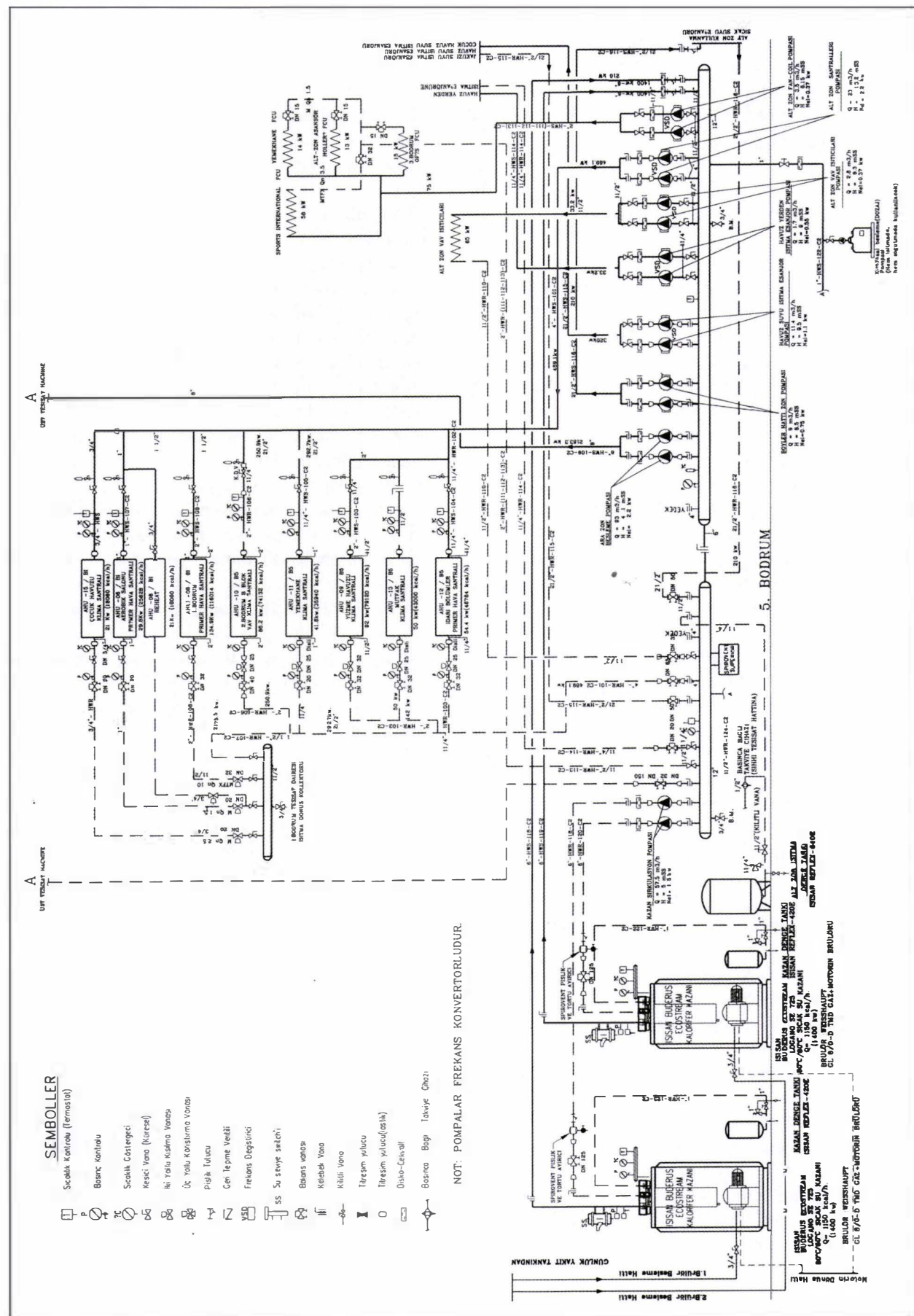
- Fanın hacim içinde olması, durup kalkması ve kışın sıcak havayı tavandan üflemesi nedeniyle ses problemi oluşur.
- İlk yatırımın ilave elektrik tesisatı da gerektirdiğinden daha pahalıdır.
- Kutu içindeki fanın elektrik tüketimi ve havaya verdiği ısının büyük bir kısmı ilave enerji tüketimi oluşturur.

- Tavan içindeki çok sayıda fanın ilave servis, bakım ve yedek parça maliyeti olacaktır.
- İlk yatırım maliyeti klasik VAV sisteme göre daha yüksektir.
- Tavandan üflenen sıcak hava nedeniyle (statik ısıtma + VAV sistemine göre) daha düşük konfor ve daha fazla enerji tüketimi oluşur.

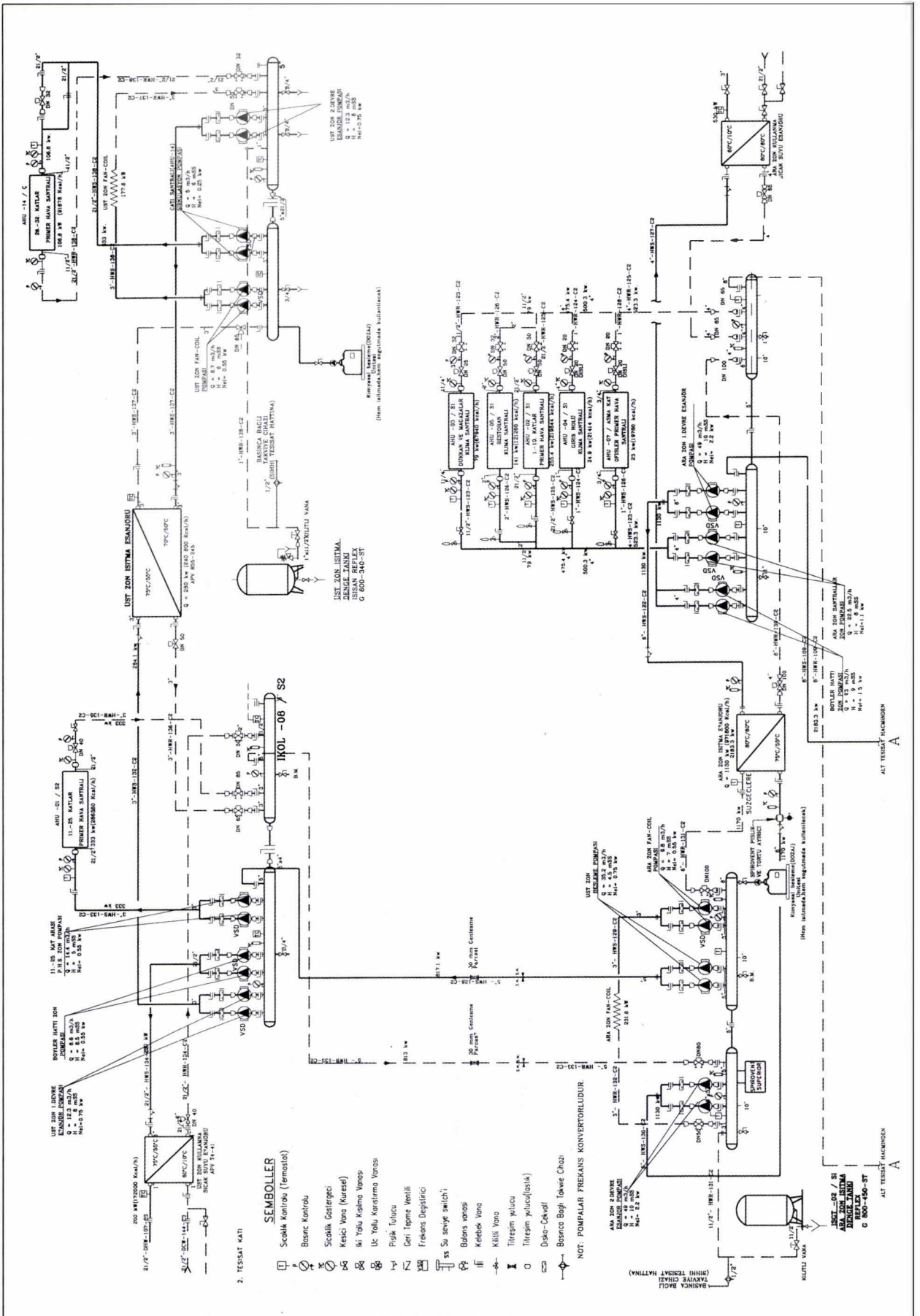
6.3.3.6. Yüksek Yapı Örnek Uygulama Projeleri

a. Elit Plaza

- Elit Plaza zemin + 32 normal kat + iki ara tesisat katı ve 5 adet bodrum kattan meydana gelmiştir.
- 3, 4 ve 5. bodrumlarda garaj + depo ve tesisat hacimleri bulunmaktadır.
- Normal katlar konut olarak kullanılmaktadır.
- Normal katlar primer taze havalı 4 borulu fan coil sistemi ile klimatize edilmektedir. Çevrede pencere önlerine kanal tipi konvektörler termostatik vana donanımlı olup kışın dış cepheden olan temel ısıtma yükünü karşılamaktadır.
- Yapının aneks bölümünde bulunan restoran, mutfak, fitness center, kapalı yüzme havuzu gibi bölümler bağımsız tam havalı klima sistemleriyle veya primer havalı fan coil sistemiyle klimatize edilmektedir.
- Primer hava santralleri hariç bütün klima santralleri ekonomi çevrimi yapabilecek şekilde projelendirilmiştir. 4 borulu fan coil sistemine ait akım şeması dört pafta halinde *Şekil 6.33, 34, 35 ve 36*'da verilmiştir. Tesisat merkezi 5. bodrum kattadır. Tesisat merkezindeki ısıtma akım şeması *Şekil 6.33*'te görülmektedir. İki adet sıcak su kazanından üretilen 80/60°C sıcaklıktaki sıcak su dağıtım kolektörüne ulaşmaktadır. Buradaki sirkülasyon pompalarıyla sıcak su 2. tesisat katı dağıtım kolektörüne, klima santrallerine, aneks alanlarındaki fan coil, ısıtıcı ve santrallara beslenmektedir. Suyun kazanlara dönüşü, toplama kolektöründeki primer pompalar yardımı ile olmaktadır.
- 2. tesisat katındaki sıcak su akım şeması *Şekil 6.34*'te görülmektedir. Buradaki dağıtım kolektöründen 80/60°C sıcak su yine klima santrallerine, boylere ve ara zon ısıtma eşanjörüne beslenmektedir. Ara zon ısıtma eşanjöründe elde edilen 75/55°C sıcak su ise kendi sirkülasyon pompalarıyla, ara zon fan coil devrelerine ve üst zon kolektörüne basılmaktadır. Suyun eşanjöre dönüşü yine toplama kolektöründeki pompa yardımıyla olmaktadır. Benzer şekilde üst zon kolektöründen su boyler devresine ve üst zon ısıtma eşanjörüne dağıtılmakta ve toplanmaktadır. Bu eşanjörde elde edilen 70/50°C sıcak su ise üst zon Fan coillerine ve çatıdaki primer hava santraline beslenmektedir. Böylece sistemde üç düşey basınç zonu oluşturulmuştur. Zonlar arası ilişki ısıtma eşanjörleri ile sağlanmaktadır. Alt, ara ve üst zonlarda su sıcaklığı her kademede 5°C azalmaktadır.



Şekil 6.33. ELİT PLAZA ISITMA AKIM ŞEMASI (5. Bodrum Kat)

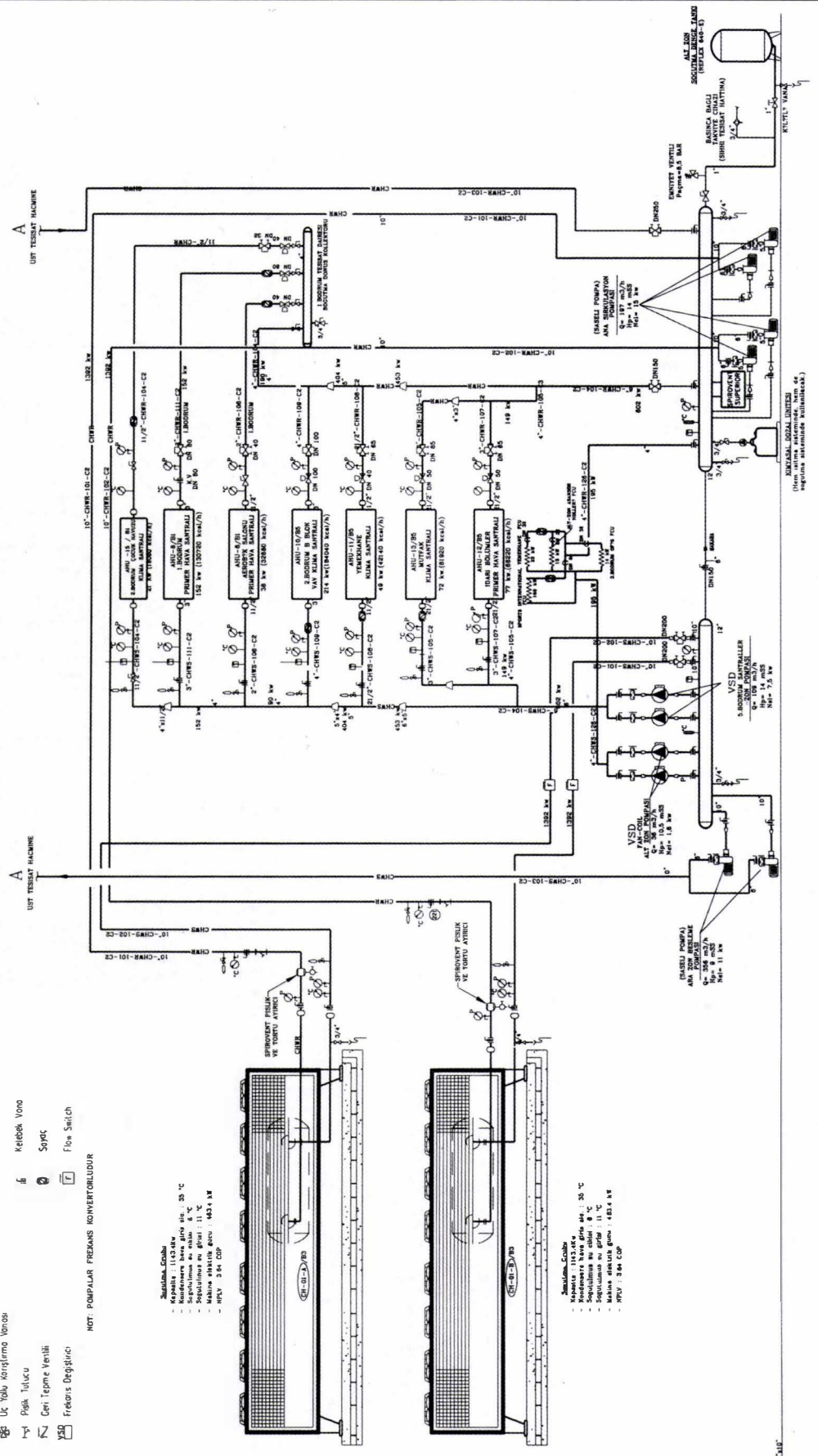


Şekil 6.34. ELİT PLAZA ISITMA AKIM ŞEMASI (2. Tesisat Katı)

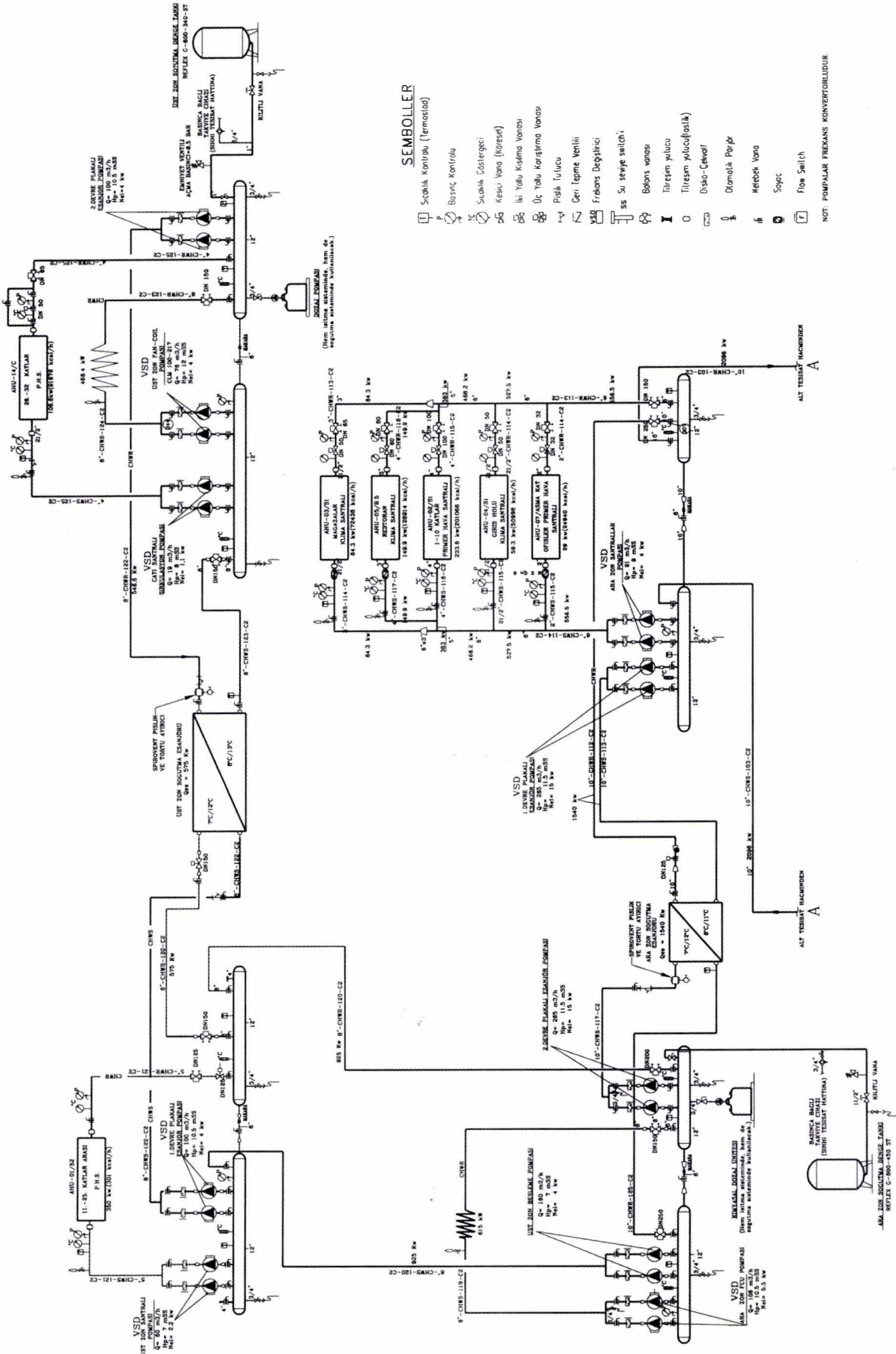
SEMBOLLER

- | | |
|---|------------------------|
|  | ss Su seye switch; |
|  | Balast vanoo; |
|  | Threepm wuluu |
|  | Threepm wuluu (gostia) |
|  | Door-Closed |
|  | Orange Purple |
|  | Kerebet Vano |
|  | Seyat |
|  | Flow Switch |
- NOT: POMPALAR FREMANS KONVERTÖRLERİDİR

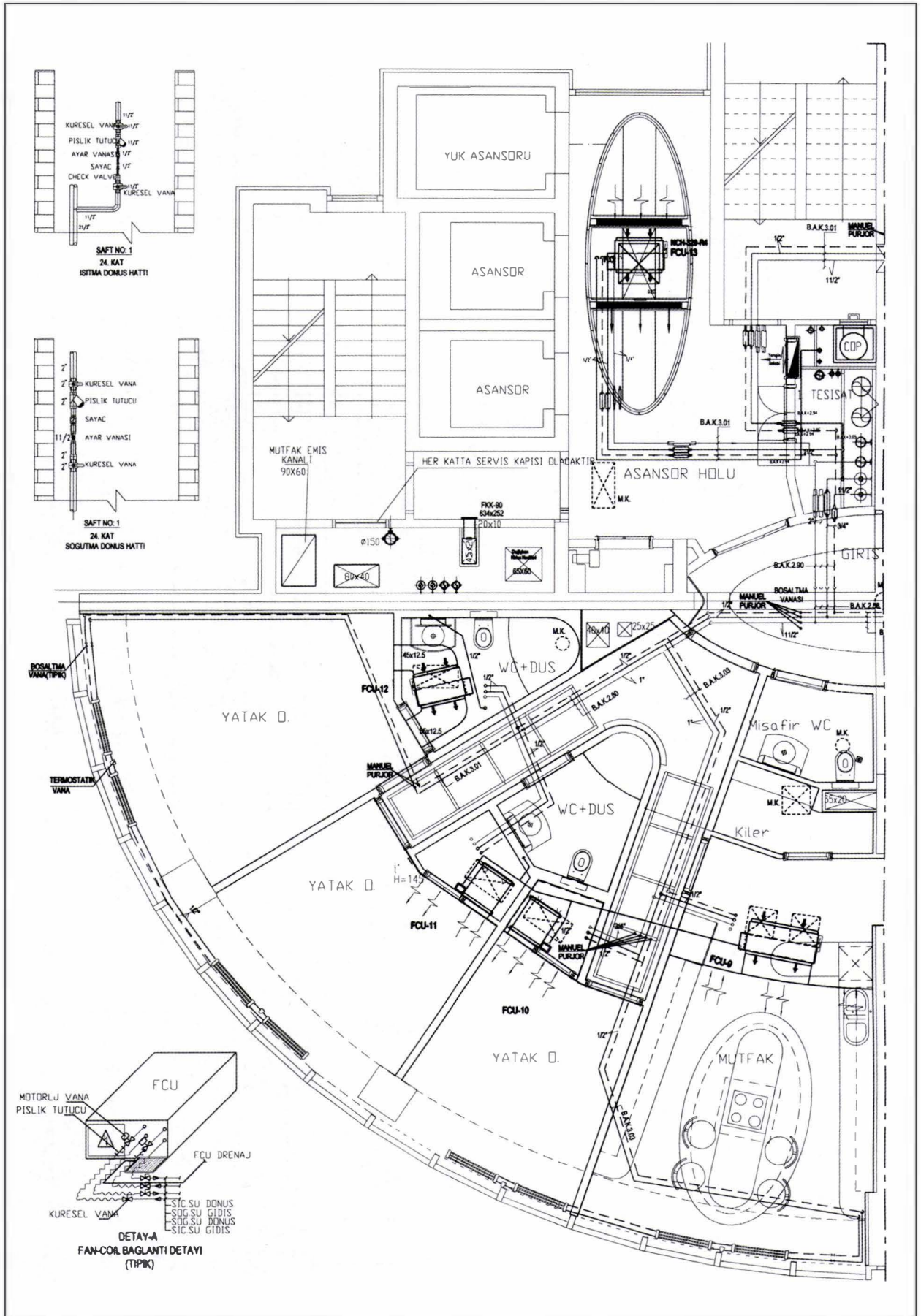
NOT: POMPALAR FREKANS KONVERTORLUDUR.



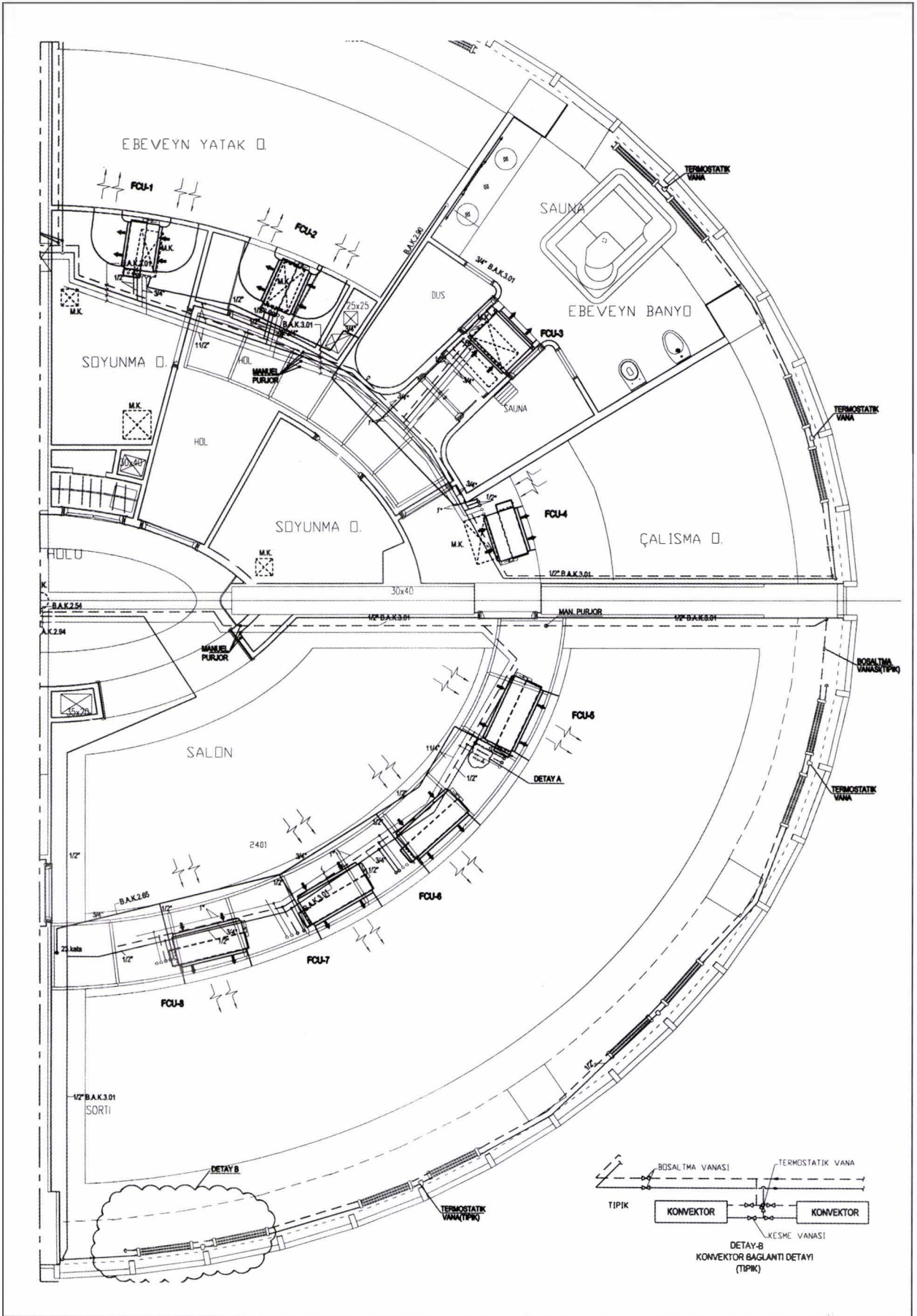
Şekil 6.35. ELİT PLAZA SOĞUTMA AKIM ŞEMASI (5. Bodrum Kat)



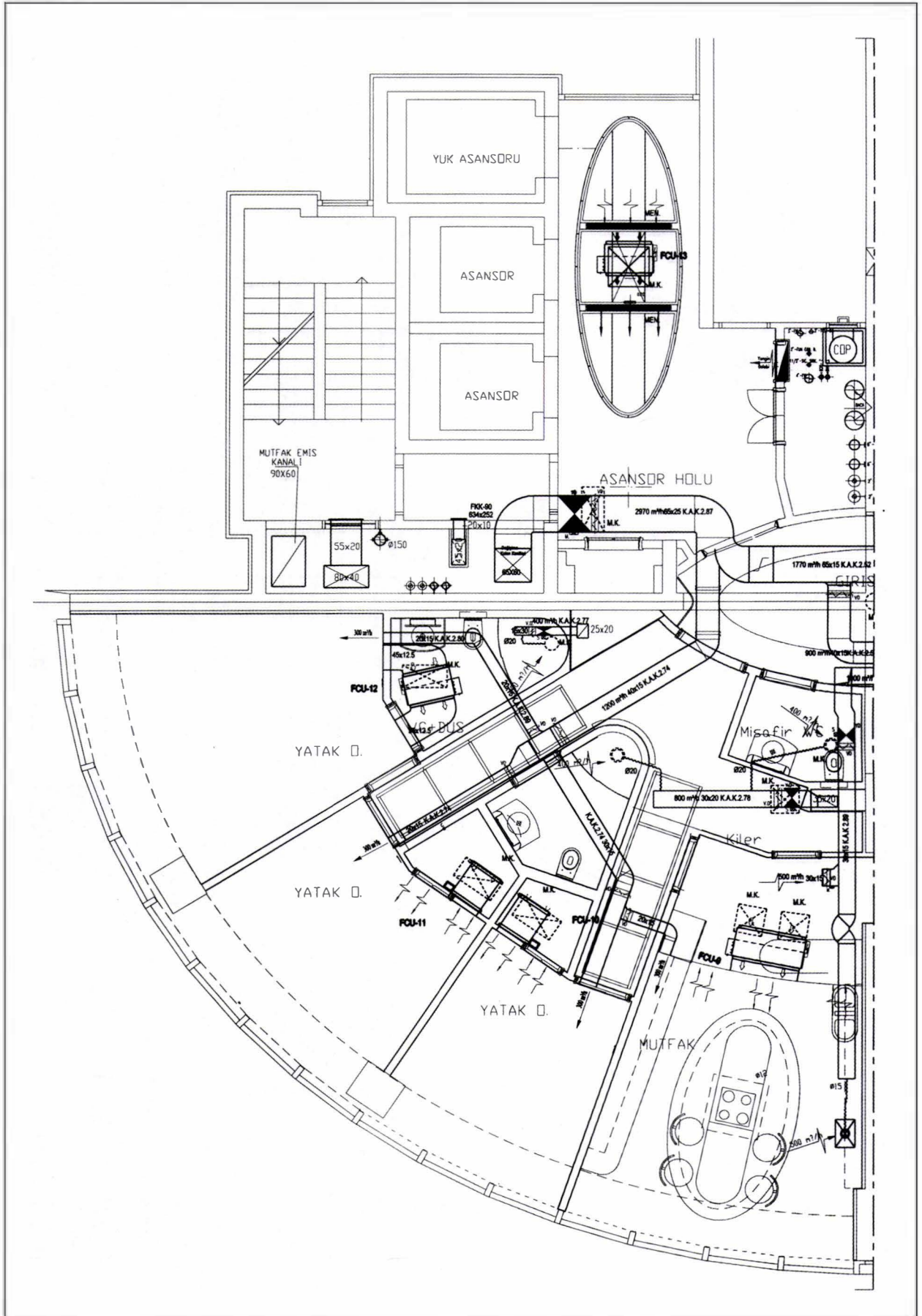
Şekil 6.36. ELİT PLAZA SOĞUTMA AKIM ŞEMASI (2. Tesisat Katı)

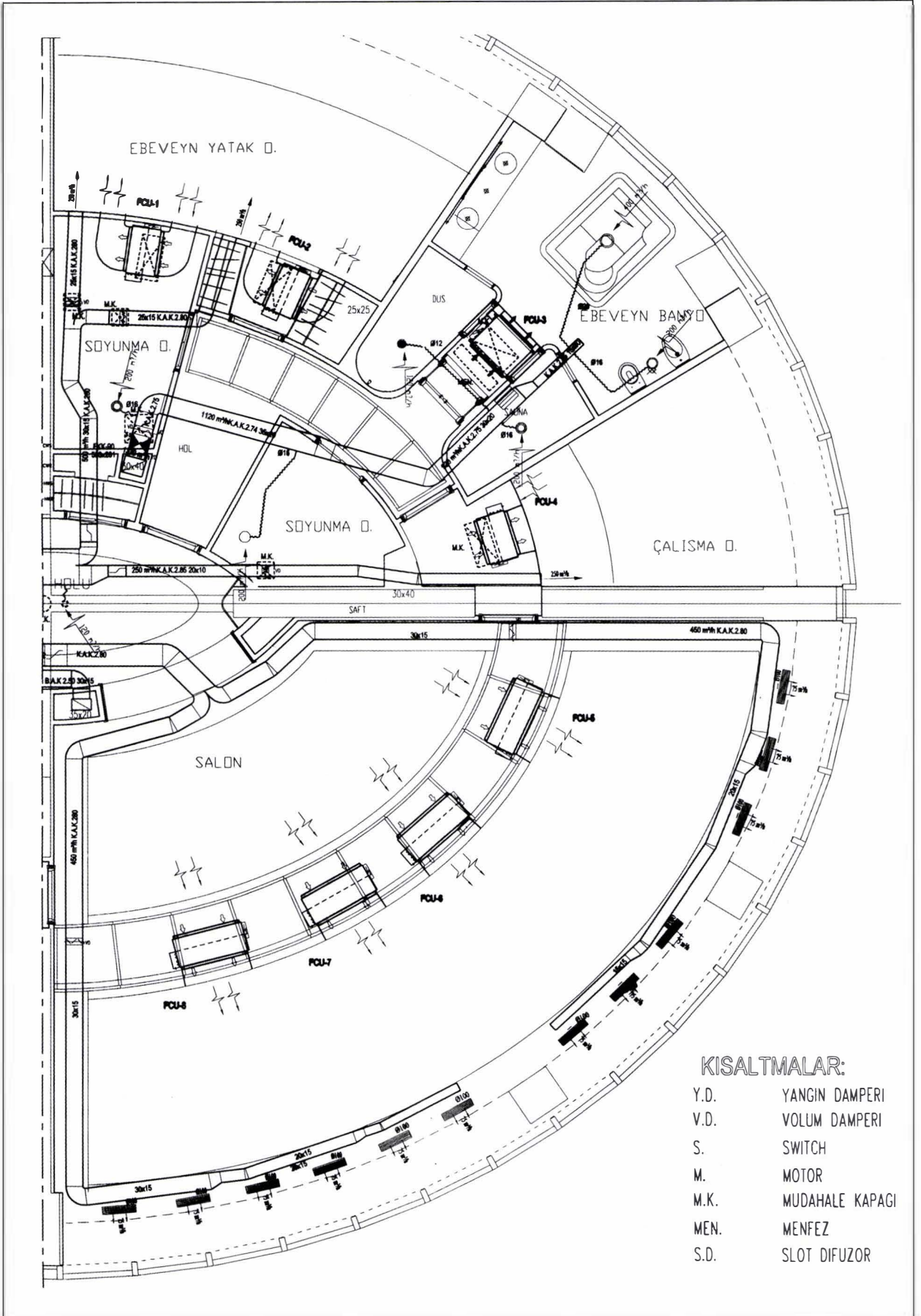


Şekil 6.37A. ELİT PLAZA BORU TESİSATI KAT PLANI



Şekil 6.37B. ELİT PLAZA BORU TESİSATI KAT PLANI





KISALTMALAR:

Y.D.	YANGIN DAMPERİ
V.D.	VOLUM DAMPERİ
S.	SWITCH
M.	MOTOR
M.K.	MUDAHALE KAPAGI
MEN.	MENFEZ
S.D.	SLOT DIFUZÖR

Şekil 6.38B. ELİT PLAZA HAVALANDIRMA KAT PLANI

Aynı sistemin soğuk su şeması ise paralel paftalar halinde *Şekil 6.35* ve *36*'da verilmiştir. 5. bodrum kattaki tesisat merkezindeki soğutma akım şeması *Şekil 6.35*'te görülmektedir. Açık havada konuşlanmış iki adet hava soğutmalı soğutma grubunda üretilen 6/11°C sıcaklıktaki soğuk su dağıtım kolektörüne ulaşmaktadır. Buradaki sirkülasyon pompalarıyla soğuk su 2. tesisat katı dağıtım kolektörüne, klima santrallarına, aneks alanlarındaki fan coil ve santrallara beslenmektedir. Suyun soğutma gruplarına dönüşü toplama kolektöründeki primer pompalar yardımı ile olmaktadır. Ara zon besleme pompaları ve soğutma gruplarına su basan dönüş pompaları döşeme tipi pompalardır. 2. tesisat katındaki soğuk su akım şeması *Şekil 6.36*'da görülmektedir. Buradaki dağıtım kolektöründen 6/11°C soğuk su yine klima santrallarına ve ara zon soğutma eşanjörüne beslenmektedir. Ara zon soğutma eşanjöründe elde edilen 7/12°C soğuk su ise kendi sirkülasyon pompalarıyla, ara zon fan coil devrelerine ve üst zon kolektörüne basılmaktadır. Suyun eşanjöre dönüşü yine toplama kolektöründeki pompa yardımıyla olmaktadır. Benzer şekilde üst zon kolektöründen su üst zon soğutma eşanjörüne ve primer hava santralına dağıtılmakta ve toplanmaktadır. Bu eşanjörde elde edilen 8/13°C sıcak su ise üst zon Fan coillerine ve çatıdaki primer hava santralına beslenmektedir. Böylece sistemde sıcak suya paralel olarak üç düzey basınç basınç zonu oluşturulmuştur. Zonlar arası ilişki soğutma eşanjörleri ile sağlanmaktadır. Alt, ara ve üst zonlarda su sıcaklığı her kademede 1°C artmaktadır.

Şekil 6.37'de normal kat planında boru tesisatı görülmektedir. Bütün çevre boyunca cam dibine kanal tipi konvektörler yerleştirilmiştir. Bu cihazlar sadece ısıtma yapmakta ve camdan olan soğuk hava akımını önlemektedir. Fan coiller tavan tipi olup, asma tavan içine yerleştirilmiştir. Hacimlerin ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Fan coiller salonda havayı iç bölgelerden emip, çevre zonuna doğru üflemetedir. Diğer odalarda ise koridor bölgesindeki cihazlar havayı aynı cepheden emip üflemetedir. *Şekil 6.38*'de normal kat planında kanal tesisatı görülmektedir. Sistemin taze hava ihtiyacı kanallarla ortama taşınmakta ve çevre boyunca difüzörlerden üflenmektedir. Diğer hacimlerde ise hava koridor tarafından menfezlerle odaya verilmektedir.

b. Yapı Kredi Plaza D - Blok

- Yapı 7 bodrum + 28 normal ofis katından oluşmuştur.
- Ofis katlarında klimatizasyon reheat VAV sistemi kullanılarak yapılmıştır. Reheat için sıcak su kullanılmıştır.
- Bilgisayar ve server odaları için bağımsız çillerler düşünülmüş, ayrıca kule suyu kullanılarak elde edilmiş serinletilmiş su kış ayları yükü için kullanılmıştır. Böylece önemli bir ekonomi elde edilmiştir.

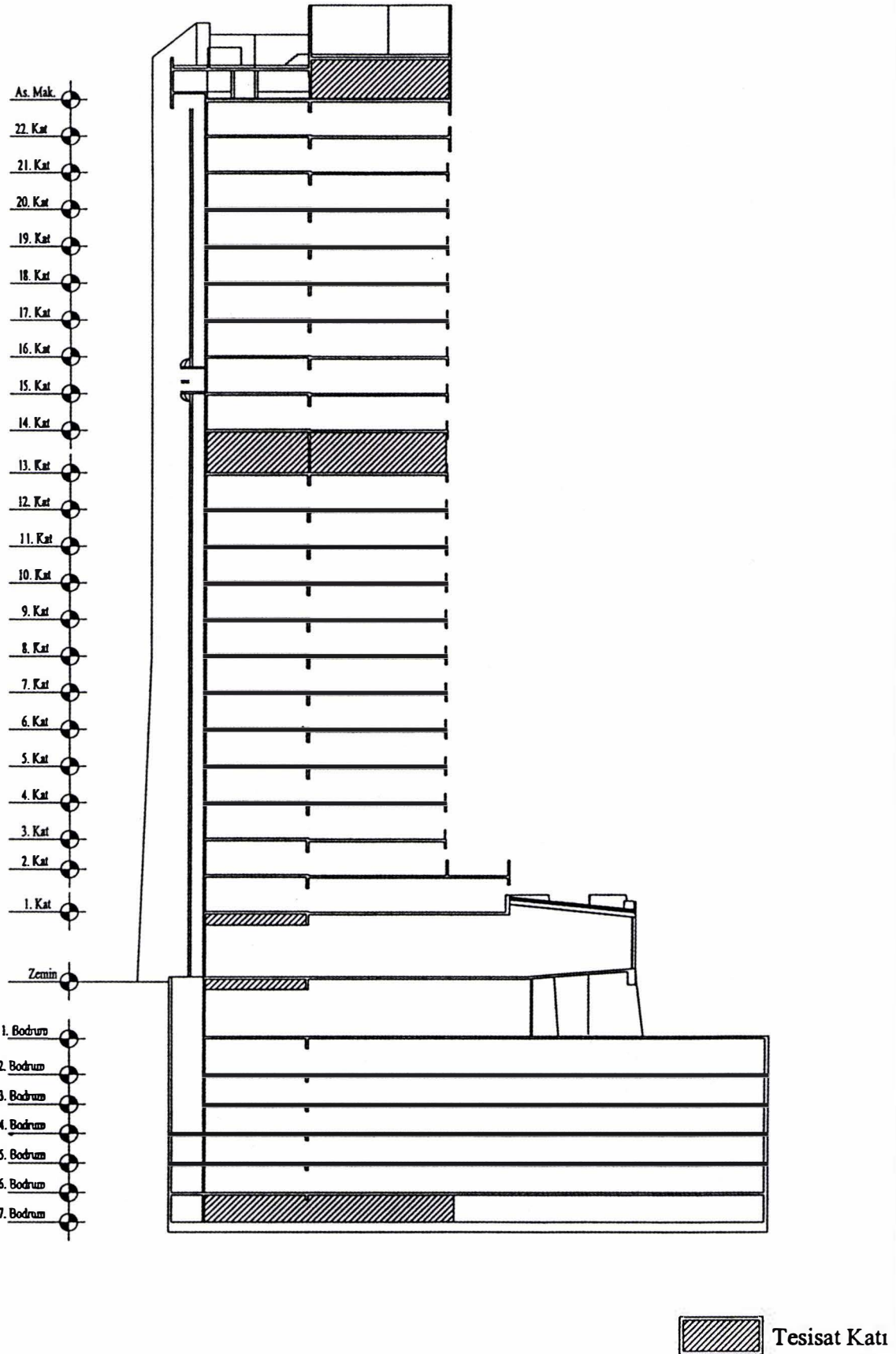
- Konferans salonu, fuaye, giriş holü gibi hacimlerde yerine göre konvansiyonel hava santralları ve çift devirli fanlar kullanılarak klimatizasyon temin edilmiştir.

Yapının genel görünüşü ve tesisat katları dağılımı *Şekil 6.39*'da görülmektedir. Sistemin ana tesisat merkezi 7. bodrum katta olup 13. normal katta ara tesisat katı oluşturulmuştur. Ayrıca çatıda ve podyumda tesisat hacimleri mevcuttur.

Klima sistemi su borulamasına ait akım şeması dört pafta halinde *Şekil 6.40A, 40B, 41* ve *42*'de verilmiştir. Tesisat merkezi 7. bodrum kattadır. Buradaki sistem ikiye bölünerek verilmiştir. Tesisat merkezindeki ısıtma akım şeması *Şekil 6.39*'da görülmektedir. Üç adet sıcak su kazanından üretilen 80/60°C sıcaklıktaki sıcak su dağıtım kolektörüne ulaşmaktadır. Buradaki sirkülasyon pompalarıyla sıcak su bodrum kat radyatör devresine, klima santrallarına, boylerlere ve 1. devre plakalı eşanjöründe elde edilen 75/55°C sıcak su 1. devredeki VAV ısıtıcılarına ve yüksek yapı ara tesisat katına beslenmektedir.

Yüksek yapı ısıtma akım şeması *Şekil 6.40B*'de görülmektedir. Ara tesisat katındaki dağıtım kolektöründen 75/55°C sıcak su yine klima santrallarına ve ara zon ısıtma eşanjörüne beslenmektedir. Ara zon ısıtma eşanjöründe elde edilen 70/50°C sıcak su ise kendi sirkülasyon pompalarıyla üstündeki katlarda bulunan fan coil devresine, VAV santralları ısıtıcılarına ve diğer klima santrallarına basılmaktadır.

