

Soğutma Suyu Sistemlerinde Enerji Verimliliği

Dr. Murat Çakan

İTÜ Makina Fakültesi
Makina Mühendisliği Bölümü
cakanmu@itu.edu.tr

BUSİAD Enerji Uzmanlık Grubu
17 Nisan 2018, BURSA

Sunum

1. Ön Bilgiler
2. Bina Soğutma Yüklerinin Azaltılması
 - 2.1. Mimari Tasarım Önlemleri
 - 2.2. Havalandırma Kaynaklı Kazançların Azaltılması
3. Soğutma Çevrimi
 - 3.1. Kondenser
 - 3.2. Yoğuşturucu - Soğutmada İç Sıcaklığı Arttırmanın Etkisi
4. Fanlarda Enerji Tasarrufu
5. Pompalarda Enerji Tasarrufu
6. Hava Kanalları, Boru ve Cihazlarda Isı Yalıtımı

1. Ön Bilgiler

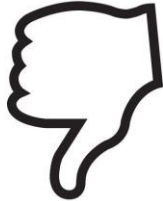
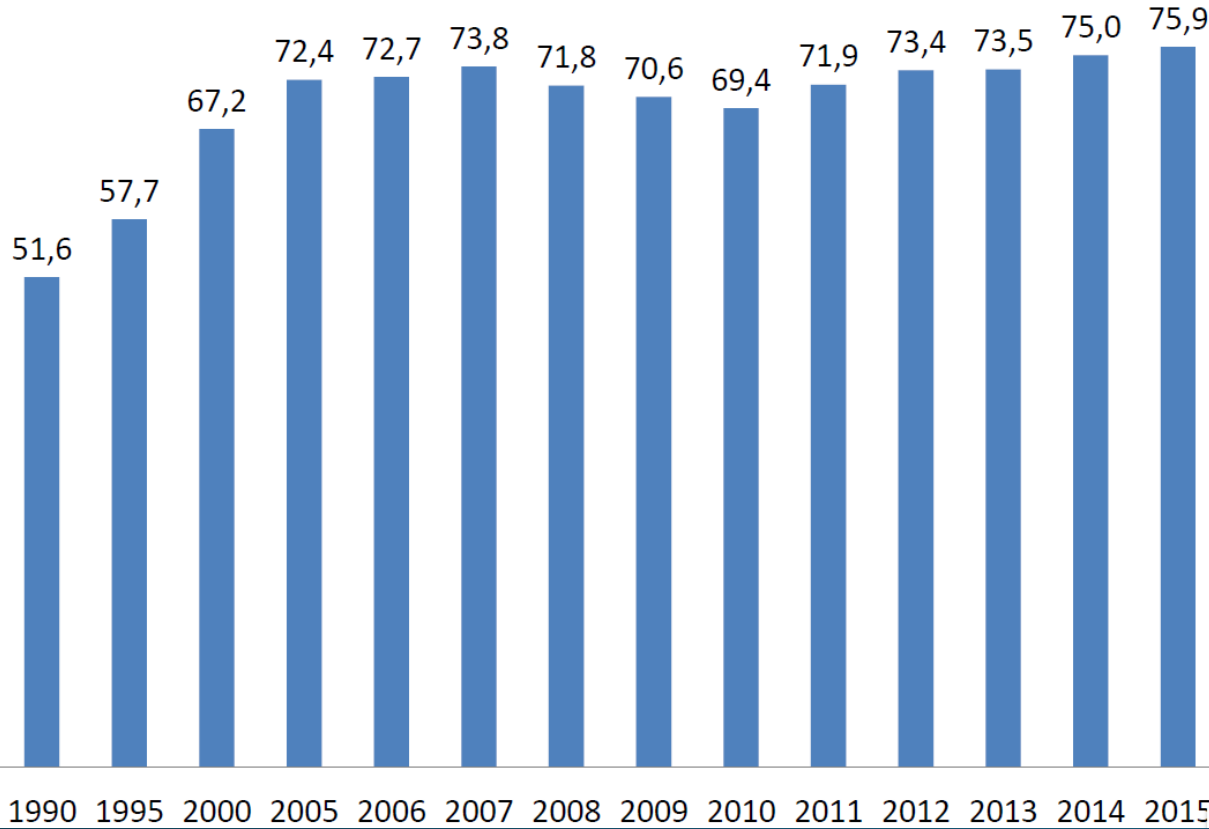
Soğutma çevrimi ile çalışan ilk makina 1914 yılında imal edildi. İlk buzdolapları 1930 yılında A.B.D.'de piyasaya sürüldü. 1965 yılına gelindiğinde her üç İngiliz evinden birinde buzdolabı bulunuyordu.

Netherlands Environmental Assessment Agency'nin yaptığı çalışmaya göre Dünya'daki soğutma ihtiyacı, ısıtma ihtiyacını 2060 yılında geçecek.

Konutsal soğutma için gerekli olan enerji 2000 yılında 300 TWh iken Intergovernmental Panel on Climate Change bu değerin 2050'de 4000 TWh'e, 2100 yılında ise 10000 TWh'e çıkacağını tahmin etmekte. Türkiye'nin 2017 yılındaki enerji üretimi 270 TWh'tir.

2000-2012 yılları arasında her yıl 60 milyon kişi elektriğe ilk kez ulaşabiliyordu. 2012'den bu yana bu rakam 100 milyona yükseldi.

Türkiye Birincil Enerji Tüketiminde Dışa Bağımlılığın Artışı, 1990-2015 (%)



Enerji ham maddeleri ithalatı rekor kırarak 60 milyar dolara ulaştığı 2012'yi izleyen yıllarda gerilemiş, 2013'de 55,9 ve 2014'de 54,9 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. 29 Ocak 2016 tarihli AA haberine göre, 2015 enerji ham maddeleri ithalatı, 2014'e kıyasla %37 azalmış ve 37,8 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Petrol ve doğal gaz fiyatlarındaki düşmenin etkisiyle, 2016'da enerji maddeleri ithalatı, %28.2 düşüşle, 27,2 milyar dolar olmuştur. <http://www.enerjigunlugu.net/icerik/21587>



Ancak, 2017'de ithalat miktarlarındaki artışa ek olarak, dünya ölçeğinde enerji girdi fiyatlarındaki yükselme eğilimi ve döviz kurlarındaki yükseliş, 2017'de enerji faturasının ağırlığının artacağı işaretini vermektedir.

