

Okan Üniversitesi MYO

MMAK212

HİDROLİK ve PNÖMATİK SİSTEMLER

Ders Yürütücüsü:

Öğr. Gör. Eren Kayaođlu

eren.kayaoglu@okan.edu.tr

DERS 7

MMAK212 – Hidrolik ve Pnömatik Sistemler

Ders Sunumları (.pdf) + Kaynaklar

<http://olearn.okan.edu.tr>

Blackboard O'Learn ders sayfası

<http://okanuni.eren.xyz>

Web sayfası

MMAK212 – Hidrolik ve Pnömatik Sistemler

POMPALAR ve KOMPRESÖRLER

A decorative graphic element consisting of a thick green horizontal bar that transitions into a white background. Below the green bar, there are several thin, parallel white lines that create a sense of depth and movement, extending across the width of the slide.

MMAK212 – Hidrolik ve Pnömatik Sistemler

KOMPRESÖRLER

Hidrolik ve Pnömatik Sistemler

Pnömatik Sistemlerde gücün akışkana iletilmesini sağlayan elemanlar:

KOMPRESÖRLER

Kompresörler

- Basınç ve Hız

Basıncılı gaz, bir boru içinde akarken sahip olduğu basınç enerjisinin bir kısmı tek bir yönde harekete dönüşmektedir. Akış hâlinde gazın potansiyel enerjisinin bir kısmı kinetik enerjiye dönüşmüştür. Akan gazın toplam enerjisi, basınç ve hız toplamının bir fonksiyonudur. Hiçbir iş yapılmaz enerji kaybı olmazsa (ısı enerjisi şekline dönüşüp atmosfere karışmazsa) akış sırasında toplam enerji sabit kalır. Yani akış hâlinde olan bir gazın hızı artarsa basıncı azalır. Hızı azalırsa basıncı artar.

Potansiyel enerjiye sahip bir madde üzerinde mutlaka daha evvel bir iş yapılmıştır. Basıncılı gaz üzerinde de bir iş yapılmıştır. Kompresör, gaz üzerinde iş yaparak ona enerji verir veya toplam enerjisini artırır.

Kompresörler

- Kapasite ve Debi

Kompresör kapasitesi, belli bir zaman aralığında hareket ettirdiği gazın hacmidir. Kompresör kapasitesi $m^3/dk.$, $cm^3/saniye$, $feet/dk.$ (CFM) gibi birimlerle ölçülür.

Bir boru içinde akan gazın akma miktarına **debi** adı verilir. Kompresörün çıkış borusunun debisi, kompresör kapasitesine eşittir.

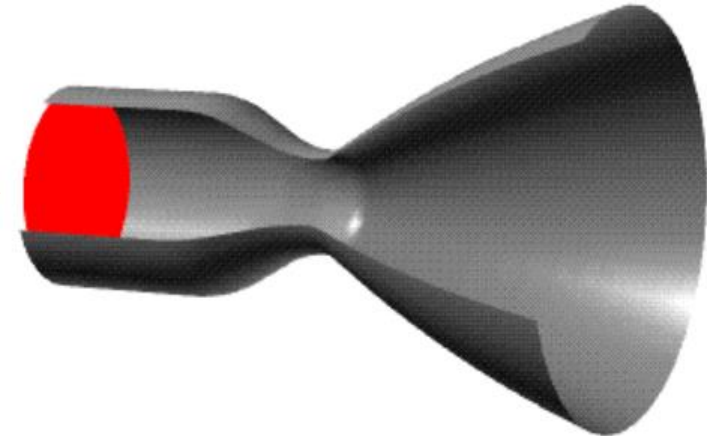
Boru içinde akan gazın debisi, gazın hızı ile boru kesitinin çarpımına eşittir. Aynı ebatta iki borudan akan gazlardan hızı fazla olanın debisi de fazladır. Buna karşılık iki farklı çapta borudan akan gazların hızları aynı ise çapı büyük olanın debisi daha fazladır. Kompresörde akan gazın hızı artarsa kompresör kapasitesi de artar.