Suyun eşanjöre dönüşü yine toplama kolektöründeki pompa yardımıyla olmaktadır. Böylece sistemde iki düzey basınç zonu oluşturulmuştur. Zonlar arası ilişki ısıtma eşanjörleriyle sağlanmaktadır. Alt, ara ve üst zonlarda su sıcaklığı her kademede 5°C azalmaktadır. Aynı sistemin soğuk su şeması ise paralel paftalar halinde *Şekil 6.41* ve *42*'de verilmiştir. 7. bodrum kattaki tesisat merkezindeki soğutma akım şeması *Şekil 6.41*'de görülmektedir. Üç adet su soğutmalı soğutma grubunda üretilen 6/12°C sıcaklıktaki soğuk su dağıtım kolektörüne ulaşmaktadır. Buradaki sirkülasyon pompalarıyla soğuk su ara tesisat katı merkezine ve ara kat klima santrallarına, fan coil devrelerine ve santrallara beslenmektedir. Suyun soğutma gruplarına dönüşü toplama kolektöründeki primer pompalar yardımı ile olmaktadır. Şemanın sağ tarafında soğutma kulesi bağlantısı verilmiştir. Ayrıca burada görülen eşanjör yukarıda sözü edilen bilgisayar soğutmaları için kullanılmaktadır ve şartlar uygun olduğunda doğrudan soğutma kulesinden gelen su eşanjörde kullanılabilir. 13. kattaki ara tesisat merkezi ve üstündeki katlar soğuk su akım şeması *Şekil 6.42*'de görülmektedir. Buradaki dağıtım kolektöründen 6/12°C soğuk su klima santrallarına ve ara zon soğutma eşanjörüne

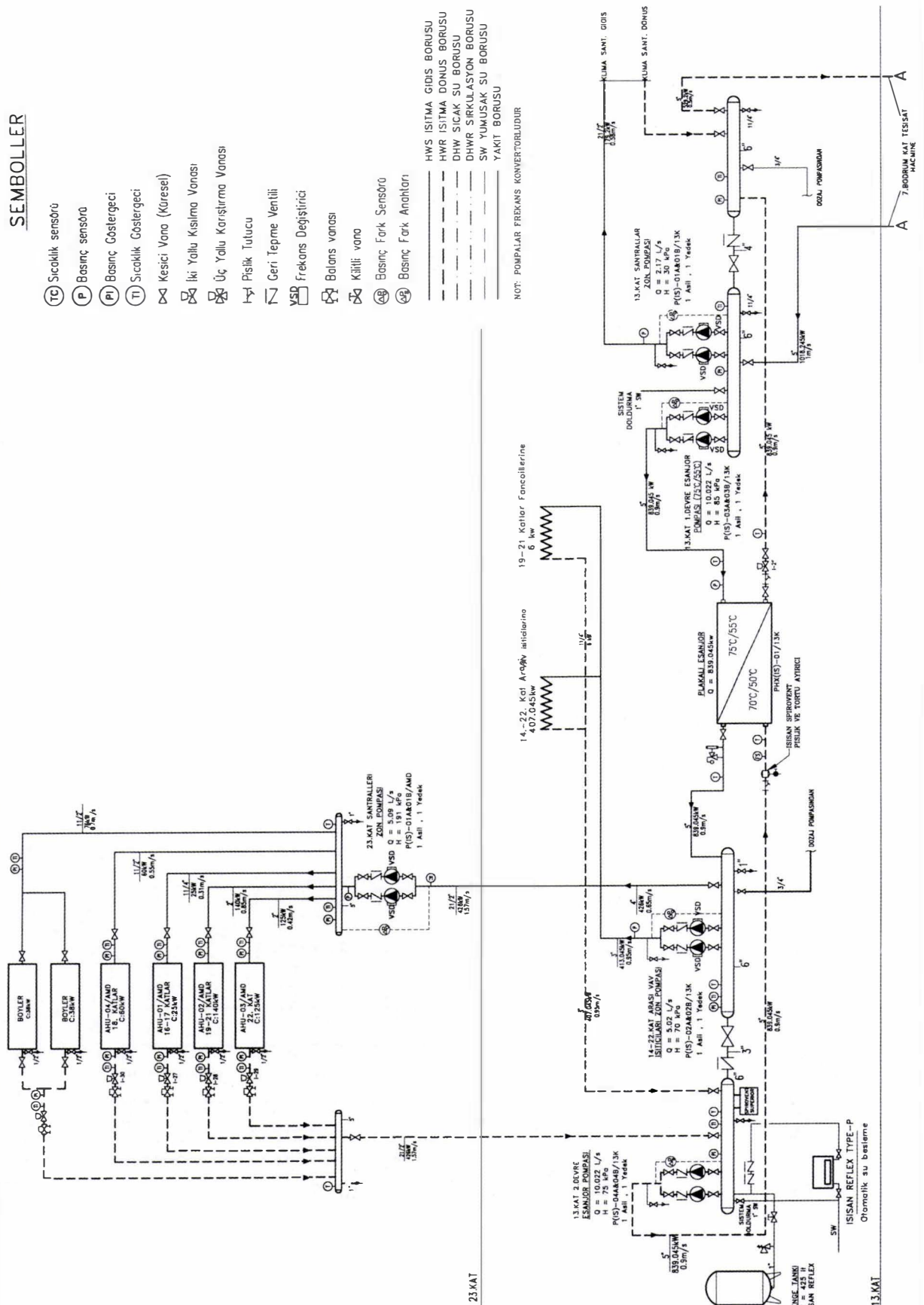


Şekil 6.39. YAPI KREDİ PLAZA D - BLOK GENEL GÖRÜNÜŞ VE TESİSAT KATLARI DAĞILIMI

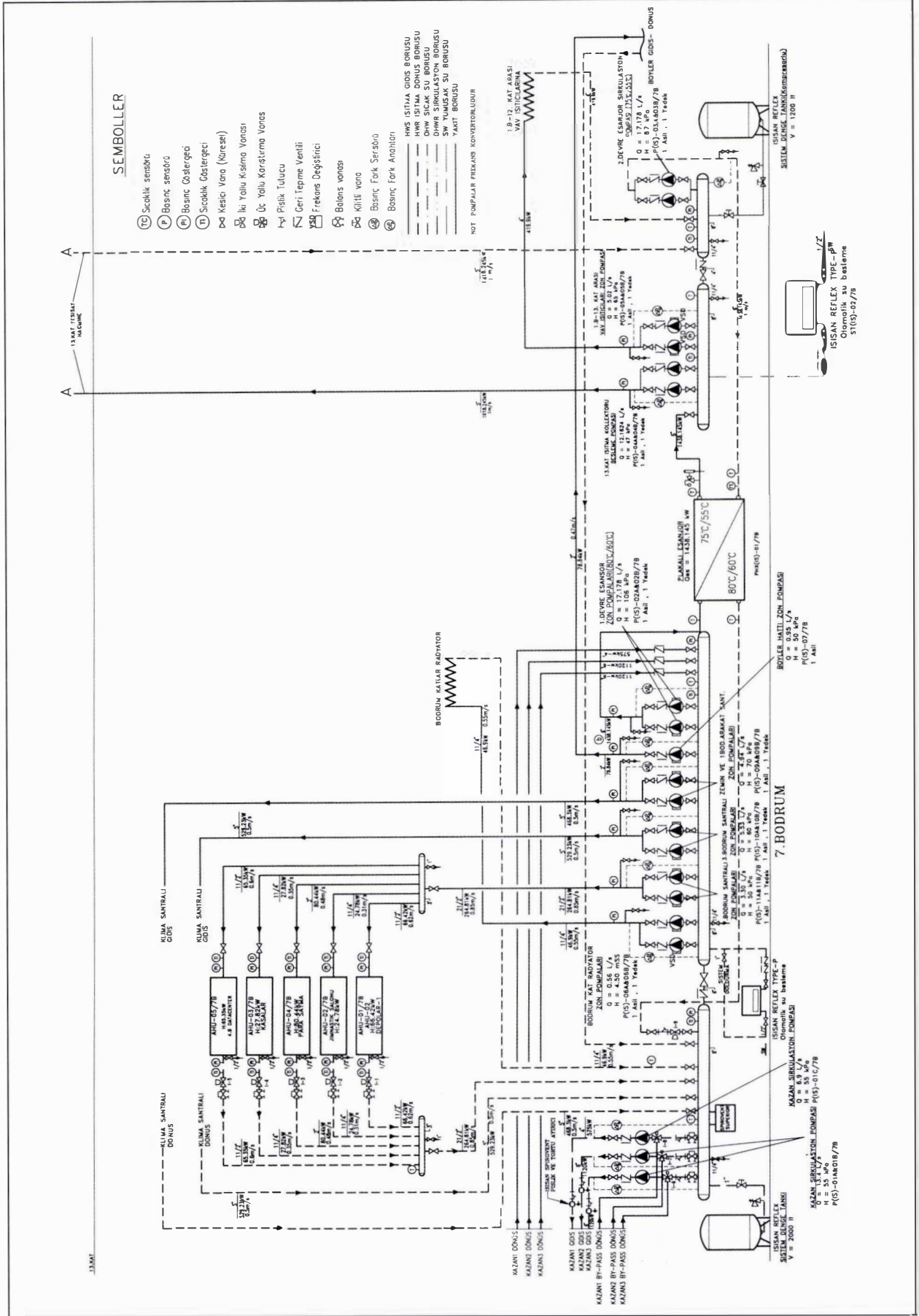
- | | |
|---|--------------------------|
|  | Sıcaklık sensörü |
|  | Başınç sensörü |
|  | Başınç Göstergesi |
|  | Sıcaklık Göstergesi |
|  | Kesici Vana (Küresel) |
|  | İki Yollu Kısıma Vana |
|  | Üç Yollu Karıştırma Vana |
|  | Pislik Tuluca |
|  | Geri Tepme Ventili |
|  | Frekans Değiştirici |
|  | Balans vanası |
|  | Kilitli vana |
|  | Başınç Fark Sensörü |
|  | Başınç Fark Anahıtları |

HWS ISITMA GIDIS BORUSU
HWR ISITMA DONUS BORUSU
DHW SICAK SU BORUSU
DHW SIKULASYON BORUSU
SW YUMUSAK SU BORUSU
YAKIT BORUSU

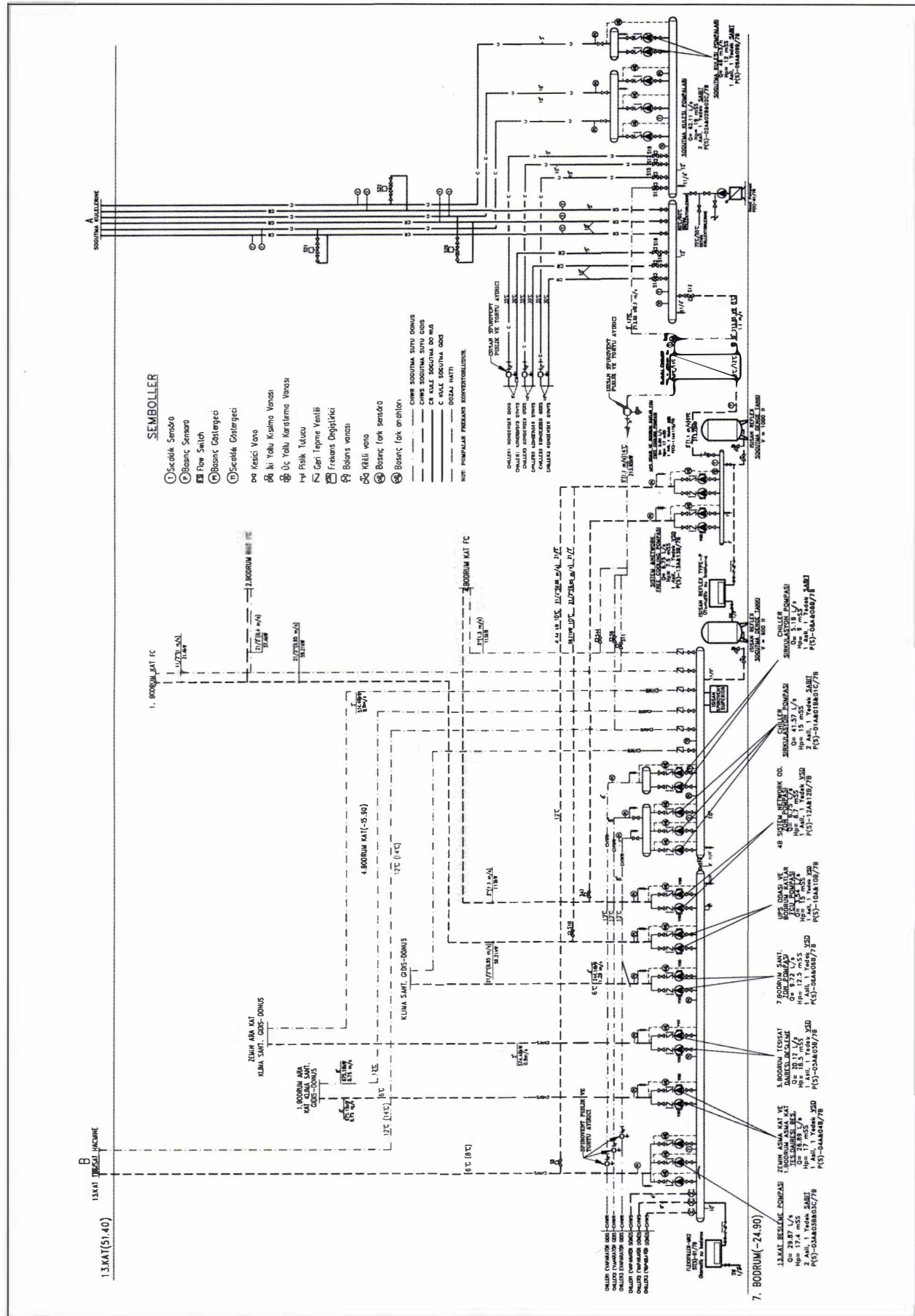
NOT: POMPALAR FREKANS KONVERTORLUDUR



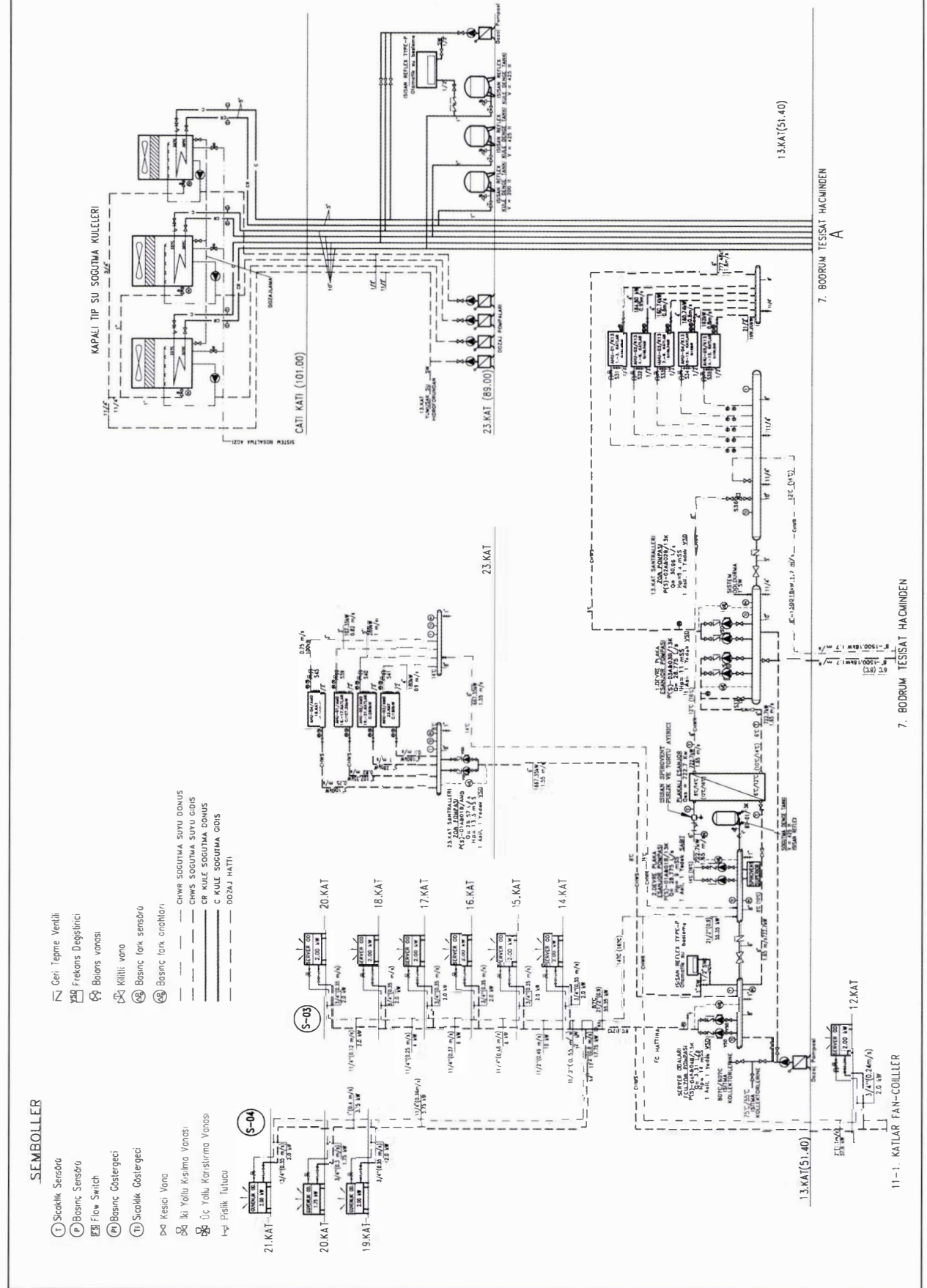
Şekil 6.40A. YAPI KREDİ PLAZA D - BLOK ISITMA AKIM ŞEMASI (7. Bodrum Kat - 13. Katlar Arası)



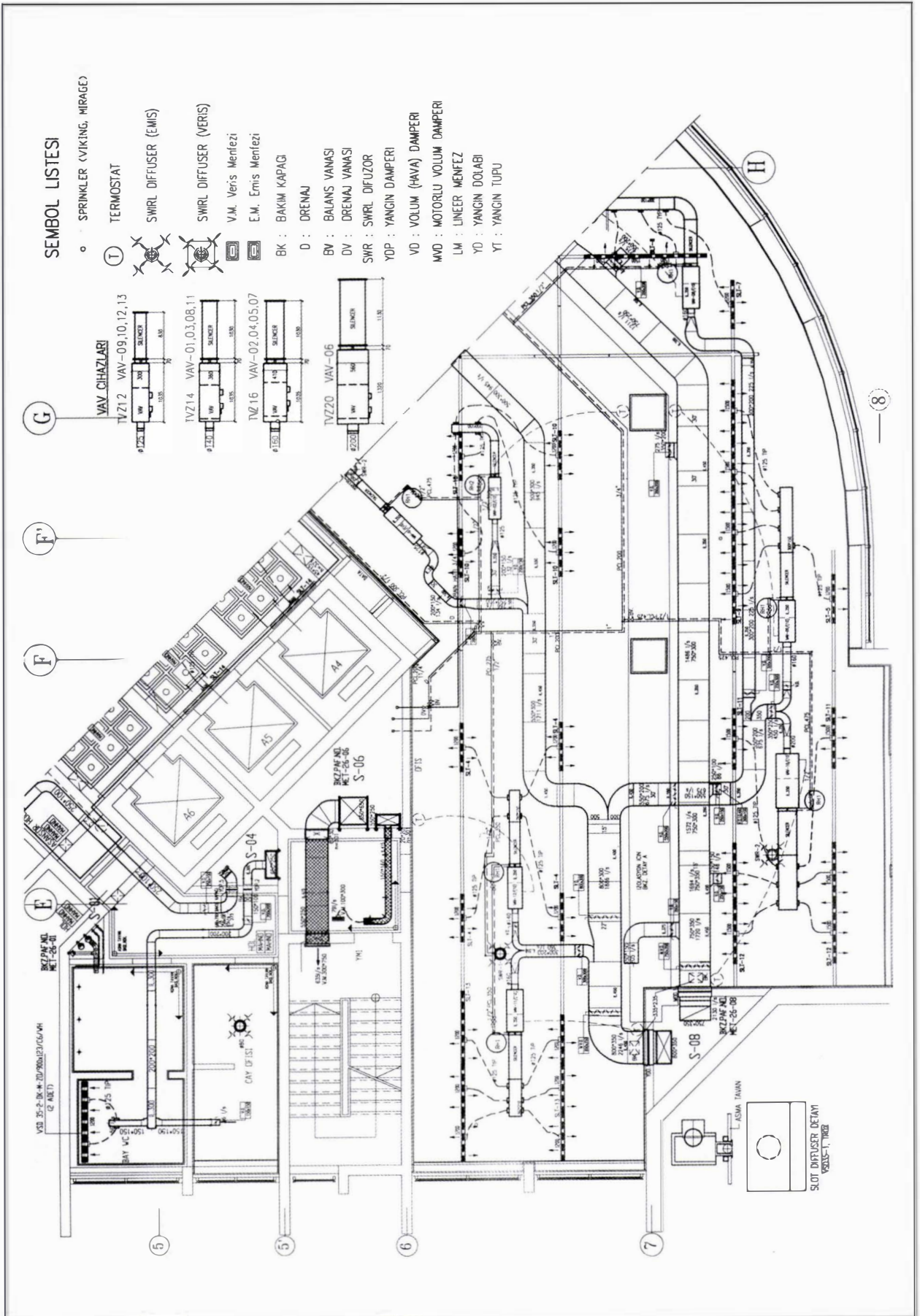
Şekil 6.40B. YAPI KREDİ PLAZA D - BLOK ISITMA AKIM ŞEMASI (13 - 23. Katlar Arası)



Şekil 6.41. YAPI KREDİ PLAZA D - BLOK SOĞUTMA AKIM ŞEMASI (13. Kat - Çatı Katı)



Şekil 6.42. YAPI KREDİ PLAZA D - BLOK SOĞUTMA AKIM ŞEMASI (7. Bodrum Kat - 13. Katlar Arası)



Şekil 6.43. YAPI KREDİ PLAZA D - BLOK VAV UYGULAMASI ÖRNEK KAT PLANI

beslenmektedir. Ara zon soğutma eşanjöründe elde edilen 8/14°C soğuk su ise kendi sirkülasyon pompalarıyla, klima santrallerine ve bilgisayar odalarına beslenmektedir. Suyun eşanjöre dönüşü yine toplama kollektöründeki pompa yardımıyla olmaktadır. Böylece sistemde sıcak suya paralel olarak iki düşey basınç zonu oluşturulmuştur. Zonlar arası ilişki soğutma eşanjörleri ile sağlanmaktadır. Şeklin sağ tarafında ise yine soğutma kulesi bağlantısı yer almaktadır.

Tipik VAV sistemi kat planı *Şekil 6.43*'te görülmektedir. Dikey şafttan ayrılan kat dağıtma kanalı havayı VAV kutularına taşımaktadır. Kutu çıkışında susturucular yer almaktadır. Daha sonra oluşturulan plenum kutularından ayrılan esnek kanallarla hava slot difüzörlere gelmekte ve bu difüzörler yardımıyla hava ortama üflenmektedir. Çevre zon VAV kutularında reheat imkanı bulunmaktadır.

c. Türkiye İş Bankası Kuleleri

- Yapı, 5 bodrum + giriş ve asma kat + 41 normal ofis katından oluşan genel müdürlük kulesi ile 26 normal ofis katından oluşan iki iş kulesinden oluşmaktadır.
- Kulelerde klimatizasyon VAV + 4 borulu fan coil sistemi kullanılarak yapılmıştır.

Sistemin tipik kat kat planı *Şekil 6.44A* ve *B*'de görülmektedir. Çevre zonda 4 borulu fan coil sistemi, kışın ısı kayıpları ile enfiltrasyonu, yazın da ısı kazançlarını karşılar. Böylece çevredeki ısıtma ve soğutma fan coil sistemiyle karşılanır. Kata tek klima santralinden besleme yapılmaktadır. Dikey şafttan ayrılan kat ana dağıtma kanalı havayı kontrol kutularına taşımaktadır. İç zonda VAV kutuları bulunmaktadır. Bu kutulardan yüke göre debisi değişen sabit sıcaklıkta soğuk hava üflenmektedir. Üfleme havası sıcaklığı 16°C mertebesinde olup, bütün yıl çekirdek zon soğutulmaktadır. Havanın ortama verilmesinde swirl difüzörler kullanılmıştır. Aynı kanaldan ayrılan kollarla, soğuk hava dış zona CAV kutularından geçerek sabit debide üflenmektedir. CAV kutuları değişen koşullardan bağımsız olarak aynı sabit debiyi ortama verebilen kontrol kutularıdır.

Dış zon üflemlerinde slot difüzörler kullanılmıştır. Sabit debi ve sıcaklıktaki bu hava, çevre zonun taze hava ihtiyacını da karşılamaktadır. Kışın VAV sistemden 16°C sabit sıcaklıkta çevre zonuna verilen havanın ortam sıcaklığına yükseltilmesi için gerekli ısıtma enerjisi de çevre zondaki fan coil sistemince karşılanır. Fan coil cihazlarının boruları yükseltilmiş döşeme altından çevrede dolaşmaktadır. Bu sistemle çevre zonda daha düşük asma tavan yükseklikleri ile yetinmek mümkün olmaktadır.

6.3.3.7 Soğuk Su Sistemlerinde Basıncın Azaltılması

Çalışma basıncının cihazlarda ve borularda artmasıyla, boru, vana, fittings ve soğutma ekipmanlarında

maliyetler artacaktır. Soğutma ekipmanlarının üzerine gelen basıncın azaltılması için, ekipmanların yerinin bodrum katının üzerine çıkartılması konuşulmaktadır. Ancak bu boru, fittings ve vanaların kullanıldıkları her noktada karşılaşabilecekleri maksimum basıncı değiştirmeyecektir, örneğin boruların soğuk su batar-yalarına kadar uzatılması gibi.

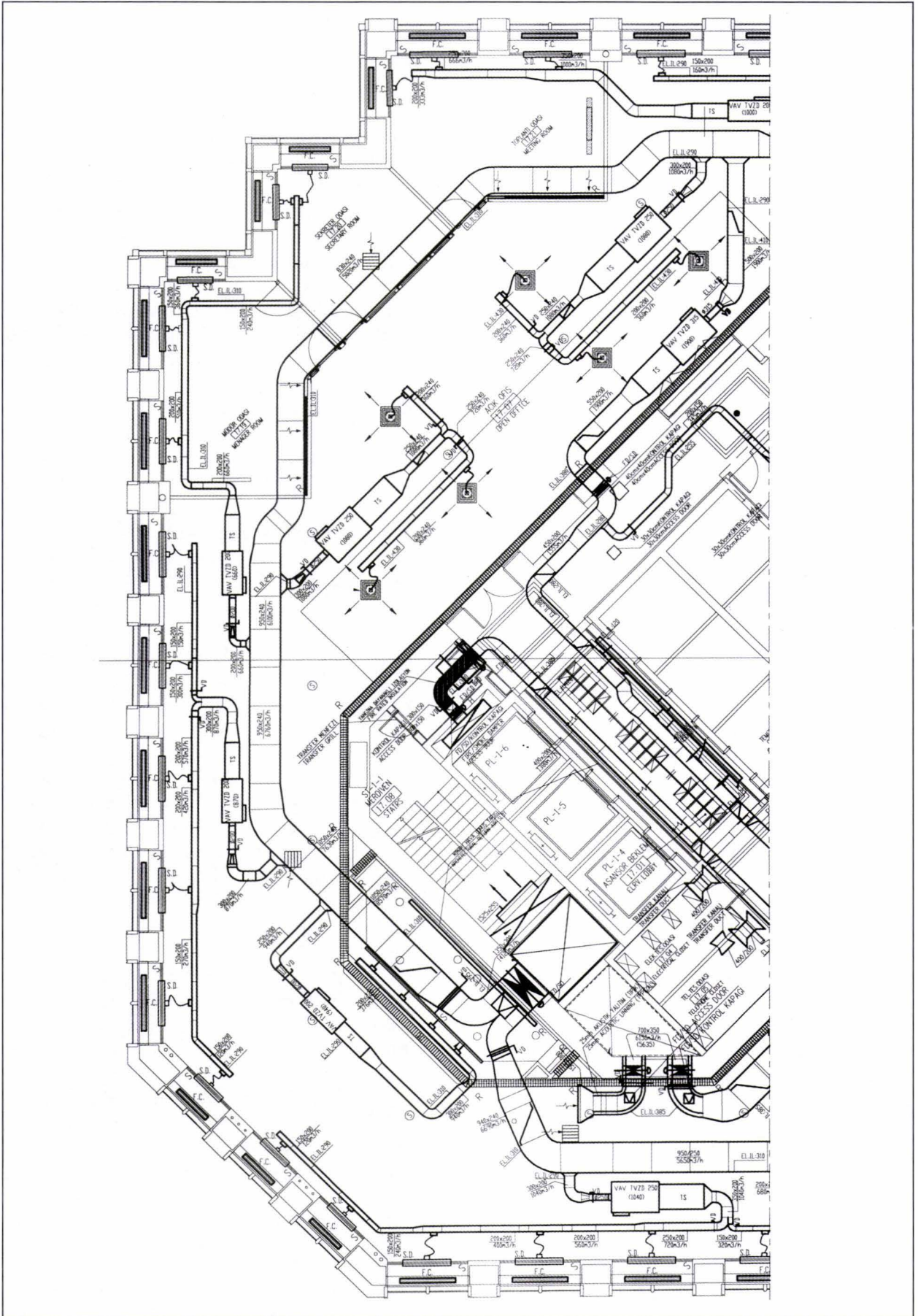
Yinede plakalı ısı eşanjörleri kullanarak soğuk su işletme basıncını hem ekipmanlarda hem de borularda azaltabiliriz, bu sayede katlar kendi içinde ayrılmış statik basınç zonu haline gelecektir.

Örneğin düz plakalı ısı eşanjörleri kullanarak tüm borular, vanalar, fittingsler ve ısı transfer ekipmanlarındaki statik basıncı azaltabiliriz. Primer su sıcaklığından 1°C veya daha az farkla sekonder su sıcaklığı elde etme imkanı veren plakalı eşanjörler sayesinde, ikincil dağıtım sistemlerinin kullanımı, primer ve sekonder su sıcaklığı arasındaki farkın 4,4°C olduğu borulu eşanjörlerin kullanıldığı dönemde olmayan, gelişmeye açık bir opsiyon olarak karşımıza çıkmaktadır.

Soğutma cihazı zemin katında olan 276 metre yüksekliğinde bir binanın soğutma suyu tesisatını *Şekil 6.45*'te görüldüğü gibi 3 ayrı zona bölmek mümkündür. Her bir zon bina toplam yüksekliğinin 1/3'ü kadar statik basınç altındadır (92 metre). Tüm pompalar soğutma cihazlarının yada sekonder devre ısı değiştiricilerinin çıkışlarına yerleştirilmiştir. Bunun sonucunda her zonun maksimum basma yüksekliği, izin verilen maksimum basma yüksekliği olan 1.000 Pa'nın altında olan 986 Pa olmaktadır.

Sekonder sistemlerin olmadığı yerlerde, primer soğuk su pompasının basma yüksekliği istenilenden bağımsız olarak değişmeyecektir, çünkü prime soğuk su pompası plakalı eşanjörün basınç kaybını da yenmek zorundadır. Buna ilaveten her sekonder ısı eşanjörüne pompalar ilave edilmiştir. Sonuçta iki ilave zonun sisteme eklenmesi ve soğutma su sıcaklığının yükselmesi ile üst katlardaki sistemde dolaşan suyun debisi artacaktır. Bundan dolayı basıncın azalmasının avantajları olsa da , ekipman, vana, boru ve fittingslerdeki işletme basıncını düşürmek için kullanılan plakalı eşanjörlerin genel maliyet verimliliğinin analiz edilmesi gerektiğini belirten düşüncelerde vardır.

Plakalı ısı eşanjörlerinin kullanımı ve soğutma suyu sistemindeki yeri, alternatif uygulamaların ilk yatırım maliyetlerini ve işletme maliyetlerindeki değişimleri içeren maliyet analizi açısından önemlidir. *Şekil 6.45*'te gösterildiği gibi iki plakalı eşanjör ve üç pompa grubundan oluşan sistem nadiren ekonomik olabilir ve bu nedenle nadiren tercih edilir. Genelde uygulanan borular, vanalar ve ısı transferi ekipmanlarının maliyetlerini düşürecek şekilde tüm soğutma suyu sisteminin basıncını belli değerde düşürecek tek bir eşanjörün kullanılmasıdır.



Şekil 6.44A. TÜRKİYE İŞ BANKASI BLOKLARI TİPİK KAT PLANI

491

Kondenser su borulaması genellikle tek bir şaftta minimum dirsek ile veya dirseksiz olarak ve çok az fittings ile bağlandığından, soğutma grubunun kondenser tarafında işletme basıncında düşme elde etmek için lakalı eşanjör kullanımı genelde düşünülmez. Vanalarda sadece makinelere takılmıştır ve sayısı çok azdır. Fittings sayısının limitli olması ve vana sayısının az olması plakalı eşanjör ve eşanjörün sekonder tarafına pompa eklenmesi maliyetinin karşılanması için yeterli olmayabilir. Bunun ötesinde, burada soğutma makinelerinin işletme maliyetini artıran kondenser su sıcaklığında artış da olacaktır.

6.3.3.8 Sıcaklık Değişimlerinin Ekonomisi

ABD’de geleneksel olarak klima cihazı seçiminde, soğutma grubu girişi ve çıkışı arasında $5,6^{\circ}\text{C}$ veya $6,7^{\circ}\text{C}$ sıcaklık farkı ve kondenser kapasitesinde de $5,6^{\circ}\text{C}$ fark veya $0,054 \text{ m/J}$ fark alınmaktadır. Bu yaklaşım, proje maliyetine etkisi az olduğu için, küçük binalarda uygundur. Ancak büyük ve özellikle yüksek ticari binalarda bu konuda değişik bir perspektiften bakılabilir. Bu tip projelerde, daha yüksek sıcaklık farkları

ve daha düşük su debisi ile boru çaplarında da buna bağlı olan azalma ile, boru , vana ve fittingslerin ilk yatırım maliyeti , klima cihazı işletme giderlerinde bir miktar artış ile önemli oranda azaltılabilir.

14.000 kW soğutma kapasitesine ihtiyaç duyulan büyük bir projede, soğuk su sıcaklık farkı $5,6^{\circ}\text{C}$ veya $0,04 \text{ m/J}$ ise, debi 600 l/s olacaktır. Eğer sıcaklık farkı olarak $8,9^{\circ}\text{C}$ veya $0,027 \text{ m/J}$ kullanılırsa, soğutma sistemindeki debi 380 l/s olacaktır. $5,6^{\circ}\text{C}$ sıcaklık farkındaki boru çapı 500 mm ve hız $3,0 \text{ m/s}$ ’nin altında olacaktır. Sıcaklık farkı $8,9^{\circ}\text{C}$ olduğunda boru çapı 400 mm ve hız yine $3,0 \text{ m/s}$ ’nin altında olacaktır. Daha yüksek sıcaklık farklarında boru maliyetlerinden daha fazla tasarruf söz konusu olacaktır. Bundan öte, soğutma makinelerinde kW/ton her iki koşulda da çalışılması gereken bir konu olduğundan, aynı çıkış sıcaklığında işletme enerji tüketimi büyük olasılıkla değişmeyecektir.

14.000 kW soğutma kapasiteli tesisatta, $5,6^{\circ}\text{C}$ sıcaklık farkında kondenser su debisi 760 l/s olacaktır. Eğer sıcaklık farkı $8,3^{\circ}\text{C}$ ’e çıkartılırsa kondenser debisi 500 l/s ’ye düşecektir. Boru çapı 760 l/s debi için 600 mm , 500 l/s için boru çapı 500 mm olacaktır. Yine bu değişiklik ilk yatırım maliyetinde ciddi bir düşme getirecek, bu düşme ancak soğutma makineleri ve soğutma kulesi arasındaki mesafenin fonksiyonu olarak değişecektir.

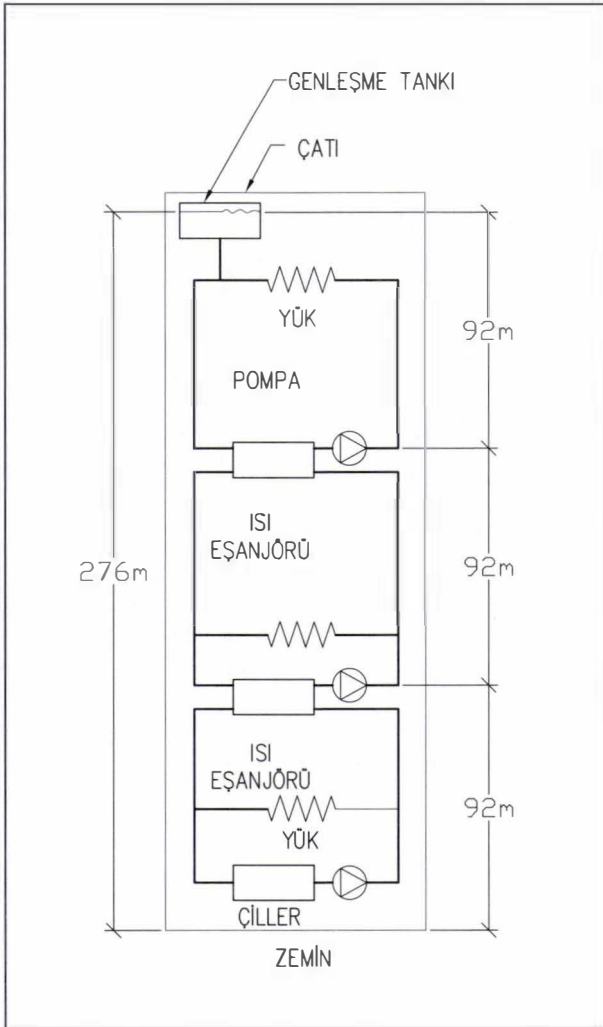
Soğutma sisteminin soğutma bölümünde ve kondenser bölümünde yüksek sıcaklık farklarının düşünülmesi, tüm ticari yüksek bina projelerinde değerlendirmeye değer bir konudur. Bu sayede soğutma sisteminin parçaları olan boru, fittings ve vanalarda ciddi tasarruflar elde edilebilir.

6.4 AYDINLATMA OTOMASYON SİSTEMİ

6.4.1 AYDINLATMA YÖNETİMİ

Yapılan araştırmalar, bir otomasyon sisteminin tam anlamı ile uygulanması ve teknik elemanların programlı bakımlarda aldığı önlemler sonucunda yıllık enerji tüketiminin %40 azaltılabileceğini göstermektedir. Bunun sağlanabilmesi için aşağıda sıralanan noktalara dikkat etmek gerekir:

- Uygun balast kullanılması,
- Gün ışığı şartlarına uygun DİM yapılması,
- Camların standart cam olması,
- Her elemanın kendisine ait bölgeyi istediği ışık şartlarına uygun aydınlatabilmesi,
- Teknik bölümün programlı bakımlarda ampulleri değiştirmesi, ampul ömür eğrilerindeki garanti edilen zamanın dışına çıkılmaması,
- Sadece gerekli bölümlerin kendiliğinden devrede kalması, diğerlerinin sönmesi,
- Kısa süreli çalışmalardan dolayı uzayan ampul ömürleri, yanısıra sıcaklık kontrolü konusunda tasarrufa katkıları,



Şekil 6.45. BORULARDA UZAMA

- Uygun aydınlatmanın (ve ısıtmanın) çalışan üzerindeki psikolojik etkisi (İstanbul Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nün yaptığı bir araştırmanın sonucu ise kişiye göre değişen konforlu aydınlanma şartlarının sağlanması durumunda kişisel verim artışının normale göre %22 - %25 arasında olduğunu göstermektedir).

Yukarıdaki gibi sıralanabilecek pek çok örnek yanı sıra açık alanlarda telefon ya da bilgisayar ağı üzerinden sisteme kumanda verebilmek sonucunda özel nitelikli anahtarlardan ve işçilikten yapılan tasarruf, ve tüm bu kontroller sonucunda kullananların memnuniyeti sonucu ortaya çıkan verim artışı göz ardı edilmemelidir.

Aslında alınan önlemler, genel enerji tasarrufuna ciddi olarak yansımaktadır. Kullanılan camlardaki ışık ve radyasyon kırma özelliklerinin faydaları klima sistemi tarafından yazın daha az enerji ile soğutulmayı getirirken, daha az aydınlanmadan dolayı yakılan lambaların hem ısı enerji kayıpları hem de aydınlatma sisteminde ilave yükler getirmeleri söz konusudur.

İşte bu durumda aydınlatma sisteminin yüksek çözünürlük ile kontrol edilebilmesinin enerji tasarrufu açısından ciddi faydaları ortaya çıkmaktadır. Şunu da unutmamak gerekir ki mimari kaygılar ile aydınlatma sisteminin tasarrufu düşünülmemektedir. Kullanılan armatür sayılarındaki fazlalık, armatürlerden elde edilebilecek aydınlanmanın etkinlik katsayısının düşüklüğü daha çok sayıda armatür ve daha çok sayıda kontrol noktası demektir. Yine unutulmaması gerekir ki aslında insanoğlunun ihtiyacı olan konfor sağlandığında gelecek verim artışı da önemlidir.

Şimdiye kadar yapılan işlerde, sadece hesaplanan elektriksel tasarruf miktarları için doğrudan şirketlerden alınan değerlerle *Tablo 6.46*'da verilmiştir.

Tüm yukarıdaki bilgilerin ışığında bir de üretici firmaların teknolojiyi ne kadar iyi takip ettiklerine dair imajrmaları da yeni birtakım kaygıları beraberinde getirmektedir. Bu nedenle birkaç değişik tip kaygılardan bazıları şöyledir:

- Mimari çalışmalar
- Teknoloji + Mimari kaygılar (Mimari ve günümüz teknolojisini getiren Otomasyon mühendisliği, elektrik/HVAC/bilgisayar)
- Saf tasarruf kaygısı (Elektrik + İnşaat + Makine [HVAC])

Bütün bunların yanı sıra prestij binalarında özellikle projeye koyularak az da olsa uygulanmaya çalışılan bir sistem gerektiği gibi kullanılmazsa geri dönüşü uzamakta, bunun yanı sıra iyi uygulamalarda kullanıcıların (çalışanların) verim artışı dışında genellikle 3 seneden sonra kendisini ödeyip, kullanıcıya kazanç sağlamaya başlamaktadır.

Örnek bir uygulamadaki tüketim ve otomasyon ile sağlanan tasarruflar *Şekil 6.47, 6.50, 6.51, 6.52, 6.53, 6.54, 6.55* ile *Tablo 6.48, 6.49*'da verilmiştir.

6.4.2 AYDINLATMA KONTROL SİSTEMİ ÖZELLİKLERİ

Ofis alanları için aydınlatma kontrol sistemi geniş monitör ve raporlama imkanlarını da içeren bir aydınlatma yönetim sisteminden oluşmaktadır. Bilgisayar aracılığı ile sağlanacak komple merkezi yönetimin kullanıcı kontrolü ile birleşmesinden oluşan bu sistem, telefonlardan ve yerel anahtarlardan bağımsız olarak çalışacaktır. Sistem kontrolün tamamen esnek olması gerekmektedir. Her bir armatür ya da linye bir röle vasıtasıyla ya da DALI protokolü ile birbirinden bağımsız olarak kontrol edilebilecek ve açıp kapama ile ilgili tüm değişiklikler tavandaki modüllerin açılmasına gerek olmadan, bilgisayar terminalinden yönlendirilebilecektir. Sistem hem donanım hem de donanıma açıp kapama ile ilgili talimatları iletmelidir. Sistem operasyonunun merkezi programlama ile yapılmasını sağlayan yazılımı da içermelidir.

Aydınlatma yönetim sistemi bir merkezi bilgisayar kontrolörü, aydınlatma kontrol modülleri ve bölgesel kontrol araçlarından oluşmalıdır.

PABX Call Logger aracılığıyla bir telefon ara yüzü ile telefon üzerinden sisteme kontrol edilebilecek altyapı olmalıdır.

Bilgisayar sistem operasyonunu gözetecek, otomatik komutlar iletecek ve aydınlatmanın merkezi manuel kontrolünü de sağlayacak şekilde programlanmalıdır. Komutlar her katta "outstation" olarak görev yapan yer kontrolörleri aracılığıyla aydınlatma kontrol modülüne iletilecek ve aydınlatma merkezi veya yerel komutlar vasıtasıyla yönlendirilmiş olmalıdır.

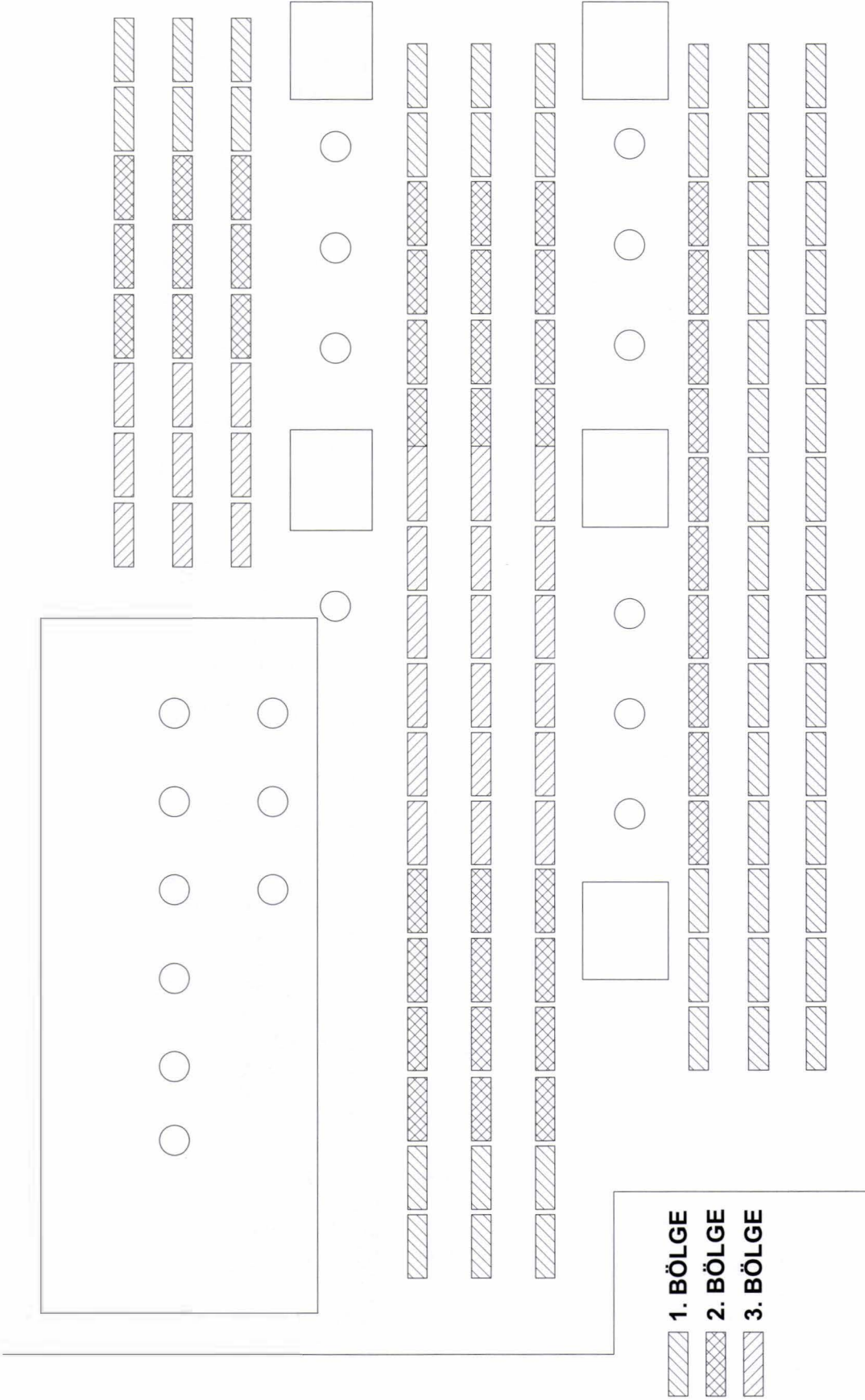
Tüm ofis aydınlatma kontrol modülleri birbirinin aynı ve birbirinin yerine kullanılabilir nitelikte olmalıdır. Mühendisin sistemi genişletebilmesi veya ilave kontrol imkanları ekleyebilmesi için % 10 yedek çıkış temin edilmelidir. İlave modüllerin eklenmesi aydınlatma sisteminin adreslenmiş nodlarının yeniden programlanmasını gerektirmemelidir.

6.4.2.1 Lokal Kontrol

Aydınlatma her grup/kişi tarafından network üzerinden idare edilebilecektir. Bunun yanısıra istenirse anahtar kontrolü da uygulamaya alınacaktır Anahtarlama için sistem; Pır dedektör, anahtar, günışığı sensörü, vs. den sinyal alabilecektir.

YKB Gebze Otomasyon Merkezi	>%30
Şişe Cam Genel Müdürlük Binası	>%23
Hugo BOSS	>%20

Tablo 6.46. ÖRNEK TASARRUF MİKTARLARI



Şekil 6.47. AYDINLATMA BÖLGELERİ

	Konvansiyonel Kümülatif Enerji	Anılan Saatte Kullanılan Armatür Yüzdesi	İndirgemiş Kullanılan Lamba Sayısı	Anılan Saatte Konvansiyonel Kullanımda Çekilen Güç	Kış Diliimindeki Tasarruf	Anılan Saatte Kış için Tasarruf Edilmiş Değer	Yaz Diliimindeki Tasarruf	Anılan Saatte Yaz için Tasarruf Edilmiş Değer	Otomasyonla Yaz Kış Ortalaması	Otomasyonla Yaz Kış Kümülatif	Otomasyonla Anılan Saatte Harcanan Yıllık Enerji	Otomasyonla Anılan Saatte Harcanan Kümülatif Enerji
1. BÖLGE	kWh	%	Adet	kW	%	kW	%	kW	kWh/gün	kWh/gün	kWh	kWh
9:00	23	100	750	22,5	60	13,5	40	9,0	9,0	9,00	1.980	1.980
10:00	45	100	750	22,5	60	13,5	40	9,0	9,0	18,0	1.980	3.960
11:00	68	100	750	22,5	50	11,3	40	9,0	9,0	27,0	1.980	5.940
12:00	90	100	750	22,5	50	11,3	40	9,0	9,0	36,0	1.980	7.920
13:00	113	100	750	22,5	50	11,3	40	9,0	9,0	45,0	1.980	9.900
14:00	135	100	750	22,5	50	11,3	40	9,0	9,0	54,0	1.980	11.880
15:00	158	100	750	22,5	50	11,3	40	9,0	9,0	63,0	1.980	13.860
16:00	180	100	750	22,5	60	13,5	40	9,0	9,0	72,0	1.980	15.840
17:00	203	100	750	22,5	60	13,5	40	9,0	9,0	81,0	1.980	17.820
18:00	225	20	150	4,50	20	0,90	20	0,9	0,9	81,9	198	18.018
19:00	248	20	150	4,50	20	0,90	20	0,9	0,9	82,8	198	18.216
20:00	270	20	150	4,50	20	0,90	20	0,9	0,9	83,7	198	18.414
21:00	293	20	150	4,50	20	0,90	20	0,9	0,9	84,6	198	18.612
2. BÖLGE	kWh	%	Adet	kW	%	kW	%	kW	kWh/gün	kWh/gün	kWh	kWh
9:00	14	100	450	13,5	60	8,10	40	5,4	5,4	5,40	1.188	1.188
10:00	27	100	450	13,5	60	8,10	40	5,4	5,4	10,8	1.188	2.376
11:00	41	100	450	13,5	50	6,80	40	5,4	5,4	16,2	1.188	3.564
12:00	54	100	450	13,5	50	6,80	40	5,4	5,4	21,6	1.188	4.752
13:00	68	100	450	13,5	50	6,80	40	5,4	5,4	27,0	1.188	5.940
14:00	81	100	450	13,5	50	6,80	40	5,4	5,4	32,4	1.188	7.128
15:00	95	100	450	13,5	50	6,80	40	5,4	5,4	37,8	1.188	8.316
16:00	108	100	450	13,5	50	6,80	40	5,4	5,4	43,2	1.188	9.504
17:00	122	100	450	13,5	60	8,10	40	5,4	5,4	48,6	1.188	10.692
18:00	135	100	450	13,5	80	10,8	40	5,4	5,4	54,0	1.188	11.880
19:00	149	100	450	13,5	80	10,8	40	5,4	5,4	59,4	1.188	13.068
20:00	162	100	450	13,5	80	10,8	50	6,8	6,8	66,2	1.485	14.553
3. BÖLGE	kWh	%	Adet	kW	%	kW	%	kW	kWh/gün	kWh/gün	kWh	kWh
9:00	9	100	300	9,00	60	5,40	40	3,6	3,6	3,60	792	792
10:00	18	100	300	9,00	60	5,40	40	3,6	3,6	7,20	792	1.584
11:00	27	100	300	9,00	50	4,50	40	3,6	3,6	10,8	792	2.376
12:00	36	100	300	9,00	50	4,50	40	3,6	3,6	14,4	792	3.168
13:00	45	100	300	9,00	50	4,50	40	3,6	3,6	18,0	792	3.960
14:00	54	100	300	9,00	50	4,50	40	3,6	3,6	21,6	792	4.752
15:00	63	100	300	9,00	50	4,50	40	3,6	3,6	25,2	792	5.544
16:00	72	100	300	9,00	50	4,50	40	3,6	3,6	28,8	792	6.336
17:00	81	100	300	9,00	60	5,40	40	3,6	3,6	32,4	792	7.128
18:00	90	100	300	9,00	80	7,20	40	3,6	3,6	36,0	792	7.920
19:00	99	100	300	9,00	80	7,20	40	3,6	3,6	39,6	792	8.712
20:00	108	100	300	9,00	80	7,20	50	4,5	4,5	44,1	990	9.702

Tablo 6.48. OTOMASYONLA YAPILAN TASARRUFUN HESAPLANMASI

6.4.2.2 Anahtarlar

Anahtarlar “momentary” kontak tipi seçilecektir.

6.4.2.3. Network Üzerinden Bilgisayar Kontrolü

Merkezi bilgisayar sistemi üzerinden bağlantı kurularak gerektiğinde yazılımın her kullanıcı için 4 bölgede ışıklarını kontrol etmesi için yöntem belirlenecektir.

6.4.2.4. Gün Işığı Dedektörleri

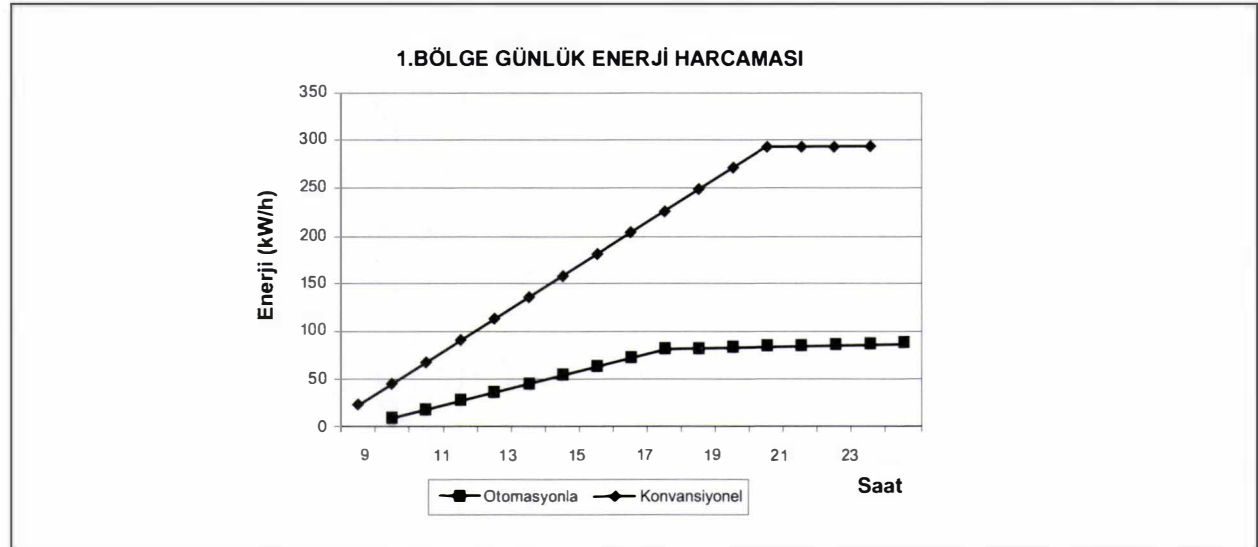
Ortamdaki ışık şiddeti bilgisini dijital olarak sisteme iletebilecek ve seviye yazılımdan değiştirilebilecektir.

6.4.2.5. Hareket Dedektörleri

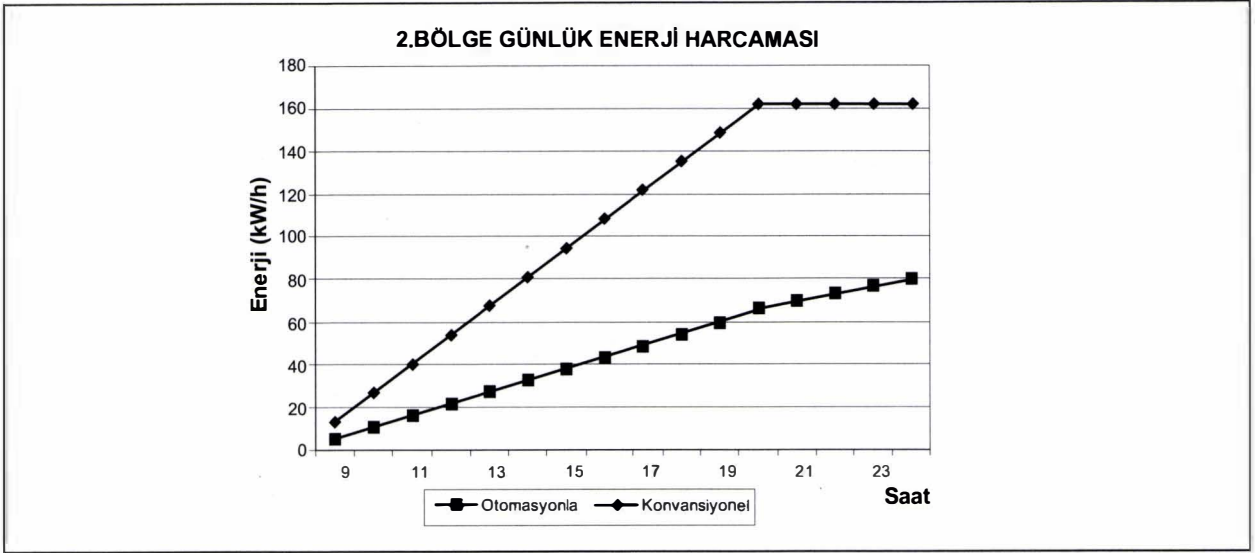
Pasif infrared dedektörler 6 m çapında bir alanı kontrol edebilmeli buradan gelen bilgi ile ışıkların ayarlanabilir bir gecikme ile söndürülmesi (8 dk, 15 dk, 30 dk) sağlanabilecektir.