4.8.2017 tarihli AA haberine göre, 2016'nın ilk altı ayında 12,9 milyar dolar olan enerji girdileri ithalatı, 2017'nin ilk altı ayında %32,6'lık artışla 17,1 milyar dolara yükselmiştir. Petrol fiyatlarındaki artış eğiliminin varlığında, 2017 yılı enerji girdileri ithalat tutarının 40 milyar dolara yaklaşması söz konusu olabilir.



Türkiye Kişi Başına Elektrik Tüketimi Hedefleri

YIL	HEDEFLenen KİŞİ BAŞINA YILLIK ENERJİ TÜKETİMİ
2016	3.487 kWh (Gerçekleşen)
2020	4.800 – 5.000 kWh
2023	5.500 – 6.000 kWh
2030	>7.000 kWh
2040	>8.000 kWh

- UEA ÜYELERİ 2016 YILI ORTALAMASI **9.900 kWh**. UEA ÜYELERİNİN ORTALAMA KİŞİ BAŞI ELETRİK TÜKETİMİNE, TÜRKİYE’NİN 2040’LARDA ULAŞMASI ÖNGÖRÜLÜYOR.
- AB 2020’DE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ DAHA DA ARTTIRMAYI ÖNGÖRMEKTEDİR. TÜRKİYE, ELEKTRİK TÜKETİMİNİ HIZLA ARTTIRMAKTAN DAHA ÇOK; ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ ARTTIRMAYI, ENERJİ YOĞUNLUĞUNU DÜŞÜRMEYİ HEDEFLEMELİDİR.

UEA : Uluslararası Enerji Ajansı

$$\text{Enerji Yoğunluğu} = \frac{\text{Elektrik tüketimi}}{\text{GSYİH}}$$

AB - EED (Energy Efficiency Directive)

- %20 (2020)
- %30 (2030)

<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-directive>

2. Bina Soğutma Yüklerinin Azaltılması

Isı Kaynakları:

1. Güneş Işınımı (700 W/m^2) $\rightarrow 3 \text{ kWh/m}^2$
2. Havalandırma (duyulur + gizli)
3. Isı üreten metabolizmalar ve alet/cihazlar (fan, buzdolabı, tv, bilgisayar, insan ve hayvanlar, vd.)



2.1 Mimari Tasarım Önlemleri

2.1.1 Doğrudan Güneş Enerjisi Kazançlarının Azaltılması

a. Dış Gölgeleme Elemanları

Güneşi binanın içine ulaşmadan kestiği için etkindir. İçeride ısıya dönüşen ışınlam ancak soğutma ile dışarı atılabilir.

Dış gölgeleme sabit veya hareketli olabilir.

Bu yolla ısıнын %75-%90'ı kesilebilir.

Vejetasyon → kışın yaprağını döken ağaclar!
Güneş kolektörleri, çatı veya duvar bahçeleri...



2.1 Mimari Tasarım Önlemleri

2.1.1 Doğrudan Güneş Enerjisi Kazançlarının Azaltılması

b. İç Gölgeleme Elemanları

Uygulanması daha kolay ve ucuzdur. Ancak bu yolla ısı kazançları %20-%70 oranında azaltılabilir.

Özel camlar, yansıtıcı filmler, pencere alan azaltımı, vd.

İç Gölgeleme Elemanları



2.1 Mimari Tasarım Önlemleri

2.1.2 Opak Yüzeylerden Olan Güneş Enerjisi Kazançlarının Azaltılması

Güneşe açık dış duvar yüzeylerini izole etmek etkili bir yöntemdir. %38-%58 kazanç sağlar. Yalıtım tabakasının önü ve/veya arkasına nem yalıtımı da sağlanmalıdır!

Güneş ışıınının emilimini azaltan boya ve kaplamalar

Çatı arasında etkin bir havalandırma sağlamak

Ağaç ve gölgeleme elemanları kullanmak



2.2 Havalandırma Kaynaklı Kazançların Azaltılması

2.2.1 Sıcak Bölge Şartı

Sıcak bölge şartları altında içeri kabul edilen hava genellikle yüksek nem de içerir. Bu durum (yüksek gizli ısı) iç soğutma yükünü arttırır.

Dönüş havasının aydınlatma armatürleri üzerinden, ya da asma tavan içerisinden yapılması tercih edilmelidir. İlk durumda aydınlatma cihazlarının yarattığı ısı yük %50 oranında azaltılabilir. İkinci durumda ise çatıdan olan ısı kazançlarının bir kısmı dışarıya atılan hava tarafından süpürülür.

2.2 Havalandırma Kaynaklı Kazançların Azaltılması

2.2.2 Havalandırmayı Dış Koşullara Göre Ayarlamak

Taze hava miktarı yazın güneşten kazancın en fazla olduğu saatlerde azaltılabilir.

Night Cooling (Free Cooling) özellikle ofis binalarında kullanılabilecek etkin bir yöntemdir.

