

SOĞUTMA VE KLİMA TEKNIĞI

Prof. Dr. Hüsamettin BULUT



Ders Notu

Harran Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi

Makine Mühendisliği Bölümü

Şanlıurfa-2023

ÇİNDEKİLER

1. BÖLÜM TEMEL KAVRAMLAR	1
1.1. Soğutma ve kısa tarihçesi.....	1
1.2. Temel Kavramlar	2
1.3. Soğutma ile İlgili Genel Bilgiler.....	6
1.4. Soğutmada Kullanılan Makineler	9
1.5. Mekanik Soğutma	10
1.6. Soğutma Devresi	10
1.7. Emme Sistemi İle Soğutma	10
1.8. Soğutma Sistemleri	11
1.8.1. Buhar Sıkıştırımlı Mekanik Soğutma:	11
1.8.2. Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi:	11
1.8.3. Adsorbsiyonlu Soğutma Sistemi:	15
1.8.4. Termoelektrik Soğutma Sistemi :	16
1.8.5. Manyetik Soğutma:	21
1.8.6. Paramanyetik Soğutma:	23
1.8.7. Vortex Tüpü:	23
1.8.8. Hava Soğutma Çevrimi:	26
1.8.9. Buhar-Jet (Ejektör) Soğutma Sistemi :	27
1.8.10. Evaporatif (Nemlendirici, Buharlaştırıcı) Soğutma :	28
1.8.11. Sterling çevrimi:	32
1.8.12. Vakumla soğutma:	33
1.8.13. Termo Akustik Soğutma:	34
2. BÖLÜM BUHAR SIKIŞTIRILMI MEKANİK SOĞUTMA SİSTEMİ	35
2.1. Giriş	35
2.2. Mekanik Buhar Sıkıştırımlı Soğutma Sisteminin Ana Elemanları	37
2.2.1. Kompresör	37
2.2.2. Kondenser (Yoğuşturucu) :	38
2.2.3. Genleşme Valfi:	38
2.2.4. Evaporatör(Buharlaştırıcı):	38
2.3. Buhar Sıkıştırımlı Soğutma Çevrimleri:	39
2.3.1. Tek Kademeli Çevrimler	39
2.3.2. Çok Kademeli Çevrimler	43
3. BÖLÜM SOĞUTMA SİSTEMİ TEMEL VE YARDIMCI ELEMANLARI	54
3.1. Kompresörler	54
3.1.1. Yapısına Göre Kompresörler	55
3.1.1.1. Rotarlı Tip Kompresörler	55
3.1.1.2. Pistonlu Tip Kompresör :	56
3.1.1.3. Vidalı (Helisel) Kompresörler:	57
3.1.1.4. Turbo (Santrifüj) Kompresör:	58
3.1.1.5. Scroll (Spiralli) Kompresör:	59
3.2. Kondanserler (Yoğuturucular)	61
3.2.1. Kondenser Tipleri:	64
3.2.1.1. Çiçe (Çift) Borulu Kondanserler:	64
3.2.1.2. Daldırılmalı Tip Kondanserler:	64

3.2.1.3. Buharla tırmalı (Evaporatif) Tip Kondanserler:.....	65
3.2.1.4. Gövde Borulu Kondanserler:	66
3.2.1.5. Soğutma Kuleleri:	66
3.3. Evaporatörler (Buharla tırmacılar)	69
3.3.1. Evaporatör çeşitleri:.....	70
3.3.1.1. Çıplak Borulu Evaporatörler	70
3.3.1.2. Levha Tipi Evaporatörler :	70
3.3.1.3. Kanatçıklı Evaporatörler:.....	71
3.3.1.4. Lamelli Evaporatörler:	71
3.3.1.5. Gövde Borulu Tip Evaporatörler:	71
3.3.1.6. Daldırmalı Tip Evaporatörler:	72
3.3.1.7. Havuz Tipi Evaporatörler:.....	72
3.3.1.8. Sıvı Filmlı Evaporatörler:	73
3.3.1.9. Püskürtmeli Tip Evaporatörler:.....	73
3.3.2. Defrost:	73
3.3.2.1. Uygulanan Defrost Yöntemleri	73
3.3.2.1.1. Elektrikle Defrost Yöntemi :	73
3.3.2.1.2. Sıcak Gazla Defrost Yöntemi:.....	74
3.3.2.1.3. Sıcak Su ile Defrost Yöntemi:	75
3.3.2.1.4. Sıcak Hava ile Defrost:.....	75
3.3.2.1.3. Oda Havası ile Defrost:	75
3.4. Kısılma Vanaları (Genleşme Valfleri)	75
3.4.1. Genleşme Valfi Çeşitleri	76
3.4.1.1. Otomatik Genişleme Valfleri	76
3.4.1.2. Termostatik Genişleme Valfleri :	76
3.4.1.3. Kılcal Borulu Genleşme Valfi:	78
3.4.1.4. Şamandıralı Valfler:	78
3.4.1.5. Elektronik Genleşme Valfi:	78
3.5. Soğutma Sisteminde Yardımcı Kontrol Elemanları	79
3.5.1. Manometre	79
3.5.2. Termometre:	80
3.5.3. Alçak ve Yüksek Basınç Preosastatı:.....	80
3.5.4. Diferansiyel Yağ Basıncı Preosastatı:	81
3.5.5. Yağ Ayırıcı:	81
3.5.6. Kurutucu Filtre:	82
3.5.7. Gözetleme Camı:	82
3.5.8. Yağ Ayırıcı:	84
3.5.9. Çek Valf:.....	84
3.5.10. Selenoid Valfler:	85
3.5.11. İşletme Termostatı:.....	85
3.5.12. Akümülatör:	86
3.5.13. Basınç Düşürücü Vanalar:.....	87
3.5.14. Basınç Regülatörleri:	87
3.5.15. Isı Eşanjörleri:	88
3.5.16. Susturucular:	88
3.5.17. Dört Yollu Vana:	88
4. BÖLÜM SOĞUK DEPOCULUK	90
4.1. Soğuk Depolar	90
4.1.1. Soğuk Muhafaza	90

4.1.2. Donmuş Muhafaza	90
4.1.2.1. Ön Soğutma.....	90
4.1.2.1. Şoklama.....	91
4.1.2.2.1. Daldırma Metodu.....	91
4.1.2.2.2. Değdirme (İndirekt Temas) Metodu	92
4.1.2.2.3. Kriyojenik Dondurma	92
4.1.2.2.4. Hava İle Dondurma	93
5. BÖLÜM KLİMALENDİRME	95
5.1. İklimlendirmenin Önemi	95
5.2. İklimlendirmenin Temel Unsurları	96
5.3. İklimlendirme Sistemlerinin Kullanım Alanları	97
5.4. İklimlendirme Sistemleri İçin Isı Kaybı ve Isı Kazancı	97
5.4.1. Isı Kaybı	97
5.4.2. Isı Kazancı	97
5.5. Soğutma Yükü Hesap Yöntemleri	99
5.6. Psikometri Ve Uygulamaları	101
5.6.1. Psikometrik Diyagram Üzerinde Gerçekleştirilen İşlemler	102
5.6.2. Psikometrik diyagramda Temel Kavramlar	103
5.6.3. Psikrometrik Diyagramda İşlemler	105
5.6.4. İklimlendirme Sistemleri	112
5.6.4.1. Lokal İklimlendirme Cihazları	112
6. BÖLÜM KLİMA SİSTEMLERİ	121
6.1. Klima Sistemlerinin Sınıflandırılması	121
6.2. Klima Santrali Ekipmanları	124
6.2.1. Karışım odası	125
6.2.1.1. Enerji Tasarrufu Amaçlı Hava Karışım Hücresi	125
6.2.1.2. Çok Amaçlı Hava Karışım Hücreleri	126
6.2.2. Toz filtresi	127
6.2.3. Ön ısıtıcı	129
6.2.4. Hava Soğutucuları	134
6.2.5. Nemlendirici	135
6.2.6. Damla tutucu	138
6.2.7. Son ısıtıcı	138
6.2.8. Fanlar (Vantilatör, Aspiratörler)	139
6.3. Genel Olarak Bir İklimlendirme Sistemi	141
6.3.1. Tüm Havalı Sistemler	142
6.3.2. Fan-Coil Sistemleri	143
6.3.3. Değişken Soğutucu Debili Sistemler	146
6.4. İklimlendirme İşlemleri	151
6.4.1. Yaz Kliması Uygulaması	151
6.4.2. Kış Kliması Uygulaması	152
6.5. Endüstriyel ve konfor kliması uygulamaları	163
6.6. İklimlendirme sistemindeki hava çeşitleri	163
Sorular	165
Kaynaklar	228
Diyagramlar	229

BÖLÜM 1

TEMEL KAVRAMLAR

Soğutma nedir?

Bir maddenin veya ortamın sıcaklığını, onu çevreleyen ortamın sıcaklığının altına indirmek ve orada muhafaza etmek üzere ısının alınması işlemine **soğutma** denir. Başka bir ifade ile soğutma, bir sistemden ısının başka bir sisteme transfer ederek, sistem sıcaklığının çevre sıcaklığının altında bir sıcaklıkta tutulmasıdır. Kısaca soğutma, ısı verme olan ısıtmanın tersi olarak, ısı çekme işlemidir.

Soğutma, genel olarak 4 amaç için yapılmaktadır: 1- İklimlendirmede ısı konforun sağlanması, 2- Gıda maddelerinin işlenmesi, dağıtımı ve soğuk muhafazası, 3- Endüstriyel işlemlerin gerçekleştirilmesi, 4-Özel işlemlerin gerçekleştirilmesi. İnsanların buldukları ortamda rahat etme isteği, gıda maddelerinin bozulmaması ve daha sonra tüketme ihtiyacı ve bazı endüstriyel işlemlerin ve uygulamaların yapılması, soğutma işlemini, iklimlendirmede ve gıda muhafazası ve endüstride gerekli kılmıştır. Soğutmanın amacına göre istenen sıcaklık değerleri de farklı olabilir. Soğutma işlemi, iklimlendirme için ortam sıcaklığı (30 °C kadar) ile +10 °C arasında, gıda muhafazası, soğuk hava deposu ve endüstriyel işlemler için +10 °C ile -40 °C arasında yapılmaktadır. Çok düşük sıcaklık olarak -150 °C'in altındaki soğutma ise, kriyojenik soğutma olarak adlandırılır. Kriyojenik soğutmada, sıvı azot (Nitrojen), sıvı CO₂, Helyum ve Hidrojen gibi akışkanlar kullanılarak ve Gifford McMahon ve Joule-Thomson (JT) soğutmasındaki gibi özel tekniklerle bu düşük sıcaklıklar elde edilir. Kriyojenik soğutma, gıda maddelerinin dondurulmasında ve endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır.

Kriyojenik gazlar olarak; metan, oksijen, argon, hidrojen, helyum, sıvı azot ve karbondioksit sayılabilir. Kriyojenik dondurmada; zehirleyici özelliğinin bulunmaması ve gıda maddesinin hiçbir ögesi ile reaksiyona girmemesi (inert olması), aksine havanın yerini alarak birçok oksidatif reaksiyonların önüne geçmesinden dolayı son yıllarda sıvı azot (LN₂) kullanımı öne çıkmaktadır.

Kısa Tarihçe

Soğutma ve soğutma ihtiyacı insanoğlu ile birlikte var olmuştur. İnsanlar, tarihte soğutmayı veya soğutma ihtiyacını, daha çok doğal yollarla elde etmeye çalışmışlardır. Bunun için, kışın kar ve buzun kuyularda muhafaza edip yazın kullanılması, soğuk bölgelerden buz ve karın yerleşim yerlerine getirilmesi, geceleyin atmosfere olan radyasyonla ısı transferiyle buz elde etme ve evaporatif (nemlendirmeli) soğutma gibi doğal yöntemleri kullanmışlardır.

Amerika, Avrupa ve İranlılar, buz depolama için buz evleri inşa etmişlerdir. Buz evlerinde yalıtım malzemesi olarak ağaç kabukları ve talaş kullanılmışlardır. Çinlilerin buz kuyuları kullandıkları bilinmektedir. Eski Mısırlılar, geceleri yeryüzünden açık gökyüzüne olan radyasyonla olan ısı transferini kullanarak büyük tepsilere ince su tabakaları ile buz elde etmişlerdir. Hintliler gibi birçok millet bu yöntemi kullanmıştır.

İnsanlar farkında olmadan taşıdıkları su testilerinin etrafına ıslak bez sardıklarında içerdeki suyun soğuduğunun veya kesilen karpuzun güneşte bırakıldığında da soğuk hale geldiğini bulmuşlar ve bunun sonucunda gıda malzemelerinin veya ortamın soğutulması çabaları başlamıştır. Romalılar ve Yunanlılar büyük küplere su doldurarak toprağa gömmüşler, gece soğuyan toprak yüzeyi küpleri soğutmuş, gündüz soğuyan küplerden soğuk su ihtiyaçlarını karşılamışlardır. Küp, yüzeyinden sızan su buharlaşarak, küpün içindeki su soğumaktadır. Çünkü buharlaşma için gerekli ısı su külesinden alınmaktadır.

Mısırlılarda ise yapılan yapıların hava sirkülasyonu sayesinde serin ortamlar oluşturulduğu ve piramitlerde firavunların bedenlerinin mumyalandıktan sonra kalıcı olarak kalması için bu çeşit soğutma teknikleri kullandığı bilinmektedir. Ayrıca Mısırda zalim firavun saraylarının gündüz enerjiyi depolayan ve ısınan kalın duvarları, akşam kölelerle sahraya taşıyıp soğutması sağlanıp sabah tekrar duvarlar yerlerine konularak sıcak iklimden korunmuş ve sarayın bu kısmı soğuk tutulmuştur.

1806 yılında buz kralı olarak anılan Frederic Tudor, Hudson Nehri ve Massachusetts göletlerinde buz keserek gece soğutması ile üretilen buzdan daha ucuz olduğu için İran ve Hindistan dahil çeşitli ülkelere buz ticareti yapmıştır. O zamanlarda Kuzey Amerika'daki buz ticareti gelişen bir sektördü ve 0.3 m mantar malzemesiyle izole edilmiş tren bölmelerinde buz Amerika'nın güney eyaletlerine taşınmıştır. Buz ticareti, İngiltere, Rusya, Kanada, Norveç ve Fransa gibi bazı diğer ülkelerde de popülerdi. Bu ülkelerde buz ya daha soğuk bölgelerden nakledilir veya kışın depo edilir ve buz evlerinde saklanırdı. Buz ticareti 1900 yılların başına kadar devam etmiş ve yapay soğutmanın ortaya çıkması ile giderek azalmıştır.

1775 yılında Glasgow Üniversitesi profesörü William Cullen eline eter sürdüğünde elinin serinlediğini görerek çalışmalara başlamış ve ilk mekanik soğutmanın temelini atmıştır. William Cullen tesadüfe dayanarak 1775 yılında emiş prensibine dayanarak buz yapma makinesi imal etmiştir. Birçok bilim adamı bu prensip ile buz makineleri yapmış fakat çok pahalı ve büyük boyutlarda olduğundan sanayiye girmemiştir. 1834 yılında Jacop Perkins adındaki Amerikalı mühendis Londra'da pratik buz yapma makinesi geliştirmiştir. Otuz yıl bu prensiple çalışan buz makineleri kullanıma sunulmuştur.

1859 yılında Fransız Mühendis Ferdinand Philippe Edouard Carré su-amonyak çifti ile çalışan absorpsiyon soğutma sistemini bulmuş ve buz makinasını icat etmiştir 1886 yılında WINDHUSEN karbondioksit gazı ile çalışan tesisat geliştirerek -80 dereceye ulaşmıştır. Gelişmeler üzerine tahtadan buzdolapları yapılarak evlerde buzla gıdaların saklanması sağlanmıştır. Buz ile soğutma çok zahmetli olduğundan bilim adamları mekanik bir soğutma sistemi üzerine çalışmaya başlamışlardır. 1910 yılında J.M. Larsen Şirketi tarafından ilk küçük buzdolabı yapılmıştır. Fakat termostat olmadığı için kullanımda büyük zorluklar yaşanmıştır. 1913 yılında Kelvinatör markasıyla ilk termostatlı buz dolabı imal edip satışa sunmuştur. 1930'da R-12 gazı bulunarak CFC (kloroflorokarbon) soğutucuların temeli atılmıştır. 1935'te R-22 soğutucu akışkanı bulunarak HCFC (hidrokloroflorokarbon) kökenli akışkanlar geliştirildi. 1989'da R-134A ve R-123 soğutucu akışkanları bulunarak ozon tabakasına zarar vermeyen HFC (hidroflorokarbon) kökenli akışkanlar geliştirilmiştir. 1990'lı yılların başında R-22 ve R-502 yerine kullanılmak üzere ikili ve üçlü alternatif soğutucu akışkan karışımları geliştirildi. Günümüzde HFO (hidrofloroolefin) ve HC (hidrokarbon)'lar alternatif soğutucu akışkanlar olarak kullanılmaktadır. Kısacası 1913 yılından itibaren soğutma teknolojisi, sürekli gelişerek bugünkü şartlarda yaşamın değişmez ve vazgeçilmez bir parçası olmuştur.

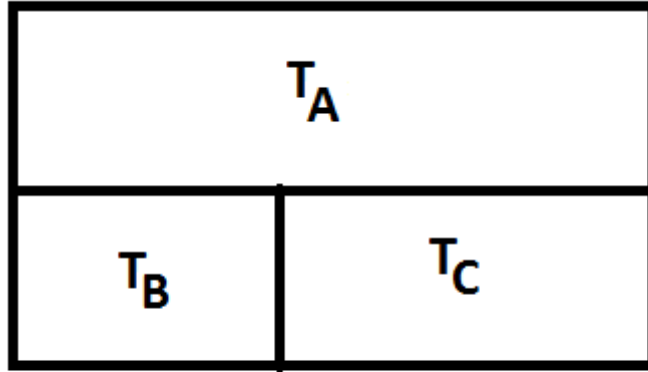
Soğutmayı anlamak ve hesaplamaları yapmak için, termodinamik, akışkanlar mekaniği ve ısı transferi esaslarının bilinmesi gerekmektedir. Temel kavram ve esaslar aşağıda verilmiştir.

Termodinamik kanunları:

Termodinamik enerjinin bilimi olarak tanımlanabilir. Enerji, iş yapma potansiyeli, değişiklik meydana getirme kabiliyeti olarak tanımlanabilir. Enerjinin, ısı, mekanik, kimyasal, nükleer, elektrik, magnetik, kinetik, potansiyel enerji gibi türleri vardır. Termodinamik, enerji dönüşümleri, transferi ve depolanması ile ilgili konularla ilgilenir. Termodinamiğin temelde 4 kanun ve bazı prensiplere dayanır.

1. Termodinamiğin sıfıncı kanunu:

Termal (ısı) dengeyi ifade eder. Sıcaklıkları farklı iki cisim yeteri bir süre temas halinde tutulursa son sıcaklıklar eşit oluncaya kadar iki cisim arasında ısı alışverişi olur ve cisimler aynı sıcaklıkta dengeye gelir. Bu duruma cisimlerin “ısı dengesi” denir. Sıfırıncı kanuna göre , eğer iki cisimden her biri üçüncü bir cisimle ısı dengede ise , o zaman cisimler kendi aralarında da ısı dengededirler denir.



$$T_A = T_B \text{ ve } T_B = T_C \text{ ise } T_A = T_B = T_C$$

Şekil. Termodinamiğin sıfırıncı kanunu: Termal denge

2. Termodinamiğin birinci kanunu:

Enerjinin korunumunu ifade eder Tüm enerji dönüşümlerinde enerji yok edilemez veya var edilemez.

Sürekli akışlı sistemler için:

Çok giriş (g) ve çıkışlı (ç) sistemler:

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_\text{ç} \left(h_\text{ç} + \frac{V_\text{ç}^2}{2} + z_\text{ç} \right) - \sum \dot{m}_\text{g} \left(h_\text{g} + \frac{V_\text{g}^2}{2} + z_\text{g} \right)$$

Tek giriş (1) ve çıkışı (2) olan sistemler;

$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} \left((h_2 - h_1) + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2000} + \frac{z_2 - z_1}{1000} \right)$$

Burada: \dot{m} ,(kg/s) kütleli debi, \dot{Q} (kW), sistemin birim zamandaki net ısısı, \dot{W} (kW), sistemin birim zamandaki net işi (Güç), h ,(kJ/kg), özgül entalpi, V , (m/s) hız, z , (m),yükseklik.

Kapalı sistemler (Kütle giriş ve çıkışının olmadığı sistemler):

$$Q - W = m (u_2 - u_1)$$

Burada;Q, (kJ), sistemin net ısısı, W, (kJ) sistemdeki net iş miktarı, m, (kg),kütle, u, (kJ/kg) iç enerji.

3.Termodinamiğin ikinci kanunu:

İşlemlerin belirli bir yönde meydana gelebileceğini ifade eder. Enerjinin niceliğinin (miktarının) yanında niteliğinin (kalitesinin) de dikkate alınması gerektiği üzerinde durur ve doğadaki değişimlerin enerjinin niteliğinin azaldığı yönde gerçekleştiğini belirtir. Farklı sıcaklıklardaki nesnelere enerji transferinin yönünü belirler. Bu kanuna göre; ısı yalnızca sıcak bir nesneden soğuk olana doğru akar. Tersini yapmak için enerji harcamak gerektir. Bu Clausius ifade olarak soğutmanın temeli oluşturmaktadır.

4. Termodinamiğin üçüncü kanunu:

Maddelerin entropisi ile ilgilidir. Mutlak sıcaklıkta (0 K) maddenin entropisi sıfırdır.

Tersinir ve Tersinmez İşlem

Bir hal değişiminde çevreye herhangi etki bırakmadan veya çevreden herhangi etki görmeden ilk duruma gelinirse işlem tersinirdir. Tersinir işlemler ideal ve kayıpların olmadığı hal değişimleridir. Tersinmez işlem ise hal değişiminde kayıplar varsa ve ilk duruma gelinmiyorsa oluşur. Gerçekte tersinir işlem yoktur. Gerçek işlemler ise tersinmez işlemlerdir. Mühendislik olarak ideal olan tersinir işleme ulaşmak istenir. Basınç kaybı, sürtünme, gaz karışımları ve ısı kayıpları istenmeyen tersinmezliklerdir.

Entropinin artma prensibi

Gerçek işlemlerde sistem ve çevresinin entropisindeki değişimlerinin toplamı her zaman pozitifdir. Yani toplam entropi değişimi her zaman pozitifdir ve artar.

$$\Delta S_{Top} = \Delta S_{Sistem} + \Delta S_{Çevre} \geq 0 \quad \left. \begin{array}{l} \Delta S_{Top} = 0 \text{ Tersinir İşlem} \\ \Delta S_{Top} < 0 \text{ İmkansız işlem} \\ \Delta S_{Top} > 0 \text{ Tersinmez işlem (Gerçek İşlemler)} \end{array} \right\}$$

Carnot verimi veya performans katsayısı

Tersinir işlemlerden meydana gelen bir Carnot çevrimin verimi veya performans katsayısı her zaman gerçek çevrimin verim veya performans katsayısından yüksektir.

$$\eta_{ısı,makina} < \eta_{tersinir,carnot}$$

$$\frac{W_{net}}{Q_{sic}} < \frac{T_{sic} - T_{soğ}}{T_{sic}}$$

$$COP_{tersinir,carnot} = \frac{T_{soğ}}{T_{sic} - T_{soğ}} > COP_{gerçek} = \frac{Q_{soğ}}{W_{giren}}$$

Sıcaklık:

Termodinamik bir özelliktir. Sistemi veya maddeyi tanımlar. Madde içerisindeki tek bir atom ya da molekülün ortalama kinetik enerjisi ile ilgilidir. Moleküler düzeyde kinetik enerjinin ölçüsüdür. Soğutma tekniğinde en çok kullanılan sıcaklık birimleri Celcius (santigrat, °C) ve Fahrenheit (°F) dir. Suyun donma ve buharlaşma noktalarını baz almışlar. Celcius (Donma=0 oC, Buharlaşma=100 oC), Fahrenheit (Donma=32 oF, Buharlaşma=212 °F). Termodinamik sıcaklık ölçeğinde ise Kelvin (K) kullanılır. İdeal gaz denklemlerinde ve Carnot verim ve performans katsayısı hesaplamalarında sıcaklık birimi Kelvin kullanılması gerekir.

$$T(^{\circ}F) = 1.8 T(^{\circ}C) + 32$$

$$\Delta T(^{\circ}F) = 1.8 \Delta T(^{\circ}C)$$

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273.15$$

$$\Delta T(K) = \Delta T(^{\circ}C)$$

$$\text{Örnek: } T = 50^{\circ}F \text{ ise } T = (50 - 32) / 1.8 = 10^{\circ}C$$

$$\Delta T = 10^{\circ}C \text{ ise } \Delta T = 10 K \text{ veya } \Delta T = 18^{\circ}F \text{ tr.}$$

Termometre:

Sıcaklığı ölçen cihazlardır. Piyasada değişik sıcaklık ölçerler mevcuttur. Civalı ve alkollü termometreler en ucuz ve en basit olanlarıdır. Günümüzde termokoule (ısı çiftler), termistor, rezistans sıcaklık ölçer, temassız sıcaklık ölçerler bulunmaktadır.

Termostat

Sıcaklık kontrol cihazıdır. Sıcaklığın istenen değerlerde kalmasını sağlar.

Isı

İki sistem arasında (veya sistem ile çevresi arasında) sıcaklık farkından dolayı gerçekleşen enerji geçiştir. İletim (Kondüksiyon), Taşınım (Konveksiyon) ve Işınım (Radyasyon) şeklinde ısı transfer edilir. Enerjinin bir türüdür. Madde içindeki taneciklerin her türlü kinetik enerjilerinin toplamıdır. Sıcaklık bir tek taneciği ilgilendirirken, ısı taneciklerin tümünü ilgilendirir. Kaynamakta olan sudan bir bardak su alınırsa, her ikisinin de sıcaklıkları aynıdır fakat ısı miktarları farklıdır. Isı bir enerji türüdür. Isı birimi olarak soğutma tekniğinde kilokalori "kcal", kilo Joule, "kJ" ve British Thermal Unit-İngiliz Isıl Birimi "BTU" kullanılmaktadır. Enerji birimi olarak da kilo Watt Saat "kWh" da kullanılmaktadır.

$$1 \text{ cal}=4.186 \text{ J veya } 1 \text{ kcal}=4.186 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ kWh}=3600 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ BTU} = 1055.06 \text{ J}=1.055056 \text{ kJ}=2.931 \cdot 10^{-4} \text{ kWh}=252.164 \text{ cal}= 0.252164 \text{ kcal}$$

$$150 \text{ kWh/Ay elektrik faturası, } 150 \text{ kWh} \cdot 1 \text{ TL/kWh}=150 \text{ TL/Ay}$$

Örnek: Soğutma makinasının kompresörü 5 kW güç tüketiyorsa ve günde 10 saat çalışıyorsa bir ayda gelecek elektrik faturası kaç TL olur?

$$\text{Çözüm}= 5\text{kW} \cdot 10 \text{ h/gün} \cdot 31\text{gün/ay} \cdot 1 \text{ TL/kWh}= 1550 \text{ TL/Ay}$$

Duyulur Isı:

Sisteme alınıp veya verildiğinde kendini sıcaklık değişimiyle gösteren ısıya duyulur ısı (hissedilebilen) ısı denir. Diğer bir deyişle, bir cismin veya maddenin sıcaklığını değiştirmek için alınması (soğutma işlemi) veya verilmesi (ısıtma işlemi) gereken ısı miktarına denir.

$$Q_d = m C \Delta T$$

Burada, Q_d duyulur ısı (kJ), m maddenin kütlesi (kg), C maddenin özgül ısısı (kJ/kgK) ve ΔT sıcaklık farkını ($^{\circ}\text{C}$ veya K) ifade eder.

Gizli ısı:

Bir cismin veya maddenin sıcaklığını değiştirmeksizin, faz durumunu değiştirmek için alınması veya verilmesi gereken ısı miktarına denir. Faz değişimi ile ilgili enerjidir. Buz erirken sıcaklığı sabit kalırken eriyebilmesi için aldığı ısı *gizli ısıdır* veya suyun buharlaşması için gerekli enerji, *gizli ısıdır*.

Buharlaşma ısısı:

Sıvı cisimler buharlaşma sıcaklığına geldiğinde, dışardan ısı verilmesine rağmen sıcaklığı artmaz, sabit kalır. Kaynamakta olan bir sıvının birim külesini buharlaştırmak için gerekli olan ısı miktarına buharlaşma ısısı denir. Örnek olarak; atmosfer basıncında suyu ısıttığımızda 100 °C’de kaynama başlar. 100 °C deki suyun bir kilogramı buharlaştırmak için gerekli olan ısı miktarı yaklaşık 2260 kJ/kg (540 kcal/kg)’ dir.

Buharlaşma gizli ısısı;

$$Q_g = m \cdot h_{sb}$$

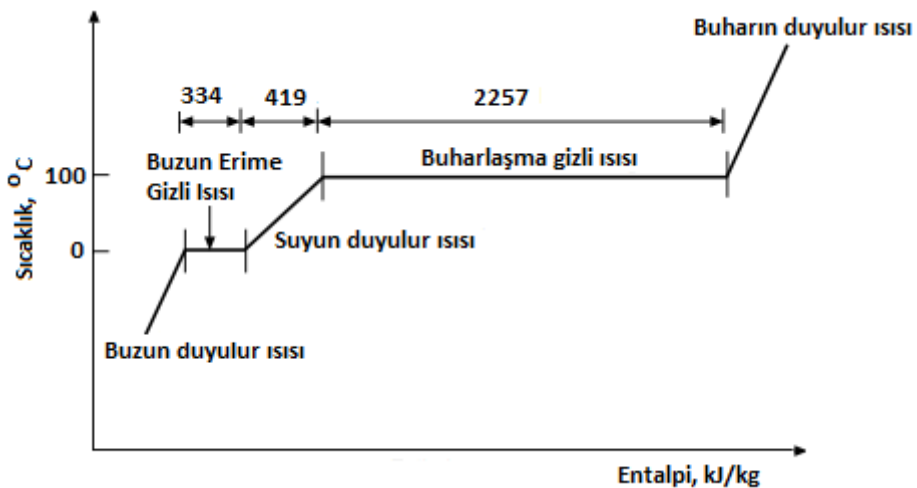
Denklemler ile hesaplanabilir. Burada, Q_g gizli ısı (kJ), m maddenin kütlesi (kg) ve h_{sb} gizli buharlaşma entalpisi (kJ/kg) ifade eder. h_{sb} su buharının doymuş sıvı ve doymuş buhar entalpileri (h_s ve h_b) arasındaki farktır. Termodinamik özellik tablolarından alınır.

$$h_{sb} = h_b - h_s$$

Erime gizli ısısı;

$$Q_e = m \cdot L$$

Denklemler ile hesaplanır. Burada m maddenin kütlesi (kg), L (kJ/kg) ise tablolardan alınan maddenin donma gizli enerjisidir.



Şekil. Atmosfer basıncında suyun faz değişimleri ve entalpileri

ISI TRANSFERİ

Isı ve sıcaklık dağılımının belirlenmesi veya bunlarla ilgili işlemler bir çok mühendislik ve bilim dallarında görülür. Kimyadan uzay bilimlerine kadar her alanda ısı transferinin ilişkili olduğu bilinmektedir.

Isı transferi, iki sistem veya sistemle çevresi arasında sıcaklık farkından dolayı gerçekleşen enerji geçişine denir. Başka bir anlatımla, enerji geçişi sadece sıcaklık farkından dolayı gerçekleşmişse ısı transferi meydana gelmiştir. Tanımdan da anlaşılacağı gibi, ısı transferinin olması için sıcaklık farkının olması gerekir.

Isıtma ve soğutma işlemlerinde ısının en iyi ve ucuz şekilde transferini veya istenmeyen ısı transferinin önlenmesi yani izolasyon için gerekli bilgileri Isı Transferi sağlar.

Isı Transferinin Gerçekleşme Yolları

Isı transferi üç farklı şekilde gerçekleşebilir.

- 1- Isı İletimi (Kondüksiyon)
- 2- Isı Taşınımı (Konveksiyon)
- 3- Isı Işınımı (Radyasyon)

Bu üç ısı transferi şekli gerçekte birlikte gerçekleştiği gibi ayrı olarak da gerçekleşebilirler. Fakat sistem analizlerinde ayrı gerçekleştiği kabul edilerek hesaplar yapılmaktadır. Çünkü bazı işlemlerde bazı ısı transfer şekilleri ihmal edilecek düzeydedir.

1- ISI İLETİMİ:

Bir maddenin komşu molekülleri arasındaki enerji alışverişidir. Bu ısı iletimi katı, sıvı ve gaz ortamlarda gerçekleşebilir. Sıvı ve gazlarda iletim, moleküllerin rastgele hareketleri sırasında birbirleriyle çarpışmaları sonucu oluşur. Katılarda ise moleküllerin sabit düzen içindeki titreşimleri ve serbest elektronların hareketleri sonucunda gerçekleşir. Bundan dolayı elektriksel ve ısı iletkenlik arasında belirgin bir bağıntı vardır. Örneğin bakır veya gümüş gibi elektriği iyi ileten maddeler genellikle ısıyı da iyi iletirler.

dx kalınlığında bir tabakadan birim zamanda iletimle geçen ısı Q, sıcaklık farkı ve ısı geçişine dik olan alan ile A ile doğru orantılı, tabakanın kalınlığı ile ters orantılıdır. Bu durumda ısı akımı aşağıdaki denklemle ifade edilebilir.

$$Q = -kA \frac{dT}{dx} \text{ (W)}$$

veya birim yüzeyden geçen ısı miktarı ısı akım şiddeti olarak;

$q = -k \frac{dT}{dx}$ (W/m²) olarak ifade edilir. Bu denklem **Fourier Isı İletim Kanunu** olarak adlandırılır. Buna göre ısı sıcaklığın azaldığı yönde iletilir. Yani daima ısı yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru akar.

Buna göre s kalınlığında ve $T_2 > T_1$ ise ;

$$Q = kA \frac{(T_2 - T_1)}{s} \text{ olur.}$$

Burada, denklemlerdeki orantı sabiti **k** (W/m °C), maddenin ısı iletim katsayısıdır.

Isı iletim katsayısı, maddenin fiziksel bir özelliği olup, maddenin ısı iletme yeteneğinin bir ölçüsüdür. Isı iletim katsayısı her madde için farklı olup, maddenin yapısına nemliliğine ve sıcaklığına bağlıdır. Isı iletim katsayısı, genel olarak katı maddelerde en büyük ve gazlarda en küçük değerlere sahiptir. Sıvılardaki değerleri ise orta büyüklüktedir.

Gazlarda sıcaklık arttıkça ısı iletim katsayısı artar. Sıvılarda ısı iletim katsayısı genellikle sıcaklık arttıkça azalır. Ama su için tersi bir durum vardır. Sıcaklık arttıkça ısı iletim katsayısı da artar. Katılarda ise bazı istisnalar hariç (Alüminyum) ısı iletim katsayısı sıcaklıkla azalır.

Isı iletim katsayısının mertebeleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 1. Isı iletim katsayısının mertebeleri

Madde	k (W/m °C)
Gazlar	0.002-0.2
Yağlar	0.1-1.0
Su	0.5-0.7
Hava (20 °C)	0.03
Katılar	20-200
Saf Metaller	40-400

Tablo 2. Bazı maddeler için ısı iletim katsayıları ((W/m °C)), T=20 °C için

Malzeme	k (W/m °C)
Elmas	2300
Gümüş	429
Bakır	401
Altın	317
Demir	80
Çelik	61
Taş	2.9

Beton	1.28
Cam	1.4
Tahta	0.17
Helyum	0.15
Cam yünü	0.043

Örnek: Bir endüstriyel fırının duvarı ($k=1.7 \text{ W/mK}$), 20 cm kalınlığında tuğladan yapılmıştır. Sürekli çalışma sırasında yapılan ölçümlerle duvar iç ve dış yüzey sıcaklıkları $1150 \text{ }^\circ\text{C}$ ve $850 \text{ }^\circ\text{C}$ olduğu tespit edilmiştir. Kenar uzunlukları 2 m ve 3 m olan fırın duvarından geçen ısıyı hesaplayınız.

Çözüm:

$T_i=1150 \text{ }^\circ\text{C}$ ve $T_d= 850 \text{ }^\circ\text{C}$ ve $s=0.2 \text{ m}$., $k=1.7 \text{ W/mK}$

$A=2*3=6 \text{ m}^2$

$$Q = kA \frac{(T_i - T_d)}{s} = 1.7 * 6 * \frac{(1150 - 850)}{0.2} = 15300 \text{ W} = 15.3 \text{ kW}$$

Örnek 2: 2 cm kalınlığında ve iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı $25 \text{ }^\circ\text{C}$ olan bir tahta plakandan geçen ısı akım şiddeti 150 W/m^2 'dir. Buna göre tahtanın ısı iletim katsayısını hesaplayınız.

Çözüm:

$q= 150 \text{ W/m}^2$, $s=2 \text{ cm}=0.02 \text{ m}$ ve $\Delta T=25 \text{ }^\circ\text{C}$

$$q = k \frac{\Delta T}{s} = 150 = k \frac{25}{0.02} \Rightarrow k = 0.12 \text{ W/m}^\circ\text{C} \text{ bulunur.}$$

2-ISI TAŞINIMI:

Isı transferinin en önemli konusu ısı taşınımıdır. Isı taşınımı, katı bir yüzeyle onun temas ettiği hareketli akışkan bir ortam arasında gerçekleşen ısı alışverişidir. Burada akışkanın hareketi kendiliğinden yani sıcaklık farkının oluşturduğu yoğunluk farkından dolayı oluyorsa serbest veya doğal konveksiyonla ısı transferi (Doğal ısı taşınımı) denir. Eğer akışkanın hareketi bir pompa, pompa veya rüzgar gibi zorlayıcı bir dış etkenle oluyorsa bu durumdaki ısı transferine, zorlanmış konveksiyonla ısı transferi (Zorlanmış ısı taşınımı) denir.

Bir akışkanın faz değiştirme sırasında oluşan ısı transferi de ısı taşınımı kapsamına girer. Örneğin suyun buharlaşması veya yoğuşması işlemleri.

Mühendislik uygulamaların da T_s sıcaklığındaki bir yüzey ile T_f sıcaklığındaki bir akışkan arasındaki ısı taşınımı aşağıdaki denklemle verilir. Bu denklem **Newton'un Soğutma Kanunu** olarak da bilinir.

$$Q = hA(T_s - T_f)$$

Burada h, ısı transfer katsayısı olup birimi W/m^2C' 'dir. h akışkanın bir özelliği değildir. h'nin tespiti ısı taşınımının temel problemi olup, değeri akışın tipine (laminar veya Türbülanslı), akışkanın fiziksel özelliklerine, yüzey geometrisine veya akışın geçtiği yerin geometrisi gibi bir çok değişkene bağlıdır. Fikir vermesi açısından ısı transfer katsayısının mertebeleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3. Isı transfer katsayısının mertebeleri

Akışkan	Doğal Konveksiyon, h, (W/m^2C)	Zorlanmış Konveksiyon,h, (W/m^2C)
Gazlar	5-30	30-300
Yağlar	5-100	30-3000
Su (tek faz)	30-300	300-10000
Kaynama veya Yoğuşma	2000-20 000	3000-30 000

Örnek 1: Elektrik ile ısıtılan bir plaka $25\text{ }^{\circ}C$ 'deki bir ortama $8000\text{ }W/m^2$ ısı vermektedir. Plakanın sıcaklığı $125\text{ }^{\circ}C$ ise plaka ile hava arasındaki ısı transfer katsayısını hesaplayınız.

Çözüm:

$$q = h(T_s - T_f) \Rightarrow 8000 = h(125 - 25) \Rightarrow h = 80\text{ }W/(m^2\text{ }^{\circ}C)$$

Örnek 2: $150\text{ }^{\circ}C$ 'deki sıcak hava $50\text{ }^{\circ}C$ 'de bulunan bir levha üzerinde akmaktadır. Isı transfer katsayısı $h=75\text{ }W/(m^2\text{ }^{\circ}C)$ ise $A=2\text{ }m^2$ lik bir yüzeye transfer edilen ısı miktarını hesaplayınız.

Çözüm:

$$Q = hA(T_f - T_s) = 75 * 2 * (150 - 50) = 15000W = 15kW$$

3-ISI IŞINIMI:

Cisimler birbirine dokunmadan da ısı ışınlama ile ısı transferinde bulunabilirler. Bütün cisimler sahip oldukları sıcaklıktan dolayı sürekli olarak enerji yayarlar ve bu yaydıkları enerjiye ısı ışınlama denir. Bu durumda cisim ısı dalgası enerjisine çevrilerek diğer cisme aktarılır. Diğer cisimde dalgası enerjisini tekrar ısı enerjisine dönüştürerek ısı transferi tamamlanır.

T sıcaklığındaki bir cisimden yayılan maksimum ışınlama Stefan-Boltzmann kanunu ile;

$Q = \sigma AT^4$ (W) ile belirlenmiştir.

Burada A yüzey alanı, σ ise Stefan-Boltzmann sabiti ($5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$)'tür. T mutlak sıcaklık olarak Kelvin cinsinden olmalıdır.

Ancak mükemmel cisimler olarak kabul edilen ve siyah cisim olarak adlandırılan cisimler maksimum enerji yayarlar. Gerçek bir cisim (gri cisim) tarafından yayılan ışınım ise;

$Q = \varepsilon \sigma AT^4$ ile hesaplanır.

Burada ε **yüzeyin yayma oranı** olup, yüzeyin pürüzlülüğü, rengi, malzemesi gibi değişik faktörlere bağlıdır. $0 \leq \varepsilon \leq 1$ arasındadır. Siyah cismin $\varepsilon = 1$ 'dir. Çizelgede bazı malzemeler için yayma oranları verilmiştir.

Madde	Yayma katsayısı, ε
Alüminyum folyo	0.07
Parlatılmış bakır	0.03
Parlatılmış çelik	0.17
Siyah boya	0.98
Kırmızı tuğla	0.93-0.96
İnsan derisi	0.96
Toprak	0.96

Yüzeylerin ışınım ile ilgili bir başka önemli özelliği **yutma oranı α** 'dır. Yayma oranı bir yüzeye gelen ışınım miktarının ne kadarının yüzey tarafından yutulduğunu gösterir. $0 \leq \alpha \leq 1$ arasında değişir. Siyah cismin $\alpha = 1$ 'dir. Bir yüzeyin yutma oranı genellikle yayma oranından farklıdır. Fakat pek çok pratik uygulamada analizi basitleştirmek için birbirine eşit kabul edilir.

Çok sık karşılaşılan bir özel durum olarak T_s sıcaklığındaki bir yüzey ile bu yüzeyi tamamen çevreleyen ve T_c sıcaklığındaki bir ortam arasındaki ışınım ile ısı transferi;

$Q = \varepsilon_1 \sigma A_1 (T_s^4 - T_c^4)$ denklemi ile hesaplanır.

Şayet sonlu bir yüzeye sahip iki cisim arasındaki ışınım ile ısı transferi ise

$Q = F_1 \sigma A_1 (T_1^4 - T_2^4)$ denklemi ile bulunur. Burada F_1 biçim faktörü olup yüzeylerin birbirine olan konumları ve yüzey yayma katsayıları bağlı olup çizelgelerde çeşitli durumlar için verilmektedir.

Örnek:

0.2 m çapında daire şeklindeki bir levhanın bir yüzeyi izole edilmiş diğer yüzeyi 550 K sıcaklıkta tutulmaktadır. Eğer sıcak yüzeyin yayma katsayısı 0.9 ve ortam sıcaklığı da 300 K ise plakanın çevreye yaydığı ısı miktarını hesaplayınız.

Çözüm:

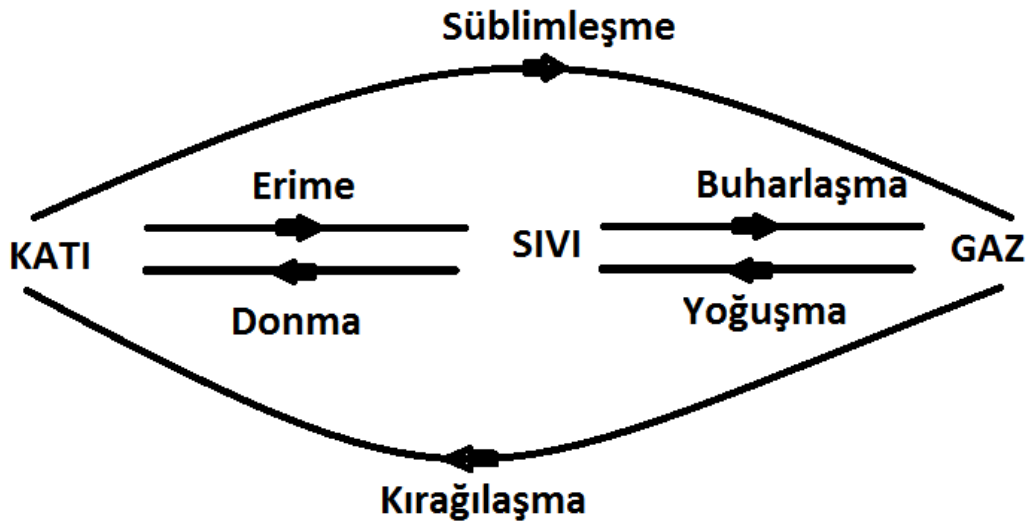
$\epsilon=0.9$, $A=\pi d^2/4=0.0314 \text{ m}^2$, $\sigma=5.67*10^{-8}$ ile

$$Q = \epsilon_1 \sigma A_1 (T_s^4 - T_c^4) \Rightarrow Q=134.5 \text{ W Bulunur.}$$

Faz Değişimi

Faz, atom veya moleküler düzeydeki dizilişi ifade eder. Madde genelde katı, sıvı, gaz fazında bulunmaktadır.

Faz değişim işlemleri iklimlendirme uygulamalarında, havanın soğutucu serpantinler üzerinden geçerken içindeki su buharının yoğuşması (sıvı faza geçmesi) veya havaya nem ilave etmek için püskürtülen suyun bir kısmının buharlaşarak hava içine katılması gibi değişik şekillerde karşımıza çıkar. Ayrıca mekanik soğutmanın temel elamanları olarak kondenser ve buharlaştırıcıda soğutucu akışkanda faz değişimi meydana gelmektedir. Fazlar arası değişimler; katıdan sıvıya geçiş **erime**, sıvıdan gaza **buharlaşma**, gazdan sıvıya **yoğuşma**, sıvıdan katıya **donma**, gazdan katıya geçiş **kırağlaşma**, katıdan gaza geçiş **süblimleşme** olarak adlandırılır.



Şekil. Maddede faz değişimleri

Kuru buz (katı CO₂), atmosferik şartlarda süblimleşme ile katıdan gaz haline geçer.

Yoğunluk :

Bir maddenin birim hacminin kütlesidir. Birimi: kg/m³'dir.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Özgül hacim:

Bir cismin birim kütesinin hacmidir ve daha çok gazlar, buharlar ve hava için kullanılır. Birimi: m³/kg'dır.

$$v = \frac{V}{m}$$

$$\rho = \frac{1}{v}$$

Özgül Isı:

Bir maddenin sıcaklığını bir derece yükseltmek için gerekli ısı miktarına özgül ısı denir. Özgül Isı, C, birimi (kJ/kg K) veya (kJ/kg °C)'dir. Özgül ısı sıcaklığın fonksiyonudur. Genellikle hesaplamalarda ortalama bir değeri alınır. Sabit basınç için özgül ısı, C_p ve sabit hacim için C_v tanımlanır.

Sıkıştırılmayan maddeler olarak katı ve sıvılarda C_p=C_v=C'dir. Gazlarda ise C_p ve C_v değerli farklı olup gaz sabiti R=C_p-C_v olarak hesaplanabilir. Örneğin havanın özgül ısısı C_p=1.005 kJ/kg °C, C_v=0.18 kJ/kg °C ve R=0.287 kJ/kg °C'dir.

Bazı Maddelerin Özgül Isıları

Madde	Özgül Isı, C kJ/kg °C
Su	4.186
Bakır	0.37
Alüminyum	0.91
Demir	0.46
Elma (Donmadan önce)	3.64
Muz(Donmadan önce)	3.35
Sığır eti, karkas (Donmadan önce)	2.85

Kritik nokta:

Doymuş sıvıyla doymuş buhar hallerinin aynı olduğu hal kritik noktadır. Kritik noktanın üstünde faz değişimi gözükmez. Kritik noktada kritik sıcaklık, kritik basınç ve kritik özgül hacim tanımlanır. Basınç altındaki gazın, sıvılaştırılabildiği sıcaklık derecesi kritik sıcaklıktır. Bunun üzerindeki sıcaklıkta sadece basınç uygulayarak gazı sıvı hale getirmek mümkün değildir. Kritik sıcaklıktaki gazla sıvının denge halinde olduğu basınç kritik basınçtır. Kritik ve sıcaklık ve kritik basınçtaki özgül hacim kritik özgül hacim değerini verir.

Basınç:

Katı, Sıvı ve Gazlar ağırlıkları nedeniyle buldukları yüzeye bir kuvvet uygularlar. Kuvvetin kaynağı ne olursa olsun birim yüzeye dik olarak etki eden kuvvete basınç(P), bütün yüzeye dik olarak etki eden kuvvete de Basınç kuvveti(F) denir. Basınç kısaca birim yüzeye etki eden kuvvete denir. Basınç, P (Pa) aşağıdaki denklemden hesaplanabilir.

$$P = \frac{F}{A}$$

Burada F (N), kuvvet, A (m²) ise alandır. Akışkanın özgül ağırlığının ve yüksekliğinin yaptığı basınç, P (Pa) ise aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$P=\rho gh$$

Burada ρ , akışkan yoğunluğu,(kg/m³), g yerçekim ivmesi (9.81 m/s²) ve h sıvı akışkan yüksekliği (m)'dir.

Basınç Birimleri: Pascal (Pa=N/m²), Bar, atmosfer (Atm), Bar, Sıvı yüksekliği (mSS=metre su sütunu, cmHgS=santimetrecivasütunu), PSI (Pounds per square inch, İngiliz Birim sistemi)

$$1 \text{ bar}=100 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ Atm}=101.325 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ Atm}=760 \text{ mmHgS}$$

$$1 \text{ Bar}=14.50368 \text{ PSI}$$

Manometre: Basınç ölçer cihazdır. Sıvı sütunlu basınç ölçerler (U Tipi manometre, Eğik manometre,), Bourdan tüplü manometre ve Piezoelektrik basınç ölçerler gibi cihazlar bulunmaktadır.

Presostat: Basınç kontrol cihazıdır.

Barometre: Atmosfer basıncı ölçer.

Atmosfer üstü basınçlarda; mutlak basınç (P_{mutlak}) gösterge basıncı ($P_{\text{gösterge}}$) ile atmosfer basıncının (P_{atm}) toplamıdır.

$$P_{\text{mutlak}}=P_{\text{gösterge}}+P_{\text{atm}}$$

Vakum Basıncı: Atmosfer basıncının altındaki basınca vakum basıncı denir. Bu durumda;

$$P_{\text{vakum}}=P_{\text{atm}}- P_{\text{mutlak}}$$

$$1 \text{ Torr} =1/760 \text{ mmHgS} =133.3 \text{ Pa} \text{ (Vakum Basınç birimi için kullanılıyor)}$$

Tablo ve diyagramlar, mutlak basınca göre düzenlenmiştir.

Güç: Birim zamanda üretilen veya tüketilen enerjidir.

$$\text{Güç} = \frac{\text{Enerji}}{\text{Zaman}}$$

Güç Birimi: kW, kcal/h, BTU/h, BG (HP, Beygir Gücü), ton soğutma

$$1 \text{ kW}=3412.14 \text{ BTU/h}=860 \text{ kcal/h}=1.36 \text{ BG}$$

$$1 \text{ BG}=735.5 \text{ W}$$

$$1 \text{ BG} = 746 \text{ W (Amerikan)}$$

$$1 \text{ ton soğutma}= 12000 \text{ BTU/h}=3026 \text{ kcal/h}=12660 \text{ kJ/h}=3.51667 \text{ kW}$$

0°C'deki bir ton buzun 24 saat içinde su hâline gelmesi için çevresinden emdiği ısıya **1 ton soğutma** denir. Yüksek soğutma yüklerin ifade edilmesinde kullanılmaktadır.

İdeal Gaz Denklemi

$$PV=mRT$$

Burada P, mutlak basınç (kPa), V, gaz hacmi (m³), m, kütle (kg), R, gaz sabiti (tablolardan alınır veya R=8.314/Gazın Moleküler ağırlığı ile hesaplanır) ve T, gaz sıcaklığı (Kelvin) olmalıdır.

Örnek: 20 m² taban alanına ve 3 m tavan yüksekliğine sahip bir odada sıcaklık 25 °C ve basınç, atmosfer basıncı olarak 100 kPa ise odadaki havanın toplam kütesini ve yoğunluğu hesaplayınız. (R_{hava}=0.287 kJ/kgK)

Çözüm: P=100 kPa, V=20 m² x3 m=60 m³, R_{hava}=0.287 kJ/kgK, T=25 °C +273=298 K

$$m = \frac{PV}{RT} = \frac{100 \text{ kPa} \times 60 \text{ m}^3}{0.287 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \times 298 \text{ K}} = 70.154 \text{ kg}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{70.154 \text{ kg}}{60 \text{ m}^3} = 1.169 \text{ kg/m}^3$$

BÖLÜM 2. SOĞUTMA YÖNTEMLERİ

Soğğun elde edilmesi genel olarak doğal ve mekanik metotlarla yapılmaktadır. Isı çekme işlemi ile soğutma aşğıdaki prensipler kullanılarak yapılabilmektedir.

1- Soğuk bir madde kullanılarak soğutmanın elde edilmesi:

Bir madde gerekli soğutma sıcaklığından daha düşük bir sıcaklıkta ise, soğutulacak sistemle temas ettirilerek soğutma elde edilebilir. Örneğın, bir binaya hava kanallarından soğuk hava verilerek çevreden daha düşük bir sıcaklığa kadar soğutulabilir. Soğuk su, süt ürünlerini ve diğer endüstriyel işlemlerde soğutmada kullanılır. Soğutma sağlayan madde tarafından emilen enerji sıcaklığını artırır. Dolayısıyla sürekli soğutma sağlamak için, harici bir soğutma çevrimi gerektirebilecek sürekli soğutulmuş madde beslemesi sağlanmalıdır.

2. Maddelerin endotermik karıştırılması ile soğutmanın elde edilmesi

İnsanlar tarafından bilinen en eski yöntemlerden biridir. Bazı maddeler, birbirleri ile çeşitli oranlarda karıştırıldığında, kendi sıcaklıklarından daha düşük sıcaklıklar oluşturulabilir. Sodyum nitrat, sodyum klorür, kalsiyum klorid gibi bazı tuzlar suda çözüldüğünde düşük sıcaklıklar elde edilebilir. Örneğın NaCl (mutfak tuzu) buzlu su ile karıştırıldığında -21°C 'ye kadar düşük sıcaklıklara ulaşmak mümkündür. Kalsiyum klorid ile -51°C 'lik bir sıcaklık elde edilebilir. Bununla birlikte, düşük sıcaklık elde etmek için endotermik karıştırmanın çeşitli pratik sınırlamaları vardır. Bunlar: elde edilen soğutma etkisi çok küçüktür ve çözülmüş tuzun geri kazanımı genellikle ekonomik değildir, çünkü çözültiden bu suyun buharlaşmasını gerektirir.

3. Maddelerin Faz değişimleri ile soğutma elde etme

Soğutma, maddelerin süblimasyon, erime ve buharlaşma gibi faz değişimiyle elde edilebilir. Elde soğutma sıcaklığı ve miktarı faz değişimine uğrayan maddeye bağlıdır. 1 atmosfer basıncında 0°C sıcaklığındaki 1 kg saf su buzu eridiğinde çevresinden 335 kJ enerji çektiğı bilinmektedir. 1 kg kuru buz (katı CO_2), 1 atmosfer basıncında -78.5°C sıcaklıkta süblimasyona maruz kalarak 573 kJ soğutma etkisi yapar. Normal buz ve kuru buz ile soğutma elde etme bir çok uygulamada yaygın kullanılmaktadır. Örneğın, kuru buz (katı karbondioksit), yalıtımlı kaplardaki dondurmanın yanına konularak dondurmanın daha uzun süre erimeden kalmasını sağlar. Bu arada kuru buz süblimasyona uğrayarak sürekli dondurmadan ısı çeker ve dondurmanın düşük sıcaklıklarda soğuk kalmasını ve erimemesini sağlamaktadır. Aynı şekilde suyun içene atılan buz eriyerek suyun soğuk olmasını sağlamaktadır. Buharlaşma, soğutma elde etmede en çok kullanılan faz değişimi işlemidir. Özellikle soğutucu akışkan kullanan tüm çevrimlerde sıvıdan buhara geçerken oluşan buharlaşma faz değişimi ile ısı çekilerek soğutma elde edilir. Soğutma makinalarının evaporatöründe soğutucu akışkanın buharlaşması ile soğutmanın elde edilmesi buna örnek olarak verilebilir. Elimize kolonya döktüğümüzde, kolonya elimizden ısı çekerek elimizi serinletmesi buharlaşma ile ısı çekmeye verilebilecek başka bir örnektir.

4. Gazların genişlemesi ile soğutmanın elde edilmesi

Gazların yüksek basınçtan düşük basınca genişlemesiyle sıcaklığı da düşebilir. Bu durumda düşük sıcaklıktaki gaz soğutmada kullanılabilir.

5. Maddelerin magnetik ve termoelektriksel özellikleri ile soğutmanın elde edilmesi

Herhangi bir akışkan kullanmadan maddenin magnetik ve termoelektriksel özellikleri ile düşük sıcaklıklar elde edilebilir.

Soğutmada Kullanılan Makineler:

1) Su Buharlaştırıcı Makineler: Bir cismin sıvı halinden gaz haline geçmesinde, dışardan önemli bir ısı toplaması olayı meydana gelir. Bu da buharlaşma ısısı mümkün olduğu kadar büyük bir sıvı kullanmaya sevk eder. Su bu vasıflara haiz olmakla birlikte, buharlaşmadan sonra meydana getirdiği buharın işgal ettiği büyük hacim sebebiyle, bu iş için kullanılabilmesi için büyük yer kaplayan makinelere ihtiyaç vardır.

2) Yoğunlaşabilen gazlarla çalışabilen makineler:

Saniyede , buharlaşma ısısı oldukça yüksek , buharının özgül hacmi ufak , gaz halinden sıvı haline gelmesi kolay olan gazlar kullanılmaktadır. Bu suretle küçük bir hacmin altında büyük ve güçlü basit makineler kullanılır.

Elde edilen buharın yoğunlaştırılması bir birinden farklı iki metotla elde edilir.

- a) Kimyevi bir işlemle (emme)
- b) Fiziki bir işlemle (sıkıştırma)

Emme ile çalışan makinelerde amonyak gibi ısıya karşı fazla temayülü bulunan bir sıvı kullanılır. Amonyak buharlaştıktan sonra, bir emici içinden geçer ve burada su içinde erir. Sıvı doymuş hale geldiği zaman bir kazana sevk edilir ve ısıtılır. Sıcaklığın artması ile amonyak sudan ayrılır ve su ceryanı ile soğutulan bir yüzeyle kondensere giderek yoğunlaşır. Sıvı halindeki amonyak bir ayar musluğundan geçecek tekrar buharlaştırıcıya döner ve burada buharlaşarak soğuğu meydana getirir.

3) Sıkıştırılmalı makineler: Bu tip makinelerin çalışma prensibi havalı makinelerin çalışma prensibine benzer. Ancak sıkıştırılmalı bir gazın yoğunlaştıktan sonra buharlaşması ile meydana gelen soğuktan istifade edilir.

Kompräsör diye tabir edilen bir gaz pompası, buharlaşan sıvıyı buharlaştırıcıdan veya soğutucudan emer ve basar. Gaz bir kondansör içine sıkıştırılarak basıncın ve soğumanın müşterek tesiri altında yoğunlaşır. Bu şekilde elde edilen sıvı bir ayar vanasından geçerek buharlaşmak üzere tekrar soğutucuya döner. Bu buharlaşma, buharlaştırıcı ile temasta olan cisimlerden büyük bir miktarda ısı toplar.

Soğutma devrelerinde kullanılan maddeler:

Soğutucu madde: Buzdolabı gibi devrelerde soğutucu olarak kullanılan maddelere soğutucu denir. Soğutucu maddeler vasıflarına göre birincil ve ikincil olarak sınıflandırılırlar.

Birincil soğutucu akışkanlar (Maddeler): Direkt soğutma sistemlerinde devrede dolaşan gaz soğutmayı sıcaklık olarak buharlaşma yolu ile şekil değiştirerek yapar, bunlar birincil soğutuculardır. R-134a, R-410, amonyak (NH₃) ve R-1234xy.

İkincil soğutucu soğutucu akışkanlar : Devrede buharlaşmadan ve şekil değiştirmeden ısı alış-verişi ile soğutma yapar. Örnek, sulu fan coil (chiller) sisteminde mahalde dolaşan soğuk su veya şoklamada kullanılan salmuralı su veya glikollü su ikincil soğutucu akışkanlardır.

Mekanik Soğutma**1 Sistem**

Birinci sınıf soğutucuların kolaylıkla buharlaşma özelliklerinden istifade ile soğutma sisteminde basınç ve sıcaklık üretimi mekanik vasıtalarla temin edilir. Gazın devre içinde emilip basılması kompräsör tarafından yapıldığı için bu sisteme mekanik soğutma sistemi denir.

2. Kısımlar

Bu sistem, kompresör, kondenser, evaporatör, kılcal boru gibi ana parçalardan meydana gelmiştir.

3. Soğutma Devresi

Soğutucu kılcal boru vasıtasıyla basınç altında evaporatöre sürülür. Evaporatör içindeki sıvı, soğutucu evaporatör etrafını sarmış olan yüksek sıcaklıktaki cisimlerden buharlaşma gizli ısını emerek kaynar ve buharlaşır. Bu ısı alımı odanın veya dolabın içinde bulunan cisimlerin sıcaklığını daha düşük bir dereceye düşürür. Çalışmaya devam eden kompresör, evaporatörden etkilenecek yüklü gaz pistonunun itişisi esnasında sıkışarak hacmi küçülür. Basınç ve ısı yükselerek yüksek basınçlı gaz halinde kompresör tarafından kondensere itilir. Burada buharlaşma için evaporatörde almış olduğu gizli ısıya eşit bir ısıyı kondenseri soğutma için kullanılan soğutma vasıtası olan hava tarafından alınır. Bu ısı verimi neticesinde soğutucunun basıncı düşmeden yüksek basınçlı gaz halinden yüksek basınçlı sıvı haline geçer. Sıvı halindeki soğutucu tekrar ve kompresör çalışmaya devam ettiği müddetçe soğutma devresi olarak adlandırılan bu değişim soğutmayı temin eder. Devamlı olarak evaporatör civarından alınan ısı kondensere bırakılmak suretiyle soğutma temin edilir.

Emme Sistemi İle Soğutma

Emme sistemi ile soğutma makineleri termik enerjiden faydalanılarak yapılmıştır. Devre içindeki soğutucunun geçirmiş olduğu haller aynen mekanik soğutma sisteminde olduğu gibidir.

Soğutma sisteminde mekanik bir arıza bulunmadığı için sessiz çalışır. Amonyak gazının su da kolaylıkla erimesinden istifade edilerek bu sistemde kullanılır. Sulu amonyak ısıtıldığı zaman buhar haline geçer ve bu halde amonyaktan eser kalmaz. Su bu devrede emici vazifesi görür. Ayrıca emici olarak silicagel kullanılır. Bu maddenin bir mühim vasfı, rutubeti emmesidir. Gazın ısıtılması elektrik veya yanıcı bir madde ile olabilir.

SOĞUTMA SİSTEMLERİ

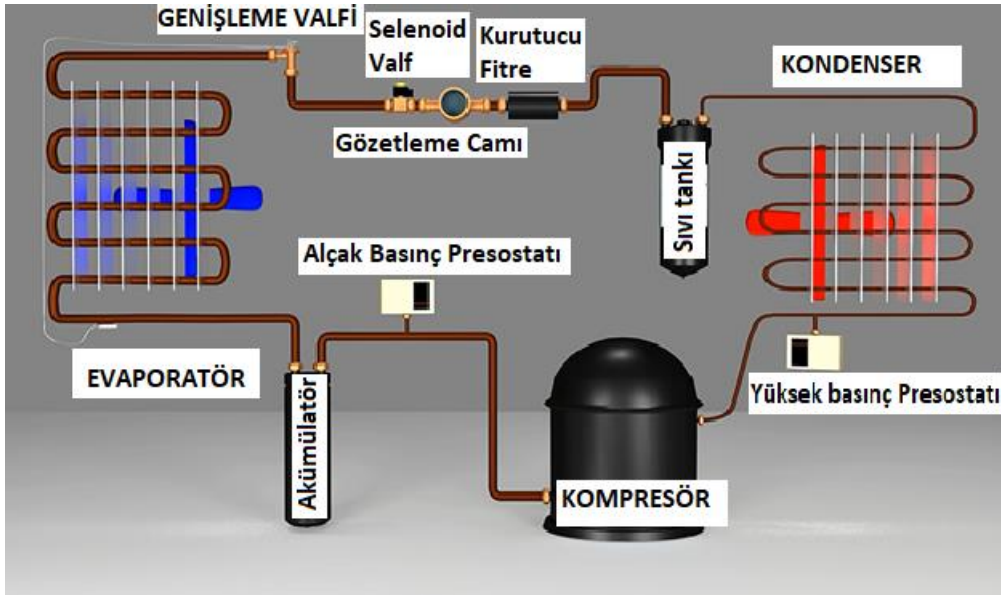
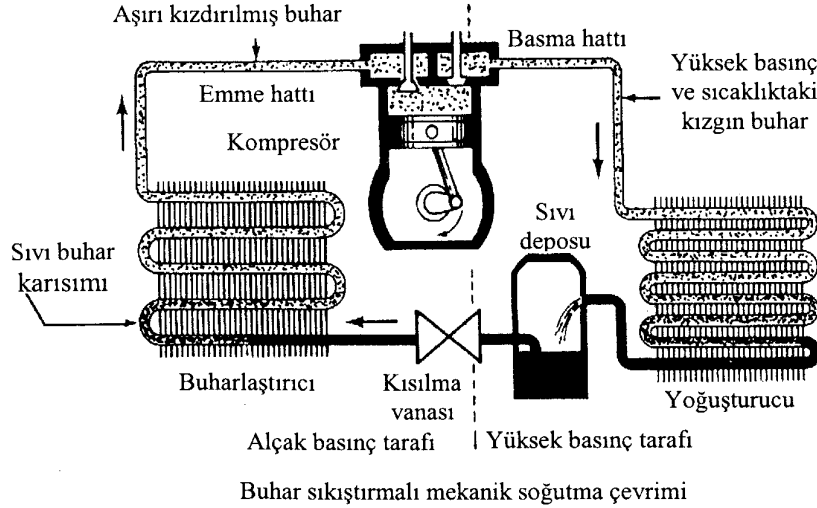
Soğutma Yöntem ve sistemleri;

- 1) Buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma (Örnek: Buzdolabı, split klimalar)
- 2) Absorbsiyonlu soğutma (Örnek, trijenerasyonlu sistemlerde)
- 3) Adsorbsiyonlu soğutma
- 4) Termoelektrik soğutma sistemi
- 5) Manyetik soğutma
- 6) Paramanyetik soğutma
- 7) Vortex tüpüyle soğutma
- 8) Nemlendirmeli (evaporatif, buharlaştırımlı) soğutma
- 9) Eriyik teşkiliyle soğutma
- 10) Gazların genişlemesi ile soğutma
- 11) Vakumla soğutma
- 12) Buhar jet (ejektörlü) soğutma
- 13) Stirling soğutma sistemi
- 14) Akustik (sesle) soğutma

1)-Buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma:

Soğutmada en sık uygulanmakta olan ve en çok tercih edilen sistem buhar sıkıştırımlı soğutma sistemidir. Bu tip soğutma çevriminde sistemde kompresör, kondenser, (yoğustucu), genleştirici (genleşme vanası veya kılcal boru) ve evaporatör (buharlaştırıcı) bulunur. Sistem elemanları bakır boru ile birbirlerine seri olarak bağlanırlar ve kapalı bir devre oluşturulur. Sistemde dışardan verilen iş sayesinde soğutucu akışkanın mekanik olarak kompresör tarafından sıkıştırılması esasına dayanır.

Bu sistemde kompresörde yüksek basınca sıkıştırılan soğutucu akışkan kızgın buhar halinde yoğuşturucuya (kondenser) gönderilir. Burada, çevreye ısı vererek yoğuşan soğutucu akışkan, kısılma vanasında alçak basınca kısılarak ıslak-buhar halde buharlaştırıcıya (evaporatör) girer. Buharlaştırıcıyı çevreleyen ortam sıcaklığının altında bir sıcaklığa sahip olan soğutucu akışkan, ortamın ısını çekerek, ortamı soğutur ve buharlaştırıcı çıkışında doymuş buhar halde kompresör tarafından emilir. Böylece çevirim sürekli olarak devam eder.



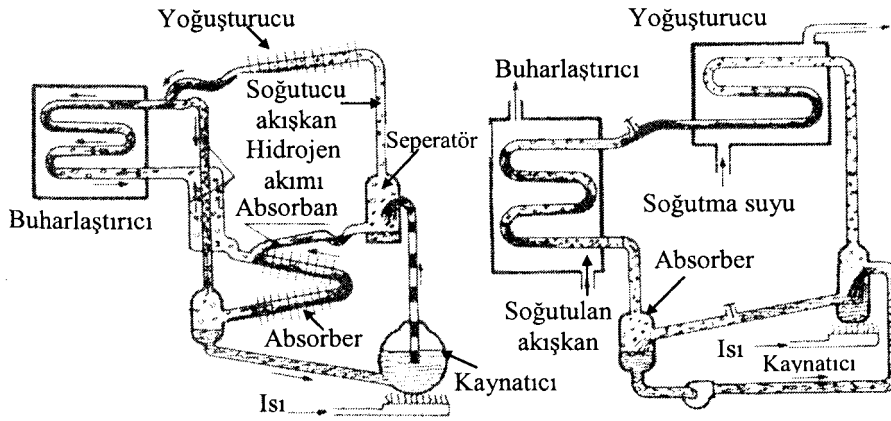
Absorbsiyonlu soğutma Sistemi:

Absorpsiyonlu soğutma, güneş enerjisi, fosil yakıt yakarak elde edilen ısı veya herhangi bir atık ısı kullanarak soğutma elde eden mekanik enerjiye kısmen ihtiyaç duymayan bir yöntemdir. Isı enerjisinden soğutma elde eden yöntemlerinden biridir. Absorpsiyon (Soğurmalı) soğutmada sıvı gazı içine emer. Gaz, ısıtıcıda (jeneratör) sıvıdan ısı verilerek ayrılır. Absorberde tekrar sıvıya gaz emdirilir.

Amonyak suda çok çabuk eriyen bir maddedir. Ayrıca su ve amonyak karışımı 140°C 'e ısıtıldığı zaman, amonyak sudan tamamen ayrılır. Amonyakın bu özelliklerinden yararlanılarak, absorpsiyonlu soğutma sistemleri yapılmıştır.

Absorbsiyon prensibi, ilk defa Michael Faraday tarafından bir asırdan fazla zaman önce amonyağın yoğuşurma denemeleri sırasında keşfedilmiştir. Daha sonra 1862 senesinde Franz Carre tarafından yapılmış gerçekleştirilen sistem, bu gün atık buharın bol olduğu yerlerde kullanılmaktadır.

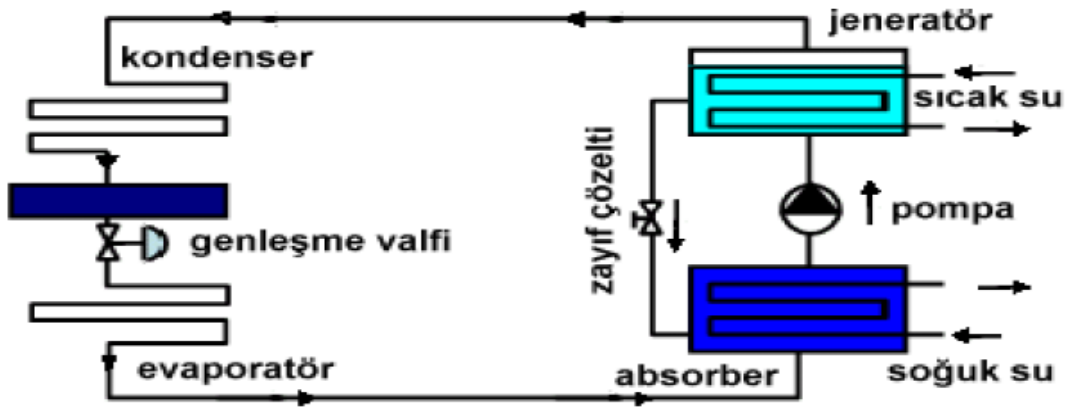
Carre'nin geliştirdiği bu sistemde, mekanik enerji yerine, 'ısı enerjisi' kullanılmıştır. Absorbsiyonlu soğutma sistemi ile buhar sıkıştırma mekanik soğutma sistemi arasındaki tek fark **kompresördür**. Absorbsiyonlu sistemlerde, kompresör görevini kaynatıcı (Isıtıcı, jeneratör) ve absorberden oluşan ısı eşanjörleri grubu gerçekleştirmektedir. Her iki sistemde de bir yoğuşturucu, bir kısılma vanası ve bir buharlaştırıcı bulunmakla beraber, absorbsiyonlu sistemde bunlara ilave olarak; absorber, pompa ve kaynatıcı bulunmaktadır.



a) Küçük kapasiteli sistemler

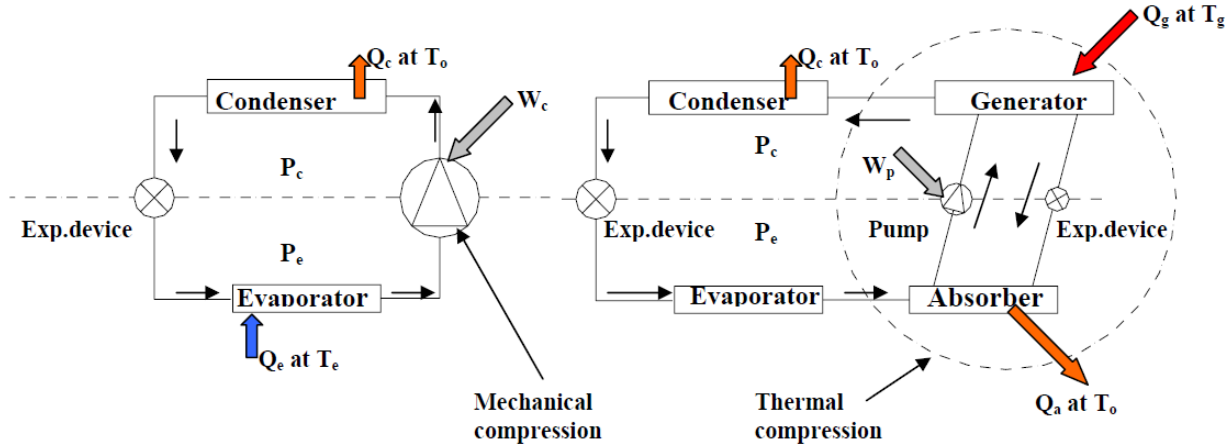
b) Büyük kapasiteli sistemler

. Absorbsiyonlu soğutma sistemleri



Buharlaştırıcıdan gelen soğutucu akışkan buharı, içinde absorbent bulunan bir hücreye girerek absorbent tarafından emilir.

Soğutucu madde ile zenginleşen karışım kaynatıcı bölümüne sevk edilerek burada ısıtılır ve soğutucu madde daha yüksek basınçta buharlaştırılır. Absorbent, zayıf eriyik durumda tekrar absorbere dönerek soğutucu maddeyi emme görevini tekrarlar.



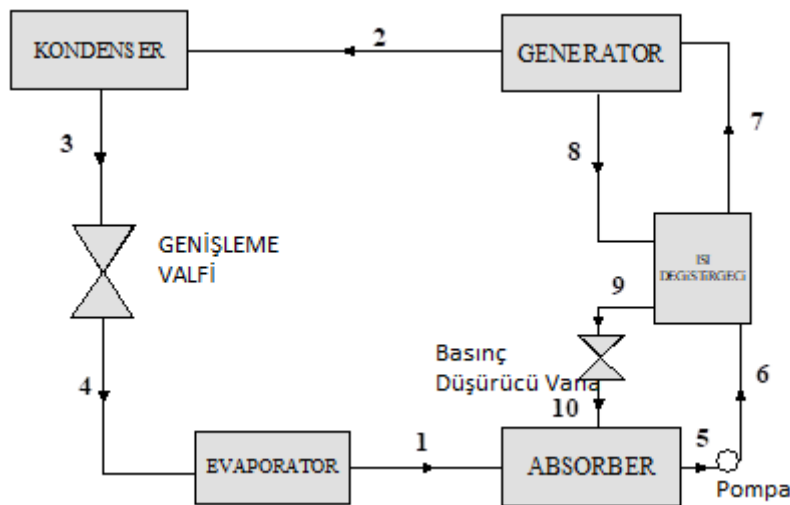
Absorpsiyonlu soğutma sisteminde sıkıştırma işlemi için mekanik kompresörün yerini termal kompresör olarak jeneratör-absorber elemanları (Pompa devridaim ve Isı değişiricisi de performans için kullanılır) almıştır.

2. ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİ

Absorpsiyonlu soğutma sistemi; buhar sıkıştırımlı soğutma sistemlerinde soğutucu akışkanın basıncının artırılması amacıyla kullanılan kompresörün yerine, termal bir mekanizmayla soğutucu akışkanın basıncının artırılması prensibine dayanmaktadır. Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde kullanılan bu mekanizma "ısı sıkıştırıcı" olarak adlandırılmaktadır. Genel olarak absorpsiyon prensibi, karşılıklı çözünürlüğü olan maddelerin yüksek sıcaklıklarda daha az, düşük sıcaklıklarda ise daha fazla çözünür olmasıdır. Kompresörlü sistemlerde soğutucu akışkan olarak freon gazları kullanılır. Absorpsiyonlu sistemlerde ise iki akışkan çiftinden oluşan solüsyon, lityum bromür+su ve amonyak+su solüsyonları kullanılır[8]. Bunlardan biri lityum bromür-su çifti, lityum bromür absorban, su ise soğutucudur. Diğer ise suamonyak çifti, su absorban amonyak soğutucudur. Absorpsiyonlu soğutmada absorban sıvı, diğer madde (soğutucu akışkan) ise absorbe edildiğinde gaz fazındadır. Karışımdaki absorban oranı yüksek soğutucu oranı düşük ise konsantre veya kuvvetli eriyik, absorban oranı düşük soğutucu oranı yüksek ise zayıf eriyik olarak adlandırılır[4].

2.1. Sistemin Çalışma Prensibi

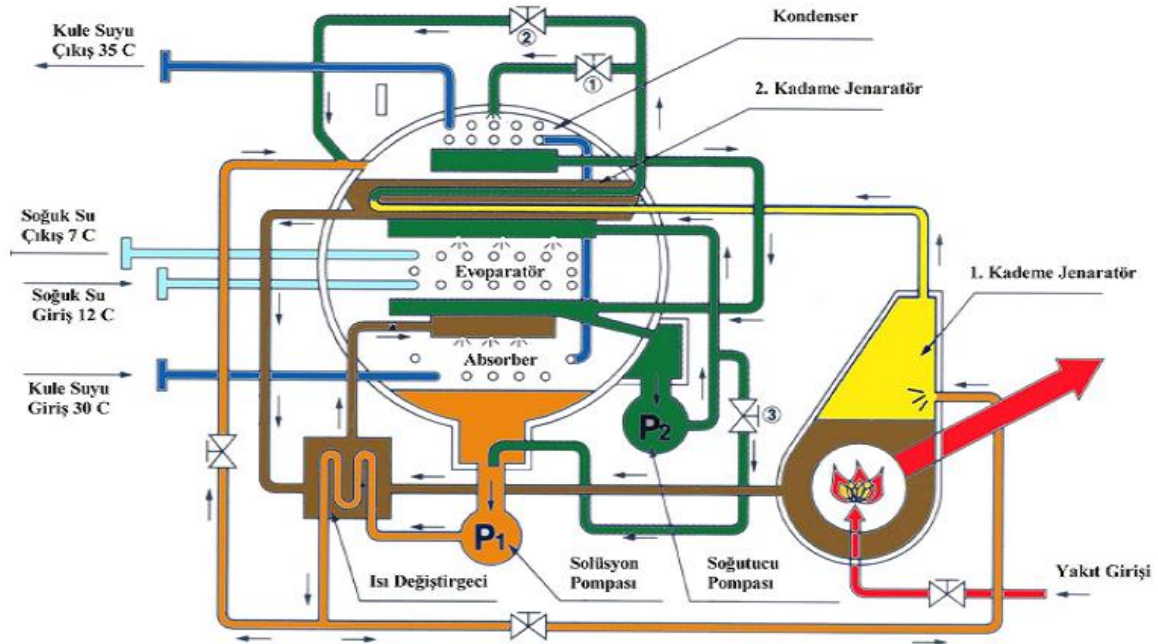
Şekil 1 'de LiBr/H₂O akışkan çifti ile çalışan tek kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemi görülmektedir [1].



Şekil 1. Tek kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemi

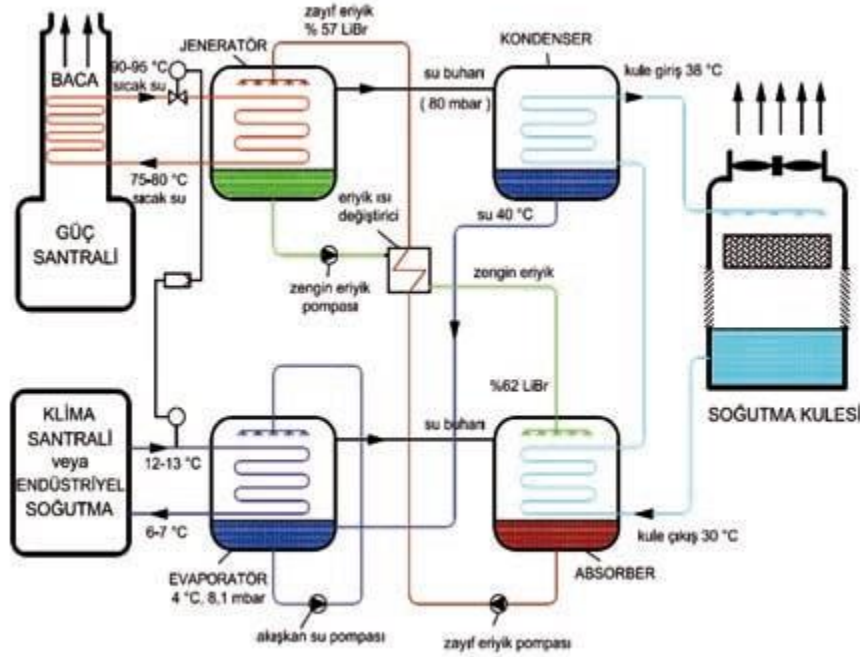
Sistemde LiBr/H₂O karışımı generatörde verilen ısıyla su buharı ve zengin LiBr/H₂O eriyiği olarak ayrışır. Soğutucu akışkan (Su buharı), generatörden kondensere girer (2) ve burada ısı vererek yoğunlaşır. Sıvı fazda ve yüksek basınçta kondenserden çıkan sıvı akışkan (3) kısılma vanasından geçerek (4) basıncı düşürülür ve sıvı fazda ve düşük basınçta evaporatöre girer. Evaporatörde ısı alarak buharlaşır ve absorbere girer (1). Generatörden zengin karışım olarak dönen LiBr/H₂O eriyiği (8) ısı değiştirgecine girer ve biraz soğuyarak kısılma vanasına girer (9). Basıncı düşürülen zengin karışım absorbere girer (10) ve evaporatörden gelen su buharı ile karışır. Bu sırada açığa çıkan ısı absorpsiyon işleminin daha iyi olması için dışarı atılır. Absorberden çıkan fakir LiBr/H₂O karışımı (5), pompa ile basınçlandırılarak ısı değiştirgecine girer (6) ve oradan generatöre girer (7).

$$COP_{soğ} = \frac{Q_{ev}}{(Q_{ısıtıcı} + W_{pompa})}$$



Şekil 2. Absorpsiyonlu soğutma sistemini şematik gösterimi[5]

<http://mekanikbilgi.com/absorpsiyonlu-soğurmali-soğutma-sistemi/>



<https://www.tesisat.org/adsorbsiyonlu-ve-absorbsiyonlu-soğutma-sistemi.html>

2.2. Absorbsiyonlu Soğutucu Sistem Elemanları

Eriyik pompası: Zengin eriyiğin absorberden ısı değiştirgecine iletilmesini sağlamaktır. Genellikle kapalı tip pompalar seçilmektedir. Generatör: Boyler veya kaynatıcı olarak ta adlandırılmaktadır.

Generatörde verilen ısı ile soğutkan, zengin eriyikten ayrıştırılmaktadır. Kondenser: Sistemin tasarımına uygun olarak su veya hava soğutmalı olabilirler. Generatörden gelen soğutkan buharının sıcaklığını düşürerek yoğuşmasını sağlamaktadır. Evaporatör: Sıvı soğutkanın ortam ısını alarak buharlaştığı kısımdır.

Absorbsiyonlu soğutma sisteminde genellikle karşı akımlı olarak tasarlanmaktadır. Absorber: Dış görünümü ile kondensere benzemekle beraber iç kısmı iyi bir karışım sağlayacak şekilde bir veya daha fazla sayıda üst üste levhalardan oluşmaktadır. Isı değiştirici: Ön ısıtıcı ve ön soğutucu olmak üzere iki adet ısı değiştirici kullanılabilir. Genellikle karşı akımlıdır. Genleşme valfi: Biri soğutkan eriyiğin diğeri ise zayıf eriyiğin basıncını düşürmek için kullanılmaktadır. **Soğutkan çiftleri:** Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde farklı çalışma akışkanları kullanılmaktadır. Bunlar Amonyak-Kalsiyum Klorid, Amonyak-Su, Lityum Bromür-Su, Amonyak-Lityum Nitrat, R21-Glycoleter, Amonyak-Sodyum Thicynate[10]

Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminde kullanılan madde çiftleri

Soğutucu akışkan	Absorban (Emici Madde)	Buharlaştırma sıcaklığı
Amonyak (NH ₃)	Su	Tevaporatör <+4 °C
Su	Lityumbromür (LiBr)	Tevaporatör >+4 °C

Absorbsiyonlu Soğutma sistemin Özellikleri:

A- Üstünlükleri

- 1- Minimum elektrik (veya mekanik) enerjisine ihtiyaç duyar.
- 2- Küçük kapasiteli olanlar pompasızdır. Sessizdirler. Otel ve ofislerde kullanılmaktadır.
- 3- Kompresör yoktur. Isıl sıkıştırma mevcuttur.
- 4- Arıza riski düşük, bakım masrafı azdır.
- 5- Çevre dostudur. CFC, HCFC veya HFC kullanılmaz.
- 6- Değişken soğutma yüklerinde tam yükteki gibi verimlidir.

7- Güneş, jeotermal, atık ısı gibi kaynaklar kullanıldığında ekonomiktir.

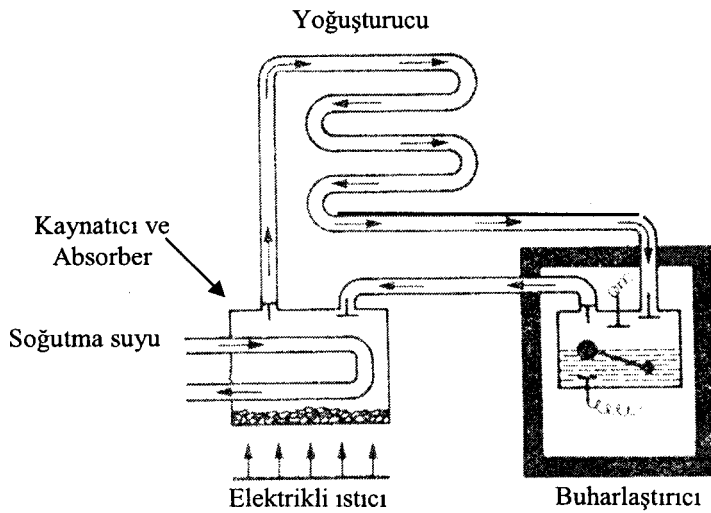
B- Eksiklikleri

1. Performans katsayıları düşüktür. ($0.6 < COP < 1.5$)
2. Fiziksel olarak fazla yer kaplarlar.
3. İlk yatırım maliyeti yüksektir.
4. LiBr-Su çiftinde kristalizasyon problemi vardır.
5. Düşük vakum basıncı problem oluşturmaktadır.

Küçük kapasiteli ve pompasız üç akışkanlı absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde 3. Akışkan olarak He ve H basınç düşürücü olarak kullanılmaktadır.

Adsorbsiyonlu Soğutma Sistemi

Aktif karbon, silika-gel gibi maddelerin gözenekleri, büyük miktarda gaz emerler. Bu gibi katı maddelerin bu özelliklerinden yararlanılarak adsorbsiyonlu soğutma sistemleri geliştirilmiştir. Şekil 1.6 da basit bir adsorbsiyonlu soğutma sistemi gösterilmektedir.



Adsorbsiyonlu soğutma sistemi

Sistem bir kaynatici (aynı zamanda absorber), bir yoğusturucu ve bir buharlastiriciden oluşmaktadır. Bu sistemde kaynatici içerisinde su yerine, amonyağın emilmesini sağlayacak silika-gel bulunmaktadır. Kaynatici içerisine elektrikli isticiler ve soğutma serpantinleri yerleştirilmiştir. Kaynaticının ısıtılması ile silika-gel ısınır ve emmiş olduğu amonyak buharlaşarak, silika-gel' in bünyesinde ayrılır. Belirli bir basınca ulaştığında, çıkış valfini açarak yoğusturucuya geçer. Burada çevreye ısı vererek sıvı hale gelen amonyak, buharlastirici içine akar. Bir süre sonra buharlastirici içindeki şamandıra yükselerek elektrikli istic devresini kapatır. Soğutma suyu vanasını açar ve istic soğumaya başlar. Ortamdan ısı çekerek buharlaşan amonyak, elektrikli istic kapandığında absorber görevini üstlenen kaynaticıdaki silika-gel tarafından emilmeye başlanır. Soğuyan kaynaticı içerisindeki basınç düşümü sayesinde, amonyağın buharlaşması kolaylaşmış olacaktır. Oluşan amonyak buharı, emme valfini açarak, tekrar absorbere döner. Bir süre sonra buharlastiricida sıvı seviyesi

düşer ve şamandıra, soğutma suyu vanasını kapatıp, ısıtıcıyı devreye sokar. Bu şekilde sirkülasyon devam eder.