	Konvansiyonel Kullanımda Toplam Günlük Harcama	Otomasyonlu Kullanımda Toplam Günlük Harcama	Konvansiyonel Kullanımda Yıllık Harcama	Otomasyonlu Kullanımda Yıllık Harcama	Konvansiyonel Kullanımda Yıllık Enerji Bedeli	Otomasyonlu Kullanımda Yıllık Enerji Bedeli
1. KADEME	kWh	kWh	kWh	kWh	USD	USD
9:00	45	18	9.900	3.960	1.485	594
10:00	90	36	19.800	7.920	2.970	1.188
11:00	135	54	29.700	11.880	4.455	1.782
12:00	180	72	39.600	15.840	5.940	2.376
13:00	225	90	49.500	19.800	7.425	2.970
14:00	270	108	59.400	23.760	8.910	3.564
15:00	315	126	69.300	27.720	10.395	4.158
16:00	360	144	79.200	31.680	11.880	4.752
17:00	405	162	89.100	35.640	13.365	5.346
18:00	450	172	99.000	37.818	14.850	5.673
19:00	495	182	108.900	39.996	16.335	5.999
20:00	540	194	118.800	42.669	17.820	6.400
21:00	563	200	123.750	44.105	18.563	6.616
22:00	563	207	123.750	45.540	18.563	6.831
23:00	563	214	123.750	46.976	18.563	7.046
00:00	563	220	123.750	48.411	18.563	7.262

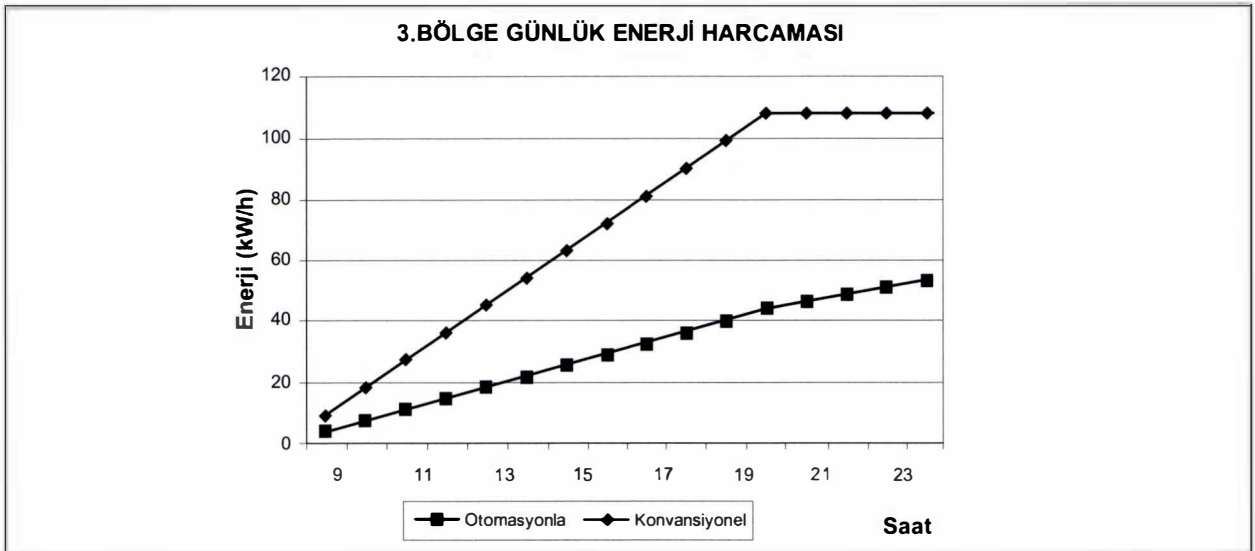
Tablo 6.49. OTOMASYONLA YAPILAN TASARRUFUN 1. BÖLGE İÇİN ÖZETİ



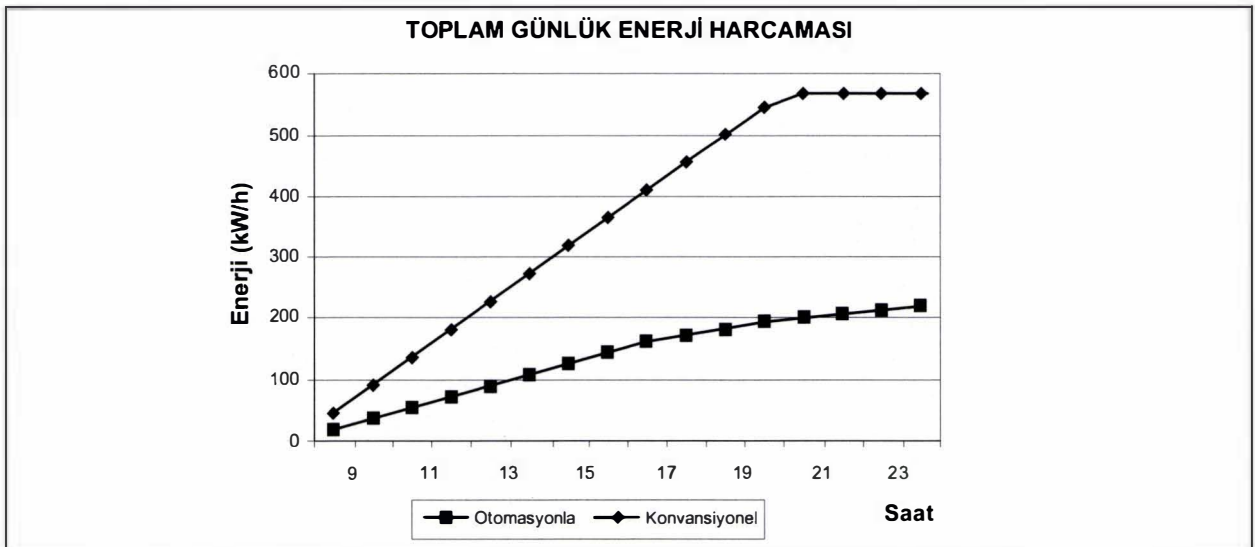
Şekil 6.50. 1. BÖLGE GÜNLÜK AYDINLATMA ENERJİ TÜKETİMİ



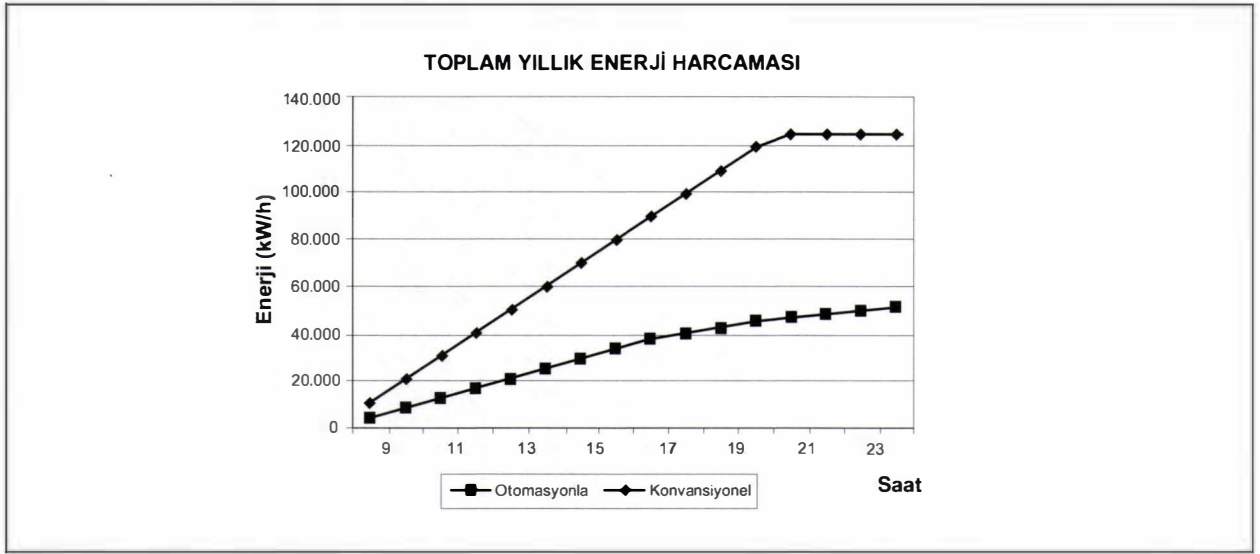
Şekil 6.51. 2. BÖLGE GÜNLÜK AYDINLATMA ENERJİ TÜKETİMİ



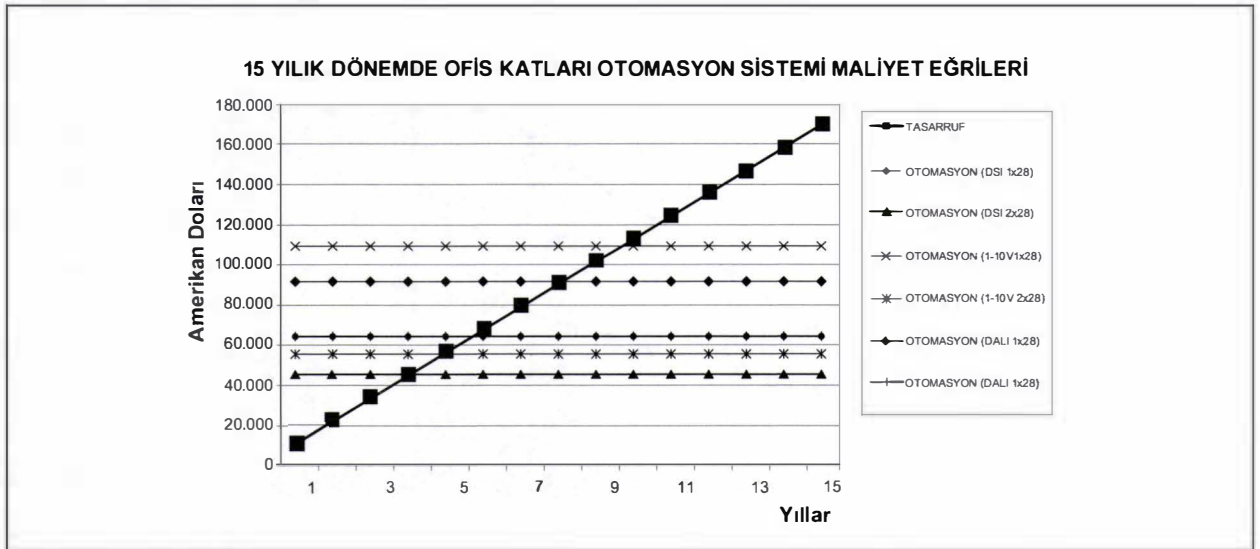
Şekil 6.52. 3. BÖLGE GÜNLÜK AYDINLATMA ENERJİ TÜKETİMİ



Şekil 6.53. AYDINLATMA TOPLAM GÜNLÜK TÜKETİMİ



Şekil 6.54. AYDINLATMA TOPLAM YILLIK TÜKETİMİ



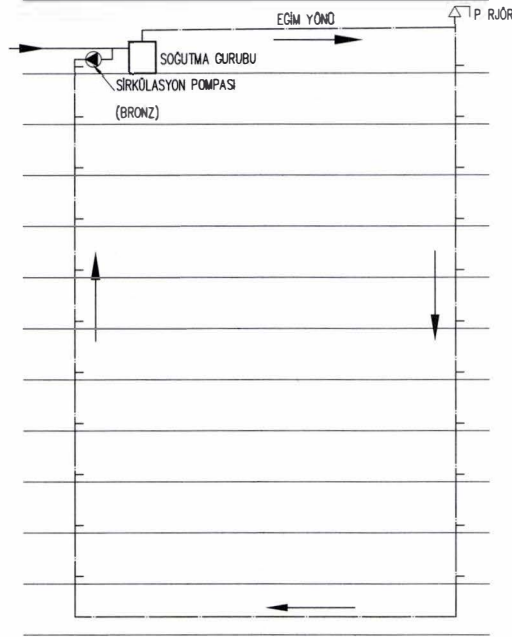
Şekil 6.55. 15 YILLIK DÖNEM ÖZETİ

6.5 SOĞUTULMUŞ İÇME SUYU SİSTEMLERİ

İnşa edilecek olan bir binada her ne kadar su soğutucularının avantajları ve gereklilikleri kabul edilse dahi, bu soğutucuların miktarları ve montaj planları binanın kesin yerleşim planları yapıncaya kadar belirlenemez. Yerleşim planları, su soğutucularının ebatlarını ve özelliklerini belirlemede de önemli rol oynarlar. Yerleşim planları merkezi su soğutma sistemleri veya tekil su soğutma sistemlerinin seçilmesinde belirleyici faktördürler. Eğer binanın yerleşim planı soğuk içme suyu sistemlerinin birçok katta alta yerleştirilmesine imkan tanıyor ise, içme suyu soğutma sistemi olarak merkezi su soğutma sistemlerinden faydalanma imkanları analiz edilmelidir. Su kaynağı hattı aynı hat üzerindeki bir grup fışkiyeyi besler ve dönüş hattı bir başka grup fışkiyeyi besler ise sistemin verimliliği artar. Bu amaçla geliştirilmiş örnek sistem uygulama Şekil 6.56, 6.57, 6.58, 6.59'da sıra ile verilmiştir. Bütün

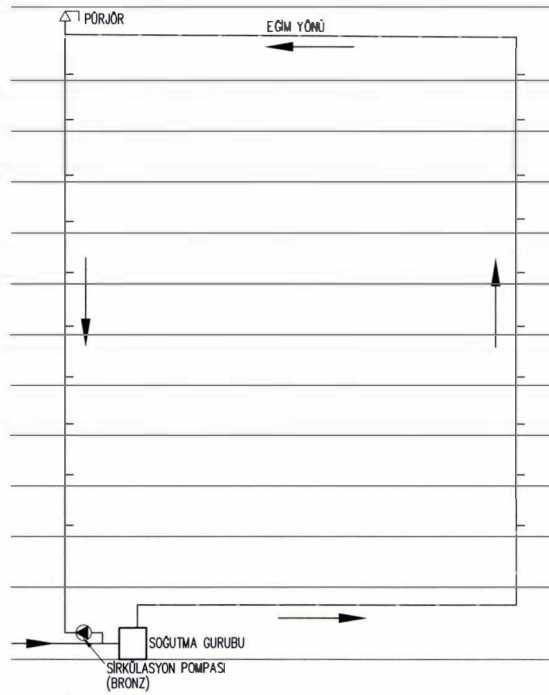
merkezi ünitelere filtre konulmalıdır. Merkezi bir sistemde, bakımın sadece sistemin belirli bir parçasına uygulanmasına rağmen tamir gerekli olduğu zamanlarda, eğer cihazlar etrafına by pass hattı kurulmamış ise tamir işlemi boyunca sistemin hiçbir yerinden soğuk su temini mümkün olamayacaktır. Bunun için merkezi su soğutma sistemlerinde by-pass hattı kullanılmasına özen gösterilmelidir.

Binada kullanılacak su soğutucusu olarak tekil su soğutucuları tercih edilmiş ise, mimar, yerleşim planlarını gerçekleştirirken çok büyük esnekliğe sahip olacaktır. Ancak bunun dezavantajı da daha fazla kompresör ve soğutma grubuna ihtiyaç duyulması olacaktır. Mekanik su soğutma ünitelerinin sayısını azaltmak için uygun kapasitede seçilmiş olan tek bir ünite üç ayrı kattaki üç ayrı fışkiyeyi beslemek için kullanılabilir. Eğer cihaz orta kata yerleştirilmiş ise sirkülasyon pompası kullanılması gerekiyebilir. Cihazdan fışkiyeye kadar olan maksimum uzaklık 5 metre ile sınırlanmalıdır.



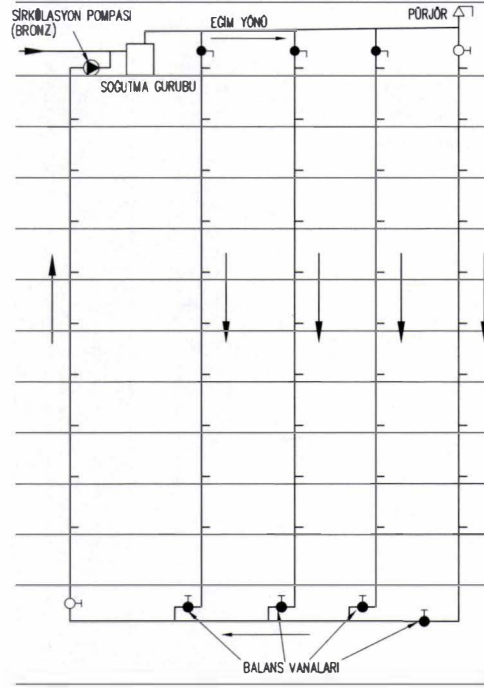
NOT: ŞEKİLDE SADECE SİSTEMİN ANA ELEMANLARI GÖSTERİLMİŞTİR.
ALTTA DOLAŞIMLI ÇEVİRİM

Şekil 6.56. SOĞUTULMUŞ İÇME SUYU SİSTEMİ (ALTTAN DOLAŞIMLI ÇEVİRİM)



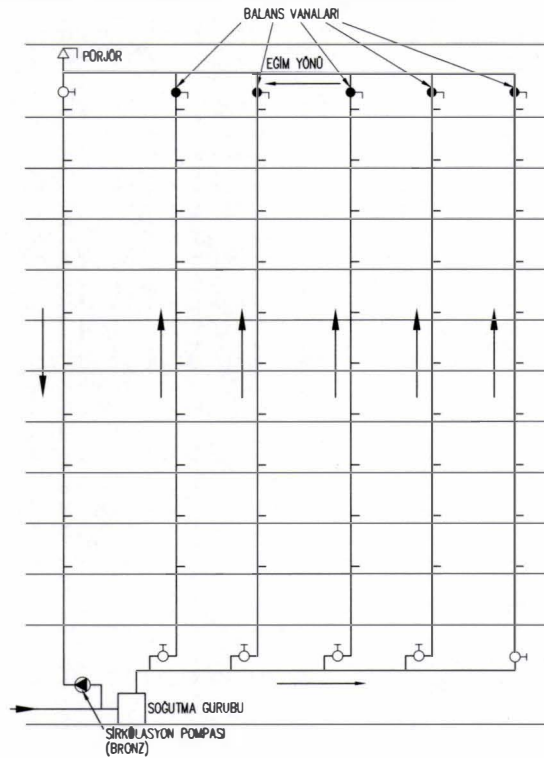
NOT: ŞEKİLDE SADECE SİSTEMİN ANA ELEMANLARI GÖSTERİLMİŞTİR.
ÜSTTEN DOLAŞIMLI ÇEVİRİM

Şekil 6.57. SOĞUTULMUŞ İÇME SUYU SİSTEMİ (ÜSTTEN DOLAŞIMLI ÇEVİRİM)



NOT: ŞEKİLDE SADECE SİSTEMİN ANA ELEMANLARI GÖSTERİLMİŞTİR.
ÇOK KOLONLU ALTTAN DOLAŞIMLI SİSTEM

Şekil 6.58. SOĞUTULMUŞ İÇME SUYU TESİSATI ÇOK KOLONLU ALTTAN DOLAŞIMLI SİSTEM



NOT: ŞEKİLDE SADECE SİSTEMİN ANA ELEMANLARI GÖSTERİLMİŞTİR.
ÇOK KOLONLU ÜSTTEN DOLAŞIMLI SİSTEM

Şekil 6.59. SOĞUTULMUŞ İÇME SUYU TESİSATI ÇOK KOLONLU ÜSTTEN DOLAŞIMLI SİSTEM

VII. BÖLÜM

MEKANİK TESİSATIN DEPREM KORUNMASI

Türkiye sıkça depremlerin yaşandığı, önemli bir bölümü 1. Dereceden deprem kuşağında olan bir ülkedir. Bu durum göz önünde bulundurularak, yapının statikinde olduğu gibi, mekanik tesisatın kurulmasında da bir takım önlemler alınması gerekir. Bugüne kadar mekanik tesisat tasarımında ve uygulamasında sismik koruma Türkiye’de dikkate alınmayan bir konuydu. Ancak dış kaynaklı bazı projelerde belirli ölçülerde önlem alınması öngörülmüyordu. Son İzmit depreminin sonra bu konunun daha önem kazanarak, uygulamanın yaygınlaşacağını ümit etmek mümkündür. Deprem doğrudan insanları öldürmez. Esas öldürücü olan insan eliyle yapılan yapıların çökmesidir. Bu nedenle burada esas olarak insan eliyle yapılan yapılar ve özellikle mekanik ekipman ve tesisat üzerine depremin etkileri üzerinde durulacak ve alınabilecek önlemler tartışılacaktır.

Bu çerçevede önemli bir nokta mekanik tesisatın sürekli çalışmakta olmasıdır. Deprem ise bina ömrü içinde birkaç kere olabilecek bir olaydır. Hiç olmayabilir de. Dolayısıyla çok uzun aralıklarla olması muhtemel bir olay için alınacak önlemler ekipmanların normal çalışmasını etkilememeli, ancak deprem olduğunda devreye girmelidir.

Mekanik tesisatın tasarımında ve sismik korunmasında amaç, bina tahrip olmadığı halde mekanik sistemin göçmesinin veya tahrip olmasının önlenmesidir.

7.1 TEMEL DEPREM BİLGİSİ

Bir deprem basitçe yerin sarsılması olarak tanımlanabilir. Üç tip doğal deprem vardır.

- Yer altındaki mağara, maden veya boşlukların tavanlarının çökmesiyle oluşan depremler,
- Volkanik faaliyetler sonucu oluşan depremler,
- Tektonik depremler.

7.1.1 Tektonik Depremler

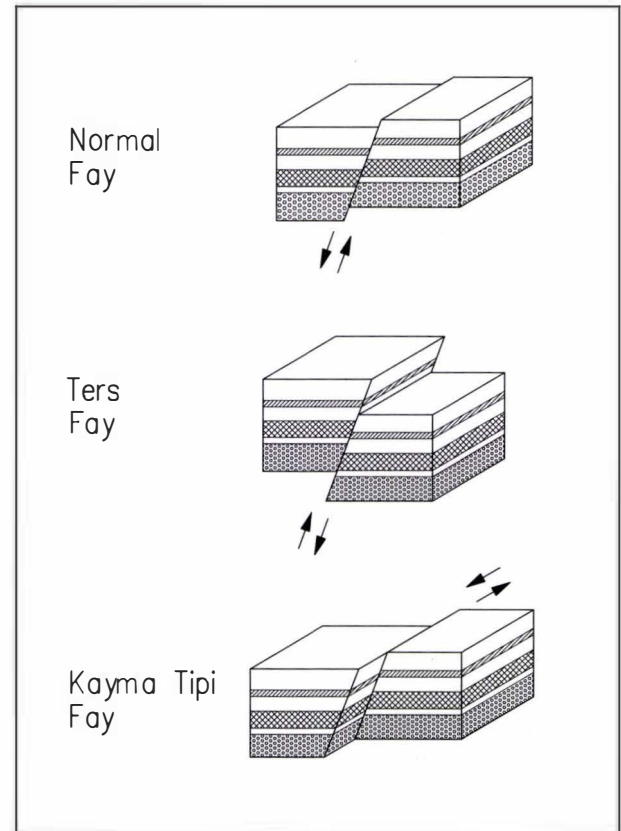
En genel deprem biçimi tektonik depremlerdir. Tektonik levha kenarlarının bir diğer levhaya göre kaymasıyla veya hareketiyle oluşurlar. Dünya dış kabuğu katı kaya levhalardan oluşur. Bu levhalar dünyanın dış yüzeyini oluşturur. Bu levhalar kendi içlerinde göreceli olarak karardır. Ancak birbirlerine temas ettikleri kenarlarda kararsızdırlar. Levhalar sürekli hareket içindedir veya birbirlerine göre bir kayma hareketi yaparlar veya biri diğerinin altına doğru hareket eder. Şiddetli depremleri ancak levhaların bu izafi hareketleri yaratabilir. Depremlerin büyük çoğunluğu bu levhalar boyunca yer alan fay hatlarında meydana gelir.

Faylar jeolojik yapıda oluşmuş kırıklardır. Fayların bazıları aktif değildir ve binlerce yıldır bir hareket görülmemiştir. Diğer taraftan aktif faylar sürekli hareket eder ve stres (gerilme) oluşturur ki, bu stres sonunda depreme yol açar.

Şekil 7.1’de görüldüğü gibi üç ana tip fay söz konusudur. Birincisi normal faydır ve düşey doğrultuda bir yer değiştirmedir. Bir kenar aşağı doğru 0 ile 90 derece arasında bir açı ile kayar. İkincisi ters faydır ki burada da düşey yer değiştirme vardır. Ancak hareket bir kenarın diğerine göre yükselmesi şeklindedir. Son tip ise, kayma tipi faydır. Bunlarda esas olarak yatay düzlemde kayma vardır. Yer değiştirme sağa doğru veya sola doğru olabilir. Gerçekte ise faylar genelde bu üç karakterin hepsine birden sahiptir.

7.1.2 Deprem Dalgaları

Farklı deprem tiplerine karşılık, hepsinin ortak noktası şok veya sismik dalga yaymalarıdır. Depremle ilişkili olarak dört temel tip dalga vardır. En hızlıları primer dalga (P dalgası) adı verilen dalgadır. Bundan sonra sekonder dalga (S dalgası) gelir. Her iki dalga da kayalar içinde yüzeye doğru ilerler. Şekil 7.2’de sismik dalga ilerlemesi verilmiştir.



Şekil 7.1. ÜÇ TEMEL FAY TİPİ

P dalgalarının sıkışma ve genişleme zonları vardır. Buna karşılık S dalgaları ilerleme yönlerine dik olarak, strataya (yatay tortu tabakalara) kesme uygular. İlk önce P dalgaları ulaşmasına karşılık, aşağı yukarı ve yandan yana hareketleriyle binalarda en büyük tahribatı S dalgaları yaparlar.

Son iki dalga yüzey dalgaları olarak bilinir, çünkü bunlar sadece yüzey yakınında görülürler. Love dalgası düşey bileşeni olmayan bir S dalgasını andırır ve binaların temelinden çıkmasına neden olan ana etkenlerden biridir. Sonuncusu Rayleigh dalgasıdır ki hareket yönünde eliptik olarak yuvarlanırlar.

P ve S dalgaları depremin odağından (merkezinden) kaynaklanırlar ve farklı tabakalardan geçerken yansıtılabilir veya kırılabilirler ve birçok yönde dalgalar gönderebilir. Merkez yüzeyin altında derinde bulunur ve merkezin yüzeye projeksiyonu olan noktaya depremin episentri adı verilir.

Şiddet ve Büyüklük

Şiddet ve büyüklük depremin tahrip düzeyini tanımlar. Farklı şiddet skalaları tanımlanmıştır. Günümüzde kullanılan değiştirilmiş Mercalli şiddet skalası, depremin şiddetini binalarda ve yeryüzünde meydana gelen tahribat ve hayvanların tepkilerinin gözle incelenmesiyle 12 seviyede değerlendirir. Bu yöntem çok hassas olmasına karşın, çok zaman alıcıdır ve haftalar veya aylar mertebesinde bir değerlendirme süresine gerek vardır. Deprem büyüklük olarak da değerlendirilebilir. En bilinen deprem büyüklük ölçeği Richter ölçeğidir. Sismografik okumalara dayanır ve hemen deprem ertesinde hesaplanabilir. P ve S dalgaları arasındaki zaman farkından deprem merkezine uzaklık belirlenebilir. Bu zaman farkının S dalgasının amplitüdü ile birlikte ele alınmasıyla Richter ölçüsü belirlenir.

Büyüklükler, iki ilişkili fakat farklı referans ortaya koymaktadır. Bunlar yerin hareketi ve açığa çıkan enerjidir. 6 büyüklüğünde bir depremde, 5 büyüklüğündeki depreme göre 10 misli daha fazla büyüklükte yer hareketi

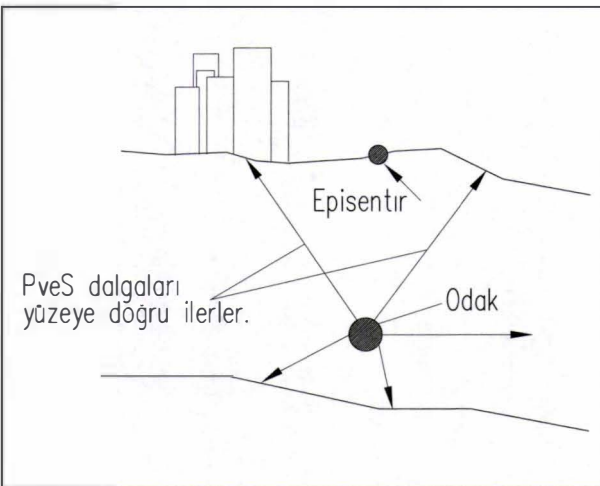
söz konusudur. Buna karşılık fay boyunca iki deprem arasında 30 misli daha fazla açığa çıkan enerji farkı vardır. Bu demektir ki 7 büyüklüğünde bir depremde, 5 büyüklüğündeki depreme göre 100 misli daha fazla yer hareketi ve 900 misli daha fazla enerji bulunmaktadır. 5 büyüklüğündeki bir depremde ise bir atom bombasından 10 misli daha fazla enerji açığa çıkmaktadır.

7.2 CİHAZLARIN SİSMİK KORUMASI

Sismik koruma için öncelikle mühendisin karar vermesi gereken bir dizi konu vardır. Örneğin cihaza ne olursa olsun yerinde kalması yeterli mi? (Yani çalışmaya devam edip etmemesi ikinci planda mı?) Yoksa cihaz, küçük tahribatlarla bile olsa, yerinde kalabilsin ama çalışmaya devam edebilsin mi? Bu karar cihazın ne derecede hayati olduğuna bağlıdır. Ana taze hava besleme sistemi fanı ve tesisatı veya ana su besleme sistemi pompası ve tesisatı gibi birinci derecede önemli ekipmanlar ve tesisat, depremden sonra da çalışabilmelidir. Ama örneğin tuvalet egzost aspiratörü çalışmasa da, sadece etrafa zarar vermeden yerinde kalabilse yeterlidir. Bu karar cihaz montajı için gerekli elemanların seçimi için esastır.

Döşemeye monte edilen cihazlar genellikle ya cıvata ile katı olarak veya titreşim izolatörleri üzerinde esnek olarak yapıya bağlanırlar. Katı olarak bağlanan ekipmanlarda sorun yoktur. Bunlar deprem anında yapıyla birlikte hareket ederler ve bağlantılarda bir sismik kuvvet artışı etkisi görülmez. Bağlantı yeteri kadar kuvvetliyse, cihaz deprem sırasında yerinde kalır. Bu nedenle elektrik jeneratörleri ve yangın pompaları gibi sadece acil durumlarda, kısa sürelerle çalışan hayati öneme sahip ekipman mümkünse cıvatalar yardımı ile binaya katı bağlanmalı, titreşim izolasyonu yapılmamalıdır (ancak elektrik kesilmeleri nedeniyle jeneratörler Türkiye’de daha sık ve uzun çalışmaktadır). Sürekli çalışan ve titreşim kaynağı olan havalandırma fanları, pompalar, soğutma grupları gibi ekipman ise, mutlaka titreşim izolatörleri üzerine monte edilirler. Bu cihazlar yeteri kadar ağırsa (örneğin soğutma grubu), titreşim yalıtımı kabiliyeti olan yaylı veya lastik ayaklar üzerinde yapıya oturur. Bu cihazların üzerine konulduğu beton kaideleler doğrudan yapıya bağlıdır. Eğer cihazlar (pompalar gibi) yeterince ağır değilse, atalet kütlesi oluşturacak bir beton kaideye doğrudan cıvata ile katı bağlanır, bu beton kaide titreşim izolatörü malzeme (mantar, çelik yaylı ayaklar, özel lastik yastık vs) üzerine oturtulmak suretiyle yapıya esnek olarak tespit edilir.

Normal çalışma sırasında cihaz bu esnek bağlantı üzerinde titreşirken, bu titreşimler yapıya geçmez. Yani yapıda bir hareket yokken, üzerindeki cihaz bir titreşim hareketi yapmaktadır. Deprem anında cihazla yapı arasındaki sınırlı izafi harekete (titreşim), yapının salınımları ilave edilir. Bu salınımlar normal titreşimlere göre



Şekil 7.2. SİSMİK DALGA İLERLEMESİ

çok daha büyük genliktir. Öte yandan titreşim izolatörleri üzerine oturtularak yapıya bağlanan cihazlar, deprem sırasında yapı ile farklı fazda salınım hareketi içinde olabilir. Titreşim izolatörünü taşıyan bina ana yapısı ekipmanla ters yönde bir hareket yapıyorsa, deprem kuvveti çok daha şiddetli olarak bağlantıyı (ayakları) etkiler veya sistem deprem salınımları dolayısıyla rezonansa girebilir. Buna sismik kuvvet artışı etkisi denir. Sonuçta cihaz yerinden koparak savrulur ve tahrip olur. Bu nedenle deprem sırasında cihazla yapı arasındaki izafi hareketleri sınırlandıracak ve cihazın yerinde kalmasını sağlayacak bağlantı elemanlarına gereksinim vardır. Bunlara sismik sınırlayıcılar denilir. Sismik sınırlayıcılar deprem sırasında ekipmanın sallanmasını sınırlar ama normal çalışma sırasındaki titreşimlerden kesinlikle etkilemez. Sadece sismik olay sırasında devreye girip etkili olur. Bu elemanlar içlerinde bırakılan boşluk nedeniyle sismik kuvvetleri artırma eğilimindedir. Ancak buna dayanıklı olarak yapılırlar.

Binaların mekanik tesisatında ekipmanlar tek başlarına durmaz. Bunların, boru veya kanal bağlantıları vardır. Cihazlara olan boru ve kanal bağlantıları, eğer cihaz titreşim yapıyorsa, esnek bağlantıdır. Esnek bağlantılar sayesinde cihaz titreşimleri boru ve kanallara geçmez. Daha sonra boru ve kanallar kendileri titreşmiyorsa, titreşim yalıtımı sağlayan sabit elemanlarla yapıya tespit edilirler. Tespit elemanları arasında sabit ve kayar mesnetler ve askılar sayılabilir. Bu tespit metal-metal veya metal - beton temasının önlenmesi ve titreşim izolasyon kabiliyeti olan özel elemanların kullanılması konfor açısından çok önemlidir. Tespit elemanları cinslerine göre boru ve kanallara belirli yönlerde hareket serbestliği tanıyabilirler. Bu tespit elemanları sadece boru ve kanalları taşımakla görevlidir. Deprem göz önüne alındığında, boru ve kanalların da depremde yerinde kalması gereklidir. Bunun için sismik korumada boru ve kanalların yapıya ayrıca bağlanmaları esastır. Boru ve kanal depremde yapıyla birlikte hareket edecektir. Buna karşılık cihazla boru/kanal arasındaki bağlantılar esnek olacak ve cihazla boru (veya kanal) bağımsız hareket edebilecektir.

7.3 BİNA DEPREM YÖNETMELİKLERİ

Mekanik tesisatın depreme karşı korunmasıyla ilgili bir yönetmelik Türkiye’de bulunmamaktadır. Mekanik tesisatın deprem göz önüne alınarak tasarımı ve bununla ilgili kullanılacak elemanların seçimi uluslararası yönetmeliklere dayanmaktadır. Bu konuda referans alınacak bina kodları Amerika ve Kaliforniya kaynaklıdır. Bunlar içinde esas olarak, BOCA National Code 1996, SBCCI 1997 Standard Building Code ve International Building Code (IBC) 2000 bu alana yön veren ana yönetmeliklerdir. Türkiye için de

hesap yöntemi bu yönetmeliklere dayanmalıdır. Özellikle IBC 2000 mekanik tesisatın sismik tasarımı için temel standart kabul edilebilir.

Tesisatın ve ekipmanların deprem dayanım hesaplarında esas bunlara gelen deprem kuvvetlerinin belirlenmesidir. Ekipman, tesisat ve bunları yapıya bağlayan elemanlar bu kuvvetlere göre hesaplanır veya seçilir. Cihazlara ve tesisata etkileyen deprem kuvvetlerinin hesabında, dinamik hesap ve statik hesap olmak üzere iki yöntem vardır. Kritik cihazların hesabında dinamik hesap kullanılmalıdır. Dinamik hesap uzmanlık isteyen karmaşık bir hesabı gerektirir. Referans edilen bina kodlarında statik hesap verilmektedir. Sistemin tasarımı bu hesap yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Genel tasarım bakış açısından, teknolojiye uygun uygulama halinde, statik hesap yeterlidir.

7.3.1 1996 BOCA VE 1997 SBCCI YAPI KODLARINA GÖRE HESAP

Statik hesapta bağlanacak cihazın ağırlık merkezine yatay ve düşey yönde etkileyecek deprem kuvvetleri hesaplanır. Cihaz ve bağlama elemanları bu kuvvetlere dayanacak şekilde seçilir. 1996 BOCA ve 1997 SBCCI yapı kodlarında bir cihazın ağırlık merkezine gelen yatay deprem tasarım kuvveti formülde tanımlanmıştır. Düşey yöndeki kuvvet ise bu yatay kuvvetin %33’üdür.

$$F_p = A_v \times C_c \times P \times a_c \times W_c$$

$$F_{pv} = 0,33 \times F_p$$

Burada geçen sembollerin anlamı aşağıda verilmiştir: A_v = Pik hız ilişkili ivmeyi temsil eden bir katsayı. Bu katsayı bölgenin deprem risk grubuna ve uygulamanın sismik tehlikeye açıklık grubuna bağlı olarak ilgili tablolardan seçilir. Dört deprem risk bölgesi ve üç sismik tehlikeye açıklık grubu tanımlanmıştır. A_v sayısı 0,05 değerinden küçük ve 0,20 değerinden büyük olabilir.

C_c = Mekanik ve elektrik komponentlerin ve sistemlerin sismik katsayısı. Bu katsayı sistemler ve komponentler için bir tablo halinde verilmiştir ve 0,67 ile 2,0 değeri arasında değişmektedir.

P = Performans kriteri faktörü. Bu faktör sismik tehlikeye açıklık grubuna bağlı olarak tablo halinde çeşitli sistem ve komponentler için C_c ile aynı tabloda verilmiştir. 0,5 ile 1,5 arasında değişmektedir.

a_c = Bağlantı amplifikasyon faktörü. Bu faktör deprem kuvvetlerinin cihaza geçerkenki sönüm veya yükseltgenmesi ile ilgilidir ve bağlantının, cihazın ve binanın doğal frekanslarına bağlı olarak hesaplanır ve bir tablo halinde verilir. Değeri 1,0 veya 2,0 olabilir.

W_c = Göz önüne alınan cihaz veya elemanın çalışma ağırlığıdır.

7.3.1.1. Örnek

Beton kaidesine katı olarak bağlanmış bir kazan, 61 m uzunlukta yüksek bir binada zeminde yer almaktadır. Ağırlığı 4.336 kg değerindedir. Bölge deprem risk zonuna göre A_v katsayısı 0,3 değerindedir. Diğer katsayı ve faktörler ilgili tablolardan aşağıdaki gibi seçilmiştir:

$$A_v = 0,3$$

$$C_c = 2,0$$

$$P = 0,5$$

$$a_c = 1,0$$

$$W_c = 4.536 \text{ kg}$$

Buna göre değerler formülde yerine konularak,

$$F_p = 0,3 \times 2,0 \times 0,5 \times 1,0 \times 4.536 \times 9,81 / 1.000 = 13,4 \text{ kN}$$

$$F_{pv} = 0,33 \times 13,4 = 4,4 \text{ kN}$$

7.3.2 IBC 2000 YAPI KODUNA GÖRE HESAP

Bu kodda yukarıda tanımlanan cihaza etkiyen yatay kuvvet,

$$F_p = \frac{0,4 \times a_p \times S_{DS} \times I_p}{R_p} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right) W_p$$

şeklinde ifade edilmiştir.

Düşey yöndeki kuvvet, yine yatay kuvvetin %33'ü değerindedir.

Formül genel yapısıyla aynı olmakla birlikte daha detaylıdır ve daha fazla parametreyi dikkate almaktadır. Bunların içinde en önemlisi cihazın bina içinde bulunduğu yükseklik konumunu dikkate almasıdır. Zeminde bulunan cihazlarla çatıda bulunan cihazlar arasında aynı depremde gelen kuvvetler bakımından fark vardır.

Yatay kuvvet değeri F_p ; $(1,6 \times S_{DS} \times I_p \times W_p)$ değerinden büyük ve $0,3 \times (1,6 \times S_{DS} \times I_p \times W_p)$ değerinden küçük olamaz.

Bu formülde,

W_p = yine cihazın ağırlığıdır.

I_p = komponent önem faktörüdür. Değeri 1,0 veya 1,5 olabilir. Yeni bir kavram olup, cihazın ne kadar hayati olmasıyla ilgilidir.

z = cihazın yerden itibaren bulunduğu seviyenin yüksekliğidir.

h = binanın yere göre yüksekliğidir.

a_p = cihaz yapısının yükseltme faktörüdür. Tablo halinde verilmiş olup, değeri 1.0 ile 2.5 arasında değişir.

R_p = cihaz cevap modifikasyon faktörüdür. Değeri 1,25 ile 5,00 arasında değişir.

S_{DS} = kısa süreli tasarım spektral cevap ivmesidir. Bu faktör göz önüne alınan maksimum depremin spektral cevap ivmesine ve binanın kurulduğu yerin zemin yapısına bağlı olarak hesaplanır. Gerekli data ve formülasyon kod tarafından verilmiştir.

7.3.2.1 Örnek

Daha önceki örnekte ele alınan aynı kazanın, bu yönetmeliğe göre değerlendirilmesi. Burada S_{DS} 0,73 hesaplanmıştır. Katsayılar aşağıdaki gibidir:

$$W_p = 4.536 \text{ kg}$$

$$I_p = 1,0$$

$$z = 20$$

$$h = 61$$

$$a_p = 1,0$$

$$R_p = 2,5$$

$$S_{DS} = 0,73$$

Buna göre $F_p = 8,6 \text{ kN}$ bulunur. F_p , 52 kN'den büyük, 9,8 kN'den küçük olamayacağından, $F_p = 9,8 \text{ kN}$ olarak alınır.

7.4 SİSMİK SINIRLAYICILAR

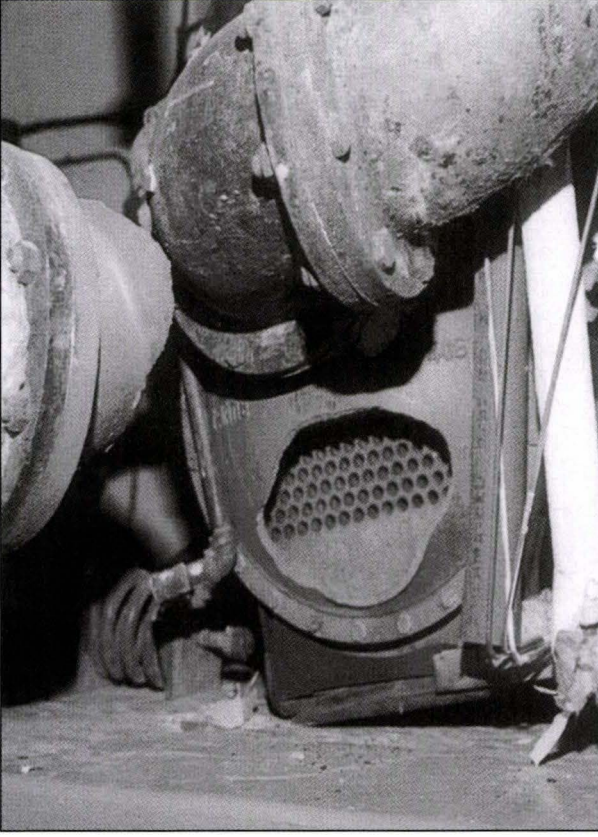
Döşemeye titreşim izolatörleri ile oturan elemanların sismik korumasında sismik sınırlayıcılar kullanılır. Sismik sınırlayıcılar aktif ve pasif tipler olarak iki grupta toplanabilir.

Aktif tip elemanlarda, bir veya birkaç sensör yardımıyla deprem hissedilerek, korunan cihazı anında otomatik olarak döşemeye katı bir biçimde tespit edecek bir kilit mekanizması tetiklenir. Normal çalışmada (deprem dışında) kilit mekanizması açıktır ve cihaz döşemeye yüzer olarak bağlıdır. Yani aktif elemanlar bir titreşim izolatörü görevi yapmaktadır. Deprem algılandığı anda bu yüzer bağlantı, katı bağlantıya döner. Duyar eleman elektronik veya mekanik olabilir. Kilitleme mekanizması da elektrik, pnömatik veya mekanik aktivatörlü olabilir. Ancak bu aktif elemanlar hem pahalıdır, hem de daha önemlisi bakım ve servis gerektirir. Normal şartlarda hiç çalışmayan bir mekanizmanın belirli periyotlarda bakımının yapılması ve test edilmesi genellikle ihmal edilir ve bu elemanlar çoğu kez deprem anında çalışmaz.

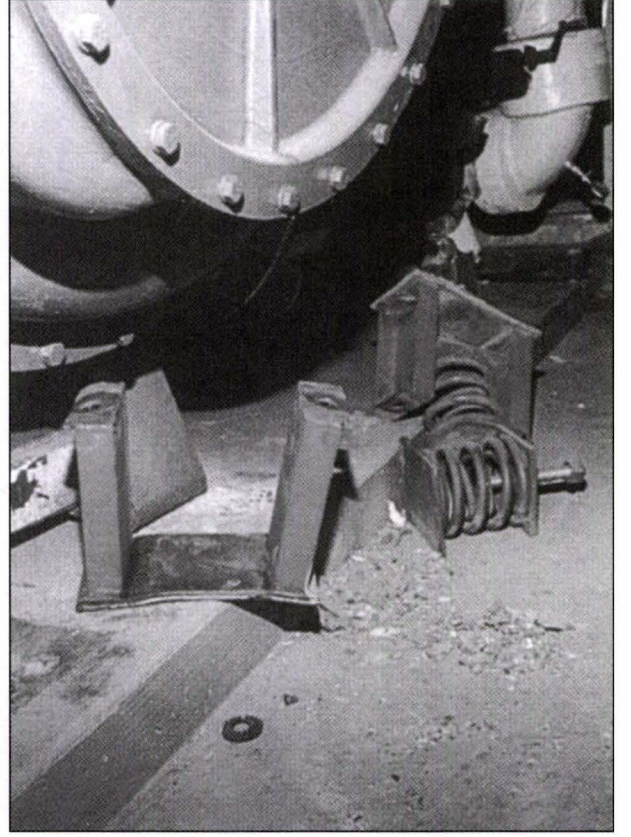
Şekil 7.3A ve B'de sismik sınırlayıcı kullanılmaması halinde, deprem sonrasında cihazların yerinden koptuğunu ve tahrip olduğunu görmek mümkündür. Benzer cihazların sismik sınırlayıcı ve koruyucularla yapıya bağlanmaları halinde deprem sonrasında yerlerinde kaldıkları ve herhangi bir tahribat olmadığı Şekil 7.4A ve B'de görülmektedir. Bu iki şekilde görülen sınırlayıcı bağlama elemanları bir sonraki kısımda detaylı olarak anlatılmıştır.

7.4.1 PASİF TİP SİSMİK SINIRLAYICILAR VE BAĞLAMA ELEMANLARI

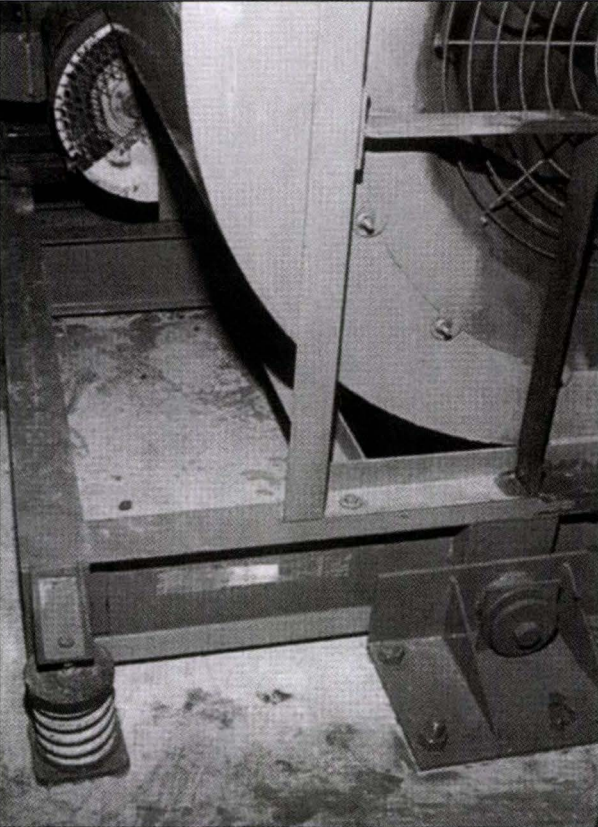
Şekil 7.5'de cihazları bağlamakta kullanılan çeşitli tip sismik sınırlayıcılar ve bağlama elemanları örnekleri verilmiştir. Farklı fonksiyonları ve özellikleri olan bu elemanlar bu şekildekiyle sınırlı değildir. Sadece örnek olarak verilmiştir.



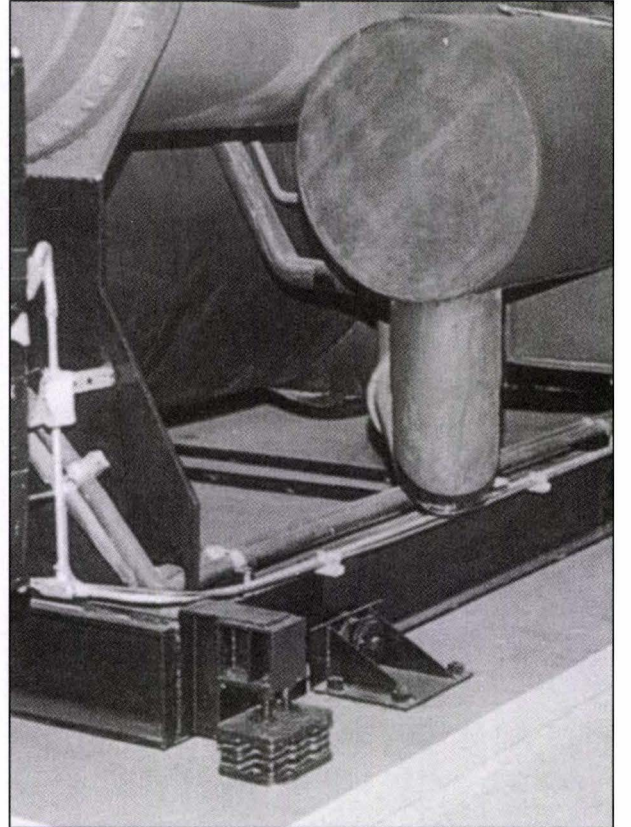
Şekil 7.3A. SİSMİK SINIRLAYICISIZ BAĞLANTI
(Örnek 1)



Şekil 7.3B. SİSMİK SINIRLAYICISIZ BAĞLANTI
(Örnek 2)



Şekil 7.4A. SİSMİK SINIRLAYICILI BAĞLANTI
(Örnek 1)



Şekil 7.4B. SİSMİK SINIRLAYICILI BAĞLANTI
(Örnek 2)

7.4.1.1 Sadece Sınırlayıcılar

Bu tip elemanlar sadece deprem sırasında devreye giren ve cihazın yerinde kalmasını sağlayan elemanlardır. Bu elemanlarla birlikte ayrıca cihazın titreşim yalıtımını sağlayan yaylı ayak gibi elemanlar kullanılmalıdır. Cihaz normal çalışmasında bu titreşim izolatörleri üzerinde durur.