Taze hava miktarı mahalde bulunan insan sayısı ile orantılı olarak değişen CO₂'in ölçülmesi suretiyle değişken hale getirilebilir. → bina otomasyon sistemleri

2.2 Havalandırma Kaynaklı Kazançların Azaltılması

2.2.3 Aydınlatmadan Olan Kazançları Azaltma

Aydınlatmadan olan ısı kazancını doğrudan armatür üzerinden atan armatür sistemleri kullanmak

Doğal aydınlatmadan yararlanmak

Aydınlatma otomasyonu kullanmak

2.2 Havalandırma Kaynaklı Kazançların Azaltılması

2.2.4 Alet/Cihazlardan Olan Isıl Kazançları Azaltma

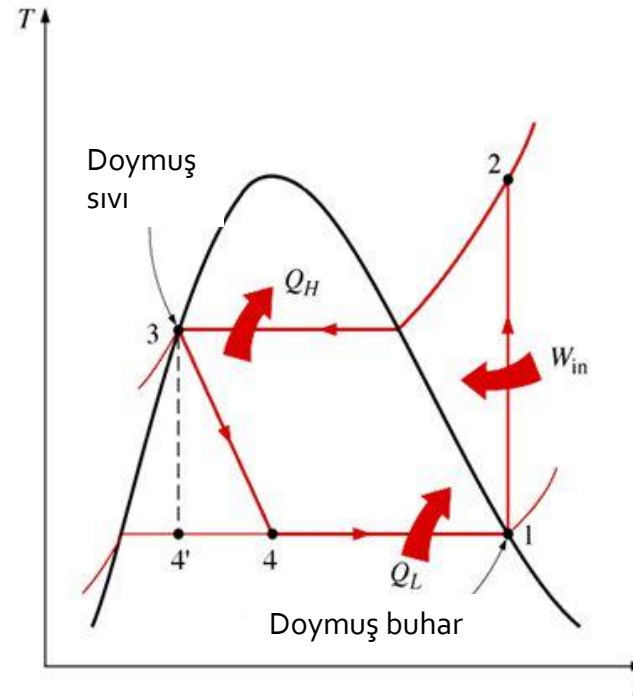
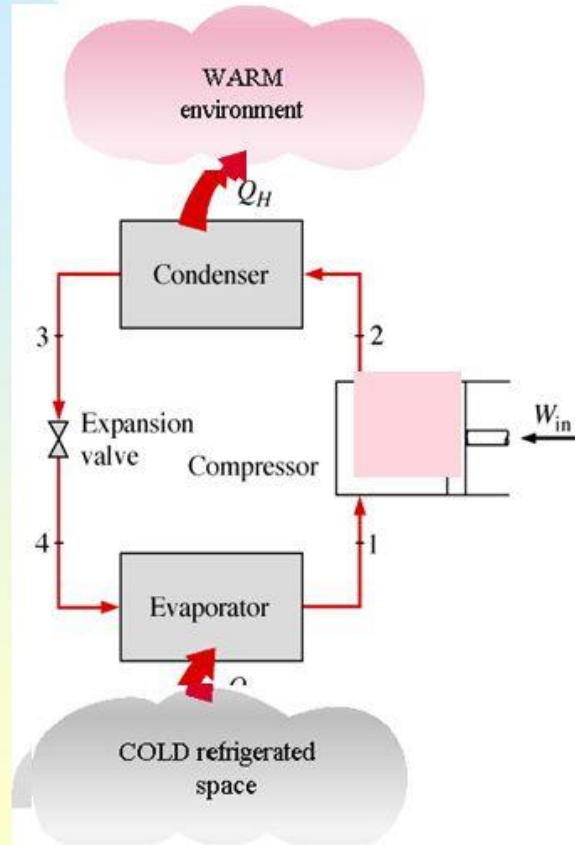
Bilgisayar, faks ve fotokopi makinalarının elektrik tüketimlerini azaltacak önlemler almak,

Enerji verim sınıfı yüksek cihazlar kullanmak,

Tekil su sebilleri kullanmak yerine merkezi olarak soğutulmuş su sebilleri kullanmak.