Adsorpsiyon en basit hali ile bir akışkanın katı bir yüzey tarafından tutulması olarak açıklanabilir. Kimyasal ve fiziksel adsorpsiyon olarak ikiye ayrılır. Kimyasal adsorpsiyonda fazlar arasında reaksiyon meydana gelmekte ve etkileşim bu şekilde gerçekleşmektedir. Fiziksel adsorpsiyonda akışkan (adsorpsiyonlu chillerlerde gaz fazındadır) katının iç yüzeyine tutunur. Bu tutunma, katı ile akışkan molekülleri arasındaki farklı mekanizmalara sahip çekim kuvvetleri tarafından meydana gelir. Gaz fazdaki maddeye adsorptiv, tutan katı veya sıvı haldeki maddeye de adsorbent denilmektedir [7]. Adsorbent geniş yüzey alanlı gözeneklere sahip bir yapıdır. Adsorpsiyonlu chillerlerde, tersinir özelliğe sahip fiziksel adsorpsiyon gerçekleşmekte, amaç ve çalışma durumlarına göre farklı çiftler (silika jel-su, aktif karbon-metanol, zeolit su, aktif karbon amonyak vb.) kullanılabilir.

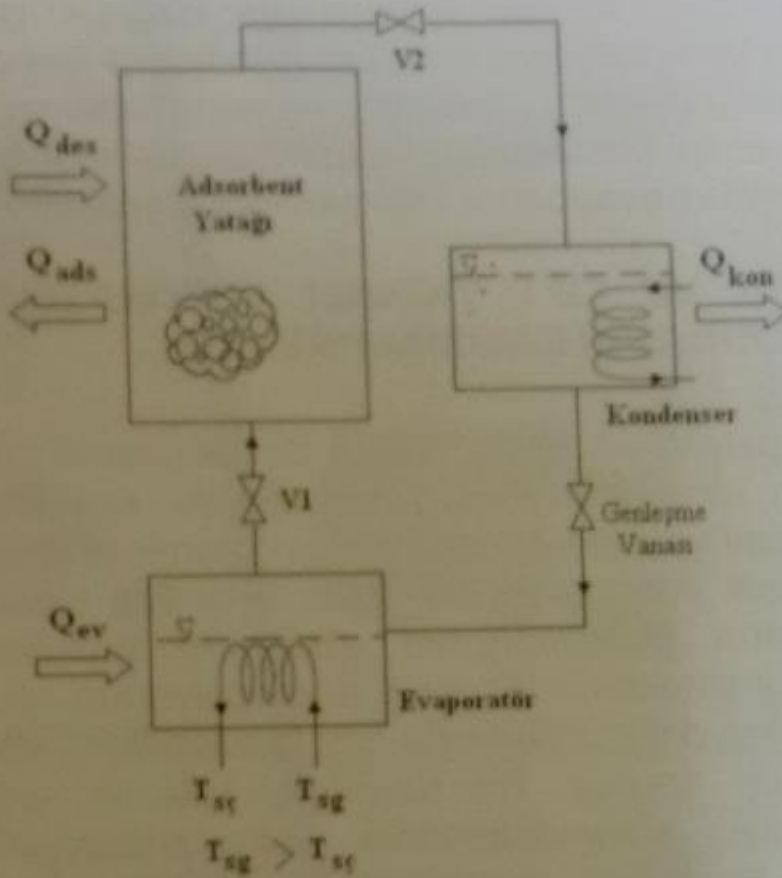
artmıştır. Özellikle atık ısı kaynakları, güneş enerjisi,

jeotermal enerji veya doğal olan herhangi bir ısı kaynağı doğrudan kullanılarak soğutma işlemini sağlayan adsorpsiyonlu chiller sistemleri üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır. Adsorpsiyonlu chillerler, enerji depolama ve daha sonra depolanan enerjiyi değerlendirme imkânı yaratmasından dolayı da uygulama avantajı sağlamaktadır. Sistem basit çalışma prensibine sahip olmasına rağmen, teknik zorluklardan dolayı üretimi henüz istenilen düzeyde yaygınlaşmamıştır. Kesikli bir çalışma prensibine sahip olması, düşük basınçta çalışmasından dolayı kaçak sorunlarının yaşanması, yüksek vakum teknolojisine gereksinim duyulması, daha hacimli ve ağır olması gibi dezavantajlarından dolayı bu tip ısı pompalarının yaygınlaşması için araştırma ve geliştirilme çalışmaları devam etmektedir.

Adsorpsiyonlu chillerlerin ana elemanları, adsorbent yatağı, kondenser, evaporatör, genişleme vanasıdır. Çevrimin çalışma şartlarına uygun olarak adsorbent-adsorbat çifti seçilir. Bu bölümde tek ve çift yataklı adsorpsiyonlu chillerlerin çalışma prensibi anlatılacaktır. Tek yataklı adsorpsiyonlu ısı pompası şematik olarak Şekil 1'de gösterilmiştir. Başlangıçta adsorbent yatağında adsorbat konsantrasyonu düşük olup ($w \approx 0$), V1 ve V2 vanaları kapalıdır. Çevrim, evaporatör ile adsorbent yatağı arasında bulunan V1 vanasının açılması ile başlar. Bu durumda, adsorbat evaporatörde dolaşan soğutma suyundan ısı çekerek buharlaşır ve soğutma suyunun sıcaklığı düşürülür. Buharlaşan adsorbat, adsorbent yatağına doğru akmaya başlar ve yatakta bulunan adsorbent tanecikleri tarafından adsorplanır. Adsorplama işlemi sırasında adsorbent



yatağında adsorpsiyon ısısi ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan ısınin adsorbent yatağından çevreye transfer edilmesi ve adsorbent yatağınin sıcaklığı çevrimin minimum sıcaklığına düşürülmesi gerekmektedir. Adsorpsiyon işlemi sonunda, adsorbent tanecikleri doygun hale gelmiş ve adsorbat konsantrasyonu artmıştır. Çevrimin bu adımına izobank adsorpsiyon işlemi adı verilir.



Şekil 1. Tek yataklı adsorpsiyonlu chillerin şematik gösterimi

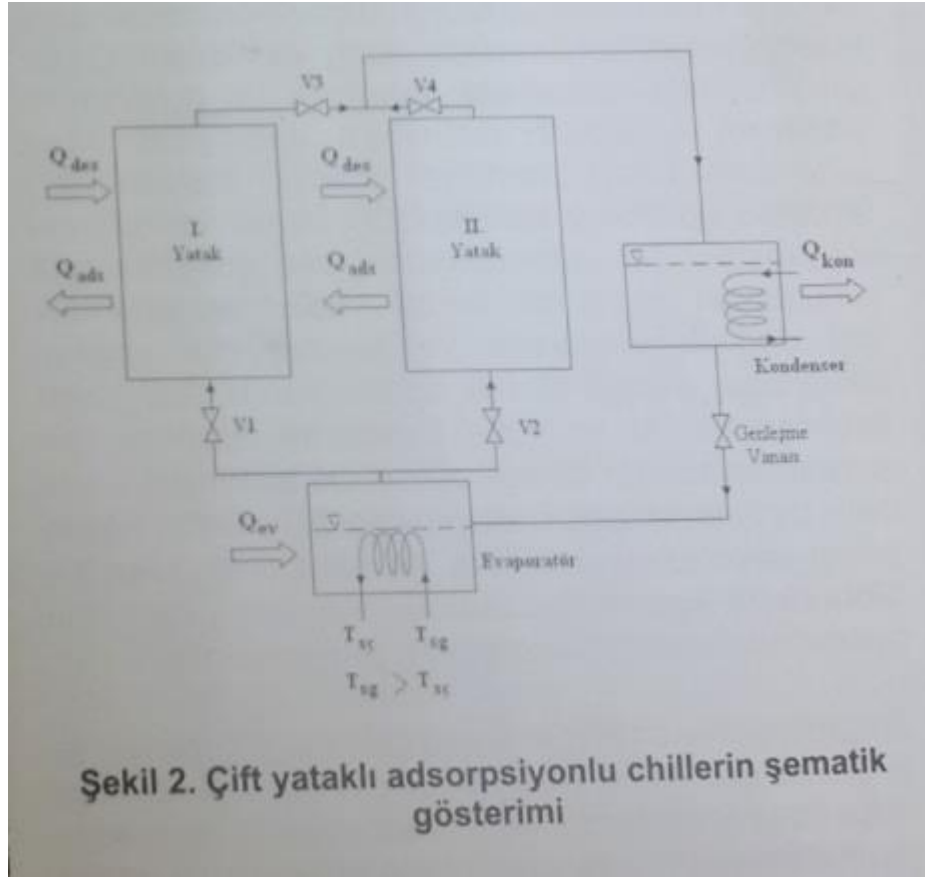
Adsorpsiyon işlemi tamamlandığında V1 vanası kapatılmakta, adsorbent yatağına ısı verilerek sıcaklığı ve basıncı arttırılmaktadır. Bu işlem izosterik ısıtma olarak tanımlanır.

Adsorbent yatak basıncı kondenser basıncına ulaştığında V2 vanası açılmakta ve desorpsiyon işlemi başlatılmaktadır. Desorpsiyon işlemi esnasında adsorbent yatağına ısı transfer edilmekte ve sıcaklığı arttırılmaktadır. Desorplanan adsorbat kondensere aktarılır ve kondenserde çevreye ısı vererek yoğuşmaya başlar. Adsorbent yatağı tekrar başlangıç konsantrasyonuna gelinceye kadar desorpsiyon işlemine devam edilmektedir. Çevrimin bu adımına izobarik desorpsiyon adı verilir.

Desorpsiyon işlemi tamamlandıktan sonra, V2 vanası kapatılarak yatak ile kondenser arasındaki bağlantı kesilir. Yatak ilk konsantrasyon ($w \approx 0$) durumunda olup, adsorbent yatağı soğutma işlemine tabi tutulmaktadır. Soğutma işlemi, yatak basıncı evaporatör basıncına düşüncüye kadar devam etmektedir. Bu işlem izosterik soğutma olarak tanımlanır.

Kondenserde bulunan sıvı fazındaki adsorbat, genişleme vanasından geçirilerek basıncı evaporatör basınç seviyesine düşürülmekte ve evaporatöre aktarılmaktadır. Çevrimin bitmesi ile tekrar izobarik adsorpsiyon işlemine başlanmaktadır.

Adsorpsiyonlu ısı pompaları kesikli çalışan sistemlerdir. Evaporatörden buharlaşan adsorbat, adsorbent tarafından adsorplanırken kondenserde herhangi bir işlem yapılmamaktadır. Adsorbatın kondenserde yoğunlaşması sırasında ise evaporatörde bir işlem gerçekleşmemektedir. Bu da, soğutma prosesinin sürekliliğini engellemektedir. Soğutma işleminin sürekliliğini sağlamak için, iki veya daha fazla adsorbent yatağı kullanılmaktadır. Şekil 2'de çift yataklı bir adsorpsiyonlu chillerin şematik çizimi gösterilmektedir. Birinci adsorbent yatağında adsorpsiyon işlemi gerçekleşirken ve evaporatörde buharlaşan adsorbat soğutma suyundan ısı çekerken, ikinci adsorbent yatağında desorpsiyon işlemi gerçekleştirilmekte ve yüksek basınçta buharlaşan adsorbat kondenserde yoğunlaşmaktadır. Birinci adsorbent yatağında adsorplama ve ikinci adsorbent yatağında desorplama işlemi bittikten sonra, birinci adsorbent yatağının evaporatörle olan ilişkisi kesilir, aynı anda da diğer yatağın evaporatörle olan bağlantısı açılır. Birinci yatak desorplama işlemine geçerken, ikinci yatakta adsorbat adsorplanır ve çevrim bu şekilde her iki yatağı kullanarak devamlılık kazanır.



3. ADSORPSİYONLU CHİLLERLERDE KULLANILAN DEĞİŞİK ÇİFTLERİN ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde, adsorpsiyonlu chillelerde yaygın olarak kullanılan adsorbent-adsorbat çiftlerinin yapısı, kullanım avantajları ve dezavantajları genel olarak incelenmiştir. Adsorpsiyonlu ısı pompalarında çoğunlukla aşağıdaki çiftler üzerine çalışmalar yapılmıştır:

- silika jel su*
- zeolit su*
- aktif karbon metanol*
- aktif karbon amonyak*

Silika jel Si-O bazlı, amorf yapıda, gözenekli bir maddedir. Çeşitli gözenek özelliklerinde silikajel üretilmekte olup, mikro (gözenek çapı ~ 0.1 nm) ve mezopor (gözenek çapı ~2-3 nm) boyutlarındadır ve yaklaşık 600 m²/g yüzey alanına sahiptir [1]. Silika jel yapay bir malzeme olup, farklı tiplerde üretilmektedir. Adsorpsiyonlu chillelerde, en sıklıkla kullanılan tipleri Tip RD ve Tip A'dır. Yüksek su buharı adsorplama kabiliyetine sahiptir. Son zamanlarda, silika jelin gözeneklerine tuz bileşiklerinin tutturulması ile su buharı adsorplama kabiliyeti artırılarak, yeni nesil silika jel ürünleri üretilmektedir. Bu tip adsorbentlerin su buharı adsorplama kapasitesi geleneksel silika jel tiplerine göre oldukça yüksektir. Silika jel-su çifti, desorpsiyon sıcaklığının düşük olması sebebi ile (~120°C), adsorpsiyonlu chillelerin düşük sıcaklıktaki termal kaynakları ile (jeotermal enerji, güneş enerjisi, atık ısı vb.) çalışmasına olanak sağlamaktadır.

Zeolitler kristal yapıda alumino silikatlardır. Mikro boyutta gözeneklere sahip olup (gözenek çapı ~ 0.1 nm), zincirli veya halkalı yapılarda bulunabilirler. Doğal ve yapay olarak iki gruba ayrılırlar. Yapay zeolitlerde 13X ve NaX zeolitler, adsorpsiyonlu chillerlerde en sık kullanılan tiplerdir. Zeolit - su çiftinin adsorpsiyon ısı yüksek. Yapay zeolitlerin su buharı adsorplama kabiliyeti %35'e kadar çıkabilmektedir [8]. Zeolit - su çiftinin dezavantajı ise silika jel - su ve aktif karbon metanol çiftlerine göre daha yüksek desorpsiyon sıcaklığına sahip olması ve dolayısı ile düşük enerji kaynakları ile (örn. güneş enerjisi) verimli bir şekilde çalışmamasıdır.

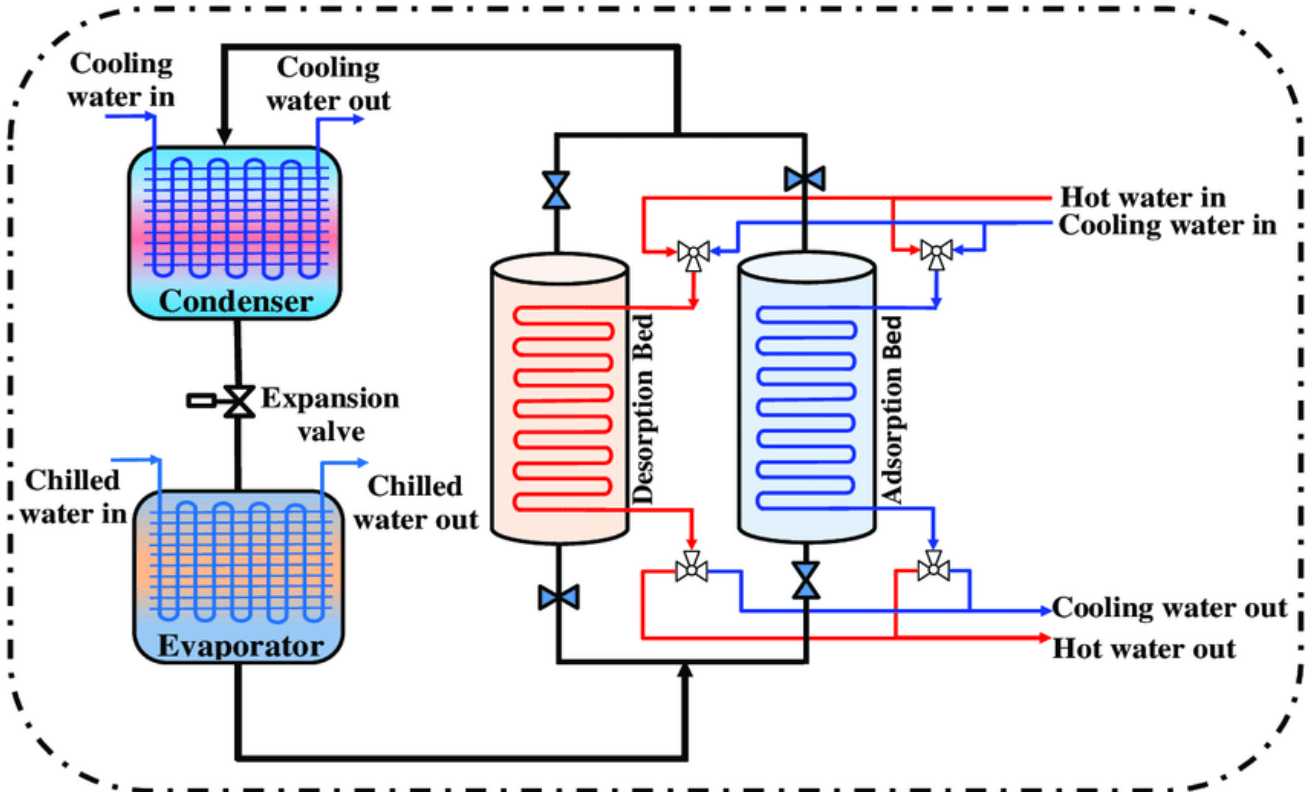
Aktif karbon, odun, kömür veya yüksek polimerlerin aktivasyonu ile üretilen gözenekli bir maddedir. Çoğunlukla mikropor yapıda olup, yaklaşık 1000 m²/g yüzey alanına sahiptir [9]. Çalışmalarda çoğunlukla aktif karbon - metanol çifti denenmiştir. Aktif karbon metanol çifti 0 °C'nin altında çalışma özelliği ile

NISAN MAYIS HAZİRAN 2011 YIL:14 SAYI:51/53

farklılık göstermektedir. 150°C'nin üstünde metanolün bozunması sebebi ile aktif karbon-metanol çiftini kullanan adsorpsiyonlu chillerler yüksek sıcaklıklarda çalışma imkânına sahip değildirler.

Aktif karbon amonyak çifti (atmosfer basıncına yakın) çalışma basıncı özelliği ile diğer çiftlerden farklılık gösterir. Diğer çiftlerde kullanılan adsorbatların buharlaşma basınçları düşük olduğu için sistem vakum altında çalışır. Ancak amonyağın yüksek buharlaşma basıncına sahip olması sistemin atmosfer basıncına yakın değerlerde çalışmasına izin verir [10]. Düşük vakum değerlerinde çalışan sistemlerde, özel tasarım ve ekipmanların kullanımına gerek duyulduğu için, bu tip sistemlerin maliyeti yüksektir. Ayrıca, aktif karbon amonyak çiftinin nispeten yüksek basınçlarda çalışması, buhar ile katı yüzeyler arasında ısı transfer katsayısını arttırdığı için, çevrim süresinin kısılmasına neden olmakta ve soğutma gücü artmaktadır. Ancak amonyağın korozif ve zehirli etkisi, bu çiftin kullanımını sağlık ve çevresel etkenler açısından sınırlamaktadır.

Zeolit, kelime olarak 'Kaynayan Taş' anlamına gelmektedir. Son yılların önemli hammaddelerinden olan zeolitler kimyasal olarak "sulu alümino silikatlar" olarak bilinmektedir. (<https://www.enerjiportali.com/zeolit-nedir-nerelerde-kullanilir/>)



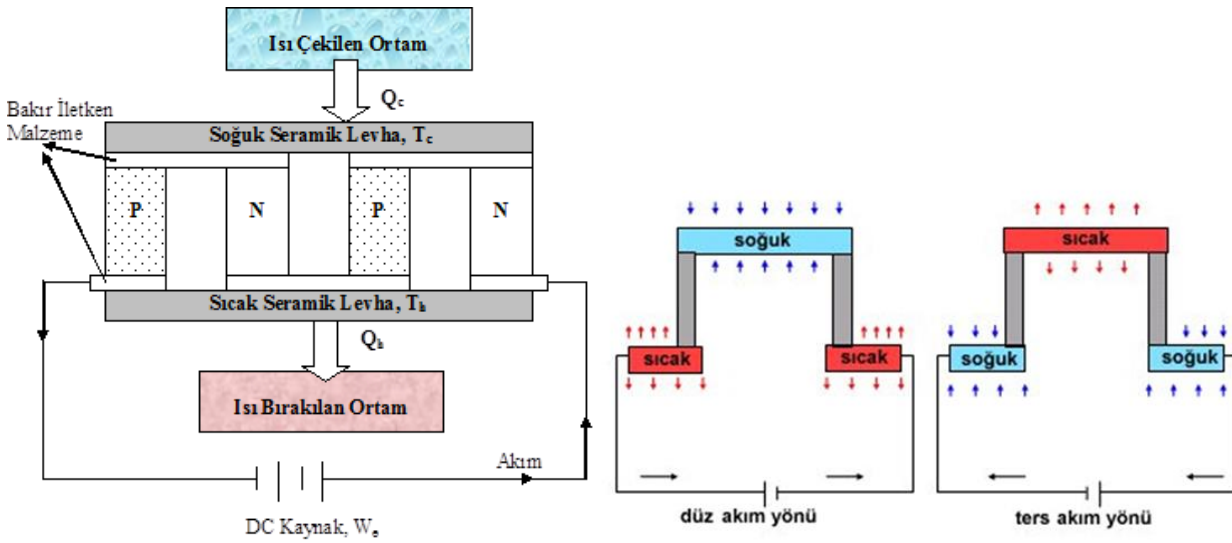
https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-a-typical-adsorption-cooling-system_fig1_324169727

Termoelektrik Soğutma Sistemi

Termoelektrik soğutma temelde termoelektrik etkilerin en önemlilerinden biri olan Peltier etkisine dayanır. Peltier etkisi, iki farklı metal elemandan oluşan bir devreye *doğru akım* verildiğinde, akımın yönüne göre, aksi uçlarda sıcaklıkta artmanın veya azalmanın meydana gelmesidir. Bu olayda ilginç olan, devrede uçlar arasında bir sıcaklık farkı oluşması ve dolayısıyla uçlarda bir ısınma veya soğumanın meydana gelmesidir. Isıl eleman çiftlerinin (Termokapıl) temelini oluşturan ve 1821 yılında keşfedilen Seebeck etkisinin tersi olan Peltier etkisi, Fransız bilim adamı Charles Athanese Peltier 1834 yılında keşfedilmiştir. 1950 yılından sonra yarıiletken teknolojisinde gelişmelerin hızlanması ile Peltier etkisi değişik uygulamalarda kendine kullanım alanları bulmuştur.

Termoelektrik soğutma, N ve P tipi yarı iletken metal çiftlerinden oluşmuş bir veya daha çok modülden, bir doğru akımın geçmesi ile elde edilir. Şekil 1'de bir N ve P yarı iletken çiftinden meydana gelmiş bir termoelektrik soğutma modülü gösterilmiştir. P ve N tipi termo elemanlar elektriksel olarak seri, ısıl olarak paralel şekilde seramikler arasında bağlanırlar. Akımın yönüne bağlı olarak ısıtma ve soğutma elde edilebilir. Şekil 1 den de görülebileceği gibi soğutma durumunda, doğru akım N tipi yarı iletken P tipine geçmektedir. Akım düşük enerji seviyesindeki P tipi yarı iletken malzemeden yüksek enerji seviyesine geçtiğinde soğutulacak ortamdan ısı çekerek soğutma meydana getirmektedir. Soğuk ortamdan çekilen bu ısı, yüksek sıcaklıktaki ortama elektronlar vasıtasıyla transfer edilir. Böylelikle ısı, bir ortamdan çekildiği gibi başka bir ortama da terk edilmektedir. Dolayısıyla termoelektrik modül ısı pompası vazifesi de gösterir.

Hareketli herhangi bir parçası olmayışı açısından diğer soğutma sistemlerinden farklılık gösterir fakat performans katsayıları diğerlerine göre düşüktür. Hareketli parçaların olmayışı yanında gürültü, titreşim ve aşınma gibi istenmeyen durumların ortadan kalkmasını sağlar. Uzun ömürlüdürler. Ömür testlerinde sürekli rejimde 100 000 saat çalışabildikleri görülmüştür. Termoelektrik soğutucu, CFC' ler gibi herhangi bir soğutucu akışkanı içermez. Dolayısıyla doğa ve çevre dostudurlar. 0.1°C sıcaklık aralığında çok hassas sıcaklık kontrolü sağlanabilir. Fakat ticari olarak üretimleri pahalıdır ve yüksek soğutma yükleri için uygun değildir. Termoelektrik soğutucular, pozisyona bağımlı cihazlar değildir. Dikey veya yatay her konumda çalışabilirler. Yerçekimsiz ortamda da çalışır. Dolayısıyla uzay araçlarında kullanılırlar. Bu soğutucular diğer sistemlerin aksine çok hassastırlar ve küçük ortamlarda çalışabilirler.



şekil 1

3. Termoelektrik Soğutucularda Kullanılan Malzemeler

Bir termoelektrik soğutucunun verimliliği bağıl olarak kullanılan malzeme ile ilgilidir. Termoelektrik malzemelerin performansı, aşağıdaki eşitlikte verilen değer katsayısı ile ifade edilmektedir [1]:

$$ZT = \frac{\alpha^2 T}{kR} \quad (1)$$

Burada α Seebeck katsayısı, T termoelektrik modülün yüzeylerinin ortalama sıcaklığı, k ısı iletkenliği, R elektrik direncini göstermektedir. Metallerin ısı iletimi yüksek, fakat elektrik dirençleri düşük olduğundan, ZT değerleri de düşük olmaktadır. Günümüzde termoelektrik modüllerde kullanılan yarı iletken malzemelerin değer katsayısı, ZT, yaklaşık 0.4 ile 1.3 arasındadır [2].

Termoelektrik soğutucularda P ve N tipi termoelemanlarda kullanılan yarı iletken malzemeler, Bi₂Te₃, PbTe, SiGe ve BiSb gibi alaşımlardır. Bizmut Teleryum, Bi₂Te₃, yüksek termoelektrik verimi ve uygun sıcaklık aralığı nedeniyle yaygın bir şekilde tercih edilmektedir [1]. Alt ve üst plakalarda seramik malzeme kullanılır.

Böylece ısı iletkenlik, elektriksel yalıtkanlık ve mekanik mukavemet sağlanır. Termoelemanları birbirine bağlayan iletken malzeme olarak bakır veya alüminyum gibi ısı iletkenliği yüksek malzemeler kullanılmaktadır [4].

4. Termoelektrik Soğutucuların avantaj ve dezavantajları

Termoelektrik soğutucuların diğer soğutma sistemlerine göre üstünlükleri şöyle sıralanabilir :

- Hareketli herhangi bir parçası yoktur. Dolayısıyla az bakıma ihtiyaç vardır.
- Uzun ömürlüdürler. Ömür testlerinde sürekli rejimde 100 000 saat çalışabildikleri görülmüştür.
- Termoelektrik soğutucu, CFC'ler gibi herhangi bir soğutucu akışkanı içermez. Dolayısıyla çevre ve doğa dostudurlar.
- Termoelektrik soğutucu, ısı pompası olarak tam tersinirdir. Isının yönü DC akımın yönü değiştirilerek kolayca değiştirilebilir.
- ± 0.1 °C sıcaklık aralığında çok hassas sıcaklık kontrolü sağlanabilir.
- Termoelektrik Soğutucular, pozisyona bağımlı cihazlar değildir. Dikey veya yatay her konumda çalışabilirler. Yerçekimsiz ortamlarda da çalışır.
- Çok hassas, sıkı ve küçük ortamlarda çalışabilirler.

Termoelektrik soğutucular çeşitli dezavantajlara sahiptirler. Bunlar;

- Soğutma ve ısıtma performans katsayıları (COP) çok düşüktür ve 0.3-0.7 arasındadır. Oysa klasik soğutma makinalarında bu değer 2-4 arasındadır. Buhar sıkıştırırmalı, absorpsiyonlu ve termoelektrikli üç farklı mini buzdolabı için yapılan karşılaştırmalı çalışmada [5], buhar sıkıştırırmalı tipte olanın maliyet ve işletme açısından daha uygun olduğu fakat diğerlerine göre daha gürültülü olduğu tespit edilmiştir. Termoelektrikli mini buzdolabının COP'sinin absorpsiyonlu mini buzdolabına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.
- Yüksek soğutma yükleri için uygun değildirler. Buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemleri ile rekabet etmeli mümkün görülmemektedir.
- Şu an için küçük sistemler marketlerde satılıyor. (Piknik soğutucu, araba soğutucuları)
- DC besleme gerektirir.

5. Termoelektrik Soğutucuların kullanım alanları

Termoelektrik soğutucular yukarıda belirtilen avantajlarından dolayı, tıbbi cihazlardan günlük hayatta kullandığımız birçok cihaza kadar birçok uygulamada yer bulmuştur. Çizelge 1’de termoelektrik soğutma ürünlerinin kullanım alanları ve uygulamaları verilmiştir [1, 17,18].

Çizelge 1. Termoelektrik soğutmanın kullanım alanları ve uygulamaları

Askeri/Uzay araştırmaları	Elektronik soğutma, soğutulan elbise, taşınabilir soğutucu, kızılötesi sensörlerin soğutulması, lazer diyotların soğutulması, telsiz istasyonları için kabin soğutma, uzay teleskoplarında.
Bireysel	Dinlenme taşıt soğutucuları, mobil ev soğutucuları, araba soğutucuları, taşınabilir piknik soğutucuları, bira, şarap veya su soğutucuları, içecek kutuları soğutucusu, motorsiklet kasketi soğutucusu, taşınabilir insulin soğutucusu.
Laboratuar ve bilimsel cihazlar	Kızılötesi sensörlerin soğutulması, lazer diyod soğutucuları, CCD soğutucusu, entegre devrelerin soğutulması, vidicon tüpü soğutucusu, laboratuar soğuk plaka, karıştırıcı soğutucu, soğuk oda, donma noktası referans banyosu, mikrotome soğutması, elektroforesis hücre soğutucusu.
Endüstriyel sıcaklık kontrol	NEMA (ABD elektrik cihazları üreticileri birliği) ortamları, kritik elemanları sert çevre şartlarından korunması, PC mikroişlemcileri, mikroişlemcilerin ve bilgisayarların numerik kontrollerinde ve robotiklerde, yazıcı ve fotokopilerde mürekkep sıcaklığının dengelenmesi, CCD kameralarda.
Resturant cihazları	Krema dağıtıcısı, çırpılmış krema dağıtıcısı, tereyağı dağıtıcısı
Çeşitli amaçlar	İlaç soğutucular (taşınabilir veya sabit), otel odaları soğutucuları, otomobil mini soğutucuları, otomobil koltuk soğutucuları, uçak içme suyu soğutucuları, yolcu otobüsü soğutucuları, gemi soğutucuları, karavan soğutucuları, kamyon soğutucusu, DNA döngülerinde, tıbbi teşhis cihazları, mesaj veya tedavi amaçlı sıcak/soğuk yataklarda.

Şekil 2 ve 7 arasında çeşitli uygulamalarda piyasada ticari olarak bulunan termoelektrik soğutma sistemleri gösterilmiştir [17-19].



Şekil 2. Piknik amaçlı bir piknik soğutucu



Şekil 3. Mini bir buzdolabı



Şekil 4. Lazer ve medikal uygulamalar için sıvı soğutucu



Şekil 5. Arabalar için mobil termolektrik soğutucu



Şekil 6. Bir CPU soğutulması için tasarlanmış termoelektrik soğutucu



Şekil 7. Vitrin tipi içecek soğutucusu

Manyetik soğutma

Manyetik Soğutma, manyetokalorik etkiye dayanmaktadır. Malzemeye manyetik alan uygulandığında veya kaldırıldığında sıcaklığında değişiklikler meydana gelir. Manyetik alan uygulandığında ısınmakta, manyetik alan kaldırıldığında soğumaktadır. Manyetokalorik etkiye sahip malzemeler çok nadirdir.

Kullanılan Manyetik malzemeler(Ferromanyetik malzemeler):

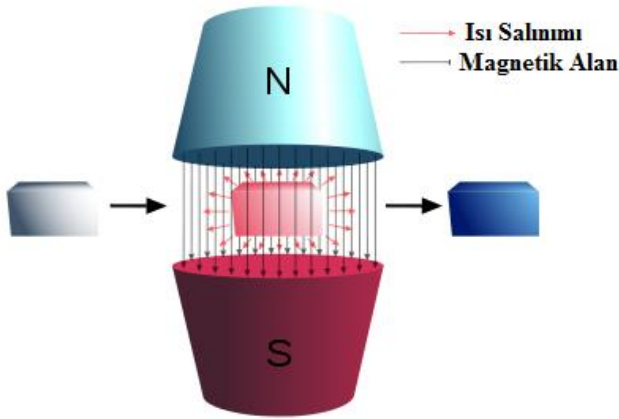
Gadolinium (Gd) ve alaşımları

Gd₅(GexSiy)

MnAs benzeri (Mağnezyum benzeri) alaşımları

Artan veya azalan bir manyetik alan altında bulunan, manyetik malzemenin entropisindeki değişimden kaynaklanan adyabatik sıcaklık değişimine Manyetokalorik etki (MKE) denir.

Manyetik soğutmanın temeli manyetokalorik etkiye dayanır. Şekilde kutuplar arasındaki manyetik malzemeye manyeto vererek soğutma yapılmaktadır. Manyetik malzemeye manyetik alan uygulandığında veya manyetik alan kaldırıldığında sıcaklık değişimi olur. Isınma ve soğuma işlemlerinde ısı çekilerek soğutma elde edilebilir. İyi bir manyeto elektriğe sahip malzeme çok nadir bulunur.



Manyetik Soğutma genel olarak gazların sıvılaştırılmasında, kriyojenik soğutmada ve ticari ve sanayi soğutmasında kullanılacak potansiyele sahiptir. İklimlendirme işlemlerinde de kullanılmaktadır.

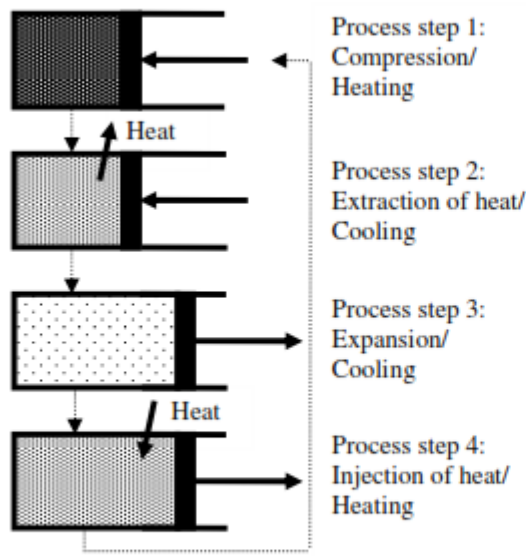


Figure 2: The conventional gas compression process is driven by continuously repeating the four different basic processes shown in this figure.

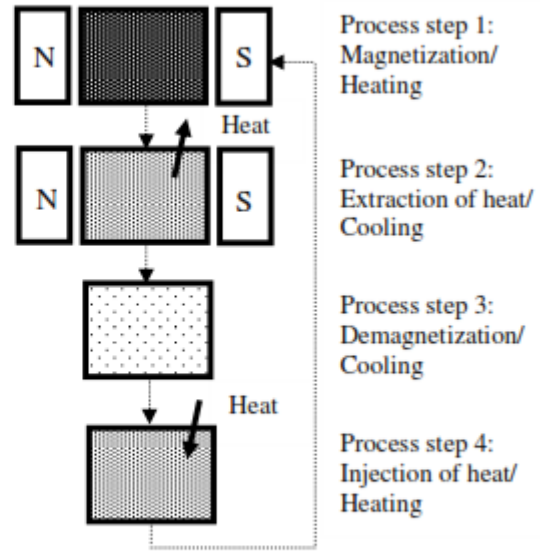
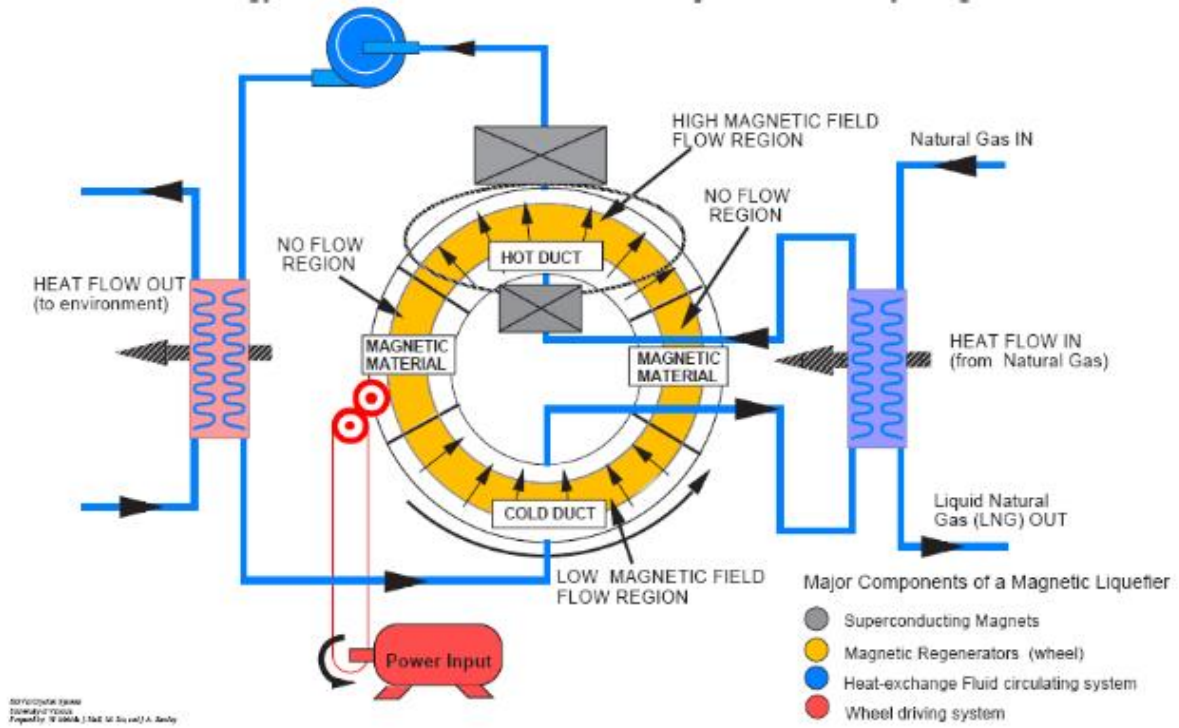


Figure 3: The magnetic refrigeration cycle works analogous. Compression is replaced by adiabatic magnetization and expansion by adiabatic demagnetization.

Rotary Magnetic Refrigerator

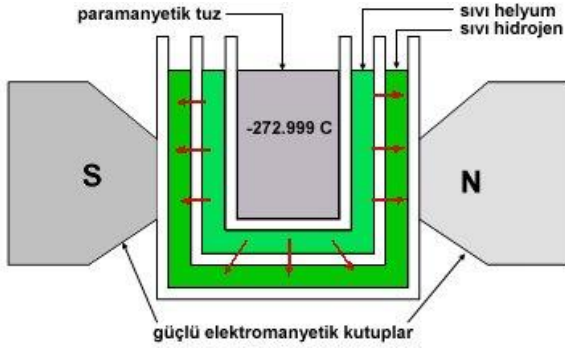


Paramanyetik soğutma:

Mutlak sıfır sıcaklığına yakın seviyelerdeki sıcaklıklara ulaşılmasını sağlamak için araştırmacılar tarafından kullanılan bir soğutma şeklidir. Bir paramanyetik madde (paramanyetik tuz) önceden aşırı şekilde soğutulduğunda moleküllerinin ısı iletimi azalır.

Bu konumda şiddetli bir manyetik alana sokulduğunda, paramanyetik tuz moleküllerinin elementer birer magnet durumuna geldiği düşünülebilir. Bu takiben, bu maddeye uygulanan manyetik alan kaldırıldığında, ısı alış verişini olmadığından paramanyetik tuzun sıcaklığı aşırı derecede düşmektedir. (Şekil-1.2)

Bu yöntem moleküler seviyede bir sıkıştırma çevrimine benzer. Şöyle ki; uygulanan şiddetli manyetik alan, sıkışmasına yol açmakta ve molekül ısısı çevredeki helyum ve hidrojen tarafından alınmaktadır. Manyetik alan kaldırıldığında moleküller üzerindeki baskının azalması sonucu, sıcaklık daha alt seviyelere düşmektedir.



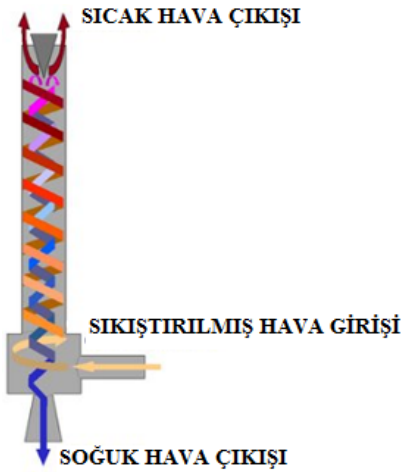
Paramanyetik Soğutma

Şekilde , paramanyetik tuzun ön soğutulması , sıvı hidrojen ve sıvı helyumun buharlaşması suretiyle sağlandıktan sonra kuvvetli bir manyetik alanın oluşturulması elektro mıknatıslarla sağlanmakta ve manyetik alan ani olarak kaldırılarak paramanyetik tuzun sıcaklığının düşürülmesi sağlanmaktadır.

VORTEX TÜPLERİ

Şekil 3'de gösterilen hareket parçası bulunmayan, basit bir borudan(tüp) ibaret olan bir soğutma şekli, bulucusu George Ranque (1931) ve geliştiricisi Rudolph Hilsch 'in adlarıyla da anılır (Ranque Tüpü veya Hilsch Tüpü) . Boruya , dışarıdan teğetsel şekilde verilen basınçlı gaz ses hızına yakın bir hıza ulaşır ve boruyu terk ederken dış zarfa yakın kısımda sıcak, çekirdek (eksenine yakın) kısımda ise soğuk akımlar haline geldikten sonra; boruyu terk ediş yönüne göre " Aynı Yönlü Akım " ve " Ters Yönlü Akım " adlarıyla anılır. Bu soğutma çevriminde oldukça düşük sıcaklıklar elde edilmektedir.

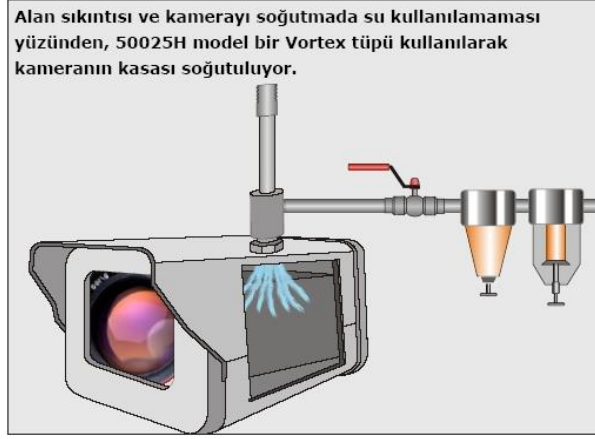
Örneğin 7 Atü giriş havası ile çalışan ve yarısı soğutmak diğer yarısı ısıtmak üzerine ayarlanan bir vorteks tüpünde soğutulan hava (-34 °C)'ye düşerken ısıtılan kısımdaki sıcaklık (+33 °C)'ye çıkmaktadır.



Basit çalışma prensibi



Ticari amaçlı vortex tüpleri



Şekil görüldüğü gibi boyut olarak küçük türleri vardır

VORTEX NEDİR- NEDEN KULLANILIR

Vortex tüpleri, standart bir basınçlı hava beslemesiyle çalışır. Vortex tüpüne giren hava iki parçaya ayrılır. Tüpün bir ucundan soğuk, diğerinden de sıcak hava akımı çıkar. Bu işlem için hiçbir hareketli parça kullanılmaz. Vortex tüplerinin sıcak olan kısımlarında ayarlanabilir bir vana bulunur. Bu vana sayesinde soğuk hava akışının miktarı ve sıcaklığı ayarlanır. Vana kısıldığında sıcak hava akımı da soğuk hava çıkışından dışarı çıkar. Vortex tüplerimizin, ayar gerektirmeyen ve sabit soğuk hava oranlı çeşitleri de bulunmaktadır.

Bulucusu George Ranque (1931) ve geliştiricisi Rudolph Hilsch' in adlarıyla da anılır.

Tüpün içinde pirinç malzemenen üretilmiş ve değerlendirilebilir bir üreteç bulunur. Üreteç; tüpün içine giren havanın akımlara ayrılmasını ve soğuk-sıcak hava çıkışlarında istenilen sıcaklık dengesini kurmamızı sağlar. Basınçlı havayı kapasitesine göre birçok üretkeç vardır. Temelde üretkeçler ikiye ayrılır. **C tipi** (en düşük sıcaklıklarda hava veren) **üretkeçler**, oldukça düşük sıcaklıklarda hava üretmek için kullanılırlar. **H tipi** (yüksek soğutma etkisi yaratan) **üretkeçler**, çok yüksek soğutma etkisi sağlamak için kullanılırlar.

Nerede Kullanılırlar?

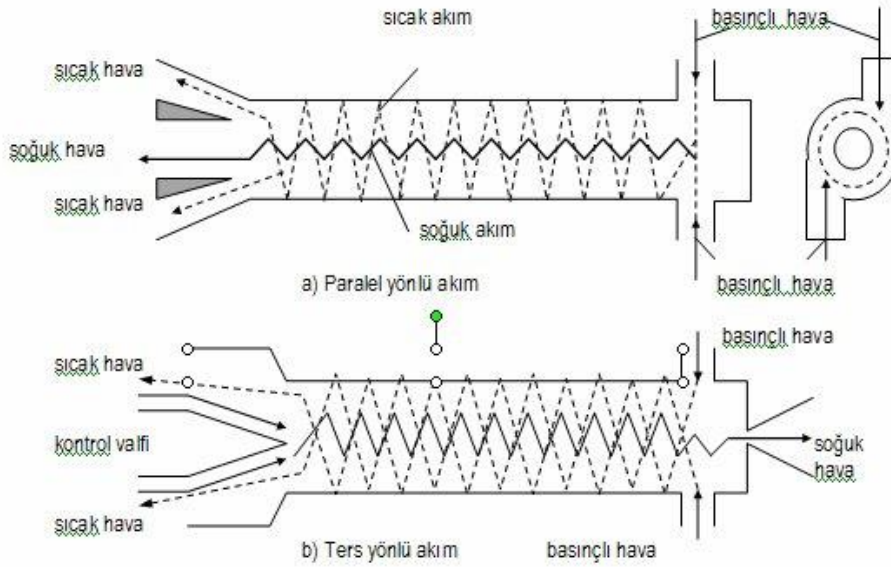
- Isıtma ve soğutma uygulamaları,
- Gazların sıvılaştırılması,
- Gaz karışımlarının ayrılması,
- Gazların kurutulması,
- Kimyasal endüstride kullanım,
- Elektrik üretimi,
- Medikal uygulamalar,
- Diğer uygulama alanları,

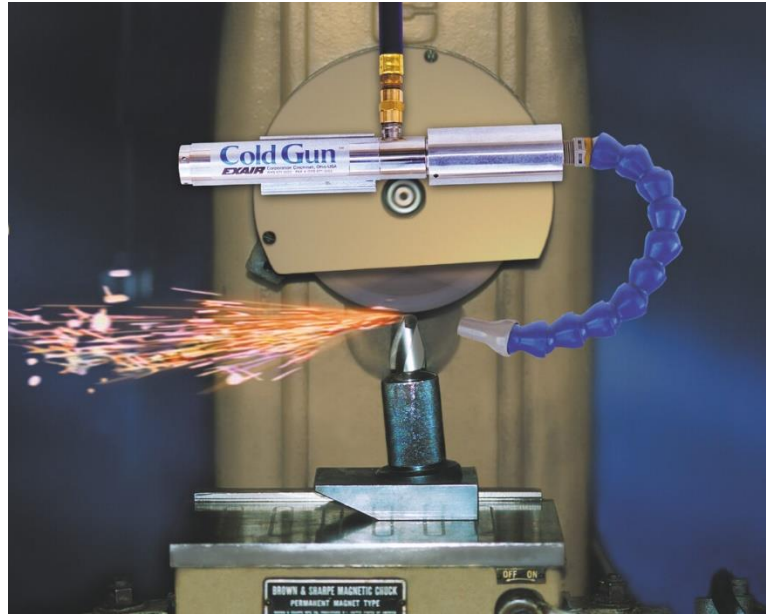
Avantajları

- Hareketli parça içermez
- Elektrikle değil havayla çalışırlar
- Küçük ve hafiftirler, taşınabilirler
- Diğer ürünlerle kıyaslandığında düşük maliyettedirler
- Üstün tasarımı ve verimlidirler
- Bakıma ihtiyaç duymadan çalışırlar
- Uzun ömürlü paslanmaz çelikten ve metal parçalardan yapılmıştır, ucuz plastik parçalar içermez
- Sıcaklık ayarı yapılabilir
- Üretkeçler değiştirilebilir

VORTEX TÜPLERİ NASIL ÇALIŞIR

Basınçlı hava, A noktasından girer. Hava tüpün içindeki üretkeç yardımıyla kendi etrafında dönmeye başlar. Sıcak havanın dışarı çıktığı sıcak uç boyunca ilerleyen hava, daha sonra ters tarafa doğru döner ve birbirinin tersi yönünde ilerleyen iki hava akımı ((B) ve (C)) oluşturur. Sıcak uca doğru ilerleyen hava akımı ısınır ve D noktasından dışarı atılır. Orta bölümdeki hava soğuyarak E noktasından dışarı çıkar. Sıcaklık ve kapasite D noktasındaki tıkaçla ya da farklı üretkeçlerin kullanımıyla ayarlanabilir.

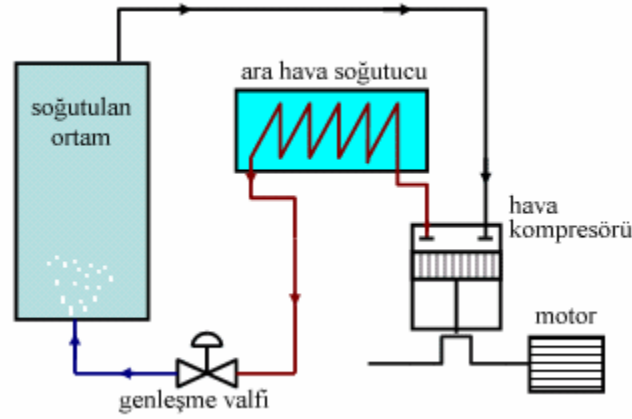




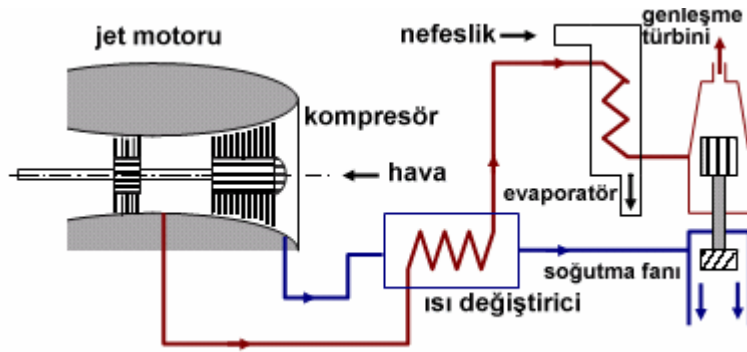


Hava Soğutma Çevrimi

Diğer soğutma çevrimlerinden farklı olarak bu çevrimde, soğutucu akışkan tüm sistemde daima gaz halinde kalır, hiç sıvılaşmaz. İdeal hava soğutma çevriminin en basit şekli esas olarak Joule Brayton çevriminin tersi olan çevrimdir Hava soğutma çevrimi açık sistem (soğutucu akışkan hava, devamlı atmosferden alınıp çevrimde soğutulduktan sonra kullanılır) veya kapalı sistem (hapsedilmiş hava sistemden dışarı çıkamaz) prensibine göre çalışır. Şekil-6'daki prensip şemasında genişleme silindiri hem genişleme valfi görevini hem de kompresör için gerekli sıkıştırma gücünün bir kısmını sağlamakta ve böylece güç gereksinimi azalmaktadır. Burada, genişleme silindiri hem ekspansiyon valfi görevini yapmakta hem de Kompresör için gerekli sıkıştırma gücünün bir kısmını sağlamakta ve böylece güç gereksinimi azalmaktadır. 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.



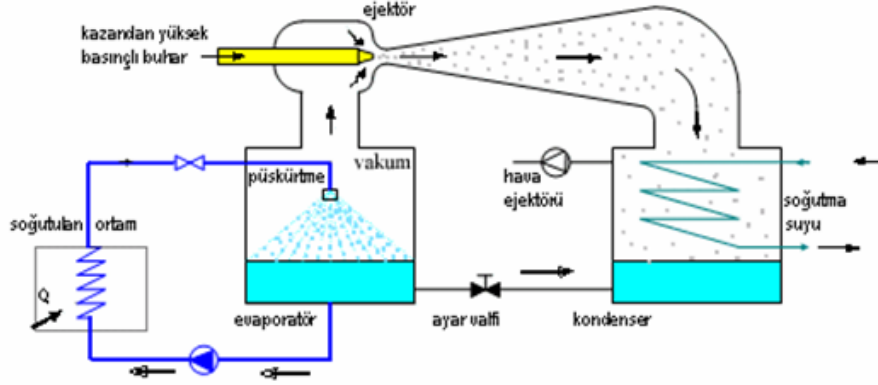
Hava soğutma kapalı çevrimi



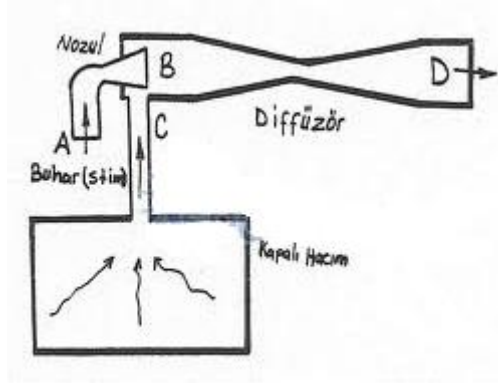
Uçak iklimlendirmesinde kullanılan hava soğutma açık çevrimi

Buhar-Jet (Ejektör) Soğutma Sistemi

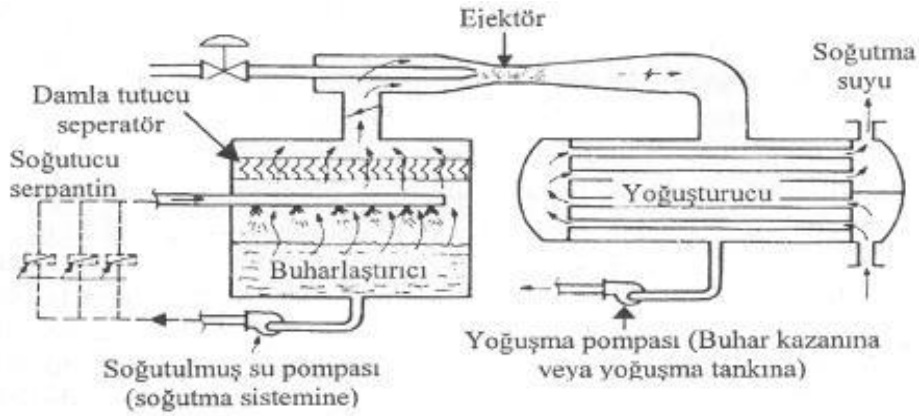
Buhar-jet soğutma sistemi, yüksek vakum altında ve düşük sıcaklıkta suyun buharlaştırılması prensibi ile çalışan bir sistemdir. Bu prensiple çalışan makinelerin en tanınmış 'Westinghouse- Leblanc' sistemidir. Şekil 1.7 de sıvıların soğutulması için gerçekleştirilmiş bir sistemin şeması gösterilmektedir. Buhar enjektöründen 1-3 ata basıncıdaki atık buharın 1200 m/s hızla geçirilmesi ile buharlaştırıcı içinde yüksek değerde vakum edilir. Meydana gelen vakum etkisi ile soğutma tankı içinde bulunan sıvının bir kısmı buharlaşır. Buhar haline geçmek için gerekli ısıya da, geri kalan sıvıdan aldığı için, soğutma tankında bulunan sıvı soğumaya başlar. Buharlaşan sıvı, enjektörden geçen buhar ile beraber karışarak vakum altında çalışan yoğuşturucuya geçer. Soğutma tankının altında bulunan soğutulmuş sıvı da, sıvı pompası aracılığı ile soğutma hücrelerinden dolaştırılıp, tekrar soğutma tankında soğutulmak üzere, tank içinde pülverize edilir. Püskürtmeden amaç, sıvının temas alanının artırılması ve buharlaşmaya yardımcı olması gayesiyle yapılmaktadır.



Buhar-jet soğutma sistemi



Buhar-jet



Yoğuşturucunun vakum altında tutulması gerektiğinden, yoğuşturucunun alt tarafı bir pompa ile bağlanmıştır. Yoğuşturucuda yoğuşan sıvı, yoğuşma pompası aracılığıyla emilir. Burada emilen sıvının sıcaklığı, soğutma suyu sıcaklığından 10°C daha yüksektir. Bu nedenle pompanın bastığı sıvı, bir ara soğutucuda, soğutma suyu aracılığıyla soğutulur. Soğutma tankında buharlaşan suyu tamamlamak üzere şamandıranın yanına verilir. Enjektörler seri halde bağlanarak daha yüksek kapasiteli soğutma sistemleri yapılmıştır. Atık buharın ve

soğutma suyunun bol olduğu yerlerde, klima tesislerinin soğutma sistemlerinde kullanılması tercih edilmektedir. Tehlikesiz, kullanılması kolay ve az bakım gerektiren bir soğutma sistemidir. Son yıllarda bu sistemlerin seri bağlanması sonucunda, çok yüksek kapasiteli soğutma sistemleri yapılmıştır.

Evaporatif (Nemlendirmeli, buharlaştırılmalı) Soğutma

Evaporatif soğutma basit bir prensibe dayanır. Havanın içine püskürtülen suyun buharlaştırılması için gerekli olan buharlaştırma gizli ısısı havanın duyulur ısısından alınır. Sonuçta havanın kuru termometre sıcaklığı düşürülerek soğutma elde edilir. Bu işlemde havanın yaş termometre sıcaklığı sabit kalmaktadır. Bu işlem sabit entalpide meydana geldiğinden adyabatik işlemdir. Çünkü sisteme ne dışarıdan ısı verilmekte ne de sistem dışarıya ısı vermektedir. Sistem içinde işlem boyunca sadece bir ısı alışverişi vardır. Aynı oranlarda duyulur ısı azalmakta, gizli ısı artmaktadır. Bu soğutma tekniği yıllarca kullanılmıştır. Sıcak ve kuru bir günde avluda yer sulandığında havayı daha soğuk ve kısmi bir serinlik hissetmemiz buharlaştırılmalı soğutmanın etkisindedir.

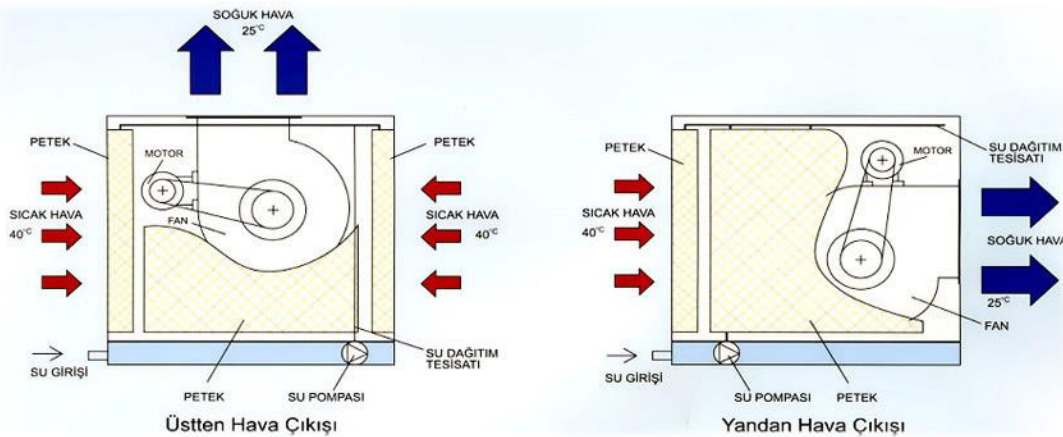
Hava içerisine püskürtülen veya havanın su ile ıslanmış bir yüzeyden geçerken teması sonucunda buharlaşan suyun, havadan buharlaşma ısısını çekmesi sonucu meydana gelen sıcaklık düşmesine buharlaşılmalı soğutma veya "evaporatif soğutma" denir. Evaporatif soğutma sistemleri, bilinen en eski soğutma sistemlerinden biridir. Mekanik soğutma sistemlerindeki gelişmelerden dolayı geçmiş yıllarda fazla tercih edilmemiştir. Fakat son yıllarda enerji maliyetlerindeki artışlar, iç hava kalitesindeki iyileştirme istekleri (daha fazla taze hava), freon gazlarının ozon tabakasındaki tahribatı, evaporatif soğutma sistemlerinin tekrar gündeme gelmesine neden olmuştur.

Evaporatif soğutma sistemleri; konfor iklimlendirmesi yanında tekstil fabrikalarında, güç santrallerinde, dökümhanelerde, fırınlarda, depolarda, otel mutfaklarında, atölyelerde konfor ve proses şartlarını iyileştirmek, verimi arttırmak amacıyla yoğun olarak kullanılırlar.

Sistem son derece basittir. Bu nedenle de bakımı kolay ve bakım masrafları da düşüktür. Hareketli parça olarak fan ve su pompası vardır

Buharlaştırılmalı soğutmaya olan ilginin artmasıyla bu sistemlerde bir çok yeni tasarımlar ortaya çıkmıştır. Bu çeşitliliğe rağmen buharlaştırılmalı soğutma sistemleri üç ayrı sınıfa ayrılabilir.

- 1- Doğrudan buharlaştırılmalı soğutma
- 2- Dolaylı buharlaştırılmalı soğutma
- 3- Birleşik buharlaştırılmalı soğutma



Doğrudan buharlaştırmalı soğutmanın temeli şekil.1'de şematik olarak verilmiştir. Burada su bir pompa yardımıyla basınçlandırılarak fiskiyelere (nozullara) verilerek küçük zerrecikler halinde hava akımına tabi tutulmaktadır. Su zerreciklerinin buharlaşmasıyla hava akımı soğumaktadır. Su buharının eklenmesiyle nemli havanın gizli ısısı artmaktadır. Şekil.1-b' deki psikrometrik diyagramda görüldüğü gibi bu izentalp işlem sabit yaş termometre sıcaklığı çizgisi boyunca olmaktadır. Bunun dışında havanın nemlendirilerek soğutulması, havanın ıslak bir yüzeyden geçirilmesi ile de sağlanabilir (Şekil 2). Gözenekli ve selülozik malzemeden özel olarak imal edilmiş petekler küçük bir sirkülasyon pompası vasıtasıyla ıslatılır. Petek üzerinden geçen hava suyu buharlaştırır. Buharlaştıran su havadan ısı alır ve evaporatif soğutma gerçekleşmiş olur. Bu tür evaporatif soğutmada hava filtre edilmiş olduğundan daha temiz hava içeri verilmiş olunur ve iyi bir iç hava kalitesi sağlanır.

Şekil.1-b' den görüleceği gibi doğrudan buharlaştırmalı soğutmada çıkış havasının en düşük kuru termometre sıcaklığı ancak giriş havasının yaş termometre sıcaklığına eşit olabilir. Giriş ve çıkış sıcaklıkları kullanılarak buharlaştırmalı soğutucuların yani nemlendirici verimi tarif edilebilir. Bu nemlendirici verimi doyma verimi olarak da bilinir. Pratikte kullanılan nemlendiricilerin verimleri % 70-90 arasında değişmektedir. Şekil.1-b esas alınarak nemlendirici verimi veya buharlaştırmalı soğutma verimi, ϵ_N , aşağıdaki gibi yazılabilir.

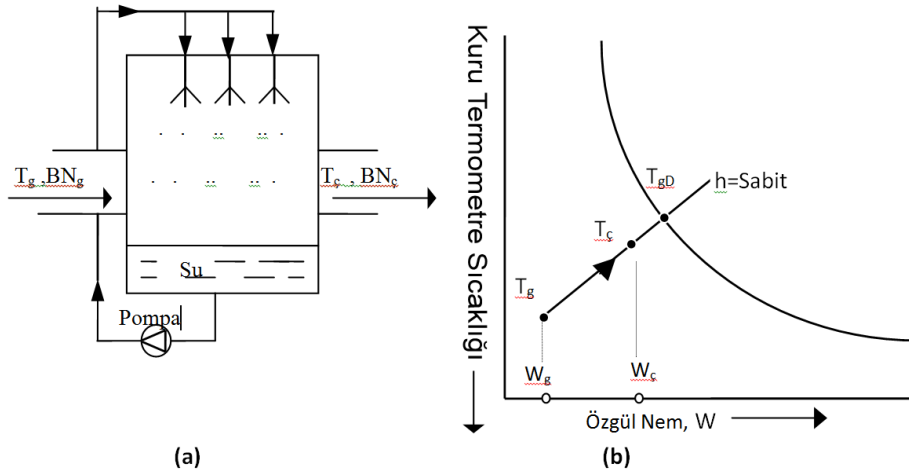
$$\epsilon_N = \frac{T_g - T_\zeta}{T_g - T_{gD}} \quad (1)$$

Burada T_g giriş havası kuru termometre sıcaklığını, T_ζ çıkış havası kuru termometre sıcaklığını, T_{gD} giriş havası yaş termometre sıcaklığıdır.

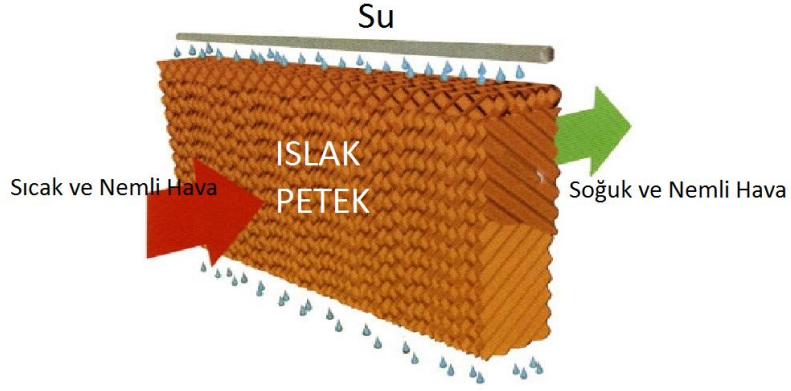
Hava akımında buharlaşarak tüketilen su miktarı yani havaya geçen nem miktarı, \dot{m}_{su} (kg/s);

$$\dot{m}_{su} = \dot{m}_{hava} \cdot (W_\zeta - W_g) \quad (2)$$

Burada \dot{m}_{hava} , hava akımının kütleli debisi (kg/s), W_g ve W_ζ sırasıyla nemlendiriciye giriş ve çıkış havasının özgül nemi (kg/kg kuru hava)'dir.



Şekil. 1. Doğrudan buharlaştırmalı soğutma sistemi



Şekil 2. Petek sistemi ile buharlaştırmalı soğutma

Dolaylı evaporatif soğutma sisteminin en büyük özelliği soğutma işlemi boyunca hava neminin artmamasıdır. Dolaylı soğutmada ulaşılacak minimum sıcaklık ikinci hava akımı yaş termometre sıcaklığına eşit olabilir. Bu ancak nemlendirici ve eşanjör verimleri % 100 olması durumunda mümkündür. Birleşik buharlaştırmalı soğutma sistemleri, hem doğrudan (direk) hem de dolaylı (indirek) buharlaştırmalı soğutmadan değişik kademelerden yararlanılarak meydana gelmişlerdir. Bu tip sistemlere konvansiyonel soğutma sistemleri de eklenerek değişik kombinasyonlar yapmak mümkündür.



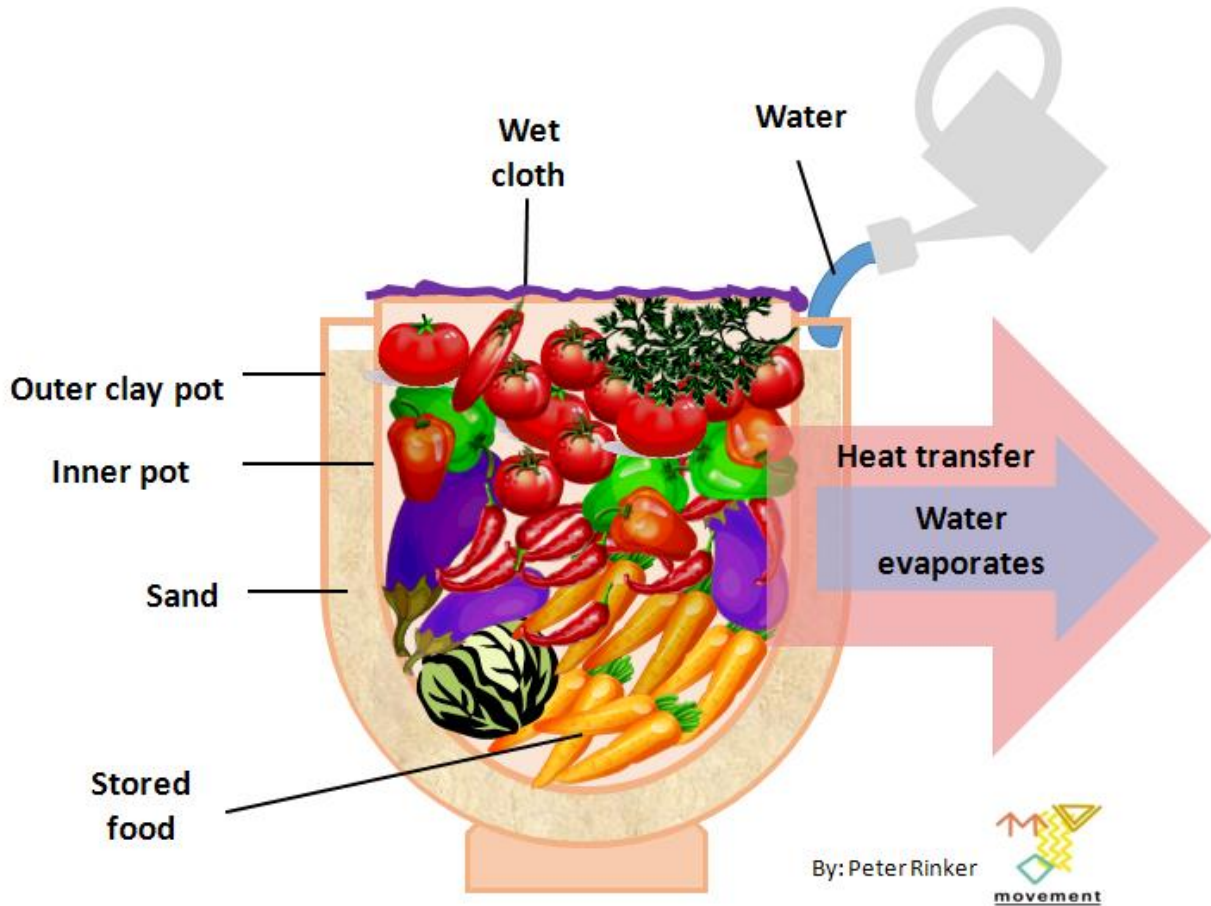
(a)



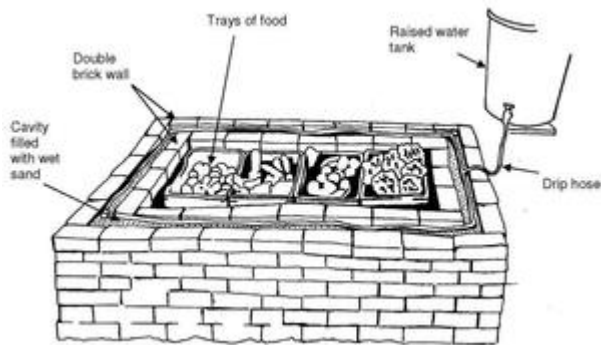
(b)

Şekil 3. Taşınabilir evaporatif soğutucu, a: Önden görünüş, b: Arkadan görünüş



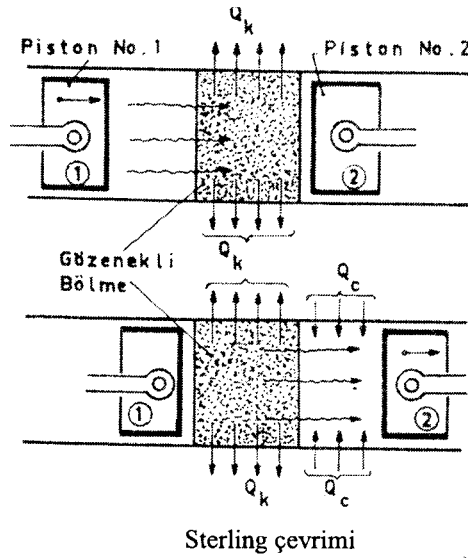


Janata Soğutucusu: pot-in-pot: Kırsal bölgelerde iç içe iki çömlektten oluşan ve evapotaive soğutma ile sebze ve meyvelerin muhafazası yapılmaktadır.

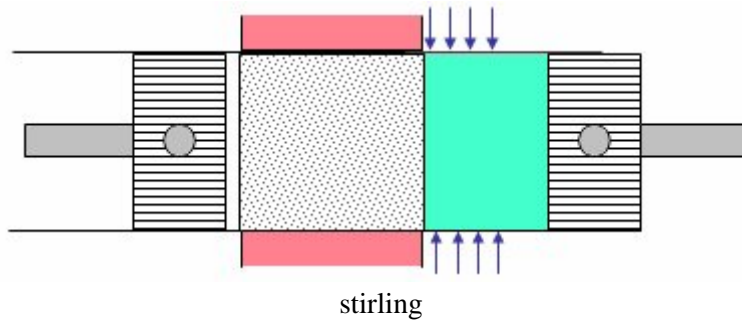


Stirling çevrimi:

Bu sistem, bir silindir ile içerisine yerleştirilmiş ve birbirinden gözenekli ısı tutumu yüksek bir bölmeyle (regeneratör) ayrılmış iki pistondan meydana gelmiştir.



Sistem silindir hacminde soğutucu bir gaz (Helyum, Hidrojen , vs.) bulunmaktadır. Başlangıç durumunda 1 no lu piston hareket ederek silindir boşluğundaki gazı sıkıştırır. Gözenekli bölmeye nüfuz eden ısınmış gaz ısıısını buraya verir. Bu ısı dışarıdan uygulanacak bir soğutma ile (kondenserde olduğu gibi) sistemden süratle uzaklaştırılmalıdır. 2 no lu pistonun silindir boşluğuna doğru ilerleyen basınçlı gaz, 2 no lu piston geriye doğru hareket ederken silindir boşluğunu doldurmaya devam eder. Bu durumda gaz civardan ısı almaya müsait durumdadır ve 2 no lu silindir cidarına verilecek ısıyı hemen alabilecektir. Soğutulmak istenen ortam ile ısı almaya müsait gaz arasında bir ısı geçişi sağlamak suretiyle soğutma işlemi yapılmış olacaktır. İkinci stok sırasında pistonlar aksi yöne doğru hareket etmekte olacak ve böylece ikinci bir soğutma işlemi sürdürülmüş olacaktır. Görüldüğü gibi, silindirdeki gazın atılması söz konusu olmamakta, oldukça karmaşık ve basit bir sistem oluşturulmaktadır. Aynı zamanda, gazın genişlemesi sırasında geriye doğru giden karşı pistonu genişleyen gaz yardımcı olmakta ve genişleme enerjisinden bir miktar yararlanılmaktadır. Ancak, bütün bunlara rağmen bu çevrimin performans katsayısı oldukça düşük seviyelerde kalmaktadır. Bunun nedenleri, ısı alış verişinin süratle yapılmasına uygun malzemenin bulunamayışı, gözenekli bölmede kalan ısının ters yöndeki hareket sırasında tekrar soğuk gaz tarafından geri alınması gibi nedenlere bağlanabilir.



Vakumla soğutma

Emme (Vakumla) sistemi ile soğutma makineleri termik enerjiden faydalanılarak yapılmıştır. Devre içindeki soğutucunun geçirmiş olduğu haller aynen mekanik soğutma sisteminde olduğu gibidir.

Soğutma sisteminde mekanik bir arıza bulunmadığı için sessiz çalışır. Amonyak gazının su da kolaylıkla erimesinden istifade edilerek bu sistemde kullanılır. Sulu amonyak ısıtıldığı zaman buhar haline geçer ve bu halde amonyaktan eser kalmaz. Su bu devrede emici vazifesi görür. Ayrıca emici olarak silicagel kullanılır. Bu maddenin bir mühim vasfı, rutubeti emmesidir. Gazın ısıtılması elektrik veya yanıcı bir madde ile olabilir.

Havayla ön soğutma ürünün çeşidine göre, basınçlı havayla ön soğutma, nemlendirilmiş havayla ön soğutma ve buharlaştırmayla ön soğutma olmak üzere üç farklı şekilde yapılabilmektedir. Suyla ön soğutma yöntemi, ürünün soğuk ya da buzlu suya daldırılması veya ürün üzerine soğuk ya da buzlu su püskürtülmesiyle gerçekleştirilir. Ayrıca soğuk su kaynaklarıyla yapılan ön soğutma işlemleri de suyla ön soğutma yöntemleri arasında sayılabilir. Vakumla ön soğutma yöntemi, sebzelerin ve meyvelerin bünyesindeki suyun vakum etkisi altında hızlı bir şekilde buharlaşmasıyla gerçekleştirilir. Normal atmosfer basıncı altında su 100 C’de kaynarken, vakum tankında, atmosfer basıncının çok daha altındaki basınçlarda su çok düşük sıcaklıklarda kaynamaktadır. Suyu buharlaştırmak için gereken ısı, vakumla soğutulan ürünün iç enerjisinden alındığından soğutma işlemi gerçekleşmektedir. Kullanım alanları; Unlu-yarı pişmiş ekmek, ekmek, pasta, pizza, soslar, çorbalar, meyve konsantresi soğutma işleminde kullanılır.

Vakumla soğutma yönteminde havanın buharlaşma gizli ısısı kullanılmaktadır. Vakumla soğutma yöntemi, sebzelerin ve meyvelerin bünyesindeki suyun vakum etkisi altında hızlı bir şekilde buharlaşmasıyla gerçekleştirilir. Normal atmosfer basıncı altında su 100 °C’de kaynarken, vakum tankında, atmosfer basıncının çok daha altındaki basınçlarda su çok düşük sıcaklıklarda kaynamaktadır. Suyu buharlaştırmak için gereken ısı, vakumla soğutulan ürünün iç enerjisinden alındığından soğutma işlemi gerçekleşmektedir.

1. Sebze ve Meyvelerin (Özellikle marul, ıspanak gibi yapraklı ürünlerin) Soğutulmasında
2. Buz üretiminde kullanılır.

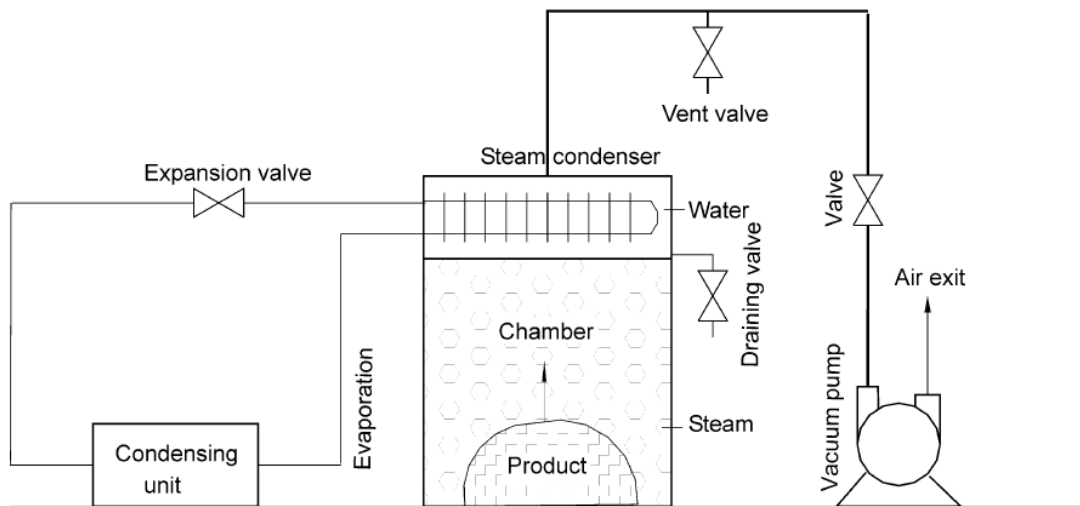


Fig. 1. A typical vacuum cooler.

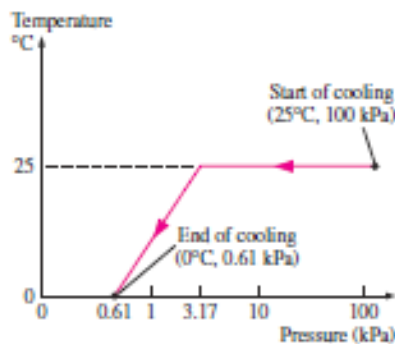
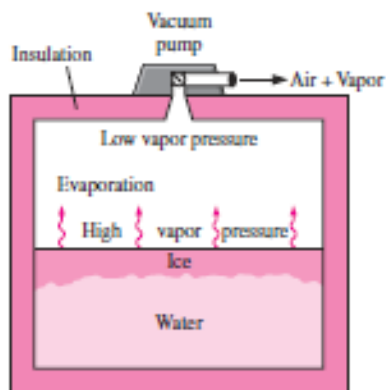


FIGURE 3-14

The variation of the temperature of fruits and vegetables with pressure during vacuum cooling from 25°C to 0°C.



from the products to be cooled. The heat of vaporization during evaporation is absorbed from the products, which lowers the product temperature. The saturation pressure of water at 0°C is 0.61 kPa, and the products can be cooled to 0°C by lowering the pressure to this level. The cooling rate can be increased by lowering the pressure below 0.61 kPa, but this is not desirable because of the danger of freezing and the added cost.

In vacuum cooling, there are two distinct stages. In the first stage, the products at ambient temperature, say at 25°C, are loaded into the chamber, and the operation begins. The temperature in the chamber remains constant until the *saturation pressure* is reached, which is 3.17 kPa at 25°C. In the second stage that follows, saturation conditions are maintained inside at progressively *lower pressures* and the corresponding *lower temperatures* until the desired temperature is reached (Fig. 3-14).

Vacuum cooling is usually more expensive than the conventional refrigerated cooling, and its use is limited to applications that result in much faster cooling. Products with large surface area per unit mass and a high tendency to release moisture such as lettuce and spinach are well-suited for vacuum cooling. Products with low surface area to mass ratio are not suitable, especially those that have relatively impervious peels such as tomatoes and cucumbers. Some products such as mushrooms and green peas can be vacuum cooled successfully by wetting them first.

The vacuum cooling just described becomes **vacuum freezing** if the vapor pressure in the vacuum chamber is dropped below 0.61 kPa, the saturation pressure of water at 0°C. The idea of making ice by using a vacuum pump is nothing new. Dr. William Cullen actually made ice in Scotland in 1775 by evacuating the air in a water tank (Fig. 3-15).

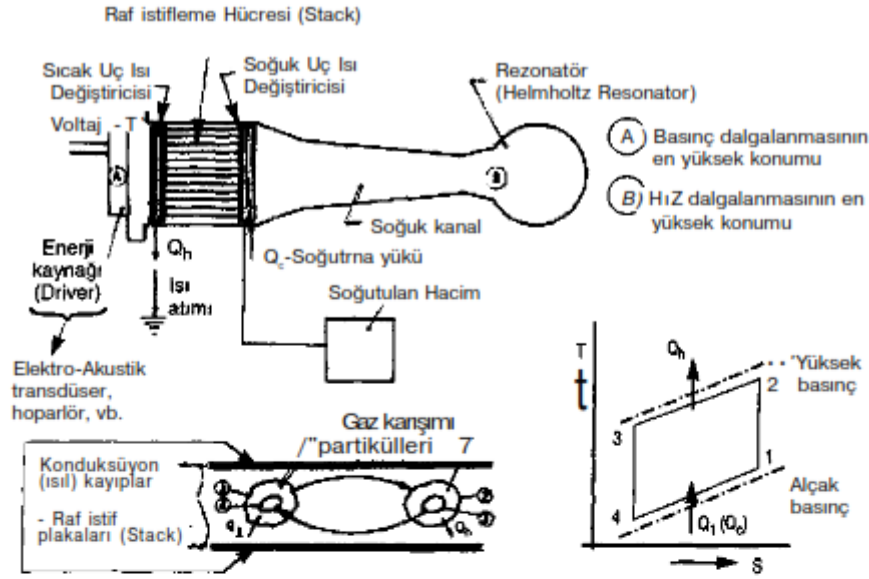
Package icing is commonly used in small-scale cooling applications to remove heat and keep the products cool during transit by taking advantage of the large latent heat of fusion of water, but its use is limited to products that are not harmed by contact with ice. Also, ice provides *moisture* as well as *refrigeration*.

Termo Akustik Soğutma : Boru ile Cam'ın şişirilmesi sırasında bazan üfleme borusunun ağzında sesler duyulması olayının ilk defa Sondhauss tarafından farkedilerek (1850) bununla ilgili buluşlarını yazılı olarak neşretmesiyle ortaya çıkmıştır. Daha sonra Raleigh tarafından (1878 ve 1945) bu olay araştırılarak bilimsel izahı yapılmış ve "Termo Akustik Etki" adı verilmiştir. Termo Akustik etkiden yararlanılarak (tersi olay) pratik kullanılabilirliği olan bir soğutma cihazının geliştirilmesi girişimleri Amerika'da 1980 yılları başlarında Wheatley ve ekibi tarafından başlatılmış olup, Garret ve Hoffer 1992 yılında ilk defa fiilen çalışabilen bir soğutucu cihazı dizayn ve imal etmişlerdir.

Termo Akustik bir soğutucu 4 kısımdan meydana gelmektedir ve bunlar :

1. Raf İstifleme Hücresi (Stack) : Gözenekli malzemeden yapılmış paralel plakalar veya ince masif malzemeden haddelenerek spiral haline getirilmiş yapraklar şeklindedir,
2. Sıcak ve Soğuk Uç Isı Değiştiricileri : Kanatlı boru, paralel plakalar, örgülü levha, metalik yapı, vs. şeklindedir.
3. Rijit ve Sızdırmaz Şekilde tertiplenmiş bir boru, ki genellikle uç kısmına da bir rezonatör (Helmholtz Resonator) yerleştirilerek cihazın boyunun küçültülmesi ve ayrıca aşın basınç kayıplarının önlenmesi sağlanmaktadır.
4. Akustik Enerji Kaynağı : Elektro Akustik transdüser, vb. Ayrıca cihazın içinde hapsolünmüş vaziyette ideal gaz konumuna yakın özelliklerde bir gaz karışımı (u/orking fluid) bulunmaktadır (Helyum ve Xenon gibi).

Enerji kaynağı (Driver), sistemde rezonansı sağlayacak frekansta çalıştırılmak suretiyle oldukça yüksek seviyede bir basınç dalgalanması meydana getirilir ve bununla içeride hapsolünmüş durumdaki gaz karışımının periyodik şekilde sıkıştırılıp genişletilmesi sağlanarak gaz karışımının Raf istifleme hücresi içinde (Stack) sıcak ve soğuk uç ısı değiştiricileri arasında ileri-geri salınımlar (oscillation) yapması gerçekleşmiş olur. Akustik etkiyle hareketlendirilen akışkan partiküllerinden Raf istifleme hücresindeki plakaların yüzeyine yakın olanlar ters Brayton çevrimine benzer bir çevrimle ısıyı soğuk uç ısı değiştiriciden sıcak uç ısı değiştiricisine doğru taşımaya başlar (ısı pompalama). Yani soğutucu akışkan (gaz karışımı) hava çevriminde olduğu gibi hep gaz halinde bulunmaktadır ve buhar sıkıştırma çevrimindeki gibi sıvılaşması ve buharlaşması söz konusu olmamaktadır. Diğer bir deyişle gaz partikülleri kendi içlerinde bir sıkıştırma-genişleme işlemi ortaya koymaktadır.



Şekil. 11-14) Termo akustik soğutma

Termo akustik soğutma sistemini meydana getiren aksamın diğer soğutma sistemlerindeki benzerlerini Sterling Çevrimi ile Termoelektrik soğutma çevriminde ve Vorteks tüpleriyle Soğutma sisteminde görmek mümkündür.

Halen yapılan deneylerde elde edilen performans katsayılarının mertebesi Karnot çevrimine oranla %20 ila 30 civarında olup alışlagelmiş soğutma sistemlerine göre (Buhar sıkıştırma çevrimleri, vb.) halen daha düşük seviyededir. Örneğin, bir deneyde kullanılan 12.7 cm boyundaki, paralel bakır plakalı ısı değiştiricileri havi cihazda elde edilen performans katsayısı 1.7 civarında olup halen kullanılmakta olan konvensiyonel soğutma sistemlerindeki daha düşük, fakat oldukça yüksek sayılabilecek seviyededir. Paralel, plakalı ısı değiştiricilerin kondüktif (iletim) ısı geçişi ideal derecede yüksek bir malzemeden olabilmesi durumunda performans katsayısının %50 mertebesinde yükseltilebilmesi mümkün hale gelerek 2.6 gibi, halen kullanılan soğutma sistemlerinin seviyesindeki değerlere ulaşılması mümkün olabilecektir.

Performans katsayılarının yükseltilmesinde etken olan parametreleri şöylece sıralamak mümkündür :

1. Kapasite-güç kaybı etkenleri
2. Soğutucu dizaynının optimizasyonu; Bakır paralel plakalar, çok iyi ısı iletken malzeme, kanatlı boru kullanımı, vs.)
3. Sistemin optimizasyonu (cihaz konstrüksiyonu, güç kaynağı, Motor/Driver dizaynı, vs)
4. Soğutucu bölümün dizaynı
5. Akışkan-gaz karışımlarının etkisi (Halen 50/50 Helyum-Xenon en iyi performansı vermektedir). Genellikle düşük değerdeki Prandtl katsayıları ile yüksek seviyede ortalama basınç değerleri veren gaz karışımları daha iyi sonuçlar sağlamaktadır.