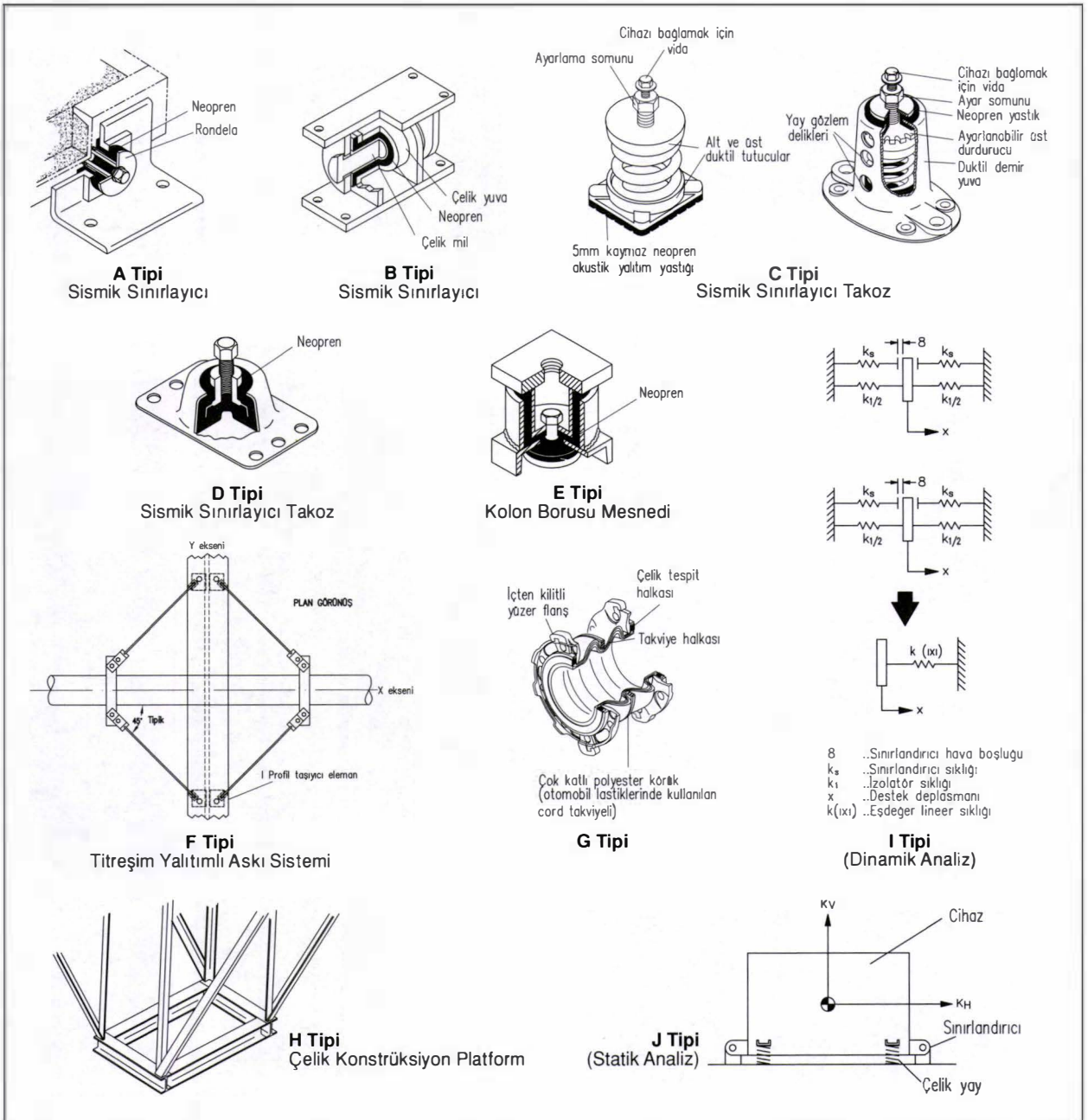
a. A Tipi: Şekilde görülen bu eleman bütün yönlerde sınırlama yapar, değiştirilebilir dökme neopren takozu vardır ve sınırlayıcı çelik rondela kalınlığı 5 mm'den az olamaz. Normal çalışma sırasında her yönde temas olmaksızın 2,5 mm boşluk bulunmalıdır.

b. B Tipi: Bu örnek eleman da bütün yönlerde sınırlama yapar, değiştirilebilir dökme neopren takozu vardır ve çelik yuva kalınlığı 15 mm'den az olamaz.

7.4.1.2 Hem Titreşim İzolatörü, Hem Sismik Sınırlama Görevi Yapan Ayaklar

Bu tip elemanlar yukarıda tanımlanan her iki fonksiyonu birden üstlenir. Yani hem titreşim izolasyonu fonksiyonu vardır, hem de deprem halinde sınırlayıcı görevi yerine getirir. Bununla ilgili elemanlara şekilde C ve D örnek olarak gösterilmiştir.

a. C Tipi: Yuvalı yaylı ayaklı, A tipinde içten sınırlayıcı içeren montaj ayağı. Bu ayakta, cihazın normal çalışmada yay üzerinde serbest titreşim hareketi yapabileceği açıklıklar bırakılmıştır. Ama ayak içindeki sınırlandırıcı, depremde olduğu gibi, normal dışı genliklerde salınıma izin vermez. Düşey doğrultuda sınırlayıcı pozisyonu ayarlanabilir ve maksimum boşluk her yönde 5 mm değerindedir.



Şekil 7.5. ÇEŞİTLİ SİSMİK SINIRLAYICILAR

b. D Tipi: İçine bütün yönlerde pozitif sınırlayıcı monte edilmiş minimum çökme derinliği 4 mm olan neopren ayak. Duktıl demir içinde ters yönde çalışan iki bağımsız dökme neopren elemandan oluşur. Çelik veya beton bloklara civatalanmaya uygun.

7.4.1.3 Kolon Borusu Mesnetleri

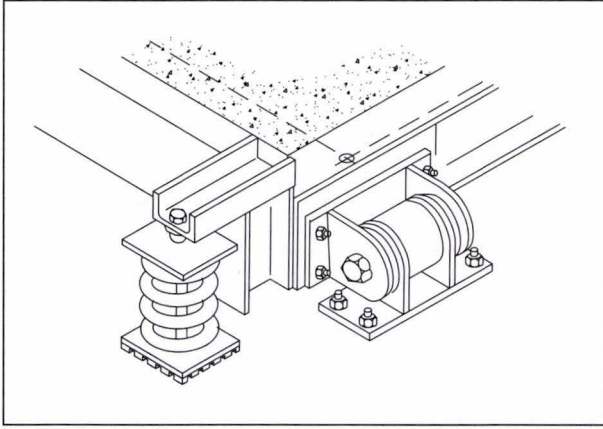
Kolon borularını mesnetlemek için bu tip elemanlar geliştirilmiştir. Sabit ve kayar mesnet tipleri vardır. *Şekil 7.5'te* (E tipi) sabit kolon borusu mesneti görülmektedir. D tipine benzer, fakat özel olarak kolon sabitlemek veya titreşim yalıtımını yapmak için tasarlanmıştır. En az 10 mm kalınlıkta neopren perde ile ayrılmış içiçe iki çelik borudan oluşur. Düşey yönde hareket yine bir neopren yapı ile engellenmiştir. *Şekil 7.19'da* montaj biçimi görülebilir. Normal olarak çelik konstrüksiyon destekler üzerine monte edilir, boruya ve çelik profile kaynatılır. *Şekil 7.20'de* kayar mesnet tipi verilmiştir. Burada düşey doğrultuda hareket serbestliği vardır. Montaj biçimleri sabit mesnet ile aynıdır.

7.4.1.4 Çelik Halatlar ve Titreşim Yalıtımlı Askılar

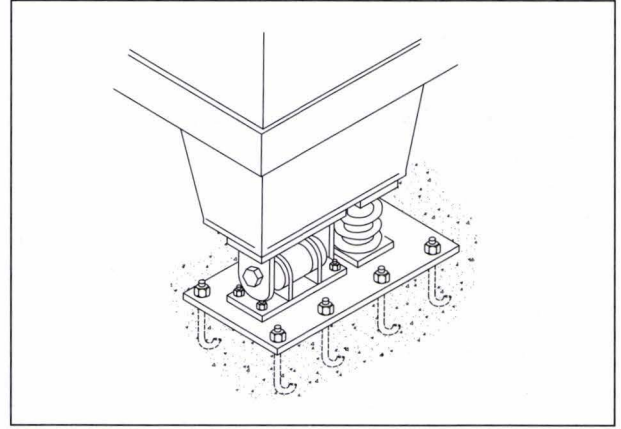
Boruların yapıya bağlanması ve depremde yerinde kalabilmesi için bağlama elemanları kullanılır. Bunlar çelik halatlar ve rijit çelik çubuklar biçimindedir. *Şekil 7.6'da* görülen F Tipi boruların çelik halatla bağlanması örneğidir.

Her üç eksene 45° açıyla en az dört galvanizli çelik halat tesis edilmiştir. Standart fittings ile halat bağlanmaları, keskin kenarlar boyunca kıvrılmaları önleyecek biçimdedir. Borunun her yöndeki hareketi engellenmiştir. Halatlar normal olarak ekipmanın her dört köşesine veya her boru askısına iki tane olmak üzere ve her bir sonraki bağlantı noktasında yönleri değişmek üzere yerleştirilir. Boruların yatay tesisiyle ilişkili olarak çok değişik çözümler mevcuttur. Bu konu üzerinde ayrıca durulacaktır.

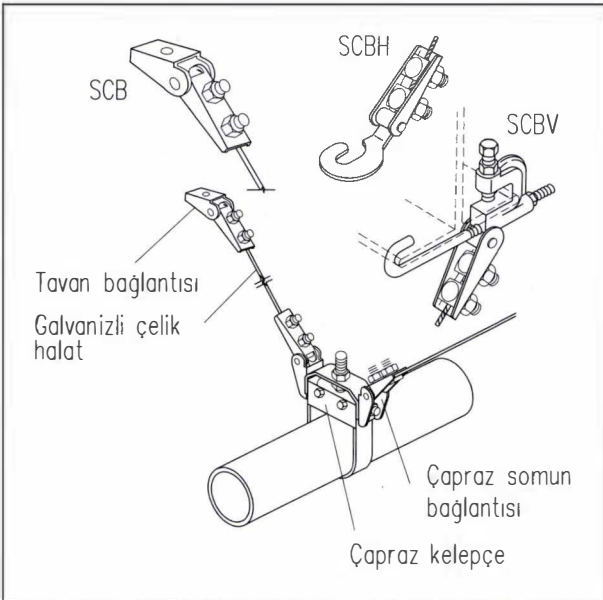
Çelik halat ve rijit çubuk bağlantı örnekleri *Şekil 7.8 ve 7.9'da* gösterilmiştir.



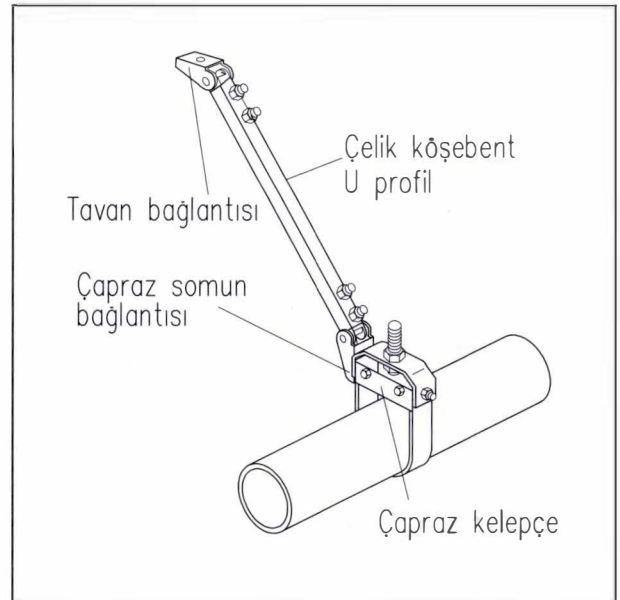
Şekil 7.6. CİHAZA YANDAN MONTE EDİLMİŞ SİSMİK SINIRLAYICI



Şekil 7.7. CİHAZA ALTTAN MONTE EDİLMİŞ SİSMİK SINIRLAYICI



Şekil 7.8. ÇELİK HALAT SINIRLAYICILARI



Şekil 7.9. KATI BORU AKIŞI

Cihaz Önem Faktörleri	Primer; Deprem sırasında ve sonrasında çalışmaya devam etmeli			Sekonder; Depremden 48 saat sonra tamir edilerek çalışmaya başlayabilir			Önemsiz; Sadece yerinde kalmalı		
Ekipman Yerleşim Seviyesi (Yüksekliği)	7.5 m'ye kadar	7.6 - 33 m	34 m ve üstü	7.5 m'ye kadar	7.6 - 33 m	34 m ve üstü	7.5 m'ye kadar	7.6 - 33 m	34 m ve üstü
Soğutma Makinaları									
Absorpsiyon	AJ	BJ	BGI	A	AJ	BGJ	Daima primer veya sekonder önemlidir		
Santrifüj çiller veya ısı pompası	AJ	BJ	BGI	A	AJ	BGJ			
Hermetik kompresörler	AJ	BJ	BGI	A	AJ	BGJ			
Kondenserle birlikte hermetik kompresörler	AJ	BJ	BGI	A	AJ	BGJ			
Pistonlu kompresörler 2.000 kg kadar	A	AJ	BGJ	A	CJ	BGJ			
Pistonlu kompresörler 2.000 kg üzerinde	AJ	BJ	BGI	AJ	AJ	BGJ			
Pistonlu çiller veya ısı pompaları 2.000 kg kadar	A	AJ	BGJ	A	AJ	BGJ			
Pistonlu çiller veya ısı pompaları 2.000 kg üzerinde	AJ	BJ	BGI	AJ	AJ	BGJ			
Paket Sıcak Su veya Buhar Kazanları									
Paket sıcak su veya buhar kazanları	AJ	AGJ	AGJ	AJ	AJ	AGJ	AJ	AJ	AJ
Pompalar									
Akuple pompalar 5 hp	AJ	AJ	AJ	A	A	AJ	A	A	A
Akuple pompalar 7.5 hp ve üstü	A	AJ	AGJ	A	A	AJ	A	A	A
Şaseli pompalar 60 hp'ye kadar	AJ	AGJ	BGJ	AJ	AJ	AGJ	AJ	AJ	AJ
Şaseli pompalar 75 hp ve üstü	AJ	AGJ	BGI	AJ	AJ	AGJ	AJ	AJ	AJ
Fabrikada Monte Edilmiş Isıtma ve Klima Üniteleri									
Çatı üstü üniteler (Roof top)	F	F	FJ	F	F	FJ	F	F	FJ
Asma tip üniteler 5 hp	F	FJ	FJ	F	F	FJ	F	F	F
Asma tip üniteler 7.5 hp ve üstü	F	FJ	FI	F	FJ	FJ	F	F	FJ
Döşeme tipi üniteler 5 hp	C	CJ	CJ	C	C	CJ	C	C	C
Döşeme tipi üniteler 7.5 - 40 hp	C	CJ	CJ	C	CJ	AJ	C	C	CJ
Döşeme tipi üniteler 50 hp ve üstü	CJ	AJ	AJ	CJ	AJ	BJ	A	A	AJ
Kompresörler									
Depolu tip	A	AJ	AJ	A	AJ	AJ	A	A	AJ
V - W tipi	A	AJ	AJ	A	AJ	BJ	A	AJ	AJ
Dikey - yatay, 1 veya 2 silindirli 275 - 499 d/d	AJ	BJ	BJ	AJ	BJ	BJ	A	AJ	AJ
Dikey - yatay, 1 veya 2 silindirli 500 - 800 d/d	AJ	BJ	BJ	BJ	BJ	BJ	A	AJ	AJ
Fanlar									
Set halinde döşeme tipi	C	CJ	CJ	C	C	CJ	C	C	C
Asma santrifüj tipi	CH	CH	CHJ	CH	CH	CHJ	CH	CH	CH
Fan kafaları döşeme tipi	A	AJ	AJ	A	AJ	AJ	A	A	AJ
Santrifüj ve eksenel asma tip fanlar 25 hp'ye kadar	F	F	FJ	F	F	FJ	F	F	F
Santrifüj ve eksenel asma tip fanlar 30 hp ve üstü	F	FJ	FI	F	FJ	FI	F	F	FJ
Döşeme tipi motor fan kasası içinde	A	AJ	AJ	A	AJ	AJ	A	A	AJ
Döşeme tipi bağımsız monte edilmiş motorlu	A	AJ	AJ	A	AJ	AJ	A	A	AJ
Soğutma kuleleri ve kondenser üniteleri	AJ	AJ	BI	AJ	AJ	BJ	AJ	AJ	AJ
6" veya daha küçük izoleli borular	F	F	FJ	F	F	FJ	F	F	F
8" ve üstü izoleli borular	FJ	FJ	FI	FJ	FJ	FJ	F	F	FJ
6" ve üstü çapta ve 50 m uzunluğu üstünde kolonlar	EJ	EJ	EJ	EJ	EJ	EJ			
NOT: Bu seçim tablolarındaki ilk harfler ilerde verilen sismik sınırlayıcı tiplerini, harflerin yanındaki I ve J harfi analiz yöntemini ifade etmektedir. I dinamik analizle seçilmesi gerektiğini, J statik analizle seçimin yeterli olabileceğini ifade eder.									

Tablo 7.10. EN YÜKSEK RİSK ZONUNDAKİ YÜKSEK YAPILAR İÇİN TAVSİYE EDİLEN SİSMİK SINIRLAYICI VE ANALİZ YÖNTEMİ SEÇİM TABLOSU

7.4.1.5 Esnek Bağlantı Parçaları (Körükler)

Cihazlarla kanal ve boruların bağlantılarında esnek parçalar kullanılır. Cihazlara boru bağlantısında depreme dayanıklı G Tipi elemanlar kullanılır. Bunlar bütün hesaplanmış hareketleri alma kabiliyetinde dökme naylonla takviye edilmiş düz veya dirsek şeklinde boru bağlantı parçalarıdır. Tek küresel körükler, her iki uçta çelik flanş ile sonlanır. 2" üzerindeki çaplarda iki küreli (bombeli) körükler kullanılır ki iki bombe arasında dayanıklılığı artırmak ve formu korumak üzere çelik bir halka bulunur.

Eğer içinden geçen akışkanın sıcaklığı, basıncı veya cinsi kullanılan malzemenin dayanım sınırlarını aşıyorsa, naylon yerine paslanmaz çelik örgülü, paslanmaz çelik esnek boru kullanılabilir. Bunların 3" çap üzerindeki tipleri flanşlı olmalıdır.

7.4.1.6 Çelik Platformlar

Asılı cihazlar için özel çelik platformlar oluşturulmalıdır. H olarak görülen asılı platform, üzerine monte edilmiş ekipman tarafından uygulanan sismik yüklere dayanabilecek yapıda ve mukavemettir.

7.4.1.7 Analiz Yöntemi

a. I Tipi: Dinamik analiz yöntemi. Dinamik hesap sonucunda cihaza etkiyen kuvvetler bulunur. Bu maksimum kuvvet seviyesi 4g olabilir.

Burada g yerçekimi ivmesi olup, 4g seviyesinde bir kuvvet cismin ağırlığının 4 misli bir kuvvet anlamına gelir. Burada dinamik analiz detayları verilmeyecektir.

b. J tipi: Statik analiz yöntemi. Dinamik bir hesap yapmak yerine, cihaza etkiyen yatay ve dikey kuvvetleri yukarıda verilen hesap yöntemleri ile hesaplama veya verilen tablolardan seçme yöntemidir. Bu değerler genellikle 1g'nin altındadır.

7.4.2 SİSMİK SINIRLAYICI SEÇİMİ

Sismik sınırlayıcılar statik veya dinamik analiz (hesap) sonucu seçilmelidir. Burada seçime rehber olması gayesiyle hazırlanmış örnek bir seçim tablosu verilmiştir. Bu tablo sadece rehber olmak amacıyla verilmiştir. Esas eleman seçimi hesaplara dayanılarak yapılmalıdır. Bu tablolar orijinal kaynakta çeşitli deprem zonları ve bina tiplerine göre çok sayıdadır. Burada örnek olarak sadece en büyük risk zonunda yüksek yapılar için hazırlanan *Tablo 7.10*'da verilmiştir. Tablo da eleman tipi yanında, kullanılması gerekli analiz yöntemi de işaretlenmiştir. Burada sınırlayıcı tipi yanındaki I harfi dinamik sınırlayıcıları, J harfi ise statik sınırlayıcıları gösterir.

Sadece yerinde kalması istenen önemsiz cihazlar yönetmeliklerde verilen tablolardan yararlanılarak statik analizle belirlenebilir. Bu tip bağlantı elemanlarının ve bağlandıkları yapısal kaidenin 1g mertebesinde

kuvvetlere dayanabilir olmaları beklenir. Sınırlayıcı, dolayısıyla cihaz üzerine etki eden kuvvet darbe karakteri taşıdığından, cihaz yerinde kalmakla birlikte bozulabilir ve çalışmayabilir (Aslında ortaya çıkan dinamik kuvvetlerin, statik olarak seçilmiş sınırlayıcıları kopartmaları da mümkündür.). Cihazın yerinde kalıp, çalışmaya devam edip etmemesi, darbenin cihazın kırılma mukavemetini aşıp aşmamasına bağlıdır.

Özellikle yerinde kalması ve çalışmaya devam etmesi istenen ekipmansa dinamik analizle seçilen sismik sınırlayıcılarla donatılmalıdır. Dinamik sınırlayıcılar hesaplarının karmaşık olması yanında, montajında da, çok daha küçük açıklıklara sahip olmaları nedeniyle, hassas olunmasını gerektirir ve bunların tesisi çok daha zordur.

Zamanla oluşan tecrübe, içinde tercihen 15 mm kalınlıkta neopren yastık içeren sınırlayıcıların çok daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir.

7.5 DÖŞEME TİPİ CİHAZLARIN YAPIYA TESPİTİ VE SİSMİK KORUNMALARI

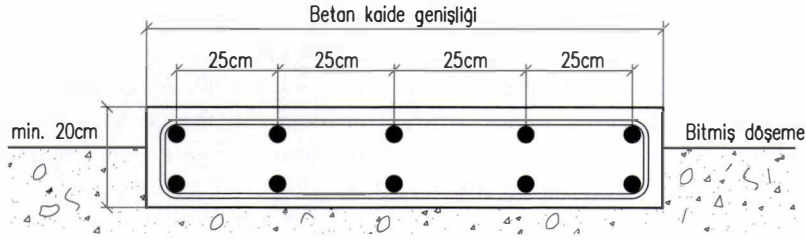
a. Cihazların kaideye civata ile sabit bağlanmasında cihaz şasesindeki delik civatadan çok büyükse, deprem anında cihazın yanal hareketi dolayısıyla oluşan sismik kuvvet civatayı keser ve cihaz yerinden kopar. Bunun için civata ile delik boşluğu arasını dolduracak neopren takoz kullanılmalıdır.

b. Cihaz kaideleri *Şekil 7.11*'deki gibi bitmiş döşeme içindeki çukura girmelidir. Eğer düz bitmiş döşeme üzerine kaide dökülecek olursa, iki beton arasında özel ankraj elemanlarıyla bağlantı gerçekleştirilmelidir (*Şekil 7.12*).

c. Cihazların döşemeye katı olarak (titreşim yalıtımı yapılmaksızın) bağlanmasında civata ve somun kullanılır. Cihaz beton kaidesi üzerinde bırakılan saplamalara civatalar yardımıyla bağlanır. Kullanılan civatalar deprem yüklerine dayanıklı olmalıdır.

d. Ağır cihazlar döşemeye (veya beton kaideye) doğrudan titreşim yalıtımlı ayakları vasıtasıyla oturur. Bu ayaklar kombine izolatör + sismik sınırlayıcı ayaklar olabileceği gibi (*Şekil 7.5*, C ve D tipi), titreşim izolatörlü ayakların yanına sismik sınırlayıcı elemanlar ayrı olarak da monte edilebilir (*Şekil 7.7*). Cihaz bu ayakların kaideye civatalanmasıyla tespit edilir.

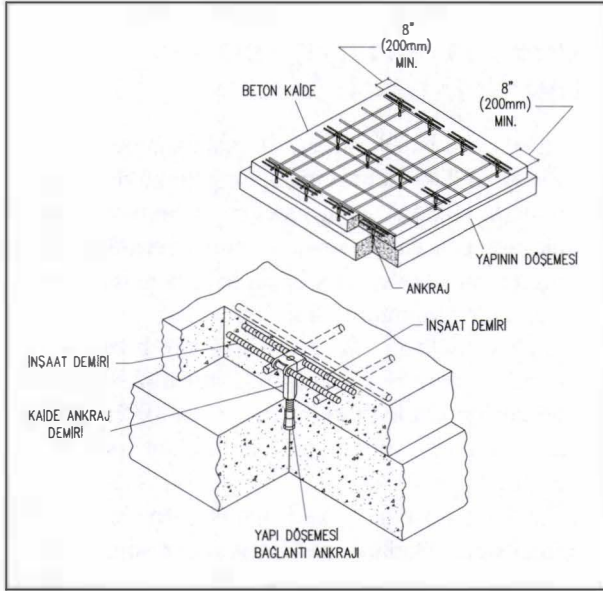
e. Atalet bloku olarak kullanılan yüzer kaideye katı olarak monte edilen daha hafif cihazlar, bu kaidelerin döşemeye kombine ayaklarla oturtulması sayesinde dolaylı olarak döşemeye tespit edilirler. Yüzer beton kaidenin döşemeye titreşim yalıtımlı olarak bağlanmasında yukarıdaki gibi kombine ayakla veya ayrı ayrı izolatörlü ayak ve sismik sınırlayıcıyla bağlanır (*Şekil 7.6*).



Yatay çubuklar: $\varnothing 12 \text{ mm}^2$
 Etriyeler $\varnothing 8 \text{ mm}^2$
 Beton BS 525

- * Kaide üzerine sadece master çakılıp bırakılmalıdır.
- * Kaide üzerine fayans vb. zayıf malzeme kullanılmamalı ve mala çekilmemelidir.
- * Kaide üzerinin düz olması çok önemlidir.

Şekil 7.11. BETON KAİDE DETAYI



Şekil 7.12. KAİDENİN YAPI DÖŞEMESİNE BAĞLANMASI

f. Cihazın doğrudan sabit beton kaideye oturtulmasında, sismik sınırlayıcıları cihaz şasesinin altına veya yanına monte etmek mümkündür. Şekil 7.7'de bir örnek görülmektedir. Şekil 7.7'de her iki eleman cihaz ayağının altına monte edilmiştir. Cihazın normal çalışması sırasında yaylar üzerinde yaptığı titreşime, sismik sınırlayıcı etki etmeyecek, bu titreşim sınırlayıcının açıklığı içinde kalacak şekilde elemanların montajı ve ayarı yapılır.

Bu amaçla

- Sismik sınırlayıcının yapıya (beton kaidesine) bağlantısı,
- gelebilecek kuvvete sınırlayıcının dayanabilme gücü,
- sınırlayıcının cihaza veya cihazın beton veya çelik konstrüksiyon şasesine bağlantısı ve
- cihazın kendisinin şasesine bağlantısı mukavemet açısından tek tek sağlanmalıdır.

Bunlardan birinin yeterli mukavemette olmaması bütün korumayı etkisiz kılar ve cihaz yerinden kopar.

Çap (inç)	Maks.Saplama Uzunluğu (cm)	Kesme Gerilmesi (kg/cm ²)	Uzama Gerilmesi (kg/cm ²)	Min.Beton Mukavemeti (kg/cm ²)
-	5,0	17	17	14
3/8	6,5	38	38	35
-	8,5	69	69	65
5/8	8,5	95	103	103
-	10	101	123	155
7/8	13	123	143	220
1	15	123	143	220
11/8	17	123	155	220
11/4	19	123	183	220

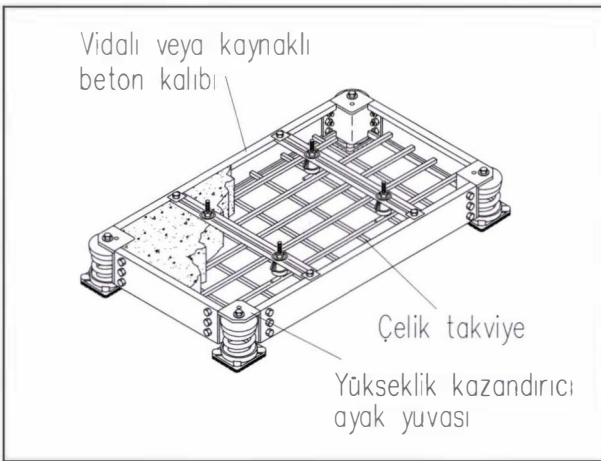
Tablo 7.13. CİVATALARIN TAŞIYABİLECEKLERİ GERİLMELER

Bir başka önemli husus da cihazın kendi iç mukavemetidir. Cihaz yerinde kalsa bile, içinden parçalanabilir veya tahrip olabilir. Fanlar, pompalar, klima santalları yüksek iç mukavemete sahiptir. 4 veya 5g kuvvetlere dayanabilirler. Halbuki transformatör, dimmer gibi elektrikli cihazlar, dişli kutuları çok zayıftır ve ancak 0,25 - 0,5g kuvvetlere dayanabilir. Soğutma kulesi, havalı kondenserler ve paket tipi cihaz gibi cihazlar ise ancak 3g kadar kuvvetlere dayanabilir.

7.5.1 BETON KAİDELER

Beton kaideler iki farklı kavramı ifade etmek için de kullanılabilir. Esas beton kaideler cihazların üzerine yerleştirildiği, yapının bir parçası olan kaidelerdir. Bu kaideler inşaat demiri konstrüksiyonla yapı zemini bağlanır ve genelde BS - 25 dozda beton dökülerek oluşturulurlar. Beton kaide detayı Şekil 7.11'de verilmiştir. Beton kaide 12 mm² yatay demir çubuklar ve 8 mm² etriyeler kullanılarak takviye edilmelidir. Beton kaidenin üst yüzeyi düz olmalı ve seramik vb zayıf malzeme ile kaplanmamalıdır. Bu kaideler cihazları belirli ölçüde döşeme yüzeyinden yükseltmek ve sağlam bir bağlantı zemini oluşturmak amacıyla kullanılır.

Yukarıda ifade edildiği gibi cihazın deprem güvenliği öncelikle bu kaidenin yeterli mukavemette olması ve sismik sınırlayıcının bu kaideye yeterli mukavemette bağlanabilmesine bağlıdır. Tablo 7.13'de beton kaideye saplanacak civataların çaplarına göre beton içine saplama miktarları ile taşıyabilecekleri müsaade edilen kesme ve uzama gerilmeleri ve gerekli minimum beton mukavemeti verilmiştir.



Şekil 7.14. BETON KAİDE

Fan Motor Gücü	Pompo Motor Gücü	Beton Blok Kalınlığı
	4 - 12 kW	150 mm
37 kW'a kadar	15 - 37 kW	200 mm
45 - 60 kW	45 - 75 kW	250 mm
75 kW üstü	75 kW üstü	300 mm

Tablo 7.15. BLOK KALINLIKLARI

Diğer bir beton kaide tipine ise, yüzer beton kaide denilmesi daha doğrudur. Örneği Şekil 7.14'de görülen bu beton kaideler hafif cihazların titreşim izolasyonunda kütle teşkil etmek amacıyla oluşturulurlar. Aslında bu kaideler beton şase olarak da ifade edilebilirler. Bu bölümde bu elemanlar cihazın bir parçası olarak düşünülmüştür. Titreşim izolatörleri ve sismik sınırlayıcılar bu elemanların altına veya yanına bağlanır, diğer uçtan da döşemeye veya sabit beton kaideye bağlanırlar. Yüzer beton kaidelerin daha çok Türkiye'de kullanılan bir diğer montaj şekli ise, zeminde açılan bir yuva içine titreşim yalıtıcı mantar, lastik veya köpük tabaka üzerine yerleştirilmeleridir. Burada yuvanın derinliği beton bloğun dönme momentlerine dayanımı açısından çok önemlidir. Bu montaj biçiminde cihazın titreşim yalıtımı ve yatay deprem kuvvetlerine karşı belirli ölçüde korunması sağlanmışken dikey deprem kuvvetlerine karşı tamamen korunmasızdır. Bu tip yüzer kaide montajından vazgeçilmeli, bunun yerine Şekil 7.14'de görülen döşeme üzerine titreşim izolatörleriyle oturan çelik kasalı beton atalet blokları kullanılmalıdır. Beton atalet bloğunun sismik hareket sınırlaması için uygun bir sismik sınırlayıcı kullanılmalıdır.

Belirli bir büyüklük üzerindeki fan ve pompalar yüzer beton kaideler üzerine monte edilmelidir. Yaylı ayaklar üzerine oturan bloklarda döşemeden 50 mm yüksekte kalınmalıdır. Blok kalınlıkları fan ve pompa gücüne göre Tablo 7.15'de verilmiştir.

7.6 ASILI BORU VE KANALLARIN SİSMİK KORUMASI

1" çapından büyük yakıt boruları, gaz boruları, tıbbi gaz boruları, basınçlı hava boruları; 1 1/4" çapından büyük mekanik tesisat dairelerindeki borular ve 2 1/2" çapından büyük diğer borular sismik olarak korunmalıdır. Sismik koruma amacıyla öncelikle boru ve kanalların cihazlara katı bağlanmaması gereklidir. Bu aynı zamanda titreşim izolasyonu bakımından da istenen bir husustur. Bu amaçla boru ve kanallar körük veya kompensatörler yardımı ile cihazlara bağlanır. Bu amaçla kullanılacak boru kompensatörleri Şekil 7.5'deki G tipi olarak verilen örnekte olduğu gibi, depreme dayanıklı olarak özel üretilmiş, çok iyi kalite olmalıdır. Böylece her iki parçanın bağımsız hareket edebilme imkanı yaratılır. Cihazlar ve borular (veya kanallar) yapıya ayrı ayrı sabitlenir.

Borular ve kanalların sismik korumasında esas olan asılı boru ve kanallardır. Yere ve galeriler içine mesnetlenmiş borular ve kanallar zaten sabit ve kayar mesnetlerle koruma altına alınmıştır. Bunlarda ancak kullanılan mesnetin depreme dayanıklılığı söz konusudur ve buna uygun mesnet elemanları kullanılır. Deprem koruması esas olarak asılı boru ve kanallar için geçerlidir. Bu sistemler belirli aralıklarla 2 veya 4 yönde bağlanarak hareketleri sınırlanır. Boru ve kanatlar tek tek asılı olabilir veya grup halinde trapez adı

verilen bir askı elemanına (profile) sabit bağlanarak (kelepçelenerek) asılabilirler. Boru ve kanalların depreme karşı bağlanmalarında tek boru veya kanal tekil olarak, grup boru veya kanallar ise trapezlerin bağlanması suretiyle bağlanır. Bağlama için kullanılan iki ana tip eleman vardır:

- Çelik halatlar,
- Çubuk şeklindeki katı bağ elemanları.

Bu iki tip *Şekil 7.8* ve *7.9*'da görülmektedir.

Bu elemanların hesabı ve seçimi firma kataloglarında yer almaktadır. Bunun üzerinde durulmayacaktır.

7.6.1 ASILI BORU VE KANALLAR İÇİN SİSMİK KORUMA GENEL NOTLARI

a. İki veya daha fazla sayıda mesnetlenen düz boru / kanal geçişleri yanal yönde en az iki yerde bağlanmayı gerektirir.

b. Her düz boru / kanal geçişi eksensel yönde en az bir adet bağlanmayı gerektirir.

c. Yanal veya eksensel bağlanma yatay düzlemle 45° ye kadar açı yapabilir.

d. Sismik bağlama çubuk şeklinde katı elemanlarla yapılabilir (ki bunlar hem basmaya hem çekmeye çalışabilirler) veya çelik halatlarla yapılabilir (ki bunlar sadece çekmeye çalışır). Her iki bağlama yöntemi de boru veya kanalın düşey yönde 100 mm içinde asılı olmasını şart koşar.

e. Katı bağlama ve halatla bağlama aynı yönde karışık olarak kullanılamaz.

f. Bağlama sistemi yapının depremde farklı çalışabilecek iki ayrı elemanına (örneğin duvar ve tavana) birlikte bağlanamaz.

g. Trapezlerin sismik bağlamasında her elemanın trapeze sıkı bir biçimde kelepçelenmiş veya vidalanmış olduğu ön görülür. Eğer ısı genleşmeler için döner elemanlara oturan borular varsa, bunlar sadece sismik bağlama noktalarında trapeze kelepçelenirler; ancak bu kelepçeleme kayar olmalı, yani genleşme dolayısıyla borunun uzamasını engellememelidir.

h. Çoklu trapezler (aynı askı çubuklarını paylaşan) aynı ayrı sismik bağlanmalıdır.

i. Askıdaki boru ve kanal sisteminden cihazlara (veya esnek bağlantıya) inen düşey bölümler yanal veya eksensel yönde sismik bağlanabilir. Bu durumda cihazla bağlama noktası arasındaki mesafe maksimum sismik bağlama mesafesinin yarısını aşmamalıdır.

j. Bina dilatasyonlarını (veya sismik birleşme aralıklarını) geçen herhangi bir boru veya kanal sisteminde dilatasyon deplasman aralığının iki misli hareketi alacak şekilde önlem alınmalıdır.

k. Boru ve kanalları taşıyan askı sistemi, bunların ağırlığını taşıyacak şekilde hesaplanarak boyutlandırılır. Sismik olarak bu sistemlerden ilave bir özellik istenmez. Sismik koruma yukarıda anlatıldığı gibi ayrı bir sistemle gerçekleştirilir.

l. Aynı zamanda sismik bağların iliştilereceği vidalı düşey askı çubukları sağlamlaştırılmayı gerektirebilir. Bu amaçla özel sağlamlaştırıcı elemanlar mevcuttur. Eğer askı çubuğu bir titreşim izolatörü ile yapıya bağlanıyorsa, titreşim izolatörü ile yapı arasındaki açıklık en fazla 10 mm olabilir. Titreşim izolatörü alt tarafında 6 mm açıklığı olan bir durdurucu ile donatılmış olmalıdır. (Yani 6 mm üzerindeki titreşimlere izin vermemelidir. *Şekil 7.16*).

m. Sismik bağların yapıya tutturulmasında özel elemanlar kullanılır ve bunlardan belirli bir dayanım istenir. Betona yapılacak ankraj veya çelik profillere bağlamada kullanılacak elemanlar kataloglarda tanımlanmıştır.

7.6.2 YATAY BORULARIN TİTREŞİM İZOLASYONU VE SİSMİK KORUMASI

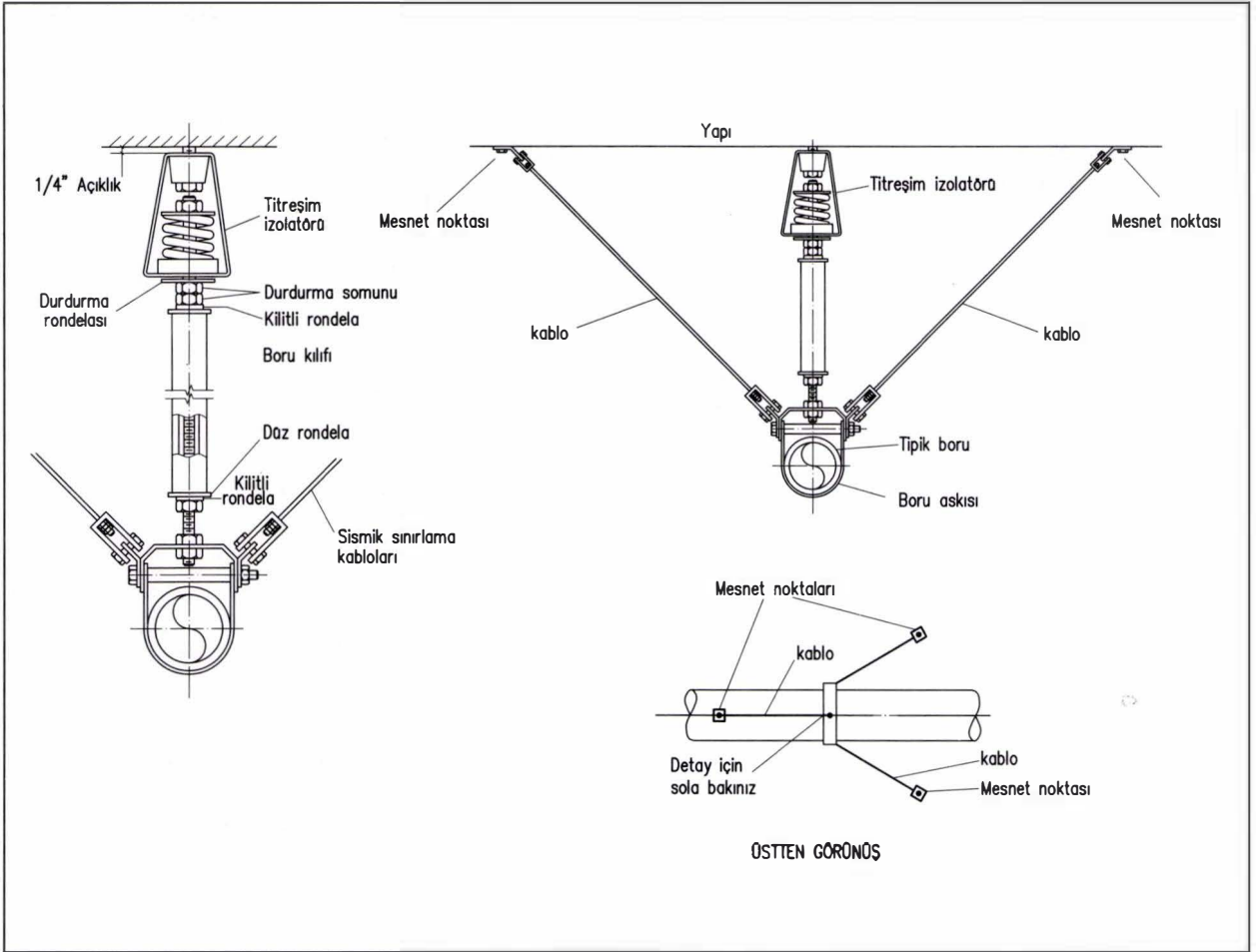
Mekanik cihazdan sonra ana hattaki boruları taşıyan ilk üç boru askısının, yukarıda anlatıldığı gibi, ön sıkıştırılmış yaylı ve neopren sismik durduruculu özel tip askı elemanları olması gereklidir.

Boruyu taşıyan diğer askı elemanlarının normal yaylı tip olması yeterlidir.

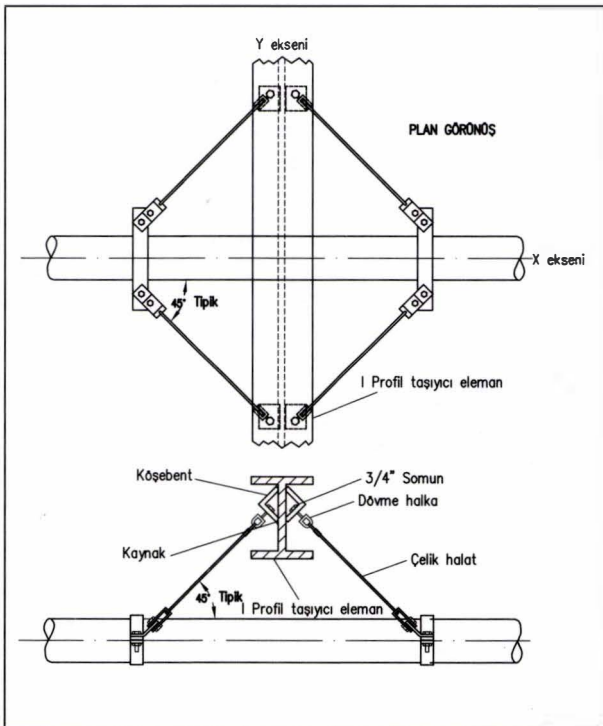
Döşemeye (zemine veya beton kanal içine) mesnetlenen borularda özel sismik koruyuculu ayaklar kullanılmalıdır. Mesnete gelen yüklerde sismik yükler de dikkate alınmalıdır.

- Asılı kaynak veya lehimle bağlı çelik veya bakır borularda, yanal bağlama noktaları arasındaki maksimum mesafe:
 - 0,25 g kuvvete kadar 15,2 m
 - 1 g kuvvete kadar 12,2 m
 - 2 g kuvvete kadar 6,1 m
- Eksensel bağlama noktaları arasındaki maksimum mesafe:
 - 1 g kuvvete kadar 24,4 m
 - 2 g kuvvete kadar 12,2 m
- Vidalı bağlı çelik veya bakır borular için yukarıdaki mesafelerin yarısı kadar,
- Döküm borular için aralıklar yukarıdakilerin yarısı kadar olmalıdır.

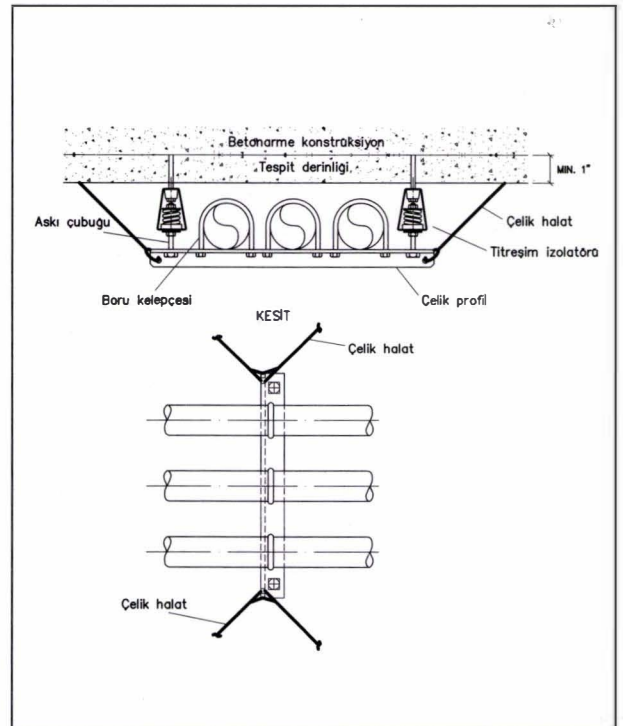
Bodrum kat tavanına asılı 3" çapa kadar borularda askı yaylarında 15 mm çökmeye, 6" çapa kadar borularda ise 30 mm çökmeye izin verilir. *Şekil 7.8*, *7.9*, *7.16*, *7.17* ve *7.18*'de asılı boru sismik bağlarıyla ilgili detaylar verilmiştir. *Şekil 7.17*'de tavandaki bir çelik I profile dik olarak geçen borunun bağ detayı görülmektedir. Bu detayda boru x ve y eksenlerinde (4 yönde) hareketlere karşı tamamen koruma altına alınmıştır. *Şekil 7.16*'da alternatif asılmış tek boru dört yönlü bağlama detayı ve *Şekil 7.18*'de boru demetlerinin 4 yönlü korumaya alınması görülmektedir. Bu tip bağlantılarda kullanılan çelik halatların uçlarındaki bağlantı halkaları halatın kopmaması açısından çok önemlidir. Halatın en zayıf noktaları bu bağlantı uçlarıdır. Buraların keskin olmaması gerekir.



Şekil 7.16. TİTREŞİM İZOLELİ BORUNUN TİPİK BAĞLANMASI



Şekil 7.17. ASILMIŞ BORUNUN SİSMİK KORUMASI



Şekil 7.18. YATAY VE DİKEY HAREKETLERE KARŞI KORUNMUŞ BORU KESİTİ

7.6.3 KOLON BORULARININ TİTREŞİM İZOLASYONU VE SİSMİK KORUMASI

a. Kolon boruları ve dikey kanallar her kat geçişinde sıkıca mesnetlenmişse, 5 kata kadar yapılarda sismik bağlanmaya gerek yoktur.

b. Açık şafttaki kolon boruları yatay sismik yükleri alacak şekilde mesnetlenmelidir.

Mesnet aralıkları:

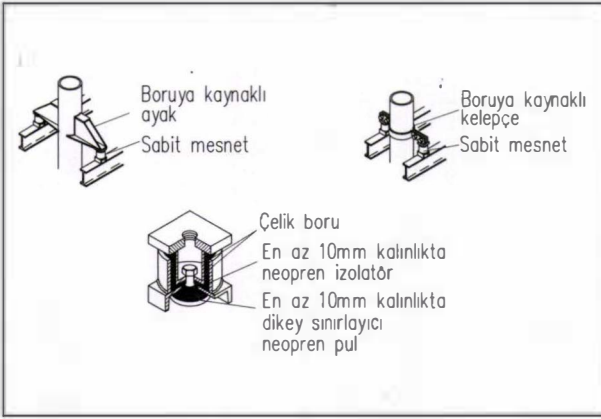
0,25 g kuvvete kadar 12,2 m

1,00 g kuvvete kadar 9,10 m

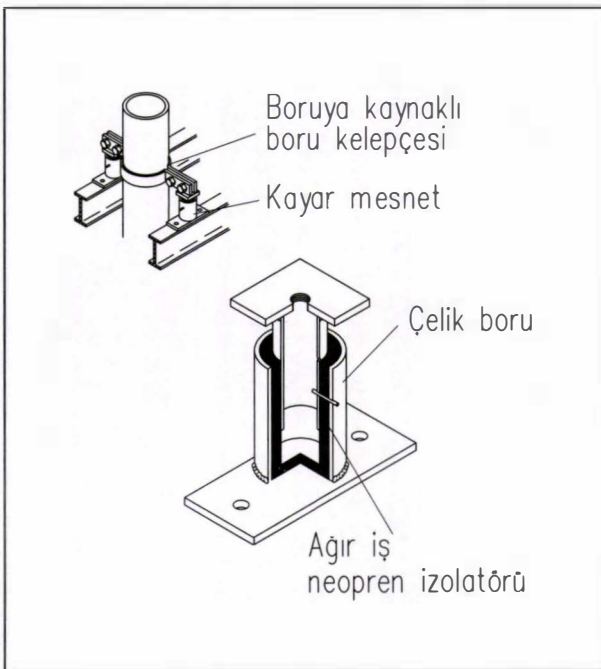
2,00 g kuvvete kadar 6,10 m olmalıdır..

c. Düşey dökme demir borular, mesnetlenmemiş bölümlerindeki bağlantı noktalarında sağlamlaştırılmalıdır.