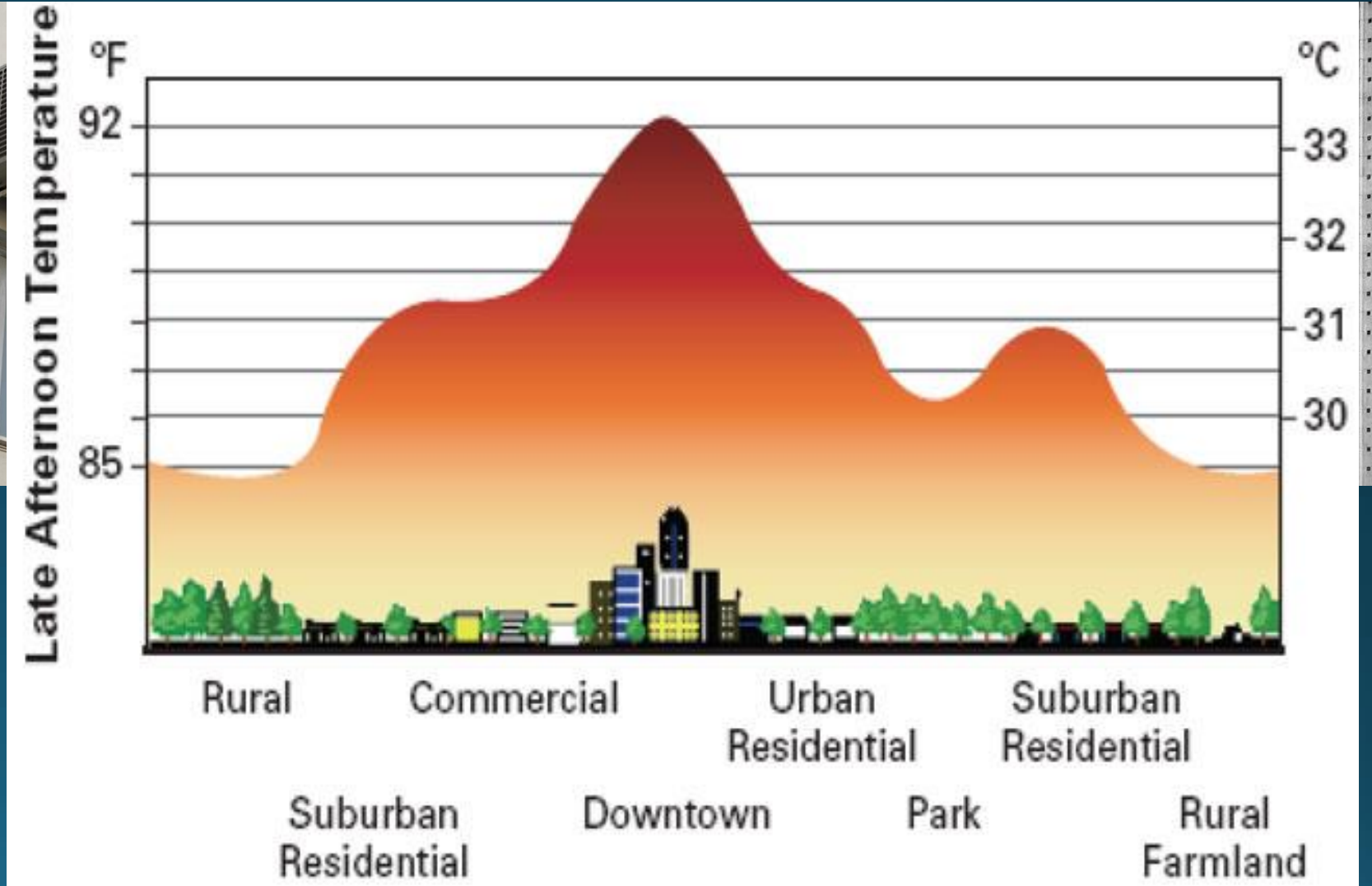
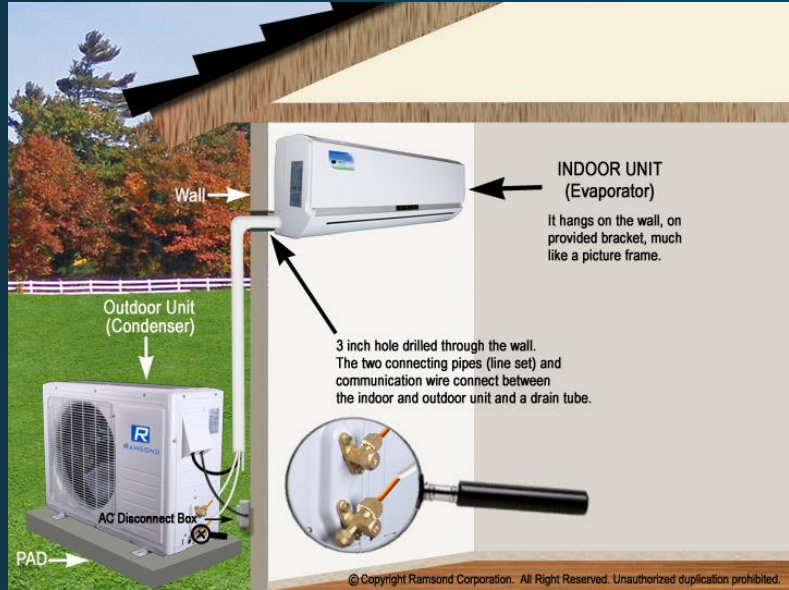
3. Soğutma Çevrimi

Buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi (T-s)

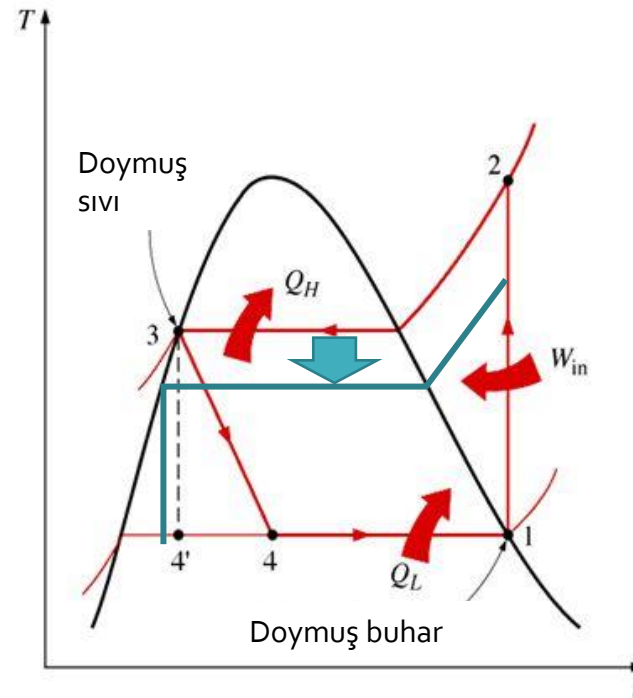
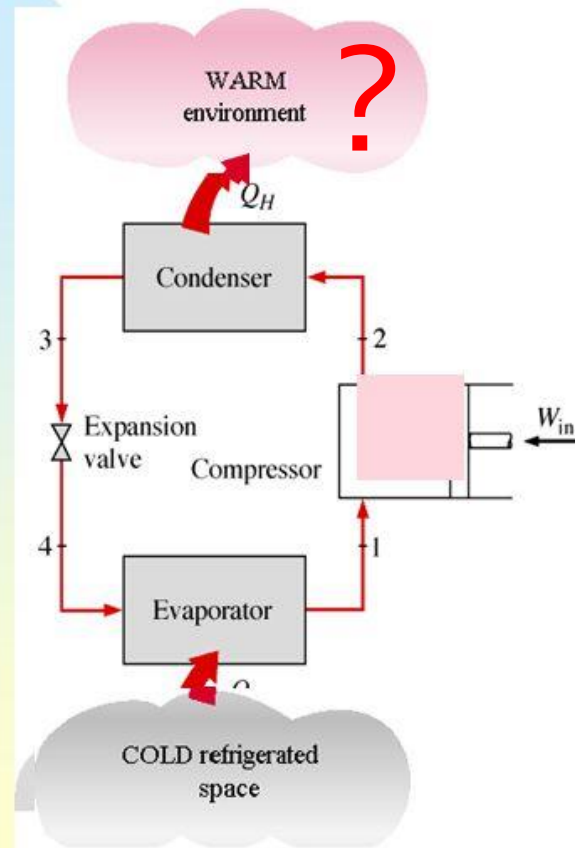