Halen yapılan deneylerde elde edilen performans katsayılarının mertebesi Karnot çevrimine oranla %20 ila 30 civarında olup alışlagelmiş soğutma sistemlerine göre (Buhar sıkıştırma çevrimleri, vb.) halen daha düşük seviyededir. Örneğin, bir deneyde kullanılan 12.7 cm boyundaki, paralel bakır plakalı ısı değiştiricileri havi cihazda elde edilen performans katsayısı 1.7 civarında olup halen kullanılmakta olan konvensiyonel soğutma sistemlerindeki daha düşük, fakat oldukça yüksek sayılabilecek seviyededir. Paralel, plakalı ısı değiştiricilerin kondüktif (iletim) ısı geçişi ideal derecede yüksek bir malzemeden olabilmesi durumunda performans katsayısının %50 mertebesinde yükseltilebilmesi mümkün hale gelerek 2.6 gibi, halen kullanılan soğutma sistemlerinin seviyesindeki değerlere ulaşılması mümkün olabilecektir.

Performans katsayılarının yükseltilmesinde etken olan parametreleri şöylece sıralamak mümkündür :

1. Kapasite-güç kaybı etkenleri
2. Soğutucu dizaynının optimizasyonu; Bakır paralel plakalar, çok iyi ısıletken malzeme, kanatlı boru kullanımı, vs.)
3. Sistemin optimizasyonu (cihaz konstrüksiyonu, güç kaynağı, Motor/Driver dizaynı, vs)
4. Soğutucu bölümün dizaynı
5. Akışkan-gaz karışımlarının etkisi (Halen 50/50 Helyum-Xenon en iyi performansı vermektedir). Genellikle düşük değerdeki Prandtl katsayıları ile yüksek seviyede ortalama basınç değerleri veren gaz karışımları daha iyi sonuçlar sağlamaktadır.

Termo Akustik Soğutma sisteminin üstünlüklerini şöylece sıralamak mümkündür:

1. Çevreyle uyumlu, zararsız akışkanlar kullanılabilir
2. Elektrik veya ısı (örneğin gaz yakıt yakılarak) enerjisi kullanılabilir
3. Basit konstrüksiyonlar uygulanarak düşük sıcaklıklar elde edilebilmesi mümkündür
4. Kapasite kontrolünün sürekliliği ve kolaylığı
5. Sızdırmazlık için önlem gerektirmemekte, yağlama yağı kullanımına ihtiyaç bulunmamaktadır.
6. Sessiz şekilde çalışması mümkündür
7. Küçük sıkıştırma oranları yeterlidir ve böylece elektro akustik transdüserlerin (hoperlör gibi) kullanılması mümkündür (mekanik kompresörlerin yerine)
8. Termoakustik cihaz elemanlarının basitliği, soğutma sisteminin diğerlerinden daha düşük maliyetle yapılmasını ve servis bakım masraflarının da azaltılmasını mümkün kılmaktadır.

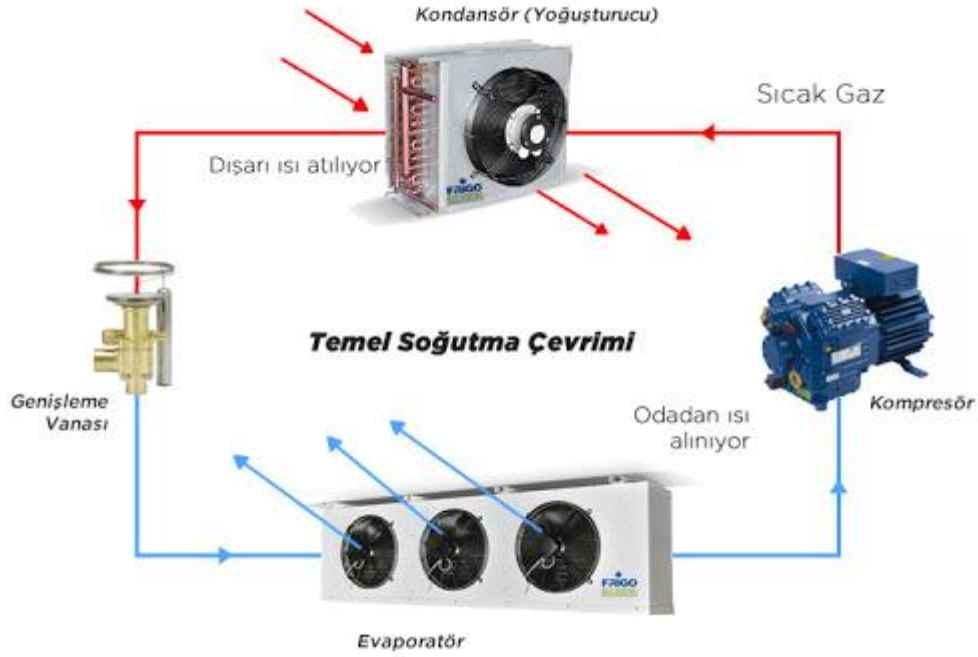
Amacına uygun tasarlanıp imal edilmiş bir termoakustik soğutma cihazının kapasitesi, Elektro-Akustik transdüser verilen Voltajın değiştirilmesi suretiyle kolayca ayarlanabilmektedir. Bu durumuyla Termo Akustik Soğutma Sisteminin kısmi yüklerde çalışması, buhar sıkıştırma çevrimlere göre daha iyi *performans* sağlamaktadır.

BÖLÜM 2

BUHAR SIKIŞTIRMALI MEKANİK SOĞUTMA SİSTEMİ

Bu sistemde kompresörde yüksek basınca sıkıştırılan soğutucu akışkan kızgın buhar halinde yoğuşturucuya gönderilir. Burada, çevreye ısı vererek yoğuşan soğutucu akışkan, kısılma vanasında alçak basınca kısılarak ıslak-buhar halde buharlaştırıcıya girer. Buharlaştırıcıyı çevreleyen ortam sıcaklığının altında bir sıcaklığa sahip olan soğutucu akışkan, ortamın ısını çekerek, ortamı soğutur ve buharlaştırıcı çıkışında doymuş buhar halde kompresör tarafından emilir. Böylece çevrim sürekli olarak devam eder.

Buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma çevriminin tersi olan çevrim "ısı pompası çevrimi" olarak adlandırılır. Isı pompası çevriminde yoğuşturucudan atılan ısıdan yararlanılarak, bir ortamın ısınması sağlanır. Isı pompası çevrimi ile soğutma çevrimi arasındaki fark, kullanım amacıdır. Isı pompasında bir ortam ısıtılırken, soğutma çevriminde ise soğutulmaktadır. Isının temin edildiği kaynağın ve ısının verildiği ortamın cinsine göre ısı pompalarına "Havadan havaya", "Havadan suya", "Sudan suya", "Topraktan havaya" v.s. gibi isimler verilmektedir.

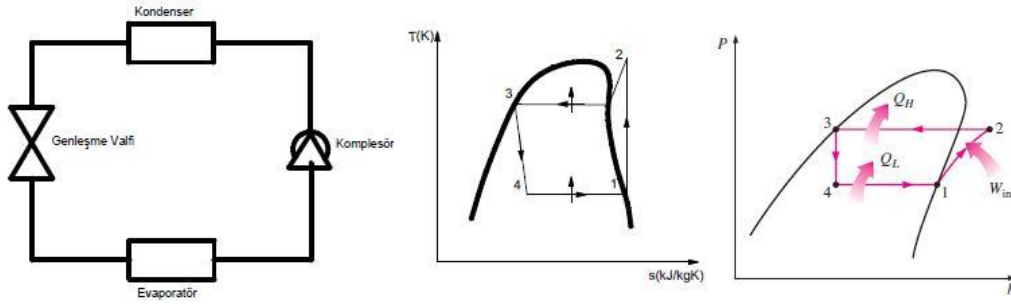


Buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma çevrimi

<http://www.sogutmateknik.com/soguk-hava-deposu/soguk-depolarda-calisma-prensibi/>

Buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma sisteminde; kompresörde yüksek basınca sıkıştırılan soğutucu akışkan kızgın buhar halinde yoğuşturucuya gönderilir. Burada, çevreye ısı vererek yoğuşan soğutucu akışkan, kısılma vanasında alçak basınca kısılarak ıslak buhar halde buharlaştırıcıya girer. Buharlaştırıcıyı çevreleyen ortam sıcaklığının altında bir sıcaklığa sahip olan soğutucu akışkan, ortamın ısını çekerek ortamı soğutur ve buharlaştırıcı çıkışında doymuş buhar halde kompresör tarafından emilir. Böylece çevrim sürekli olarak tekrarlanır.

Aşağıdaki şekilde ise Buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma çevriminin şematik diyagramı görülmektedir.



Buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma çevriminin şematik gösterimi

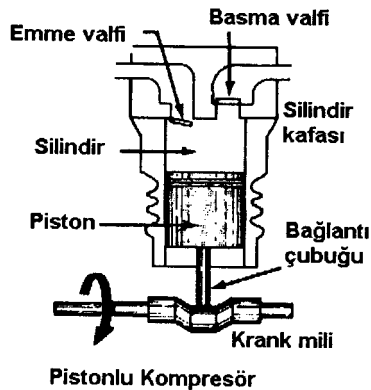
Soğutucu akışkanın peş peşe işlemlerden geçmesi, soğutma çevrimi olarak adlandırılır. Şimdi soğutma çevriminin elemanlarını inceleyelim.

Mekanik Buhar Sıkıştırımlı Soğutma Sisteminin Ana Elemanları

Mekanik buhar sıkıştırımlı soğutma sistemleri kompresör, kondenser, genleşme valfi ve evaporatör olmak üzere dört ana eleman içerirler.

Kompresör: Sıkıştırma soğutma makinelerinin en önemli elemanları olan kompresör, konstrüksiyon detayları kullanılan soğutucunun cinsine göre değişen ve temel gayesi, evaporatör basıncındaki soğutucu akışkanı emerek daha yüksek basınçtaki kondansere göndermek olan bir gaz pompasıdır. Kompresörün mekanik ve volumetrik veriminin tesisin ekonomisi üzerinde etkisinin büyük olması dolayısıyla soğutma tesisinin cinsine ve büyüklüğüne göre çeşitli kompresörler geliştirilmiş olup başlıca 5 ana grupta toplanabilir.

- 1-Pistonlu Kompresörler
- 2-Rotatif (dönel, rotorlu, rotary) Kompresörler
- 3-Scroll Kompresörler
- 4-Vidalı (helisel) Kompresörler
- 5-Türbo (santrifüj) Kompresörler



Kondenser(Yoğuşturucu) : Kondenserin bir soğutma sistemindeki görevi, kompresörle sıkıştırılmak suretiyle yüksek basınca çıkarılmış olan sıcak gazın soğutularak yoğuşturulmasıdır. Bir soğutma sisteminde temelde evaporatörde çekilen ısı ile kompresör tarafından akışkana kazandırılan toplam ısı kondanserde dışarı atılır. Tüm kompresörlerin görevi aynı olmakla beraber bunların değişik tipleri vardır. Bunları başlıca üç gruba toplamak mümkündür.

- 1-Su ile soğutulan kondanseler
- 2-Evaporatif kondanseler
- 3-Hava ile soğutulan kondanseler



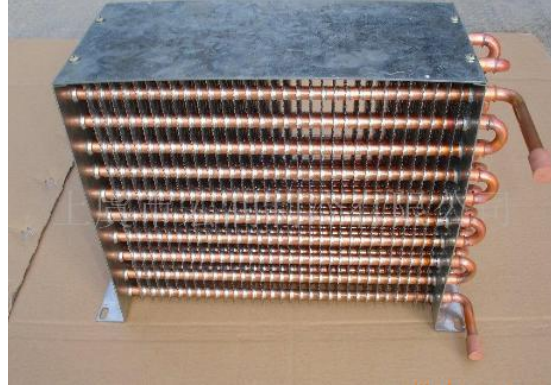
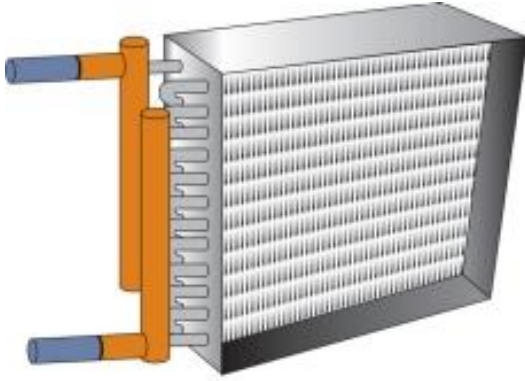
Genleşme Valfi: Genleşme valfi, kondanserden yüksek basınçta çıkan soğutucu akışkanı, arzu edilen evaporatör basıncına düşürmeye yarayan kısma elemanıdır. İdeal şartlarda bu elemanda gerçekleşen basınç düşürme işlemi boyunca entalpinin sabit olduğu kabul edilir. Genleşme valfi olarak küçük sistemlerde kılcal borular bu görevi yapmakla birlikte, daha büyük sistemlerde el ayar valfi, otomatik genleşme valfi ve termik genleşme valfi gibi elemanlar kullanılmaktadır.



Orifisli genleşme valfi

Evaporatör (Buharlaştırıcı): Temelde bir ısı değiştirgeci olan evaporatörler, genişleme valfinde basıncı düşürülmüş olan soğutucu akışkanı buharlaştırarak, çevre sıcaklığından daha düşük sıcaklıktaki mahallerin elde edildiği kısımlardır. Soğutucu akışkanın cinsine bağlı olarak çeşitli malzemelerden yapılmasıyla birlikte genelde yapımlarından bakır ve çelik borular kullanılır. Soğutulan ortamın hava, su veya hava su karışımı olmasına bağlı olarak çeşitli tipleri geliştirilmiş olup konstrüksiyon açısından iki sınıfta değerlendirilebilir.

- 1-Hava Soğutulmasında kullanılan evaporatörler
- 2-Sıvıların Soğutulmasında kullanılan evaporatörler



Evaporatör görselleri

BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA ÇEVİRİMLERİ

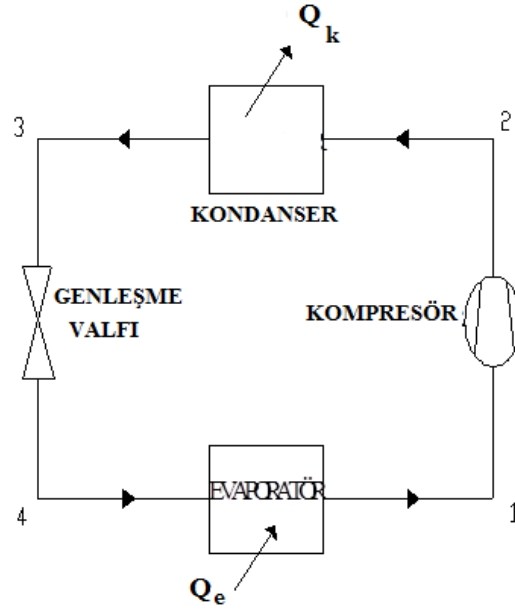
1) Tek Kademeli Çevrimler

Buhar sıkıştırımlı soğutma makineleri pratikte en çok kullanılan soğutma makineleridir. Bu makinelerde en az 4 eleman bulunması zorunludur. Bunlar şekil 2.4 de gösterildiği gibi kompresör, kondanser, genişleme valfi, ve evaporatördür. Bu makinelerin ideal çevrimi ters Carnot çevrimi olup, bu durum şekil 2.5 deki T-S diyagramında gösterilmiştir. Ancak ters Carnot çevriminin gerçekleşmesi teknik zorluklarla doludur. 1 noktasının ayarlanması fevkalade güçtür. Ayrıca sıvı-buhar karışımının sıkıştırılması da çok problemlidir. Bu duruma uygun kompresörlerin olmayışı ve yapılırsa da verimsiz çalışacağı da açıktır. Bunlardan dolayı enerji üretiminde de Carnot çevrimi yerine Rankine çevrimi kullanılır. Şekil 2.6 de yine en az dört elemanı bulunan güç çevrimi gösterilmiştir. Burada pompada sıkıştırılan su kazanda sıkıştırılır ve basınçlı buhar ayrıca kızgın buhar haline getirildikten sonra türbinde güç üretilir. Türbin çıkışındaki çürük buhar kondenserde yoğunlaştırıldıktan sonra tekrar pompaya iletilir. Rankine çevrimi ideal olarak T-S diyagramında şekil 2.7 de gösterilmiştir.

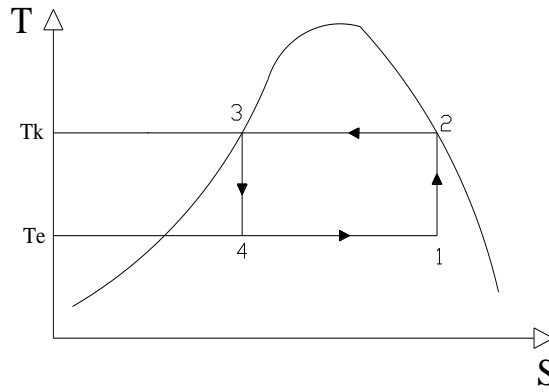
Rankine çevriminin ters durumu ters Carnot çevrimine göre daha gerçekçi bir çevrimdir. Bu çevrim şekil 2.8 de T-S diyagramında ve şekil 2.9 ta logh-h diyagramında gösterilmiştir.

Gerçek çevrimde izobar, izentalp ve izentrop durum değişimleri mümkün değildir. Gerçekçi bir çevrim şekil 2.10 de gösterilmiştir. Sıkıştırılan buhar basıncı, basınç kaybından dolayı düşer. Ancak boru çapları öyle seçilir ki bu kayıpların çok fazla olması önerilir. Genelde 0.1-03 bar arasındaki basınç kaybı normal sayılmalıdır. 6-7 noktası arasında sabit entalpi kabul edilebilir. Fakat gerçekte hızdan dolayı entalpide bir düşüş olacaktır. 7-1 arasında da yine 0.1 bar civarında bir basınç kaybı görülür.

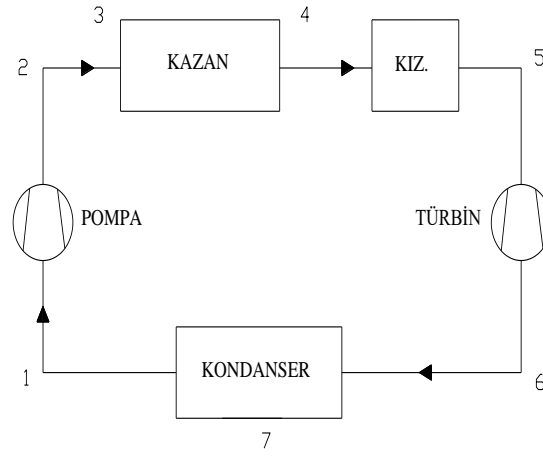
Doymuş buhar 8 noktasından 1 noktasına kadar kızgın buhar olur. Bu genellikle evaporatör veya soğutulan ortamda meydana gelir. Bundan dolayı da soğutma kapasitesi 7-1 noktaları arasında dikkate alınır. 1-3 arası ideal izentrop sıkıştırımadır, ancak gerçekte entalpi artar ve 2 noktasına sıkıştırma olur.



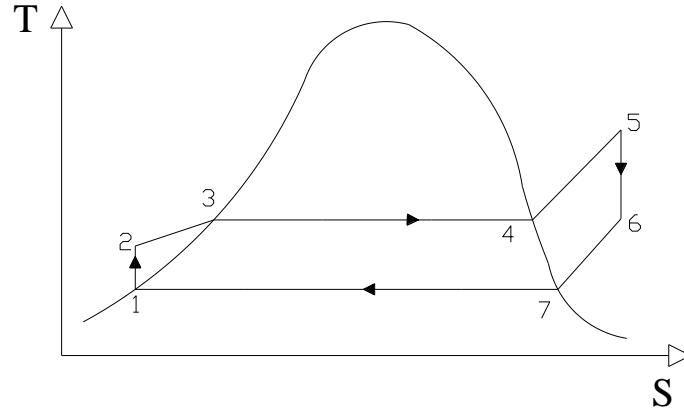
Şekil 2-4 Buhar sıkıştırmalı soğutma sisteminin temel çevrimi



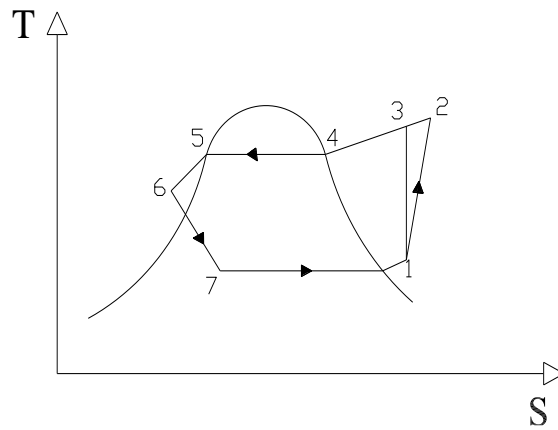
Şekil 2.5. Ters Carnot çevriminin T-S diyagramı



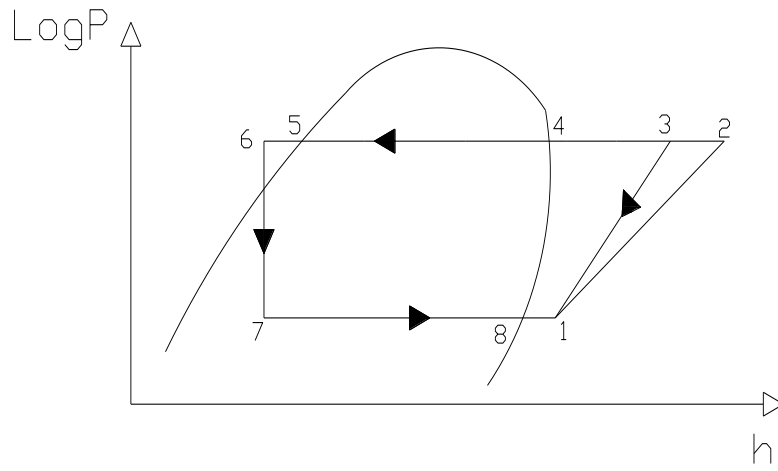
Şekil 2.6. Rankine çevrimi temel parçaları



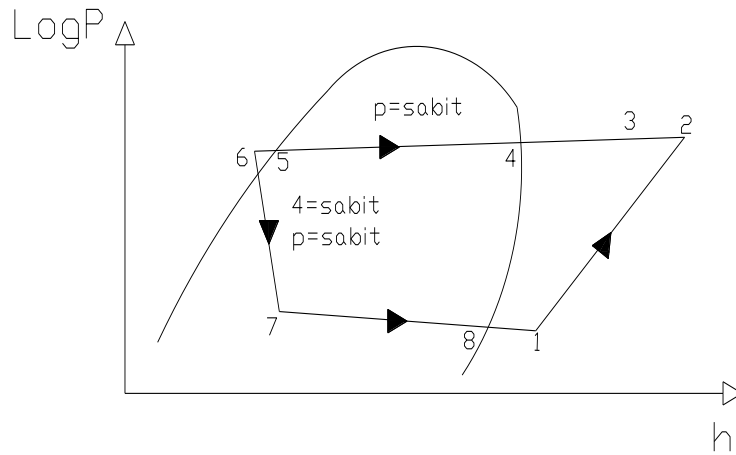
Şekil 2.7. Rankine çevriminin T-S diyagramında gösterilişi



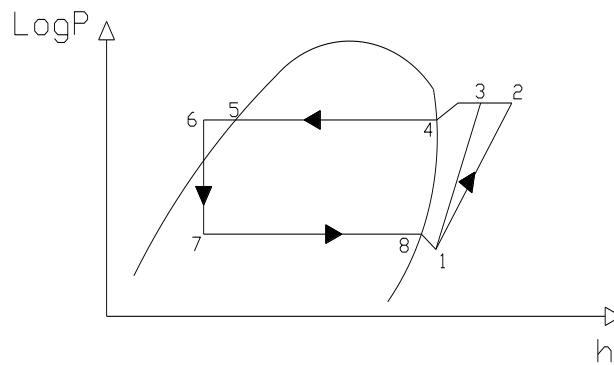
Şekil 2.8 . Soğutma makinesi çevriminin T-S diyagramında gösterilişi



Şekil 2.9. Soğutma makinesi çevriminin logP-h diyagramında gösterilişi



Şekil 2.10 Gerçekçi soğutma çevrimi



Şekil 2.11. Açık kompresörlü gerçekçi soğutma çevrimi

Pratikte kullanılan kompresörler hermetik, yarı-hermetik ve açık tiplerdir. Hermetik tip kompresörlerde buharın sıkıştırılması dışında verilen gücün bir kısmı elektro-motorun soğutulması gibi buharın silindire girmesinden önce ısınacaktır. Bundan dolayı hermetik kompresörlerde silindire giren buhar daha kızgın buhardır. Bunun şekil 2.11 ve 2.12 da açık tip (ve yarı hermetik) kompresör ve hermetik tip kompresörlerde gerçekçi çevrim gösterilmiş, ancak basınç düşüşleri sadece buhar akışlarında dikkate alınmış ve genleşme esnasındaki izentalp olmama durumu dikkate alınmayarak ihmal edilmiş ve izentalp durum değişimi kabul edilmiştir.

Şekil 2.11 de açık tip kompresörden dolayı mekanik verim ve elektomotor veriminden dolayı meydana gelen kayıplar buhara gitmeyecek ve ortama verilecektir. Dolayısıyla bu tip sistemlerde evaporatörden alınan ısı ile verilen elektrik enerjisi kondenserde alınan ısıya eşit olmaz.

Şekil 2.12 da hermetik tip kompresörlü soğutma çevrimi gösterilmiş olup burada 9-1 arasındaki buhar ısınması kompresör mekanik ve elektro motor veriminden dolayı ısıya dönüşen elektrik enerjisinin buharı ısıtmasından dolayı meydana gelir.

2. Çok Kademeli Çevrimler

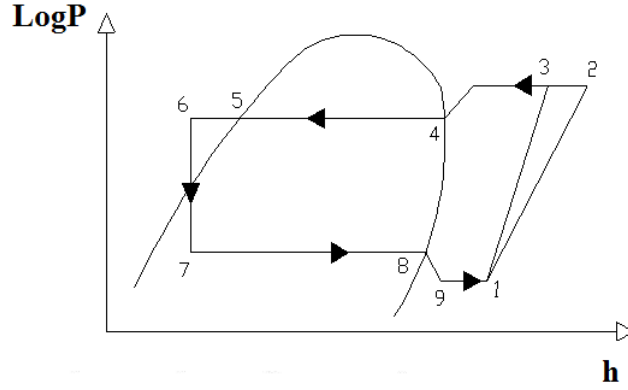
Evaporatör ve kondanser arasındaki basınç farklarının çok büyük olması halinde sıkıştırma işleminin tek kademede yapılması artık mümkün olmaz. Kondanser- evaporatör basınç oranlarının makul oranları aşmaması gerekir. Bu oranlar 5-6 civarındadır. Aksi durumda iç verimde ve hacimsel verimde önemli azalmaları göze almak gerekir. Çok kademeli çevrimler birçok şekilde gerçekleştirilebilir. Bunlar 1 evaporatör 2 kompresörlü, 2 evaporatör 1 kompresörlü, 2 evaporatör 2 kompresörlü veya kaskad bağlantılı sistemlerdir. Bu sistemlerde ara basınç, P_c kondensör ve P_e evaporatör basınçlarından $P^2 = P_c P_e$ bağlantısından yaklaşık olarak belirlenebilir. Şekil 2.13 ve 2.14 de çift kademe sıkıştırmalı ve tek evaporatörlü sistem geliştirilmiştir. Ancak ikinci kompresöre girişte aşırı sıcaklık yükselmelerini önlemek için buharın ara soğutmaya tabi tutulması gereklidir. Çevrimin diğer aksamaları tek kademeli çevrimlerde olduğu gibidir. Bu çevrimin ideal olarak şekil 2.14 de logp-h diyagramında gösterilmiştir.

Bazı durumlarda tek kompresör ile iki ayrı sıcaklıkta çalışan iki ayrı evaporatörün beslenmesi gerekmektedir. Bu durumda çevrimin şematik durumu şekil 2.13 de ve diyagramda gösterilişi de 2.14 te verilmiştir. Düşük sıcaklıkta çalışan evaporatör 1 ve daha yüksek sıcaklıkta çalışan evaporatör 2 nin ortak karışma odasından sonra kompresör tarafından emilmesi gerekmektedir.

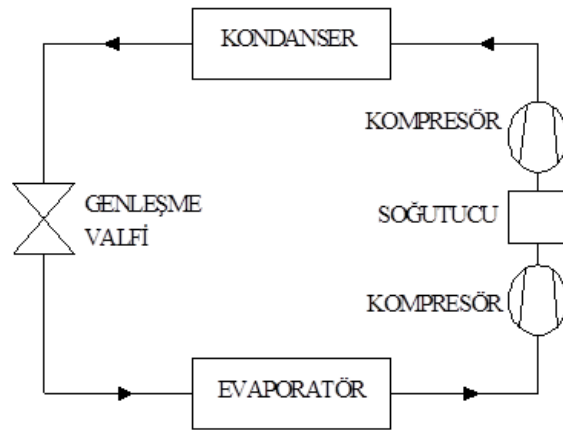
Şekil 2.17 de bir kaskad bağlantısı gösterilmiştir. Burada kondanser ve evaporatör basınçları P_c ve P_e arasındaki oran çok fazla olursa o zaman iki ayrı soğutma devresi ve genellikle de bu iki ayrı devrede iki ayrı soğutucu akışkan kullanılmaktadır. A da basınç yine $P^2 = P_c P_e$ belirlenebilir. İkinci kompresörün çıkış basıncındaki doyma sıcaklığı birinci kompresörün emme basıncındaki doyma sıcaklığından 3-8 °C arasında daha yüksek olması gerekir. Çünkü ısı transferinin olması için belirli bir sıcaklık farkına ihtiyaç vardır.

Bu tip bağlantılar yardımıyla çok farklı evaporatör ve kondanser sıcaklığında rahat ve güvenli bir soğutma yapmak mümkündür. Kaskad bağlantısı genelde sıcaklık farklılıklarının çok yüksek ve bundan dolayı tek bir soğutucu akışkan kullanıldığında ya evaporatör basıncı çok düşük ya da kondanser basıncı çok yüksek veya bu yükseklikten dolayı kritik noktaya yaklaşma durumu ortaya çıkmaktadır. Bunları önlemenin en kolay yolu belirtilen kaskad bağlantı şeklindedir.

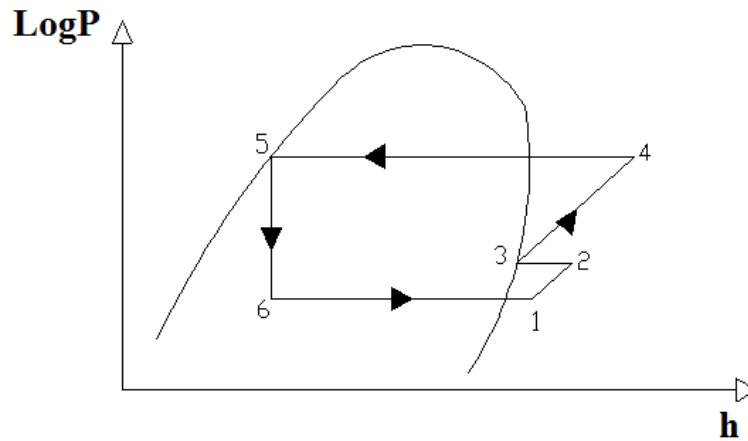
Şekil 2.18 de tek soğutucu akışkanın kullanıldığı (örneğin R-22) bir kaskad bağlantısı gösterilmiştir. Burada birinci devrenin evaporatör sıcaklığı ile ikinci devrenin kondanser sıcaklığı arasında yine belirli bir fark vardır. Şekil 2.19 da iki ayrı soğutucu akışkanın (örneğin R22/R502) kullanıldığı bir kaskad sistemi gösterilmiştir. Kaskad bağlantılı çevrimlerde etan ve propan da kullanılmaktadır.



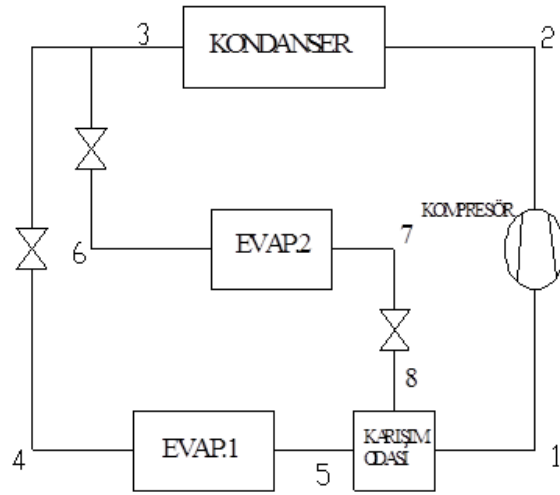
Şekil 2.12 Hermetik tip kompresörlü gerçekçi soğutma çevrimi



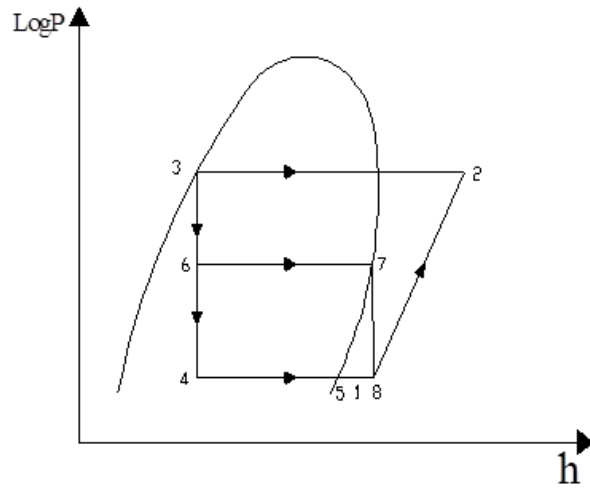
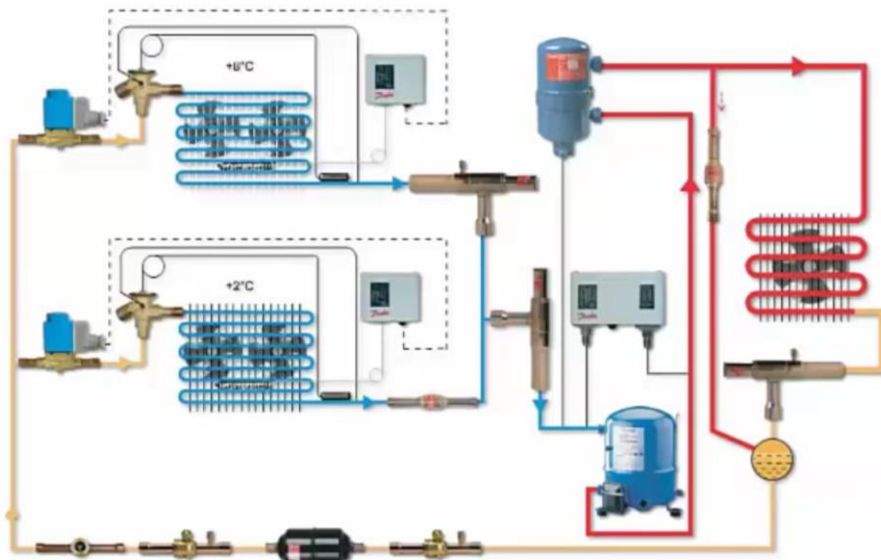
Şekil 2.13 Çok kademeli soğutma



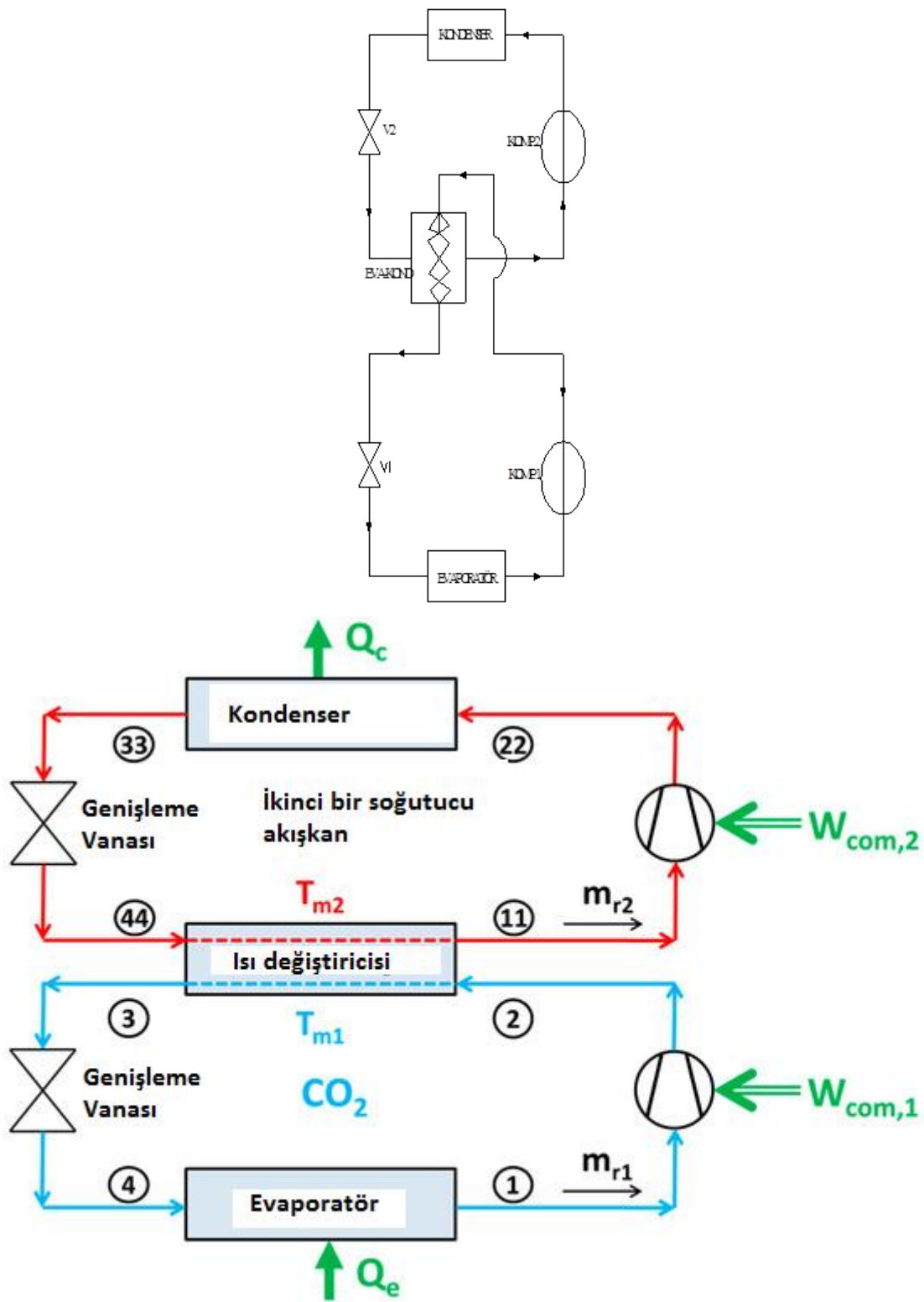
Şekil 2.14 Çok kademeli soğutma çevriminin logP- h diyagramında gösterilmesi

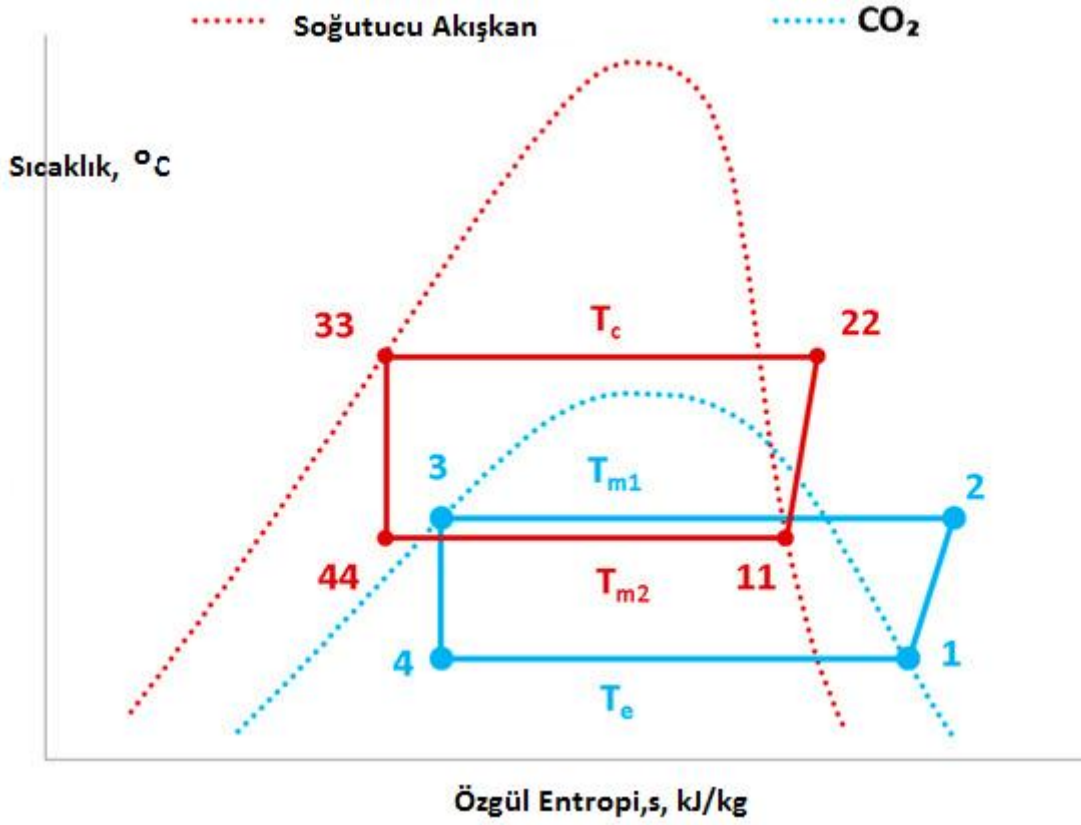


Şekil 2.15 Çok evaporatörlü soğutma

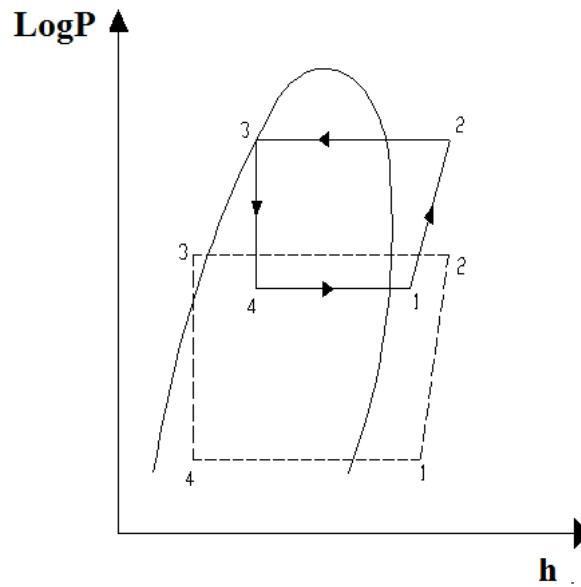


Şekil 2.16. Çok evaporatörlü soğutma çevriminin logP-h diyagramında gösterilmesi

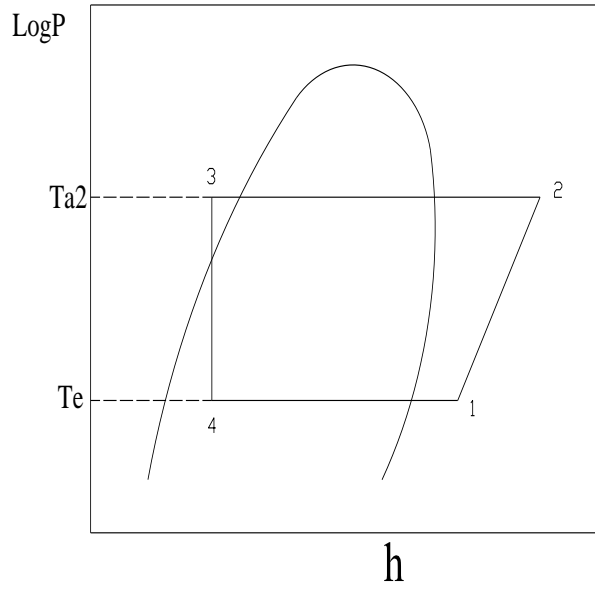
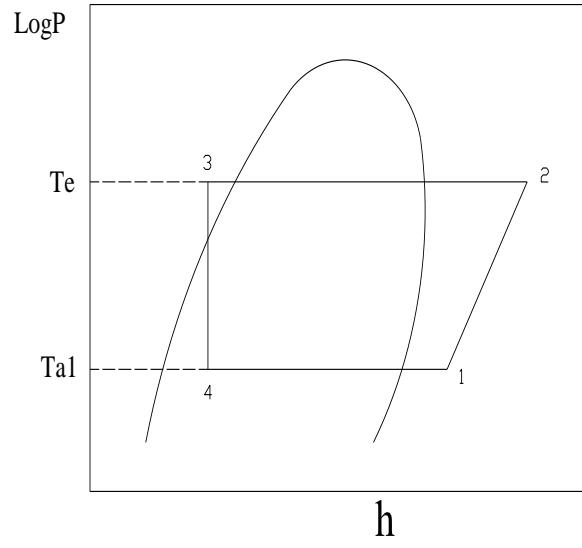




Şekil 2.17 Kaskad bağlantılı soğutma sistemi



Şekil 2.18 Aynı soğutucu akışkanların (örneğin R-22) kullanıldığında kaskad bağlantısının logP-h diyagramında gösterilmesi

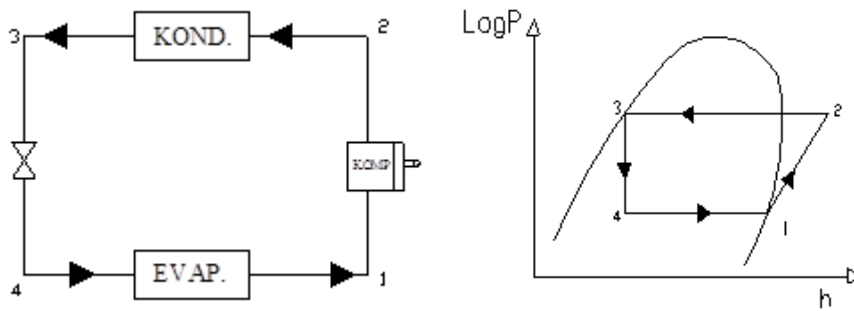


Şekil 2.19 İki ayrı akışkanın (örneğin R22/R502) kullanıldığı kaskad bağlantısı
 $Ta2 > Ta1$

Örnek 2.1

R-12 soğutucu akışkanını kullanılan bir ideal buhar sıkıştırma soğutma çevriminde düşük basınç bölgesinin basıncı 0.15 MPa , yüksek basınç bölgesinin basıncı ise 1MPa dır. Soğutucu akışkan debisi 0.05 kg/s olduğuna göre çevrimin soğutma kapasitesini, harcanan gücü ve $COP_{Soğutma}$ değerini hesaplayınız.

Çözüm:



Pistonlu bir kompresör için soğutucu akışkan debisi;

$$m = \frac{\eta_v \cdot V_s \cdot S_d}{V_1 \cdot 60}$$

Nokta	Sıcaklık(°C)	Basınç(MPa)	Entalpi(kj/kg)	Entropi(kj)
1	-20	0.15	347	1.57
2	52	1	378	1.57
3	42	1	243	0.9
4	-20	0.15	243	1.18

$$Q_{soğutucu} = Q_{buharlaştırıcı} = m \times (h_1 - h_4) = 0.05 \text{ kg/sn} (347 - 243) \text{ kJ/kg} = Q_{soğ} = 5.2 \text{ kW}$$

$$W_{komp} = m \times (h_2 - h_1) = 0.05 \text{ kg/sn} (378 - 347) = 1.55 \text{ kW}$$

$$COP_{Soğutma} = Q_{soğ} / W_{komp} = 3.35$$

Örnek 2.2

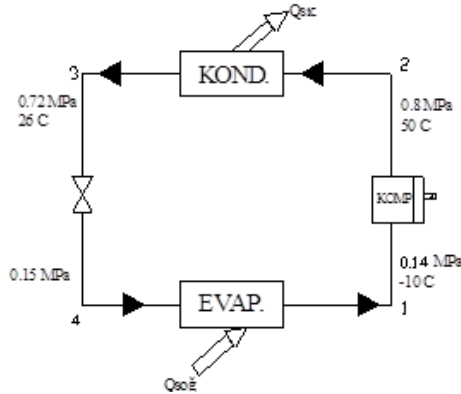
Buhar sıkıştırımlı bir soğutma çevriminde R-134A soğutucu akışkanı kızgın buhar olarak 0.14 MPa ve $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 0.05 kg/sn debiyle girmekte 0.8 MPa ve $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de çıkmaktadır. Soğutucu akışkan kondanserde $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve 0.72 MPa 'da kondanserde soğutulmakta ve 0.15 MPa basınca düşürülmektedir. Isı transferi ve basınç düşümlerini ihmal ederek ;

Soğutulacak ortamdaki çekilecek olan gücü

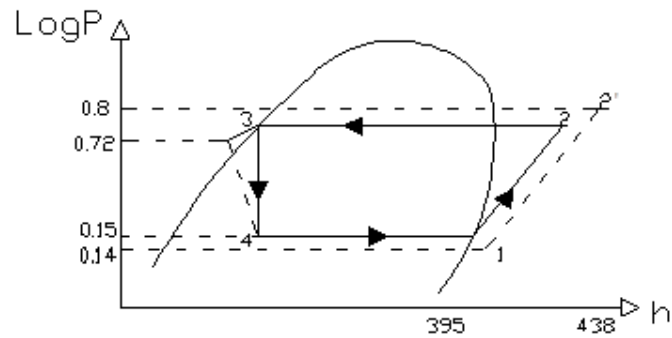
Kompresör gücünü

Kompresörün izentropik verimini

COP' sini bulunuz.

Çözüm

Moller diyagramından h_1, h_2, h_3, h_4 değerlerini alırsak;



$$Q_{ev} = 0.05 \text{ kg/sn} (395 - 235) \text{ kJ/kg} = 8 \text{ kW}$$

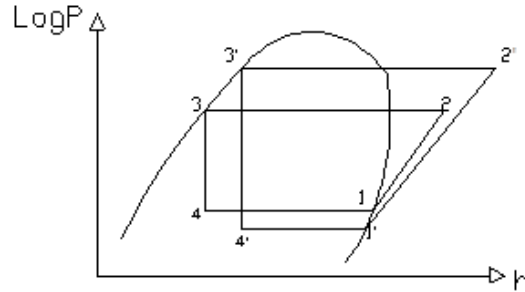
$$W_{kom} = 0.05 \text{ kg/sn} \quad (438 - 395) \text{ kJ/kg} = 2.15 \text{ kW}$$

$$\text{COP}_{soğ.} = 8/2.15 = 3.72$$

Örnek 2.3

Soğutucu akışkan olarak R-22 kullanılan bir soğutma kompresörü -10°C ve 25°C şartlarında 8 ton soğutma yaptığı katalog değerlerinde belirtilmiştir. Aynı kompresörün -15°C ve 35°C şartlarında çalıştırılacak bir projede kullanılırsa soğutma gücünü bulunuz.

Çözüm :



1 ton suyu buz haline getirmek için gerekli güç = 3021 kcal/h = 12660 kJ/h = 3.5169 kW

I . Durum

$$\begin{aligned} h_1 &= 400 \text{ kJ/kg} \\ h_2 &= 435 \text{ kJ/kg} \\ h_3 &= 230 \text{ kJ/kg} \\ h_4 &= 230 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

II . Durum

$$\begin{aligned} h_1' &= 395 \text{ kJ/kg} \\ h_2' &= 440 \text{ kJ/kg} \\ h_3' &= 240 \text{ kJ/kg} \\ h_4' &= 240 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$m = \frac{Q_{soğ}}{h_1 - h_2} = \frac{8 \text{ ton}}{(400 - 230)} = \frac{8 \text{ ton}}{170} = 0.166 \text{ kg/sn}$$

$$Q_{soğ1-2} = \frac{Q_{soğ}}{h_1 - h_2} \times (h_1' - h_2') = \frac{8 \text{ tonsoğ}}{(400 - 230)} \times (395 - 240) = Q_{soğ} = 7.29 \text{ tonsoğ}$$

$$W_{kompl2} = m \times (h_2' - h_1') = \frac{Q_{soğ}}{h_1 - h_2} \times (h_2' - h_1') = 2.12$$

Örnek 2.4

+ 4 °C'de Sebze-meyve depolamak amacıyla bir soğuk depo yapılacaktır. Soğutma yükü 100000 kJ/h (27.78 kW) olan bu sistemde soğutkan olarak R-22 (freon 22) kullanılacaktır. Yoğuşturucuda soğutucu akışkan olarak, bir ırmaktan 20 °C 'deki su alınacaktır. Bu bilgilere göre, gerekli çalışma basıncını seçerek ve teorik çevrim kabulü ile,

- Gerekli soğutma debisini
- Yoğuşrutucu gücünü
- Kompresör gücünü
- Sistemin COP değerini hesaplayınız

a)

$$Q_L = \dot{m} \times (h_1 - h_4) \Rightarrow \dot{m}_{R22} = \frac{Q_L}{h_1 - h_4}$$

$$\dot{m}_{R22} = \frac{100000}{400 - 248} = 657.9 \text{ kg/h} = 0.1827 \text{ kg/s}$$

b)

$$Q_H = \dot{m}_{R22} \times (h_2 - h_3) \Rightarrow 657.9 \times (438 - 248) \Rightarrow$$

$$Q_H \cong 125000 \text{ kJ/h}$$

c)

$$W_K = \dot{m} \times (h_2 - h_1) = 0.1827 \times (438 - 400) \Rightarrow$$

$$W_K = 6.94 \text{ kW}$$

d)

$$COP_{SM} = \frac{Q_L}{W_K} = \frac{100000}{3600 \times 6.94} \Rightarrow$$

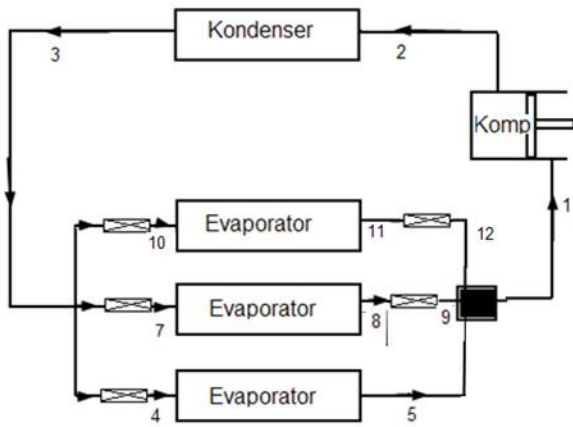
$$COP_{SM} = 4$$

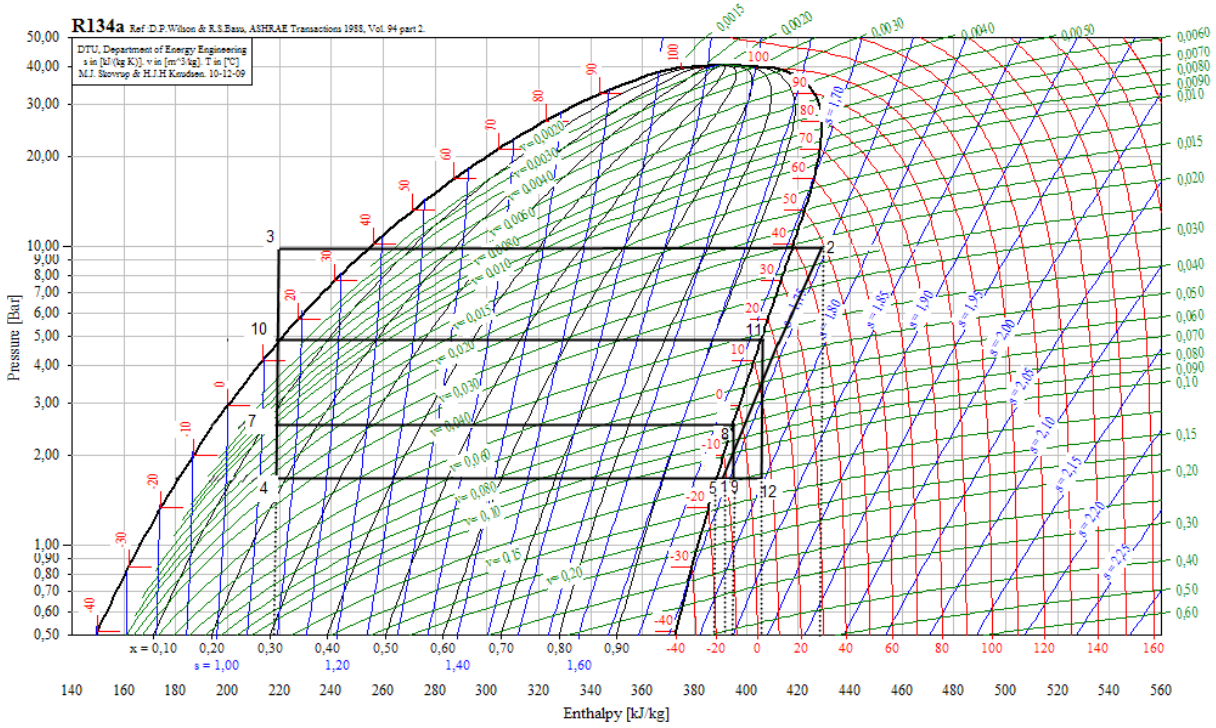
Örnek 2.4

R-134-A akışkanı kullanılan 3 odalı bir soğuk hava deposunda evaporatorlerde sırasıyla $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de dondurma, $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de dondurulmuş sebzeler ve $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de de sebze muhafaza edilmektedir. Sırasıyla evaporator soğutma yükleri; 30 kW, 20 kW ve 10 kW ve kondenser sıcaklığı $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğuna göre;

a) T-s ve logP-h diyagramlarını çiziniz.

b) Q_{kon} , W_k , $COP_{soğ}$ değerlerini bulunuz.

Çözüm:



$$h_3=h_{10}=h_7=h_4=212 \text{ kJ/kg}$$

$$h_5= 388 \text{ kJ/kg}$$

$$h_8=h_9=392 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{11}=h_{12}=402 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{ev1}=m_4.(h_5-h_4)=30=m_4(388-212)=m_4=0,175 \text{ kg/s}$$

$$Q_{ev2}=m_7.(h_8-h_7)=20=m_7(392-212)=m_7=0,111 \text{ kg/s}$$

$$Q_{ev3}=m_{10}.(h_{11}-h_{10})=10=m_{10}(402-212)=m_{10}=0,051 \text{ kg/s}$$

$$m=m_{top}=m_4+m_7+m_{10}=0,337 \text{ kg/s}$$

$$m_1.h_1=m_5.h_5+m_9.h_9+m_{12}.h_{12} \quad h_1=392,43 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2=429 \text{ kJ/kg}$$

$$W_k=m(h_2-h_1)=0,337*(429-392,43)= 12,46 \text{ kW}$$

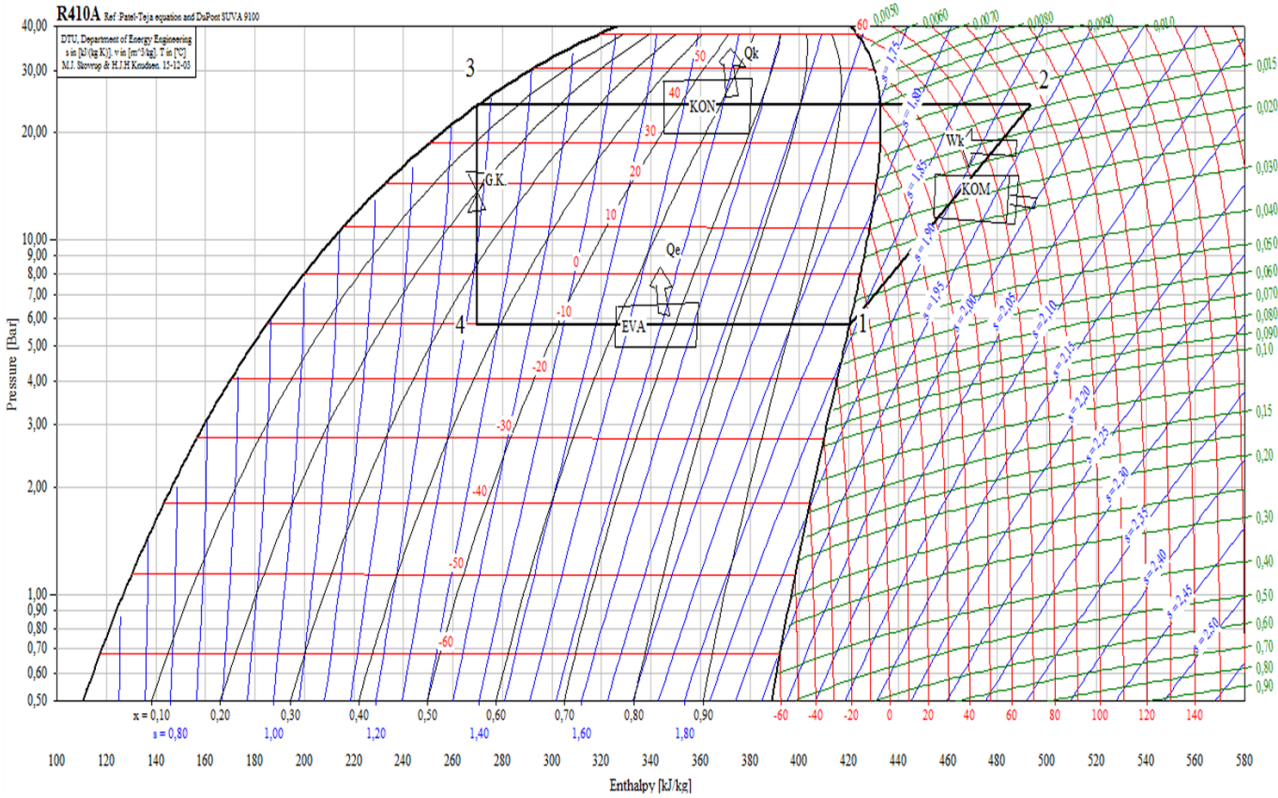
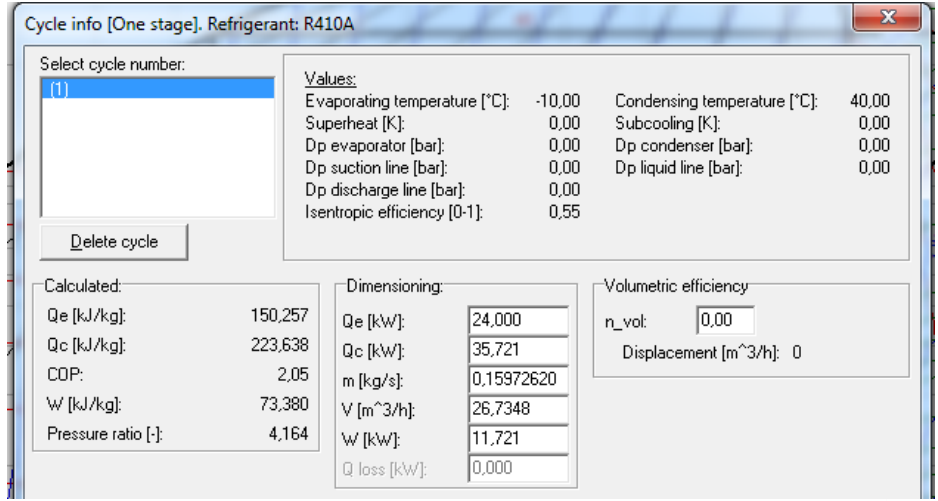
$$Q_{kon}=m(h_2-h_3)=0,337*(429-212)=73,14 \text{ kW}$$

$$Q_{ev,toplam}=30+20+10= 60 \text{ kW}$$

$$COP_{soğ} = Q_{ev,toplam}/W_k=60/12,46=4,81$$

Örnek 2.5. Bir soğuk deponun soğutma yükü 24 kW ,buharlaştırıcı sıcaklığı -10 °C ,yoğuşturucu sıcaklığı +40°C dir. Sogutucu akışkan olarak R-410a kullanılmaktadır. Bütün bu verilere göre 1m, Qk,Wk,COPs,COPı değerlerini

hesaplayınız.(nik=0,75,
nmk=0,80, nek=0,97,
nkk=0,95)



$Q_e=24\text{kW}$ genel verim=0,55

$\Delta Q_e=h_1-h_4=150,257\text{kJ/kg}$

$\Delta Q_k=h_2-h_3=222,638\text{kJ/kg}$

$\Delta W_k=h_2-h_1=73,380\text{kJ/kg}$

$$Q_k = 35,721 \text{ kW}$$

$$m = Q_{ev} / (h_1 - h_4)$$

$$m = 0,1597262 \text{ (kg/s)}$$

$$W_k = 11,721 \text{ kW} = m \cdot (h_2 - h_1)$$

$$\text{COP}_{so} = 2,05 = Q_{ev} / W_k$$

Values at points in cycle

Values at points 1-6,15 for the selected one stage cycle

Point	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	-9,988	5,759	0,046494	420,276	1,8391
2	94,853	23,981	0,014554	493,657	1,9328
3	94,853	23,981	0,014554	493,657	1,9328
4	39,825	23,981	N/A	270,019	N/A
5	N/A	5,759	N/A	270,019	N/A
6	-9,988	5,759	0,046494	420,276	1,8391
15	N/A	23,981	N/A	270,019	N/A

$$h_1 = 420,276 \text{ kJ/kg}$$

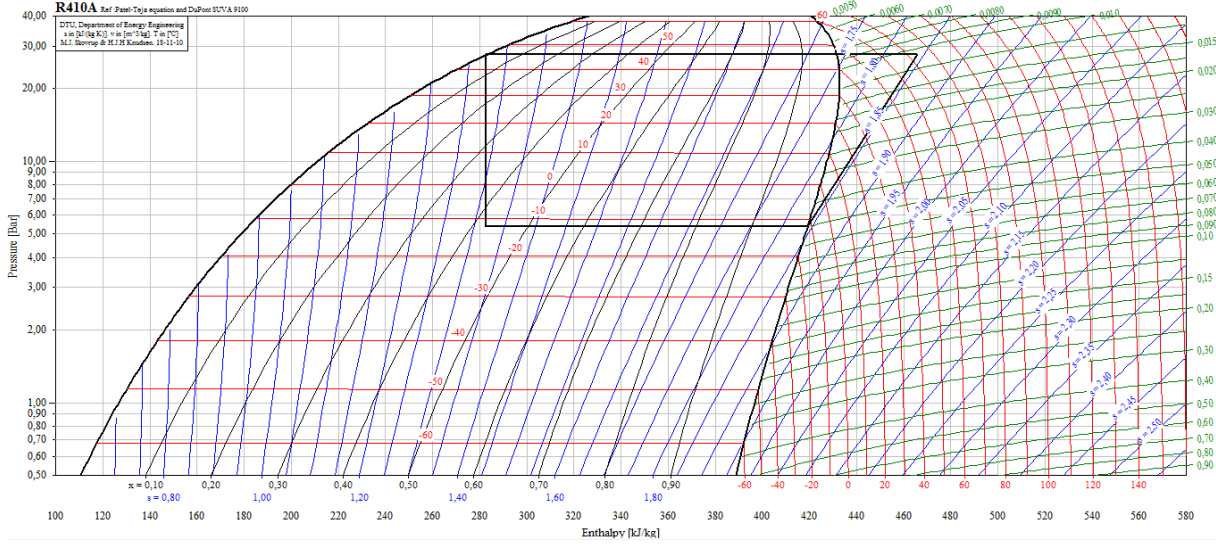
$$h_2 = 493,657 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = h_4 = 270,019 \text{ kJ/kg}$$

Örnek 2.6: Bir soğuk hava deposunda soğutma yükü 20 kW'tır. Buharlaştırıcı sıcaklığı $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dir. Kondenser sıcaklığı $46\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dir. $\eta_{\text{adyabatik}} = 0,75$, $\eta_{\text{mekanik}} = 0,8$, $\eta_{\text{elekt. motoru}} = 0,97$, $\eta_{\text{bağlantı}} = 0,95$. Buna göre ;

- A) Kütleli debiyi bulun. B) Kondenserin çektiği ısıyı bulun. C) Kompresörün gücünü bulun. D) COP değerini bulun.

R410A için ;



Verilen sıcaklıklara göre elde edilen entalpi değerleri şöyledir ;

$$h_1 = 420 \text{ kJ/kg}, h_2 = 465 \text{ kJ/kg}, h_{3-4} = 282 \text{ kJ/kg}$$

- a) $Q_{ev} = m (h_1 - h_4) \rightarrow 20 \text{ kW} = m (420 - 282) \rightarrow m = 0,14 \text{ kJ/s}$
b) $Q_{kon} = m (h_2 - h_3) \rightarrow 0,14 (465 - 282) \rightarrow Q_{kon} = 25,62 \text{ kW}$
c) $W_{komp} = m (h_2 - h_1) \rightarrow 0,14 (465 - 420) \rightarrow W_{komp} = 6,3 \text{ kW}$
d) $COP_{\text{teorik}} = \frac{Q_{ev}}{W_{komp}} = \frac{20}{6,3} = 3,17$

$$COP_{\text{carnot}} = \frac{T_{ev}}{T_{kon} - T_{ev}} = \frac{261}{319 - 261} = 4,5$$

$$W_N = \frac{W_{komp}}{\eta_{top}}$$

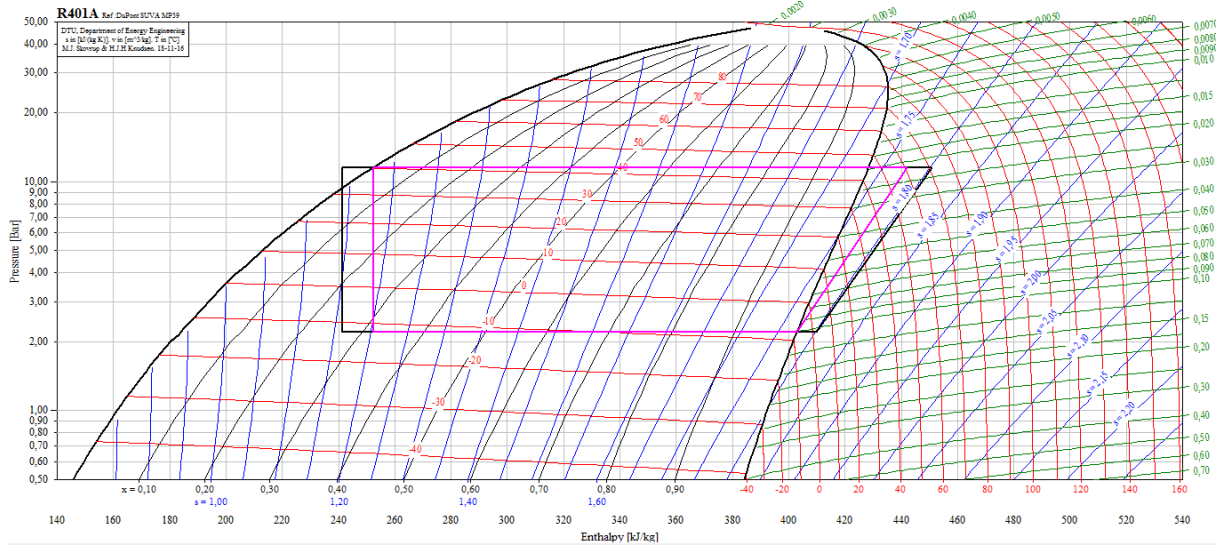
$$\eta_{top} = 0,75 \times 0,8 \times 0,97 \times 0,95 = 0,55$$

$$W_N = \frac{6,3}{0,55} = 11,45 \text{ kW}$$

$$COP_{\text{gerçek}} = \frac{Q_{ev}}{W_N} = \frac{20}{11,45} = 1,74$$

Örnek 2.7: Evaporatör sıcaklığı $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, kondenser sıcaklığı $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, superheat 10 K , subcooling 8 K ve R401A soğutucu akışkanın kütleli debisi saniyede $0,02\text{ kg}$ olan bir soğutma çevriminin soğutma kapasitesini, kondenser kapasitesini ve harcanan enerjisini hesaplayalım.

Evaporatör sıcaklığı $T_e = -8\text{ }^{\circ}\text{C}$, Kondenser sıcaklığı $T_k = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$, Subcooling = 8 K , Superheat = 10 K
Akışkan = R401A, Kütleli debi $\dot{m} = 0,02\text{ kg/sn}$



Pembe çizgi ile çizilen P-h diyagramı aşırı ısıtma ve soğutma olmadan çalışan soğutma çevrimine ; siyah çizgi ile çizilen P-h diyagramı ise aşırı ısıtma ve soğutma yapılarak çalışan soğutma çevrimine aittir.

Basit soğutma çevrimine göre çalışan sistemin elde edilen P-h diyagramına göre okunan değerler :

$$h_1 = 402\text{ kJ/kg} , h_2 = 442\text{ kJ/kg} , h_3 = h_4 = 252\text{ kJ/kg}$$

Aşırı ısıtma ve soğutma yapılarak çalışan soğutma çevrimine göre el edilmiş olan P-h diyagramına göre okunan değerler : $h_1 = 409\text{ kJ/kg} , h_2 = 450\text{ kJ/kg} , h_3 = h_4 = 241\text{ kJ/kg}$

1.Durum için : Soğutma kapasitesi; $Q_b = \dot{m} \times (h_1 - h_4) = 0,02 \times (402 - 252) = 3\text{ kW}$

Kondenser kapasitesi; $Q_y = \dot{m} \times (h_2 - h_3) = 0,02 \times (442 - 252) = 3,8\text{ kW}$

Harcanan kompresör enerjisi; $W_k = \dot{m} \times (h_2 - h_1) = 0,02 \times (442 - 402) = 0,8\text{ kW}$

$$\text{COP}_{\text{teorik}} = \frac{Q_{ev}}{W_{komp}} = \frac{3}{0,8} = 3,75$$

2.Durum için : Soğutma kapasitesi; $Q_b = \dot{m} \times (h_1 - h_4) = 0,02 \times (409 - 241) = 3,36\text{ kW}$

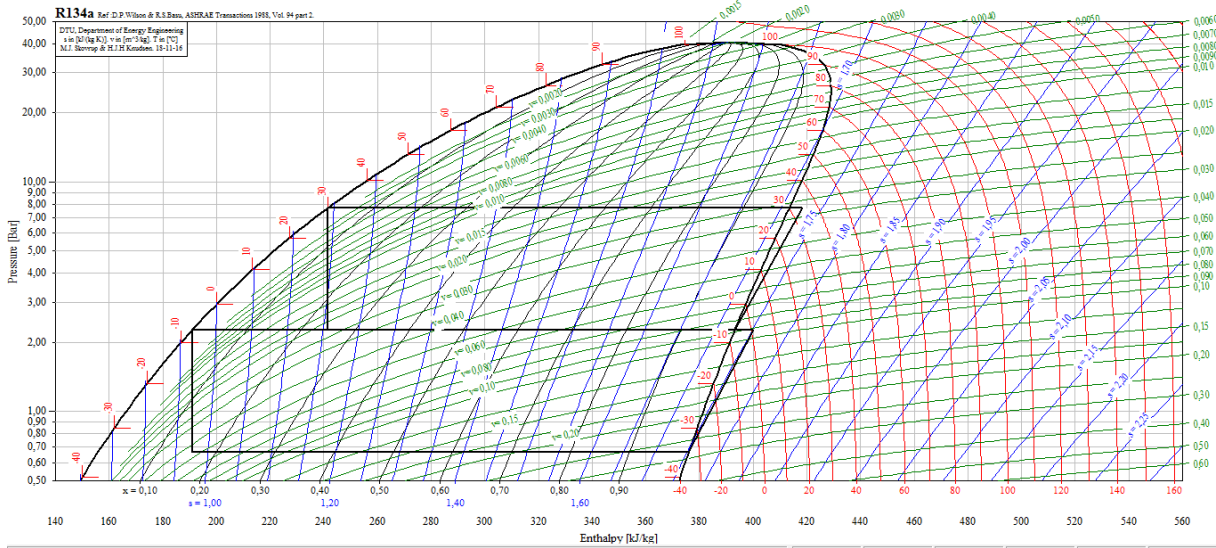
Kondenser kapasitesi; $Q_y = \dot{m} \times (h_2 - h_3) = 0,02 \times (450 - 241) = 4,18\text{ kW}$

Harcanan kompresör enerjisi; $W_k = \dot{m} \times (h_2 - h_1) = 0,02 \times (450 - 409) = 0,82\text{ kW}$

$$\text{COP}_{\text{teorik}} = \frac{Q_{ev}}{W_{komp}} = \frac{3,36}{0,82} = 4,09$$

Örnek 2.8: İki kademeli sıkıştırımlı soğutma sisteminde evaporatör sıcaklığı -35°C ; kondenser sıcaklığı ise 30°C 'dir. Soğutma akışkanı R134A olduğu çevrimde arabasınc 2,4 bardır. Yüksek basınçta dolaşan akışkanın kütleli debisi $0,05 \text{ kg/s}$ olduğuna göre;

- Alt çevrimde dolaşan akışkanın kütleli debisini
- Soğutulan ortamdaki birim zamanda çekilen ısıyı ve kompresöre verilmesi gereken gücü
- Söz konusu ardışık soğutma sisteminin etkinlik katsayısını hesaplayınız.



Elde edilen grafiğe göre ; $T_{ev} = -35^{\circ}\text{C} \rightarrow P_{ev} \approx 0,6 \text{ bar}$, $T_{kon} = 30^{\circ}\text{C} \rightarrow P_{kon} \approx 7,7 \text{ bar}$

$h_1 = 376 \text{ kJ/kg}$, $h_2 = 400 \text{ kJ/kg}$, $h_3 = 393 \text{ kJ/kg}$, $h_4 = 418 \text{ kJ/kg}$, $h_5 = h_6 = 241 \text{ kJ/kg}$, $h_7 = h_8 = 190 \text{ kJ/kg}$

$$a) E_g = E_c \rightarrow \dot{m}_6 h_6 + \dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_7 h_7 + \dot{m}_3 h_3$$

$$\rightarrow \dot{m}_3 h_6 + \dot{m}_1 h_2 = \dot{m}_1 h_7 + \dot{m}_3 h_3$$

$$\rightarrow \dot{m}_3 (h_6 - h_3) = \dot{m}_1 (h_7 - h_2) \rightarrow 0,05 (241 - 393) = \dot{m}_1 (190 - 400)$$

$$\rightarrow \dot{m}_1 = 0,036 \text{ kg/s}$$

$$b) Q_{ev} = \dot{m}_1 (h_1 - h_8) = 0,036 (376 - 190) \rightarrow Q_{ev} = 6,73 \text{ kW}$$

$$W_g = W_{k,1} + W_{k,2}$$

$$W_{k,1} = \dot{m}_1 (h_2 - h_1) = 0,036 (400 - 376) = 0,864 \text{ kW}$$

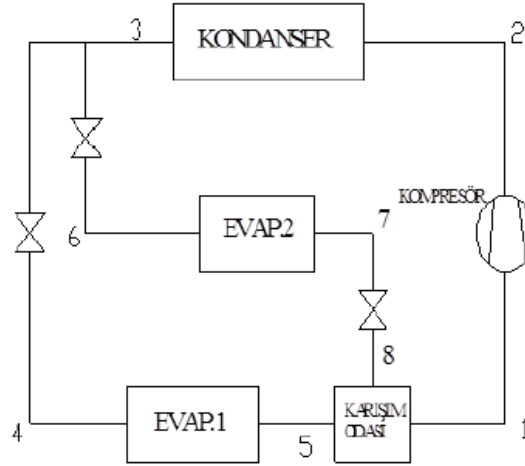
$$W_{k,2} = \dot{m}_3 (h_4 - h_3) = 0,05 (418 - 393) = 1,25 \text{ kW}$$

$$\rightarrow W_g = 2,11 \text{ kW}$$

$$c) COP_{SM} = \frac{Q_{ev}}{W_{net,g}} = \frac{6,73}{1,25} \rightarrow COP_{SM} = 3,16$$

Örnek 2.9: Soğutucu akışkanın R134A'nın olduğu çift evaporatörlü bir soğutma sisteminde -8°C de çalışan yüksek sıcaklıklı evaporatörün soğutma kapasitesi 6 TR iken 30°C 'de çalışan düşük sıcaklıklı evaporatör için 10 TR'dir. Kondenser basıncı 15 bardır. Buna göre

- Kompresörün gücünü
- Soğutulan ortamdaki çekilen ısıyı,
- Ardışık soğutma sisteminin COP değerini bulun.



$$1 \text{ TR} = 3,51667 \text{ kW}$$

$$T_{ev,1} = -8^{\circ}\text{C} \quad , \quad Q_{ev,1} = 6 \text{ TR} \approx 21 \text{ kW}$$

$$T_{ev,2} = -8^{\circ}\text{C} \quad , \quad Q_{ev,2} = 10 \text{ TR} \approx 35 \text{ kW}$$

$$T_{kon} = 55^{\circ}\text{C}$$

$$h_3 = h_6 = h_4 = 278 \text{ kJ/kg}, \quad h_5 = 392 \text{ kJ/kg}, \quad h_7 = h_8 = 412 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{ev,1} = m_4(h_5 - h_4) \rightarrow 21 = m_4(392 - 278) \rightarrow m_4 = 0,18 \text{ kg/s}$$

$$Q_{ev,2} = m_6(h_7 - h_6) \rightarrow 35 = m_6(412 - 278) \rightarrow m_6 = 0,26 \text{ kg/s}$$

$$m_1 = m_4 + m_6 \rightarrow m_1 = 0,44 \text{ kg/s}$$

$$m_5 h_5 + m_8 h_8 = m_1 h_1 \rightarrow (0,18 \times 392) + (0,26 \times 412) = 0,44 h_1 \rightarrow h_1 = 403,8 \text{ kJ/kg}$$

→ coolpack ten elde edilen grafiğe göre $h_2 = 437 \text{ kJ/kg}$ olur.

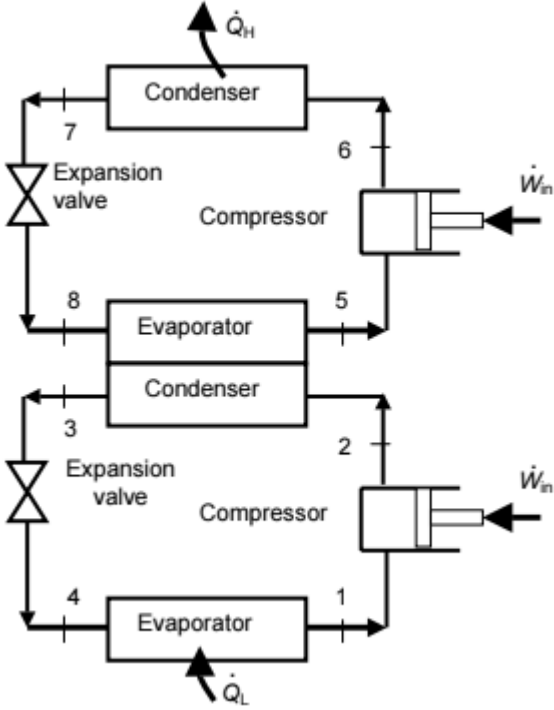
$$W_k = m_1(h_2 - h_1) \rightarrow 0,44(437 - 403,8) \rightarrow W_k = 14,6 \text{ kW}$$

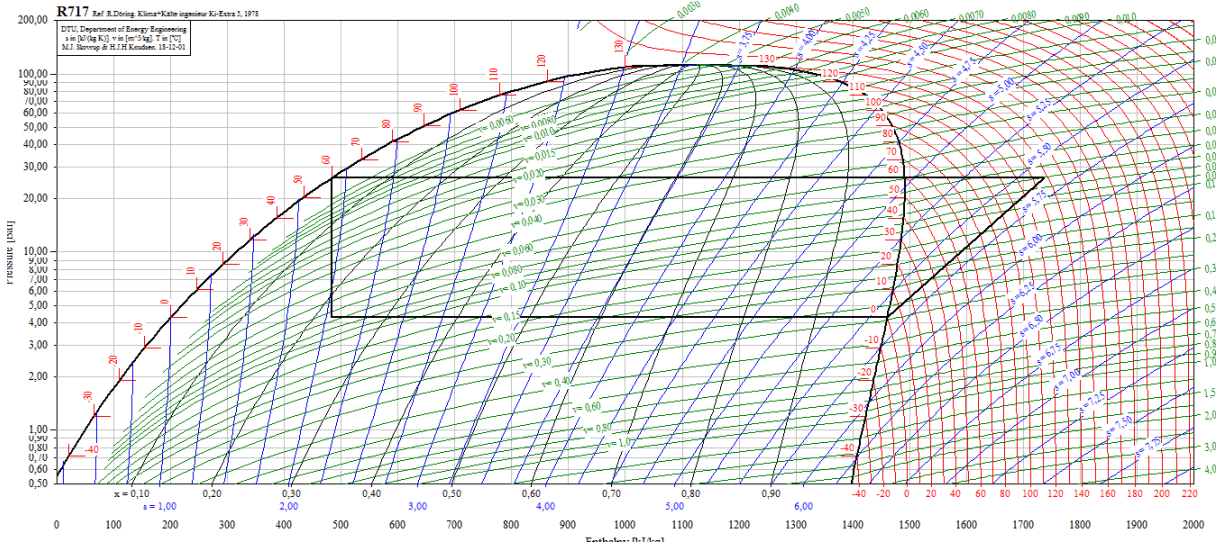
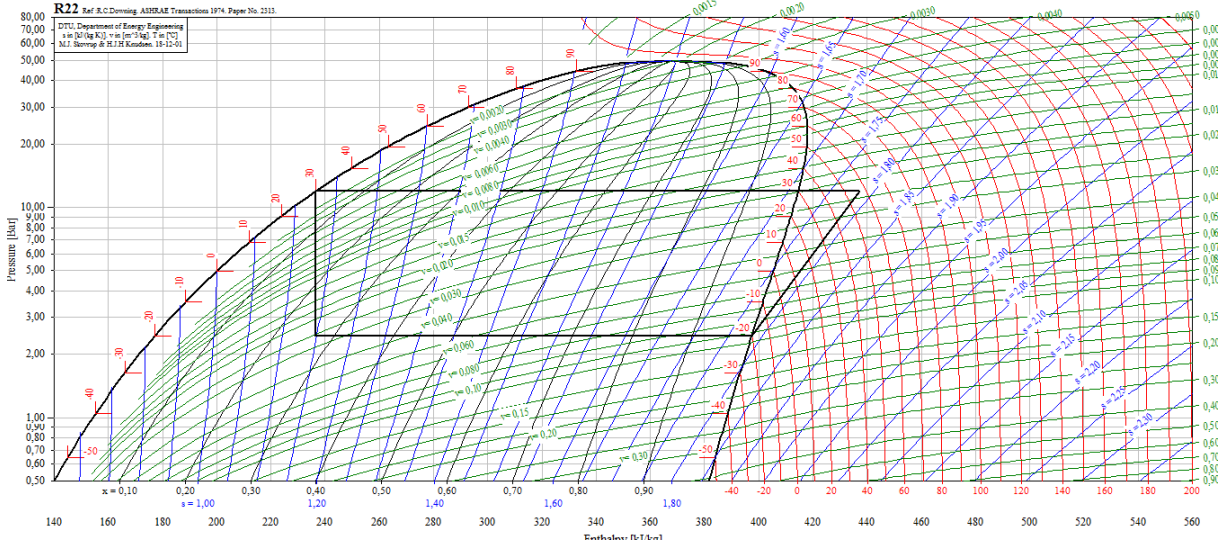
$$Q_{ev} = Q_{ev,1} + Q_{ev,2} \rightarrow 21 + 35 \rightarrow Q_{ev} = 56 \text{ kW}$$

$$\text{COP} = (Q_{ev}/W_k) \rightarrow (56/14,6) \rightarrow \text{COP} = 3,83$$

Örnek 2.10. Kaskad bir soğutma sisteminde alt çevrimde dolaşan akışkan R22 olup evaporatör sıcaklığı -20°C ; kondenser sıcaklığı ise 30°C dir. Üst çevrimde ise dolaşan akışkan NH_3 olup evaporatör sıcaklığı 0°C ; kondenser sıcaklığı ise 60°C dir. Alt çevrimde soğutulan ortamdaki çekilen ısı 20 kW ise;

- Üst çevrimin kütleli debisini
- Üst çevrimde soğutulan ortamdaki çekilen ısıyı,
- Ardışık soğutma sisteminin COP değerini bulun.





Alt Çevrim = A, Üst Çevrim = B

A için ; $h_1=397$ kJ/kg, $h_2=437$ kJ/kg, $h_3 = h_4 = 236$ kJ/kg

B için ; $h_5=1460$ kJ/kg, $h_6=1736$ kJ/kg, $h_7 = h_8 = 484$ kJ/kg

$Q_{ev,A} = 20$ kW

$Q_{ev,A} = m_A(h_1-h_4) \rightarrow 20 = m_A(397-236) \rightarrow m_A = 0,12$ kg/s

$Q_{kon,A} = m_A(h_2-h_3) \rightarrow 0,12 \times (437-236) \rightarrow Q_{kon,A} = 24,96$ kW

$W_{k,A} = m_A(h_2-h_1) \rightarrow 0,12 \times (437-397) \rightarrow W_{k,A} = 4,8$ kW

$Q_{ev,B} = Q_{kon,A} = 24,96 = m_B(h_5-h_8) \rightarrow 24,96 = m_B(1460-484) \rightarrow m_B = 0,02$ kg/s

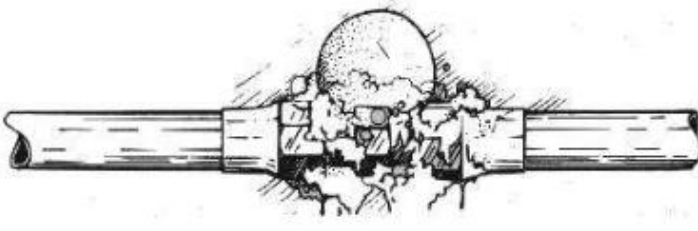
$Q_{kon,B} = m_B(h_6-h_7) \rightarrow 0,02 \times (1736-484) \rightarrow Q_{kon,B} = 32,01$ Kw

$W_{k,B} = m_B(h_6-h_5) \rightarrow 0,02 \times (1736-1460) \rightarrow W_{k,B} = 5,52$ Kw

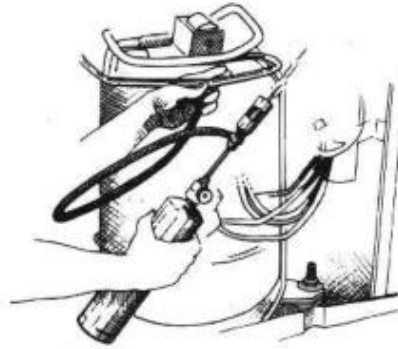
$COP = (Q_{ev,A}) / (W_{k,A}+W_{k,B}) = 20 / (5,52+4,8) \rightarrow COP = 1,93$

7.1 SOĞUTUCU AKIŞKANLARDA KAÇAK KONTROL METODLARI

- **Sabun Köpüğü:** Bütün gaz kaçaklarında kullanılabilir. Mikro köpük oluşturuca maddelerle çok küçük kaçakları bulmak mümkündür (Şekil-7.1.).
- **Torç Lambası (Halide Lamp):** Bütün florokarbon soğutucu akışkanlar için kullanılabilir. Kaçak olduğunda alev açık yeşil-mavi olur.(Şekil-7.2.)
- **Elektronik Kaçak Dedektörü:** Bütün florokarbon soğutucu akışkanlar için kullanılabilir. Balans otomatik veya ayarlı tipleri vardır.(Şekil-7.3.)
- **(Not: Amonyak kaçakları için baz esaslı turnusol kağıdının renk değişimi ve sülfür mumu dumanın beyaz bir duman çıkarması gibi yöntemler kullanılır.)**
- **Ultraviyole Kaçak Dedektörleri:** Soğutucu akışkan şarşı yapılırken sistem içine bir miktar floresant sıvı karıştırılır. Herhangi bir ek yerinden kaçak oluştuğunda UV dedektörü ile bu kaçak dalga boyu değişiminden bulunabilir.