Şaft içinden geçen kolonların sabit mesnetlenmesinde Şekil 7.19, kayar mesnetlenmesinde Şekil 7.20 detayı kullanılabilir. Boru duvar geçişlerinde Şekil 7.21'deki gibi önlem alınmalıdır.



Şekil 7.19. SABİT MESNET



Şekil 7.20. KAYAR MESNET

7.6.4 SPRINKLER BORULARININ DEPREM KORUMASI

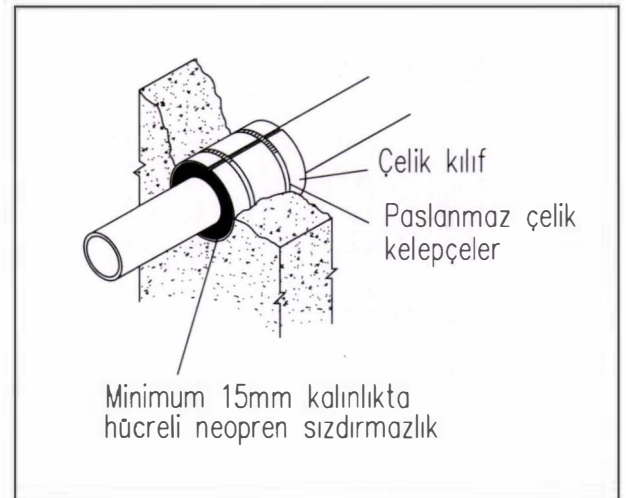
Sprinkler sistemleri depreme karşı aşağıdaki şekillerde korunur:

- Farklı bina hareketlerinin boru tesisatı üzerinde yarattığı gerilmeler esnek bağlantılar kullanılarak ve duvardan yeterli açıklıklar bırakılarak minimize edilmesi,
- tavan gibi bir bütün olarak hareket etmesi beklenen yapı elemanlarına mesnetlenerek boruların mümkün olduğu kadar rijit bir şekilde korunması.

Sprinkler boru sisteminin ana bölümleri arasında esnekliğin artırılması bir çok halde boruların tahrip olmasını önler. Gerilmeyi almak üzere gerekli önlemler alınmadan, boru tesisatının bir bölümü rijit olarak tutulurken, diğer bölümünün tamamen serbest olarak hareketine izin verilmemelidir. Esneklik esnek bağlantılar (rakor vs) kullanılarak, boruları duvar ve döşemelerden yeteri kadar açıkta monte ederek sağlanabilir. Bina hareketleri sonucu boruların tahrip olmalarını önlemek için duvardan bırakılacak açıklıkların yanında, diğer tesisat borularından da yeteri kadar açıkta bulunulmalıdır. 2" ve altındaki çaplarda borularda yeterince esneklik mevcuttur. Bunların esnek bağlantıya gereksinimi yoktur.

Bina genleşme dilatasyonlarından boru geçişlerinde, bir tarafta esnek bağlantı (rakor) kullanılması yeterlidir. Sismik dilatasyonlarda ise, özellikle birinci katın üzerinde, çok daha fazla esnekliğe gereksinim vardır. NFPA 13 A'da detaylar mevcuttur.

Kolona bağlanan boruların duvar ve döşeme geçişlerinde katı olarak binaya sabitlenmeleri önlenmelidir. Aynı şekilde yatay boruların duvar ve temel geçişlerinde buralara sabit olarak bağlanmaları yasaktır. Bu durumda boru sisteminde gerilmeler birikir. Bu geçişlerde boru etrafında açıklık bırakılmalı ve bu boşluk esnek bir malzeme ile doldurulmalıdır. Dikey boruların asma tavan geçişlerinde de boru, asma tavan çerçeve elemanlarına bağlanmamalıdır.



Şekil 7.21. AKUSTİK DUVAR, TAVAN VEYA DÖŞEME GEÇİŞ SIZDIRMAZLIĞI

Boruların duvara, tavana veya döşemeye paralel döşenmesinde ve bu elemanlara tutturulmalarında askılar, kelepçeler, çelik halatlar veya çeşitli bağlantı elemanları kullanılır. Bu elemanlarla yapıya bağlanan borunun farklı serbestlik dereceleri vardır. Bu serbestlik dereceleri 2 yönlü, 4 yönlü ve 6 yönlü olabilir. 2 yönlü bağlantılarda, borunun duvara veya tavana paralel olarak yanal hareketi veya eksenel hareketi sınırlanır. Örneğin tavana asılan borularda 2 yönlü (yollu) bağlantı için 2 adet halat kullanılır. 4 yönlü bağlantılarda 4 halat kullanılır ve borunun duvara paralel yanal ve eksenel bütün hareketleri sınırlanır. Eğer 6 yönlü sınırlama isteniyorsa, 4 halata ilave olarak, tavana esnek askı elemanı ve rijit çubukla bir bağlantı daha yapılır ve böylece borunun hiçbir yönde oynamaması sağlanır (Şekil 7.16). Kelepçe ve halatlarla borunun yapıya rijit bağlanmasında seçilecek boru bölümü çok önemlidir. Sprinkler sisteminde olduğu gibi, ana dağıtım borusu ve buna dik branşman borularından oluşan bir sistemde branşman boruları yapıya sabit bağlanırsa, ağır ana borunun hareketiyle kopma riski daha fazladır. Prensipte olarak ana dağıtım boruları yapıya rijit bağlanmalı, göreceli olarak hafif olan tali dağıtım boruları bu ana boruya esnek bağlantı elemanlarıyla (dirsek, T vb) bağlanmalı ve bunlarda yanal rijitlik aranmamalıdır. Çok gerekirse sadece eksenel doğrultuda hareket sınırlanabilir. 4 yönlü sınırlayıcılar ise sadece köşelerdeki kolon boruları için düşünülebilir.

7.6.5 KANALLARININ TİTREŞİM İZOLASYONU VE SİSMİK KORUMASI

a. 0,56 m² üzeri dikdörtgen kanal veya 711 mm çap üzeri yuvarlak kanallar sismik koruma için bağlanmalıdır.

b. SMACNA standardına uygun kanallar için bağlama aralıkları aşağıdaki gibidir:

Yanal bağlama aralıkları

0,25 g kuvvete kadar 12,2 m

1,00 g kuvvete kadar 9,10 m

2,00 g kuvvete kadar 6,10 m

Eksenel bağlama aralıkları

0,25 g kuvvete kadar 24,4 m

1,00 g kuvvete kadar 18,3 m

2,00 g kuvvete kadar 12,2 m

Plastik veya fiberglass kanallar için yukarıdakilerin yarısı alınmalıdır.

c. Kanallar sismik bağlama noktasında kuvvetlendirilmelidir.

d. Çoklu kanallar tek bir çerçevede bağlanabilir.

e. Duvar geçişleri yanal bağlama olarak kabul edilebilir. Ancak duvara yerleştirilmiş duman damperleri için bu geçerli değildir.

f. Düşey kanalların döşeme geçişleri yanal ve eksenel bağlama olarak kabul edilebilir. Bu yine duman damperleri için geçerli değildir.

g. Kanala doğrudan bağlı (inline) cihazlar 23 kg'dan ağırsa ayrıca sismik bağlanmalıdır.

h. Bağlandığı cihazdan 15 m'den daha fazla uzunluğa sahip olan bütün besleme kanalları titreşim izolatörlü askılar kullanılarak binadan izole edilmelidirler. 5 m/s hava hızı üzerindeki kanallarda ön sıkıştırılmış yaylı tip askı elemanları kullanılmalıdır.

7.6.6 ASILI BORU VE KANALLARDA SİSMİK BAĞLARIN YERLEŞİMİ

İki yön değiştirme arasında kalan düz geçiş, düz boru denir. Tablo 7.22'de görülen maksimum kayma (offset) mesafeleri içinde kalan kayma halinde boru hala düz olarak kabul edilir.

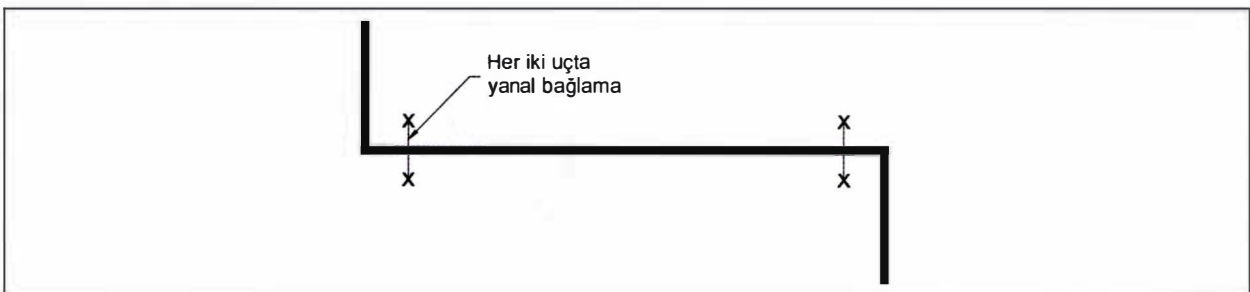
Kanallar için maksimum kayma (offset) mesafesi kanal genişliğinin iki mislidir. Buna göre:

a. Her düz boru geçişinde her iki uçta yanal yönde sismik bağlama yapılmalıdır (Şekil 7.23).

b. Eğer iki yanal bağlama arasındaki mesafe maksimum bağ mesafesinden fazlaysa gereği kadar yanal bağ ilave edilmelidir (Şekil 7.24).

Boru Çapı (mm)	Maksimum Kayma Uzunluğu		
	0,25 g	0,5 g	1 g
32 - 51	1,2	0,6	0,3
64 - 76	2,4	1,2	0,6
102 - 127	3	1,8	0,9
152	3	3	1,5
203	3	3	2,1
254 - 305	3	3	2,7
256 - 610	3	3	3

Tablo 7.22. ÇELİK BORULARDA MAKSİMUM KAYMA MESAFELERİ (m)

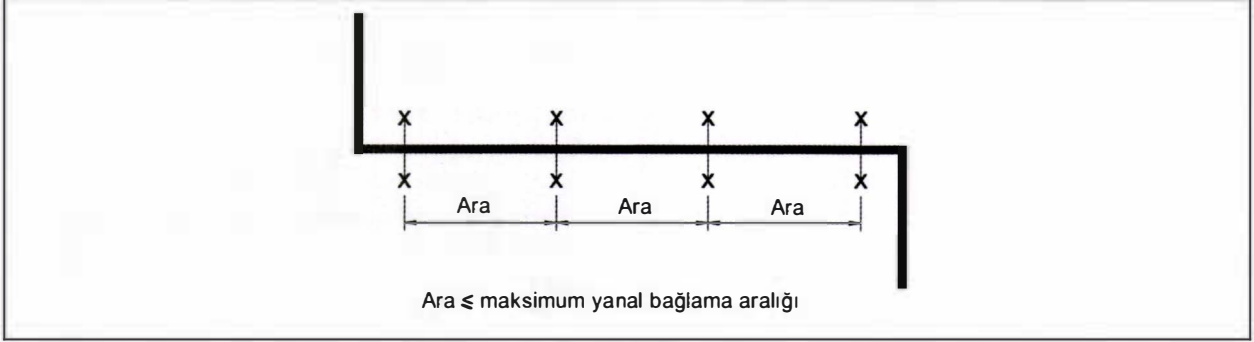


Şekil 7.23. YANAL BAĞLAMA

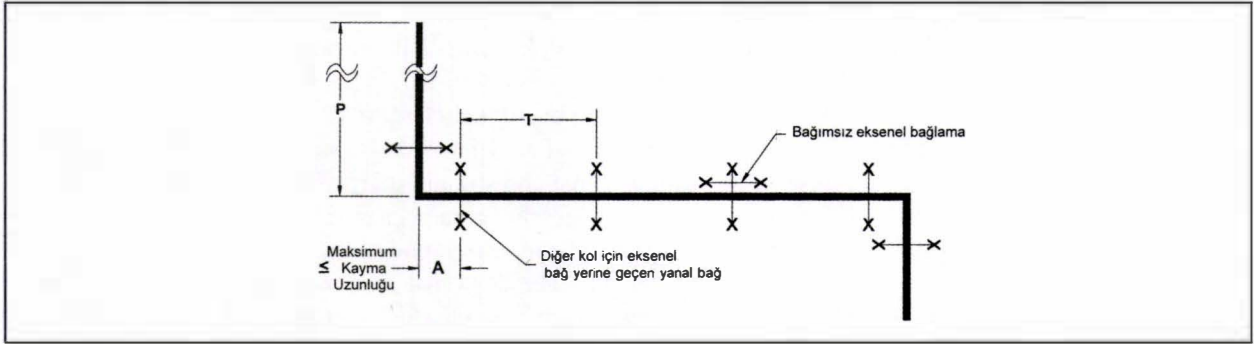
c. Her düz geçiş en az bir eksenel bağla sismik bağlanmalıdır. Maksimum kayma mesafesi içindeki yanal bağ diğer kol için eksenel bağ olarak kabul edilebilir (Şekil 7.25). Bu durumda dirsekten sonra konulacak ilk eksenel bağ mesafesi, ($P = 0,9 \times L - 0,5 \times T - A$) ifadesiyle bulunabilir.

d. Çok yön değiştiren borularda bağlar Şekil 7.26'daki gibi yerleştirilebilir.

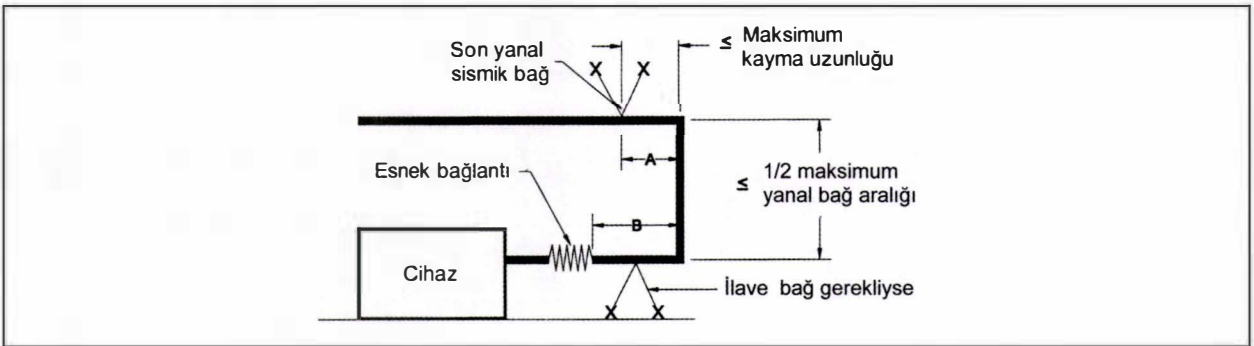
e. Cihazlara bağlantıda düşey kolonlar Şekil 7.27'deki gibi korunabilir. Şekildeki B mesafesi maksimum yanal bağ mesafesinin $1/2$ 'sinden büyükçe döşemeye dayanan bir yanal bağ gerekir.



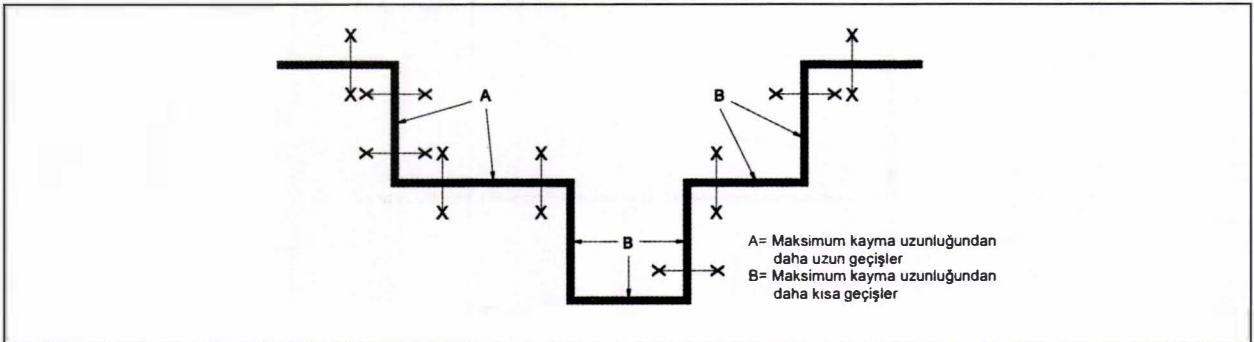
Şekil 7.24. YANAL BAĞ AĞIRLIKLARI



Şekil 7.25. YANAL VE EKSENEL BAĞLAMA



Şekil 7.26. DÜŞEY KOLON BAĞLANTISI



Şekil 7.27. ÇOK YÖN DEĞİŞTİREN BORU HATTININ BAĞLANMASI

7.7 DOĞAL GAZ TESİSATINDA DEPREM ÖNLEMLERİ

Doğal gaz (veya LPG) sisteminin esas olarak bir boru tesisatı olduğu düşünülürse, yukarıda anlatılan boru tespit konuları bu tesisat için de geçerlidir. Doğal gaz tesisatı için önemli olan deprem sırasında veya hemen sonrasında bina gaz bağlantısının kesilmesidir. Bu konuda ancak ana gaz dağıtım hatlarında önlem alınması deprem senaryoları içinde yer almıştır. Ancak binaların gaz bağlantılarının kesilmesi insan eliyle gerçekleşmektedir. Doğal gaz tesisatı yönetmeliklerinde bu yönde bir zorunluk yoktur. Ancak deprem anında otomatik olarak gazı kesen vanalar mevcuttur ve bunlar örneğin ABD deprem bölgelerinde kullanılmaktadır. Bu vanaların elektrik ve mekanik tipleri olmakla birlikte, bilyeli mekanik tipleri çok daha güvenilirdir ve tercih edilmelidir. Türkiye’de deprem riski yüksek olan bölgelerde kullanılması gündemdedir.

Doğal gaz tesisatında deprem açısından önemli olan bir başka nokta ise, mutfak fırını, ocak vs cihazların sabit boru tesisatına çok kaliteli tip esnek hortum vb elemanlar kullanılarak bağlanmasıdır. Esnek hortumlar yeteri kadar uzun olmalı ve cihazın depremdeki hareketlerine kopmadan izin vermelidir.

7.7.1 DEPREM EMNİYET VENTİLLERİ

1.dereceden deprem kuşağı olan Türkiye’de tesisatların depreme karşı dayanıklı olması için alınması gereken önlemlerin anlamı, 17 Ağustos 1999 Marmara depreminden sonra daha iyi anlaşılmıştır. Yapılan mekanik tesisatlarda tasarım, proje ve uygulama esnasında depreme dayanım kriterlerine dikkat edilmeli ve bu kaidelere uyulmalıdır.

Kullanımı ülkemizde her geçen gün artan doğal gaz, LPG ve propan hatları da depreme karşı deprem emniyet ventilleri ile korumaya alınmalıdır. Doğal gaz, LPG ve propan hatları deprem anında, bina içinde binaya etkileyen deprem kuvvetleri neticesinde kırılabilir ve kontrolsüz gaz kaçakları meydana çıkabilir. Bu gaz kaçakları neticesinde çıkabilecek yangınlar, depreminde getirdiği olumsuz şartlar ile birlikte deprem felaketinin etkisini arttırabilir. Deprem ventilleri doğal gaz, LPG ve propan hatlarına monte edilir. Görevleri, belirli bir büyüklüğün üzerindeki depremlerde binaya gaz akışını kesip, bina içindeki gaz hatlarında olası bir kırılma da kontrolsüz gaz kaçaklarını engellemektir.

Doğal gaz, LPG ve propan hatlarında kullanılabilecek deprem emniyet ventilleri, çalışma prensibi olarak mekanik ve elektronik olarak ikiye ayrılabilir. Elektronik deprem emniyet ventilleri, voltajdaki dalgalanmalardan ve elektrik kesilmelerindendir ki Türkiye’de de voltajlarda sürekli dalgalanma ve

sık sık elektrik kesilmesi olmaktadır, bunlar, bu durumdan etkilenmekte ve emniyetli olarak çalışamamaktadır. Ayrıca belirli aralıklarla kalibrasyonları yapılmalıdır.

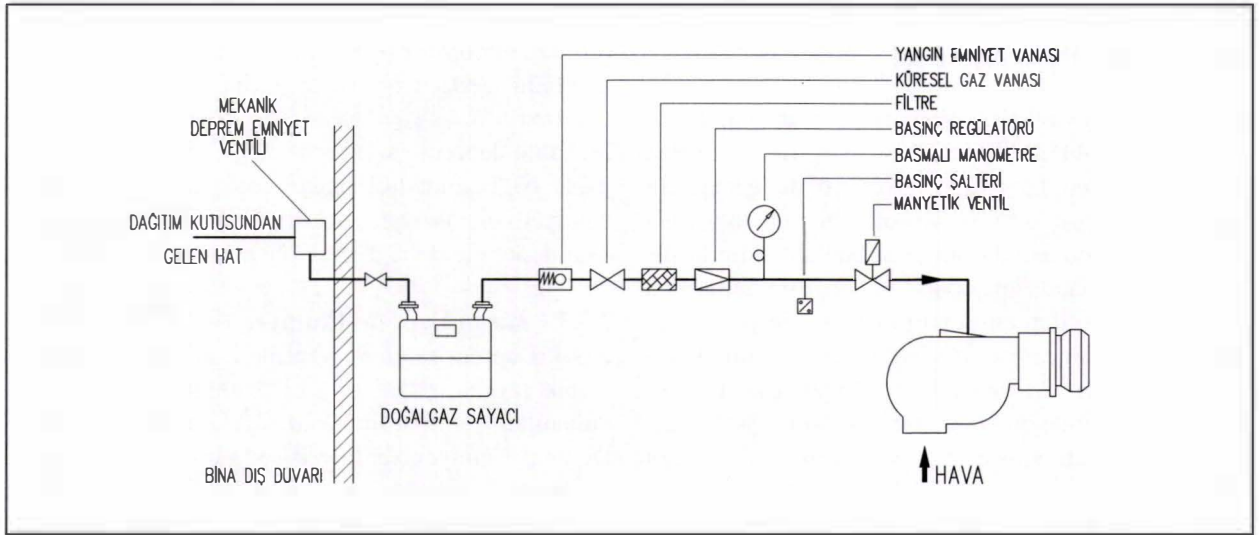
Mekanik deprem emniyet ventilleri ise, elektrik enerjisine bağlı olmadıklarından son derece güvenli ve emniyetli olarak, sadece belirli bir büyüklüğün üzerindeki depremlerde aktive olup gaz akışını keserler.

7.7.1.1 Isisan Deprem Emniyet Ventilleri

Isisan Deprem Emniyet Ventilleri, tamamen mekanik olarak çalışan, doğal gaz, LPG ve propan hatlarında kullanılan ventillerdir. Şekil 7.28’de görülen Isisan Deprem Emniyet Ventilleri şiddeti 5,4 ve üzeri olan depremlerde devreye girerek %100 emniyetli olarak gazı keser ve tam sızdırmazlık sağlar. Ventil içinde bulunan çelik kapatma küresi, şiddeti 5,4 ve daha üzeri olan depremlerdeki sallantının etkisiyle gaz hattını kapatmakta ve tam sızdırmazlık sağlamakta ve ventil tekrar kurulmadan gaz akışına izin vermemektedir. Dolayısıyla ventil mekanik yapısı sayesinde sadece deprem anında devreye girer, servis ve bakım ihtiyacı yoktur. Deprem sırasında gazı kesen Isisan Sempra Deprem emniyet ventilleri, deprem sonrası boru hatlarının sızdırmazlık ve gaz kaçağı kontrolleri yapıldıktan sonra bir tornavida yardımı ile çok basit olarak tekrar kurulur. Ventil yatay monte edilmelidir. Yatay montajı kontrol için su terazisi ventilin üzerindedir. Tekrar kurulan ventil’in uygun olarak kurulup kurulmadığı üzerindeki gözetleme camından kontrol edilebilir. Çok sağlam ve dayanıklı yapısı ile dışarıdan gelebilecek darbelere dayanıklıdır. Deprem ventili bina girişinden önce yerleştirilmelidir (Şekil 7.29).



Şekil 7.28. ISISAN DEPREM EMNİYET VENTİLİ



Şekil 7.29. GAZ HATTINA DEPREM EMNİYET VENTİLİ BAĞLANTI ŞEKLİ

7.8 İNŞAATLA İLGİLİ ÖNLEMLER

7.8.1 BACALAR

Doğal gazlı veya farklı yakıtlı kalorifer tesisatlarında deprem açısından dikkati çeken bir başka noktada bacaların zayıflığıdır. Depremlerde tuğla bacalarda çatlaklar oluşmakta ve zehirli duman gazlarının yaşam mahallerine sızması mümkün olmaktadır. Bir başka nokta ise, bacaların çatı üzerine devam eden ve mahayı aşan bölümlerinin çok büyük ölçüde zarar görmesidir. Örne tuğladan yapılan bu kısımlar yıkılmaktadır. Bunların önlenmesi için öncelikle duman bacaları (tercihen izoleli) paslanmaz çelikten yapılmalı ve ancak dışında tuğla örgü bulunmalıdır. Bacaların çatı üstüne devam eden bölümleri ise, tuğla yerine betondan yapılmalı ve sağlamlaştırılmalıdır. Benzer şekilde kombi, şofben ve fırınların havalandırma bacaları içinde önlem alınmalıdır.

7.8.2 BİNA DRENAJ SİSTEMLERİ

Deprem açısından bir başka inşaatla ilgili önlem yer altı suyu drenajı ve kuyularla ilgilidir. Buna göre;

- Çevre drenaj borusu alt kotunun temel alt kotu ile aynı seviyede veya bunun üzerinde olması (bodrum döşemesinin 30 cm altındaki seviyeyi aşmayacak şekilde) önerilir.
- Bina yakınındaki sızdırmalı foseptikler, normal veya derin kuyular kaya zeminde önemli değildirler. Ancak kumlu zeminlerde yapılan binalarda, bunların binadan en az 20 - 30 m. uzakta olmasını tavsiye edilir.
- Rögarların, rögarlar arasındaki boruların ve bağlantılarının sızdırmaz yapılmasına özen gösterilmelidir.

7.9 DEPREM ÖNCESİNDE YAPILACAK İŞLER

- Mekanik tesisatta kullanılan cihazların kaideleri ve bu cihazların kaidelere bağlantıları depreme göre iyi projelendirilip, buna uygun yapılmalıdır.

- Cihaz ankrajları amaca uygun olmalıdır (sabit veya sismik sınırlandırıcılı titreşim yalıtımlı).
- Gaz tesisatında bina girişlerinde deprem ventili kullanılmalıdır.
- Fırın, ocak vs gibi doğal gaz kullanan cihazlar çok iyi kalite esnek hortumlarla tesisata bağlanmalıdır.
- Yüzer döşemelerde deprem emyeti özel sismik elemanlarla alınmalıdır.
- Pompa ve cihaz çıkışlarında deprem dayanımı olan iyi kalite özel titreşim absorberleri kullanılmalı ve cihazlar boru tesisatına bunlarla bağlanmalıdır.
- Tesisatta kullanılacak boru genişleme parçaları kompansatör ve omegalar deprem yüklerini karşılayacak şekilde seçilmeli ve çok iyi kalite ve normlara uygun olmalıdırlar.
- Boru tesisatındaki sabit ve kayar mesnetler deprem yükleri de göz önüne alınarak seçilmeli ve çok iyi kalite ve normlara uygun olmalıdır.
- Ankraj cıvata ve bağlantıları deprem yüklerine göre hesaplanmalı ve norma uygun kaliteli tip olmalıdırlar.

7.10 DEPREM SONRASINDA YAPILACAK İŞLER

Deprem geçtikten sonra mekanik tesisatta yapılacak işleri sırayla şu şekilde vermek mümkündür:

- Yakıt kaçak kontrolleri (doğal gaz, LPG veya motorin),
- Yakıt depoları kontrolleri,
- Boru ve kanal cihaz bağlantı noktalarının kontrolü,
- Boru tesisatında kaçak kontrolü,
- Baca kontrolü (mekanik kontrol ve duman tabletleriyle çekiş kontrolü),
- Yangın tesisatının kontrolü,
- Cihazların fonksiyon kontrolleri.

VIII. BÖLÜM

KİMYASAL VE BİYOLOJİK TERÖRE KARŞI MEKANİK TESİSATTA ALINABİLECEK ÖNLEMLER

8.1 GİRİŞ

Günümüzde terör hayatın her noktasına etkileyecek boyutlara ulaşmış durumdadır. Terörist eylemlerin uygulanabileceği en uygun ortamlarından biri de mekanik tesisat olarak görülmektedir. Dolayısıyla tesisat tasarımı, yapımı ve işletmesinde bundan sonra dikkate alınacak önemli bir parametre de terör olacaktır. Uzun yıllardan beri Dünya’da var olan terörist eylemlerin hedefleri ve uygulanma biçimleri farklı olmuştur. Ancak 11 Eylül saldırılarından sonra değişen ve yeni biçimler alan aktiviteler, mekanik tesisatı gündeme getirmiştir. Özellikle Amerika’da bu konuda toplantılar yapılmakta ve yeni yayınlar ortaya çıkmaktadır.

Örneğin, 26 Ocak 2002 Baltimore’da ACCA “National Emergency Summit on Heating, Ventilation, Air Conditioning and Refrigeration System Safety and Security from Terrorist Attacks” (Ulusal Terörist Saldırılarına Karşı Isıtma, Havalandırma, Klima ve Soğutma Sistem Güvenliği ve Emniyet Toplantısı) zirvesi düzenlenmiştir. Ocak ayındaki ASHRAE Atlanta kış toplantısında “Presidential Study Group On Health And Safety Under Extraordinary Incidents” (Olağandışı Olaylarda Sağlık ve Güvenlik Çalışma Grubu) yönetim kuruluna sonuç raporunu sunmuştur.

Bu grup tarafından tartışılan konular:

- Mevcut bina yöneticilerinin alabileceği önlemler ve bina emniyet performansının artırılması,
- ASHRAE’nin üyelerine mevcut binalarda güvenlik ve sağlığın artırılması için yapılabilecek yenilemeler konusundaki tavsiyeler,
- ASHRAE’nin üyelerine yeni bina tasarımında güvenliğin artırılması için tavsiyeler,
- Bina güvenliğine yönelik olarak çalışma grupları, eğitim programları, standartlar, yönetmelikler veya araştırma ihtiyacı konusunda tavsiyeler şeklinde sıralanabilir.

8.2 BİYOLOJİK VE KİMYASAL SALDIRI SİLAHLARI

Mekanik tesisat yoluyla kullanılabilecek saldırı silahları biyolojik ve kimyasal silahlardır. Biyolojik silahlar ölümcül hastalık yayan mikroplar, kimyasal silahlar da yine ölümcül zehirlerdir. Bu maddeler gaz veya toz halinde sisteme verilerek saldırı gerçekleştirilir.

8.2.1 BİYOLOJİK SİLAHLAR

8.2.1.1 Biyolojik Savaşın Tarihçesi

Biyolojik savaşın bilinen en eski örnekleri, düşmanların içme suyu elde etmek için kullandıkları kuyu ve rezervuarların insan ve hayvan ölümleri ile kirletilmesi- dir. 14. yüzyılda Ukrayna’da Kaffa’yı kuşatan Tatarlar, vebadan ölmüş insan cesetlerini mancınikle şehrin surlarından içeri atarak salgın oluşturmaya çalışmış- lardı. 18. yüzyılda Kuzey Amerika’da beyazlar çiçek virüsü ile kirlenmiş battaniyeleri Kızılderililer’e vere- rek çiçek salgınına neden olmuştu. II. Dünya Savaşı sırasında 1939 - 1942 Japon kuvvetleri Mançurya’da şarbon, veba, çiçek, kolera, kızıl, menenjit, tüberkü- loz, difteri, tularemi, ruam, salmonellozis, tetanoz, he- morajik ateş gibi çeşitli enfeksiyon hastalıklarını esir- ler üzerinde deneyip, çok sayıda ölüme neden olmuş- lardı. Aynı yıllarda İngilizler Gruinard adasında şar- bonla çok sayıda deneme yapmışlar ve ada toprakları- nın yaklaşık 36 yıl boyunca şarbon sporları ile kirli kalmasına neden olmuşlardı. Adanın arındırılma işle- mine 1979 yılında başlanmış ve oda ancak 1987 yılın- da tam anlamıyla temizlenebilmişti.

1972 yılında 100’den fazla ülkenin katılımı ile imza- lanan “Bakteriyolojik ve Toksin Silahlarının Gelişti- rilmesi, Üretimi ve Depolanması ve İmhası” ile ilgili anlaşma yürürlüğe girdi. Buna karşın başta eski Sov- yetler Birliği ülkesi olmak üzere bu silahların üretimi günümüze kadar süregeldi. 7 - 11 Eylül 2001 tarihin- de ABD’nin çeşitli şehirlerinde mektuplar içinde toz halinde şarbon sporları saptandı.

Başlıca biyolojik silahlar:

- Şarbon
- Çiçek
- Veba
- Tularemi
- Q humması
- Bruselozis

Bu maddeler solunumla veya temasla insanları etkiler. Bu maddelerden korunmak veya bu maddelerle kir- lenmiş bir bölgeyi temizlemek çok zordur. Bu neden- le esas önlemler, bunların uygulanmasını durdurmaya yönelik olmalıdır.

8.2.1.2 Şarbon (Antraks)

Doğal olarak ot yiyen hayvanlarda (koyun, keçi, sığır gibi) görülür. Hayvanlar şarbon sporlarının bulaştığı toprakta otlanırken şarbona temas eder. İnsanda hasta- lık sporlarla derinin teması veya solunum yoluyla sporların alınması sonucu oluşur. İnsanda vakaların

%95'i derideki çizik ve yaralardan şarbon sporlarının girmesiyle oluşan deri şarbonu biçimindedir.

Ülkemizde yılda yaklaşık 100 civarında deri şarbonu olgusuna rastlanmaktadır.

a. Biyolojik Silah olarak Şarbon Kullanımı: Şarbon sporlarının büyük miktarlarda aerosol olarak kullanımı sonucu ölümcül akciğer şarbonu tablosu ortaya çıkar. Ancak şarbonu bu şekilde silah olarak hazırlamak için belli ölçüde teknolojiye gerek vardır.

b. Bulaşma: Şarbon sporları dış ortama çok dayanıklıdır. İnsandan insana şarbon bulaşması söz konusu değildir. İnsanlarda şarbon (bakteri veya sporların alınma yoluna göre) deri, akciğer ve mide-bağırsak şarbonu biçiminde kendini gösterir.

c. Kuluçka Dönemi: Deri yoluyla bulaşma halinde 3 - 7 gün, solunum yoluyla bulaşma halinde 1 - 6 gün, ağız yoluyla bulaşma halinde 1 - 7 gün olarak saptanmıştır. Solunum yolu şarbonunun, bulaşmadan yaklaşık 1,5 ay sonra da ortaya çıkabileceği bilinmektedir.

d. Klinik belirtiler:

- **Akciğer Şarbonu:** Ateş, baş ağrısı, adale ağrısı, kuru öksürük, takiben 1 - 2 günlük kısa süreli bir iyilik hali sonrası şiddetli solunum yetmezliği gelişir. Hastalığın başlangıcından 2 - 3 gün sonra kan kültürlerinde bakteri saptanabilir. Erken dönemde antibiyotik tedavisi başarısı yüksektir. Ancak belirtiler görülmeye başlandıktan sonra tedavi hastanın ölümünü engellemez. Hastaların yaklaşık yarısında menenjit tablosu gelişir.
- **Deri Şarbonu:** En sık el, ön kol ve başta rastlanır. Deride kabarık, kaşıntılı ve kızamık lezyonlar gelişir. 2 - 6 gün sonra siyah kabuklu karakteristik yara oluşur. Yara etrafında ödem görülmesi karakteristiktir.
- **Mide - Bağırsak Şarbonu:** Hastalığın en nadir formudur. Ciddi karın ağrısı, kanlı ishal, bulantı ve kusma görülür. Ölümle sonuçlanır.

8.2.1.3 Veba (Yersinia Pestis)

İnsanlarda ve kemiricilerde hastalık oluşturur. Salgınlar öncesinde farelerde çok sayıda ölüm görülür. Biyolojik silah olarak kullanılan Y. Pestis akciğerlerde enfeksiyona neden olur.

8.2.1.4 Botulinum Toksini

Bilinen zehirler içinde en güçlü olanıdır. Bir gram kristalize hale getirilmiş toksin, uygun şekilde etrafa saçılır ve solunum yoluyla alınırsa bir milyondan fazla insanın ölümüne neden olabilir. Toksin adale felci yapan bir hastalığa yol açar. Toksin bir bakteri (Clostridium botulinum) tarafından üretilir.

8.2.1.5 Çiçek (Variola)

Çiçek hastalığı tüm dünyada 1977 yılından itibaren ortadan kaldırılabildiği bir hastalıktır.

a. Kuluçka dönemi: Kişinin virüsle temastan sonra 7-17 gün arasında sürer.

b. İlk belirtileri: Yüksek ateş, yorgunluk, baş ve sırt ağrıları şeklindedir. Takiben 2 - 3 gün içinde karakteristik bir döküntü gözlenir. Bu döküntü en belirgin biçimde yüz, kollar ve bacaklarda ortaya çıkar. Çiçek hastalığına yakalananların %70'i hastalıktan tam olarak kurtulur. Ancak kabukların iyileştiği yerlerde deride iz kalır. Hastaların %30'u ölür.

Hasta kişilerden sağlıklı bireylere, tükürük damlacıkları aracılığıyla bulaşır. Yüz yüze temas ile hastalık bulaşabilir.

Hastalığın ilk bir haftasında hastalık yüksek oranda bulaşıcıdır. Bulaşıcılık kabuklar düşünceye kadar azalmakla birlikte devam eder. Henüz etkinliği kanıtlanmış bir antibiyotik yoktur. Çiçek virüsü ile temas eden bir kişiye (temastan sonraki) ilk 4 gün içinde aşının yapılması hastalığın ciddiyetini azaltır, hatta kişiyi hastalıktan tamamen koruyabilir. Aşı 1972 yılından beri uygulanmamaktadır. 1972 yılından önce aşılanmış kişilerde aşının etkisi kalmadığı ve bu kişilerin de çiçek hastalığına karşı duyarlı oldukları kabul edilmektedir.

8.2.2 KİMYASAL SİLAHLAR

Kimyasal silahlar ve özellikleri *Tablo 8.1*'de toplu halde verilmiştir.

Kimyasal silahlar aşağıdaki gibi gruplanabilir:

- a. Sinir Gazları (Sarin, Soman, Tabun, Vx):** Sinir sistemini bloke ederek solunumu etkiler ve ölüme neden olur.
- b. Yakıcı Gazlar (Hardal Gazı, Azotlu Hardal, Levesit):** Korozif olan bu maddeler doku hasarı yaparlar. Gözler, deri ve solunum yolu ilk etkilenen bölgelerdir. DNA'da hasar oluşturur.
- c. Akciğer Tahribatı Yapanlar (Fosgen, Difosgen, Klor):** Öldürücü etkilidir. Solunum yollarını ağır şekilde tahrip edip, akciğer ödemeine neden olarak gaz transferini bozar. Ölüm, havasız kalmak (boğulma) sonucu olur.
- d. Kan Zehirleri (Siyanür, Siyanojen Klorür):** Öldürücü etkilidir. Hücreleri tahrip eder.
- e. Sinir Sistemini Etkileyen (LSD) Zehirler**

Aşağıdaki faktörler bu maddelerin toksik etkilerinde önemli ölçüde rol oynar:

- Rüzgarın yönü,
- Rüzgarın şiddeti,
- Yağmur,
- Hava sıcaklığı gibi tüm iklim koşulları,
- Fizyolojik koşullar,
- Ekolojik koşullar.

8.2.2.1 Organizmaya Giriş Yolları

Kimyasal savaş ajanları etkilerini lokal veya sistemik olarak gösterir. Cilt, göz, solunum, deri ve oral yoldan sistemik olarak absorbe edilir ve ayrıca temas yüzeylerinde hasara neden olur.

Madde	Toksititesi	Belirti ve Semptomları	Antidotu	Tedavi
Sinir Gazları: GA (Tabun) GB (Sarin) GD (Soman) VX	Ani Hayati Tehlike	Göz, Burun, Akciğer ve GI Etkiler, Yüksek Dozda Genellikle Ani bilinç Kaybı, Konvülsyonlar, Solunum Durması, Gevşek Paralizi, Oral ve Nazal Sekresyon Artışı, Şiddetli Bronkokonstrüksiyon	Atropin Sülfat + Paralidoksim (Protopam) Klorür veya Obidoksim	Antidot Uygulaması, Ventilasyon, Diazepam
Yakıcı Maddeler: HN3 Azotlu Hardal HD Kükürtlü Hardal	Gecikmiş Etkiler; Yüksek Dozda Tedavi Edilmezse Hayati Tehlike	Eritem, Vezikül, Yanık, Göz, Akciğer ve Deri Hasarı, Solunum Etkileri, Lökopeni, Trombositopeni, Eritrosit Azalması, Sepsis	YOK Doku Hasarını Önlemek için Dekontaminasyon	Yanık tedavisi, Göz tedavisi Pulmoner Destek
Akciğer İritanları: CG Fosgen	Gecikmiş Etkiler; Yüksek Dozda Tedavi Edilmezse Muhtemel Hayati Tehlike	Göz ve Solunum İritasyonu, Nefes Darlığı, Ağır Pulmoner Ödem, Hipotansiyon, Hipovolemi, Bronkospazm, Bronkosekresyon, Sağ Ventrikül Yetmezliği, Enfeksiyon		
Kan Zehirleri AC Hidrosiyanik Asit CK Siyanojen Klorür	Ani Hayati Tehlike	Anhalasyon: Konvülsyonlar, Ölüm İnjesiyon: Baş dönmesi, Bulantı, Kusma, Halsizlik, Solunum Sıkıntısı, Bilinç Kaybı, Konvülsiyonlar, Apne, Ölüm	Amilnitrit + Sodyum nitrit + Sodyum Tiyo Sülfat	Antidot Uygulaması Solunum Desteklenmesi
Kargaşa Bastırıcı Maddeler CN (Mase) CS	Nadiren Hayati Tehlike	Burun ve Göz İritasyonu, Öksürük, Hafif Nefes Darlığı Yüksek Doz; Kusma, Yanık	YOK	Semptomatik Tedavi
Kapasite Bozucu Maddeler Narkotik Bileşikler (Örn: Fentanil) Trankilizanlar BZ (QNB)	Muhtemel Hayati Tehlike (QNB: Nadiren Hayati Tehlike)	Hipotansiyon, Paralizi, Bilinç Kaybı (QNB: Sedasyon, Konfüzyon, Halüsinasyonlar, Dezoryantasyon, Hafıza Kaybı, Konuşmada Tutarsızlık)	YOK (QNB: fizostigmin salisilat)	Gözlem Altında Tutma, Semptomatik Tedavi (QNB: Antidot Alımı, Gözlem Altında Tutma, Sessiz İstirahat)

Tablo 8.1. KİMYASAL SİLAHLAR VE ÖZELLİKLERİ

Toksik etkinin başlaması;

- Temas yoluna,
- Absorpsiyon hızına,
- Çevresel koşullara,
- Giyeceklere bulaşmış olmasına,
- Koriyucu giysi mevcudiyetine,
- Cildin kirli veya terli olmasına bağlı olarak değişebilir.

Etkinin süresi kimyasal maddelerin kalıcılığı ile ilişkilidir. Bazıları saldırıdan sonra da uzun bir süre, sıvı veya buhar halinde tehlikeli olma özelliklerini sürdürebilirken, bazılarının etkileri kısa sürelidir.

8.2.2.2 Penetrasyon Güçleri (Malzemelerin İçinden Geçebilme Gücü)

Çoğunun çeşitli malzemelerden penetrasyon gücü son derece yüksektir. Sinir gazları ve yakıcı gazlar sıvı ve buhar halinde normal kumaştan kolaylıkla geçer. Deri malzeme de insan derisi gibi geçirgendir. Boya, lak, plastik, kauçuk, tahta gibi malzemedeki çözünürlükleri çok fazladır. Kolaylıkla penetre olur. Daha sonra uzun süre serbestleşip ortamı ve kişiyi etkiler. Cerrahi eldivenler geçirgendir. Ancak butil kauçuk ve polies-ter gibi sentetik maddeler dirençlidir.

Bu maddelerin ani ölümcül etkilerinin yanı sıra daha da önemli sayılabilecek uzun süreli etkileri vardır:

- Kronik etkiler
- Geç etkiler
- Ekolojik değişiklikler

Kimyasal ve biyolojik silahların büyük ölçekli kullanımı çevrede uzun etkili, önceden tahmin edilemeyen değişikliklere neden olabilir.

8.2.2.3 Dekontaminasyon (Zararlı Maddeleri Temizlemek)

Dekontaminasyon zor, zaman alıcı, fakat zorunlu bir işlemdir. Kimyasal silahlara karşı korunmada yaşamsal önem taşır. En iyisi, koruyucu önlemlerle kontaminasyonu en aza indirmektir. Bu da ancak gaz maskesi ve güvenli sığınakların mevcudiyeti ve bunların bilinçli ve disiplinli bir şekilde kullanımı ile mümkündür. Ayrıca eşyalar örtülüp kapatılıp korunabilir. Dekontaminasyon yöntemleri:

- Yıkama,
- Durulama,
- Kurutma,
- Absorban materyale indirme,
- Isı ile uzaklaştırma.

8.3 HAVALANDIRMA SİSTEMİ

Mekanik tesisatın biyolojik ve kimyasal terörden etkilenebilecek en zayıf noktası havalandırma sistemleridir. Havalandırmanın anlamı "Bir yere taze hava verilmesi ve kirli havanın o yerden dışarı atılması" şeklinde açıklanabilir. Ancak havalandırma sistemi zararsızdan ölümcüle, hava kirleticilerinin tüm bina içine yayılmasından sorumlu olabilir. Toz ve gaz halindeki zehirler veya mikroplar havalandırma sistemi emiş ağızından tesisata verildiğinde, 5 dakika mertebesinde bu maddelerin bütün sisteme yayılması mümkündür.

8.3.1 HAVA ALIŞ AĞIZLARI

Hava alış ağızları, güvenli yerlerde olmalıdır. Kimileri taze hava girişine konulan ev yapımı bir duman

bombasına şaka gözüyle bakabilir; ancak onun yerine göz yaşartıcı gaz kullanıldığında durum hoş olmayan bir hal alacaktır. Birilerinin hava girişine ölümcül organizmalar bırakması, hayati tehlike yaratabilir.

En etkin önlem saldırganın, hava emiş ağızlarına (özellikle taze hava emiş ağızlarına) ulaşmasının engellenmesidir. Bu konudaki önlemler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Hava alışları caddeden olmamalıdır. Döşeme seviyesindeki kuranglezlerden vb yerlerden hava emişleri çok risklidir. Ayrıca alt kottan alınan havadaki aşırı toz, filtreleri de tıkamaktadır. Taze hava alışları yukarıdan yapılmalıdır (Şekil 8.2A, B, C ve D).
- Taze havanın kapalı ve kilitlenebilen kapı ile girilebilen yerlerden alınması uygundur (avlu, bahçe gibi).
- En uygun yer çatıdan hava almaktır.
- Sahte hava alış ağızları oluşturularak gerçek ağız kamufle edilebilir.
- Ulaşılması mümkün yerlerdeki hava alış ağızları video kamera ile gözlenebilir.
- Bekçi ile korunabilir.
- Taze hava alış ve egzost atış panjurları arasında yeterli mesafe olmalıdır. Kısa devre oluşması kesinlikle önlenmelidir (Şekil 8.3). Bu durumda binanın kirleticilerden havalandırma sistemiyle temizlenmesi mümkün olmayacağı gibi kirleticiler bütün binaya yayılır. Bu kurala normal koşullarda da havalandırma verimliliğinin sağlanması ve iç hava kalitesinin artırılması için uymak gerekir.

8.3.2 HAVA DAMPERLERİ VE ZEHİRLİ GAZ DEDEKTÖRLERİ

Taze hava girişlerinde ve egzost çıkışlarında servo kontrollü damperler bulunabilir. Bu damperler, çevresel bir felaket ya da terörist bir saldırı esnasında kapatıldığı zaman kesinlikle hava sızdırmayacak şekilde yapılmış olmalıdır.

Ancak önemli olan soru, bu damperlerin kapatma emrini nereden ve nasıl alacaklarıdır.

Havayı kirleten her ne ise eğer kötü bir kokusu varsa, insanlar hemen bir şeylerin ters gittiğini anlayabilir ve damperleri kapatabilirler. Klor, amonyak vb kirleticiler insan burnu tarafından hissedilebilir ve harekete geçilebilir.

Ancak insan burnu, ölümcül CO gazını ya da lejyonella bakterisi, şarbon sporları gibi organizmaları fark edemez. Zehirli gazları algılayarak alarm verecek ve damperleri kapatacak otomatik sistemler bugün için pratik ve yeterli değildir. Mevcut detektörlerin algılama ve cevap verebilme yetenekleri sınırlıdır. Ancak bu konudaki çalışmalar gelecekte bu sistemleri mümkün kılacaktır.

Bölgesel ve kentsel afet planlarında, tehlike sıralamasına göre alarm verilmeli ve bina yöneticileri bu alarm esnasında ne yapması gerektiğini bilmelidir.

Herhangi bir olağanüstü durum nedeniyle dış ortamdan tamamen izole edilmiş bir binanın iç hava kalitesinin ne kadar süre ile kabul edilebilir değerlerde kalacağı doluluk oranına, dış duvarların sızdırmazlık değerine ve havalandırma sisteminin sirkülasyon kapasitesine bağlıdır.

8.3.3 SALDIRININ ALGILANMASI HALİ

Bina yöneticisi tarafından salgının algılanması halinde:

- Çok yoğun miktarda kirletici madde boşaltılmışsa (dışarıdan saldırı), fanlar durdurulabilir. Ancak yoğun kirletici maddelerin boşaltılmış olması olasılığı çok azdır. Bu durumda taze hava girişleri kapatılmalıdır. 0,3 l/h değerinde infiltrasyon olan bir yerde iç hava kirliliğinin dış hava kirliliğine ulaşması 13 saat alacaktır. 0,1 l/h değerinde infiltrasyon var ise bu süre 39 saatten daha az olmayacaktır. Bu da diğer önlemler için gerekli zamanın kazanılacağı anlamına gelir.

