

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE ENERJİ TAŞIMA YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Aytek BAŞER

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Kemal ÇAKIR

Temmuz 2006

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE ENERJİ TAŞIMA
YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Aytek BAŞER

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ

Bu tez 15 / 06 /2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd. Dç. Dr. Kemal ÇAKIR
Jüri Başkanı

Prof. Dr. İsmail ÇALLI
Üye

Yrd. Dç. Dr. H.Reşit YAZGAN
Üye

TEŞEKKÜR

Bu çalıőmamızı titizlikle yöneten, çalışma süresince her türlü fedakârlığı gösteren yüksek bilgi ve tecrübelerinden istifade ettiğim, kıymetli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Kemal ÇAKIR 'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Öğrenciliğim boyunca yardımlarını bizlerden esirgemeyen, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği bölümü araştırma görevlilerine teşekkürlerimi sunarım.

İklimlendirme sistemleriyle ilgili kaynak, katalog, broőür vb. dokümanları temin ettiğim, bilgi ve açıklamalarından faydalandığım;

ISISAN Buderus Isıtma ve Klima Sanayi A.Ő., YORK Klima Soğutma Servis Sanayi A.Ő., Tesa Tesisat Sanayi ve Ticaret Ltd. Őti. ile TMMOB İstanbul Őubesi yetkililerine teşekkürlerimi sunarım.

Üniversite hayatım boyunca pek çok Őey paylaőtığım, yaşamımda sevgi ve desteklerini esirgemeyen arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca olduğu gibi, bu çalıőmamda da bana maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aytek BAŞER

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|------|
| TEŞEKKÜR | ii |
| İÇİNDEKİLER | iii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ | xi |
| ŞEKİLLER LİSTESİ | xiii |
| TABLolar LİSTESİ | xv |
| ÖZET | xvi |
| SUMMARY | xvii |
| BÖLÜM 1. | |
| GİRİŞ | 1 |
| BÖLÜM 2. | |
| ISITMA SİSTEMLERİ..... | 3 |
| 2.1. Isı Enerjisi Naklinde Kullanılan Akışkanlar..... | 3 |
| 2.1.1. Sıcak sulu ısıtma sistemleri..... | 3 |
| 2.1.2. Kızgın sulu ısıtma sistemleri..... | 4 |
| 2.1.3. Buhar ile ısıtma sistemleri..... | 5 |
| 2.1.3.1. Alçak basınçlı buharla ısıtma sistemleri..... | 5 |
| 2.1.3.2. Yüksek basınçlı buhar ile ısıtma | 5 |
| 2.1.4. Kızgın yağ ile ısıtma sistemleri | 5 |
| 2.2. Sıcak Sulu Sistemler | 6 |
| 2.2.1. Genel bilgiler | 6 |
| 2.2.2. Pompalı sıcak sulu ısıtma sistemleri..... | 8 |
| 2.2.3. İki borulu pompalı sıcak su sistemleri..... | 9 |
| 2.2.3.1. Alttan dağıtma alttan toplama sistemleri | 9 |
| 2.2.3.2. Üstten dağıtma alttan toplama | 9 |

| | |
|--|----|
| 2.2.3.3. Üstten dağıtma üstten toplama | 9 |
| 2.2.4. Tek borulu dağıtma sistemleri | 10 |
| 2.2.5. Hava tahliyesi..... | 12 |
| 2.2.6. Sirkülasyon pompasının yeri ve sistemde basınç dağılımı | 13 |
| 2.2.6.1. Açık genişleme depolu sistemler | 15 |
| 2.2.6.2. Kapalı genişleme depolu sistem | 15 |
| 2.2.7. Su hızı..... | 16 |
| 2.2.8. Sistemde donmanın önlenmesi | 16 |
| 2.2.9. Kullanma basınçları..... | 17 |
| 2.3. Kızgın Sulu Sistemler | 18 |
| 2.3.1. Genel bilgiler | 18 |
| 2.3.2. Sistemin beslenmesi ve güvenliği..... | 19 |
| 2.3.2.1. Beslenme donanımları..... | 19 |
| 2.3.2.2. Maksimum işletme basıncını aşmamak üzere donanım | 20 |
| 2.3.3. Boşaltma hava alma ve doluluk test boruları..... | 20 |
| 2.3.4. Ölçme cihazları..... | 20 |
| 2.3.4.1. Termometre..... | 20 |
| 2.3.4.2. Manometre..... | 21 |
| 2.3.5. Emniyet donanımlarının uygulama şekilleri..... | 21 |
| 2.3.6. Denge depoları..... | 21 |
| 2.3.6.1. Azot yastıklı ve suyla temaslı kapalı denge depoları... | 21 |
| 2.3.6.2. Prefabrike kapalı genişleme depoları..... | 22 |
| 2.3.7. Pompalar..... | 23 |
| 2.3.7.1. Düz boruya takılan ıslak rotorlu pompalar | 23 |
| 2.3.7.2. Inline tipi santrifüj pompalar | 23 |
| 2.3.7.3. Yatay çalışan kaideli pompalar | 24 |
| 2.3.7.4. Özel pompalar..... | 24 |
| 2.4. Buharlı Sistemler | 24 |
| 2.4.1. Buharı tanımı ve sistem seçimi | 24 |
| 2.4.1.1. Giriş..... | 24 |
| 2.4.1.2. Hal büyüklükleri ve aralarındaki bağıntılar | 25 |
| 2.4.1.3. Sistem seçimi | 26 |
| 2.4.2. Boru şebekesi çaplandırılması | 27 |

| | |
|---|----|
| 2.4.2.1. Buhar devresi..... | 27 |
| 2.4.2.2. Buhar hatlarında çap tayini ve dizayn..... | 28 |
| 2.4.2.3. Kondenstoplar..... | 31 |
| 2.4.3. Alçak ve orta basınçlı buhar kazanları için besi suyu hazırlanması..... | 32 |
| 2.4.3.1. Besi suyunun kalitesinin önemi..... | 32 |
| 2.4.3.2. Kimyasal terimler..... | 33 |
| 2.4.3.3. Yaşanan sorunlar..... | 34 |
| 2.4.3.4. Kazan besi suyu için istenen kalite..... | 35 |
| 2.4.3.5. Besi suyunun kazan işletme verimine etkisi..... | 36 |
| 2.4.3.6. Kazanda korozyonun önlenmesi..... | 37 |
| 2.5. Kızgın Yağlı Sistemler..... | 39 |
| 2.5.1. Kızgın yağın tanımı..... | 39 |
| 2.5.1.1. Giriş..... | 39 |
| 2.5.1.2. Organik ısı taşıyıcılar..... | 40 |
| 2.5.2. Kızgın yağ sistemi elemanları..... | 42 |
| 2.5.2.1. Genleşme tankı..... | 42 |
| 2.5.2.2. Termik yağ rezerv tankı..... | 43 |
| 2.5.2.3. Kızgın yağ sirkülasyon pompaları..... | 43 |
| 2.5.2.4. Kızgın yağ tesisatı armatürleri..... | 44 |
| 2.5.2.5. Otomatik kontrol ve güvenlik elemanları..... | 46 |
| 2.5.3. Kızgın yağ tesisi tasarım esasları..... | 46 |
| 2.5.3.1. Zorlanmış taşınımlı (pompalı) tesislerde sistem tasarımı..... | 46 |
| 2.5.3.2. Sistemin diğer elemanları..... | 48 |
| 2.5.3.3. Üç yollu vana montaj yeri..... | 49 |
| 2.5.3.4. Emniyet ekipmanları..... | 49 |

BÖLÜM 3.

| | |
|---|----|
| SOĞUTMA SİSTEMLERİ..... | 51 |
| 3.1. Giriş Ve Temel Kavramlar..... | 51 |
| 3.2. Soğutma Çevrimleri..... | 54 |
| 3.2.1. Buhar sıkıştırma (kompresyon) soğutma çevrimi..... | 54 |

| | |
|---|----|
| 3.2.2. Ejektör soğutma çevrimi | 56 |
| 3.2.3. Hava soğutma çevrimi | 56 |
| 3.2.4. Absorpsiyon soğutma çevrimi | 57 |
| 3.3. Soğutucu Akışkanlar Ve Yağama Yağları..... | 59 |
| 3.3.1. Soğutucu akışkanlar..... | 59 |
| 3.4. Soğutma Cihaz Ve Ekipmanları..... | 64 |
| 3.4.1. Soğutma kompresörleri | 64 |
| 3.4.1.1. Rotorlu kompresörler | 65 |
| 3.4.1.2. Pistonlu kompresörler | 67 |
| 3.4.1.3. Türbo kompresörler..... | 69 |
| 3.4.1.4. Vidalı kompresörler..... | 70 |
| 3.4.1.5. Scroll kompresörler..... | 71 |
| 3.4.2. Kondenser (Yoğuşturucu) | 72 |
| 3.4.3. Evaporatör (Buharlaştırıcı- soğutucu)..... | 74 |
| 3.4.4. Boru malzemeleri..... | 77 |
| 3.4.4.1. Soğutucu akışkan borularının izolasyonu..... | 79 |
| 3.5. Soğutma Uygulamaları | 80 |
| 3.5.1. Soğuk muhafaza hacimleri ve işlemleri | 81 |
| 3.5.2. Donma işlemleri..... | 82 |
| 3.5.3. Donmuş muhafaza hacimleri | 82 |
| 3.5.4. Soğuk muhafazalı nakliye araçları | 83 |
| 3.5.5. Panel soğutma | 84 |
| 3.5.6. Soğuk su üreticiler (water chillers)..... | 85 |
| 3.5.7. Arıtılmış hacimler..... | 86 |

BÖLÜM 4.

| | |
|--|----|
| KARMA SİSTEMLER..... | 88 |
| 4.1. Giriş..... | 88 |
| 4.2. Pencere tipi klima cihazları | 89 |
| 4.3. Dolap tipi (salon tipi) klima cihazları | 90 |
| 4.4. Çatı üstü (roof top) klima cihazları..... | 92 |
| 4.5. Merkezi klima santralleri..... | 93 |
| 4.6. Lokal vantilatör-serpantin üniteleri (fan coil units) | 94 |

| | |
|--|-----|
| 4.7. Hava kanalları..... | 95 |
| 4.7.1. Genel..... | 95 |
| 4.7.2. Hava kanallarının sınıflandırılması | 95 |
| 4.7.3. Mimariye uygunluk | 96 |
| 4.7.4. Ekonomik ve teknik etkenler | 96 |
| 4.7.5. Hava kanalları tasarımında dikkat edilecek hususlar | 97 |
| 4.7.6. Hava ayarı | 97 |
| 4.7.7. Yoğuşma..... | 98 |
| 4.7.8. Yalıtım..... | 98 |
| 4.8. Diğer Sistem Elemanları..... | 98 |
| 4.8.1. Yangın ve duman damperleri..... | 98 |
| 4.8.2. Kontrol kapakları..... | 99 |
| 4.9. Menfezler | 99 |
| 4.9.1. Genel..... | 99 |
| 4.9.2. Mahal içinde hava hareketleri..... | 100 |
| 4.9.3. Menfezlerin sınıflandırılması..... | 100 |
| 4.10. Boru Tesisatı..... | 101 |
| 4.10.1. Giriş | 101 |
| 4.10.2. Boru malzemeleri | 102 |
| 4.10.3. Boru destekleme elemanları..... | 103 |
| 4.10.4. Borularda uzama ve esneklik..... | 104 |
| 4.10.5. Genleşme bağlantıları..... | 104 |

BÖLÜM 5.

| | |
|---|-----|
| İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI | 105 |
| 5.1. Sistem Seçimi Esasları..... | 105 |
| 5.1.1. Giriş | 105 |
| 5.1.2. Sistem maliyeti | 106 |
| 5.1.3. Konfor | 106 |
| 5.1.4. Sistem bakımı ve güvenilirlik | 107 |
| 5.1.5. Sistem seçiminde öncelik..... | 107 |
| 5.1.6. Sistem türleri..... | 108 |
| 5.2. Tam Havalı Sistemler..... | 109 |

| | |
|--|-----|
| 5.2.1. Genel..... | 109 |
| 5.2.1.1. Tek kanallı sistemler | 109 |
| 5.2.1.2. Çift kanallı sistemler | 110 |
| 5.2.1.3. Tam havallı sistemlerin uygulama alanları..... | 110 |
| 5.2.1.4. Tam havallı sistemlerin üstünlükleri..... | 111 |
| 5.2.1.5. Tam havallı sistemlerin sakıncaları..... | 111 |
| 5.2.2. Tek kanallı sistemler..... | 112 |
| 5.2.2.1. Sabit havallı sistemler | 112 |
| 5.2.2.2. Değişken hava debili (vav) sistemler | 115 |
| 5.2.3. İki kanallı sistemler | 118 |
| 5.2.3.1. İki kanallı sabit debili sistemler..... | 119 |
| 5.2.3.2. İki kanallı değişken debili (vav) sistemler..... | 119 |
| 5.2.4. Çok zonlu sistemler (multizon)..... | 121 |
| 5.3. Havallı - Sulu Sistemler | 122 |
| 5.3.1. Giriş | 122 |
| 5.3.2. Havallı-sulu sistemlerin üstünlükleri ve sakıncaları..... | 123 |
| 5.3.3. Sistem için uygun uygulama alanları | 123 |
| 5.3.4. Havallı- sulu sistem kavramı..... | 124 |
| 5.3.5. Primer hava sistemi | 124 |
| 5.3.6. Sekonder su devresi..... | 125 |
| 5.3.6.1. Pompa eğrilerinin sistem performansına etkileri..... | 125 |
| 5.3.7. Havallı-sulu indüksiyon sistemi..... | 126 |
| 5.3.8. İki borulu havallı-sulu sistemler | 128 |
| 5.3.8.1. İki borulu sistemde soğutma-ısıtma dönüşümü..... | 128 |
| 5.3.8.2. İki borulu sistemde dönüşümsüz işletme şekli | 128 |
| 5.3.8.3. İki borulu sistemlerde zonlama | 128 |
| 5.3.8.4. Sonuç..... | 129 |
| 5.3.9. Üç borulu havallı-sulu sistemler | 129 |
| 5.3.10. Dört borulu havallı sulu sistemler | 129 |
| 5.4. Sulu Sistemler..... | 130 |
| 5.4.1. Giriş | 130 |
| 5.4.2. İki borulu sistemler..... | 131 |
| 5.4.2.1. Basit iki borulu sistem..... | 131 |

| | |
|---|-----|
| 5.4.2.2. Yardımcı elektrik ısıtıcılı iki borulu sistemler..... | 132 |
| 5.4.2.3. Elektrikli ısıtıcılı iki borulu sistemler | 132 |
| 5.4.3. Dört borulu sistemler..... | 132 |
| 5.5. Doğrudan Genleşmeli (DX) İklimlendirme Sistemleri..... | 133 |
| 5.5.1. Giriş | 133 |
| 5.5.2. Toprak-su kaynaklı ısı pompalı DX- iklimlendirme sistemleri | 134 |
| 5.5.2.1. Toprak-su kaynaklı ısıtma/soğutma sisteminin çalışma ilkesi..... | 134 |
| 5.5.2.2. Toprak-su kaynaklı ısı pompası sisteminin üstünlükleri | 134 |
| 5.5.3. DX- iklimlendirme cihazlarında ısıtma seçenekleri..... | 136 |
| 5.5.3.1. Isı pompalı sistemler (hava veya toprak-su kaynaklı) | 138 |
| 5.5.3.2. Elektrikli ısıtma | 140 |
| 5.5.3.3. Gaz (LPG veya doğalgaz) yakıcılı iklimlendirme cihazları..... | 141 |
| 5.5.3.4. Sıcak su (veya buhar) ile ısıtma..... | 143 |
| 5.6. Sıcak Sulu Isıtma İle Diğer Havalı Isıtma Sistemlerinin Karşılaştırılması | 144 |
| 5.6.1. Isı pompalı sistem ile karşılaştırma | 144 |
| 5.6.2. Elektrikli ısıtıcılı sistem ile karşılaştırma..... | 145 |
| 5.6.3. Gaz yakıcılı sistem ile karşılaştırma..... | 145 |
| 5.6.3.1. Güvenlik etkenleri..... | 146 |
| 5.6.3.2. Uygulamada esneklik | 146 |
| 5.6.3.3. İşletme ekonomisi..... | 147 |
| 5.6.4. Sıcak sulu ısıtma sistemlerinin sağladığı diğer üstünlükler..... | 148 |
| 5.6.5. Sıcak sulu ısıtma sistemlerinin sakıncaları | 149 |
| 5.7. Sonuçlar | 150 |

BÖLÜM 6.

| | |
|---|-----|
| SONUÇLAR..... | 154 |
| 6.1. Sistem Optimizasyonu | 154 |
| 6.1.1. Kapasitenin yüksek seçilmesi ve aşırı büyük boyutlandırma | 154 |
| 6.1.2. Yüksek verimli cihaz ve sistemlerin kullanımı..... | 154 |

| | |
|--|-----|
| 6.2. Klima Uygulamasında Faktörler | 155 |
| 6.3. Enerjinin Taşınması | 155 |
| 6.3.1. Enerjinin taşınma(hava/su) maliyetlerinin karşılaştırılması | 156 |
| 6.4. Sonuçlar | 159 |
| BÖLÜM 7. | |
| TARTIŞMA VE ÖNERİLER..... | 161 |
| KAYNAKLAR..... | 164 |
| EKLER..... | 165 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 166 |

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

| | |
|------------|---|
| TS | : Türk standardı |
| DIN | : Alman standardı |
| ΔT | : Sıcaklık farkı |
| TRD | : Buhar kazanları için teknik kurallar |
| mSS | : Metre su sütunu |
| mmSS | : Milimetre su sütunu |
| PN | : Anma Basıncı |
| V | : Besleme pompası debisi |
| Q | : Isıl güç/kapasite |
| D | : Buhar debisi |
| p | : Basınç |
| v | : Hacim |
| v_b | : Buhar hacmi |
| v_s | : Su hacmi |
| P_{kr} | : Kritik basınç |
| T_{kr} | : Kritik sıcaklık |
| v_{kr} | : Kritik özgül hacim |
| x | : Kuruluk Derecesi |
| m_b | : Islak buhar içindeki buhar kütlesi |
| m_s | : Islak buhar içindeki su kütlesi |
| v_s | : Sıvının özgül hacmi |
| v_b | : Sıvının özgül hacmi |
| c_p | : Özgül ısı |
| pH | : Suyun asitliğinin ölçütü |
| A.B.D. | : Amerika Birleşik Devletleri |
| nc | : İletkenliğe göre konsantrasyon numarası |
| ρ | : Yoğunluk |

| | |
|------------|--|
| ASTM | : American Society for Testing and Materials Standards |
| BTU | : British Thermal Unit |
| °C | : Santigrat derece |
| R | : Soğutkan |
| A | : Absorban |
| ASHRAE | : American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditionning Engineers Standards |
| VAV | : Değişken hava debili sistem |
| KT | : Kuru termometre |
| YT | : Yaş termometre |
| DX | : Doğrudan genişlemeli sistem |
| TSKIP | : Toprak-su kaynaklı ısı pompası |
| HKIP | : Hava kaynaklı ısı pompası |
| HPSF | : Mevsimlik ısıtma iletkenlik katsayısı |
| LPG | : Likit petrol gazı |
| DSD | : Değişken soğutucu debili sistem |
| IGKV | : Isı geri kazanımlı sistem |
| P | : Gerekli güç |
| η_p | : Fan / Pompa verimi |
| η_m | : Motor verimi |
| Δp | : Toplam basınç |
| EER | : Energy efficiency ratio |
| COP | : Coefficient of performance |

ŞEKİLLER LİSTESİ

| | |
|--|-----|
| Şekil 2.1. Sıcak Sulu Isıtma Sistemi | 11 |
| Şekil 2.2. By-Pass Detayı ve Venturi Parça | 14 |
| Şekil 2.3. Şamandıralı Kondensstop..... | 31 |
| Şekil 2.4. Termostatik Kondensstop..... | 32 |
| Şekil 2.5. Termodinamik Kondensstop | 32 |
| Şekil 2.6. Kızgın Yağ Tesisat Şeması | 42 |
| Şekil 2.7. Kızgın Yağ Tesisinde Pompa Gidiş Hattında..... | 48 |
| Şekil 2.8. Pompa Dönüş Hattında | 48 |
| Şekil 3.1. Değişik Tür Termometre Örnekleri..... | 53 |
| Şekil 3.2. Buhar Sıkıştırma Çevriminin Ana Kısımları (Pistonlu Kompresörlü)..... | 55 |
| Şekil 3.3. Buhar Sıkıştırmada Kullanılan Çeşitli Kompresörler | 55 |
| Şekil 3.4. Ejektör Soğutma Çevrimi | 56 |
| Şekil 3.5. Basit Hava Çevriminin Jet Motoruna Uygulanışı | 57 |
| Şekil 3.6. Faraday Deneyi..... | 58 |
| Şekil 3.7. Bıçaklı Tür Rotorlu Kompresör Şeması..... | 66 |
| Şekil 3.8. Kanatlı Tür Rotorlu Kompresör | 67 |
| Şekil 3.9. Elektrik Motoru İçinde Hermetik Kompresör | 69 |
| Şekil 3.10. Vidalı Kompresör Prensibi | 71 |
| Şekil 3.11. Doğal Hava Akımlı Hava Soğutucu Evaporatör | 75 |
| Şekil 3.12. Klima Evaporatör ve Kondenseri..... | 77 |
| Şekil 4.1. Pencere Tipi Klima..... | 90 |
| Şekil 4.2. Salon Tipi Klimalar | 91 |
| Şekil 4.3. Çatı Tipi Klima (Roof Top)..... | 92 |
| Şekil 4.4. Merkezi Klima Santrali | 94 |
| Şekil 4.5. Yer Tipi Fan Coil Ünitesi | 95 |
| Şekil 4.6. Yangın Damperi | 99 |
| Şekil 5.1. Sabit Havalı Tek Zonlu Sistemler | 112 |

| | |
|--|-----|
| Şekil 5.2. Sabit Havalı-Zonlarda Tekrar Isıtılmalı Sistem..... | 114 |
| Şekil 5.3. İndüksiyon VAV Kutusu | 117 |
| Şekil 5.4. Tipik Çok Zonlu Cihaz Sistemi..... | 122 |
| Şekil 5.5. Jeotermal Kaynaklı Klima Cihazı | 135 |
| Şekil 5.6. Toprak Kaynaklı Sistemde Yatay Isı Değiştirici..... | 137 |
| Şekil 5.7. Toprak Su Kaynaklı Sistemde Dikey Isı Değiştirici | 138 |
| Şekil 5.8. Gaz Yakıcı Örneği..... | 141 |

TABLolar LİSTESİ

| | |
|--|-----|
| Tablo 2.1. Boru aplarına Göre Buhar Kapasitesi..... | 29 |
| Tablo 2.2. Taş Kalınlığına Göre Verim Kayıpları | 34 |
| Tablo 2.3. Kazan Suyu için En Yüksek Değerler..... | 35 |
| Tablo 2.4. Suyun Karakteristik zellikleri..... | 39 |
| Tablo 3.1. Soğutucu Akışkanların Tanımlanması..... | 63 |
| Tablo 3.2. Kondenser Isısı Evaporatör Isısı Oranları..... | 73 |
| Tablo 3.3. Sıvı Soğutucu Evaporatör Tipleri..... | 76 |
| Tablo 3.4. Bakır Boru lleri..... | 78 |
| Tablo 3.5. Soğuk Borular İçin İzolasyon Kalınlıkları..... | 80 |
| Tablo 4.1. Havalandırma Kanallarında Kesit İlişkileri..... | 96 |
| Tablo 6.1. Taşınan Enerji Miktarı Formülündeki Semboller ve Debi Hesabı..... | 157 |
| Tablo 6.2. Çekilen Enerji Formülündeki Semboller ve Güç Hesabı..... | 158 |
| Tablo 6.3. Enerji Taşıma Yöntemlerinin m ² Başına Yatırım Maliyeti..... | 158 |

İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE ENERJİ TAŞIMA YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

AYTEK BAŞER

ÖZET

Anahtar Kelimeler: İklimlendirme sistemleri, enerji tasarrufu, enerji taşıma maliyeti, sistem optimizasyonu.

Tesisat mühendisinin tasarımında, uygulamada ve işletmede başarısı en uygun sistemi oluşturması ve sürekliliğini teminiyle ölçülmeye başlanmıştır. En uygun sistemin tanımındaysa enerji maliyetleri birinci sırayı almaktadır. Sistem maliyetinin optimizasyonu için ömür boyu maliyet kavramı kullanılabilir.

Bir mekanik tesisatın ekonomik ömrünü 25 yıl olarak alabiliriz. Bu durumda seçeceğimiz sistem 25 yıl içinde ihtiyacımızı en iyi biçimde karşılamalıdır. Burada işe öncelikle binadan başlamak gerekliliği açıktır. Mimari tasarım öncelikle enerji ekonomisini gözeterek biçimde tasarlanmış olmalı ve uygun mekanik sistemin kurulmasına elverişli olmalıdır.

Binalarda dağıtım ve sirkülasyon hatlarındaki ısı kaybı, pompalama enerjisi kaybı ve kaçakların yıllık maliyet üzerindeki etkisi çok önemlidir. Bu kayıpların değerlendirilmesiyle günümüzde merkezi sistemlerden bireysel sistemlere doğru bir eğilim olduğu gibi enerji taşıma yoğunluklarının artırılması amacıyla havalı sistemlerden sulu sistemlere ve sulu sistemlerden daha az su kullanan sistemlere ve doğrudan soğutucu akışkan dolaşımli sistemlere geçiş eğiliminden söz edilebilir.

Ayrıca güneş kolektörleriyle bütünleşmiş ısıtma ve sıcak su tesisatı, ısı geri kazanma sistemleri, yoğunmalı kazanların kullanımı, hava-su-toprak kaynaklı ısı pompaları gibi yüksek verimli veya yenilenebilir enerji kaynaklı uygulamaları daha çok tercih edilecek uygulamalar olacaktır.

Bugün görülmektedir ki; büyük yatırımlar yapmadan enerji tasarrufu imkânları iyi işletmeyle gerçekleştirilebilir. Aynı şekilde tasarımda ve uygulamada ek maliyet getirmeyen önlemler mevcuttur. Önemli olan projenin ve uygulamanın enerji bilinci içinde yapılması ve bu önlemlerin uygulanmasıdır.

Bu çalışmada bir yapının iklimlendirilmesinde, sistem optimizasyonu, enerjinin verimli kullanımı ve enerji taşıma yöntemlerinin yaklaşık maliyeti konfor, güvenilirlik, bakım ve işletme giderleri de dikkate alınarak anlatılmaktadır.

COMPARISSION OF ENERGY TRANSPORTATION WAYS AT AIR CONDITIONING SYSTEMS

AYTEK BAŞER

SUMMARY

Keywords: Air conditioning systems, Energy saving, Cost of energy transportation, System optimization.

The success of the installation engineer in design, practice and operation has come to be measured with respect to his/her capability in establishing and maintaining an optimum system. In the definition of an optimum system, energy costs are given the biggest concern. For the optimization of the system costs, the lifelong cost concept can be used.

We can take the life of a mechanical installation as 25 years. In this case, the systems we select must satisfy our needs in the most effective manner for 25 years. Here, it is obvious that the primary concern will be the building. The architectural design must take into consideration the energy economy and allow the establishment of a suitable mechanical system in the first instance.

The effect of heat loss, pumping loss and leakages in the distribution and circulation lines in the buildings on the annual cost is very important. With the evaluation of these losses, today, there is a tendency in shifting from the central systems to individual systems, and also there is a tendency in shifting from aerial systems to aqueous systems and from aqueous systems to the systems using less water and directly coolant fluid systems with a view to increase the energy transportation densities. Moreover, heating and hot water installations integrated with sunlight collectors, heat-recycling systems, utilization from condensation boilers, air-water-soil sourced heat pumps, and other high yield or renewable energy resources applications will be increasingly preferred.

Today, obviously, it is possible to realize energy saving possibilities without big investments though good management. Similarly, there are measures that do not bring additional costs in design and practice. The important thing is to have energy awareness during design and practice.

In this research, system optimization, efficient power utilization and estimated cost of energy transportation ways of air-conditioning of a building have been explained depending on comfort, reliability, maintenance and operational costs.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Ülkemizde 1945 nüfus sayımına göre 17 milyon insan bulunmaktaydı, bunun % 20'si, yani; 3,4 milyonu şehirlerde, geri kalan 13,6 milyonu köylerde yaşamaktaydı. Aradan geçen 60 yılı aşkın sürede bugün ülkemizde yaklaşık 72 milyon insan bulunmakta, bunun % 60'ı, yani 43 milyonu şehirlerde geri kalan 29 milyonu köylerde yaşamaktadır.

Aradan geçen bu sürede köylerimizin nüfusu yaklaşık 2 misli artarken şehirlerimizin nüfusu tam 12 misli artmıştır. Bu artış çok hızlı ve ürkütücü bir artıştır. Bu ürkütücü nüfus artışının sonucu, bilhassa şehirlerimiz olabildiğince yapılaşmış ve hızla büyümüştür. Ancak bunun sonucu planlı bir yapılaşma olmamış, büyük şehirlerimiz sadece kalabalık yaşam merkezleri haline gelmiştir.

Burada şehirlerimiz için sadece kalabalık bir yaşam merkezleri haline gelmiştir diyoruz çünkü mevcut yapılaşmada bilhassa çok katlı binalarda, şehirlerimizde inşaat tekniği yönünden başta yer ve zemin seçimi ile şehircilik esaslarına göre arsa parselasyonu bina zeminlerinin neme karşı yalıtımı ve drenajı, depreme karşı yeterli temel, betonarme tedbir ve dizaynı ile en önemlisi ısı yalıtımı, ısıtma ve iklimlendirme işlemlerinde enerji tasarrufu yönünden mühendislik ve mimarlık bilgi otorite ile iş gücü ve deneyimlerinden yeterli ölçüde yararlanılmadığı açık olarak görülmektedir.

Ancak ideal bir şehir planlamasında, gelişiminde ve büyümesinde şehir planlamacıları ve mimarlar ile inşaat mühendisleri, makina ve tesisat mühendisleri, jeoloji ve çevre mühendisleri ve hatta peyzaj mimarları ile orman ve ziraat mühendisleri müştereken çalışmalı, mahalli yönetimler bu tür meslek sahiplerinin bilgi ve desteklerinden maksimum ölçüde yararlanmalıdır.

Tesisat mühendisinin tasarımında, uygulamada ve işletmede başarısı, optimum sistemi oluşturması ve sürekliliğini teminle ölçülmeye başlanmıştır. Optimum sistemin tanımındaysa başta enerji maliyetleri olmak üzere, yatırım maliyeti, bakım maliyeti, konfor ve güvenilirlik en önemli hususlardır.

Günümüzde enerjinin daha verimli kullanımı ve enerji savurganlığının önlenmesi mevcut enerji maliyetlerinden dolayı çok daha dikkat edilen bir konu olmaya başlamıştır. Her zaman önemli olan bu konu yeterince önemsenmezse gelecekte insanlar için başa çıkılmaz maliyetler oluşacaktır. Bu çalışmada ana amaç mekanik tesisatın tasarımında enerjinin doğru kullanımına katkıda bulunmak ve enerji savurganlığını mümkün olan en az seviyeye indirmektir.

Proje aşamasında ve uygulamada sistemin doğru seçilmesiyle 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 yapı ile kötü planlanan yapı arasında enerji tüketimlerinde 4–5 kat farklar oluşabilmektedir.

Bir mekanik tesisatın ekonomik ömrünü 25 yıl olarak alabiliriz. Bu durumda seçeceğimiz sistem 25 yıl içinde ihtiyacımızı en iyi biçimde karşılamalıdır. Burada işe öncelikle binadan başlamak gerektiği açıktır. Mimari tasarım öncelikle enerji tasarrufunu gözeterek biçimde tasarlanmış olmalı ve uygun mekanik sistemin kurulmasına elvermelidir.

Bugün görülmektedir ki; büyük yatırımlar yapmadan enerji tasarrufu imkânları iyi işletmeyle gerçekleştirilebilir. Aynı şekilde tasarımda ve uygulamada ek maliyet getirmeyen önlemler mevcuttur. Önemli olan projenin ve uygulamanın enerji bilinci içinde yapılması ve bu önlemlerin uygulanmasıdır.

BÖLÜM 2. ISITMA SİSTEMLERİ

2.1. Isı Enerjisi Naklinde Kullanılan Akışkanlar

Isı enerjisi naklinde, sıcak su, kızgın su, buhar, kızgın yağ olmak üzere dört cins akışkan kullanılır.

2.1.1. Sıcak sulu ısıtma sistemleri

TS 2796 veya DIN 4751 normlarına göre, çıkış suyu sıcaklığı 110 °C değerine kadar olan ısıtma sistemleri bu grup içine girer.

Maliyeti en ucuz, buna karşılık ısıyı en iyi taşıyan akışkan sudur. Suyun özgül ısı yaklaşık 1 kcal/kg°C = 4,19 kJ/kg.K değerindedir. Buna karşılık petrol ürünü yağların özgül ısı, yaklaşık 0,5 kcal/kg °C = 2,10 kJ/kg.K değerindedir.

Binaların ısıtılması için genel olarak, sıcak sulu ısıtma sistemleri tesis edilir. Yıllardan beri alışılmış olan sistem gidiş sıcaklığı 90 °C, dönüş sıcaklığı 70 °C olan ısıtma sistemidir. Hastanelerde daha sağlıklı olarak gidiş sıcaklığı 80 °C, dönüş sıcaklığı 60 °C olarak tercih edilmiştir. Gerek Avrupa'da gerekse ülkemizde bugün geçerli ısı tasarrufu yönetmelikleri veya kanunlarına uygun olarak binalar izole edildiğinden radyatör yüzeyleri daha küçük çıkmakta, işletme sıcaklıkları, 80–60°C, 70–50°C veya 65–45°C değerlerinde tutularak daha sağlıklı ısıtma yapılabilmektedir. Böylece şebeke kayıpları da azaltabilmektedir. Döşmeden ısıtma yapılması durumunda gidiş sıcaklığı 55 °C, dönüş sıcaklığı ise 45°C alınabilmektedir.

Çıkış sıcaklığı 90 °C değerine kadar olan sistemler, suyun kaynama sıcaklığının altında olduğundan buharlaşma olması söz konusu değildir ve sistem atmosfere açık olarak dizayn ve tesis edilebilir. Çıkış suyu sıcaklığı 110 °C değerine kadar olan

sistemlerde buharlaşma basıncı, genişleme deposu üzerine takılan bir güvenlik sifonu ile temin edilebilir.

Konut bloklarının bir ısı merkezinden ısıtılmasında, sistemin büyüklüğüne bağımlı olarak çıkış suyu sıcaklığı 110 °C ve dönüş suyu sıcaklığı 70 °C alındığı takdirde, sıcaklık farkı $\Delta T = 40$ °C olduğundan boru şebekesi çapları küçülür. Buna karşılık, blok binalar merkezi şebekeye doğrudan bağlandıkları takdirde veya ısı değiştiricileri üzerinden dolaylı bağlandıkları takdirde, çıkış suyunu dönüş suyu ile karıştırarak bina içinde 90 °C / 70 °C veya daha düşük sıcaklıklarla ısıtma yapılır.

2.1.2. Kızgın sulu ısıtma sistemleri

TS 2736 veya DİN 4752 normlarına göre, çıkış sıcaklığı 110 °C değerinden daha yüksek olan ısıtma sistemleri bu grup içine girer. Kızgın sulu sistemler iki gruba ayrılır;

- Müsaade edilen maksimum çıkış suyu sıcaklığı 130 °C olan ısıtma sistemleri. Bunlarda kendi içinde iki grupta değerlendirilir. İlki, çıkış suyu sıcaklığı basınç sınırlandırması ile güvenceye alınan sistemlerdir. Emniyet ventili ayar basıncı 1,5 bar, statik basınç ise max. 50 mSS değerindedir. İkincisi ise, çıkış suyu sıcaklığı, sıcaklık sınırlandırmasıyla güvenceye alınan sistemlerdir. Emniyet ventili ayar basıncı 1,5 ile 6,5 bar, statik basınç ise max. 50 mSS değerindedir.

- Müsaade edilen çıkış suyu sıcaklığı 130 °C değerinin üzerinde olan sistemlerdir [7].

Konfor ısıtmasında, kat ısıtmasından blok ısıtmasına ve hatta bölge ısıtmasına kadar, sıcak sulu ısıtma sistemleri kullanılmaktadır. Site veya bölge ısıtmasında belli bir kapasiteye kadar 110 °C veya 120 °C çıkış suyu sıcaklıklı sıcak sulu ısıtma sistemleri kullanılır. Büyük kapasiteli bölge ısıtmalarında 120 °C ile 180 °C arasında çıkış suyu sıcaklıklarında kızgın sulu ısıtma sistemleri kullanılır. Kızgın sulu ısıtma sistemleri ayrıca, proses ile ilgili yüksek sıcaklık ihtiyacı olan sanayi tesislerinde de kullanılır. Katı veya sıvı yakacak kullanılması halinde, eğer yakacakta kükürt miktarı yüksek

ise kazana dönüş sıcaklığını ve buna bağımlı olarak kazandan çıkış sıcaklığını korozyonu önlemek maksadı ile yüksek tutmak gerekir.

2.1.3 Buhar ile ısıtma sistemleri

2.1.3.1. Alçak basınçlı buharla ısıtma sistemleri

Buhar basıncı TRD 701'e (Technische Regeln für Dampf Kessel - Buhar kazanları için teknik kurallar) göre maksimum 1 bar olan sistemlerdir. (01.07.1980'den Önce bu sınır değeri 0,5 bar idi)

2.1.3.2. Yüksek basınçlı buhar ile ısıtma

Buhar basıncı 1 bar değerinin üstünde olan sistemlerdir. Günümüzde konfor ısıtması için buharla ısıtma sistemleri artık kullanılmamaktadır. Seyrek veya periyodik kullanılan ve çabuk ısıtılması gereken fuar ve sergi salonları gibi özel durumlarda kullanılabilir. Buharla ısıtma yerine; sıcak sulu veya kızgın sulu ısıtma sistemi daima tercih edilmelidir.

Buharın yüksek sıcaklık ve yüksek ısı taşıma özellikleri nedeni ile buhara ihtiyaç varsa, örneğin endüstriyel mutfaklar, çamaşırhaneler, fırınlar, otoklavlar vs. için buharlı ısıtma sistemi tercih edilir. Bazen sıcak veya kızgın sulu sistemin yanında ihtiyaca cevap verecek kapasitede ayrıca bir buharlı sistem tesis edilir.

Yüksek basınçlı buharla, genellikle 10 bar işletme basıncına kadar ve buna bağlı olarak 180 °C işletme sıcaklıklara kadar, buharlı ısıtma kullanılır. Buhara nispeten az miktarda ve yerel ihtiyaç olan yerlerde buhar jeneratörleri de kullanılabilir.

2.1.4. Kızgın yağ ile ısıtma sistemleri

Kaynama sıcaklıkları 260 °C ile 390 °C arasında değişen ısı transfer yağları kullanılan ısıtma sistemleridir.

Tekstil, ağaç, otomotiv ve kimya sanayi gibi tesislerde endüstriyel ısıtma, kurutma ve pişirme gibi yüksek çalışma sıcaklıklarına ihtiyaç olan proseslerde, eskiden yüksek basınçlı buhar veya kızgın su kullanılırdı. Şimdi ise aynı maksat için 300 °C sıcaklıklara kadar, kızgın yağlı ısıtma sistemleri tercih edilmektedir.

Proses ihtiyacı yüksek sıcaklık uygulamalarında kızgın yağ tercih edilmesinin en önemli nedeni; yüksek sıcaklık karşılığı olan buhar basıncının yüksek olmasıdır. Bu nedenle yüksek buhar basıncında çalışma riskini ortadan kaldırmak için kızgın yağ kazanları kullanılmaktadır.

Sistemde en üst noktadaki basınç maksimum 1 bar; sistem yüksek basınçlı olmadığından daha güvencelidir, korozyon tehlikesi yoktur. Sistemin toplam maliyeti, genel olarak buharlı veya kızgın sulu sistemden daha azdır. Tesis yerel olarak ve sadece yüksek sıcaklık isteyen proses için kurulur.

2.2. Sıcak Sulu Sistemler

2.2.1. Genel bilgiler

Prensip olarak su sıcaklığı 110 °C değerinin altındadır. Ancak uygulamada genellikle 90–70°C işletme sıcaklığına sahip sistemler kullanılır. Binaların ısıtılması için genel olarak, sıcak sulu ısıtma sistemleri tesis edilir. Yıllardan beri alışılmış olan sistem gidiş sıcaklığı 90 °C, dönüş sıcaklığı 70 °C olan ısıtma sistemidir. Hastanelerde daha sağlıklı olarak gidiş sıcaklığı 80 °C, dönüş sıcaklığı 60 °C olarak tercih edilmiştir. Gerek Avrupa'da gerekse ülkemizde bugün geçerli ısı tasarrufu yönetmelikleri veya kanunlarına uygun olarak binalar izole edildiğinden radyatör yüzeyleri daha küçük çıkmakta, işletme sıcaklıkları, 80/60 °C, 70/50 °C veya 65/45 °C değerlerinde tutularak daha sağlıklı ısıtma yapılabilmektedir. Böylece şebeke kayıpları da azaltabilmektedir.

Döşemedi ısıtma yapılması durumunda gidiş sıcaklığı 55 °C, dönüş sıcaklığı ise 45°C alınabilmektedir.

90/70 °C sıcak su kullanıldığında sistemi tek devreli yapmak mümkündür. Bu durumda blok altlarındaki eşanjör ortadan kalkar. Ayrıca basınç düşük olduğundan kullanılan cihaz ve elemanlar daha ucuz, sistem daha basit ve güvenilirdir. Boru şebekesindeki ısı kaybı daha azdır. Buna karşılık düşük sıcaklık farkı dolayısıyla boru çapları büyük ve ısıtıcı yüzey miktarları fazladır. Bir diğer dezavantaj da sistemdeki su miktarının fazlalığıdır.

Kapalı genleşme kabı kullanılarak sıcak su sistemlerinde 110 °C'ye kadar çıkmak mümkündür. Bu durumda sıcaklık farkları da arttırılabilir. Kazan su çıkış sıcaklığı 110 °C olduğunda, 110/90 °C veya 110/70 °C gibi sistemler kullanılabilir.

Yukarıdaki avantajları nedeniyle bölge ısıtması düşünüldüğünde öncelikle sıcak su ısıtma alternatifi üzerinde durulmalıdır. Bu çözümün ekonomikliğini ölçüde kaybettiği büyüklük sınırına kadar, sıcak su sistemleri tercih edilmelidir. Özellikle bölge ısıtmasında, sistemin ekonomikliği pek çok faktöre bağlı olmakla birlikte yarıçapı 500m'den küçük olan bölgelerde sıcak su genellikle teknik ve ekonomik açıdan avantajlı olmaktadır. Bu sistem konut sitelerinde, iş merkezlerinde, hastanelerde, büyük otellerde başarıyla kullanılabilir.

Bir sıcak su sistemi genel olarak sıcak su kazanı, su taşıyıcı borular, ısıtıcı elemanlar, sirkülasyon pompası, genleşme kabı, otomatik kontrol cihazları ve çeşitli donatım ve ara parçalarından oluşur. Isıtıcı akışkan olarak sıcaklığı 110°C değerinin altında bulunan sıcak su kullanılır. Sıcak su sistemlerinin büyük çoğunluğu atmosfere açıktır ve su sıcaklığı 90°C değerini aşmaz. Sıcak su kazanında üretilen sıcak su borularla ısıtılacak hacimlere yerleştirilmiş radyatör, konvektör, sıcak hava apareyi gibi ısıtıcı elemanlara taşınır. Burada soğuyarak ısınıp oda hacmine bırakan sıcak su, kazana geri döner. Suyun dolaşımı eski sistemlerde doğal olarak (gravite ile), yeni sistemlerde ise daha ekonomik ve konforlu olduğu için sirkülasyon pompaları ile sağlanır. Sirkülasyon pompaları gidişe monte edilmelidir. (Bkz. Şekil 2.1)

Sistemde mevcut suyun ısınması sırasında artan hacim, genleşme kabı adı verilen bir depoda toplanır. Modern sistemlerde ise dış hava sıcaklığına göre çalışan Ecomatic panelli sistemler kullanılır. Su sıcaklığı 90/70°C yerine 70/55°C seçilerek, düşük

sıcaklık ısıtması konforu sağlanabilir. Ayrıca radyatörlerde termostatik vana kullanılır.

Sıcak sulu sistemler çeşitli kıstaslara göre aşağıdaki sınıflara ayrılırlar:

- Dolaşım şekline göre; doğal dolaşım, pompalı dolaşım.
- Uygulama büyüklüğüne göre; kat kaloriferi, merkezi blok ısıtması, bölgesel ısıtma.
- Genleşme kabına göre; açık veya kapalı genleşme kabı.
- Boru tesisatına göre; tek borulu, çift borulu.
- Dağıtım ve toplama biçimine göre; alttan dağıtım ve toplama, üstten dağıtım alttan toplama.

Doğal dolaşımli sıcak su sistemlerinde su gravite yardımı ile dolaşır. Kazanda ısınan su hafifler ve sistemin üst kısımlarına çıkar. Burada radyatörlerde soğuyup ağırlaşarak tekrar kazana geri döner. Dolaşım hızı geliş ve dönüşteki su sıcaklıkları arasındaki farka bağlıdır. Basınç farkları küçük olduğu için, büyük boru çapları gerektirir. Genellikle çift borulu olarak yapılır.

Çift borulu sistemler içinde ise; sürtünme kayıplarının daha dengeli dağıldığı üstten dağıtım alttan toplama sistemi doğal dolaşım için en uygun çözümdür. Doğal dolaşımli sistemler bugünkü uygulamalarda yerlerini tamamen pompalı sistemlere bırakmışlardır.

2.2.2. Pompalı sıcak sulu ısıtma sistemleri

Pompalı sistemlerde sistemin bütün elemanlarında iyi bir dolaşım temin edilebilmektedir. Isıtma yükünün değişimine uygun olarak sistemdeki suyun sıcaklığı her noktada hızlı bir şekilde değiştirilebilir. Boru çapları doğal dolaşıma göre daha küçük tutulabilir.

Bu sistemde suyun çalışma sıcaklıkları esnektir. 90°C olan çalışma sıcaklığı için dizayn edilmiş bir sistem, bahar ayları gibi ısı yükünün az olduğu zamanlarda daha düşük sıcaklıklarda çalıştırılabilir. Kısacası konfor ısıtmasına uygunluğu, esnekliği, ucuzluğu ve basitliği pompalı ısıtma sistemlerinin tercih nedenleridir. Burada boru

çaplarını belirlerken, en kritik devrede özgül basınç düşümünün 10 mmSS/m değerlerinden küçük olması önerilir.

2.2.3. İki borulu pompalı sıcak su sistemleri

Bu sistemde her ısıtıcıya biri besleme ve diğeri toplama olmak üzere iki boru ulaşır.

2.2.3.1. Alttan dağıtma alttan toplama sistemleri

Bu sistemlerde genellikle bodrum kata yerleştirilen sıcak su kazanından çıkan ana besleme borusu, sirkülasyon pompaları emiş kollektörüne gelir. Pompa çıkış kollektörü ise dağıtma kollektörü görevi yapar. Dağıtma kollektöründen yatay ana besleme boruları ile bodrum katı tavanı seviyesinde istenilen noktalara dağıtım yapılır. Bu noktalardan besleme kolonu adı verilen dik borularla su üst katlara ulaşır.

Her radyatöre branşmanlarla besleme kolonundan sıcak su bağlanır. Radyatör dönüşleri ise birer branşmanla besleme kolonuna paralel toplama veya dönüş kolonuna bağlanır. Dönüş kolonları bodrum katta toplanan yatay ana borular ile birleşirler. Böylece bütün radyatörlerden toplanan su, dönüş kollektörüne ulaşır. Kazan girişinde kapalı genişleme kabı bağlıdır. Genleşme kabı ile kazan arasında prensip olarak vana bulunmamalıdır.

2.2.3.2. Üstten dağıtma alttan toplama

Üstten dağıtma alttan toplama sisteminde ise kazandan çıkan ana besleme kolonu ile su çatı katına ulaşır. Buradan %1 veya %2 eğimli dağıtım boruları ile çatı içinde düşey kolonlara ulaşır, düşey besleme ve branşmanlarla radyatörler sıcak su ile beslenir. Dönüş ise bir önceki sistemin aynıdır.

2.2.3.3. Üstten dağıtma üstten toplama

Eğer bodrum katta boruları geçirmek üzere hiçbir yer yoksa şemsiye de denilen üstten dağıtma üstten toplama sistemleri kullanılabilir. Sistem pompa yardımı ile

dođal dolařma karřı çalıřtıđı için, 90/70°C sistemin basınç kaybı hesabında 1m dūřey boru için 12,5 mmSS eklenmelidir (Gidiř ve dōnūř boruları toplamında 25mmSS/m eklenmelidir.) [8].

İki kattan yūksel yapılarda radyatōr vanalarıyla reglaj yapılması teorik olarak su dağıtımını dengelerse de ses problemi nedeniyle zorunlu kalınmadıkça bu sistem seçilmemelidir. atı ısı merkezlerinde (yūksel yapılarda) gidiş ve dōnūř boruları en alt kata inip dağıtım alt kattan yukarı doğru yapılmalı, yūkselen gidiş borularının havalıkları yine çatıda toplanmalıdır.

Açık genleřme kabı kullanarak diđer dađıtım biçimleriyle de sistem oluřturulabilir. Gūnūmūzde açık genleřme kabı kullanımı terk edilmektedir. Bu sistemde binanın en ūst seviyesinde genleřme deposu vardır. Bu depo gidiř ve dōnūř emniyet boruları adı verilen birer boru ile kazan giriř ve ıkıřma arada hiç vana olmaksızın bađlanır. Ayrıca būtūn çıkıř kolonları bir havalık borusuyla genleřme deposuna bađlıdır.

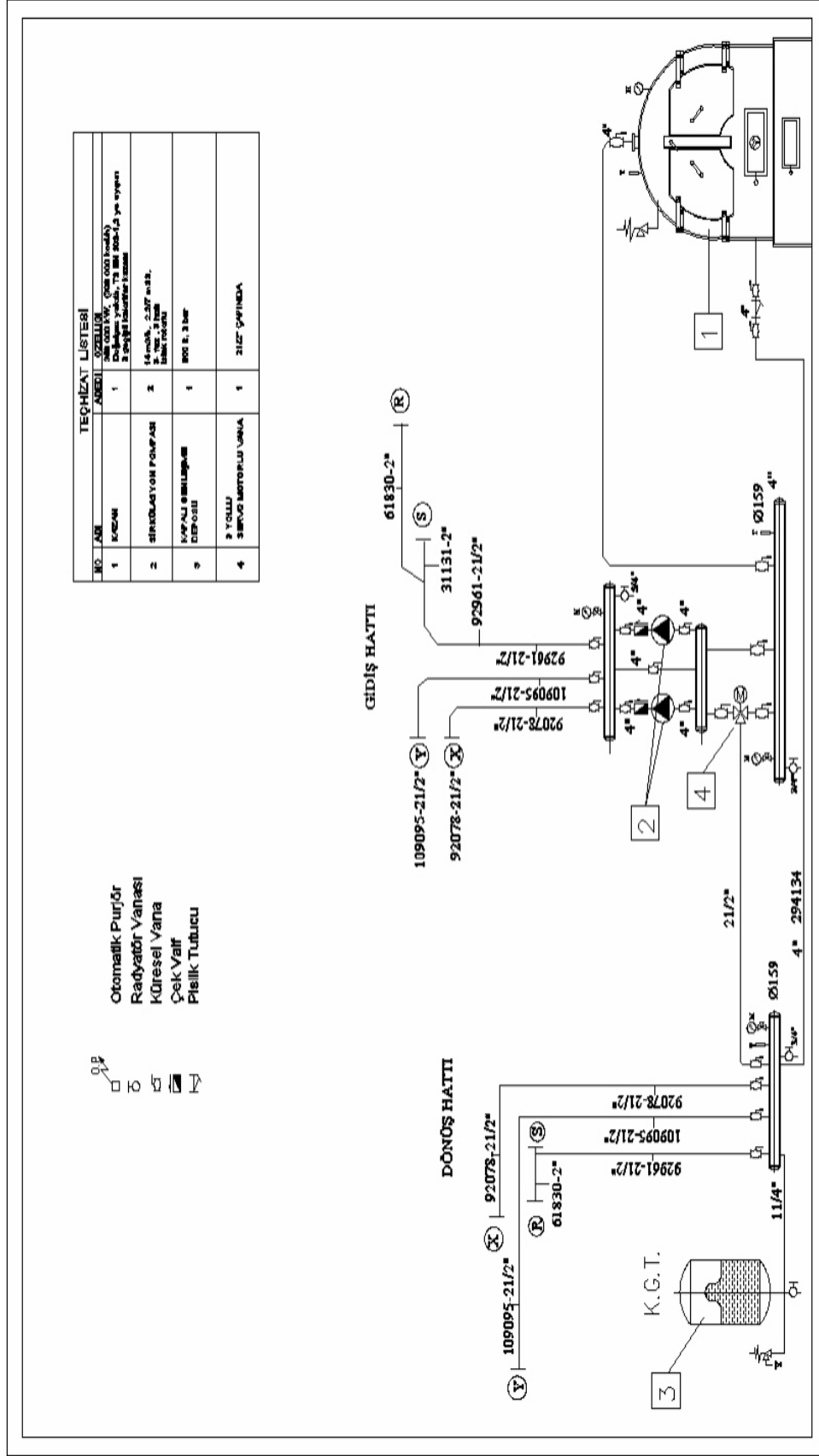
Alttan dağıtma alttan toplama sistemleri klasik sistem olup;

- Daha az boru kullanıldığından daha ucuzdur.
- Borularda ısı kaybı daha azdır.
- Sistemde basınç dağılımı dengesizdir. Bu nedenle kolon ve radyatōr muslukları ile yapılacak reglaj ayarı çok önemlidir.