3. Soğutma Çevrimi

3.1 Kondenser (Yoğuşturucu)

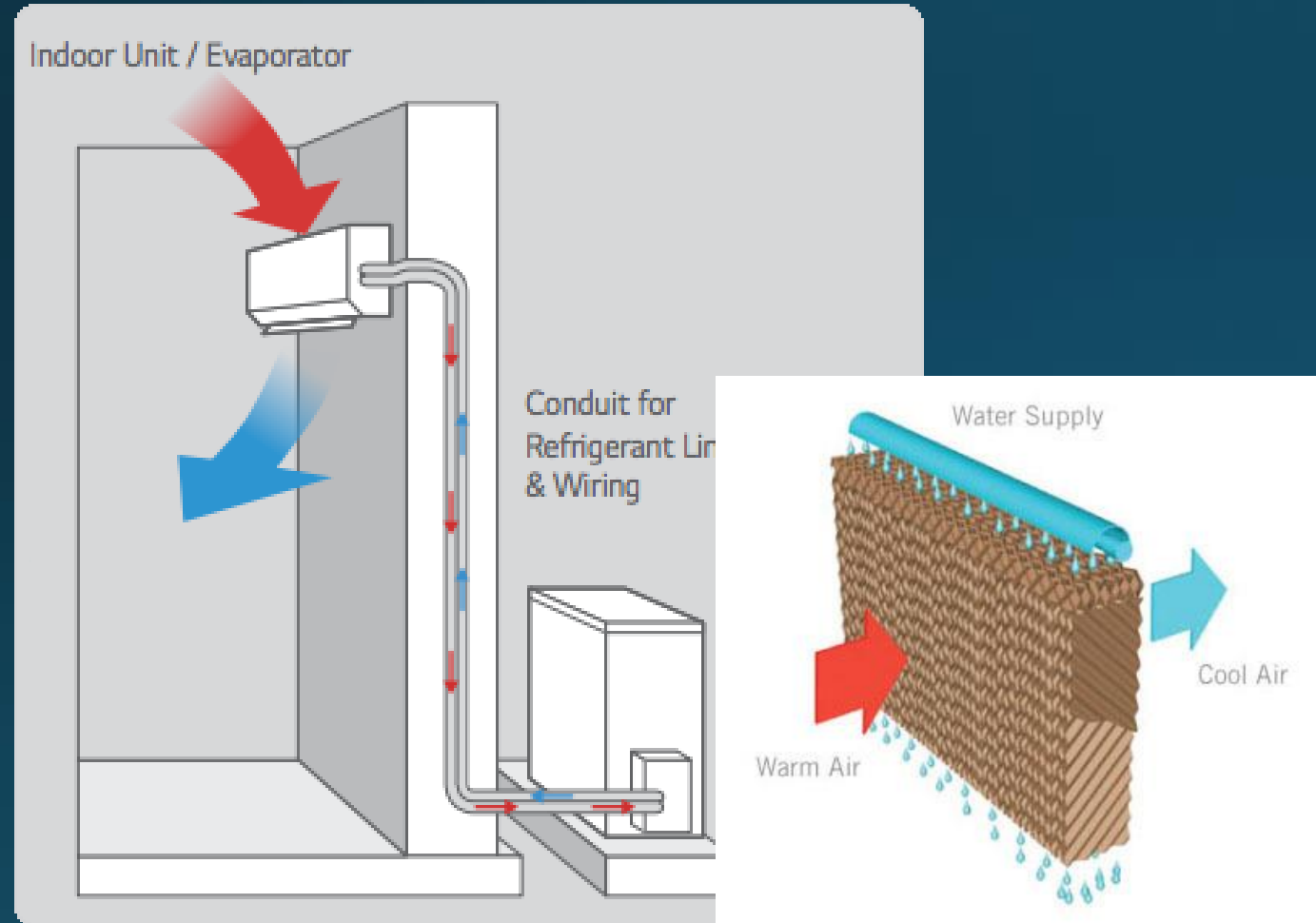


Schematic and T - s Diagram for Ideal Vapor-Compression Refrigeration Cycle

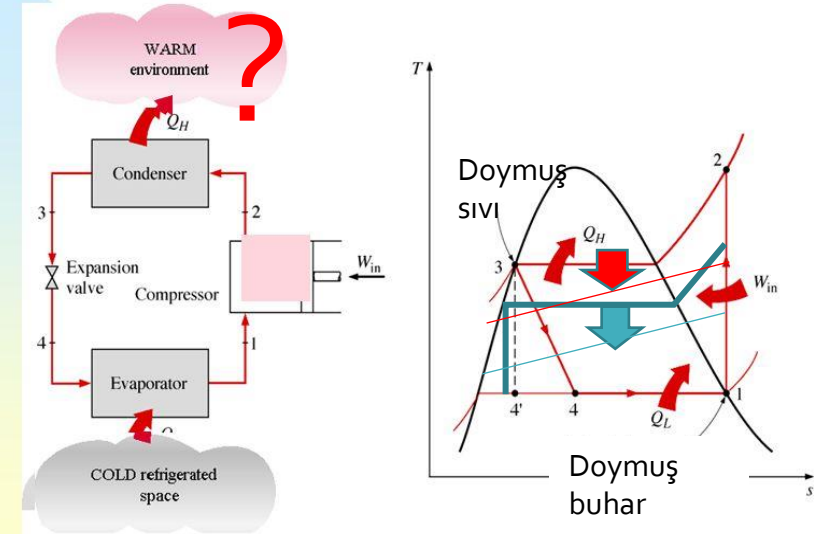


3 Soğutma Çevrimi

3.1.1 Evaporatif (Buharlaştırmalı) Soğutma



Schematic and T-s Diagram for Ideal Vapor-Compression Refrigeration Cycle

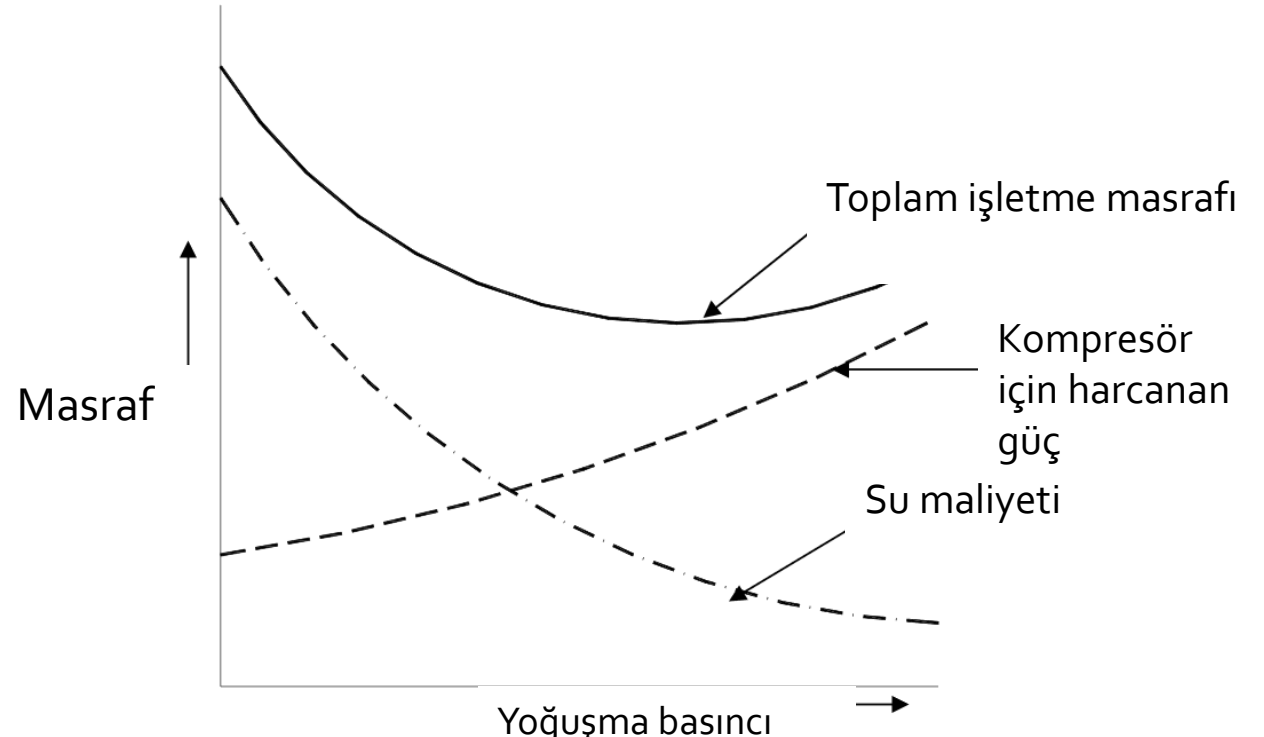
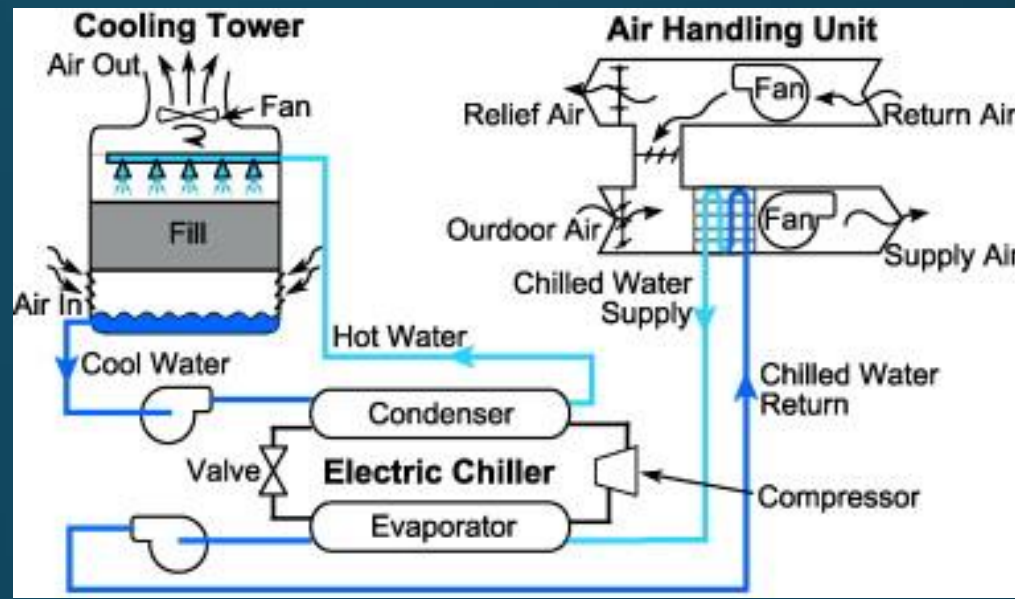


3 Soğutma Çevrimi

3.1.2 Suyla Soğutma

Soğutma sisteminin işletim masrafı kompresörün güç tüketimin ve soğutucu akışkanı yoğuşturmak için harcanan suyun maliyetinin toplamından oluşur. Sabit bir buharlaştırma sıcaklığı için, yoğuşturucu sıcaklığı arttıkça kompresörün harcadığı güç de artar.

Öte yandan su soğutmalı sistemlerde soğutucu suyun sıcaklığı genellikle sabittir. Yoğuşma sıcaklığının artması sistemdeki soğutucu akışkanla dışarıdaki soğutma suyu arasındaki ortalama sıcaklık farkını artırır; böylece soğutma suyu miktarı azalır.