Şekil7.1.Sabun Köpüğü

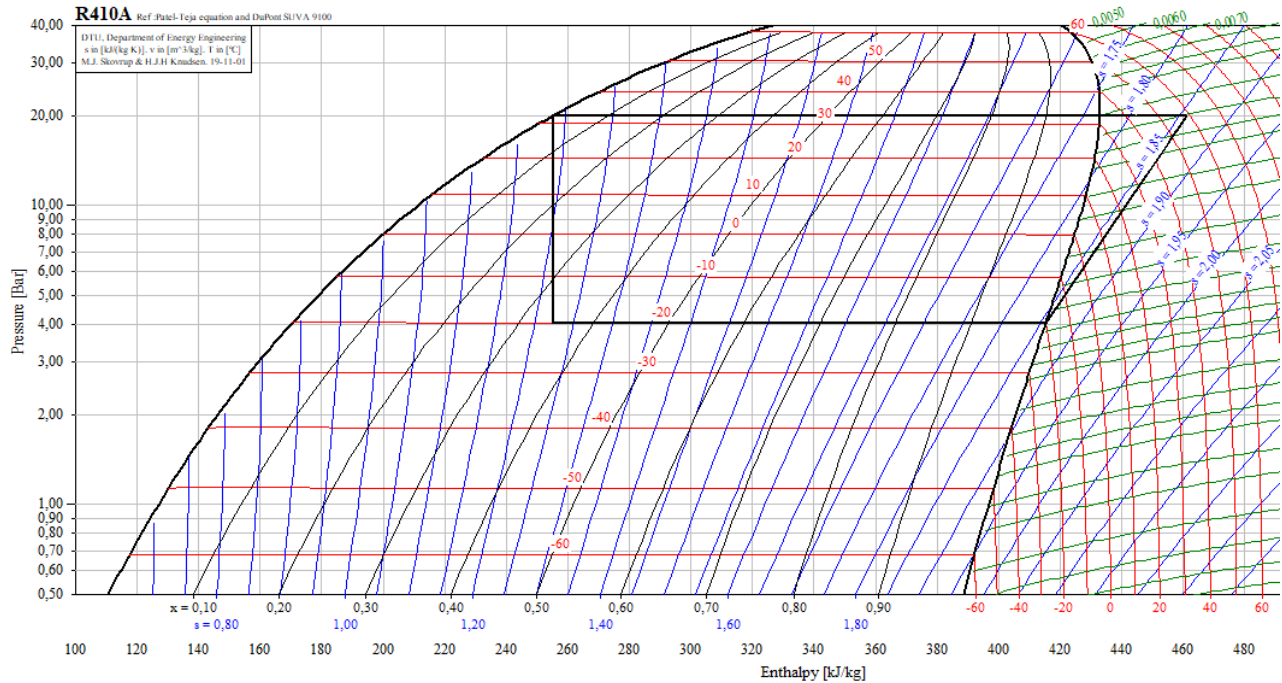


Şekil7.2. Torç Lambası



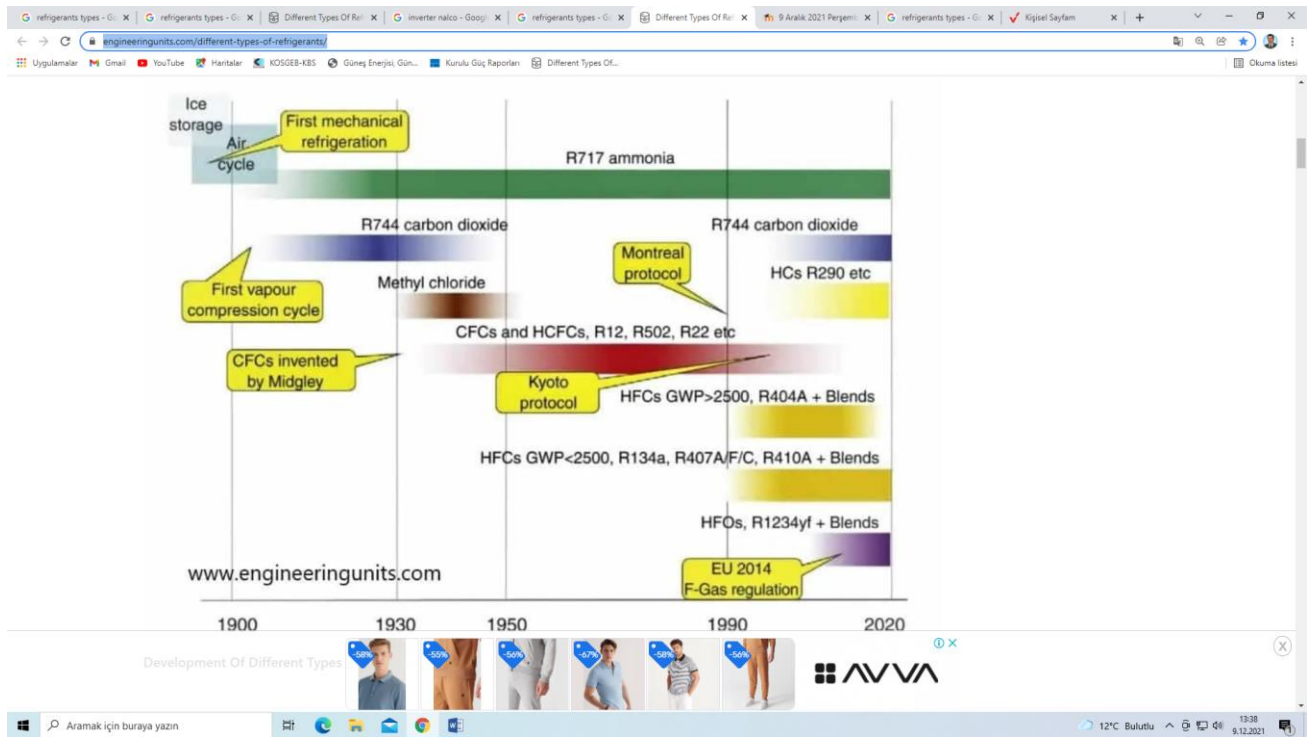
Şekil7.3. Elektronik Kaçak Detektörü

Örnek 2.11. R-410A soğutucu akışkanı kullanan ve **50 kW** soğutma yüküne sahip soğuk hava deposu ideal buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimine göre çalışacaktır. Çevrimde buharlaşma sıcaklığı **-20 °C** ve yoğuşma basıncı **20 bar**'dır. Buna göre, **a-**) Sistemi şematik gösterip, çevrimi R-410A log(P)-h diyagramında çizersiniz. **b-**) Kompresör gücünü ve COP_{soğutma} değerini, **c)** Kondenser gücünü hesaplayınız. **d)** Kondenser sıcaklığını tespit ediniz. **e)** COP_{carnot,soğutma} değerini hesaplayınız.



Point	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	-19,987	4,041	0,065613	415,324	1,8565
2	58,908	20,000	0,015093	461,050	1,8565
3	58,908	20,000	0,015093	461,050	1,8565
4	32,474	20,000	N/A	255,374	N/A
5	N/A	4,041	N/A	255,374	N/A
6	-19,987	4,041	0,065613	415,324	1,8565
15	N/A	20,000	N/A	255,374	N/A

Calculated:	Dimensioning:	Volumetric efficiency:
Q _e [kJ/kg]: 159,949	Q _e [kW]: 50,000	n _{vol} : 0,00
Q _c [kJ/kg]: 205,676	Q _c [kW]: 64,294	Displacement [m ³ /h]: 0
COP: 3,50	m [kg/s]: 0,31259891	
W [kJ/kg]: 45,726	V [m ³ /h]: 73,8378	
Pressure ratio [-]: 4,949	w [kW]: 14,294	



<https://engineeringunits.com/different-types-of-refrigerants/>

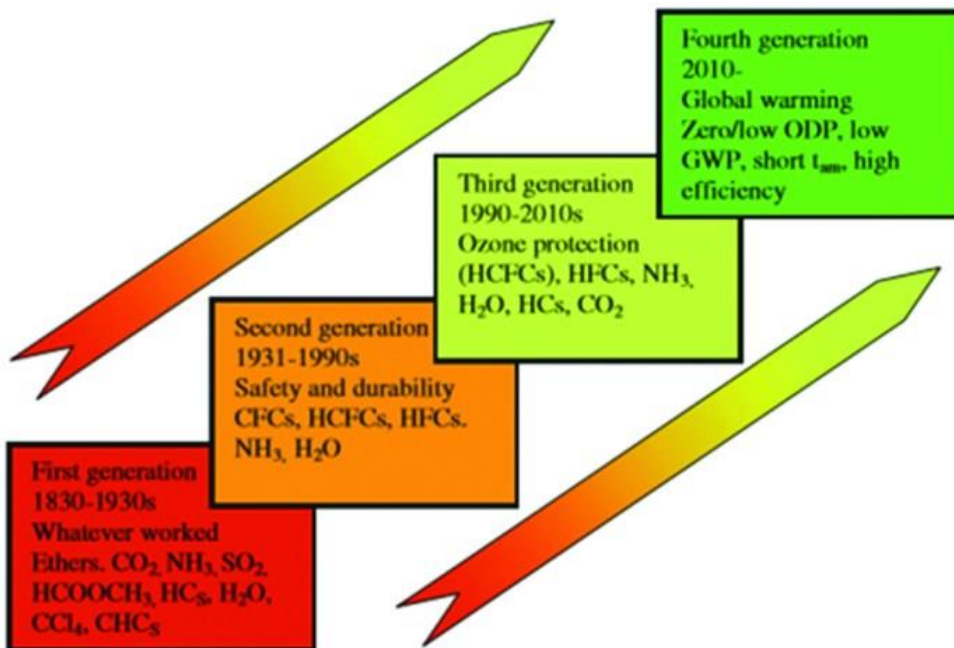
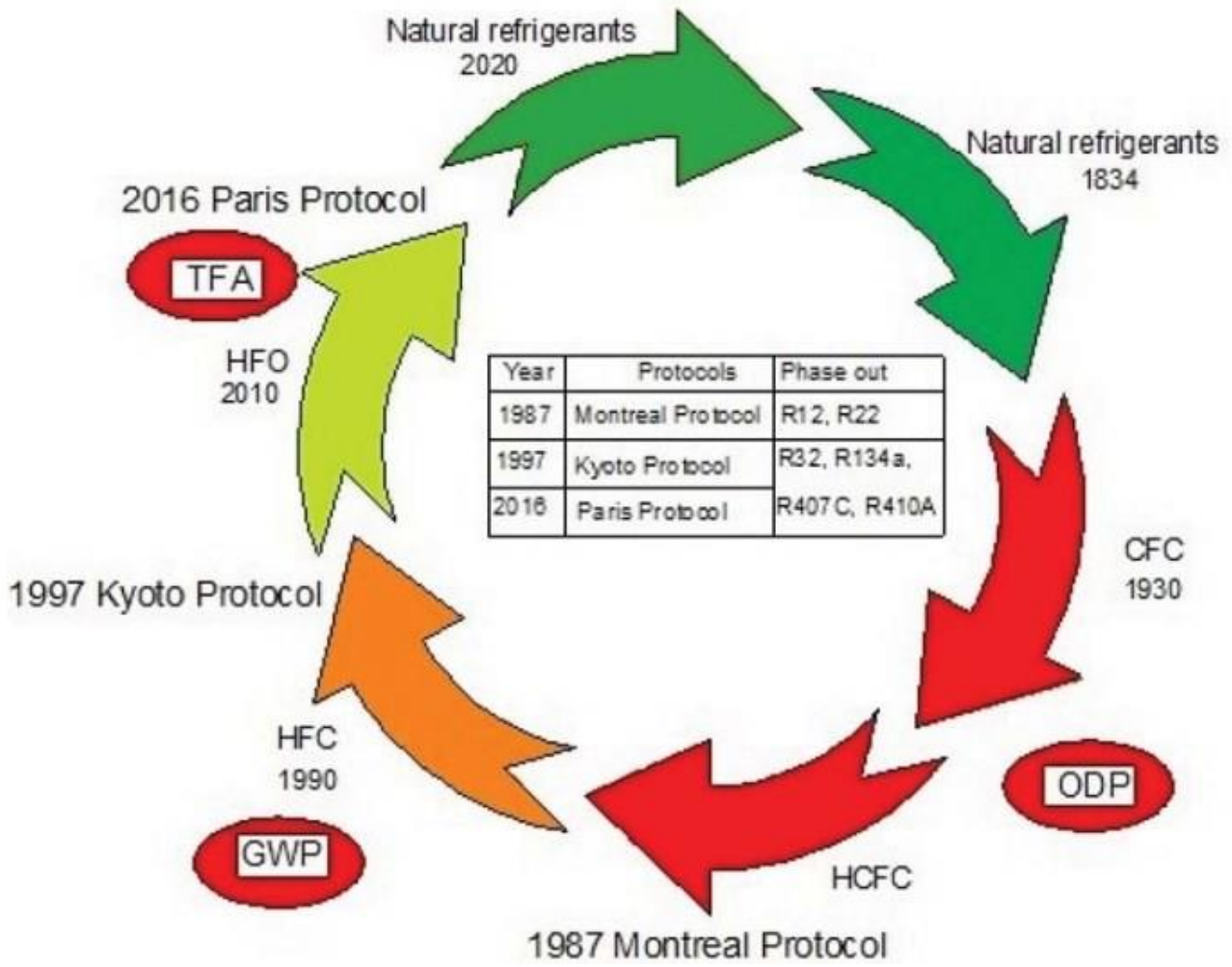
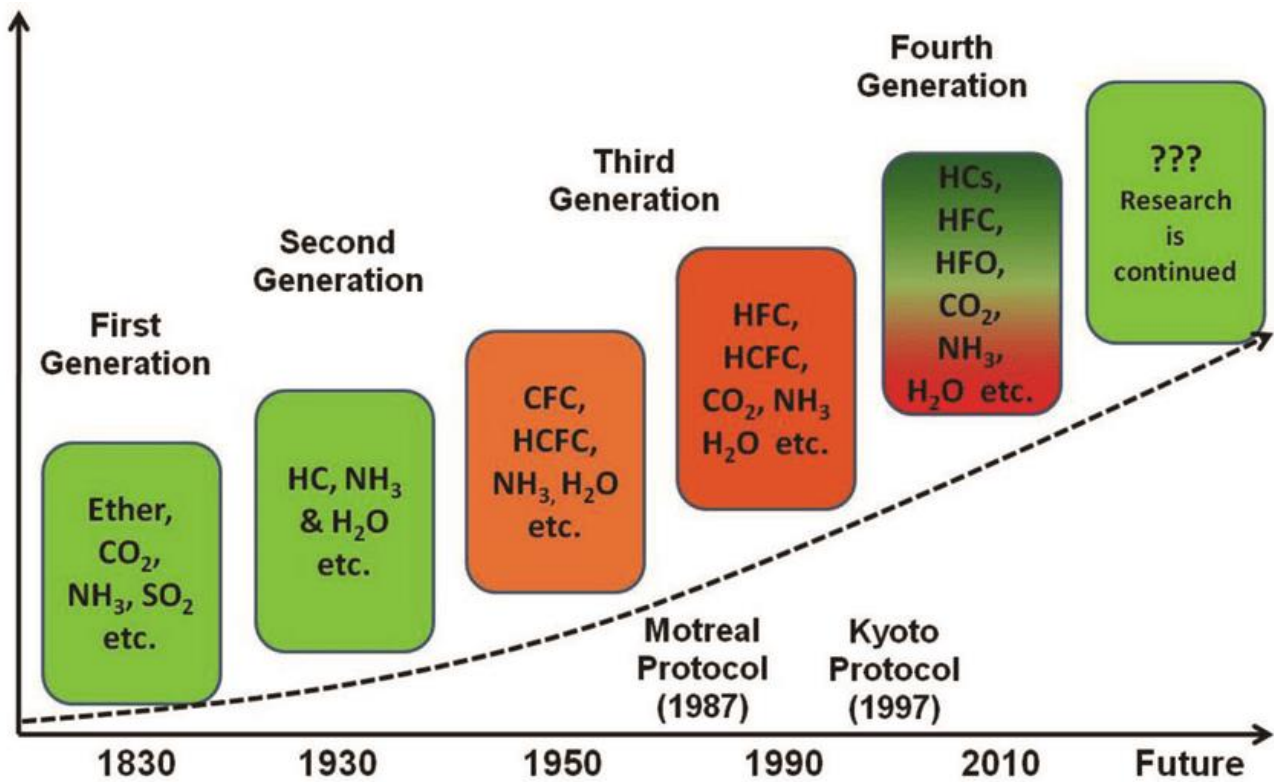


Figure 1: Different Generations of Refrigerants <https://www.coolingindia.in>

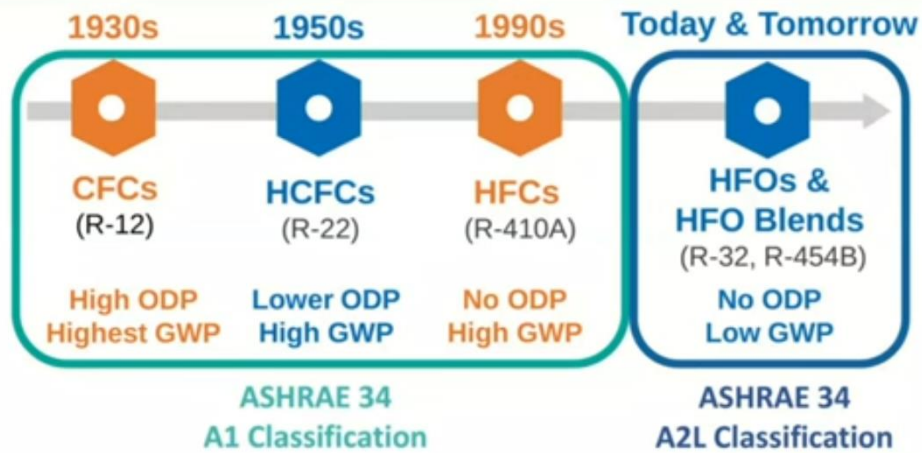


Transition cycle of refrigerants

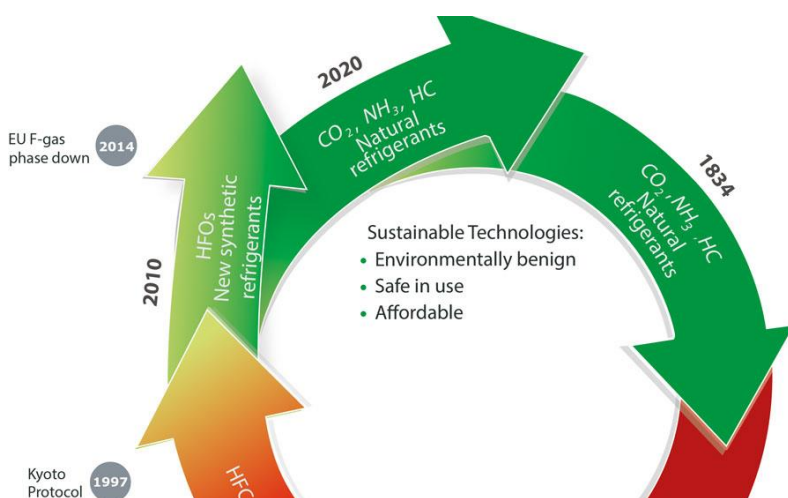
<https://www.coolingindia.in/future-refrigerant-options-an-outlook/>



Air Conditioning Refrigerant Technology Evolution



Further information on refrigerant gases



Refrigerant is a substance or mixture, usually a fluid, used in a heat pump and refrigeration cycle. Most of the gases in refrigeration plants have adverse environmental effects and could be dangerous for humans. Some of them, used in the past, with chlorine compounds, are today totally banned with the European Community and can be used only in recycled form:

CFCs: (R11, R12, R113, R114 and R115) are fully halogenated hydrocarbon compounds with chlorine that have a strong impact on the ozone layer and high Global Warming Potential (GWP). Consequently, the use of these products is subject to legislation. This includes a sales ban in Article 2 (developed) countries from 1996, and Article 5 (developing) countries from 2010, in accordance with the [Montreal Protocol](#).

HCFCs: (R22, R123, R401A, R401B, R402A, R402B, R408A, and R409A) are the second generation of fluorine based gases, the original replacements for CFCs. They are incomplete halogenated hydrocarbon compounds with chlorine that impact on the ozone layer less than CFCs. The use of HCFCs is being phased out as part of global legislation, such as the [Montreal Protocol](#).

HFCs: are (incomplete) halogenated compounds that do not contain chlorine and thus do not affect the ozone layer. However, HFCs have a significant impact on global warming, so emission must be minimised. The use of HFCs is regulated by the [Kyoto protocol](#).

HFO: are the fourth generation of fluorine-based gases. The first HFO, jointly developed by DuPont and Honeywell, is HFO 1234yf. HFO refrigerants are categorised as having zero ODP (Ozone Depletion Potential) and low GWP and so offer a more environmentally friendly alternative to CFCs, HCFCs and HFCs.

Refrigerants such as **Ammonia (R717)**, **Carbon Dioxide** and non-halogenated hydrocarbons do not deplete the ozone layer and have no (ammonia) or only a low (carbon dioxide, hydrocarbons) global warming potential. They are used in air-conditioning systems for buildings, in sport and leisure facilities, in the chemical/pharmaceutical industry, in the automotive industry and above all in the food industry (production, storage, retailing).

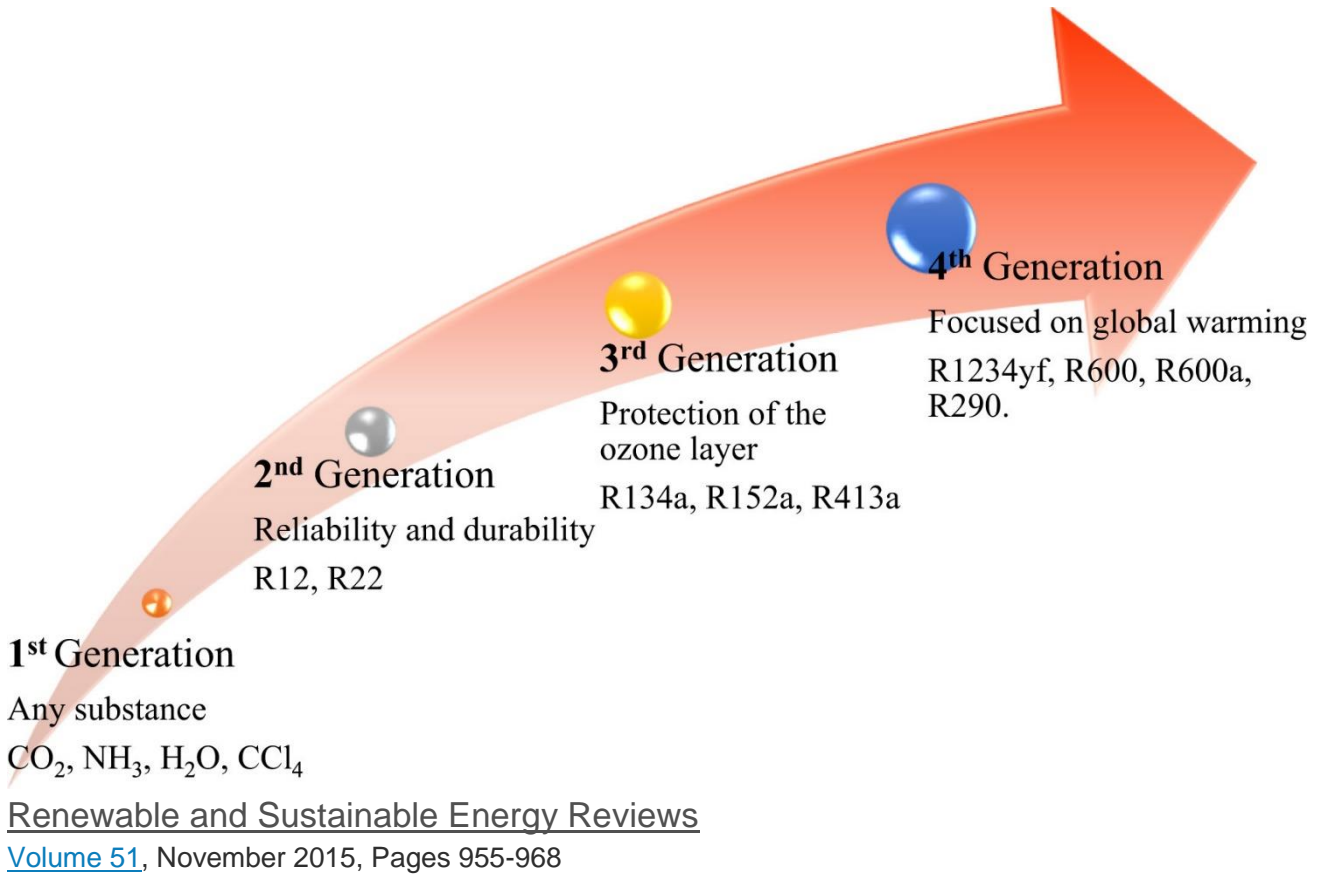
One of the most promising alternatives is CO₂ (R-744), as it is non-flammable, non-ozone depleting and has a global warming potential of 1.

There are a number of rules and regulations that needed to be followed, depending on type of applications and refrigerant used. Some of the most important, related to refrigerants, are listed below:

European Parliament and Council Regulation **(EC) No. 842/2006** (effective from July 2006), concerns HFCs and other fluorinated greenhouse gases, but not Ammonia or Carbon dioxide.

EN378: in general, most countries have their own statute for the design, installation and control of refrigeration. For European Community and EFTA countries, these are now harmonized in EN 378 Regulation.

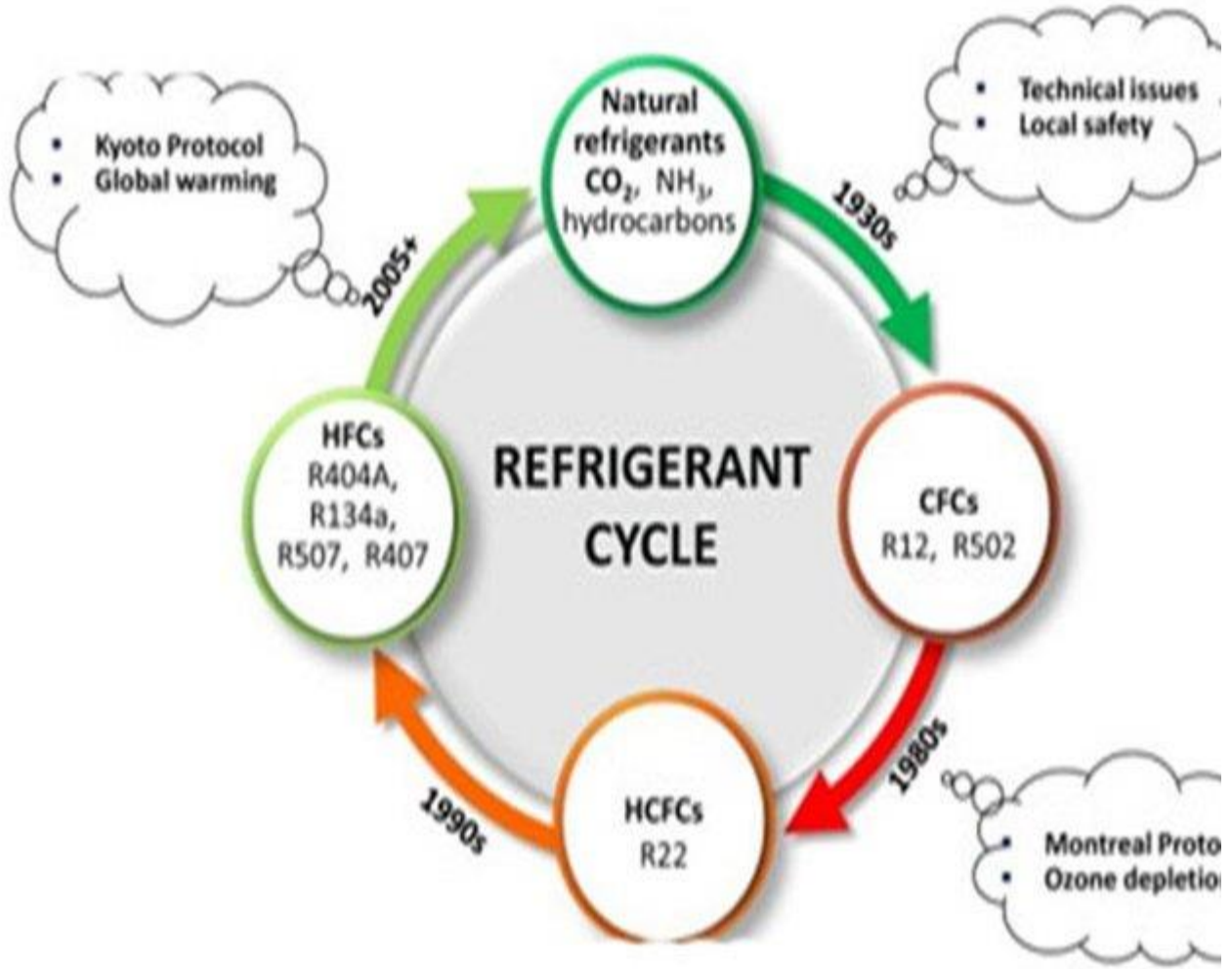
https://www.nenvitech.com/applications/refrigeration_/refrigerant-gases/



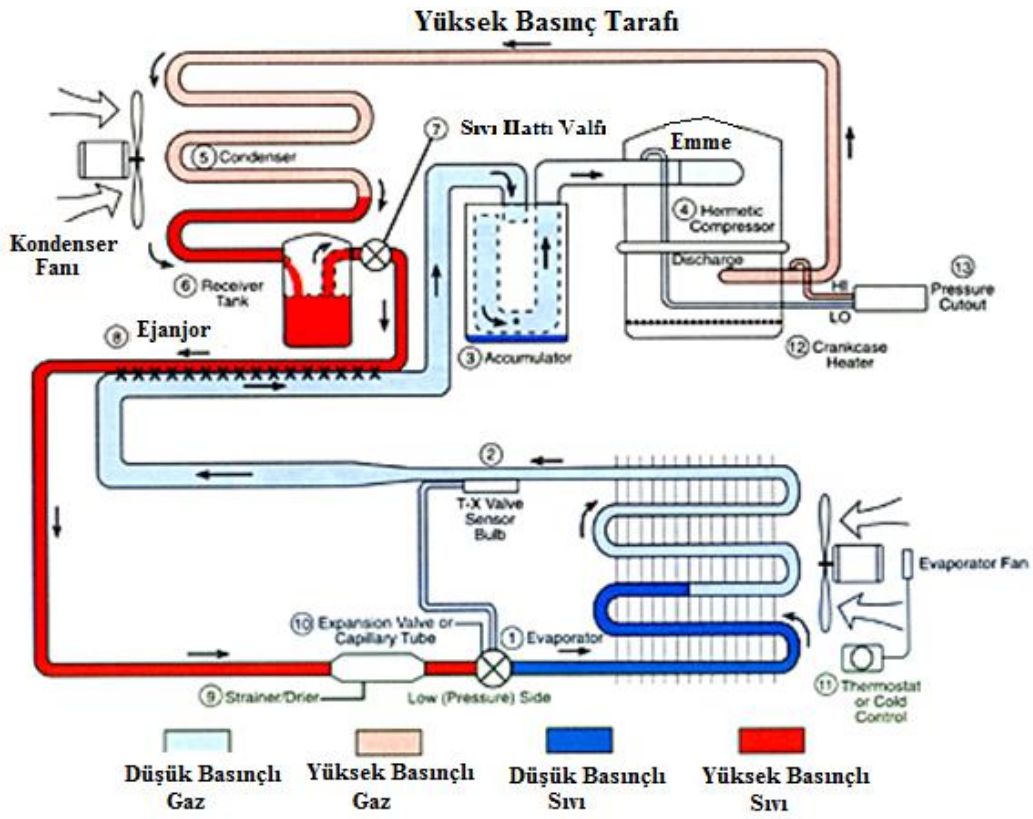
Enhancements in domestic refrigeration, approaching a sustainable refrigerator – A review

BÖLÜM 3

Generation Cycle of Refrigerant

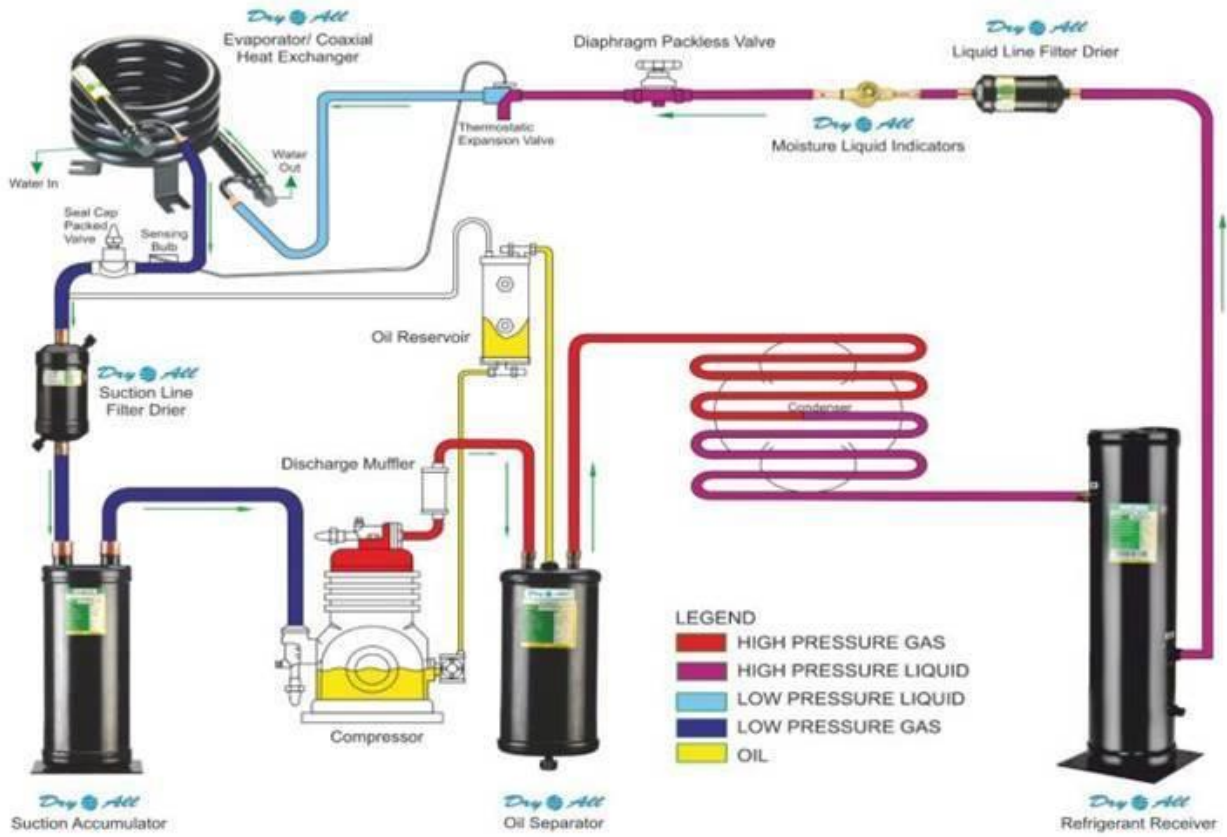


SOĞUTMA SİSTEMİ TEMEL VE YARDIMCI ELEMANLARI



Soğutma sistemi ana ve yardımcı kontrol elemanları

Fundamentals of Refrigeration Cycle



TEMEL ELEMENLER:

- 1-kompresörler
- 2-kondanserler
- 3-evaporatörler
- 4-genleşme valfleri

KOMPRESÖR

Kompresör, soğutma sisteminin kalbi olarak ele alınabilir. Soğutucu akışkanın çevrim boyunca dolaşımını sağlar. Kompresör, soğutma devrelerinde buharlaştırıcıdaki alçak basınçta buhar halindeki soğutucu akışkanı emerek daha yüksek basınçta olan yoğuşturucuya gönderen enerji tüketen bir makinedir.

İdeal bir kompresörde şu özellikler aranır :

- *İlk kalkışta dönme momentinin mümkün olduğunca az olması,
- *Değişik çalışma şartlarında emniyetli bir şekilde çalışması,
- *Ömrünün uzun olması ve daha az çalışması,

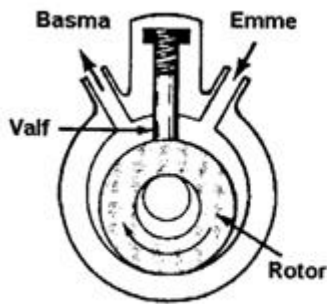
- *Titreşim ve gürültü seviyelerinin kısmi ve tam yüklerde ve değişik şartlarda belirli seviyenin üstüne çıkmaması,
- *Daha az güç harcayarak birim soğutma değerini sağlayabilmesi,
- *Maliyetin mümkün olduğunca az olması,
- *Verimlerinin kısmi yüklerde de düşmemesi

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

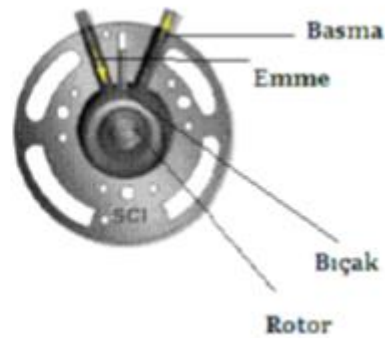
Yapısına Göre Kompresörler;

1. Rotarlı Tip Kompresörler:

Küçük soğutma sistemlerinde kullanılan bu kompresör, bir silindir içerisinde kaçık eksenli olarak dönen bir pistondan ibarettir. Supab tertibatı yoktur. Hacim sıkıştırma kompresörlerdir. Ev tipi buzdolaplarında, derin dondurucu ve split ve pencere tipi klimalarda, ve otomobil klimalarında kullanılırlar. Kanatlı tipler, bıçaklı tipe göre daha yüksek kapasiteler için uygundur. 4-450 kW arası üretilirler. Kanat sayısı 4-16 değişir. Bıçaklı ve kanatlı olmak üzere iki tipte imal edilirler.

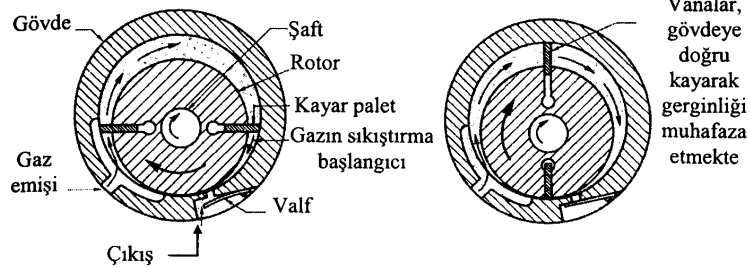


Rotatif kompresör



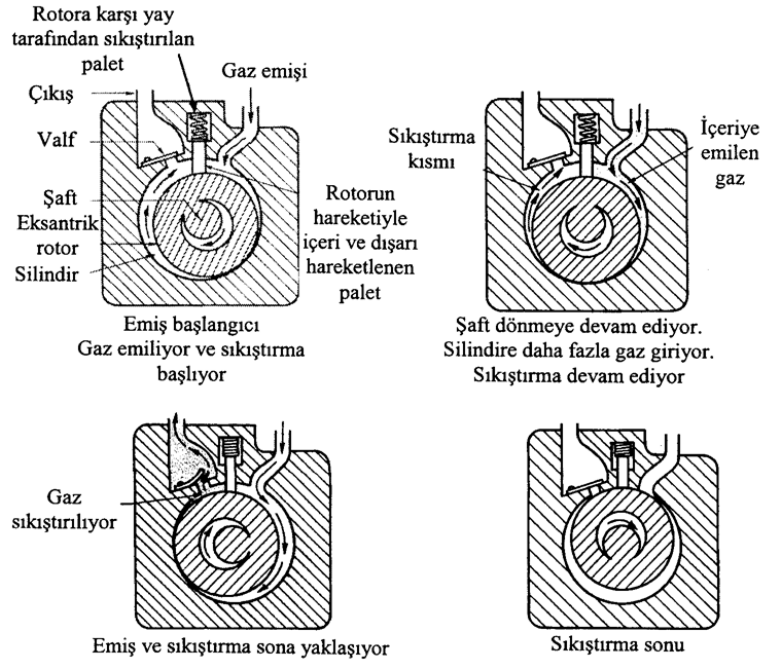
Bıçaklı tip rotorlo tip kompresör

Rotatif kompresörler özellikle ev tipi buzdolaplarında , çok küçük soğutma yükleri için ve ekovat denilen sızdırmaz kaplar içinde, elektrik motoru ile birlikte kullanılır. Ekovatlı sistemlerde , sızdırmaz kap içindeki kompresör ve elektrik motoru grubu, yoğuşturucu , kılcal boru ve buharlaştırıcı bir arada ve birbirine bağlı olarak komple bir soğutma ünitesi olarak imala edilirler. Yağ değiştirme ve benzeri bakıma ihtiyaç göstermezler.

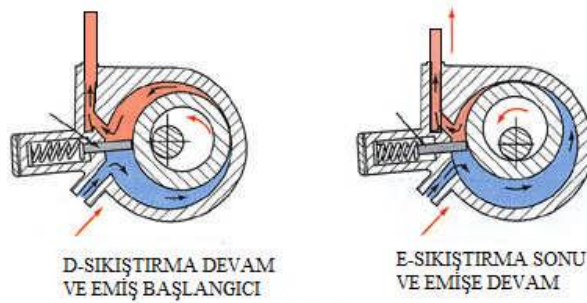
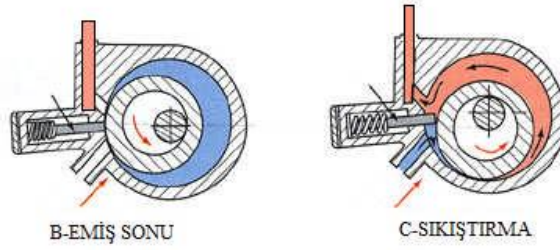
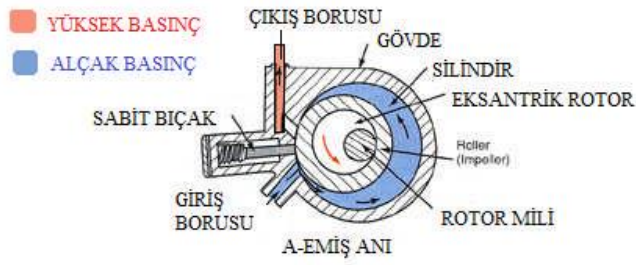


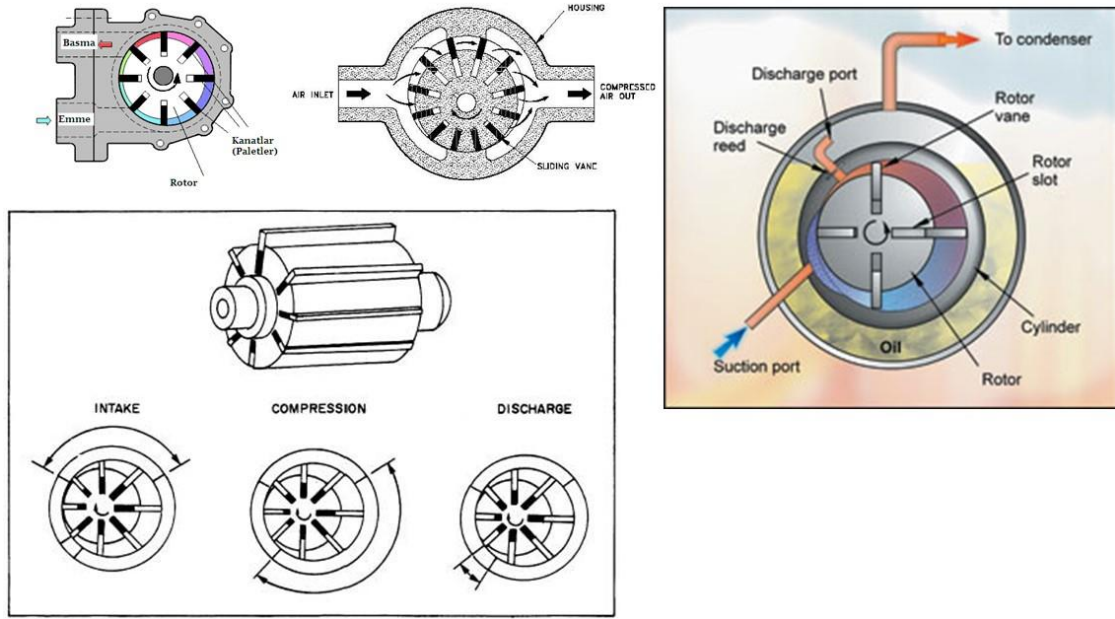
b) Kayar paletli rotatif kompresör

Rotatif tip kompresörün çalışma şeması



a) Sabit paletli rotatif kompresör



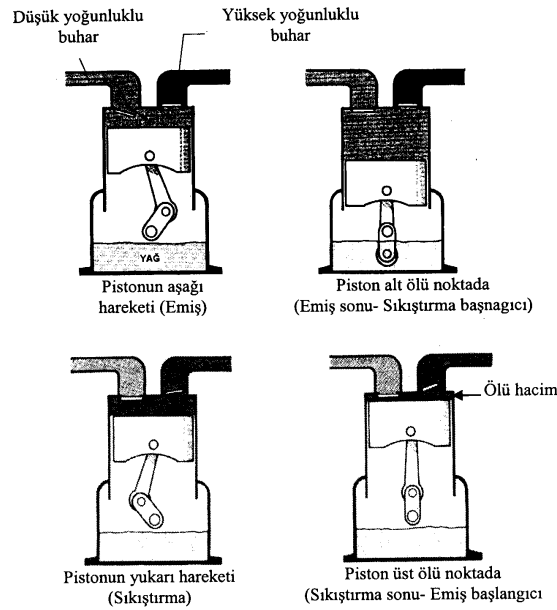


Paletli tip rotary kompresör.

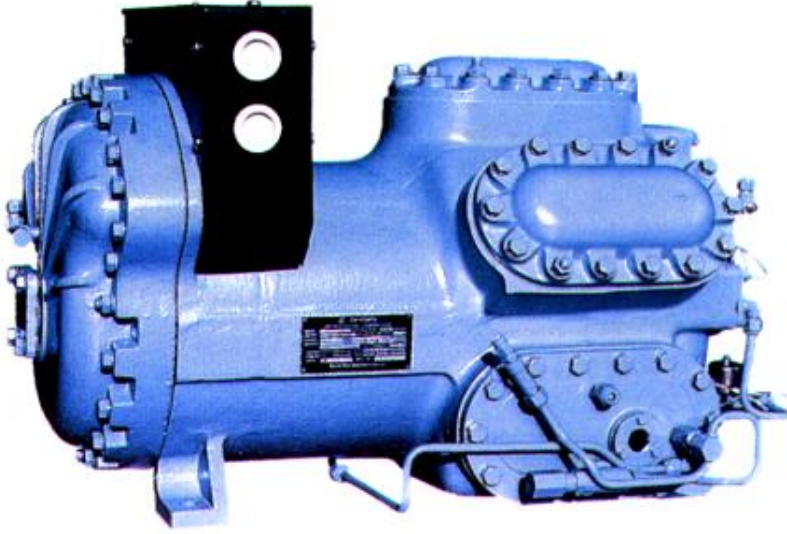
2. Pistonlu Tip Kompresör :

Pistonlu kompresörler özellikle buhar yoğunluğu ve yoğuşma basıncı yüksek olan soğutucu akışkanlar için kullanılır. Örneğin R-22, R-407c, R-134a.

Bir silindir içerisine gidip , gelme hareketi yapan bir pistonla sıkıştırma işlemi yapan bu tip kompresörlerde , tahrik motorunun dönme hareketi bir krank- biyel sistemi ile doğrusal harekete çevrilir. Bu tip kompresörlerde, buhar haldeki soğutucu akışkanı çekmek için silindir içerisindeki pistonun aşağı doğru hareketi ile birlikte emiş vanaları açılır. Buhar haldeki soğutucu akışkan pistonun yukarı doğru hareketiyle sıkıştırılır ve silindir içindeki basınç, yoğuşma basıncının biraz üzerine çıktığında akışkan dışarı atılır. Şekil 3-2 de pistonun hareketleri görülmektedir.



Şekil 3.2. Pistonun hareketi



Pistonlu kompresörlerin Avantajları ;

- 1- Pistonlu kompresörler her çeşit motorla tahrik olabilirler.
 - *DC veya AC akım elektrik motorları
 - *Buhar veya gaz türbini
 - *Benzin veya dizel motoru
- 2-Devir sayısı kayış kasnak ve benzeri sistemlere ayarlanabilir.
- 3-Motor üzerinden kısa devre olarak soğutma deresinde kirlenme olmaz .
- 4-Tahrik motoru arıza yapıcı hemen değiştirilerek, çalışma aksatılmaz.
- 5-İmalat kalitesi çok iyidir.

Dezavantajları ;

- 1-Soğutma devresinde , motorun ısı kayıpları geri kazanılmaz . Isı pompaları açısından önemli bir faktör olduğu unutulmamalıdır.
- 2-Sıvı darbelerine karşı diğer kompresörlere nazaran daha az mukavimdir.
- 3-Soğutucu akışkan kaçakları meydana gelir ve bu çok önemli bir mahzurdur.

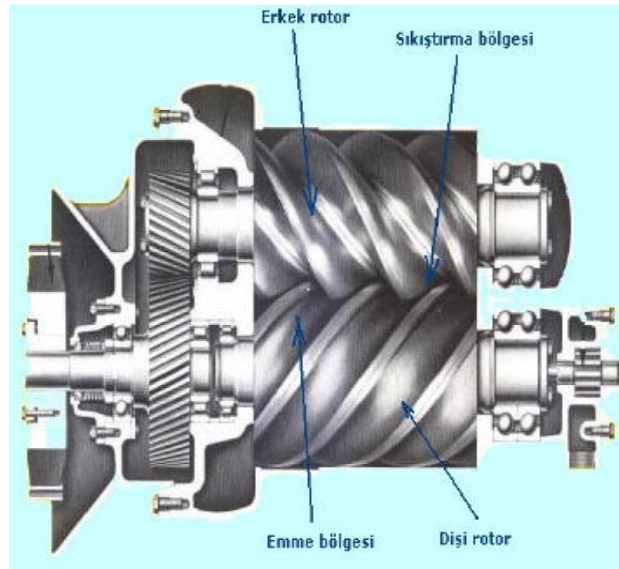
Pistonlu kompresörler

1. Açık tip pistonlu kompresörler
2. Hermetik Tip pistonlu kompresörler olmak üzere iki çeşittir.

Açık tip pistonlu kompresörlerde kayış tahrikli veya bir kavrama ile doğrudan bağlantılı bir dış motor tarafından tahrik edilen kompresör kastedilmektedir. Hermetik tiplerde ise açık tiplerin aksine motorla kompresör aynı muhafazada korunduğu hermetik (sızdırmaz) kompresördür.

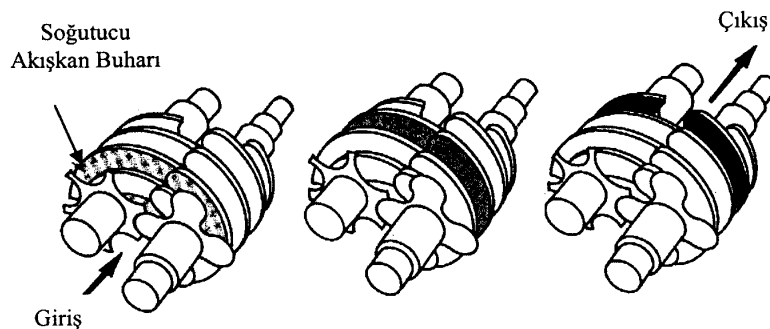
3. Vidalı (Helisel) Kompresörler :

Vidalı kompresörlerde, dişleri birbirini saran iki sonsuz vidadan bir tanesi diğerini hareket ettirerek gazı sıkıştırır. Emme deliği açikken 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.



Çalışma prensipleri çok basit olduğundan vidalı kompresörlerin tamir ve bakımı kolaydır, ömürleri uzundur. Diğer kompresör tiplerine göre daha az yer kaplar, daha az titreşim yapar, kayış kasnak olmadan tahrik sistemine bağlanırlar. Hareket eden parçaların sayısı az olduğundan mekanik verimleri dolayısıyla toplam verimleri yüksektir. Chiller gruplarında ve Özellikle uçak kabinlerinin iklimlendirilmesi için kullanılır.

Şekil 3-15 te sıkıştırma aşamaları görülmektedir.



Şekil 3.15. Vidalı kompresörde sıkıştırma aşaması

Bir vidalı kompresörde, kompresör ve motor birbirinden ayrılmıştır ve bu nedenle bir aks veya V-kayışı ile bağlanırlar. Kompresör ve motor ayrı olduğu için, kompresörde soğutucu olarak amonyak kullanılabilir.

Soğutma sistemlerinin soğutma çıkışı, kompresör performansı ayarlanarak düzenlenebilir. Bir vidalı kompresör, %100'den neredeyse %0'a kadar sorunsuz şekilde ayar yapılmasını sağladığı için, soğutma sistemlerinin düzenlenmesi için oldukça uygundur.

4. Turbo (Santrifüj) Kompresör :

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 gerekli. Çok fazla çark sayısı istenmediğinden dolayı kademeli kompresörler kullanılır.

Turbo kompresörler düşük basınçlı ve yüksek debili sistemlerde kullanılır. Şekil 3-16 da kesit resmi verilmiştir.

Santrifüj kompresörlerin avantajları şunlardır :

Titreşim yoktur,

Gaz akışı süreklidir,

Soğutma devresinde yağ kaçağı olmaz,

%20 ile %100 arasında güç ayarı yapılabilir,

İmalat kaliteleri iyidir,

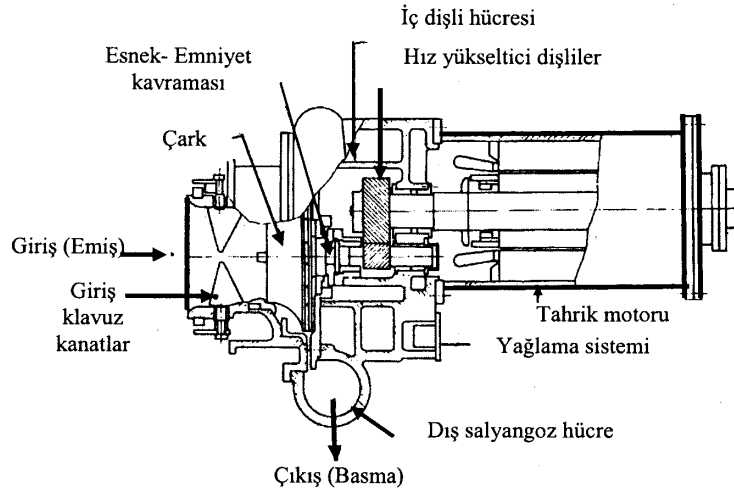
Küçük olmaları nedeniyle , fiyatları daha ucuzdur.

Dezavantajları;

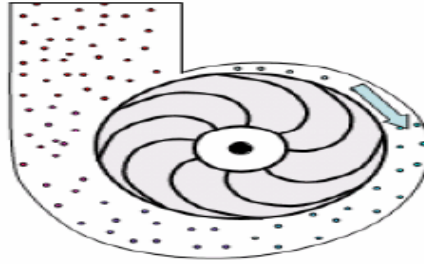
Sıkıştırma oranı düşüktür,

Çok yüksek güçler için uygun değildir,

Motor tarafından açığa çıkarılan ısının geri kazanılması mümkün değildir.



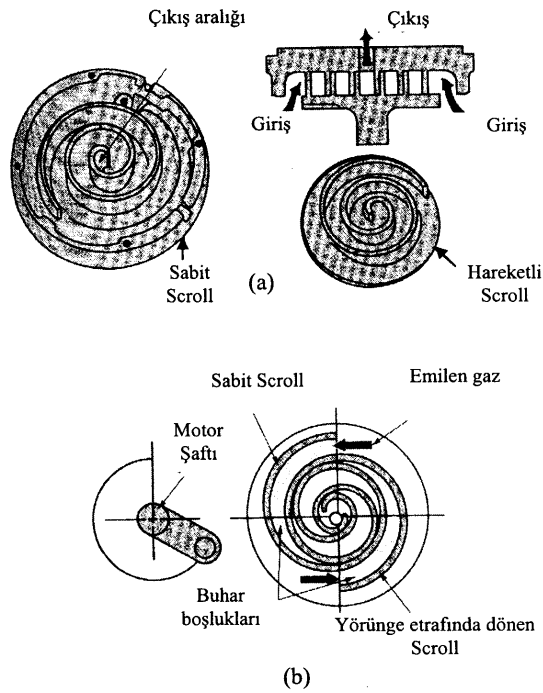
Şekil 3.16. Tek kademeli santrifüj kompresör (hermetik tip) kesit resmi



Turbo Kompresör Tipi

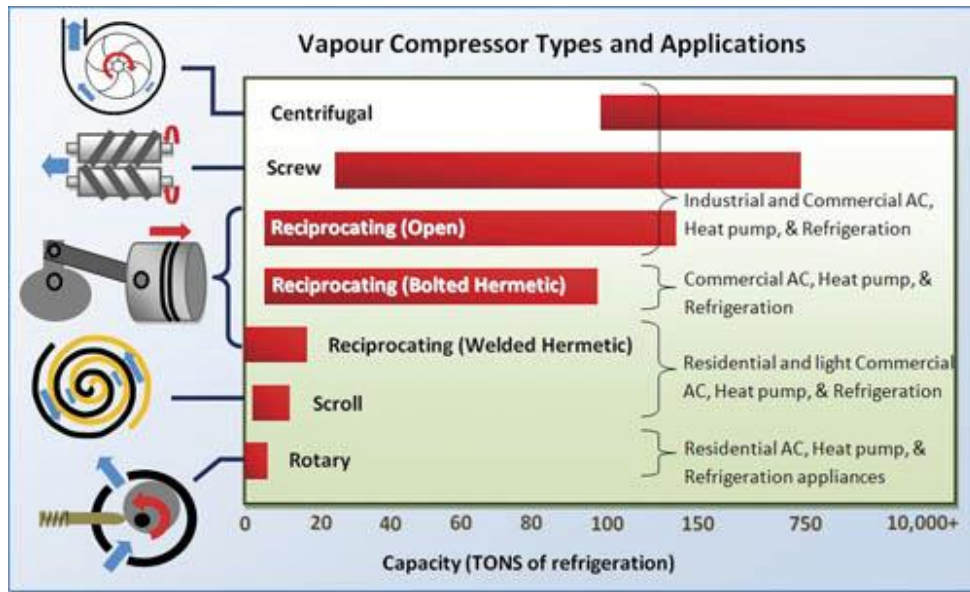
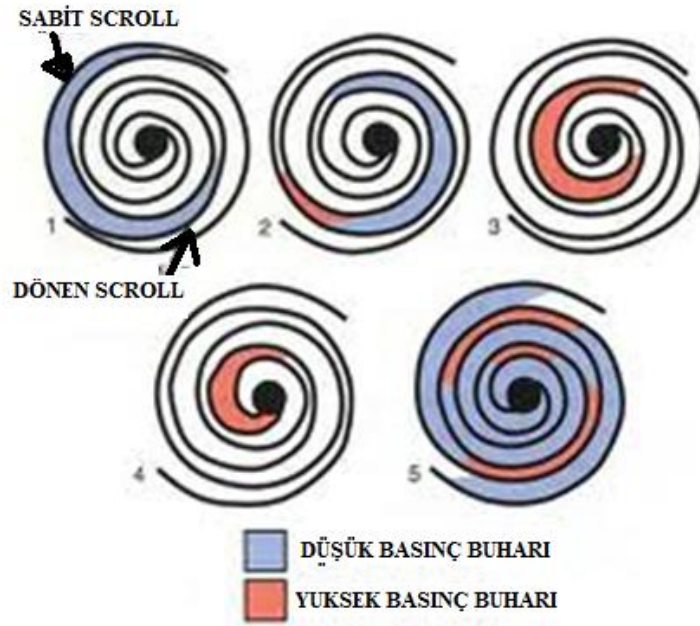
5. Scroll (Spiralli) Kompresör :

Spiral kompresörler, spiral şeklinde iç içe geçmiş iki eleman ile sıkıştırma yapan, yörüngesel hareketli, pozitif yer değiştirme makineleridir.



Şekil 3.17. Scroll kompresörün iç yapısı

Buharın girişi, scroll'un dış kenarından olurken , çıkış sabit scroll'un merkezinden olmaktadır.scroll kompresörler , pistonlu kompresörlerden nazaran daha az hareketli parçaya sahiptir. Bu yüzden daha sessiz çalışır.



3.2. KONDANSERLER (YOĞUŞTURUCULAR)

Soğutma sisteminin temel elemanlarından biri olan yoğuşturucular, yüksek basınç ve sıcaklıktaki kızgın buhar haldeki soğutucu akışkanın ısınıyı dış ortama vermek suretiyle sıvı hale gelmesini sağlayan bir elemandır. Yani buharlaştırıcıda aldığı ısı ile buharlaşan ve kompresörde sıkışma işlemi sonucu sıcaklığı ve kızgınlığı artan soğutucu akışkan burada sıvı hale gelir. Yoğuşturucular sistemin yüksek basınç tarafına monte edilirler. Yoğuşturucunun ısınıyı sıcak soğutucu akışkan buharından soğuk ortama atabilme kabiliyeti, yoğuşturucu kapasitesi olarak adlandırılır. Yoğuşturucunun ısı transfer kapasitesi aşağıdaki dört faktöre bağlıdır;

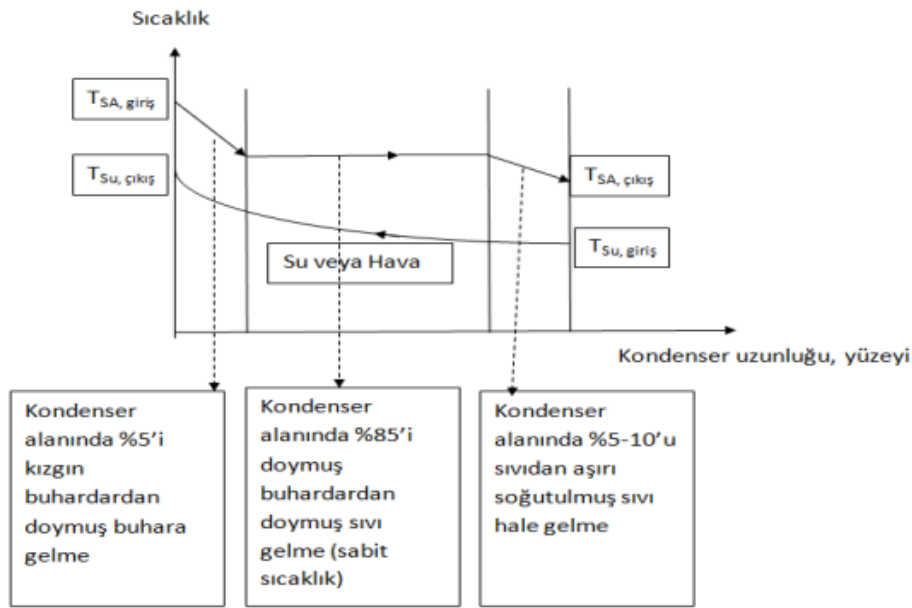
Yoğuşturucunun yapımında kullanılan malzemeye,
 Yoğuşturucu yüzeyi ile yoğuşma ortamı arasındaki temas alanına ,
 Yoğuşma ortamı ve soğutucu akışkan buharı arasındaki sıcaklık farkına ,
 Yoğuşturucunun temizliğine

Yoğuşturucu, buhar içindeki ısıyı ilk olarak yoğuşturucu tüplerinin cidarlarına ve sonra tüplerden soğuk ortama transfer ederek uzaklaştırır. Soğuk ortam hava, su ve bu ikisinin bir kombinasyonu olarak karşımıza çıkabilir. Şekilde de görüldüğü gibi bu ısı alışverişi üç ana bölgede meydana gelmektedir:

Kızgınlığın alınması i8 yoğuşturucu dizaynına bağlı olarak yoğuşturucu alanının %5 ' i kullanılmaktadır.)

Yoğuşma (yoğuşturucu alanının yaklaşık % 85 ' i kullanılmaktadır.)

Aşırı soğutma (yoğuşturucu alanının %0- 10 ' u kullanılmaktadır.)



Isıyı verdikleri ortama göre yoğuşturucular ikiye ayrılır;

a) Hava Soğutmalı Yoğuşturucular:

Özellikle 750 W ' a kadar olan kapasitedeki soğutma gruplarında istisnasız denecek şekilde kullanılır. Bu tip yoğuşturucuların tercih sebepleri , basit oluşları, kuruluş ve işletme masraflarının düşüklüğü ,tamir ve bakımlarının kolaylığı sayılabilir.

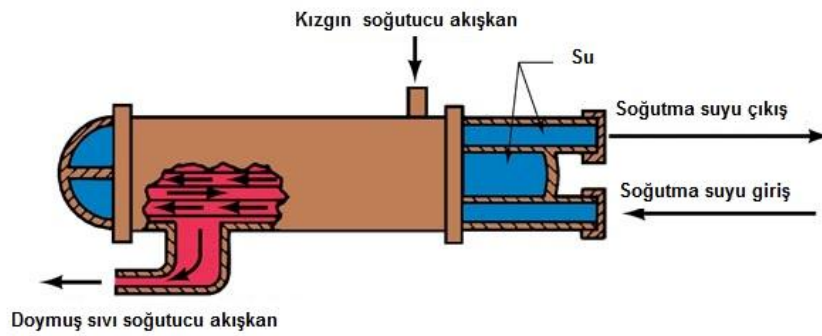
Hava soğutmalı yoğuşturucular genellikle kanatlı borulu olarak imal edilirler. Borunun içinde soğutucu akışkan , dışında ise hava geçer. Bu tip yoğuşturucular daha ziyade küçük soğutma yüklerinde yeterli miktarda soğutma suyu bulunmayan durumlarda kullanılır.



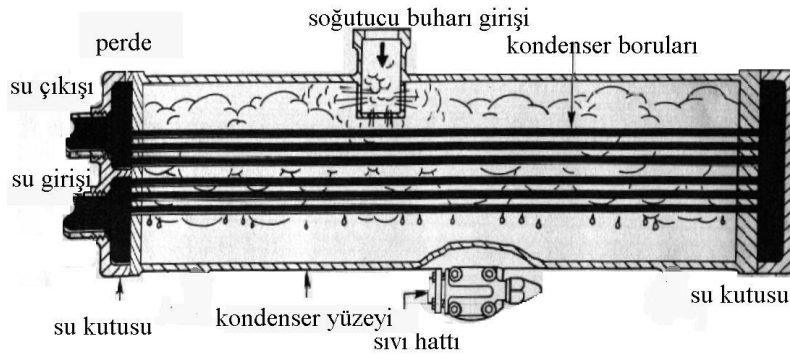
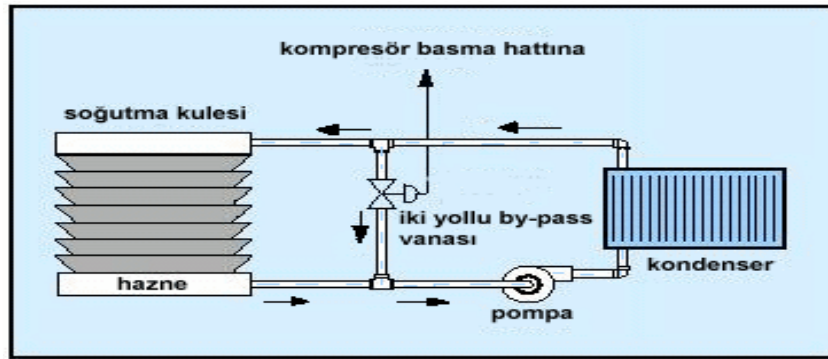
Hava Soğutmalı Yoğuşturucular

b) Su Soğutmalı Yoğuşturucular :

Su soğutmalı yoğuşturucularda soğutma ortamı olarak su kullanılır. Ticari ve endüstriyel soğutma sistemlerinde su soğutmalı yoğuşturucular , hava soğutmalı yoğuşturuculara göre daha yaygın olarak kullanılır. Çünkü su soğutmalı yoğuşturucular aynı kapasitedeki hava yoğuşturuculardan daha küçüktürler ve bu yüzden daha az yer kaplarlar.



Soğuk su üretici gruplar ve soğutma tesislerinde, soğutucu akışkanın yoğuşturulmasında ve ısı pompalarında sıcak su üretiminde kullanılırlar.

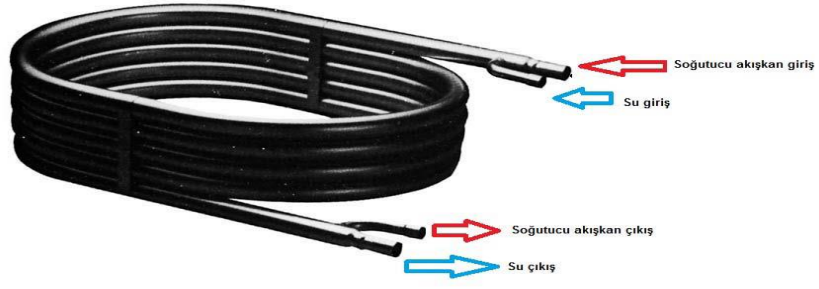


Su soğutmalı Yoğuşturucular

Bir su soğutmalı yoğuşturucu, hava soğutmalı yoğuşturuculara göre daha düşük yoğuşma sıcaklığına sahiptir. Çünkü temin edilen su sıcaklığı normalde çevre havası sıcaklığından düşüktür. Bu yüzden bir su soğutmalı yoğuşturucu için kompresör, aynı kapasite için daha düşük beygir gücüne gereksinim duyar.

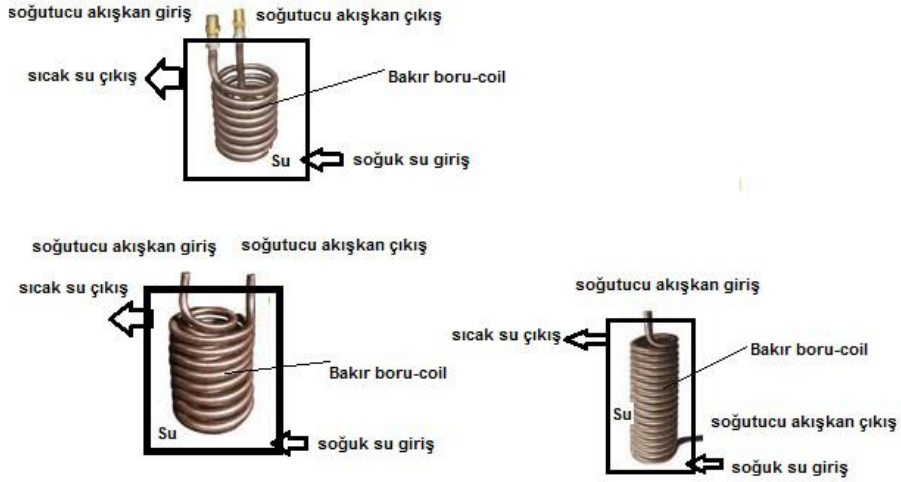
Kondenser Tipleri :

1. İç içe (Çift) Borulu Kondenserler: Daha küçük kapasiteler için paket tipi cihazlarda kullanılan bu tip yoğuşturucular hem klima , hem de soğuk muhafaza uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu yoğuşturucularda içteki boru içinde su dışında ise soğutucu akışkan bulunur.



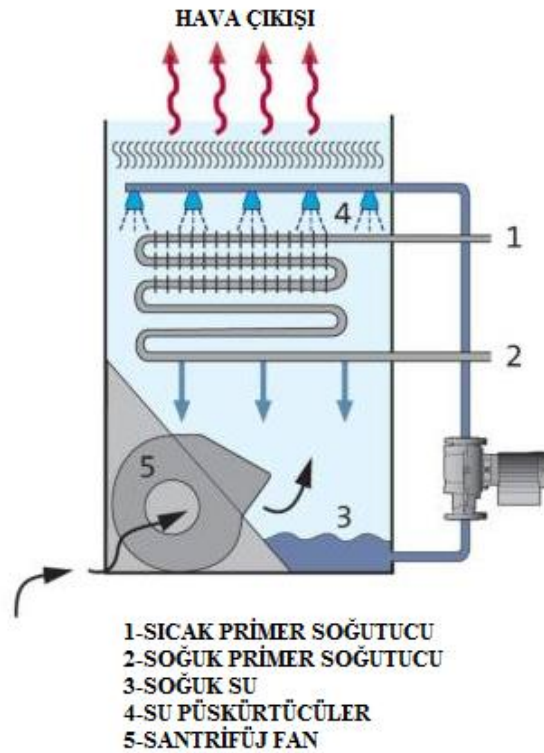
İç içe borulu tip yoğuşturucular

2.Daldırmalı Tip Kondenserler: Serpantin şeklindeki bakır borunun soğutulmak istenen sıvıya daldırılmasıyla oluşturulur. Daha çok içme suyu veya diğer içeceklerin soğutulmasında kullanılır. Evaporatör sıcaklıkları donma noktasının (0°C) üstündedir.



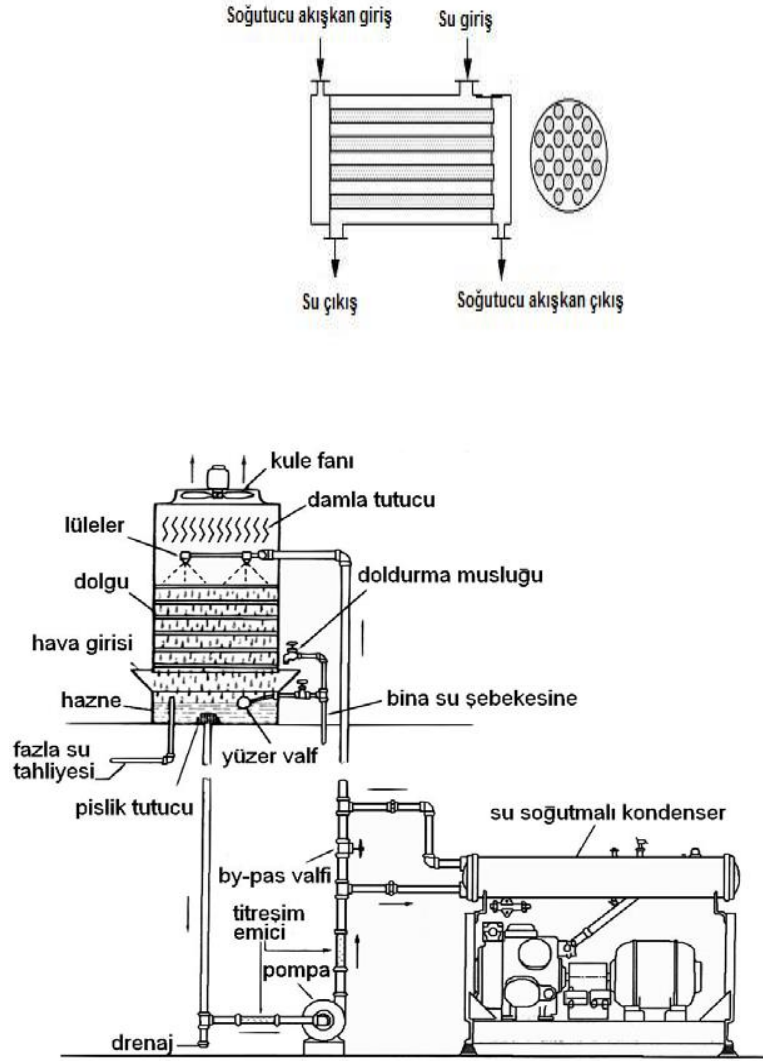
Daldırılmalı Tip Yoğuşturucular

3.Buharlaştırılmalı (Evaporatif) Tip Kondanser : Hava ve suyun soğutma etkisinde birlikte faydalanma esasına dayanan bu yoğuşturucular bakım ve servis güçlükleri , çabuk kirlenmeleri ve sık sık araziye müsait oluşları nedeniyle gittikçe daha az kullanılmaktadır.



Buharlaştırılmalı Tip Yoğuşturucular

4. Gövde Borulu Kondanserler: Gövde borulu kondanser ile aynı yapıdadırlar. Su soğutmada kullanılır. Soğuk su ihtiyacının olduğu büyük soğutma kapasiteli chiller gruplarında yani fanciller için soğuk su üretmede bu tür buharlaştırıcılar kullanılır. Az yer işgal etmeleri , yüksek kapasiteleri ve kolay bakımları temel avantajlarıdır.

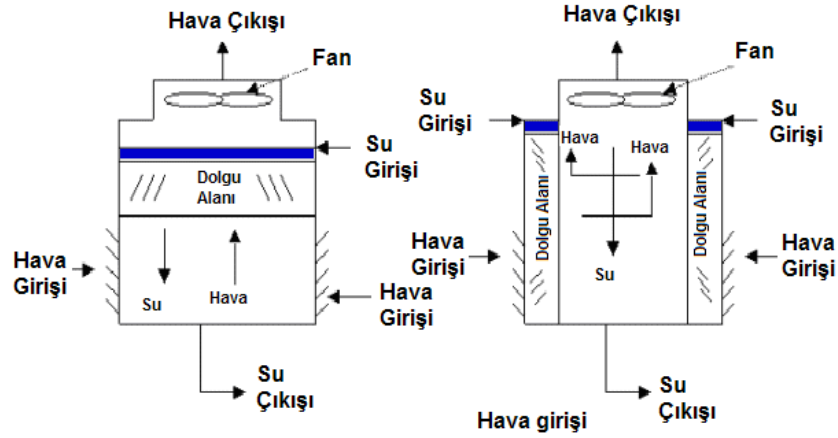


Gövde Borulu Tip Yoğuşturucu

5.Soğutma Kuleleri :

Su soğutma kuleleri, sistemden gelen sıcak suyun dolgu üzerine püskürtülmesi ile ısının atmosfere verilerek ortamdan uzaklaşması ile soğuma sağlayan sistemlerdir. Soğutma kulesi bir ısı uzaklaştırma ünitesidir. İçinden geçen suyun bir kısmının

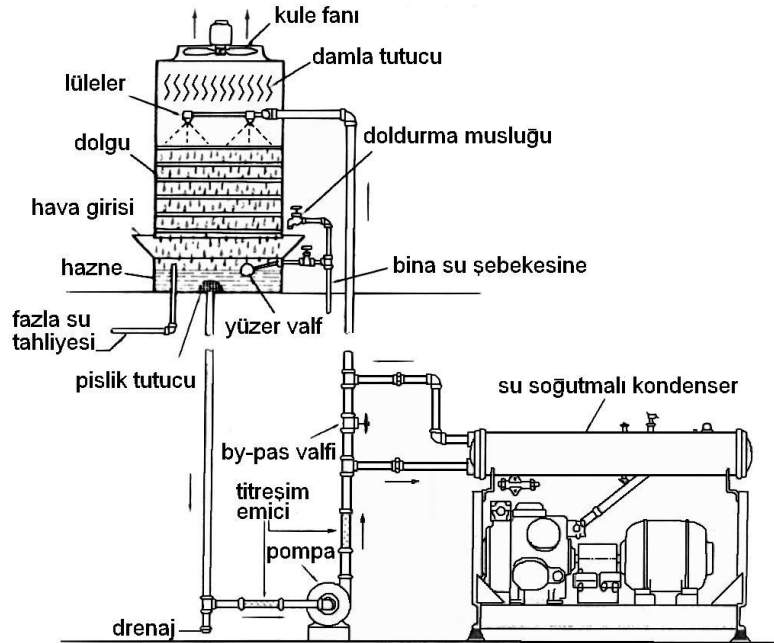
buharlaşmasını sağlayarak sistemdeki istenmeyen ısıyı atmosfere verir. Kalan su ise istenilen derecede soğur. Sıcak bir nesnenin üzerine su dökülerek soğuduğunu düşünün. Islak bir yüzeyin soğuması kuruya oranla çok daha hızlıdır. Aynı şekilde, su soğutma kulesi de, kuru tip ısı uzaklaştırma ünitelerinden çok daha etkilidir. Su soğutma kulelerinin yaygın kullanım alanları arasında klima sistemleri, üretim tesisleri ve enerji santralleri vardır.



Karşı ve Çapraz Akışlı Kule Dizaynı

Soğutma kulesi seçiminde aşağıdaki belirtilen verilerin önceden bilinmesi gerekmektedir:

- Soğutulacak su debisi veya kule kapasitesi
- Soğutulacak su giriş sıcaklığı
- Soğutulacak su çıkış sıcaklığı
- Ortamın dizayn yaş termometre sıcaklığı
- Kullanılacak suyun analizi
- Deniz seviyesinden yükseklik



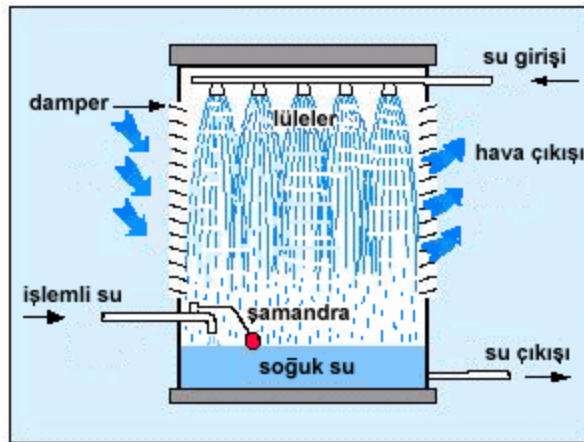
Su soğutma tesisatının şematik olarak gösterilmesi

Su Soğutma Kulelerinin Sınıflandırılması :

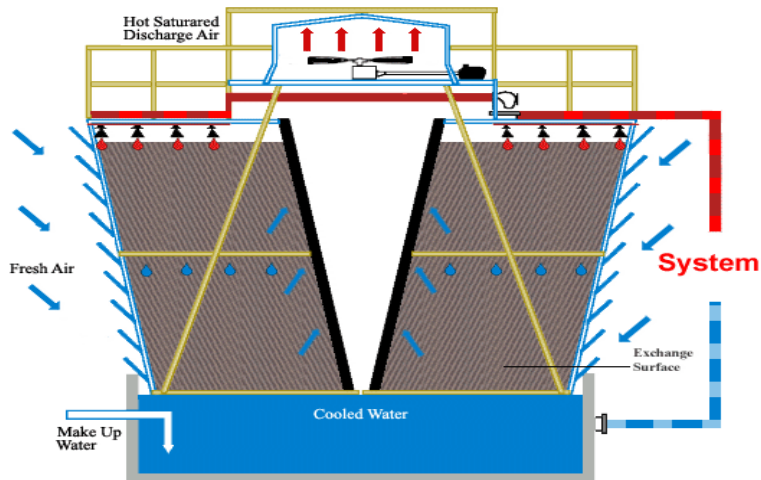
- 1-Doğal çekişli ve zorlanmış(cebri) çekişli olarak sınıflandırılabilirler.
- 2-Hava ve su akışının durumuna göre karşı akışlı ve çapraz akışlı su soğutma kuleleri sınıflandırılabilirler.
- 3-Bunun dışında kullanılan fana göre radyal fanlı veya eksenel fanlı su soğutma kulesi olabilir.

Su kulesinde temel elemanlar:

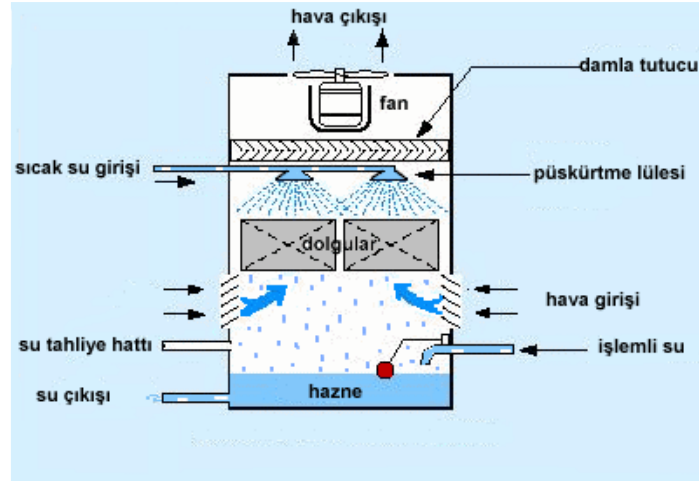
- 1-fan
- 2-dolgu malzemesi (tahta veya plastik (pvc))
- 3-damla tutucu
- 4-su haznesi
- 5-ana gövde



Doğal Çekişli Su soğutma kulesi



Cebri Çekişli Su soğutma kulesi



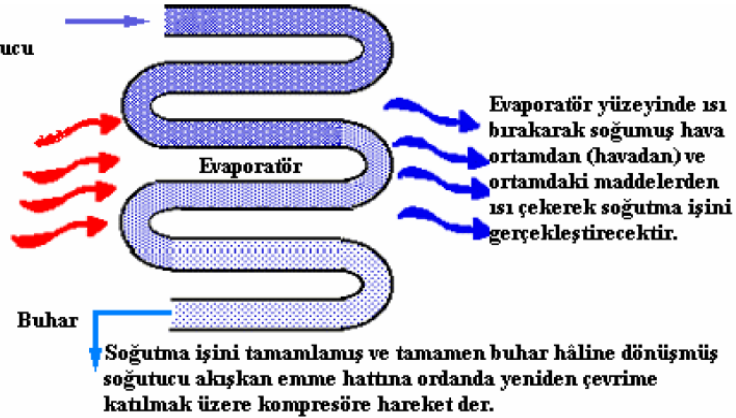
Zorlanmış Çekişli Su Soğutma Kulesi

EVAPORATÖRLER (BUHARLAŞTIRICILAR)

Bir soğutma sisteminde Evaporatör, doymuş sıvı-buhar karışımı olarak giren soğutucu akışkanı en az doymuş buhar veya kızgın buhar olarak çıkmasını etraftan ısı çekerek sağlayan bir ısı değişiricisidir. Soğutucu akışkanın buharlaşarak, soğutulmak istenen ortamdan ısının çekilmesini sağlayan elemanlardır. İklimlendirme ve soğutma sistemlerinde genellikle soğutulmak istenen ortama yerleştirilir. Soğutucu akışkan buharlaşma basıncında olduğu için soğutulmak istenen ortamdan ısı çekerek buharlaşır ve soğutma elde edilir. Kısacası soğutmanın yapıldığı kısımdır.

Sıvı + buhar karışımındaki soğutucu akışkan genişleme valfinden geçerek evaporatöre girer.

Tabii veya cebri yolla (fan kullanarak) evaporatör yüzeyinden soğutulmak üzere geçirilen ortam havası



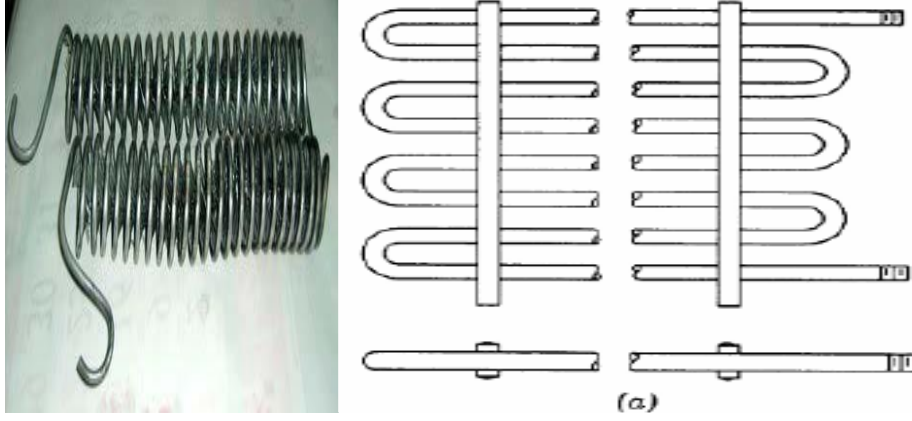
Soğutucu akışkanın beslenmesine, çalışma şartlarına, soğutulmak istenen sıvı veya havanın sirkülasyon yöntemine, soğutucu akışkanın kontrol tipine ve uygulamaya göre çok değişik konstrüksiyon ve boyutlarda buharlaştırıcı çeşidi mevcuttur.

Evaporatör bir ısı değişiricisi olduğundan ısı hesapları itirici prensiplerine göre yapılır.

Evaporatör çeşitleri :

1. Çıplak Borulu Evaporatörler:

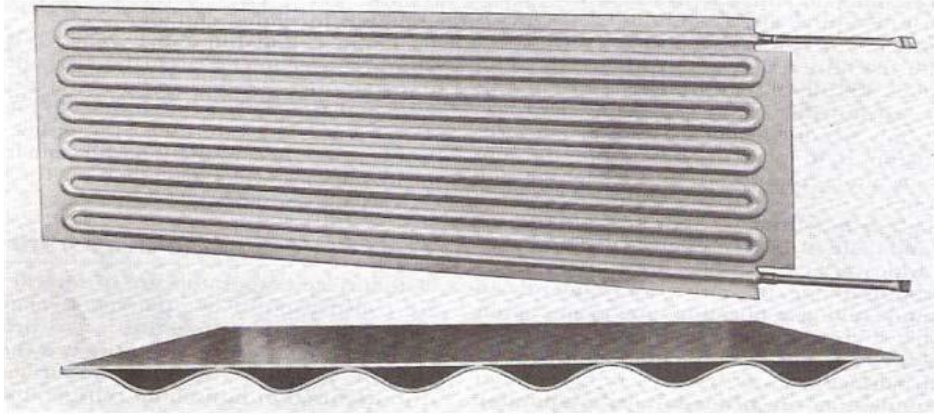
10-22 mm çapında galvaniz kaplı bakır veya çelik borulardan yapılırlar. Borular serpantin şeklinde kıvrılarak bu tür evaporatörler yapılır. Büyük kapasiteli soğutma yüklerinde ve Amonyaklı sistemlerde kullanılır.