- Saldırı içeridense %100 egzost moduna geçilebilir. Önerilen:

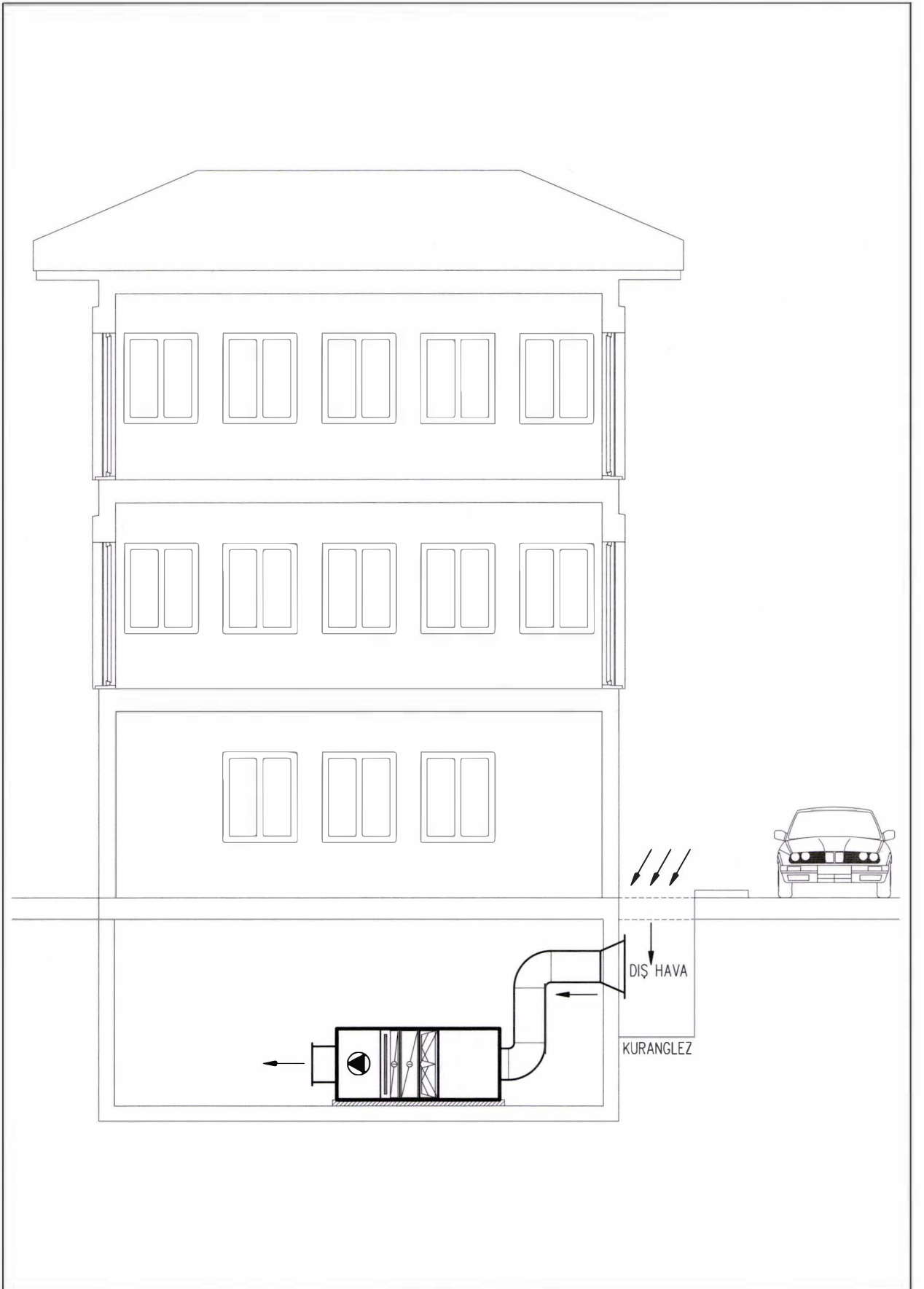
- Binaya %100 taze hava verilmeli, %100 egzost yapılmalı, fanlar durdurulmamalı ve sistemi %100 free cooling modunda çalıştırılmalıdır (Duman tahliye sistemlerinde olduğu gibi.).
- Saldırı içerde bir kat veya bölgedeyse, duman tahliye moduna geçilmelidir. Saldırı olan bölümde (-) basınç, komşu bölgelerde (+) basınç oluşturulmalıdır.
- Hidrojen siyonid, klor, veya zehirli endüstriyel kimyasallar ile şarbon mikrobu gibi hallerde, bazı literatürde, sprinkler sistemini aktive ederek yıkama suretiyle saldırının etkisinin azaltılabileceğinden de söz edilmektedir.

Saldırının durdurulması ve insan güvenliğinin sağlanmasının ardından:

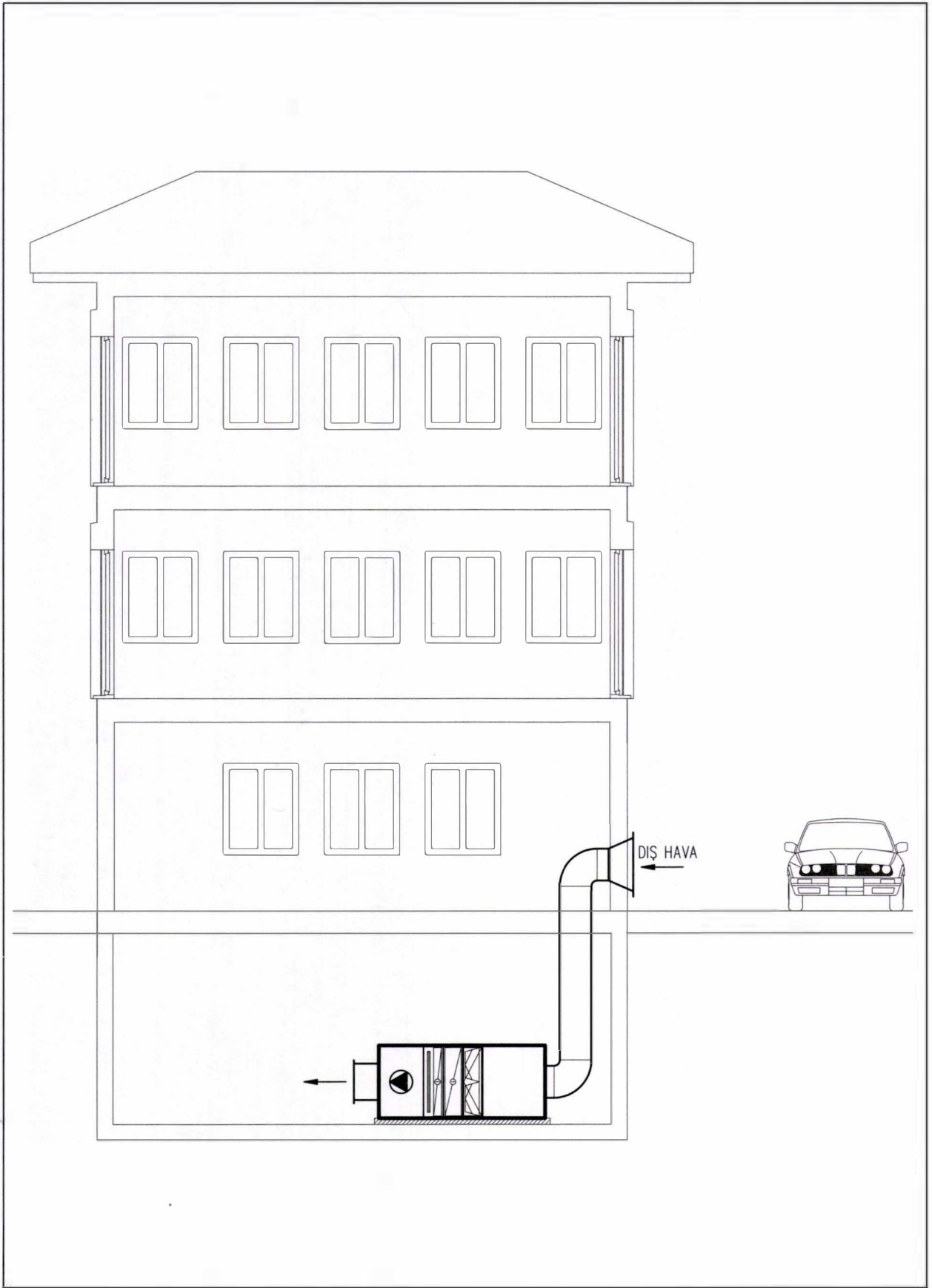
- Havalandırma yapılan hava filtreleri ve yıkayıcılar, absorpsiyon, katalitik oksidasyon vb ile temizlenmelidir.
- Hava kirlenmesindeki minimum ve maksimum değerlere göre işletme, örneğin çalışma saatlerini kısıtlayarak, aralıklı çalışma yaptırarak ayarlanmalıdır.

8.3.4 KLİMA SANTRALLARINDA FİLTRE KULLANIMI

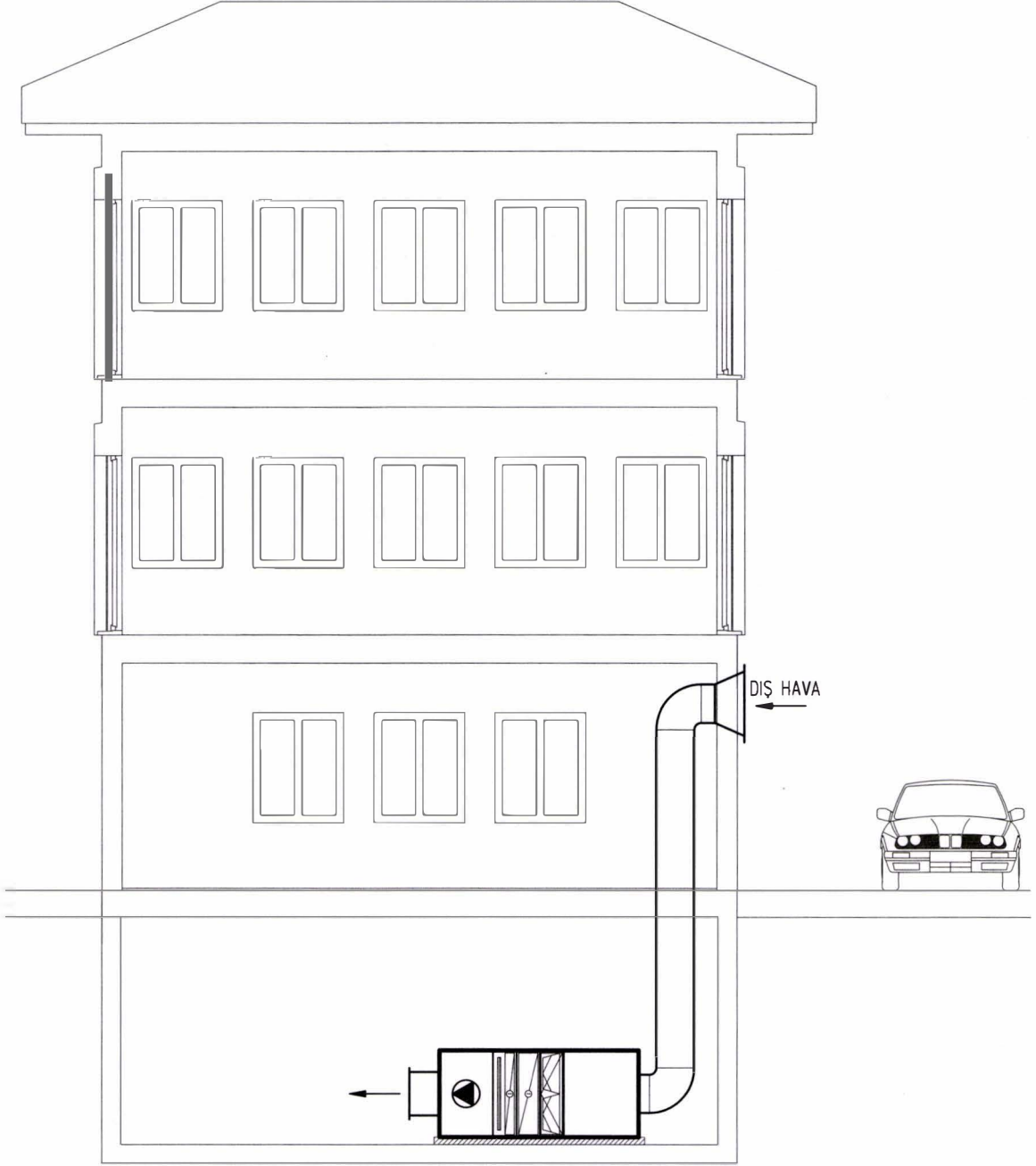
- Toz halinde kimyasal veya mikrobik saldırılara uygun karakterde filtreler oluşturulabilir. Bakterilerle mücadele için UV ışınları da etkilidir.
- Yüksek etkinlikli filtrasyon için HEPA filtre kullanılmalıdır. Bu filtrelerle bakteriler %80 oranında tutulabilir. Ancak HEPA filtrelerde basınç kaybı çok fazladır. Elektrostatik filtreler bir başka çözüm olabilir. Bunlarda basınç düşümleri de fazla değildir.
- Aktif kömür yatakları zehirli gazlar için iyi bir çözümdür. Ancak etkili olabilmesi için derin yatak oluşturulmalıdır. Bu da yine yüksek basınç kaybı yaratır.



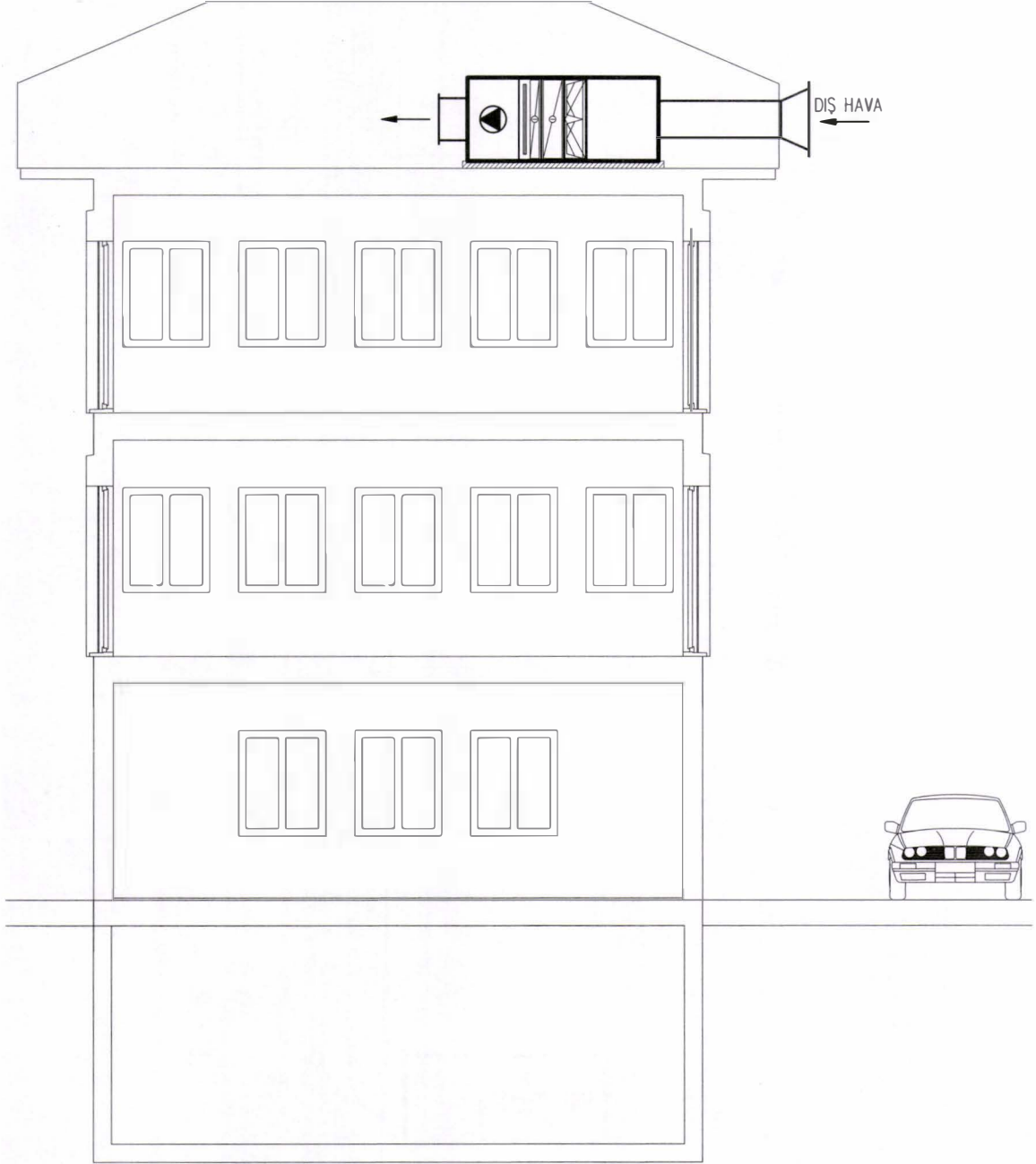
**Şekil 8.2A. TAZE HAVA ALIŞLARI KURANGLEZDEN OLMAMALIDIR.
(Yanlış uygulama)**



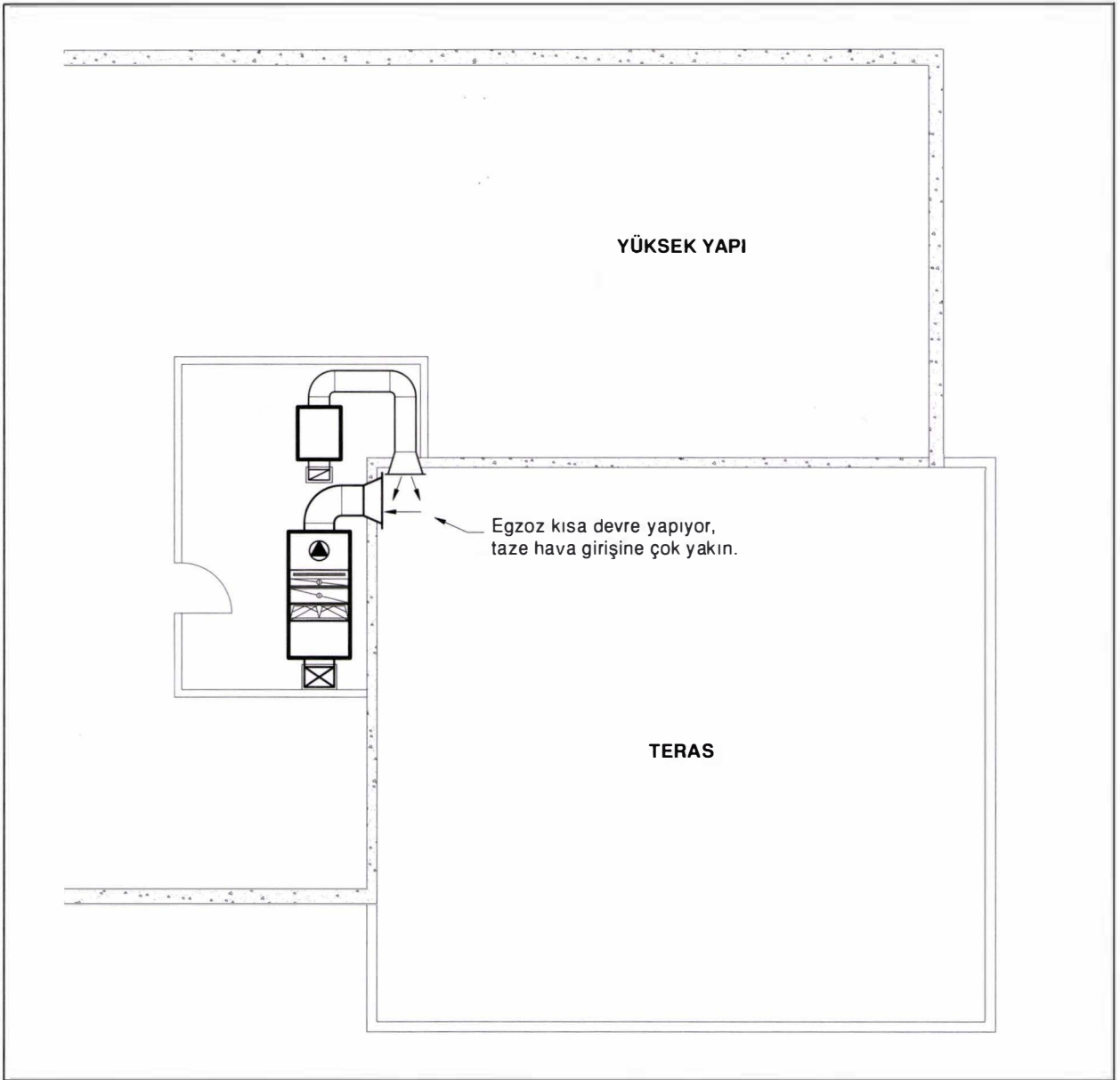
Şekil 8.2B. TAZE HAVA ALIŞLARI, ULAŞILABİLİR YERLERDEN VE ALT SEVİYELERDEN OLMAMALIDIR. (Yanlış uygulama)



**Şekil 8.2C. TAZE HAVA ALIŞLARI OLABİLDİĞİ KADAR
ÜST SEVİYELERDEN OLMALIDIR.
(Daha doğru uygulama)**



**Şekil 8.2D. TAZE HAVA ALIŞLARI OLABİLDİĞİ KADAR
ÜST SEVİYELERDEN OLMALIDIR.
(İdeal uygulama)**



Şekil 8.3. TAZE HAVA ALIŞ VE EGZOST ATIŞ PANJURLARI BİRBİRİNE ÇOK YAKIN OLMAMALIDIR. (Yanlış uygulama)

8.3.5 HAVA KANALLARINDA SIZDIRMAZLIK

Hava kanallarında çok iyi sızdırmazlık sağlanmalıdır. Bu koşul hava kanallarında aynı zamanda enerji tasarrufu ve iç hava kalitesi için de gereklidir.

8.4 SIHHİ TESİSAT

SiHHi tesisatta içme ve kullanma suyuna ulaşım imkanı ortadan kaldırılmalıdır. Bunun için,

- Su depolarına ulaşım engellenmelidir.
- Su depolarının kapakları kilitli olmalıdır.
- Depo kapaklarına kolay ulaşılmalıdır.
- Su boruları açıktan geçmemelidir.
- Su boruları toprak altına döşenmeli veya kontrol edilen galeriler/şaftlar içinde olmalıdır.

8.5 KAZAN DAİRELERİ

- Serbest giriş engellenmelidir.
- Kilitli olmalı ve sadece yetkililer girebilmelidir.
- Bu bölgeler kamera ile gözlenmelidir.
- Termostat ve presostatlar kapaklı ve kilitli olmalı, anahtarsız ayarı değiştirilememelidir.

8.6 EĞİTİM VE PLANLAMA

- Mekanik tesisat ve elektrik grubu ile güvenlik birimi koordineli çalışmalıdır.
- Güvenlik birimi tesisatın etkilenebilecek yerleri ve sistemin ana prensipleri konularında eğitilmelidir.
- Tesisatla ilgili ve terörist saldırı karşısında yönetimin ve operatörün alternatif bir planı bulunmalıdır.



Şekil 8.4. ISISAN GOODMAN ÇATI TİPİ KLİMA UYGULAMASI

IX. BÖLÜM

LEJYONER HASTALIĞINA KARŞI

MEKANİK TESİSATTA ALINABİLECEK ÖNLEMLER

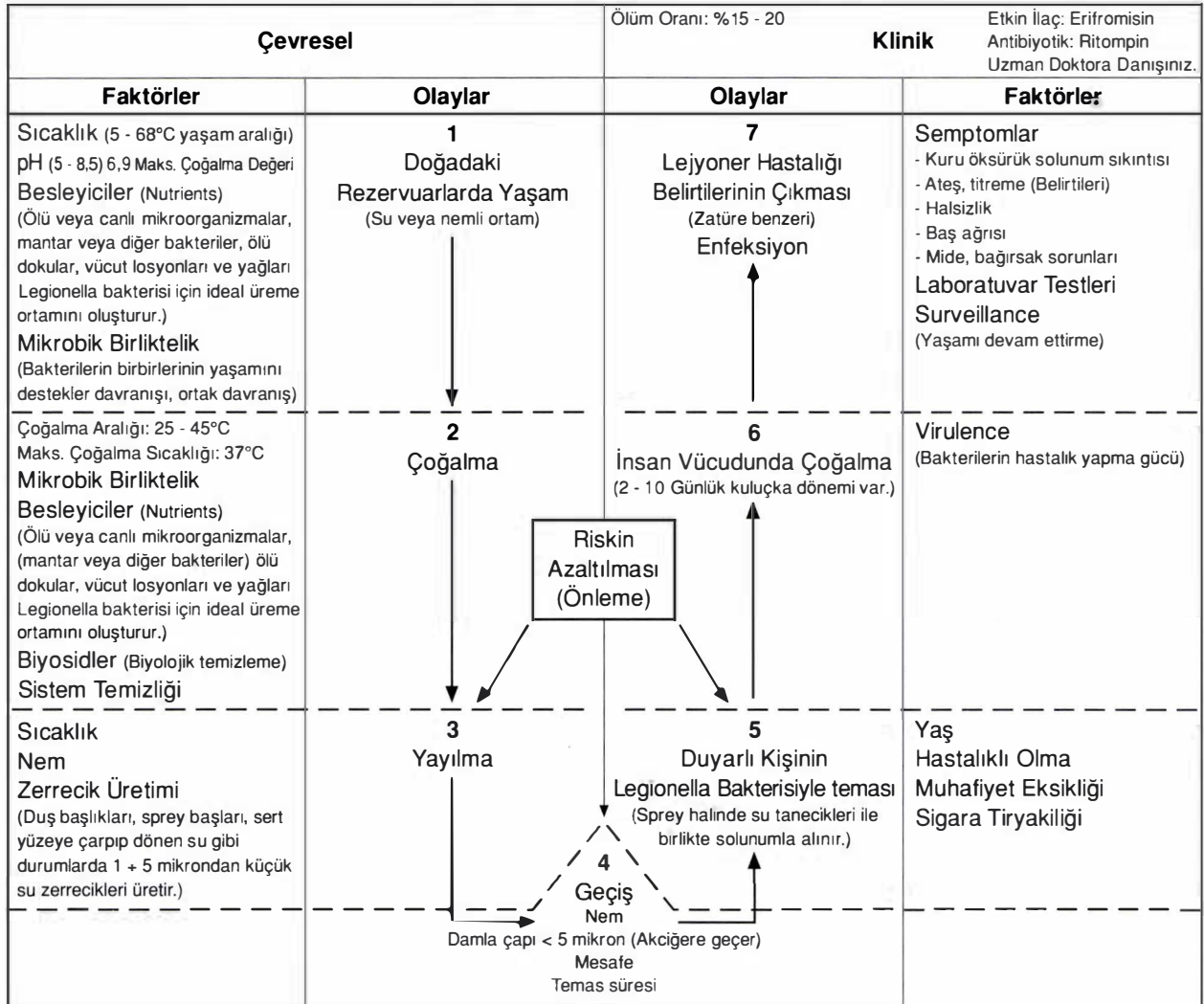
9.1 LEJYONER HASTALIĞI

9.1.1 GİRİŞ

Lejyoner hastalığı son yıllarda daha çok görülür veya bilinir hale gelmiştir. Bu konudaki kayıtlar çok sağlıklı değildir. Bu hastalığa yakalanmış kişi sayısının, tanısıyla kayda geçen çok üzerinde olduğu bilinmektedir. Hastalık tanındıkça kayıtları daha sağlıklı bir hale gelmektedir. Örneğin, İngiltere’de yılda binin üzerinde hasta, hastane kayıtlarında yer almaktadır. Bu hastalık, Legionella bakterisi (Legionella pneumophilla) tarafından oluşturulan ve ölüme yol açabilen ciddi bir zatüre hastalığı biçimidir. Legionella bakterisi nemli ve sulu ortamda yaşar ve çoğalır. En yaygın bulaşma yolu binalardaki sıhhi tesisat ve klima tesisatıdır. Özellikle oteller, hastaneler, iş merkezleri ve fabrikalar gibi

büyük, bir çok tesisatın birlikte olduğu karmaşık sistemlerde karşılaşılır.

Solunabilen aerosolde (pülverize haldeki su ile hava karışımında), su tanecik büyüklükleri 1 ila 5 mikron çap aralığındadır. Tanecik çapı küçüldükçe tehlike riski artar. Çünkü 5 mikron ve altındaki su zerrecikleri akciğerin en derin noktalarına kadar ulaşabilir ve bunlar tekrar kolayca dışarı atılamaz. Öte yandan küçük tanecikler hava akımları ile çok uzak mesafelere (soğutma kulelerinden 3 km mesafelere kadar) taşınabilir. Lejyoner hastalığının oluşabilmesi için Legionella bakterisi ile kirlenmiş suyun aerosol halinde solunması gerekir. Böylece mikrop akciğere ulaşarak hastalığı oluşturabilir. Hastalık riski, solunan mikrop sayısı ile orantılıdır. Solunan aerosol ne kadar yoğun bir biçimde Legionella bakterisi ile kirlenmişse ve bu aerosol ne kadar yoğun



Şekil 9.1. LEGIONELLA BAKTERİSİNİN TAŞINMASI VE İNSAN VÜCUDUNA GEÇİŞİ

ise, hastalığa yakalanma riski de aynı oranda fazladır. Bir diğer önemli risk faktörü de temas süresidir. Duş yaparken temas süresi dakikalar mertebesinde. Halbuki bir terapi havuzunda veya jakuzide bu süre daha uzundur. Örneğin bir soğutma kulesinden kaynaklanarak kirlenmiş bir binada her gün 8-10 saat temas süresi söz konusudur. Hastanelerde veya evlerde karşılaşılan bazı özel durumlarda ise sürekli temas mümkündür. Özetle Lejyoner hastalığı riski havadaki Legionella bakterisi sayısı, solunum hızı ve solunum süresiyle artmaktadır.

Hastalığın geçişiyle ilgili şema Şekil 9.1'de görülmektedir. Bu şemada çevresel kaynaktan başlayarak, klinik duruma ulaşıncaya kadar olan olaylar ve etkiyen faktörler özetlenmiştir.

Legionella bakterisi doğada ve su kaynaklarında bulunmaktadır. Şebeke suyu ne kadar iyi şartlandırılırsa şartlandırılırsın, bu suda hastalık mikrobu bulunabilmektedir. Önemli olan bu yolla binaya ulaşan su içinde, binada bakterinin üreyip çoğalabilmesi için uygun ortamın yaratılmamasıdır. Hastalığın geçişindeki zincirin en önemli üç halkası; yani çoğalma, yayılma ve geçiş, mekanik tesisatta meydana gelmektedir. Buna göre hastalıkla mücadelenin esas alanı bina tesisatı olmaktadır. Bu üç aşama, iyi mühendislik tasarımı, doğru uygulama, iyi bakım ve işletme ile önlenabilir.

Hastalığın bulaşabilmesi için mutlaka Legionella bakterisi ile kirlenmiş suyun pülverize hale gelmesi, daha sonra bu mikrop lu aerosollerin solunması gerekmektedir. Buna göre bu hastalıkla mücadele için; Tesisatta Legionella bakterisinin üreyebileceği uygun ortamı yaratmamak gereklidir.

Pülverize su oluşturulmamalı ve bu aerosol doğrudan veya hava ile insanlara ulaşmamalıdır.

Üreyebilen bakteriler ise dezenfeksiyon ile yok edilmelidir.

Legionella bakterisinin 40'ın üzerinde çeşidi bulunmakla birlikte en tehlikelisi ve bizim açımızdan önemli olanı Lejyoner hastalığını oluşturan Legionella pneumophilla cinsidir.

Sonuç olarak;

- Legionella bir bakteridir.
- Suda ve nemli ortamda yaşamını sürdürür.
- Suyun 5- 8,5 pH değerleri yaşamı için uygun değerlerdir.
- 6,9 pH Legionella bakterisinin yaşamı için en uygun ortamı oluşturur.
- 5 - 68°C sıcaklık aralığı yaşamı için sınır değerlerdir.
- 25 - 45°C hızlı çoğalma sıcaklık aralığıdır.
- 37°C su sıcaklığında 2 saatte 2 kat çoğalır. 48 saat sonunda sayısal olarak patlama yaparak, tehdit edici boyuta ulaşır.
- Pülverize su içinde solunum yolu ile akciğerden alınır.
- Hastalığı alma riski, solunan mikrop sayısı ile orantılıdır.

- Kirlenmiş pülverize su ile temas süresinin fazla olması risk faktörünü artırır.
- Solunum ile alınmasını takiben 2 - 10 günlük kuluçka döneminden sonra çoğalarak enfeksiyon yapar.
- Belirtileri; kuru öksürük, solunum sıkıntısı, halsizlik, bitkinlik, baş ağrısı, kas kasılmaları, yüksek ateş vb şeklindedir.
- İnsandan insana geçtiğine dair bulgu yoktur.
- Türkiye'de risk, İngiltere'den daha fazladır. Sıcak iklim riski artırır (Antalya, Adana vb).
- En etkili savaşma yöntemi, bakterinin çoğalmasının ve yayılmasının önlenmesidir (hastalığın insana geçmesini önlemek için).
- Hastalığa yakalananlarda ölüm oranı %15 - 20 mertebesinde.
- Tedavi için makrolid grubu antibiyotikler (Eritromisin vb) kullanılır

9.1.2 BİREYLERİN ETKİLENMESİ

- Birçok insan Legionella bakterisi almış ve bağışıklık sistemleri sayesinde hastalığa yakalanmamış olabilir. Normal bağışıklığı olan insanların Legionella bakterisinden etkilenme olasılığı çok azdır.
- Lejyoner hastalığından etkilenmeyi kolaylaştıran faktörlerden bazıları;
- Çocukların bu hastalıktan çok az etkilendiği görülmüştür.
- Artan yaşla birlikte risk artar.
- Cinsiyet: Erkekler kadınlara göre 3 kat daha fazla etkilenmeye yatkındır.
- Solunumla ilgili olan mevcut hastalıklar akciğerleri Lejyoner hastalığına yatkın yapar.
- Kanseri, şeker ve çeşitli böbrek hastalıklarıyla alkolizm gibi vücut yapısını etkileyen hastalıklar, özellikle de aşırı sigara tüketimi gibi akciğer fonksiyonlarını bozan faaliyetler ve bağışıklık sistemini etkileyen ilaç kullanımı hastalığa yakalanma riskini artırır.
- Bağışıklık sistemi zayıf olan insanların bu hastalığa yakalanma olasılığı daha fazladır.
- Bu hastalıkla ilgili istatistikler fazla sağlıklı değildir. Örneğin İngiltere'de yılda yaklaşık 1.000 kişi Legionella bakterisi yüzünden hastaneye yatmaktadır. Ama bu sayı çok daha fazla olabilir. Çoğu zaman hastalık zatüre olarak kaydedilmektedir. Türkiye'de de Lejyoner hastalığına rastlanmaktadır. Ancak sayı konusunda elde sağlıklı bir veri bulunmamaktadır.

9.1.3 TESİSATTI LEGIONELLA BAKTERİSİ POTANSİYELİ OLAN YERLER

Legionella bakterisinin büyümesi için:

a. Sıcaklık

- 20°C'nin altındaki sıcaklıklarda üreme miktarı önemsizdir.
- En uygun sıcaklık aralığı 25 - 45°C arasındadır.

- En uygun sıcaklık ise; 37°C olarak saptanmıştır. 37°C sıcaklıkta ve uygun ortamda yaklaşık 2 saat içinde iki katına çıkar. 48 saat içinde de sayısal olarak patlama yaparak tehdit edici boyuta ulaşır.
- 46°C sıcaklıkta: Üremesi durur.
- 50°C sıcaklıkta: Birkaç saat yaşayabilir.
- 60°C sıcaklıkta: Ömrü dakikalar mertebesinde.
- 70°C sıcaklıkta: Yaşam şansı sıfıra yakındır.

b. Suyun pH değeri

- 6,9 en uygun değerdir.

c. Ortamdaki demir oksit büyüme ve çoğalmayı hızlandırır.

d. Hijyen

- Kirler ve birikintiler kuluçka için uygun ortam oluşturur.

Şekil 9.2’de binalardaki mekanik tesisatta karşılaşılan tipik tasarım sıcaklıkları verilmiştir. Buna göre Legionella bakterisi için en uygun büyüme ortamları soğutma kuleleri, duşlar, terapi havuzları ve jakuzilerdir. Buralarda biyosidal şartlandırma yapmak gereği vardır. Kullanma suyu veya springler gibi servisler ise ancak sıcak yaz mevsiminde büyüme için uygun sıcaklık koşullarına ulaşabilirler.

Buna göre tesisatta Legionella bakterisi üremesine uygun olan ve Lejyoner hastalığının çıkmasına neden olabilecek sistem ve elemanlar aşağıda sayılmıştır. Bu sistem ve elemanlardan kaynaklandığı belirlenen Lejyoner hastalığı vakaları mevcuttur.

- Soğutma kuleleri
- Buharlaştırıcı kondenserler
- Duşlar
- Terapi havuzları, jakuziler
- Nemlendiriciler (özellikle sulu tip)
- Süs havuz ve çeşmeleri, fiskiyeler
- Kullanma suyu ve spreylar (özellikle yaz aylarında)
- Springler sistemi (yangın söndürme sistemleri) (özellikle sıcak iklim bölgelerinde)
- Bina dışında bulunan su depoları (plastik, metal vb.) güneş ışığı ile ısındıkları için potansiyel ortam oluşturlar.

Soğutma kuleleri ve buharlaştırıcı kondenserlerden kaynaklanan aerosollerin uzun mesafelere taşınabildiği ve hastalığa neden oldukları bilinmektedir.

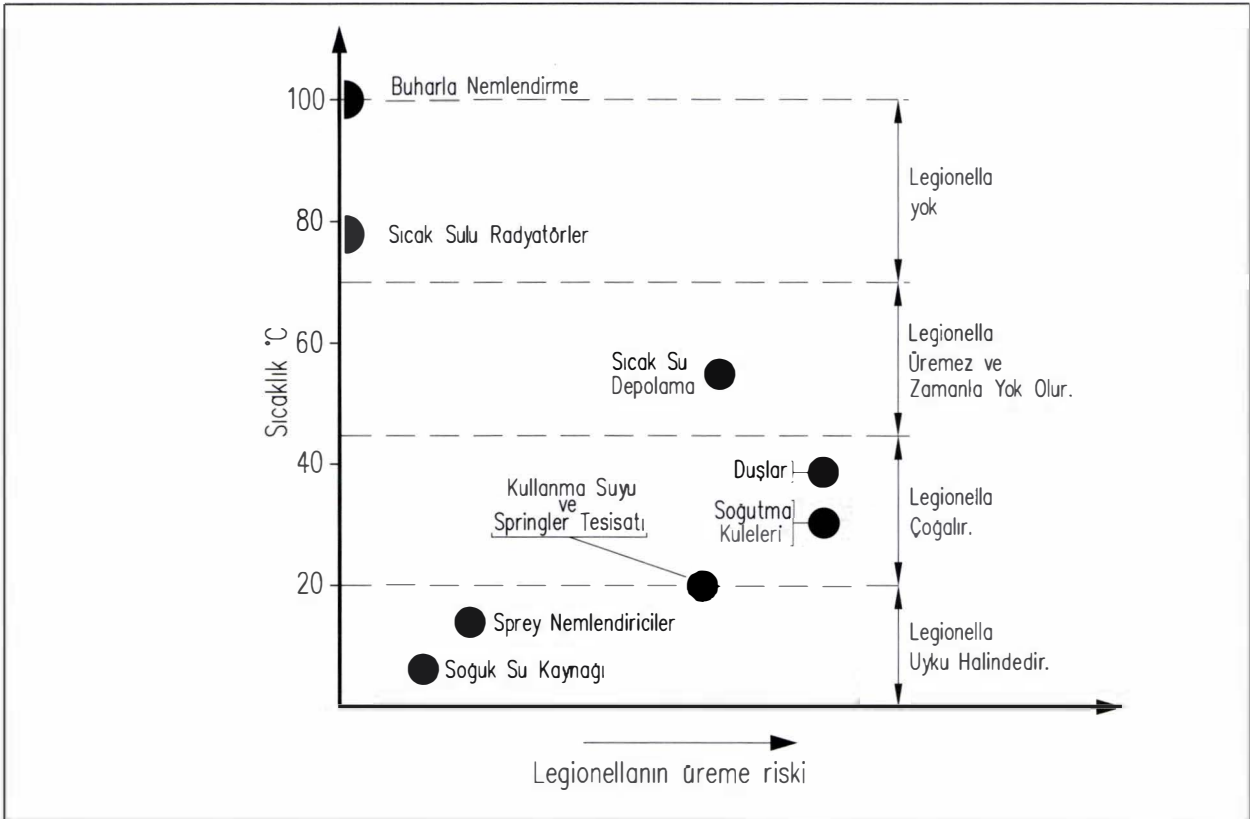
Duş başlıkları ve musluklar da solunabilen aerosoller oluşturmaktadır ve buradan kaynaklanan hastalıklar tanımlanmıştır.

Isıtılmış havuzlar, terapi havuzları, hareketlendirilmiş banyo küvetleri de bilinen hastalık kaynaklarıdır.

Süs havuz ve çeşmeleri fiskiyelerini de bu kategoride değerlendirmek mümkündür.

Sulu tip nemlendiriciler ciddi risk kaynağını oluşturabilir.

Kullanma soğuk suyu ve yangın söndürme sistemleri ise yaz mevsiminde havaların ısınmasıyla birlikte bakteri üremesi için çok uygun ortamlar haline gelir.



Şekil 9.2. DİZAYN SICAKLIKLARI VE RİSK OLUŞUMU

9.1.4 KULLANMA SUYU SİSTEMLERİ

En iyi korunan içme suyu kaynaklarında bile küçük miktarlarda mikrobiyolojik hayat formları bulunabilir. Bu bakteriler şebeke ile evlere taşınır. Ancak iyi bir şehir şebekesinde bu bakterilerin sayısı çok azdır ve zararlı düzeyde değildir. Ancak bina tesisatında uygun koşullar yaratılırsa, bu bakteriler hızla çoğalır ve adeta sayısal olarak patlama yaparak hayatı tehdit eden kirlenmelere yol açabilir. Su tankları, kullanılmayan boru sistemi parçaları, su filtreleri ve duş başlıkları bakteri ve virüslerin çoğalma yerleridir.

Legionella bakterisinin büyümesi için en uygun sıcaklık aralığı 25 - 45°C arasındır ve bu sıcaklıklar genellikle domestik su sistemlerinde söz konusu sıcaklıklardır. Hatalı tasarım, kötü bakım ve işletme Legionella bakterisi gelişmesi ve çoğalması için uygun şartları yaratabilir. Özellikle suyun durgun kalmasına veya çeperlerde biofilm oluşmasına imkan tanınıyorsa, bu potansiyel daha fazla olacaktır. Örneğin eğer su ılık ve kullanım kesintili ise, su depolarında ve borularında Legionella bakterisi üreyebilir.

Evlerdeki su tesisatının Legionella bakterisi potansiyeli ve Lejyoner hastalığı ile ilişkisi konusunda İngiltere’de bir araştırma yapılmıştır. Bu araştırmanın sonuçlarına göre,

- Sigara içenler bu hastalığa daha yatkın (veya daha az dirençli) bulunmuştur.
- Boylerin 60°C ve üstünde set edilmesi halinde araştırma kapsamındaki evlerin %62,5’ünde hiçbir Legionella bakterisine rastlanmamıştır. Sadece %25’inde pozitif Legionella bakterisi örneklerine rastlanmıştır.
- Sıcak su cihazlarında (boyler) Legionella bakterisi bulunduğu, sıcak su musluklarının çoğunda da Legionella bakterisi bulunmuştur. Cihazda Legionella bakterisi yokken musluklarda Legionella bakterisine çok az rastlanmıştır.
- Evlerde en büyük risk faktörü kapaksız su depolarının bulunması halinde geçerlidir.
- Kirli görünüşlü su içeren depolar veya yüzeyleri kirli görülen depolar daha fazla Legionella bakterisi riski taşımaktadır.
- Eğer soğuk su sisteminde Legionella bakterisi varsa, kullanma sıcak suyu sisteminde daha fazla Legionella bakterisi riski oluşmaktadır. Ancak su sıcaklığı çok önemli bir parametredir.

9.1.5 LEGIONELLA BAKTERİSİ DEZENFEKSİYON YÖNTEMLERİ

Legionella yeteri kadar oksijen içeren, düşük tuz oranlı ve çökelen maddeler içeren, suları tercih eder. Biofilm ve protozoa önemli bir rol oynuyor gözükmektedir. Su tanklarının özellikle akış ve hareket olmayan bölgeleri çok iyi büyüme alanları oluşturmaktadır. Boru tesisatındaki lastik parçalar (doğal kauçuk) ahşap malzeme,

bazı plastik cinsleri ve belirli demir veya çinko alaşımları organizmaların gelişmesini teşvik etmektedir. Bakır antibakteriyel bir metaldir ve büyüme koşullarına negatif etkisi vardır. Fakat tek başına bakır borular Legionella bakterisi dezenfeksiyonu için yeterli değildir.

Legionella bakterisine karşı çeşitli dezenfeksiyon yöntemleri geliştirilmiştir.

- Isıtma ve yıkama (heat and flush),
- Klorlama,
- Ozonlama,
- Yoğun ultra viyole ışığı ile muamele etmek ve
- Anot oksidasyonu vb.

Bu yöntemler arasında ısıt ve yıka yöntemi en fizibil önlem olarak görülmüştür.

a. Yüksek sıcaklıkta çalıştırma; Sistem sıcaklıklarını 60°C ve üzerinde tutarak gerçekleştirilmektedir. Bu tercih edilen bir yöntemdir. Ancak bu uygulama büyük ve eski tesisatlarda pratik olmamakta ve duş başlıklarındaki termostatik olmayan vanaların değiştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

b. Termik dezenfeksiyon metodunda; Sistem sıcaklıkları 30 dakika boyunca 70°C ya da daha üstüne çıkarmak ve sıcak su, tesisattaki tüm açıklıklardan akıtılmaktadır. Herhangi bir Legionella bakterisi salgınının belirtisi olduğunda su sıcaklıkları 70 - 77°C sıcaklıklara kadar yükseltilmelidir. Günümüzde bu metod, bir çok kullanma suyu tesisatlarında bakterileri öldürmek amacı ile kullanılmaktadır. Bu bir yok etme prosesisidir. Bütün bakterileri öldürmek mümkün değildir. Önlemlerin tekrar gelişme ve çoğalmayı önlemek üzere devam ettirilmesi gerekir. Tesisatlardaki büyük miktarlarda bio-film, temas süresini arttırmaktadır.

Sıcaklık aralığı dışında bakterinin gelişmesini teşvik eden koşullar tam bilinmemektedir. Sıcaklığın 25 - 45°C arasında olması büyük bir risk faktörüdür. Özellikle çökelti olan, biofilm olan ve durgun su bulunan boylerler büyük risk taşır. Optimum Legionella büyüme sıcaklığı 37°C’dir.

- Bu uygulamanın avantajı, fazla bir harcama yapılmaması ve hızlı bir şekilde uygulanmasıdır.
- Dezavantajı ise, kaynar su boşaltılırken büyük tesisatlarda koordinasyonun zorluğu ve hastaların haşlanma riskinin olmasıdır.
- Lejyonella riskinin aşırı olmadığı bölgelerde bu sistem, en ekonomik işletme şartlarını sağladığı için tercih edilmektedir.

c. Bakır - gümüş iyonizasyon sistemi; Bakır - gümüş elektrotların bulunduğu bir iyonlaşma odasının sisteme monte edilmesini gerektirir. Elektrotlara elektrik akımı gönderildiğinde pozitif bakır-gümüş iyonlar sistemdeki suda çözünecektir. Pozitif iyonlar mikroorganizmalara bağlanacak ve onların ölmesine neden olacaktır. Bakır - gümüş iyonlarının optimum konsantrasyonları: Bakır için 400 ppb (milyarda bir) ve Gümüş için 40 ppb(milyarda bir)’dir.

- Bu alternatifin avantajları, ekipmanın kolayca monte edilebilmesi, bakımının kolay olması ve kalıcı bir dezenfeksiyon sağlamasıdır.
- Dezavantajı ise, bu yöntemin ilk yatırım maliyeti ve işletme maliyetidir. Bakır-gümüş iyonlaşma yöntemi, genelde küçük sistemler için kullanılır. Daha çok bağışıklığın önemli olduğu hasta bakım alanlarında kullanılan domestik sıcak su sistemlerinde kullanılması tavsiye edilir. Sisteme bakır-gümüş iyonları ekleyerek iyonlaşma metoduna bir alternatif teşkil edecek uygulama ise, bakır-gümüş iyonlarının direkt olarak bir kimyasal besleme pompası yardımıyla sisteme enjekte edilmesidir. Düşük dozajlarda olsa bile bakırın direkt olarak kullanımı, düzgün bir şekilde yerleştirilip korunmadığı takdirde, çevre yetkililerinde bir takım şüpheler uyandıracaktır.

Bu sistemlerin uygulanması açısından, eğitimli ve dikkatli bir personel kadrosu gerekir.

d. Domestik sıcak su sistemlerinde kullanılabilir klor-dioksit gaz enjeksiyonu; Klordioksit, bio film tabakası içine girer ve bakteriyi büyüme yerinde öldürür.

- Bu yöntemin avantajları:
 - Uzun süre çözeltide kalması,
 - Düşük konsantrasyonların yeterli olması ve
 - Klor korozyonunun minimize edilmiş olmasıdır.
- Dezavantajları;
 - Ekipmanın daha çok, küçük ve orta boyutlu uygulamalara uygun olması,
 - Ekipmanın pahalı olması ve
 - Her sıcak su sistemi için bir tane klordioksit gaz jeneratörünün gerekli olmasıdır.
- Kullanma yerleri; Daha büyük uygulamalarda birkaç enjektörün kullanılabilmesi mümkündür. Klordioksit, bağışıklığın önemli olduğu hasta bakım alanları için gerekli olan, domestik sıcak su sistemlerinde kullanılması tavsiye edilen bir yöntemdir.
- Dozaj aralıkları 0,3 - 1 ppm arasında değişen halojenlerin (klor, brom, iyot) kullanılması, suyun pH'ı kontrol edildiği takdirde uygulanabilir bir seçenektir. Suyun pH'ı düştüğünde halojenin etkisi de düşecektir.

Son olarak, önemle üzerinde durulması gereken bir diğer husus, su kanallarına boşaltılan kanserojen halojenli bileşimlerdir. Suyun klorlanmasıyla oluşan TTHM, muhtemel kanser risklerini önleyecektir. Risk küçük derecelerde ise, EPA US su sistemlerindeki TTHM konsantrasyonunu azaltmayı denemektedir.

Yapılan bir çalışmada Legionella ile kirlenmiş su tesisatının klorla dezenfeksiyonu üzerinde durulmuştur. İki klorlama standardı uygulanmıştır. Her ikisine başlarken de sistem temizlenmekte, görülür bütün kirler ve birikintiler temizlenmekte ve sistem temiz su ile durulanmaktadır. BS6700'e göre tanımlanan klorlama yöntemi daha etkilidir. Fakat her iki yöntem de

tamamen güvenilir değildir. Her iki yöntem de ilk ağızda Legionella konsantrasyonunu düşürmekle birlikte, sürekli bir etki konusunda güvenilir değildir. Sistem tekrar kirlenebilmektedir.

e. UV radyasyon yöntemi; Sistemde bir nokta boyunca akarak yalnızca bakteriyi öldürmede etkili bir yöntemdir.

- Kullanma yerleri; Yalnızca küçük uygulamalarda ve kısa boru tesisatlarında etkilidir.
- Dezavantajları; Büyük sistemlerde etkisizdir ve sistemin diğer bölgelerinde var olan kolonilerin büyümesini engelleyemez. UV'nin Legionella bakterisinin tek hücreli kesecikleri üzerindeki etkisi de bilinmemektedir.

f. Ozon; Ozon jeneratörünün yakınlarında bakteriyi öldürmede etkilidir.

- Avantajları; Ozonun sistemde çabuk çözünmesi bakteriyi öldürmeye yetecek konsantrasyonların elde edilmesini sağlar.
- Dezavantajları:
 - Eski tesisatlarda korozyona neden olabilir.
 - Büyük sistemlerde etkisiz kalmakta ve kolonilerin oluşmasını engelleyememektedir.
 - Pahalı bir uygulamadır.
 - Su arıtma maliyetleri %85 azaltılır
 - Kimyasal depolama ve atıkların depolanmasına gerek kalmayacaktır. Bir başka avantajı bu uygulamada TTHM'nin üretilmemesidir.

g. Aşırı klorlama;

Klor büyüme yavaşlatır, ancak Legionella bakterisinin klorla karşı direnci fazladır. Dezenfeksiyon için yüksek klor yoğunluğu gereklidir.