Ūstten dađıtma alttan toplama ise daha pahalı ancak daha dengeli bir ōzūm olarak bilinmektedir.

2.2.4. Tek borulu d ağıtma sistemleri

Kazandan çıkan ana besleme borusu sıra ile būtūn radyatōrleri dolařır. Her radyatōr geređi kadar sıcak suyu bir branřman ile ana borudan alır. Ana boruda kesit daraltılır. Radyatōrde sođuyan su tekrar ana boruya verilir. Her radyatōrden sonra ana borudaki suyun sıcaklıđı biraz dūřer. Būtūn radyatōrleri dolařarak sođuyan ana borudaki su kazana dōndūrūlūr.



Şekil 2.1 Sıcak sulu ısıtma sistemi

Sistemin ana özelliği dönüşe yakın radyatörlerin daima daha az sıcak su ile çalışmasıdır. Bu özellikten dolayı aynı hat üzerinde kullanılacak radyatör sayısı sınırlıdır. Önce kuzey yönündeki radyatörlere sıcak su verecek şekilde dağıtım yapılması, 25.000 kcal/h'e kadar olan kapasitelerde yeterli düzeltmeyi pratik olarak sağlayacaktır. Daha çok sayıda radyatör kullanılması gerektiğinde özellikle çok katlı binalarda paralel tek borulu dağıtım sistemleri kullanılır. Bu sistemler boru yatırımından önemli ölçüde ekonomi sağlarlar. Isıtılan hacimde az boru bulunması nedeniyle estetik olarak çift borulu sistemlere göre daha avantajlıdır. Özellikle kat kaloriferi gibi küçük çaplı uygulamalarda çok yaygın olarak kullanılırlar.

Tek borulu sistemlerin en önemli problemlerinden biri de ana borudan radyatörlere alınan su debisinin ayarılmasıdır. Bunun için genellikle uygulanan yöntem radyatör altında ana boru çapını daraltmaktır. İkinci yöntem, ise özel fitting kullanmaktır. Ayrıca radyatör vanalarından reglaj yapma olanağından da yararlanılabilir. Bu sistemin avantajları;

- Montajı basittir.
- Sistem ucuzdur.
- Sistem kat kat düzenlenirse, her daireye verilen ısının ölçülmesi mümkündür.
- Daha az delik delme gereksinimi vardır.
- Estetiktir

2.2.5. Hava tahliyesi

Sıcak sulu ısıtma sistemlerinde hava, sistemdeki su dolaşımını engeller ve korozyona neden olur. Hava yapan boru ve radyatörler iyi çalışmaz. Hatta bazen sistemin bir bölgesinde dolaşım tamamen durabilir.

Suyun içerdiği hava miktarı sıcaklığa ve basınca bağlıdır. 1 bar'da 10°C sıcaklıkta 1 m³ suda, 43 litre erimiş hava bulunur. 90°C'de bu değer 20 litreye düşer. Böylece su soğukken içinde eriyen hava, ısındığında gaz halinde açığa çıkar. Su ile birlikte sürüklenen bu hava, su hızı ne kadar fazla ise sudan o kadar zor ayrılır. Kalorifer tesisatından hava alınırken pompanın durdurulması yararlıdır. Sıcak sulu ısıtma sistemlerinde hava oluşmasının ana kaynakları; sisteme beslenen taze su ve açık

genleşme kaplarıdır. Bu kaynaklardan giren erimiş haldeki hava kazanda ısınma sırasında veya basıncın düşük olduğu, hatta negatif olabildiği üst katlarda gazlaşarak açığa çıkar.

Pratikte, oluşan havanın hareketini boru sistemi içinde en yüksek noktaya doğru yönlendirmek için yatay borulara akış yönünde yukarı doğru hafif bir eğim (%1 veya %2) verilir. Yatay 1 m boruda 1 cm kadar eğim yeterlidir. Açık genleşme kabı kullanıldığında, kolon sonlanıp toplanıp bu kaba bağlanır. Havalık borularını çatı arasında bulunur. Havalık borularını çatı arasına çıkarma olanağı olmayan yerlerde tavan altında toplayarak emniyet gidiş borusuna veya diğer bir kolona bağlamak mümkündür. Havalık boruları kolona bağlanacaksa, 500mm aşağıya indirilip sifon oluşturularak hava tamponu meydana getirilmelidir.

Sıcak sulu kalorifer tesisatından, ana dağıtma ve toplama borularında oluşan havanın havalık borusu ile genleşme deposuna götürülmesinin olanaksız olduğu yerlerde hava tüpleri kullanılır. Tüplere otomatik pürjör veya ½" boşaltma vanası monte edilir. Hava boşaltma borusu drenaj kanalına ucu açık olmak üzere (vananın su kaçırmaması halinde görülebilmesi için) bağlanır. Ayrıca merkezi hava boşaltma tüplerine bağlanamayan radyatör ve kolonlara pürjör takılır. Böylece bu elemanlarda tekil olarak hava boşaltımı gerçekleştirilir.

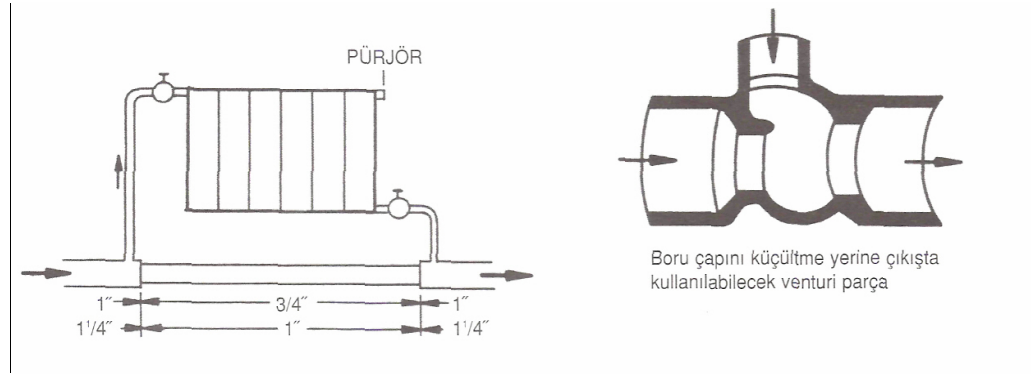
2.2.6. Sirkülasyon pompasının yeri ve sistemde basınç dağılımı

2.2.6.1. Açık genleşme depolu sistemler

Genleşme kabının sisteme bağlandığı nokta, statik veya durgun noktadır. Bu noktada pompanın yarattığı fark basıncı sıfırdır. Bu noktadan çıkış yönünde pompaya kadar emiş (negatif basınç), pompadan bu noktaya kadar (akış yönünde) basma (pozitif basınç) oluşur. Genellikle genleşme kabı kazana bağlandığından; pompa basma tarafında ise, bütün borularda pompanın yarattığı fark basıncı pozitifdir. Pompa emişte ise tam tersine pompanın yarattığı fark basıncı negatif değerdedir.

Sistemde herhangi bir noktadaki basınç ise; söz konusu noktadaki suyun statik basıncı ile fark basıncının toplamına eşittir. Özellikle üst katlarda toplam basınç değeri ilginçtir. Eğer pompa basma tarafında ise sistemde her noktada toplam basınç pozitifdir. Hâlbuki pompa emişte ise toplam basınç statik basınç ile pompanın yarattığı emiş basıncının (pompa basıncının) farkına eşittir.

Eğer statik basınç, o noktadaki pompanın emiş basıncından küçükse söz konusu noktada negatif basınç, yani vakum ortaya çıkar. Vakum halinde hem vana kafalarından, hem hava tüplerinden sisteme hava emilir; hem de suyun içinde erimiş hava açığa çıkarır. Buna pratikte hava yapma adı verilir. O halde pompa emişte ise, pompanın basıncı hiçbir noktada, oradaki statik basıncı geçmemelidir. Bu açıdan en kritik noktalar en üst kattaki radyatörlerdir.



Şekil 2.2 By-Pass detayı ve venturi parça

Bu radyatörlerle, genişleme deposundaki su seviyesi arasındaki seviye farkı pompa basıncından büyük olmalıdır. Sirkülasyon pompasının basma tarafına konması halinde sistemde hava yapabilecek kritik nokta olmayacaktır.

Bu nedenle yüksek basınçlı pompanın kullanıldığı büyük ve yaygın sistemlerde pompa mutlaka basmaya konulur. Açık genişleme deposunun çatı arasına konmadığı, dolayısı ile yeterli statik basınç sağlanamayan küçük sistemlerde de (özetlersek her zaman) pompa gidişe monte edilmelidir. Pompanın basma tarafında olmasının tek sakıncası daha yüksek su sıcaklıkları ile çalışma zorunluluğudur. Ancak günümüzde

basit dolaşım pompaları da 120°C sıcaklığa kadar problemsiz çalıştığı için, gidiş monte edilen pompalarda sorun oluşmaz.

Sonuç olarak sirkülasyon pompaları alışkanlıkların tersine, mutlaka gidiş monte edilmelidir.

2.2.6.2. Kapalı genleşme depolu sistem

Kapalı genleşme depolu sistemlerde, genleşme deposu genellikle kazan dairesinde ve alçakta bulunur. Kapalı deponun sisteme bağlandığı nokta yine durgun noktadır ve dolaşım pompasının yarattığı fark basıncı sıfır değerindedir.

Bu noktadaki statik basınç ise, genleşme deposundaki sıkıştırılmış gaz tarafından uygulanan basınç değerindedir. Pompa kapalı genleşme depolu sistemlerde de kazan çıkışında olmalıdır. Genleşme kabı ise kazan girişinden önce bağlanır. Dolayısı ile bütün boru şebekesi pozitif basınç altında tutulur. Bu durum özellikle 100°C üzerindeki kızımsu sistemlerinde ve çatı katı kazan dairelerinde çok önemlidir. Boruların herhangi bir noktasında buharlaşma olmaması için, her yerde toplam basınç buharlaşma basıncından daha yüksek olmalıdır. Çatı ısı merkezlerinde sistemin susuz kalma riskini azaltmak için; genleşme deposu kazan üst seviyesinden yukarıya monte edilmelidir.

Açık genleşme depolu sistemler yerine aşağıda verilen avantajları nedeniyle kapalı genleşme depolu sistemler tercih edilmelidir

- Kalorifer tesisatı kapalı sisteme dönüşeceği için su ile havanın teması olmayacak, devreye oksijen giremeyecek, çelik asılı radyatör ve kazanların korozyonları önlenecektir.
- Devre kapalı olduğundan suyun buharlaşması olmayacak, yani su azalmayacak, ısı kaybı da olmayacaktır.
- Kazana su verilmesi sadece başlangıçta olacağı için kazandaki kireçlenmeler en aza inecektir.

- Kazan dairesinde kazanın yanına yerleştirilir. Kontrolü kolaydır. Donma tehlikesine maruz kalmaz. Çatıya çekilen tesisat ortadan kalkar.

2.2.7. Su hızı

Su hızı, pompa basıncı ile boru sistemindeki akışa karşı dirençlerin dengelendiği noktada oluşan hız değeridir. Sistemde sürtünme ve özel kayıplardan oluşan direnç, hızın karesi ile orantılıdır. Yani hız iki katına çıktığında direnç dört kat artar. Hız üç katına çıktığında ise, direnç dokuz kat artacaktır. Bu direnç değeri, pompa basıncına eşit oluncaya kadar su hızı ve buna bağlı olarak debi artar. Pompa basıncını veya borudaki dirençleri azaltarak su hızını ve debisini artırmak mümkündür. Bunun için pompa devir sayısını artırmak, daha büyük pompa kullanmak veya boru çapını artırmak gerekir. Öte yandan aynı debiyi dolaştırırken, daha düşük hızlarda (bu demektir ki daha düşük basınç kaybı ile) pompanın harcayacağı güç daha azdır. O halde boru çapları büyük seçildiğinde işletme gideri (elektrik sarfiyatı) azalırken, boru yatırım maliyeti artar. Genellikle su hızının seçiminde ana kıstaslardan birincisi bu ekonomik düşüncedir.

Su hızının seçiminde diğer bir önemli kriter sestir. Su akış sesi çevreyi rahatsız etmemelidir. Bu nedenle konfor ısıtmasında su hızı branşmanlarda 0,2–0,3 m/s mertebelerinde seçilir. Su hızının 2" kadar borularda 1 m/s, daha büyük çaplı borularda ise 1,5 m/s değerini aşması istenmez. 2 m/s hıza ulaştığında ses oluşur.

Bölge ısıtması veya endüstriyel ısıtmada ana dağıtım borularında hızlar 2 m/s değerlerine kadar çıkabilir. Burada boru boyutlandırma ana kıstas ekonomiktir. Ortalama basınç düşümlerinin; küçük tesislerde (2×10^6 kcal/h kadar) 5–8 mmSS/m, orta tesislerde (10×10^6 kcal/h kadar) 8–15 mmSS/m ve büyük tesislerde 15–20 mmSS/m hesaplanmasını öneririz.

2.2.8. Sistemde donmanın önlenmesi

Sıcak su sistemlerinin tasarımında su sıcaklığının donma noktasının altına düşmemesi için gerekli önlemler alınmalıdır. Özellikle ısıtılmayan ve sıcaklığı

donma noktasının altına düşebilen hacimlerden geçen borular ve böyle hacimlere yerleştirilmiş radyatörler bulunması halinde, bu durum söz konusudur.

Büyük binaların ısıtılmasında, sistemde bu şekilde donma noktası altında elemanlar bulunması olasılığı daha fazladır. Sirkülasyon devam ettiği yani pompa çalıştığı sürece herhangi bir donma söz konusu değildir. Çünkü sürekli olarak daha sıcak akışkanla beslendiği için boru veya radyatörler sıfırın altındaki sıcaklıklara açık bile olsalar, dolaşan su sıcaklığı yüksek olacaktır.

Kazan çalışmıyor bile olsa bütün sistemdeki su sıcaklığı donma noktası altına düşmeden herhangi bir donma olayı meydana gelmez. Soğuk iklimlerde, geceleri ve hafta sonlarında çalışmayan iş yerlerinde sirkülasyon pompası bu yüzden devamlı çalıştırılmalıdır. Eğer sistem uzun süreli olarak susturulacak ise bu durumda ısıtma sisteminde mevcut bütün suyun tamamen boşaltılması gerekir. Radyatör dilimlerinin alt kısımlarında kalan az miktarda suyun bile donarak o noktalarda çatlamalara neden olduğu pratikte görülmüştür.

Antifriz kullanarak donma olayının önlenmesini, ısıtma sistemlerinde önermiyoruz. Gerek pahalı olması, gerek korozyona neden olması, gerekse çalışmada pompa yükünü artırmak, akışkanın ısı kapasitesini düşürmek gibi aksaklıklara yol açması sebebi ile uygun değildir.

Dış hava sıcaklığı $+1^{\circ}\text{C}$ değerine düşünce otomatik olarak sirkülasyon pompasını çalıştırır. Soğuk bölgelerdeki sıcak sulu ısıtma sistemlerinde, sistem çalışmakta olsa bile çatı arasındaki tesisatta bulunan hareketsiz suyun donma olasılığı vardır.

2.2.9. Kullanma b asıncıları

Sıcak sulu ısıtmada sistemdeki elemanların normal basınç dayanımı 4 bar değerindedir. Yani sistem elemanları normal olarak 40 mSS statik basınca dayanıklıdır. Bu yükseklik yapılarında yaklaşık 12–14 kata karşılık gelir. 50–60 m'den daha yüksek yapılarda ara tesisat katları oluşturmak gibi özel önlemler almak gerekir.

Kazan dairelerinin çatı katında oluşturulması kazanları statik basınçtan kurtarır. Bu durumda alt katlarda basınca dayanıklı radyatörler kullanarak 40 m'den daha yüksek yapılara gidilebilir. Ancak döküm radyatörlü sistemlerde radyatörlere gelen basıncın 60 mSS değerini aşması istenmez.

Kazan üzerindeki statik basıncı kaldırmanın bir diğer yolu da eşanjör kullanmaktır. Su hacmi fazla olan sistemlerde bu yöntem kazanı korumak ve ömrünü artırmak için önerilmektedir.

2.3. Kızgın Sulu Sistemler

2.3.1. Genel bilgiler

TS 2736 veya DIN 4752 normlarına göre, çıkış sıcaklığı 110 °C değerinden daha yüksek olan ısıtma sistemleri bu gruba girer. Kızgın sulu sistemler iki gruba ayrılır.

Grup I: Müsaade edilen maksimum çıkış suyu sıcaklığı 130 °C olan ısıtma sistemleri.

Grup II: Müsaade edilen maksimum çıkış suyu sıcaklığı 130 °C değerinin üzerinde olan ısıtma sistemleridir.

Konfor ısıtmasında, kat ısıtmasından blok ısıtmasına ve hatta bölge ısıtmasına kadar, sıcak sulu ısıtma sistemleri kullanılmaktadır. Site veya bölge ısıtmasında belli bir kapasiteye kadar 110 °C veya 120 °C çıkış suyu sıcaklıklı sıcak sulu ısıtma sistemleri kullanılır. Büyük kapasiteli bölge ısıtmalarında 120 °C ile 180 °C arasında çıkış suyu sıcaklıklarında kızgın sulu ısıtma sistemleri kullanılır.

Kızgın sulu ısıtma sistemleri ayrıca, proses ile ilgili yüksek sıcaklık ihtiyacı olan sanayi tesislerinde de kullanılır. Katı veya sıvı yakacak kullanılması halinde, eğer yakacakta kükürt miktarı yüksek ise kazana dönüş sıcaklığını ve buna bağlı olarak kazandan çıkış sıcaklığını korozyonu önlemek amacıyla yüksek tutmak gerekir.

Kızgın sulu bölge ısıtma sistemlerinde bölge ısıtma sistemlerinde büyük miktarda ısı enerjisini ekonomik olarak taşıyabilmenin yolu, suyun gidiş ve dönüş sıcaklıkları farkını büyütüp, sirkülasyon miktarını ve şebeke boru çapını küçültmekten

geçmektedir. Ancak, suyun üst sıcaklık sınırını sistem basıncı, alt sınırını da ısıtma sıcaklıkları kısıtlanmaktadır.

Uygulama alanında kot farkları genelde 30–40 mSS’den fazla değilse, PN16 basınç sınırında malzeme ile 165 °C sıcaklığa kadar kızgın sulu sistemler kullanılabilir. Ancak kızgın sulu sistemlerde çelik döküm PN25–40 vana ve elaman kullanımı önerilir. Daha büyük kot farkları olması halinde ve 180 °C mertebelerine ulaşan kaynar su sıcaklıklarında, PN25 malzeme kullanılması gerekmektedir.

- Çıkış suyu sıcaklığını yüksek ve dönüş suyu sıcaklığını düşük tutarak daha büyük (Δt) sıcaklık farkı elde edilmekte ve aynı su debisi ile daha çok ısı nakledilmektedir. Böylece boru ve armatür çapları ile sirkülasyon pompaları küçülür. Boru, armatür ve pompa malzemeleri aynı cins kalmak şartı ile sistemin ilk tesis maliyeti düşer. Su debisi küçüldüğü için pompaların elektrik sarfiyatları da düşer.
- Fırın ısıtması, sınaî banyo ısıtma gibi endüstriyel tesislerde, ısıtıcı serpantin kapasiteleri artar.
- Gerekli olduğunda 180 °C’ye kadar yüksek sıcaklıklara çıkma imkânı vardır.

2.3.2. Sistemin beslenmesi ve güvenliği

2.3.2.1. Besleme donanımları

Katı sıvı veya gaz yakıt yakarak veya atık gazlarla, elektrikle veya kimyasal bir proses sonucu elde edilen reaksiyonla ısı üretilen pompalı kızgın sulu sistemlerde besleme pompasının debisi;

$$V \text{ (kg/h)} = \frac{Q}{2500}$$

formülü ile hesaplanabilir. Burada Q (kcal/h) bütün kazanların ısı kapasitelerinin toplamını göstermektedir [7].

2.3.2.2. Maksimum i Őletme basıncını aşmamak üzere donanım

Her kızgın su üretecinde en az bir adet emniyet ventili olmalıdır. İki adet emniyet ventili öngörölmesi tavsiye edilir. Emniyet ventilleri üçüncü mutlaka test sertifikalı olmalıdır.

Emniyet ventilinin seçiminde, kızgın suyun üzerinden basınç kalktığı takdirde ortaya çıkacak doymuş buharın sürekli kabul edilecek debisi (10 atü işletme basıncına kadar) esas alınarak debi;

$$D \text{ (kg/h)} = \frac{Q}{500}$$

formülü ile hesaplanır. Burada Q (kcal/h) maksimum ısı kapasitesi anlamındadır [7].

2.3.3. Boşaltma hava alma ve doluluk test boruları

Emniyet ventilinin genişleme borularının açılma noktaları hava alma, boşaltma ve test boru hatları görünür ve kontrol edilebilir olmalıdır. Boruların dış atmosfere açılmaları kimseyi tehlikeye sokmamalı, donmaya karşı yeterli tedbirler alınmış olmalıdır.

2.3.4. Ölçme cihazları

2.3.4.1. Termometre

Her kazan çıkış suyu hattı üzerinde muhakkak dönüş suyu hattı üzerinde de tercihen birer termometre bulunmalıdır. Müsaade edilen en yüksek sıcaklık termometre üzerinde bir çizgi ile belirtilmiş olmalıdır. Eğer çıkış suyu ile dönüş suyunun karışımı ile karışım sıcaklıkları elde ediliyor ise, karışım sıcaklığını ölçmek için bu noktalara da termometre konulmalıdır.

2.3.4.2. Manometre

Kızgın sulu sistemler basınç altında çalışan kapalı sistemler olduğu için, en alt noktadaki basınçları ölçebilmek için uygun yerlere manometreler mutlaka yerleştirilmiş olmalıdır.

2.3.5. Emniyet donanımlarının uygulama şekilleri

DIN 4752'nin 11'inci bölümü emniyet donanımlarının çeşitli şekillerini açıklamakta ve bunlarla ilgili şemaları da ekinde vermektedir.

Ancak, bugün artık buhar yastıklı ve yükseğe yerleştirilmiş genleşme tankları yerine, azot yastıklı ve basınçlı genleşme tankları ve hatta çıkış sıcaklığı 110 °C'yi geçmeyen sistemlerde membranlı kapalı genleşme tankları kullanılmaktadır.

Nötr gaz olarak uygulamalarda azot tercih edilmektedir. Bu durumda yapılan uygulamalarda, sistem çok azot sarf edebilir. Azot sarfiyatını minimumda tutabilmek için emniyet ventili veya basınç ayar ventili gaz tarafında değil, mutlaka su tarafında olmalıdır.

2.3.6. Denge depoları

Denge depoları, azot yastıklı, suya temaslı ve prefabrike olmak üzere iki çeşit olabilir.

2.3.6.1 Azot yastıklı ve suyla temaslı kapalı denge depoları

Bu denge depoları, endüstriyel tip olup, 180 °C çıkış suyu sıcaklığına kadar kızgın sulu sistemlerde kullanılabilirler.

Azot kullanılmasının nedeni, nötr gaz olmasıdır. Su içinde kısmen eriyerek sistem içine giren azot bir korozyona sebep olmaz. Azot yerine basınçlı hava kullanılması büyük bir hata olur, denge deposu ne kadar soğuk tutulmaya gayret edilse de sistemin içine eriyerek giren havanın oksijeni korozyona sebep olur.

Denge deposu yatık değil de dik kullanılması tercih edilmelidir. Sistemde basınç, bir minimum bir maksimum arasında değişecektir. Minimum basınç sistemin giriş suyu sıcaklığına tekabül eden buharlaşma basıncının takriben 1 atü üstünde tutulur. Maksimum basınç ise, sistemde kullanılan armatürlerin maksimum işletme sıcaklığında müsaade edilen işletme basıncının takriben 1 atü altında tutulur.

Genleşme deposunun minimum su seviyesi, bu seviyenin altında takriben 1/3 depo hacminde su bulunacak şekilde tespit edilir. Eğer minimum su seviyesinde sistemde, minimum basınç yoksa minimum basınç temini için otomatik olarak anında azot beslemesi yapılır. Genleşme deposunda maksimum su seviyesi bu seviyenin üstünde takriben 1/3 depo hacminde basınçlı azot bulunacak şekilde tespit edilir. Eğer maksimum su seviyesinde sistemde müsaade edilen maksimum basıncın üstüne çıkılır ise, bunu önlemek için otomatik olarak sistemden bir basınç rahatlatma vanası (pressure relief valve) vasıtasıyla su tahliyesi yapılır. Su tahliyesi açık genleşme tankı olarak da isimlendirilen besi suyu tankına yapılır.

Sistemde su kaçaqları nedeni ile (bir miktar normaldir flanş aralarındaki contalardan sızma ve buharlaşma şeklinde dahi su kaçağı olur) su eksilmesi olup da genleşme tankındaki minimum su seviyesi düşer ise seviye, otomatik seviye kontrol şalteri devreye girer. Böylece anında besi suyu pompası çalışır ve besi suyu tankından sisteme anında su beslemesi yapılır.

Minimum su hacmi 1/3, minimum azot hacmi de 1/3 depo hacmi olduğuna göre deponun faydalı hacmi de 1/3 depo hacmidir. Sistemde genleşen su miktarına göre faydalı hacim ve toplam depo hacmi tespit edilir. Genleşme depoları dönüş hatlarına bağlanır.

2.3.6.2. Prefabrike kapalı genleşme depoları

Bunlar membranlı genleşme depolarıdır. Depo içinde su ile azot gazı veya su ile hava birbiri ile temas etmez, bir membranla ayrılmıştır. Çıkış suyu sıcaklığı 110 °C'ye kadar (maksimum 120 °C'ye kadar) olan ısıtma sistemlerinde, yani DIN 4751 de sıcak sulu ısıtma sistemi, DIN 4752 de ise alçak basınçlı kızgın su sistemi olarak tarif

edilen ısıtma sistemlerinde kullanılabilirler. İşletme basıncı 5,6 ve 10 atü (veya bar) için imal edilenleri vardır.

Membranın dayanabileceği müsaade edilen maksimum sürekli sıcaklık 70 °C değerindedir. Genleşme depoları daima kazanların dönüşünü veya sistemin dönüş kolektörüne bağlanır.

Membranlı genleşme depolarının, besi suyu pompası veya basınç tutma pompası ile kombine (veya paket)olanları vardır. Sistemin basıncı sabit tutulur. Toplam tank hacminin %80'ni faydalı hacmi olarak kullanılabilir. Membranlı genleşme depolarının kompresör kontrollü olanları da vardır. Kompresör kontrolünde sistemde sabit basınç sağlanır. Böylece sistemde basınç dalgalanması olmaz.

2.3.7. Pompalar

Kızgın sulu sistemlerde kullanılan sirkülasyon pompaları birkaç gruba ayrılarak incelenebilir.

2.3.7.1. Düz boruya takılan ıslak rotorlu pompalar

Küçük tesisler için seri olarak imal edilen 10 bar işletme basıncına ve 110 °C işletme sıcaklığına kadar çalışabilen pompalardır. Tek ve ikiz tipleri vardır. Bağlantı çapları DN 25 den DN 50 ye kadar 6–10 bar konstrüksiyon basıncı için imal edilirler. Debileri 1–30 m³/h, basınçlar 4–7 mSS arasında değişir. Vidalı ve flanşlı bağlantılı olanları, değişik hızlı tipleri ile kademesiz devre kontrol olanları vardır.

2.3.7.2. Inline tipi santrifüj pompalar

Tek ve ikiz tipleri olan ve dik çalışan 140 °C işletme sıcaklığı ve 13 atü işletme basıncına kadar çalışmasına izin verilen (120 °C de 16 atü) inline tip kuru rotorlu pompalardır. 2–60 mSS'na kadar basınç, 10–300 m³/h'e kadar olan debi ihtiyaçları için seçilenler pompaların;

Devir hızı: 2900, 1450 veya 900 d/d
 Anma ölçüsü: DN 40–DN 200
 İzin verilen çevre sıcaklığı: 40 °C civarındadır.

2.3.7.3. Yatay çalışan kaideli pompalar

DIN 24255'e göre dizayn ve imal edilen şaseli tip, anma ölçüleri DN 32-DN 500 aralığında, flanşlar DIN 2533 PN10/16 normlarına uygun 2500 m³/h'e kadar debiler için temin edilebilir. 140 °C işletme sıcaklıklarına kadar çalışabilen yüksek verimli pompalardır.

2.3.7.4. Özel pompalar

Mil yatakları hava veya su ile soğutmalı, 180 °C 'ye, özel durumlar için 210 °C 'ye kadar sıcaklıklarda ve 23 bar'a kadar işletme basınçlarında çalışabilen özel konstrüksiyona sahip pompalardır.

2.4. Buharlı Sistemler

2.4.1. Buharın tanımı ve sistem seçimi

2.4.1.1. Giriş

Sıvılaştırma yakınındaki gazlara buhar, sonsuz küçük bir sıcaklık düşmesinin sıvılaştırdığı, başka bir deyişle yoğuşmanın sınırında olan buhara doymuş buhar, sıvılaşmak için belirli bir sıcaklık düşmesine ihtiyaç duyan buhara is kızgın buhar adı verilir.

Teknikte kullanılan su buharı kimyasal olarak saf olmayıp daima bir miktar katı, sıvı ve gaz halinde kirletici maddeleri bünyesinde bulundurmaktadır. İşletmenin cinsine göre 1–12 mg/l kirletici madde bulunabilir. Bu miktarlar, su buharının termodinamik durum değerleri üzerine tesir edemeyecek kadar küçük olmasına rağmen, buharlı

işletmelerde kazan ve tesisat aksamının konstrüksiyonunda bu maddelerin etkilerini göz önünde bulundurmak gerekir.

Suyun sabit basınç altında $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktan itibaren ısıtılması sırasında suyun ve buharın geçirdiği bütün safhaları görmek mümkündür. Silindirik bir kap içinde $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta su sürtünmesiz bir piston vasıtasıyla sabit tutulan basınçta ısıtıldığında suyun hacminin önce küçüldüğü sonradan tekrar büyüdüğü gözlenir. Bu işlem normal atmosfer basıncında yapıldığında hacim, $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta minimum değerini alır. 0 ile $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasındaki sıcaklıklarda, ısıtma sürecinde hacim küçülmesi muhtelif cins moleküllerin miktar oranlarının sıcaklıkla değişmesiyle açıklanabilir. Su sabit basınç altında ısıtmaya devam edildiğinde, suyun sıcaklığı ile birlikte hacminin de arttığı, belirli bir sıcaklığa ulaşıldığında sudan büyük bir hacim büyümesiyle aynı sıcaklıkta buharın meydana geldiği ve bu andan itibaren sıcaklığın sabit kalarak hacmin gittikçe arttığı gözlenir. Suyun tamamı buhar haline gelinceye kadar suya ısı verilmesine rağmen sıcaklığı sabit kalır. Bu durumda su ile buhar denge halindedir. Denge halindeki su buharının basıncına doyma basıncı sıcaklığın da doyma sıcaklığı denir. Bu olaya doyma durumu denir.

Suyun tamamen buhar haline geçmesinden sonra ısıtmaya devam edilirse, buharın sıcaklığı tekrar artar ve buhar doymuş durumdan kızgın duruma geçer. Buharın bu haline de kızgın buhar adı verilir.

2.4.1.2. Hal büyüklükleri ve aralarındaki bağıntılar

Buharlaşma olayı çeşitli basınçlarda meydana geldiğinde, buharlaşma basıncının buharlaşma sıcaklığı ile değiştiği görülür. Çeşitli basınçlarda buharlaştırmada kaynama başlangıcı ve buharlaşma sonundaki (doymuş buhar) hacimler bir basınç-hacim (p-v) diyagramına taşındığında alt ve üst sınır eğrileri elde edilir. Düşük basınçlarda alt sınır eğrisi ordinat eksenine hemen hemen paraleldir. Basınç yükseldikçe, buharlaşma artışı ($v_b - v_s$) gittikçe küçülür. Alt ve üst sınır eğrileri birbirine yaklaşır. Belirli bir basınçta bu eğriler birbirleriyle birleşirler, bu noktaya kritik nokta adı verilir. Su için kritik noktada;

$$P_{kr} = 22,09 \text{ MPa}, \quad T_{kr} = 374,15 \text{ }^\circ\text{C}, \quad v_{kr} = 3,17 \text{ m}^3/\text{kg}$$

değerlerindedir. Kritik basıncın üstündeki basınçlarda ısı verilmesi sıvı ve buhar fazları ayrılmadan sıcaklığın ve hacmin sürekli artmasına neden olur ki, buhar kazanlarında bazen suyun bu şartlar altında ısıtılması söz konusu olur.

Buharın alt ve üst sınır eğrilerinden yararlanılarak, bu bölgelerde buharın hal denklemi deneye dayalı şekilde ifade edilebilir. Su buharının üç ana hal büyüklüğü arasındaki bağıntıyı (T-v) ve (p-T) diyagramlarıyla göstermek mümkündür. Sınır eğrileri dışında suyun veya buharın durumunu belirtmek için iki hal büyüklüğünü vermek yeterlidir. Sınır eğrileri arasında kalan (ıslak buhar) bölgede basınç ve sıcaklık birbirine bağlı olduğundan bu iki hal büyüklüğü ile buharın durumunu belirtmek mümkün değildir. Burada basınç veya sıcaklıkla özgül hacim ile buharın yüzdesini vermek gerekir. Suyun buharlaşmış yüzdesine kuruluk derecesi adı verilir,

$$x = \frac{m_b}{m_b + m_s}$$

olarak ifade edilir. Burada m_b ıslak buhar içindeki buhar kütleini, m_s su kütleini göstermektedir. Herhangi bir ıslak buhar için x kuruluk derecesi verilmiş ise ıslak buharın özgül hacmi,

$$v = v_s + x(v_b - v_s)$$

doğrusal denklemden bulunabilir. Burada v_s sıvının özgül hacmini, v_b ise buharın özgül hacmini göstermektedir [2].

2.4.1.3. Sistem seçimi

Buharın genel kullanım alanları, ısıtma sistemleri, endüstriyel tesisler ve termik santrallerinde elektrik enerjisi üretimidir. Burada belirlenen kullanım alanlarına göre sistem seçimi yapılırken tesis kuruluş maliyeti, işletme bakımı, onarımı, yıpranma payı, tesis verimliliği, enerji tasarrufu ve çevre kirliliği gibi faktörlerin göz önünde

bulundurulması gerekir. Bu faktörlere göre optimizasyona gidilerek fizibilite çalışması sistem seçimi gerçekleştirilir.

Isıtma, vakum, atmosferik basınç ve düşük basınçlarda buharın faz değişimi sırasında açığa çıkan buharlaşma ısısından faydalanılarak yapılır. Genellikle bölgesel ısıtma sistemlerinde ısı santralinde bulunan buhar kazanında buhar üretilir; konut ya da ısıtılacak mahal girişlerine yerleştirilen ısı değiştiricilerinde üretilen buhar taşınır. Isı değiştiricisinde buhar yoğunlaşırken ısıtma tesisatında dolaşan akışkana (genellikle suya veya havaya) ısı geçişi sağlanır. Buhar debisinin düşük olmasından dolayı buhar dağıtım boru kesitlerinin minimum değerde seçilmesi tesisatın imalatı ve izolasyonu açısından avantaj sağlamaktadır. Sistemin kondens hatlarının, besleme suyu hazırlama ünitesinin sürekli kontrol altında tutulması gerekir.

Kot farkı düşük olan binaların ısıtılmasında ısı değiştiricileri kullanılmaksızın direkt olarak tesisatta buhar dolaştırılarak ısıtma işlemi gerçekleştirilebilir. Radyatör ve ısıtıcı ünitelerinin çıkışlarında, dolaşan buharın tüm buharlaşma ısısından yararlanmak için buhar tutucularının yerleştirilmesi gerekir. Optimum işletme koşulları için sağlıklı buhar tesisatı ve kondens tesisatı hesapları yapılarak sistem tasarımına gidilir.

2.4.2. Boru şebekesi çaplandırılması

2.4.2.1. Buhar devresi

Kazanda üretilen buhar, ısı enerjisinin kullanılacağı yerlere borular yardımı ile iletilir. Kazanı buhar kullanılan yerlere doğrudan bağlayan bir ve birden fazla "ana buhar" devreleri bulunabilir. Nispeten küçük yarı kollarla da buhar münferit cihazlara iletilir.

Kazan çıkış vanası açıldığı zaman (çok yavaş bir şekilde) buhar aniden ana buhar devresine dolar. Boru başlangıçta soğuktur ve buharın ısı bırakma olayı gerçekleşir. Boru etrafındaki hava, buhardan daha soğuk olması nedeniyle ısınmaya başlar. Atmosfere olan ısı kaybından dolayı, daha fazla buhar yoğunlaşır.

Ana buhar devresindeki büyük veya küçük ısı kayıpları, buharın bir miktar yoğuşması ile karşılanır. Yoğuşan buhar su halinde borunun en üst kısmından en alt noktasına buhar akış istikametinde taşınır.

Buhar kullanılan bir cihazın girişindeki vananın açılması ile buhar, dağıtım borusundan cihazın içine nüfuz eder ve kendisinden daha soğuk yüzeye temasa geçer. Böylece buhar buharlaşma ısını vererek, yoğuşur.

Sistemin rejime girmesi ile kazandan, buhar kullanan cihazlara doğru devamlı bir buhar akışı vardır. Bu durum devam ettiği sürede de buhar üretiminin devamı gereklidir. Bunun için de kazanı yakıtla beslemek ve kazandan çekilen buharı tekrar üretmek için ilave su pompalamak şarttır.

Doymuş suyun sabit basınçtaki özgül ısı yaklaşık $c_p = 4180 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ değerindedir. Kazana ilave edilen suyun soğuk yerine mümkün olduğu kadar sıcak gönderilmesi, buhar üretiminde yakıt miktarını önemli ölçüde azaltır. Bu nedenle nispeten sıcak olan ana buhar ve dağıtım borularında oluşan kondens (yoğuşan buhar), kazan besleme suyu olarak kullanılmaya hazırdır. Bu kondens suyunun buhar kullanım yerlerinden uygun şekilde toplanıp, ziyan edilmeden kazana gönderilmesi gerekir.

2.4.2.2. Buhar hatlarında çap tayini ve dizayn

Verilen bir buhar basıncından istenen buhar miktarının iletilebilmesi için uygun bir çap tayin edilmelidir (Tablo 2.1). Gerekenden daha düşük bir çap alındığında yüksek basınç kayıpları, yüksek buhar hızları, gürültü ve aşınma görülür. Gerekenden daha büyük bir çap alındığında ise tesis maliyeti yükselir ve ısı kayıpları fazla olduğundan tesisatın verimi düşer.

Buhar hatlarındaki çap tayini, basınç kayıplarının kabul edilebilecek değerlerde kalması veya buhar hızlarının çok yüksek değerlere ulaşmaması esaslarına göre yapılır. Kısa ana buhar hatları ve dağıtım hatlarının çapları buhar hızları esas alınarak tayin edilir. Ancak uzun buhar hatlarında basınç kayıpları dikkate alınarak buhar dağıtım noktalarının gerekli buhar basıncına ulaşması kontrol edilmelidir.

Hıza göre çap tayini:

Büyük çaptaki borularda ve yüksek basıncıta iletilen doymuş buhar için kabul edilen azami buhar hızı genellikle 40 m/s alınır. Bu değer orta çaplar için 25 m/s, daha küçük çaplar için ise 15 m/s alınır. 40 m/s gibi yüksek buhar hızları, enerji santrallerinde ve bazı proses devrelerindeki büyük buhar çaplarında 60 m/s ve daha yüksek buhar hızları ise kızgın buhar hatlarında görülür.

Büyük çaplı buhar hatları ve kızgın buhar hatlarında çap tayini için Tablo 2.1'den yararlanılabilir.

Tablo 2.1 Boru çaplarına göre buhar kapasitesi [kg/h]

| P Bar | V m/s | 15 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 |
|-------|-------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.4 | 15 | 7 | 14 | 24 | 37 | 52 | 99 | 145 | 213 | 394 | 648 | 917 | 1606 | 2590 | 3678 |
| | 25 | 10 | 25 | 40 | 62 | 92 | 162 | 265 | 384 | 675 | 972 | 1457 | 2806 | 4101 | 5936 |
| | 40 | 17 | 35 | 64 | 102 | 142 | 265 | 403 | 576 | 1037 | 1670 | 2303 | 4318 | 6909 | 9500 |
| 0.7 | 15 | 7 | 16 | 25 | 40 | 59 | 109 | 166 | 250 | 431 | 680 | 1006 | 1708 | 2791 | 3852 |
| | 25 | 12 | 25 | 45 | 72 | 100 | 182 | 187 | 130 | 716 | 1145 | 1575 | 2816 | 4629 | 6204 |
| | 40 | 18 | 37 | 68 | 106 | 167 | 298 | 428 | 630 | 1108 | 1712 | 2417 | 4532 | 7251 | 10323 |
| 1.0 | 15 | 8 | 17 | 29 | 43 | 65 | 112 | 182 | 260 | 470 | 694 | 1020 | 1864 | 2814 | 4045 |
| | 25 | 12 | 26 | 48 | 72 | 100 | 193 | 300 | 445 | 730 | 1160 | 1660 | 3099 | 4869 | 6751 |
| | 40 | 19 | 39 | 71 | 112 | 172 | 311 | 465 | 640 | 1150 | 1800 | 2500 | 4815 | 7333 | 10370 |
| 2.0 | 15 | 12 | 25 | 45 | 70 | 100 | 182 | 280 | 410 | 715 | 1125 | 1580 | 2814 | 4545 | 6277 |
| | 25 | 19 | 43 | 70 | 112 | 162 | 295 | 428 | 656 | 1215 | 1755 | 2520 | 4815 | 7425 | 10575 |
| | 40 | 30 | 64 | 115 | 178 | 275 | 475 | 745 | 1010 | 1895 | 2925 | 4175 | 7678 | 11997 | 16796 |
| 3.0 | 15 | 16 | 37 | 60 | 93 | 127 | 245 | 385 | 535 | 325 | 1505 | 2040 | 3983 | 3217 | 8743 |
| | 25 | 26 | 56 | 100 | 152 | 225 | 425 | 632 | 910 | 1580 | 2480 | 3440 | 6779 | 10269 | 14316 |
| | 40 | 41 | 87 | 157 | 250 | 357 | 595 | 1025 | 1460 | 2540 | 4050 | 5940 | 10476 | 16470 | 22950 |
| 4.0 | 15 | 19 | 42 | 70 | 108 | 156 | 281 | 432 | 635 | 1166 | 1685 | 2460 | 4618 | 7121 | 10358 |
| | 25 | 30 | 63 | 115 | 180 | 270 | 450 | 742 | 1080 | 1980 | 2925 | 4225 | 7866 | 12225 | 17304 |
| | 40 | 49 | 116 | 197 | 295 | 456 | 796 | 1247 | 1825 | 3120 | 4940 | 7050 | 12661 | 19663 | 27816 |
| 5.0 | 15 | 22 | 49 | 87 | 128 | 187 | 352 | 526 | 770 | 1295 | 2105 | 2835 | 5548 | 8586 | 11497 |
| | 25 | 36 | 81 | 135 | 211 | 308 | 548 | 885 | 1265 | 2110 | 3540 | 5150 | 8865 | 14268 | 20051 |
| | 40 | 59 | 131 | 225 | 338 | 495 | 855 | 1350 | 1890 | 3510 | 5400 | 7870 | 13761 | 23205 | 32244 |
| 6.0 | 15 | 26 | 59 | 105 | 153 | 225 | 425 | 632 | 925 | 1555 | 2525 | 3400 | 6654 | 10297 | 14328 |
| | 25 | 43 | 97 | 162 | 253 | 370 | 658 | 1065 | 1520 | 2530 | 4250 | 6175 | 10629 | 17108 | 24042 |
| | 40 | 71 | 157 | 270 | 405 | 595 | 1025 | 1620 | 2270 | 4210 | 6475 | 9445 | 16515 | 27849 | 38697 |
| 8.0 | 15 | 32 | 70 | 126 | 190 | 285 | 475 | 800 | 1125 | 1990 | 3025 | 4540 | 8042 | 12625 | 17728 |
| | 25 | 54 | 122 | 205 | 320 | 465 | 810 | 1260 | 1870 | 3240 | 5220 | 7190 | 13140 | 21600 | 33210 |
| | 40 | 84 | 192 | 327 | 510 | 730 | 1370 | 2065 | 3120 | 5135 | 8395 | 12470 | 21247 | 33669 | 46858 |
| 10.0 | 15 | 41 | 95 | 155 | 250 | 372 | 626 | 1012 | 1465 | 2495 | 3995 | 5860 | 9994 | 16172 | 22713 |
| | 25 | 66 | 145 | 257 | 405 | 562 | 990 | 1530 | 2205 | 3825 | 6295 | 8995 | 15966 | 25860 | 35890 |
| | 40 | 104 | 216 | 408 | 615 | 910 | 1635 | 2545 | 3600 | 6230 | 9880 | 14390 | 26621 | 41011 | 57560 |
| 14.0 | 15 | 50 | 121 | 205 | 310 | 465 | 810 | 1270 | 1870 | 3220 | 5215 | 7390 | 12921 | 20538 | 29016 |
| | 25 | 85 | 195 | 331 | 520 | 740 | 1375 | 2080 | 3120 | 5200 | 8500 | 12560 | 21720 | 34139 | 47128 |
| | 40 | 126 | 305 | 555 | 825 | 1210 | 2195 | 3425 | 4735 | 8510 | 13050 | 18630 | 35548 | 54883 | 76534 |

Ana buhar hattı dizaynı:

Ana buhar hattına kondensin akmasına uygun olacak bir şekilde eğim verilmelidir.

Eğim 1/70 oranında yapılır.

Kazandan sonra bir yükselme söz konusu ise, yükselen kısımdan çap büyütülerek hız küçültülür ve kondensin aşağı doğru akması sağlanır. Ayrıca çeşitli noktalara yapılan buhar dağıtımında dağıtım daima üstten yapılır.

Ana Buhar Hatlarında Boşalma Düzeni:

Kondens toplama (cep) çapı DN100 mm boruya kadar anma çapı ile aynı, daha büyük çaplarda iki çap daha küçük seçilir (ancak 100 mm değerinden daha küçük seçilemez). Ana buhar hatlarında her 30–50 metrede bir cep yapılır ve kondenstoplar bu ceplere bağlanır.

Kondens tahliyesi:

Isı kayıplarından dolayı yoğuşan buhar su haline gelir buna kondens adı verilir. Kondensin gerek ana dağıtım, gerekse buhar hatlarından tahliyesi kondenstoplarla yapılmaktadır. Tesisin verimli ve emniyetli çalışabilmesi için kondensin mümkün olduğu kadar çabuk bir şekilde alınması gerekmektedir. Tesisatın içerisinde kalan, boşaltılmayan kondens, buhar tarafından yüksek hız ve gürültüyle sürüklenerek dirsek ve vanalara çarpar. Bu olaya “koç darbesi” denir.

Kondens, ısı değiştiricilerinde bir film meydana getirerek ısı iletimini düşürür. Yetersiz kondens tahliyesi contalardan kaçaklara ve özellikle kontrol vanası yüzeylerinin aşınmasına neden olur.

Seperatörler (su ayırıcılar):

Kazan çıkışında ve buhar kullanan cihazlardan önce kullanılacak bir seperatör (su ayırıcı) su zerreciklerini ve kondens filmini buhardan ayırarak kuru buhar gitmesini sağlar.

Bilhassa kuru buhar gerektiren proseslerde (hazır giyim, tekstil, kâğıt sanayi gibi) oldukça önemlidir.

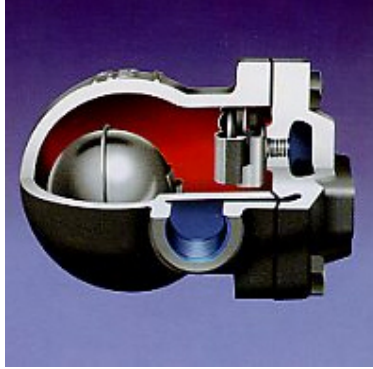
2.4.2.3. Kondenstoplar

Kondenstoplar, buhar sistemlerinin en önemli elemanlarından birisidir. Kondenstop, hava, gaz ve kondensi (suyu) otomatik olarak tahliye eden fakat buharı tutan elemandır. Buhar kullanılan cihazlardan sonra veya buhar hatlarının drenaj noktalarında kullanılır.

Kondenstoplar üç temel çalışma prensibine göre üretilir.

Mekanik prensiple çalışan kondensstoplar:

Buhar ile kondens arasındaki yoğunluk farkını algılar ve kondensi buhar sıcaklığında tahliye ederler. Ters kovalı ve şamandıralı olmak üzere iki tip mekanik prensiple çalışan kondensstop vardır.

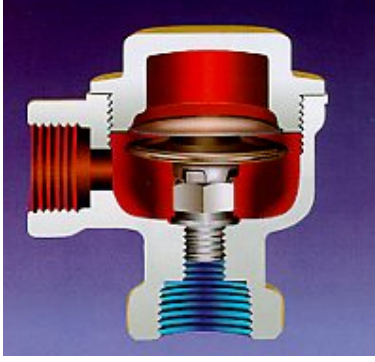


Şekil 2.3 Şamandıralı kondensstop

Termostatik prensiple çalışan kondensstoplar:

Buhar ile kondens arasındaki sıcaklık farklarını algılayarak kondensi buhar sıcaklığının altında tahliye eder.

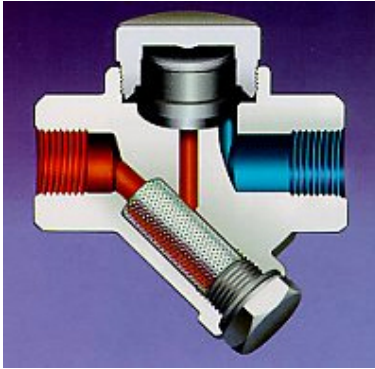
Denge basınçlı, bimetalik ve sıvı genleşmeli olmak üzere üç tip termostatik prensiple çalışan kondensstop vardır.



Şekil 2.4 Termostatik kondenstop

Termodinamik prensiple çalışan kondenstop

Kondens ile flaş buhar arasındaki dinamik farkları algılar ve kondensi buhar sıcaklığına yakın tahliye eder.



Şekil 2.5 Termodinamik kondenstop

2.4.3. Alçak ve orta basınçlı buhar kazanları için besi suyu hazırlanması

2.4.3.1. Besi suyunun kalitesinin önemi

Buhar kazanı broşürlerinde görünen "Kazan Verimi" kazan saçlarının yeni ve temiz durumuna göre hesaplanır. Kötü sular ile beslenen bir buhar kazanı için kazan broşüründe belirtilen verim değeri kısa bir süre sonra geçerli sayılmaz. Kazan veriminin sürekli olarak yüksek kalması isteniyorsa ki ekonomi bunu gerektirir, buhar kazanı besi suyunun hazırlanması için gerekli cihazların çok titizlikle seçilmesi

ve daha sonra bu cihazların gene aynı titizlik ile işletilmesi gerekir. Bir kazanın işletme verimi, ürettiği buharın saflığı ve kazan ömrü, kazanın imalat kalitesinden çok bunun içine konan suyun saflığı ile doğru orantılıdır. Bu nedenle bir tesiste, buhar kazanı seçimi ve buhar sistemi tasarımı yanında aynı dikkat ve titizlikle kazan besisi suyu hazırlama sistemi tasarlanmalı ve bu sistemin doğru işletilmesi için uygun bir teknisyeni iş başında tutmalıdır.

2.4.3.2. Kimyasal terimler

İletkenlik: Suyun elektrik iletme kabiliyetidir. Çok kullanılan ölçü birimi "mikrosiemens/cm" ($\mu\text{S/cm}$) ve "mikroohm". Örneğin bir ton saf su (H_2O) içinde yalnızca 100 gram NaCl tuz eritildiğinde (oran 100 mg/l olur) bu suyun iletkenliği 212 mikrosiemens/cm'dir.

Toplam Çözünen Madde Miktarı: Su içinde çözülmüş halde bulunan minerallerin ağırlıklarının toplamıdır, "mg/l" veya "ppm" cinsinden ölçülür. Su içindeki çözülmüş mineral miktarı çoğaldıkça suyun iletkenliği yükselir.

Toplam Sertlik: Su içinde çözülmüş halde bulunan Kalsiyum-Ca ve Magnezyum-Mg bileşiklerinin toplamıdır. Ülkemizde üç değişik birim ile ifade edilir: mg/l (CaCO_3 cinsinden), Fransız sertliği (= 10 mg/l CaCO_3), Alman Sertliği (= 17,9 mg/l CaCO_3).