Kompresörler

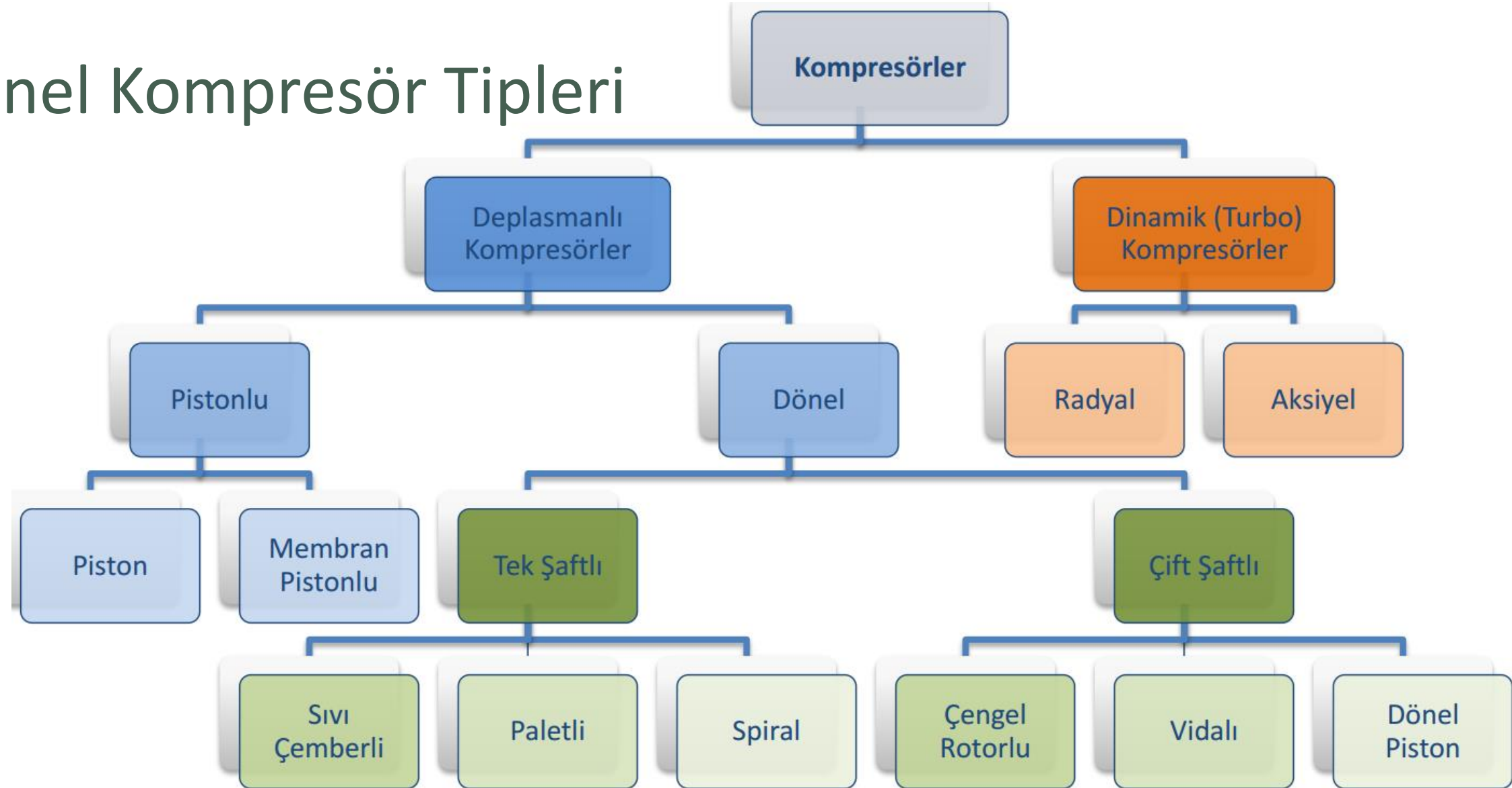
- Hacimsel Debi

Kompresörler, gazları sıkıştırdıkları için giren gazın hacmi çıkan gazın hacminden daha fazladır. Bu bakımdan giriş ve çıkış debileri de farklıdır. Kompresör emme tarafındaki debinin ölçülmesi ile hesaplanır. Ancak emme tarafındaki basınç atmosfer basıncından fazla ise basınçlı gazın atmosfer basıncındaki hacmi hesaplanarak debi tespit edilir. Başka bir ifade ile kompresör kapasitesi, emme veya basma debisinin atmosfer basıncındaki değeridir.

Hacimsel debi (**debi**) belirli bir kesit alanından birim zamanda geçen gaz (**hava**) miktarıdır. Genelde birimi **m³/dak.** olarak belirtilir.



Genel Kompresör Tipleri



Pnömatik Güç Sistemi / Kompresörler

- **Kompresör Çeşitleri**

- Pistonlu kompresörler (*piston compressor*)
- Vidalı kompresörler (*rotary-screw compressor*)
- Eksenel kompresörler (*axial compressor*)
- Santrifüj kompresörler (*centrifugal compressor*)

Kompresörlerin Sınıflandırılması

- **Hacimsel Kompresörler (Pozitif Deplasmanlı)**
 - ❖ Pistonlu
 - ❖ Döner
 - ❖ Vidalı
 - ❖ Sıvı Pistonlu
- **Dinamik Kompresörler**
 - Santrifüj
 - Eksenel

Hacimsel Kompresörler

- (Pozitif Deplasmanlı)

Hacimsel kompresörlerin diğer bir ismi ise pozitif yer değiştirmeli (pozitif deplasmanlı) kompresörlerdir. Bunun anlamı, havanın kapalı bir hacim içinde ötelenerek sıkıştırılması, yüksek basınçlı tarafa doğru ötelenmesidir. Pozitif yer değiştirme; düşük basınçlı taraftan yüksek basınçlı tarafa doğru hava akışı olması ve buna karşılık öteleyen elemanın (Örneğin: Pistonun) hareketinin itme şeklinde olmasıdır. Hacimsel kompresörlerin çeşitleri aşağıda açıklanmıştır.