3.2 Yoğuşturucu - Soğutmada İç Sıcaklığı Arttırmanın Etkisi

Klima sistemlerinin hemen hepsi etkin bir sıcaklık kontrolüne sahiptirler. İç sıcaklıkları belirlenen bir değer (set değeri) etrafında tutabilirler.

Set değeri soğutma enerjisinin kullanımında önemli bir unsurdur.

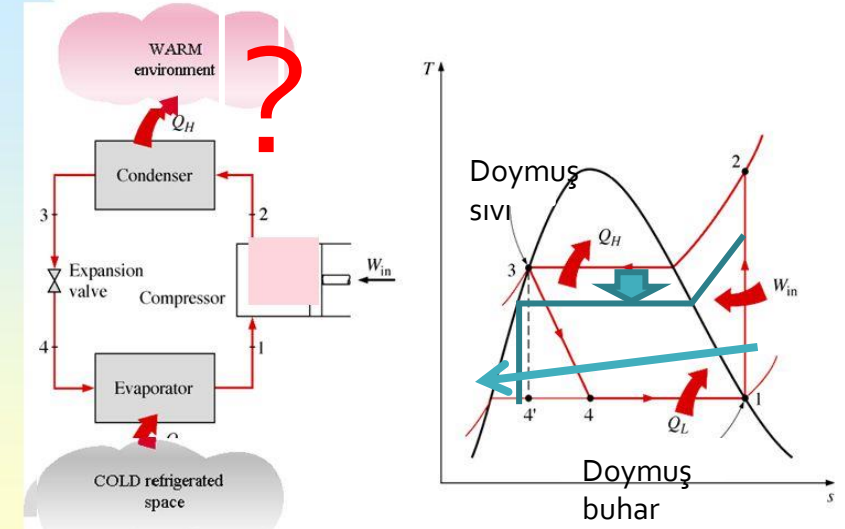
Sürekli içinde bulunan mahallerde iç sıcaklık değeri yaz aylarında 24°C-25°C'dir.

Dış sıcaklık – iç sıcaklık farkının genelde 6°C alınması yeterlidir.

Daha düşük sıcaklıklara yapılacak ayarlamalar enerji sarfiyatını çok arttıracaktır.

Oda sıcaklığının 1°C'lik arttırılması soğutma yükünde %7-%10 oranında bir azalma yaratır.

Schematic and T-s Diagram for Ideal Vapor-Compression Refrigeration Cycle

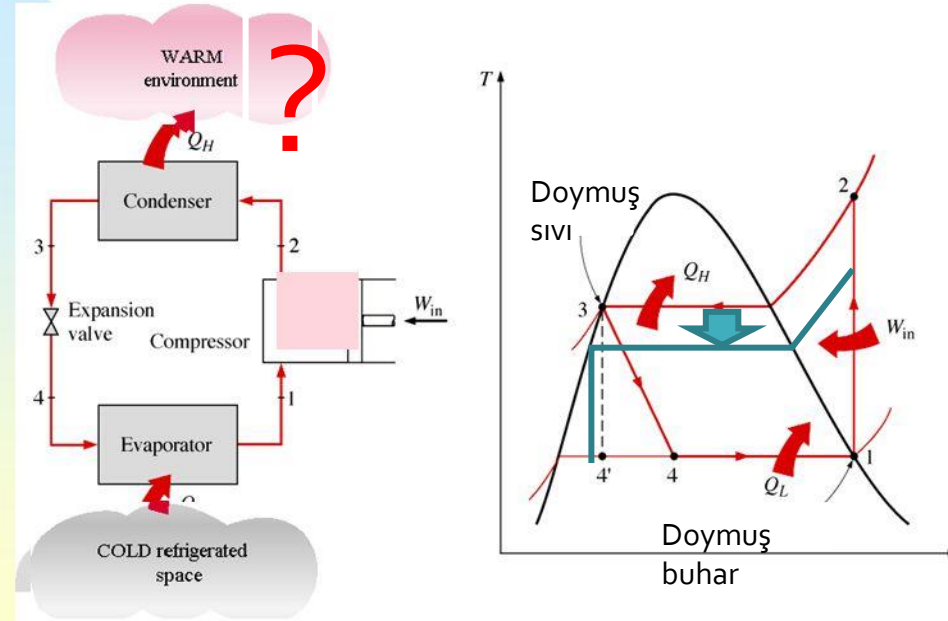


3.2.1 Radyant Soğutma

Duvardan ışıınım yoluyla soğutma

Yüksek Sıcaklıkta Soğutma

Schematic and T - s Diagram for Ideal Vapor-Compression Refrigeration Cycle

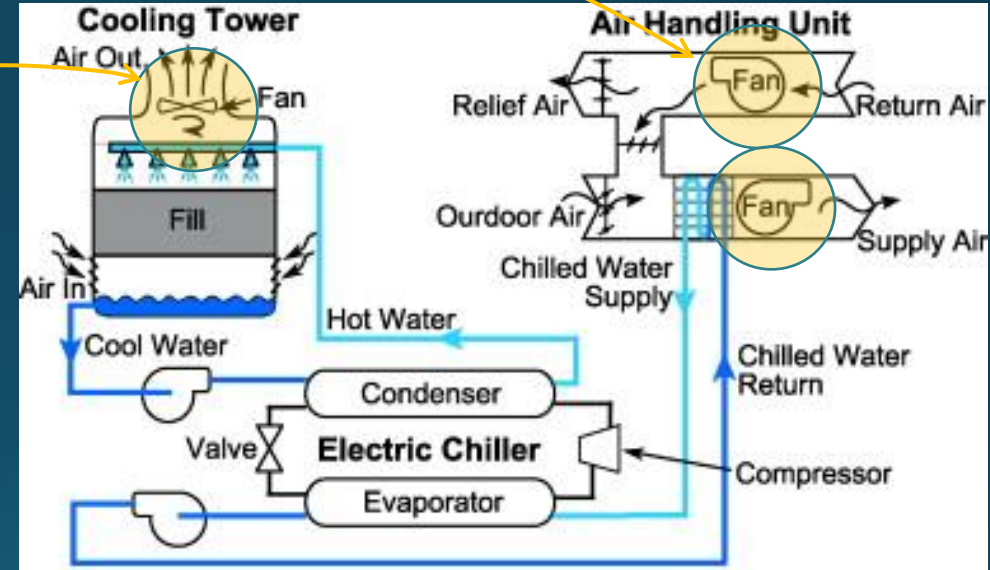


4. Fanlarda Enerji Tasarrufu

Sürekli çalıştıklarından HVAC sistemlerinde fanların enerji tüketim payları çok önemlidir.