Toplam Alkalinite: Suyun asidi nötralize etme kabiliyetidir. Su içinde bulunan CO_3 , HCO_3 ve OH iyonlarının toplamıdır. Toplam Alkalinite mg/l CaCO_3 cinsinden ifade edilir. (Buhar kazanı için en önemli olan HCO_3 iyonudur.)

pH: Suyun asitliğinin ölçütüdür. pH değeri 0 ile 14 sayıları arasında olur. pH = 7 nötr bir suyun sayısal değeridir.

Çözülmüş Oksijen: Su içinde çözülmüş halde bulunan O_2 gazının mg/l cinsinden miktarını belirler.

Çözünmüş Karbondioksit: Su içinde çözünmüş halde bulunan CO₂ gazının mg/l cinsinden miktarını belirler.

Silikat: Su içinde erimiş halde bulunan SiO₂ iyonunun mg/l cinsinden miktarını belirler.

Klorür: Su içinde çözünmüş halde bulunan tabii "Cl" iyonunun mg/l cinsinden miktarını belirler. (Suya sonradan ilave edilen klor ile ilgisi yoktur).

Demir: Su içinde çözünmüş halde bulunan Fe iyonunun mg/l cinsinden miktarını belirler.

2.4.3.3. Yaşanan sorunlar

Buhar kazanı içinde taş oluşması:

Isı iletimi azalır, kazana verilen ısı bacadan tabiata gider, kazan verimi çok düşer, bu durum işletmenin ekonomisini etkiler. Isı iletimi azaldığından kazan saçlarının sıcaklığı yükselir, metalin ömrü ve bu nedenle kazanın ömrü azalır.

Tablo 2.2 Taş kalınlığına göre verim kayıpları

| Taş kalınlığı (mm) | Randıman kaybı (%) |
|--------------------|--------------------|
| 0,4 | 4 |
| 0,8 | 7 |
| 1,6 | 11 |
| 3,2 | 27 |

Buhar kazanı da köpük oluşması:

Buhar ile beraber buhar sistemine köpük kaçması nedeni ile köpük içinde bulunan mineraller buhar hattına geçer ve buharın saflığı bozulur; "saf su buharı" için tasarlanmış olan sisteme ve prosese buhar ile beraber giden minerallerden dolayı işletme ve proses çok zarar görür.

Kazan içinde karbondioksit CO₂ gazı oluşması:

Besi suyu içinde "HCO₃" iyonunun yüksek olması nedeni ile kazanda CO₂ gazı oluşur. CO₂ gazı kondens içinde erir, sonuçta kondens suyu içinde karbonik asit oluşur (H₂CO₃) ve bu da kondens suyunun pH derecesini düşürdüğü için kondens borularında korozyon olur ve sık sık delinirler.

Kazandan blöf yapılması:

Yukarıdaki sorunların azalması için kazandan blöf yapılır. Kazandan yapılan "sıcak su blöfü" ısı kaybına neden olur ve kazanın işletme verimi çok azalır.

İşletme verimine çok dikkat eden eski sanayi ülkelerinde kazan suyunda müsaade edilen değerler yukarıdaki değerlerden daha düşüktür. A.B.D.'de uygulanan değerler Tablo 5.3'de verilmiştir.

Tablo 2.3 Kazan suyu için en yüksek değerler

| Kazan Basıncı (bar) | Toplam Eriyikler (mg/l) | Alkalinite (mg/l) | Askıda Katı Madde (mg/l) | Silikat (mg/l) |
|---------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------|----------------|
| 0-21 | 3500 | 700 | 300 | 125 |
| 21-31,5 | 3000 | 600 | 250 | 90 |
| 31,5-42 | 2500 | 500 | 150 | 50 |
| 42-52,5 | 2000 | 400 | 100 | 35 |

2.4.3.4. Kazan besisi suyu için istenen kalite

Yukarıda verilen değerleri tutturabilmek ve az blöf yapmak için besisi suyunun kaliteli olması gerekir. İşletme basıncı en çok 20 bar olan buhar kazanı için besisi suyu kalitesi değerleri:

İletkenlik : Düşük
 Toplam Sertlik : 0,1 Fr. Sertliği'nden az
 Yağ miktarı : 2 mg/l'den az

| | | |
|--------------------------|---|---------------------|
| Oksijen | : | 0,05 mg/l' den az |
| Toplam Demir | : | 0,05 mg/l'den az |
| Klorür | : | Olabildiğince düşük |
| Toplam CO ₂ | : | 20 mg/l' den az |
| Silikat SiO ₂ | : | Olabildiğince düşük |
| Alkalinite | : | Düşük |
| pH değeri | : | 7,0–9,5 arası |
| Askıda Katı Madde | : | Olabildiğince düşük |

Yüksek basınçlı kazanlarda kazan besi suyunda müsaade edilen değerler çok daha düşüktür [7].

2.4.3.5. Besi suyunu n kazan işletme verimine etkisi

Buhar kazanının "ısı verim"den söz edilirken bu kazanın alev bölümünden su ve buhar bölümüne geçen ısının oranı anlatılmak istenir.

Isıl verim hesabında çoğu zaman önemli bir husus unutulur. Kazan suyunun iletkenliğinin düşük tutulması maksadı ile kazandan yapılan "sıcak su blöfü" aynı zamanda yüksek miktarda ısı blöfü ve ısı telefı sayılır. Kazan blöfü miktarı besi suyu kalitesi ile orantılı olduğundan, besi suyu kalitesi kazanın işletme verimini etkiler.

Buhar kazanının sağlıklı işletilmesi için buhar kazanı içindeki "kazan suyu"nun iletkenliğinin en çok 6000 microsiemens/cm sınırları içinde olması istenir. Kazandan buharlaşan suyun içindeki mineral miktarını sıfıra yakın kabul edebiliriz. Besi suyu ile beraber kazana yeni mineraller yüklenir. Kazan suyu içindeki mineral miktarını ve dolayısı ile suyun iletkenliğini belli bir sınır içinde tutmak için kazandan besi suyu miktarına orantılı bir miktar su blöf edilir.

Demek ki, besi suyunun iletkenliği yüksek ise kazandan yapılacak blöf de aynı oranda yüksek olacaktır. Kazandan blöf edilen suyun içindeki ısı miktarı yüksek olduğundan bu ısı miktarının kazanın işletme verimi hesabında yer alması doğru olur.

Bu nedenle besi suyu kalitesinin buhar kazanının işletme verimini etkilediğini kabul edilmelidir.

Özellikle, proses gereği "açık buhar" kullanan işletmelerde (buharın kondens olarak kazana geri gelmediği proseslerde) besi suyu miktarı çok yüksek olur. Kazana verilen besi suyu içindeki minerallerin oranı yüksek olduğunda kazan suyu iletkenliği de kısa zamanda yükselir ve blöf miktarı çok olur.

Besi suyunun iletkenliğine göre blöf miktarının tayini aşağıdaki şekilde hesaplanır:

Blöf miktarı = 100 /nc

nc (İletkenliğe göre konsantrasyon no) = (Kabul edilen kazan suyu iletkenliği) / (Besi suyu iletkenliği)

Blöf miktarı için ikinci önemli ölçüt su içindeki silikat miktarıdır, silikata göre de benzer şekilde blöf miktarı tespit edilir. Kazan suyunun blöfü tam otomatik çalışan cihazlar ile yapılabilir. Bu cihazlar belli aralıklar ile kazan suyu örneği alarak iletkenlik ölçerler ve kazan suyu iletkenliği ayarlanan değer üzerine çıktığında bir miktar kazan suyunu dışarı atarlar.

Bu işlem çoğu işletmede, işletici teknisyen tarafından yapılır. Ancak bu teknisyenin çok iyi eğitilmesi ve kaliteli cihazlar ile teçhiz edilmesi gerekir.

2.4.3.6. Kazanda korozyonun önlenmesi

Buhar kazanları karbon çeliği tabir edilen korozyona müsait çelik türleri ile imal edilirler. Bu nedenle kazan içinde suyun oluşturacağı korozyonun önlenmesi için önlemler alınması gerekir. Korozyon aşağıda belirtilen kimyasal olayların tümüdür:

- "Kimyasal çözünme " diye adlandırılabilen, demir iyonlarının (Fe) suda çözünmesi şeklindeki korozyon. Yumuşatılmış sular ve saf sular tabiatı gereği eritkendir ve demiri çözerler.

- Suyun iletkenliğinin çok yüksek olması durumunda (deniz suyunda olduğu gibi), pil olayı gibi, "Elektro-Korozyon" olarak adlandırılan metalin elektroliz yolu ile çözünmesi şeklindeki korozyondur.
- Suda yüksek miktarda klorür (Cl) iyonunun bulunması sonucunda oluşan korozyon (Klorür iyonuna has bir kimyasal özelliktir).
- Su içinde çözünmüş olan oksijenin demiri paslandırması şeklinde meydana gelen korozyon.
- Sudaki minerallerin kazan saçları üzerinde kristal (taş) oluşturması sonucu olan korozyon.

Kazan içinde olabilecek korozyonun önlenmesi için alınacak tedbirler aşağıda sıralanmıştır.

- En önemli önlem kazan besi suyunun iyi hazırlanmasıdır. İletkenliği ve klorür miktarı yüksek olan suların yalnızca yumuşatılarak kazana verilmesi yerine bu suları minerallerinden arındırdıktan sonra kazana vermek yukarıdaki üç korozyon nedenini ortadan kaldırır. Kazan içindeki suyun iletkenlik değerinin 6000 mikroS/cm değerini aşmayacak şekilde blöflerin yapılması ile Elektro-korozyon ihtimali ile taş oluşması riski en aza iner.
- Yumuşatılmış su ve saf su korozif olsalar dahi kazan besi suyu olarak kullanılmalarında çok yarar vardır. Bu suların korozifliğinin azaltılması için kazan suyunun pH değeri yüksek tutulur. Ayrıca kazana "Korozyon İnhibitörü" olarak adlandırılan kimyasal verilerek suyun korozifliği giderilir.
- Tabiatı gereği her su içinde oksijen çözünür, su soğukken oksijeni çözünme kabiliyeti yüksektir, su ısındığında içindeki oksijeni atar. Oksijenin sudan alınması için, besi suyu kazana verilmeden önce su "Termik Degazör" içinden geçirilir, burada 100° C üzerinde ısıtılan sudaki oksijen miktarı en aza iner. Su içinde çok az kalan oksijenin kazan içindeki etkisinin yok edilmesi için kazana "Oksijeni Bağlayıcı" bir kimyasal verilir.

Buradaki önlemler alındığında kazanda metal korozyonu en aza iner ve kazan çok uzun ömürlü olur.

2.5. Kızgın Yağlı Sistemler

2.5.1. Kızgın yağın tarifi

2.5.1.1. Giriş

Su ısı transferi için bilinen ve yaygın olarak kullanılan en iyi akışkandır. 0–100 °C arasında en ideal ısı taşıyıcıdır. Bu sıcaklıklar arasında özellikleri diğer akışkanlarla karşılaştırıldığında, çok uygun bir akışkandır. Ayrıca su, diğer akışkanlara göre ucuz, kokusuz ve zehirsizdir.

Tablo 2.4 Suyun karakteristik özellikleri

| | |
|--|-----------------------------|
| Atmosferik basınçla buharlaşma sıcaklığı: | 100 °C |
| Donma sıcaklığı: | 0 °C |
| Özgül ısı: | 4200J/kgK |
| Isı iletim katsayısı: (diğer akışkanlara göre büyük) | 0,6 W/m.K |
| 20 °C 'de Kinematik viskozite (diğer akışkanlara göre küçük) | 10^{-6} m ² /s |

Su kullanan sistemlerde 100 °C sıcaklığının üzerine çıkıldığında, ısı taşıyıcı devresinin basınçlandırılması gerekir. Bu durumda 200 °C sıcaklığındaki bir ortam için sistemin en az 16 bar basınç dayanıklı olarak dizayn edilmesi lazımdır. Bu durum ise bazı ilave emniyet şartlarının da yerine getirilmesini gerektirdiğinden maliyet önemli ölçüde artar.

Suyun buharlaşma ısısının yüksek oluşu (100 °C sıcaklığında; 2257,3 kJ/kg = 539 kcal/kg) ve büyük kapasitede ısı taşınımının gerektiği hallerde genellikle 150 °C sıcaklığının üzerinde su yerine kondens devrelerinin de kullanımı gerekmesine rağmen buhar kullanımı tercih edilmektedir.

Oysa doğada tamamen saf vaziyette su bulunmadığından sulu ve buharlı sistemlerde korozyon, katı madde çökmesi ve kireç taşı oluşumu gibi problemler su hazırlama tesisi kurulmasını ve kullanılmasını gerektirir.

Diğer taraftan, suda çözünen oksijen (O₂) ve karbondioksit (CO₂) gibi gazlar korozyonun başlıca sebebidir. Suyun içinde bulunan kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) gibi tuzlar ise özellikle 100 °C sıcaklığının üzerine çıktığında kireçtaşı oluşturup, borularda akış kesitini daraltırlar ve ısı transferini zorlaştırırlar. Suyun içindeki bu tuzların miktarı suyun sertliğini belirler.

2.5.1.2. Organik ısı taşıyıcılar

Yukarıda bahsedilen su ve buhara ait sakıncalardan dolayı 0–400 °C sıcaklıkları arasındaki uygulamalarda organik ısı taşıyıcıları (kızgın yağ) yaygın olarak kullanılırlar. Bu tip akışkanların, su ve buhara göre başlıca üstünlükleri şunlardır:

- Atmosferik basınçta yüksek kaynama sıcaklığına sahip oluşları dolayısıyla 350 °C sıcaklığa kadar "basınçsız" tesisler kurmak mümkündür.
- Korozyon ve taşlaşma eğilimi olmadığından ısı taşıyıcının ön-hazırlama tesisine ihtiyacı yoktur.
- Katılaşma esnasında hacmi artmadığından donmanın vereceği zararlar söz konusu değildir.

Kızgın yağdan istenen özellikler:

- Atmosferik basınçtaki kaynama sıcaklığı yüksek olmalıdır.
- Katılaşma (donma) sıcaklığı düşük olmalıdır.
- İyi bir ısı kararlılığına sahip olmalıdır.
- Tüm sıcaklıklarda (hatta ilk çalıştırma anında bile) düşük viskoziteye sahip olmalıdır.
- Isı transfer özellikleri iyi olmalıdır.
- Buhar olarak kullanıldığında, buharlaşma gizli ısı yüksek olmalıdır.
- Kullanıldığı cihazların malzemeleri için korozyon eğilimi düşük olmalıdır.
- Kokusuz ve zehirsiz olmalıdır.
- Yabancı maddelere karşı hassasiyeti düşük olmalıdır (örneğin oksijene karşı).
- Sistemin sızdırması durumunda çevreye vereceği zarar riski minimum olmalıdır.
- Yangın riski minimum olmalıdır.

- İmha (yok etme) imkânları kolay olmalıdır.
- Fiyatı ucuz olmalıdır.

Isı transfer tesisinin emniyetli çalışabilmesini temin etmek için ısı transfer akışkanının spesifik özelliklerinin göz önüne alınması gerekir. Su, buhar veya ısı transfer yağı (kızgın yağ), özel uygulama limitlerine göre, üstünlük ve sakıncalara sahiptir.

Isı transfer yağları içindeki hidrokarbonların kimyasal yapısına bağlı olarak şu sakıncalara sahiptir:

- Yanma ihtimali
- Oksitlenme ihtimali
- Isıl bozulma ihtimali.

Bu durumda tasarımı yapılacak bir kızgın yağ tesisinde bu üç kriterin göz önüne alınması gerekir;

- Yanma ihtimaline karşı tesisin, kazanın, tankların ve boruların sızdırmazlığını iyi temin edilmesi gerekir.
- Oksitlenme ihtimaline karşı sistemin atmosferle temasını önlememiz gerekir.
- Isıl bozulma ihtimaline karşı izin verilen maksimum akış sıcaklığını aşmamak ve kazanın tasarımına özel bir önem verilmesi gerekir.

Böylece en uygun konstrüksiyon;

- Mümkün olduğunca kaynaklı,
- Asal gaz (saf azot) ile yastıklanmış bir genişleme tankına sahip,
- İstenen akış debisi sağlanmış

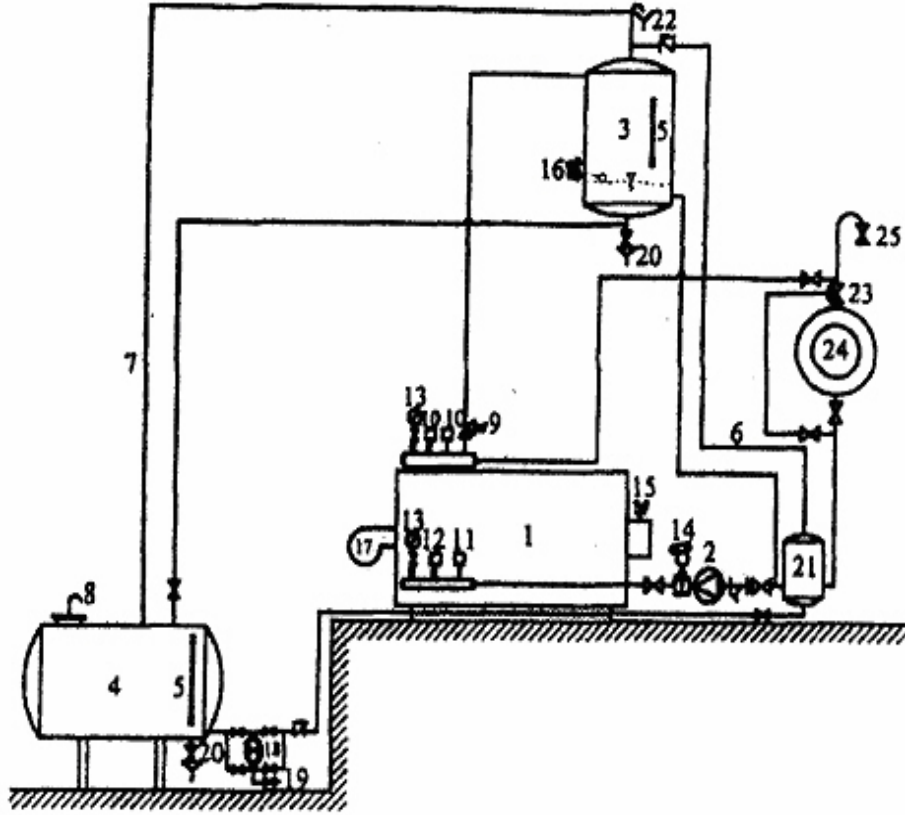
bir tasarımda yapılandır. Bu şekilde planlanmış bir kızgın yağ tesisi yıllarca, ısı kararlılık limitlerinde olsa bile, emniyetli ve problemsiz bir şekilde çalışabilir.

2.5.2. Kızgın yağ sistemi elemanları

Şekil 2.6’da görüldüğü gibi, bir kızgın yağ tesisatı çeşitli elemanlardan meydana gelir. Bu elemanlara ait ayrıntılı bilgi aşağıda sunulmuştur.

2.5.2.1. Genleşme tankı

Şekilde 3 ile gösterilen genleşme tankının görevi, sıcaklıkla hacmi artan termik yağın, artan hacmini karşılamak, sistemdeki 21 nolu degazör vasıtası ile termik yağdan ayrıştırılan gaz ve buharları atmosfere atmak, 2 nolu kızgın yağ pompa emişinde pozitif bir statik yükseklik sağlamaktır.



Şekil 2.6 Kızgın yağ tesisat şeması

Genleşme tankının hacmi tesisattaki toplam termik yağın (kazan dâhil) en az % 30 'u kadar hacimde olmalı, yer şartları elveriyorsa tercihen dik silindirik konumda olmalı ve hava ile temas eden yağ yüzeyi mümkün olduğu kadar ufak olmalıdır.

Genleşme tankındaki termik yağ sıcaklığı hiçbir zaman 60°C değerini geçmemelidir. Aksi takdirde yağ oksidasyona uğrayarak bozulmaya başlar. İlk çalıştırmada soğuk yağ; genleşme tankında 1/4 hacim kadar dolu olması, 16 nolu seviye kontrol cihazı ile de kontrol edilmelidir. Genleşme tankı; içinde yağ sirkülasyonu yapmayacak bir şekilde yüksek bir yere konulmalı, izole edilmemeli, ama dona karşı muhafazaya alınmalıdır.

2.5.2.2. Termik yağ rezerv tankı

Şekil 4.1'de 4 ile gösterilen rezerv tankı, tesisattaki toplam yağ hacminden % 50 fazla hacimde olmalıdır. Tercihen sistemdeki yağın doğal akışla bu tanka dolabileceği görünür bir yere monte edilmeli. Üzerine 1 adet seviye göstergesi konulmalıdır.

2.5.2.3. Kızgın yağ sirkülasyon pompaları

Şekil 4.1'de 2 numara ile gösterilen sirkülasyon pompaları, yüksek sıcaklıktaki (yaklaşık 350 °C) termik yağı, sirküle edebilecek, santrifüj tipte, sfero döküm veya çelik döküm gövdeli, mekanik salmastralı, yatakları tercihen hava soğutmalı olmalıdır. Pompa giriş ve çıkışına uzama ve titreşim önleme için kompensatörler konulmalıdır.

Pompa debisi:
$$V = \frac{Q}{c_p \rho \Delta T}$$

eşitliğinden bulunabilir. Burada;

| | | |
|----------------|---|---|
| V | : | Çalışma şartlarında pompa debisi (m ³ /h veya m ³ /s) |
| Q | : | Kazan ısı kapasitesi { W veya kcal/h) |
| c _p | : | Yağın ortalama özgül ısı (J/kg.K veya kcal/kg.°C) |
| ρ | : | Yağın ortalama yoğunluğu (kg/m ³) |
| ΔT | : | Gidiş ve dönüş sıcaklıkları arasındaki fark (°C) |

anlamlarındadır. Seçime bağlı olarak $\Delta T = 20$ ile 40 °C arasında alınabilir. Boru hattındaki yağ hızı ise 2 ile 5 m/s arasında seçilebilir [7].

En kritik boru hattı kayıpları ve kazan kayıpları (kazan imalatçı firmaları tarafından verilmelidir) bulunarak, bu kayıpları karşılayacak şekilde sirkülasyonu sağlayacak bir pompa basma yüksekliği seçilir.

Pompa debisi ve basma yüksekliği büyük seçilirse genişleme tankında sirkülasyona sebep olup ve yağ sıcaklığının yükselmesine yol açar. Bu da istenmeyen bir durumdur.

2.5.2.4. Kızgın yağ tesisatı armatürleri

Vanalar:

Yağ akışına en az direnç gösteren, PN 16 sınıfı sfero döküm veya PN25 / PN 40 sınıfı çelik döküm vanalar kullanılmalıdır. Vanalar metal körüklü olmalı, pistonlu vanalar yüksek direnç gösterdiği için kullanılmamalıdır. Otomatik kontrol vanası olarak yağ sirkülasyonunu bozmayan 3 yollu vanalar kullanılmalıdır. Vanalar flanşlı olmalı, hiçbir zaman dişli vana kullanılmamalıdır. Bakır veya bakır alaşımli armatürler hiçbir zaman kullanılmamalıdır.

Filtreler:

Tesisatta yağ ile birlikte taşınan katı maddeleri tutar. Zaman zaman temizlenmesi gerekir. Filtre yüzeyini mümkün olduğu kadar büyük tutmak temizleme sıklığının azaltılması bakımından uygun olur. Filtrenin kirlenmesi ile oluşan direnci belirlemek bakımından filtrenin girişine ve çıkışına birer adet manometre konulmalıdır.

Termik yağ seviye göstergesi:

Termik yağın genişleme tankındaki sıcaklığı ve karakteristiklerine uygun olmalıdır. (Refleks camlı seviye göstergeleri kullanılabilir).

Boru tesisatı ve ekleme parçaları:

Bütün boru ekleme parçaları çelik olmalıdır. 300 °C altında alaşimsız çeliklerin kullanılmasına müsaade edilir. Borulamada karbonlu (örneğin ASTM A-53) ve ASTM A-106 veya St.35.8 dikişsiz çelik boru kullanılabilir. Kırılma, çatlama ya da sızdırma tehlikesinden dolayı dökme demir hiçbir zaman kullanılamaz [7].

Boru tesisatına yukarı doğru uygun şekilde meyil verilmeli ve hava toplama ihtimali olan yerlere de bir hava tahliye borusu ve vanası konulmalıdır. Yağın sirküle ettiği borular kaya yünü ile yeterli kalınlıkta izole edilmelidir.

Kompansatörler:

Yüksek sıcaklıklardan dolayı kızgın yağ tesisatındaki borularda meydana gelebilecek uzamaların dikkate alınması önemlidir.

Kazan, vana gibi elemanların bağlanmasında bu uzamalar daha da fazla önem kazanır. Küçük çaplı boruların elastisitesi, uzamaları daha rahat karşılayabilir. Ancak büyük çaplı borularda ve hele boru hattı üzerinde fazla armatür varsa; pompaların ve 3 yollu vanaların bağlanması büyük önem kazanır. Bu hatlarda muhakkak kompansatör kullanılmalı ve boruların uygun yerlerden sabitlenmesine dikkat edilmelidir.

Hava tahliye elemanları:

Sistemin en üst noktalarında toplanan buharın ve gazın tahliye edilmesi için önlem alınmalıdır. Bunun için uygun hava tahliye elemanları konulmalıdır.

Blöf tesisatı:

Tesisat içindeki bütün yağ ve diğer maddeleri boşaltmak için uygun bir yerine blöf tesisatı yapılmalıdır.

Termik yağ doldurma pompaları:

Oda sıcaklığında termik yağın viskozitesine göre dizayn edilmiş dişli pompa kullanılmalıdır.

2.5.2.5. Otomatik kontrol ve güvenlik elemanları

Güvenlik ve kontrol için kızgın yağ sisteminde aşağıdaki elemanlar bulunmalıdır.

- Brülör kumanda termostatu
- Maksimum sıcaklık termostatu
- Diferansiyel presostat veya akış kontrol otomatığı (flow switch) yağ sirkülasyonu yavaşladığında veya yağ sirkülasyon pompası devreden çıktığında brülörü devreden çıkarır.
- Genleşme tankı asgari yağ seviye kilidi; brülörü durdurur, alarmı çaldırır.
- Baca termostatu: Herhangi bir sebeple yağ sirkülasyonu durduğunda; baca gazı sıcaklığı yükseleceğinden, brülörü devreden çıkarır.
- Tek çıkışlı, uygun çaplı PN16 veya PN 25 yaylı (kapalı kapak tipte) emniyet ventili.

2.5.3. Kızgın yağ tesisi tasarım esasları

2.5.3.1. Zorlanmış taşınımlı (pompalı) tesislerde sistem tasarımı

Basıncsız çalışan bir kızgın yağ tesisinde, sıcaklık artışına bağlı olarak, ısınan yağ doğal olarak genişler (hacmi artar) ve bu genişmeyi, tesisat ile arasındaki asla kapatılmayan boru bağlantısı vasıtasıyla, genleşme tankı alır.

Dolaşan sabit yağ debisinin, işletme ve kontrol şartları ne olursa olsun, durdurulmaması ve korunması gerekir. Isıyı kullanan cihazın ısı ihtiyacı dursa bile, kızgın yağ akışı devam etmeli ve dönüş hattına verilip kazana geri dönmesi temin edilmelidir. Kızgın yağ tesisinin emniyetli çalışabilmesi için:

- Debinin kontrolü için akış koruyucusu

- Tesisin kuru çalışmasını önlemek için genleşme tankına bir minimum seviye şalteri
- Kızgın yağın izin verilen maksimum sıcaklığını aşmaması için emniyet termostatu

tesis etmek gerekir. Bu emniyet cihazları kazanı durdurabilmen, kilitleyebilmeli ve alarmı çaldırabilmelidir.

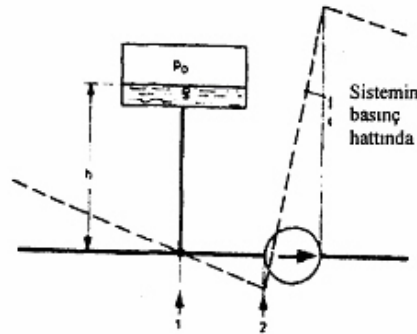
Pompa gidiş hattında:

Genleşme tankının tesisata bağlı olduğu noktada basınç sabit olduğundan, genleşme tankı bağlantı noktasından sonra gidiş hattında bulunan pompanın emiş ağzı ile genleşme tankına bağlantı noktası arasında düşük basınç (emme) bulunacaktır. Bundan dolayı bu boru parçası mümkün olduğunca kısa tutulmalı; bir başka ifade ile genleşme tankına bağlantı noktası pompa emiş ağzına mümkün olduğunca yakın olmalıdır. Böylece muhtemel emiş kavitasyonu önlenir.(Bk. Şekil 2.7)

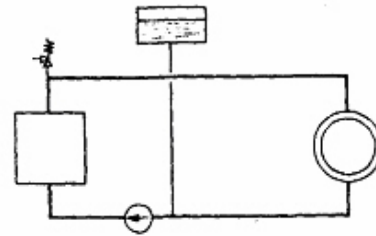
Pompa dönüş hattında:

Böyle bir tesisatta kazan çıkış hattında bir emniyet ventili koyma mecburiyeti vardır, çünkü genleşme tankına giden genleşme hattının kesinlikle kapanmayacağına emin olunamaz.

Devre şeması Şekil 2.8'de gösterilmiştir. Bu şekilde, pompa dönüş sıcaklığında çalıştığından kavitasyon riski azaltılmış ve pompanın daha rahat çalışması temin edilmiştir. Ancak kazana daha fazla basınç yükü yüklenmiştir.



Şekil 2.7 Pompa gidiş hattında



Şekil 2.8 Pompa dönüş hattında

2.5.3.2. Sistemin diğer elemanları

Taşıma hattı:

İlave bir emniyet de, genişleme tankından yağ depolama tankına bir taşıma hattı tesis edilmesidir. Örneğin; genişleme tankı gereğinden çok küçük dizayn edilmişse; sistem riske edilmeden genişleyen yağın fazlası depolama tankına boşalacaktır. Bu durum genellikle ilk ısıtma anında yaşanır. Ters durumda, yani sistemin soğumaya bırakıldığı zamanlarda da, genişleme tankındaki seviye düşeceğinden minimum emniyet seviyesini yakalayabilmek için tesisata bir dolum pompası eklemek gerekir. Sürekli yağ ilave edilmesi gereken tesisatlarda kaçak olup olmadığı dikkatli gözlenmelidir.

Baca termostatu:

Sıvı veya gaz yakıtla ateşlenen kazanı aşırı yüklenmeye karşı korumak için, baca gazı sıcaklığını kontrol eden bir baca gazı termostatu, kazanın arkasındaki duman kanalı üzerine konur.

Duman gazı sıcaklığının aşırı artışında brülör devresini kilitler. Aşırı duman gazı sıcaklığı, kazan ısı transfer yüzeylerinin kurumla kaplanması sonucu ısı transferinin yağa iyi yapılamamasından veya kazan içinde boru delinmesi sonucu sızan yağın kazan içinde yanarak kurum ve sıcaklık artışı yaratmasından oluşabilir.

Sızdırmazlık kontrolü:

Sızdırmazlık kontrolü, tesisatın elektriksel kontrol devrelerinden bağımsız olarak ilave alarm şeklinde hizmet verir. Bu alarm aynı zamanda genişleme tankı seviye kontrolü olarak da avantaj sağlar.

Normal şartlarda kızgın yağın eksikliği sadece tesisin acil ısı ihtiyacı ortaya çıktığında tekrar çalışmaya başlamasında gözlenebilir.

İlave ekipmanlar:

Sisteme aşağıdaki ekipmanlar da ilaveten konmalıdır:

- Genleşme tankında seviye kontrolü
- Kızgın yağ numune alma vanası
- Su soğutmalı sirkülasyon pompası için soğutma suyu termostatu
- Kızgın yağ akış sıcaklığı termostatu
- Kızgın yağ gidiş ve dönüş termometreleri
- Tesisata yağ doldurma ve boşaltma teçhizatı
- Kazan üzerinde manometre
- Degazör: Genleşme tankı bağlantı noktasına monte edilir.
- Tesisatın en üst noktalarına hava alma vanaları.

2.5.3.3. Üç yollu vana montaj yeri

Kontrol tekniği bakımından üç yollu kontrol vanasının gidiş veya dönüş hattı üzerine konmasının bir önemi yoktur.

Genelde gidiş hattı üzerine konması tercih edilir çünkü bu durumda vananın her üç yollu için izotermik (eş-sıcaklık) şartlarının oluşması dolayısıyla vanada termal gerilmeler oluşmaz. Dönüş hattına konan bir vanada ise farklı sıcaklıklarda çalışmasından dolayı vana ısıl gerilme altında kalır.

Vana pozisyonu için diğer bir seçim kriteri de vananın karıştırıcı veya dağıtıcı pozisyonunda konmasına karar vermektir. Dağıtıcı vana konumunda vana kapatma pozisyonlarının her ikisinde de vana siti ilave kuvvetlere maruz kalır. Oysa karıştırıcı vana durumunda, hidrolik olarak akış şartları daha kararlıdır.

2.5.3.4. Emniyet ekipmanları

Kızgın yağ tesislerinde kullanılan işletme ve emniyet ekipmanlarının isimlerini şöyle sıralayabiliriz.

- Kazan
- Isıyı kullanan makine
- Sirkülasyon pompası
- Genleşme tankı,
- Depolama tankı
- Seviye kontrolü
- Genleşme hattı
- Emniyet valfi
- Taşma hattı
- Havalandırma borusu
- Presostat, Emniyet valfi
- Akış sıcaklığı termometresi
- Dönüş hattı termometresi
- Termostat
- Akış şalteri
- Emniyet termostatu
- Baca gazı termostatu
- Yağ seviye sınırlayıcı
- Brülör
- Yağ doldurma ve boşaltma teçhizatı
- Numune alma noktası
- Gaz ayırıcı (degazör)
- Manometre
- Gaz ayırıcılı karıştırma kabı
- Numune alma noktası
- Göstergesi kontrol panosuna veya uzağa taşınmış manometre
- 1000 lt.'den büyük ve yüksekteki genleşme tankına ait boşaltma hattı
- Asal gaz (azot) tüpleri
- Basınç düşürme istasyonu.

BÖLÜM 3. SOĞUTMA SİSTEMLERİ

3.1. Giriş ve Temel Kavramlar

Bir maddenin veya ortamın sıcaklığını onu çevreleyen hacim sıcaklığının altına indirmek ve orada muhafaza etmek üzere ısının alınması işlemine soğutma denilebilir.

Uygulama alanında ilk defa 1860 yılında Dr. James Harrison (Avustralya) üretim işlemi sırasında birayı soğutmak amacıyla mekanik soğutmayı başarıyla kullanmıştır. Sistemde soğutucu akışkan (refrijeran madde) olarak Sülfirik Eter kullanılmıştır. 1861 'de Dr. Alexander Kirk kömür ısı ile çalışan ilk absorpsiyonlu soğutma aygıtını gerçekleştirmiştir. Mekanik soğutma vasıtasıyla buz imalinin ticari sahaya girmesi ise 1890 yıllarını bulmuştur.

Klima sahasında büyük çapta ilk uygulama 1904 yılında New York Ticaret Borsasına 450 ton/frigo'luk bir makina konularak gerçekleştirilmiştir. Konutlarda kullanılmak amacıyla soğutucu (buzdolabı) yapımı 1910 yıllarında görülmeye başladı. J.M. Larsen 1913'de elle çalışan böyle bir soğutucu yaptı. Otomatik olarak çalışan buzdolapları 1918'de Kelvinator Company tarafından imal edilmeye başlandı ve ilk yıl 67 dolap satıldı. 1918–1920 yılları arasında toplam 200 dolap yapılarak satıldı. Absorpsiyon prensibiyle çalışan otomatik bir buzdolabı da (Electrolux) 1927 yılında Amerika'da satışa çıktı.

Soğutmanın tarifinden, bunun iki fiziksel değere, yani sıcak ve ısı değerlerine bağlı olduğu görülmektedir. Gerçekte bu iki değer birbirine yakinen bağlıdır. İzotermik ve adyabatik işlemler ile kütle transferi dışında bu iki değer beraberce artıp azalırlar. Bu iki fiziksel değer ile soğutma işleminin oluşumu sırasında ölçüm ve kontrolü yapılan değerler ve soğutma terimlerinden en sık kullanılanlar aşağıda verilmektedir.

Isı: Maddelerin moleküllerinin devamlı hareket halinde olduğu ve bu hareket serbestliğinin en çok gaz haldeki maddelerde, daha az şekilde sıvı haldekilerde ve en az katı haldeki maddelerde olduğu bilinir. Bu moleküler hareket ısının artmasıyla artar. Diğer bir deyişle, ısı bir moleküler harekettir. Katı bir madde'ye ısı ilave edildiği sürece sıcaklığı artmaya devam eder, ta ki sıvı hale dönmeye başlayıncaya kadar. Madde tamamen sıvı hale dönüşünceye kadar sıcaklık artmaz. Sıvı hale dönüşünce, ısı verilmeye devam edilirse sıcaklık yine artmaya devam eder ve buharlaşma başlayıncaya kadar sıcaklık artışı sürer. Buharlaşmanın başlamasında maddenin tamamen buhar haline dönüşmesine kadar sıcaklık artması yine durur. Madde gaz halde iken verilen ısı ile sıcaklığın yükselmeye devam etmesi termodinamik şartlara bağlıdır.

Isı, enerjinin bir türüdür ve bugün mevcut ölçü cihazlarıyla doğrudan ölçülmesi mümkün değildir. ısının ölçü birimi olarak soğutmacılıkta kilokalori (+ 14.5°C'deki 1 kg. suyun sıcaklığını 1 °C artırmak için ilave edilmesi gereken ısı miktarı) veya British Thermal Unit "BTU" (1 libre ağırlığındaki suyun sıcaklığını 1° Fahrenheit yükseltmek için ilave edilmesi gereken ısı) kullanılır. Son yıllarda Joule (J) ve kilojoule (kJ) ısı birimi daha yaygın şekilde kullanılmaktadır.

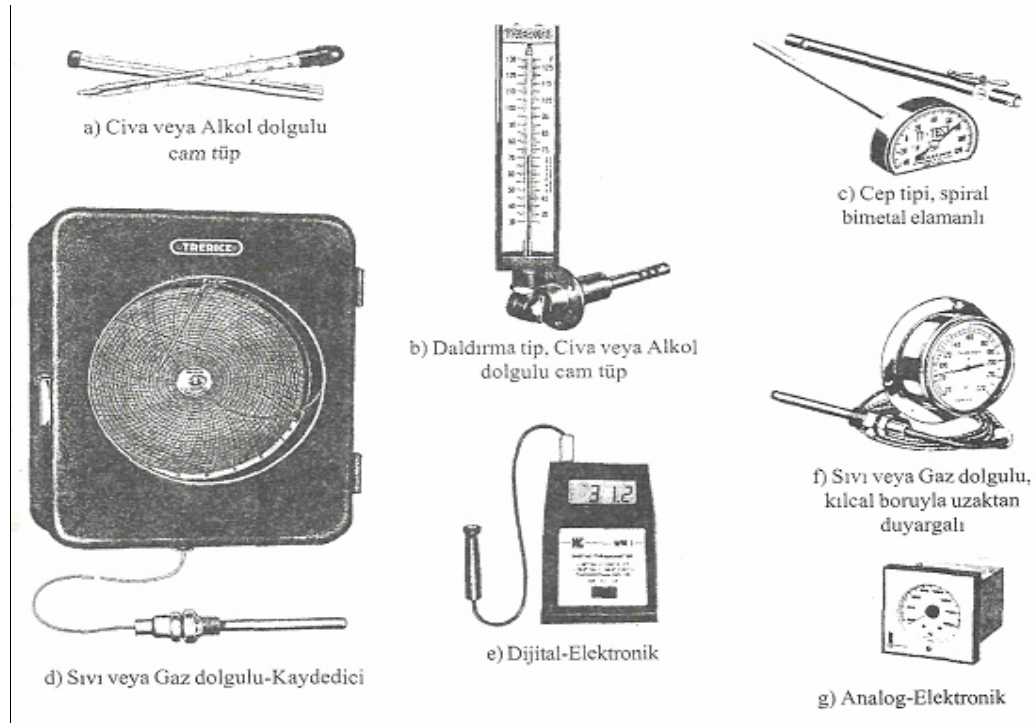
$$1 \text{ Joule} = 0.24 \text{ cal} \text{ ve } 1 \text{ BTU} = \frac{5^\circ \text{C}}{9^\circ \text{C}} \cdot 0.4536 \text{ kg/lbs.} = 0.252 \text{ kcal bağlantısı vardır.}$$

Sıcaklık: Sıcaklık bağıl bir değerdir ve maddenin ısı sıklığını (konsantrasyonunu) ifade eder. Genellikle bir referans noktasına göre, daha sıcak veya daha soğuk, şeklinde tarif edilir. Örneğin suyun atmosfer basıncı altındaki donma sıcaklığı 0°C ve atmosfer basıncı altında kaynamaya başladığı sıcaklık 100°C olarak alınır. Maddenin sıcaklığı yalnız başına ısı miktarını belirtemez. Örneğin 1000°C sıcaklıktaki 1 kg demir parçasındaki ısı 100°C deki 20 kg demir parçasından daha azdır, fakat birincisi daha sıcaktır, yani ısı sıklığı (Birim ağırlıktaki ısı) daha fazladır.

Soğutma tekniğinde en çok rastlanan sıcaklık birimleri Celsius (Santigrat, °C) ve Fahrenheit (°F)'dir. Santigrat çizelgesi, suyun donma ve buharlaşma sıcaklıkları arasını 100 eşit parçaya bölerek ve her bir aralık için 1 °C alınarak saptanmıştır.

Fahrenheit çizelgesi ise suyun donma (32°F) ve buharlaşma (212°F) sıcaklıkları arasını 180 eşit parçaya bölerek ve her bir aralık için 1°F alınarak saptanmıştır.

Sıcaklıklar, değişik pek çok ölçü aletleriyle ölçülebilirler ki, bunlara genellikle "Termometre" adı verilir. Civalı ve alkollü termometreler en ucuz ve basit sıcaklık ölçü cihazlarıdır ve oldukça hassas olanları ($0,1^{\circ}\text{C}$) mevcuttur. Son yıllarda çok hassas sıcaklık ölçmesi yapabilen ve ondalık rakamlarla (dijital) gösterebilen oldukça ucuz termometreler yapılmaya başlanmıştır. Soğutma uygulamalarında çift metal elemanlı termometrelerle, sıvı, buhar veya gaz dolgulu (bazen kılcal boru ile uzatılmış kuyruğu havi) termometreler kullanılmaktadır. Bunlardan sıvı dolgulu olanlar çoğunlukla civa veya alkol dolgulu olarak yapılmaktadır. Civa dolgulu termometreler, civanın daha geniş bir sıcaklık kapsamında genleşme katsayısını yaklaşık aynı değerde muhafaza etmesi sonucu, daha hassas ölçüm yapabilmektedir. Buna karşın, alkollü termometreler daha ucuz ve alkolün renklendirilmesi suretiyle okunması daha kolay bir sıcaklık ölçüm aleti oluşturmaktadır. Şekil 3.1'de değişik türden termometre örnekleri görülmektedir.



Şekil 3.1 Değişik tür termometre örnekleri

3.2. Soğutma Çevrimleri

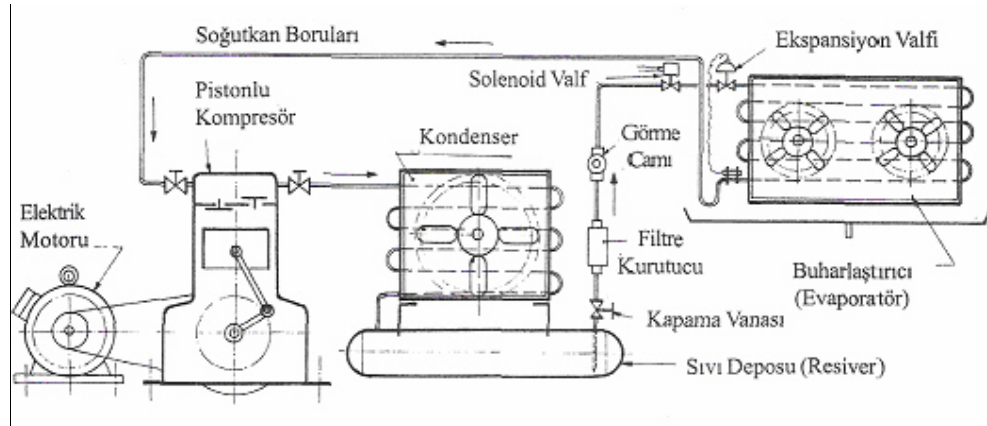
Bir soğutma çevrimi her ne kadar termodinamik ilminin uygulama sahasına girse de bir soğutma sisteminin meydana gelmesinde (projelendirme, imalat, montaj, uygulama, işletme) mühendislik bilimlerinin her türüne gereksinim vardır. Örneğin, soğutkan ve yağlama yağının birbiriyle ve temas ettiği metaller ile yapacağı kimyasal reaksiyonların sonuçlarının bilinmesi için geniş kimya bilgisine gerek vardır. Diğer yandan, soğutkanların termodinamik özelliklerinin bilinmesi, soğutma çevrimi analizinin yapılabilmesi için gereklidir. Evaporatör ve kondenserlerin analizinde ise Isı Transferi ile Akışkanlar Mekaniği ve Dinamiği bilgisine geniş ölçüde gerek vardır. Soğutma yüklerinin hesabında da ısı transferi ve psikometri bilgisine ihtiyaç vardır. Akışkanın sevk edildiği boruların hesaplanmasında gene akışkanlar mekaniği ve dinamiği bilgisine ihtiyaç duyulur. Kompresör, kondenser, evaporatör ve diğer soğutma cihaz ve aksamının konstrüksiyon projelendirmesinde makina elemanları, makina dinamiği, mukavemet bilgilerine gerek duyulur. Bilhassa hermetik tip kompresörler için özel elektrik motoru gereksinimi olması, ayrıca soğutma sisteminin otomatik ve emniyetli çalışması için güvenilir bir elektrik kuvvet ve kumanda sistemi gerekmesi elektrik mühendisliği sahasından da büyük ölçüde yararlanmayı gerektirir. Gıda maddelerinin soğutulması ve soğuk muhafazası çok geniş uygulama sahası bulmakta ve ziraat, gıda, kimya mühendislikleri bilimlerinden de yararlanılmaktadır [3].

Soğutma çevrimlerinden uygulamada en çok rastlananlar aşağıda kısaca izah edilmektedir.

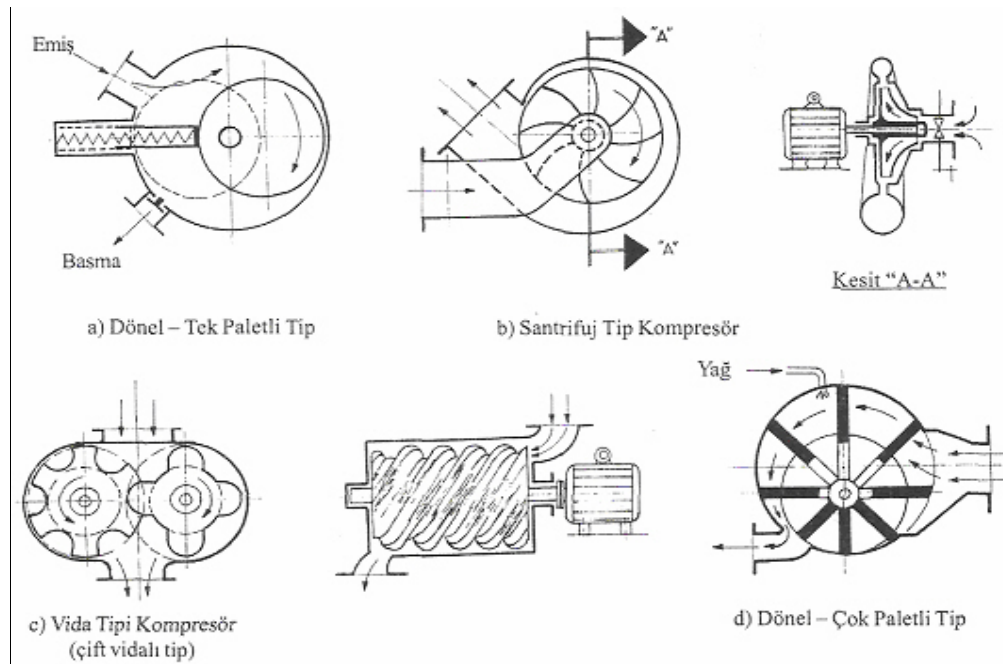
3.2.1. Buhar sıkıştırma (kompresyon) soğutma çevrimi

En sık uygulanmakta olan ve rastlanan bu tip soğutma çevriminde; sıvı halden buhar hale geçmekte olan soğutucu akışkanı içinde bulunduran bir evaporatör (buharlaştırıcı) vardır. Evaporatörde buharlaşan soğutucu akışkanı alçak basınç tarafından emerek yüksek basınç tarafındaki kondensere basılır. Kompresör, soğutucu akışkandaki ısıyı alıp onu sıvılaştıran bir kondenser (sıvılaştırıcı) ile sıvılaştıran soğutucu akışkanın toplanabileceği bir Sıvı Deposu (Receiver) ve soğutucu

akışkanın evaporatöre yani alçak basınç tarafına ölçülü ve gereken miktarlarda soğutucu akışkandaki ısıyı alıp onu sıvılaştıran bir kondenser (sıvılaştırıcı) mevcuttur. Sıvılaştıran soğutucu akışkanın toplanabileceği bir Sıvı Deposu (Receiver) ve soğutucu akışkanın evaporatöre yani alçak basınç tarafına ölçülü ve gereken miktarlarda verilmesini sağlayabilen bir ekspansiyon valfi (Genişleme Valfi) bulunmaktadır.



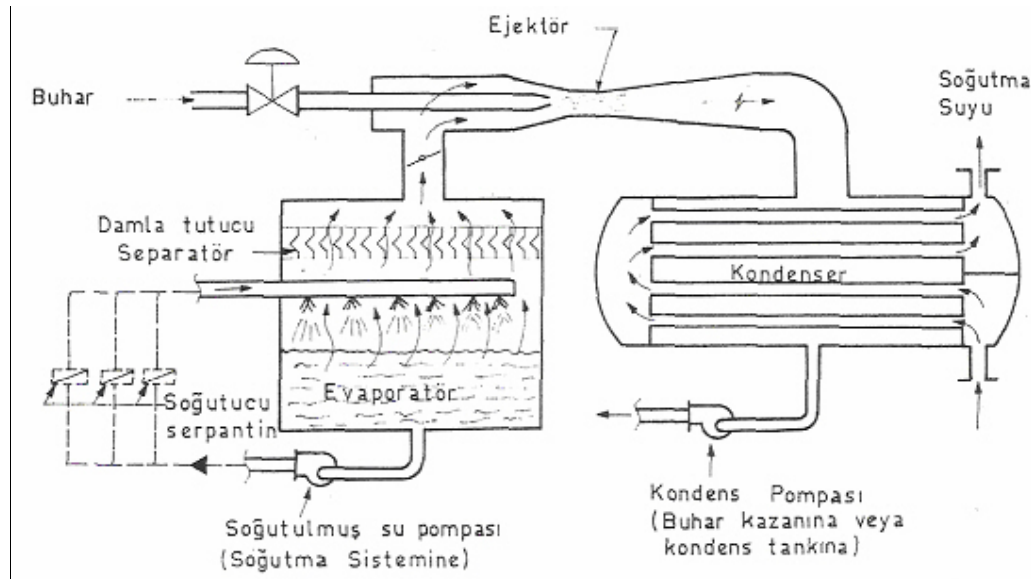
Şekil 3.2 Buhar Sıkıştırma çevriminin ana kısımları (pistonlu kompresörlü)



Şekil 3.3 Buhar sıkırtmada kullanılan çeşitli kompresörler

3.2.2. Ejektör soğutma çevrimi

Esas prensip yönünden bir kompresyon çevrimi olan ejektör çevriminde, evaporatörde buharlaşan soğutkan buharları bir ejektör ile sürüklenerek buharlaşma (evaporasyon) basıncının muhafaza ve kontrolü sağlanır. Böyle bir sistemde, ejektördeki sürüklenme etkisini meydana getiren akışkan ile evaporatörde buharlaşan ve sürüklenen buhar karışmaktadır. Bu nedenle her ikisinin de aynı maddeden olması sistem dizaynını oldukça basitleştirecektir. Sürükleyici akışkanı buhar ve soğutkan maddesi su olan uygulama, bu çevrimde en çok uygulanan akışkan maddelerdir ve "Buhar-Jet Soğutma Sistemi" adı ile anılır. Aşağıdaki şematik resimde böyle bir sistemin ana kısımları görülmektedir.