Çıplak Borulu Evaporatörler

2.Levhalı Tip Evaporatörler :

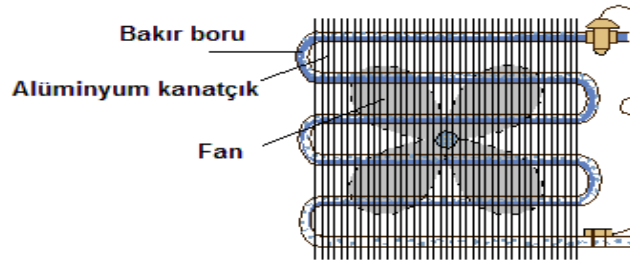
İki levha üzerine karşılıklı olarak pres baskı yolu ile oyuklar açıldıktan sonra bu levhalar üst üste kaynatılır, böylece arada kalan oluklarla bir buharlaştırıcı serpantini oluşturulmuş olur. Buzdolabı ve vitrin tipi soğutucularda kullanılır.



Levha Tipli Evaporatör

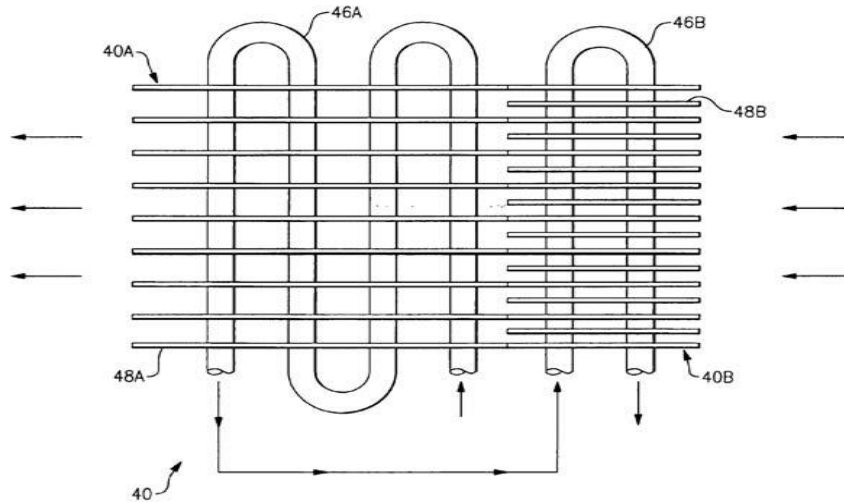
3. Kanatçıklı Evaporatörler :

Hava soğutmak için kullanılırlar.



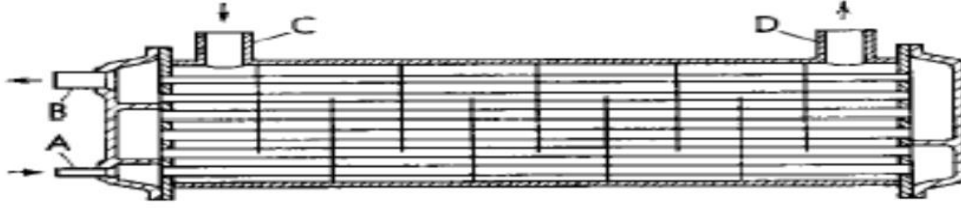
4.Lamelli Evaporatörler:

Serpantin şeklinde kıvrılmış borular üzerine , yüzeyi arttırmak için kanat yerine çubuklar kaynatmak suretiyle yapılır. Daha ziyade küçük soğutma yükleri için bahis konusudur. K değerleri 5- 9.5 kw/m².K arasında değişir. Yüksek değerler zorlanmış taşınım ve bakır boru ile alüminyum çubuk gibi iyi iletken malzemeden yapılmış buharlaştırıcıya aittir. Küçük eğerler ise tersine olarak doğal taşınım ve çelik-çelik buharlaştırıcılar içindir. Ayrıca soğutma sıcaklığı düştükçe K değerinin azalacağıda göz önünde tutulmalıdır.



5. Gövde Borulu Tip Evaporatörler :

Gövde borulu kondenser ile aynı yapıdadırlar. Su soğutmada kullanılırlar. Soğuk su ihtiyacının olduğu büyük soğutma kapasiteli chiller gruplarında yani fancoiller için soğuk su üretmede bu tür buharlaştırıcılar kullanılır. Az yer işgal etmeleri, yüksek kapasiteleri ve kolay bakımları temel avantajlarıdır. Shell&Tube evaporatörler soğuk su üretici gruplarda suyun veya glikol çözeltilerinin soğutulmasında ve ısı pompalarında sıcak su üretiminde kullanılırlar.

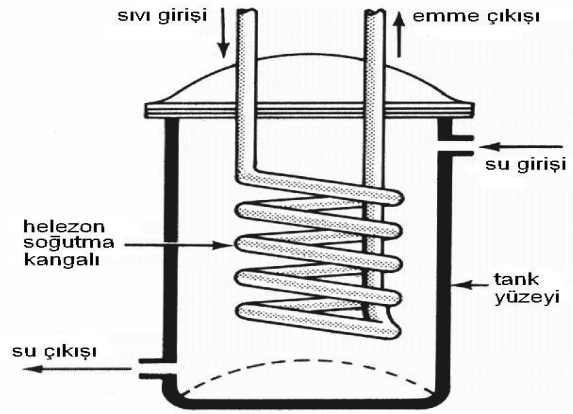


A ve B: soğutucu akışkan giriş-çıkışı
C ve D: soğuk su giriş-çıkışı

Gövde Borulu Tip Evaporatör

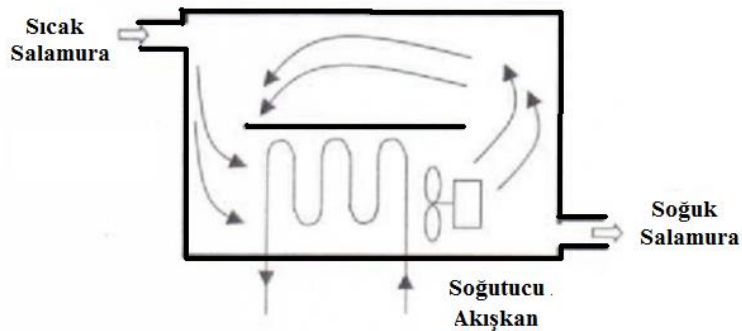
6.Daldırmalı Tip Evaporatörler :

Serpantin şeklindeki bakır borunun soğutulmak istenen sıvıya daldırılmasıyla oluşturulur. Daha çok içme suyu veya diğer tür içeceklerin soğutulmasında kullanılır. Evaporatör sıcaklıkları donma noktasının (0 C) üstündedir.



7.Havuz Tipi Evaporatörler:

Sıvı akışkanların soğutulmasında kullanılırlar.



8. Sıvı Filmlli Evaporatörler:

İçinden soğutucu akışkanın aktığı serpantin boruların dışından soğutulmak istenen salamura bir film halinde akıtılır.

9. Püskürtmeli Tip Evaporatörler :

Soğutulacak akışkan boruların içerisinden geçilir; soğutucu akışkan sıvısı ise boruların üzerine lülelerden püskürtülerek buharlaştırılır.

DEFROST

, buharlaştırıcının soğutucu akışkan borularından bazılarının iki başını açık bırakmak ve bunların içine y Soğutma sisteminde en soğuk yüzey evaporatör yüzeyidir. Bu yüzden havanın neminden evaporatörün yüzeyinde buzlanma ve/veya karlanma oluşur. Evaporatörün yüzeyindeki karlanmayı veya buzlanmayı önlemek için yapılan eritme işlemine defrost denir. Oda soğutucularında, sıfır derecenin altındaki evaporasyon sıcaklıklarında kar eritme (defrost)sistemi mutlaka bulunmalıdır. . Aksi halde kanat aralarında donan su, kısa sürede hava hareketini azaltarak (hatta tamamen durdurarak) soğutma işleminin devamına engel olur.

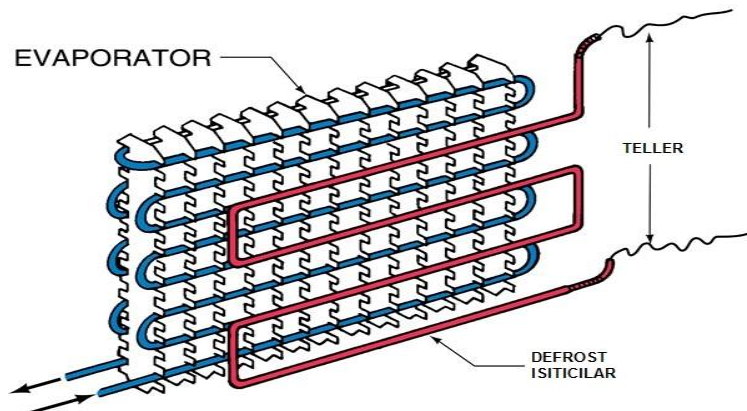
Ne zaman defrost yapılır?

- Buz kalınlığı ölçülerek
- Yüzey sıcaklığı ölçülerek
- Otomatik olarak belirli bir periyotla
- Manüel olarak

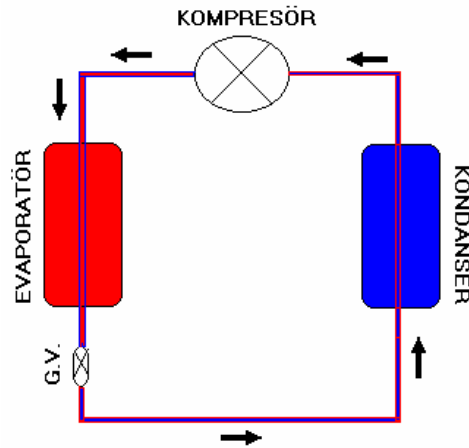
Uygulanan defrost yöntemleri;

1) Elektrikle Defrost Yöntemi :

Evaporatör yüzeyinde serpantin kanatçıkları arasına rezistans yerleştirerek defrost yapılabilir. Defrost yöntemlerinden elektrikle kar eritme en sık rastlanan yöntemdir ve bu alıtımlı boru tipi elektrik rezistanslı ısıtıcılar yerleştirmek suretiyle sağlanır. Defrost işlemi el ile başlayıp durdurulabileceği gibi çoğunlukla otomatik defrost zaman saatleriyle (Defrost timer) kontrol edilir.

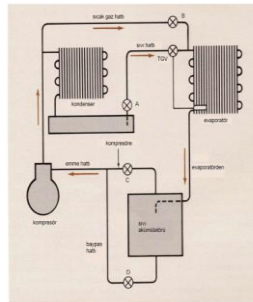


2) Sıcak Gazla Defrost Yöntemi :



Sık uygulanan diğer bir defrost sistemi, basılan sıcak soğutkanın kondanser yerine direkt olarak evaporatöre yönlendirilmesi suretiyle defrost yaptırılması yöntemidir. Bu tarzda, evaporatöre verilen sıcak gazın ısısını burada vererek yoğuşması çok ciddi kompresör hasarlarına neden olabilir. Bu nedenle bazı önlemler almak gerekir; bu önlemlerden en geçerli olanı sisteme yardımcı bir evaporatör konulmasıdır. Evaporatör sayısı fazla olan ve yağla çalıştırılan sistemler de tavsiye edilir. Küçük sistemlerde likit akümülatörlü olarak da uygulanmaktadır

Sıcak gaz baypas defrost sistemi

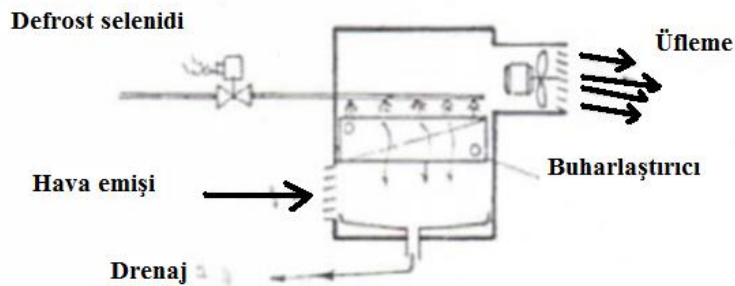


2

Not: Klimada Defrost; Isı pompalı bir cihaz ısıtma konumunda çalışırken özellikle dış ortam sıcaklığının 0°C değerine yaklaştığı şartlarda doğal olarak dış ünite de karlanma gözlenir.

Dış ünite üzerindeki buzun çözülebilmesi için yöntem, dört yollu vana yardımıyla soğutucu akışkanın akış yönünün ters çevrilerek sıcak gazın dış ünite üzerinden geçirilmesidir.

3)Sıcak Su ile Defrost Yöntemi :



İçinde sıcak su olan bir depodan evaporatör yüzeyine sıcak su dökerek buz eritme işlemidir. Su ile defrost yaptırılması da ekonomik ve geçerli bir yöntem olup, defrost yapmak üzere buharlaştırıcıya ılık su püskürtülür. Bu su ve erittiği kar süratle odadan (cihaz tavaasında toplanarak) atılmalıdır. Defrost solenoidielle kumandalı veya defrost saati kumandalı olarak açılıp suya yol verir. Defrost sırasında hava üfleyici fan motoru durdurulur.

4)Sıcak Hava ile Defrost :

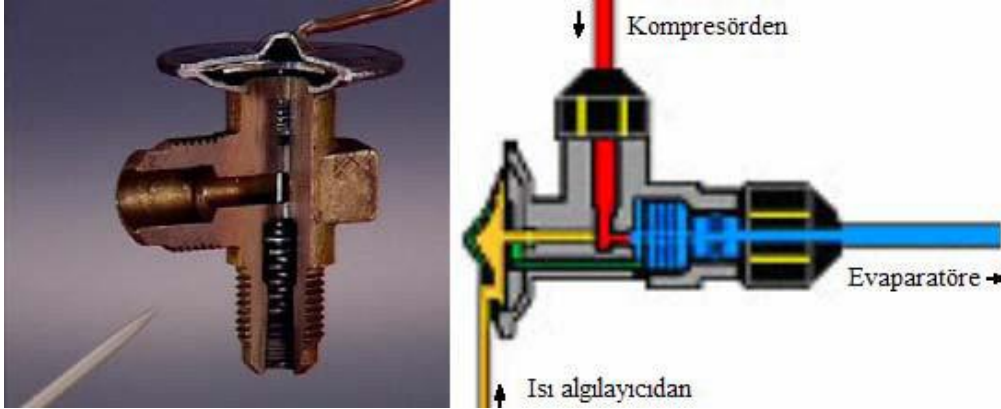
Yüzeylere sıcak hava gönderilerek yapılan bir defrost yöntemidir.

5)Oda Havası ile Defrost :

20°C'in üzerindeki odalarda sistem durdurulur, sadece evaporatör fanları çalıştırılarak, eritme işlemi yapılır.

GENLEŞME(KISILMA VANALARI) VALFLERİ

Kısılma vanaları soğutucu akışkanın basıncını arzu edilen buharlaştırıcı basıncına düşürmeye yarayan elemandır. Endüstriyel ve ticari iklimlendirme ve soğutma alanında kullanılır. Genişleme işlemi yaklaşık sabit entalpide gerçekleşir. Basınç düşümü ile düşük sıcaklıklara düşülür. Genişleme valfleri basınç düşürücü elemanlardır. Genleşme valflerinden verimli bir şekilde faydalanabilmek için , sistem yabancı maddelerden , aşırı nemden ve korozyondan korunmalıdır. Valfi bu gibi etkilerden korumak için sisteme pislik tutucu , filtre ve kurutucu eklenmelidir.

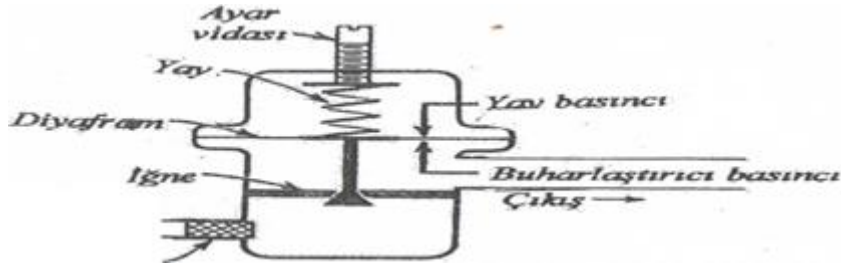


Genleşme Valfleri

Genleşme Valfi Çeşitleri :

1. Otomatik Genişleme Valfleri:

Şekil de bir otomatik genişleme valfinin şeması görülmektedir. Soğutucu akışkan valfide po basıncına genişledikten sonra buharlaştırıcıya geçecektir. po basıncı ayar edilebilir bir yayın gerilimi altında bulunan bir diyaframa tesir etmektedir. Buharlaştırıcıda po basıncı düşünce, diyaframın aşağı doğru hareketi, valfteki iğnenin açılmasını ve buharlaştırıcıya daha fazla soğutucu akışkanın, gelmesini sağlar

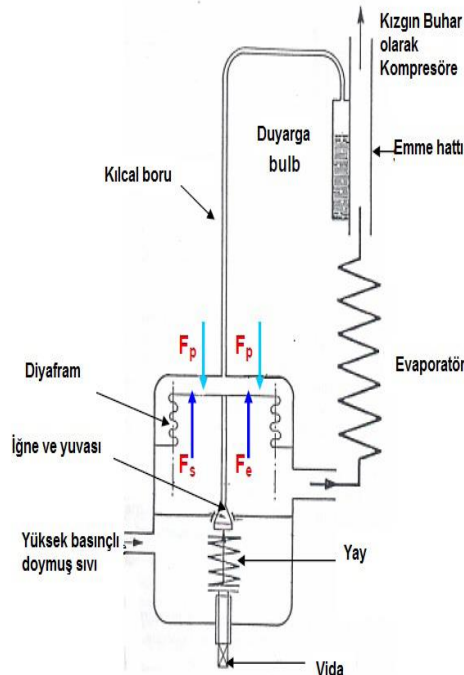


Şekil 3.28 : Otomatik genişleme valfi şeması

Ayar vidasıyla üst yayın gerilimi değiştirilerek istenen P_o basıncı elde edilebilir. Bu tip genişleme valfleri sadece ayar edilelen belirli bir buharlaşma basıncını sabit tuttuğundan büyük tesisler için uygun değildir. Soğutma yükünde ani değişiklikler meydana geldiği zaman otomatik genişleme valfi ters çalışır. Ani soğutma yükü buharlaştırıcıda sıcaklığın ve basıncın yükselmesine sebep olur. Bu durumda genişleme valfi kapanarak buharlaştırıcıya gereken soğutucu akışkanın gelmesini önler. Bunu önlemek için ayar vidası elle müdahale edilerek gevşetilir ve üst yayın gerilimi azaltılır.

2. Termostatik Genişleme Valfleri.

Hassas tip bir genişleme valfidir. Soğutucu akışkan akışını ve buharlaşmayı hassas bir şekilde kontrol eder. İçten ve dıştan dengelemeli olmak üzere iki tipi mevcuttur. Otomatik genişleme valfine göre basınç ayarı ve akışkan miktarını daha hassas yapmaktadır.



Termostatik genişleme valfleri, evaporatör içine likit haldeki soğutucunun girişini ayarlar. Püskürtme işlemi soğutucunun kızgınlığı ile kontrol edilir.

Termostatik genişleme valfi ayar kabiliyeti bakımından otomatik genişleme valfine göre daha üstündür. Soğutma yükündeki artışa göre soğutucu akışkanın debisini devamlı olarak ayarlamak mümkün olur. Ayrıca termostatik valfide kızma derecesini ayarlayarak buharlaştırıcı çıkışında soğutucu akışkanın bir miktar kızdırılması sağlanabilir.

Çok düşük kızma derecesinde, kompresör durduğu zaman genişleme valfinin tam kapanması güçleşebilir. Bu durumda sisteme genişleme valfinden önce bir manyetik valf monte etmek gerekir. Kompresörü tahrik eden elektrik motorunun akımı kesilince, manyetik valf de kapanır.

Termostatik genişleme valfleri basınç dengeleme şekline göre,

- İçten Dengelemeli Termostatik Genleşme Valfi : Bu tip valflerde, valf çıkış basıncı, gövde içindeki bir kanal vasıtasıyla termostatik elementin diyaframının altına iletilir. İçten dengeli valfler, evaporatördeki basınç kaybına karşılık gelen sıcaklık düşümü 1 K geçmediği, bir kompresör-bir evaporatörlü soğutma sistemlerinde kullanılırlar.
- Dıştan Dengelemeli Termostatik Genleşme Valfi : Evaporatör ve/veya distribütördeki basınç kaybının yüksek olduğu soğutma sistemlerinde, performansı arttırmak için dıştan dengeli valfler kullanılırlar. Evaporatör çıkışındaki basınç dış denge hattı vasıtasıyla, termostatik elementin diyaframının hemen altına iletilir.

3. Kılcal Borulu Genleşme Valfi :

Yoğuşturucu ile buharlaştırıcı arasına yerleştirilmiş iç çapı ve uzunluğu soğutma sisteminin kapasitesine göre seçilmiş olup, çoğunlukla çapı 0.5 ile 2.16 mm arasında değişen çok küçük çaplı bir boru kısmıdır. İç çapı çok küçük olduğu için kılcal boru denir. Küçük soğutma yüklerine (10 kW yüklerinden aşağı) sahip cihazlar olarak paket tipi ve ev tipi buzdolaplarında kullanılır.

Avantajları :

Basit, kolayca imal edilen ve ucuzdurlar.

Soğutucu akışkan miktarını az göndererek kontrol eder, sıvı deposuna ihtiyaç olmaz.

Soğutma sistemi durduğunda basınç, çevrim boyunca her yerde aynıdır.



Şekil 3.29 Kılcal Borulu Genleşme Valfi

4. Şamandıralı Valfler:

Sıvı taşımalı tip buharlaştırıcıların sıvı soğutucu akışkanla beslenmesi ve belirli sıvı seviyesinin muhafaza edilmesi için kullanılan bu valfler, buharlaştırıcının giriş tarafına konur. Alçak basınç ve yüksek basınç olmak üzere 2 tipi mevcuttur.

5. Elektronik Genleşme Valfi :

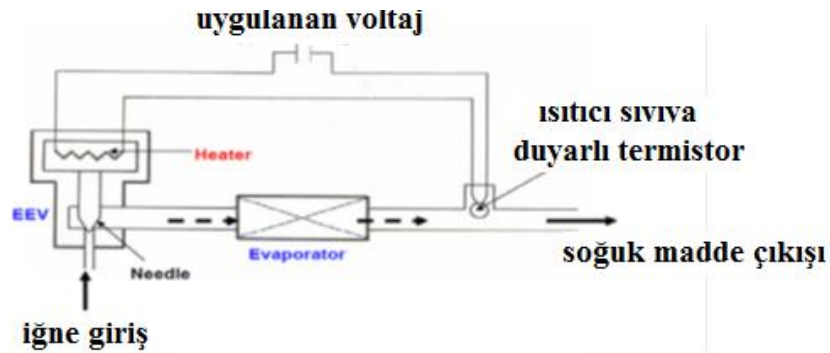
Günümüzde, bu tip genleşme valfleri yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Elektronik genleşme valflerini,

a-) Isı-motor kontrollü

b-) Elektromagnetik modülasyonlu

c-) Pulse(darbe) modülasyonlu(on-off)

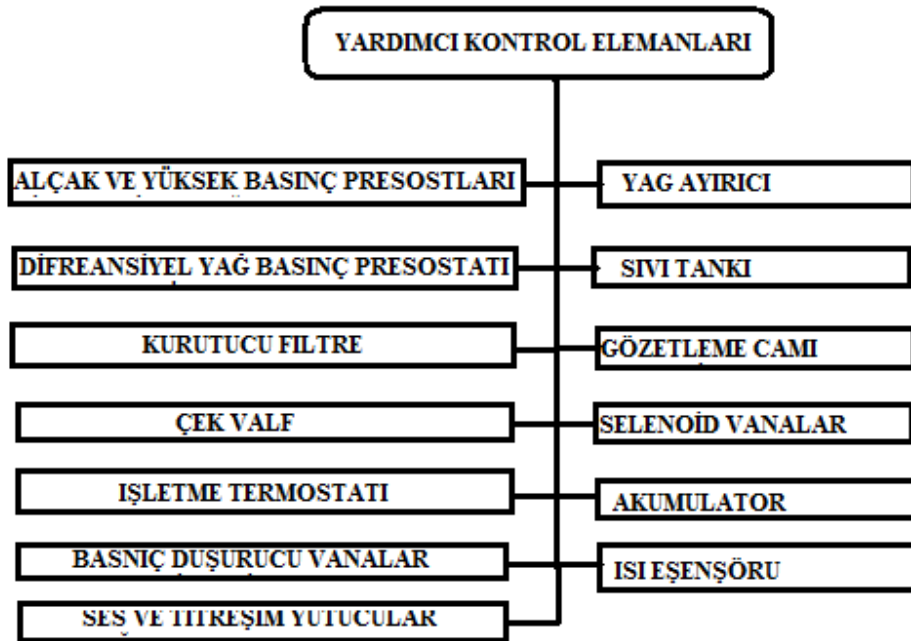
d-) Adım-motor kontrollü olmak üzere kontrol tiplerine göre 4 şekilde sınıflandırabiliriz



Elektronik genleşme valfleri

SOĞUTMA SİSTEMİNDE YARDIMCI KONTROL ELEMANLARI

Sistemin düzenli ve güvenli olarak çalışması için ana elamanlar dışında kullanılan elamanlardır. Sistem ve çalışma durumuna göre yardımcı elamanlar kullanılır veya kullanılmazlar.



1. Manometre :

Soğutmacılıkta kullanılan manometreler çoğunlukla “yüksek basınç tarafı ” (0 atm ile 20 atm arası taksimatlı), kompresörden sonra ve “alçak basınç tarafı” (760 mmHg vakum ile 10 atm), kompresörden önce olarak iki adet kullanılır.



Manometre

2. Termometre :

Cıvalı, alkollü termometreler en ucuz ve basit sıcaklık ölçü cihazlarıdır. Kompresörden önce ve sonra olmak üzere iki adet kullanılır. Günümüzde dijital göstergeli termometreler kullanılmaktadır.



Termometre

3. Alçak ve Yüksek Basınç Presostatı :

Soğutma sistemindeki alçak basınç (emme) hattındaki ve yüksek basınç (basma) hattındaki basınçları çalışma sırasında sürekli kontrol eder, belirlenen alçak ve yüksek basınç değerlerinin dışına çıkılmasına engel olmak için kompresörü durdurur.

Kompresörün emme ve basma tarafındaki alçak ve yüksek basınçların, istenilen alt ve üst sınırların dışına çıkmasını önleyerek daima emniyet sınırları içinde kalmasını temin eder. Normal çalışma esnasında kontaklar kapalıdır ve akım geçer. İmalatçı firma tarafından ayarlanmış olan alt ve üst basınç sınırları dışına çıktığı zaman, alçak-yüksek basınç presostatı, kompresör Elektrik motorunu durdurur.

Alçak ve yüksek basınç presostatları beraber veya ayrı ayrı uygulanabilirler.



Basınç dengeleyiciler

4. Diferansiyel Yağ basıncı Preosastatı :

Kompresör yağlama yağı basıncını kontrol eder. Kompresörde gerekli yağ basıncı olmadığında, belli bir süre sonra (90 saniye) kompresör motorunu durdurur. Yağ sarfı ve ilgili diğer bakımlar yapıldıktan sonra, reset kontağına basılıp normal çalışma düzenine geçilir.

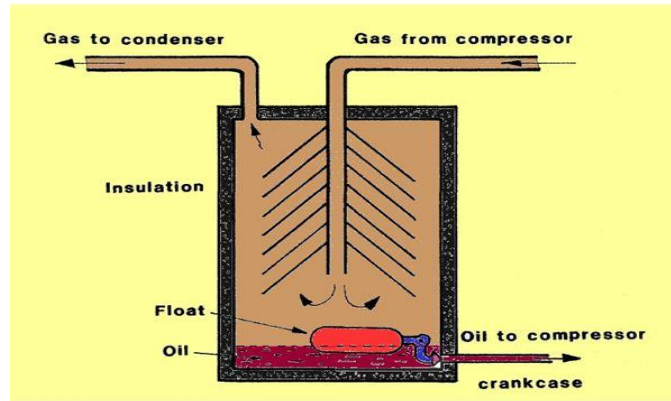


Yağ basınç preosastı

5. Yağ Ayırıcı :

Yağ ayırıcının görevi sistemde dolaşmakta olan yağ miktarını azaltmak ve dolayısıyla sistemin verimini artırmaktır.

Yağ ayırıcıların genel kullanım amacı yağlı deşarj gazlarını ayırmak ve Yağın kompresör karterine düzenli ve doğru bir şekilde geri dönüşümünü sağlamak. Bununla birlikte yüksek bir yağ sıcaklığı oluşturup soğutucu akışkan gaz migrasyonunu önlemek ve yağ içindeki soğutucu akışkanın ayrılması ve gazın alınmasını sağlama amaçlı kullanılmaktadır.



Yağ ayırıcının kullanılmasında karşılaşılan en önemli sorun ; kompresörün durduğu zaman süreci içerisinde , yağ arıcıda yoğunlaşarak , kompresör karterine sıvı halde giren soğutucu akışkanın, kompresörün tekrar ilk çalışmaya başlaması sırasında sıvı basması, sıvı taşması ile olaylara neden olabilmesidir.

6. Sıvı Tankı :

Kondenserden sıvı haline gelmiş soğutucu akışkanı tahliye etmek, kondenseri rahatlatmak, bakım ve onarım durumunda sıvıya depo görevi gören tanktır. Kondenserden sonra yer alır ve tüm sıvıyı (soğutucu akışkanı) alacak büyüklüktedir.

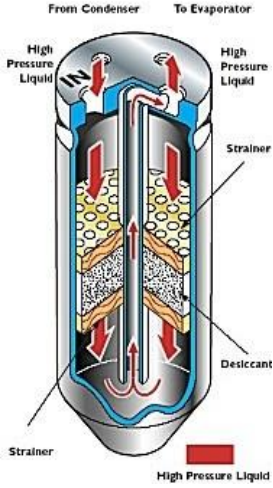
Likit tankları sistemde meydana gelen dalgalanmaların karşılanmasında, genel anlamda sistemin yüksek basınç tarafında, sıvı ile sıcak gaz arasında bir yastık/tampon vazifesi görmek, evaporatöre sıcak gazın gitmesini önlemek amacıyla kullanılır bununla birlikte sistem içerisindeki likit'in dinlenmesini sağlamaktadır.



Sıvı tankı

7. Kurutucu Filtre :

Montaj sırasında soğutucu akışkan devrelerinde kalan nemin, alçak sıcaklıklarda buzlaşarak doğuracağı tıkanıklıkları ve korozyon etkisini önlemek amacıyla sıvı devresi üzerine konulur. Kurutucuların, ayrıca soğutucu akışkan devresi üzerindeki yabancı maddeleri süzme (filtraj), özelliği de vardır.



Kurutucu filtreler

Soğutma sisteminin iç temizliğine bağlıdır. Sistemin içinde sadece kuru ve temiz soğutucu akışkan ile kuru ve temiz yağ dolaşmalıdır. Akışkanın içine gerek sisteme doldurmadan önce ve gerekse sistemin diğer elemanlarından bir miktar su karışabilir. Bu su kılcal borunun evaporatöre giriş yerinde donarak sistemi tıkar ve soğutmayı önler. İçindeki toz ve küçük parçacıklar da tıkama yapabilirler. Sistem içine su ve tozların girmesini önlemek hemen hemen mümkün değildir. Bunlardan başka soğutucu akışkan içinde bazı asitler de bulunabilir.

Kondenser çıkışına konulan kurutucu ve süzgecin (drayer ve süzgeç) görevi su ve asitleri emerek tutmak küçük katı maddeleri de (toz vs.) süzmektir.

Kurutucu ve süzgeç (drayer ve süzgeç) şu kısımlardan ibarettir:

- 1) Bakır borudan gövde, kondenser içindeki basıncı mukavim olarak yapılmıştır. Her iki ucunda boruların girebileceği delikler vardır
- 2) Ufak katı maddeleri tutabilecek ince tülbent delikli tel boruya doğru gelecek şekilde takılır.
- 3) Nem emici madde özel surette yapılmış olan madde 4 – 5 mm emme özelliğinden başka soğutucu akışkan içinde bulunabilecek asitleri de emerek tutma özelliği de vardır.

8. Gözetleme Camı :

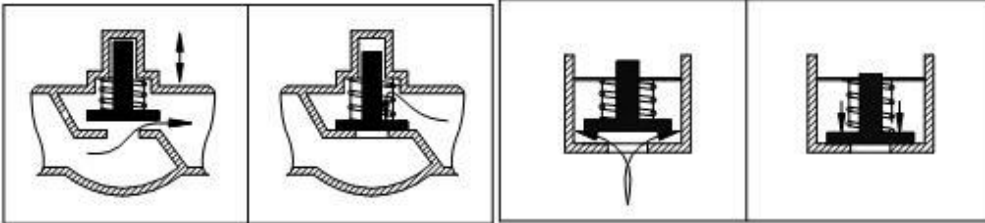
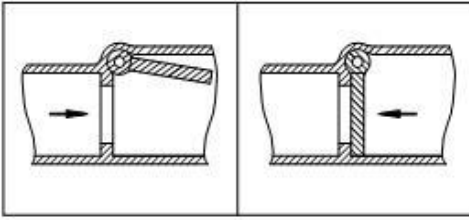
Büyük sistemlerde bulunur. Kondenser çıkışında ve filtreden hemen sonra konur. Soğutucu akışkanın doymuş sıvı olup olmadığını gözetlemek ve sıvı seviyesini görmek için kullanılır. Sistemdeki nem hakkında da bilgi verir.

Soğumanın akis statüsünü gözlemleyebilmek ve soğutma sisteminin nem içeriğini kontrol edebilmek amacıyla hazırlanmıştır. Kondenserin görevini yapıp yapmadığı kontrol edilir.



9. Çek Valf :

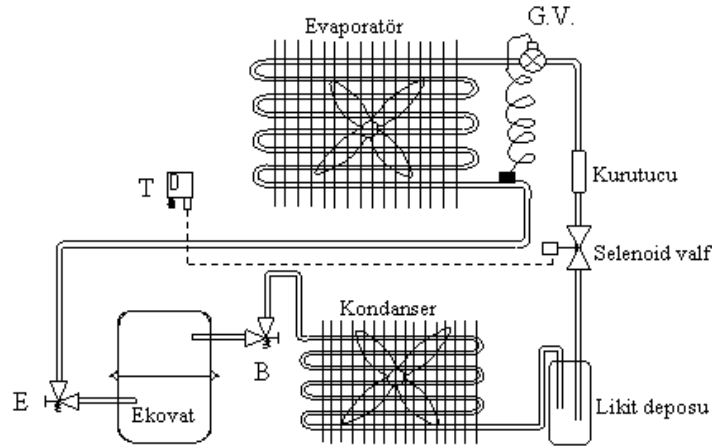
Sıvının veya gazın yalnızca tek bir yönde akmasını sağlamak için tasarlanmıştır. Çek valf , normal yöndeki akış sırasında valfin giriş ve çıkış ağzları arasında meydana gelen basınç farkı ile açılır. Bu basınç azaldığında veya çıkış tarafındaki giriş tarafına nazaran arttığında kapanır.



Çek valfler

10. Selenoid Valfler :

Elektrik akımıyla kumanda edilen bir açma - kapama valfidir. Tesisin fonksiyonuna veya çalışma amacına göre soğutucu akışkan sıvı veya gaz devreleri üzerine monte edilir ve termostat veya presostat tan alacağı ikaza göre sıvı veya gaz devresini açar veyahut kapatır. Genellikle elektrik akımı kesildiği zaman solenoid valf kapalıdır. Genişleme vanasından önce kullanılır. Kompresöre bağlıdır. Kompresör durduğunda kapanarak akışı engeller.



Selenoid Vana

11. İşletme Termostatu:

Soğutulacak hacim, soğutulacak akışkan veya buharlaştırıcı gibi kısımların sıcaklıklarının belirli değerler arasında kalmasını sağlayan kontrol cihazlarıdır.

Tesisin değişen soğutma yükü ihtiyacını, solenoid valfe ikaz vererek soğutucu; ısıl gücünü ayarlar. «on-off» tipi olan termostatlar su veya salamura soğutucularında giriş devresi üzerine monte edilir, hava soğutucularında ise (oda termostatu) soğuk odanın uygun bir yerine yerleştirilir.



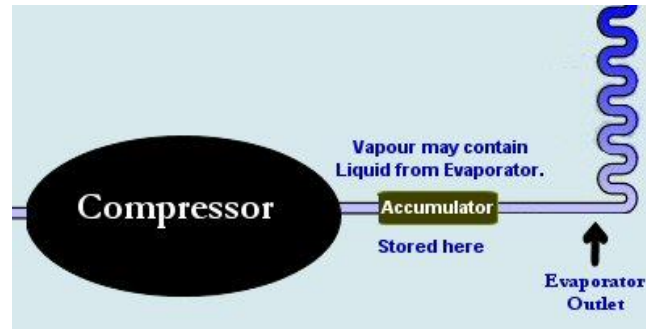
İşletme Termostatu

Termik genişleme valfında olduğu gibi termostatin hassa olan ucu (kuyruk) soğutma devresinin sıcaklığı kontrol edilecek kısmına tesbit edilir. Ayar edilen sıcaklığa göre elektrik devresi açılıp kapanarak kompresörü tahrik eden elektrik motoruna veya magnetik valfa kumanda edilir.

Termostat esas olarak hassas uç, kapiler boru ve esnek bükümlü borudan meydana gelmiştir. İstenen sıcaklık ayarına göre bir kutuplu değişken kontak üzerinden elektrik devreye kumanda yapılır. Hassas uçta sıcaklık yükselmesi ile kapiler boru ve esnek bükümlü boru üzerinden ona pim yay ile denge oluncaya kadar yukarıya hareket eder.

12. Akümülatör:

Kompresörden önce konur, kompresöre sıvı kaçışını engeller.



13. Basınç Düşürücü Vanalar :

Basınç regülatörleri olup basıncı dengelemeye yararlar.



Basınç düşürücü vana

14. Basınç Regülatörleri :

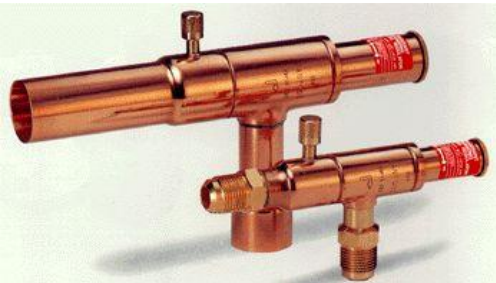
Buharlaştırıcı basınç regülatörü , buharlaştırıcı çıkışında, yoğuşturucu basınç regülatörü kondenserden sonra sıvı hattı üzerine konur



Basınç Regülatörü

15. Isı Eşanjörleri :

Aşırı kızdırma ve aşırı soğutma yaparak sistem verimi artırılır.

**16. Susturucular :**

Susturucular kompresörün basma hattındaki ses ve titreşimi engellemek için tasarlanmıştır

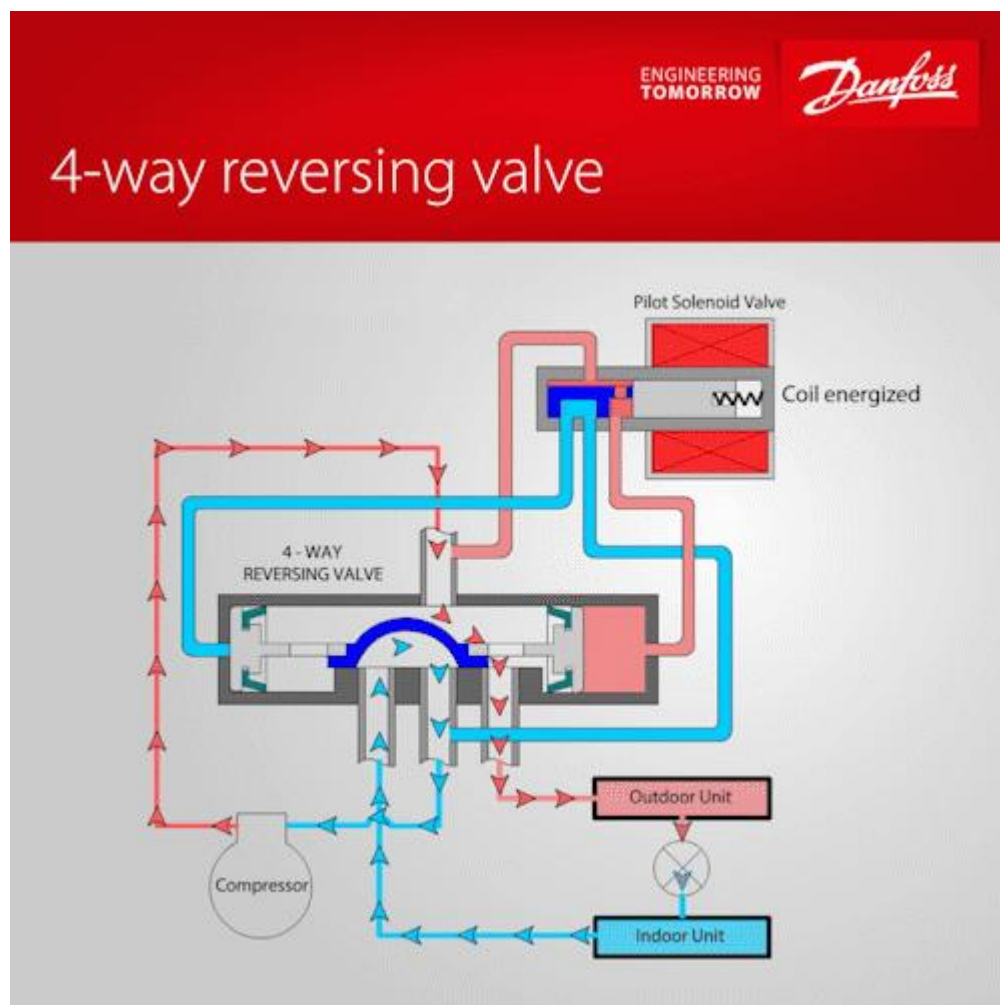
Ürün içerisinde bulunan delikli odacıklar sayesinde, pistonlu kompresörlerden kaynaklı oluşan sesler, odacıklar içerisinde çarpışmalarla birlikte minimum seviyeye düşmektedir.

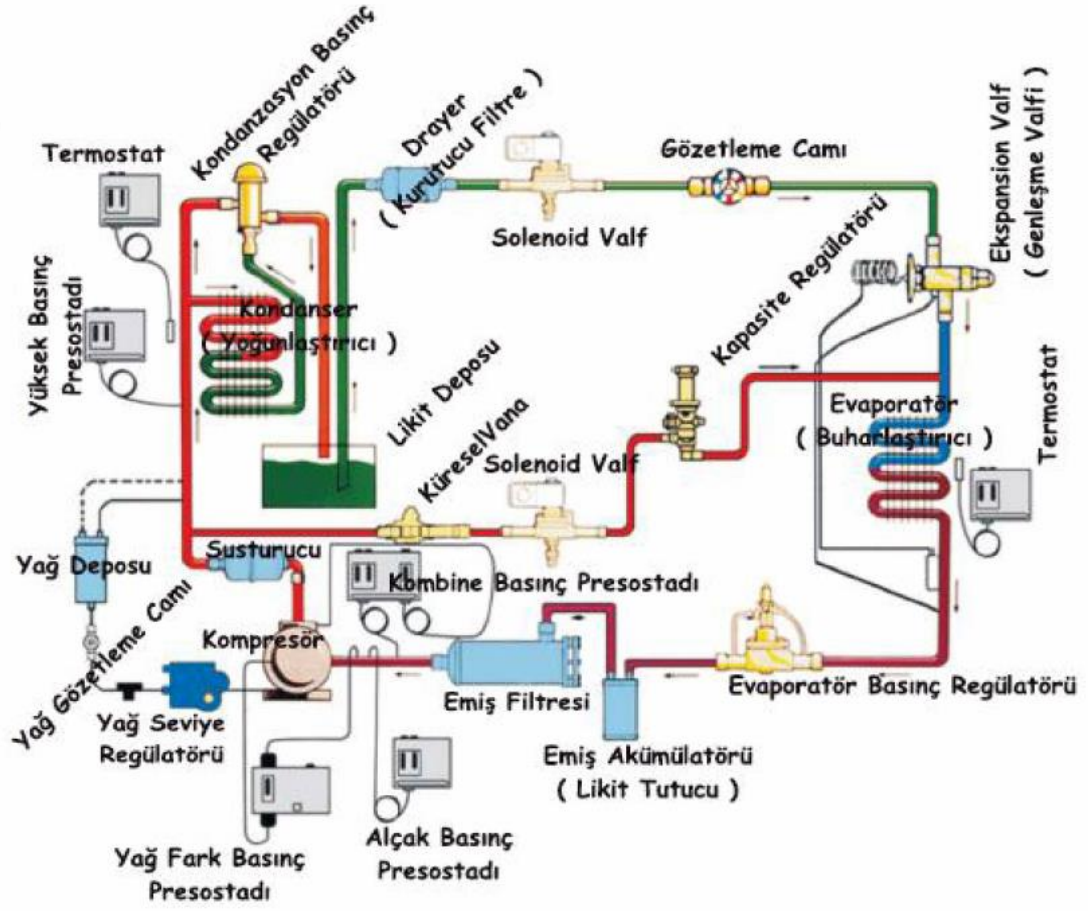


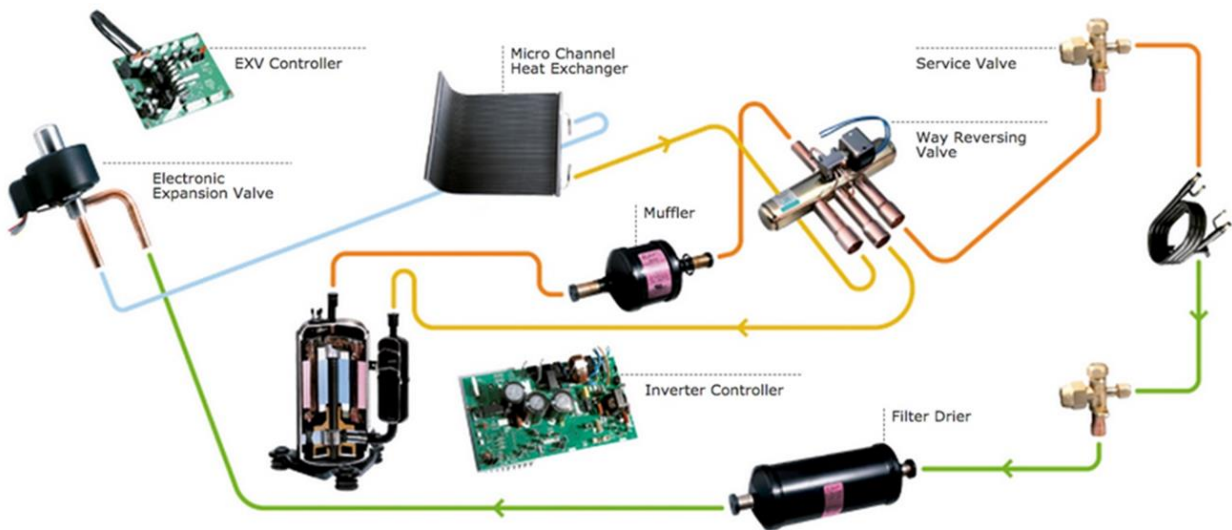
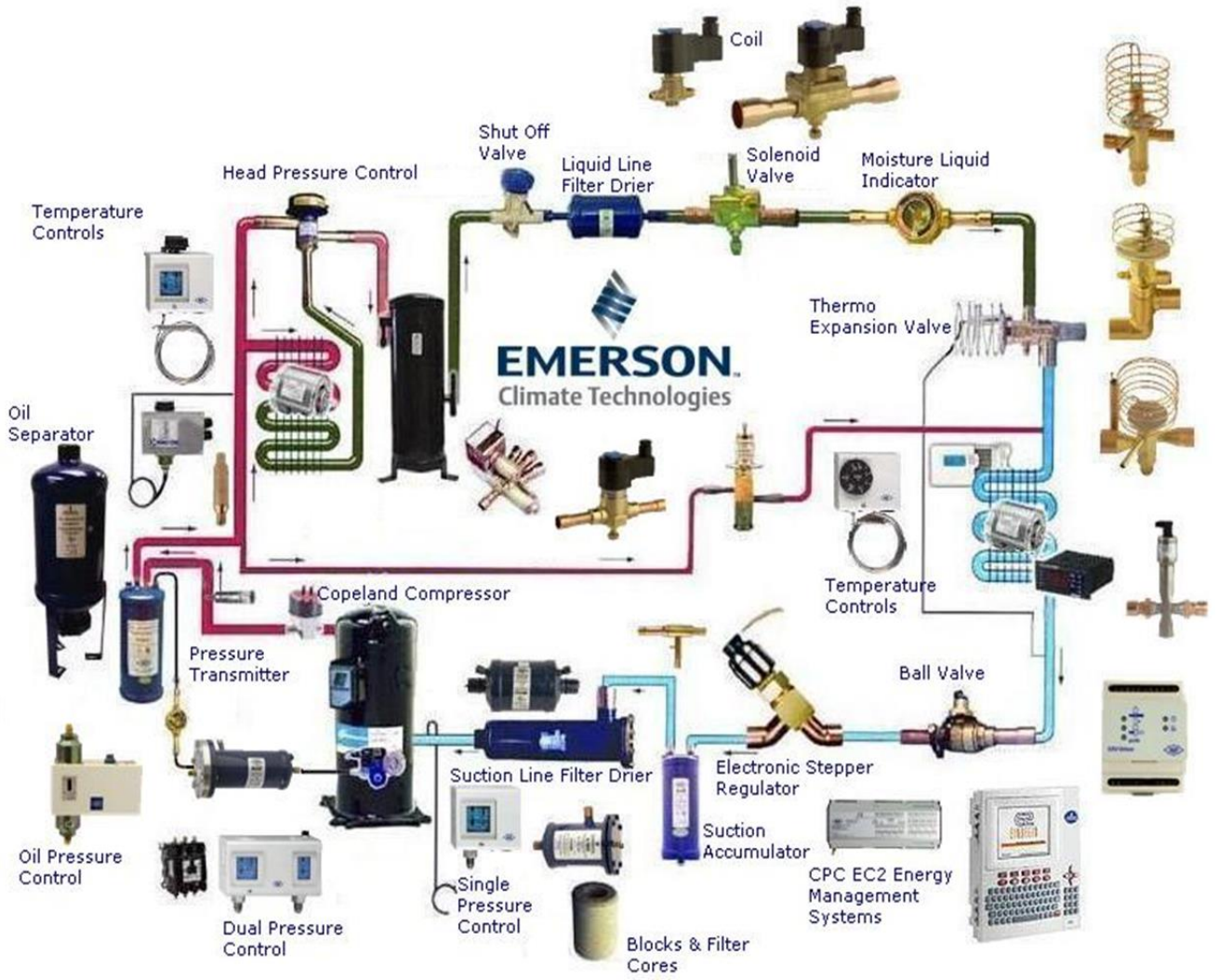
17. Dört Yollu Vana:

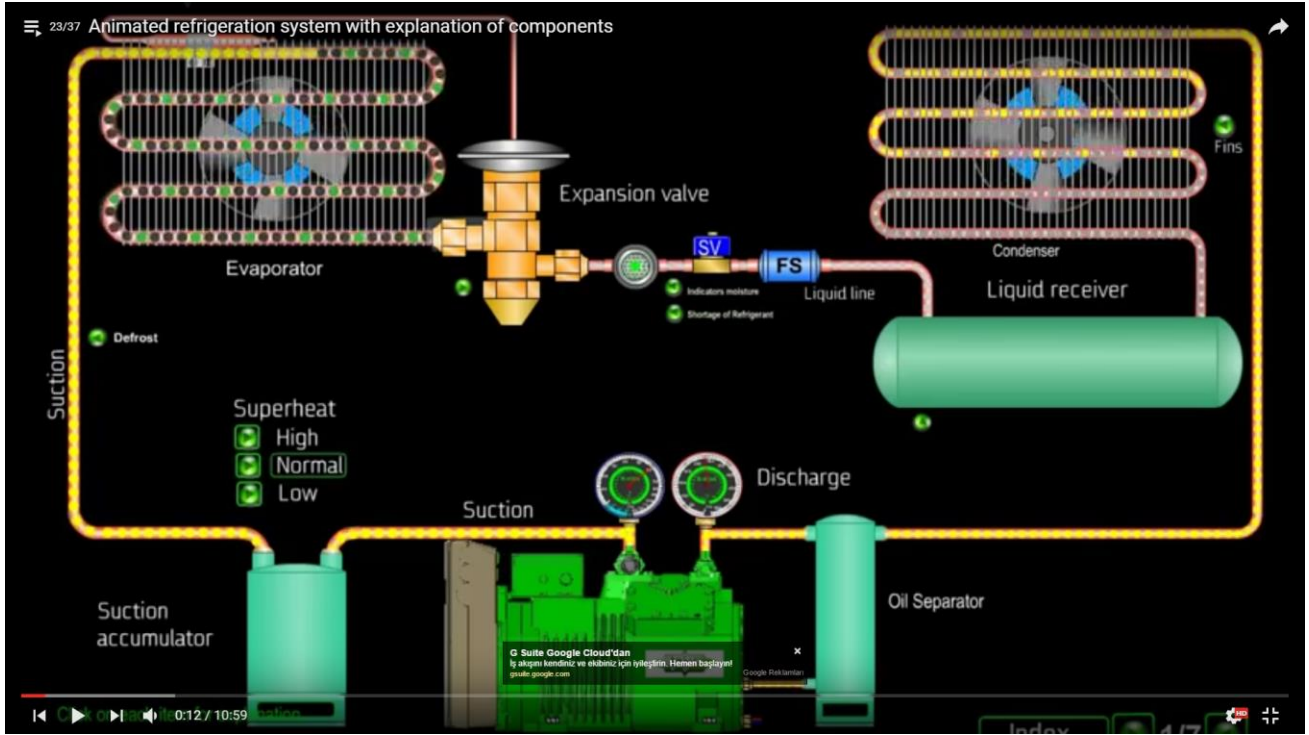
Isı pompalarında akış yönünü değiştirebilen elemanlardır. Isıtma konumundan soğutma konumuna veya tersine geçiş yaptırır. Split klimaların hepsinde vardır.











BÖLÜM 4

SOĞUK DEPOCULUK

4.1. SOĞUK DEPOLAR

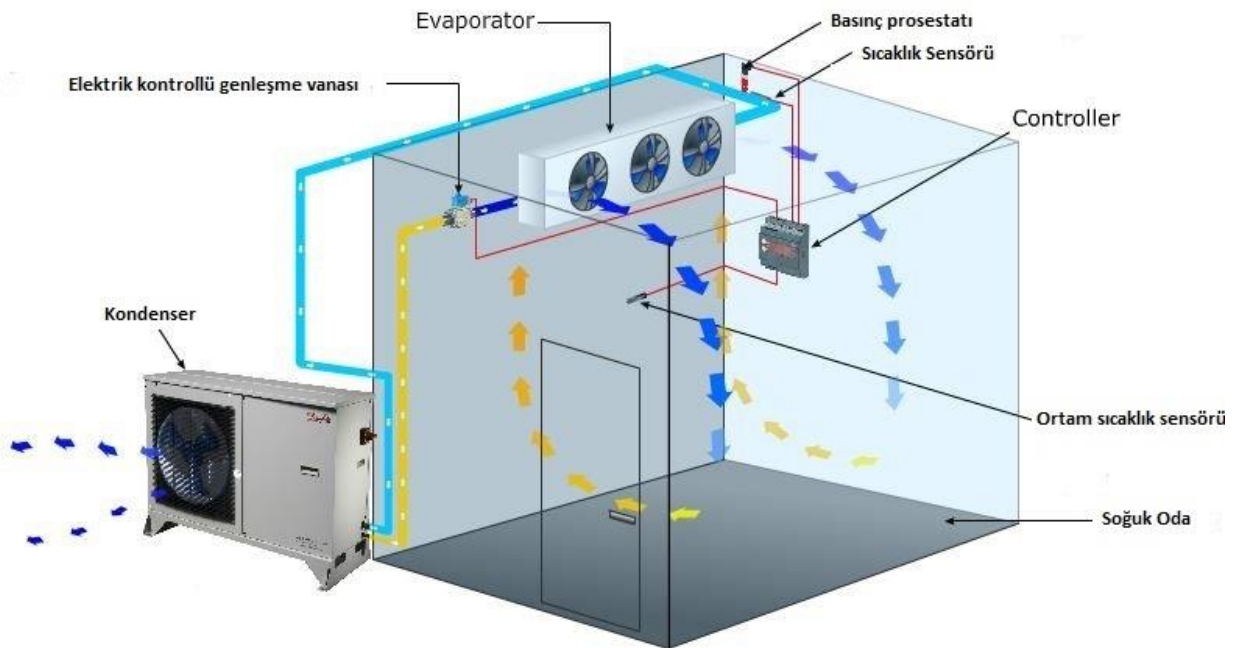
İnsanlığın besin ihtiyacı için üretilen gıda maddelerinin bozulmadan ve çürümeden pazarlanması, nakli ve gerektiğinde tüketime kadar muhafazası için öteden beri bazı tedbirlere başvurulmuş ve bazı usuller geliştirilmiştir. Bu yöntemler yüksek sıcaklık uygulaması, kurutma, salamura içinde muhafaza ve soğutma yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Soğutma yöntemi, gıda maddelerinin soğuk depolarda belirli bir sıcaklık ve nemde gıda maddelerinin taze görünümü ile koku, lezzet ve vitamin değerlerinin doğadakine en yakın bir seviyede muhafaza edecek şekilde uygulanır. Soğuk depoculukta muhafaza yöntemleri iki genel bölüme ayrılabiliriz;

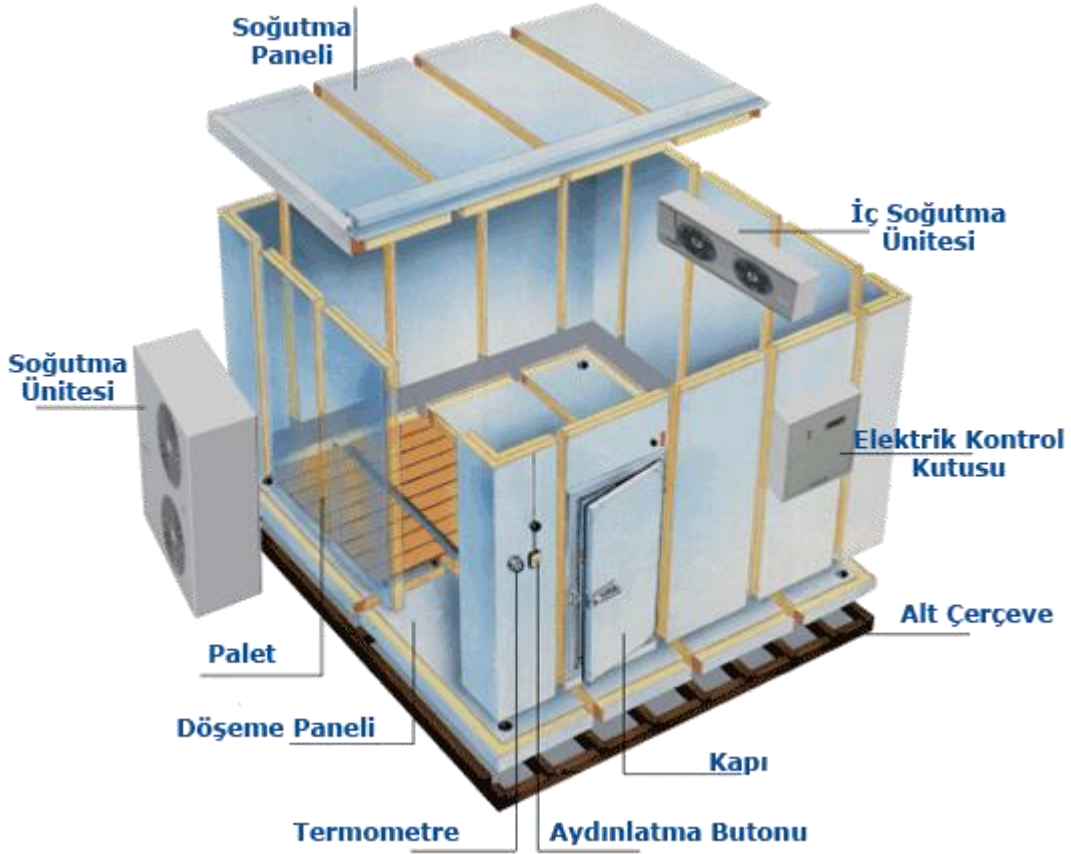
- 1) Soğuk muhafaza
- 2) Donmuş muhafaza





<https://www.teknoteksogutma.com/proje-resimleri/>

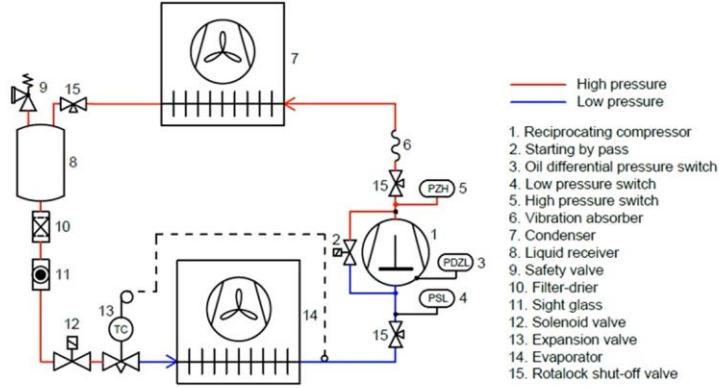




<https://pandasogutma.com/soguk-hava-deposu-nedir/>



REFRIGERATING CIRCUIT FOR COLD ROOM



Complete condensing unit

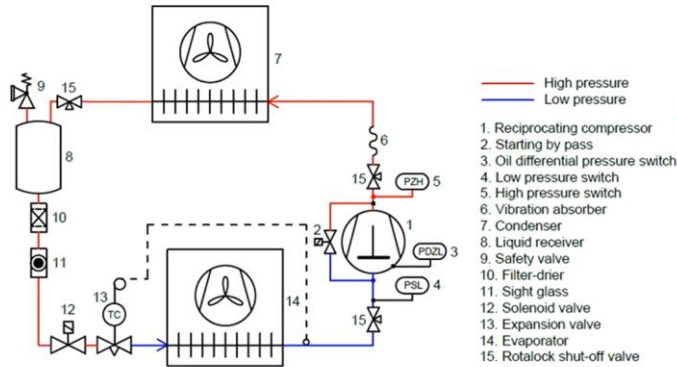
14

12

13



REFRIGERATING CIRCUIT FOR COLD ROOM



4.1.1. Soğuk Muhafaza

Kısa , uzun süreli ve geçici depolama için ürün donma noktasının üzerindeki sıcaklıklarda soğuk muhafaza yöntemi ile depolanır. Bu depolama yöntemi genellikle ürünün devamlı kullanıldığı perakende satış yapan kuruluşlarda kullanılır. Ürüne bağlı olarak kısa süreli depolama periyotları 1 ile 2 günde bazı durumlarda 1 hafta bazen de 15 günden fazla olabilir. Depolanacak ürünün tipine göre farklı sürelerde olabilirler. Uzun süreli depolama periyodu, olgun domates için 7 ila 10 , elma ve soğan gibi dayanıklı ürünler için 6 veya 8 haftadan daha fazladır.

Soğuk muhafaza yönteminde ürün, önce 0-10 °C sıcaklığındaki bir odada ön soğutma işlemine tabi tutulduktan sonra , 0 °C civarındaki bir soğuk muhafaza odasında depolanır (Hasat-Ön Soğutma-Soğuk Muhafaza-Pazara).

4.1.2. Donmuş Muhafaza (Hasattan-Ön Soğutma-Şoklama-Donmuş Muhafaza-Pazara).

Uzun süreli muhafaza için uygulanan bu yöntem, hasattan gelen ürün , önce 0-10 °C sıcaklığındaki bir odada ön soğutma işlemine tabi tutulduktan sonra , sıcaklığı -35 °C sıcaklığındaki şoklama tünellerinde dondurulur ve sıcaklığı -12 ile -25 °C arasında değişen donmuş muhafaza odasında depolanır.

Donmuş muhafaza yönteminde, ön soğutma işlemine gerek duyulmasının sebebi, hasattan gelen ürün sıcaklığı ile şok tünelin sıcaklığı arasındaki farkın çok büyük olmasındaki kaynaklanmaktadır. Gıda maddelerinde meydana gelen aşırı sıcaklık değişimleri iç yapının bozulmasına neden olur.

4.1.2.1. Ön Soğutma

Ön soğutma, hasat edilen gıda maddelerinin soğuk depoya konulmadan önce, bahçe ve güneş sıcaklığından kaynaklanan ısının alınarak soğutulmasıdır. Ürünlerde ön soğutma işlemi uygulanması, sıcaklığı kademeli olarak düşürerek, ani sıcaklık düşümünden kaynaklanana iç yapının bozulmasını engeller, ürünlerin soğuk depoda muhafaza süresini uzatır ve soğuk muhafaza ve şoklama odasının soğutma yükünü önemli ölçüde azaltarak kuruluş ve işletme maliyetinin düşürülmesini sağlar.

Ön soğutma işlemi, genellikle ürünün üzerine hava üflenmesiyle gerçekleşir. Eğer hava ile soğutmada su kaybının artması nedeniyle solma görülürse , sulu soğutma sistemi uygulanır.

Şoklama

Gıda maddelerinin düşük sıcaklıkta hızlı dondurulmaları gerekir. Çünkü hızlı soğumada küçük kristalli buz oluşur ve böylece gıda maddelerinin dokusu korunmuş olur. Hızlı olmayan soğutmada oluşan buz kristalleri çok iri olduğu için gıda maddelerinin dokusunu korumak imkansız olur.

Dondurulan gıda maddelerinin bozulmadan uzun süre kalabilmesi doğrudan doğruya başlangıçtaki donma hızına bağlıdır. Gıda maddelerini olumsuz yönde etkileyen bakterilerin üremesi normal sıcaklıkta artar. Buna düşük sıcaklıkta engel olmak mümkün ve – 35 °C sıcaklıkta bu bakterilerin olumsuz etkileri ve üremeleri tamamen önlenir.

Gıda maddelerinin korunabilirliği, başlangıçtaki donma hızına bağlı olduğu kabul etmek de bir yerde yanıltıcı olabilir. Gıda maddelerinin korunabilirliğinde soğutma yöntemi gibi belirleyici nitelikte bazı dış etkenleri de göz önünde bulundurmak gerekir.

Şoklama Metotları

Bir gıdanın dondurulması, gıdadaki ısı enerjisinin bir soğutucuya aktarılarak uzaklaştırılması suretiyle sağlanır. Soğutucu ; gaz, sıvı veya katı halde bulunabilir.

Soğutucu gaz olarak genellikle bir soğutma ekipmanının evaporatörü yardımıyla soğutulan soğuk hava kullanılır. Bu tip soğutma yöntemine ‘‘ soğuk hava ile dondurma ‘‘ denir.

Şoklama dört grup altında toplanabilir;

- Daldırma metodu
- Değdirme (indirekt temas) metodu
- Kriyojenik dondurma
- Hava ile dondurma
 - Durgun hava ile dondurma
 - Hava akımı ile dondurma

4.1.2.2.1 Daldırma Metodu

Bu yöntemde dondurulacak ürün ambalajlanmış veya ambalajlanmamış olarak, düşük derecelere kadar soğutulmuş uygun bir sıvıya daldırılmakta veya bu sıvı ürün üzerine püskürtülmelidir. Ürünün ambalajlı olması durumunda soğutucu ile soğutulan arasında bir engel (ambalaj materyali) bulunduğundan, bu tip daldırarak dondurma uygulamaları bazılarında indirekt temas metodu olarak kabul edilmektedir.

Ambalajsız gıdaların daldırılarak dondurulmasında, gıda maddesi ile sıvı soğutucu akışkan arasında çok iyi bir ısı transferi sağlanmakta ve böylece hızlı bir donma gerçekleşmektedir. Buna ek olarak daldırarak dondurmanın diğer bazı olumlu yönleri de vardır. Her şeyden önce belirgin bir şekli olmayan birçok ürünün bu yolla başarı ile dondurulması olanaklıdır. Ayrıca parçacık halindeki ürünler bu yöntemle bireysel olarak dondurulabilmektedir. Örneğin, soğuk şeker şurubuna daldırılarak dondurulan meyveler ince bir şurup filmiyle kaplanarak tek tek donduklarından bunlar depolamada, renk ve aromalarını daha iyi korumakta ve oksidatif değişimlere uğramamaktadırlar. Ayrıca soğuk hava akımında dondurmada olduğu gibi, hava ile sürekli bir şekilde temas söz konusu olmadığından özellikle oksidasyona duyarlı ürünlerde daha iyi sonuç alınmaktadır.

Daldırarak dondurmada kullanılacak soğutucu akışkanların sayısı sınırlıdır. Bunun nedeni ise, kullanılacak soğutucu akışkanlarda aranan bazı özelliklerden kaynaklanmaktadır. Öncelikle bu amaçla kullanılacak sıvının düşük derecelerde dahi donmaması gerekir. Gıda ile doğrudan temas eden yani ambalajlanmamış ürünlerde kullanılacak soğutucu akışkanların ise ayrıca; toksik etkili olmaması, yabancı renk, koku ve tat içermemesi, gıdanın rengini değiştirici etkide bulunmaması ve nihayet uygulama sırasında bileşiminin değişmemesi ve hijyenik kalması istenir.

Daldırarak dondurmada kullanılan soğutucu akışkanlardan yaygın kullanım olanağı bulanlar, salamura (tuz çözeltisi), şeker şurubu ve gliserol çözeltileridir. Düşük bir donma derecesine ulaşabilmek için bu çözeltilerin yeterli bir konsantrasyonda olması gerekir. Örneğin salamura ile en çok -21°C 'ye kadar inmek olanaklıdır. Nitekim % 23 tuz içeren bir salamuranın ötektik noktası -21°C 'dir. Aynı şekilde şekerle de en çok -21°C 'ye inilebilmektedir. Sakaroz çözeltisinin % 62 konsantrasyonda ötektik noktası -21°C dir. Meyvelerin dondurulmasında kullanılabilen gliserol'un sudaki: %67'lik çözeltisi ile, -47°C 'ye kadar inilebilmekteyse de, propilen çözeltisinin sadece ambalajlanmış gıdalarda kullanılabileceği gözden uzak tutulmalıdır.

4.1.2.2.2 Değdirme (İndirekt Temas) Metodu

İndirekt temas ile şoklama metodu, içerisinde çok düşük sıcaklıkta (genellikle -35°C sıcaklığında) soğutucu akışkan bulunan plakaların iyi ambalajlanmış gıda maddelerine temas ettirilerek şoklanması esasına dayanır. Dondurulan ürün ile, soğumayı gerçekleştiren soğutucu akışkan arasında plaka bulunduğundan bu yöntem "indirekt temas metoduyla" dondurma denir. Evlerde buz dolaplarının buzluk bölümünde bazı gıdaların dondurulması, tek taraftan etki eden bir plakalı dondurma yöntemi olarak görülebilir.

Gıdaların indirekt temas metoduyla dondurulmasında tek koşul, dondurulacak ürün dikdörtgen prizması şeklinde yani kibrit kutusu gibi bir ambalajda bulunmasıdır. Ambalajlı ve fakat şekilsiz bir kitlenin bu sistemde dondurulma çok zordur. Çünkü ambalajın düzgün bir yüzeyle, plakaya tam olarak değmesi, donma süresi açısından çok önemlidir

Buna göre düzgün şekilli ve aynı kalınlıktaki ambalajlar plaka üzerine yan yana yerleştirilip, diğer plakada üstten oturunca, iki yönden hızlı bir dondurma sağlanabilmektedir. Ambalajlanmış ıspanak , taze fasulye , bezelye gibi sebzeler genellikle bu yöntemle şoklanarak saklanır.

4.1.2.2.3 Kriyojenik Dondurma

Kaynama noktası çok düşük olan sıvılaştırılmış gazlara kriyojenik sıvılar denir. Gıdaların dondurulmasında en fazla kullanılan kriyojenik sıvıların başında "sıvı azot" ve "sıvı karbondioksit" gazı gelmektedir. Sıvı azot'un kaynama sıcaklığı -196°C ve sıvı karbondioksit'in ise, -145°C 'dir. Çilek ve bazı üzümü meyvelerde dilimlenmiş domates ve mantar gibi bazı hassas gıdalardan ancak çok hızlı bir dondurma ile, kusursuz bir ürün elde edilebilmektedir. Kriyojenik dondurma yöntemi de esas olarak bu tip ürünler için geliştirilmiş olup, uygulaması da halen bu ürünlerle sınırlıdır. Bununla birlikte kriyojenik dondurmada kullanılan cihazların basit ve ucuz olmaları, az yer kaplamaları gibi diğer bazı üstünlükleri de vardır. Ancak kriyojenik sıvıların pahalı olması metodun en olumsuz yönüdür.

Kriyojenik sıvılardan en yaygın olarak kullanılan sıvı azot gazı; havanın sıkıştırılıp önce likit hale getirilmesi ve sonra oksijenin kaynama derecesinin -183°C , azotun kaynama derecesinin -196°C olması durumundan yararlanılarak, sıvı havanın özel bir valften geçirilmek suretiyle adeta damıtılarak, azot gazının oksijenden ayrılması yoluyla üretilmektedir. Üretilen azot gazı tekrar sıkıştırılarak sıvı azot gazı elde edilmektedir. Sıvı azot gazı atmosferik basınçta -196°C de kaynadığından, eğer elde edilmiş sıvı gaz iyi izole edilmiş tanklarda depolanırsa, bu sıcaklıkta atmosferik basınçta sıvı olarak kalır ise sadece çok az bir kısmı -196°C 'deki azot gazına dönüşür. Şu halde sıvı azot gazının tanımlanan bu koşullara uygun olarak depolanıp taşınmasında bir sorun yaratmaz ve tank veya tüpte fazla basınç oluşmaz. Bu özellik, azot gazının kriyojenik dondurmada kolaylıkla uygulanmasına olanak vermektedir. Sıvı azot gazı eğer -196°C 'nin üzerinde, örneğin oda sıcaklığında saklanmak istenirse bu defa çok yüksek basınç altında bulundurulması gerekir.

Diğer taraftan kriyojenik dondurmada karbondioksit, sıvı halde veya katı halde (kuru buz) olmak üzere iki formda da uygulanmaktadır. Sıvı CO_2 gazının yüksek basınç altında sıkıştırılmasıyla elde edilir. Kaynatma derecesi -145°C 'dir. Bir memeden püskürtülürken, -79°C 'de sublime olma niteliğinde katı faza dönüşür ki buna "kuru buz" denir. Yaklaşık 2 kg sıvı CO_2 den 1 kg kuru buz elde edilir. Buna göre dondurulacak ürün ya sıvı karbondioksite daldırılır ve karbondioksit, ürün üzerine püskürtülür. Kuru buz ise dondurulacak gıda ile karıştırılır.

4.1.2.2.4. Hava İle Dondurma

Halen en yaygın uygulanan değişik cihazlardan yararlanılarak ve birçok değişik versiyonu olan en eski yöntem budur. "Durgun hava ile dondurma" ve "Hava akımında dondurma" olarak başlıca iki uygulaması vardır.

a) Durgun Hava İle Dondurma

İsminden de anlaşılacağı gibi dondurmada kullanılan soğuk hava hareketsizdir. Böyle bir dondurucunun esası, iyice izole edilmiş bir soğuk odadır. Soğutma ekipmanının evaporatörü tavanda duvarda veya odanın ortasında yukardan aşağı doğru uzanan borular demeti şeklinde bulunabildiği gibi dikine raflar şeklinde de olabilir. Dondurulacak ürünler bu raflar arasına istif edilir. Bu tip dondurucular kullanılan ekipman açısından basit ve ucuzdur. Durgun hava dondurma odalarında hava hareketini sağlayan genelde hiçbir düzen yoktur, hava sadece doğal taşınım ile hareket etmektedir. Ancak bunu bir hava hareketi olarak görmek olanaksız olduğundan havanın durgun olduğu kabul edilmektedir Hatta bazı durgun hava dondurucularında bir fan

yardımıyla, sınırlı bir hava hareketi sağlanmaktadır. Ancak bu düşük hava hızı nedeniyle böyle bir düzenlemeyi "hava akımında dondurma" yöntemiyle karıştırmamak gerekir. Çünkü hava akımında dondurmada hava, zorlanmalı bir sirkülasyonla yüksek bir hızla dolaştırılarak, yüksek bir donma hızı sağlanabilmektedir.

Gıda maddelerinin dondurulmasında 1861 yılından ben uygulanan ve bu alandaki en eski metod olan durgun havada dondurma metodu, "sharp freezing" yani; "hızlı (ani) dondurma olarak isimlendirilmektedir. Bu yöntem günümüzde isminin çok gerisinde kalan bir uygulamadır. Çünkü daha iyi bir yöntemin bilinmediği -18 °C 'nin altında dondurmanın sağlanamadığı bir dönemde verilen bu ismin, bugünkü teknikteki anlamı tamamen farklıdır.

Durgun havada dondurma yönteminde soğuk odanın sıcaklık derecesi - 5 °C ila - 30 °C arasında bulunur. Hareketsiz veya çok yavaş hareketli bir havanın ısı iletkenliği çok düşük olduğundan, dondurulmak üzere depoya konan gıda maddesinin donması çok uzun süre alır. Donma süresi, dondurulan materyalin büyüklüğüne, ambalajın niteliğine, dondurulan birimler arasındaki boşluğa ve bunun gibi değişik faktörlere bağlı olarak birkaç saatten bir haftaya kadar değişebilir. Bu metod esas olarak balık dondurma amacıyla uygulanmış olup halen de aynı amaçla yaygın olarak kullanılmaktadır.

b) Hava Akımı İle Dondurma

Bu tip dondurucuların genel ilkesi havanın, dondurulan gıda maddesi ile evaporatör arasında hızlı hareket etmesidir. Gücü fanlar yardımıyla hareket ettirilen hava, soğutma spiralleri (evaporatör) üzerinden geçerken soğur ve sonra dondurulan ürün üzerinden 10-15 m/s hızla geçer, ısı transfer katsayısı hava hızına bağlı olarak arttığından, gıda maddesinin hızla dondurulması sağlanır. "Hava dolaşımli dondurma" da denen bu yöntemde hava sıcaklığı -30 °C ila -45 °C arasında değişmektedir.

Hava akımında dondurma yönteminde çok değişik tipte donduruculardan yararlanılır. Bunlardan en yaygınlarından birisi, tünel dondurucularıdır. Tünel dondurucularda, dondurulacak ürün ya bir bantla taşınır, veya üst üste yerleştirilmiş kerevetlerden oluşan araba dizilerinin içindeki hareketiyle taşınır. Buna göre tünel dondurucular ya bantlı veya kerevet vagonlu olabilmektedir. Bant veya vagonların tüneldeki hızı donma süresine göre ayarlanır.

Diğer taraftan dondurulan ürün ise soğuk havanın tünel içindeki hareketleri "paralel" veya "zıt" olabilir. "Zıt akımlı" tünellerde dondurulacak ürün tünelin bir tarafından, soğuk hava ise diğer ucundan verilir. Buna göre en soğuk hava, tünel çıkışında, donmuş ve sıcaklık derecesi çok düşmüş ürünle karşılaşır, ve sonra tünel girişine doğru yoluna devam eder.

Buna göre bu sistemde donma, aşamalı olarak gerçekleşir ve tam donma boyunca herhangi bir noktada ürünün sıcaklık derecesinin yükselmesi söz konusu değildir. Ancak soğuk hava, tünelin karşı ucuna yani, ürün giriş ucuna ulaşana kadar ısınır ve sıcaklık derecesi yükselir. Kısmen ısınmış bu hava tekrar evaporatöre dönecek ve yeniden soğutulacaktır. Ancak bu durumda evaporatör ile sirküle edilen hava arasındaki sıcaklık farkı (AT), çok büyümüş olduğundan, evaporatörlerde hızlı ve devamlı bir karlılığa belirir. İşte, özellikle ürün tünellerde fazlaca beliren bu sakınca nedeniyle, tünellerde hava hareketi ürün hareketine çapraz olarak düzenlenir, yani hava tünelin yanlarından verilir. Böylece, havanın hareketi çok kısa mesafede gerçekleştiğinden, hava ısınmaz ve AT değerinin büyüme sakıncası ortadan kalkar.

BÖLÜM 5

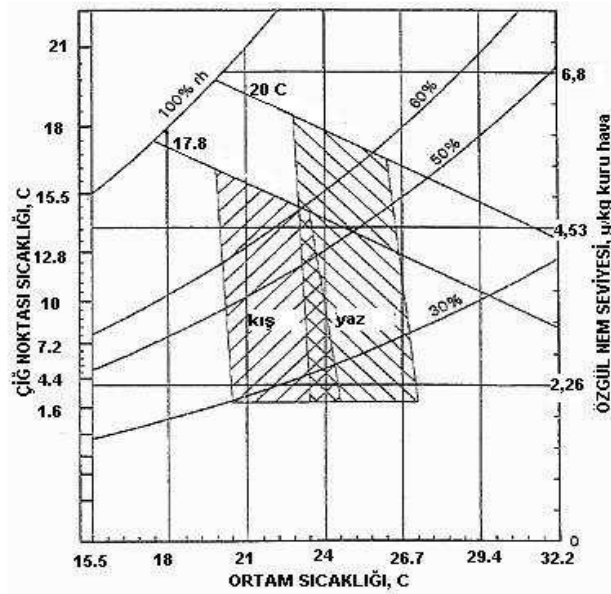
İKLİMLENDİRME

Kapalı bir ortamın sıcaklık, nem, temizlik ve hava hareketini insan sağlık ve konforuna veya yapılan endüstriyel işleme en uygun seviyelerde tutmak üzere bu kapalı ortamdaki havanın şartlandırılmasıdır.

İklîmlendirme terimi İngilizce 'de air conditioning (hava şartlandırılma), Air-conditioner: Hava şartlandırıcısı ve Almanca' daki Klímaanlage (klíma) terimine karşılık gelir. Türkçe' de iklîmlendirme ve klíma terimlerinin her ikisi de kullanılmaktadır. Arapça' da iklîmlendirme takayaf (تكيف), klíma cihazı ise mukayif alhawa (مكيف الهواء) olarak adlandırılmaktadır.

İklîmlendirmenin Önemi

Dünyada kabul edilmiş araştırmalara göre, insanlar belli bir sıcaklık ve nem aralığında ve temiz hava ortamlarında rahat etmektedirler. Bu aralık konfor bölgesi olarak tanımlanmıştır. (bağıl nem %40 ile %60 . kurutermometre sıcaklığı 20- 27°C). Sıcaklığın gereğinden fazla veya az olmasının rahatsız edici olduğu açıktır. Nem düzeyinin az olması boğaz kuruluğu, gözlerde yanma gibi rahatsızlığa yol açmasının yanında, fazla nemde terlemeye ve bunaltıcı bir sıcaklık hissine neden olur. Nem hissedilen sıcaklığı artırır. Ayrıca ortamın havası temiz ve taze olmalıdır, toz, duman, polen, gaz ve diğer zararlı maddelerin filtre edilmesi ve insanın fark edemeyeceği ama temiz havayı getirip kirli havayı götüreceği bir hava dolaşımı gereklidir.



Şekil 5.1. Yaz ve kış mevsimleri için psikrometrik diyagram üzerinde konfor bölgesi

Günümüzde pek çok insanın yaşamının önemli bir kısmını (yaklaşık %90) kapalı mekânlarda geçmektedir. Bu mekânlar gerek hacim, gerekse barındırdıkları insan sayısı olarak büyük boyutlara ulaşmışlardır. Fuar merkezleri, konferans, tiyatro ve sinema salonlarının, alışveriş merkezlerinin, kafe ve çay bahçelerinin

pencereleleri açılmayan yüksek binaların yaşanabilir hâlde tutulması için iklimlendirme (klima) yapılması şarttır. Oteller, hastaneler, gıda, tekstil, elektronik, kağıt , tütün ,vb. endüstrileri de klimaya tam anlamıyla muhtaçtırlar.

Küçük işyerleri ve konutlarda da klima kullanımının yararları tartışılmazdır. Fazla sıcak, fazla soğuk, rutubetli, fazla kuru, oksijeni az-karbondioksiti fazla, tozlu, dumanlı, kokulu ortamlarda yaşamayı, çalışmayı, hatta mal ve eşyalarını bulundurmamayı elbette ki hiç kimse istemez. Yazın seyahat ederken bindiğiniz taşıtın camlarını sıcaktan bunalmamak için açamayacağımız, açsanız da fayda etmeyeceği durumlarda ise araç klimanız imdadınıza koşacaktır.

İklimlendirilmiş ortamlar, iş veriminde artış, sağlıklı bir yaşam ve üretimde kaliteli ürünü sağlar. Dolayısıyla klima bir lüks değil, insanca yaşamak için bir ihtiyaç hâline gelmiştir.

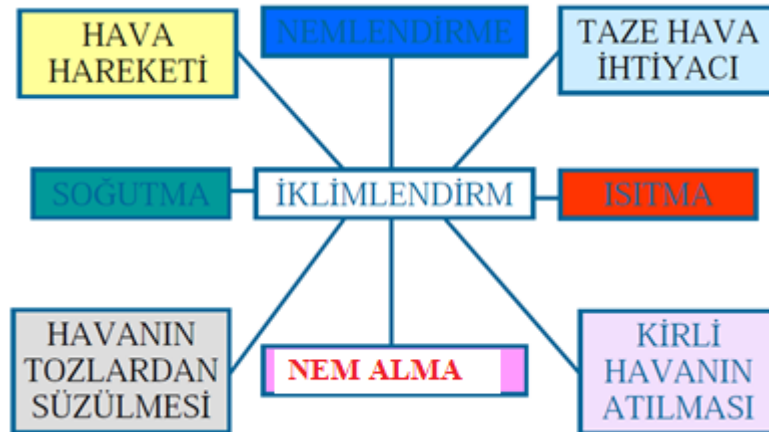
Klima sadece soğutma değildir. İklimlendirme, kapalı mekanın havasının istenen sıcaklık, nem, hava dolaşımı, temizlik ve tazelikte tutulmasıdır. Bunların hepsinin olmasa da, birkaçının kontrol altında tutulması da evlerde kullanılan klimalarda (Split klima-Isı pompası) olduğu gibi iklimlendirme olarak tanımlanabilir. Bir klima cihazı yazın içerideki fazla ısıyı dışarıya atarak içerisini serinletir. Bu sırada havanın fazla nemi alınır, içeride gerekli hızda hava dolaşımı sağlanır ve hava filtre edilir. Cihazın ısı pompası özelliği de varsa, kışın yaz çalışmasının tersine çalışarak dışarıdan aldığı ısıyı içeriye vererek ısıtma da sağlar.

İklimlendirmenin Temel Unsurları

1. Sıcaklık : İnsan veya imalat kontrolü için ortam sıcaklığı konfor veya tasarım şartlarını sağlamalıdır. Bu şartlar insan konforu için 18-27°C arasında değişmektedir.
2. Nem: Bağıl nem olarak verilir. Kuru hava boğazda kuruluk yapar, insanı rahatsız eder. Aşırı nemli havada boğuk havadır. İnsan konforu için bağıl nem %40-%60 arasında tutulmalıdır.
3. Temizlik: Havanın içerisinde tozlar, istenmeyen gazlar ve bakteriler bulunmaktadır. Havanın içinde partikül madde (PM) ve istenmeyen gazların filtrelenmesi gerekir.
4. Hava Hareketi: Konfor için yaz aylarında daha fazla, kış aylarında nispeten daha düşük hava hareketi gereklidir.

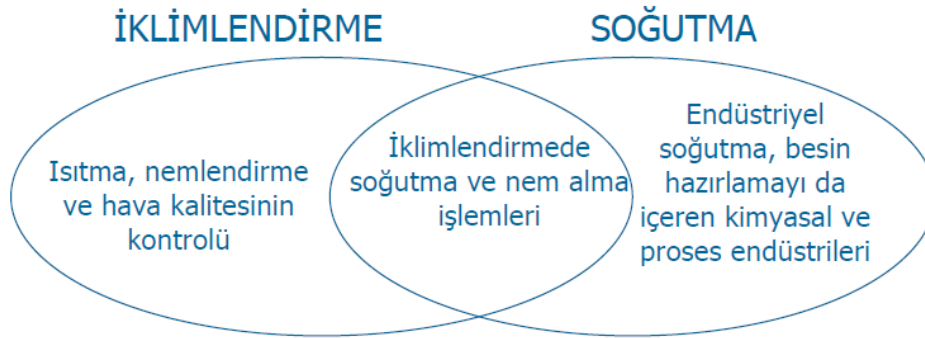
Yaz aylarında ; 0.2 - 0.5 m/s

Kış aylarında ; 0.1 - 0.2 m/s



Şekil 5.2. İklimlendirme işlemlerinin sınıflandırılması

İklimlendirme ile Soğutma İlişkisi şekilde gösterilmiştir.



Şekil: İklimlendirme ve soğutma arasındaki ilişki

İklimlendirme Sistemlerinin Kullanım Alanları

1.Konfor Kliması (İklimlendirmesi) : İnsan odaklı kullanım, yaşam alanları. Evler , otel , cami ,gemi ,uzay araçları konaklama tesislerinde insan konforu için kullanılır.

2.Endüstriyel Klima (İklimlendirme): Tekstil , kimya , ilaç , gıda v.b iş kollarında ürün ve prosesin gerektirdiği özel ortamların sağlanması amacıyla kullanılır.

3.Sağlık Hizmetlerinde İklimlendirme (Hijyenik Klima): Ameliyathane ,yoğun bakım gibi hassas yerlerde kullanılır .

4-Temiz oda iklimlendirmesi: Özel test, kontrol ve üretim Laboratuvarları. Temiz oda, uluslararası standartlara uygun şekilde koku, toz, partikül, mikroorganizma gibi etkenlerden arındırılmış; sıcaklığı, basınç seviyesi ve gürültüsü belirli bir seviyeye getirilmiş ortamlardır.