- Avantajları; Bakteriyi öldürmede etkili bir yöntemdir,
- Dezavantajları; Bakteriyi öldürmek için yüksek klor konsantrasyonları gereklidir. Klor kullanılması sonucu oluşan ürünler, potansiyel kanserojen maddelerdir. Klor, koroziftir ve boru tesisatında bir hata sayılabilecek aşınmaya neden olur. Bu nedenle, özellikle bir çok hastane uygulamasında pek tavsiye edilen bir yöntem değildir.

h. Filtreleme ve yeniden klorlama yöntemi; Yeniden klorlama sistemiyle birleşmesiyle birlikte, 5 mikronluk filtrelerin kullanımını gerektirir. Bu yöntem, sisteme filtrelenmemiş su beslemesi olması halinde, boru tesisatı içerisinde oluşacak yabancı maddeleri filtreleyip sistemi arındırmak amacıyla kullanılmaktadır. Böylelikle, bio-filmin yayılabileceği yerlerde oluşacak çökelti miktarı azaltılmış olacaktır. Tekrar klorlama, bio-film tabakasının büyümesini engellemek amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Klor konsantrasyonları, fazla klorlaşmayı önlemek amacıyla kontrol altında tutulmalıdır.

ı. Filtreleme yöntemine ek olarak haftada iki kere ya da daha temel olarak her gece yarısı kimyasal besleme pompası yoluyla dörtlü amonyum biocide kullanılabilir.

Bu bileşiğin, tercihen bakterinin bu bileşiğe karşı bağışıklık kazanmasını engellemek adına ve bir başka bileşiğin bakterinin gelişimine karşı daha farklı bir yöntemle karşı koyması adına, farklı bir biocide ile değiştirilmesi gerekir. İyi bir biocide alternatifi olarak tiokarbonat verilebilir, ancak farklı örnekler de mevcuttur.

i. Anot oksidasyonu pazarda göreceli olarak yeni bir önlemdir. 1998 yılında Almanya’da yok etme ve koruma önlemi olarak kabul edilmiştir.

j. Sistemin dezenfeksiyonu iyi bakım ve işletme olmadığı sürece güvenilir bir işlem değildir.

9.1.6 SİHHİ TESİSATTAKI KULLANMA SICAK SUYU VE SİRKÜLASYON SICAKLIĞININ YÜKSEK SEÇİLMESİ HALİNDEKİ SAKINCALAR

60°C sıcaklığındaki sirkülasyon sisteminde ve bu sıcaklıktan daha yüksek olan hallerde, bazı riskler mevcuttur ve dikkat edilmesi gerekir.

a. Bunlardan birisi kireç oluşumudur. Kireçlenme sudaki sertlik derecesinin yanı sıra belirgin bir şekilde sıcaklıktan da etkilenmektedir.

b. Galvaniz kaplı çelik malzemede, (örneğin galvaniz borular ve galvaniz kaplı boylerlerde) sıcaklığın yükselmesiyle birlikte korozyon riski de artmaktadır.

c. Hafife alınmaması gereken bir diğer unsur ise, haşlanma tehlikesidir. Burada da özellikle yaşlı insanlar ile küçük çocuklar büyük bir tehlike altındadır. Çünkü bu insanlar genelde çok hızlı hareket edemezler.

d. Sıhhi tesisat borularında ısı kaybı artacağından yakıt tüketimi de artar.

9.1.7 SİSTEMLERDE

LEGIONELLA BAKTERİSİ RİSKİ

9.1.7.1 Güneş Enerjisi ile Su Isıtma Sistemlerinde

Güneş enerjisinden faydalanan kullanma sıcak suyu ısıtma sistemleri Legionella bakterisi için yüksek kirlenme riski olan sistemlerdir. Yılın büyük kısmında sıcaklıklar 30 - 45°C arasında kalmaktadır. Suyu kullanım sırasında sonradan 60°C’ye kadar ısıtılması, bakterileri öldürmeyecektir. Çünkü yüksek sıcaklıkta kalma süresi ısıtıcı boylerde dakikalar mertebesinde. Güneş enerjisi ile su ısıtma sistemlerine giren suyun doğru ve hijyenik şartlarda depolanması ve pompalanması halinde güneş kaynaklı sistemler kullanılabilir. Enerji politikaları da bu kullanımı teşvik etmektedir. Hollanda, Almanya başta olmak üzere tüm dünyada, sıcak su üretiminde güneşten yararlanma çok yaygın ve giderek de çoğalacaktır.

9.1.7.2 Sıcak Sulu Isıtma Sistemlerinde

Sıcak su devrelerinde ısıtıcı radyatörlerde buhar ve kondens devrelerinde Legionella bakterisi riski yoktur (sıcaklık yüksek ve kapalı devre).

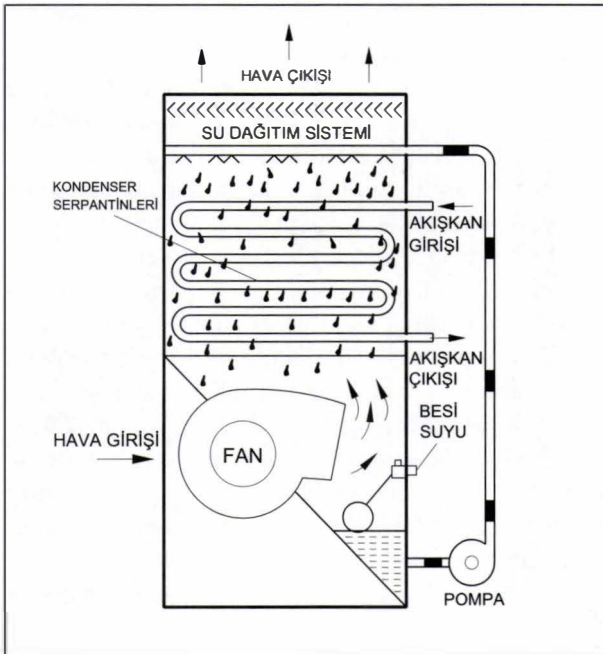
9.1.7.3 Soğutma Kuleleri

ve Buharlaştırıcı Kondenserlerde

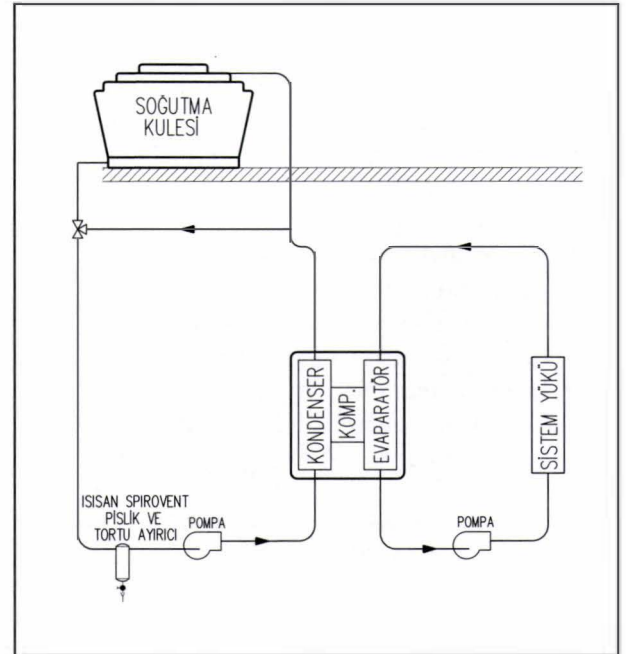
Soğutma kulelerini kapalı devreli ve açık devreli olarak ikiye ayırmak mümkündür.

a. Kapalı devre soğutma kuleleri (ve buharlaştırıcı kondenserler)

Kapalı devre soğutma kulelerinde, Şekil 9.3’de görüldüğü gibi, soğutulmak istenen proses akışkanı (çiller devresinde dolaşan su) hava ile doğrudan temasta



Şekil 9.3. KAPALI DEVRELİ SOĞUTMA KULESİ VEYA BUHARLAŞMALI KONDENSER



Şekil 9.4. AÇIK DEVRELİ SOĞUTMA KULESİ SİSTEMİ

değildir. Su boruların içindedir. Boru dışında boruları ıslatan ve hava ile temasta olan sekonder devre suyu, açık devreli soğutma kulelerine göre çok daha az miktardadır. Sekonder devrede dış borulama genellikle yoktur. Su tamamen cihaz içinde sirküle eder.

b. Açık devre soğutma kuleleri

Şekil 9.4'da görülen açık tiplerde ise, soğutma suyu tavalardan parçalanarak düşer veya fıskiye şeklinde püskürtülür. Doğrudan bu suyun üzerinden geçen hava, buharlaşmayla soğurken, bir kısım suyu aerosol şeklinde sürükler. Her ne kadar su tutucu perdelerde sürüklenen suyun bir kısmı tutulsa da, genellikle 5 mikron altındaki su zerrecikleri sürüklenerek etrafa yayılır. Damla tutucu olmadan sürüklenen su, resirküle eden suyun %1'i mertebesindedir. Kaliteli tip soğutma kulelerinde damla tutucularla bu oran %0,1 mertebelerine indirilir. Bu yüzden damla tutucular kulelerin en önemli elemanlarından biridir.

Soğutma kulelerinde Legionella bakterisinin çoğalacağı yer su haznesi (veya havuzu) olmaktadır. Su haznesinde tipik su sıcaklığı 29°C ile 35°C arasındadır. Ancak çalışma stratejisi, dış sıcaklık ve sistem ısı yüküne bağlı olarak sıcaklıklar 21°C altına inebilir veya 49°C üstüne çıkabilir. Özellikle durma sırasında (işyerlerinde hafta sonu ile tatil günleri gibi) ve özellikle yaz aylarında soğutma kulelerinde sıcaklık Legionella bakterisinin çoğalması için çok uygun değerlere ulaşabilir. Bu haznede biriken yabancı maddeler, tortu ve ısı geçiş yüzeylerindeki kirler ve birikintiler kuluçka için uygun bir ortam yaratır. Su soğutma kuleleri kaynaklı çok sayıda Lejyoner hastalığı belirlenmiştir.

Soğutma kulelerinde Legionella bakterisi ile mücadelede anahtar tavsiye, sistemin temiz tutulması ve biyolojik şartlandırma yapılmasıdır. Bu konuda su şartlandırma uzmanına danışılması ve onun gözetiminde bir program uygulanması çok önemlidir.

Soğutma kulelerinin ve buharlaşmalı evaporatörlerin yerleştirmesinde aşağıdaki konulara dikkat edilmelidir:

- Klima santralleri, taze hava alış menfezlerinden ve açılabilen pencerelerden mümkün olduğu kadar uzağa yerleştirilmelidirler.
- Soğutma kulesinin klima santralının, dış hava emiş ağızlarından ve pencerelerden, lokanta, kafeterya vb insanların yoğun olduğu yerlerde en az 10 m ve daha uzak olması, hakim rüzgar yönünde soğutma kulesinin daha ileri noktaya montajı ve soğutma kulesi drenajının hava kesicili (sifonla) drenaja bağlanması gerekir. Soğutma kulesinden 3 km uzağa kadar Legionella bakterilerinin taşınabildiği unutulmamalı ve kulenin bakım, temizlik ve dezenfeksiyon işlemleri özenle yapılmalıdır.
- Mutfak egzost fanları, bacalar gibi organik madde kaynaklarının yanına ve yakınına yerleştirilmemelidir.
- Hakim rüzgar yönü dikkate alınmalı, dışarıdaki halka açık alanların rüzgar yönünde yerleştirilmemelidir.

- Soğutma kulesi yerleşimi restoran, otel odaları vb yaşam mahallerine çok yakın planlanmamalıdır.

Soğutma kulelerinde kullanılan malzeme pürüzlü olmayan, kolay temizlenebilir yüzeyli olmalıdır. Metalik olmayan bileşenler örneğin contalar vs. mikrobiyolojik büyümeye uygun olmamalıdır. Ahşap gibi bazı doğal malzemeler bu açıdan sakıncalıdır ve konstrüksiyonda kullanılması tavsiye edilmez. Cihazın genel tasarımında durağan su bölgelerinden kaçınılmalı, elemanlara kolay ulaşım, temizleme, numune alma ve drenaj imkanı tanınmalıdır. Komponentler kolayca çıkarılabilir.

Soğutma kuleleri sistemi temiz tutulmalı ve iyi bakım yapılmalıdır. Gözle muayene ederek; kir, organik madde, birikinti veya çökelti olmamasına dikkat edilmelidir. Hazne zaman zaman temizlenmelidir. Mekanik filtrasyon tavsiye edilir. Tortu ayırıcı cihazlar bakteriyle mücadelede önemli katkıya sahiptir. Damla tutucular belirli aralıklarla temizlenmeli ve eskiyenler değiştirilmelidir. Aynı zamanda bir su şartlandırma uzmanı tarafından yürütülecek kimyasal şartlandırma gerekecektir. Su şartlandırma bakteri çoğalmasını önleyecek katkıları içerdiği gibi; kireçlenmeyi, korozyonu ve çökelmeyi önleyici maddeleri de içerir.

Soğutma kulelerinin durdurulması ve çalıştırılması hastalık açısından en kritik işlemlerden biridir.

Üç günden uzun süreli durdurmalarla sistemin (soğutma kulesi havuzu, borular, ısı değiştirgeçleri vs.) tamamen drene edilmesi en uygun yoldur.

Eğer kısa süreli durdurmalarla drenaj pratik değilse; bu durumda sistem yeniden çalıştırılmadan önce ön şartlandırma ile soğutma kulesindeki su dezenfekte edilmelidir. Drene edilmiş sistem yeniden çalıştırılırken önce pislikler temizlenir, sistem su doldurulur ve bakteri öldürücü ile ön şartlandırma yapılır. Fanlar bundan sonra çalıştırılır.

Soğutma kulelerinin ve buharlaşmalı evaporatörlerin konstrüksiyonunda ve işletiminde ise özetle aşağıdaki konulara dikkat edilmelidir:

- Damla tutucular bütün çalışma koşullarında minimum sürüklenmeye imkan verecek şekilde dizayn edilmelidir.
- Su dağıtımı, su minimum ölçüde pülverize olacak şekilde yapılmalıdır.
- Enjektör prensibi ile çalışan soğutma kulelerinin; su yüksek basınçlı pülverize edildiği için dezavantajı; kule içinde dolgu malzemesi olmadığından temizlik kolaylığı için de avantajı vardır.
- Tepsiler temizlenebilir olmalıdır.
- Havuz direkt güneş ışıklarından korunmalıdır (Az da olsa kule verimini de artırır.).
- Taze su besleme hızları ve su hacmi kule üzerine işaretlenmelidir.
- Su toplama çukuru; çamuru ayıracak biçimde tasarlanmalı ve drenajı uygun çaplı boru ile en alttan gerçekleştirilmelidir.

- Bütün drenajlarda havallıklar ve süzgeçler bulunmalıdır.
- Su şartlandırma programı bütün yönleri ile düşünülmeli ve su kalitesi sürekli kaydedilmelidir.
- Yedek pompalar normal çalışmada izole edilmeli ve zaman zaman yıkanmalıdır.
- Filtre düzenlemesi su şartlandırma ile koordineli bir biçimde gerçekleştirilmelidir.
- İşletim ve bakım üreticinin öngördüğü biçimde sürdürülmelidir.

9.1.8 SOĞUTMA KULELERİNDE OPERASYON VE BAKIM

Sistemi operasyona alacak olan elemanlar, soğutma kuleleriyle ilgili olarak eğitilmiş olmalı ve de bu tarz bir sistemi çalıştırmaya yatkın olmalıdırlar. Sistem işletimi sırasında meydana çıkacak kritik değerler kaydedilmelidirler. Prosedürler normal kontrol parametrelerini ve sınırlarını belirlemelidir.

Çalışanlar normal şartlar dışında çalışma durumlarından haberdar olmalıdır ve su kalitesi üzerinde belli aralıklarla testler yapılmalıdır. Bu kontrollerin arasındaki süre bir ayı geçmemelidir ve hastane gibi bakterilere duyarlı ortamlarda bu süre daha da kısa tutulmalıdır. Bu durumlarda kullanılan mikrobiyolojik slaytlar faydalı olsa da bunlar sadece kulenin bakım kalitesiyle ilgili bilgi verir ve su içindeki Legionella bakterisiyle doğrudan alakası yoktur. Suyun elektrik iletimindeki değişiminin belirlenmesi ise, su içindeki çözünmüş madde miktarındaki değişimin ölçümünde bir yol olarak kullanılabilir.

9.1.8.1 Bakım

Basit fakat ayrıntılı hazırlanmış bir bakım şartnamesi bu tesisatlar için çok önemlidir.

Bu şartnamelerde bakım aralıkları, kontrol prosedürleri ve temizliğin hangi yöntemlerle yapılacağı açıkça belirtilmelidir.

Üreticinin isteği standart bakım dışında sistemin genel çalışması da incelenmelidir. Otomatik kontrol ünitesinin tüm kısımları test edilmelidir. Kondaktivite kontrol cihazı eğer monte edilmişse kalibre edilmelidir. Bu cihaz, su içinde çözünmüş madde miktarının değişimini belirlenmesinden dolayı çok önemlidir.

Püskürtme sisteminin ve su dağıtım sistem kontrolünde görsel bakım yapılabilir. Bu anda malzemelerin iyi durumda olup olmadığı ve kötüye gidip gitmediği kontrol edilebilir. Bu sürüklenme önleyici elemanlar için de aynı şekilde önemlidir.

Lejyoner hastalığı salgını, genelde kulelerin uzun süreli durmasından sonra devreye alınmasıyla ortaya çıkar. Bütün soğutma kuleleri senede en az bir kere tamamen temizlenmelidir. Bu hastaneler için DHS standartlarına göre senede iki keredir.

Sistemde yapılan kontrolün periyoduna, olağan kontrollerin sonucunda karar verilmelidir.

Eğer sistem sadece yaz mevsiminde kullanılıyorsa,

kuleyi sistem devre dışı kaldığı ilk anda temizlemek en doğrusudur. Sistemi yazın devreye almadan önce de dezenfekte edip kontrol etmek de gereklidir.

Suda, sistemin temizlenmesinden önce temizliği yapacak kişileri korumak amacıyla, 5 ppm derişiklik olacak şekilde klorlama yapmak gereklidir. Sudaki serbest klor miktarını belirlemek için en basit ve hızlı yöntem Palin - PPD metodudur. Bu kalorimetrik bir yöntemdir ve örnek alınan suya bir takım kimyasal tabletler eklenerek suyun sonuç rengine bakılır.

Klorlama işlemi iki basamak halinde yapılmalıdır. İlk basamak sistem suundaki serbest klor miktarını belirlemektedir. Klor organik bileşiklerle çok çabuk reaksiyona girdiğinden dolayı muhtemelen teorik olarak hesaplanan miktardan fazlası gerekecektir.

İkinci olarak da klorun veriminin pH 7'nin üzerindeki değerlerde hızla düştüğü unutulmamalıdır. Klordan en yüksek verimi alabilmek için pH değerini 7'nin üzerine çıkarmayan maksimum dozajı vermek gerekir. Temizleme operasyonu klorlanmış suyun sistemden atılmasıyla sona erer. Bakım, ayrıca sürüklenme önleyiciler ve dolgu malzemesinin temizlenmesini içerir. Ayrıca bu işlem sırasında hasar gören parçalar da değiştirilmelidir. Havuz, tamamen boşaltılıp temizlenmeli, tüm organik maddeler ve tortulardan arındırılmalıdır.

Sistemdeki tüm süzgeçler, emme tarafı da dahil olmak üzere temizlenmelidir.

Sistem kış döneminde devreden çıkarılırken, sisteme inhibitör ve antifriz eklenmelidir.

Sistem tekrar devreye alınmadan önce tüm su akıtılmalı, basınçlı su ile temizlenmeli ve taze suyla doldurulmalıdır. Ve 15 ppm miktarında klorla en az iki saat reaksiyona sokulmalıdır.

Eğer 5 ppm klor kullanılacaksa bu süre 6 saate çıkarılmalıdır. Burada önemli olan önerilen konsantrasyonla uygun kontak zamanını bulmaktır.

Bütün sene kullanılan kuleler içinse; sistem temizlenip taze suyla doldurulduktan sonra 15 ppm konsantrasyonunda tutulmalı ve pH 7'yi geçmeyecek şekilde ayarlanmalıdır. İşlemden geçirilen su, kule de dahil olmak üzere tüm sistemde en az iki saat sirküle edilmelidir. Bu sırada efektif klor konsantrasyonu da sağlanmalıdır. Klorlu su sonra boşaltılmalı ve sistem taze suyla doldurulmalıdır ve standart kimyasal su temizleme işlemlerine devam edilmelidir.

İç bakım ve temizleme için normal koruyucu kıyafet yeterlidir. Basınçlı temizleme aerosol oluşuma neden olduğu için tavsiye edilmez. Eğer tesisatta buna gerek duyulursa özel kıyafet giyilmeli ve artı basınç maskesi bulundurulmalıdır.

9.1.8.2 Acil Dezenfeksiyon Prosedürü

- 1- Eğer mümkünse soğutma kulesi üzerindeki ısı yükü kaldırılmalıdır.
- 2- Soğutma ekipmanıyla ilgili fanlar kapatılmalıdır.

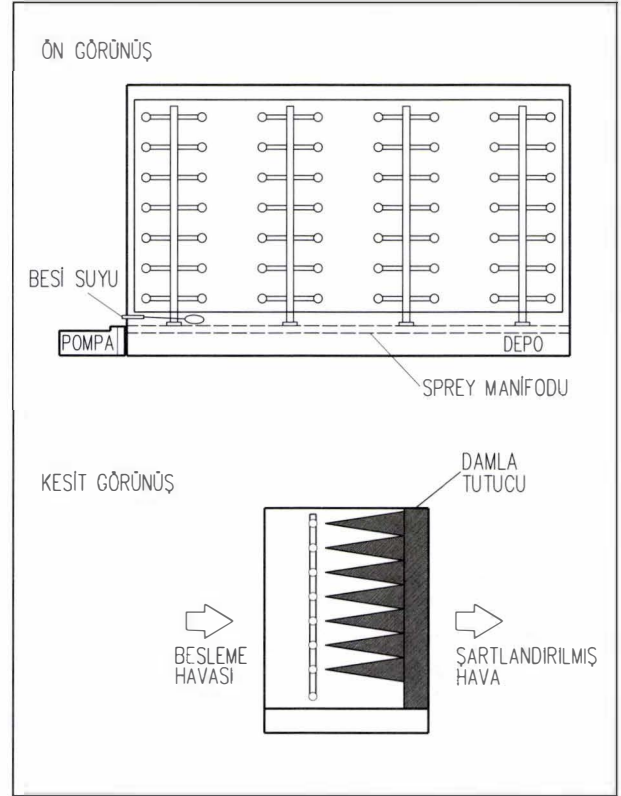
- 3- Sistem durdurulmalı ve tamamlama suyu vanaları açık ve çalışır olmalıdır.
- 4- Temizleme prosedürü sona erene kadar binanın hava emiş menfezleri kapatılmalıdır.
- 5- Resirküle su pompalarının çalıştırılmasına devam edilmelidir.
- 6- 25 - 50 ppm serbest halojen kalmasını sağlamak için yeterli biosid eklenmelidir.
- 7- Yeterli miktarda köpük önleyici ya da biodispersan eklenmelidir.
- 8- 24 saat boyunca 10 ppm'lik serbest halojen kalması sağlanmalıdır. Bu 10 ppm'in korunması için daha fazla biosid ortama eklenebilir.
- 9- Sistem pH'ı ölçülmelidir. Yüksek pH'larda halojen dezenfeksiyon hızı yavaşladığı için ortama asit ilave edilebilir ya da devir azaltılabilir. Böylece pH, klor bazlı biosidler için 8 ya da brom bazlı biosidler için 8.5'in altında tutulabilir.
- 10- Sistemin drenajı gidere yapılmalıdır. Eğer drenaj izin alınarak bir yüzey suyuna yapılacaksa dehalojenizasyona ihtiyaç duyulacaktır.
- 11- Sistem tekrar doldurulmalı ve 1'den 10'a kadar olan işlemler tekrar edilmelidir.

9.1.9 DİREKT BUHARLAŞMALI HAVA SOĞUTUCULAR (Evaporatif Soğutucular)

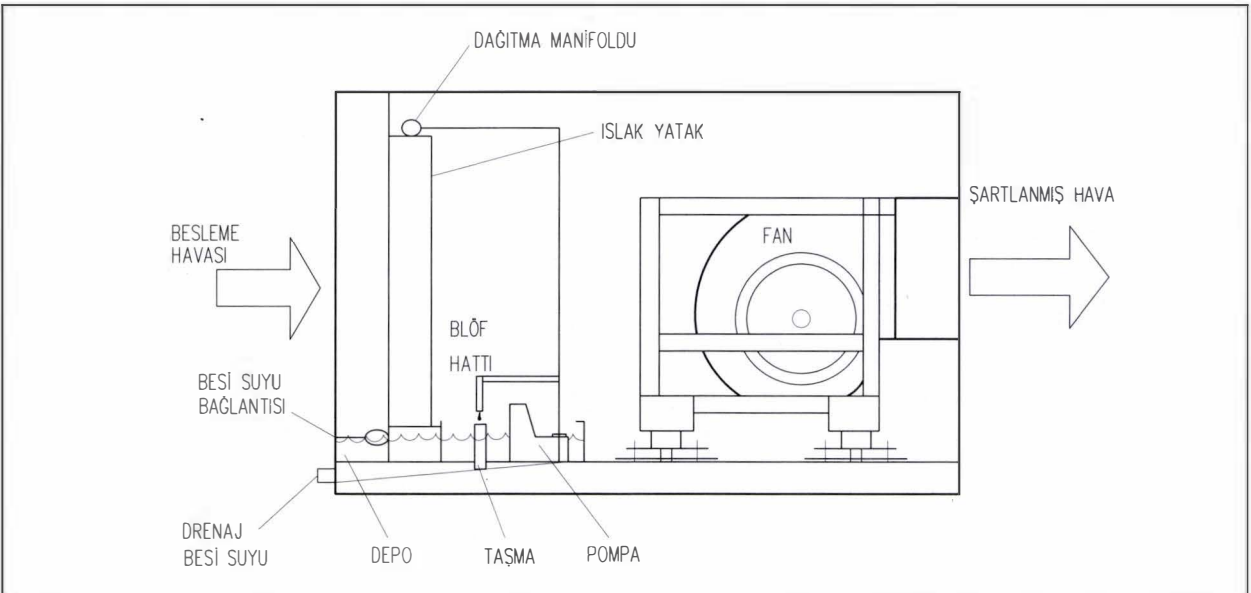
Direkt buharlaşmalı soğutucular, su ile doğrudan temasla havayı nemlendirir ve aynı zamanda soğuturlar. Bu cihazlar mekanik soğutma yapmadıklarından endüstriyel ve tarımsal (hayvan barınakları gibi) soğutma alanında ve kuru dış iklime sahip bölgelerde konfor iklimlendirmesinde kullanılan ekonomik cihazlardır. Bu cihazlarda hava ya (bir örneği Şekil 9.5'te görülen) ıslatılmış yataklar üzerinden geçerken nemlendirilir, veya hava üzerine (Şekil 9.6'da görüldüğü gibi)

doğrudan su püskürtülerek nemlendirilir. Bu sırada hava ideal durumda yaş termometre sıcaklığına kadar soğutulabilir. Her iki halde de kullanılan su resirküle edilebileceği gibi, tek geçişli de olabilir. Kullanılan sudaki kirlenme oranı blöf işlemine ve taze suyun kalitesine bağlıdır.

Havanın ıslak yataklardan geçirilerek nemlendirilmesinde gözenekli malzemeden yapılmış yataklar kullanılır. Geniş temas yüzeylerinde havaya buharlaşma



Şekil 9.6. YIKAMALI NEMLENDİRİCİ



Şekil 9.5. EVAPORATİF SOĞUTUCULAR

suretiyle nem geçişi olur ve bu işlem sırasında suyun yüzeyden koparak su zerrecikleri halinde havayla sü-rüklenmesi söz konusu olmaz. Bu nedenle bu tip ci-hazlarda damla tutuculara da gerek yoktur.

Bu cihazları işlem koşullarına göre zaman zaman ka-patmak gerekebilmektedir. Sistemin çalıştırılmadığı koşullarda tamamen drene edilip, kurutulması şarttır. Bunun da ötesinde sürekli çalışma periyotlarında resir-küle eden sistemlerde yeterli düzeyde blöf yapılmalıdır. Yüksek orandaki blöf, yabancı maddelerin, kirleticile-rin ve bakterilerin birikmesini ve çoğalmasını sınırlar veya engeller. Bu şartlarda Legionella bakterisi geliş-mesi çok nadirdir. Öte yandan bu cihazlarda yatak sı-caklığı yaşı termometre sıcaklığı düzeyindedir ki bu de-ğer genellikle 25°C değerini aşmaz. Yani sıcaklık, bak-teri gelişmesi için uygun sınırların altındadır. Bu neden-lerle bu cihazlardan kaynaklanan Lejyoner hastalığı li-teratürde belirlenmemiştir.

Bu sistemlerde iyi bakım ve sürekli temizlik ve göze-tim esastır. Filtreler gerektiği gibi temizlenmelidir. Bütün su devresi ayda bir yıkanmalıdır.

Islak yataklı, direkt buharlaşmalı soğutucularda çalış-maya belirli süreler ara verildiğinde yatak malzemesi kuru tutulmalıdır. Bunun için büyük sistemlerde su kesilip fan çalıştırılarak kuruma sağlanabilir. Sistem bundan sonra kapatılır.

Suyun resirküle ettiği sistemlerde rezervuarda biriken suda yapılan blöf işlemi tuz konsantrasyonunu düşür-düğü gibi bakteri konsantrasyonunu da düşüren bir iş-lemdir. Ayrıca rezervuarda kimyasal şartlandırma yapıl-malıdır. Suyun durgun kalmamasına dikkat edilmelidir.

9.1.10 NEMLENDİRİCİLER

Yıkamalı nemlendiriciler, atomizörlü nemlendiriciler ve buharlı nemlendiriciler ortam havasının veya klima santralindeki şartlandırılmış havanın nemlendirilmesin-de kullanılır. Yıkamalı nemlendiriciler günümüzde hij-yen nedeniyle artık terk edilmektedir. Bu amaçla daha çok suyun resirküle edilmediği ve sadece gerekli nem ihtiyacı kadar suyun sis biçiminde havaya verildiği nem-lendiricilerle, buharlı nemlendiriciler kullanılmaktadır. Atomizörlerde ve yıkamalı nemlendiricilerde su sıca-klığı yaşı termometre sıcaklığında olup, genellikle 25°C altındadır. Sis şeklinde atomizörlü nemlendiricilerde ci-haz çıkışında su zerresi bulunmaz. Bütün su buharlaşır. Buharlı nemlendiricilerde zaten su söz konusu de-ğildir. Burada kullanılan buhar sıcaklığı yüksektir. Bu-harlı nemlendiricilerde hiç bir hastalık riski yoktur. Atomizörlü nemlendiricilerde resirküle su kullanılma-malıdır. Nemlendirici kullanılan klima tesisatlarında özellikle hava kanalların temizliğine dikkat edilmelidir. Hava kanallarında yoğunlaşma olabilir. Bununla ilgili önlem alınmalıdır. İyi ısı yalıtımı yapılmalıdır. Hava kanallarının temizlenebilecek şekilde planlan-malı ve yapılmalıdır.

Hava kanalları belirli periyotlarda temizlenmelidir. Klima santrallarının filtreleri kaliteli yapılmalı ve pe-riyodik bakımı yapılmalıdır.

Bütün bu sistemlerde de iyi bakım ve sürekli temizlik ve gözetim esastır. Filtreler gerektiği gibi temizlenme-lidir. Bütün su devresi ayda bir yıkanmalıdır. Bu ci-hazların yerleştirilmesinde, bacalardan, mutfak eg-zostlarından ve diğer organik kirletici kaynaklardan uzakta yerleşim yapmaya dikkat edilmelidir.

9.1.11 KLİMA SANTRALLARI VE FAN COILLER

Bu cihazlar Lejyoner hastalığı kaynağı olarak gö-rülmemektedir. Ancak bu cihazların bakımlarının iyi yapılması ve iyi işletilmesi esastır. Öncelikle bu cihazlardaki yoğunlaşma tavalarının eğimleri drenaj yönünde olmalı ve drenaj alt noktadan yapılmalı-dır. Tavalarda su birikmemelidir. Hastane gibi has-sas binalarda drenaj hatlarında cam gözetleyiciler konulabilir.

Klima santrallarında sulu nemlendiriciler yerine, bu-harlı nemlendiriciler kullanılması tercih edilmelidir. Nemlendirici olarak, su hacmi olmayan direkt havaya sis biçiminde nemlendirme yapan nemlendirici tipleri alternatif olabilse de, buharlı nemlendiriciler riski sıfı-ra indirdiği için tercih edilmelidir.

Cihaz filtrelerinin bakımı gereğine göre yapılmalıdır.

9.1.12 LEJYONER HASTALIĞINA KARŞI MEKANİK TESİSATTI ALINABİLECEK ÖNLEMLER

Lejyoner hastalığına karşı farklı aşamalarda alınabile-cek önlemler gruplanabilir. Bu grupları;

- a. Proje,
 - b. Malzeme seçimi,
 - c. Uygulama,
 - d. İşletme ve bakım
 - e. Dezenfeksiyon olarak ifade etmek mümkündür.
- Bina tesisatında Lejyoner hastalığı kaynakları olarak dört ana sistemde alınabilecek önlemler yukarıdaki başlıklar altında toplanmıştır.

9.1.12.1 Kullanma Suyu Tesisatı

Kullanma suyu tesisatı sıcak ve soğuk kullanma suyu tesisatları olarak ele alınabilir. Burada esas riskli olan kullanma sıcak suyu tesisatıdır. Bu tesisatta alınabile-cek önlemler:

- a. Proje
 - Yüksek riskli yerlerde soğuk su 20°C altında depo-lanmalı ve dağıtılmalıdır.
 - Depo ve boru çeperlerinde biofilm oluşmasına im-kan tanınmamalıdır.
 - Yangın suyu ayrı depoda depolandığında hareket-siz kalacaktır. Bu durumda bakteri üremesine uy-gun bir ortam oluşur.

- Kullanma ve yangın suyu aynı depoda depolandığında, yangın suyu alt seviyeden, kullanma suyu üst seviyeden alınır; aynı depo içindeki durgun yangın suyu hastalığın üremesi için uygun bir ortam oluşturur.
- Su depoları:
 - Toprak altında yapılmalı, sıcak kazan dairesine yakın olmamalıdır (Kazan daireleri sıcak ise ısı yalıtımları kötü yapılmış, enerji kaybediliyor demektir.).
 - Çökme için alttan belirli bir mesafe bırakılmalı ve en alt kotundan boşaltma - temizleme imkanı sağlanmalı,
 - Kullanma suyu ve yangın suyu, su deposunun alt kotundan alınmalı (Boşaltma nozulunun üstünden),
 - Yangın suyu emiş borusu üzerine ayrıca çek valf monte edilmeli,
 - Kullanma suyu alt seviyesinin kontrolü için, uygun yüksekliğe seviye kontrol cihazı monte edilmelidir.
- Seviye kontrol cihazı alarm verebilir veya ayrıca kullanma suyu hidroforu emişine monte edilebilecek on-off vanayı kapatabilir.

Not: NFPA standartları seviye kontrol alarmı veya otomatik vana kullanarak alt seviyeden kullanma suyu hidroforuna bağlantı yapılmasına izin vermemektedir. Bu durumda su deposu alt seviyelerinde kalan yangın suyu rezervi günde en az iki defa sirküle edecek şekilde depo içi sirkülasyon pompası kullanılabilir. Ancak bizim önerimiz, kaliteli bir otomatik kontrol sistemi kullanılması, işletme ve bakımın iyi yapılması kaydı ile aynı depodan alt ortak çıkış (yukarıda bahsedildiği şekilde) alınmasının daha kullanışlı, daha sağlıklı ve ekonomik olacağı şeklindedir.

- Su deposunun iç yüzeyinin derzsiz havuz seramiği (veya benzeri pürüzsüz malzeme) ile kaplanması önerilmelidir.
- Enerjinin verimli kullanılması ve tesisatlarda hijyen şartlarının sağlanabilmesi için sıcak kullanım suyu depolama sıcaklığı 45°C'de tutulmalıdır. Bunu sağlamanın yolu termik dezenfeksiyondur. Termik dezenfeksiyon ise periyodik olarak (örneğin haftada bir kere) otomatik olarak yapılmalı, sıcaklık 70 - 77°C'ye çıkarılmalıdır (Tablo 9.7).

Sıcaklık Standartları	CDC	ASHRAE	SIPC	CCBC	ASPE	FREIJE	ASHE/ JCAHO
Soğuk Kullanma Suyu Depolama Sıcaklığı (Maks.) (Su Deposu)	-	20°C	-	-	-	20°C	-
Üreme için Uygun Sıcaklıklar	32 - 41°C	25 - 42°C	-	-	-	20 - 50°C	14 - 42°C
Boyerler Sıcaklığı (Maks.)	-	60°C	-	-	-	60°C	60°C
Kullanma Sıcak Suyu Sirkülasyon Dönüş Sıcaklığı (Maks.)	-	51°C	-	-	-	50°C	51°C
Normal Alanlarda Kullanma Suyu Sıcaklığı (Maks.)	-	-	38°C	-	-	-	-
Hastaların Bulunduğu Alanlarda Kullanma Suyu Sıcaklığı (Maks.)	-	-	43°C	46°C	46°C	-	-
Bakterinin Öldüğü Sıcaklık	-	60°C	-	-	-	55°C	55°C
Termal Şok için Gerekli Minimum Zamandaki Sıcaklık	5 dak. için 65°C	5 - 30 dak. için 71 - 77°C	-	-	-	5 - 30 dak. için 70°C	5 dak. için 70°C
Kısaltmalar CDC - Center for Disease Control and Prevention ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air - Conditioning Engineers SIPC - State of Illinois Plumbing Code CCBC - City of Chicago Building Code ASPE - American Society of Plumbing Engineers ASHE - American Society of Healthcare Engineering JCAHO - Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations FREIJE - Kaynak; Matthew FREIJE							

Tablo 9.7. KULLANIM SUYU TESİSATLARINDA LEJYONER HASTALIĞININ KONTROLÜ İÇİN ÇEŞİTLİ ORGANİZASYONLARIN VE AJANSLARIN YAYINLADIĞI SICAKLIKLAR

Isısan Buderus kazan - boyler sistemlerinde bu program bulunmaktadır. Haftada bir gece yarısı boyler su sıcaklığı 1 saat süre ile 70°C (65 - 75°C seçim yapılabilir) değerine yükseltilecek termik dezenfeksiyon mükemmel şekilde yapılır. Termal şok yıkama süresi en az 30 dakika olmalıdır. Termik dezenfeksiyon sırasında suyun sirküle edilerek bütün boruların dezenfekte edilmesi gereklidir. Termik dezenfeksiyon yapılamayan yerlerde, sıcak su 60°C üstünde depolanmalı ve sirkülasyon dönüşü 51°C altına düşmemelidir. Bu durumda, haşlanmayı engellemek için musluklarda termostatik karıştırma vanaları kullanılması önerilmektedir. Sistemde su sıcaklığının mümkün olduğu kadar 25 - 45°C arasında olmamasına özen gösterilmelidir.

- Sistemde suyun durgun kalmasına imkan veremeyecek bir tasarım gerçekleştirilmelidir.
- Su boruları mümkün olduğu kadar sıcak bölgelerden geçirilmemelidir.
- Miks batarya kullanmaktan kaçınılmalıdır. Bu bataryalarda sıcak ve soğuk su birbirine karışmakta ve sıcak su soğuk su hattına kaçabilmektedir. Miks batarya kullanıldığında daire girişlerinde her iki hatta da çek vana kullanılmalıdır.

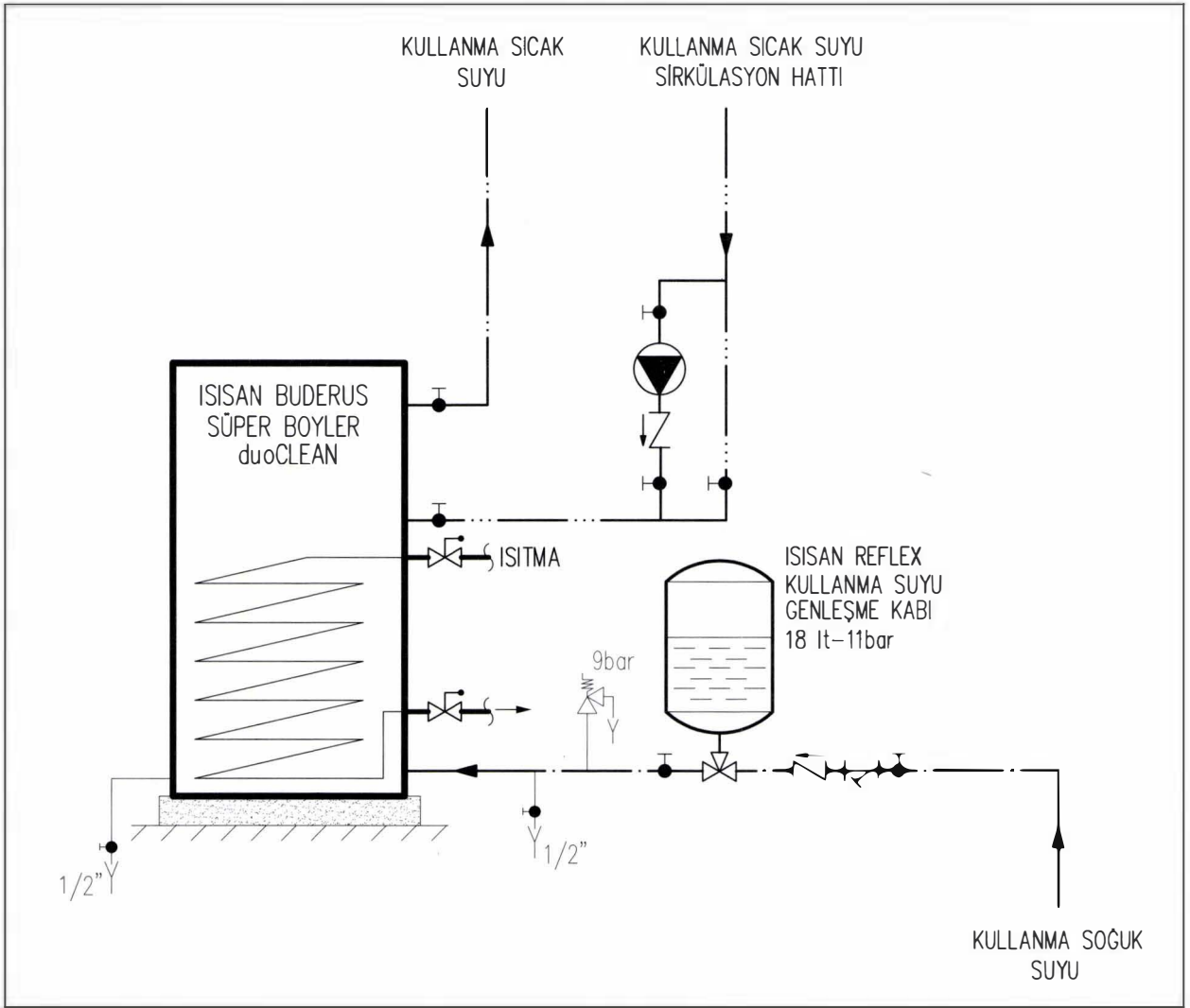
b. Malzeme Seçimi

- Boru tesisatındaki lastik parçalar (doğal kauçuk) ahşap malzeme, bazı plastik cinsleri ve belirli demir veya çinko alaşımları organizmaların gelişmesini teşvik etmektedir. Kullanımından olabildiğince kaçınılmalıdır.
- Bakır antibakteriyel bir metaldir ve büyüme koşullarına negatif etkisi vardır (Sihhi tesisat borularını bakır yapmak az da olsa avantajlıdır.).
- Boyler iç yüzeyleri kir tutmayan ve temizlenebilen bir malzemeye kaplı olmalıdır. En mükemmel olanı cam kaplı boylerdir (Bakınız Isısan Buderus duoCLEAN boyler kataloğu.).
- Ortamdaki demir oksit büyüme ve çoğalmayı hızlandırır. Yüzeyde oluşan kir ve birikintiler kuluçka için uygun ortam oluşturur.
- duoCLEAN (cam kaplı) Isısan Buderus Boylerler galvanizi bozulmuş boylere göre avantajlıdır.
- Siyah sacdan su deposu yerine; betonarme içi derzsiz havuz seramiği kaplı su deposu yapmak daha doğrudur.
- Paslanmaz çelik boylerlerde, suyun içindeki klor ısınınca ayrıştığı için, paslanmaz yüzeyde agresif etki yapabilir.
- Hidrofor basınç depoları ve boyler genleşme depoları, içerisindeki su sirküle eden hijyen şartlarını sağlayan tip (Bakınız Isısan Reflex DIT genleşme ve basınç depoları kataloğu) seçilmelidir.
- İçme suyu tesisatında da hijyen şartlarını sağlayan ve içindeki suyu sirküle eden basınç kapları kullanılmalıdır (Bakınız Isısan Reflex DIT genleşme ve basınç depoları kataloğu.).

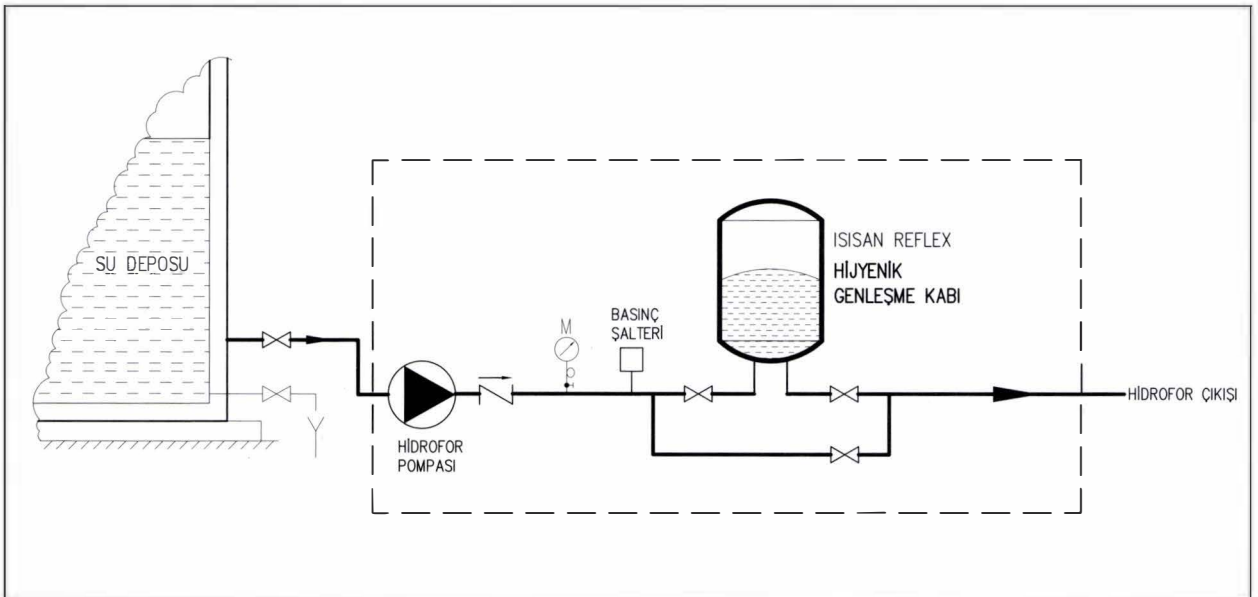
- Duş bataryaları ve duş başlıkları, kullanımı bittiğinde içinde su kalmayacak şekilde boşaltma yapan tipte seçilmelidir.

c. Uygulama

- Su depoları sıkı kapanan kapaklı olmalıdır. Mümkün olduğunca temiz bir mahalde ve yerden yükseltilmiş olarak bulunmalıdırlar. Depo içindeki su günde en az 1 - 2 kez sirküle ettirilmelidir.
- Dışarıdaki su depoları direkt güneş ışınlarına karşı korunmalı ve reflektif boya ile boyanmalıdır. Bodrumdaki tankların iyi havalandırılan bir bölgede olmasına gayret edilmelidir. Su depolarının toprak altında veya bodrum katta yapılması, içerisindeki havuz seramiği ile derzsiz kaplanması tavsiye edilir. Kaplama temizliği de kolaylaştırır.
- Su depolarının altındaki tortu alınmalı ve depo yüzeyleri belirli periyotlarda temizlenmelidir.
- İki birleşik su deposu varsa, boru sisteminin simetrik olmasına ve aynı oranda dolup, boşalmalarına dikkat edilmelidir. Tanklardan birinin daha az çalışması ve durgun kalması en tehlikeli durumlardan biridir.
- Toprak altından geçen temiz su ve yangın boruları yüzeye yakın olmamalıdır. Bu borular toprak üst kotunun en az 70 cm veya daha altına döşenmelidir.
- Yedek pompalar ve hidroforlar haftada bir değiştirilerek çalıştırılmalıdır.
- Boyler içinde termik dezenfeksiyon tam yapılması için ısıtıcı serpantin, boyler alt yüzeyine en yakın olacak şekilde monte edilmiş (veya buna göre dizayn edilmiş) olmalıdır. Soğuk su girişi de alttan olduğu için yüksek sıcaklığın sağlanabilmesi için bu bölüm kritik bölge olmamalıdır.
- Boyler deposunun tamamen boşaltılabilme ve temizlenebilme imkanı olmalıdır. Boylerlerde ısıtıcı serpantin mümkün olduğu kadar alt seviyede bulunmalı böylece suyun hareketi sağlanmalıdır.
- Boyler tesisatlarında içinde suyun hareketli tutularak sürekliliği değiştiği Isısan Reflex DIT tipi genleşme depoları kullanılmalıdır (Şekil 9.8).
- Hidrofor tesisatında da aynı DIT tipi (Bakınız Isısan Reflex DIT genleşme ve basınç depoları kataloğu) içinde suyun hareketli kaldığı kapalı genleşme depoları kullanılmalıdır (Şekil 9.9).
- Boru tesisatında çalışmayan ölü uçlar bulunmamalıdır.
- Hem soğuk su, hem de sıcak su boruları izole edilmelidir. Yoğuşmanın önlenmesi korozyon riskini azaltır, boru ömrünü artırır. Ayrıca ısı kaybı da azalır.
- Bu borulardan birbirine ısı geçiş imkanı olmamalıdır. Duvar içinden geçen sıcak ve soğuk su boruları arasında yaklaşık 30 cm mesafe olmalıdır.
- Eğer sistemde plastik boru kullanılmış ise, bu boruların deforme olmamasına dikkat edilmelidir. Plastik boru hijyen, uzama vb sorunlara neden olabileceğinden dikkatli olunmalıdır.