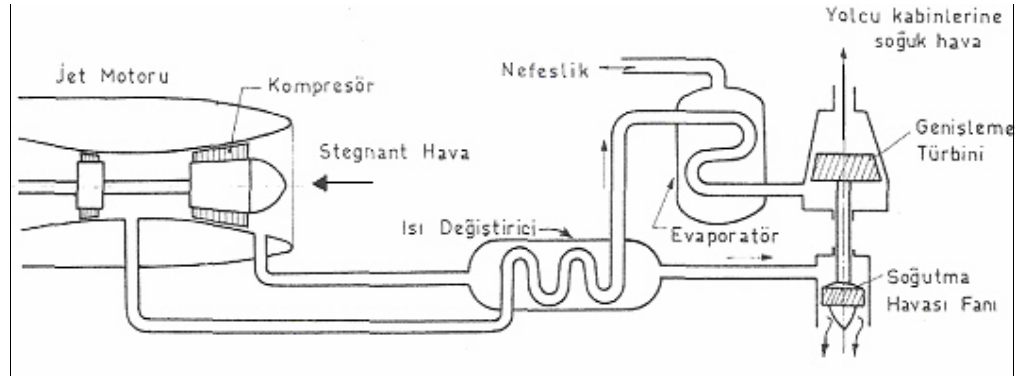
Şekil 3.4 Ejektör soğutma sistemi

3.2.3. Hava s oğutma çevrimi

Diğer soğutma çevrimlerinden farklı olarak, hava soğutma çevriminde, soğutucu akışkan (soğutkan) tüm sistemde daima gaz halinde kalır ve hiç sıvılaşmaz. Hava soğutma çevrimi açık sistem (soğutkan hava, devamlı atmosferden alınıp çevrimde soğutulduktan sonra kullanılır-sarf edilir) veya kapalı sistem (Hapsolunmuş olan hava çevrimden dışarı çıkamaz) prensibine göre çalışır.

Bu çevrimde, genişleme silindiri hem ekspansiyon valfi görevini yapmakta hem de kompresör için gerekli sıkıştırma gücünün bir kısmını sağlamakta ve böylece güç gereksinimi azalmaktadır.

Hava soğutma çevriminin yukarıdaki şekliyle uygulanması düşük performans katsayısı vermesi nedeniyle artık kullanılmamaktadır. Bunun yerine, son yıllarda uçakların yolcu hacimlerini klimatize etmek üzere aşağıda şeması verilen sistem uygulanmaktadır. Gerek ekipmanın hafif olması, gerekse soğutkan madde görevi yapan havanın tüm çevrimde gaz halde bulunması bu sisteme özellik vermektedir.



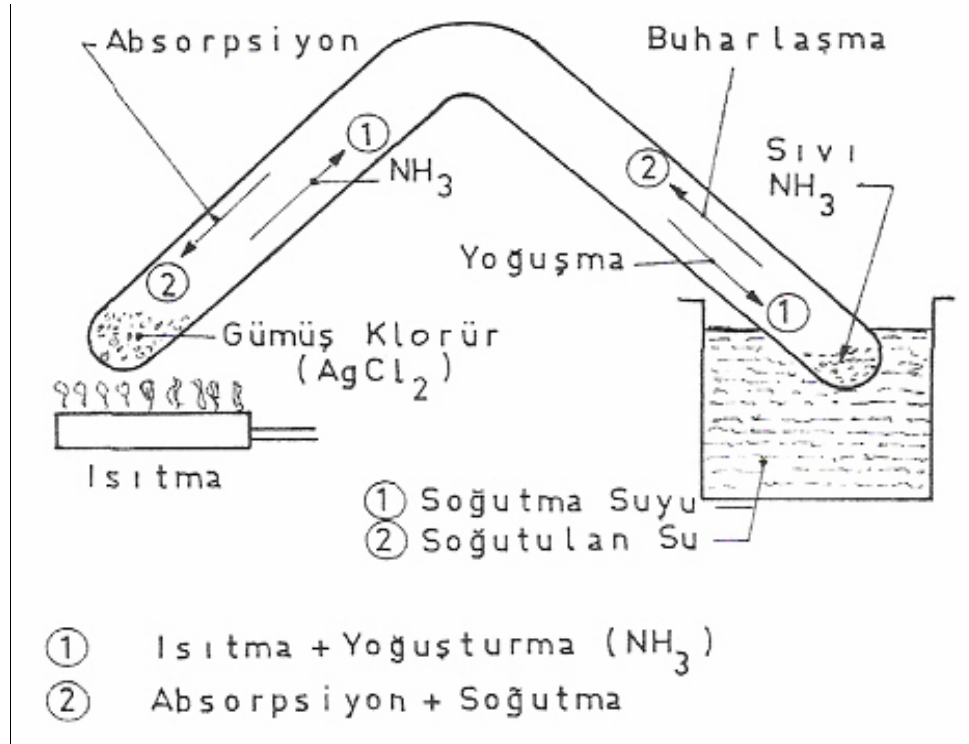
Şekil 3.5 Basit hava çevriminin jet motoruna uygulanışı (açık sistem)

3.2.4. Absorpsiyon soğutma çevrimi

İlk defa Michael Faraday tarafından bir asırdan fazla bir zaman önce, amonyağı (NH_3) yoğunlaştırma denemeleri sırasında keşfedilen Absorpsiyon prensibi, daha sonra bir soğutma çevrimi olarak uygulanıp bundan yararlanılmaya başlanmıştır. Faraday'ın aşağıda gösterilen deney aygıtı, Absorpsiyon soğutma çevriminin kavranması bakımından ilginçtir. Deneyin birinci kısmında (Şekil 3.6) amonyağa karşı aşırı bir emiciliği olan, amonyakla doyurulmuş gümüş klorür ısıtılırken deney tüpünün karşı ucu soğutma suyuna daldırılmış vaziyette tutulur. Kısa süre sonra, deney tüpünün soğutulan ucunda amonyağın yoğunlaşarak birikmeye başladığı görülür. Isıtılan uçtan amonyak tamamıyla soğutulan uca geçip sıvı halde toplandıktan sonra deneyin ikinci kısmına geçilir. Isıtma işlemi durdurulup soğutma suyu alınır. Çok kısa bir süre içerisinde, deney tüpünün soğutulan ucunda yoğunlaşmış olan sıvı amonyağın

kaynamaya başladığı ve tüpün bu kısmının aşırı derecede soğuduğu görülür. Bu olay, sıvı amonyak tamamen buharlaşıp gümüş klorür tarafına taşımına kadar sürer. Deney tekrarlandığında aynı olayların tekrar oluştuğu görülür. Burada, gümüş klorür absorban madde, Amonyak da soğutucu akışkan (soğutkan) madde rolünü oynamaktadır. Absorpsiyon soğutma çevriminde de daima iki akışkan mevcuttur, Soğutkan madde ve Absorban madde. Aşağıdaki Faraday deney aygıtında, soğutma işleminin sürekli olmadığı hemen fark edilecektir ve pratik uygulama için bunun giderilmesi gerekmiştir. Bugünkü Absorpsiyon soğutma çevrimlerinde soğutma işleminin sürekliliği mutlaka sağlanmıştır. Ayrıca, gümüş klorür absorban madde, yerini daha bol bulunan ve ekonomik olan maddelere bırakmıştır. Bugün en sık rastlanan Soğutkan (R) - Absorban (A) madde çiftleri şunlardır;

- Amonyak (R) - Su (A) (Ayrıca hidrojen - Basınçlandırma için - Dalton kanunu)
- Su (R) - Lityum Bromür (A)
- Su (R) - Lityum Klorür (A)
- Metilen Klorür (R) - Dimetil Eteri (Tetra Etilen Glikolin) (A)



Şekil 3.6 Faraday deneyi

Absorpsiyon soğutma çevrimiyle buhar-sıkıştırma çevrimi karşılaştırıldığında birçok benzerlik hemen göze çarpmaktadır. Evaporatör (buharlaştırıcı) ile kondenser bu sistemde de aynen mevcuttur.

3.3. Soğutucu Akışkanlar ve Yağlama Yağları

Buhar sıkıştırma çevrimi esasına göre çalışan soğutma sistemlerinde, ısının taşınması görevini yapan ara maddeler "soğutucu akışkan" veya daha kısaltılmış şekliyle "soğutkan" adıyla anılmaktadır. Soğutma sisteminde önemli ve büyük ölçüde ısı alışverişi; Kondenserde basınçlı gazdan ısı alınarak yoğunlaştırılması sırasında ve bir de evaporatörde, basıncı TEV'de düşürülerek ısıya aç hale gelen sıvı soğutkanın buharlaşması sırasında ısı alması (soğutma yapması) şeklinde olmaktadır. Ayrıca, kompresörde sıkıştırma (basınçlandırma) işlemi yapılırken harcanan sıkıştırma enerjisi de soğutucu akışkanın ısı tutumunu (entalpi) arttırmaktadır.

Diğer yandan, buhar sıkıştırma çevrimi esasına göre çalışan soğutma sistemlerinde, hareket eden parçaların birbiriyle temas ettiği yüzeylerindeki sürtünmeyi minimum seviyeye indirmek üzere yağlama yapılması gereklidir. İyi bir yağlama yapılmaması halinde, hem sürtünen yüzeylerde hızlı bir aşınma, eskime hem de mekanik kayıpların artmasıyla aşırı ısınma ve güç israfı meydana gelecektir. Yağlama yapılan yüzeyler genellikle soğutucu akışkan ile temas etme durumundadır ve soğutkan ile yağın karışması, birbirini kimyasal ve görmeleri gereken işlem yönlerinden etkilemeleri söz konusu olmaktadır. Örneğin; yağlama yağının evaporatör iç yüzeylerine sıvaşarak ısı transferini azaltması; soğutucu akışkanın (refrijeranın) yağlama yağını yataklardan yıkayıp atması; basınç ve yüksek sıcaklık altında yağ ile soğutkanın kimyasal reaksiyonlara girerek asit ve diğer zararlı maddeler meydana getirmesi gibi olaylara çok sık rastlamak mümkündür.

3.3.1. Soğutucu akışkanlar

Bir soğutma çevriminde ısı'nın bir ortamdan alınıp başka bir ortama nakledilmesinde ara madde olarak yararlanılan soğutucu akışkanlar ısı alış verişini genellikle sıvı halden buhar haline (soğutucu-evaporatör devresinde) ve buhar halden sıvı haline

(yoğuşturucu-kondenser devresi) dönüşerek sağlarlar. Bu durum bilhassa buhar sıkıştırma çevrimlerinde geçerlidir.

Soğutucu akışkanların, yukarıda tarif edilen görevleri ekonomik ve güvenilir bir şekilde yerine getirebilmesi yani bir soğutma sisteminin verimli ve emniyetli çalışabilmesi için bazı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip olmaları gerekir. Bu özellikler, uygulama ve çalışma şartlarının durumuna göre değişeceği gibi her zaman bu özelliklerin hepsini yerine getirmek mümkün olmayabilir. Genel kaide olarak bir soğutucu akışkanda aranması gereken özellikler şunlardır:

- Daha az bir enerji (güç) sarfı ile daha çok soğutma elde edilebilmelidir.
- Soğutucu akışkanın buharlaşma ısı'sı yüksek olmalıdır. (Daha az soğutkan akışı)
- Evaporatörde basınç mümkün olduğu kadar yüksek olmalıdır.
- Yoğuşma (kondenser) basıncı düşük olmalıdır.
- Viskozitesi düşük ve yüzey gerilimi (kılcallığı) az olmalıdır. (Bu özellik, yüksek ısı geçişini sağlayan, damlalaşarak yoğuşmayı zorlaştırmaktadır ve kondenserde bu istenmez)
- Emniyetli ve güvenilir olmalı, nakli, depolanması, sisteme şarjı kolay olmalıdır.
- Yağlama yağları ile ve soğutma devresindeki elemanlar ile zararlı sonuç verebilecek reaksiyonlara girmemelidir ve yağlama yağında çözülebilmelidir.
- Soğutma devresinde bulunmaması gereken rutubet (su) ile bulunması halinde bile çok zararlı reaksiyonlar meydana getirmemelidir.
- Sistemden kaçması halinde, bilhassa yiyecek maddeleri üzerinde zararlı etki yapmamalıdır. Sistemden kaçması halinde kolay fark edilmeli ve saptanabilmelidir.
- Sistemden kaçarak havaya karışması halinde civardaki insanlara, çevreye ve diğer canlılara zarar vermemelidir. Sistemden, gerektiğinde geri toplanıp kullanılabilmelidir.
- Havaya karıştığında yanıcı ve patlayıcı bir ortam oluşturmamalıdır.
- Çalışma şartlarındaki basınç ve sıcaklıkların en uç sınırlarında dahi ayrışıp çözülmemeli, sabit olmalı ve bütün özelliklerini muhafaza etmelidir.
- Elektriksel Özellikleri, bilhassa hermetik ve yarı-hermetik tip kompresörler için uygun olmalıdır.
- Temini kolay ve fiyatı düşük olmalıdır.

- Kritik noktası ve kaynama sıcaklığı, kullanılacağı soğutma sistemine uygun olmalı, ısııl kondüktivitesi yüksek, molar buhar ısınma ısıısı ise alçak olmalıdır.

Bu özelliklerin hepsini birden her şart altında yerine getirebilen üniversal bir soğutkan madde halen mevcut değildir. Fakat yukarıda da belirtildiği gibi, uygulamadaki şartlara göre bunlardan bir kısmı aranmayabilir.

Örneğin, amonyak yukarıdaki bazı şartları çoğu kez sağlayamadığı halde, bilhassa yurdumuzda çok sık tercih edilebilmektedir. Uygulamanın durumuna göre bu özelliklerin gerekli olanlarını sağlayabilen pek çok soğutkan madde mevcut olup bunlar geniş ölçüde kullanılmaktadır.

R-12 (CCl_2F_2): Bugüne kadar, soğutma maksadı için en çok kullanılan soğutucu akışkandır. Zehirli, patlayıcı ve yanıcı olmaması sebebiyle tamamen emniyetli bir maddedir. Bunlara ilaveten, en uç çalışma şartlarında dahi sabit ve bozulmayan, özelliklerini kaybetmeyen bir maddedir. Ancak, açık bir aleve veya aşırı sıcaklığa haiz bir ısıtıcı ile temas ettirilirse çözülür ve zehirli bileşkelere ayrışır. Kondenser de, ısı transferi ve yoğunlaşma sıcaklıkları bakımından oldukça iyi bir durum gösterir.

Yağlama yağlarının çoğu ile tüm çalışma şartlarında karışabilir ye yağın kompresöre dönüşü basit önlemlerle sağlanabilir. Yağı çözücü (Solvent) özelliği, kondenser ve evaporatör ısı geçiş yüzeylerinde yağın toplanıp ısı geçişini azaltmasını önler. Buharlaşma ısıısının düşük olması sebebiyle sistemde dolaşması gereken akışkan debisi fazladır. Fakat bu önemli bir mahzur olmadığı gibi küçük sistemlerde, akış kontrolünün daha iyi yapılması yönünden tercih edilir. Büyük sistemlerde ise buhar yoğunluğunun fazlalığı ile, birim soğutma için gerekli silindir hacmi R-22, R-500 ve R-717 (Amonyak)'dan çok farklı değildir. Birim soğutma için harcanan beygir gücü de takriben aynı seviyededir.

R-22 (CHClF_2): Diğer fluo-karbon soğutucu akışkanlarda olduğu gibi R-22'de emniyetle kullanılabilecek zehirsiz, yanmayan, patlamayan bir akışkandır. R-22, derin soğutma uygulamalarına cevap vermek üzere geliştirilmiş bir soğutucu akışkandır, fakat paket tipi klima cihazlarında, ev tipi ve ticari tip soğutucularda da,

bilhassa daha kompakt kompresör gerektirmesi (R-12'ye nazaran takriben 0.60 katı) ve dolayısıyla yer kazancı sağlaması yönünden tercih edilir. Çalışma basınçları ve sıcaklıkları R-12'den daha yüksek seviyede ve birim soğutma kapasitesi için gerekli tahrik gücü takriben aynıdır. Çıkış sıcaklıklarının oldukça yüksek olması sebebiyle, bunun aşırı seviyelere ulaşmasına engel olmak için emişteki kızgınlık derecesini mümkün mertebe düşük tutmalıdır (Bilhassa hermetik tip kompresörlerde).

Hava soğutmalı kondenser kullanıldığında kondenser kapasitesi (alanı) ihtiyaçtan biraz yüksek tutulmalıdır. Derin soğutma uygulamalarında, aşırı çıkış sıcaklıkları ile karşılaşılacağından (yüksek sıkıştırma oranı sebebiyle) silindirlerin su gömlekli olması tavsiye edilir. Yağ dönüşünü sağlamak için R-12'ye nazaran daha dikkatli ve iyi işlenmiş dönüş boruları döşenmeli, derin soğutma uygulamalarında muhakkak yağ ayırıcı konulmalıdır. R-12 yağ ile daha çabuk ve iyi karışmaktadır. Su ile ise R-22 daha çabuk ve yüksek oranda karışır.

R-717 (Amonyak): Bugün, fluo-karbon ailesinin dışında geniş ölçüde kullanılmaya devam edilen tek soğutucu akışkan amonyak'tır. Zehirleyici ve bir ölçüde yanıcı-patlayıcı olmasına rağmen mükemmel ısıl özelliklere sahip olması sebebiyle, iyi eğitilmiş işletme personeli ile ve zehirleyici etkisinin fazla önem taşımadığı hallerde, büyük soğuk depoculukta, buz üretiminde, buz pateni sahalarında ve donmuş paketleme uygulamalarında başarıyla kullanılmaktadır. Buharlaşma ısısının yüksek oluşu ve buhar özgül hacminin de oldukça düşük olması sistemde dolaştırılması gereken akışkan miktarının düşük seviyede olmasını sağlar. R-22'de olduğu gibi çıkış sıcaklıkları yüksek seviyeli olup kompresör kafa ve silindirlerinin su soğutma gömlekli olması tercih edilir.

Amonyak yağ ile karışmaz, fakat kompresör karterindeki çalkantı ve silindirdeki yüksek hızlar yağın sisteme sürüklenmesine sebep olur. Bu nedenle, gerek kompresör çıkışına yağ ayırıcı koymak suretiyle, gerekse evaporatörden kompresöre yağın dönüşünü kolaylaştıracak tarzda boru tertiplenmesi suretiyle yağın kompresör karterinde toplanması sağlanmalıdır. Halen mevcut olan ve soğutmacılıkta kullanılan soğutucu akışkanlar ile bunların kimyasal isimleri,

ASHRAE Kot numaraları ve fiziksel özellikleri alttaki tabloda toplu halde verilmektedir. Ayrıca, uygulamada en sık rastlanan soğutucu akışkanlardan R-12, 22, 502, 717 ve yeni kullanıma giren R-134a için sıcaklık-basınç (doymuş buhar) ve özgül ağırlık ile ısı tutumu değerlerini veren tablolar ileriki sayfalarda bulunmaktadır.

Tablo 3.1 Soğutucu akışkanların tanımlanması

| ASHRAE Tanımı | Kimyasal Ad ı | Kimyasal Formülü | Atmosferde Kayn. Sıc. °C | Kritik Sıc. °C | Kritik Bas.(kPa) | Özg. ağırlık kg/dm ³ |
|---------------|--------------------------------|---|--------------------------|----------------|------------------|---------------------------------|
| R-11 | tri-Klor Flor Metan | CCl ₃ F | 23.82 | 198 | 4406 | 1.49 (20°) |
| R-12 | di-Klor di-Flor Metan | CCl ₂ F ₂ | -29.79 | 112 | 4113 | 1.33(20°) |
| R-13 | Klor tri-Flor Metan | CClF ₃ | -81.4 | 28.8 | 3865 | 0.90 (20°) |
| R-13B1 | Brom tri-Flor Metan | CBrF ₃ | -57.75 | 67.0 | 3962 | 1.57(20°) |
| R-14 | tetra-Flor Metan | CF ₄ | -127.9 | -45.7 | 3741 | 1.32 (-80°) |
| R-21 | di-Klor Flor Metan | CHCl ₂ F | 8.9 | 178.5 | 5168 | 1.38(20°) |
| R-22 | Klor di-Flor Metan | CHClF ₂ | -40.76 | 96.0 | 4974 | 1.21 (20°) |
| R-23 | tri-Flor Metan | CHF ₃ | -82.1 | 25.6 | 4833 | 0.79 (20°) |
| R-30 | Metilen Klorür | CH ₂ Cl ₂ | 40.2 | 237.0 | 6077 | — |
| R-32 | di-Flor Metan (Metilen Florür) | CH ₂ F ₂ | -51.8 | 78.4 | 5830 | — |
| R-40 | Metil Klorür | CH ₃ Cl | -12.4 | 143.1 | 6674 | 0.92 (20°) |
| R-50 | Metan | CH ₄ | -161.5 | -82.5 | -535 | 0.36 (-120°) |
| R-113 | tri-Klor tri-Flor Etan | CCl ₂ FCClF ₂ | 47.57 | 214.1 | 3437 | 1.58(20°) |
| R-114 | di-Klor tetra-Flor Etan | CClF ₂ CClF ₂ | 3.8 | 145.7 | 3259 | 1.47(20°) |
| R-115 | Klor penta-Flor Etan | CClF ₂ CF ₃ | -39.1 | 79.9 | 3153 | 1.31 (20°) |
| R-123 | di-Klor tri-Flor Etan | CHCl ₂ CF ₃ | 27.87 | 183.79 | 3674 | — |
| R-124 | Klor tetra-Flor Etan | CHClF ₂ CF ₃ | -13.19 | 122.5 | 3660 | — |
| R-125 | penta-Flor Etan | CHF ₅ | -48.57 | 66.3 | 3630.6 | — |
| R-134a | tetra-Flor Etan | CF ₃ CH ₂ F | -26.16 | 101.1 | 4067 | — |
| R-141b | di-Klor Flor Etan | CCl ₂ FCH ₃ | 32 | 204.2 | 4250 | — |
| R-142b | Klor di-Flor Etan | CClF ₂ CH ₃ | -9.8 | 137.1 | 4120 | 1.12(20°) |
| R-152a | di-Flor Etan | CH ₃ CHF ₂ | -25.0 | 113.5 | 4492 | 0.91 (20°) |
| R-160 | Etil Klorür | C ₂ H ₅ Cl | 12.4 | 187.2 | 5267 | — |
| R-170 | Etan | C ₂ H ₆ | -88.8 | 32.2 | 4891 | 0.35 (20°) |
| R-216ca | di-Klor hekza Flor Propan | C ₃ Cl ₂ F ₆ | 35.69 | 180.0 | 2753 | — |
| R-290 | Propan | C ₃ H ₈ | -42.09 | 96.7 | 4248 | 0.50 (20°) |
| R-500 | R-12(%73.8); R-152a | Karışım (%Ağırlık) | -33.5 | 105.5 | 4423 | 1.17(20°) |
| R-502 | R-115(%51.2); R-22 | Karışım (%Ağırlık) | -45.4 | 82.2 | 4075 | 1.26(20°) |
| R-503 | R-13(%59.9); R-23 | Karışım (%Ağırlık) | -88.7 | 19.5 | 4182 | 1.29 (-40°) |
| R-504 | R-115(%51.8); R-32 | Karışım (%Ağırlık) | -57.2 | 66.4 | 4758 | 1.09(20°) |
| R-600 | Bütan | C ₄ H ₁₀ | -0.5 | 152.0 | 3794 | 0.58 (20°) |
| R-600a | izobütan | C ₄ H ₁₀ | -11.73 | 135.0 | 3645 | 0.56 (20°) |
| R-610 | Etil Eter | C ₄ H ₁₀ O | 34.6 | 194.0 | 3603 | — |
| R-611 | Metil Format | C ₂ H ₄ O ₂ | 31.8 | 214.0 | 5994 | — |
| R-630 | Metil Amin | CH ₃ NH ₂ | -6.7 | 156.9 | 7455 | — |
| R-631 | Etil Amin | C ₂ H ₅ NH ₂ | 16.6 | 183.0 | 5519 | — |
| R-702 | Hidrojen (Normal) | H ₂ | -252.8 | -239.9 | 1315 | 0.035 (-253°) |

Tablo 3.1 Soğutucu akışkanların tanımlanması (devamı)

| ASHRAE Tanımı | Kimyasal Ad ı | Kimyasal Form ü lü | Atmosferde Kayn. S ıc.°C | Kritik Sıc°C | Kritik Bas.(kPa) | Özg. a ğr. kg/dm ³ |
|---------------|---|-------------------------------|--------------------------|--------------|------------------|-------------------------------|
| R-704 | Helvum | He | -268.9 | -267.9 | 228.8 | 0.126 (-269°) |
| R-717 | Amonyak | NH ₃ | -33.3 | 133.0 | 11417 | 0.61 (20°) |
| R-718 | Su | H ₂ O | 100.0 | 374.0 | 22064 | — |
| R-720 | Neon | Ne | -246.1 | -228.7 | 3397 | 1.20 (-246°) |
| R-728 | Azot (Nitrojen) | N ₂ | -198.8 | -146.9 | 3396 | 0.72 (-220°) |
| R-729 | Hava (0.21 O ₂ + 0.78 N ₂ + 0.01 Arqon) | | -194.3 | -140.5 | 3785 | — |
| R-732 | Oksijen | O ₂ | -182.9 | -118.6 | 5043 | — |
| R-740 | Aronn | Ar | -185.9 | -122.5 | 4853 | 1.35 (-185.9°) |
| R-744 | Karbon Dioksit | CO ₂ | -78.4 | 31.1 | 7372 | 0.77 (20°) |
| R-744A | Azot Oksit | N ₂ O | -89.5 | 36.5 | 7221 | — |
| R-764 | Kükürt Dioksit | SO ₂ | -10.0 | 157.5 | 7875 | — |
| R-1120 | tri-Klor Etilen | CHCl=CCl ₂ | 87.2 | 271.1 | 5016 | — |
| R-1130 | di-Klor Etilen | CHCl=CHCl | 47.8 | 243.3 | 5478 | — |
| R-1150 | Etilen | C ₂ H ₄ | -103.7 | 9.3 | 5114 | 0.46 (-40°) |
| R-1270 | Propilen | C ₃ H ₆ | -47.7 | 91.8 | 4618 | 0.52 (20°) |

3.4. Soğutma Cihaz ve Ekipmanları

Bugün en sık rastlanan soğutma çevriminin buhar sıkıştırma çevrimi olduğu evvelki bölümlerde belirtilmişti. Bu bölümde, buhar sıkıştırma çevriminde kullanılan cihaz ve ekipmanın tanıtılması ele alınacaktır. Bir buhar sıkıştırma çevrimi beş ana kısımdan meydana gelmektedir:

- Soğutma Kompresörü (Buhar sıkıştırma aparatı)
- Kondenser (Sıkıştırılan buharı yoğuşturucu)
- Evaporatör (Buharlaştırıcı-Soğutucu)
- Genişleme Aparatı (Ekspansiyon vanaları, kılcal borular, basınç düşürme memeleri, seviye kontrol cihazları)
- Boru Donanımı ile yardımcı aksam ve soğutkan akış kontrol elemanları.

3.4.1. Soğutma kompresörleri

Soğutma kompresörünün sistemdeki görevi, buharlaştırıcı-soğutucudaki ısı ile yüklü soğutucu akışkanı buradan uzaklaştırmak ve böylece arkadan gelen ısı yüklenmemiş akışkana yer temin ederek akışın sürekliliğini sağlamak ve buhar haldeki soğutucu

akışkanın basıncını kondenserdeki yoğuşma sıcaklığının karşıtı olan seviyeye çıkarmaktır.

İdeal bir kompresörde şu genel ve kontrol karakteristikleri aranır;

- Sürekli bir kapasite kontrolü ve geniş bir yük değişimi-çalışma rejimine uyabilme.
- İlk kalkışta dönme momentinin mümkün olduğunca az olması.
- Verimlerin kısmi yüklerde de düşmemesi.
- Değişik çalışma şartlarında emniyet ve güvenilirliği muhafaza etmesi.
- Titreşim ve gürültü seviyelerinin kısmi ve tam yüklerde ve değişik şartlarda belirli seviyenin üstüne çıkmaması.
- Ömrünün uzun olması ve arızasız çalışması
- Daha az bir güç harcayarak birim soğutma değerini sağlayabilmesi.
- Maliyetinin mümkün olduğu kadar düşük olması

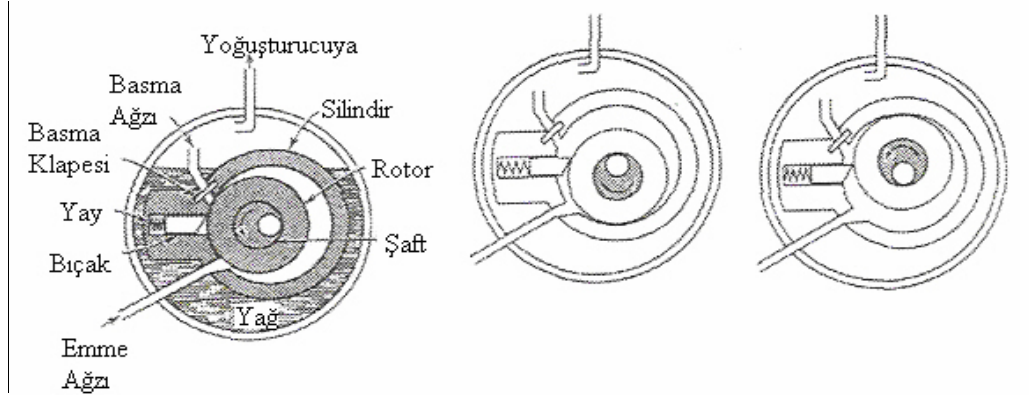
Fakat bu karakteristiklerin tümüne birden sahip olan bir kompresör yoktur denebilir. Uygulamadaki şartlara göre yukarıdaki karakteristiklerden en fazlasını sağlayabilen kompresör, seçimde tercih edilecektir.

Uygulamada buharlaştırıcıdan çıkan buharı, yoğuşma basıncına kadar sıkıştırmak için kullanılan kompresörler şunlardır.

- Rotorlu kompresör
- Pistonlu kompresör
- Türbo kompresör
- Vidalı kompresör
- Scroll kompresör

3.4.1.1. Rotorlu kompresörler

Küçük soğutma tesislerinde kullanılan bu kompresör, bir silindir içerisinde kaçık eksenli olarak dönen bir pistondan oluşur. Bıçaklı (blade) ve kanatlı (vane) olmak üzere iki türde üretilirler.



Şekil 3.7 Bıçaklı tür rotorlu kompresör şeması

Bu kompresörler döner türden oldukları için, içlerinde ayrıca emme ve basma supapları yoktur ve devir sayıları oldukça yüksektir. Arada bir kavrama olmaksızın, doğrudan elektrik motoru ile tahrik edilebilirler.

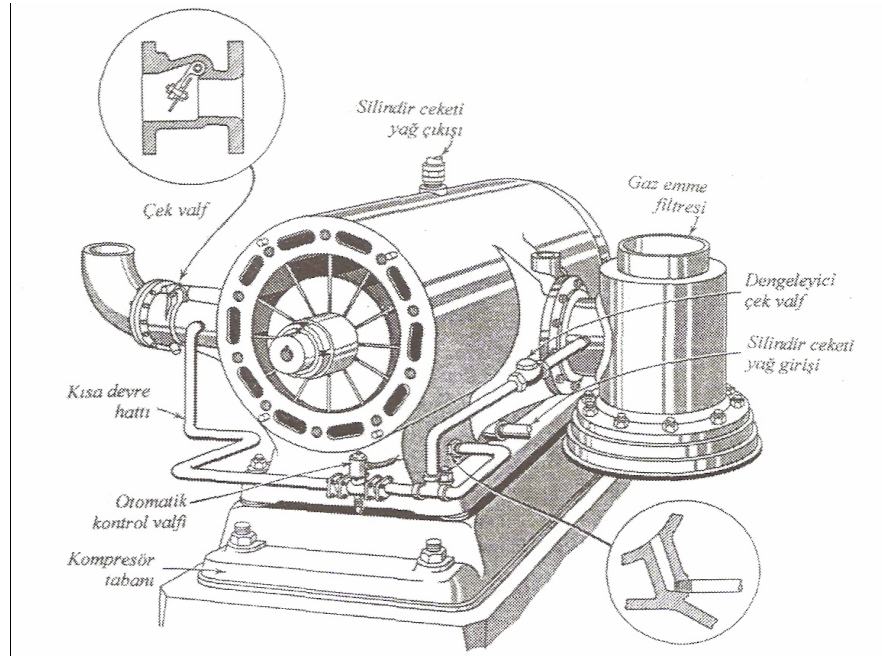
Soğutucu akışkanın daima bir yönde hareket etmesi, yani kompresörün doğru akışlı olması nedeniyle cidar kayıpları azdır, kompresör içindeki ölü hacim küçüktür. Bu nedenle bu tür kompresörlerde dolma derecesi %70–80 gibi oldukça yüksek değerlerdedir. Buna karşılık bıçaklar veya kanatlar ile dönen piston veya silindir arasındaki sürtünmeler nedeniyle mekanik verimleri düşüktür.

Toplam verimleri pistonlu kompresörler ile aynı mertebededir. Sıkıştırma oranları en fazla 7/1 değerindedir. Rotor ile silindir arasındaki toleranslar, $\pm 1.25\text{--}2.5\ \mu\text{m}$ arasında olmalıdır. Bu nedenle üretimlerinde özen gösterilmelidir.

Kompresörün çalışmadığı zamanlarda yüksek basınçlı gazın, emme hattına geri dönmemesi için emme veya basma hattına bir çek valf koyulması gerekir [11].

Rotorlu kompresörler özellikle ev tipi buzdolaplarında, ev tipi derin dondurucularda ve pencere türü iklimlendirme cihazlarında yaygın olarak kullanılır. Bu cihazlarda ekovat adı verilen sızdırmaz (hermetik) bir kap içinde elektrik motoru ile birlikte kullanılır. Yağ değiştirme ve benzeri bakım işlerine ihtiyaç göstermezler.

Bıçaklı türden olanlar. 4 kW gücüne kadar üretilirler. Daha büyük güç istendiğinde, kanatlı türden olanlar tercih edilmelidir. Şekil 3.9'da büyük kapasiteli kanatlı tür rotorlu kompresör şeması görülmektedir. Bunlar çoğunlukla çok kademeli kompresör sistemlerinde, derin dondurma uygulamaları için düşük basınç kompresörü veya "booster" (yardımcı) kompresör görev yaparlar. Bunlar -20 ila -90 °C sıcaklıklarda başarıyla görev yapabilmektedir. 5 ila 450 kW arasındaki güçlerde imal edilmektedirler. Bu kompresörler, aynı kapasitedeki diğer tür kompresörlere göre daha küçük boyutlu ve hafiftirler. Özellikle soğuk depoculuk, gıda maddelerinin dondurulmasında önemli uygulama alanı bulur. Kanat sayısı 4 ila 16 arasında değişebilir. Silindirdeki kanallar içinden su veya soğutma yağı geçirilerek, kompresörün soğutulması sağlanır.



Şekil 3.8 Kanatlı tür rotorlu kompresör

3.4.1.2. Pistonlu kompresörler

Pistonlu kompresörler, özellikle buhar yoğunluğu ve yoğuşma basıncı göreceli olarak yüksek olan soğutucu akışkanlar kullanıldığında çok uygundur. Bunlara örnek olarak amonyak, R-22, R-407c ve R-134a sayılabilir. Bu tür kompresörler, temel

yapıları bakımından olduğu kadar, çalışma özellikleri bakımından da büyük değişiklikler gösterirler. Bu farklar;

- Silindir ve piston düzeninin,
- Tahrik tipinin,
- Valf yapısı ve çalışma şeklinin ve
- Soğutma ve yağlama sistemlerinin

karakterinde gözlenir.

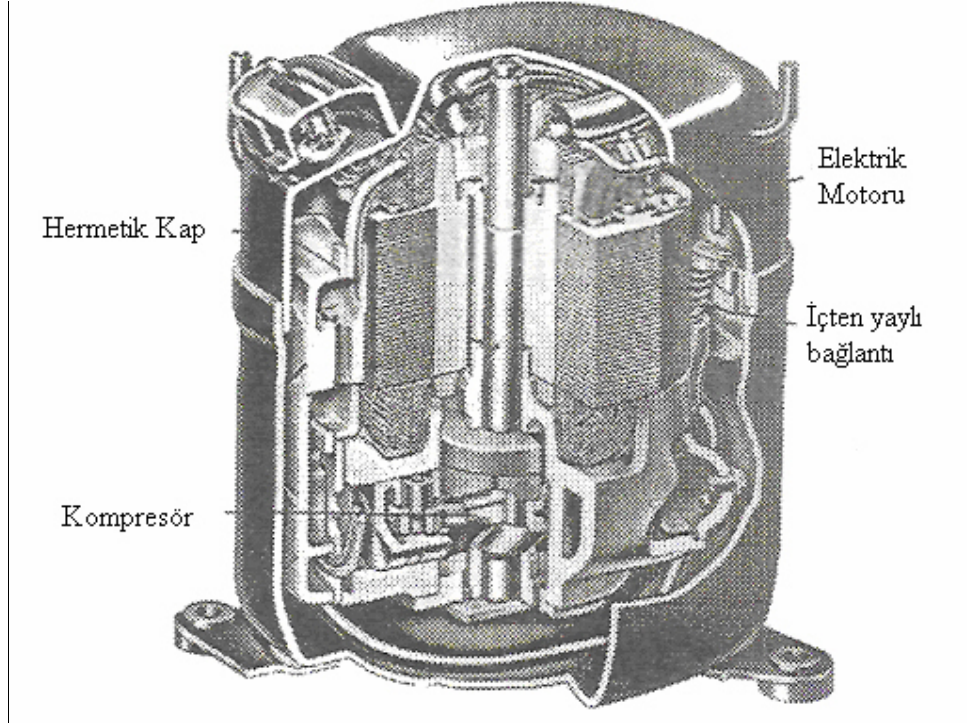
Silindir ve Piston Düzeni: Düşey veya yatay olmak üzere iki türde imal edilebilirler. Günümüzde en çok düşey olanlar tercih edilir.

Tahrik Türü: Günümüzdeki hemen hemen bütün kompresörler elektrik motoru ile çalıştırılırlar. Bunun tek önemli istisnasına, tahrik gücünün içten yanmalı bir motordan sağlanabildiği ulaştırma araçlarının (otomobiller, kamyonlar, otobüsler, trenler ve uçaklar) havalandırılması alanında rastlanır.

Valf Yapısı ve Çalışması: Soğutma kompresörlerinde emiş valfleri ve basma valfleri olmak üzere iki tip valf bulunmaktadır. Gerçekleştirdikleri mekanik işe uygun olarak, kompresör valfleri düz supap (poppet) tipi, halka-plaka tipi ya da şerit (kurdele) tipi şeklinde imal edilebilir.

Soğutma kompresörü valfleri, otomobil motoru valfleri gibi, itme çubukları, sallanma düzen kolları, ya da hidrolik kaldırıcılarla mekanik olarak çalıştırılmazlar. Kompresör valfleri, silindirin içi ile emiş hattı ya da basma hattı arasındaki basınç farkından faydalanılarak çalışırlar.

Soğutma ve Yağlama: Kompresör silindirleri ve kapakları su-soğutmalı ya da hava-soğutmalı olabilirler. Genellikle, yalnızca büyük kompresörlerde sulu soğutma sistemi kullanılmaktadır. Su, silindirlerin etrafındaki gömleklerin içinde ve sıkıştırma kapağında dolaşır.



Şekil 3.9 Elektrik motoru içinde hermetik kompresör

Klima sistemleri için gereken kapasite aralığındaki kompresörlerin çoğu hava soğutmalıdır. Silindir duvarları ve sıkıştırma kapakları, ısı geçiş yüzeyini artırmak için kanatlı biçimde üretilmişlerdir. Hermetik kompresörler ise emiş buharı ile soğutulurlar.

3.4.1.3. Türbo kompresörler

Bu kompresörlerde sıkıştırma, dönen çark çevresindeki kanatlar ile sağlanır. Bir çarkta yaklaşık 1.2 oranında sıkıştırma sağlanabildiğinden, büyük sıkıştırma oranlarında, art arda çok sayıda çark kullanmak gerekir. Bu da konstrüksiyonu karmaşık hale getirir. Normal olarak bir mil üzerine 10 ile 12 çarktan fazla çark takılmaz.

Çark boyutlarını küçük tutmak için yüksek devir sayıları seçilir. Çark çevre hızları, soğutucu akışkan cinsine bağlı olarak, 120 ile 250 m/s (bazı hallerde daha yüksek) değerlerde alınabilir. Yüksek devir sayısı, dolayısıyla yüksek çıkış hızı, düşük debi

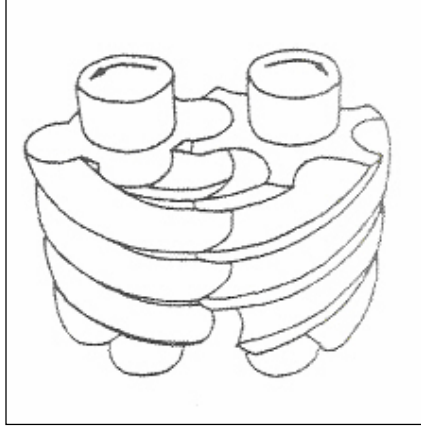
halinde konstrüksiyon yönünden elverişsiz dar kanatlar gerektirir. Bu durumda, türbo kompresörlerin ancak yüksek akışkan debilerinde kullanılması uygundur. Ayrıca, sıkıştırma oranının da büyük olamaması nedeniyle bu tip kompresörler genel olarak düşük basınçlarda kullanılır.

Küçük olmaları, az yer kaplamaları, fiyatlarının daha ucuz olması, supap ve dolayısıyla ölü hacim bulunmaması, krank miline ihtiyaç olmaması, yüksek devir sayısı sayesinde elektrik motoru veya türbinle direkt bağlanabilme özeliği gibi nedenlerden, türbo kompresörler geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Bu üstünlüklere ek olarak, yalnızca yataklarda yağlama yapıldığından, yağın soğutucu akışkana karışma ihtimali yoktur ve sistemde bir yağ ayırıcısı kullanmaya gerek kalmaz. Türbo kompresörlerin ayar sistemleri, rotorlu ve pistonlu kompresörlere göre daha basittir. Büyük kapasiteli iklimlendirme tesisleri için türbo kompresör, yoğuşturucu ve buharlaştırıcı (genellikle su soğutucusu) bir paket halinde üretilir.

3.4.1.4. Vidalı kompresörler

Vidalı kompresörlerde, dişleri birbirini saran iki sonsuz vidadan biri diğerini hareket ettirerek gaz sıkıştırılır. Emme deliği açıkken rotorların dönmesi ile gaz emilir ve emilen gaz vidalar arasındaki gittikçe daralan boşluğu, rotor boyunca doldurduktan sonra emme deliği kapatılır. Rotorlar dönmeye devam ederek aradaki gazı sıkıştırır. Bunu takiben basma deliği açılır ve sıkıştırılmış gaz, dişler arasındaki boşluk sıfıra inmek suretiyle basılır. Böylece bunlarda da diğerlerinde olduğu gibi emme, sıkıştırma ve basma zamanları tamamlanmış olur.

Çalışma ilkesi çok basit olduğundan, vidalı kompresörlerin bakımları kolaydır, ömürleri uzundur. Diğer türden kompresörlere oranla çok daha az yer kaplar, daha az titreşim yaparlar ve dişli kayış, kasnak gibi elemanlara gerek göstermeden doğrudan tahrik sistemine bağlanırlar. Hareket eden parçaların sayısının az olması nedeniyle, mekanik verimleri, dolayısıyla toplam verimleri yüksektir. Yüksek verim, yüksek devir sayılarında elde edildiğinden, bu tip kompresörler 10000 ila 20000 d/d hızlarda çalışacak şekilde üretilirler. Bu nedenle, boyutları çok küçüktür.



Şekil 3.10 Vidalı kompresör prensibi

3.4.1.5. Scroll kompresörler

Scroll kompresörlerin çalışma prensibi, geleneksel pistonlu ve alternatif kompresörlerin çalışma prensiplerinden çok farklıdır. Arşimed spirali denilen, iki spiralden oluşmaktadır. Bu iki spiral iç içe biri diğerinin içinde olarak pozisyonlaşmıştır ve bu şekilde orak şeklinde bir takım cepler oluştururlar. Sıkıştırma esnasında, spirallerden biri (üstteki) sabit kalır; alttaki spiral ise rotor üzerindeki eksantrik kısma monte edildiğinden, rotatif değil, yörüngesel olarak hareket ederler.

760 kw kapasiteye ulaşabilen scroll kompresörler kullanarak gürültüyü büyük oranda azaltmak mümkündür. Scroll kompresörlerin yörüngesel hareketi, daha dengeli bir sıkıştırma sağlar, daha az titreşime ve dolayısıyla daha az gürültüye yol açar. Son yıllarda yüksek kalitedeki teknik çözümler, verimin de artmasını sağladı.

Scroll kompresörlerde kaide, esnek ve titreşimi önleyici takozlarla kompresörden ayrıldı, ses iletimini azaltmak için boru desteği kompresörün kaidesine sabitlendi ve kompresör ses izolasyonlu bir muhafaza içine yerleştirildi. Böylece 500 kw kapasiteli bir kompresör 10 metre mesafede yalnızca 60 dB(A)'lık bir ses düzeyiyle diğer kompresörlere göre üstün bir kapasite/ses oranına sahip oldu. Bu sebeplerle günümüzde scroll kompresörler yaygın biçimde tercih edilmekte ve kullanılmaktadırlar.

3.4.2. Kondenser (y oğuşturucu)

Soğutma sisteminde soğutkanın evaporatörden aldığı ısı ile kompresördeki sıkıştırma işlemi sırasında ilave olunan ısıнын sistemden alınması kondenserde yapılır. Böylece, soğutkan sıvı hale gelerek basınçlandırılır ve tekrar genleştirilerek evaporatörden ısı alacak duruma getirilir.

Kondenserdeki ısı alış verişinin üç safhada olduğu düşünölebilir, bunlar; kızgınlığın alınması, soğutkanın yoğunlaşması, aşırı soğutma. Kondenser dizaynına bağlı olarak aşırı soğutma kondenser alanının %0-10'unu kullanacaktır. Kızgınlığın alınması için ise kondenser alanının %5'ini bu işleme tahsis etmek gerekir. Bu üç değişik ısı transferi şekline bağlı olarak kondenserdeki ısı geçirme katsayıları ile sıcaklık aralıkları da farklı olacaktır. Ancak, kızgınlığın alınması safhasındaki ortalama sıcaklık aralığının fazlalığına karşı daha düşük bir ısı transfer katsayısı mevcut olacak, fakat aşırı soğutma sırasında bunun aksine sıcaklık aralığı daha az ve ısı geçirme katsayısı daha fazla olacaktır.

Yoğuşma sırasında ise her iki değer de alt-üst seviyelerin arasında bulunacaktır. Yapılan deneylerde ısı transferi katsayısının artması karşısında sıcaklık farkının azalması (veya tersi) yaklaşık olarak aynı çarpım sonucunu vermektedir ve bu değerlerin ortalamasını kullanmak mümkün olmaktadır. Hesaplama sağladığı basitlik de göz önünde bulundurularak, kondenserlerin hesabında tek bir ısı geçirme katsayısı ile tek bir ortalama sıcaklık aralığı değerleri uygulanmaktadır.

Genel olarak üç değişik tip kondenser mevcuttur; Su soğutmalı kondenserler, hava ile soğutmalı kondenserler, evaporatif (Hava-Su) kondenserler. Uygulamada, bunlardan hangisinin kullanılacağı daha ziyade ekonomik yönden yapılacak bir analiz ile tespit edilecektir. Bu analizde kuruluş ve işletme masrafları beraberce etüt edilmelidir. Diğer yandan, su soğutmalı ve evaporatif kondenserlerde yoğuşum sıcaklığının daha düşük seviyelerde olacağı ve dolayısıyla soğutma çevrimi termodinamik veriminin daha yüksek olacağı muhakkaktır, bu nedenle yapılacak analizde bu hususun dikkate alınması gerekir.

Bunlardan hangi tipin kullanılacağı uygulamasının ısı yük, soğutkan, soğutma suyu sıcaklık, debi, basınç ve temizlik durumlarıyla, yer durumuna, soğutkan ve su devrelerinin servis bakım şartlarına göre değişebilir.

Bunların her birisinin genel dizayn ve uygulama özellikleri belirtilmiş olup bir fikir vermek amacıyla bazı teknik donelerle tanıtıcı şekiller verilmektedir, imalatçı firmalar bununla ilgili olarak değişik prototipler yapıp deneyler uygulayarak kendi tiplerini geliştirmekte ve ısı geçirme katsayıları ile su devresi basınç kayıpları için en uygun konumları saptamaktadırlar.

Tablo 3.2 Kondenser ısısı evaporatör ısısı oranları

| Soğutkan | Yoğuşma Sıcaklığı | Emiş (Buharlaşma) Sıcaklığı | | | | | | | | | | |
|----------|-------------------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | -40 | -35 | -30 | -25 | -20 | -15 | -10 | -5 | 0 | +5 | +10 |
| R-22 | 25 | 1.37 | 1.33 | 1.29 | 1.25 | 1.21 | 1.18 | 1.15 | 1.12 | 1.10 | 1.08 | - |
| | 30 | 1.41 | 1.37 | 1.33 | 1.29 | 1.25 | 1.21 | 1.18 | 1.15 | 1.12 | 1.10 | - |
| | 35 | 1.46 | 1.41 | 1.36 | 1.32 | 1.28 | 1.24 | 1.21 | 1.18 | 1.15 | 1.13 | - |
| | 40 | 1.51 | 1.46 | 1.41 | 1.36 | 1.31 | 1.27 | 1.24 | 1.21 | 1.18 | 1.15 | - |
| | 45 | 1.56 | 1.51 | 1.46 | 1.41 | 1.36 | 1.31 | 1.27 | 1.24 | 1.21 | 1.18 | - |
| R-12 | 25 | - | 1.32 | 1.28 | 1.25 | 1.22 | 1.19 | 1.16 | 1.13 | 1.10 | 1.08 | 1.06 |
| | 30 | - | 1.36 | 1.32 | 1.28 | 1.25 | 1.22 | 1.19 | 1.15 | 1.13 | 1.10 | 1.08 |
| | 35 | - | 1.40 | 1.36 | 1.32 | 1.28 | 1.24 | 1.21 | 1.18 | 1.15 | 1.12 | 1.10 |
| | 40 | - | 1.45 | 1.40 | 1.36 | 1.32 | 1.28 | 1.24 | 1.20 | 1.17 | 1.14 | 1.12 |
| | 45 | - | 1.50 | 1.45 | 1.40 | 1.36 | 1.32 | 1.28 | 1.24 | 1.21 | 1.18 | 1.15 |
| Amonyak | 20 | - | 1.29 | 1.15 | 1.22 | 1.19 | 1.16 | 1.13 | 1.10 | 1.07 | 1.05 | - |
| | 25 | - | 1.32 | 1.28 | 1.25 | 1.22 | 1.18 | 1.15 | 1.12 | 1.10 | 1.08 | - |
| | 30 | - | 1.35 | 1.32 | 1.28 | 1.25 | 1.22 | 1.18 | 1.15 | 1.13 | 1.11 | - |
| | 35 | - | 1.39 | 1.35 | 1.31 | 1.27 | 1.24 | 1.21 | 1.18 | 1.15 | 1.13 | - |
| | 40 | - | 1.43 | 1.39 | 1.35 | 1.31 | 1.27 | 1.24 | 1.21 | 1.18 | 1.15 | - |
| 45 | - | 1.47 | 1.43 | 1.38 | 1.34 | 1.30 | 1.26 | 1.23 | 1.20 | 1.17 | - | |

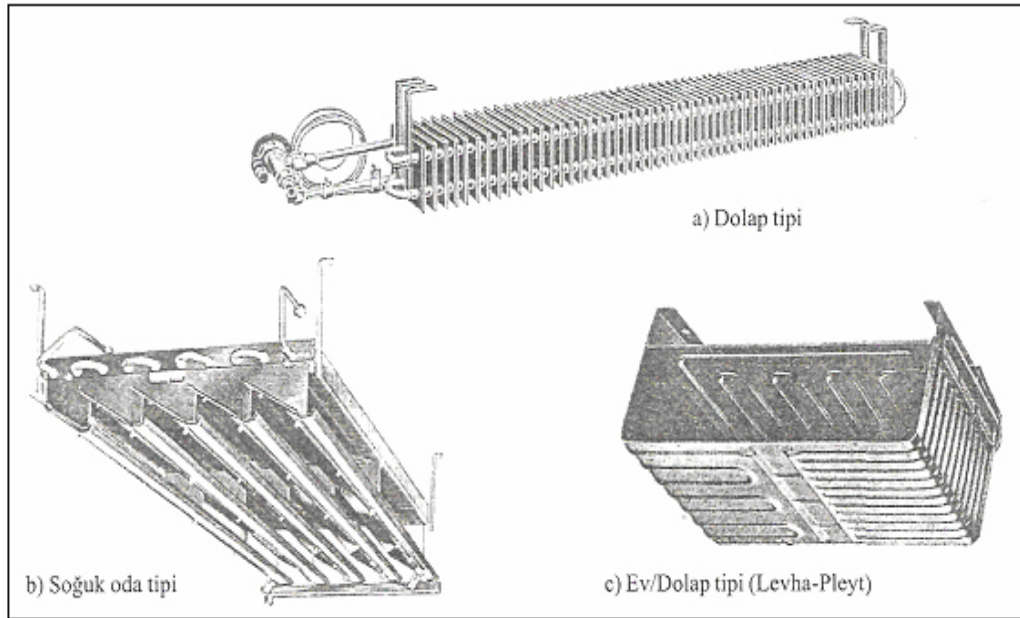
3.4.3 Evaporatör (buharlaştırıcı-soğutucu)

Bir soğutma sisteminde evaporatör sıvı soğutkanın buharlaştığı ve bu sırada bulunduğu ortamdan ısıyı aldığı cihazdır. Diğer bir ifadeyle, evaporatör bir soğutucudur. Kondenserdan direkt olarak veya soğutkan deposundan geçerek ve direkt ekspansiyonlu sistemde (kuru tip) ekspansiyon valfi, kılcal boru veya benzer bir basınç düşürücü elemanda adyabatik olarak genişletildikten sonra evaporatöre sıvı-buhar karışımı şeklinde giren soğutkanın büyük bir kısmı sıvı haldedir. Evaporatörde ısı alarak buharlaşan soğutkana, emiş tarafına geçmeden önce bir miktar daha ısı verilmesi ve 3–8°C arasında kızgınlık verilerek kızgın buhar durumuna gelmesinin birçok faydaları vardır. Bunların en başında, kompresöre büyük zarar verebilen sıvı soğutkanın kompresöre gelmesi gösterilebilir. Sıvı Taşmak tip evaporatörlerde ise soğutkan evaporatörde sıvı halde bulunur ve ısıyı alarak buharlaşan kısmı bir sıvı-buhar ayrıştırıcısından (surge tank) geçtikten ve sıvı kısmı ayrıldıktan sonra buhar halinde kompresöre ulaşır. Sıvı soğutkanın evaporatöre beslenmesi seviye kumandalı (flatörlü, manyetik, vs.) bir vana ile yapılır. Sıvı ayrıştırıcı tankta biriken sıvı soğutkan tekrar evaporatöre geri gönderilir ve soğutma işleminde yararlanır. Direkt veya sıvı taşmalı tertiplerde çalışan evaporatörlerin hepsinde de soğutkan basıncı, kondenser tarafındaki basınca oranla çok daha düşüktür. Bu nedenle, evaporatör tarafına sistemin alçak basınç tarafı adı verilir.