Temiz Oda Uygulamalarının olduğu yerler:

- Yarı iletken üretimi
- Elektronik komponent, bilgisayar üretimi
- Fotoğraf baskısı
- İlaç-aşı üretimi
- Hastaneler
- Tıbbi cihaz üretimi
- Uzay ve savunma sanayileri
- Lazer veya optik cihazlar

İklimlendirme Sistem Seçimindeki parametreler

- 1- Maliyet
İlk yatırım, işletme maliyeti, amortismanlar
- 2- Bina Durumu
Konumu, coğrafik yeri, şekli, bina ile ilgili standart ve yönetmelikler, binanın kullanım amacı, binanın türü, iç yüklerin eşzamanlığı,
- 3- Kullanılan Enerji türü ve enerji maliyeti
- 4- Sistem türleri
- 5- Sistem kontrolü
- 6- Konfor şartları
- 7- Servis bakım sıklığı ve kolaylığı
- 8- Çevre faktörü

9- Sistem yaygınlığı ve kabul edilme durumu

10- Sistemin kurulumu

İklimlendirme Sistemleri İçin Isı Kazancı ve Isı Kaybı Hesabı

Isıtma sistemlerinin projelerinde ısı kaybı hesabı yapılır. İklimlendirme (soğutma) sistemlerinin projelerinde ısı kazancı hesabı yapılır.

Isı Kaybı: TS 825 ve TS 1264 standartlarına göre ısı kaybı hesabı ısıtma yükü için yapılır. Isı kaybında;

Yapı elemanlarından olan ısı kayıpları $\Rightarrow Q = UA(T_{iç}-T_{dış})$

U: Toplam ısı transfer katsayısı, W/m^2K

A: Isı transfer alanı, m^2

$T_{iç}$: İç sıcaklık

$T_{dış}$: Dış Sıcaklık

İnfiltrasyon (hava sızıntısı) ısı kayıpları $\Rightarrow Q = \Sigma a.l.R.H.(T_{iç}-T_{dış}).Ze$

a : Sızdırganlık katsayısı (m^3/mh)

l : Kapı ya da pencerelerin açılan kısımlarındaki çevre uzunluğu (metre cinsinden)

R : Oda durum katsayısı

H : Bina durum katsayısı

$\Delta T=T_{iç}-T_{dış}$: İç sıcaklık ve dış sıcaklık arasındaki fark C

Ze : Dış duvarın her ikisinde de pencere olan odalar için 1.2; diğer odalar için ise değeri 1 olan katsayıdır.

E: Bina durum katsayısı için düzeltme çarpım faktörü.

Havalandırma Miktrarı biliniyorsa, V, m^3/h ve ya hava değişim katsayısı, defa/h,

$Q= \rho VC(TT_{iç}-T_{dış})$ birimler yazılırsa (kg/m^3) (m^3/h) ($1h/3600 s$) ($kJ/kg^{\circ}C$) $^{\circ}C= kJ/s=kW$ olur.

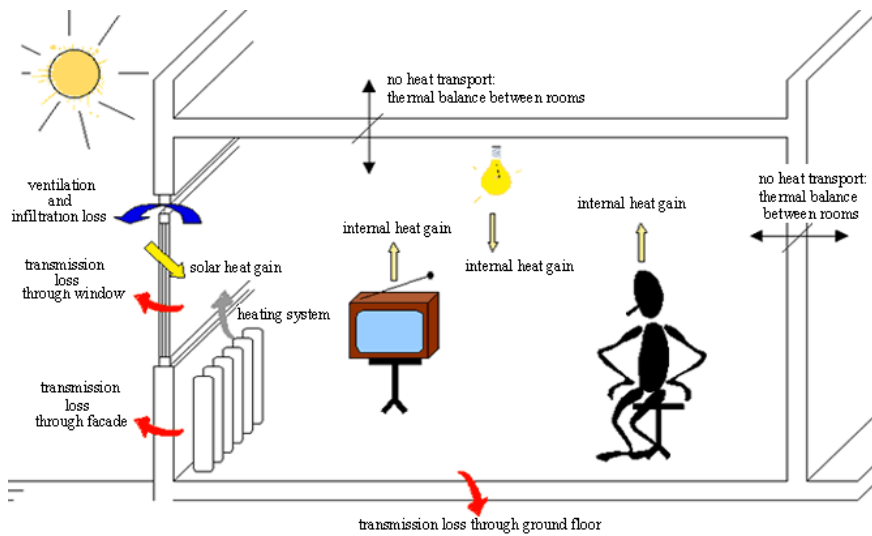
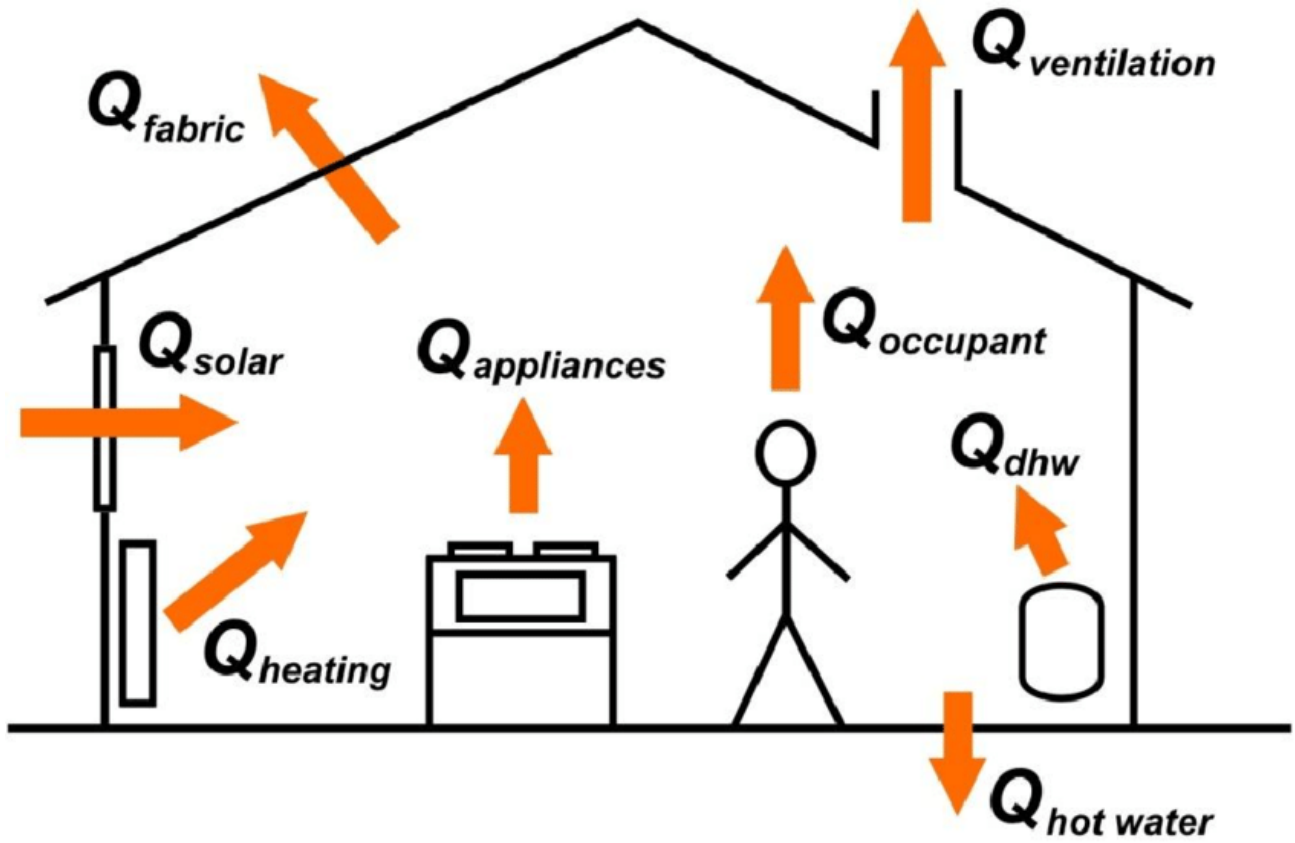
$HDK=V/Voda$, V verilen hava miktrarı, Voda ise odanın hacmidir.

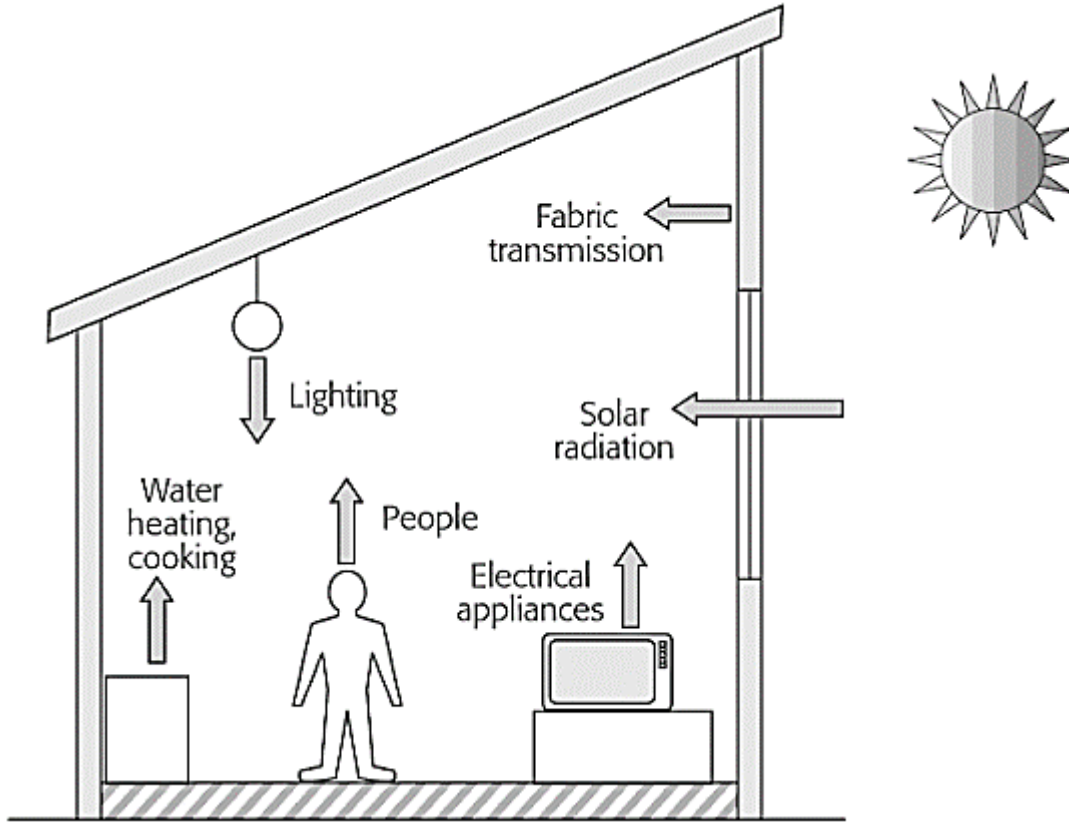
Örnek: $10 m^3$ 'lük bir odanın hava değişim katsayısı 5 ise odaya verilen hava miktarı ne kadardır.

$V=HDK Voda= 5 defa/h 10 m^3= 50 m^3/h$

Isı Kazancı: İçeride üretilen veya dışarıdan içeriye giren ısıların toplamına ısı kazancı denir. İklimlendirme cihazlarının soğutma yükünün tespitinde kullanılır. Isı kazancı, soğutma yükü olarak alınabilir. Isı kazancı ısı kaybına göre daha karmaşık yapıdadır.

Isı kazancı ; iç ısı kazancı ve dış ısı kazancı olarak ikiye ayrılır.





İç Isı Kazançları:

1) İnsanlardan olan ısı kazancı: Normal bir insan 100 Watt kadar ısı yayar. 24 °C'deki bir mahalde yetişkin bir için ;

Gizli ısı : 40 W

Duyulur ısı : 65 W olarak alınır.

$$Q_{insan} = q_{insan} \times n_{insan}$$

q_{insan} = Tablolardan faaliyet ve iç sıcaklığa göre insanın yaydığı gizli +duyulur ısı

n_{insan} = İnsan sayısı

2) Aydınlatmadan olan ısı kazancı :

Toplam aydınlatma gücü seçilebilir. Veya

$$Q_{aydnlatma} = q_{aydn} * A_{taban}$$

3) Cihazlardan olan ısı kazançları : TV , bilgisayar , ocak ,buzdolabı ,ütü v.b cihazların elektrik güçleri tablolardan alınır.

$$Q_{cihaz} = \sum cihazyükü$$

4) Komşu mahallerden olan ısı kazancı :

$$Q = UA(T_{komşo} - T_{iç})$$

5)İçeri giren maddelerden olan ısı kazancı

2-Dış Isı Kazançları :

1) **Pencereden olan ısı kazancı :**

$$Q_{top} = Q_{iletim} + Q_{Güneş}$$

$$Q_{iletim} = UA(T_{du} - T_{iç})$$

U= Pencerenin toplam ısı transfer katsayısı

A= pencere alanı

$$Q_{Güneş} = q_{güneş} * A * GölgelemeFaktörü$$

Qgüneş=

qgüneş= 1 m² ' ye gelen güneş ışınımı (tablolardan alınır.)

2) **Duvardan olan ısı kazancı**

$$Q = UA\Delta T_{eş}$$

3) **Çatıdan olan ısı kazancı**

$$Q = UA\Delta T_{eş}$$

4) **Dış hava sızıntısı ile (infiltrasyon) olan ısı kazancı**

$$Q_{duyulur} = \dot{V} * \rho * c_{hava} * (T_{du} - T_{iç})$$

$$Q_{gizli} = \dot{V} * \rho * h_{fg} * (X_{du} - X_{iç})$$

$$Q_{toplam} = Q_{duyulur} + Q_{gizli}$$

$$Q_{toplam} = m (h_{dış} - h_{iç})$$

h: Entalpi, kj/kg

m: kg/s

X = mutlak nem (özgül nem), kg/kg

Soğutma Yüğü Hesap Yöntemleri

1) **ASHRAE Yöntemi:** Amerika ısıtma, soğutma ,havalandırma mühendisleri birliğidir. Bu yöntemle 3 tane hesaplama yöntemi vardır. Türkiyede TTMD (Türk tesisat mühendisleri derneği), Avrupada, REVHA

a)Eşdeğer sıcaklık farkı yöntemi:

Mutlak sıcaklık farkı yerine eşdeğer sıcaklık farkı kullanılır. Eşdeğer sıcaklık farkında yapı malzemesi gün boyunca güneşten gelen güneş ışınımını depolayıp bu enerjiyi belirli bir faz kaymasıyla içeri vermektedir.

$$Q = UA(T_{dış} - T_{iç}) \quad \text{yerine} \quad Q = UA\Delta T_{eş} \quad \text{kullanılır}$$

b) **CLTD/SCL/CLT yöntemi:** Soğutma yüğü sıcaklık farkı / Güneş soğutma yüğü / Soğutma yüğü çarpanı

c) **RTS yöntemi:** Işınım zaman serileri yöntemi

2) **VDI Yöntemi:** Alman mühendisler birliği yöntemi

3) **CIBSE Yöntemi**

4) **REHVA Yöntemi:** Avrupa ısıtma soğutma iklimlendirme birliği

Soğutma Yüğü (Split klimalar için) Hesabı :

$Q_{soğutma} = \text{Taban Alanı} * \text{Bölge Katsayısı} + (n-4) * 600 \text{ BTU/h} + (\text{Aydınlatma gücü} - 500 \text{ W}) * 3.4 \text{ BTU/(h.W)} + \text{Diğer Isı Kaynakları, (BTU/h)}$

n: Kişi sayısı

Bölge katsayısı ;

Doğu Anadolu = 500 BTU/h.m²

Marmara = 500 BTU/h.m²

İç Anadolu = 500 BTU/h.m²

Karadeniz = 500 BTU/h.m²

Güneydoğu Anadolu = 600 BTU/h.m²

Akdeniz = 600 BTU/h.m²

Ege = 600 BTU/h.m²

Split klimalar için soğutma kapasiteleri 9000, 12000, 18000, 24000, 34000, 48000 BTU/h olarak piyasada bulunmaktadır.

EER (Energy Efficiency ratio), COP (Coefficient of performance) değeri önemlidir. Sezonluk EER (SEER), SCOP değerleri de kataloglarda verilmektedir. SEER, Soğutma için, SCOP ısıtma için önemlidir.

Örnek 5.1

Şanlıurfa'da güney yönünde vitrini olan bir ofis için split klima seçilecektir. Kat yüksekliği 3 metre, taban ölçüleri 5x6 m, ofiste 10 kişi çalışıyor . Aydınlatma gücü 1000 W ise soğutma yükünü ve seçilecek split klima tipi ne olabilir?

Çözüm 5.1

$A = 5 \times 6 = 30 \text{ m}^2$, $n = 10$ kişi, $\text{aydınlatma} = 1000 \text{ W}$

$Q_{soğ} = 30 \text{ m}^2 * 600 \text{ BTU/(h.m}^2) + (10-4) * 600 \text{ BTU/h} + (1000-500) * 3.4$

$Q_{soğ} = 23300 \text{ BTU/h}$, (24 000 BTU/h kaset tipi split kliması)

Örnek 5.2. 30 m², 4 kişi 300 W aydınlatma, 4 adet 100 W bilgisayar olan mahal için soğutma yükü.

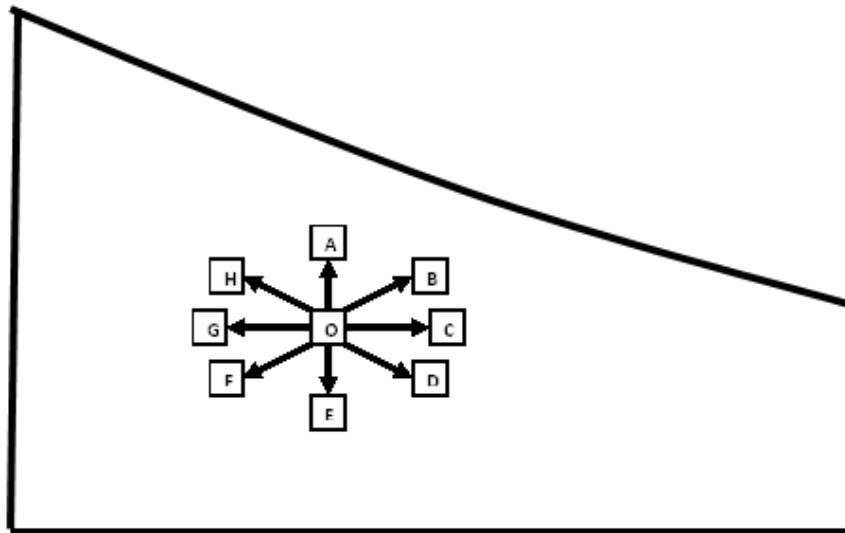
$Q_{soğutma} = 600 * 30 + 100 * 4 * 3.4 = 19360 \text{ BTU/h}$

PSİKOMETRİ VE UYGULAMALARI

Nemli havanın termodinamik özelliklerini inceleyen bilim dalına psikometri adı verilir. İklimlendirme işlemlerinde ara akışkan, kontrol edilen ortam hava olduğu için ve atmosfer havanın içinde ve belli oranda nem olduğundan nemli havanın basınç, sıcaklık, özgül hacim ve toplu ısı (entalpi) gibi özelliklerinin bilinmesi gerekir. Psikometrik diyagram yardımıyla nemli havanın tüm termodinamik özellikleri bulunabilir. Havanın iki özelliği bilindiğinde, diğer bütün özellikleri diyagramdan okunabilir

Psikometri, nemli havanın termodinamik özellikleri ile bu özellikleri kullanarak nemli havadaki işlemler ve şartlar ile ilgilenen termodinamiğin bir dalıdır. Nemli hava özelliklerinin hesap yoluyla bulunması oldukça zaman almaktadır. Nemli havanın termodinamik özelliklerinin grafik halinde gösterildiği diyagrama “psikometrik diyagram” adı verilmektedir. Bu diyagrama “Nemli havanın Mollier diyagramı” veya “Nemli havanın entalpi-özgül nem diyagramı” da denilmektedir. Psikometrik diyagramın temeli ilk defa 1911 yılında Dr. Willis Carrier tarafından atılmıştır. Bu diyagram vasıtasıyla klima ve havalandırma uygulamalarında karşılanan problemleri analiz etmek, çözümü verilen çeşitli değerler için en uygun olanı seçmek veya çeşitli çözüm yollarını birbirinden ayırt etmek mümkündür.

Psikometrik diyagram üzerinde, ısıtma soğutma, nemlendirme vb. nemli havanın maruz kaldığı bir takım işlemlerle kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Bu işlemler diyagram üzerine çizilmek suretiyle, işlem başında ve sonundaki özellikler (sıcaklık, basınç, özgül nem, bağıl nem, entalpi, kuru ve yaş termometre sıcaklıkları, entalpi) kolaylıkla okunabilir ve hesaplanabilir. Psikometrik diyagram üzerinde gerçekleştirilen işlemler Şekil 4.1’de gösterilmektedir.

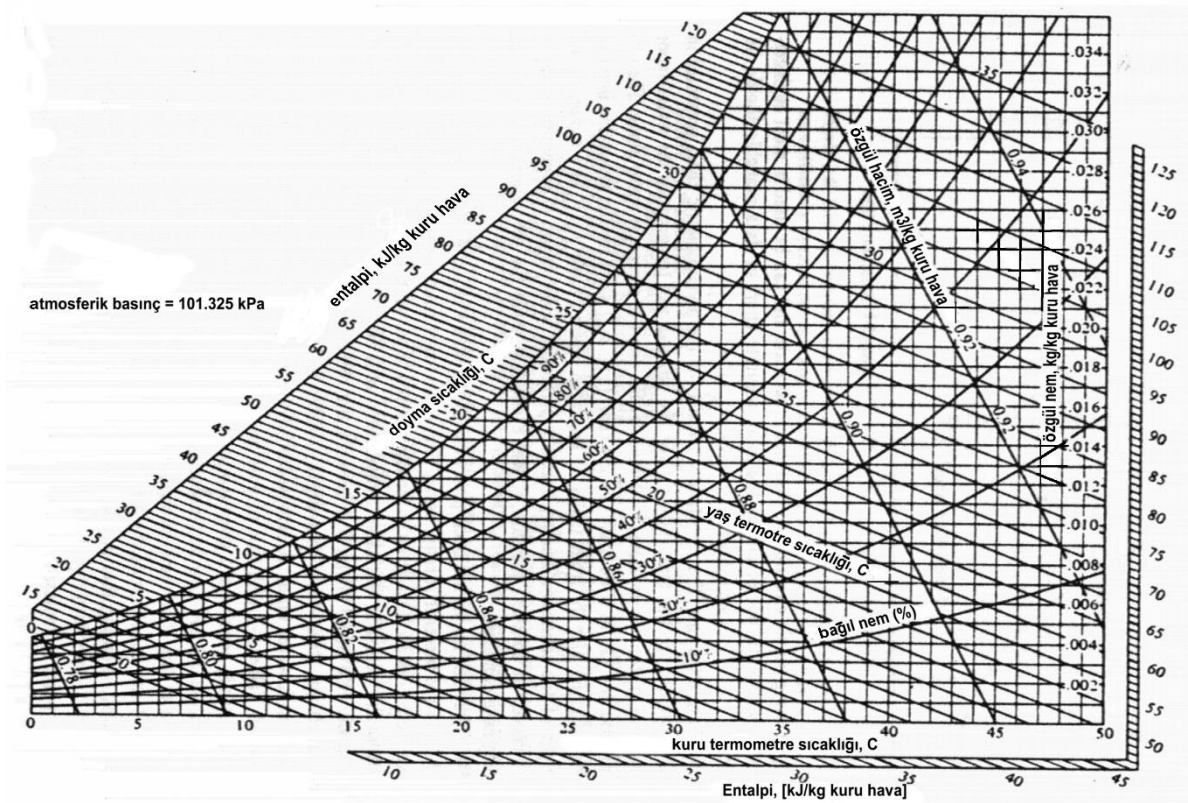


Şekil 4.1

Psikometrik diyagram üzerinde gerçekleştirilen işlemler

Şekil 4.1'de O noktası şartlarında havanın özellikleri referans alınırsa, nemli havanın maruz kaldığı işlemlerin yönleri oklar yardımıyla gösterilmektedir. Oklar yönünde gidilmek suretiyle aşağıda belirtilen işlemler, psikometrik diyagramda gerçekleştirilir:

- OA : Nemlendirme
- OB : Isıtma ve nemlendirme
- OC : Duyular ısıtma
- OD : Kimyasal nem alma
- OE : Nem alma
- OF : Soğutma ve nem alma
- OG : Duyular soğutma
- OH : Soğutma ve nemlendirme (evaporatif soğutma)



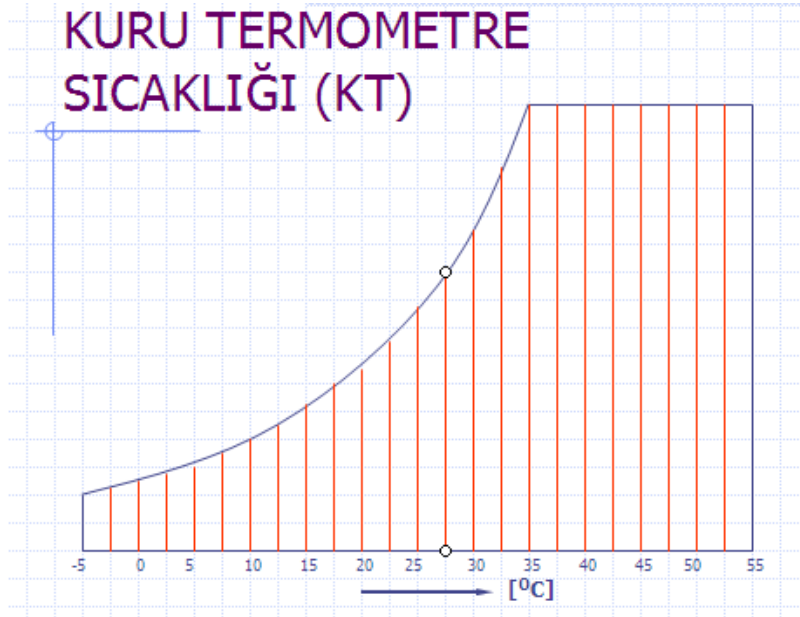
Şekil 5.4. Psikometrik Diyagram

Diyagram üzerindeki yatay çizgiler özgül nem değerlerini, dikey çizgiler kuru termometre sıcaklıklarını göstermektedir. Sağa az eğik çizgiler yaş termometre sıcaklıklarını, fazla eğik olan seyrek çizgiler ise özgül hacim eğrilerini göstermektedir.

Psikometrik diyagramda Temel Kavramlar

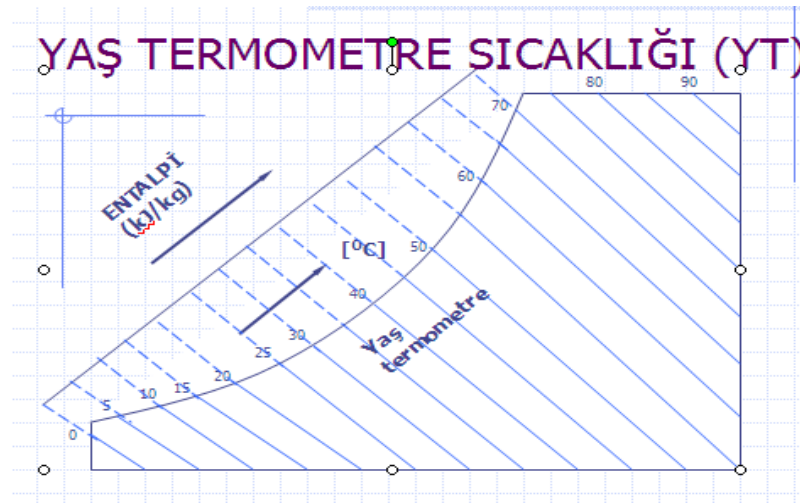
1-Doymamış Hava: İçerisindeki su buharının kızgın buhar halinde bulunduğu nemli havaya denir. Diğer bir deyişle, doymamış hava bulunduğu şartlarda içine doymuş hale gelinceye kadar su buharı alabilen hava demektir.

2-Kuru Termometre Sıcaklığı (Tk) : Nem ve güneş radyasyonu etkisi olmaksızın herhangi bir termometre , termoeleman veya bir sıcaklık ölçme elemanıyla ölçülen sıcaklıktır.



Şekil 5.5. Kuru Termometre Sıcaklığı Şeması

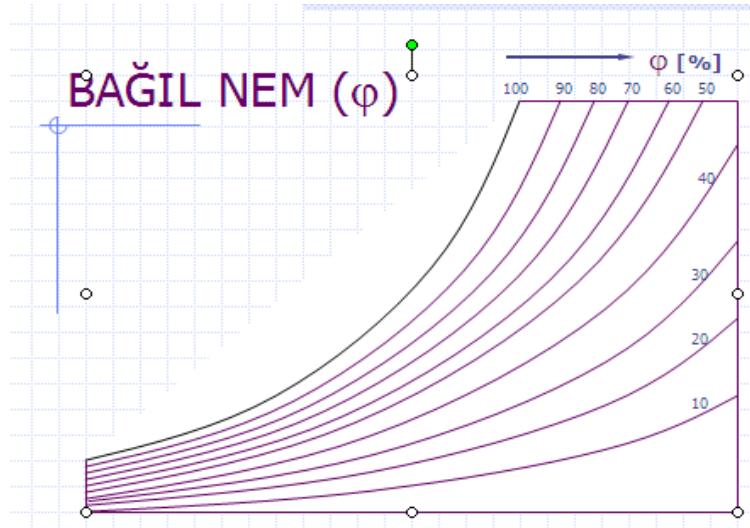
3-Yaş Termometre Sıcaklığı (Ty) : Termometre haznesi etrafına ıslak pamuk veya keçe sarılmak suretiyle ölçülen sıcaklıktır.



Şekil 5.6. Yaş Termometre Sıcaklığı Şeması

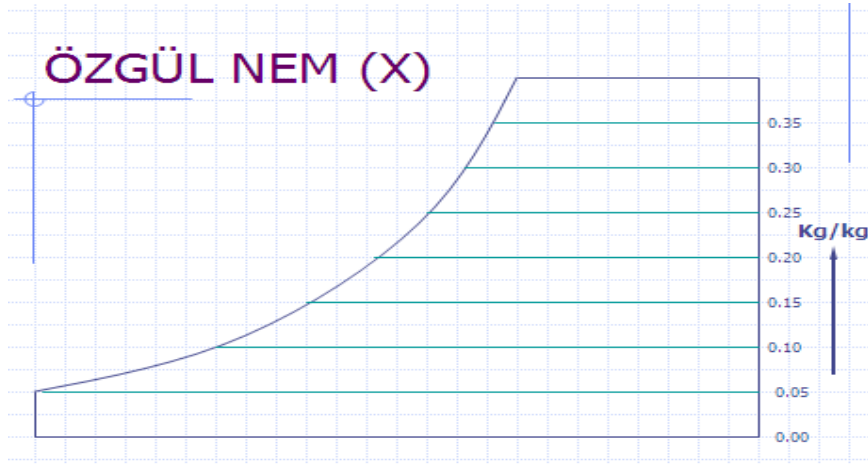
4-Çiğ Noktası Sıcaklığı (T_ç): Nemli hava sabit basınçta soğutulduğunda, içindeki su buharının yoğuşmaya başladığı andaki sıcaklığa denir.

5-İzafi (Bağlı) Nem : İzafi nem, havanın içerisindeki su buharı kütlesinin , havanın aynı sıcaklıkta alacağı maksimum su buharı kütlesine oranıdır.



Şekil 5.7. Bağlı Nem Şeması

6-Özgün Nem (w): Hava içerisindeki su buharı kütlesinin kuru hava kütlesine oranına denir.



Şekil 5.8. Özgül Nem Şeması

7-Mutlak Nem (Derişik veya Konsantrasyon) : 1 m³ nemli havanın içerisindeki su buharı kütlesine denir.

8-Duyulur Isı (Qd) : Bir maddenin sıcaklığını değiştirmek için alınması (soğutma işlemi) veya verilmesi (ısıtma işlemi) gereken ısı miktarına denir.

9-Gizli Isı (Qg) : Bir maddenin sıcaklığını değiştirmeksizin faz durumunu değiştirmek için alınması veya verilmesi gereken ısı miktarıdır.

PSİKROMETRİK DİYAGRAMDA İŞLEMLER

Psikrometrik diyagram üzerinde nemli hava üzerine uygulanan işlemler aşağıdaki başlıklar altında incelenmiştir.

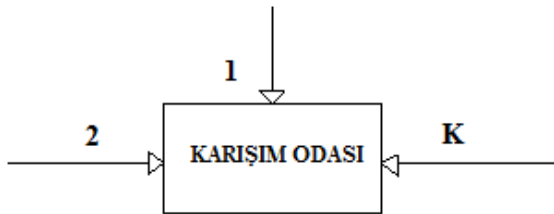
1. İki havanın adyabatik karıştırılması
2. Duyulur ısıtma
3. Duyulur soğutma

1) İki Havanın Adyabatik Karıştırılması

İklimlendirmede sıklıkla karşılaşılan işlemlerden bir tanesi farklı psikrometrik özelliklere sahip iki veya daha fazla hava akışının adyabatik karıştırılması işlemidir.

Örnek 5.2

6000 m³/h debisinde 6 °C kuru termometre ve 4 °C yaş termometre sıcaklığındaki dış hava ile 20000 m³/h debisindeki 20 °C kuru termometre ve %40 bağıl nemdeki iç hava adyabatik olarak karıştırılmaktadır. Karışım havasının kuru termometre, yaş termometre, özgül nemini bulunuz ?



$$V_1=6000\text{m}^3/\text{h} \quad V_2=20000\text{m}^3/\text{h} \quad V_k=?$$

$$T_1=6^\circ\text{C} \quad T_2=20^\circ\text{C} \quad T_k=?$$

$$T_{1YT}=4^\circ\text{C} \quad \phi_2=\%40 \quad T_{KYT}=?$$

Nemli havanın yoğunluğu $q_{\text{hava}}=1.2\text{kg/m}^3$ kabul edilirse

$$\dot{m}_1=6000 \times 1.2=7200\text{kg/h}$$

$$\dot{m}_2=20000 \times 1.2=24000\text{kg/h}$$

$$T_K = \frac{\dot{m}_1 x T_1 + \dot{m}_2 x T_2}{\dot{m}_1 + \dot{m}_2} = \frac{7200 \times 6 + 2400 \times 20}{7200 + 24000} = 16.8^\circ \text{C}$$

1. ve 2. Durumun değerleri psikrometrik diyagram üzerinde bulunarak, bir doğru olarak birleştirilir. Ardından bulunan T_k değeri 1 ve 2 doğrusu üzerinde işaretlenir. İstenilen değerler diyagram üzerinde okunur.

Diyagramdan okunan değerler ;

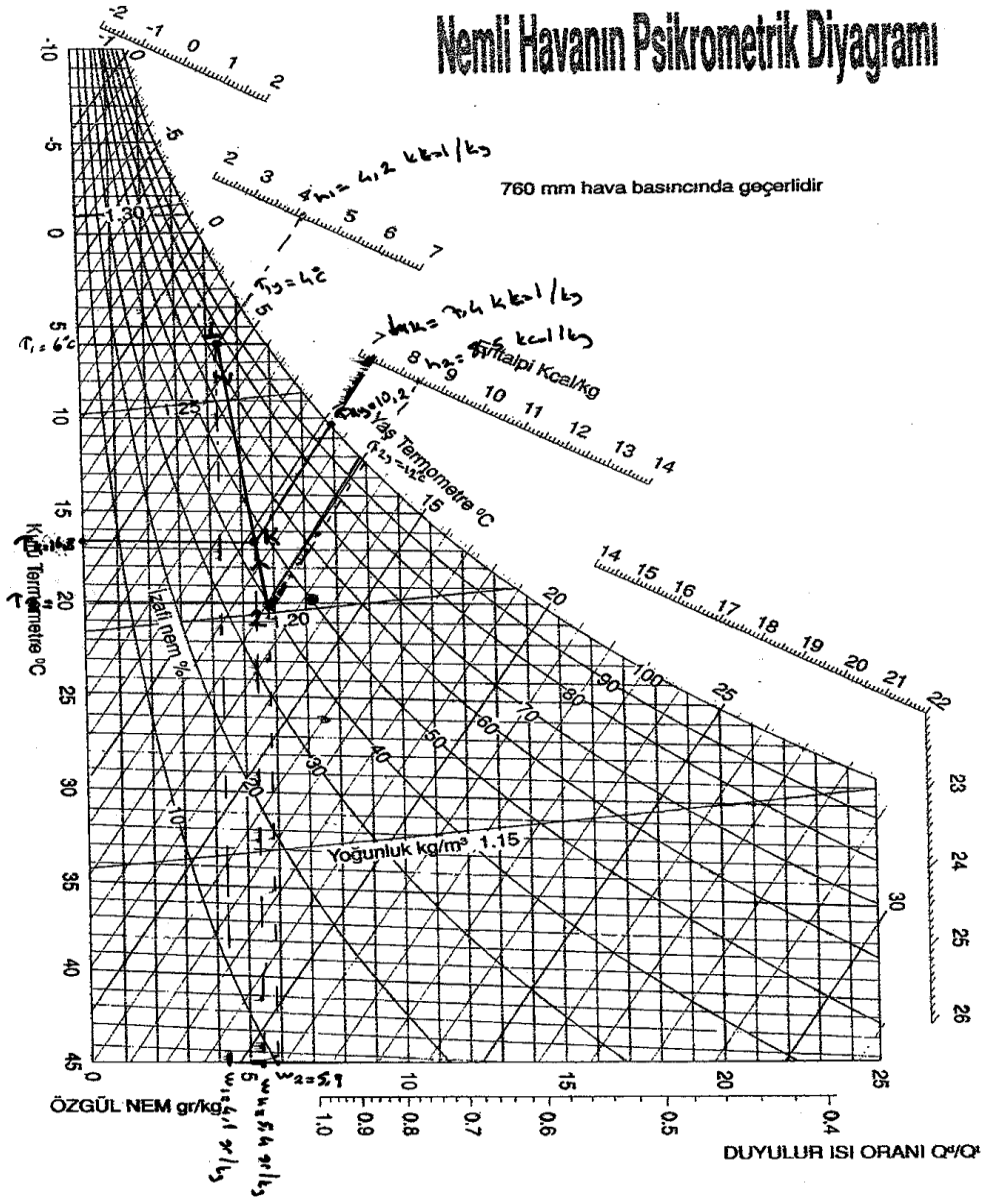
$$T_1=6^\circ\text{C} \quad T_2=20^\circ\text{C} \quad T_k=16.8^\circ\text{C}$$

$$T_{1y}=4^\circ\text{C} \quad T_{2y}=12^\circ\text{C} \quad T_{ky}=10.2^\circ\text{C}$$

$$H_1=4.2\text{kcal/kg} \quad H_2=8.5\text{kcal/kg} \quad H_k=7.4\text{kcal/kg}$$

$$W_1=4.1\text{gr/kg} \quad W_2=5.9\text{gr/kg} \quad W_k=5.4\text{gr/kg}$$

Duyulur ısıtma bir klima santralinde havanın duyulur ısı miktarını artırmak için sulu serpantiler, buhar serpantileri, elektrikli ısıtıcılar veya ısı pompaları kullanılmaktadır. Nem kaybı veya kazancı olmaksızın nemli hava ısıtılırsa bu işlem duyulur ısıtma olarak adlandırılır.



Şekil 5.9. Örnek 5.2. nin psikrometrik diyagramda gösterimi

Örnek 5.3

Dış ortam sıcaklığı 25°C kuru termometre sıcaklığındaki ve %40 bağıl nemdeki bir yerde bulunan bir ortamın ısı kaybı 10 kW olarak hesaplanmıştır. Isı kaybını karşılamak için dış hava 42°C sıcaklığına kadar ısıtılarak odaya girmektedir. Odaya gönderilmesi gereken hava miktarını bulunuz?

Çözüm 5.3

$$1\text{kcal/kg}=4.186\text{ kJ/kg}$$

Psikometrik diyagramdan h_1 ve h_2 değerleri bulunur.

$$Q_{12}=m_h \times (h_2 - h_1)$$

$$10 = m_h \times (14.7 - 10.8) \times 4.186$$

$$m_h = 0.61\text{ kg/s} = 2196\text{ kg/h}$$

$$V_h = 2196 / 1.2 = 1830\text{ m}^3/\text{h}$$

Örnek 5.4

Bir klima santralinde kullanılan ısıtıcı serpantin kapasitesi 96 kW'dır. 14400 m³/h debisindeki hava 4°C kuru termometre ve %60 bağıl nem şartlarında ısıtıcı serpantine girmektedir. Havanın ısıtıcı serpantinden çıkış sıcaklığını bulunuz?

$$1\text{kcal/kg}=4.186\text{ kJ/kg}$$

Hava miktarı

$$m_h = V_h \times \rho_h$$

$$m_h = 14400 \times 1.2 = 17280\text{ kg/h} = 4.8\text{ kg/s}$$

h_1 ve h_2 değerleri psikometrik diyagramdan bulunur.

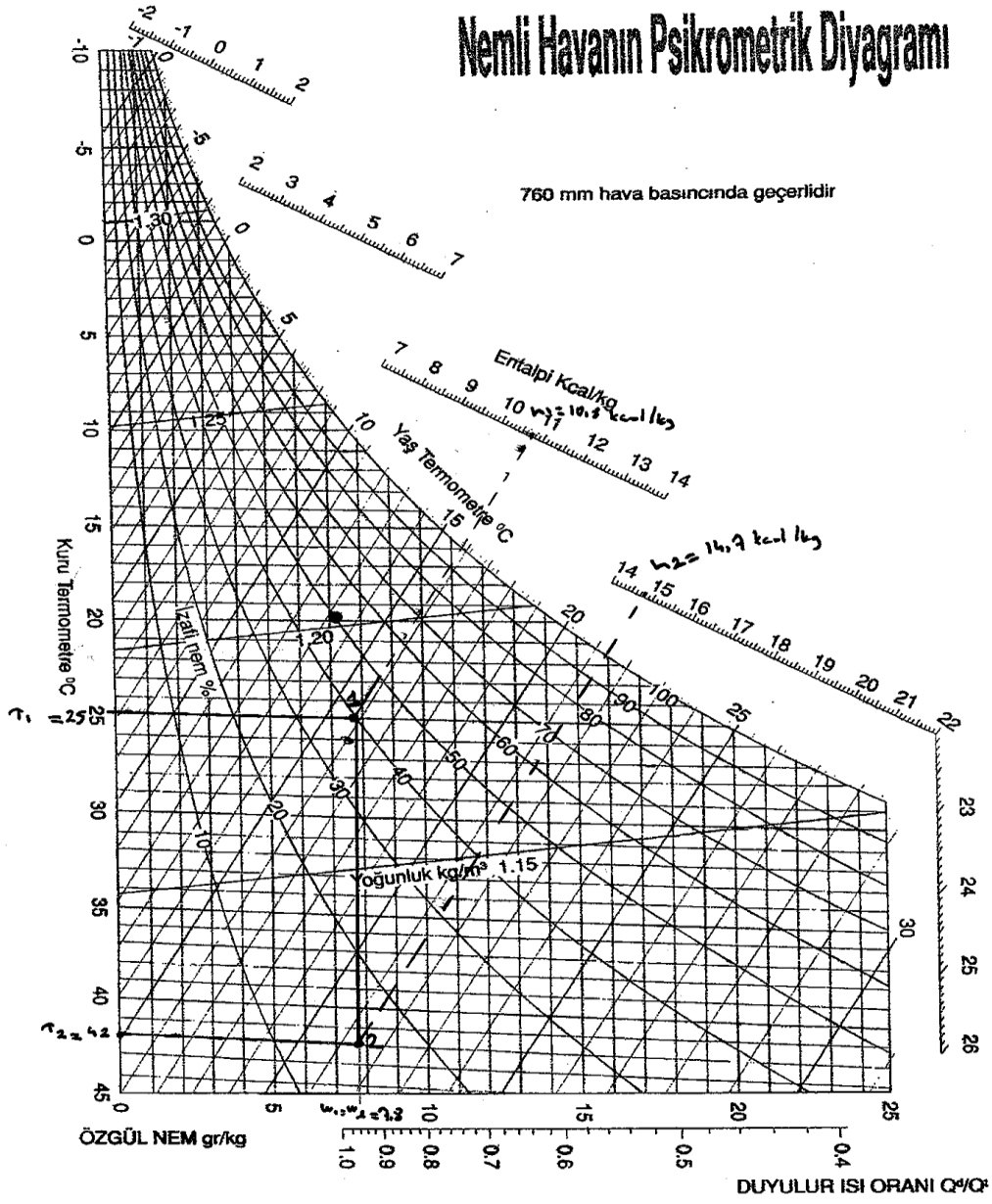
Isıtıcı çıkışındaki havanın entalpsi

$$Q_{12} = m_h \times (h_2 - h_1)$$

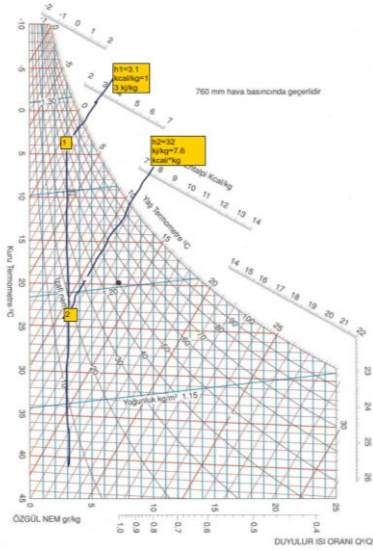
$$96 = 4.8 \times (h_2 - 12) \rightarrow h_2 = 32\text{ kJ/kg}$$

Isıtıcı çıkışındaki havanın psikometrik diyagramı

$h_2 = 32\text{ kJ/kg}$ değeri için psikometrik diyagramdan $t_2 = 23.5^\circ\text{C}$ olarak bulunur.



Şekil 5.10. Örnek 5.3. ün Psikrometrik diyagramda gösterimi



Örnek 5.4

3) duyulur soğutma:

Bir klima santralinde havanın soğutulması işleminde, santrale giren hava, bir soğutucu serpantin içerisinde geçebilir. Soğutucu serpantin içerisinde geçen hava ısısını, borular içerisinde geçen akışkana vererek soğur. Serpantinden geçen havanın ısısını alarak ısınan su bir soğutma makinesinde soğutulur, bir pompa yardımı ile serpantinden geri gönderilir. Bazı uygulamalarda soğutucu serpantin olarak, mekanik buhar sıkıştırımlı bir soğutma devresinin buharlaştırıcısı kullanılır. Buharlaştırıcı içerisinde dolaşan soğutucu akışkan, buharlaştırıcı kanatları arasında geçen havanın ısısını çekerek, soğutma işlemini gerçekleştirir.

Nem kaybı veya kazancı olmaksızın nemli hava soğutulursa bu işlem duyulur soğutma olarak adlandırılır.

Örnek 5.5

Bir klima santralinin soğutucu serpantine 4200m³/h debisindeki hava 40⁰C kuru termometre ve %30 bağıl nem şartlarında girmektedir. Havanın 20⁰C kuru termometre sıcaklığına kadar soğutulması istendiğine göre gerekli olan soğutma kapasitesini bulunuz.

Çözüm 5.5

Hava miktarı:

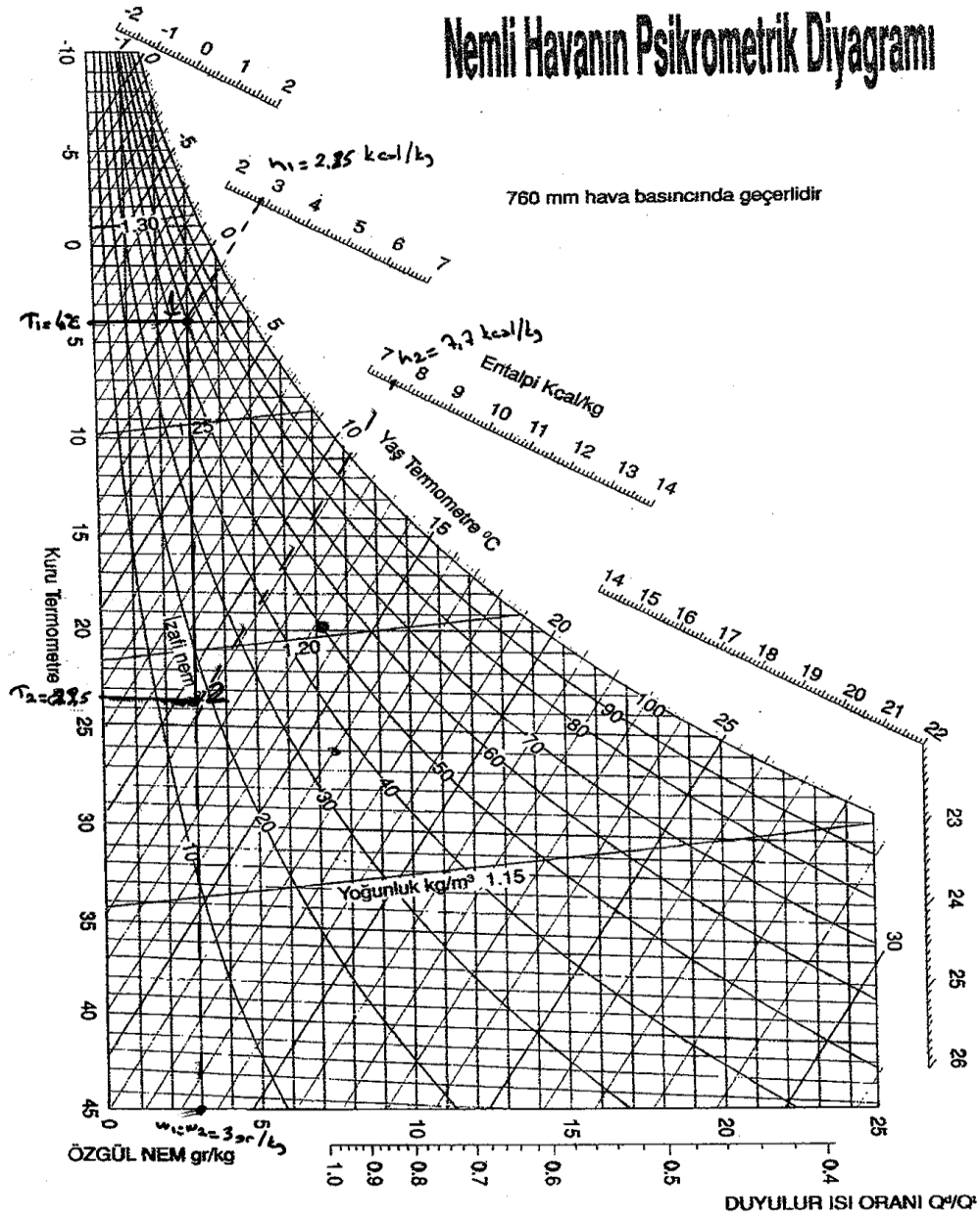
$$M_h = 4200 \cdot 1.2 = 5040 \text{ kg/h} = 1.4 \text{ kg/s}$$

H1 ve h2 değerleri psikrometrik diyagramdan bulunur.

Soğutucu serpantin kapasitesi:

$$Q_{12} = m_h \cdot (h_1 - h_2)$$

$$Q_{12} = 1.4 \cdot (18 - 13.1) \cdot 4.186 = 28.7 \text{ kW}$$



Şekil 5.11. Örnek 5.4 ün Psikriometrik diyagramda gösterimi

İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ



5.1.Lokal İklimlendirme Cihazları

5.2.Merkezi İklimlendirme Cihazları

5.1.Lokal İklimlendirme Cihazları

- . Pencere Tipi Cihazlar
- .Salon Tipi Paket Cihazlar
- .Çatı Tipi Paket Cihazlar
- .Konsol Tipi Cihazlar
- .Split-Ayrık Cihazlar

5.1.1.Pencere Tipi Cihazlar:

İlk klima modelidir. Pencere veya duvara monte edilen tek bir kutu şeklindedir. Cihazın bir kısmı iç ortamda, bir kısmı da dış ortamda kalır. Taze hava, nem alma, programlanabilme ve uzaktan kumanda imkânları sağlayan modelleri mevcuttur.

Küçük ve bağımsız ortamların iklimlendirilmesi için kullanılır. Elle veya otomatik ayarlanabilen panjur ayarı ile hava akımının homojen dağılımı sağlanır. Cihazın yerine konulmasından sonra sadece elektrik ve yoğun suyu bağlantısı yapılır. Sadece soğutma, soğutma ve elektrikli ısıtma, soğutma ve ısıtmalı (ısı pompası)tipleri mevcuttur. Özellikleri:

- *Küçük ortamlar için uygundur
- *Gürültülü çalışır
- *Pencereyi kapattığın için görüntüyü bozar

*Havalandırma yönünden ortamda ölü hacimler kalabilir.

Bu cihazlarda kendi aralarında yalnız soğutma, soğutma ve direnç ile ısıtma, soğutma ve ısı pompası (heat pump) ile ısıtma yapabilmelerine göre ayrılırlar.

Yalnız soğutma yapabilen cihazlar dış sıcaklığın yüksek olduğu zamanlarda kullanılarak içeride serin ve rutubetsiz ortamlar sağlarlar. Soğutmanın yanında ısıtma da yapan cihazlar kışın iklim ve binanın şartlarına göre ısıtma ihtiyacının bir kısmını veya tamamını karşılayabilirler.

Eğer ısıtma, direnç ile sağlanıyorsa cihazın vereceği ısı dış sıcaklıktan bağımsızdır. Dirençli cihazlar ısı pompası özelliğindeki cihazlara göre ucuzlardır. Ancak ısıtma yaparken bir ısı pompasına göre daha verimsizlerdir ve daha çok elektrik harcarlar.

Isı pompalarının avantajı, aynı miktar ısıtmayı dirençli ısıtmadan daha az elektrik harcayarak yapmalarıdır. Elektrik sarfiyatındaki bu düşüş, dış hava sıcaklığına ve nemine bağlı olarak 1/3 oranına kadar erişebilir. Ancak dış ortam şartları kötüleştikçe bu avantaj azalır.

Ülkemizin çok soğuk olmayan bölgelerinde ısı pompası kullanımı, direnç ısıtmasına göre elektrik sarfiyatı açısından yararlı olmaktadır.

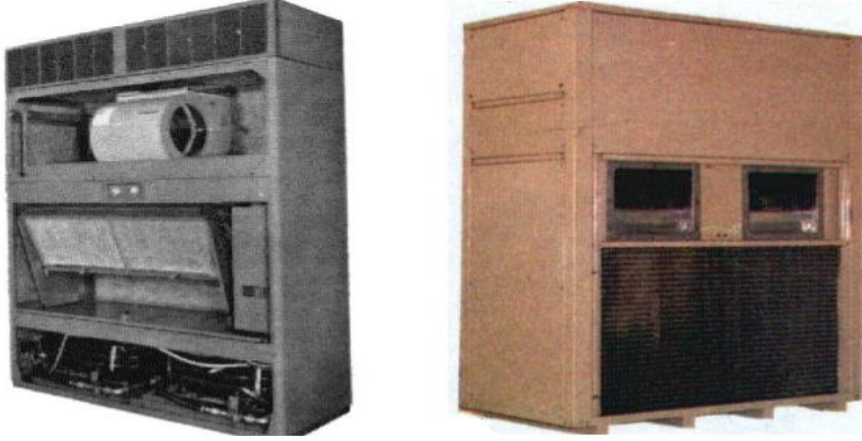
Isıtmayı hem ısı pompası hem de direnç ile yaparak iki sisteminde yararlarını sunan cihazlarda mevcuttur.

Isıtmanın tamamını veya bir kısmını klima cihazları ile karşılamamanın kışın havalandırma imkânını da beraberinde getireceği unutulmamalıdır.



Şekil 5.13. Pencere Tipi Klima

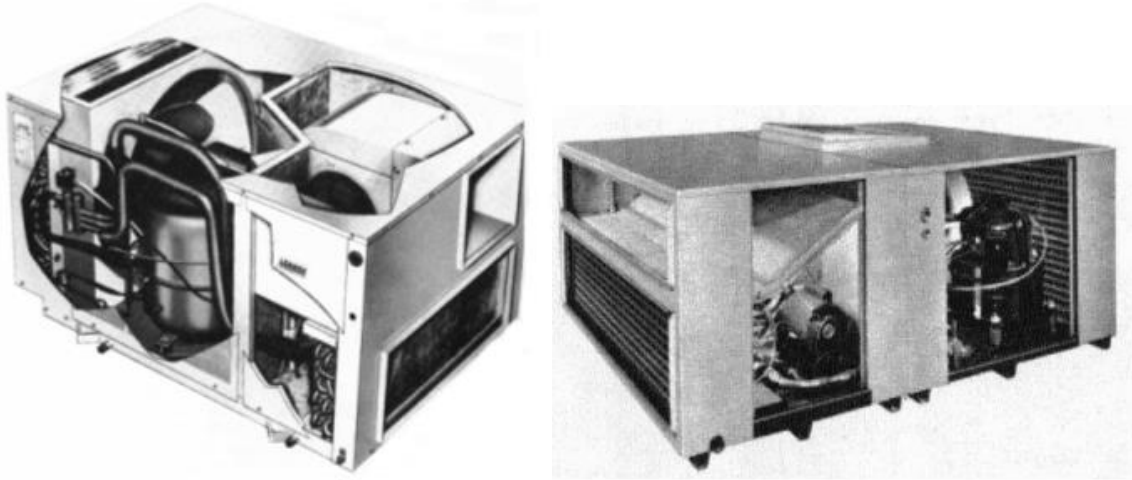
- Dış üniteleri hava veya su soğutmalı olabilir.
- Isıtma sistemi ısı pompası şeklinde veya elektrikli ısıtıcı ile sağlanır.



Şekil 5.16. Salon Tipi Klima

3.Çatı Tipi Paket Klima Cihazları

Bu cihazların tasarım ve uygulamaları oldukça geniştir. Restoran, kafeterya ve banka gibi mahâller için yaygın uygulama alanı vardır. Sistem ekipmanlarının tümü bir kabin içinde çatıya veya dış ortama yerleştirilir. Sistem, iklimlendirilecek ortam ile gidiş-dönüş kanalları yardımıyla irtibatlandırılmıştır. Bu sistemler genellikle hava soğutmalı kondenser, fanlar, soğutma serpantini, bazen elektrik veya gazla çalışan ısıtma serpantininden oluşur. Ortamdaki hava dağılımı hava kanallarıyla veya pencere tipi klimalarda olduğu gibi doğrudan yapılabilir.



Şekil 5.17. Çatı tipi paket klima cihazlar

5.1.4.Konsol Tipi Cihazlar

Konsol tipi klima cihazları döşeme tipi split klimalara benzer. Ancak tek fark dış ünite ve kondenser (sulu tip) iç ünite içinde bulunur. Bu cihazlar split cihazlara göre;

- Daha gürültülü çalışırlar
- Su tesisatı gerektirir
- Su sarfiyatları yüksektir
- Aynı güce göre elektrik sarfiyatları yüksektir



Şekil 5.18. Konsol Tipi Cihazlar

5.1.5.Split Tip Cihazlar

A. UYGULAMA ŞEKLİNE GÖRE SINIFLANDIRMA

1. Duvar tipi
2. Yer tipi
 - a) Salon tipi
 - b) Konsol tipi
3. Tavan tipi
 - a) Gizli tavan tipi
 - b) Asma tavan (kaset) tipi
 - c) Normal tavan tipi
4. Kanallı tip

B. İÇ ÜNİTE SAYISINA GÖRE SINIFLANDIRMA

1. Tek iç üniteli sistemler
2. Çok iç üniteli sistemler (multi split)

Split – duvar tipi cihazlar

Duvar tipi split klimalar evler, bürolar ve küçük işyerleri için oldukça uygundur. İç ortamın durumuna göre en uygun duvara monte edilirler. Bu cihazların pencere tiplerine göre avantajları:

- Sessiz çalışırlar (genleşme cihazları dahi dış ünite de bulunur)
- İç mimariyi çok etkilemezler.
- Havalandırma daha homojen yapılıdır.
- Kapasite aralıkları daha geniştir.
- Bakımları daha kolaydır.



Şekil.5.19. Split - Duvar tipi cihazlar

Split – Yer – Tavan Tipi Cihazlar

Bu cihazlar, küçük büro ve işyerlerinde pencere altlarına veya tavana monte edilir. Belli bir kısımdan emdikleri havayı üst taraftan damper yönlendirmesiyle ortama verirler. Bu tip cihazlar gerek döşemede ve gerekse tavanda iyi görüntü vermezler.



Split – Asma Tavan Tipi Cihazlar

Bu cihazlar iş ve alış-veriş yerleri için asma tavan ile çok uyumlu bir görüntü sağlarlar. Havayı orta kısımlarından emer, iki veya dört ayrı yönden üfleme yaparlar. Kapasiteleri geniş bir aralıktadır.



Şekil 5.21. Split asma tavan tipi cihazlar

Normal Tavan Tipi Cihazlar

Bu tipler tavana monte edilir genellikle tek yönlü üfleme yaparlar. Kapasite kademeleri yüksektir. Olumsuz yönleri tavanda görüntü kirliliği oluşturmalarıdır.



Şekil 5.22. Normal Tavan Tipi Cihazlar

Split Kanal Tipi

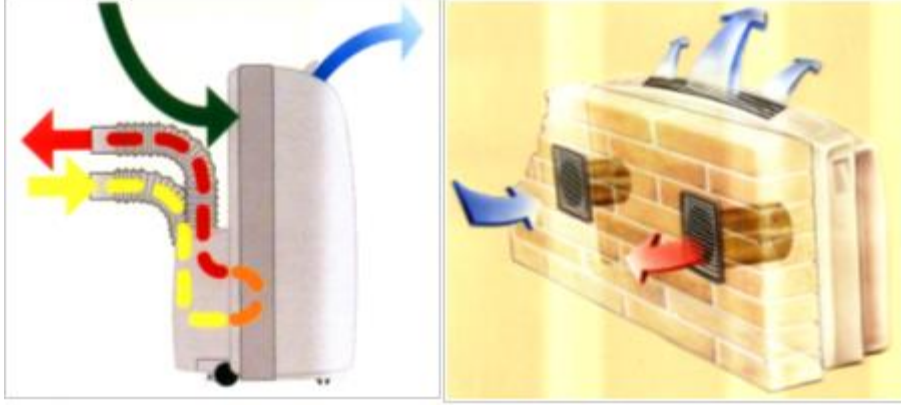
Kanal tipi cihazlar, kat yüksekliği yüksek, asma tavanlı iş ve alış-veriş merkezlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu cihazlar ile ortama gereken taze hava ihtiyacı karşılanabilir. Cihazın iç ünitesi tavan arasına konur. Şartlandırılmış hava esnek kanallar yardımıyla difüzör ve menfezlere verilir. Kapasite aralıkları oldukça geniştir.



Şekil 5.23. Kanal Tipi Split klimalar

Dış Ünitesiz Klimalar:

Bu cihazlar tarihi binalarda dış görüntü kirliliği oluşturmaz, kondenser için gereken havayı dışarıdan iki küçük çıkış kanalı yardımıyla alır. Kompresörün iç üniteye olması gürültü şiddetini biraz arttırmaktadır.



Şekil 5.24. Dış Ünitesiz Klima

Çoklu İç Üniteli Sistemler

Bir dış üniteye 24'e kadar iç ünite bağlanabilir. Bu cihazlar merkezi klima sistemlerinin ciddi bir alternatifi olmuştur. Tek merkezden kontrol ve bina yönetim sistemine entegre edilebilme, geri ısı kazanımı, enerji tasarrufu, aynı anda hem ısıtma hem de soğutma yapabilme özellikleriyle tercih nedeni olmuştur.



Şekil 5.25. Çoklu İç Üniteli Klima

KLİMA DIŞ ÜNİTE MONTAJ YERİNİN SEÇİLMESİ

1. Klima yanıcı gazların sızıntı yapabileceği yerlerin yanına monte edilmemelidir.
2. Dış cihaz havalandırması iyi olan mümkünse gölgede kalan bir yere monte edilmeli,
3. Dış ünitenin çıkardığı sıcak-soğuk havadan ve gürültüden rahatsız olunmayacağı bir yer seçilmelidir.
4. Dış ve iç ünitenin sağlam ve titreşim yapmayacak şekilde monte edilmesi gerekir.

DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN KONULAR

1. Elektrik kablosunun çekilmemesi gerekir.
2. Otomatik sigorta ve kabloyu zaman zaman kontrol etmek gerekir.
3. Çubuk ve benzeri cisimlerin cihaza sokulmaması gerekir.
4. Odayı arada bir havalandırmak gerekir.
5. Böcek ilacı gibi spreylere cihaza sıkmamak gerekir.
6. Uzun süre direkt hava akımı altında kalmamak gerekir.
7. Cihazın hava giriş-çıkış deliklerini kapatmamak gerekir.

CİHAZIN VERİMLİ ÇALIŞMASI İÇİN NELER YAPILMALI

1. Uygun bir oda sıcaklığına ayarlamak gerekir.
2. Direkt güneş ışığından ve hava cereyanından kaçınmak gerekir.
3. Cihazı gerçekten ihtiyaç olduğu zamanlarda çalıştırmak gerekir.
4. Filtreleri düzenli olarak temizlemek gerekir.
5. Hava akımı yönünü doğru ayarlamak gerekir.
6. Mümkün olduğunca ısı kaynaklarını odanın dışında tutmak gerekir.

DIŞ ÜNİTENİN MONTAJI

1. “L” şeklindeki dış ünite sehpaları, terazisinde dübellerle monte edilir.
2. Dış üniteyi sehparın üzerine koymadan önce dış ünitenin ayaklarına lastik takozlar takılır.
3. Dış ünite sehpa üzerine yerleştirilerek bağlantı civatalarının somunları sıkılır.

İÇ ÜNİTE MONTAJI

1. İç ve dış üniteler kutularından çıkarılır ve montaj malzemeleri hazırlanır.
2. Kablo bağlantılarını kolaylaştırmak için iç ünite koruma panjurları çıkartılır.
3. Sac levha, klima montajı yapılacak olan duvara yerleştirilir, teraziye alınır ve delikleri işaretlenir.
4. Delikler delinip dübeller yerleştirilerek sac levha sabitlenir.
5. Drenaj, boru ve kablo hattı dışa doğru eğimli şekilde kademeli olarak genişletilir
6. İç ünite kablo bağlantıları bitince iç ünite yerine yerleştirilir.
7. Bakır boru bağlantıları ek boruların uçlarına havşa açılarak yapılır .
8. Drenaj hattı en yakın yağmur kolonuna bağlanır
9. Servis valfinin açılarak sisteme gaz verilmesi
10. Boru ve kablo bağlantıları için dekoratif plastik kanallar yerleştirilir .
11. Montaj bittikten sonra test çalışması yapılır .

5.2. MERKEZİ İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ

Bu tür sistemler daha çok büyük binaların iklimlendirilmesi için kullanılır. Bir kazan ve radyatörlerden oluşan bir kalorifer tesisatına benzetilebilir. Kazan yerine bir klima santrali, radyatörler yerine de havalandırma kanalları, menfezleri ve/veya fanlı serpantin üniteleri (fan-coil unit) vb. cihazlar bulunmaktadır. Sistemin boru veya kanalları içerisinde su, hava veya bir soğutucu akışkan dolaştırılarak ısıtma-soğutma-havalandırma ve nem kontrolü sağlanır.

Merkezi sistemler;

- Tamamen Havalı sistemler
- Tamamen Sulu sistemler
- Sulu ve Havalı sistemler

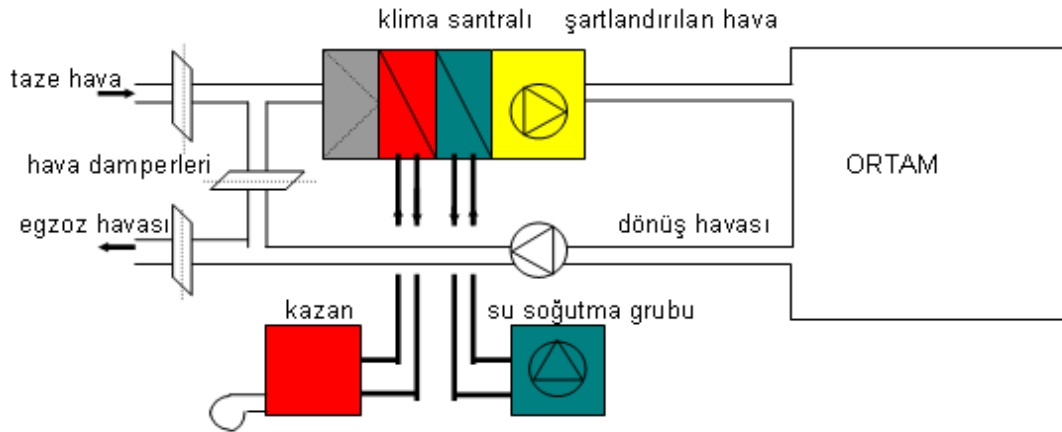
olmak üzere üç ana sisteme ayrılır.

5.2.1. Tamamen Havalı Sistemler

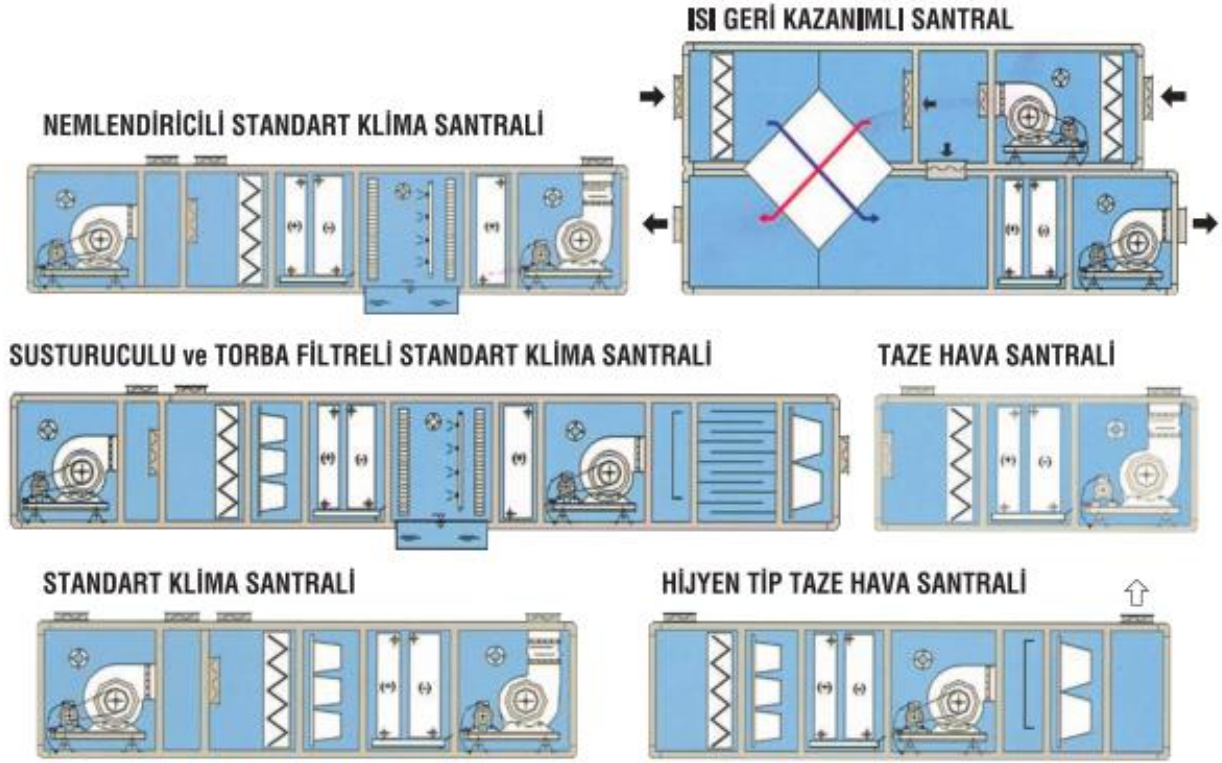
Merkezî bir klima santralinde şartlandırılan havanın kanallar yardımıyla iklimlendirilecek ortama gönderilmesidir. Özellikle büyük mahâllerin iklimlendirilmesinde kullanılır. Merkezî klima santrali karışım hücresi, filtre, aspiratör, vantilâtör, ısıtıcı batarya, soğutucu batarya ve nemlendirici hücrelerden meydana gelir. Havanın soğutulması, serpantinde soğuk su veya doğrudan soğutucu akışkan dolaştırılarak sağlanır.

Tamamen havalı sistemler kendi aralarında şu alt gruba ayrılmaktadır;

- Yeniden ısıtma terminalli
- İki kanallı
- Değişken hava debili



Şekil 5.26. Tamamen Havalı Sistem Şeması



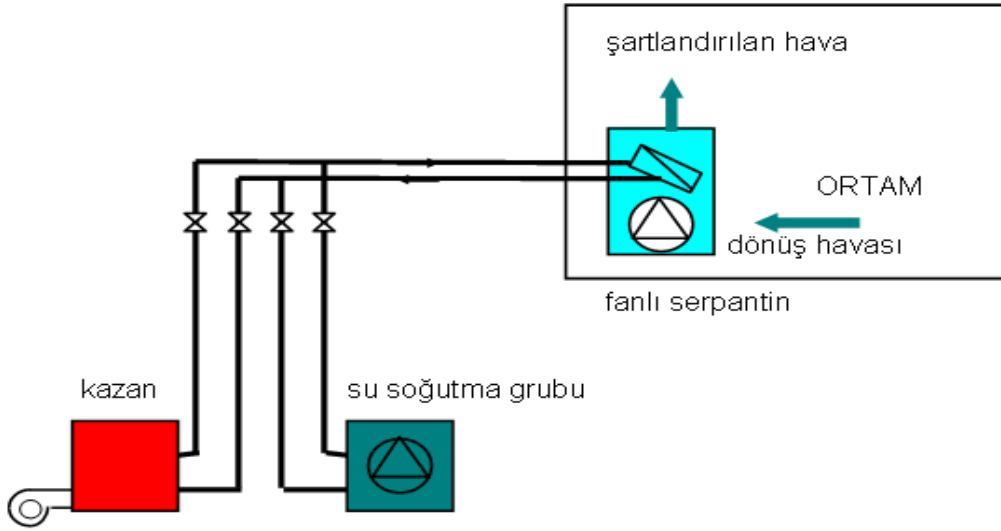
Klima Santrali çeşitleri

5.2.2.Tamamen Sulu Sistemler

Tamamen sulu sistemler çok odalı binalarda, ofis binaları, otel, motel, hastane ve apartmanlarda yaygın olarak kullanılır. Her bir odaya yerleştirilen hava şartlandırma cihazı (fan coil) ile odaların soğutulması sağlanır. Fanlı serpantinlerde dolaşan su, merkezî bir soğutma grubunda (chiller) pompalar yardımıyla tesisata gönderilir. Her bir odanın sıcaklığı bir termostat yardımıyla kontrol edilebilir.

Tamamen sulu sistemler kendi aralarında şu alt gruplara ayrılmaktadırlar;

- İki borulu
 - Üç borulu
 - Dört borulu
 - Radyal borulu
- Sistemler olarak ayrılır.



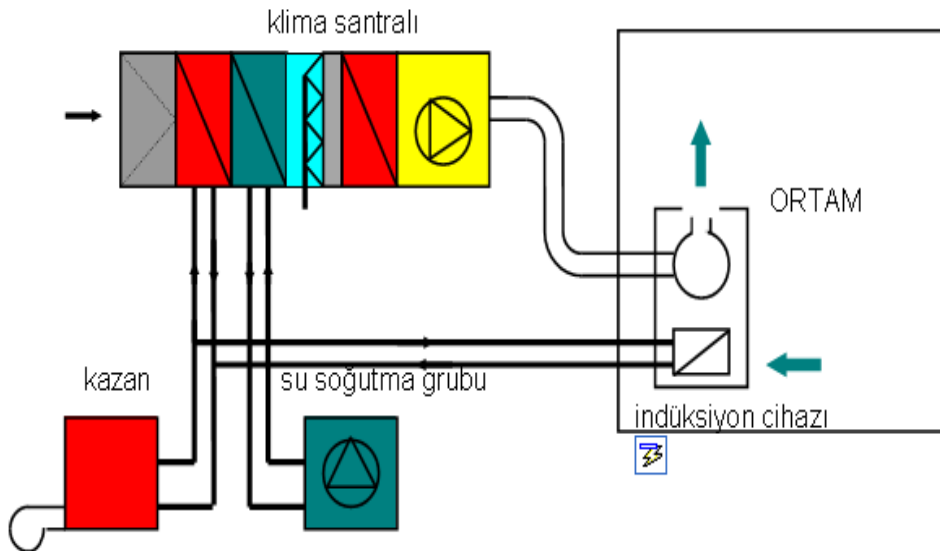
Şekil 5.27. Sulu Sistem Şeması

5.2.3. Sulu- Havalı Sistemler

Sulu ve havalı sistemler bir merkezde şartlandırılan temiz havanın ve merkezî bir soğutma grubunda soğutulan suyun, fanlı serpantin birimlerine gönderilerek mahâllerin, insanların temiz hava ihtiyaçlarını da karşılayarak soğutulması işlemidir.

Sulu- havalı sistemler şu alt gruba ayrılır;

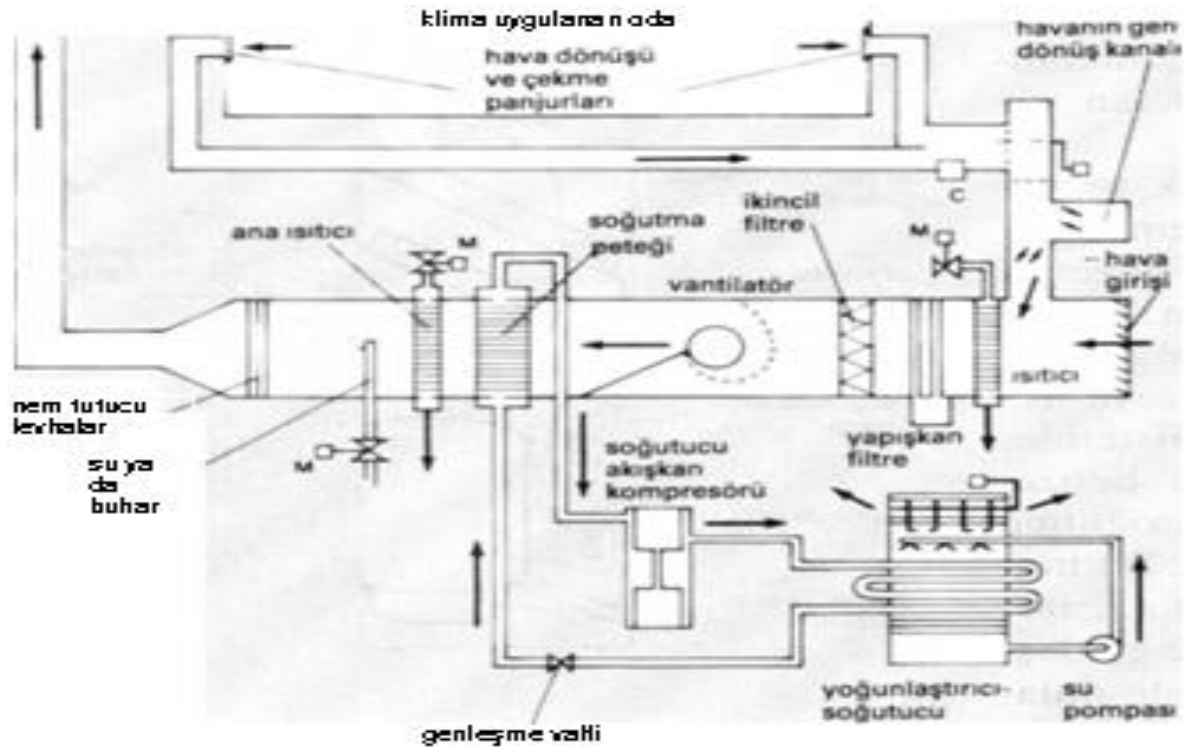
- İndüksiyonlu tip
- Fanlı- Serpantinli tip



Şekil 5.28. Sulu- Havalı sistem şeması

ENDÜSTRİYEL VE KONFOR KLİMASI UYGULAMALARI

Bir mahallin duyulur ve gizli ısı yükleri hesaplandıktan sonra projelendirilecek mahallin duyulur ve gizli ısı yüklerini karşılayacak cihaz seçimi için psikrometrik diyagramdan yararlanılması gerekmektedir. Endüstriyel ve konfor kliması uygulamalarında psikrometrik çalışması yapılarak , klima santrali seçilir. Mahal ile istenilen şartların sağlanması için klima santralinde iç ve dış hava karışımı bir takım işlemlerden geçirilir. Klima santralinde amaç, karışım havasının bir veya bir dizi uygun işlemle istenilen üfleme şartlarına getirmektir.



Şekil 5.29. Tam Klima (yaz + kış) Santrali

İklimlendirme İşlemleri

A) Kış Kliması Uygulaması

Kış klima santrali, kış şartlarında konforun veya herhangi bir mamulün daha verimli bir şekilde üretilmesi için gereken uygun ortam koşullarının sağlanması amacıyla kurulan bir klima santralidir.

Kış kliması hesabında sırasıyla aşağıdaki yol izlenir :

1. İç (I) ve dış (D) ortam şartlarının psikrometrik diyagram üzerinde yerleri belirtilir.
2. Taze hava miktarını (V_D) belirtmek için mahalde bulunan insan sayısı ve o mahal için kişi başına gerekli taze hava miktarı bulunup, bu iki değer çarpılır. Bulunan değer, o mahal için gerekli olan toplam taze hava miktarıdır. Santrale alınan taze hava miktarı kadar hava santralden dışarı egzoz edilecektir. Mahalden geri beslenecek hava miktarı mahale beslenen toplam hava miktarı ile dış ortamdaki alınan taze hava miktarı arasındaki fark kadardır.

3. Sisteme alınacak taze hava miktarı ve mahalden santrale geri beslenen besleme havası miktarından yararlanılarak karışım havasının özellikleri belirlenir.
4. Eğer ön ısıtıcı konmuşsa (bu durumda karışım şartları (K) dış ortam havası şartlarına (D) yakındır, karışım noktasından (K) itibaren özgül nem sabit kalacak şekilde sağa doğru (A noktasına kadar) ısıtma işlemi çizilir.
5. Eğer ön ısıtıcı konmamışsa (bu durumda karışım şartları (K) iç ortam havası şartlarına (I) yakındır), karışım noktasından (K) itibaren yaş termometre sıcaklığı sabit kalacak şekilde adyabatik olarak su ile nemlendirme prosesi çizilir.
6. Isıtma prosesinin bitiminde (A) yaş termometre sıcaklığı sabit kalacak şekilde su ile adyabatik olarak nemlendirme prosesi çizilir.
7. Nemlendirici çıkışından (B) daha önce belirlenen üfleme havası sıcaklığına kadar ısıtılır.
8. DIO hesaplanarak, DIO doğrusu çizilir ve paralel olarak iç hava şartlarına (I) taşınır.
9. Son ısıtıcıdan gelen doğru ile DIO doğrusunun kestiği nokta (C) mahale üfleme noktasıdır.
10. Mahallin duyulur ve gizli ısı yüklerinin tam olarak karşılanması için, üfleme havası sıcaklığı (c) ve iç ortam şartlarından çizilen (I), her ikisi de DIO doğrusu üzerinde olmalıdır.

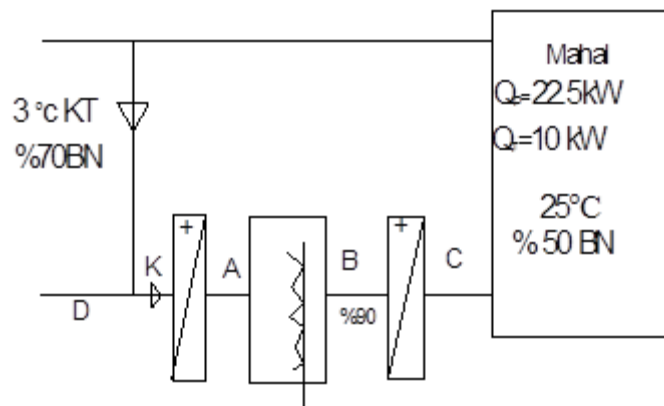
Örnek 5.6

Bir mahal için kış kliması uygulaması yapılacaktır. Uygulama için aşağıdaki veriler bilinmektedir .

- Mahallin toplam ısı kaybı 10kW, duyulur ısı kaybı 22.5 kW
- Dış ortam şartları: 3 °C KT , %70 BN
- İç ortam şartları: 25 °C , %50 BN
- Toplam hava debisinin %80'i taze hava olarak dış ortamdan alınmaktadır.
- Üfleme havasıyla mahal havası arasında sıcaklık farkının 15 °C olması istenmektedir.
- Nemlendirici çıkış şartları %90 BN alınacaktır.

Yukarıdaki verilere dayanarak aşağıdaki istenilenleri bulunuz ?

- a) İşlemi psikrometrik diyagramda gösteriniz
- b) Sistemde dolaşan toplam hava miktarını hesaplayınız
- c) Nemlendiriciden havaya püskürtülen su miktarını hesaplayınız.
- d) Ön ısıtıcı ,son ısıtıcı kapasitesini hesaplayınız.



Çözüm 5.6.**Karışım sıcaklığı**

$$T_K = THO \times T_D + (1 - THO) \times T_I$$

$$T_K = 0.80 \times 3 + (1 - 0.80) \times 25 = 7.4^\circ C$$

Duyulur ısı oranı

$$DIO = \frac{2500}{1 - 2.25} = -2000 \text{ kJ/kg}$$

Gerekli değerler Psikrometrik diyagram okunarak ;

Toplam hava miktarı

$$\dot{m}_h = \frac{\dot{Q}_T}{(h_c - h_I)} = \frac{10}{(58 - 51)} = 1.11 \text{ kg/s} = 4000 \text{ kg/h}$$

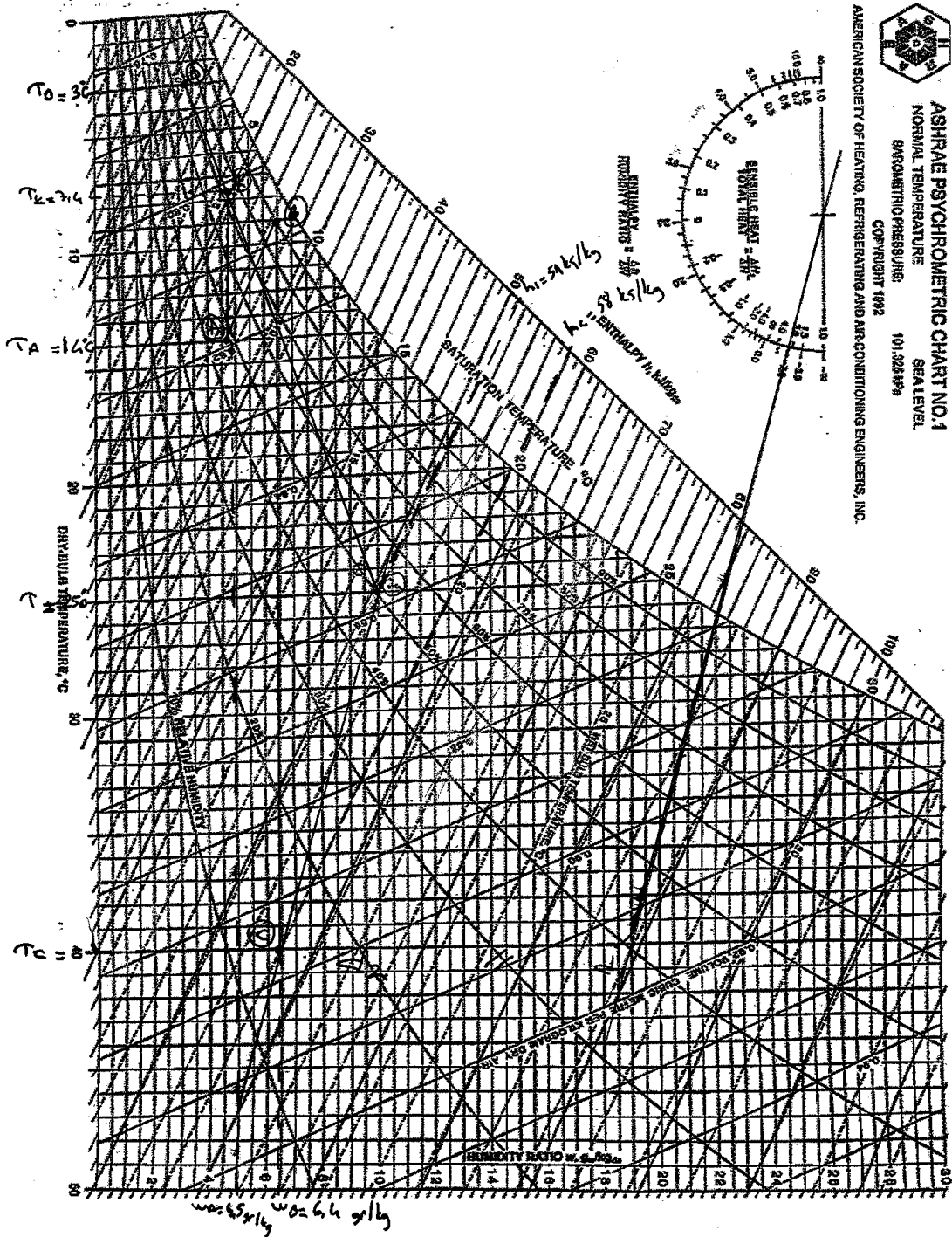
$$\dot{V}_h = \frac{\dot{m}_h}{\rho_h} = \frac{4000}{1.2} = 3333 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Püskürtülen Su Miktarı

$$\dot{m}_w = \dot{m}_h \times (w_A - w_B) = 4000 \times (6.5 - 4.5) \times 10^{-3} = 80 \text{ kg/h}$$

Ön ısıtıcı Kapasitesi

$$\dot{Q}_{\text{Ön}} = \dot{m}_h \times (h_A - h_K) = 1.1 \times (26.5 - 19.5) = 7.77 \text{ kW}$$



Şekil 5.30. Örnek 5.6' nın Psikrometrik diyagramda gösterilmesi

a) Yaz Kliması Uygulaması

Yaz kliması santralinde mahalden gelen havanın bir kısmı ile taze hava olarak alınan dış hava karışım odasında karıştırılarak soğutucu serpentine gönderilir. Daha sonra soğutucu serpantinde soğuyan hava, hava kanalları vasıtasıyla mahale ulaştırılır.