Binalarda fanların bulunduğu noktalar:

- Havalandırma fanları
- Klima santrali fanları
- Soğutma kulesi fanları
- Hava soğutmalı chiller fanları



Fanların devir kontrolü vazgeçilmez bir unsur haline gelmiştir.

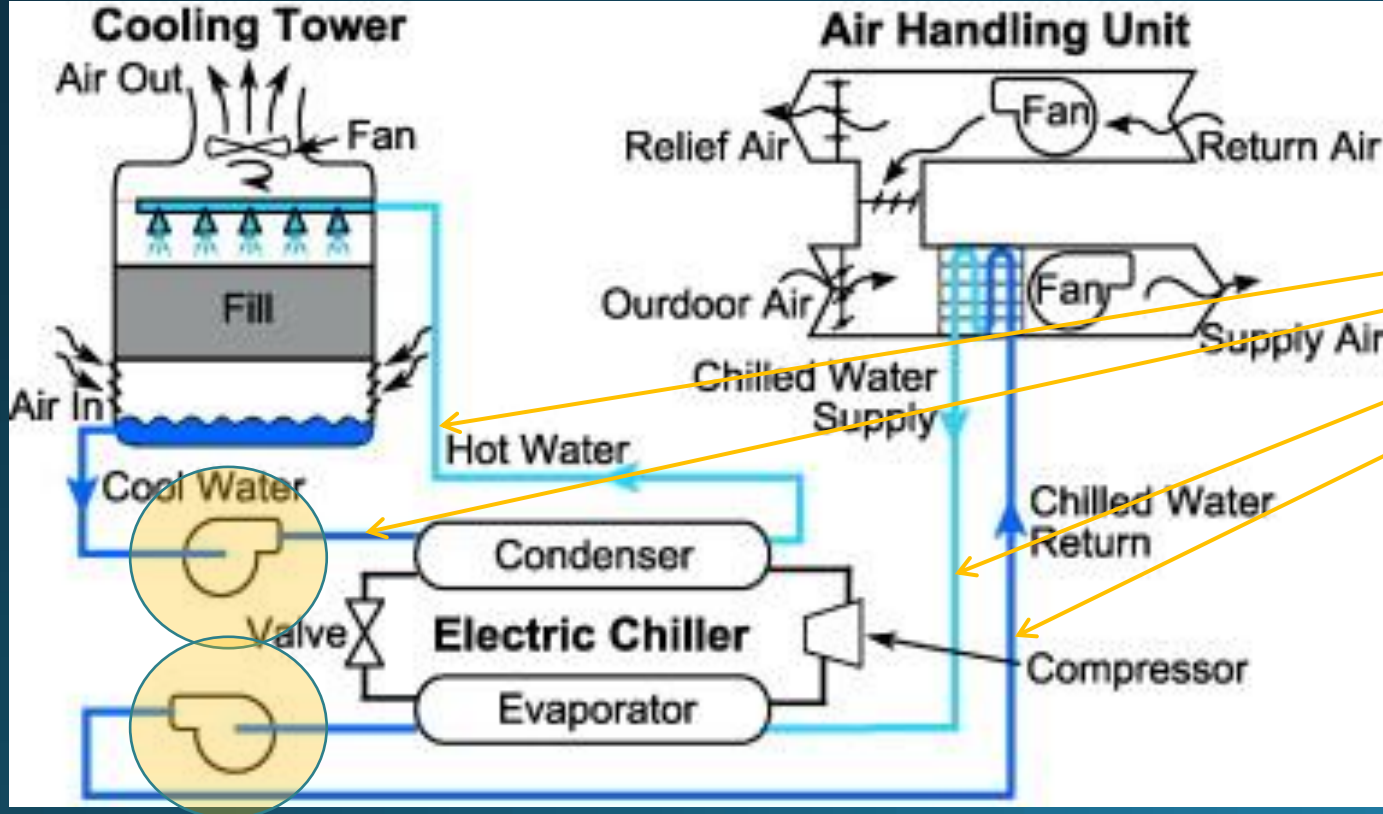
$Q \text{ (m}^3\text{/h)} \rightarrow N \text{ (d/dak.)}$
 $DP \text{ (Pa)} \rightarrow N^2 \text{ (d/dak.)}$
 $Güç \rightarrow N^3 \text{ (d/dak.)}$

$Q \searrow \%20 \rightarrow DP \searrow \%36 \rightarrow Güç \searrow \%50$

Değişken debili sistem ve değişken devirli fan kullanılarak fan enerjisinde %45-%55, toplam HVAC sisteminin kullandığı enerjide de %20-%30 oranında enerji tasarrufu sağlanabilir.

5. Pompalarda Enerji Tasarrufu

Merkezi sulu klima sistemlerinde değişken debili sistem ve değişken devirli pompalar kullanarak pompa enerjisinde %60-%70 oranında ve toplam HVAC sisteminin kullandığı enerjide de %7-%12 oranında tasarruf potansiyeli vardır.



Bunun haricinde borulardaki basınç kayıplarının azaltılması pompalama için gereken enerjiden tasarruf sağlayacaktır!

6. Hava Kanalları, Borular ve Cihazlarda Isı Yalıtımı

Isı yalıtımı gerekli her noktada eksiksiz yapılmalıdır.