Evaporatörün yapısı; soğutkanın iyi ve çabuk buharlaşmasını sağlayacak, soğutulan maddenin (hava, su, salamura, vs.) ısını iyi bir ısı geçiş sağlayarak, yüksek bir verimle alacak ve soğutkanın giriş ve çıkıştaki basınç farkını (kayıpları) asgari seviyede tutacak tarzda dizayn edilmelidir. Ancak, bunlardan sonuncusu ilk ikisiyle genellikle ters düşmektedir. Şöyle ki; iyi bir ısı geçişi ve iyi bir buharlaşma için gerekli şartlar iç ve dış yüzeylerin daha girintili ve daha kolay ıslanır (kılcallığı fazla) olmasını gerektirirken bu durum basınç kayıplarını arttırmaktadır. Bu nedenle, evaporatör dizaynı geniş tecrübe ve dikkat isteyen, ayrıca deneylere sık sık başvurulmuş bir çalışma şeklini gerektirir. Bu çalışmaların yönlendirilmesinde en başta gelen etken soğutulacak maddenin cinsi ve konumudur (sıvı, katı, gaz). Burada, soğutkanın bir boru serpantininin içerisinde hareket etmesi ve soğutulacak maddenin boruların dışından geçmesi veya bunun tersi söz konusu olmaktadır ki bunlardan ilki

genellikle kuru tip-direkt ekspansiyonlu evaporatörlerde, ikincisi ise sıvı taşmalı tip evaporatörlerde uygulanmaktadır. Soğutkanın boru içinden geçmesi halinde, akış hızının artırılmasının içindeki film katsayısını ve dolayısıyla ısı geçişini artırıcı yönde bir etkisi beklenir, fakat bu durum soğutkanın basınç kayıplarını arttıracığı için akış debisini azaltacak ve kapasiteyi düşürecektir. Burada, her iki etkenin durumu beraberce göz önünde bulundurularak ısı geçiş ve kapasitenin optimum olduğu değerler saptanmalıdır. Evaporatör tipleri, uygulamanın özelliklerine göre üç ana grupta toplanabilir; Gaz haldeki maddeleri soğutmak için kullanılan evaporatörler (genellikle hava), sıvı haldeki maddeleri soğutucu evaporatörler (Su, salamura, antifriz, metilen glikol, kimyasal akışkanlar, vs.), katı maddeleri soğutucu evaporatörler (Buz, Buz paten sahası, metaller, vs).

Hava soğutucu evaporatörlerde, havanın ısı geçirme katsayısı düşük olduğundan bunu telafi etmek ve hava geçiş yüzeylerini arttırmak maksadıyla genellikle kanatçıklar ilave edilir. Isıl film katsayısını daha da arttırmak üzere hava geçiş hızlarını arttırmak için vantilatörlerle cebri bir hava hareketi sağlanabilir. Ancak, gerek kanat ilavesi, gerekse motorla tahrikli vantilatör konulması her uygulamada pratikte mümkün olmayabilir



Şekil 3.11 Doğal hava akımlı hava soğutucu evaporatörler

Sıvı soğutucu evaporatörler, gerek klima ve gerekse endüstriyel soğutma uygulamalarında sık sık kullanılan evaporatörlerdir. Soğutkanın daha iyi kontrolü (önceden saptanmış çalışma şartlarıyla) ve daha emniyetli bir çalışma sağlanması yönlerinden çok iyi sonuçlar verebilmektedir. Sıvı soğutucu evaporatörlerin tipleri genel olarak aşağıdaki tabloda özetlenmektedir.

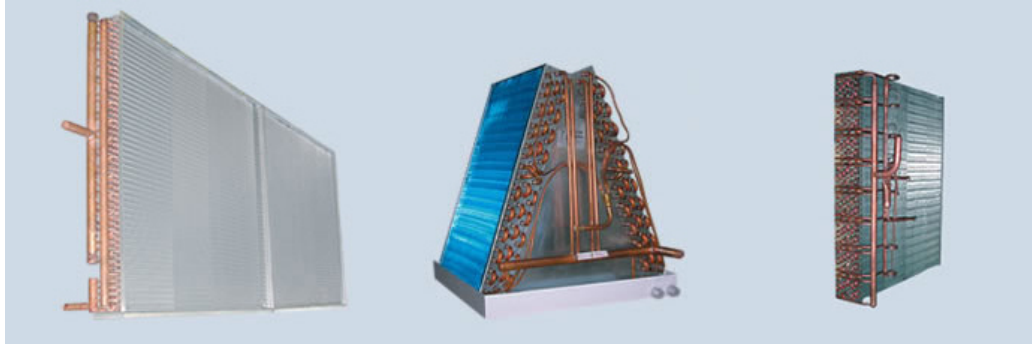
Tablo 3.3 Sıvı soğutucu evaporatör tipleri

| Soğutucu Evaporatör Tipi | Soğutkan Besleme Cihazı | Uygulama Kapasiteleri "Ton/frigo" | Soğutkan Cinsi |
|--|--|-----------------------------------|----------------------------------|
| Sıvı taşma; düz boru-dış zarf tipi | Alçak basınç kum. flatör valfi | 50 - 500 | Amonyak |
| Sıvı taşma; kanatlı boru-dış zarf tipi | Alçak basınç kum. flatör valfi | 25 - 2000 | R-11, 12, 22, 113, 114, 500, 502 |
| | Yüksek basınç kum. flatör valfi, sabit meme çapı | 50 - 10000 | |
| Püskürtmeli (fiskiye) tip; Boru-dış zarf tipi | Alçak basınç kum. flatör valfi | 25 - 2000 | R-11, 12, 13BI, 22, 113, 114 |
| | Yüksek basınç kum. flatör valfi | 50 - 10000 | |
| Direkt ekspansiyonlu; Boru-dış zarf tipi | Termostatik ekspansiyon valfi | 3-350 | R-12, 22, 500, 502 Amonyak |
| Sıvı taşmalı; Boudebt soğutucusu | Alçak basınç kum flatör valfi | 10- 100 | Amonyak |
| Direkt Ekspansiyonlu; Boudebt soğutucusu | Termostatik Ekspansiyon valfi | 5-25 | R- 12, 22 Amonyak |
| Sıvı taşmalı; içice çift borulu soğutucu | Alçak Basınç kum flatör valfi | 10-25 | Amonyak |
| Direkt Ekspansiyonlu; içice çift borulu soğutucu | Termostatik Ekspansiyon valfi | 5-25 | R-12-22 Amonyak |
| Spiral sanlı; boru-dış zarf tipi soğutucu | Termostatik Ekspansiyon valfi | 2- 10 | R- 12.22 Amonyak |
| Sıvı taşmalı tank ve karıştırıcı | Alçak basınç kum. flatör valfi | 50 - 200 | Amonyak |

Sıvı taşmalı, düz boru-dış zarf tipi sıvı soğutucu evaporatörlerde soğutkan bir boru demetinin (Düz veya kanatlı olabilir) dışında bulunur. Boru demetinin içinden soğutulacak sıvı geçer.

Katı soğutucu evaporatörler, katı maddelerin soğutkanla direkt temas sonucu soğutulması pek ender rastlanan bir uygulamadır ve daha ziyade metallerin çok

düşük sıcaklıktaki kırılgenliklerini ölçmek gibi deneysel uygulamalarda karşılaşılr. Buz paten sahaları, buz imali gibi soğutkanın kapalı hacimlerden geçerken direkt soğutma etkisiyle soğutma sağladığı, yani bir ara akışkan (salamura, antifriz gibi) bulunmadan yapılan soğutma işlemleri de katı madde soğutulması grubuna dahil edilebilir. Katı maddelerin soğutulmasında ısı geçişi yönünden hatırd tutulması gereken bir husus, ısının kondüksüyon tarzında iletildiği ve bu tarzdaki ısı geçişte ısı geçirme katsayılarının konveksiyona nazaran çok daha yüksek olacağıdır. Bunun anlamı, aynı sıcaklık farklarıyla çalışma rejiminde, aynı ısı geçiş alanıyla, sıvı veya hava soğutucularına oranla çok daha büyük ısı geçişi sağlanacağı veya, aynı ısı geçişini sağlamak için, kondüksüyonla ısı iletiminde daha düşük ısı geçiş alanı yeterli olabilecektir.



Şekil 3.12 Klima evaporatör ve kondenserleri

3.4.4. Boru malzemeleri

Boru malzemesi olarak, halokarbon türü soğutucu akışkanlı sistemlerde bakır en çok kullanılan malzemedir. Ayrıca, siyah demir, çelik, pirinç gibi malzemeler de gerek halokarbon türü gerekse amonyak dışındaki diğer soğutucu akışkanlar için uygun olmaktadır. Bakır ve bakır alaşımları (pirinç, bronz, vs.) amonyak ile kullanılmamaktadır. Magnezyum alaşımları ise halokarbon soğutucu akışkanlar ile kullanılmamalıdır. Bakır borular, bilhassa 4" çap değerlerine kadar (amonyak hariç) hem hafif olması, hem de korozyona dayanıklı ve montajının daha kolay olması bakımından tercih edilmektedir. Soğutma tesisatında kullanılacak bakır boru tipi; kalın etli, Tip-K veya Tip-L olmalıdır. Bakır boruların çapları, halen soğutma

uygulamaların geçerli olan Amerikan ölçü sistemi birimlerine göre ve dış çaplar esas alınarak gösterilmektedir. Küçük çaplı bakır borular (1/4" ile 3/4") çoğunlukla tavlanmış, yumuşak borudur ve piyasada kangal halinde bulunur. Daha büyük çaplı borular ise tavsız ve düz boylar halindedir.

Tablo 3.4 Bakır boru ölçüleri

| Dış Çap O.D | Dış Çap mm | İç Çap mm | Et Kalınlığı | 1 mt Ağırlığı (kg) | 1 mt Dış yüzeyi (m ²) | İç Kesit alanı (cm ²) | 1 mt boru hacmi (İt) | İç İşletme Emniyet Bas.(Atü) |
|-----------------------------------|------------|-----------|--------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------------|
| 1/4" | 6.35 | 4.85 | 0.75 | 0.120 | 0.02 | 0.185 | 0.02 | 65 |
| 3/8" | 9.65 | 7.85 | 0.90 | 0.216 | 0.03 | 0.47 | 0.05 | 65 |
| 1/2" | 12.70 | 10.2 | 1.25 | 0.400 | 0.04 | 0.82 | 0.08 | 65 |
| 5/8" | 16.0 | 13.5 | 1.25 | 0.513 | 0.05 | 1.41 | 0.14 | 55 |
| 3/4" | 19.0 | 16.5 | 1.25 | 0.623 | 0.06 | 2.15 | 0.22 | 50 |
| 7/8" | 22.3 | 19.0 | 1.65 | 0.955 | 0.07 | 2.81 | 0.28 | 50 |
| 1-1/8" | 28.7 | 25.4 | 1.65 | 1.250 | 0.09 | 5.02 | 0.50 | 40 |
| 1-3/8" | 35.0 | 31.7 | 1.65 | 1.550 | 0.11 | 7.87 | 0.79 | 35 |
| 1-5/8" | 41.4 | 37.7 | 1.83 | 2.026 | 0.13 | 11.1 | 1.11 | 30 |
| 2-1/8" | 54.1 | 50.0 | 2.10 | 3.07 | 0.17 | 19.4 | 1.94 | 25 |
| 2-5/8" | 66.8 | 62.0 | 2.40 | 4.37 | 0.21 | 30.1 | 3.01 | 25 |
| 3-1/8" | 79.5 | 74.0 | 2.77 | 5.96 | 0.25 | 42.8 | 4.28 | 25 |
| 3-5/8" | 92.2 | 86.1 | 3.05 | 7.63 | 0.29 | 58.1 | 5.81 | 22 |
| 4-1/8" | 104.9 | 98.1 | 3.40 | 9.70 | 0.33 | 75.5 | 7.55 | 22 |
| BAKIRBORU ÖLÇÜLERİ (TİP-L) | | | | | | | | |
| 1/4" | 6.35 | 4.95 | 0.70 | 0.112 | 0.02 | 0.192 | 0.02 | 60 |
| 3/8" | 9.65 | 8.05 | 0.80 | 0.174 | 0.03 | 0.508 | 0.051 | 55 |
| 1/2" | 12.70 | 10.9 | 0.90 | 0.295 | 0.04 | 0.933 | 0.093 | 50 |
| 5/8" | 16.0 | 14.0 | 1.02 | 0.424 | 0.05 | 1.539 | 0.154 | 45 |
| 3/4" | 19.0 | 16.9 | 1.07 | 0.539 | 0.06 | 2.246 | 0.225 | 40 |
| 7/8" | 22.3 | 20.0 | 1.14 | 0.677 | 0.07 | 3.146 | 0.315 | 35 |
| 1-1/8" | 28.7 | 26.2 | 1.27 | 0.974 | 0.09 | 5.400 | 0.540 | 30 |
| 1-3/8" | 35.0 | 32.2 | 1.40 | 1.315 | 0.11 | 8.155 | 0.816 | 30 |
| 1-5/8" | 41.4 | 38.3 | 1.52 | 1.700 | 0.13 | 11.537 | 1.154 | 25 |
| 2-1/8" | 54.1 | 50.5 | 1.78 | 2.607 | 0.17 | 20.058 | 2.006 | 20 |
| 2-5/8" | 66.8 | 62.7 | 2.03 | 3.689 | 0.21 | 30.92 | 3.092 | 20 |
| 3-1/8" | 79.5 | 74.9 | 2.28 | 4.949 | 0.25 | 44.1 | 4.410 | 20 |
| 3-5/8" | 92.2 | 87.1 | 2.54 | 6.386 | 0.29 | 59.67 | 5.96" | 18 |
| 4-1/8" | 104.9 | 99.3 | 2.79 | 8.000 | 0.33 | 77.55 | 7.755 | 18 |

3.4.4.1 Soğutucu akışkan borularının izolasyonu

Soğutucu akışkan borularının izolasyonundan kasıt ısı geçişinin ve terlemenin önlenmesi, olarak düşünülür. Bir soğutma sistemindeki boruların tümü için, sayılan bu iki amaç mevcut olmadığından tüm boruların izole edilmesine de gerek olmamaktadır. Boruların döşenmesi tamamlanıp basınç-kaçak testleri yapılmadan boruların izolasyonu yapılmamalıdır. İzolasyon uygulamasında göz önünde bulundurulacak genel hususlar aşağıda kısaca belirtilmektedir.

Sıvı soğutucu akışkan boruları: Normal olarak sıvı soğutucu akışkan borularının izole edilmesine gerek yoktur. Ancak, sıvı hattı çok sıcak hacimlerden geçiyorsa veya uzun mesafelerde güneş ışınlarına maruz kalıyorsa ısıl yönden izole edilmesinde fayda görülebilir. Normal olarak, boru yüzeyindeki sıcaklığın muhit çığ nokta sıcaklığı altına düşmesi söz konusu olmadığından, buhar kesici konulmasına gerek olmayacaktır. Diğer yandan, emiş hattı-sıvı hattı arasına ısı değiştirgeci konulan uygulamalarda sıvı çıkış sıcaklığı oldukça düşük seviyelere ineceğinden, bilhassa sıcaklığı yüksek hacimlerden geçişlerde sıvı hattının ısıl yönden, hatta buhar kesicili olarak izole edilmesi gerekebilir. Yoğuşum sıcaklığı düşük olan veya "Kaskat" esasa dayalı soğutma sistemlerinin alçak sıcaklık tarafının sıvı akışkan borularının izole edilmesi de gerekir. Bazen sıvı soğutucu akışkan borusu, emiş borusu ile bitişik ve hatta birbirine kaynakla tespit edilmiş vaziyette döşenmektedir. Bunun amacı, sıvı hattı-emiş hattı ısı değiştirgeci etkisi meydana getirmektir ve bunun yararları diğer bölümlerde izah edilmiştir. Bu şekildeki sıvı hattı-emiş hattı uygulamalarında her iki borunun beraberce izole edilmesi birçok yarar sağlayacaktır.

Sıcak gaz boruları: Bu borular da normal olarak izole edilmemektedir. Ancak, sıcak gaz borularını geçirilmesinden kaçınılmayan ve bu borulardan gelecek ısıdan zarar görebilecek hacimlerde ısı izolasyonu gerekebilir. Keza, insanların değerek zarar görebileceği kısımlarda da boruların izole edilmesi gerekebilir. İzolasyon yapıldığında, buhar kesiciye gerek olmayacaktır.

Emiş hattı boruları: Emiş hattı borularının hem ısıl yönden hem de terlemeye karşı izole edilmesi gerek. Ancak, emiş-evaporasyon sıcaklığının yüksek olduğu klima

gibi uygulamalarda, emiş borularının geçtiği hacimlerde sıcaklık ve rutubet seviyeleri çok yüksek değilse bu boruların izole edilmesine gerek kalmayabilir.

Son yıllarda yapılan birçok soğutma borusu izolasyon malzemesi, hem ısı hem de buhar kesici görevini birlikte yapabilecek evsiftadır. Aşağıdaki tablo, düşük sıcaklıktaki borulara uygulanması önerilen izolasyon kalınlıklarını vermektedir.

Tablo 3.5 Soğuk borular için izolasyon kalınlıkları

| Sıcaklık (°C) | Boru dış çapı | İzolasyon Kalınlığı | İzolasyon Malzemesi (veya eşdeğeri) |
|---------------|----------------|--------------------------|-------------------------------------|
| 10/24 | 5" kadar | 3/4" (19 mm) | Cam yünü keçe |
| 10/24 | 6" dan büyük | 1" (25mm) | Cam yünü keçe |
| 0/10 | 3" e kadar | 3/4" (19 mm) | Cam yünü, keçe |
| 0/10 | 4" den büyük | 2 kat 3/4" veya 1 kat 2" | Cam yünü, keçe veya 1-1/2" mantar |
| -18/-4 | 1" e kadar | 2" (51 mm) | Mantar veya 2-1/2" cam yünü keçe |
| -18/-4 | 1-1/4-3" arası | 2-1/2 (64 mm) | Mantar |
| -18/-4 | 3" den büyük | 3" (76 mm) | Mantar |
| -32/-18 | 1/2-3" arası | 3" (76 mm) | Mantar |
| -32/-18 | 3-1/2-4" arası | 3-1/2 (90 mm) | Mantar |
| -32/-18 | 4" den büyük | 4" (102 mm) | Mantar |

3.5. Soğutma Uygulamaları

Bugünkü konumuyla mekanik soğutma sistemlerinin uygulama alanlarını "sınırsız" diye nitelendirmek ve günlük insan yaşamının ayrılmaz bir parçası olarak görmek hiç de yanlış olmayacaktır. Ayrıca, bunlara her gün yenilerinin eklendiği ve soğutma tekniğinin temelinde yeni gelişmeler ve değişimler olduğu da bir gerçektir. Diğer yandan, bilhassa gıda maddelerinin soğuk muhafazası konusunda geniş bir gıda kimyası ve teknolojisi bilgisine de ihtiyaç duyulmakta ve soğutma tekniğinin ilgili alanı ve kapsamı konusunda kesin bir sınır koymak mümkün olamamaktadır. Aynı durum gıda teknolojisinin ilgili alanı için de söz konusu olmakta, hatta tıp, metalürji, elektrik-elektronik gibi birçok soğuk tekniği uygulamalarında daha sağlıklı ve geniş

kapsamlı sonuçlara ulaşabilmek için konunun uzmanlarından oluşan bir ekip çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Belli konularda uzmanlaşmış firmalar başarılı sonuçlara bu şekilde ulaşabilmektedir.

Soğutma uygulamalarını aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür:

- Soğuk muhafaza hacimleri ve işlemleri; Gıda maddeleri için olanlar (Sebze, meyve, et, balık, tavuk, süt ve süttten mamul maddeler, vs), diğer maddeler (Bitki, çiçek, ilaç, kan, deneysel maddeler, vs), proses sırasında uygulanan soğutma sistemleri (Kimyasal, endüstriyel, metalürjik, vs)
- Buz yapımı, otomatik buz makinaları
- Buz pateni sahaları (Hokey, figür, sportif, eğitimsel)
- Gazlardan soğutma suretiyle arındırma işlemleri
- Çok derin (Ultra soğuk) soğutma uygulamaları (Süper konduktivite, gazların sıvılaştırılması, tıp uygulamaları, metalürji uygulamaları)
- Klima uygulamaları ve evaporatif soğutma, ısı depolama, enerjinin geri kazanımı, güneş enerjisi ve jeotermal enerjilerin kullanımı.

3.5.1. Soğuk muhafaza hacimleri ve işlemleri

Bugün, insanlığın en önemli sorunlarının başında yer alan açlık tehlikesi, gıda maddelerinin daha iyi değerlendirilmesini, israf edilmemesini, fazla üretimin bir süre, besin değerini fazla kaybetmeden muhafaza edilmesini, gerektirmektedir. Buna ilaveten, gıda maddelerinin lezzet ve dış görünüşünün de mümkün olduğunca korunması istenir. Bilhassa taze meyve ve sebzelerle et-balık-tavuk, süt ve süttten yapılan maddelerin bozulmadan, tazeliğini ve dış görünüşünü koruyarak kullanım anına kadar bir müddet muhafaza edilebilmesi en iyi şekilde "Soğuk Muhafaza" tekniğiyle mümkün olmaktadır. Ancak, tasarlanan soğuk muhafaza süresinin burada önemli bir rolü olduğu gibi soğukta muhafaza edilecek olan gıda veya diğer maddelerin türü, meyve ve sebzelerin cinsi, çeşidi, yetiştirildiği bölge, mevsim koşulları, bekleme süreleri paketlenme tarzı, dış darbelere uğrama durumu gibi daha birçok etken soğuk muhafazadan beklenen sonuçların alınmasında farklılıklar meydana getirmektedir. Soğuk muhafaza hacimlerinin tertiplenmesinde,

projelendirilmesinde ve hatta işletilmesinde de muhafazası öngörülen maddelerin cinsi, miktarı ve muhafaza süresi büyük farklılıklar ortaya koyacaktır. Örneğin; taze muhafaza ile donmuş muhafaza ve bunların kışı süreli (günlük diye anılan) veya uzun süreli muhafaza amaçlı olanları birbirinden az veya çok farklılık gösterir. Uzun süreli muhafaza amaçlı olanlar için genellikle bir ön soğutma veya şoklayarak dondurma öngörülür. Diğer yandan, kullanım amaç ve şekline göre de; Ev tipi, ticari tip, endüstriyel tip, portatif tip, deney amaçlı tip, taşıma tipleri (Karayolu, Demiryolu, Deniz ve Hava yolu) gibi fiziksel ölçü ve yapı bakımından farklı birçok soğuk muhafaza hacmi geliştirilmiş ve kullanılmaktadır.

3.5.2. Donma işlemleri

Donmuş muhafaza tekniği, dondurulan malın fiziksel, fizyo-kimyasal ve biyokimyasal yapısını, karakteristiklerini bilmeyi gerektirmektedir. Yani, dondurulacak olan ve donmuş şekilde bir müddet muhafaza edilecek olan maddenin bu şartlar altında uğrayacağı değişimlerin ve bunların sonuçlarının bilinmesine ihtiyaç olmaktadır. Bu konuda, her bir değişik gıda maddesi için birçok araştırma yapıla gelmekte olup sonuçları da zaman zaman yayınlanmaktadır.

3.5.3. Donmuş muhafaza hacimleri

Donmuş muhafazası öngörülen ve tekniğine uygun şekilde donma işlemi uygulanmış olan maddelerin donmuş muhafazası sırasında kalitesinin bozulmaması ve optimum muhafaza süresinin sağlanabilmesi için sıcaklıkların doğru ve gereken seviyede tutulması kadar aşağıdaki hususlara da dikkat edilmesi önemlidir:

- Çok düşük nem seviyelerinden kaçınılmalıdır.
- Normal muhafaza sürecinden daha uzun süre tutulmamalıdır.
- Gerek depoya konulma ve depodan mal boşaltma, gerekse depoda muhafaza ve perakende satış yerlerine sevk sırasında aşırı sıcaklık salınımlarından kaçınılmalıdır.
- Paketlemeye veya içindeki mala fiziki hasar verilmemelidir.
- Mala zararlı maddeler bulaşmasından kaçınılmalıdır.

- Soğuk veya donmuş muhafaza sırasında etin ağırlık kaybı (fire), hacmin donmuş muhafaza sıcaklığı düştükçe azalmaktadır. Ayrıca, deponun doluluk oranı arttıkça fire oranı yine azalmaktadır.

Muhafaza deposunun ve yardımcı hacimlerinin, cihaz ve ekipmanların doğru ve titizlikle (proje safhasından itibaren) seçilip uygulanması ve depo işletmesinin de aynı titizlikle yapılması suretiyle sayılan bu hususlar mümkün olacaktır.

3.5.4. Soğuk muhafazalı nakliye araçları

Uzak mesafelerdeki pazarlama noktalarına ürünlerin bozulmadan ve tazeliğini koruyarak ulaştırılması, sıcaklık ve relatif nem seviyelerinin, ürünün gereksinimlerini sağlayacak ortam şartlarında tutulmaya devam edilmesi suretiyle mümkün olabilmektedir. Bu ulaştırma işlemi, Kara, Deniz, Hava ve Demiryolu araçlarıyla veya bunların birden fazlasından yararlanılmak suretiyle yapılabilmektedir. Böylece frigorifik tertibatlı Karayolu, Demiryolu, Denizyolu ve Havayolu taşıma araçları geliştirilmiş olup bunlardan gittikçe daha geniş ölçüde yararlanılmaktadır.

Soğuk muhafazalı nakliyede hedef, taşınan malda hasar ve zararları (kayıpları) asgari seviyede tutmak ve malın birim miktarının taşıma masraflarını da asgariye indirerek ürünün pazarlanmasında rekabet unsurunu arttırmaktır. İyi bir soğuk muhafazalı nakliye aracı;

- Taşınan malın sıcaklığını gereken seviyelerde ve tüm hacimde homojen şekilde tutmalı,
- Malın su kaybını (fireyi) asgariye indirmek üzere iç hacmin su buharı kısmi basıncını ürününkiyle yakın seviyede tutmalı,
- İç hacim hava şartlarını sağlarken verimi yüksek olmalı,
- İç hacimden mümkün olduğunca fazla yararlanılabilmeli, yani daha fazla mal yüklenebilmelidir.

3.5.5. Panel soğutma

Klimatize edilecek hacimlerin döşeme, duvar veya tavanına yerleştirilen borulardan soğuk su (aynı borulardan ısıtma amacıyla sıcak su da geçirilebilmektedir) geçirilmek suretiyle hacmin soğutulması sağlanmış olmaktadır.

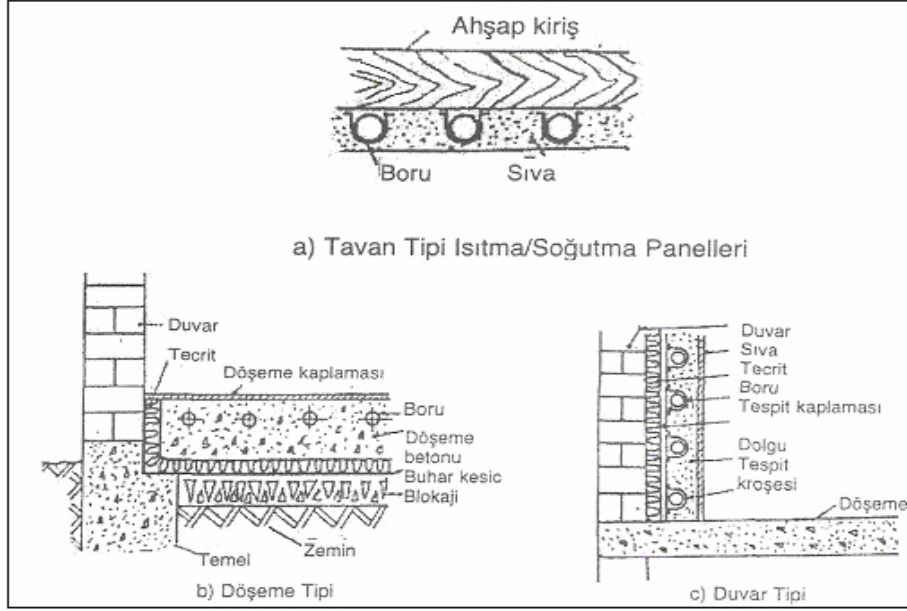
Burada, değişik sıcaklıktaki yüzeyler arasında meydana gelen radyasyon ısı transferi etkin olup ayrıca konveksiyonla, hava akımlarının taşıdığı ısı transferi de önemli bir pay oluşturmaktadır.

Panel sistemler için en uygun yer tavan olup buradan yayılacak veya alınacak radyasyon ısını etkileyecek fazla bir engel yoktur. Ayrıca, tavan sisteminde ısıtma için daha yüksek, soğutma için ise daha düşük sıcaklıklar kullanılabilir (insanla temas olasılığı olmadığı için) ve böylece daha fazla ısı kapasite sağlanabilir.

Panel sistemlerinde, taze hava ihtiyaçlarının karşılanması ancak merkezi bir santralden sağlanabilecektir. Böylece hacmin nemlendirme (kışın) veya nem alma (yazın) işlemi de buradan yapılabilir. Aksi halde yüzeyde terleme-yoğuşma başlayacaktır. Bu nedenle panel sıcaklığının ve oda/panel soğuk su sıcaklık farkının dikkatle seçilmesi ve kontrolü gerekmektedir.

Soğutucu paneli meydana getiren boruların yerine bazı uygulamalarda alüminyum, paslanmaz çelik, bakır, vb. saclardan özel olarak bu kullanımın amacına uygun olarak şekillendirilmiş paneller de kullanılmaktadır.

Aşırı sıcaklık farklarının olmayışı ve hava hareketlerinin düşük seviyelerde olması dolayısıyla daha iyi konfor şartları sağlanması, ayrıca ısıtma, soğutma ekipmanının (Su soğutucu jeneratör-chiller, ısıtma kazanı, pompa, vs) merkezi bir mahalde toplanmış olması (gürültünün uzakta olması, servis-bakım kolaylıkları) ve ısıtma ile soğutma işlemlerinin aynı panel ile ve boru tesisatıyla yapılabilme imkânı, perde, mobilya ve diğer mefruşatın odadaki eşya yerleşimine engel olmaması gibi üstünlükleri sayılabilir.



Şekil 3.13 Panel soğutucu yerleşim şekilleri

3.5.6. Soğuk su üreticiler (water c hillers)

Çok sayıda klima santrali veya yaygın şekilde dağıtılmış uç ünitelerin (Fan Coil, Induction, dual düet mixing, VAV, VAT, vb) bulunduğu klima sistemlerinde soğutucu ortamın soğutulmuş su olarak kullanılması pek çok yarar sağlamaktadır. Bu soğutulmuş suyun hazırlanması ve suyun aldığı ısının tekrar tekrar soğutma sistemiyle taşınması değişik kapasitelerdeki soğuk su üreticileri sağlanmakta ve bunlar çoğunlukla paket cihaz halinde imal edilmektedir. Küçük kapasiteli olanları pistonlu, paletli, scroll tipi kompresörü havi olup kuru tip/DX soğutma prensibiyle çalışmaktadır.

Kondenserleri su veya hava ile soğutmalı olarak yapılmakta, evaporatörleri boru-dış zarf (Shell and tube) tipi olmaktadır. Daha büyük kapasiteli olanlar vida tipi veya santrifüj kompresörlü veyahut ta Absorpsiyon prensibiyle çalışan türdendir. Santrifüj kompresörlü su soğutucuların evaporatörleri genellikle sıvı taşmalı (flooded) tip olup bunlarda soğutucu akışkan dış zarf ile iç boruların arasındaki boşluktan, soğutulacak su ise ısı transfer borularının içerisinden geçirilmektedir. Sıvı soğutkanın evaporatöre geçişi bir seviye kontrol valfiyle sağlanmaktadır. Bunların kondenserleri ise hemen

daima su ile soğutmalı ve boru-dış zarf türüdür. Soğutulmuş suyun klima elemanlarına verilip geri döndürülmesi bir boru şebekesini ve yeterli kapasitede sirkülasyon pompalarını gerektirecektir.

Son yıllarda geliştirilip uygulanan bir soğutulmuş-ikincil akışkan türü de kullanılmaktadır. Hal Değişimli Akışkan Malzeme (PCM-Phase Change Material) olup evaporatörde büyük bir kısmı katı hale getirilen akışkanın hal değişim sıvı hale dönüşüm sıcaklığı, akışkanın gidiş-dönüş çalışma sıcaklıkları aralığında tutulmak suretiyle ergime sırasında çok yüksek oranda ısı alış-verişini mümkün kılmakta ve böylece akış debileri çok küçültülebilmektedir. PCM akışkan, çalışma sıcaklıkları aralığında bulamaç kıvamında olup (slushy ice) kolayca pompalanır haldedir. Su ile bu işlemi yapmak, suyun tümüyle donması ve akışın durması tehlikesi yanında, daha düşük evaporasyon sıcaklıklarının gerekmesi enerji sarfını da arttırmaktadır. Halbuki PCM malzeme daha yüksek (tetra: 5.8°C ve Hexa: 18.1°C) sıcaklıklarda katılaşmaya başlamaktadır. PCM ile birlikte deterjan türü katkı ve su karışımı bir solüsyonun akış debileri çok azalmakta, pompa çok küçülerek pompalama enerjisi çok azalmaktadır [11].

3.5.7. Arıtılmış hacimler

Mutlak temiz oda diye adlandırılabilen bu hacimlerin klimatize edilmesinde, sıcaklık ve nem kontrolünden daha önemli olarak havadaki toz ve benzeri yabancı maddelerin parçacık sayısı ile hacimdeki dağılımının ve hava akış yolunun kontrol altına alınmasıdır. Ayrıca, ses ve titreşimlerin kontrolü ile klima sisteminin hacimdeki cihaz, alet, makina ve yapılan işlemlere uyum göstermesi gerekmektedir.

Bir arıtılmış hacmin yeterlilik seviyesi ölçüsü, bu hacimdeki parçacık yoğunluğu ve dağılımının kontrolü ile sıcaklık, nem, titreşim, gürültü, hava akış güzergâhları gibi değerlerin istenene göre olan durumlarıdır. Ayrıca, bunların sağlanmasında gerek kuruluş ve gerekse işletme masraflarının da en ekonomik seviyede olması beklenecektir. Temizlik için esas alınan parametrelerin ki başta beher metre küp hacimdeki parçacık sayısı gelmektedir, ihtiyaç olandan daha düşük seviyelerde tutulması gereksiz ve aynı zamanda da ekonomik olmayacaktır.

Bu hacimlerin klima cihazları, yüksek verimli, özel filtrelere sahiptirler (HEPA High Efficiency Particulate Arrestor) ve genellikle de bu filtrelerden önce, kaba tozları tutmak üzere daha düşük verimli bir ve bazen iki sıra halinde ön filtreler konulmaktadır. Birçok kere arıtılmış hacmin kendi tavan veya duvarlarına, üfleme ve/veya emiş hava huzmesindeki tozları tutmak üzere filtreler yerleştirildiği, hava akışının laminer konumda muhafaza edilerek toz zerrecilerinin dağılmadan filtrelere ulaşmasının sağlandığı görülmektedir. Klima cihazının soğutma işlemini yerine getirmek üzere çoğunlukla soğutulmuş su kullanılmaktadır. Bu suretle daha iyi bir sıcaklık ve nem kontrolünün sağlanması da mümkün olabilmektedir. Arıtılmış hacimden yeterli uzaklıkta bir mesafeye yerleştirilen soğuk su üreticisi ile pompa ve diğer aksamın meydana getireceği gürültü ve titreşimler bu suretle klima cihazını etkilememiş olmaktadır.

BÖLÜM 4. KARMA SİSTEMLER

4.1. Giriş

İnsanların çalıştığı, yaşadığı, dinlendiği ortamlarla, sınaî işlemlerin yapıldığı ve diğer canlılarla bitkilerin yaşamını sürdürdüğü hacimlerin belirli fiziksel değerleri (sıcaklık, nem, oksijen miktarı, toz, koku, duman, hava hareketi gibi) haiz olması istenmektedir. Bunların en başında sıcaklık seviyesi gelmekte olup bunun muhafazası için ortamın ısıtılması (genellikle kışın) veya soğutulması (yazın) gerekmektedir. Soğutana işlemi, mekanik soğutma ile yapılabildiği gibi dış hava şartlarının uygun olduğu konumlarda, evaporatif usullerle ve bazen de tabii soğutma vasıtasıyla (dış hava sıcaklıklarının iç hacim sıcaklığından daha düşük olduğu durumlarda) yapılabilmektedir.

Klima sistemlerinden beklenen diğer önemli bir fonksiyon da soğutma suretiyle havadaki nemin alınması ve istenilen seviyede tutulmasıdır.

Mekanik soğutma usûlleri ile iç hacimlerin soğutulmasında iki değişik yol izlenmekte olup bunlar; Soğutucu akışkanla havanın doğrudan soğutulması (Direkt ekspansiyonlu hava soğutma serpantinleri ile), ikincil bir soğutkan yardımı ile, endirekt soğutma usûlü, ki ikincil soğutkan olarak genellikle su kullanılmakta olup bunlara "Soğutulmuş Su" (Chilled Water) sistemleri denilmektedir.

Klima sistemi, uygulanacağı hacmin ve yapının kullanım amacına, büyüklüğüne ve bulunduğu yöreye göre pek çok değişik şekilde tertiplenebilmekte ve bunların her birinin soğutma ekipmanı ile bunun tüm klima cihazı içinde veya dışındaki yerleştirilme şekli, cihazın konstrüksiyonu az veya çok farklılıklar göstermektedir.

Klima cihazlarına olan talebin son 40–45 yılda çok artması ve buna paralel olarak seri imalatların da çok büyük rakamlara ulaşması, büyük kapasiteli paket cihazların

seri halde yapımını mümkün hale getirmiştir. Bu surette gerek paket cihazlar kullanılmak suretiyle, hava kanallı veya soğutkan boru şebekeli yaygın sistemler (custom tailored systems) veya her münferit hacme bir paket klima cihazı konulup başka ilave bir işe gerek bırakılmadan yapılan uygulamalar klimacılıkta teamül haline gelmiş durumdadır.

Havayı şartlandırma, iklimlendirme anlamındaki klima işlemi, gerçekte de havayı ısıtmak veya soğutmak suretiyle sıcaklığını, nemlendirmek veya nemini almak suretiyle nem seviyesini ve ayrıca yukarıda sayılan diğer fiziksel değerlerini istenen/ihtiyaç duyulan seviyelerde tutmaktadır. Burada esas amaç, klimatize edilen hacimde bulunan insan veya diğer canlılar ile yapılan bir işlemin gerektirdiği şartların sağlanması olup hava ısıyı, nemi, oksijeni, toz-koku-duman vs. taşıyan bir araçtır. Fakat iç hacmin konumunu belirlemek ancak havanın bu fiziksel değerlerini irdelemek suretiyle mümkün olacaktır ve psikrometrik diyagram üzerinde bu kolayca yapılabilmektedir. Bu surette, havanın iç-dış-karışım sıcaklıkları (yaş ve kuru termometre) ile her konumdaki ısı tutumları, nem oranları (g/kg hava) ve relatif nem yüzdeleri belirlenebilmekte ve buradan da gerekli hava debileri, ısı yükleri gibi değerler hesaplanarak ekipman seçimi, hava kanalları ve soğutkan boruları, pompa vs. seçim ve hesaplamaları yapılabilmektedir.

4.2. Pencere Tipi Klima Cihazlar 1

Daha ziyade küçük boyutlu hacimlerin münferiden klima edilmesi için pratik bir çözüm getirmekte olup hava soğutmalı kondensere haizdirler. Kompresörleri pistonlu veya dönel (paletli ve son yıllarda scroll tipi) tam kapalı, ekovat türündendir. Hemen tümü halokarbon soğutucu akışkanlı (R12, şimdi R134a ve R22) olup evaporatörleri de bakır boru alüminyum kanat türündedir. Basınç düşürme işlemi ise küçük tiplerde kılcal boru veya direkt valf ile daha büyük kapasiteli olanlarda ise termostatik ekspansiyon valfi ile yapılmaktadır. Kondenser ve evaporatör hava sirkülasyon fanları büyük çoğunlukla aksiyal tip olup fan motoru olarak tek elektrik motoru, her iki yanda bulunan tahrik mili ile her iki fanı hareket ettirmektedir. Hava filtreleri, genellikle düşük verimli, basit, sadece kaba toz ve elyafı tutacak türden olup cihazdan kolayca alınarak temizlenip (atılan tipleri de mevcut) tekrar yerine

takılabilir konumdadır. Cihazın iç taraf bölümü (evaporatör ve fanı ile filtre) ile dış taraf bölümünü (Kompresör, kondenser ve fanı ile motoru) birbirinden ayıran sac perde üzerine konulan ve dıştan elle açılıp kapatılabilen bir hava klapesi. taze hava alımına imkan sağlamaktadır. Isıtma görevi, klima cihazlarına rezistanslı elektrikli ısıtıcılar konularak, bazı türlerde ise ters çevrimli ısı pompası yöntemiyle yaptırılmaktadır. Seyrek olmakla birlikte, ısıtma işleminin, bina ısıtma tesisatından alınan ısıtma sıcak suyu (boru ve ısıtıcı serpantinle) ile yapıldığı cihazlara da (daha çok duvara gömülecek tarzda) rastlanmaktadır.

Pencere tipi klima cihazlarının gerek genel yapısı ve gerekse evaporatör hava sirkülasyon fanının (aksiyal tip) yüksek statik basınçları sağlamaya uygun olmayışı nedeniyle hava kanallarıyla kullanılması söz konusu değildir. Ayrıca, hava sirkülasyon etki sahası da dar olduğu için çok büyük hacimler için uygun olmamakta ve odanın bazı kısımları yeterli hava alamamaktadır. Bu cihazların bir başka mahzuru, kompresörün sesini odaya yüksek seviyeli olarak girmesidir ki bazı hallerde rahatsız edici seviyede olmaktadır.



Şekil 4.1 Pencere tipi klima

4.3. Dolap Tipi (Salon Tipi) Klima Cihazları

Bunlar biraz daha büyük hacimlerin klimatize edilmesine uygun olacak tarzda imal edilmiş olup kanalsız direkt hacme hava üflemecek şekilde veya hava kanallarıyla hava dağıtacak ve/veya emecek tarzda kullanılabilir. Kompresör olarak küçük tiplerde genellikle hermetik tip (pistonlu, dönel, scroll) veya yarı hermetik kompresörler halokarbon soğutucu akışkanlarla kullanılmaktadır. Daha büyük tiplerde ise ya birden fazla sayıda hermetik tip kompresör veya ta kapasite

ihtiyacına uygun yarım hermetik kompresör kullanılmaktadır. Evaporatörleri, bakır boru-alüminyum kanat tertibinde yapılmaktadır. Hava soğutmalı kondenser, bakır boru-alüminyum kanat tertibinde olup kondenser fanı ile birlikte cihazın içine yerleştirilebildiği gibi bina dışında yakın bir mesafeye de konulabilmektedir. Bu durumda kompresörle birlikte tek kaporta içine yerleştirilmektedir (Split tip). Sulu kondenser ise daima klima cihazının içinde bulunmaktadır.



Şekil 4.2 Salon tipi split klimalar

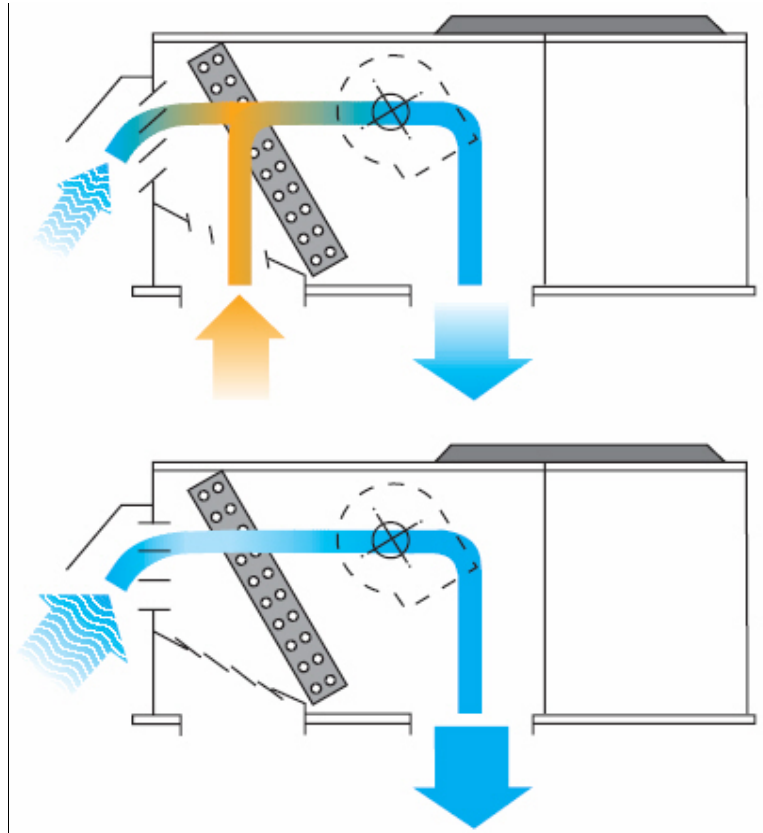
Bu cihazlara, ısıtma yapmak üzere elektrikli direnç ısıtıcı konulabildiği gibi cihazın içerisine bir serpantin (genellikle bakır boru-alüminyum kanat türü) yerleştirilmek suretiyle bina ısıtma tesisatından sıcak su verilerek de ısıtma işlevi yaptırılabilir.

Diğer yandan, ters çevrim uygulayarak ve gerekli ısı pompası elemanlarını ilave etmek suretiyle de ısıtma sağlanması mümkün olabilmektedir. Bu cihazlara nemlendirici ilave etmek ve nem kontrolü yapmak da mümkündür.

Bu cihazların uygulama yerleri, orta büyüklükteki hacimler olup büro, banka holleri, restoranlar, otel ve moteller, küçük ve orta boy mağaza ve dükkânlar gibi yapılardır.

4.4. Çatı Üstü (Roof Top) Klima Cihazları

Bina çatılarının düz ve müsait olduğu durumlarda çatının bir ve/veya iki ve hatta daha çok kat altındaki hacimlere, hava kanallarıyla iklimlendirilmiş hava vermek ve bu hacimlerde sıcaklık, nem kontrolü ile hava filtreleme işlemlerini yapmak mümkün olabilmektedir. Çatı üstü cihazlar hemen tümüyle yatay tipidir ve soğutma işlemi de direkt soğutucu akışkan vasıtasıyla yapılmaktadır. Soğutma gurubu genellikle cihazın içerisine yerleştirilmiş olup cihazın tüm elemanları emaye boyalı veya galvanizli sacdan bir kaporta içerisinde toplanmıştır. Kompresörleri tek veya çok sayıda, hermetik ve yarı hermetik tipidir. Isıtma amacı ile elektrikli direnç ısıtıcı veya ters çevrim-ısı pompası uygulanmaktadır. Çatı üstü tipi cihazlar hava kanallarıyla kullanıldığından, uygulamanın durumuna ve ihtiyacına göre gerekli hava debisi ile statik basıncı sağlayabilecek hava/evaporatör fanına sahip olmak durumundadır.



Şekil 4.3 Çatı tipi klima (roof top)

Bu cihazların hava filtreleri de orta seviyede sayılacak bir filtreleme verimine sahiptir ve fakat yüksek verimli ve hatta HEPA türü filtreler de konulabilmektedir (fan statik basıncı uygun seçilmek koşuluyla). Hava soğutmalı kondenser ve evaporatör-soğutucular bakır boru alüminyum kanat türü olup halokarbon soğutucu akışkanlarla uyumlu çalışmaktadır.

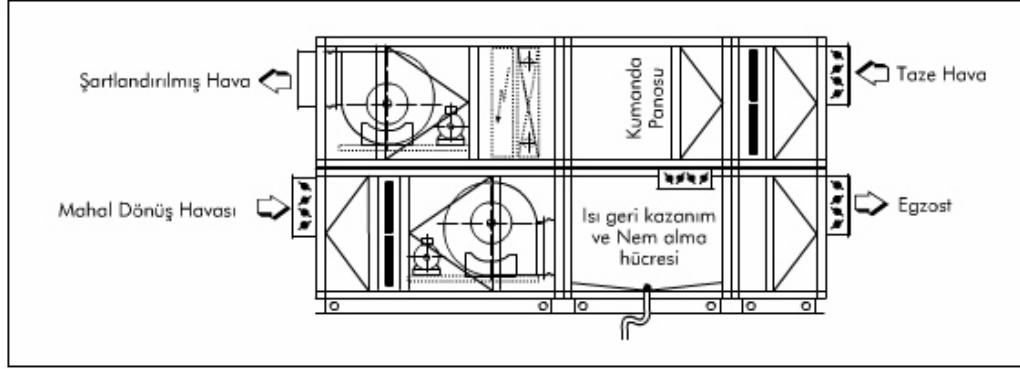
4.5. Merkezi Klima Santralleri

Büyük hacimlerin hava kanallı dağıtım ve toplama suretiyle klimatize edilmesi amacıyla veya lokal terminal ünitelere (Induction, değişken hava debili-VAV, Fan Coil, vb) primer hava (karışım veya tümüyle taze hava) temin etmek üzere proje değerlerine göre (Isıtma, Soğutma, Nemlendirme, hava debisi ve statik basınç, filtre gibi) sipariş edilip yapılan (Custom tailored) cihazlardır. Sadece ısıtıcı veya soğutucu ile filtre ve hava sirkülasyonunu, sağlayan bir fan grubundan meydana gelen basit yapıda olanları da mevcut olmakla beraber çoğu; Dönüş fanı, karışım ve egzoz damper grubu, hava filtreleri, ön ısıtıcı yıkayıcı-nemlendirici, son ısıtıcı, soğutucu, alın ve by-pass damperleri, üfleyici fanı, fan motorları, damper servomotorları gibi klima işleminden beklenen tüm fonksiyonları yerine getirebilecek aksama sahip merkezi klima santralleri de siparişe göre yapılmaktadır [9].

Merkezi santraller ihtiyaca ve yer durumuna göre, çoğunlukla yatık tipte ve bazı hallerde de L, Z ve U tertibinde yapılabilmektedir. Bunların soğutucuları, nispeten küçük kapasiteler için direkt soğutucu akışkanlı yapılmakta, daha büyük kapasiteler ve/veya fazla sayıda merkezi santral mevcut olduğunda ise soğutulmuş su (Chilled Water) serpantinleri konularak sağlanmaktadır. Bu santralleri, klimatize edilen havanın tümünü aynı şartlarda hazırlayıp veren türleri yanında, birisi sıcak diğeri soğuk olmak üzere iki değişik iklim şartında hazırlayıp, iki ayrı kanalla hacimlere verilmek üzere veren türleri vardır.

Bir de hazırlanan iki değişik havayı santralin kendi içinde karıştırıp ayrı ayrı birer kanalla hacimlere veren türü yapılmakta ve kullanılmaktadır. Ayrıca hava basıncı seviyesine göre de, bilhassa hava kanallarının konstrüksiyonunu etkilemesi bakımından; Alçak (50 mm SS basınç ve 10 m/ s hıza kadar), Orta (150 mmSS

basınca hız 10 m/s'den fazla) ve Yüksek (150 ile 250 mmSS basınç) şeklinde ayrılıp tarif edilmektedir [1].