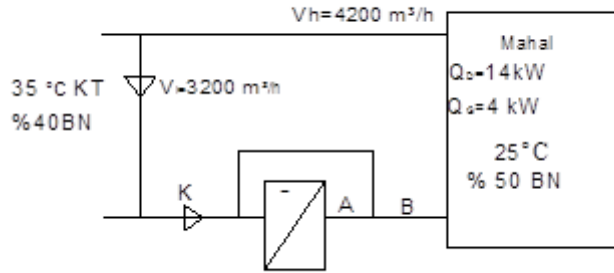
Yaz klimasında tavsiye edilen oda sıcaklığı ile üfleme sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkı 6-10 °C değerleri arasındadır. Eğer, sıcaklık farkı belirtilen bu değerlerden yüksek ise o zaman karışım havasının bir kısmı evaporatör çıkışına by-pass edilmelidir. Santrale giren havanın bir kısmının soğutucu serpantinden geçirilerek entalpisi değiştirilir ve havanın diğer kısmının serpantin dışından dolaştırılarak entalpisi değişmezse, entalpisi değişmeyen havaya ‘by-pass havası ‘ denir.

Yaz kliması hesabı aşamaları :

1. Yaz kliması hesabında öncelikle mahalın bulunduğu şehrin dış hava tasarım değerleri bilinmelidir. Dış havanın özelliklerini belirten nokta (D), diyagram üzerinde dış hava kuru ve yaş termometre değerlerinden yararlanılarak işaretlenir.
2. Mahal içerisinde istenen şartlar da (I) aynı şekilde diyagram üzerine işaretlenir.
3. Dış ve iç şartları diyagram üzerinde belirtildikten sonra bu iki nokta bir doğru ile birleştirilir.
4. Karışım havası tespit edilerek çizilen bu doğru üzerine işaretlenir.
5. Daha önce tespit edilen duyulur ve gizli ısı kazançlarından yararlanılarak , duyulur ısı oranı bulunur. Duyulur ısı oranının klasik proses uygulamalarında 0.7 ile 1 arasında kalması istenir. Duyulur ısı, ortamın kuru termometre sıcaklığını doğrudan etkileyen bir ısı olup, gizli ısı ile ortam arasındaki nem miktarının artmasıyla kendini gösterir. Gizli ısının yüksek olması toplam ısı miktarını etkileyeceğinden, konfor kliması uygulamalarında istenmeyen bir durumdur.
6. Referans noktasından çizilen DIO doğrusu, iç şartlardan (I) geçecek şekilde paralel çizilir.
7. Üfleme havası şartları (B), (I) noktasından geçen DIO doğrusu üzerinde olacak şekilde işaretlenir. Yaz prosesi konfor klimasında tavsiye edilen oda sıcaklığı ile üfleme sıcaklığı arasında sıcaklık farkı 6-10 °C değerleri arasında olması tavsiye edilmektedir. Endüstriyel uygulamalarda ise bu değer 12 °C civarındadır. Eğer sıcaklık farkı, belirlenen bu değerlerden yüksek ise o zaman karışım havasının bir kısmı evaporatör çıkışına by-pass edilmelidir.
8. Karışım noktasından, yeri belirlenen üfleme havası şartlarına (B) bir doğru çizilerek işlem sınırlanır.(B) noktasından geçen bu doğrunun %100 bağıl nem eğrisini kestiği nokta (Ax) ise ‘‘Cihaz Çiğ Noktası (CÇN) sıcaklığıdır. Bu nokta aynı zamanda serpantin yüzey sıcaklığını ifade eder. Pratikte cihaz çiğ noktası yaklaşık %90 bağıl nemi kesen nokta olarak (A noktası) alınır.

Örnek 5.7

Bir mahal için yaz kliması santrali uygulaması yapılacaktır. Uygulama için aşağıdaki veriler bilinmektedir.



- Mahallin duyulur ısı kazancı 14kW , gizli ısı kazancı 4 kW
- Mahallin tasarım şartları : 25 °C KT ve %50 BN
- Dış hava verileri 35 °C KT ve %40 BN
- Soğutucu serpantinden geçen havanın serpantin çıkışındaki bağıl nemi %90 alınacaktır.
- Mahalle üflenen hava miktarı 4200 m³/h
- Dönüş havası 3200 m³/h

Yukarıdaki verilere dayanarak aşağıdaki istenilenleri bulunuz .

- a) Olayı psikrometrik diyagramda gösteriniz.
- b) Soğutucu serpantin çıkışındaki havanın çıkışındaki kuru ve yaş termometre sıcaklığını bulunuz
- c) Serpantinden by-pass edilen ve edilmeyen hava miktarını hesaplayınız.

Çözüm 5.7

$$DIO = \frac{Q_D}{Q_D + Q_G} = \frac{14}{14 + 4} = 0.78$$

Taze hava miktarı

$$\dot{V}_D = \dot{V}_h - \dot{V}_I = 4200 - 3200 = 1000 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$THO = \frac{\dot{V}_D}{\dot{V}_h} = \frac{1000}{4200} = 0.24$$

Karışım havası sıcaklığı

$$T_K = THO \times T_D + (1 - THO) \times T_I$$

$$T_K = 0.24 \times 35 + (1 - 0.24) \times 25 = 27.4^\circ \text{C}$$

$$\dot{m}_h = \dot{V}_h x q_h = 4200 x 1.2 = 5040 \text{ kg} / \text{h} = 1.4 \text{ kg} / \text{s}$$

Gerekli Değerler Psikrometrik diyagramdan okunarak ;

$$h_B = 50.2 - \frac{18}{1.4} = 37.4 \text{ kJ} / \text{kg} = 9 \text{ Kcal} / \text{kg}$$

By-pass oranı

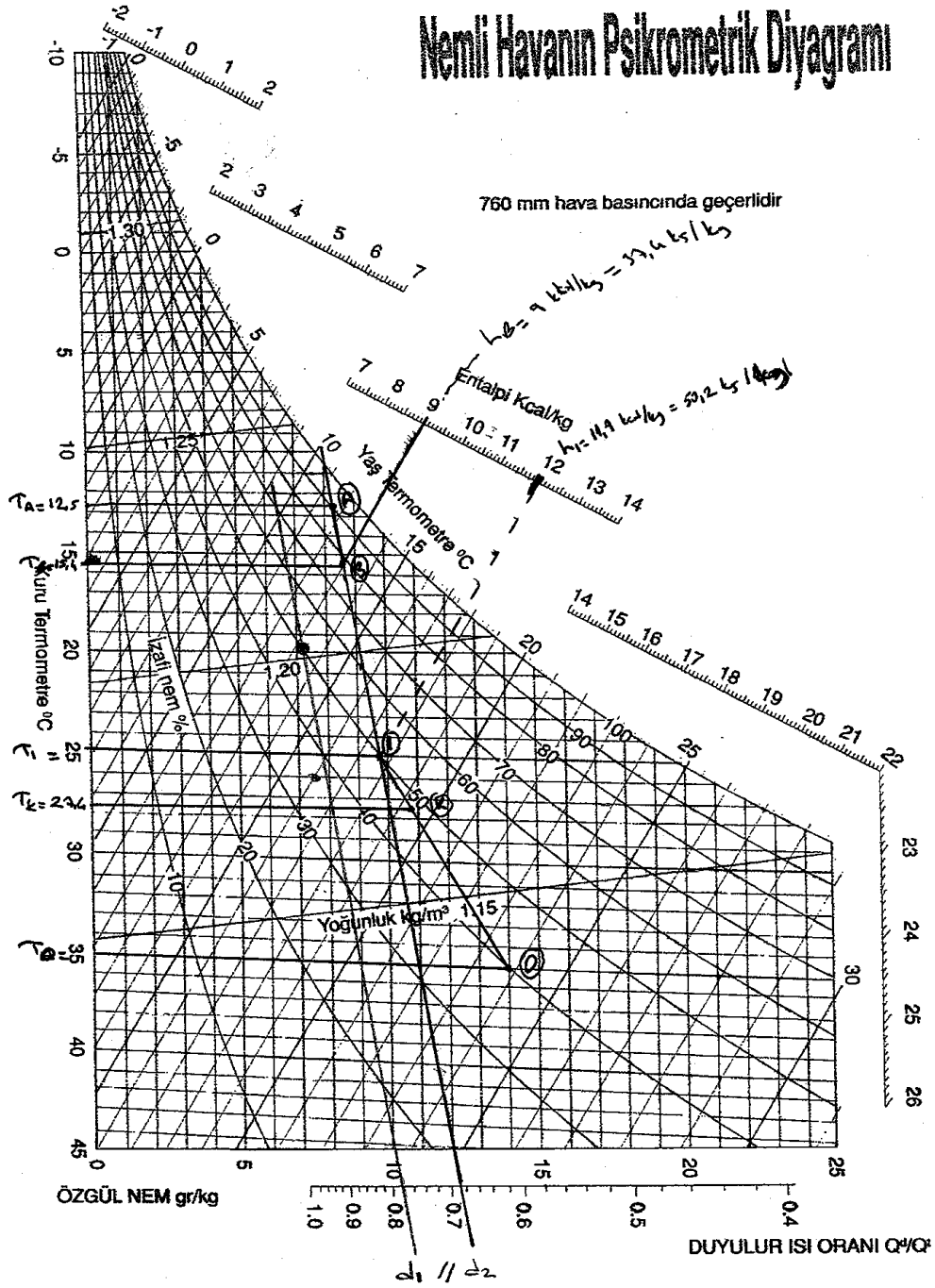
$$BYO = \frac{T_B - T_A}{T_K - T_A} = \frac{15.4 - 12.5}{27.4 - 12.5} = 0.2$$

By-pass edilen hava miktarı

$$\dot{V}_{Byo} = BYO x \dot{V}_h = 0.2 x 4200 = 840 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Soğutucu serpantinden geçen hava miktarı

$$\dot{V}_{Soğ} = \dot{V}_h - \dot{V}_{Byo} = 4200 - 840 = 3360 \text{ m}^3 / \text{h}$$

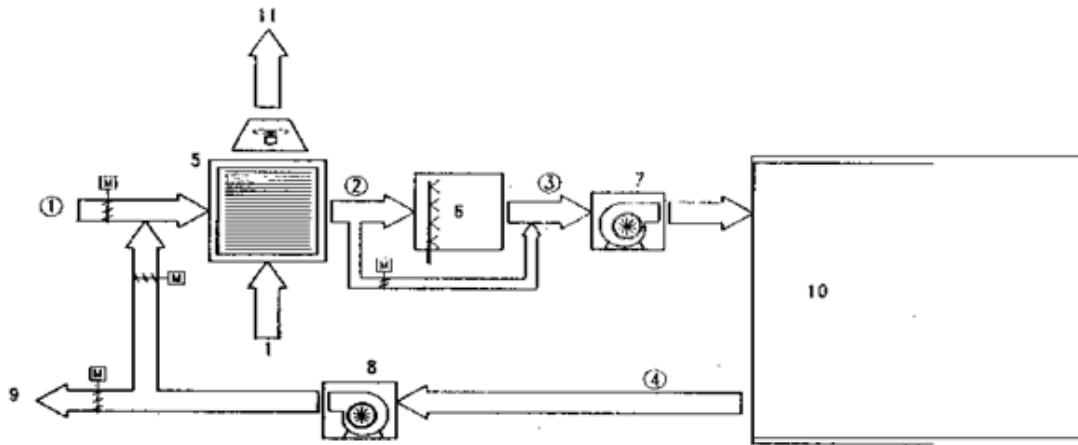


Şekil 5.31. Örnek 5.7. nin Psikrometrik diyagramda gösterimi

İKLİMLENDİRME SİSTEMİNDEKİ HAVA ÇEŞİTLERİ

Kuru hava , yani içerisinde su buharı bulunmayan hava, yüksek miktarda enerji taşıyamadığından, iklimlendirmede bahsedilen hava daima ıslak havadır. Hava karışımında su buharı az ise kuru hava ve su buharı yüzünden zengin ise de nemli hava olarak adlandırılır.

Hava, sistemde ısı taşıyıcı olarak kullanıldığından, iklimlendirme mahallinin konforu, santraldaki hava üzerine yapılacak termodinamik işlemlerle sağlanmaktadır. Kirli havanın temizlenmesi, yıkanması, kuru havanın nemlendirilmesi, nemli havanın neminin çekilmesi, soğuk havanın ısıtılması ve sıcak havanın da soğutulması gibi bütün termodinamik işlemler iklimlendirme santralinde yapılarak iklimlendirilmek istenen mahalle gönderilmektedir.



- 1-DİŞ HAVA
- 2-İNDİREK EVAPORATİF YÖNTEM İLE SOĞUTULMUŞ HAVA
- 3-DİREK EVAPORATİF YÖNTEM İLE SOĞUTULMUŞ HAVA
- 4-İÇ HAVA
- 5-İNDİREK EVAPORATİF SOĞUTUCU
- 6-DİREK EVAPORATİF SOĞUTUCU
- 7-ÜFLEME FANI
- 8-EMİŞ FANI
- 9-EGZOS FANI
- 10-ODA
- 11-İNDİREK EVAPORATİF SOĞUTUCUYU TERK EDEN NEMLİ HAVA

Şekil 5.32. iklimlendirme tesisatındaki hava çeşitleri

İklimlendirme tesisatında kullanımına göre 7 çeşit havadan söz edilmektedir. Bunlar ;

1. **Dış hava (DH)** : Mahallin dışından alınan havadır.
2. **İç Hava (İH)** : Mahalde bulunan mevcut havadır.
3. **Dönüş Hava (DÖH)** : Enerji tasarrufu sağlamak amacıyla, belli oranlarda dışarıdan alınan taze hava ile karıştırılmak üzere, karışım odasına gönderilen kullanılmış bayathavadır.
4. **Karışım Hava (KH)** : Karıştırma odasında, belli oranlarda dış hava ile kullanılmış bayat iç havanın karıştırılmasından oluşan sistem havasıdır.
5. **Atık Hava (AH)** : Mahalde kullanıldıktan sonra, egzostan dışarı atılan hava.
6. **Bayat Hava (BH)**: Mahalden alınan, kullanılmış, oksijen yönünden fakir hava.

7. **Temiz Hava (TH):** İklimlendirme santralinde işlenip, istenilen şartlara getirilerek mahalde kullanılmak üzere üflenen hava

KAYNAKLAR

1. **Fahrettin Küçükşahin ‘ Soğutma ve İklimlendirme’**
2. **Hikmet Doğan ‘ Havalandırma ve İklimlendirme Tekniği ‘**
3. **Recep Yamankaradeniz, İlhami Horoz, Salih Coşkun ‘İklimlendirme Esasları ve Uygulamaları**
4. **<http://www.sogutma.net/>**
5. **<http://www.sogutmarehberi.com/>**
6. **http://tr.wikipedia.org/wiki/So%C4%9Futma_kulesi**
7. **<http://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0klimlendirme>**
8. **<http://iksdersnotlari.blogcu.com/>**
9. **<http://www.deneysan.com/dersnotlari.htm>**

ARASINAV , FİNAL VE BÜTÜNLEME SORU VE ÇÖZÜMLERİ

03.02.2012

HR. Ü. Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü 0506714/0502714-Soğutma ve Klima Tekniği Bütünleme Sınavı

S-1)(10 puan) Absorpsiyonlu soğutma makinasını şematik olarak çizip, çalışma prensibini anlatınız. Buhar sıkıştırılmalı çevrime göre avantaj ve dezavantajlarını belirtiniz.

S-2)(10 puan) Soğutma makinalarında kullanılan genişleme vanaları ve kompresör çeşitlerini maddeler halinde yazınız.

S-3)(10 puan) Bir ikili borulu sulu (fancoil) merkezi klima sistemini ve bu sistemlerde kullanılan bir fan coil ünitesini içerdiği elemanlarla şematik olarak çiziniz. Fan coil ünitesi tiplerini yazınız. Fancoil sistemlerinde kullanılan su rejimlerini yazınız? İstenen özellikteki su (fancoil ünitesinden geçirilen su) nerelerden elde edilir?

S-4)(10 puan) Şanlıurfa'da 15m² taban alanına sahip bir büro için Split tip bir klima cihazı alınacaktır. Büroda ortalama 6 kişi olacağı tahmin edilmektedir. Aydınlatma gücü 1.5 kW'tır. Büronun güney yönüne bakan bir vitrini ve gizli tavanı olduğu belirtilmektedir. Bu büro için seçilecek iç ünitenin soğutma yükünü ve tipini belirleyiniz.

S-5)(10 puan) Bir Split klimanın evaporatörü üzerinden hava, 360m³/h, 28°C KT ve %60 bağıl nem de geçmekte ve 13°C doymuş hava olarak çıkmaktadır. Split klimanın çektiği güç 1.2kW'tır. buna göre;

- İşlemi psikrometrik diyagramda gösteriniz.
- Evaporatör yüzeyi üzerinde yoğunlaşan nemi alan drenaj(tahliye) borusu içerdeki 5 litrelik bidona bağlıdır. Split klima sürekli aynı şartlarda çalıştığı düşünülürse kaç saat sonra bidon su ile dolar?
- Bu Split klimanın soğutma yükünü hesaplayınız
- Bu Split klimanın COP değerini hesaplayınız.

S-6)(20 puan) R-134a soğutucu akışkanı kullanan bir çift kademeli (iki kompresörlü) ideal bir soğutma çevriminde, soğutma bölümünün gücü 30 kW ve sıcaklığı -20°C'dir. Soğutma çevriminde kondenser sıcaklığı +40°C olduğuna göre;

- Soğutma makinesini şematik olarak çiziniz.
- Bu soğutma çevrimini basınç-entalpi(P-h) diyagramında çiziniz.
- Kompresör güçlerini hesaplayınız.(İzentropik verim 0.7, mekanik verim 0.8, aktarma verimi 0.95 ve elektrik motoru verimi 0.98 alınız).
- Kondenser gücünü hesaplayınız.
- Soğutma performans katsayısını(COP_{soğutma})hesaplayınız.
- Tek kompresör kullanılsaydı çekilen güç ve COP değeri ne olurdu? Yorumlayınız.

S-7)(30 puan) Diyarbakır'da 200 kişilik bir toplantı salonu için kış ve yaz kliması uygulaması yapılacaktır. Tasarım için:

YAZ VERİLERİ

İç Ortam	26°C kuru termometre(KT)ve %50 bağıl nem (BN)
Dış Ortam	43°C KT ve23°C YT
Isı Kazancı	Duyulur: 120 kW, Gizli :30 kW
Üfleme sıcaklığı ile iç ortam sıcaklığı arasındaki fark	10°C

KIŞ VERİLERİ

İç Ortam	24°C kuru termometre (KT) ve %50 bağıl nem (BN)
Dış Ortam	-9°C KT ve %80 BN
Isı Kaybı ve Kazancı	Duyulur ısı kaybı:170kW, Gizli Isı Kazancı:30 kW
Kış işletmesinde sadece nemlendirici ve son ısıtıcı vardır.	

Soğutucu serpantinden çıkan hava şartları %90 BN olarak, kişi başı temiz hava miktarı 25m³/h ve toplam hava miktarını yaz ve kış için aynı kabul ederek ve yukarıdaki verilere göre;

a-) Bu konfor klima sistemini tüm eleman ve alt sistemleri (Kazan, kanal, santral gibi) ile birlikte şematik olarak çiziniz.

b-) Temiz hava miktarını ve temiz hava oranını bulunuz.

c-) By-pass oranını ve by-pass hava miktarını bulunuz.

d-) Soğutucu serpantinin gücünü hesaplayınız.

e-) Isıtıcı serpantinin gücünü hesaplayınız.

f-) Bu yaz kliması ve kış kliması işlemlerini psikrometrik diyagramında gösteriniz.

g-) Su rejimi 7°C /12°C ise soğutma bataryasında dolaşan suyun debisini hesaplayınız.

h-) Hava basma hattında toplam basınç kaybı 100 mmSS ise fan gücünü hesaplayınız.

CEVAPLAR

C-7)

$$V_D=200\text{kişi}\cdot 25\text{m}^3/\text{kişi}\cdot h=5000\text{m}^3/h$$

$$P/O = \frac{QP}{QT} = \frac{120}{120+30} = 0.8$$

$$T_{\text{üf}} = T_{\text{ic}} - 10 = 26 - 10 = 16^\circ\text{C}(\text{B})$$

$$M_h = \frac{QT}{(h_i - h_B)} = \frac{150\text{kW}}{(53 - 40)\text{kJ/kg}} = \frac{11.54\text{kg}}{\text{s}} \cdot \frac{3600\text{s}}{1\text{h}} = 41544\text{kg/h}$$

$$V_h = g \cdot m_h \rightarrow V_h = \frac{m_h}{g} = \frac{41544\text{kg/h}}{1.2\text{kg/m}^3} = 34620\text{m}^3/h$$

b)

$$T_{HO} = \frac{VD}{VH} = \frac{5000}{34620} = 0.144$$

$$I-D = 51\text{mm} \rightarrow I = 51 \cdot 0.144 = 7.344$$

c)

By-pass oranı

$$B/YO = \frac{TB - TA}{TK - TA} = \frac{16 - 14.5}{28.5 - 14.5} = 0.1786$$

By-pass havası

$$V_{B/YO} = B/YO \cdot V_h = 6183\text{m}^3/h$$

$$V_{1-B/YO} = 34620 - 6183 = 28437\text{m}^3/h (\text{serpantin üzerinde geçen hava})$$

d)

$$Q_{\text{soğutucu}} = g_h \cdot V_{1-B/YO} \cdot (h_k - h_a) = 1.2\text{kg/m}^3 \cdot 28437\text{m}^3/h \cdot (55 - 39)\text{kJ/kg} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}}$$

Kış

$$D/O = \frac{QD}{QT} = \frac{170\text{kW}}{170 - 30} = 1.21 \cdot \frac{\Delta h}{\Delta W} = \frac{2500}{1 - \psi} = -11904 = -11.904$$

$$D/I = 103\text{mm} \rightarrow I \rightarrow 103 \cdot 0.14 = 14.83\text{mm}$$

$$Q_T = m_h \cdot (h_c - h_i) \rightarrow h_c = h_i + \frac{QT}{m_h}$$

$$H_c = 48 + \frac{140\text{kW}}{11.54\text{kg/s}} = 60\text{kJ/kg}$$

e)

$$Q_{\text{ısıtıcı}} = m \cdot h \cdot (h_c - h_k) = 11.54 \text{ kg/s} \cdot (60 - 40) \text{ kJ/kg} = 231 \text{ kW}$$

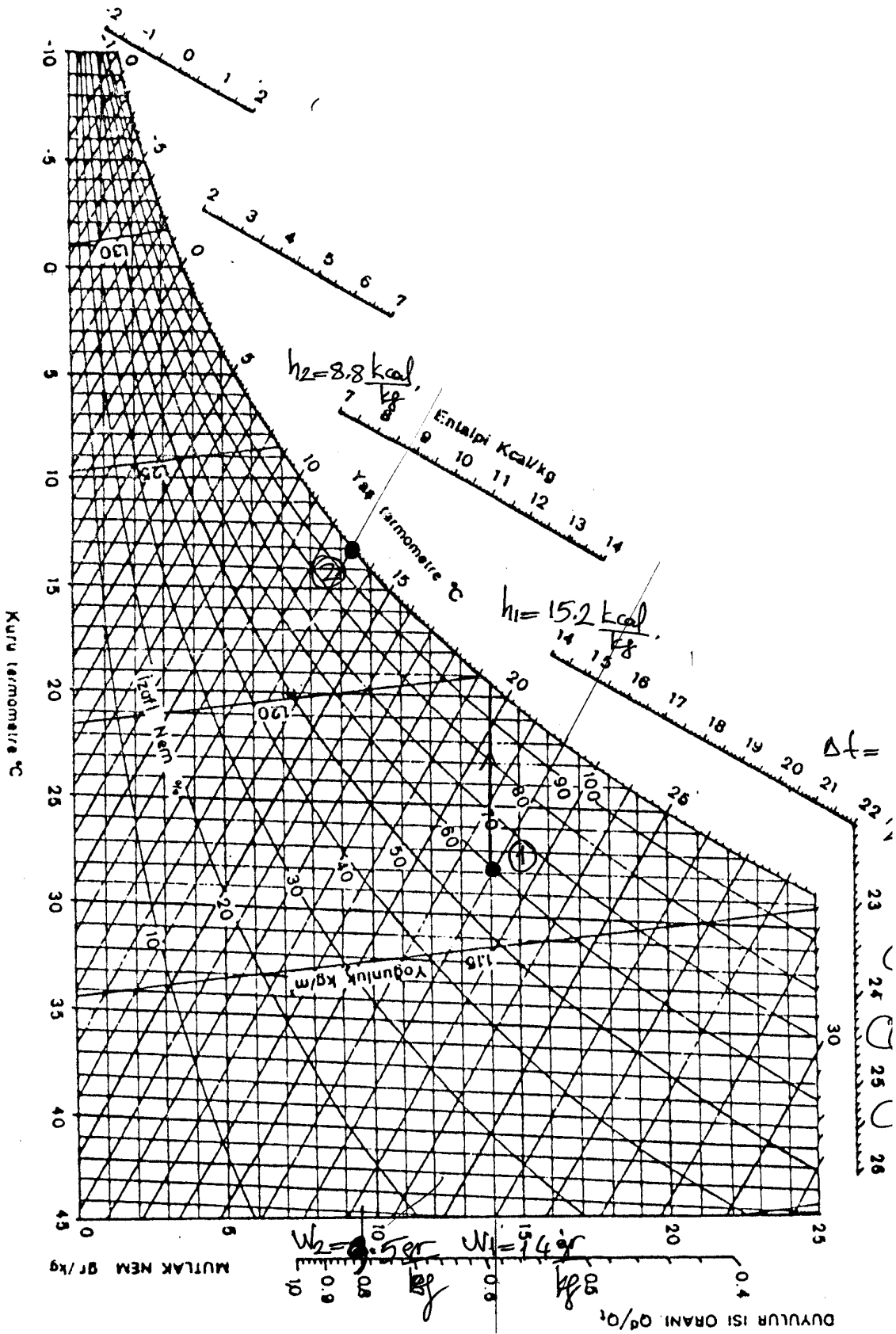
g)

$$Q_{\text{soğutucu}} = m_{\text{su}} \cdot C_{\text{su}} (T_{\text{su,c}} - T_{\text{su,g}}) \rightarrow m_{\text{su}} = \frac{151.664 \text{ kW}}{\frac{4.186 \text{ kJ}}{\text{kg}} \cdot 5^\circ \text{C}}$$

$$m_{\text{su}} = 7.246 \text{ kg/s}$$

h)

$$P_{\text{gen}} = Q \cdot v_{\text{gen}} \cdot \Delta P = 34620 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ sn}} \cdot 100 \text{ mm ss} \cdot \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} * 1000 * 981 = 9433.95 \text{ W}$$
$$\underline{\underline{= 9.433 \text{ kW}}}$$



C-4)

$$\begin{aligned}
Q_{\text{soğutma}} &= A \cdot 600 \frac{\text{BTY}}{\text{hm}^2} + (n - 4) \cdot 600 \frac{\text{BTY}}{\text{hkişi}} + (\text{ekle} - 500) \cdot 3.4 \frac{\text{BTY}}{\text{W.h}} + \text{diğer} \\
&= 15 \cdot 600 + 2 \cdot 600 + 1000 \cdot 3.4 + \text{diğer} (\text{vitrin } 5400 \frac{\text{BTY}}{\text{h}} \\
&= 13600 \frac{\text{BTY}}{\text{h}} \approx 18000 \frac{\text{BTY}}{\text{h}}
\end{aligned}$$

İç ünite kaset tipi veya gizli tavan seçilebilir.

C-5)

$$Q_{\text{soğutma}} = m_{\text{hava}} \cdot (h_1 - h_2)$$

$$Q_{\text{soğutma}} = g_{\text{hava}} \cdot V_{\text{hava}} \cdot (h_1 - h_2)$$

$$Q_{\text{soğutma}} = 1.2 \text{kg/m}^3 \cdot 360 \text{m}^3/\text{h} \cdot \frac{1 \text{h}}{3600 \text{s}} \cdot (15.2 - 8.8) \text{kcal/kg}$$

$$Q_{\text{soğutma}} = 0.768 \frac{\text{kcal}}{\text{s}} \cdot \frac{4.186 \text{kJ}}{1 \text{kcal}} = 3.215 \text{kW}$$

$$m_{\text{su}} = m_{\text{hava}} \cdot (W_1 - W_2)$$

$$= 1.2 \text{kg/m}^3 \cdot 360 \text{m}^3/\text{h} \cdot (14 - 9.5) \text{gr/kg}$$

$$= 1944 \text{gr/h} = 1.944 \text{kg/h}$$

$$V_{\text{kop}} = 5 \text{lt} \rightarrow m_{\text{sukop}} = 5000 \text{gr} = 5 \text{kg}$$

$$\Delta t = \frac{5 \text{kg}}{1.944 \text{kg/h}} = 2.574 \quad 2 \text{ saat } 34 \text{ dakika}$$

$$\text{COP} = \frac{Q_{\text{sağ}}}{W}$$

$$\text{COP} = \frac{3.215}{1.2}$$

$$\text{COP} = 2.68$$

09 Kasım 2004**HR. Ü.Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Soğutma ve Klima Tekniği I.Arasınavı**

S-1) Bir soğutma makinasını ana ve yardımcı elemanları ile birlikte olması gereken yerlerinde ve eksiksiz bir şekilde şematik olarak gösteriniz.

S-2) Çok kademeli sıkıştırırmalı soğutma sistemi niçin kullanılır? Bu tip sistemlere ait bir çevriminin **basınç-entalpi** ve **sıcaklık-entropi** diyagramlarını çizip çevrimini yapınız.

S-3) Soğutma makinalarında kullanılan genişleme valfleri hakkında bilgi veriniz.

S-4) a) Su soğutma kuleleri hakkında bilgi verip bağlantı şeklini çizip çalışma prensibini anlatınız. b- kuru ve yaş termometre sıcaklıklarının 42°C ve 24 °C olduğu Şanlıurfa dış ortam şartlarında kondenserden çıkan soğutma suyunun sıcaklığı 35°C ise bu suyun bir su soğutma kulesinden çıkış sıcaklığını hesaplayıp, su soğutma kulesinin verimini tespit ediniz.

S-5) Soğutucu akışkan olarak R-134a kullanan bir soğuk hava deposunun toplam soğutma yükü 24 ton-soğutma (1 ton soğutma =12660kJ/h), yoğuşturucu sıcaklığı 30°C, buharlaştırıcı sıcaklığı -25°C'dir. Soğutucu akışkan genişleme valfine girmeden evvel 10°C aşırı soğutma işlemine tabi tutulmuştur. Buna göre;

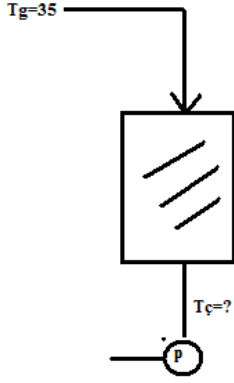
- Çevrimin basınç-entalpi (P-h) diyagramını çizin.
- Soğutucu akışkanın kütsel ve hacimsel debisini hesaplayınız.
- Kompresör genel verimi %85 ise kompresörü tahrik edecek gücü kW olarak hesaplayınız.
- Çevrimin soğutma tesir katsayısını hesaplayıp aynı sıcaklıklar arasında çalışan Carnot çevrimine göre hesaplanan soğutma tesir katsayısı ile mukayese ediniz.

Not: Her şey kapalı. Sadece R-134a diyagram ve tablosu açık. Soru kağıdı sınav sonunda teslim edilecektir.

CEVAPLAR

C-4)

b) 42/24°C KT/YT

 $T_{yaş}=24$ 

$$T_{ç} \approx 0.8 * T_{yaş} + 10$$

$$T_{ç} \approx 29.2 = 29^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C} \text{ veya } T_g - T_{ç} \approx 5 - 6^{\circ}\text{C} \quad T_{ç} = 29 - 30 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

$$\epsilon = \frac{T_g - T_{ç}}{T_g - T_{yaş}} = \frac{35 - 30}{35 - 24} = \frac{5}{11} = \%45$$

11 Ocak 2005

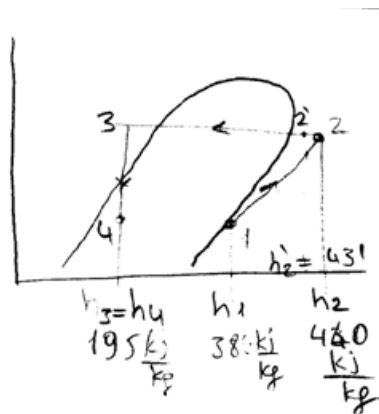
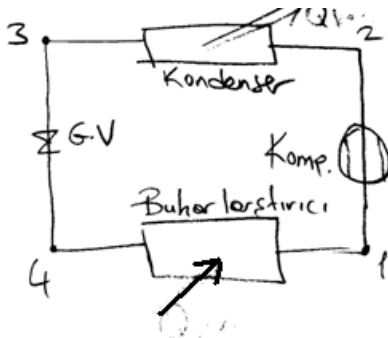
HR. Ü. Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Soğutma ve Klima Tekniği Final Sınavı**S-1)** Termoelektrik soğutma sistemini şekli ile çizip, Avantaj ve dezavantajlarını yazınız.**S-2)** Bir soğutma makinasında bulunan ana elemanlar dışındaki işletme kontrol elemanlarının görevlerini yazınız.**S-3)** Absorpsiyonlu soğutma sistemini şematik olarak çizip, çalışma prensibini anlatınız. Buhar sıkıştırma çevrimine göre avantaj ve dezavantajlarını belirtiniz.**S-4)** Psikrometrik diyagramı tanımlayıp, havanın iklimlendirme cihazından geçirilişini çeşitli işlemler için diyagram üzerinde şematik olarak gösteriniz.**S-5)** Buhar sıkıştırma bir soğutma sisteminde R-134a kullanılmaktadır. Efektif verimi 0.85 olan bir kompresör doymuş buhar olarak R-134a'yı 0.05kg/s debiyle emmekte ve 1MPa ve 60°C'ye kadar basmaktadır. Soğutucu akışkan 0°C'ye kadar aşırı soğutulmuş sıvı olarak kondenserden çıkmakta ve 100 kPa basınca genişlemektedir. Buna göre;

- Çevrimi basınç-entalpi diyagramında çiziniz.
- Bu soğutma makinasının soğutma yükünü hesaplayınız.
- Kompresörün çektiği gücü hesaplayınız.
- Sistemin teorik ve gerçek soğutma etkinlik katsayısını bulunuz.

S-6) Isı kaybı 24 650 kcal/h olan ve Şanlıurfa'da bulunan bir toplantı salonu havalı bir klima santrali ile ısıtılmaktadır. Klima santrali %50 temiz hava ile çalışmaktadır. Sistemdeki fanın debisi 8500m³/h olduğuna göre;

- Sistemi şematik olarak ve psikrometrik diyagramda çiziniz.
- Mahal üfleme sıcaklığını tespit ediniz.
- Isıtıcı bataryanın gücünü hesaplayınız

Not: 1-4 sorular her şey kapalı. 4.ve 5. Sorular her şey açık. Soru kağıdı sınav sonunda teslim edilecektir.

CEVAPLAR**C-5)a)**

b)

$$Q_{ev} = Q_{soğutma} = mR \cdot (h_1 - h_4)$$

$$Q_{soğutma} = 0.05 \text{ kg/s} \cdot (384 - 195) \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{soğutma} = 9.45 \text{ kW}$$

c)

$$W_{kom} = \frac{mR \cdot (h_2 - h_1)}{2} = \frac{0.05 \cdot (440 - 384)}{0.85} = 2.38 \text{ kW}$$

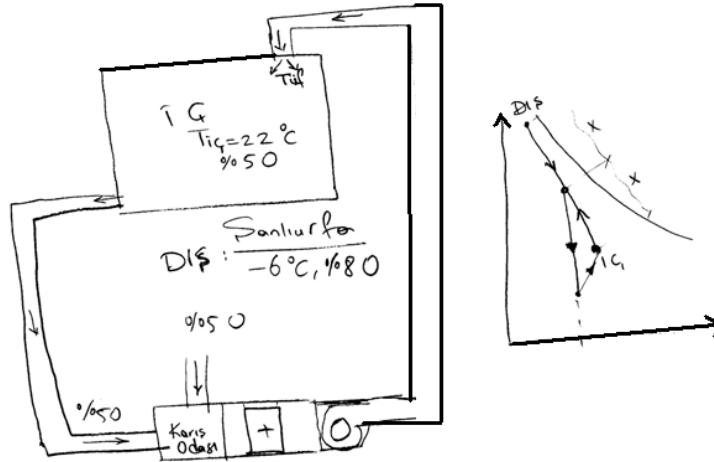
d)

$$COP_{teorik} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{384 - 195}{431 - 384} = 4.021$$

$$COP_{gerçek} = \frac{Q_{soğutma}}{W_{komp}} = \frac{9.45 \text{ kW}}{2.38 \text{ kW}} = 3.97$$

C-6)

a)



b)

$$T_{karışım} = 8.2^\circ\text{C} \text{ (psikrometrik diyagramdan) veya } T_{karışım} = T_{iç} - \% (T_{iç} - T_{dış}) \approx 8^\circ\text{C}$$

$$Q_{kayıp} = V \cdot 0.29 \cdot (T_{üf} - T_{iç})$$

$$T_{üf} = T_{iç} + \frac{Q_{kayıp}}{V \cdot 0.29} = 22 + \frac{24650}{8500 \cdot 0.29} = 32^\circ\text{C}$$

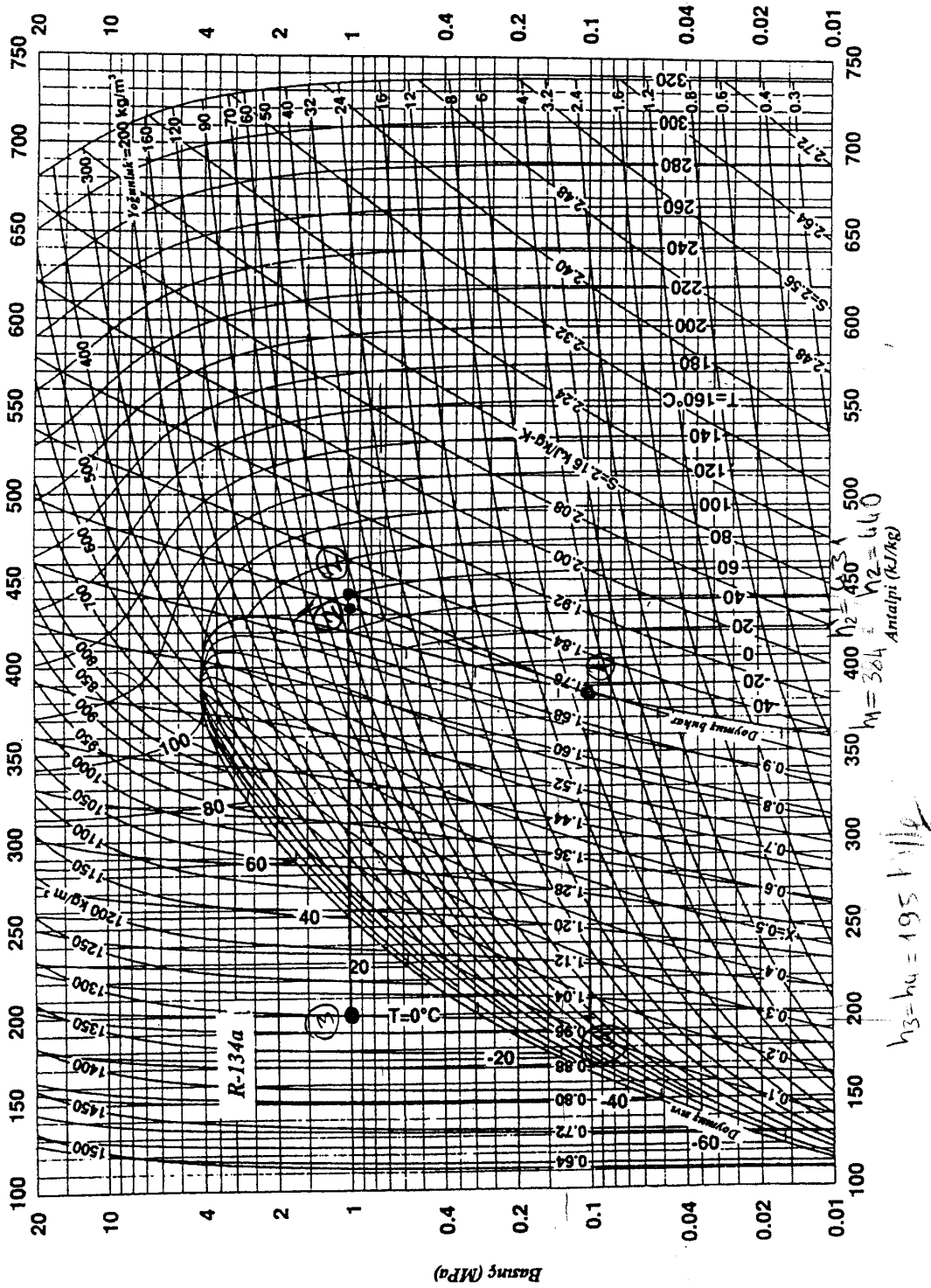
c)

$$Q_{\text{ısıtıcı}} = V \cdot 0.29 (T_{\text{üf}} - T_{\text{karışım}})$$

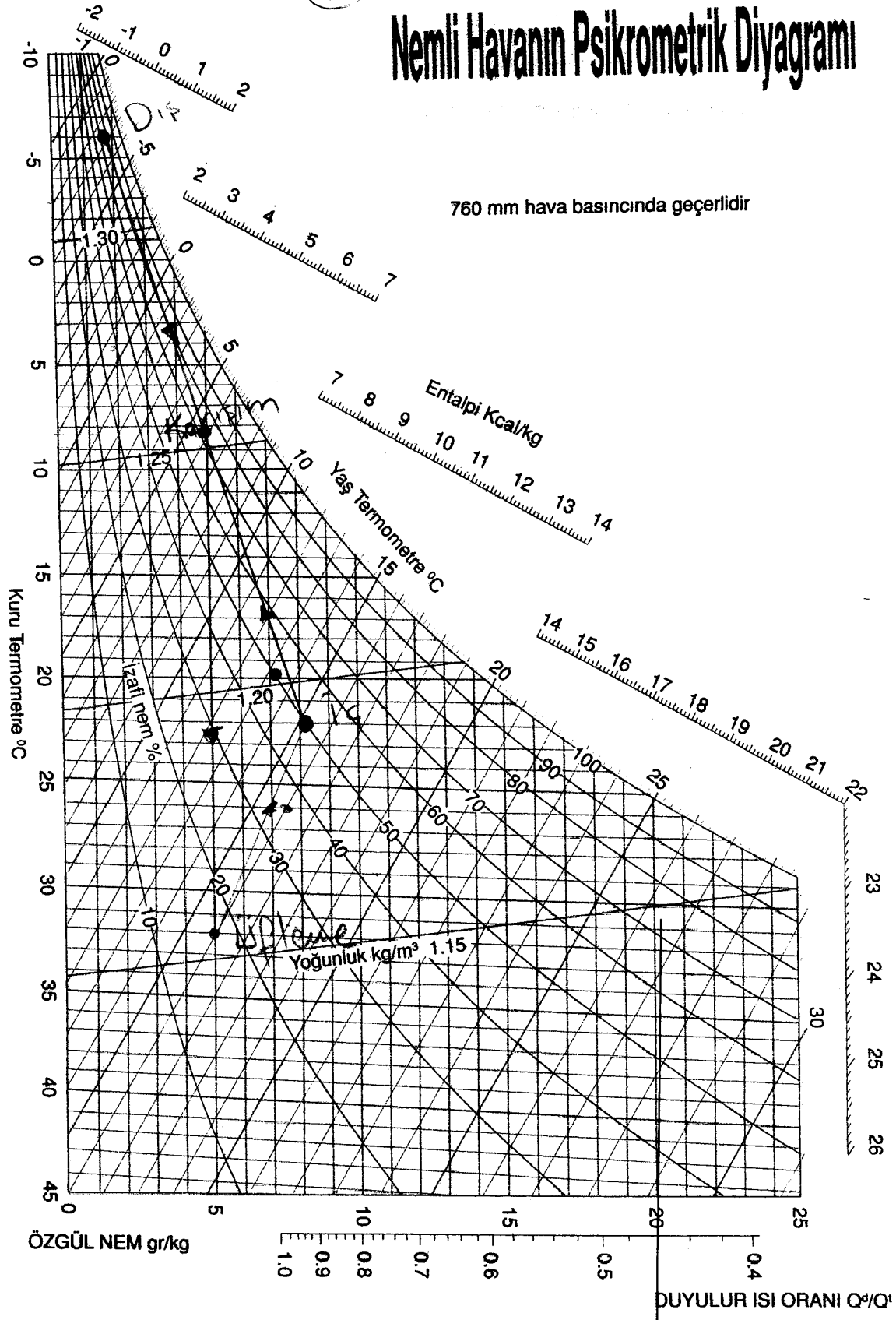
$$Q_{\text{ısıtıcı}} = 8500 \cdot 0.29 \cdot (8.2 - 8.2)$$

$$Q_{\text{ısıtıcı}} = 58667 \text{ kcal/h}$$

Ek 4.2a. R-134a soğutucu akışkanının basınç-entalpi diyagramı.



Nemli Havanın Psikrometrik Diyagramı



19 Ocak 2006

HR. Ü. Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Soğutma ve Klima Tekniği Final Sınavı

S-1) Termoelektrik soğutma sistemini şematik olarak çizip çalışma prensibini anlatınız. Avantaj ve dezavantajlarını yazınız. Uygulama alanlarını belirtiniz.

S-2) Absorpsiyonlu soğutma sistemini şematik olarak çizip, çalışma prensibini anlatınız. Buhar sıkıştırmalı çevrime göre avantaj ve dezavantajlarını belirtiniz.

S-3) Bir iklimlendirme santralini tüm elemanları ile birlikte çizip kış ve yaz klimasını anlatıp psikrometrik diyagramda gösteriniz.

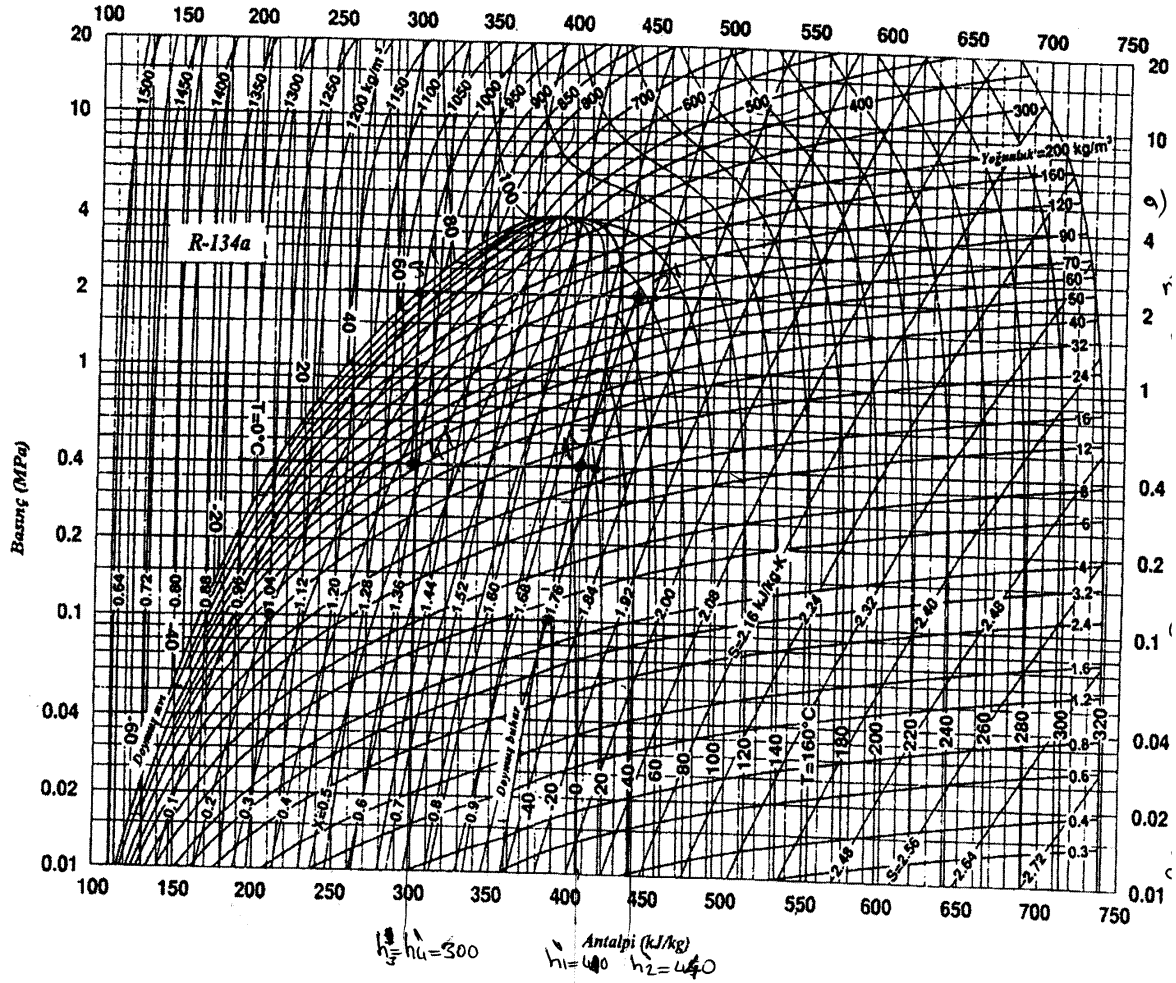
S-4) Psikrometrik diyagramı tanımlayıp, havanın iklimlendirme cihazından geçirilişini çeşitli işlemler için diyagram üzerinde şematik olarak gösterip işlemleri anlatınız.

S-5) R-134a kullanan bir kaskad soğutma çevriminde basınç limitleri 2MPa ve 0.1 MPa'dır. Alt çevrimden üst çevrime ısı geçişi, yaklaşık 0.4 MPa basınçta bir ısı değiştirgeci ile olmaktadır. Üst çevrimde dolaşan akışkan debisi 0.12kg/s olduğuna göre,

- a) Alt çevrimde dolaşan soğutucu akışkan debisini,
- b) Soğutulan ortamdan çekilen ısıyı
- c) Kompresör güçlerini,
- d) Sistemin COP'sini hesaplayınız,
- e) Çevrimi P-h diyagramında çiziniz

S-6) Isı kaybı 24 650 kcal/h olan ve Şanlıurfa'da bulunan bir toplantı salonu havalı bir klima santrali ile ısıtılmaktadır. Klima santrali %50 temiz hava ile çalışmaktadır. Sistemdeki fanın debisi 8500m³/h olduğuna göre;

- d) İç ortam, dış ortam ve karışım havasının termodinamik özelliklerini gerekli tablo ve diyagramlardan tespit ediniz.
- e) Sistemi şematik olarak ve psikrometrik diyagramda çiziniz.
- f) Mahal üfleme sıcaklığını bulunuz.
- g) Isıtıcı bataryanın gücünü hesaplayınız



CEVAPLAR

$$P_1 = 0.1 \text{ MPa}, P_2 = 2 \text{ MPa}$$

$$\text{Para} = 0.4 \text{ MPa}$$

$$M^1 = 0.12 \text{ kg/s}$$

a)

$$Q_{ev}^1 = Q_{kon}$$

$$m^1 \cdot (h_1 - h_4) = m \cdot (h_2 - h_3)$$

$$m = \frac{0.12 \text{ kg/s} \cdot (410 - 300)}{(440 - 210)} = 12 \text{ kg/s}$$

$$m = 0.06 \text{ kg/s}$$

b)

$$Q_{ev}=m.(h_1-h_4)$$

$$Q_{ev}=0.06\text{kg/s}.(385-210)\text{kcal/kg}$$

$$Q_{ev}=10.5\text{kcal/s}=10.5\text{kW}$$

c)

$$W^1=m^1.(h^1_1-h^1_1)$$

$$=0.12*(440-400)$$

$$W^1=4.8\text{kW}$$

$$W^1=m.(h_2-h_1)=0.06(410-385)$$

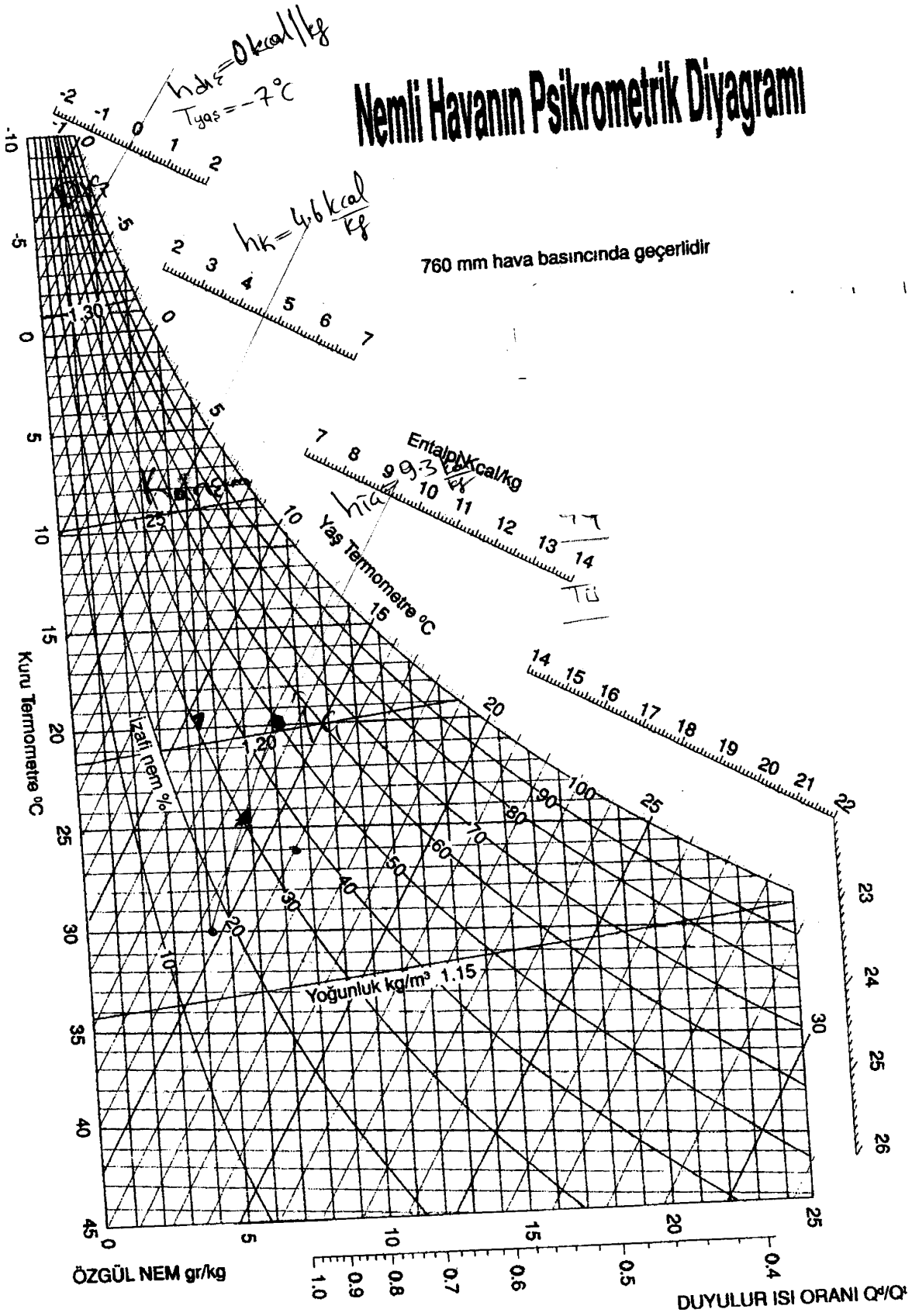
$$W^1=01.5\text{kW}$$

$$W_{tp}=6.3\text{kW}$$

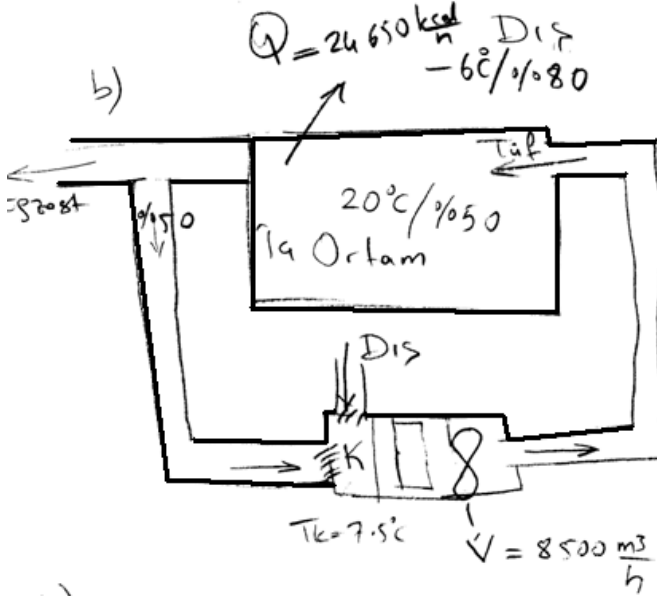
d)

$$\text{COP}=\frac{Q_{ev}}{W_{top}}$$

$$\text{COP}=\frac{10.5}{6.3}=1.59$$



	KT°C	YT°C	Q%%	Hkcal/kg	Qkg/m ³
Dış	-6	-7	80	0	1.35
Karışım	7.5	5	70	4.6	1.26
İç	20	13.5	50	9.3	1.2
Tü	30	14.5	18	10	1.17



c)

$$Q = 0.29 \cdot V \cdot (T_{\text{üf}} - T_{\text{iç}})$$

$$24650 = 0.29 \cdot 8500 (T_{\text{üf}} - 20)$$

$$T_{\text{üf}} - 20 = 10 \rightarrow T_{\text{üf}} = 30^\circ\text{C}$$

d)

$$Q_{\text{ısıtıcı}} = 0.29 \cdot V \cdot (T_{\text{üf}} - T_{\text{k}})$$

$$Q_{\text{ısıtıcı}} = 0.29 \cdot 8500 \cdot (30 - 7.5) = 55462.5 \text{ kcal/h}$$

04 Haziran 2008

**Harran Üniversitesi Şanlıurfa Meslek Yüksek Okulu İklimlendirme Soğutma Teknolojisi Bölümü
0707237-İklimlendirme Esasları Final Soruları**

S-1) İklimlendirmede kontrol edilen temel parametreler hakkında bilgi veriniz.

S-2) İklimlendirme işlemlerini maddeler halinde yazınız.

S-3) Isı kazancı nedir? Isı kazançlarını maddeler halinde yazınız.

S-4) Şanlıurfa'da 10 kişinin çalıştığı bir büro için Split tip bir klima seçilecektir. Büronun hacmi 120m³ olup, kat yüksekliği 3m'dir. Büronun pencere alanları normal büyüklükte olup, toplam aydınlatma gücü 1000W'tır. Buna göre seçilecek Split klimanın soğutma gücünü ve iç ünite tipini belirleyiniz.

S-5) 40°C kuru termometre ve %30 bağıl nemde ki bir dış hava bir klima santralının soğutucu bataryası üzerinden geçilerek 18°C kuru termometre sıcaklığına kadar duyulur soğutma işlemine tabi tutulup içeri verilmektedir. Soğutucu serpantin üzerinden geçen hava miktarı saatte 1200m³ olduğuna göre;

- Bu işlemi psikrometrik diyagramda gösteriniz
- Havanın soğutucu batarya giriş ve çıkışındaki termodinamik özelliklerini bir tabloda yazınız
- Bu şartlarda soğutucu serpantininin soğutma kapasitesini kW olarak hesaplayınız. **Not:** 1kcal=4.186kJ

CEVAPLAR

$$\mathbf{C-4) Q=40m^2 \cdot 550 \text{ BTY/h} \cdot m^2 + (1000-500) \cdot 3.4 \text{ BTY/hW} + (10-4) \cdot 600/h}$$

$$Q=27300 \text{ BTY/h} \approx 30000 \text{ BTY/h}$$

Kaset tip veya salon tip olabilir.

11 Haziran 2009

**Harran Üniversitesi Şanlıurfa Meslek Yüksek Okulu İklimlendirme Soğutma Teknolojisi Bölümü
0707237-İklimlendirme Esasları Ara Sınavı**

S-1) İnsan için ısı konforu etkileyen faktörler nelerdir? Maddeler halinde yazınız.(10 puan)

S-2) İklimlendirme işlemlerini psikrometrik diyagramda gösteriniz.(15 puan)

S-3) Isı kazancı nedir? Isı kazançlarını maddeler halinde yazınız.(15 puan)

S-4) Şanlıurfa’da 5x10x3 m boyutlarında ve binanın iç kısmında kalan 30 kişilik bir toplantı salonu için Split tip bir klima cihazı alınacaktır. Salonun aydınlatma yükü 2kW’tır. Buna göre seçilecek Split klimanın soğutma yükünü ve iç ünitesinin tipini belirleyiniz.(20 puan)

S-5) Aşağıdaki noktaları psikrometrik diyagramda gösterip diğer termodinamik özelliklerini belirleyiniz.(20 puan)

Nokta	Kuru termometre sıcaklığı[°C]	Yaş termometre sıcaklığı[°C]	Bağıl nem[%]	Özgül nem[gr/kg]	Çiğ noktası sıcaklığı[°C]	Yoğunluk[kg/m ³]	Entalpi[kcal/kg]
A	5	1	50	2.8	-5	1.27	2.8
B	20	15	60	8.9	12	1.20	10.2

S-6) Şanlıurfa’da 14°C kuru termometre sıcaklığında ve %80 bağıl nem değerindeki hava, bir klima santralinin son ısıtıcı bataryası üzerinden geçilerek 30°C kuru termometre sıcaklığına kadar ısıtılmaktadır. Buna göre;

- Bu işlemi psikrometrik diyagramda gösteriniz
- Havanın ısıtıcı çıkışındaki termodinamik özelliklerini yazınız
- Isıtıcı üzerinden geçen havanın kütleli debisi 1 kg/s ise ısıtıcı gücünü hesaplayınız(20 puan)

Not: S-5 ve S-6 için cevaplar psikrometrik diyagramda gösterilecektir. Psikrometrik diyagram sınav sonunda teslim edilecektir.

CEVAPLAR

C-4) 5x10x3=150m³, 50m²

$$Q_{\text{soğutma}} = 500 \text{ BTY/hm}^2 \cdot 50 \text{m}^2 + (2000 - 500) \text{w} \cdot 3.4 \text{BTY/hW} + (30 - 4) \cdot 600 \text{BTY/h.k}$$

$$= 45700 \text{BTY/h} \quad \text{salon tipi}$$

C-6)

$$\frac{KT}{30} \quad \frac{TY}{18} \quad \frac{BN\%}{30} \quad \frac{W_{gr/kg}}{8} \quad \frac{T_{\text{çiğ}}}{10.5} \quad \frac{g.kg/m^3}{1.16} \quad \frac{h.kcal/kg}{12.3}$$

2.durum

$$H_2 = 12.3 \text{kcal/kg}, \quad h_1 = 8.3 \text{kcal/kg}$$

$$Q_{\text{ısıtıcı}} = m \cdot (h_2 - h_1) = 1 \text{kg/s} \cdot (12.3 - 8.3) \text{kcal/kg} \cdot \frac{4.186 \text{kJ}}{1 \text{kcal}}$$

$$Q_{\text{ısıtıcı}} = 16.744 \text{kW}$$

11 Haziran 2009

Harran Üniversitesi Şanlıurfa Meslek Yüksek Okulu İklimlendirme Soğutma Programı 0707237-İklimlendirme Esasları AraSınavı Soruları

S-1) İnsan için ısı konforu etkileyen faktörler nelerdir? Maddeler halinde yazınız.(10 puan)

S-2) İklimlendirme işlemlerini psikrometrik diyagramda gösteriniz.(15 puan)

S-3) Isı kazancı nedir? Isı kazançlarını maddeler halinde yazınız.(15 puan)

S-4) Şanlıurfa'da 10 kişinin çalıştığı bir büro için Split tip bir klima seçilecektir. Büronun hacmi 120m³ olup, kat yüksekliği 3m'dir. Büronun pencere alanları normal büyüklükte olup, toplam aydınlatma gücü 1000W'tır. Buna göre seçilecek Split klimanın soğutma gücünü ve iç ünite tipini belirleyiniz.(20 puan)

S-5) Aşağıdaki noktaları psikrometrik diyagramda gösterip diğer termodinamik özellikleri belirleyiniz.(20 puan)

Nokta	Kuru termometre sıcaklığı[°C]	Yaş termometre sıcaklığı[°C]	Bağıl nem[%]	Özgül nem[gr/kg]	Çiğ noktası sıcaklığı[°C]	Yoğunluk[kg/m ³]	Entalpi[kcal/kg]
A	10	6.1	60	4.5	1.5	1.25	5.1
B	30	14	15	3.9	0	1.17	9.6

S-6) Adana'da 35°C kuru termometre sıcaklığında ve %40 bağıl nem değerindeki hava, bir klima santralının soğutucu bataryası üzerinden geçilerek 22°C kuru termometre sıcaklığına kadar soğutulmaktadır. Buna göre;

a) Bu işlemi psikrometrik diyagramda gösteriniz

b) Havanın soğutucu batarya giriş ve çıkışındaki termodinamik özelliklerini yazınız

c) Soğutucu üzerinden geçen havanın kütleli debisi 1kg/s ise soğutucu gücünü hesaplayınız.(20 puan)

Not: S-5 ve S-6 için cevaplar psikrometrik diyagramda gösterilecektir. Psikrometrik diyagram sınav sonunda teslim edilecektir.

CEVAPLAR

C-4) $V=120m^3 \rightarrow A=v/h=\frac{120}{3}=40m^2$

$Q_{soğutma}=500*40m^2+(1000-500)W*3.4BTY/h+(10-4)*600$

$Q_{soğutma}=25300BTY/h,$ gizli tavan veya duvar tipi

C-6)

$\frac{KT}{22}$	$\frac{TY}{20}$	$\frac{BN\%}{85}$	$\frac{Wgr/kg}{14}$	$\frac{Tçiğ}{19.5}$	$\frac{g.kg/m^3}{1.19}$	$\frac{h.kcal/kg}{13.7}$
-----------------	-----------------	-------------------	---------------------	---------------------	-------------------------	--------------------------

$h_2=13.7kcal/kg$ $h_1=16.7kcal/kg$

$Q_{soğutma}=m.(h_1-h_2)=1kg/s.(16.7-13.7)kcal/kg. \frac{4.186kj}{1kcal}$

$Q_{soğutma}=12.558kj/s \approx 12.6kW$

14 Nisan 2010

**Harran Üniversitesi Şanlıurfa Meslek Yüksek Okulu İklimlendirme Soğutma Teknolojisi Bölümü
0707237-İklimlendirme Esasları Ara Sınavı**

S-1) İklimlendirmede kontrol edilen temel parametreler hakkında bilgi veriniz.(10 puan)

S-2) İklimlendirme nedir? Tanımlayınız. İklimlendirmenin yararlarını yazınız?(10 puan)

S-3) Isı transfer çeşitlerini yazıp birer örnek veriniz.(10 puan)

S-4) Yoğunluk nedir? Birimini yazınız.(10 puan)

S-5) Yaş termometre sıcaklığı nasıl ölçülür açıklayınız.(10 puan)

S-6) Psikrometrik diyagramda havanın duyulur ısıtma, duyulur soğutma ve sabit sıcaklıkta nemlendirme işlemlerini gösteriniz.(10 puan)

S-7) aşağıdaki noktaları psikrometrik diyagramda gösterip diğer termodinamik özelliklerini belirleyiniz.(20 puan)

Nokta	Kuru termometre sıcaklığı[⁰ C]	Yaş termometre sıcaklığı[⁰ C]	Bağıl nem[%]	Özgül nem[gr/kg]	Çiğ noktası sıcaklığı[⁰ C]	Yoğunluk[kg/m ³]	Entalpi[kcal/kg]
A	40	24	27	12.2	17	1.12	17
B	24	17	50	9.4	12.5	1.18	11.5
C	31	20	36	10	13.8	1.16	13.8

S-8) Bir klima santralinin ön ısıtıcısına hava 4⁰C kuru termometre sıcaklığı ve %70 bağıl nem ile girilmekte ve 20⁰C kuru termometre sıcaklığında çalışmaktadır. Buna göre;

- Bu duyulur ısıtma işlemini psikrometrik diyagramda gösteriniz
- Isıtıcı serpantin çıkışında havanın bağıl nem ve entalpisini belirleyiniz
- Hava debisi 1kg/s ise ısıtıcı bataryanın kapasitesini(gücünü) hesaplayınız.(20 puan)

23 Haziran 2010

Harran Üniversitesi Şanlıurfa Meslek Yüksek Okulu İklimlendirme Soğutma Teknolojisi Bölümü
0707237-İklimlendirme Esasları Bütünleme Sınavı Soruları

S-1) İklimlendirmenin yararlarını yazınız?(10 puan)

S-2) İnsan için ısı konforu etkileyen faktörler nelerdir? Bir mahalin ısı kayıpları nelerdir?(10 puan)

S-3) Isı kaybı nedir? Isı kaybı hesabı neden yapılır? Bir mahalin ısı kayıpları nelerdir?(10 puan)

S-4) Çiğ noktası sıcaklığı nedir? Nasıl tespit edebilirsiniz, açıklayınız?(10 puan)

S-5) İç hava kitlesi nedir? İç hava kitlesi ile ilgili hastalık ve sendromları yazınız.(10 puan)

S-6) Karışım havalı bir yaz klima santralini şematik olarak çizip yaz kliması işlemlerini psikrometrik diyagramda gösteriniz.(20 puan)

S-7) Bir klima santralinin soğutucu bataryası üzerinden hava, 40°C kuru termometre sıcaklığı ve %30 bağıl nem ile girmekte 22°C kuru termometre sıcaklığında çıkmaktadır. Bu soğuk hava daha sonra kanallarla ortama verilerek ortam soğutulmaktadır. Buna göre;

a) Bu duyulur soğutma işlemini psikrometrik diyagramda gösteriniz.

b) Soğutucu serpantin giriş ve çıkışındaki havanın termodinamik özelliklerini belirleyiniz.

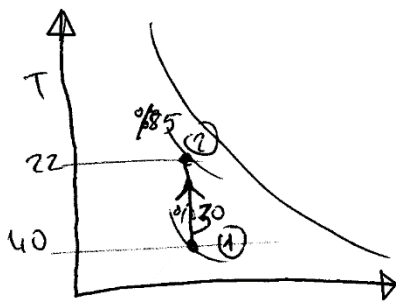
c) Hava debisi 1kg/s ise soğutucu bataryanın kapasitesini(gücünü) hesaplayınız.(20 puan)

S-8) Şanlıurfa'da 44 kişilik bir toplantı salonu için Split tip bir klima seçilecektir. Dikdörtgenler prizması şeklinde olan salonun hacmi 180m³ olup, kat yüksekliği 3m'dir. Salonun dış ortama bakan penceresi olmayıp, toplam aydınlatma gücü 2.5kW'tır. Buna göre seçilecek Split klimanın soğutma gücünü ve iç ünite tipini belirleyiniz.(20 puan)

CEVAPLAR

c-7)

	KT	YT	BN	h	W	ÇN	g
1	40	25	30	18.2	14	19.3	1.13
2	22	20	85	13.8	14	19.3	1.18



$$Q_{\text{soğutucu}} = m \cdot (h_1 - h_2) = 1 \text{ kg/s} \cdot (18.2 - 14.8) \text{ kcal/kg} = 4.4 \text{ kcal/kg}$$

$$Q_{\text{soğutucu}} = 4.4 \text{ kcal/kg} \cdot 4.186 \text{ kJ/1kcal} = 18.42 \text{ kJ/s}$$

$$Q_{\text{soğutucu}} = 18.42 \text{ kW}$$

$$\text{C-8) } Q_{\text{soğutma}} = \text{Alan} \cdot 500 + (n-4) \cdot 600 + (P-500) \cdot 3.4 + \text{Diğer}$$

$$Q_{soğutma}=60*500+(44-4)*600+(2500-500).3.4$$

$$Q_{soğutma}=60800 \text{ BTY/h}$$

2 Adet, toplam 60800 BTY/h olacak salon tipi Split klima

$$\text{Alan}=180/3$$

$$\text{Alan}=60\text{m}^2$$

23.06.2010

**Harran Üniversitesi Şanlıurfa Meslek Yüksek Okulu İklimlendirme Soğutma Teknolojisi Bölümü
0707237-İklimlendirme Esasları Bütünleme Sınav Soruları**

S-1) İklimlendirmenin kullanım amaçlarını yazınız?(10 puan)

S-2) İklimlendirme işlemlerini maddeler halinde yazınız.(10 puan)

S-3) Isı kazancı nedir? Isı kazancı hesabı neden yapılır? Bir mahalin olabilecek ısı kazançlarını maddeler halinde yazınız.(10 puan)

S-4) Yaş termometre sıcaklığı nasıl ölçülür açıklayınız?(10 puan)

S-5) Ortam için ısı konfor parametrelerini maddeler halinde yazınız.(10 puan)

S-6) Karışım havalı bir kış klima santralini şematik olarak çizip kış kliması işlemlerini psikrometrik diyagramda gösteriniz.(20 puan)

S-7) Bir klima santralinin son ısıtıcısı üzerinden hava, 5°C kuru termometre sıcaklığı ve %70 bağıl nem ile girmekte ve 30°C kuru termometre sıcaklığında çıkmaktadır. Bu sıcak hava daha sonra kanallarla ortama verilerek ortam ısıtılmaktadır. Buna göre;

a) Bu duyulur ısıtma işlemini psikrometrik diyagramda gösteriniz

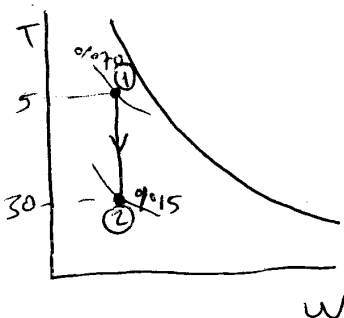
b) Isıtıcı serpantin giriş ve çıkışındaki havanın termodinamik özelliklerini belirleyiniz.

c) Hava debisi 1 kg/s ise ısıtıcı bataryanın kapasitesini (gücünü) hesaplayınız.(20 puan)

S-8) Şanlıurfa'da 8 kişinin çalıştığı bir ofis için Split tip bir klima seçilecektir. Dikdörtgenler prizması şeklinde olan ofisin toplam hacmi 90m³ olup, kat yüksekliği 3m'dir. Ofisin pencere alanları normal büyüklüktedir. Ofiste gizli tavan olup, toplam aydınlatma gücü 1500W'dır. Buna göre seçilecek Split klimanın soğutma gücünü ve iç ünite tipini belirleyiniz.(20 puan)

CEVAPLAR

C-7) a)



b)

	KT	YT	BN	H	W	ÇN	G
1	5	2.8	70	3.5	3.9	0	1.27
2	30	14	15	9.7	3.9	0	1.16

$$c) Q_{\text{ısıtıcı}} = m \cdot (h_2 - h_1) = 1 \text{ kg/s} \cdot (9.7 - 3.5) \text{ kcal/kg}$$

$$= 6.2 \text{ kcal/s} \cdot 4.186 \text{ kJ/1kcal} = 25.9532 \text{ kJ/s}$$

$$\approx 26 \text{ kW}$$

C-8)

$$Q_{\text{soğutma}} = \text{Alan} \cdot 500 + (n-4) \cdot 600 + (P-500) \cdot 3.4 + \text{Diğer}$$

$$Q_{\text{soğutma}} = 30 \text{ m}^2 \cdot 500 + (8-4) \cdot 600 + (1500-500) \cdot 3.4$$

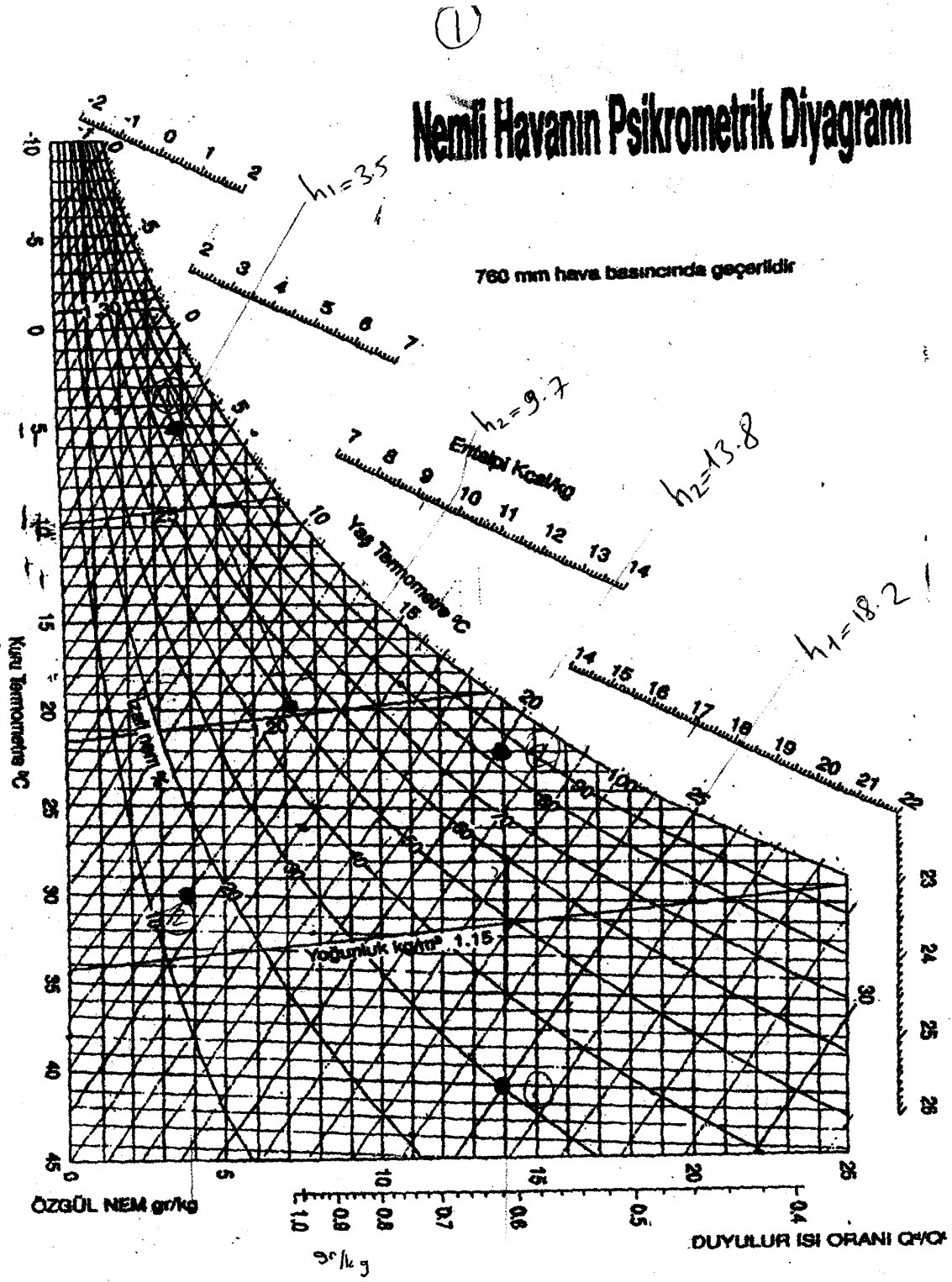
$$Q_{\text{soğutma}} = 18400 \text{ BTY/h}$$

$$\text{Alan} = \text{hacim} / 3$$

$$\text{Alan} = 90 / 30$$

$$= 30 \text{ m}^2$$

Gizli tavan veya Kaset tipi Split klima



25 Haziran 2009

Harran Üniversitesi Şanlıurfa Meslek Yüksek Okulu İklimlendirme Soğutma programı 0707237-İklimlendirme Esasları Ek Sınavı Soruları

S-1) İklimlendirmede kontrol edilen temel parametreler hakkında bilgi veriniz.(10 puan)

S-2) İnsan için ısı konforunu etkileyen faktörler nelerdir? Açıklayınız.(10 puan)

S-3) Isı kazancı ve soğutma yükü nedir? Isı kazancı hesabı neden yapılır? Bir mahalın olabilecek ısı kazançlarını maddeler halinde yazınız.(15 puan)

S-4) Bir insanın temiz hava ihtiyacı saatte kaç m³?(5 puan)

S-5)Aşağıdaki noktaları psikrometrik diyagramda gösterip diğer termodinamik özelliklerini belirleyiniz.(20 puan)

Nokta	Kuru termometre sıcaklığı[°C]	Yaş termometre sıcaklığı[°C]	Bağıl nem[%]	Özgül nem[gr/kg]	Çiğ noktası sıcaklığı[°C]	Yoğunluk[kg/m ³]	Entalpi[kcal/kg]
A	30		40				
B	8	7					

S-6) Şanlıurfa yaz tasarım şartında dış hava, 43°C kuru termometre sıcaklığı ve 24°C yaş termometre sıcaklığında bir evaporatif (nemlendirmeli) soğutucuya girmekte, adyabatik nemlendirme ile bağıl nemi %80 olacak şekilde çıkmaktadır. Daha sonra bu soğuk hava içeriye soğutmak için verilmektedir. Buna göre;

- İşlemi psikrometrik diyagramda gösteriniz.
- Nemlendirmeli soğutucu çıkışındaki havanın kuru termometre sıcaklığını ve özgül nem değerini yazınız.
- Nemlendirmeli soğutucudan 1kg/s hava geçtiğinde gerekli su miktarını hesaplayınız.(20 puan)

S-7) Şanlıurfa'da 4 kişinin çalıştığı bir büro için Split tip bir klima seçilecektir. Büronun hacmi 90m³ olup, kat yüksekliği 3m'dir. Büronun pencere alanları normal büyüklükte olup, toplam aydınlatma gücü 1.5 kW'tır. Buna göre seçilecek Split klimanın soğutma gücünü ve iç ünite tipini belirleyiniz.(20 puan)

26 Mart 2008

Harran Üniversitesi Şanlıurfa Meslek Yüksek Okulu İklimlendirme Soğutma Programı 0707237- İklimlendirme Esasları I. AraSınavı Soruları

S-1) İklimlendirme nedir? Tanımlayınız. İklimlendirmede kontrol edilen parametreleri maddeler halinde açıklamalı yazınız.

S-2) İklimlendirme işlemlerini maddeler halinde yazınız.

S-3) Psikrometrik diyagram nedir? İklimlendirme işlemlerini psikrometrik diyagram üzerinde şematik olarak gösteriniz.

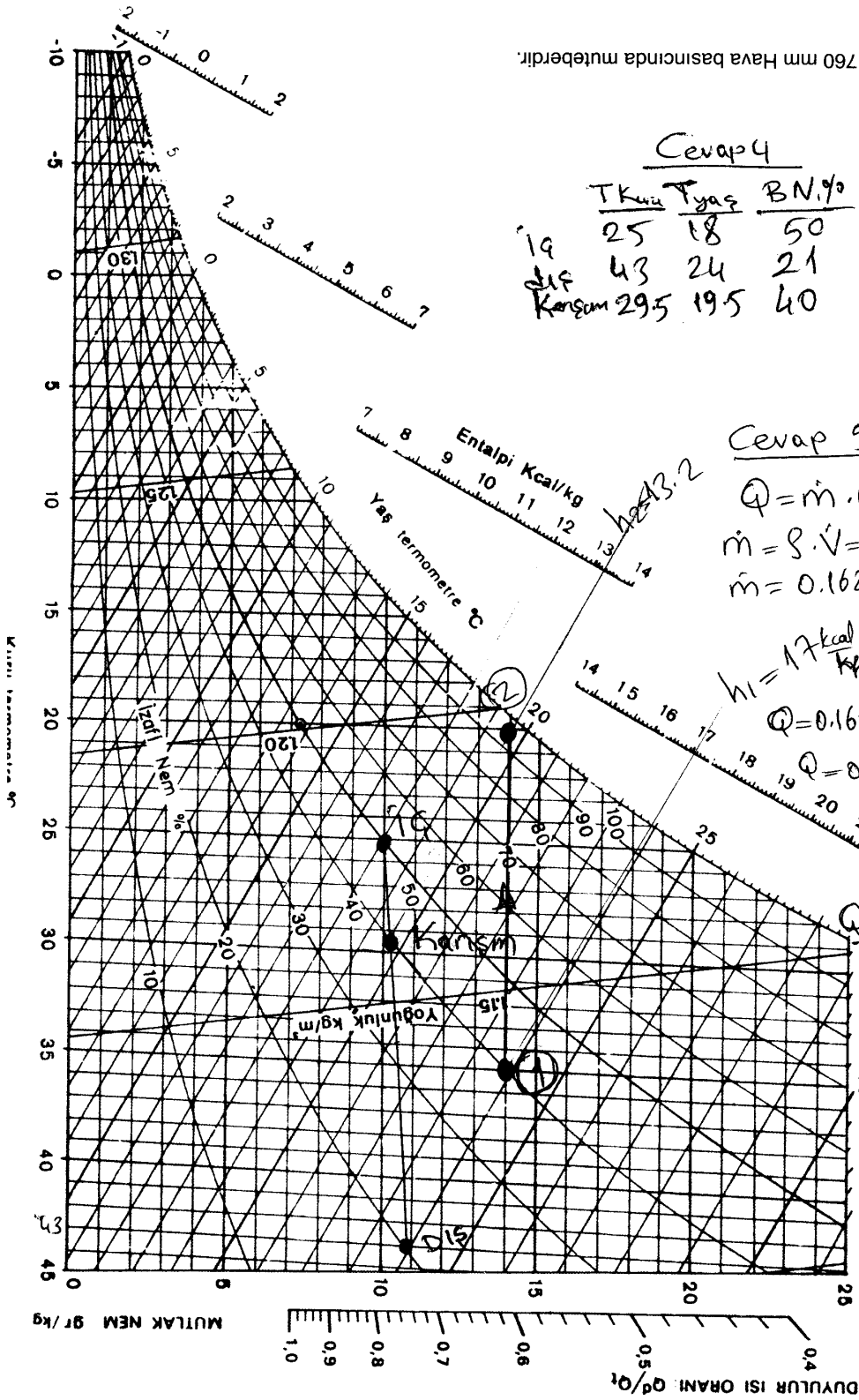
S-4) Aşağıdaki noktaları psikrometrik diyagramda gösterip diğer termodinamik özelliklerini belirleyiniz.

Nokta	Kuru termometre sıcaklığı[°C]	Yaş termometre sıcaklığı[°C]	Bağıl nem[%]	Özgül nem[gr/kg]	Çiğ noktası sıcaklığı[°C]	Yoğunluk[kg/m ³]	Entalpi[kcal/kg]
A	5	1	50	2.5	-5	1.27	2.9
B	20	15	60	8.8	12	1.20	10.1
C	22	17	60	10	14	1.19	11.4
D	31	23	50	14.2	19.7	1.15	16.2

S-5) Şanlıurfa'da 0°C kuru termometre sıcaklığında ve %80 bağıl nem değerindeki hava, bir klima santralinin ön ısıtıcı bataryası üzerinden geçilerek 14°C kuru termometre sıcaklığına kadar ısıtılmaktadır. Buna göre;

- d) Bu işlemi psikrometrik diyagramda gösteriniz
- e) Havanın ısıtıcı çıkışındaki termodinamik özelliklerini yazınız
- f) Isıtıcı üzerinden geçen havanın kütleli debisi 0.5 kg/s ise ısıtıcı gücünü hesaplayınız

CEVAPLAR



NEMLİ HAVANIN PSİKROMETRİK DİYAGRAMI

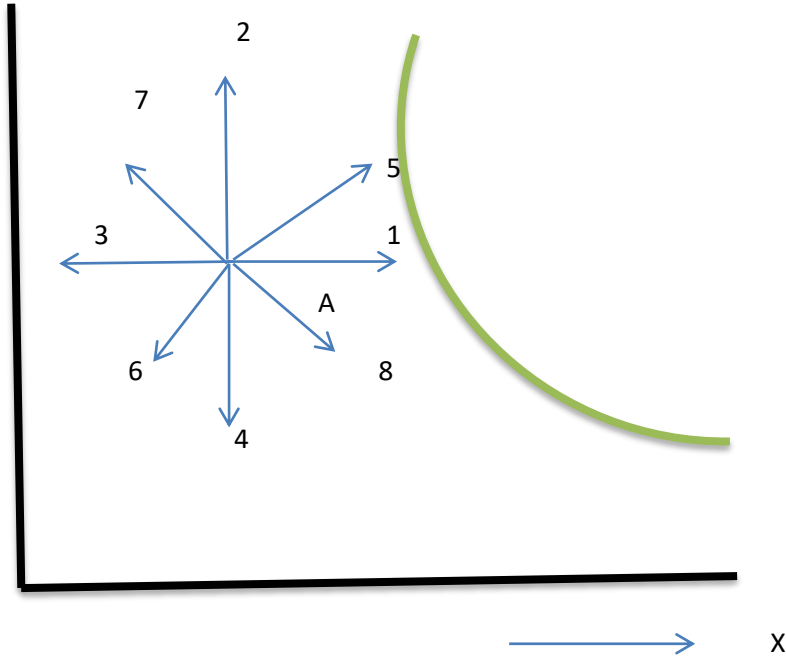
C-1) Kapalı bir ortamın sıcaklık, nem, temizlik ve hava hareketinin yıl boyunca istenen şartlara getirilmesi ve bu seviyede tutulması işlemine denir. İklimlendirmede dört parametre kontrol edilir:

1. Havanın sıcaklığı
2. Havanın bağıl nemi
3. Havanın temizliği
4. Havanın hareketi(hız)

C-2)

1. Hava hareketi sağlanması
2. Havanın temizlenmesi
3. Havanın soğutulması
4. Havanın ısıtılması
5. Havanın nemlendirilmesi
6. Hava neminin alınması (kurutulması)
7. Taze hava ihtiyacının karşılanması
8. Kirli havanın atılması(egzost edilmesi)

C-3) Nemli havanın termodinamik özelliklerini gösteren ve nemli havadaki işlemlerin üzerinde yapıldığı diyagrama psikrometrik diyagram denir.

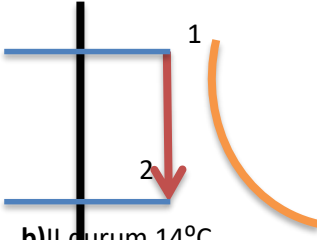


- A-1 Sabit sıcaklıkta nemlendirme
A-2 Soğutma
A-3 Sabit sıcaklıkta nem alma(kurutma)
A-4 ısıtma
A-5 adyabatik nemlendirme
A-6 adyabatik nem alma
A-7 çığ noktası altında nem alma

A-8 buharla nemlendirme

C-4) Psikrometrik diyagramda noktalar gösterilmiştir.