Şekil 9.8. KULLANMA SUYU GENLEŞME KABI (İçinde suyu sirküle eden tip) İLE BOYLER BAĞLANTI ŞEMASI



Şekil 9.9. HİJYENİK GENLEŞME KABI (İçinde suyu sirküle eden tip) İLE HİDROFOR BAĞLANTI ŞEMASI

- Süzgeçler (duş bataryaları) kolayca temizlenebilecek şekilde olmalıdır.
- Kullanma suyu ve yangın için ortak su deposu seçilir. Su seviyesi, yangın için bırakılması gereken seviyeye indiğinde otomatik seviye alarmı devreye girer (Şekil 9.10).

d. İşletme ve Bakım

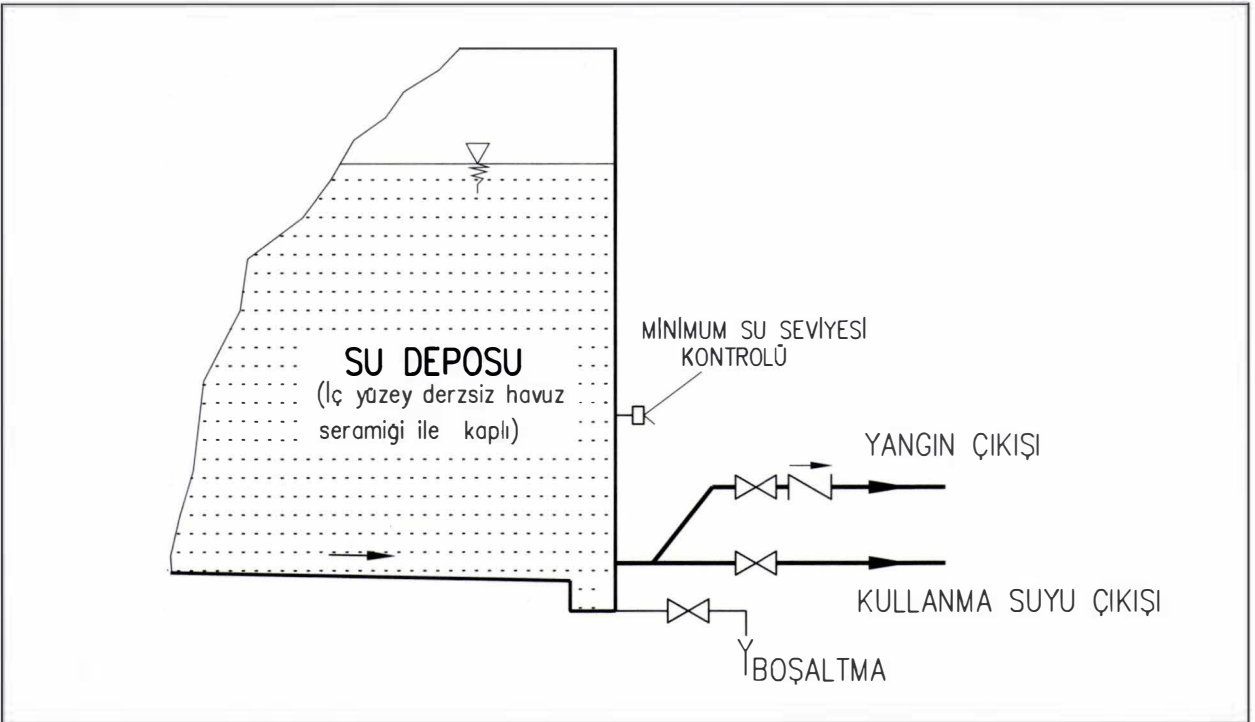
- Kullanma sıcak suyu sirkülasyonu son kullanım yerlerinin tamamına ulaşamıyorsa; borularda su akıtılarak en az 5 dakika yıkama yapılmalıdır. Bu işlemin gece yarısı (veya hafta sonunda insanların en az olduğu saatlerde veya kullanım yokken) yapılması tavsiye edilmektedir.
- Su depoları en az yılda bir kez temizlenip, yıkanmalıdır. Su depolarındaki kirler ve birikintiler kuluçka için uygun ortamı oluşturur. Hijyen şartlarının sağlanması ve temizlik çok önemlidir.
- Yedek pompalar sürekli atıl bırakılmamalı, belirli bir program içerisinde (örneğin haftada bir) yedek pompalar sırayla değişmeli ve bütün pompaların böylece çalışması sağlanmalıdır.
- Kesintili çalışmadan mümkün olduğunca kaçınılmalı ve tesisatta suyun hareketsiz kaldığı yerler bulunmamalıdır.
- Yüksek riskli yerlerde ayda bir duş başlıkları ve musluk kafalarının çıkartılarak klor çözeltisinde dezenfekte edilmesi önerilir. Çok zor olan bu işlem yerine, duş bataryaları ve duş başlıkları, kullanım bitince içinde su kalmayan tipte seçilebilir.
- Tamiratlardan sonra su yeniden verilirken sistem tamamen yıkanmalıdır. Tatil dönüşlerinde uzun

süre kullanılmayan tesisatta su bir müddet akıtılarak yıkama yapılmalıdır.

- Bahçe sulama hortumlarının içinde, sulamadan sonra su bırakılmamalıdır. Bunun için hortumun musluğa bağlı olduğu rakoru gevşetmek (veya çıkartmak) ve sonra suyu boşaltmak gerekir.
- Elektrikli ve gazlı termosifonlar hafta sonu evlerinde (özellikle yaz aylarında) potansiyel kaynak oluşturmaktadır. hafta sonu evine gidildiğinde (riskli bölgelerde) termostat 60°C sıcaklığa ayarlanmalı, bu sıcaklıkta yaklaşık 2 saat kaldıktan sonra borulardaki su boşaltılmalı ve sıcak su yeterince akıtıldıktan sonra musluklar kapatılıp, bir saat sonra duş alınmalıdır.

e. Dezenfeksiyon

- En iyi koruyucu önlem periyodik olarak sistemi çok yüksek sıcaklıktaki su ile temizlemektir. Legionella bakterisi nüfusunun %90'ı 60°C'de 25 dakikada ölmektedir. 70°C'de 10 dakika içinde %90'ı ölmektedir. Bu bir yok etme prosesidir. Bütün bakterileri öldürmek mümkün değildir. Önlemlerin tekrar gelişme ve çoğalmayı önlemek üzere devam ettirilmesi gerekir.
- Termik dezenfeksiyon işlemi konutlarda ve otellerde gece yarısı veya işyerlerinde hafta sonunda insanların en az olduğu zamanlarda ve kullanım yokken (ya da en az olduğu zaman) yapılması uygundur. Otellerde termik dezenfeksiyonun yapıldığı gün ve saat, müşterilere verilen genel kılavuzun içinde belirtilmeli ve bu saatlerde banyo yapılması önerilmelidir.



Şekil 9.10. SU DEPOSU KULLANIMI

- Termik dezenfeksiyon yapılmıyorsa şok klorlama ile dezenfeksiyon yapılabilir.
- Klor büyümeyi yavaşlatır, ancak Legionella bakterisinin klora karşı direnci fazladır. Dezenfeksiyon için yüksek klor yoğunluğu gereklidir (Bu çok zor ve konforlu olmayan bir yöntem. Termik dezenfeksiyon mutlaka yapılmalıdır.).
- Büyük depolarda su birkaç gün mertebesinde kalabiliyor ise, özel olarak klorlama yapılmasında yarar vardır. Legionella bakterisinin çoğalmasını (en azından) önler.
- Anot oksidasyonu pazarda göreceli olarak yeni bir önlemdir. 1998 yılında Almanya'da yok etme ve koruma önlemi olarak kabul edilmiştir.

9.1.12.2 Soğutma Kuleleri ve Buharlaşmalı

Kondenserler

Kapalı devre soğutma kuleleri ve buharlaşmalı kondenserler benzer cihazlardır ve aynı grupta ele alınmaktadır.

Bunlarda soğutulmak istenen proses akışkanı hava ile doğrudan temasta değildir. Hava ile temasta olan sekonder devre suyudur. Açık devre soğutma kulelerinde ise, proseste kullanılan su doğrudan havayla temastadır. Bu su tavalardan parçalanarak düşer veya fıskiye şeklinde püskürtülür. Bu tesisatta alınabilecek önlemler:

a. Proje

- Bu cihazlar taze hava alış menfezlerinden ve açılabilen pencerelerden mümkün olduğu kadar uzağa yerleştirilmelidirler.
- Soğutma kulesinin klima santrallerinin dış hava emiş ağızlarından ve pencerelerden, lokanta, kafeterya vb insanların yoğun olduğu yerlerde en az 10 m ve daha uzak olması hakim rüzgar yönünde soğutma kulesinin daha ileri noktaya montajı ve soğutma kulesi drenajının hava kesicili (sifonla) drenaja bağlanması gerekir.
- Mutfak egzost fanları, bacalar, gibi organik madde kaynaklarının yanına yerleştirilmemelidir.
- Hakim rüzgar yönü dikkate alınmalı ve dışarıdaki halka açık alanların rüzgar yönünde önüne kule yerleştirilmemelidir. Soğutma kulesinden 3 km uzağa kadar Legionella bakterilerinin taşınabildiği unutulmamalı ve kulenin bakım, temizlik ve dezenfeksiyon işlemleri özenle yapılmalıdır.
- Soğutma kulesi yerleşimi restoran, otel odaları vb yaşam mahallerine çok yakın planlanmamalıdır.
- Soğutma kulelerinde Legionella bakterisinin çoğalacağı yer su haznesi (veya havuzu) olmaktadır. Bu haznede biriken yabancı maddeler, tortu ve ısı geçiş yüzeylerindeki kirler ve birikintiler kuluçka için uygun bir ortam yaratır. Su haznesinin tasarımı büyük önem taşımaktadır. Su haznesinde su durgun kalmamalıdır.

- Soğutma kulesi ile kondenser pompaları arasına sudaki tortuyu ve küçük partikülleri alan tortu ayırıcılarının (Isisan Spirovent tortu ayırıcı) monte edilmesi, Legionella bakterisi için uygun kuluçka ortamı oluşmasını önlemeye yardımcı olacaktır.
- Özet olarak sıcaklık seçimi, sirkülasyon, organik atıkların sulu sistemden uzak tutulması, damla tutucuların en verimli şekilde yerleştirilmiş olması, uzun ölü hatlardan kaçınma projede dikkat edilecek noktalardır.
- Cihazın genel tasarımında elemanlara kolay ulaşım, temizleme, numune alma ve drenaj imkanı tanınmalıdır. Komponentler kolayca çıkarılabilmelidir.

b. Malzeme Seçimi

- Soğutma kulelerinde kullanılan malzeme pürüzlü olmayan, kolay temizlenebilir yüzeyli olmalıdır.
- Damla tutucular bütün çalışma koşullarında minimum sürüklenmeye imkan verecek şekilde dizayn edilmelidir.
- Su dağıtımı, su minimum ölçüde pülverize olacak şekilde yapılmalıdır.
- Su toplama çukuru çamuru ayıracak biçimde tasarlanmalı ve drenajı uygun çaplı boru ile gerçekleştirilmelidir.
- Metalik olmayan bileşenler örneğin contalar vs. mikrobiyolojik büyümeye uygun olmamalıdır. Ahşap gibi bazı doğal malzemeler bu açıdan sakıncalıdır ve konstrüksiyonda kullanılmamaya dikkat edilmelidir.
- Sistemde lastik parçalar (doğal kauçuk), ahşap malzeme, bazı plastik cinsleri ve belirli demir veya çinko alaşımları organizmaların gelişmesini teşvik etmektedir. Bunların kullanımından kaçınılmalıdır.

c. Uygulama

- Eğer sistemde plastik boru kullanılmış ise, bu boruların deforme olmamasına dikkat edilmelidir. Plastik boru hijyen, uzama vb sorunlara neden olabileceğinden dikkatli olunmalıdır.
- Tepsiler temizlenebilir olmalıdır.
- Havuz direkt güneş ışıklarından korunmalıdır.
- Taze su besleme hızları ve su hacmi kule üzerine işaretlenmelidir.
- Sistemdeki tortunun kolay alınabileceği şekilde bir tesisat yapılmalıdır (Isisan Spirovent tortu ayırıcılar kullanılabilir.).
- Bütün drenajlarda sifon bulunmalıdır.
- Süzgeçler kolayca temizlenebilecek şekilde olmalıdır.
- Su debisini ölçen bir cihaz bulunmalıdır.

d. İşletme ve Bakım

- Soğutma kulelerinde Legionella bakterisi ile mücadelede anahtar tavsiye sistemin temiz tutulmasıdır.
- Soğutma kulelerini gözle muayene ederek kir, organik madde, birikinti veya çökelti olmamasına dikkat edilmelidir.

- Hazne zaman zaman temizlenmelidir (Tortu ve pislikler kuluçka için uygun ortam oluşturur.).
- Soğutma kulesi yılda bir kez tamamen temizlenmelidir.
- Tortu ayırıcı cihazlar bakteriyle mücadelede önemli katkıya sahiptir (Isisan Spirovent). Tortu ayırıcı cihazlar belirli periyotlarda boşaltma vanası açılarak (otomatik de yapılabilir) temizlenmelidir.
- Su damlacıkları tutucuları düzenli aralıklarla temizlenmeli ve eskiyenler değiştirilmelidir.
- Soğutma kulelerinin durdurulması ve çalıştırılması hastalık açısından en kritik işlemlerdendir. Üç günden uzun süreli durdurulmalarda sistemin (kule, borular ısı değiştirgeçleri vs.) tamamen drene edilmesi en uygun yoldur.
- Eğer kısa süreli durdurulmalarda drenaj pratik değilse, bu durumda sistem yeniden çalıştırılmadan ön şartlandırma ile kuledeki su dezenfekte edilmelidir.
- Drene edilmiş sistem yeniden çalıştırılırken önce pislikler temizlenir, sistem su doldurulur ve bakteri öldürücü ile ön şartlandırma yapılır. Fanlar bundan sonra çalıştırılır.
- Su şartlandırma programı bütün yönleri ile düşünülmeli ve su kalitesi sürekli kaydedilmelidir.
- Yedek pompalar normal çalışmada izole edilmeli ve zaman zaman yıkanmalıdır.
- Filtre düzenlemesi su şartlandırma ile koordineli bir biçimde gerçekleştirilmelidir.
- Sistemde kimyasal ve biyosit kullanımı kayıt edilmelidir.
- Mikrobiyolojik aktivite kontrol edilmelidir.
- Yılda en az iki kez mikrobiyolojik testler yapılmalı ve sonuçlar değerlendirilmelidir.
- Normal işletim koşulları belirli olmalı ve işletim kılavuzu bulunmalıdır. Bir bakım cetveli olmalıdır.
- İşletim ve bakım üreticinin öngördüğü biçimde sürdürülmelidir.
- Kirli ve tozlu ortamlarda işletmede önlemler daha sıkı uygulanmalıdır.

e. Dezenfeksiyon

- Soğutma kulelerinde Legionella bakterisi ile mücadelede diğer anahtar tavsiye biyolojik şartlandırma yapılmasıdır. Bu konuda su şartlandırma uzmanına danışılması ve onun gözetiminde bir program uygulanması çok önemlidir.
- Bir su şartlandırma uzmanı tarafından yürütülecek kimyasal şartlandırma gerekecektir. Su şartlandırma bakteri çoğalmasını önleyecek katkıları içerdiği gibi kireçlenmeyi, korozyonu ve çökelmeyi önleyici maddeleri de içerir.

9.1.12.3 Nemlendiriciler

Yıkamalı nemlendiriciler, atomizörlü nemlendiriciler ve buharlı nemlendiriciler ortam havasının veya klima

santralındaki şartlandırılmış havanın nemlendirilmesinde kullanılır. Yıkamalı nemlendiriciler günümüzde hijyen nedeniyle artık terk edilmektedir. Bu amaçla daha çok suyun resirküle edilmediği ve sadece gerekli nem ihtiyacı kadar suyun sis biçimde havaya verildiği nemlendiricilerle, buharlı nemlendiriciler kullanılmaktadır. Yıkamalı nemlendiricilerde su püskürtmeli evaporatif soğutuculardaki önlemler alınmalıdır. Buharlı nemlendiriciler Legionella bakterisi tehlikesi taşımaz. Atomizörlü nemlendiricilerde alınabilecek önlemler:

a. Proje

- Cihazın genel tasarımında elemanlara kolay ulaşım, temizleme ve drenaj imkanı tanınmalıdır. Komponentler kolayca çıkarılabilir.
- Atomizörlü nemlendiricilerde resirküle su kullanılmamalıdır.

b. Malzeme seçimi

- Metalik olmayan bileşenler örneğin contalar vs. mikrobiyolojik büyümeye uygun olmamalıdır.
- Kullanılan malzeme pürüzlü olmayan, kolay temizlenebilir yüzeyli olmalıdır.

c. Uygulama

- Bu cihazların; bacalardan, mutfak egzostlarından ve diğer organik kirletici kaynaklardan uzakta yerleştirilmesine dikkat edilmelidir.

d. İşletme ve Bakım

- Nemlendiricilerde Legionella bakterisi ile mücadelede anahtar tavsiye sistemin temiz tutulması ve sürekli gözetimdir.
- Mekanik filtrasyon tavsiye edilir.
- İşletim ve bakım üreticinin öngördüğü biçimde sürdürülmelidir.
- Nemlendirici kullanılan klima tesisatında özellikle hava kanallarının temizliğine dikkat edilmelidir.
- Kanallarda yoğunlaşma olabilir. Bununla ilişkili önlem alınmalıdır. İyi ısı yalıtımı yapılmalıdır.
- Hava kanalları temizlenebilecek şekilde planlanmalı ve yapılmalıdır.
- Hava kanalları belirli periyotlarda temizlenmelidir.

9.1.12.4 Klima Santralleri ve Fan Coiller

Bu cihazlar Lejyoner hastalığı kaynağı olarak görülmektedir. Ancak bu cihazların iyi bakımlarının yapılması ve iyi işletilmesi esastır. Alınabilecek önlemler:

a. Proje

- Cihazın genel tasarımında elemanlara kolay ulaşım, temizleme ve drenaj imkanı tanınmalıdır. Komponentler kolayca çıkarılabilir.
- Klima santrallerinin hava filtrelerinde hız 1,5 m/s'nin altında seçilmelidir. Genelde 1 m/s altında seçilmesi önerilmektedir (filtre temizleme periyodunu azaltmak için de).

b. Malzeme seçimi

- Metalik olmayan bileşenler örneğin contalar vs. mikrobiyolojik büyümeye uygun olmamalıdır.

- Kullanılan malzeme pürüzlü olmamalı, kolay temizlenebilir yüzeyli olmalıdır.

c. Uygulama

- Bu cihazların; bacalardan, mutfak egzostlarından ve diğer organik kirletici kaynaklardan uzakta yerleştirilmesine dikkat edilmelidir.
- Cihazlardaki yoğunlaşma tavalarının drenajı çok iyi olmalıdır. Bu tavalarda su birikmemelidir. Drenajlarda sifon bulunmalıdır.
- Özellikle klima santrallerinde nemlendirme ünitesi varsa; yoğunlaşma tavalarının paslanmaz çelikten yapılmış olması daha uygundur (Demiroksit Legionella bakterisinin büyüme ve çoğalmasını hızlandırabilir, ısıtma sezonunda risk oluşabilir.).
- Hastane gibi duyarlı yerlerde drenaj hatlarında cam gözetleyiciler kullanılabilir.

d. İşletme ve Bakım

- Legionella bakterisi ile mücadelede anahtar tavsiye sistemin temiz tutulması ve sürekli gözetimdir.
- İşletim ve bakım üreticinin öngördüğü biçimde sürdürülmelidir.
- Klima tesisatında özellikle hava kanallarının temizliğine dikkat edilmelidir. Hava kanalları kullanım şekline göre belirli periyotlarda temizlenmelidir.
- Hava kanallarında yoğunlaşma olmaması için önlem alınmalıdır. İyi ısı yalıtımı yapılmalıdır.
- Hava kanallarının temiz kalması için; hava filtresi doğru ve kaliteli tip seçilmeli, temizlik ve bakımı düzenli yapılmalı, klima santralleri filtresiz çalıştırılmamalıdır.
- Hava kanalları temizlenebilecek şekilde planlanmalı ve yapılmalıdır.
- Hava kanalları programlı bir şekilde, belirli periyotlarda temizlenmelidir.
- Cihaz filtrelerinin bakımı gereğine göre yapılmalıdır.

9.1.12.5 Direkt Buharlaştırılabilir Hava Soğutucular (Evaporatif Soğutucular)

Direkt buharlaştırılabilir soğutucular su ile doğrudan temasla havayı nemlendirir ve aynı zamanda soğuturlar. Bu cihazlarda hava ya ısıtılmış yataklar üzerinden geçerken, yada hava üzerine doğrudan su püskürtülerek nemlendirilir. Bu sırada hava ideal durumda yaş termometre sıcaklığına kadar soğutulabilir. Bu tesisatta alınabilecek önlemler:

a. Proje

- Evaporatif soğutucularda Legionella bakterisinin çoğalacağı yer, genellikle su haznesi veya havuzu olmaktadır. Bu haznede biriken yabancı maddeler, tortu ve ısı geçiş yüzeylerindeki kirler ve birikimler bakteriler için çok uygun bir kuluçka ortamı oluşturur. Bu yüzden su haznesinde su durgun kalmamalıdır.
- Sirküle eden su filtre edilmeli, yabancı maddelerden arındırılmalıdır.

- Cihazın genel tasarımında elemanlara kolay ulaşım, temizleme, numune alma ve drenaj imkanı tanınmalıdır. Komponentler kolayca çıkarılabilir.

b. Malzeme Seçimi

- Metalik olmayan bileşenler örneğin contalar vs. mikrobiyolojik büyümeye uygun olmamalıdır.
- Evaporatif soğutucularda kullanılan malzeme pürüzlü olmayan, kolay temizlenebilir yüzeyli olmalıdır.
- Damla tutucular bütün çalışma koşullarında minimum sürüklenmeye imkan verecek şekilde dizayn edilmelidir.

c. Uygulama

- Eğer sistemde plastik boru kullanılmış ise, bu boruların deforme olmamasına dikkat edilmelidir. Plastik boru hijyen, uzama vb sorunlara neden olabileceğinden dikkatli olunmalıdır.
- Bütün drenajlarda sifon bulunmalıdır.

d. İşletme ve Bakım

- Evaporatif soğutucularda Legionella bakterisi ile mücadelede anahtar tavsiye sistemin temiz tutulması ve sürekli gözetimdir.
- Bütün su devresi ayda bir yıkanmalıdır.
- Mekanik filtrasyon tavsiye edilir.
- Tortu ayırıcı cihazlar bakteriyle mücadelede önemli katkıya sahiptir.
- Su damlacıkları tutucuları varsa, muntazaman temizlenmeli ve eskiyenler değiştirilmelidir.
- Evaporatif soğutucuların durdurulması ve çalıştırılması hastalık açısından en kritik işlemlerdendir.
- Islak yataklı direkt buharlaştırılabilir soğutucularda çalışmaya belirli süreler ara verildiğinde, sistemi tamamen boşaltılmalı, yatak malzemesi kuru tutulmalıdır. Bunun için büyük sistemlerde su kesilip fan çalıştırılarak kuruma sağlanabilir. Sistem bundan sonra kapatılır.
- Drene edilmiş sistem yeniden çalıştırılırken önce pislikler temizlenir, sistem su doldurulur (gerekirse, bakteri öldürücü ile ön şartlandırma yapılır). Fanlar bundan sonra çalıştırılır.
- Bunun da ötesinde sürekli çalışma periyotlarında resirküle eden sistemlerde yeterli düzeyde blöf yapılmalıdır. Yüksek orandaki blöf, yabancı maddelerin, kirleticilerin ve bakterilerin birikmesini ve çoğalmasını sınırlar veya engeller.
- Yedek pompalar normal çalışmada izole edilmeli ve zaman zaman yıkanmalıdır.
- İşletim ve bakım üreticinin öngördüğü biçimde sürdürülmelidir.
- Suyun resirküle ettiği sistemlerde rezervuarda biriken suda yapılan blöf işlemi tuz konsantrasyonunu düşürdüğü gibi bakteri konsantrasyonunu da düşüren bir işlemdir.
- Ayrıca rezervuarda kimyasal şartlandırma yapılmalıdır.
- Suyun durgun kalmamasına dikkat edilmelidir.

Havalandırma Cihazları		
Kanallarda su bulundu mu?	Evet	Nedenini araştırın ve düzeltin.
	Hayır	-
Çiller bataryalarının drenajlarına sifon tesisatı kuruldu mu?	Evet	-
	Hayır	Tesisatın kurulmasını sağlayın.
Eşanjörlerin kontrolü için yeterli düzenek var mı?	Evet	-
	Hayır	Düzeneğin kurulmasını sağlayın.
Soğutma Kuleleri		
Sistemdeki su hacmi kule üzerine yazılmış mı?	Evet	Boru tesisatındaki su hacminin de göz önüne alındığından emin olun.
	Hayır	Kuleye bu hacmi yazın.
Kule iletişim kılavuzu var mı?	Evet	Kolayca okunabilir olduğundan ve mevcut tesisatı anlattığından emin olun.
	Hayır	Bir kılavuz hazırlayınız.
Normal işletim koşulları belirtilmiş mi?	Evet	-
	Hayır	Bu bilgiyi ekleyin.
Bir bakım kılavuzu var mı?	Evet	Okunmaya hazır olduğundan emin olun.
	Hayır	Kule tasarımcısı ve imalatçısıyla görüşerek hazırlatın.
Bir bakım cetveli var mı?	Evet	Tüm prosedürü açıkladığından emin olun.
	Hayır	Bir tane oluşturun.
Suyun normal en yüksek işletim sıcaklığı nedir?	<20°C	-
	20-30°C	Dikkat; biosid kullanıldığından emin olun.
	>30°C	Biosid kullanımını kontrol edin.
Su debisini ölçen bir cihaz var mı?	Evet	Kolayca okunabilir olduğundan ve değerlerinin kaydedildiğinden emin olun.
	Hayır	Bir tane takın.
Sistemde kimyasallar ve biosid kullanımı kayıtlara alındı mı?	Evet	Miktarın beklenen düzeyde olup olmadığını kontrol edin.
	Hayır	Kaydedin.
Mikrobiyolojik parça aktivitesinin sınır değerlerini aşmadığından emin olun.	Evet	Oranın sabit olup olmadığını kontrol edin.
	Hayır	Olağan incelemelere devam edin.
Havuza güneş ışığı girebiliyor mu?	Evet	Kuleyi perdeleyin.
	Hayır	-
Damla tutucu, sürüklenme önleyici var mı?	Evet	-
	Hayır	Bir tane ekleyin.
Kule çıkışı herhangi bir hava girişi veya pencereye 10 m'den daha yakın mı?	Evet	Bu mesafeyi arttırmaya çalışın.
	Hayır	-
Soğutma kulesi drenajına bir sifon sistemi eklenmiş mi?	Evet	-
	Hayır	Bir tane ekleyin.

Tablo 9.11. MEKANİK TESİSATTA LEJYONER HASTALIĞINA KARŞI YAPILACAK İŞLER LİSTESİ

Not: Test için HIFZİSİHA ENSTİTÜSÜ'ne (0212.679 93 13) veya SANİTER'e (0212.213 95 43) başvurulabilir.

Kullanma Sıcak Suyu		
Su sıcaklığı nedir?	> 60°C	2 saat veya daha fazla bir süre içinse sağlıklıdır.
	55-60°C	Bir gece duracaksa sağlıklıdır.
	50-54°C	Dikkat!
Her musluktaki su sıcaklığı 46°C'ye erişiyor mu?	Evet	-
	Hayır	Boru izolasyonun yapın ve tesisatı modifiye edin.
Sistemde Water Reserach Center'ın onaylamadığı herhangi bir parça var mı?	Evet	Onaylanan parçalarla değiştirin.
	Hayır	-
Çok uzun kör noktalar var mı?	Evet	Bunları kısaltın ve ikincil bir boru tesisatı oluşturun.
	Hayır	-
Bu noktalarda çıkış var mı?	Evet	-
	Hayır	Gereksiz boru tesisatını ortadan kaldırın.
Acil durumlar için duş ve göz yıkama noktaları var mı?	Evet	Periyodik olarak dezenfeksiyon ve temizleme işlemleri yapılmalıdır.
	Hayır	-
Su hastalığa yatkın kişilerce mi kullanıyor?	Evet	Aerosolün nerede oluştuğunu belirleyin ve oluşumunu önlemeye çalışın.
	Hayır	-
Kullanma Suyu Deposu		
Su sıcaklığı nedir?	<20°C	Sağlıklı!
	20-25°C	Dikkat edilmelidir.
	26-30°C	Su sıcaklığını düşürün. (Özellikle yaz mevsiminde depo çatı arasındaysa veya kışın ısıtma borularının yanında yer alıyorsa) Mümkün Olan Müdahaleler • Daha küçük bir sarnıç kullanın. • Sarnıcı izole edin ve ışıyı yansıtıcı bir boya ile boyayın. • Yerel havalandırmayı artırın. • Seri akışı sağlamak için komşu depoyu kullanın. • Soğuk su kaynağını izole edin.
Sarnıç veya gözleme kapağı kapalı mı?	Evet	-
	Hayır	Deponun kirlenmesini önlemek amacıyla uygun bir kapak takın.
Deponun içi temiz mi?	Evet	-
	Hayır	Kiri ve çamuru temizleyip onaylanmış bir boya ile boyayın.
Bu tek bir depo mu?	Evet	Yedek olarak kullanılacak ikinci bir tank edinin.
	Hayır	-

Tablo 9.11. MEKANİK TESİSATA LEJYONER HASTALIĞINA KARŞI YAPILACAK İŞLER LİSTESİ (Devamı)

Not: Test için HIFZİSİHA ENSTİTÜSÜ'ne (0212.679 93 13) veya SANİTER'e (0212.213 95 43) başvurulabilir.

KAYNAKLAR

- [1] D.R. Wulfinghoff, Energy Efficiency Manual, Energy Institute Press, 1999
- [2] Faruk Bilal, Soğutma ve Yalıtım, İzolasyon Dünyası, Temmuz-Ağustos 2002
- [3] T. Aytekin, C. Özgen, C. Neslioğlu, Bir Ofis Binasının İklimlendirme Sisteminin Seçimi ve Seçilen Sistemin Tasarımı, İTÜ Makine Fak. 2002
- [4] S.Kavanaugh, Estimating Demand And Efficiency, ASRAE Journal, July 2003
- [5] M.T. Jewell, Energy-Efficiency Economics, HVAC Engineering Jan. 2003
- [6] U. Steinemann, "EN 13779 a Standard for Practice"
- [7] O. Seppanen, "Avrupa'da HVAC Dalı ile İlgili Seçilmiş Faaliyetler" 4. Uluslararası Yapıda Tesisat Bilim ve Teknoloji Sempozyumu, İstanbul, Nisan 2000
- [8] Isısan Çalışmaları No.305, Klima Tesisatı Kitabı
- [9] ASHRAE Transactions, 1998 Winter Meeting, San Francisco
- [10] P.C. Grounds, Design Considerations for Better Indoor Air Quality Back to Basics, Healthy Buildings 2000 Proceedings Vol. 4, P.323, Espoo, Finland
- [11] H. Levin, Design and Construction of Healthy and Sustainable Buildings, Healthy Buildings 2000 Proceedings Vol. 4, P.13, Espoo, Finland
- [12] Gökhan Özbek, Klima Sistemlerinde Enerji Ekonomisi ve Isı Geri Kazanımı, 31.05.2003, Ankara
- [13] Erdi Boz, Tesisatta Enerji Tasarrufu İlk Yatırım ve İşletme Giderleri, TTMD Seminer Notları
- [14] Turan Kolak, Otel İşletmesi, TTMD Seminer Notları, 2003
- [15] Buderus, Handbuch für Heizung und Klimatechnik, 1994
- [16] Buderus, Tabellenbuch Sanitär-Heizung-Lüftung, 2000
- [17] A.Arisoy, Binaların Isıtılmasında Isıl Kapasitenin Etkisi, 1983
- [18] A.Arisoy, Kalorifer Kazanlarındaki Otomatik Kontrolün Modellenmesi, 1991
- [19] E.Atkar, Proje Bilgileri, Proje Hesap Notları
- [20] Recknagel, 1992
- [21] Reflex, Druckausdehnungsgefäß, Katalog Ausgabe, 1997
- [22] Isısan Çalışmaları No.325, Güneş Enerjisi Sistemleri
- [23] ASHRAE Handbook, Fundamentals, 1993
- [24] ASHRAE Handbook, HVAC Systems and Equipment, 2000
- [25] ASHRAE Handbook, HVAC Applications, 1999
- [26] M.E. Schaffer, Noise and Vibration Control, ASHRAE, 1992
- [27] HVAC Design Guide For Tall Commercial Buildings
- [28] HVAC Systems Applications, SMACNA, 1987
- [29] DIN 4705, Berechnung von Schornsteinen
- [30] DIN 4701, Regeln für Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden
- [31] DIN 4702, Heizkessel
- [32] DIN 4751, Sicherheitstechnische Ausrüstung von Warmwasserheizungen mit Vorlauftemperaturen bis 110°C
- [33] TS 2192, Kalorifer Tesisatı Yerleştirme Kuralları
- [34] TS 715, Boylerler
- [35] TS 825, Isı Yalıtımı Kuralları ve Isı Yalıtım Malzemeleri
- [36] B.Sunaç, Sıcak Sulu ve Kapalı Genleşme Tanklı Isıtma Sistemlerinde Kazanlara ait Güvenlik Donanımı
- [37] Buderus Heiztechnik, Ecostream-Thermostream, S-GK 104-606-465
- [38] K.Ertaş, TS 825, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı, Tesisat Mühendisliği S.57-S.81
- [39] İhsan Önen, Merkezi Bölge ve Şehir Isıtma Sistemleri Notları
- [40] Isısan Çalışmaları No.177, Isıtma Sistemindeki Gelişmeler, 1998
- [41] H.Feurich, Sanitär-Technik, Krammer Verlag, 1995
- [42] H.Zierhut, Gas-Wasser und Sanitär Technik, P.Specht und F.Kimmel, Ernst Klett Verlag, 1990
- [43] A. Steele, Engineered Plumbing Design, Construction Industry Press, 1982
- [44] A. Steele, Advanced Plumbing Technology, Construction Industry Press, 1984
- [45] Bülent Vural, Wilo A.Ş., Hidrofor Notları
- [46] Sami Bölükbaşı, Yüzme Havuzu Notları
- [47] Çeşitli Isısan Çalışmaları

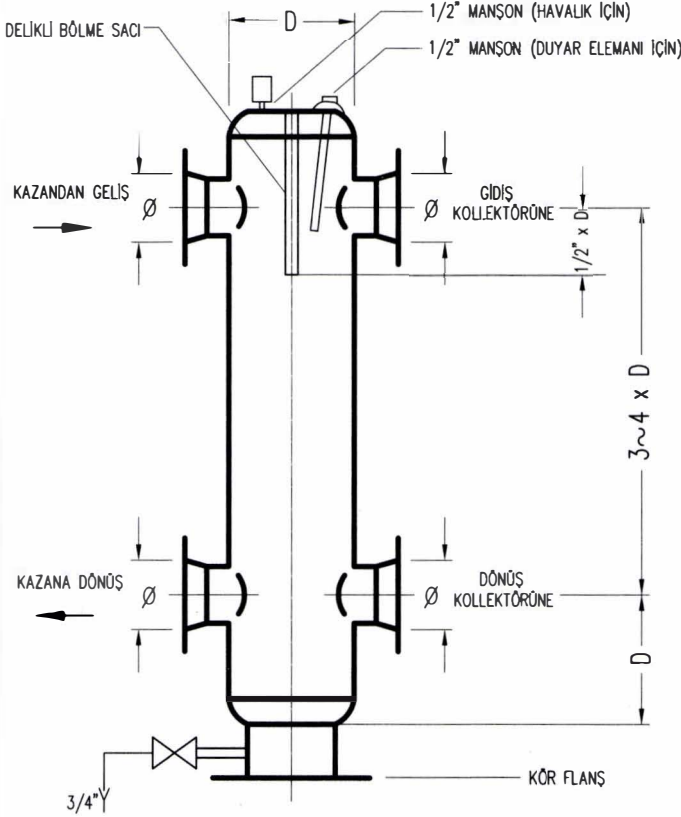
BİRİMLER VE BÜYÜKLÜKLER

Büyükölük	Gösterimi	Birimi			Çevrimi	
		SI	Metrik	İngiliz		
Uzunluk	L	m	m	in ft	1 m = 39,37 in 1 m = 3,281 ft	1 in = 25,4 mm 1 ft = 30,48 cm
Alan	A	m ²	m ² ha	sq in sq ft acre	1 m ² = 1.550 sq in 1 m ² = 10,764 sq ft 1 ha = 10.000 m ² 1 ha = 2,471 acre	1 sq in = 645,16 mm ² 1 sq ft = 0,0929 m ² 1 acre = 0,40468 ha 1 sq mile = 2,58999 km ²
Hacim	V	m ³	m ³ L	cu in cu ft gal	1 m ³ = 1.000 L 1 L = 61,024 cu in 1 L = 0,2642 gal 1 m ³ = 35,315 cu ft	1 cu in = 16,3971 cm ³ 1 cu ft = 0,02831 m ³ 1 gal = 3,78541 L
Kütöe	m	g kg	g kg	oz Lb	1 kg = 35,274 oz 1 kg = 2,2046 lb	1 oz = 28,3495 g 1 Lb = 0,4539 kg
Yoğunluk	d	kg/m ³	kg/m ³	cu ft/Lb	1 m ³ /kg = 16,0185 cuft/Lb	
Hız	V	m/S	m/S	ft/min	1 m/S = 196,85 ft/min	
Debi	Q	m ³ /S	m ³ /h m ³ /S L/S	cfm	1 m ³ /S = 3.600 m ³ /h 1 m ³ /h = 0,5886 cfm 1 cfm = 1,699 m ³ /h	
Basınç	P	Pa bar mbar N/m ²	kg/cm ² kg/m ² mm/SS atm	psi in H ₂ O Lb/ft ²	1 Pa = 1 N/m ² 1 bar = 100.000 Pa 1 mbar = 100 Pa 1 bar = 0,981 atm 1 mbar = 10,19 mmSS 1 mmSS = 9,80665 Pa 1 mbar = 100 Pa 1 bar = 14,504 psi 1 mbar = 2,089 Lb/ft ³ 1 mbar = 0,4019 in H ₂ O 1 kPa = 7,50062 mmHg 1 inSS = 249,089 Pa	
Enerji	E, M, Q	kJ kWh	kcal	Btu	1 kWh = 3.600 kJ 1 kcal = 4,1868 kJ 1 kJ = 0,948 Btu 1 kJ = 0,2388 kcal 1 kWh = 860 kcal 1 Btu = 1,055 kJ	
Güç	P	kJ/h kW	kcal/h	Btu/h HP	1 kW = 1 kJ/S 1 kW = 860 kcal/h 1 kW = 3.412 Btu/h 1 kW = 1,341 HP 1 HP = 735,5 W 1 HP = 632 kcal/h 1 Btu/h = 0,252 kcal/h 1 kcal/h = 3,97 Btu/h	
Özgöl Isı	C, Cp	kJ/kgK	kcal/kg°C	Btu/LbF	1 kJ/kgK = 4,187 kcal/kg°C 1 kJ/kgK = 0,2388 Btu/Lbf	
Isı Akısı	q	kJ/m ² h W/m ²	kcal/m ² h	Btu/hft ²	1 W/m ² = 3,6 kJ/m ² h 1 W/m ² = 0,86 kcal/m ² h 1 W/m ² = 0,317 Btu/hft ²	
Sıcaklık	T	K	°C	°F	°C = (°F-32) x 5 / 9 K = 273 + °C °F = °C x 9 / 5 + 32	

SEMBOLLER

	POMPA		TERMOSTAD
	KÜRESEL VANA		BALANS VANASI
	VANA		SÜRGÜLÜ VANA
	ŞİBER VANA (PRİNÇ)		BASINÇ DÜŞÜRÜCÜ VANA
	EMNİYET VENTİLİ		DÖRT YOLLU MOTORLU VANA
	EMNİYET VENTİLİ GENLEŞME TÜPÜ		MEMBRANLI VENTİL
	ÇEKVALF		SU SAYACI
	PİSLİK TUTUCU		KOMPANSATÖR
	MANOMETRE		HAVA KOMPRESÖRÜ
	HİDROMETRE		FAN
	TERMOMETRE		SPIROVENT HAVA AYIRICI
	BOŞALTMA		SPIROVENT TORTU VE PİSLİK AYIRICI
	ÜÇ YOLLU MOTORLU VANA		GENLEŞME TANKI
	İKİ YOLLU MOTORLU VANA		KALORİFER GİDİŞ
	EŞANJÖR		KALORİFER DÖNÜŞ
			SOĞUK KULLANMA SUYU
			SICAK KULLANMA SUYU
			SİRKÜLASYON HATTI

DENGE KABI BOYUTLARI



DİKKAT: DENGE KABI DİK MONTE EDİLMELİDİR.

AVANTAJLAR:

- Kazan devresi ile ısıtma devresi arasında hidrolik etkilenme olmaz.
- Kazanlar ve ısıtma zonları uygun su debisi altında çalışır.
- ısıtma devresi kontrol sistemlerinden bağımsız olarak tek veya çok kazanlı sistemlerde kullanılabilir.
- Denge kabının iki tarafındaki ayar elemanları (açı yollu vana vs.) optimal çalışır.
- Kazan devresi ve ayar elemanları daha problemsiz boyutlandırılır.

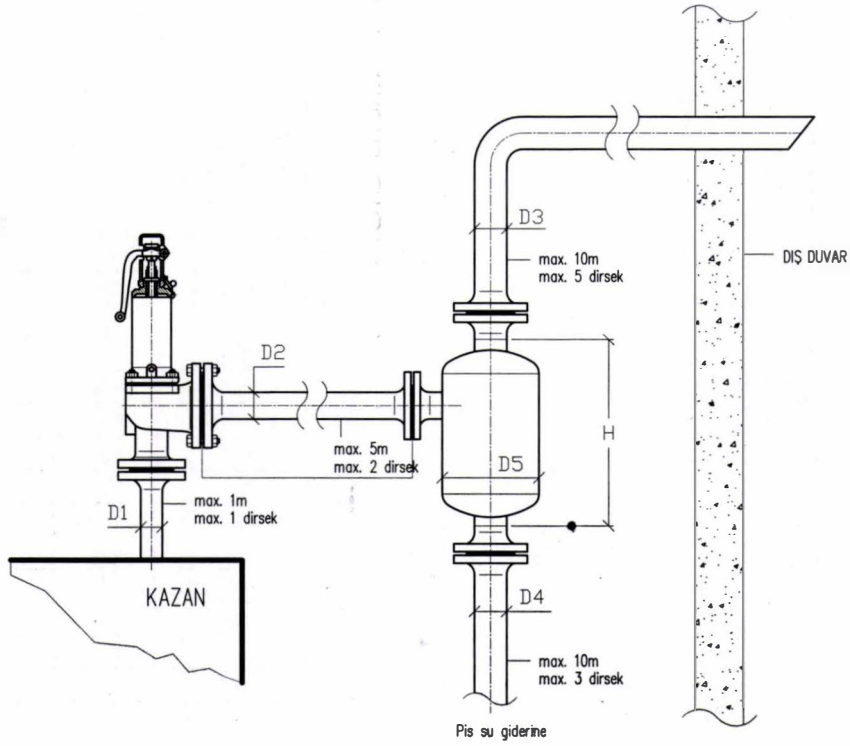
DENGE KABININ BOYUTLANDIRILMASI:

Denge kabının sağlıklı çalışması için doğru boyutlandırma yapmak gerekir. Tesisat iletimi, gidiş ve dönüş arasında pratik olarak basınç düşümü olmayacak şekilde yapılmalıdır. Kısaca, anma su miktarı için ~ 0.2 m/sn su hızı ile hesap yapılmalıdır. Bunun için yukarıdaki tablodan yararlanabilirsiniz. Kazan çıkış suyu sıcaklığı, denge kabının üst kısmında ölçülmelidir. Bunun için kabin üstüne 1/2" manşon kaynatılmalı, ayrıca havalık konmalıdır.

TOPLAM ISITMA KAPASİTESİ (kW)	DEBİ $\Delta t=15^\circ\text{C}$ için (m ³ /h)	DENGE KABI İÇ ÇAP (mm) (Maks.) D	GİRİŞ/ÇIKIŞ ÇAP (mm) ϕ
29	1,7	65	32
43	2,5	80	40
70	4,0	100	50
100	5,7	125	65
140	8	150	65
210	12	200	80
350	20	200	100
550	32	250	125
900	52	300	150
1300	75	350	150
1750	100	400	200
2500	145	450	200
3000	175	500	200
3500	200	550	250
4000	230	600	250
4500	260	650	250
5000	290	700	250
5500	315	750	300
6000	345	800	300
7000	400	850	300
8000	460	900	350
9000	515	1000	350
10.000	575	1000	350
12.000	690	1100	350
14.000	800	1200	350
15.000	860	1250	350
17.000	975	1350	400
20.000	1150	1450	400

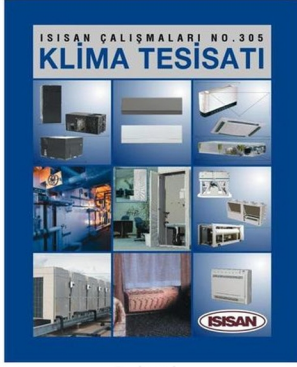
EMNİYET VENTİLİ VE GENLEŞME TÜPÜ ÖLÇÜLERİ

		Ventil anma çapı E							
		DN 32	DN 40	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150
		Kullanılabileceği maksimum kazan gücü							
		kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
Maksimum açma basıncı p bar	2,5	565	870	1360	2300	3480	5440	7120	9900
	3,0	649	1000	1560	2640	4000	6250	8190	11400
	4,0	810	1250	1950	3300	5000	7800	10200	14200
	5,0	960	1480	2310	3900	5910	9240	12100	16900
	6,0	1100	1700	2660	4500	6820	10600	14000	19400
	8,0	1390	2140	3350	5660	8580	13400	17600	24500
	10,0	1670	2570	4010	6790	10300	16000	21100	29300

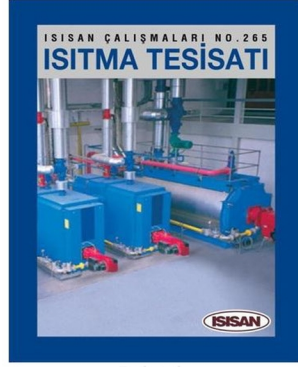


Emniyet ventili	Genleşme tüpü							Emniyet ventili ve genleşme tüpü arasındaki boru hattı		Boşaltma hattı	
	Çap					Boşaltma basıncı	Yükseklik	Uzunluk	Max. Dirsek sayısı	Uzunluk	Max. Dirsek sayısı
	DN	DN	DN	DN	DN	mm	bar	H		m	
DN/DN								mm			
25/40	25	40	50	50	165	≤ 5	346				
32/50	32	50	65	65	165	≤ 5	346				
40/65	40	65	80	80	283	≤ 5	440				
50/80	50	80	100	100	283	≤ 5	440	≤ 5	≤ 2	≤ 10	≤ 3
65/100	65	100	125	125	391	≤ 5	616				
80/125	80	125	150	150	450	≤ 5	776				
100/150	100	150	200	200	500	≤ 5	896				

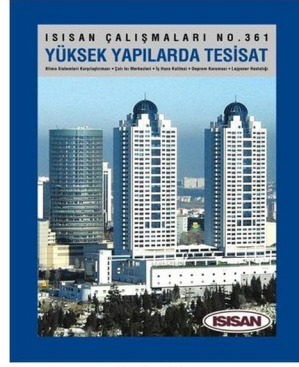
ISISAN KİTAPLARI



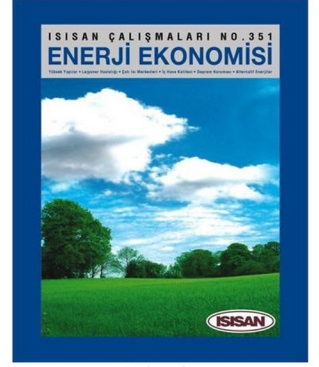
3. baskı



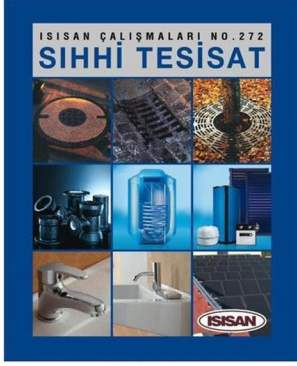
5. baskı



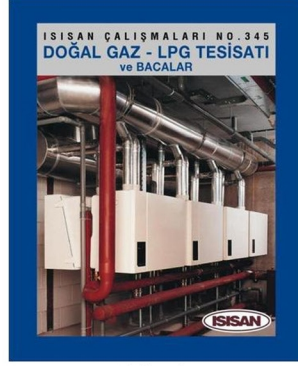
2. baskı



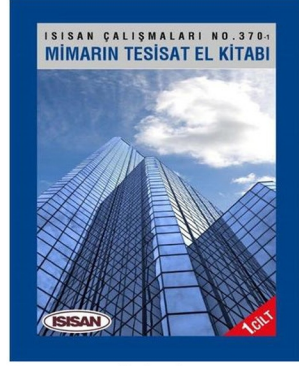
2. baskı



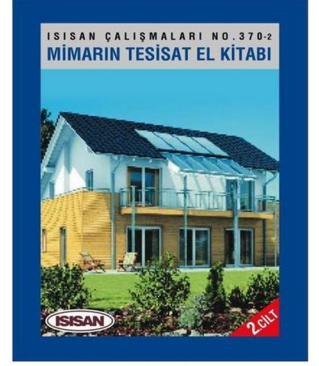
2. baskı



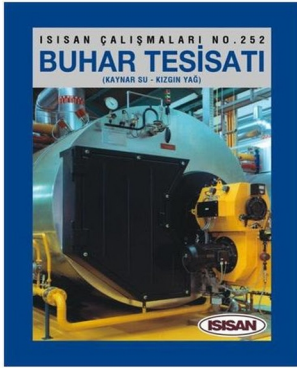
5. baskı



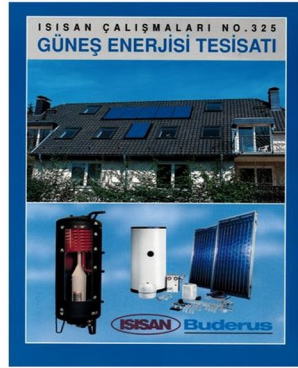
2. baskı



2. baskı



2. baskı



2. baskı



Bilgi paylaştıkça çoğalır!

ISISAN 33 yıllık tesisat, proje ve uygulama alanındaki deneyimini
ISISAN AKADEMİ eğitim faaliyetleri ile bugüne kadar binlerce kişiyle paylaştı.



İsisan kuruluşundan bu yana ısıtma, soğutma ve havalandırma sektörünün gelişmesine katkıda bulunmak amacıyla çeşitli eğitim faaliyetleri düzenliyor. Eğitici ve öğretici kitaplar yayınlamak ve sektörün temsilcilerini bir araya getirerek çeşitli seminerler düzenlemek bu alanda gerçekleştirdiği çalışmalar arasında yer alıyor. İsisan, tüm bu çalışmalarını 2007 yılında İsisan Akademi çatısı altında buluşturarak, bu alandaki önemli bir boşluğu dolduruyor.

İsisan Akademi, İstanbul ile sınırlı olmayıp tüm İsisan bölge müdürlüklerinde eğitim faaliyetlerine devam ediyor.