Şekil 4.4 Merkezi klima santrali

4.6. Lokal Ventilator ör-Serpantin Üniteleri (Fan Coil Units)

Klimatize edilmek istenen hacimlerde havayı soğutmak ve ısıtmak üzere bir serpantin ile hava sirkülasyonunu sağlayan bir fan ve basit filtreden meydana getirilmiş cihazlardır. Soğutma işlemi, soğutulmuş su ile sağlanmakta, aynı veya ayrı bir serpantine verilen sıcak su ile de ısıtma işlemi yaptırılmaktadır.

Serpantin durumuna ve proje şartlarına göre ısıtma ve soğutma suyu aynı gidiş-dönüş boruları ile (2-borulu) yapılabildiği gibi sıcak ve soğuk su gidiş boruları ayrı ayrı dönüş ise tek borudan (3-borulu) veyahut ta dönüş de ayrı borulardan (4-borulu) yapılabilir.

Bu cihazların uygulanma durumuna göre değişik konstrüksiyonları mevcut olup "Yer, Duvar, Tavan" gibi tiplere ayrılır. Hacmin taze hava ihtiyacını karşılamak üzere merkezi bir santralden filtre edilmiş, ihtiyaca göre ısıtılmış veya soğutulmuş hava, kanallarla iç hacimlere dağıtılır.

Mimari-estetik yönden uygun görülen durumlarda, direkt olarak, bina dışına konulan taze hava panjurundan Fan Coil Unit'e hava alınabilmektedir.



Şekil 4.5 Yer tipi fan coil Ünitesi

4.7. Hava Kanalları

4.7.1. Genel

Hava kanalları, havalandırma cihazları ile havalandırılan mekân arasında, havanın gidiş ve dönüşünü sağlamaktadırlar. Hava kanalları tasarlanırken, kanal içindeki hava hızı, sürtünme kayıpları, fes ve gürültü düzeyi, ısı ve sızma kayıpları ve kanallara ayrılabilen hacim sorunlarının göz önüne alınması gerekmektedir.

4.7.2. Hava kanallarının sınıflandırılması

Hava kanalları, taşıdıkları havanın hızına veya basıncına göre sınıflandırılırlar. Kanallar, hava hızına göre, düşük hızlı veya yüksek hızlı diye sınıflandırılırlar. Düşük hızlı hava kanallarında hava hızı, konfor tesisatında, genellikle 10 m/s'yi geçmez. Endüstri tesislerinde bu hız 12–15 m/s'ye kadar çıkabilir. Bu sınırların üzerindeki hızlarda hava taşıyan kanallar, yüksek hızlı kanallar olarak tanımlanırlar. Kanallar, hava basıncına göre de alçak, orta ve yüksek basınçlı olarak sınıflandırılırlar. Burada söz konusu olan basınç, sistemin toplam fan basıncı olup, havalandırma cihazlarının içinde oluşan kayıpları, kanal kayıplarını ve menfez kayıplarını da içerir. Bu sınıflandırma, toplam fan basıncının;

100 mmSS'na kadar olması durumunda, alçak basınçlı

175 mmSS'na kadar, orta basınçlı

300 mmSS'na kadar ise yüksek basınçlı olarak yapılır.

4.7.3. Mimariye uygunluk

Hava kanalları tasarlanırken, binanın mimarî durumunun da dikkate alınması gereklidir. Ticarî binalar için konfor tesisatı projelendirilirken, kanal boyutu ve hava hızı seçiminde, kanalların genellikle, asma tavanlar ve şaftlar içine döşeneceği göz önünde tutulmalıdır. Bu şekilde üzeri kapatılan hava kanallarına, servis amacıyla kolay ulaşılabilmesine, ayar ve yangın damperleri ve benzer cihazlar için servis kapakları bırakılmasına özen gösterilmelidir. Menfezler, havalandırma tesisatının görünür elemanları olduğu için estetik bakımdan mimariyle uyumlu olmaları gerekmektedir.

4.7.4. Ekonomik ve teknik etkenler

Dikdörtgen kesitli bir hava kanalında, uzun kenarın kısa kenara oranına, kenar boyutlar oranı diyoruz. Belirli bir hava debisi ve sürtünme kaybı için, en küçük kanal kesiti daire kesittir. Bu daire çapına karşı gelen dikdörtgen kesitlerin alanı, kenar boyutlar oranı arttıkça artar. Örnek olarak, 600 mm çapında daire kesite eşdeğer olan çeşitli dikdörtgenlerin kenar boyutlar oranları, kesit alanları ve çevre uzunlukları aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 4.1 Havalandırma kanallarında kesit ilişkileri

| | Boyutlar | Kenar Boyutlar Oranı | Alan cm ² | Çevre cm |
|------------|------------|----------------------------|-------------------------|-------------|
| Daire | 0 600 mm | — | 2826 | 190 |
| Dikdörtgen | 550 x 550 | 1 | 3025 | 220 |
| Dikdörtgen | 800 x 400 | 2 | 3200 | 240 |
| Dikdörtgen | 1000 x 350 | 3 | 3500 | 270 |
| Dikdörtgen | 1200x300 | 4 | 3600 | 300 |

Demek ki aynı daire kesitli kanala eşdeğer olan çeşitli boyutlardaki dikdörtgen kesitli kanallar arasında, kenar boyutlar oranı en küçük olan kesit en ekonomik olanıdır.

Dolayısıyla, daire kesitten sonra en uygun kesit, kare kesittir. Genellikle, hava kanalı tasarımında, kenar boyutlar oranının 3/1 veya 4/1 'den daha büyük olmamasına dikkat edilmelidir.

Hava kanalları, taşıdıkları havanın sıcaklığına ve içinden geçtikleri odanın sıcaklığına bağlı olarak, ısı kaybeder veya kazanırlar. Bu ısı kaybı veya kazancı, aşağıdaki etkenlere bağlıdır ve kanal tasarımında dikkate alınmalıdır.

- Kenar boyutları oranı arttıkça, ısı kaybı veya kazancı artar.
- Hava hızı arttıkça, ısı kaybı veya kazancı azalır.
- Kayıpları azaltmak için, kanalların yalıtılması gereklidir.

4.7.5. Hava kanalları tasarımında dikkat edilecek hususlar

Hava kanallarının tasarımında dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan biri, kanallar içinde düzgün ve laminer hava akışı sağlanmasıdır. Bunun için de, hava akımının rastladığı engellerin, geçiş parçalarının (redüksiyonlar), ayrılma ve birleşme parçalarının ve dirseklerin şekillen-dirilmelerine özen gösterilmelidir. Hava akımının içinde, akımı engelleyen parçalar olmamalıdır. Aksi halde kanalların içinde türbülans bölgeleri oluşur ve bu da gereksiz basınç kayıplarına ve gürültüye yol açar.

4.7.6. Hava ayarı

Hava kanalı sistemlerindeki, çeşitli kollara ayrılmalarda, hava debilerinin ayarı, klapeler aracılığıyla yapılacağından bu klapelerin, yukarıda belirtilen şekilde, gerekli olan yerlere konulması ihmal edilmemelidir. Klapeler yerine, kanal sisteminin durumuna göre, kanatçıklı damperler de kullanılabilir.

Hava ayarı her kolun üzerine ayrı ayrı konulacak olan damperler aracılığı ile yapılır. Hava ayarı yapıldıktan sonra gerek damperlerin gerekse klapelerin, sabitleştirilmeleri ve ayarın bozulmamasının sağlanması gerekir.

4.7.7. Yoğuşma

Klima tesisatı kanalları, soğutma yapıldığı zaman, genellikle 12–17°C sıcaklıkta hava taşırlar. Kanalların yalıtılmış olmadığı durumda, bu sıcaklıklardaki bir kanal yüzeyinde, içinde bulunduğu odanın sıcaklığına ve nem oranına bağlı olarak, yoğuşma oluşabilir. Bu bakımdan oda havasının sıcaklık ve nem şartlarındaki yoğuşma noktası, psikrometrik diyagram aracılığıyla belirlenmeli ve buna göre kanal yüzeyindeki sıcaklıkta yoğuşma olup olmayacağı kontrol edilmelidir. Yoğuşma noktalarına yakın sıcaklıklarda, kanallar, yoğuşmaya karşı kesinlikle yalıtılmalıdırlar.

4.7.8. Yalıtım

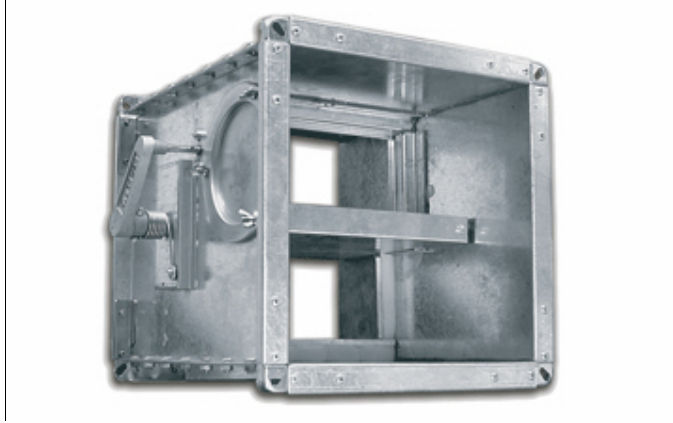
Gerek sıcak gerekse soğuk hava taşıyan kanallar, ayrıca enerji kaybı bakımından da yalıtılmalıdırlar. Soğuk hava taşıyan kanalların üzerindeki yalıtımlar, ayrıca, kesinlikle nem geçirmeyen bir buhar tutucu (vapor barrier) malzeme ile tam olarak kaplanmış olmalıdır. Buhar tutucu üzerinde hiç bir delik veya aralık olmamasına özen gösterilmelidir. Aksi durumda, buhar tutucudan içeriye sızacak olan nem, yalıtım tabakasını geçerek, soğuk kanal yüzeyinde yoğuşur. Yoğuşan su, yalıtım malzemelerini ve kanalları bozacağı gibi, odanın bazı yerlerinde de damlamalara neden olur.

4.8. Diğer Sistem Elemanları

4.8.1. Yangın ve duman damperleri

Hava kanallarının, yangına dayanıklı bölmeleri kat ettikleri yerlerde oluşan delikleri kapatmak ve yangının bir taraftan diğer tarafa, kanallar aracılığıyla geçmesini önlemek amacı ile yangın damperleri kullanılır. Yangın damperleri hava kanalının içine bölme ile aynı hizaya, monte edilirler. Normal olarak açık duran yangın damperi, yangın sırasında kapanır. Dampere kumanda edilmesi bir kontrol motoru aracılığı ile veya ergiyen tipte bir sigorta ve yaylı bağlantı (Fusible link) ile yapılır. Duman damperleri de, yangın sırasında, yangın egzost sistemlerinin eş güdümünde

ve bazı kanalların kapatılması ve duman egzost kanallarının da açılması için kullanılırlar ve yangın zonlarının sınırlarındaki hava kanallarının içine yerleştirilirler.



Şekil 4.6 Yangın damperi

4.8.2. Kontrol Kapakları

Serpantinlerin, cihazların ve damperlerin servislerinin ve bakımlarının yapılabilmesi ve gerektiğinde hava kanallarının içlerinin temizlenebilmesi için hava kanallarının üzerine ve söz konusu cihazların yanlarına, uygun boyutlarda servis kapakları yapılmalıdır. Menfez bir havalandırma sisteminin en son unsurudur ve mahal içinde bulunmaktadır. Menfez tüm havalandırma sisteminin son kullanıcısıyla karşı karşıyadır ve bu yönüyle sistemin en önemli elemanıdır.

4.9. Menfezler

4.9.1. Genel

Kısaca "RECKNAGEL" diye bilinen ünlü "Isıtma ve Klima Tekniği El Kitabı"nda bu konu ile ilgili olarak şöyle denmektedir: "Havanın mahal içinde dağıtılması, bir başka deyişle menfezlerin yerlerinin ve tiplerinin belirlenmesi tüm havalandırma tekniğinin en zor görevlerinden biridir. Bu görevin yerine getirilmesi büyük deneyime sahip olmayı gerektirir."

Bir araştırmaya göre havalandırma ile ilgili sorunların %70'i menfezden kaynaklanmaktadır. Menfez seçimi için her duruma uygun kesin kurallar koymak mümkün değildir.

Özellikle, yüksek ısıtma veya soğutma yükü olan karmaşık geometrik ölülere sahip mahallerde güçlüklerle karşılaşılmaktadır. Çok alçak ve çok yüksek tavanlı mahaller, içinde balkon bulunan salonlar, sarkan kirişli veya tavan yüksekliği değişken mahaller, konser salonları, ses kayıt stüdyoları, vb. zor mahallerdir.

Hava dağıtıcı menfezlerden genel olarak beklenenler şunlardır:

- Gerekli hava debisini vermesi
- Havanın mahal içinde yayılmasını sağlamak
- Rahatsız edici hava akımları oluşturmaması
- Havayı doğrudan toplayıcı menfezlere göndermemesi
- Gürültü oluşturmaması
- Mimari tasarımın uygun olması

4.9.2. Mahal içinde hava hareketleri

Bir mahalle dağıtıcı menfezlerle verilen hava, normal olarak toplayıcı menfezlerle geri alınır. Bazı durumlarda, verilen havanın bir bölümü atmosfere veya komşu mahallere kaar. Bu durumda mahal içinde pozitif basınç oluşur. Eğer mahal içinde eksi basınç oluşmuş ise (rneğin tuvalet ve banyo mahalleri gibi) mahalden toplanan (emilen) havanın bir bölümü veya tümü atmosferden veya komşu mahallerden gelir. İklimlerilen mahal içinde bir hava hareketi söz konusudur. Bu hava hareketi, kendini, birincil ve ikincil hava akımları olarak göstermektedir. Bu hava akımlarının mahal içinde bulunan insanları rahatsız etmemesi gerekmektedir.

4.9.3. Menfezlerin sınıflandırılması

Üretici firmalar çok değişik türlerde ve çok değişik adlar altında menfez üretmektedirler. Menfez türlerinde Avrupa ile Amerika arasında belirgin bir farklılık

göze çarpmaktadır. Bu nedenlerle, genel olarak geçerli ve kataloglardaki tüm menfez çeşitlerini kapsayan bir sınıflandırma yapmak, belki de mümkün değildir.

Bu güçlüklerle karşın, menfezlerin bazı ortak özelliklerini dikkate almak ve hiç değilse büyük bölümünü kapsayan bir sınıflandırma yapmak yararlı olacaktır. Menfezler farklı açılardan sınıflandırılabilir fakat en genel olarak sınıflandırıldığında üç gruba ayırabiliriz.

Dağıtıcı menfezler: Genellikle şartlanmış havayı mahal içine veren menfezlerdir. Bu terim yerine "veriş menfezi", "verici menfez", "üfleme menfezi", "besleme havası menfezi", vb. terimler de kullanılmaktadır. Dağıtıcı menfez terimi Bayındırlık ve İskân Bakanlığının Birim Fiyat Tariflerinden alınmıştır.

Toplayıcı menfezler: Genellikle mahal havasını veya mahal havasının çok kirli, çok sıcak bir bölümünü mahalden emen menfezlerdir. Kullanım amacına göre "dönüş havası menfezi" veya "egzoz havası menfezi" olarak da adlandırılabilirler. Bu terim yerine "egzoz menfezi", "emiş menfezi", "emme menfezi", vb. terimler de kullanılmaktadır. Toplayıcı menfez terimi Bayındırlık ve İskân Bakanlığının Birim Fiyat Tariflerinden alınmıştır.

Transfer menfezleri: Genellikle duvarlara ve kapılara konulan ve havanın artı basınçlı bir mahalden eksi basınçlı (veya daha az artı basınçlı) komşu mahalle geçmesini sağlayan menfezlerdir.

4.10. Boru Tesisatı

4.10.1. Giriş

Çeşitli sistemlerdeki boru tesisatlarının tasarımında, iki açıdan hesap yapılması gereklidir:

- Malzeme ve dayanım
- Akış ve basınç kaybı

4.10.2. Boru malzemeleri

Tüm sistemler ve bazı şartlar altında, bir sistemin parçaları, uygun malzemeler belirlenmesi için, işletme şartları açısından bir inceleme gerektirirler. Örneğin, bir yüksek binanın su borusu tesisatında, alt katlarda yüksek statik basınç olacağı için, düşey zonlar boyunca, farklı malzemelerin kullanılması gerekebilir. Bir boru sistemi için malzeme seçilirken, aşağıdaki etkenler göz önünde bulundurulmalıdır:

- Standartlar ve yönetmeliklerdeki şartlar,
- Boru içindeki akışkanın cinsi,
- Borunun dışındaki çevre ortamı,
- Yatırım maliyetleri.

Klima sistemlerinde kullanılan borular, malzemeleri açısından,

- Çelik borular (dikişsiz-ekme, boyuna dikişli-siyah, galvanizli)
- Bakır borular (sert veya yumuşak)
- Plastik borular (PVC, CPVC, PB, PE, HDPE, PP, ABS, PVDF)

başlıkları altında sınıflanabilirler. Çelik borular, su, buhar ve soğutucu akışkan tesisatlarında, sıcaklık ve basınca uygun malzemedен olmak koşuluyla kullanılırlar.

Bakır borular, korozyona dirençleri ve uygulama kolaylıkları nedeniyle tercih edilirler. Bakır ve pirincin, amonyaklı soğutma tesisatlarında kullanılamayacakları unutulmamalıdır.

Plastik malzemeler ise, hafif, çoğunlukla ucuz, korozyona dirençli ve göreceli olarak pürüzsüz (dolayısıyla akışa daha az dirençli) oldukları için tercih edilirler. Ancak, ortam sıcaklığının üstüne çıkıldığı takdirde, hızla mukavemet yitirirler. Yüksek genleşme yeteneğine sahiptirler ve elastiklik modülleri de düşüktür. Bu nedenlerle, tesisatta, daha kısa aralıklarla desteklenmeleri gerekir. Yangın durumunda, çok miktarda toksik ürün oluşturmaları da, bir diğer sakıncalarıdır.

4.10.3. Boru destekleme elemanları

Boru tesisatlarının yerlerine kurulmaları ve kendilerine etkiyen statik ve dinamik yüklere karşı dengede ve sağlam durmalarını sağlayan destekleme elemanları,

- Yukarıdan asmak için askı elemanları (hangers);
- Yüğü alttan taşıyan destek elemanları (sıpports);
- Yüğü taşıdıkları gibi, hareketi sınırlandıran ve yönlendiren konsol ve kılavuzları (restraints);

İçerirler. Bu elemanlar, aşağıda sıralanan tüm statik ve dinamik yükleri karşılarlar:

- Boruların, vanaların, bağlantı elemanlarının, içlerindeki akışkanın ve yalıtımın ağırlığı (Test akışkanı, sistem akışkanından daha ağırsa, test akışkanının oluşturacağı ağırlık dikkate alınmalıdır.)
- Buzlanma, rüzgâr ve sismik kuvvetlerle oluşabilecek sıra dışı yükler.
- Boru dirsekleri ve omegalarda, ısıl uzama ve kısalma ile oluşan kuvvetler.
- Sistemdeki genleşme elemanlarından gelen sürtünme, yaylanma ve basınç darbesi yükleri.
- Kılavuzlar ve destek elemanlarından gelen sürtünme kuvvetleri.
- Su çekici, titreşimler ve tahliye vanalarındaki tepki kuvvetleri gibi diğer yükler.
- Test yükleri ve kuvvetleri

Boru destekleme elemanları, bunlara ek olarak, boruya ve bina yapısına bağlantı noktalarındaki gerilmeler açısından da değerlendirilmelidirler.

Çoğu boru destekleme elemanlarına gelen yükler orta düzeydedir ve bu elemanlar, üretici firma kataloglarındaki verilere dayanılarak güvenle seçilebilirler.

Çok katlı binalarda, büyük çaplı borular ve genleşme elemanlarının, yüksek sıcaklıkta çalıştıkları durumlarda, bazı yükler çok büyük olabilirler. Seçim yapılırken bu konu da göz önünde bulundurulmalıdır.

4.10.4. Borularda Uzama ve Esneklik:

Tüm malzemeler, sıcaklıkları değişince şekil değişimine uğrarlar. Buharlı ve sıcak sulu sistemler gibi, yüksek sıcaklıkta çalışan sistemlerde genleşme fazladır ve kısa borularda dahi, kayda değer uzamalar gözlenebilir. 5 ila 40 °C arasında çalışan soğuk su ve yoğuşturucu suyu gibi sistemlerde ise, genleşme oranı düşük olmasına karşın, dağıtma sistemlerinde ve yüksek binalardaki uzun boru hatlarında büyük hareketler oluşabilir. Dolayısıyla, basınç, ağırlık ve diğer yüklere ek olarak, boru tesisatlarında, ısı ve diğer hareketlere karşı da, aşağıdaki tehlikeler önlenmelidir:

- Aşırı yük ve yorulma nedeniyle, boruların ve destek elemanlarının hasara uğraması.
- Bağlantılardan kaçak oluşması
- Borulara bağlı cihazlarda, hasara neden olabilecek kuvvetler ve gerilmelerin ortaya çıkması.

Hareketi sınırlandırılmamış bir sistem, en düşük toplam gerilme ile çalışır. Konsollar ve kelepçeler ise, ağırlıkları taşımak ve cihaz bağlantılarını korumak için gereklidirler. İki ucundan kelepçelenmiş bir borudaki eğilme ve kelepçelere gelen kuvvetler, kabul edilemez mertebededirler. Dolayısıyla uygulamada, uzun ve düz bir çelik boru, hiçbir zaman, iki ucundan kelepçelenemez. Boru sistemlerinin, ısı etkilerine karşı esnek olmaları ve uzayıp kısalabilmeleri için, boru dirsekleri, omegalar veya genleşme parçaları gibi ek elemanlar tasarlanırlar. Pompa gibi dönen cihazlara iletilen boru ucu kuvvetleri, cihaz kasasına veya yataklara zarar verebilir. Burada, cihaz üreticileri tarafından önerilen kuvvet ve hareket sınırlamalarına uyulmalıdır.

4.10.6. Genleşme bağlantıları

Boru sisteminin esnekliği kullanılarak, uzamaların olabildiğince karşılanması gereklidir. Ancak, hareketlerin, boru dirsekleri ve omegalar ile karşılanamayacak kadar büyük olabildiği, ya da gerekli boyutta dirsek veya omega için yeterli hacim olmadığı durumlarda, genleşme bağlantılarının kullanılması gerekir. Bunlar, yataklı ve yataksız olarak sınıflanabilirler.

BÖLÜM 5. İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

5.1. Sistem Seçimi Esasları

5.1.1. Giriş

İklimlendirmede sistem seçimi tesisat mühendisliği tasarım ve uygulanmasının en önemli aşamasını oluşturur. Bunun için deneyimli, bilgili olmak ve modern bilgisayar imkânlarından yararlanabilmek gerekir.

Uygulanacak sistemin seçimi, tasarımcının en önemli ve en kritik kararıdır. Bu kararı verirken pek çok etken incelenmelidir. Bu etkenler içinde de en önemlileri ilk yatırım maliyeti ve işletme giderleridir.

Sistem veya sistemlerin seçiminde duyulur ısı yüklerinin, gizli ısı yüklerinin oranları, iklimlendirilen alanlarda metre kare başına düşen miktarları ve yükün binada nasıl dağıldığının belirlenmesi çok önemlidir.

Bu etkenler, kısmi yüklerde binada istenilen konfor şartlarının sağlanması için, tek zonlu sistemlerin mi, yoksa çok zonlu sistemlerin mi seçilmesi gerektiğini belirtecektir. Bu demektir ki bina farklı mevsim ve saatlerde, incelenecektir. Ayrıca binanın, yeni yapılan bir yapı mı yoksa eski bir yapı mı olduğu, eski yapıların getireceği kısıtlamaların neler olabileceği, bunların nasıl aşılacağı çok iyi araştırılmalıdır. Sistem seçimi aşağıdaki etkenlerden pek çoğuna bağlıdır.

Sistem seçiminde pek çok kriter sıralanabilir. Önem sırası mal sahibinin veya satın almayı yapan kişilerin isteklerine göre değişebilir.

5.1.2. Sistem maliyeti

Sistem seçiminde en önemli konu sistem maliyetidir. Mal sahipleri genellikle en düşük yatırım girdileriyle, en düşük işletme gideriyle, en mükemmel ve devasa bir tesis isterler. Sistem seçimi, işin sadece mühendislik yönü dikkate alınarak değil, mal sahibinin yatırım yapmaktaki temayüllerine göre olmalıdır.

İlk yatırım maliyeti: Kaynakların kısıtlı olması yatırımcıyı çoğu zaman ucuz yatırımlara yönlendirmekte ve en önemli kriter haline getirmektedir. Hâlbuki asıl önemli olan toplam maliyet değeridir. Yani sistemin ekonomik ömrü içerisinde ortaya çıkan işletme ve yatırım maliyetleri toplamıdır. Bu yüzden ilk yatırım maliyeti iyi değerlendirilmelidir. Ayrıca, bazı malzemelerin üretimi ve teslim tarihlerinin inşaat programına uygunluğu da dikkate alınmalıdır.

İşletme maliyeti: İşletme maliyeti içinde en önemli kalem yakıt ve enerji giderleri bulunmaktadır. Yüksek verimli bir sistem, toplam maliyet olarak çok daha ekonomik olmaktadır. İşletme giderleri, harcanan enerji bedeli dışında, bakım personelinin ücretlerini, sarf parça giderlerini ve malzemenin gerçek amortismanını da kapsar. Gider, sırf enerji gideri olarak düşünülmemelidir.

Yatırımın, geri dönüşü hesapları: Tasarımcının, tesisi mükemmelleştirmek için yatırımcıya teklif edeceği ek maliyetin, ne kadar zamanda geri alınacağı da göz önünde bulundurulmalıdır. Aslında bu işin takdirini en iyi, gene yatırımcı yapmaktadır. Projejinin görevi biraz daha tarafsız davranıp, işi mal sahibine götürmeden önce kendi inisiyatifiyle, pek verimli gözükmeyen bazı uygulamaları ve ekleri önceden saf dışı etmesidir.

5.1.3. Konfor

Sistem seçiminde belki de en önemli faktör konfordur. Seçilecek sistem, iç ortamda beklenen şartları bütün değişen dış hava koşulları dâhilinde hep belirli değerlerde tutulabilmelidir. Bu konfor şartları arasında sıcaklık, nem, temizlik, taze hava miktarı ses kirliliği gibi değerler bulunmaktadır.

5.1.4. Sistem bakımı ve güvenilirlik

Sistem bütün olduğu kadar basit ve sağlam olmalıdır. Özellikle Türkiye şartlarında çoğu zaman kalifiye teknisyen ve profesyonel servis ve bakım teminindeki zorluklar nedeniyle, karmaşık sistemler istenildiği gibi korunamamakta, zamanla tasarım şartlarının çok dışında ilkel şartlarda çalışmak zorunda kalmaktadır. Bu durum yüksek verim bir tarafa, sistem temel fonksiyonları yerine getirmez hale düşmektedir. Bu nedenle seçilecek sistemlerin basit, az bakım ve servis isteyen karakterde olması çok önemlidir.

5.1.5. Sistem seçiminde öncelik

Hiçbir sistem bütün avantajları bünyesinde toplayamayacağı için, “ısıtma öncelikli veya soğutma öncelikli sistem seçimi ” ilk adımda göz önüne alınmalıdır. Örneğin Antalya’da ısıtma mevsimi 2.5 ay mertebesinde iken, soğutma mevsimi 7.5 ay mertebesinde. Böyle bir iklimde soğutma öncelikli sistem seçimi gerekir. Havalı bir sistem kullanıyorsa, soğutulmuş havanın üst kottan (tavan seviyesinden) verilmesi düşünülmelidir. Tavan seviyesinden verilen soğuk havanın yoğunluğu fazla olduğu için ortamdaki havaya karışımı ideal konforu sağlayacaktır. Isı pompası tipi cihaz seçimleri uygundur. Hava kanallı sistemler düşünülebilir. Ama buna karşılık İstanbul’da ısıtma mevsimi yaklaşık 6.5 ay, soğutma mevsimi 3-4 ay mertebesinde. Erzurum’da ise bu değerler daha fazla ısıtma yönünde değişmektedir. Böyle iklimlerde ısıtma öncelikli sistemler seçilmelidir. Isıtma öncelikle sistemde ısıtmanın aşağıdan yapılması ve vantilatör vb. ses yapabilen cihazların kullanılmaması avantajlıdır. Isıtmanın cam önlerine konan ısıtıcılar ile yapılması konforu arttıracaktır. Villa sahipleri genelde en iyi konforu isterler. Villalarda, ısıtmayı cam önlerine konulan radyatörler ile soğutmayı ise hava kanallı split cihazlarla yapıp, ayrıca klima cihazına yaklaşık % 10 oranında taze hava alınmalıdır. Bu durumda ortam havalandırılırken taze hava ortamı artı basınçta tutacağı için dışarıdan toz girişi önlenecektir

Sistem seçimindeki önceliklerden birisi de uygulama alanı ile ilgilidir. İşyerlerinde ısı kazancı aydınlatma, makinalar ve insanlar dolayısıyla daha fazladır. Bu nedenle

konutlarla karşılaştırıldığında daha fazla soğutma yükü gereklidir. Soğutma ihtiyacı da yıl içinde konutlara göre daha uzun sürelidir.

Sistem seçiminde bir başka öncelik ise mimari sınırlamalarla ilgilidir. Mimari estetik, seçilecek difüzör, menfez vs. gibi elemanların tiplerini belirler. Bu çerçevede sesle ilgili sınırlamaları da göz önüne almak mümkündür. Sağlanması gerekli ses düzeyi bazı uygulanmalarda sistem seçimini belirleyen ana öncelik olabilir.

Kanal tipi paket ve split sistemlerde soğutulan hava kısa kanallarla soğutulacak hacme gönderilir. Bu cihazların bir diğer türünde ise kompresör ve kondenser ünitesi dışarıdadır, evaporatör ve fan ünitesi kanallarla birlikte içeridedir. Bu sistemlerde ısıtma heat-pump prensibi ile akışkan geri döndürülerek yapılabildiği gibi, elektrikli ısıtma ile de yapılabilmektedir. Direkt genişlemeli sistemler küçük hacimler için avantajlıdır. Ayrıca süper market gibi tek kat düz çatılı büyük alana yayılan yapılar için de idealdir. Çatıya yerleştirilen çok sayıda cihazlar ve kısa kanallarla soğutma yapılabilir. Bu cihazların dezavantajları kapasitelerinin sınırlı olmasıdır. Yine de bir binada veya süper marketin çatısında 15–20 adet kanal tipi cihaz monte etmek birçok kez 1 veya 2 adet cihaz kullanmaktan avantajlı olmaktadır [12].

5.1.6. Sistem türleri

Tasarımcı, olabilecek tüm sistemleri dikkate alıp, mal sahibinin isteklerini teknik olarak da karşılayan, bir veya iki sistemi mal sahibine sunmalı ve onunla birlikte çalışarak, seçeceği sistemi daha belirgin hale getirmelidir. Bunu yaparken bir kez daha dikkate alacağı kıstaslar;

- Talep edilen sıcaklık, nem, iç hacim basınç değerleri
- Kapasite
- Yedeklilik
- İç hacme ait istenilen özel hususlar (ses seviyesi, vs.)
- İlk tesis maliyeti, işletme maliyeti
- Güvenilirlik
- Esneklik ve sistem ömrü

Sistem seçiminin son adımı olarak, projenin ve seçim kriterlerinin bir özetini veren, karşılaştırmalı bir rapor tasarımcı tarafından hazırlanıp mal sahibinin onayına sunulur. Bu raporda tasarımcının, seçilmesini tavsiye ettiği sistem ve bu önerisi için geçerli nedenleri belirtilmelidir. Olabilecek sistemler;

- a) Havalı sistemler
- b) Sulu sistemler
- c) Paket cihazlar
- d) Yukarıdakilerin karışımı olarak, sınıflandırılabilir.

5.2. Tam Havalı Sistemler

5.2.1. Genel

Tam Havalı Sistemler, uygulandıkları iç hacimde, tüm duyulur ısı, gizli ısı yüklerini, ön ısıtma, nemlendirme nem alma işlemlerini hava ile karşılayıp, bu alanların iklimlendirilmesini sağlayabilirler. Zonlarda ek olarak soğutma, nemlendirme yapılması gibi işlemlere gerek yoktur. Isıtma ise, merkezi veya belirli zonlarla yapılabilir.

Zon tabirinden kasıt, bağımsız bir kontrol elemanı bulunan sistem, iç hacim kelimesi ise, çevre zonlarla bölme duvarları bulunan veya bulunmayan, bağımsız kontrole gereksinimi olan veya olmayan alan demektir. Tam havalı sistemler iki ana başlık altında sınıflandırılabilirler.

5.2.1.1. Tek kanall ı sistemler

Isıtıcı ve soğutucu serpantin, seri olarak hava akımı yönünde yerleştirilmiş olup, tek bir dağıtıcı ana kanal sistemi sabit hacimde değişken sıcaklıkta havayı veya sabit sıcaklıkta değişken miktarda havayı (VAV) iç hacimlere taşır. Tek kanall ı sistemin alt sınıflandırması:

Sabit hava debili sistemler;

- Tek Zonlu Sistemler
- Çok Zonlu Sistemler
- By-pass Sistemleri

Değişken hava debili (VAV) sistem;

- Hava miktarının kısılarak ayarlandığı sistemler
- Hat (kanal) ısıtıcılı (Re-Heat) sistemler
- Fanlı sistemler
- İndüksiyon sistemleri

5.2.1.2. Çift kanallı sistemler

Çift kanallı sistemlerde ısıtıcı ve soğutucu serpantinler paralel durumda veya seri-paralel hava akımı şeklinde konumlandırılmış olurlar. Sıcak ve soğuk hava, ya iki ayrı kanal ile zonlara iletilip zon girişlerindeki terminal kutuda karıştırılırlar veya karışım, merkezi santralde yapıp her zona ayrı ayrı kanallarla (Multizon) gidilir.

Çift kanallı sistemin alt sınıflandırması:

- Sabit havalı sistemler
- Değişken hava debili sistemler (VAV)
- Bağımsız çift kanallı sistemler Çok zonlu sistemler
- Sabit hava debili çok zonlu sistemler
- Değişken hava debili çok zonlu sistemler

5.2.1.3. Tam havalı sistemlerin uygulama alanları

Tam havalı sistemlerin, konfor ve proses klimasında pek çok uygulama alanları vardır. Ofis binalarında, okul, üniversite binalarında, laboratuvar, hastane, dükkân, otel, temiz oda, ameliyathane, araştırma binaları ve fabrika binalarında uygulamaları bulunmaktadır.

5.2.1.4. Tam havalı sistemlerin üstünlükleri

1-Merkezi klima cihazının, yerleşim alanları dışında makine dairesinde tesis edilmesi ve filtrasyon, koku, ses, ısı ve nem kontrollerinin istenilen şekilde ve daha rahat yapılmasını sağlar.

2-Boru bağlantılarının, drenaj borularının, elektrik hatlarının, filtrelerin iklimlendirilen alan dışında olması, bunların bakımını kolaylaştırmanın yanında, bunların ayakaltından uzaklaştırarak dolaylı hasar görmelerini de önler.

3-Dış hava sıcaklığının, oda sıcaklıklarından düşük olduğu zamanlarda, soğutucu cihazların devre dışı bırakılarak, dış hava ile soğutma yapılması mümkündür.

4-Mevsim için change-over (ısıtma işleminden, soğutma işlemine geçiş) yapılması ve otomatik kontrole uygulanması çok kolaydır.

5-Çok rahat zonlama yapılması, esneklik ve nem kontrolü sağlanması her mevsimde geçerlidir.

6-Isı geri kazanım yöntemlerinin kullanılması imkânını sağlar.

7-İyi hava dağılımı gerçekleşmesine imkân sağlar.

8-Büyük miktar egzoz gerektiren tasarımlarda, çok rahatlıkla dış hava sağlanması imkânını getirir.

9-Kışın nemlendirme yapılmasına uygundur.

5.2.1.5. Tam havalı sistemlerin s akıncaları

1-Kanal için ek bir yükseklik gerektiği için, binanın yükselmesine neden olur.

2-Çevre zonların ısıtılmasında kullanıldığı zaman kullanım saatleri dışında da, fanların çalışmasını gerektirir.

3-Kanallarda hava balansının yapılması zor bir işlemdir.

4-Çevre zonlardaki ısıtmanın hava ile yapılması halinde, inşaat, sulu sistemlere oranla daha uzun sürelerde gerçekleşir.

5-Uç elemanlara ulaşmak için bırakılacak müdahale kapakları, mimari, dekorasyon sorunu oluşturur.

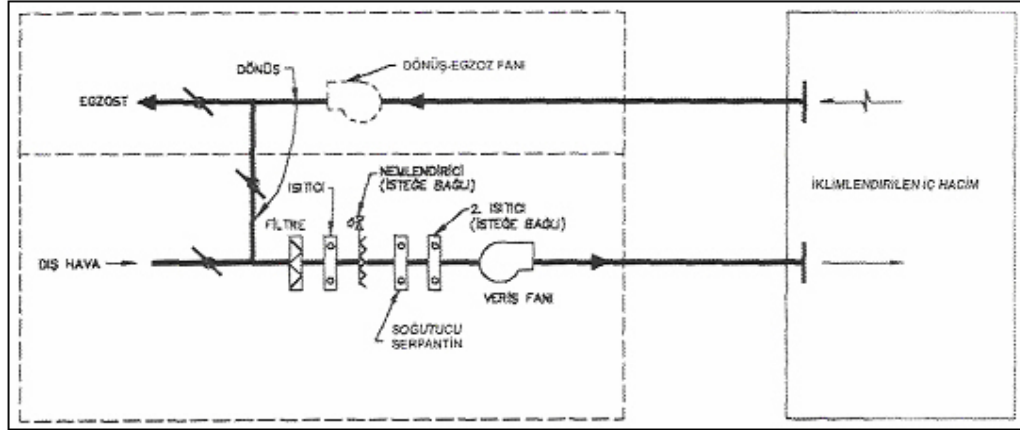
6-İç soğutma yükünün fazla olması, daha büyük hava miktarları gerektirecektir. Sonuçta mimarla birlikte fazlaca çalışmak gerekecektir.

5.2.2. Tek kanallı sistemler

5.2.2.1. Sabit havalı sistemler

Tek zonlu sistemler:

En basit, tek bir zona hitap eden, sıcaklık kontrollü bir sistemdir. Dikkatli bir tasarım ile sistemin hitap ettiği hacmin sıcaklık ve nem kontrolü çok iyi yapılabilmektedir. (Şekil 5.1) Sistem istenildiğinde, komşu sistemlere zarar vermeden durdurulabilir. Sisteme Dönüş - Egzoz fanı eklenmesiyle uygun dış sıcaklıklarda, dış hava ile soğutma yapmak mümkündür (Dönüş - Egzoz fanı kullanılmazsa sabit dış hava çalışma durumundaki uygulamada bu imkândan yararlanılamaz). Bu fana Dönüş/Egzoz fanı denilmesinin nedeni, fanın gerektiğinde %100 dönüş, kısmen dönüş kısmen egzoz veya % 100 egzoz yapabilmesindedir.



Şekil 5.1 Sabit havalı tek zonlu sistem

Sabit havalı tek zonlu sistemlerin sıcaklık kontrolü, üflenene havanın sıcaklığını değiştirerek, yani serpantin çıkış sıcaklıklarını değiştirerek, tekrar ısıtma (reheat) yapılarak veya soğutucu serpantin üzerine alın-by-pass damperi koyup yaz mevsiminde, yük azaldığında karışım havasını soğutucu üzerinden geçirmeyip (bypass ederek) soğutucu çıkış sıcaklığı değiştirilerek yapılabilir.

Tek zonlu sistemler, küçük mağaza katlarında, alışveriş merkezlerindeki küçük mağazalarda, sınıflarda, bilgisayar odalarında, ameliyathanelerde, jimnastik salonu gibi geniş alanlarda, orta boy toplantı salonlarında ve sinemalarda, kısaca zon kavramı bölümünde de anlatılan, bağımsız, bütün tek zonlarda uygulanır.

Zonlarda tekrar ısıtmalı sistemler çok zonlu sistemler:

Çok zonlu, zon ısıtıcılı sistemler tek zonlu sistemlerin değişik bir şeklidir.

Bu sistem;

- Değişik yüklerdeki zonların, kontrollü iklimlendirilmelerini sağlar.
- Değişik yönlere alanların, bazılarının soğutulmasını diğerlerinin aynı zamanda ısıtılmasını temin eder.
- Hassas kontrol isteyen konfor veya proses işlemlerinde uygulanır.

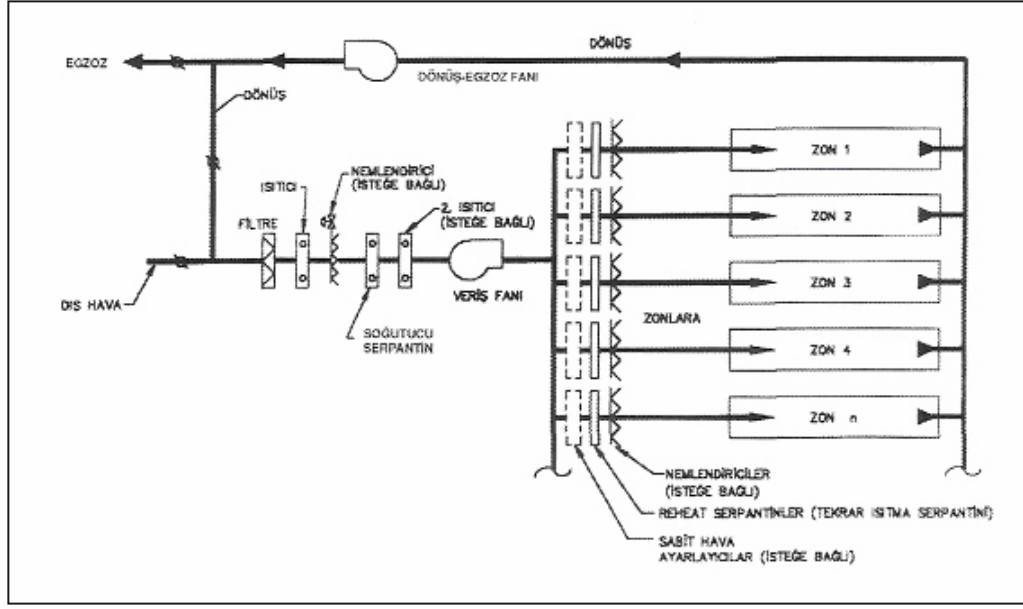
Tekrar ısıtmada amaç, belli bir çığ noktası sağlayan soğutucu işlemten sonra, üflenen havanın tekrar ısıtılmasını sağlamak ise, bu sistem reheat (son ısıtıcı kontrollü) sistemdir.(Bkz. Şekil 5.2)

Reheat sistemde, hava miktarı, maksimum soğutma yükünün karşılanmasına göre seçilir. Soğutma yükünün azalması durumunda, azalan yük miktarı kadar ısı. reheat serpantin vasıtasıyla eklenerek, oda sıcaklığının sabit tutulması sağlanmaktadır.

Hava miktarı, birden çok iç hacim olması halinde her odanın maksimum hava debileri toplanarak belirlenir. Soğutma yükü ise blok yüküdür, yani, maksimum yük saatinde ortaya çıkan, her odaya ait o saatteki yükler toplamıdır.

Tekrar ısıtmalı sistemler (reheat sistemler)in üstünlükleri:

Oda şartları, hassas bir şekilde sağlanabilir. Laboratuvarlarda (yüksek egzoz miktarı gereken yerlerde) hastanelerde, ameliyathanelerde, yoğun bakım ünitesi olan yerlerde kullanılır.



Şekil 5.2 Sabit havalı - zonlarda tekrar ısıtılmalı sistem (zon-reheat sistemi)

Sakıncaları:

Çok pahalı işletme masrafları vardır. Konfor uygulamaları için bazı enerji tasarrufu ile ilgili yönetmeliklere ve standartlara aykırıdır.

Reheat sistemli uygulamalar için tavsiyeler:

- Soğutucu serpantin çıkış sıcaklığı reset edilmelidir, (kaydırılmalıdır)
- Soğutucu ünitelerinden ve egzoz havası üzerinden ısı geri kazanımı sağlanmaya çalışılmalıdır (şartlar uygunsa).

By-pass sistemler:

Sabit havalı tekrar ısıtıcılı sistemin diğer türü baypas sistemidir. Sistem primer devrede sabit havalı, sekonder oda devresinde ise değişken hava debilidir. (VAV) Odaya verilen hava, oda yükünün azalmasına paralel olarak azaltılmakta bunun için de baypas VAV kutusu kullanılarak, havanın bir kısmı asma tavan içine verilmektedir. Bu yöntem, enerji tasarrufuna fazlaca dikkat edilmeyen, küçük sistemlerde kullanılmaktadır.

5.2.2.2. Değişken hava debili (VAV) sistemler

Değişken hava debili sistemler (bundan böyle VAV olarak adlandırılacaktır.) iç hacim şartlarını, üflenen hava sıcaklığının değiştirilmesi, yerine üflenen hava debisini değiştirerek sağlamaktadır. Veriş havası genelde sabit olup, mevsime göre sabit üfleme sıcaklığı kaydırılmalıdır. Ancak her durumda, üflenen hava sıcaklığı, maksimum yük gösteren zona ait şartları sağlayabilmelidir. Hava miktarlarının azaltılması, fan enerji ihtiyacını kısacağı için sistem enerji tasarrufu sağlayacaktır. VAV sistemleri, çevre zonlara veya iç zonlara yardımcı, ek ısıtıcı veya ısıtıcısız olarak uygulanırlar. Dış çevre zonlarda soğutma yükü fazlaca değişken olduğu için, maksimum enerji tasarrufu da çevre zonlarda olmaktadır.

Isı kazancı hesapları yapılırken, hava miktarı, emniyetli olarak belirlenirse, VAV sistemleri, kısmi yüklerde havayı fazlaca kısarak, ses problemi oluşturacaklardır. Bu konuya dikkat etmek gerekir.

VAV sistemlerinde nem kontrolü genelde sorun olmaktadır. Nem kontrolünün hassas olduğu, laboratuvar, veya proses uygulamalarında, sistem sabit havalı olarak tasarlanmalıdır. Konferans salonları, restoran gibi hacimlerde olduğu gibi duyulur ısı oranı (duyulur ısı/toplam ısı oranı) düşük Be, VAV kutularının, üflenen havayı %50²den daha fazla kışmasına izin verilmemeli ve nem kontrolünün sağlanması için tekrar ısıtma (Reheat) düzeni eklenmelidir. Hava hareketinin düşük olduğu yerlerde, insan vücudu iç hacim sıcaklık artışlarına daha çok duyarlılık gösterir. İç hacim konfor seviyesini yükseltmek için maksimum hava hareketi sağlanmasında yarar vardır. Bunun için üfleme havası sıcaklığı artırılabilir veya zon bazında tekrar ısıtma yapılabilir; hacimlerde, hava sisteminden ayrı, ısıtma sistemi ile ilave ısıtma yapılabilir, fan kutulu sistem veya endüksiyon sistemi ile oda havasının sıcaklığı sabit tutulabilir.

Kısmalı VAV:

Gerçek VAV diye de adlandırılan en basit VAV sistemi olup en fazla kullanılan ve üflenen hava miktarının, VAV kutusunda kısılarak azaltıldığı dolayısıyla fan hava

miktarının da aynı şekilde azaltıldığı bir sistemdir. VAV sisteminin en belirgin özelliği, soğutmada çalışmasıdır. Isıtma için ise ek düzenler gerekmektedir. İç zonlarda, insan, aydınlatma, cihaz soğutma yüklerindeki değişikliği karşılamak için, tüm yıl boyunca sıkça kullanılır.

Geceleyin kullanılmayan hacimlerin çok az bir soğutma yükü olup, hava kısma oranı %100'den % 25'e kadar düşebilir. Kış mevsiminde, havalandırma santraline konulan ısıtıcı ile sabahları kısa bir süre için ısıtma yapılıp, aydınlatma ve insan yükleri ortaya çıkana kadar, ön ısıtma ihtiyacı sağlanır.

Tekrar ısıtılmalı sistemler ("reheat" sistemler):

Bu sistemler, bundan önce anlatılan, kısmalı VAV uygulamasının, VAV kutusuna ısıtıcı eklenmiş şeklidir. Tekrar ısıtılmalı sistemler, gereğinde soğutma ve ısıtma yüklerini karşılamak üzere iç ve çevre zonlarda kullanılabilirler. VAV kutusu için minimum üfleme hava miktarı belirlenirken,

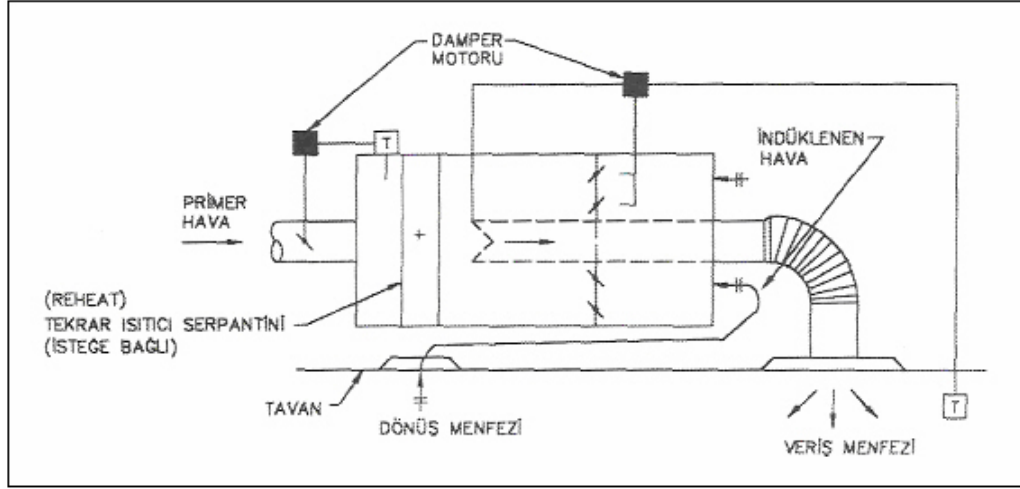
- Isıtma yükünü karşılayacak,
- Maksimum nem oranını geçmeyecek,
- Hacim içinde gerekli hava hareketini sağlayacak,
- Minimum dış hava miktarını sağlayacak kadar olmasına dikkat etmek gerekir.

Tekrar ısıtılmalı VAV sisteminde, ısıtma işlemi yapılırken üflenen hava, önce kutuda hesap edilen alt sınıra düşer, bundan sonra sistem sabit miktarda hava üflerken, hava sıcaklığı, ısıtıcı serpantin ile gerekli değere yükseltilir. Yaz mevsiminde tekrar ısıtma sistemi kullanılmaz. Yalnız toplantı odalarının benzeri olan iç hacimlerde, düşük yüklerde nem çok artarsa, o zaman tekrar ısıtma düşünülmelidir.

İndüksiyonlu VAV sistemleri:

İndüksiyonlu VAV kutusunda (Bkz. Şekil 5.3), ısı yükünün azalması halinde, kutuya giren primer hava kısılır, asma tavan içindeki havanın kutuya giriş damperi açılarak, buradan giren dolaşım havası miktarı artırılır. Dolayısıyla odaya verilen hava hemen

hemen sabit kalmasına karşın, primer hava azalacaktır. Sistem, sabit hacimli, baypas sisteminin tersi şeklinde çalışmaktadır. Düşük yüklerde, üfleme havası asma tavan boşluğuna baypas edileceğine, asma tavandan indüklenme ile hava emilmektedir.



Şekil 5.3 İndüksiyon VAV kutusu

İndüksiyonlu VAV kutusu, genelde, asma tavan boşluğuna yerleştirildiği için, tavan içindeki aydınlatmadan gelen ısı, iç zon uygulamalarında ve yumuşak iklim koşullarındaki çevre zon uygulamalarında sistemin ısı gereksinimi karşılayabilir. Çevre ve tavan ısı kayıplarının fazla olması halinde, kutuda tekrar ısıtma (Reheat) veya çevrede bağımsız ısıtma sistemi kurulması gerekir.

Fan Güçlü VAV sistemleri:

Fanlı VAV sistemleri, paralel veya seri konumlu olmaktadır. Paralel akışlı ünitelerde fan, primer hava akım devresi dışında olup, aralıklı olarak çalıştırılma imkânına sahiptir. Seri konumlu sistemlerde ise fan, primer hava akış devresi üzerinde ve zonun kullanılması halinde, devamlı çalışır durumdadır. Her iki sistem, kısmi yüklerde, iç hacim içindeki hava hareketini istenilen düzeyde tuttukları ve VAV sisteminin enerji tasarrufunu sağladıkları için sıkça seçilmektedir. Primer hava damperi kısıldıkça, fanlı VAV ünitesi, daha çok asma tavan plenum havasını sirküle eder. Çevre zonlarda uygulandığında, sıcak sulu veya elektrikli tekrar ısıtıcı (Reheat)

üniteler (kutular) kullanılabilir veya çevrede radyatörlü sistem uygulanarak, çevre kayıpları karşılanabilir. Isıtma ve soğutma rejimleri arasında, geçiş aralığındaki ölü bantta, yalnızca fan çalışarak, aydınlatmadan gelen ısı enerjisi değerlendirilip, maksimum enerji tasarrufu sağlanır.