C-5) I.Durum $0^{\circ}\text{C}/\%80$



b) II. durum 14°C

TK $^{\circ}\text{C}$	TYTC	BN,%	ÇIGNOK $^{\circ}\text{C}$	h.kcal/kg	g.kgm ³	W.gr/kg
14	6.5	30	-3	5.3	1.23	3

c) $m=0.5\text{kg/s}$, $h_1=1.9\text{kcal/kg}$, $h_2=5.3\text{kcal/kg}$

$$Q_{\text{ısıtıcı}}=m.(h_2-h_1)$$

$$Q_{\text{ısıtıcı}}=0.5\text{kg/s}*(5.3-1.9)\text{kcal/kg}=1.7\text{kcal/s}$$

$$Q_{\text{ısıtıcı}}=1.7\frac{\text{kcal}}{\text{s}} \cdot \frac{4.186\text{kJ}}{1\text{kcal}}=7.1162\text{kJ/s}$$

$$Q_{\text{ısıtıcı}}=7.1162\text{kW}$$

26 Mart 2008

Harran Üniversitesi Şanlıurfa Meslek Yüksek Okulu İklimlendirme Soğutma programı 0707237- İklimlendirme Esasları I. Ara Sınavı

S-1) İklimlendirmenin kullanım amaçları nelerdir? Kullanım amaçlarına göre iklimlendirme kaç'a ayrılır? Yazınız.

S-2) İklimlendirme sistemlerini sınıflandırınız.

S-3) Aşağıdaki terimleri kısaca açıklayınız.

- Kuru termometre sıcaklığı
- Bağıl nem
- Özgül nem
- Entalpi
- Duyulur ısı oranı

S-4) Aşağıdaki noktaları psikrometrik diyagramda gösterip diğer termodinamik özelliklerini belirleyiniz.

Nokta	Kuru termometre sıcaklığı[°C]	Yaş termometre sıcaklığı[°C]	Bağıl nem[%]	Özgül nem[gr/kg]	Çiğ noktası sıcaklığı[°C]	Yoğunluk[kg/m ³]	Entalpi[kcal/kg]
A	10		50				
B	35	15					
C			70	14			
D			80		10		

S-5) Şanlıurfa'da 5°C kuru termometre sıcaklığında ve %80 bağıl nem değerindeki dış hava, bir klima santralinin ısıtıcı bataryası üzerinden geçilerek 20°C kuru termometre sıcaklığına kadar ısıtılıp ortama verilmektedir. Buna göre;

- Bu işlemi psikrometrik diyagramda gösteriniz.
- Havanın ısıtıcı çıkışındaki termodinamik özelliklerini yazınız.
- Isıtıcı üzerinden geçen hava miktarı saatte 500 m³ ise gerekli ısıtıcı gücünü hesaplayınız.

CEVAPLAR**C-4)**

	T _{kuru}	T _{yaş}	BN%	h.kcal/kg	W
İç	25	18	50	12	10
Dış	43	24	21	17	10.8
Karışım	29.5	19.5	40	13.2	10.3

c-5) $Q=m.(h_1-h_2)$

$$m=g.v=1.17*500m^3/h$$

$$m=0.1625kg/s$$

$$Q=0.1625 \text{ kg/s}(17-13.2)$$

$$Q=0.6175 \text{ kcal/s}$$

$$1 \text{ kcal}=4.18 \text{ kJ}$$

$$Q=2.58$$

$$Q=2.585 \text{ kW}$$

30 Nisan 2008

Harran Üniversitesi Şanlıurfa Meslek Yüksek Okulu İklimlendirme Soğutma Programı 0707237- İklimlendirme Esasları II. Ara Sınavı

S-1) İklimlendirmenin kullanım amaçları nelerdir? Kullanım amaçlarına göre iklimlendirme kaç'a ayrılır? Örnek uygulamalarını yazınız.

S-2) İç hava kalitesi nedir? İç hava kalitesi ile ilgili hastalık ve sendromları yazınız.

S-3) İnsan için ısı konforu etkileyen faktörler nelerdir?

S-4) Şanlıurfa yaz tasarım şartı olarak 43°C kuru termometre sıcaklığı ve 24°C yaş termometre sıcaklığı alınmaktadır. İç ortam havası şartları olarak ise 25°C kuru termometre sıcaklığı ve %50 bağıl nem kabul edildiği bir mahal için, %25 dış hava oranı seçilerek iç ve dış hava karıştırılarak enerji tasarrufu yapılmaktadır. Buna göre iç ortam, dış ortam ve karışım havası noktalarını psikrometrik diyagramda gösterip, bu noktaların termodinamik özelliklerini belirleyiniz.

S-5) 35°C kuru termometre ve %40 bağıl nemdeki hava bir Split klamanın iç ünitesinde bulunan evaporatörün üzerinde geçilerek 20°C kuru termometre sıcaklığına kadar soğutulup içeri verilmektedir. İç ünitenin üflediği hava miktarı saatte 500m^3 olduğuna göre;

- Bu işlemi psikrometrik diyagramda gösteriniz
- Havanın iç ünite çıkışındaki termodinamik özelliklerini yazınız
- Bu şartlarda çalışan Split klamanın soğutma kapasitesini kW olarak hesaplayınız. **Not:** $1 \text{ kcal}=4.186 \text{ kJ}$

30 Nisan 2009

Harran Üniversitesi Şanlıurfa Meslek Yüksek Okulu İklimlendirme Soğutma Programı 0707237- İklimlendirme Esasları AraSınavı Soruları

S-1) İnsan için ısı konforu etkileyen faktörler nelerdir? Maddeler halinde yazınız.(20 puan)

S-2) İklimlendirme nedir? Tanımlayınız. İklimlendirmede kontrol edilen parametreleri maddeler halinde açıklamalı yazınız.(20 puan)

S-3) İklimlendirme işlemlerini maddeler halinde yazınız. Soğutma ve iklimlendirme arasındaki ilişkiyi ve farklılıkları yazınız.(20 puan)

S-4) Aşağıdaki noktaları psikrometrik diyagramda gösterip diğer termodinamik özelliklerini belirleyiniz.(20 puan)

Nokta	Kuru termometre sıcaklığı[°C]	Yaş termometre sıcaklığı[°C]	Bağıl nem[%]	Özgül nem[gr/kg]	Çiğ noktası sıcaklığı[°C]	Yoğunluk[kg/m ³]	Entalpi[kcal/kg]
A	10	6.2	60	4.5	3	1.25	5.2
B	30	14	15	3.8	0	1.17	9.6
C	23.8	18.2	60	11	15.2	1.18	12.2
D	20	15	60	8.8	12	1.20	10

S-5) Şanlıurfa'da 40°C kuru termometre sıcaklığında ve%30 bağıl nem değerindeki hava, bir klima santralinin soğutucu bataryası üzerinden geçilerek 25°C kuru termometre sıcaklığına kadar soğutulmaktadır. Buna göre;

a) Bu işlemi psikrometrik diyagramda gösteriniz

b) Havanın soğutucu çıkışındaki termodinamik özelliklerini yazınız

c) Soğutucu üzerinden geçen havanın kütleli debisi 0.5 kg/s ise soğutucu gücünü hesaplayınız(**20 puan**)

Not: S-4 ve S-5 için cevaplar psikrometrik diyagramda gösterilecektir. Psikrometrik diyagram sınav sonunda teslim edilecektir.

CEVAPLAR

C-5)

$$c) Q_{\text{soğutucu}} = m \cdot (h_1 - h_2) = 0.5 \text{ kg/s} \cdot (18 - 14.3) \text{ kcal/kg}$$

$$Q_{\text{soğutucu}} = 1.85 \text{ kcal/s} \cdot 4.186 / 1 \text{ kcal} = 7.7441 \text{ kW}$$

b)

$$\frac{K.T}{25} \quad \frac{Y.T}{20.8} \quad \frac{BN}{70} \quad \frac{h}{14.3} \quad \frac{g}{1.18} \quad \frac{\text{ÇN}}{19}$$

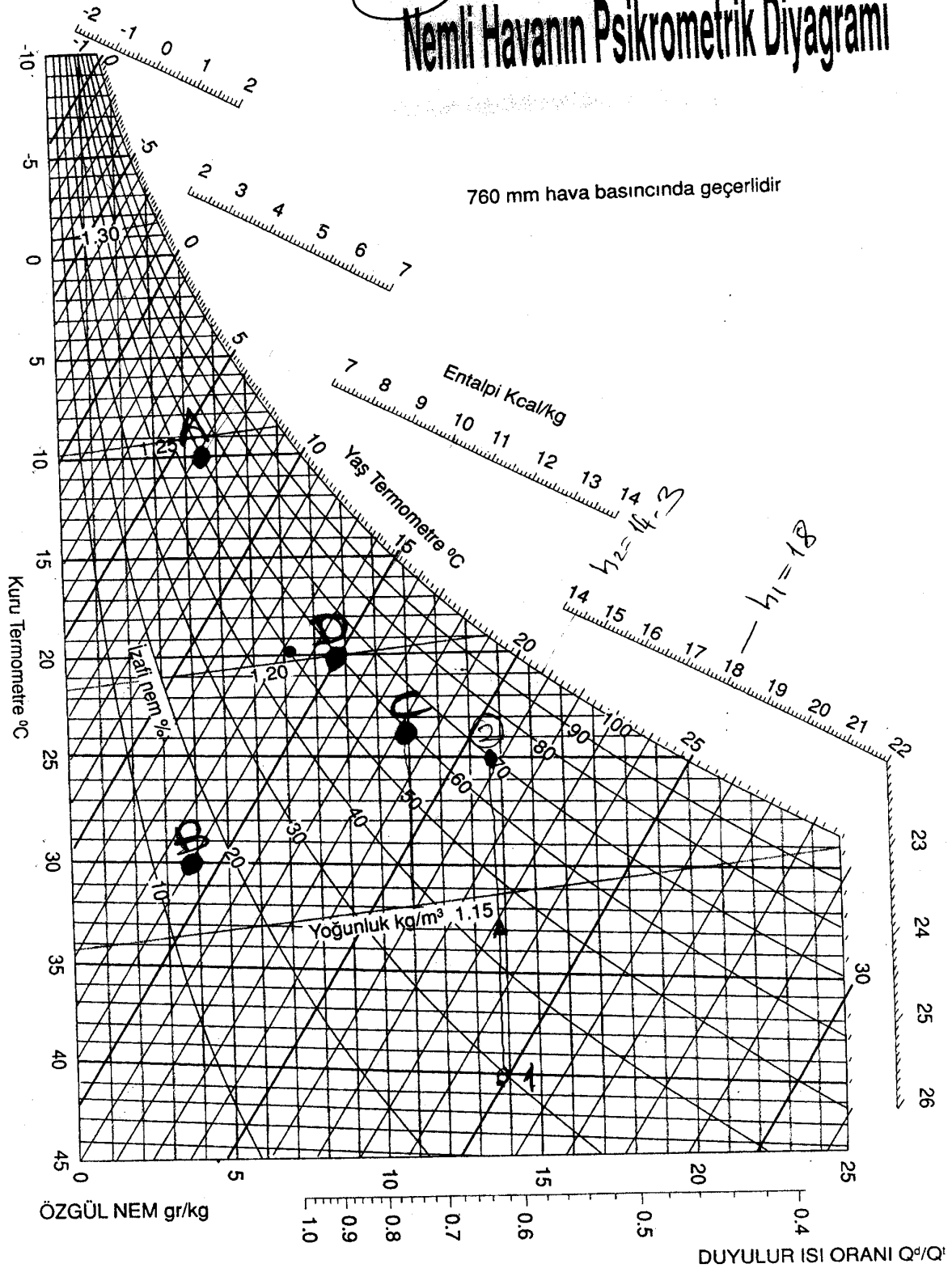
B)

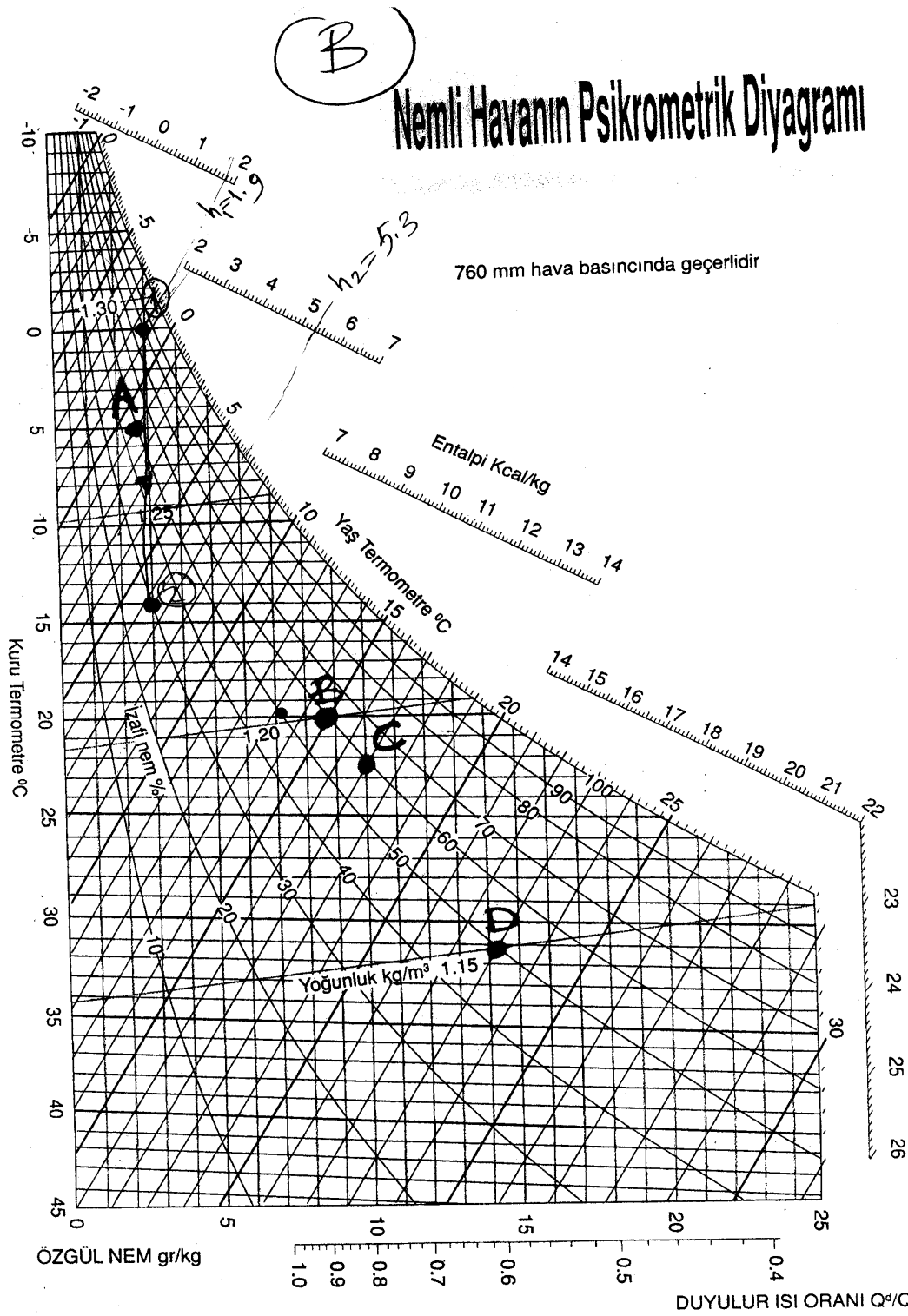
$$Q_{\text{ısıtıcı}} = m \cdot (h_2 - h_1) = 0.5 \text{ kg/s} \cdot (5.3 - 1.9) \text{ kcal/g} = 1.7 \text{ kcal/s}$$

$$Q_{\text{ısıtıcı}} = 7.1162 \text{ kW}$$

A

Nemli Havanın Psikrometrik Diyagramı





$$Q_{ışın} = \dot{m} \cdot (h_2 - h_1) = 0.5 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot (5.3 - 1.9) \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} = 1.7 \frac{\text{kcal}}{\text{s}}$$

$$Q_{ışın} = 7.1162 \text{ kW}$$

30 Nisan 2008

Harran Üniversitesi Şanlıurfa Meslek Yüksek Okulu İklimlendirme Soğutma Programı 0707237-İklimlendirme Esasları II. Ara Sınavı

S-1) İklimlendirmenin kullanım amaçları nelerdir? Kullanım amaçlarına göre iklimlendirme kaçaya ayrılır? Örnek uygulamalarını yazınız.

S-2) İç hava kalitesi nedir? İç hava kalitesi ile ilgili hastalık ve sendromları yazınız.

S-3) İnsan için ısı konforu etkileyen faktörler nelerdir?

S-4) Şanlıurfa yaz tasarım şartı olarak 43°C kuru termometre sıcaklığı ve 24°C yaş termometre sıcaklığı alınmaktadır. İç ortam havası şartları olarak ise 25°C kuru termometre sıcaklığı ve %50 bağıl nem kabul edildiği bir mahal için, %25 dış hava oranı seçilerek iç ve dış hava karıştırılarak enerji tasarrufu yapılmaktadır. Buna göre iç ortam, dış ortam ve karışım havası noktalarını psikrometrik diyagramda gösterip, bu noktaların termodinamik özelliklerini belirleyiniz.

S-5) 35°C kuru termometre ve %40 bağıl nemdeki hava bir Split klimanın iç ünitesinde bulunan evaporatörün üzerinde geçilerek 20°C kuru termometre sıcaklığına kadar soğutulup içeri verilmektedir. İç ünitenin üflediği hava miktarı saatte 500m³ olduğuna göre;

- Bu işlemi psikrometrik diyagramda gösteriniz
- Havanın iç ünite çıkışındaki termodinamik özelliklerini yazınız
- Bu şartlarda çalışan Split klimanın soğutma kapasitesini kW olarak hesaplayınız. **Not:** 1kcal=4.186kJ

CEVAPLAR

C-4)

	Tkuru	Tyaş	BN%	h.kcal/kg	W
İç	25	18	50	12	10
Dış	43	24	21	17	10.8
karışım	29.5	19.5	40	13.2	10.3

c-5) $Q=m.(h_1-h_2)$

$$m=g.v=1.17*500m^3/h$$

$$m=0.1625kg/s$$

$$Q=0.1625 kg/s(17-13.2)$$

$$Q=0.6175kcal/s$$

$$1kcal=4.18kj$$

$$Q=2.58$$

$$Q=2.585kW$$

30 Nisan 2009

**Harran Üniversitesi Şanlıurfa Meslek Yüksek Okulu İklimlendirme Soğutma Teknolojisi Bölümü
0707237-İklimlendirme Esasları Ara Sınavı**

S-1) İklimlendirmenin kullanım amaçları ve kullanım alanları nelerdir? Örneklerle açıklayınız. İklimlendirmenin önemi nedir? Ne tür faydalar sağlar? Yazınız.(20 puan)

S-2) İnsan için ısı konforu etkileyen faktörler nelerdir? Maddeler halinde yazınız.(20 puan)

S-3) Psikrometrik diyagram nedir? İklimlendirme işlemlerini psikrometrik diyagram üzerinde şematik olarak gösteriniz.(20 puan)

S-4) Aşağıdaki noktaları psikrometrik diyagramda gösterip diğer termodinamik özelliklerini belirleyiniz.

Nokta	Kuru termometre sıcaklığı[°C]	Yaş termometre sıcaklığı[°C]	Bağıl nem[%]	Özgül nem[gr/kg]	Çiğ noktası sıcaklığı[°C]	Yoğunluk[kg/m ³]	Entalpi[kcal/kg]
A	5	1	50	2.5	-5	1.27	2.9
B	20	15	60	8.8	12	1.2	10.1
C	22	17	60	10	14	1.19	11.4
D	31	23	50	14.2	19.7	1.15	16.2

S-5) Şanlıurfa'da 0°C kuru termometre sıcaklığında ve %80 bağıl nem değerindeki hava, bir klima santralinin ısıtıcı bataryası üzerinden geçilerek 14°C kuru termometre sıcaklığına kadar ısıtılmaktadır. Buna göre;

- Bu işlemi psikrometrik diyagramda gösteriniz
- Havanın ısıtıcı çıkışındaki termodinamik özelliklerini yazınız
- Isıtıcı üzerinden geçen havanın kütleli debisi 0.5 kg/s ise ısıtıcı gücünü hesaplayınız(20 puan)

Not: S-4 ve S-5 için cevaplar psikrometrik diyagramda gösterilecektir. Psikrometrik diyagram sınav sonunda teslim edilecektir.

26 Kasım 2008

HR. Ü.Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Soğutma ve Klima Tekniği Arasınavı

S-1) Bir soğutma makinasını ana ve yardımcı elemanları ile birlikte olması gereken yerlerinde ve eksiksiz bir şekilde şematik olarak gösteriniz.

S-2) Çok kademeli sıkıştırırmalı soğutma sistemi niçin ve hangi durumlarda kullanılır? Bu sistemlerde ara basınç nasıl belirlenir? Bu tip bir sistemi şematik olarak gösterip çevriminin **basınç-entalpi ve **sıcaklık-entropi** diyagramlarını çiziniz.**

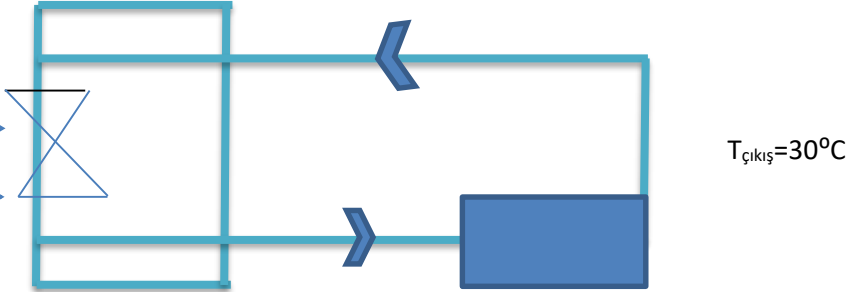
S-3) Termoelektrik soğutma sisteminin çalışma prensibini şekillerle anlatınız. Bu tür sistemlerin uygulama alanlarını yazınız.

S-4) Soğutma makinalarında kullanılan kompresör ve genişleme valfleri çeşitlerini maddeler halinde yazınız.

S-5)a) Su soğutma kuleleri hakkında bilgi verip bağlantı şeklini çizip çalışma prensibini anlatınız.

b) Yaz tasarım şartları olarak kuru ve yaş termometre sıcaklıklarının 42°C ve 24 °C olduğu Şanlıurfa dış ortam şartlarında kondenserden çıkan soğutma suyunun sıcaklığı 35°C ise bu suyun bir su soğutma kulesinden çıkış sıcaklığını hesaplayıp, su soğutma kulesinin verimini tespit ediniz.

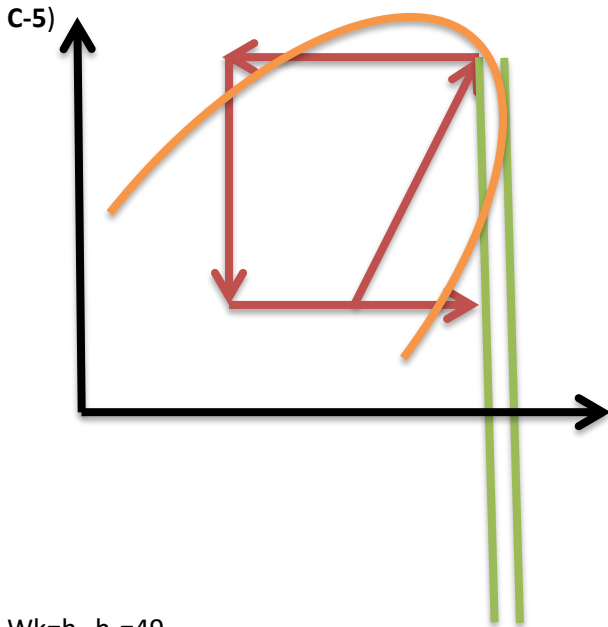
S-6) ideal bir soğutma çevriminde yoğuşma sıcaklığı +40°C, buharlaşma sıcaklığı -20°C'dir. Buna göre soğutucu akışkan olarak R-22, ve R134a kullanılması durumunda, a- Kompresör, soğutma güçleri ve COP'lerini hesaplayınız. B- Soğutucu akışkanlar kondenserde 5°C aşırı soğutma ve evaporatörde 5°C kızgın buhar yapıldığında soğutma kapasitesi ve COPleri hesaplayınız. C- Çevrimleri gerçek P-h diyagramında çiziniz. D- Sonuçları yorumlayınız.

CEVAPLAR**C-4)** 42/24°C

$$T_{\text{çıkış}} = 0.8 \cdot T_{\text{yaş}} + 10 = 0.8 \cdot 24 + 10 \approx 29.2$$

$T_{\text{çıkış}} = 30^\circ\text{C}$ alınırsa;

$$\epsilon = \frac{T_{\text{giriş}} - T_{\text{çıkış}}}{T_{\text{giriş}} - T_{\text{yaş}}} = \frac{35 - 30}{35 - 24} = \frac{5}{11} = \%45$$



$$W_k = h_2 - h_1 = 49$$

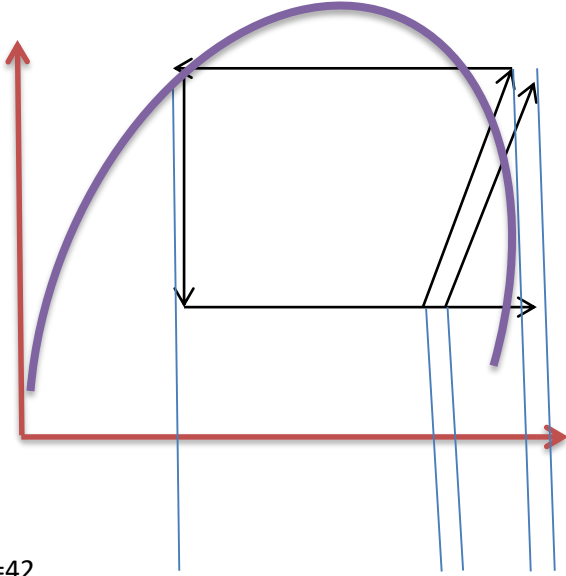
$$Q_s = h_1 - h_4 = 146$$

$$\text{COP} = \frac{q_s}{W_k} = 2.9796$$

$$W_k^1 = 48$$

$$q_s=162$$

$$\text{COP}=3.375$$



$$W_k=42$$

$$q_s=135$$

$$\text{COP}=3.214$$

$$W_k^1=45$$

$$q_s=150$$

$$\text{COP}=3.33$$

Soğutma yüküm çok değilse ($q_s \approx 130-140 \text{ kJ/kg}$) R-134a kullanırım. Ayrıca aşırı soğutma ve kızdırmayı yaparım.

PANEL KLİMA SANTRALLARI

SİSTEMİN HESABINA VE CİHAZLARIN SEÇİLMESİNE AİT ÖRNEK

KONU: Bir sinema salonunun konfor kliması

DONELER:

Salon hacmi:1400m³

Seyirci sayısı: 650 şahıs

Sigara içme: yok

Mahal rakımı: Deniz seviyesi

Yaz ısı kazancı

Duyulur ısı yükü: Q_d=120.000kcal/h

Gizli ısı yükü: Q_g=30.000 kcal/h

Toplu ısı yükü: Q_t=150.000 kcal/h

Kış toplu ısı kaybı: Q=250.000 kcal/h

Dış hava şartları

Yaz:t₁=33°C KT:t₁=25°C YT

Kış:t₈=-3°C KT:ω₈=%80RH

İç hava şartları

Yaz:t₂=26°C KT : ω₂=%50 RH

Kış:t₇=20°C KT: ω₇=%50RH

Kanallar ısı kazancı:Q_k=13.300 kcal/h

HESAPLAR

1) Dış hava debisi:

Şahıs başına dış hava miktarı (15m³/h) alınarak
V_d =650x15=9750m³/h bulunur.

2) Toplu hava debisi:

Yaz çalışmalarında iç hava ile üfleme havası arasında t₂- t₅=9°C kuru termometre sıcaklık farkı kabulü yapılarak toplu hava debisi bulunur.

$$V_t = \frac{Q_d}{\gamma_{xc}(t_2 - t_5)} = \frac{120000}{1.22 \times 0.24 \times 9} = \frac{45500m^3}{h} \text{ bulunur.}$$

3) İç hava debisi:

$$V_i = V_t - V_d = 45500 - 9750 = 35750 \text{ m}^3/\text{h}$$

4) A) Yaz karışım havası:

$$T_3 = \frac{V_d t_1 + V_i t_2}{V_t} = \frac{9750 \times 33 + 35750 \times 26}{45500} = 27.5^\circ \text{C}$$

$$T_3 = 27.5^\circ \text{CKT} \quad t_3 = 20.2^\circ \text{C YT} \quad i_3 = 13.8 \text{ kcal/kg}$$

b) Duyulur ısı oranı:

$$\frac{Q_d}{Q_t} = \frac{Q_d}{Q_d + Q_g} = \frac{120000}{150000} = 0.80$$

c) Üfleme havası:

2-5 doğrusu $\frac{Q_d}{Q_t} = 0.80$ doğrusuna paralel ve $t_2 - t_5 = 9^\circ \text{C}$ olacak şekilde 5 noktası bulunur.

$$T_5 = 17^\circ \text{CKT} \quad T_5 = 14.8^\circ \text{CYT} \quad i_5 = 9.8 \text{ kcal/h}$$

d) Cihaz çıkış havası:

$$T_5 - T_4 = \frac{Q_k}{V_t \gamma \chi c} = \frac{13300}{45500 \times 1.22 \times 0.24} = 1^\circ \text{C}$$

$$T_4 = T_5 - 1 = 16^\circ \text{C}$$

$$T_5 = 16^\circ \text{CKT} \quad T_4 = 14.3^\circ \text{C YT} \quad i_4 = 9.6 \text{ kcal/kg}$$

e) Cihaz soğutma kapasitesi:

$$Q_s = V_t \chi \gamma (i_3 - i_4) = 45500 \times 1.22 (13.8 - 9.6) = 233.000 \text{ kcal/h bulunur.}$$

5) A) Batarya çıkış havası:

Batarya giriş havası çığ sıcaklığı = 16.7°C

Batarya çıkış havası yaş termometre sıcaklığı = 12.4°CYT

Şekil (1)deki Çıkış havası kuru termometre abağından

Batarya çıkış havası kuru termometre sıcaklığı = 12.6°CKT bulunur.

$$T_6 = 12.6^\circ \text{CKT} \quad t_6 = 12.4^\circ \text{CYT} \quad i_6 = 8.35 \text{ kcal/kg}$$

b) Bataryadan geçen hava debisi:

$$V_{\text{batarya}} = \frac{Q_s}{\gamma (i_3 - i_6)} = \frac{233.000}{1.22 (13.8 - 8.35)} = 35.000 \text{ m}^3/\text{h bulunur.}$$

c) Batarya (sabit veyahut ayarlanabilir) by-pass hava debisi:

$$V_{\text{by pass}} = V_t - V_{\text{batarya}} = 45.500 - 35.00 = 10.500 \text{ m}^3/\text{h olur.}$$

6) Kış kliması:**a) Kış karışım havası:**

$$T_9 = \frac{V_d t_8 + V_i t_7}{V_t} = \frac{9750 \times (-3) + 35.750 \times 20}{45.500} = 15^\circ \text{C}$$

$$T_9 = 15^\circ \text{CKT} \quad t_9 = 10.7^\circ \text{CYT} \quad i_9 = 7.4 \text{ kcal/kg}$$

b) Yıkayıcı çıkışı:

9 noktasından $i_9 = i_{10}$ olacak şekilde çizilen doğru ile 7 noktasından çizilen yatayın kesişme noktası olan 10 noktasıdır. Yıkayıcı hücre çıkışında %80 izafi neme ulaştığı kabul edilir.

$$T_{10} = 12.5^\circ \text{CKT} \quad t_{10} = 10.7^\circ \text{CYT} \quad i_{10} = 7.4 \text{ kcal/kg}$$

Burada T_{10} ısıtıcı giriş sıcaklığı olmakta, çıkış ise 11 noktası olan 39°C dir.

c) Isıtıcı kapasitesi:

$$Q_1 = V_t \gamma c (t_7 - t_{10}) + Q = 45.500 \times 1.2 \times 0.24 (20 - 12.5) + 250.000$$

$$Q_1 = 348.000 \text{ kcal/h bulunur.}$$

d) Cihaz çıkış havası:

$$t_{11} = t_{10} + \frac{Q_1}{V_t \gamma \chi c} = 12.5 + \frac{348.000}{4.500 \times 1.2 \times 0.24} = 39^\circ \text{C olarak bulunur.}$$

$$t_{11}=139^{\circ}\text{CKT} \quad t_{11}=20.2^{\circ}\text{C YT} \quad i_{11}=13.8\text{kcal/kg}$$

7) Cihaz seçimi:

Karışım filtre+soğutma(yaz)+nemlendirme+ısıtma(kış)+Ventilasyon

a) Hava debisi PKS 100 özelliklerinin içinde kalmaktadır.

b) Karışım filtre için ağız konumu seçilir. Ventilatör hücresi ağız konumu seçilir ve sipariş notasyonu PKS 100-ta-2a-4-6a-7b-R gibi bir notasyonla santral hücreleri ifade edilir.

(Isıtıcı, soğutucu seçimi, ventilatör güç ve devri; donelerinizin satış merkezimize bildirilmesiyle sıhhatli olarak öğrenilebilir.)

09.12.2011

Soğutma ve Klima Tekniği Arasınava

S-1)Soğutma yöntemlerini maddeler halinde yazınız.(10 puan)

S-2)Bir buhar sıkıştırırmalı soğutma makinasını ana ve yardımcı elemanları ile birlikte olması gereken yerlerinde ve eksiksiz bir şekilde şematik olarak çiziniz.(20 puan)

S-3)Vorteks tüplü soğutma sistemini,

a)Şematik olarak çiziniz,

b)Çalışma prensibini açıklayınız,

c)Bu soğutma sistemlerinde kullanılan malzemeleri yazınız,

d)Uygulama örneklerini yazınız.(15 puan)

S-4)Defrost nedir? Defrost Yöntemlerini Açıklayınız.(15 puan)

S-5) Bir soğuk hava deposunda soğutma yükü **40 kW**'tır. **R-134a** kullanılan soğutma çevriminde buharlaşma sıcaklığı **-20°C** ve yoğuşma basıncı **10 bar**'dır. Soğutma makinasında kompresörün toplam genel verimi 0.90 olduğuna göre;

a)Bu soğutma çevrimini P-h diyagramında çiziniz,

b)Kompresörün harcadığı toplam gücü ve $COP_{\text{soğutma}}$ değerini hesaplayınız,

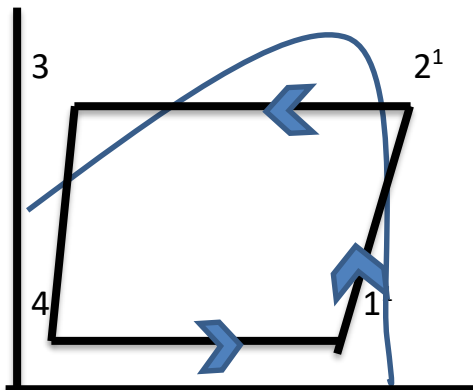
c)Kondenser gücünü hesaplayınız.

d) Şanlıurfa (yaz tasarım şartları:43°C kuru termometre /24°C Yaş termometre)şartlarında kullanılan bu soğutma sisteminin kondenseri su soğutmalı ise soğutma kulesinden gelen soğutma suyunun kondensere giriş ve çıkış sıcaklığını, soğutma suyunun debisini ve su soğutma kulesinin etkinliğini hesaplayınız.

e)Aynı soğutucu akışkan debisi ve sıcaklıklar için 10 °C aşırı soğutma ve 10°C aşırı kızdırma yapılırsa çevrimi şematik olarak ve P-h diyagramında çiziniz.

f)Bu yeni durumda soğutma yükü, kompresör gücü ve $COP_{\text{soğutma}}$ değerlerini hesaplayıp sonuçları yorumlayınız.(40 puan)

a)



	1	2	3	4
Normal	390	430	258	258
Aşırı soğutma Kızdırma	398	440	240	240

$$M = \frac{Q_{soğ}}{h_1 - h_4} = \frac{40 \text{ kW}}{(390 - 258) \text{ kJ/kg}} = 0.303 \text{ kg/s}$$

$$\text{b) } W_{k\text{op}} = M \cdot (h_2 - h_1) = 0.303 \text{ kg/s} \cdot (430 - 390) = 12.12 \text{ kW}$$

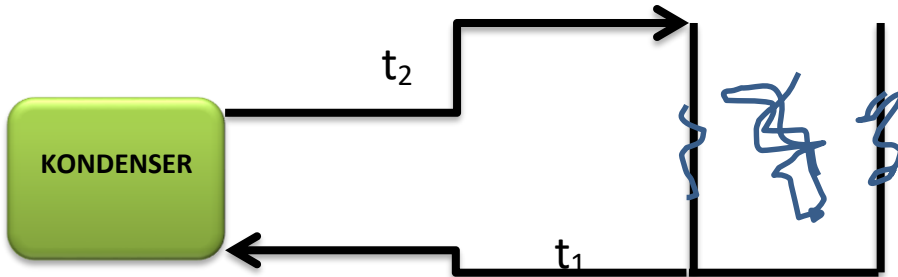
$$\text{COP}_{soğ} = \frac{Q_{soğ}}{W_{k\text{omp}}} = \frac{40 \text{ kW}}{12.12 \text{ kW}} = 3.3$$

$$\text{c) } Q_{k\text{ond}} = M \cdot (h_2 - h_3) = 0.303 \text{ kg/s} \cdot (430 - 258) \text{ kJ/kg} = 52.116 \text{ kW}$$

1 genel = 0.9

$W_{k\text{omp}} = 13.$

$$\text{d) } T_{k\text{ond}} = 40^\circ\text{C} \text{ (P=10 bar=1000kPa=1mPa doyma \& c.)}$$



$T_1 - T_2 \approx 5^\circ\text{C}$ kabul edilebilir ayrıca;

$T_{k\text{ond}} - T_1 \approx 5 - 10^\circ\text{C}$ olabilir. $T_{k\text{ond}} - T_1 = 5^\circ\text{C}$ alınırsa;

$$T_1 = 40 - 5 = 35^\circ\text{C} \quad , \quad T_2 = T_1 + 5 = 40^\circ\text{C}$$

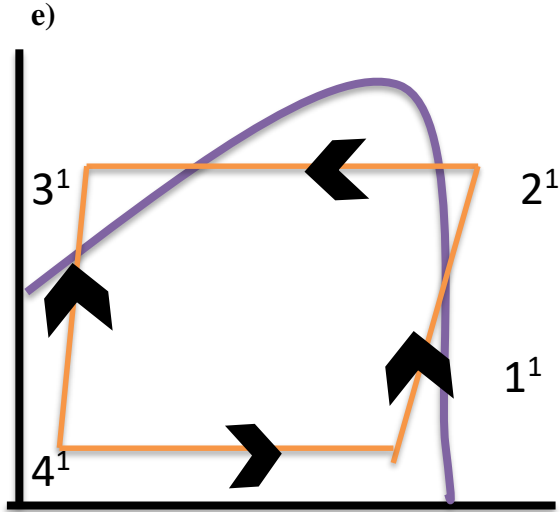
$$Q_{k\text{ond}} = M_{su} \cdot C_{su} \cdot (T_2 - T_1)$$

$$52.116 \text{ kW} = M_{su} \cdot 4.186 \text{ kJ/kgK} \cdot 5^\circ\text{C}$$

$$M_{su} = 2.54 \text{ kg/s}$$

$$\dot{\epsilon}_{k\text{ule}} = \frac{T_{su, \text{giriş}} - T_{su, \text{çıkış}}}{T_{su, \text{giriş}} - T_{yaş}} = \frac{T_2 - T_1}{T_2 - T_{yaş}} = \frac{40 - 35}{40 - 24}$$

$$\dot{\epsilon}_{k\text{ule}} = 0.3125 (\%31.25) \text{ düşük bir değer}$$



$$Q_{soğ} = m \cdot (h_1 - h_4) = 0.303 \text{ kg/s} \cdot (398 - 240) \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{soğ} = 47.874 \text{ kW}$$

$$W_{komp} = m \cdot (h_2 - h_1) = 0.303 \text{ kg/s} \cdot (440 - 398) \text{ kJ/kg}$$

$$W_{komp} = 12.726 \text{ kW}$$

$$COP_{soğ} = \frac{Q_{soğ}}{W_{komp}} = \frac{47.874 \text{ kW}}{12.726 \text{ kW}} = 3.762$$

Aşırı Soğutma –kızdırma. COP ve Soğutma yükünü arttırmıştır.

$$COP_{soğ} > COP_{soğ}$$

$$Q_{soğ} > Q_{soğ}$$

10.12.2010

Soğutma ve Klima Tekniği Ara Sınavı

S-1) Soğutma yöntemlerini maddeler halinde yazınız. (10 puan)

S-2) Bir buhar sıkıştırırmalı soğutma makinasını ana ve yardımcı elemanları ile birlikte olması gereken yerlerinde ve eksiksiz bir şekilde şematik olarak çiziniz. (20 puan)

S-3) Termoelektrik soğutma sistemini,

a) Şematik olarak çiziniz

b) Çalışma prensibini açıklayınız,

c) Bu soğutma sistemlerinde kullanılan malzemeleri yazınız,

d) Uygulama örneklerini yazınız. (20 Puan)

S-4) Bir soğutma makinasında kullanılan genişleme valfinin (vanasının) görevi nedir? Çeşitlerini yazınız. (10 puan)

S-5) Şanlıurfa (yaz tasarım şartları: 43°C kuru termometre / 24°C Yaş termometre) su soğutmalı bir chiller grubunda, kondenser sıcaklığı 40°C ve soğutucu akışkan olarak **R-22** kullanılmaktadır. **R-22** kondensere 60°C 'de girmekte ve ısısını suya vererek doymuş sıvı olarak çıkmaktadır. Su soğutma kulesinin verimi **0.70'dir**.

Buna göre;

a-) Su soğutma kulesini soğutma makinesi ile birlikte şematik olarak çiziniz,

b-) Soğutma suyunun kondensere giriş sıcaklığını,

c-) Soğutma suyunun soğutma kulesine giriş sıcaklığını,

d-) Soğutma suyunun kütleli debisi saate **3000 kg** ise yoğuşturucunun kapasitesini ve soğutma makinasındaki soğutucu akışkanın debisini belirleyiniz. (20 Puan)

S-6) Bir soğuk hava deposunda soğutma yükü **30 kW'tır**. Soğutma çevriminde buharlaşma sıcaklığı -10°C ve yoğuşma sıcaklığı $+40^{\circ}\text{C}$ ve soğutucu akışkan olarak **R-134a** kullanılmaktadır. Soğutma makinasında kompresörün toplam verimi **0.85** olduğuna göre;

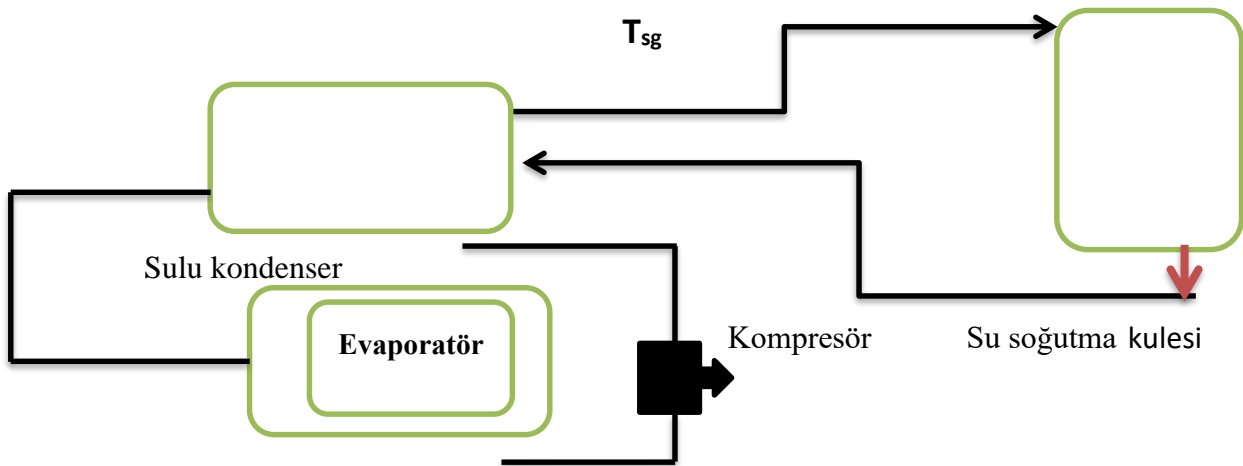
a-) Bu soğutma çevrimini **P-h** diyagramında çiziniz.

b-) Kompresörün harcadığı toplam gücü ve $\text{COP}_{\text{soğutma}}$ değerini hesaplayınız.

c-) Aynı soğutucu akışkan debisi ve sıcaklıklar ($-10^{\circ}\text{C}/+40^{\circ}\text{C}$) için 10°C aşırı soğutma ve 10°C aşırı kızdırma yapılırsa çevrimi şematik olarak ve **P-h** diyagramında çiziniz.

d-) Bu yeni durumda soğutma yükü, kompresör gücü ve $\text{COP}_{\text{soğutma}}$ değerlerini hesaplayıp sonuçları yorumlayınız. (20 Puan)

C-5)



Su soğutmalı kondenserlerde;

$T_{\text{yoğuşturma}} - T_{\text{su}} \approx 5 \sim 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ alınabilir.

$T_{\text{su}} = T_{\text{yoğuşturma}} - 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ kabul edilirse

$T_{\text{su}} = T_{\text{sc}} = 40 - 10 \text{ } ^\circ\text{C} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$ (kondenser giriş)

$$\epsilon = \frac{T_{\text{sg}} - T_{\text{sc}}}{T_{\text{sg}} - T_{\text{yaş}}} \rightarrow 0.7 = \frac{T_{\text{sg}} - 30 \text{ } ^\circ\text{C}}{T_{\text{sg}} - 24 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$T_{\text{sg}} = 44 \text{ } ^\circ\text{C}$ (kuleye giriş sıcaklığı)

$$Q_{\text{kule}} \approx Q_{\text{yoğ}} = m_{\text{su}} \cdot C_{\text{su}} (T_{\text{sg}} - T_{\text{sc}}) = M_{\text{R22}} \cdot (h_{\text{giriş}} - h_{\text{çıkış}})$$

$$= 3000 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ sn}} \cdot 4.186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \text{ } ^\circ\text{C}} \cdot (44 - 30) = 48.8 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} \approx 49 \text{ kW}$$

R-22 diyagramından $h_{\text{giriş}} = 435 \text{ kJ/kg}$

$T = 60 \text{ } ^\circ\text{C}$ ve $T = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$ $h_{\text{çıkış}} = 250 \text{ kJ/kg}$

$$Q_{\text{yoğ}} = M_{\text{R-22}} \cdot (h_{\text{giriş}} - h_{\text{çıkış}})$$

$$48.84 \text{ kJ/s} = M_{\text{R-22}} \cdot (435 - 250) \text{ kJ/kg}$$

$$M_{\text{R-22}} = 0.2639 \text{ kg/s}$$

C-6)

$$b) Q_{ev} = M \cdot (h_1 - h_4) \rightarrow 30 \text{ kW} = M \cdot (395 - 258) \text{ kJ/kg}$$

$$W_{komp} = \frac{M \cdot (h_2 - h_1)}{2top} = \frac{0.219 \cdot (430 - 395)}{0.85}$$

$$W_{komp} = 9 \text{ kW}$$

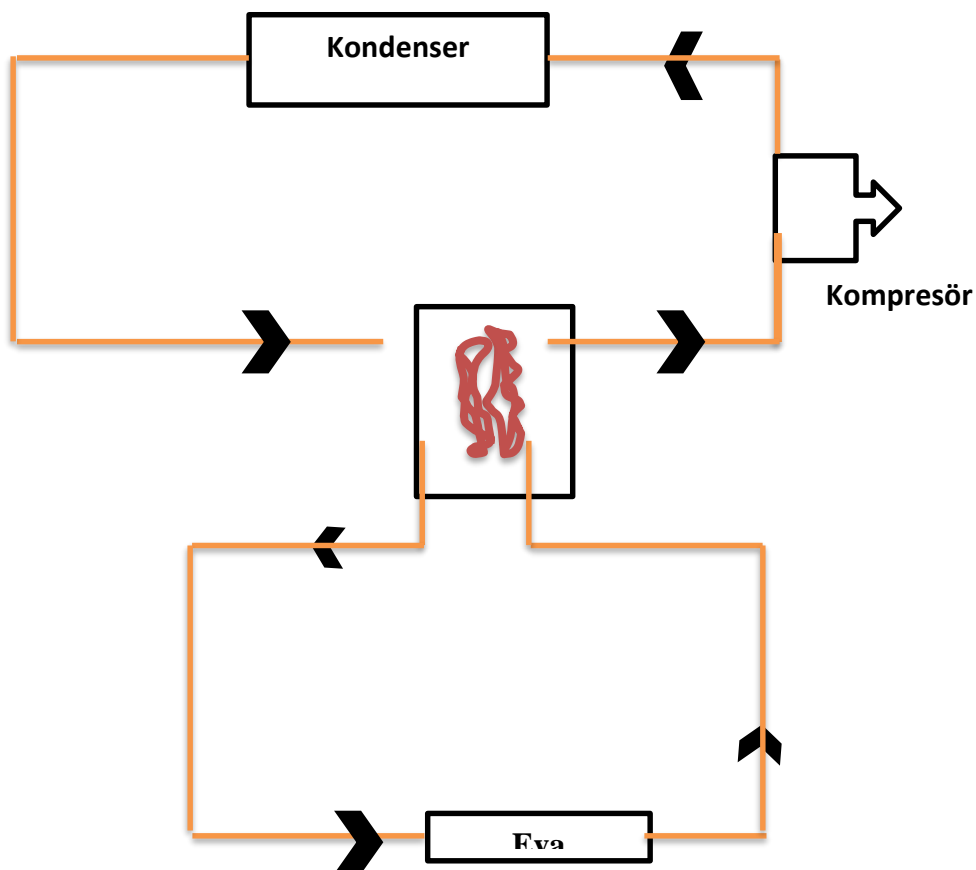
$$COP = \frac{Q_{ev}}{W_{kom}} = \frac{30}{9} = 3.33$$

$$c) W_{komp} = \frac{M \cdot (h_2 - h_1)}{2top} = \frac{0.219 \cdot (435 - 400)}{0.75} = 10.22 \text{ kW}$$

$$Q_{sağ} = M \cdot (h_1 - h_4) = 0.219 \cdot (400 - 242)$$

$$Q_{sağ} = 34.6 \text{ kW}$$

$$COP = \frac{Q_{sağ}}{W_{kom}} = \frac{34.6}{10.22} = 3.39$$



Forum;

Aşırı kızdırma ve aşırı soğutma ile soğutma yükü artar, kompresör gücü de artar. Ama COP daha büyüktür. Kompresöre sıvı kaçmasını engeller.

20.01.2012

0506714/0502714-Soğutma ve Klima Tekniği Final Sınavı

COKTAN SEÇMELİ SORULAR: DOĞRU CEVABI DAİRE İÇİNE ALINIZ.

(HER SORU 2 PUAN)

S-1) Aşağıdakilerden hangisi fancoil ünite tipi olarak kullanılmayan biridir?

- a) Yer tipi
- b) Kasetli tip
- c) Gizli tavan içinde kanallı tip
- d) Salon tipi

S-2) Aşağıdakilerden hangisi havadan havaya bir ısı pompasında bulunmayan bir elemandır?

- a)) Kondenser (yoğuşturucu)
- b) Evaporatör (Buharlaştırıcı)
- c) Pompa
- d) Kompresör

S-3) Klima sistemlerinde soğutma yükü belirlenirken aşağıdakilerden hangisi **göz önüne alınmaz?**

- a) Mahalin pencereleri
- b) Mahaldeki insan sayısı
- c) Mahaldeki mobilyalar
- d) Mahaldeki aydınlatma gücü

S-4) Aşağıdaki su rejimlerinden hangisi fancoil sistemlerinde kullanılmaktadır?

- a) 7°C/12°C
- b) 15°C/25°C
- c) 3°C/5°C
- d) 35°C/45°C

S-5) Aşağıdakilerden hangisi bireysel klima sistemlerinden biri **değildir?**

- a) Split klima
- b) Pencere tipi klima
- c) Portatif klima
- d) fancoil klima sistemi

S-6) Aşağıdaki yerlerden hangisinde endüstriyel klima sistemleri kullanılmaktadır?

- a) Tekstil fabrikası
- b) Ofis binası
- c) Hastane binası
- d) Okul binası

S-7) Emme hattı basıncı vakuma yaklaştığında devreyi keserek kompresörün aşırı zorlanmasını ve emme hattına kaçaklardan hava girmesini önleyen alet aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Termostat
- b) Selenoid vana
- c) Alçak basınç anahtarları
- d) Yüksek basınç anahtarları

S-8) Aşağıdaki elemanlardan hangisi bir klima santralinde **bulunmaz**?

- a) Kılcal boru
- b) Nemlendirici
- c) Fan
- d) Soğutucu batarya

S-9) Aşağıdaki elemanlardan hangisi bir Split tip klimanın iç ünitesinde bulunan elemanlardan biri **değildir**?

- a) Serpantin
- b) Fan
- c) Pompa
- d) Filtre

S-10) 50 kişilik bir toplantı salonuna saate verilmesi gereken temiz hava miktarı ne kadardır?

- a) 1000m³/h
- b) 5500 m³/h
- c) 75 m³/h
- d) 50 m³/h

Başarılar.....

20.01.2012

0506714/0502714-Soğutma ve Klima Tekniği Final Sınavı**COKTAN SEÇMELİ SORULAR: DOĞRU CEVABI DAİRE İÇİNE ALINIZ.****(HER SORU 2 PUAN)****S-1) Aşağıdakilerden hangisi hijyenik klima sistemlerinde kullanılan filtre çeşididir?**

- a) Elektrostatik filtre
- b) Karbon filtre
- c) Hepa filtre
- d) Torba filtre

s-2) Aşağıdaki elemanlardan hangisi bir klima santralinde bulunmaz?

- a) Isıtıcı batarya
- b) Nemlendirici
- c) Fan
- d) Kılcal boru

S-3) Aşağıdaki sistemlerden hangisi merkezi bir klima sistemidir?

- a) Split klima
- b) Multi-Split klima
- c) Pencere tipi klima
- d) VRV (Değişken soğutucu akışkan debili) klima

S-4) 20 kişilik bir ofiste saate verilmesi gereken temiz hava miktarı ne kadardır?

- a) 400m³/h
- b) 4500 m³/h
- c) 1500 m³/h
- d) 50 m³/h

S-5) Aşağıdakilerden hangisi iklimlendirmede kontrol edilen temel parametrelerden biri değildir?

- a) Havanın sıcaklığı
- b) Havanın nemi
- c) Havanın hızı
- d) Havanın güzel kokması

S-6) Aşağıdakilerden hangisi iklimlendirmenin temel amaçlarından biri değildir?

- a) Gıdaların muhafazası
- b) Konfor
- c) Endüstriyel işlem
- d) Sağlık

S-7) Aşağıdaki elemanlardan hangisi bir fancoil cihazı ünitesinde bulunan elemanlardan biri değildir?

- a) Serpantin
- b) Fan
- c) Pompa
- d) Drenaj tavası

S-8)Aşağıdakilerden hangisi havadan havaya bir ısı pompasında bulunmayan bir elemandır?

- a) Dört yollu vana
- b) Pompa
- c) Emaporatör(Buharlaştırıcı)
- d) Kompresör

S-9) Klima sistemlerinde soğutma yükü belirlenirken aşağıdakilerden hangisi göz önüne alınmaz?

- a) Mahaldeki cihazlar
- b) Mahaldeki insan sayısı
- c) Mahaldeki aydınlatma gücü
- d) Mahaldeki mobilyalar

S-10) Emme hattı basıncı vakuma yaklaştığında devreyi keserek kompresörün aşırı zorlanmasını ve emme hattına kaçaklardan hava girmesini önleyen alet aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Termostat
- b) Selenoid vana
- c) Alçak basınç anahtarları
- d) Yüksek basınç anahtarları

20.01.2012

0506714/0502714- Soğutma ve Klima Tekniği Final sınavı

S-1)(10 puan) Şanlıurfa'da 5x10x3 m boyutlarında 10 kişilik bir asma tavanlı toplantı salonu yazın Split tip bir klima cihazı ile soğutulmak isteniyor. Salonun aydınlatma yükü 2 kW'tır. Buna göre, a- Seçilecek Split klimanın yaklaşık kapasitesini ve iç ünitesinin tipini belirleyiniz.

S-2)(10 puan) Bir oto klima sisteminde evaporatör üzerinden 7 m³/h, 40°C KT ve %50 bağıl nemde geçmekte ve 15 °C doymuş hava olarak çıkmaktadır. Oto klima sisteminin COP değeri 2.2 ve motora kayış kasnak ile bağlı klima kompresörünün verimi %75'tir. Buna göre;

- a-) İşlemi psikrometrik diyagramda gösteriniz
- b-) Evaporatör yüzeyi üzerinde saate ne kadar nem yoğuşur?
- c-) Klima çalıştırıldığında otomobil motorundan kaç beygir güç çekilir?

Not: 1 kW=1.34 BG

S-3)(20 puan) R-134a soğutucu akışkanı kullanan bir çift evaporatörlü ideal bir soğutma çevriminde, soğutma bölümünün gücü 10 kW, sıcaklığı 0°C ve derin dondurucu soğutma bölümünün yükü 20 kW . Sıcaklığı ise -20 °C'dir. Soğutma çevriminde kondenser sıcaklığı +40°C olduğuna göre;

- a-) Soğutma makinesini şematik olarak çiziniz
- b-) Bu soğutma çevrimini basınç-entalpi (P-h) diyagramında çiziniz
- c-) Kompresör gücünü hesaplayınız. (İzentropik verim 0.7, mekanik verim, 0.8, aktarma verimi 0.95 ve elektrik motoru verimi 0.98 alınız.)
- d-) Kondenser gücünü hesaplayınız.
- e-) Soğutma performans katsayısını (COP_{soğutma}) hesaplayınız.

S-4)(40 puan) 300 kişilik bir toplantı salonu için yaz ve kış kliması uygulaması yapılacaktır. Tasarım için:

YAZ VERİLERİ

İç Ortam	26°C kuru termometre (KT) ve %50 Bağıl nem (BN)
Dış Ortam	38°C KT ve 24°C YT
Isı Kazancı	Duyulur: 80 kW, Gizli 20 kW
Üfleme sıcaklığı ile iç Ortam sıcaklığı arasındaki fark	8°C

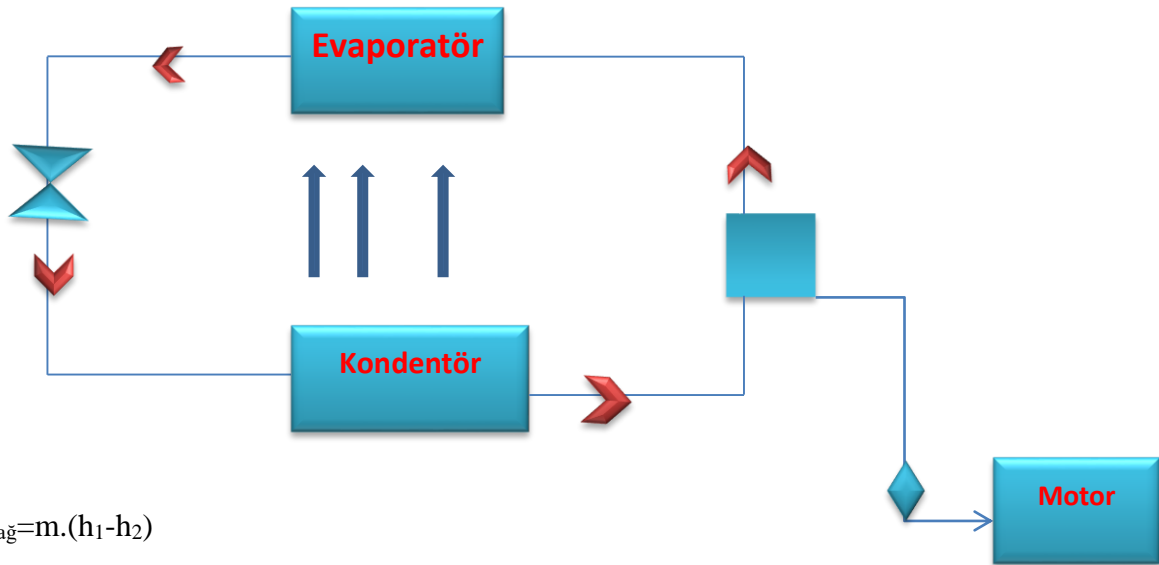
KIŞ VERİLERİ

İç Ortam	24°C kuru termometre (KT) ve %50 bağıl nem (BN)
Dış Ortam	0°C KT ve %50 BN
Isı Kaybı ve Kazancı	Duyulur ısı kaybı:170kW, Gizli Isı Kazancı:30 kW
Kış işletmesinde sadece nemlendirici ve son ısıtıcı vardır.	

Soğutucu serpantinden çıkan hava şartları %90 BN olarak, kişi başı temiz hava miktarı 35m³/h ve toplam hava miktarını yaz ve kış için aynı kabul ederek ve yukarıdaki verilere göre;

- Bu konfor klima sistemini tüm eleman ve alt sistemleri (Kazan, kanal, santral gibi) ile birlikte şematik olarak çiziniz.
- Temiz hava miktarını ve temiz hava oranını bulunuz.
- By-pass oranını ve by-pass hava miktarını bulunuz.
- Soğutucu serpantininin gücünü hesaplayınız.
- Isıtıcı serpantininin gücünü hesaplayınız.
- Nemlendiricinin saate tükettiği su miktarını hesaplayınız.
- Bu yaz kliması işlemlerini psikometrik diyagramında gösteriniz.
- Su rejimi 7°C /12°C ise soğutma bataryasında dolaşan suyun debisini hesaplayınız.
- Hava basma hattında toplam basınç kaybı 100 mmSS ise fan gücünü hesaplayınız.

C-2)



$$Q_{ev} = Q_{sağ} = m \cdot (h_1 - h_2)$$

$$M = g \cdot v = 1.2 \frac{kg}{m^3} \cdot 7 \frac{m^3}{h} = 8.4 \frac{kg}{h}$$

$$Q_{ev} = 8.4 \frac{kg}{h} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot (238 - 101) \frac{kcal}{kg} \cdot \frac{4186 kJ}{1kcal}$$

$$Q_{ev} = 0.1338 \text{ kW}$$

$$COP = \frac{Q_{ev}}{W_k} \rightarrow$$

$$W_k=0.0608 \text{ kW}$$

$$W_{kg} = \frac{wk}{2g} = \frac{0.0608kW}{0.75}$$

$$W_{kg}=0.081 \text{ kW}$$

$$=0.1087 \text{ BG}$$

$$M_{su}=m_h.(W_1-W_2)$$

$$=8.4.(235-10.5) = 109.2 \frac{gr}{h}$$

Dış hava(Temiz hava) miktarı

$$V_D = V_{taze} = n_{kişi} * V_{kişi} = 300 * 35 = 10500 \frac{m^3}{h}$$

$$DIO = \frac{QD}{QD+QG} = \frac{80}{80+20} = 0.8$$

$$M_h = \frac{QT}{hc-hu} = \frac{100kW}{(53-43)kJ/kg} = 10 \frac{kg}{s} = 36000 \text{ kg/h}$$

$$V_h = \frac{mh}{sh} = \frac{36000}{1.2} = 30000 \frac{m^3}{h}$$

$$V_i = V_h - V_D = 30000 - 10500 = 18500 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$THO = \frac{VD}{Vh} = THO = \frac{10500}{30000} = 0.35 \text{ by-pass oranı}$$

$$BYO = \frac{T_c - T_a}{T_k - T_a} = \frac{18-14}{30.2-14} = 0.25$$

By-pass edilen hava miktarı

$$V_{BYO} = BYO * V_h = 0.25 * 30000 = 7500 \text{ m}^3/\text{h}$$

Serpantin üzerinden geçen hava miktarı

$$V_{i-BYO} = V_h - V_{BYO} = 30000 - 7500 = 22500 \text{ m}^3/\text{h}$$

Soğutucu serpantin gücü

$$Q_{sağ} = V_{i-BYO} * gh * (h_k - h_a) \rightarrow$$

$$Q_{sağ} = 22500 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot 1.2 \text{ kg/m}^3 * (60-37) = 172.5 \text{ kW}$$

$$T_k = 15.6^\circ\text{C}$$

$$DIO = \frac{170}{170-30} = 1.2$$

$$\frac{\Delta h}{\Delta W} = \frac{2500}{1-1.21} = -11667 \text{ kJ/kg} \cdot 1 \text{ kg/1000} = -11.6 \text{ kJ/kg}$$

Isıtıcı gücü

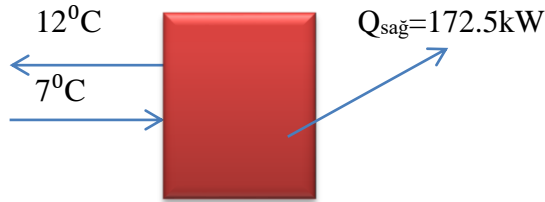
$$e-) Q_{\text{ısıtıcı}} = m_h \cdot (h_c - h_B) = 10 \text{ kg/s} \cdot (62.5 - 33.5) = 290 \text{ kW}$$

Nemlendiricide tüketilen su

$$M_{\text{su}} = m_h \cdot (W_B - W_k) = 36000 \text{ kg/h} \cdot (8.1 - 6.5) \cdot 10^{-3} \text{ kg/kg}$$

$$f-) M_{\text{su}} = 57.6 \text{ kg/h}$$

$$h-) \Delta T_{\text{su}} = 12 - 7 = 5^\circ \text{C}$$



$$Q_{\text{sag}} = M_{\text{su}} \cdot C_{\text{su}} \cdot \Delta T_{\text{su}}$$

$$172.5 \text{ kJ/s} = M_{\text{su}} \cdot 4.186 \text{ kJ/kg}^\circ \text{C} \cdot 5^\circ \text{C}$$

$$M_{\text{su}} = 8.24 \text{ kg/s} = 29670 \text{ kg/h}$$

$$I-) \text{Güç} = N = m_h / g_h \cdot \Delta P$$

$$= \frac{10}{1.2} \cdot \text{kg/s} \cdot 1000 \cdot \frac{9.81 \cdot 1000}{1 \text{ mss}}$$

$$= 8175 \text{ j/s}$$

$$= 8.715 \text{ kW}$$

$$C-1) Q_{\text{soğutma}} = 50 \text{ m}^3 \times 600 \frac{\text{BTY}}{\text{h.m}^2} + (10-4) \cdot 600 \frac{\text{BTY}}{\text{kişi.h}} + (200-500) \times 3.4 \frac{\text{BTY}}{\text{w.h}}$$

$$Q_{\text{soğutma}} = 38700 \frac{\text{BTY}}{\text{h}}, \text{ Gizli tavan, kaset veya Salon tip iç ünite seçilebilir.}$$

24 Ocak 2007

Soğutma ve Klima Tekniği Final Sınavı

S-1)a-Bir buhar sıkıştırımlı soğutma makinasını ana ve yardımcı elemanları ile birlikte olması gereken yerlerinde ve eksiksiz bir şekilde şematik olarak çiziniz.

b-Soğutma makinalarında kullanılan kompresörler hakkında bilgi (Görevi, tipleri vb.)veriniz.

S-2) Absorpsiyonlu soğutma makinasını şematik olarak çizip, çalışma prensibini anlatınız. Buhar sıkıştırımlı çevrime göre avantaj ve dezavantajlarını belirtiniz.

S-3) Isı kazancı nedir? Isı kazançları nelerdir ve nasıl hesaplanır? Soğutma yükü hesap yöntemleri nelerdir.?

S-4) Bir iklimlendirme santralini içindeki tüm elemanları ile birlikte çiziniz. Yaz ve kış durumunda çalışmasını anlatıp, psikrometrik diyagramda bu durumları gösteriniz.

S-5) R-12 Soğutucu akışkanı 0.04 kg/s'lik debiyle, bir soğutma makinesinin kompresörüne 0.14 MPa basınç ve -20 °C sıcaklıkta kızgın buhar olarak girmekte , 0.7 MPa basınç ve 50 °C sıcaklıkta çıkmaktadır. Soğutucu akışkan yoğuşturucudan 24 °C sıcaklık ve 0.65 MPa basınçta çıkmakta ve daha sonra 0.15 MPa basınca kısılmaktadır. Bağlantı borularındaki basınç ve ısı kayıplarını ihmal ederek,

a-)Soğutma yükünü,

b-)Kompresörü çalıştırmak için gerekli gücü. (Kompresör verimi %80),

c-) Soğutma makinasının COP' sini hesaplayınız,

d-)Çevrimi P-h diyagramında çiziniz.

S-6) Toplam ısı kazancı 150 000 kcal/h ve duyurulur ısı oranı 0.8 olan 650 kişilik bir sinema salonu bir klima santrali ile iklimlendirilmesi yapılacaktır. İç hava şartları 25 °C KT / %50 BN, dış hava şartları 40 °C KT / 25 °C YT'dir. Üfleme sıcaklığı arasındaki fark 9 °c'yi geçmemesi gerekir. Buna göre;

a- Toplam hava debisini, **b-**Dışardan santrale alınacak temiz hava miktarını, **c-** Dönüş havası miktarını, **d-** Karışım noktası havasının termodinamik özelliklerini, **e-** Soğutucu batarya kapasitesini, **f-** Soğutucu bataryada yoğuşan su miktarını, **g-** Su rejimi 7 ° C / 12 ° C ise soğutma bataryasında dolaşan suyun debisini hesaplayınız. **h-** İşletme durumunu psikometrik diyagramda gösteriniz.

İpucular: Toplam hava debisi duyulur ısı kazancına göre olmalıdır. Kişi başı temiz hava miktarı 30m³ /h alınabilir. Su ve havanın özgül ısısını sırasıyla 4.186 ve 0.24 kcal/kg K alabilirsiniz.

C-5)

$$\mathbf{a) } Q_{soğ} = m_R \cdot (h_1 - h_4)$$

$$Q_{sağ} = 0.04 \frac{kg}{s} (350 - 225) \frac{kJ}{kg}$$

$$Q_{sağ} = 5 \text{ kW}$$

$$\mathbf{b) } w_k = \frac{mR(h_2 - h_1)}{2}$$

$$w_k = 1.5 \text{ kW}$$

$$\mathbf{c) } COP_{soğ} = \frac{Q_{soğ}}{W_k}$$

$$COP_{soğ} = 3.33$$

C-6)

$$\rho_{hava} = 1.2$$

$$C_{hava} = 0.24$$

$$Q_t = 150000 \frac{kcal}{h}$$

$$n = 650 \text{ kişi}$$

$$\text{İç: } 25^{\circ} \text{ C / \% 50}$$

$$\text{Dış: } 40^{\circ} \text{ C / } 25^{\circ} \text{ C}$$

$$DIO = 0.8$$

$$\rho_{su} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$C_{su} = 4.186 \frac{kJ}{kg/h} = 1 \frac{kcal}{kg}$$

$$DIO = \frac{Q_{duyulur}}{Q_t} = 0.8$$

$$Q_{duyulur} = 120000 \text{ kcal/h}$$



$$\mathbf{a) } Q_{duyulur} = V_t \cdot g \cdot c (T_{\ddot{u}} - T_{i\check{c}})$$



$$V_t = \frac{Q_{duyulur}}{1.2 \cdot 0.24 \cdot 9}$$

$$V_t = 46296 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\mathbf{b) } \text{Temiz hava miktarı} = 650 \text{ kişi} \cdot 30 \frac{\text{m}^3}{\text{hkişi}} = 19500 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\mathbf{c) } \text{Dönüş havası} = V_t - \text{Dış hava} = 46296 - 19500 = 26790 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\mathbf{d) } T_k = 31.5^{\circ} \text{ CKT} / 21.2^{\circ} \text{ CYT}, h_k = 14.7, x_k = 11.7 \text{ gr/kg}$$

$$e) Q_{\text{soğutucu}} = g \cdot C \cdot V_t \cdot (T_k - T_{\bar{u}}) = g \cdot V_t \cdot (h_k - h_{\bar{u}}) = 294442.6 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

$$f) m_{\text{su}} = g_{\text{hava}} \cdot V_t \cdot (X_k - X_{\bar{u}}) = 1.2 \cdot 46296 \cdot (11.7 - 9) = 149999 \frac{\text{gr}}{\text{h}} = 150 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$g) g_{\text{su}} \cdot C_{\text{su}} \cdot m_{\text{su}} \cdot (12 - 7) = 294442.6 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \quad m_{\text{su}} = 58.888 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

08 Ocak 2007

Soğutma ve Klima Tekniği II. Arasınava

S-1) Soğutma makinalarında genişleme vanaları(valfleri) niçin kullanılır? Tipleri ve çalışma prensiplerini yazınız.

S-2) İklimlendirme nedir? Amacına göre kaç çeşit iklimlendirme vardır? İklimlendirmede ısı konfor açısından kontrol edilen ve sağlanan parametreler nelerdir? , açıklayınız.

S-3) Buhar sıkıştırımlı soğutma sistemlerinde hangi tür soğutucu akışkanlar kullanılır? Günümüzde en çok kullanılan 4 adet soğutucu akışkan tipini yazınız. Çevresel kaygılar açısından soğutucu akışkanlarda hangi özellikler aranır?

S-4) Aşağıdaki şehirlerde yazın atölyelerde verimi %80 olan doğrudan nemlendirmeli bir soğutma sistemi kullanılmak isteniyor. Buna göre

a) Her iki şehir için nemlendirici giriş ve çıkışındaki havanın termodinamik özelliklerini tespit ediniz. Durumları psikrometrik diyagramda gösteriniz.

b) Hangi şehir için nemlendirmeli soğutma sistemi daha uygundur, nedenini açıklayınız.

Şehir	Kuru Termometre sıcaklığı .[°C]	Yaş Termometre Sıcaklığı ,[°C]
A	40	22
B	32	25

S-5) Şanlıurfa'da 20m² taban alanına, 3 m tavan yüksekliğine sahip ve 4 kişinin çalıştığı bir ofiste bir split klima alınacaktır. a) Split klimanın yaklaşık soğutma kapasitesini tespit ediniz.

b) COP ve EER'yi tanımlayıp, bir split klima için değerlerinin hangi aralıkta olacağını tahmin ediniz.

S-6) Dış ortamın 0°C kuru termometre (KT) ve % 80 bağıl nemde (BN) olduğu bir yerde, 100 kişilik bir toplantı salonunda iç ortam 22 °C KT ve % 50 BN şartlarında tutulmaktadır. Toplantı salonunun toplam ısı kaybı 7500 kcal/h'tır. Kişi başı temiz hava ihtiyacı siğara içilmeyen yer olarak 20 m³/h alınırsa;

- %100 dış hava ile çalışan bir iklimlendirme sistemi kullanılırsa ısıtıcı çıkışı üfleme sıcaklığını ve ısıtıcı kapasitesini hesaplayınız.
- %50 taze hava oranı ile sistem çalıştırılırsa ısıtıcı kapasitesini hesaplayınız.(Hava debisi ve üfleme sıcaklığı değişmemektedir.)
- Sistemi her iki durum için psikometrik diyagramda gösteriniz.(Cevap 4 için kullanılan psikrometrik diyagramı tekrar kullanınız.)

08 Ocak 2007

Soğutma ve Klima Tekniği II. Arasnavı

S-1) Soğutma makinalarında genişleme vanaları(valfleri) niçin kullanılır? Tipleri ve çalışma prensiplerini yazınız.

S-2) İklimlendirme nedir? Amacına göre kaç çeşit iklimlendirme vardır.? İklimlendirmede ısı konfor açısından kontrol edilen ve sağlanan parametreler nelerdir? , açıklayınız.

S-3) Buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemlerinde hangi tür soğutucu akışkanlar kullanılır? Günümüzde en çok kullanılan 4 adet soğutucu akışkan tipini yazınız. Çevresel kaygılar açısından soğutucu akışkanlarda hangi özellikler aranır?

S-4) Aşağıdaki şehirlerde yazın atölyelerde verimi %80 olan doğrudan nemlendirmeli bir soğutma sistemi kullanılmak isteniyor. Buna göre

a) Her iki şehir için nemlendirici giriş ve çıkışındaki havanın termodinamik özelliklerini tespit ediniz. Durumları psikrometrik diyagramda gösteriniz.

b) Hangi şehir için nemlendirmeli soğutma sistemi daha uygundur, nedenini açıklayınız.

Şehir	Kuru Termometre sıcaklığı .[°C]	Yaş Termometre Sıcaklığı ,[°C]
A	40	22
B	32	25

S-5) Şanlıurfa'da 20m² taban alanına , 3 m tavan yüksekliğine sahip ve 4 kişinin çalıştığı bir ofiste bir split klima alınacaktır. **a)** Split klimanın yaklaşık soğutma kapasitesini tespit ediniz.

b) COP ve EER'yi tanımlayıp, bir split klima için değerlerinin hangi aralıkta olacağını tahmin ediniz.

S-6) Dış ortamın 0°C kuru termometre (KT) ve % 80 bağıl nemde (BN) olduğu bir yerde , 100 kişilik bir toplantı salonunda iç ortam 22 °C KT ve % 50 BN şartlarında tutulmaktadır. Toplantı salonunun toplam ısı kaybı 7500 kcal/h'tır. Kişi başı temiz hava ihtiyacı sigara içilmeyen yer olarak 20 m³/h alınır;

- %100 dış hava ile çalışan bir iklimlendirme sistemi kullanılırsa ısıtıcı çıkışı üfleme sıcaklığını ve ısıtıcı kapasitesini hesaplayınız.
- %50 taze hava oranı ile sistem çalıştırılırsa ısıtıcı kapasitesini hesaplayınız.(Hava debisi ve üfleme sıcaklığı değişmemektedir.)
- Sistemi her iki durum için psikometrik diyagramda gösteriniz.(Cevap 4 için kullanılan psikrometrik diyagramı tekrar kullanınız.)

C-4)

	KT	YT
A	40	22
B	32	25

$$\epsilon = \frac{Tg - Tç}{Tg - Tyaş}$$

$$A \longrightarrow 0.8 = \frac{40 - Tç}{40 - 22} \quad T = 25.6^{\circ}\text{C}$$

$$B \longrightarrow 0.8 = \frac{32 - Tç}{32 - 25} \quad Tç = 26.4$$

	KT(°C)	YT(°C)	BN%	X($\frac{gr}{kg}$)	H(kcal/kg)	
A Nemlendirici giriş	40	22	20	9.2	15.3	
Nemlendirici çıkış	25.6	22	72	15	15.3	
B Nemlendirici giriş	32	25	56	17	18.2	
Nemlendirici çıkış	26.4	25	90	19.5	18.2	

A şehri daha uygundur. Çünkü daha kurak bir bölgede olduğu görülmektedir. Giriş ve Çıkış havası arasındaki sıcaklık farkı yaklaşık 15 °C'dir. Bağıl nemi de B'ye göre daha düşüktür.

$$C-5) A = 20\text{m}^2, h = 3\text{m}$$

Taban alanına göre $q = 600 \frac{\text{BTY}}{\text{hm}^2}$ alınırsa

$$Q_{\text{soğutma}} = 600 \frac{\text{BTY}}{\text{hm}^2} * 20\text{m}^2 = 12000 \frac{\text{BTY}}{\text{h}}$$

split klimalarda $2 < \text{COP} < 4$

$9 < \text{EER} < 15$ arasında

$$\text{COP} = \frac{Q_{\text{soğ.}} (\text{Watt})}{W_{\text{kom}} (\text{Watt})}$$

$$\text{EER} = \frac{\text{BTU/h}}{\text{Watt}}$$

$$C-6)h_{dış}=2kcal/kg$$

$$H_{iç}=10.6 kcal/kg$$

$$T_k=T_{iç}-\%(T_{iç}-T_{dış})$$

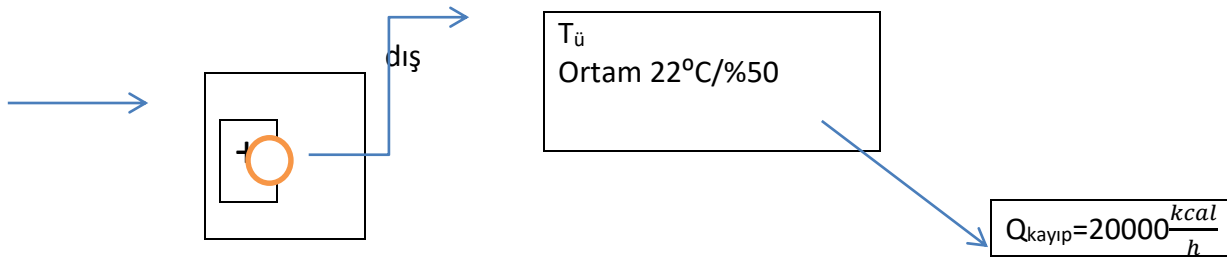
$$H_k=6.3 kcal/kg$$

$$T_{karışım}=11^{\circ}C$$

$$H_{ü1}=10.6$$

$$H_{ü2}=11.8$$

$$0^{\circ}C/\%80$$



$$Q_{kayıp}=m.c.(T_{ü}-T_{iç})$$

$$Q_{kayıp}=g.v.c.(T_{ü}-T_{iç})$$

$$Q_{kayıp}=v.0.29*(T_{üf}-T_{iç})$$

$$\frac{1.2}{g.c=0.29} \quad \frac{0.24}{1.2} \quad 2000$$

$$v=100 \text{ kişi} * 20 \frac{m^3}{h \text{ kişi}} = 2000 \frac{m^3}{h}$$

$$T_{üf} = \frac{Q_{kayıp}}{0.29 * v} + t_{iç} = \frac{7500}{0.29 * 2000} + 22$$

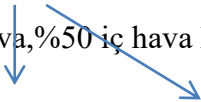
$$T_{üf} = 34.93 = 35^{\circ}C$$

$$Q_{ısıtıcı1} = m.c.(T_{üf}-T_{dış}) = v.0.29*(T_{üf}-T_{dış})$$

$$Q_{ısıtıcı1} = 2000 \frac{m^3}{h} * 0.29 \frac{kcal}{^{\circ}C m^3} * (35-0)^{\circ}C = 20300 \frac{kcal}{h}$$

$$Q_{ısıtıcı1} = g.v.(h_{üf}-h_{dış}) = 20640 kcal/h$$

%50 dış hava, %50 iç hava kullanılırsa;



$$Q_{\text{ısıtıcı1}}=0.29.V(T_{\text{üf}}-T_{\text{karışım}})$$

$$Q_{\text{ısıtıcı1}}=0.29*2000(35-11) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{ısıtıcı2}}=13920\text{kcal/h}$$

$$\longrightarrow \frac{Q_{\text{ısıtıcı2}}}{Q_{\text{ısıtıcı1}}}=0.68(\%68)$$

$$Q_{\text{ısıtıcı2}}=m.h=13200\text{kcal/h}$$

c)Karışım noktasının özellikleri =%32 Isı kazancı var

KT	YT	h	X	BN
11	8.5	6.3	5.7	70

Soğutma ve Klima Tekniği Ara Sınavı

S-1)Soğutma yöntemlerini maddeler halinde yazınız.(10 puan)

S-2)Bir buhar sıkıştırımalı soğutma makinasını ana ve yardımcı elemanları ile birlikte **olması gereken yerlerinde ve eksiksiz** bir şekilde şematik olarak çiziniz.(20 puan)

S-3)Termoelektrik soğutma sistemini,

a)Şematik olarak çiziniz

b)Çalışma prensibini açıklayınız,

c)Bu soğutma sistemlerinde kullanılan malzemeleri yazınız,

d)Uygulama örneklerini yazınız.(20 Puan)

S-4)Bir soğutma makinasında kullanılan genişleme valfinin(vanasının)görevi nedir? Çeşitlerini yazınız.(10 puan)

S-5)Şanlıurfa (yaz tasarım şartları:43°C kuru termometre /24°C Yaş termometre)su soğutmalı bir chiller grubunda, kondenser sıcaklığı 40°C ve soğutucu akışkan olarak R-22 kullanılmaktadır. R-22 kondensere 60°C'de girmekte ve ısısını suya vererek doymuş sıvı olarak çıkmaktadır. Su soğutma kulesinin verimi 0.70'dır. Buna göre;

a-)Su soğutma kulesini soğutma makinesi ile birlikte şematik olarak çiziniz,

b-)Soğutma suyunun kondensere giriş sıcaklığını,

c-)Soğutma suyunun soğutma kulesine giriş sıcaklığını,

d-)Soğutma suyunun kütleli debisi saate 3000 kg ise yoğuşturucunun kapasitesini ve soğutma makinasındaki soğutucu akışkanın debisini belirleyiniz.(20Puan)

S-6)Bir soğuk hava deposunda soğutma yükü 30 kW'tır. Soğutma çevriminde buharlaşma sıcaklığı -10°C ve yoğuşma sıcaklığı +40°C ve soğutucu akışkan olarak R-134a kullanılmaktadır. Soğutma makinasında kompresörün toplam verimi 0.85 olduğuna göre;

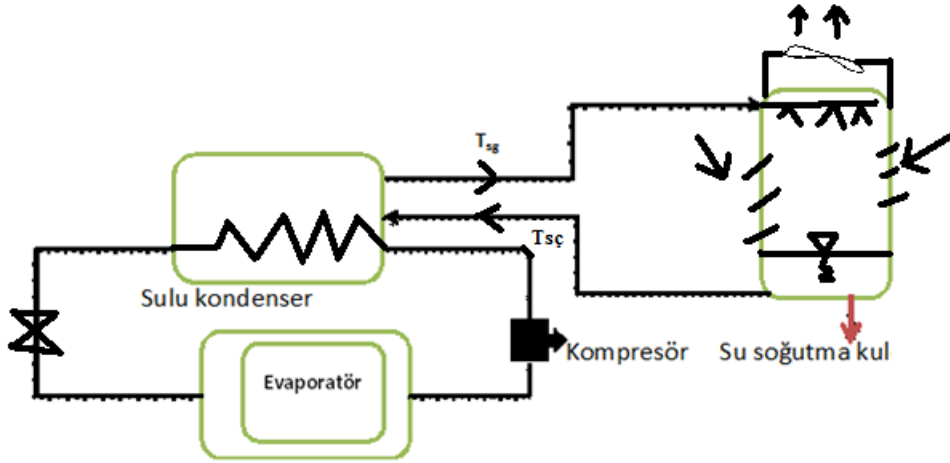
a-)Bu soğutma çevrimini P-h diyagramında çiziniz.

b-)Kompresörün harcadığı toplam gücü ve COP_{soğutma} değerini hesaplayınız.

c-) Aynı soğutucu akışkan debisi ve sıcaklıklar ($-10^{\circ}\text{C}/+40^{\circ}\text{C}$) için 10°C aşırı soğutma ve 10°C aşırı kızdırma yapılırsa çevrimi şematik olarak ve **P-h** diyagramında çiziniz.

d-) Bu yeni durumda soğutma yükü, kompresör gücü ve $\text{COP}_{\text{soğutma}}$ değerlerini hesaplayıp sonuçları yorumlayınız. (20 Puan)

çözüm 5



Su soğutmalı kondenslerde;

$T_{\text{yoğuşturma}} - T_{\text{su}} \approx 5 \sim 10^{\circ}\text{C}$ alınabilir.

$T_{\text{su}} = T_{\text{yoğuşturma}} - 10^{\circ}\text{C}$ kabul edilirse

$T_{\text{su}} = T_{\text{sc}} = 40 - 10^{\circ}\text{C} = 30^{\circ}\text{C}$ (kondenser giriş)

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{sg}} - T_{\text{sc}}}{T_{\text{sg}} - T_{\text{yaş}}} \rightarrow 0.7 = \frac{T_{\text{sg}} - 30^{\circ}\text{C}}{T_{\text{sg}} - 24^{\circ}\text{C}}$$

$T_{\text{sg}} = 44^{\circ}\text{C}$ (kuleye giriş sıcaklığı)

$$Q_{\text{kule}} \approx Q_{\text{yoğ}} = \dot{m}_{\text{su}} \cdot C_{\text{su}} (T_{\text{sg}} - T_{\text{sc}}) = \dot{m}_{\text{R22}} \cdot (h_{\text{giriş}} - h_{\text{çıkış}})$$

$$= 3000 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \cdot 4.186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \cdot (44 - 30) = 48.8 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} \approx 49\text{kW}$$

R-22 diyagramından $h_{\text{giriş}} = 435\text{kJ/kg}$

$T = 60^{\circ}\text{C}$ ve $T = 40^{\circ}\text{C}$ $h_{\text{çıkış}} = 250\text{kJ/kg}$

$$Q_{\text{yoğ}} = \dot{m}_{\text{R-22}} \cdot (h_{\text{giriş}} - h_{\text{çıkış}})$$

$$48.84 \text{ kJ/s} = \dot{m}_{R-22} * (435-250) \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m}_{R-22} = 0.2639 \text{ kg/s}$$

C-6)

b) $Q_{ev} = \dot{m} * (h_1 - h_4) \rightarrow 30 \text{ kW} = \dot{m} * (395 - 258) \text{ kJ/kg}$

$$W_{\text{komp}} = \frac{\dot{m} * (h_2 - h_1)}{\eta_{\text{top}}} = \frac{0.219 * (430 - 395)}{0.85}$$

$$W'_{\text{komp}} = 9 \text{ kW}$$

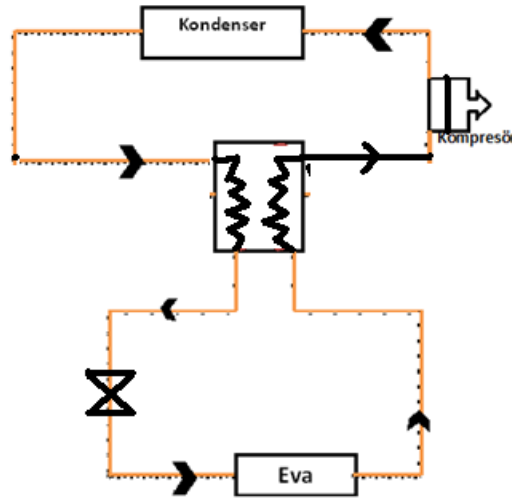
$$\text{COP} = \frac{Q_{ev}}{W_{\text{komp}}} = \frac{30}{9} = 3.33$$

c) $W'_{\text{komp}} = \frac{\dot{m} * (h'^2 - h'^1)}{\eta_{\text{top}}} = \frac{0.219 * (435 - 400)}{0.75} = 10.22 \text{ kW}$

$$Q_{\text{soğ}} = \dot{m} * (h'^2 - h'^4) = 0.219 * (400 - 242)$$

$$Q'_{\text{soğ}} = 34.6 \text{ kW}$$

$$\text{COP} = \frac{Q'_{\text{soğ}}}{W_{\text{komp}}} = \frac{34.6}{3.33} = 3.39$$



Yorum;

Aşırı kızdırma ve aşırı soğutma ile soğutma yükü artar, kompresör gücü de artar. Ama COP daha büyüktür. Kompresöre sıvı kaçmasını engeller.

<https://www.ceyrekmuhendis.com/temiz-oda-nedir/>