Paralel fan sisteminde, soğutma yükündeki değişikliğe göre primer hava miktarı ayarlanır ve yükün azalması halinde belirlenen minimum miktara kadar kısılır. Bu noktadan sonraki yük azalmasında fan devreye girerek, asma tavan plenumundaki sıcak havayı primer hava ile birlikte odaya üflemeğe başlar. Bu düzen daha çok çevre zonlarda kullanılır. Gereğine göre sıcak sulu veya elektrikli ek ısıtıcı bulunabilir. Fan üfleme miktarı, primer hava maksimum debisini tamamlayıcı tarzdadır. Fan çıkışında, geri dönüş önleyici damper bulunur ve primer havanın, fanın çalışmadığı zamanlarda, fan üzerinden asma tavana kaçması önlenir.

Seri fan sisteminde, fan devamlı çalışır ve primer havayı, duruma göre asma tavan havası ile karıştırıp, odaya sabit hacimde üfler. Sistem, iç zonlarda veya çevre zonlarda, ek ısıtıcı düzenli veya ısıtıcısız olarak kullanılır.

5.2.3. İki kanallı sistemler

İki kanallı sistemlerde, merkezi santralde iklimlendirilen hava, biri soğuk, diğeri ılık havayı taşıyan iki paralel ana dağıtım kanalıyla hacimlere iletilir. Her bir iklimlendirilen iç hacimdeki karışım kutusu, soğuk ve ılık havayı gerekli oranda karıştırıp, hacme üflemesini sağlar.

Genelde iki kanallı sistemler, tek kanallı sistemlere göre daha çok enerji harcarlar. Ayrıca ara mevsimlerde, nem kontrolüne dikkat etmek gerekir. Diğeri bir sakınca da, daha fazla yere gereksinim göstermesidir. Zon kontrolünün hem yazın hem de kışın kolaylıkla yapılabilmesi, sistemin en önemli üstünlüğüdür.

Dönüş kanalı, diğeri tek kanallı sistemlerdeki gibi bir tanedir. İki kanallı sistemler, dış tasarım şartlarının 35°C KT ve 25°C YT düzeyini aşmadığı iklim şartlarında, daha iyi sonuçlar vermektedir.

5.2.3.1. İki kanallı sabit debili sistemler

Bu yöntem, geleneksel terminal kutulu sistemlere benzer yalnız iki temel fark vardır. Birincisi, tekrar ısıtma (reheat) santralde sağlanmakta, ikincisi ise, veriş havasının bir kısmı soğutulmakta, diğer kısmı da ısıtılmaktadır. Böylece geleneksel sisteme göre daha az enerji kaybı olmaktadır.

Fan motoru enerji kaybında ise, bir değişiklik olmamaktadır. Son yıllarda VAV sistemlerinin daha popüler olmasından dolayı iki kanallı sabit debili sistemlerin kullanım oranı çok düşmüştür.

5.2.3.1. İki kanallı değişken debili (VAV) sistemler

İki kanallı VAV sistemleri, soğuk ve ılık havayı değişik oranlarda karıştırır. İç zonlardaki VAV üniteleri, yalnızca soğuk hava kanalına bağlanır. Böylece iç zonlarda, sadece hava debisi değiştirilerek yapılan kontrol, enerji tasarrufu sağlar. Çevre zonlarda ise, çift girişli VAV kutuları kullanılır. Bu kutularda, her iki kanala da bağlantı yapılarak, soğutma yükünün azalması halinde, üflenen hava belirli bir miktar kısılır, daha sonra soğuk giriş kısmına devam edilirken, ılık hava damperi açılarak, sabit miktarda fakat değişken sıcaklıkta hava hacme üflenerek, istenilen psikometrik şart sağlanır. Bu sistem, ısıtma, soğutma ve fan enerjisinden tasarruf sağlamaktadır. Çünkü kısmi yüklerde soğutma ve ısıtma serpantininden geçen hava azalmaktadır.

Tek fanlı, iki kanallı, VAV sistemler:

Bu sistemde bir tek fan, ılık ve soğuk kanalların, aynı anda ortaya çıkan maksimum toplam hava debisine göre seçilir. Fan statik basınç kontrolü, her iki kanalda ölçülen statik basınçlardan büyük olanı esas alınarak yapılır. Genel olarak, soğuk kanal çıkış sıcaklığı sabit olarak belirlenir, fakat bazı uygulamalarda çıkış sıcaklığı, dış hava sıcaklığının azalmasına göre yükseltilerek, soğutma tasarrufunda bulunulur. Sıcak kanal çıkış sıcaklığı da, dış hava kompanzasyonu yapılarak belirlenir. Hacimlerde nem oranının yükselmesi durumunda, ılık hava kanal sıcaklığı arttırılır. Bazı

uygulamalarda, özellikle laboratuvarlarda, karışım havasında veya sadece dış havada ön soğutma yapılarak, nem yüzdesinin sınırlanması sağlanır. Dönüş hava miktarı, veriş ve dönüş kanallarındaki hava miktarının ölçülmesi ile veya hacmin sabit statik basınçta kalmasını sağlayan basınç kontrol sistemi ile kontrol edilir.

Çift fanlı, iki kanallı VAV sistemler:

Bu sistemlerde sıcak ve soğuk kanalların ayrı fanları vardır. Her iki veriş fanının hava miktarları fanların bağlı olduğu kanallardaki statik basınçların ölçümü ile bağımsız olarak kontrol edilirler. Dönüş fanı kontrolü ise, iki veriş kanalı hava miktarları ölçülüp, bunların toplamı alınarak yapılır. Sıcak ve soğuk hava fanları, aynı anda ortaya çıkan maksimum hava miktarları hesaplanarak boyutlandırılırlar. Her bir kanaldaki anlık maksimumlar toplamına göre seçilmezler. Soğuk hava çıkışı genelde sabit sıcaklıkta tutulur. Bu sıcaklık, mekanik soğutma ile veya dış sıcaklığın bu değerden düşük olduğu zamanlarda, ekonomi devresi ile sağlanır. Bu işlem, sıcak hava çıkışını etkilemez. Sıcak hava çıkış sıcaklığı, dönüş havası kullanılarak ve gerektiğinde, ısıtıcı serpantin devreye sokularak temin edilir. Dış hava sıcaklığının dönüş havasından daha fazla olması halinde, sıcak kanalda vantilasyon dış havası kullanılabilir. Yalnız bu durumda, dış hava nem miktarı dönüş havasından daha fazla ise, dış hava minimum olarak kullanılmalıdır. Çevre zon kontrolü 5.2.3.2'de anlatıldığı gibidir.

Üstünlükleri:

Çift fanlı, iki kanallı VAV sistemi, tüm VAV sistemleri içinde maksimum enerji tasarrufu yapan bir sistemdir. Hacim içinde döşemede yer kaybına neden olmaz. İç hacim şartları çok iyi kontrol edilir.

Sakıncaları:

İki kanal sistemine gerek vardır. İlk tesisi en pahalı sistemdir. Asma tavan içinde daha fazla yere ihtiyaç duyar. Isı kaybının büyük olması halinde aşağıya doğru hava akımı ("down-draft") sorunu oluşturur.

Çift iletim düzenli sistemler:

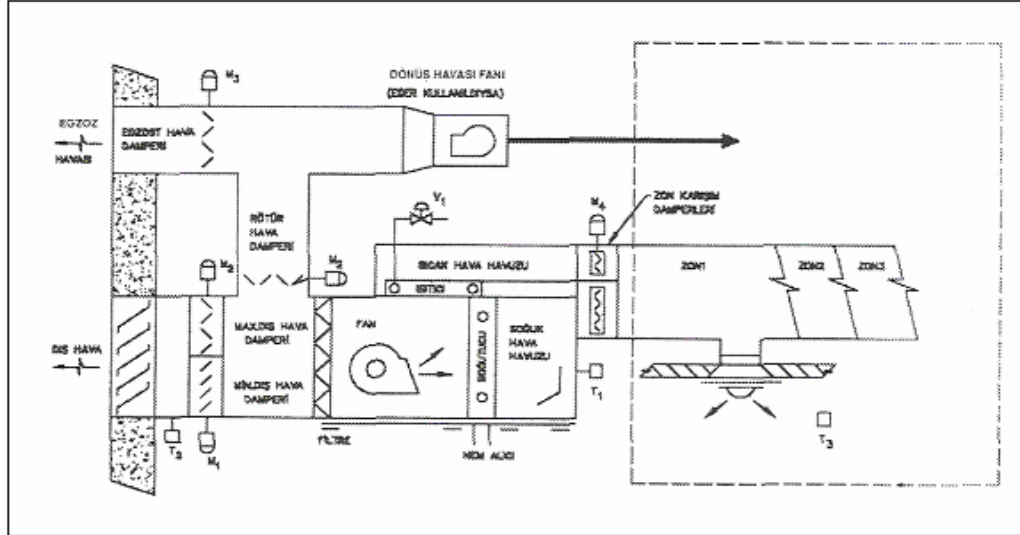
Bu sistemlerde iki ayrı hava veriş düzeni mevcuttur. Birincisi sabit havalı sistem olarak, çevre zonundaki transmisyon ısıtma ve soğutma yüklerini karşılar. Bunun için çevrede asma tavan içindeki plenum havası emilerek, merkezi bir sistemle ısıtılıp veya soğutulup tekrar çevreye basılır. Bu çevre zonu sistemi, yalnızca ısıtma ve soğutma mevsimlerinde maksimum yükleri karşılamak üzere çalıştırılıp, diğer zamanlarda durdurularak enerji tasarrufu sağlar. Bu sistemin ısı kaybı yükünü hesap ederken, iç zonun, minimum hava seviyesinde çalışırken ortaya koyacağı soğutma yükünü de karşılamasına dikkat edilmelidir.

Diğer ikinci ana sistem ise, bütün yıl boyunca, değişken debili (VAV) olarak çalışıp iç zonda ve çevre zonda güneş ışınımı, aydınlatma ve insanlardan gelen ısı kazancı yüklerini karşılar. Primer sistem, istenirse dış hava bağlantılı yapıлып, primer sirkülasyon havası gereğinde %100 dönüş, %100 dış hava veya karışım havası şeklinde projelendirilebilir. Genelde dış hava bağlantısı yapılmaz.

5.2.4. Çok zonlu sistemler (multizon)

Çok zonlu (multizon) sistemde, binanın muhtelif zordan, tek bir klima santrali tarafından iklimlendirilir. Sıcak ve soğuk hava, santraldeki alın damperleri tarafından istenilen oranda karıştırılarak, her bir zona ayrı ayrı kanallar ile gerekli sıcaklıklarda hava gönderilerek zon yükleri karşılanır. Dönüş kanalı, bütün zonlar için ortak tek bir kanal sistemidir. Çok zonlu sistem, iki kanallı sistemin üstünlüklerinin büyük bir kısmını, daha az bir maliyet ile temin eder. Dış havanın nemli olması halinde, çok zonlu cihaz sistemi, özellikle ara mevsimlerde, soğutma işlemi sırasında sorun çıkarabilir. Bunu önlemek için dış hava üzerinde ön soğutucu serpantin kullanmak veya sıcak hava havuzunda reheat (tekrar ısıtma) gerekebilir. Standart çok zonlu cihazlar genelde 12 zonlu olarak satışa sunulurlar. Özel siparişlerde zon adedi istenildiği gibi ayarlanabilir. Enerji açısından bakıldığında, çok zonlu sistemler, terminal tekrar ısıtma sistemine göre çok daha randımanlıdır. Fan enerji sarfiyatında ise, tekrar ısıtma sistemden bir değişikliği yoktur. Basit VAV sistemi ile karşılaştırıldığında ise enerji sarfiyatı daha fazladır.

Çok zonlu cihaz sisteminin diğer çeşitleri: Üç havuzlu diye anılan tipi ile Teksas Multizon sistemidir. Üç havuzlu çok zonlu cihazlarda soğuk hava havuz bölmesi, nötr bölme ve sıcak havuz bölmesi bulunur. Teksas sisteminde ise ılık havuz bölmesi içindeki ısıtıcı serpantin kaldırılıp, zon kanallarından gerekli olanların içine, hat ısıtıcı serpantinleri konulmuştur. Bu kanal ısıtıcılar, genelde, makine dairesi içinde yerleştirilirler. Nemli iklim bölgelerinde, soğuk hava havuzunda 9 -11 °C çıkış elde edilir. Bu soğuk hava, nötr hava havuzu ile birleştirilip zonlara gönderilir. Zon içinde gerekli sıcaklık temin edilememiş ise, o zaman kanal ısıtıcısı devreye girerek gerekli zon şartını sağlar. Bu şekildeki sistemlerde, tekrar ısıtma için sarf edilen enerjiden büyük miktarda tasarruf sağlanır. Zon cihazı sistemi uygulanırken, tek bir cihazda yük profili benzer olan zonların seçilip bir araya getirilmesinde büyük yarar vardır.



Şekil 5.4 Tipik çok zonlu cihaz sistemi

5.3. Havalı – Sulu Sistemler

5.3.1. Giriş

Havali-sulu sistemlerde, mahallerin iklimlendirilmesi, klima edilmesi buralardaki uç ünitelere (terminal ünitelere) hava ve su dağıtımı ile sağlanır. Hava ve su, makine dairesinde merkezi olarak soğutulur veya ısıtılır. Mahallere gönderilen hava primer hava, su ise sekonder su devresidir.

5.3.2. Havalı-sulu sistemlerin üstünlükleri ve sakıncaları

Üstünlükleri:

Suyun özgül ağırlığı ve özgül ısısı havaya göre çok daha büyük olduğu için, aynı ısı yükünü karşılayacak boru çapı ve alanı sulu sistemde, havalı sistem kanallarına oranla çok küçük olur. Bundan dolayı havalı - sulu sistemlerdeki kanal boyutları, tam havalı sistemlere göre çok küçük olup, yükün büyük kısmı su ile karşılandığı için, bina içinde kayda değer bir yer tasarrufu sağlanır. Hacimlerde pozitif havalandırma temin edilir ve her hacmin bağımsız olarak kontrol edilmesi sağlanır. Farklı hacimlerin, aynı anda, bir kısmı soğutulurken, diğer kısmı ısıtılabilir.

Primer havanın %100 dış hava olması durumunda, hacimler arası hava alışverişi olmadığından, karşılıklı hava kirliliği söz konusu değildir.

Sakıncaları:

Hava miktarı az olduğu için, kaliteli bir hava filtrasyonu gerektirir. Isıtma işleminden soğutma işlemine dönüş sorunlu olup, bilgi kapasitesi yüksek bir işleticiye gereksinim vardır. Otomatik kontrol, tam havalı sistemlere göre daha fazla eleman içerir. Nem oranı kontrolünün hassas olarak sağlanması mümkün değildir. Hacimlerdeki İndüksiyon ve Fan-Coil ünitelerinin sıkça bakım ve onarım gereksinimleri vardır.

5.3.3. Sistem için uygun uygulama alanları

Havalı-sulu sistemlerin en uygun uygulama alanı, yüksek duyulur ısı yüklü, hassas nem kontrolünün şart olmadığı binaların çevre zonlarıdır. Sistem, ofis binalarında, hastanelerde, evlerde, laboratuvarlarda kullanılabilir.

Genelde, hacimlerin ısıtma ve soğutma yüklerini karşılayacak biçimde ve binanın farklı zonları aynı anda ısıtıp soğutacak şekilde tasarım yapılır.

5.3.4. Havalı-sulu sistem kavramı

Havalı-sulu sistemlerde, merkezi bir klima cihazı, hava kanalı ve su dağıtım sistemleri ile oda terminal üniteleri bulunur. Bu üniteler, indüksiyon veya fan-oil üniteleridir. Genelde primer hava sistemi sabit havalı olup, mahalın temiz hava gereksinimini, gizli ısı ihtiyacını ve kısmi duyulur ısı yükünü karşılar. Su tarafı sistemi, iki, üç ve dört borulu olarak seçilip, ana duyulur ısı yükünü karşılamada kullanılır. Su tarafı sistemi, Bölüm 4'de ayrıntılı olarak incelenecektir.

Primer hava tarafında, dış hava miktarı ya %100 veya büyük oranda dış hava olduğu için kışın donmaya karşı, klima santralinde ön ısıtıcı koymak gerekir. Hava filtreleri de kaliteli bir filtreleme temin edecek tarzda seçilir. Tipik iki borulu sistemde, primer hava devresi, soğutulmuş su primer devresi ile beslenir ve oda üniteleri ise (ki bunlar ya fan-coil veya indüksiyon üniteleridir) sekonder soğutulmuş su devresiyle beslenirler. Yatay fan-coiller her zonda tavana asılırlar. Serpantinlerde, yazın soğutulmuş su, kışın ise ısıtılmış su dolaştırılır. Koridor asma tavanı yalıtılıp temiz hava plenumu haline getirilir. Buradaki temiz hava aynı zamanda nem alma işlemini de görmektedir. Odadaki terminal ünite, bu hava ile oda dönüş havasını karıştırıp, iklimlendirerek odaya üfler.

Diğer bir havalı-sulu sistem şeklinde ise, üniteler oda dış duvarına bitişik şekilde monte edilirler. Bu üniteler, kasa, fan, fan motoru, sulu serpantinler ve filtrelerle bir bütündürler. Ünitenin altında veya arkasında dış hava emiş bağlantısı vardır. Bu durumda oda nem kontrolü daha da sorunlu hale gelmektedir. Havalı sulu sistemlerde radyant paneller de kullanılırlar.

5.3.5. Primer hava sistemi

Primer hava santrali 5.2.2.1.'de anlatılan tek zonlu sistem şeklindedir. Şayet iç hava nem kontrolü isteniyorsa, sistemde nemlendirici kullanarak, kış nem sorunu çözümlenir. Her zona ait primer hava miktarının bulunması için:

- Mahallin temiz hava gereksinimi belirlenir.

- Maksimum duyulur ısı soğutma yükü belirlenir. (Oda maksimum duyulur ısı yükünden mahaldeki serpantin kapasitesi çıkartılarak bulunan yük) Buna göre hava miktarı bulunur.
- "Change - Över" (Soğutma durumundan, ısıtma durumuna geçiş işlemi yahut Yaz - Kış Dönüşümü) esnasında gerekli maksimum duyulur soğutma yükünü karşılayacak biçimde hava miktarı belirlenir.
- Genel olarak, mahallin nem oranını istenilen seviyede tutmak için, gerekli nem alma işlemi santralde yapılır. Dolayısıyla nem alma kapasitesi, primer hava miktarının tespitinde diğer bir etken olduğundan, oda toplam gizli ısını karşılayacak hava miktarı da hesaplanır.

Bu işlemler yapılarak belirlenen hava miktarlarından en büyük olanı, primer hava miktarı olarak seçilir. Seçilen primer hava miktarı, temiz hava miktarından veya egzoz miktarından daha büyükse, istenirse, bir miktar dönüş havası kabul edilebilir. Primer hava sıcaklığı 10°C veya altında ve bunun sağlanması için gerekli soğutulmuş su sıcaklığı ise, 5–6 °C civarındadır. Hesaplanacak primer hava soğutucu serpantini çok sıralı bir serpantin olacaktır. Sistemin dört borulu olması durumunda, primer hava klima santraline konulan tekrar ısıtıcı serpantine gerek yoktur.

5.3.6. Sekonder su devresi

Her bir mahallin sıcaklık kontrolü, serpantinin içinden geçen su miktarının veya serpantin üzerinden geçen hava miktarının değiştirilmesiyle olur. Kış mevsiminde soğutucu serpantin ısıtıcı serpantin haline dönüştürülebilir veya ek bir ısıtıcı serpantin temin edilebilir. Çoğunlukla, havalı-sulu sistemlerde, soğuk primer hava bütün bir yıl boyunca çalışır. Bundan dolayı ısıtıcı serpantin kapasitesi, primer hava sisteminin soğutma etkisini de karşılayacak biçimde hesaplanmalıdır.

5.3.6.1. Pompa eğrilerinin sistem performansına etkileri

Pompa ve borulama devresi performansını etkileyen en önemli değişkenler, basınç ve akış miktarı değişimleridir. Sabit devirli seçilen pompanın sistem eğrisi, maksimum akış değerinde hesap edilen basınç değerini vermelidir. Pompa basma yüksekliğini,

toleranslı davranarak büyük seçmemelidir. Aksi halde sistemin çalışma balansı, daha büyük akış miktarına ve gereksiz güç artışına sebep olacaktır.

Sistemde 3 yollu vanalar kullanılmış ise, ara yüklerde ve azaltılmış yüklerde akış miktarı hemen hemen sabit kalacaktır. 2 yollu vana seçimi ile yapılan otomatik kontrol şeklinde ise, serpantin yükünün azalması halinde, akış miktarı da azalacak, sonuçta pompa basma yüksekliği artarak yeni bir denge noktası ortaya çıkacaktır. Bu durumda harcanan güç azalmaktadır. En iyisi frekans kontrollü pompa kullanmaktır.

5.3.7. Havalı-sulu indüksiyon sistemi

Primer hava, ünite plenumuna yüksek basınç altında basılır. Akustik kaplamalı plenum, oluşan sesin bir miktarını absorbe eder. Dengeleme damperi, gelen primer hava miktarının ayarlanmasını sağlar. Yüksek basınçlı hava, indüksiyon memelerinden geçerken oda havasını da indükleyerek, karışım havası haline dönüşür ve oda içine verilir. İndüklenen oda havasına, sekonder hava denir. Sekonder hava, serpantin vasıtasıyla mevsimine göre ısıtılır veya soğutulur. Serpantin iki borulu veya dört borulu olabilir. Serpantin hava girişi üzerine, basınç kaybı düşük, kaba hava filtresi koyularak serpantin kirlenmesi önlenir. İndüksiyon cihazları genelde, çevredeki pencere altlarında ve döşeme üstüne yerleştirilirler. Kış mevsiminde, döşeme üstü montajlı üniteler, hava sirkülasyonu durdurulup, sıcak su sirkülasyonu sağlanarak konvektör gibi çalıştırılabilirler.

Üstünlükleri:

- 1- Tam havalı sistemlerin aksine, duyulur ısı yükünün büyük bir miktarının su ile karşılanmasından dolayı az yer kaplarlar.
- 2- Her odanın bağımsız sıcaklık kontrolü, termostat kumandası ile otomatik olarak sağlanır.
- 3- Primer hava ve sekonder su devrelerindeki sıcak veya soğuk ısı kaynakları, kullanıcının isteğine göre sıcak veya soğuk hava temin eder.
- 4- Merkezi klima havalandırma cihazı, tam havalı sisteme oranla çok daha küçüktür.

- 5- Nem alma, hava filtreleme, nemlendirme işlemleri, mahallerde değil, merkezi olarak yapılır.
- 6- Kışın hava sistemi durdurulup, üniteler sekonder sıcak su devresi ile konvektör gibi çalıştırılarak ısıtma sağlanabilir. Bina kullanım saatleri dışında primer hava devresi mutlaka durdurulmalıdır.
- 7- Minimum temiz hava gereksinimi rahatlıkla karşılanır.
- 8- Odalarda fan yoktur. Terminal üniteler daha az bakım ister ve daha uzun ömürlüdürler.

Sakıncaları:

- 1- İki borulu indüksiyon sistemlerinde, ara mevsimlerdeki change - over (yaz-kış dönüşümü), diğer alternatif sistemlere göre daha da sorunludur. Bundan dolayı, bugün modern binalarda iki borulu indüksiyon sistemi uygulaması olmamaktadır.
- 2- Genelde sistem çevre zonlarda daha uygundur. Binanın diğer hacimleri için başka tam havalı sistemler gerekir.
- 3- Otomatik kontrol, tam havalı sistemlere göre daha çok sayıda eleman içerir.
- 4- Sekonder hava devresi üzerinde filtre gereklidir.
- 5- Mahallerde primer hava devresini kapatmak mümkün değildir. Mahal kullanıcısının istememesi halinde veya kullanılmayan mahallerde, klima düzenlerini durdurmak mümkün olmamaktadır.
- 6- Nem kontrolünün sağlanabilmesi için, primer hava devresinde düşük derecede soğutulmuş suya ihtiyaç vardır.
- 7- Egzoz seviyesinin yüksek olduğu mahallerde uygulanamaz.
- 8- Terminal ünitelere drenaj borusu çekilmez ise serpantin üzerinde bazı durumlarda oluşabilecek yoğuşma nedeni ile ciddi hasarlar meydana gelebilir.
- 9- Terminal ünitelerdeki yüksek basınç kaybından dolayı, fan enerji sarfiyatı fazladır.
- 10- Dört borulu indüksiyon sisteminin ilk yatırım fiyatı, diğer tam havalı sistemlerle kıyaslandığında çok fazladır.

Sonuç: Bu sistem açıklanan olumsuzluklar nedeniyle, bugün nadiren uygulanmaktadır. Sistemin çalışma mekanizmasını ve mantığını bilmek, bugün kullanılan VAV indüksiyon sistemini daha iyi anlamaya yardımcı olacaktır.

5.3.8. İki borulu havalı-sulu sistemler

5.8.1. İki borulu sistemde s oğutma-ısıtma dönüşümü

Dış hava kullanan sistemlerde, dış havanın belli bir sıcaklık değeri altında, mekanik soğutma ihtiyacı kalmamakta, soğutma işlemi dış hava ile yapılabilmektedir. Tam havalı sistemlerde, 13°C dış hava sıcaklığı altında mekanik soğutma pek nadirdir. Havalı sulu sistemlerde ise hava miktarının çok daha az olması nedeniyle, 10°C dış sıcaklıklar altında bile mekanik soğutmaya ihtiyaç hâsıl olabilmektedir.

Yaz durumundan, ara mevsim işletme durumuna geçiş, primer hava sıcaklığını, dış sıcaklığa bağlı olarak yükseltmekle olur. Böylece soğutma yüklerinin küçük olduğu zonların, çok soğuması önlenmiş olur. Sekonder su devresi ise yaz ve ara mevsim boyunca soğuk olarak kalır.

Dış hava sıcaklığı daha da düşerse "change-over" (soğutma durumundan ısıtma duruma dönüşüm) sıcaklığına varılır. Bu sıcaklık değerinde, soğutulmuş su devresi, ısıtma su devresi haline dönüşmektedir. "Change-over" derecesi deneysel olarak "Carrier design Manual" de verilen bağıntı ile belirlenebilir.

5.3.8.2. İki borulu sistemde dönüşümsüz işletme şekli

Ilıman iklimlerde dönüşümsüz işletme şekli de düşünülebilir.

5.3.8.3. İki borulu sistemlerde zonlama

Farklı yönlere bakan mahalleri farklı zonlarda toplamak, mahallerin sıcaklık kontrollerinin daha rahat yapılmasını sağlar. Zonlama, sekonder su devresi üzerinden, primer hava devresi üzerinden veya her ikisi üzerinden yapılabilir.

Zonlama, değişik "dönüşüm" sıcaklıkları seçimini mümkün kılar. Kuzey cephe mahallerinin ayrı zonda toplanması, bu zonun sekonder su devresinde, kış şartlarında, sıcak su sirkülasyonu ile 15°C dış hava sıcaklığına kadar çalışmayı mümkün kılar.

Diğer cepheler ise, 15°C dış hava şartında, geçiş dönemi işletme durumunda, yani soğuk sekonder su devresi ile çalışır.

5.3.8.4. Sonuç

İki borulu havalı sistemler, ilk yatırımda 3 ve 4 borulu sistemlere göre daha ucuz fakat mahal yük değişimlerine onlar kadar hassas olmayan, "yaz kış dönüşümü" çok uğraştırıcı ve dönüşüm esnasında işletme gideri fazla olan bir sistemdir.

5.3.9. Üç borulu havalı-sulu sistemler

Bu sistemde soğutulmuş su gidiş borusu, sıcak su gidiş borusu ve ortak bir adet dönüş borusu mevcuttur. Enerji kaybının çok fazla olması nedeniyle bugün uygulanması çok nadirdir.

5.3.10. Dört borulu havalı-sulu sistemler

Dört borulu sistemde, terminal ünite de biri soğutucu, diğeri ısıtıcı iki adet bağımsız serpantin mevcuttur. Soğutucu serpantin, soğutma devresi tarafından beslenmekte, ısıtıcı serpantin ise bağımsız ısıtma devresince beslenmektedir. Primer hava yıl boyunca, soğuk hava liflemektedir. Pik soğutma ve ısıtma yükleri, iki borulu sisteme benzer tarzda karşılanmaktadır. Ara mevsimlerde ise, her bir ünite, maksimum soğutmadan, maksimum ısıtmaya kadar, diğer ünitelerden bağımsız olarak çalışabilmektedir. Primer hava devresinde ve sekonder su devrelerinde, zonlama gereksizdir.

Bu sistemde, hastane gibi kritik uygulamalarda, sekonder su ısıtma devresi pompalarının yedeklemeleri mutlaka yapılmalıdır. Aksi halde pompa arızası durumunda, bu sistemin ısıtıcı kaynağı kalmamaktadır.

Dört borulu sistem, iki boruluya göre daha esnektir. Buna karşın, ilk yatırım fiyatı çok daha fazladır. Randımanı daha yüksek, işletme masrafı daha az ve işletmesi basittir. Yaz kış dönüşümüne de gerek yoktur.

5.4. Sulu Sistemler

5.4.1. Giriş

Sulu sistemlerde, tüm duyulur ısı ve gizli ısı yüklerinin tamamı, su devresi tarafından karşılanır. Havalı sulu sistemlerden farkı, gizli ısı yüklerinin de soğuk su devresince karşılanmasıdır. Terminal ünite olarak genelde Fan-Coiller kullanılır. Bu sistemlerde de havalandırma temin edilmelidir.

Üniteler oda dış duvarına bitişik şekilde monte edilirler. Bu üniteler, kasa, fan, fan motoru, sulu serpantinler ve filtreler ile bir bütündür. Ünitenin altında veya arkasında dış hava bağlantısı olabilir. Dış havanın, merkezi olarak, kışın oda sıcaklığına kadar ısıtılıp, yazın ise sadece filtrelenip mahallere üflenmesi de bir seçenektir. Merkezi havalandırma kullanılması durumunda, kışın gerekiyorsa nemlendirme yapılmasında yarar vardır. Ünitelerin, yatay olarak tavana montajı veya başka bir şekilde yerleştirilmeleri de mümkündür.

Isı kazancı hesabı ve ünite seçimi: Güneş, bina transmisyon ve iç ısı kazançları bilinen şekilde hesap edilir. Sızma (enfiltrasyon) ve dış hava yükleri de ilave edilerek maksimum duyulur ve maksimum toplam ısı kazançları bulunur. Kış ısı kayıpları da dikkate alınarak, her bir zon için gerekli bir veya birden çok fan-coil ünite seçilir. Nem alma işlemi fan-coilde yapıldığı için, soğutulmuş su gidiş sıcaklığını düşük seçmek gerekir. Yaz soğutulmuş su gidiş sıcaklığı 7–10 °C değerleri arasında seçilir. Gidiş dönüş sıcaklık farkı genelde 5 °K almır.

Sulu sistemlerin üstünlükleri:

- Az yer işgal ederler.
- Merkezi fan odası için çok az bir yere ihtiyaç olabilir. Kanallar için asma tavan derinliği sorunu minimum veya hiç yoktur.
- Bir hacimden diğerine hava geçişi olmadığı için, kirli bir alanın diğer mahalleri kirletmesi olanağı yoktur ve her bir mahallin sıcaklık kontrolü vardır.

- Isıtma için düşük sıcaklıkta su kullanımından dolayı, bu sistemlerde güneş enerjisi kullanımı ve ısı geri kazanım uygulamaları kolaylıkla yapılabilir.

Sakıncaları:

- Bakım gideri fazladır ve bakım işlemi kullanım alanında yapılmak zorundadır.
- Ünitelerde terleme tavaları ve terleme drenaj hattı mutlaka gerekir.
- Hava vantilasyonu kolaylıkla kontrol altında tutulamaz.
- Yazın nem kontrolü yapmak çok zordur.

5.4.2. İki borulu sistemler

5.4.2.1. Basit iki borulu sistem

İki borulu sistem, su soğutucu, sıcak su üretici ve ısıtıcı eşanjörler, terminal üniteler (fan-coiller) pompalar, boru dağıtım sistemi, sistem ve fan-coil otomatik kontrollerinden oluşur. Her bir fan-coil, gidiş ve dönüş borularına irtibat sağlanmıştır. Soğutma için, terminal ünitelerden (fan-coillerden) sirküle edilen soğutulmuş su mahal duyulur ısı ve gizli ısı yüklerini karşılar; sıcak su sirkülasyonu ise mahalın ısıtılmasını sağlar. Oda sıcaklıkları, terminal ünitelerde otomatik veya manuel olarak su akış miktarı veya hava akış miktarı ayarlanarak, istenilen düzeyde tutulur. Bazı mahallerde ısıtma istenirken, bazılarında soğutma ihtiyacı doğabilir. İki borulu sistemde tek bir zon ile böyle bir ihtiyaç karşılanamaz. Onun için, ısı yük profilleri benzer olan mahaller bir araya getirilerek farklı zonlamalar yapılır ve sorun kısmen çözülür.

Zonlardaki yaz-kış dönüşüm (change-over) sıcaklık derecesi, zondaki güneş ısı kazancına ve bina ataletine bağlı olarak farklı olur.

Boru sisteminin tasarımı bilinen şekilde yapılır. Ters dönüşlü toplama yapılması halinde, balans sorunu minimuma indirilmiş olur. Birden fazla yöne cephesi olan binalarda, boruların çaplanmasında, eşzamanlılık çarpanı dikkate alınmalıdır.

Eşzamanlılık faktörü yatay ana dağıtım borularında, kollektörlerde, pompa kapasitesi seçiminde dikkate alınır. Düşey kolonlarda ve branşmanlarda uygulanmamalıdır. Sekonder devre pompa devamlı çalıştığı için, iki yollu kontrol sistemi uygulanan tasarımlarda, pompa enerjisinden tasarruf etmek amacı ile toplam kapasite birden fazla pompayla karşılanmalı ve pompa eğrilerinin mümkün olduğunca düz olmasına dikkat edilmelidir. Tasarruf sağlamanın bir diğer yolu ise frekans kontrollü pompa kullanmaktır.

5.4.2.2. Yardımcı elektrik ısıtıcılı iki borulu sistemler

Bu sistemde küçük kapasiteli bir elektrikli hava ısıtıcısı, fan-coil içine ilave edilmiştir. Ara mevsimlerde dış sıcaklığın azalması halinde, elektrikli ısıtıcı devreye girerek, ısıtma isteyen mahallerin ısı gereksinimini karşılar. Dış sıcaklığın çok düşmesi ve bütün mahallerde soğutma ihtiyacı ortaya çıkmasından sonra, sistem kış dönüşümü yapar ve tüm mahallerdeki ısıtma yükü, sirküle eden sıcak su ile karşılanacaktır. Bu durumda elektrikli ısıtıcılar da devre dışı bırakılır.

5.4.2.3. Elektrikli ısıtıcılı iki borulu sistemler

Bu sistemde ısı ihtiyacının tümü ara mevsimde ve kışın, fan coillerde bulunan elektrikli ısıtıcılarla sağlanmaktadır.

Enerji tasarrufu bakımından, ısı yükünün elektrikli ısıtıcılarla karşılanması tavsiye edilmez. Bu sistemler, yalnızca, ısı yükünün çok küçük olması durumunda uygulanabilir.

5.4.3 Dört borulu sistemler

Dört borulu sistemler, birisi sıcak su, diğeri soğutulmuş su ileten iki ayrı su dağıtım düzenine sahiptirler. Terminal ünitelerde ayrı ısıtıcı ve soğutucu serpantinler, bunlarda su akış miktarını ayarlayan kontrol vanaları veya baypas kontrol mekanizması ile serpantinleri, gidiş dönüş borularıyla, sıcak ve soğuk su devrelerine bağlayan dört ayrı boru mevcuttur.

Vanalara, odadaki bir termostat ile sıralı kontrol yapılır. Kontrol esnasında, ısıtma işleminden soğutma işlemine devamlı sık geçişleri önlemek için, termostat ayar değeri civarında ölü bir band olup, bu sıcaklıkta her iki vanada kapalıdır.

Dört borulu sistemde, bütün bir yıl boyunca her bir mahal için ısıtma veya soğutma sıcaklık seçimi imkânı, zonlama yapılmasına gerek olmayışı, sistemde yaz kış dönüşümünün ortadan kalkması büyük üstünlüklerdir. İki borulu sisteme nazaran çok flexible ve yük değişimlerine ani cevap veren bir sistemdir. Verimliliği fazla, işletmesi basit ve masrafları azdır. Genelde, en düşük ve en sessiz fan hızı seçilebilir ve kışın soğutulmuş su, yazın sıcak su sirkülasyon devreleri durdurulur. Ara mevsimde her iki devre de çalışmalıdır.

Bütün bunlara karşı dört borulu sistemin yatırım maliyeti yüksektir.

5.5. Doğrudan Genleşmeli (DX) İklimlendirme Sistemleri

5.5.1. Giriş

Kanallı tip doğrudan genleşmeli (DX) klima cihazlarının kullanıldığı klima sistemleri artık ülkemizde de çok yaygın bir şekilde uygulanmaya başlanmıştır. Gerek konutlar için gerekse ticari veya endüstriyel birçok projede kanallı tip DX cihazlar, uygulama ve işletme kolaylığı gibi nedenlerle sulu sistemlere göre tercih edilmeye başlanmıştır.

Özellikle cihazların, ısı pompası tipinde çok büyük maliyet farkı gelmeden imal edilebilmesi nedeniyle büyük üstünlük oluşturmaktadır. Bu durumda, dört yollu vana (reversing valve) aracılığıyla yoğuşturucu ve buharlaştırıcı yer değiştirerek, ısıtma ve soğutma seçimi kolaylıkla yapılabilmektedir.

Kanallı tip DX sistemler karşımıza kanallı tip split, çatı tipi paket klima, su kaynaklı paket klima gibi değişik cihaz türlerinde çıksa bile bu türlerin tümü, kompresör, yoğuşturucu, genleşme vanası ve buharlaştırıcıdan oluşan ve temel soğutma çevrimine göre çalışan cihazlar oldukları için temel seçim kriterleri de cihaz türünden bağımsız olmaktadır.

5.5.2. Toprak -su kaynaklı ısı pompalı DX - iklimlendirme sistemleri

5.5.2.1 Toprak -su kaynaklı ısıtma/soğutma sisteminin çalışma ilkesi

Toprak-su kaynaklı ısı pompaları (TSKIP), toprağın veya yeraltı suyunun yaz ve kış aylarında hemen hemen sabit denebilecek sıcaklıktaki (7 ila 22 °C arasında değişebilen) enerjisinden faydalanmak için kışın ısıtma, yazın ise soğutma amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Yazın mahalden alınan ısı, bir ısı pompası yardımıyla toprağa veya yeraltı suyuna aktarılırken, kışın da mahalli ısıtmak için gerekli ısı, yine aynı cihaz aracılığıyla, topraktan veya yeraltı suyundan çekile-bilmektedir.

Şekil 5.5'de, tipik bir jeotermal kaynaklı ısı pompası (TSKIP) sisteminin nasıl çalıştığı gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, bu sistemin, daha tanıdık olduğumuz hava kaynaklı ısı pompası (HKIP) sisteminden tek farkı, (3) nolu ısı değiştiricisinin soğutkandan havaya değil, soğutkandan suya türünde bir ısı değiştiricisi olmasıdır.

Böylece, TSKIP'larında soğutkanın yoğunlaştırılması (yazın) veya buharlaştırılması (kışın) hava yerine su ile yapılmaktadır. Çevrimin diğer aşamalarında TSKIP ile HKIP arasında hiç bir fark olmamaktadır.

5.5.2.2. Toprak -su kaynaklı ısı pompası (TSKIP) sisteminin üstünlükleri

TSKIP sisteminin diğer ısıtma/soğutma sistemlerine göre üstünlükleri aşağıda belirtilmiştir.

Temizlik: Çevre kirliliği oluşturmaz. Fosil yakıtlı ısıtma sistemleri ile kıyaslandığında, TSKIP sistemlerinin çevre kirliliği oluşturan karbon monoksit, karbondioksit ve NOx emisyonu olmadığı için çevre temizliğine olumlu etkisi vardır.

Elbette, HKIP sistemleri de TSKIP gibi çevre kirliliği oluşturmazlar.

sıcaklığının +5 °C'ın altına düştüğü coğrafi bölgelerde, HKIP sınıfı dış ısı değiştirici yüzeyi buzla kaplanmakta ve oluşan buz çözmeye yarayan defrost mekanizmasının etkinleştiği sürelerde mahalle soğuk hava üflenmektedir. Bu da mahal sıcaklığının dalgalanmasına neden olduğu için ortamın konfor şartları zaman zaman bozulabilmektedir. Oysa TSKIP'ları kışın ortamı ısıtmak için sağladıkları ısıtma enerjisini toprağın veya yeraltı suyunun hemen hemen sabit olan kararlı sıcaklığından aldıkları için bu sistemlerde HKIP'larında olduğu gibi soğuk üfleme (cold blow effect) ile buz çözme (defrost cycle) olayları yaşanmamaktadır. Dolayısıyla HKIP larına göre daha konforlu bir ısıtma sağlamaktadırlar.

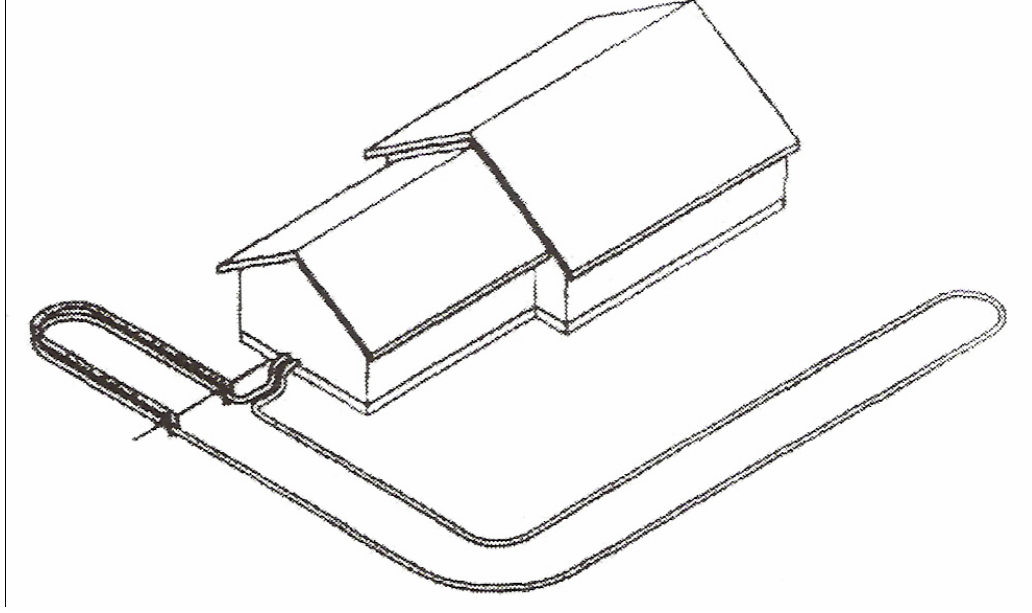
Uygulama esnekliği-çok çeşitli tipe ve modelde cihaz üretimi: TSKIP sistemleri üreticiler tarafından birçok değişik tip ve model olarak üretilmektedirler. Bu seçenekler sayesinde, TSKIP'larından birçok projede yararlanma şansı bulunabilmektedir.

TSKIP'ların projelerde kullanım şansını artıran bir diğer özelliği de ısıtma konumundan soğutma konumuna geçme işlemi, her an otomatik veya el kontrolü ile yapılabildiği için dört borulu fan coil sistemlerinin sunduğu konfor üstünlüğüne benzer bir uygulama yapmanın mümkün olmasıdır.

Ayrıca kapasite bakımından da TSKIP'ları geniş bir aralıkta üretilebilmektedirler. (7.000 Btu/h ila 400.000 Btu/h)

5.5.3. DX-iklimlendirme cihazlarında ısıtma seçenekleri

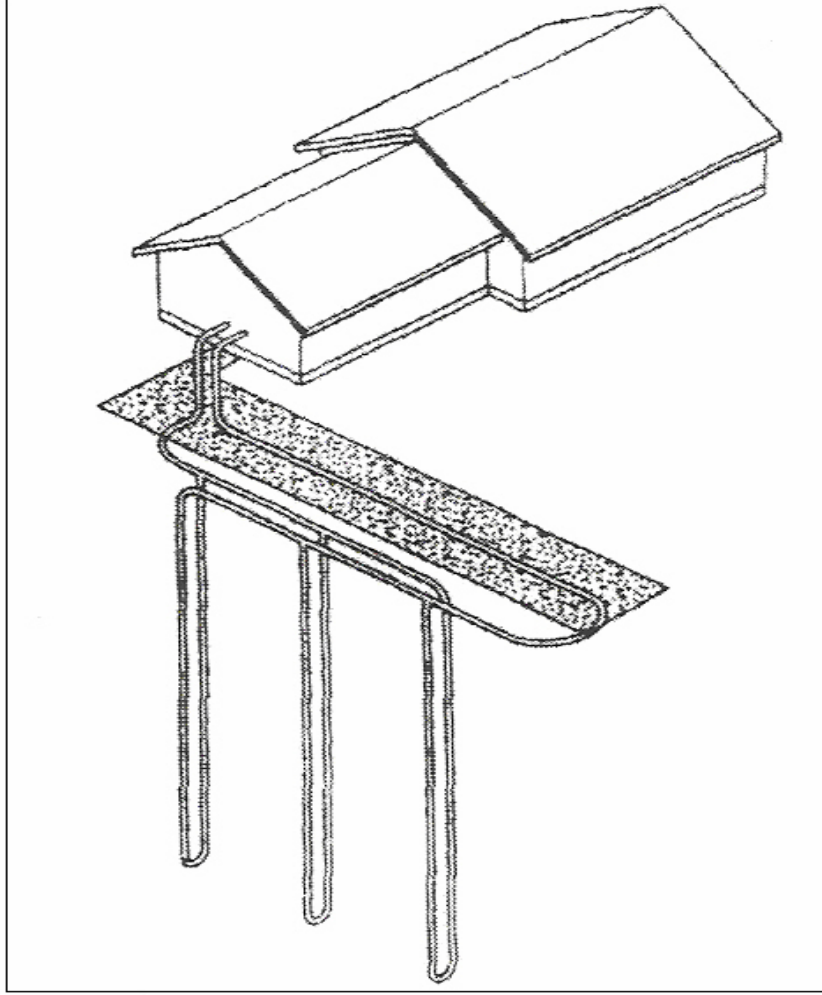
İklimlendirme cihazlarında soğutma çevrimi, genellikle DX (doğrudan genleşmeli) sistem olarak anılan, soğutucu akışkanın, bir kompresör ile sıkıştırılır. Daha sonra, yoğunlaştırıcıda (kondenser) yüksek basınçlı sıvı haline getirilip, çok ince bir delikten püskürtülerek basıncının düşürüldüğü, böylece elde edilen düşük basınçlı sıvı-gaz karışımının, buharlaştırıcıda (evaporatör) buharlaşırken ortamdan enerji aldığı kapalı bir çevrimdir. Bu kapalı çevrim, tüm soğutma makinelerinde aynı ilkeyle çalışmaktadır.



Şekil 5.6 Toprak kaynaklı sistemde yatay ısı değiştirici

Her ne kadar, iklimlendirme denildiğinde ilk olarak akla soğutma özeliği gelse de, aslında iklimlendirme, ortamın, sıcaklık, nem, hava kalitesi gibi özelliklerini belirli değerlere getirmek için şartlandırılmasıdır. Dolayısıyla, iklimlendirmeyi yalnızca soğutma olarak düşünmek, eksik bir tanımlamadır. Özellikle ısıtma, iklimlendirmenin vazgeçilmez bir parçasıdır. İklimlendirme cihazlarında, soğutma çevrimi aynı ilkeyle çalışmasına karşın, ısıtma fonksiyonu için çok değişik seçenekler vardır. Aşağıda, iklimlendirme cihazlarının ısıtma fonksiyonunu sağlayan temel sistemler hakkında bilgiler verilmiştir. Isıtma sisteminin seçimi, tasarımcı tarafından, iklim koşulları, konfor şartları, ilk yatırım maliyeti, işletme maliyeti, kullanılacak yakıt cinsi gibi etkenler göz önüne alınarak yapılır ve buna uygun iklimlendirme sistemi projelendirilir. Uygulamada, genellikle aşağıdaki ısıtma sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

- Isı Pompalı Sistem (Hava veya Toprak-Su Kaynaklı)
- Elektrikli Isıtma
- L.P.G. veya Doğalgaz Yakıclı İklimlendirme Cihazları
- Sıcak Su veya Buharla Isıtma
- Isı geri kazanım ünitesi



Şekil 5.7 Toprak su kaynaklı sistemde dikey ısı değiştirici

5.5.3.1. Isı pompalı sistemler (hava veya toprak -su kaynaklı)

1970'li yıllarda petrol krizi sırasında ısıtma sistemleri için seçenek olarak yaygın kullanımına geçilmiş, temel olarak soğutma çevrimi ile aynı ilkeye uygun çalışan bir sistemdir. Tek farkı, yazın dış hava ile yoğuşturulan yüksek basınçlı soğutucu gazın, bir valf yardımıyla kışın iç hava ile yoğuşturulması, böylelikle gazın yoğuşturulması sırasında ortaya çıkan ısı ile mekânın ısıtılması ilkesine dayanmasıdır. Daha yalın bir anlatımla, yazın iç ortam soğutulurken, i ortamdaki alınan ısı dış ortama aktarılmakta, kışın bunun aksine dış ortam soğutulurken, dışardan alınan ısı i ortama transfer edilerek i ortamın ısıtılması sağlanmaktadır. Bu sistemde, dış ortam genellikle dış hava (atmosfer) olabilirken, toprak veya bir su kaynağı da (kuyu, gl, nehir v.s.)

uygun bir enerji kaynağı olmaktadır. Toprak veya su tahmin edilenin aksine, dış havadan çok daha dengeli bilisi kaynağı olmakta ve daha konforlu ve ekonomik bir işletme sağlamaktadır. Çünkü dış ortam (atmosfer) dalgalı bir sıcaklık davranışı sergilerken, yerin altı, yeraltı suyu veya yerüstü suyu, atmosfere göre daha kararlı bir yapıya sahiptir. Isı pompalı sistemin kurulacağı coğrafi bölgeye göre bu durum incelenerek, ısı kaynağı olarak hangisinin daha efektif olduğu planlama aşmasında değerlendirilmelidir.

Genel olarak, hava kaynaklı ısıtma sistemleri, kışın dış hava sıcaklığının $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin altına düştüğü coğrafi bölgelerde maalesef iyi performans sergileyememektedir. Bunun iki nedeni vardır. Birincisi, hava kaynaklı ısı pompalı sistemler, ısı kaynağı olarak dış ortamı kullandıkları için dış havaya bağımlı bir performans izlemektedirler. Demek oluyor ki, dış ortam sıcaklığı düştükçe, ısı pompasının sağlayabildiği ısıtma enerjisi, gereksinimle ters orantılı olarak azalmaktadır. Yani, ısınma gereksiniminin en fazla olduğu soğuk günde, cihazın sağlayabildiği ısıtma enerjisi en az seviyededir. Doğal olarak, bu istenmeyen durum, ılıman ve soğuk iklim bölgelerinde hava kaynaklı ısı pompalarının rekabet imkânını azaltmaktadır. Bu bölgelerde ısı pompalı bir sistem uygulanacaksa, bunun toprak veya su kaynaklı bir ısı pompası olması daha etkin bir seçimdir.

Hava kaynaklı ısı pompasının, $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin altında uygulanması halinde, ortaya çıkan bir başka olumsuzluk da, defrost sırasında yaşanan soğuk üfleme problemidir. Defrost, dış ortamdan ısı alınırken, buharlaştırıcı kanatlarında oluşan buzlanmayı çözmek için, ısı pompasının yaz konumunda olduğu gibi bir süre, içeriye soğuk hava üflemesidir. Bu da, iç ortamı konforunu bozucu bir etken olarak rol oynamaktadır. Toprak ve su kaynaklı ısı pompalarında defrost sorunu yaşanmadığı için (çünkü genellikle birçok coğrafi bölgede yeraltı toprak ve su sıcaklıkları $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ in altına pek düşmemektedir), hava kaynaklılara üstünlük sağlarlar. Her ne kadar, defrost sırasında destek ısıtıcılarla (genellikle elektrik dirençli ısıtıcı) bu problem aşmaya çalışılsa bile yine de kesin bir çözüm olamamaktadır. Bunun yanında, ısıtma sezonunda dış ortam sıcaklığının genellikle $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerinde olduğu bir coğrafi bölgede, hava kaynaklı ısı pompaları, ısıtma için en uygun seçenek olabilmektedirler. Çünkü yüksek dış hava sıcaklığında, ısı pompasının verdiği ısıtma enerjisi artmaktadır,

dolayısıyla az enerji sarf ederek daha fazla ısıtma enerjisi elde edilmektedir. Cihazın sağladığı ısıtma enerjisinin, harcanan toplam elektrik enerjisine oranı olan C.O.P. (Isıtma Tesir Katsayısı) bu durumda yaklaşık 3 civarında olmaktadır. Demek oluyor ki, bir kW elektrik enerjisi harcayarak 3 kW veya daha fazla ısıtma enerjisi üretebilmek mümkün olmaktadır.

Elbette, bu oranlar kullanılacak olan ısı pompasının üretim özellikleri ile ilgilidir. Isı pompasının ısıtma verimi için, bir ısıtma mevsimi boyunca sağladığı ısıtma etkenliği önem kazanmaktadır. HPSF (Heating Performance Seasonal Factor, mevsimlik ısıtma etkenlik katsayısı) laboratuvarlar tarafından ölçülerek, üretilen ısı pompası için belirlenmektedir.

Isıtma mevsiminde, dış hava sıcaklığı +5 °C'nin üstündeki iklim bölgeleri için, hava kaynaklı ısı pompası kullanılması durumunda bir iyi haber de, defrost olayının çok az veya hiç yaşanmamasıdır. Bu durumda, ısıtma sürekliliği bozulmayacak, iç ortam konforu olumsuz etkilenmeyecektir.

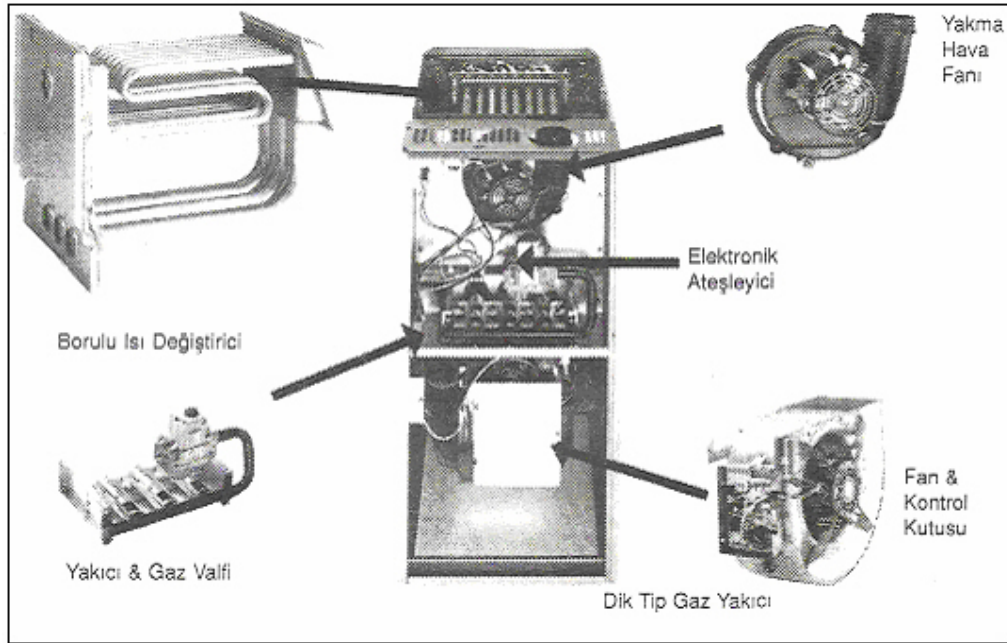
Görülüyor ki, ısıtma sistemi seçiminde, ısı pompası seçeneği değerlendirilirken, coğrafi bölgedeki ısı kaynağı bilgileri iyi incelenmelidir. Özellikle, ısıtma sezonunda dış hava sıcaklığı +5 °C'nin altında bir iklim kuşağında, hava kaynaklı bir ısı pompası seçeneği düşünülmekte ise, yukarıda açıklanan konular üzerinde duyarlılıkla durulmalı ve hatta ikinci bir ısıtma kaynağı ile (elektrikli ısıtıcı v.b) kesinlikle yedeklenmelidir.

5.5.3.2. Elektrikli ısıtma

Genellikle, ısıtma ihtiyacının fazla olmadığı coğrafi bölgelerde, elektrikle ısıtma yöntemi tercih edilmektedir. Klima cihazının fan çıkışına monte edilen elektrik direnci ile elde edilen ısı enerjisi, üfleme havası sıcaklığını artırarak, üfleme yapılan mekânın ısıtılması sağlanmış olur. Çok basit bir sistem olduğu için, ısıtma sezonunun çok kısa yaşandığı bazı bölgelerde tercih edilmektedir. Ancak, elektrikle ısıtma, ısıtma yöntemleri arasında en pahalı işletme maliyetine sahiptir. Elektrikle ısıtma, birçok uygulamada yardımcı ısıtma (Auxiliary Heat) veya acil ısıtma (Emergency

Heat) olarak esas ısıtma sistemine destek niteliğinde tasarlanır. Özellikle ısı pompalı sistemlerde, defrost sırasındaki soğuk üfleme için bir derece önlemek için veya ısı pompasının ürettiği ısı enerjisinin mekânın ısı kaybının altında kaldığı durumlarda, elektrikli ısıtıcı devreye sokularak olumsuzluk giderilmeye çalışılır.

Temiz, kolay uygulanabilir, kullanım ve bakım kolaylığı olan bir yöntem olmasına karşın, elektrikle ısıtma, işletme maliyetinin yüksek olması nedeniyle, soğuk iklim bölgelerinde nadiren uygulanmaktadır.



Şekil 5.8 Bir gaz yakıcı örneği

5.5.3.3. Gaz (L.P.G. veya doğal gaz) yakıcılı iklimlendirme cihazları

Gaz Yakıcılı Cihazlar (Gas Furnace) özellikle Kuzey Amerika'da alternatif bir ısınma yöntemi olarak kullanılmaktadır (Bkz. Şekil 5.8). Bu cihazlarda L.P.G. veya doğalgaz, atmosferik bir brülörde yakılmakta ve ortaya çıkan duman gazlarının enerjisi, bir ısı değiştirici ile klima havasına aktarılarak, mekânın hava ile ısıtılması gerçekleştirilmektedir. Duman gazından havaya ısı geçişini sağlayan ısı değiştiriciler, genellikle, özel bir alüminyum alaşımından veya paslanmaz çelik saçtan imal edilirler. Elbette, bu ısı değiştiricilerde bir delinme durumunda, duman gazının klima

havasına karışma riski her zaman vardır. Bu nedenle, özellikle konutlarda kullanılırken, çok duyarlılık gösterilmelidir.

Gaz yakıcıların kullanılması durumunda dikkat edilmesi gereken önemli bir konu da, cihazın monte edileceği mekânın çok iyi havalandırılmasıdır. Herhangi bir gaz kaçağı durumunda, patlama riskini azaltmak için, cihazın monte edileceği bölüm gerek gaz idarelerinin teknik şartnamelerine gerekse cihazın montaj kılavuzunda belirtilen konulara bire bir uygun olmalıdır.

Bu cihazlar genellikle yakma havası olarak ortam havasını kullandıkları için, iyi bir havalandırma yapılmadığı takdirde, iç ortamdaki oksijen zamanla azalarak, insanların soluması için gerekli oksijen de tükenecektir. Dolayısıyla, havalandırmanın kusursuz olması, hem herhangi bir gaz kaçağı durumunda patlama riskini azaltmak, hem de ortamdaki oksijenin bitmesini engellemek için gerek şarttır.

Yanmış gazlar, bir fan ile bacadan dışarı atılırlar. Baca tasarımı da, gaz yakıcılar için önemli bir husustur. Yanmış gazların en kısa ve kolay şekilde yakıcıdan atılması gerekmektedir. Bu nedenle, baca tasarımı ve montajı yapılırken de, cihazın montaj kılavuzunda belirtilen hususlara kesinlikle uymak gereklidir. Baca kesiti ve uzunluğu için verilmiş tablolara kesinlikle uyulmalıdır. Uzun atık gaz hatlarından ve direnç oluşturabilecek dirsek vb. elemanlardan mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.

Gaz yakıcı içerisindeki ortam havasını sirküle ettiren radyal fanın çıkışına soğutma bataryası ekleyerek, yazın da, aynı kanal sisteminden soğutmayı sağlamak mümkün olmaktadır

Soğutma işlemi ise, bilinen doğrudan genleşmeli yöntemle yapılmaktadır. Kompresör, yoğuşturucu ve yoğuşturucu fanından oluşan hava soğutmalı bir dış ünite (Condensing Unit) soğutucu akışkan yüksek basınçlı sıvı haline getirilerek, bakır borularla, gaz yakıcı çıkışında bulunan soğutucu bataryaya taşınır. Geleneksel doğrudan genleşme yöntemi ile yüksek basınçlı sıvı, bir kısılma vanası (orifis, termostatik genleşme veya kılcal boru) ile alçak basınçlı gaz fazına geçip, klima havasından ısı alarak buharlaşır ve havanın soğutulması böylece sağlanmış olur.

Soğutma seçeneği gaz yakıcıya daha sonra da eklenebildiği için, ilk yatırım sırasında belirli bir üstünlük sağlanmış olmaktadır.

Gaz yakıcılar, paket klima cihazları içerisinde de ısıtıcı olarak kullanılmaktadırlar. Genellikle, "roof-top" adı verilen, hava soğutmalı paket klima cihazları içerisindeki bir hücre içerisine yerleştirilen gaz yakıcı, yukarıda anlatıldığı şekilde, klima havasını ısıtmaktadır. Bu tür cihazlar dış ortama monte edildikleri için (genellikle çatı, bahçe vs.), gaz yakıcıların taşıdığı güvenlik sakıncasını belirli bir ölçüde azaltmaktadır. Şöyle ki; paket klima cihazı, zaten, tamamen dış ortamda olduğu için yakma havasını dış ortamdan almakta ve içerideki oksijeni kullanmamaktadır. Yine cihaz, tamamen bina dışında olduğu için, gaz kaçağının birikerek patlamaya yol açma riski de azalmaktadır.

Ayrıca, paket klima cihazlarında kullanılan gaz yakıcıların, baca sorunu da olmamaktadır. Atık gaz, klima cihazı üzerindeki bir panjurdan dış ortama bırakılmaktadır.

5.5.3.4. Sıcak su (veya buhar) ile ısıtma

Isıtma sistemleri arasında, daha güvenilir, konforlu ve ekonomik bir yöntem olan en yaygın türdür. İlke olarak, sıcak su kaynaklı havalı ısıtma sistemi ile ısıtma uygulamalarında, iklimlendirme cihazının sadece iç hava sirkülasyon fanından yararlanılmaktadır. İklimlendirme cihazı dışındaki bir sıcak su üreticisinde (sıcak su kazanı, kombi, v.s.) üretilen sıcak su, borularla iklimlendirme cihazı içerisindeki genellikle bakır boru alüminyum kanatlı bataryaya taşınmaktadır. Sıcak su, batarya boru demetinden geçirilirken, sahip olduğu ısı enerjisi, üzerinden akmakta olan klima havasına aktarılmak suretiyle havanın ısınması sağlanır. Böylece, iklimlendirme cihazının iç hava sirkülasyon fanı ile sıcak hava, mahallere hava kanallarından üflenerek, iç ortamın ısınması sağlanmış olur. Bataryalar genellikle, dönüş havası ile üfleme havası arasında 20–30 °C sıcaklık farkı oluşturacak şekilde tasarlanır.

İklimlendirme cihazının soğutma devresine ait kompresör, yoğuşturucu, yoğuşturucu fanı, buharlaştırıcı, genleşme vanası gibi elemanlara, kışın ısıtma süresince görev

düşmemektedir. Bütün ısıtma sezonu boyunca, sıcak su üreticisinde (genellikle kazan veya kombi) elde edilen sıcak su, iç hava sirkülasyon devresinde yer alan ısıtma bataryasından geçirilerek, havanın ısıtılması sağlanmaktadır. Elbette, otomatik kontrol sistemi yardımıyla, kışın da istenen oranlarda taze hava alma, ortam sıcaklığının veya üfleme havasının sınırlama kontrolü gibi seçenekler kolaylıkla sisteme uygulanabilmektedir. Ayrıca, yine diğer iklimlendirme sistemlerinde olduğu gibi seçilecek filtrasyon seçenekleri ile gerek taze havanın, gerekse iç havanın istenilen düzeylerde filtre edilebilme imkânı da vardır.

5.6. Sıcak Sulu Isıtma İle Diğer Havalı Isıtma Sistemlerinin Karşılaştırılması

5.6.1. Isı pompalı sistem ile karşılaştırma

Yukarıda belirtildiği gibi, ısı pompaları dış ortamın (hava, su, toprak) sahip olduğu enerjinin iç ortama aktarılması ile ısıtmanın sağlanması ilkesine göre çalışmaktadır. Dolayısıyla, ısıtma mevsimi boyunca ısıtmanın sürekliliği, dış ısı kaynağının sahip olduğu enerjiye bağlıdır. Özellikle, hava kaynaklı ısı pompalarında, ısıtma gereksiniminin daha fazla olduğu soğuk günlerde, ısı pompasının sağlayabileceği ısıtma enerjisi, bununla ters orantılı olarak azalmaktadır. Ayrıca, soğuk havalarda dış ısı değiştiricisi üzerinde oluşan buzlanmanın çözülmesini sağlayan defrost (buz çözme) süresi boyunca, içeriye soğuk hava üflenmekte ve bu da ısıtmada sürekliliğin bozulmasına yol açmaktadır.

Isıtma mevsiminde, dış hava sıcaklığının $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin altına düştüğü coğrafi bölgelerde, hava kaynaklı ısı pompasına dayanarak ısıtma yapmak, hem ekonomik hem de konforlu değildir. Oysa sıcak su ile ısıtma sistemi, ısı pompasının aksine, dış atmosfer şartlarından bağımsızdır. Bu da ayar (set) sıcaklığı ile oda sıcaklığı arasındaki farkın, çok az olmasına imkân verdiği için, ısıtma mevsimi boyunca konfor şartları daha iyi sağlanmaktadır.

Konfor şartlarındaki üstünlüğün yanı sıra, işletme maliyeti olarak da kıyaslandığında, özellikle ılıman ve soğuk iklim kuşaklarında, sıcak sulu ısıtma sisteminin, ısı pompalarına göre üstünlüğü açıkça görülmektedir. İstanbul için $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$ civarındaki dış

hava şartları için en iyimser yaklaşımda bile ısı pompası ile ısınmanın, doğalgaz yakıtlı sıcak sulu sisteme göre yaklaşık %40~60 daha pahalı olduğu tahmin edilmektedir.

Dış hava sıcaklığı azaldıkça, bu fark ısı pompalı ısıtma sistemi aleyhine daha da büyümektedir. İstanbul'da -3 °C dış hava sıcaklığındaki bir kış gününde bir evi aynı iç sıcaklıkta tutmak için, hem daha fazla maliyete hem de ısı pompasının defrost süresi sırasında (yaklaşık her 60 dakikada 8 ila 10 dakika) menfezlerden soğuk hava üflemesine katlanmak gerekmektedir.

5.6.2. Elektrikli ısıtıcı sistem ile karşılaştırma

Bazı durumlarda, iç hava sirkülasyon fanının Ötüne bir elektrikli ısıtıcı (rezistans) koyularak, elektrik enerjisinden doğrudan ısıtma yapılabilseyse de, bu yöntem ile ekonomik bir işletme maliyeti sağlanamayacağı için çok seyrek uygulanmaktadır. Ancak, elektrikli ısıtıcı ile ısıtma maliyetinin, sıcak sulu sisteme göre %200~250 oranında pahalı olması, elektrik enerjisi doğrudan kullanılarak ısıtma elde edilmesini imkânsız hale getirmektedir.

Yine de elektrikli ısıtıcılar, ısıtma mevsiminin çok kısa olduğu veya çok seyrek ısıtma gereksinimi duyulan sıcak iklim kuşaklarında, temizliği, ilk yatırım maliyetinin düşüklüğü ve işletme kolaylığı nedeniyle, klima sistemlerine adapte uyarlanmaktadır.

Elektrikli ısıtıcıların bir başka uygulama alanı da, ısı pompalı sistemlere destek olarak eklenmeleridir. Isı pompasının ısıtma enerjisinin yeterli olmadığı anlarda veya defrost sırasında, soğuk üflemeyi biraz da olsa azaltmak için, elektrikli ısıtıcılar imdada yetişmektedir.

5.6.3. Gaz yakıtlı sistem ile karşılaştırma

Yukarıda gaz yakıtlı sistemin çalışma ilkesi anlatılmıştı. Burada da, gaz yakıtlı sistem ile sıcak sulu sistemin karşılaştırması yapılacaktır.

5.6.3.1. Güvenlik etkenleri

Gaz yakıcı cihazlarda, doğalgaz veya sıvılaştırılmış petrol gazı (L.P.G.) klima cihazının içerisinde bulunan bir atmosferik brülörde yakıldığı için, yanmış gazlardan klima havasına ısı geçişini sağlayan ısı değiştiricide herhangi bir çatlak veya sızıntı olabilir. Bu durumunda, yanmış gazların klima havasına karışması ve insanların bu havayı solması yolu ile zehirlenmeleri ihtimali, düşük de olsa vardır.

Yanmış gazların dışında, yakıt olarak kullanılan doğalgaz veya L.P.G.'nin de bir sızıntı olması durumunda, üfleme havasına karışma ihtimali vardır. Böyle bir durumda, hem patlama riski, hem de zehirlenme riski oluşacağından, gaz yakıcı sistemlerin uygulanmasında çok titizlik gösterilmeli, hem cihazın montaj ve kullanma kılavuzunda belirtilen hususlara, hem de gaz idarelerinin yönetmelik ve şartnamelerine birebir uyulmalıdır. Gaz yakıcı cihazlar, genellikle ortam havasını yakma havası olarak kullanmakta oldukları için, cihazın monte edildiği yerdeki taze hava açıklıklarının istenen normlarda olmasına ve yeterli havalandırmanın yapılmış olmasına dikkat edilmelidir. Sıcak sulu ısıtma yapılan sistemlerde, doğalgaz veya L.P.G.'nin yakıt olarak kullanılması durumunda sıcak su üreticisi ile klima cihazını farklı mekânlara yerleştirmek yukarıda konu edilen tehlike faktörlerinin engellenmesi için önemli bir üstünlük sağlayacaktır. Zaten, sıcak su üreticisi olarak sıcak su kazanı kullanılmaktaysa, genellikle bir kazan dairesi söz konusudur.

Klima cihazları ise, kazan dairesi dışında, kullanım alanlarında tek başına yerleştirilmektedir. Kazan dairesinde yakıtın yakılması ile elde edilen sıcak su, klima cihazının ısıtma bataryasına borularla taşınmaktadır. Bu da, sıcak su ile ısıtma sistemlerinin işletme güvenliği konusunda olumlu yönde rol oynamaktadır.

5.6.3.2. Uygulamada esneklik

Sıcak su üreticisi ile klima cihazının farklı mekânlara yerleştirilebilirle özelliği, uygulama sırasında da önemli bir esneklik getirmektedir. Şöyle ki; sıcak su ısıtmalı kanallı tip split klimanın iç ünitesini asma tavan içerisine, bir dolap içerisine,

banyoya veya kanal güzergâhı açısından en uygun yere yerleştirmek mümkünken gaz yakıcılı klima cihazının yerleşim yerini kısıtlayıcı etkenler vardır. Bunlar:

- Doğalgaz veya L.P.G boru güzergahı,
- Yanma havası temini için alt ve üst havalandırma açıklıkları,
- Yanmış gazların uzaklaştırılması için münferit baca
- Özel elektrik kodlarıdır.
- Gaz yakıcının konulacağı mekânın fiziksel şartları

Kanallı tip split klima uygulayıcılarının çok iyi bildikleri gibi, tasarım sırasında iç ünitenin yeri, hava kanal geçişleri, iç ünite ile dış ünite arasındaki bakır boru hatları, drenaj tesisatı, taze hava kanalının yerleşimi için çözüm bulmak gereklidir. Bir de bunlara yukarıda sözü edilen gaz borulaması, havalandırma, baca tesisatı ile özel elektrik tesisatı ve hepsinden önemlisi tehlike oluşturmayacak bir iç ünite yerinin bir arada sağlanması, uygulama esnekliğine olumsuz yönde etki yapmaktadır. Oysa sıcak sulu sistemde, sıcak su üretimi ile klima cihazı ayrı mekânlara yerleştirilebildiği için yukarıda sözü edilen şartları sağlamak daha kolay olmaktadır.

Sıcak sulu ısıtma sisteminin bir yararı da, sıcak kullanım suyu gereksiniminin olduğu uygulamalarda, bir ısı değiştiricide, sıcak su ile kullanım suyunun ısıtılması kolaylıkla sağlanabilmektedir. Oysa gaz yakıcılı sistemle ısıtma durumunda, sıcak kullanım suyu gereksinimi için ayrıca bir sıcak su üreticisine gereksinim vardır.

5.6.3.3. İşletme ekonomisi

Gaz yakıcılı cihazların yanma verimi %80'dir. Gaz yakıcılar için, cihaz kataloglarında giriş ve çıkış ısı kapasiteleri verilmektedir. 50 kW'lık (~170.000 Btu/h) giriş ısıtma gücündeki gaz yakıcının, çıkış ısı gücüne bakıldığında, 40 kW (~136.000 Btu/h) olduğu görülecektir. Gaz yakıcılardaki verimin bu derece düşük olması, hem işletme maliyetlerini artırmakta hem de küresel ısınmaya neden olduğu için çevreye olumsuz etkide bulunmaktadır. Oysa sıcak su üretiminde yanma verimleri % 90'lardan başlamakta, hatta bazı yoğunlaştırma türden kazanlarda üreticiler, bunu daha da üst noktalara çekebilmektedirler. %90 verimli bir ısıtma sistemiyle bile gaz

yakıcı cihaza göre %12.5 oranında bir işletme ekonomisi sağlamanın mümkün olduğu, ilk yatırım aşamasında mutlaka göz önüne alınmalı ve sistem seçimi yapılırken değerlendirilmelidir.

5.6.4. Sıcak sulu ısıtma sistemlerinin sağladığı diğer üstünlükler

Atık ısıdan yararlanma: Bazı endüstriyel uygulamalarda, prosesden bir atık enerji çıkmaktadır (örneğin buhar tesisatlarındaki yoğuşma suyu). Sıcak sulu ısıtma sistemlerinde, bu atık enerji ile mahallerin ısıtılması yapılarak, önemli bir ekonomik yarar sağlanabilir.

Zonlama imkânı: İklimlendirme sistemlerinde çok önemli bir konu olan zonların birbirlerinden bağımsız olarak kontrol edilebilmesi imkânı sıcak sulu ısıtma sistemleri ile kolaylıkla sağlanabilmektedir.

Bilindiği gibi, gerek geçiş mevsimlerinde, gerekse bazı ofis uygulamalarında, iç zonda (çekirdekte), mahal ısı yükünden dolayı genellikle kışın soğutma yapılırken, binanın genellikle giydirme cepmeli olan dış zonunda ısıtma yapmak gerekmektedir.

Aynı anda, binanın bir bölümünde soğutma yapılırken bir başka bölümünde ısıtma yapılabilmesini sağlamak için, ya dört borulu fan-coil sistemi ya da Değişken Hava Debili (VAV) sistemler kullanılmaktadır. İşte, sıcak sulu ısıtma yöntemi ile iklimlendirilen bir binada, sistem, dört borulu fan-coil sistemi gibi çalışmakta olup, bazı cihazlar ısıtma yaparken bazı cihazların soğutma yapması mümkün olmaktadır. Bu özellik yukarıda bahsedilen diğer havalı ısıtma yöntemlerinin de ortak özelliğidir.

Aynı kanal sisteminin ortak kullanılması: Bazı uygulamalarda, hava kanallarından yalnızca soğutma amacı ile faydalanılmakta, ısıtma için ikinci bir sistem kurulmaktadır (radyatör, döşemeden ısıtma v.s.). Genellikle bunun nedeni hava ile ısıtmanın yetersiz kalabileceğine veya hava ile ısıtma ile iyi bir konfor sağlanamayacağına ilişkin yaygın inanıştır. Elbette radyatör ile statik ısıtma, ısıtma konforu açısından iyi bir yöntemdir. Hava ile ısıtma sistemlerinin tercih edilmesinin başlıca nedenleri şunlardır;

- Soğutma ile ısıtmanın aynı kanal sistemi ile yapılması durumunda, ayrıca radyatör, radyatör vanası, borulama gerekmemekte, dolayısıyla ilk yatırım maliyeti düşürülmekte ve radyatörler için yer kaybı olmamaktadır. Bilindiği gibi, ülkemizde birçok evde, radyatörlerin istenmeyen görüntüsünü ortadan kaldırmak için, ısıtma verimi gözardı edilerek, radyatörler dekoratif örtülerle kapatılmaktadır.
- Hava ile ısıtma sistemleri, statik ısıtma sistemlerine göre, rejime daha çabuk girmektedir. Özellikle, hafta sonu çalışılmayan işyerlerinde bu özellik, önemli bir üstünlük sağlamaktadır.
- Hava ile ısıtma sisteminde, aynı hava kanal sistemi ile ortama taze hava verilebildiği için, kışın da konforlu bir havalandırma yapmak mümkün olmaktadır.

İlk yatırım sırasında finansman esnekliği: Bazı durumlarda, bina sahibi veya müteahhidi, ilk yatırım maliyetini azaltmak veya zamana yaymak amacıyla sadece ısıtma işlevini sağlamayı yeterli bulmaktadır.

Soğutma işlevinin sağlanmasını ya ileri bir tarihe bırakmaktadır veya binayı devredeceği mal sahibi veya kiracı tarafından sağlanmasını düşünmektedir. Bu durumda, yatırımcı, ısıtma işlevini sağlamak için, yalnızca kazan dairesi ve tesisatını, iç üniteyi ve hava kanal sistemini yaptırmaktadır. Böylece, kendi üstüne düşen ısıtma-havalandırma sisteminin çalışır hale getirilmesi görevi tamamlanmış olmaktadır. Soğutma işlevinin gereksinimi halinde, dış ünite (condensing unit), bakır boru ve drenaj tesisatı kolaylıkla sisteme uyarlanarak, aynı kanal sistemine soğutma eklenebilmektedir. İşte, yatırımın bu şekilde fazlara bölünebilmesi, sıcak sulu ısıtma sistemlerinin tercihinde önemli bir rol oynamaktadır. Gaz yakıclı sistemlerin uygulaması da, benzer bir yöntemle yapılabildiği için aynı üstünlüğü sağlamaktadır.

5.6.5. Sıcak sulu ısıtma sistemlerinin sakıncaları

Her sistemin olduğu gibi sıcak sulu ısıtma sistemlerinin de sayılan yararları yanında bazı sakıncaları vardır. Bunlar aşağıda belirtilmiştir.

Ek bir sıcak su üreticisine gereksinim: Klima cihazı kendi başına bir ısı üreticisi olmayıp, bir sıcak su üreticisinde (kazan, kombi v.s.) elde edilen sıcak suyun sahip

olduğu ısı enerjisini klima havasına aktarmaktadır. Dolayısıyla, ayrıca bir sıcak su üreticisi gereklidir. Bu bakımdan radyatörle ısıtma sistemine benzemektedir.

Her mahallin bağımsız kontrol güçlüğü: Her bağımsız bölümün münferit kontrolü (individual control), bu sistemlerde her an yapılamaz, ilk devreye alma sırasında veya mevsimlik bakım sırasında yapılan reglaj, bir ısıtma mevsimi boyunca aynı kalmaktadır. Tasarım sırasında yapılacak iyi bir zonlama ile bu olumsuzluk bir ölçüde giderilmektedir.

Ses: Isıtma mevsimi boyunca iç hava sirkülasyon fanı devrede kaldığı için, düşük de olsa bir ses vardır. Gerçi bu durum son yıllarda kullanılan akustik yalıtım malzemeleri ve özel türden üfleme elemanları ile çok aza indirilmekteyse de statik ısıtma sistemlerinde ses olmaması, kullanıcı tarafından üstünlük olarak görülmektedir.

Çevre kirliliği: Sıcak suyun elde edilmesi amacıyla fosil yakıt kullanıldığı için, ısıtma süresince atmosfere zararlı gaz emisyonu yapılmaktadır. Yakıt olarak doğalgaz veya L.P.G. kullanılarak bu olumsuz durum en az indirilmelidir.

Ek boru devresi gerekliliği: Sıcak su üreticisi ile klima cihazı arasında, radyatörlü sistemde olduğu gibi, üretilen sıcak suyun taşınması için ilave bir boru devresi, yalıtım ve pompaya ihtiyaç olması, ilk yatırım maliyetini artırmaktadır.

5.7. Sonuçlar

- Tek zonlu, tek kanallı, sabit hava debili sistemler istenildiğinde komşu sistemlere zarar vermeden durdurulabilir.
- Çok zonlu sistemler ise binanın çalışama, konfor vb. şartları farklı olması istendiğinde uygundur.
- Reheat yani tekrar ısıtma sistemleri çok pahalı işletme gideri olan sistemlerdir. ASHARAE 90.1-1989'a göre re-heat yapılmasına izin verilen durumların dışında uygulanması doğru değildir.

- Bir bypass sistemi küçük ve basit tesislerde kullanılır. Bu sistem enerji tasarrufu düşünülmeyen fakat ilk tesis masrafı azaltılmak istenen yerlerde kullanılır.
- VAV sistemler işletme maliyeti ve enerji gideri sabit debili sistemlere göre az olup ilk yatırım maliyeti daha yüksektir. Çok zonlu sistemlerde başarı ile kullanılabilir. Değişen yüke bağlı olarak dış hava oranı değiştirilemediğinden, düşük yüklerle yeterli taze hava beslenmesi problem yaratır.
- Fan-powered sistemler ışıklandırma ısısının ısıtmada kullanılmasını sağladığından enerji tasarrufu getirirler. Ayrıca hacimler kullanıldığı zaman periyodunda ana santral çalışmadığından, fan-powered kutu fanları çalışarak hacmin, o şartlardaki ısı ihtiyacı karşılanır. Bu suretle yine işletmedeki belirli bir miktar işletme masraflarının düşmesi sağlanır.
- Minimum hava debisini sağlayan VAV sistemlerinde tekrar ısıtma yapılması uygundur.
- Çift kanallı sistem, tek kanallı VAV sistemlerine göre daha fazla enerji sarf eder. Yani işletme maliyeti daha yüksektir. Fakat tekrar ısıtma düzeni gibi akışkan boruları, sızıntı tehlikesi bulunan kullanım alanı tavanlarda dolaştırılmaz.
- Multizon sistemlerde ise her zona ayrı bir kanal gider. Küçük binalarda uygundur. Çift kanallı sistemden daha ucuzdur.
- 4. borulu sistem ise 2 borulu sisteme göre işletme masrafları az olup yatırım maliyeti yüksek olan bir sistemdir. Fakat bir dış çevre, cephe veya zonda ısıtma yapılırken diğer bir dış cephe veya zonda soğutma yapılabilir.

Değişken Soğutucu Debili sistem (DSD) merkezi sisteme alternatif olarak geliştirilen ve günümüz akıllı binaların ihtiyacını tam olarak karşılayabilecek bir sistemdir. Modüler yapısıyla çok katlı bir binalardan, tek bir villaya kadar her türlü yapıda tam bağımsız kontrol imkânı vermektedir. Inverter teknolojisi ve değişken gaz debisi ile enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Geniş kazan dairesi, yakıt tankı vb. tesisat mahalleri gerekmediğinden önemli bir yer tasarrufu sağlar. Ayrıca DSD sistem, basit yapısı ile çok az yer kaplar. Soğutucu akışkanın boru çapları da oldukça küçüktür. Bu durumda daha az tesisat şaftı ve asma tavan boşluklarına ihtiyaç duyulur. Bu da binaların kat adetlerini arttırmaya imkân verir. Dikeyde 50 m' ye kadar çıkabilen bir borulama imkân vardır. Böylece

ara tesisat katlarına ihtiyaç duyulmadan, dış ünitelerin çatıda ya da zeminde yerleştirilmesi mümkündür. DSD sistem, montaj esnasında da zaman tasarrufu sağlar. İç ünitelerin ve boru bağlantılarının yapılabilmesi için betonarme inşaatın bitmiş olması yeterlidir. DSD sistemlerin avantajlarını şöyle sıralayabiliriz;

- DSD sistemleri için tesisat mahalleri gerekmez, binada yer tasarrufu ve eleman ve eleman tasarrufu sağlanır.
- Binalarda kullanılabilir alanları arttırmak, gelirleri de arttırmak demektir. DSD sistem basit yapısı ve kompakt ölçüleri ile çok az yer kaplamaktadır.
- Eğer bina tasarımında her katta küçük bir mekanik oda oluşturulabilirse, tamamen müstakil ve bağımsız sistemler dizayn edilir. Bu durum hem uygulama-montaj maliyetlerinde tasarruf, hem de enerji tasarruf sağlar.
- DSD sistemle yüksek binalarda dahi dış üniteler ile görüntü kirliliğine yol açmadan çözüm üretilir. Ayrıca dış ünitelerin ses seviyelerinin düşük olması ile dış ünitelerin konabileceği yerler konusunda kolaylık sağlanır.
- DSD sistem ve IGKV sistem ile ortamların iklimlendirilmesi tam olarak çözümlenebilmektedir. IGKV sistem ısı geri kazanımlı bir sistemdir. Dış ortamdan alınan hava, iç ortamdan çekilen hava ile ısı transferine sokularak, içeriye belli bir seviyeye kadar ısıtılmış veya soğutulmuş olarak verilir. Böylece enerji tasarrufu sağlanır.
- DSD sistem ile ısı transferi için kullanılan enerji miktarı azaltılmıştır. Chiller sisteminde ısı taşıyıcı akışkan su iken, DSD sistemde direkt soğutucu akışkan kullanılır.
- Hassas kontrol sayesinde aşırı ısıtma ve soğutma engellenerek enerji tasarrufu sağlanır.
- 4 borulu fan-coil sistemlerinde ilk yatırım maliyeti ortalama 135\$, VAV sistemlerinde 120\$ iken DSD sistemlerinde 110\$'dır [5].
- DSD sistemler standarttır. 100 m. den fazla borulama yapılmaz. Ayrıca taze hava ihtiyacının da ayrı bir sistem tarafından karşılanması gerekir.

Kendinden Karıştırmalı Isıtma, Havalandırma-Klima Terminali Sistemleri;

- Terminal kutusunun üzerinde sadece bir adet motorlu vanası vardır. Bu vana 4-5 senede bir değiştirilir. Bunun dışında bakım problemi yoktur.
- 2 borulu fan-coil sistemlerine göre %10-15 pahalı, 4 borulu fan-coil sistemlerine göre ise %5 ucuz bir sistemdir [5].
- Yüksek basınçlı bir sistem olduğundan klima santrali kapasitesi büyük çıkar. Kanal dizaynı iyi yapılmalıdır.
- Fan-coil sistemlerine göre daha fazla primer hava, tüm havalı sistemlere göre ise daha az primer hava gerekir.
- Değişken hava debili sistemlere göre işletme ve yatırım maliyeti olarak daha ucuzdur.
- Uygun iklim bölgelerinde tesis edilecek spilotair sistemlerinde kazan dairesi ortadan kaldırılıp, spilotair terminallerin primer hava giriş tarafına elektrikli ısıtıcı ilave ederek ilk yatırım maliyeti düşürülebilir.

Çoklu Zon Fan-coil Sistemi;

- İlk yatırım maliyeti 4 borulu fan-coil sistemlerinden %15 daha fazladır. Ancak işletme 1,5-2 sene içerisinde kendini amorti eder [5].
- Bütün üniteler merkezi sistemden kapatılıp açılabilir. Örneğin bir dış üniteye bağlı 10 adet iç ünite olsun ve bu iç ünitelerden sadece bir tanesi çalıştırılmak istensin. Bu durumda salyangoz kompresör normalden onda biri kadar enerji harcayarak çalışır ve dolayısıyla dış ünitenin enerji sarfiyatı da aynı oranda azalır. Böylece enerji tasarrufu yapılır.
- Ek bir taze hava sistemi gerekir.

BÖLÜM 6. SONUÇLAR

6.1. Sistem Optimizasyonu

6.1.1. Kapasitenin yüksek seçilmesi ve aşırı büyük boyutlandırma

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 cihazda gerçek ihtiyaca o kadar yakındır. Gereksiz, yere büyük seçilen hem pahalı olacaktır ve hem de genel olarak işletme bakım ve yedek parça maliyeti daha fazla olacaktır. 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 konforu etkilemeden minimum kapasiteyle karşılanması konforu etkilemeden bir tasarım hedefi olmalıdır. Su soğutma grubunun, pompanın, klima santralinin, ısıtma kazanının veya aspiratörün kapasitesinin yüksek seçilmesi, hem ilk yatırım, hem de işletme maliyetini artıracaktır.

6.1.2. Yüksek verimli cihaz ve sistemlerin kullanımı:

Örneğin ısıtma kazanı seçerken her kapasitede yoğuşmalı kazan, her kapasitede oransal brülör kullanılmalıdır (gaz yakıtlar için). Kendinden yoğuşmalı kazanların kullanımı ile de yüksek verimlere çıkmak mümkündür (%109). Hâlbuki 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 %14 mertebesinde, yoğuşmalı kazanlarla standart kazanlar arasında %20 mertebesinde tasarruf söz konusudur [10].

6.2. Klima Uygulamasında Faktörler

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 üfleterek 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.

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 mahallerinin tavan seviyesindeki havanın sıcaklığı daha fazladır. Lambalardan, insanlardan, bilgisayar, fax vb. cihazlardan çıkan ısı tavan seviyesindeki havanın daha sıcak olmasına neden olur. Böylece taze havayı ısıtmak için daha az enerji harcanır.

6.3. Enerjinin Taşınması

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. Tesisattaki (hava kanalları ve borulardaki) direnç arttıkça, pompa

ve fan motorları da çok daha fazla elektrik tüketecektir. Başka bir deyişle "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 ehillere yüklenir ve taşınan soğutma kapasitesini azaltır. Diğer önemli bir konuya fanlar ve sirkülatörler sürekli çalışırlar. Dolayısıyla enerji tüketimleri sürekli, bundan kaynaklanan ısı kazancı sürekli. Bu nedenle ısı enerjisinin ekonomik taşınması enerji tasarrufunda önemli bir konudur. Freon gazının evaporatörlerde sıvı halden gaz haline geçerken oluşturduğu soğutma potansiyelinin en kısa mesafede kullanılması ciddi oranda enerji ekonomisi sağlar.

6.3.1 Enerjinin t aşınma (hava/su) maliyetlerinin k arşlaştırılması

Hava veya su ile taşınan enerji miktarının hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılabilir,

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

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 veya 20 °C ve hava için 10 veya 15 °C kabul edilebilir. Bu formüldeki sembollerin anlamları ve değerleri aşağıdaki Tablo 6.1'de verilmiştir. Tabloda 1 kW enerji taşımak için gerekli hacimsel debi hesabı da görülmektedir.

Buna göre aynı enerjinin taşınması için hava halinde çok büyük debi gerekmektedir. Debilerin oranı soğutmada 2000, ısıtmada 5000 mertebesindedir. Dolayısıyla gerekli hava kanalı veya boru boyutları çok farklıdır. Aynı 10 kW gücünde enerjinin taşınması için hava halindeki 300 mm bir hava kanalı yerine, su halinde 25 mm bir boru yeterlidir.

Tablo 6.1 Taşınan enerji miktarı formülündeki semboller ve debi hesabı

| Sembol | Anlamı | Birim i | Soğutma Halinde Enerji taşıyıcı | | Isıtma Halinde Enerji taşıyıcı | |
|------------|------------------|-------------------|------------------------------------|-----------|-----------------------------------|---------------|
| | | | Hava | Su | Hava | Su |
| Q | Taşınan ısı gücü | kW | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ΔT | Sıcaklık farkı | $^{\circ}C$ | 9 | 6 5 | 10 15 | 15 20 |
| c_p | Özgül ısı | $kJ/kg.^{\circ}C$ | 1 | 4,2 | 1 | 4,2 |
| ρ | Yoğunluk | kg/m^3 | 1,2 | 1000 | 1,2 | 1000 |
| V | Gerekli debi | m^3/h | 333 | 0,14 0,17 | 278 185 | 0,057 0,043 |

Hava kanallarındaki ve su borularındaki hızlar farklıdır. Hava kanallarında hız daha yüksektir. Bu dikkate alındığında, aynı 10 kW gücünde enerjinin taşınması için hava halindeki 300 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 kullanılabilir,

$$P = V \cdot \Delta p / (3600 \cdot \eta_p \cdot \eta_m)$$

Fan veya pompa tarafından sağlanan bu basınç enerjisi, hava kanallarında veya borularda sürtünmelerle ısı enerjisine dönüşerek kaybedilir. Bu formüldeki sembollerin anlamları ve değerleri aşağıdaki Tablo 6.2'de verilmiştir.

Havanın hareketi için havalı sistemlerde sağlanması gerekli basınç, suyun hareketi için işlemlerde sağlanması gerekli basınçtan daha düşüktür. Karakteristik değerler soğutmada hava için $\Delta p=1100$ Pa ve su için $\Delta p= 250.000$ Pa (=25 mSS), ısıtmada hava için $\Delta p=1100$ Pa ve su için $\Delta p= 80.000$ Pa (=8 mSS) alınabilir.

Bu basınç değerleriyle 1 kW enerji taşımak için gerekli güç hesabı tabloda görülmektedir.

Tablo 6.2 Çekilen enerji formülündeki semboller ve güç hesabı

| Sembol | Anlamı | Birimi | Soğutma Halinde | | | Isıtma Halinde | | | |
|------------|------------------|-------------------|-----------------|--------|------|-----------------|-------|-------|-------|
| | | | Enerji taşıyıcı | | | Enerji taşıyıcı | | | |
| | | | 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 | 1100 | 250000 | | 1100 | 80000 | | |
| 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 |

Görüldüğü gibi enerjiyi uzak mesafelere su ile taşımak yerine, havayla taşımak arasında gerekli güç açısından soğutmada fark neredeyse 10 mislidir. Bu fark ısıtmada daha da artmaktadır ve oran 60 misli mertebelerindedir. Ancak havayla enerji taşımamanın free cooling ve cooldown avantajları da dikkate alınarak karşılaştırma yapılmalıdır.

Aşağıdaki tabloda, sistemlerin maliyetlerini daha şeffaf görebilmek için Kocaeli'nin Gebze ilçesinde, iklimlendirme sistemleri 3 değişik şekilde çözülmüş fabrika binalarının keşif bedelleri, birim alan için gösterilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi enerjiyi su ile taşımak diğer iki seçeneğe göre yatırım maliyeti açısından önemli bir üstünlük sağlamaktadır.

Tablo 6.3 Enerji taşıma yöntemlerinin m² başına yatırım maliyetleri

| İklimlendirme Sistemindeki Enerji Taşıma Yöntemi | Toplam Birim Fiyat (€/m ²) |
|--|--|
| Hava ile Taşıma | 45,14 |
| Su ile Taşıma | 35,26 |
| Hava + Su ile Taşıma | 49,5 |

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

Sonuç olarak mekanik sistemlerin merkezi dağıtım avantajlarına karşın,

- Enerjyi 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.

6.4. Sonuçlar

Sistem maliyetinin optimizasyonu için ömür boyu maliyet kavramı kullanılır. Bir ısı sistemini ömür boyu maliyeti, yatırım maliyetiyle ömrü boyunca işletme maliyetlerinin toplamı olarak tanımlanır. Optimum sistemin ömür boyu maliyeti minimum olmalıdır. Bunun içinde enerji maliyeti birinci derecede rol oynamaktadır. Bunun içinde ilk olarak gözetilen mimari tasarım enerji ekonomisini dikkate alacak şekilde gerçekleştirilmelidir. Bu açıdan bakıldığında ortaya çıkan akıllı bina kavramı da öncelikle binanın akıllı olmasıyla ilgilidir. Akıllı tesisat ancak böyle bir binaya uygulanabilir.

Enerji tasarrufu imkânları yatırım yapmadan iyi işletmeyle imkânlarıyla gerçekleşeceği açıktır. Bunun kuralları tartışılmalıdır. Küçük küçük önlemler birlikte toplandığında ciddi getirişi olmaktadır. 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. Modern işletmecilikte bundan kaçılmaz. Tasarımda ve uygulamada ek maliyet getirmeyen veya fazla ek maliyet getirmeyen önlemler mevcuttur. Projenin ve uygulamanın enerji bilinci içinde yapılması ve bu önlemlerin uygulanması bu noktada en önemli yaklaşımdır. Sistem seçimi gerek ilk yatırım, gerekse işletme maliyetleri açısından bakıldığında en önemli kıstastır. Altyapı ve mimari müsaitse, merkezi sisteme göre bireysel sistem seçimi daha ekonomik olmaktadır. Mimari yönden uygunsuzsa gerçekleştirilen bireysel sistem uygulamalarında, ilk yatırımdaki merkezi sistemin getirdiği mali yüklerden tasarruf edildiği gibi, işletme de bireysel sistemle birlikte daha düşük maliyetlerle

karşılaşılacaktır. Toplam maliyet de (kuruluş + işletme maliyetleri) yarı yarıya veya daha fazla düşecektir.

Maliyetin dışında günümüzde tasarımda dikkate alınması gerekli kavramlar ve kısıtlar vardır. Örneğin iç hava kalitesinin gözetilmesi, enerji maliyetlerinin düşürülmesiyle ters çalışan bir durumdur ve öncelikle sağlanması gerekir. İç hava kalitesini hijyen olarak ele alacak olursak hijyen ve enerji tasarrufu prensiplerinin birlikte sağlanması bir optimizasyon konusudur.

Bugün için bina mekanik tesisatı tasarımında göz önünde tutulması gereken faktör de emniyet ve güvenlidir. Binaların ve tesisatının deprem emniyeti ve terörist saldırılara karşı binanın ve tesisatın güvenliği optimizasyona bir başka boyut katmaktadır.

BÖLÜM 7. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Görüldüğü gibi enerjiyi uzak mesafelere suyla taşımakla, havayla taşımak arasında gerekli güç açısından soğutmada fark yaklaşık 10 kattır. Bu fark ısıtmada daha da büyüyerek 60 kat civarında oluşmaktadır.

Ancak havayla enerji taşımamın free cooling ve cooldawn avantajları da göz önünde bulundurulmalıdır. Bunun yanında sulu sistemlerde taze hava mekânların ihtiyacı olan taze havayı taşımak için ayrıca enerji harcandığı da dikkate alınmalıdır.

Asıl belirleyici olan faktör ise enerjinin taşınacağı mesafedir. Soğutmada 1 kw enerjiyi taşımak için 333 m³/h havaya ihtiyac duyulurken, aynı enerjiyi su ile taşıdığımızda sadece 0,17 m³/h'lik bir debiyi taşırız.

Sonuç itibariyle bu enerji taşıma yöntemlerinin birbirlerine göre avantajlarına karşılık, enerjiyi uzak mesafelere taşıma, taşırken ısı kayıp ve kazançları, pik yük dışında düşük kapasite ihtiyacında verim düşümü gibi dezavantajları vardır.

Görüldüğü gibi her sistemin kendine has üstünlükleri ve zayıflıkları vardır. Makine mühendisi olarak bizler, değişik koşullar için en uygun tasarımı gerçekleştirmeli ve bu yönde sistem seçimi yapmalıyız. Elbette bu seçimi yaparken çeşitli kıstasları göz önünde bulundurmalıyız (mimari durum, bütçe, işletme ve bakım maliyeti, güvenilirlik, konfor vb.).

Peki sadece uygun sistemi seçmek yeterli midir? Örneğin 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 ısıl performansını (verimliliğini) ifade eden ana parametredir.

"Beslenen elektrik enerjisi/elde edilen soğutma enerjisi" oranını çeşitli biçimlerde (birimlerde) ifade edilebilir:

- kW/tonsoğutma
- COP (kW/kW)
- EER (MBTU/kWh)

Görüldüğü gibi sistemde kullanılan yardımcı elemanların sistem performansına ve verimine büyük etkileri olmaktadır. Ele alman sistemin optimum bir sistem olmaktan uzak olduğu görülmektedir. Ancak pratikte bu tip sistemlerle sıkça karşılaşmaktadır. Bu nedenle sağlıklı bir etüt sistemleri karşılaştırırken sistemin EER (Energy Efficiency Ratio) veya COP (Coefficient of Performance) değerlerine bakılmalıdır.

Günümüzde iklimlendirme sistemlerinde, enerjinin suyla mı yoksa havayla mı taşınması gerektiği sorusunun yanında yanıtlanması gereken ve buna bağlı sorular da vardır.

- Merkezi sistemler mi tercih edilmeli yoksa bireysel sistemler mi?
- Sabit debili mi, değişken debili mi yada doğrudan genişlemeli sistemler mi tercih edilmeli?

Elbette bu soruların cevapları her durum (iklimlendirilecek mekân veya mekânlar) için değişiklik ihtiva etmektedir. Günümüzde merkezi sistemler yerine giderek bireysel sistemler daha fazla tercih edilmekte ve gelişmektedir. Büyük merkezi sistemler yerine paket tip sistemlere doğru bir yönelme vardır. Bu değişimin doğruluğu tartışılmakla beraber, daha düşük enerji tüketimleri (enerjiyi uzak mesafelere taşımaya ihtiyaç yok), bireysel kullanım avantajları, esnek kullanım avantajları sebebiyle kullanım oranları her geçen gün artmaktadır.

Hangi sistem kullanılırsa kullanılsın, genel prensip olarak soğuk hava yukarıdan aşağıya doğru üflenmeli, sıcak hava ise aşağıdan yukarıya doğru yönlendirilmelidir. Sıcak hava ile ısıtma yapılan yerlerde eğer geniş pencereler varsa, buradaki soğuk radyasyonu önlemek üzere pencere önüne radyatörler konulmalıdır. Binalarda bir dış

yüzeyin ısı kaybı 450 W/m değerinden fazla ise, cam önüne radyatör veya serpantin monte edilmeli veya hava üflenmelidir. Tipik bazı yapılar için en yaygın ve optimum çözümler aşağıda verilmiştir.

Küçük Hacimli Binalar: Küçük hacimli bina tarifi, her kat 500–600 m² ve kat sayısı 10 kata kadar yapılabilir. Böyle binalarda ısıtma için çok sayıda sıcak sulu radyatörlerle ısıtma (radyatörlerle termostatik vana monte edilmelidir). Soğutma içinse çok sayıda (her kat için) kanallı direkt genişmeli havalı soğutma sistemi ve havalandırma için egzost sistemi tavsiye edilir.

Süper Market, Market: Çatıya belirli sayıda çatı üstü soğutma ünitesi yerleştirmek, ısıtma için pencere önlerine ve idari odalara radyatör ve depo hacimlerine konvektörlü sıcak sulu ısıtma uygulamak tavsiye edilir. Isı kazancının fazla olduğu hacimlerde, çatıya konacak heat pump roof top cihazlarla ısıtma ve soğutma yapılabilir.

Konutlar ve Villalar: Bu tür uygulamalarda en uygun sistem, ısıtmanın radyatörlü sıcak sulu sistemle, soğutmanın ise kanallı split klima sistemleri ile yapıldığı hybrid sistemdir (hybrid sistem; birbirinden farklı iki sistemin bir arada kullanılmasıdır.) [5].

KAYNAKLAR

- [1] ASHRAE Handbook of Applications, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA, 1995
- [2] ÇENGEL, Y.A., BOLES, M.A., “Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik”, Literatür: Yayıncılık, İstanbul 1996
- [3] DEMİREL, Ö., “Su Soğutma Guruplarının Optimum Seçimi”, Makale, TTMD Dergisi, Mayıs-Haziran 1999
- [4] GÖKNİL, A.E., “İklimlendirme Tesisatı”, Makale, Tesisat Dergisi, Sayı: 58, Temmuz-Ağustos 2000
- [5] <http://www.meytek.com/tr/index.htm>
- [6] “Havalandırma Tesisatı”, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yayın No: MMO/2003/297-3, İstanbul, Kasım 2003
- [7] “Kızgın Sulu, Kızgın Yağlı ve Buharlı Isıtma Sistemleri”, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yayın No: MMO/2003/282-2, İstanbul, Ağustos 2003
- [8] KÜÇÜKÇALI, R. “Isıtma Tesisatı”, Isısan Çalışmaları No: 265, İstanbul, Aralık 2000
- [9] KÜÇÜKÇALI, R. “Klima Tesisatı”, Isısan Çalışmaları No: 305, İstanbul, Ekim 2001
- [10] KÜÇÜKÇALI, R. “Enerji Ekonomisi”, Isısan Çalışmaları No: 351, İstanbul, Kasım 2005
- [11] ÖZKOL, N., “Uygulamalı Soğutma Tekniği”, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Yayın No: MMO/2004/115/6, Ankara, Aralık 2004
- [12] William, J.C., “Havanın Şartlandırılması”, Makale, Termodinamik Dergisi Sayı: 97, 2000

EKLER

ÖZGEÇMİŞ

Aytek Başer 12 Nisan 1982’de İstanbul’da doğdu. İlköğrenimi Gülensu İlkokulu, ortaöğrenimini Küçükyalı Kadir-Rezan Has ortaokulunda tamamladı. 1999 yılında Küçükyalı Rezan Has Lisesinden mezun oldu ve aynı yıl Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde lisans eğitime başladı. 2003 yılında mezun oldu ve 2004 yılında aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Enerji bölümünde halen devam eden, yüksek lisans eğitime başladı. Aynı zamanda 2003’den bu yana, bir inşaat şirketinde mekanik büro şefliği görevine de devam etmektedir.