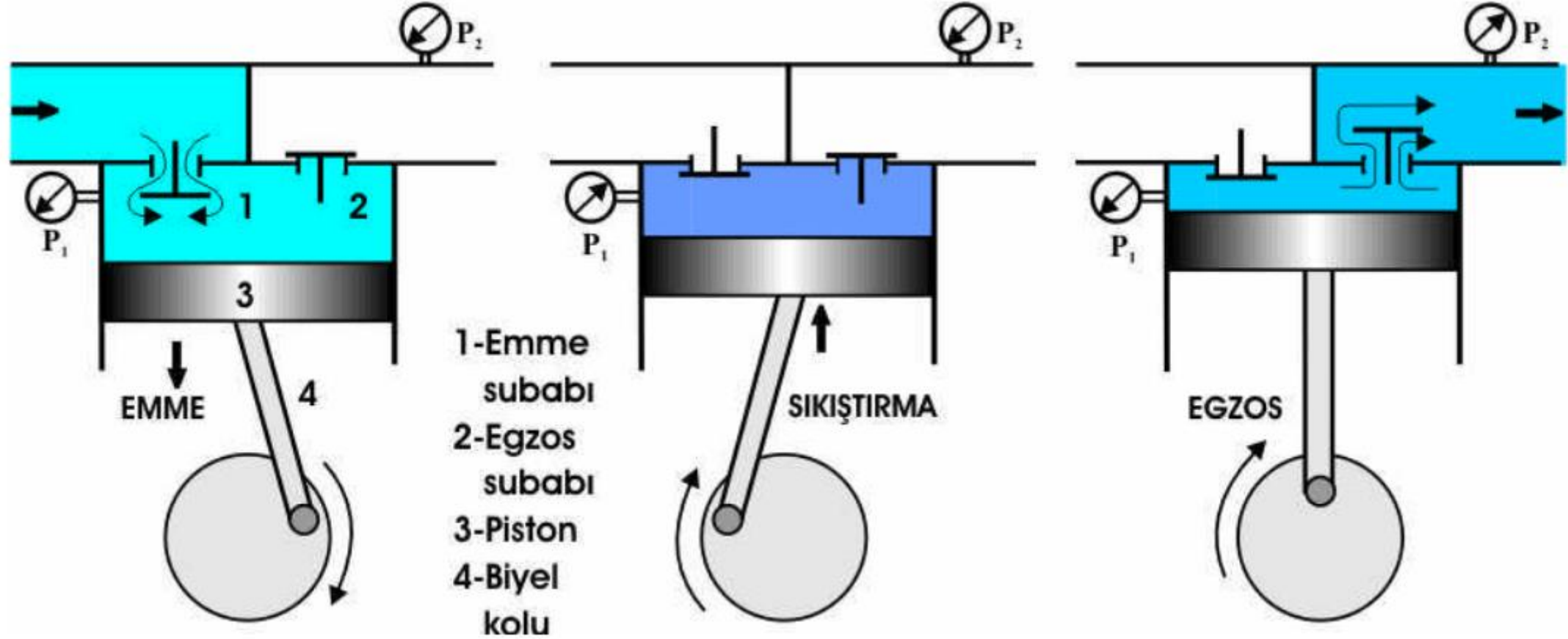
❖ Pistonlu Kompresörler

- Pistonlu Kompresörde Havanın Sıkıştırılması (1)

Bir silindir boşluğu içinde hareket eden pistonun aşağı hareketi sonucu silindir içinde vakum oluşur ve emme supabı açılır. Atmosferden alınan hava kaba bir filtreden geçirilir ve silindir içine doldurulur. Pistonun alt ölü bölgeye hareketi boyunca emiş işlevi devam eder. Piston yukarı yönde harekete başladığında hem emme hem de egzoz supabı kapalıdır. Silindir içinde hapsedilen hava sıkıştırılmaya başlanır. İstenen orana kadar sıkıştırma işlemi devam eder. Daha sonra egzoz supabı açılır ve basınçlı havayı sisteme gönderir.

❖ Pistonlu Kompresörler

- Pistonlu kompresörün çalışması



❖ Pistonlu Kompresörler

- Pistonlu Kompresörde Havanın Sıkıştırılması (2)

Silindir içinde pistonun aşağı yukarı hareketi ile hava taşınır. Pistonun aşağıya hareketinde hava emilir, yukarı hareketinde hava sıkıştırılmış olarak basınçla dışarı verilir. Bir gaz sıkıştırıldığında hacmi küçülür. Yapılan iş ısıya dönüştürülür. Bu nedenle kompresörlerde su püskürtmeli soğutma yapılır.

Pistonun alt ölü noktaya (aşağı) hareketiyle atmosfer gazı emilerek kuru hava filtresinde temizlenir ve emme subaplarından geçer, pistonun üst ölü noktaya (yukarı) hareketiyle birlikte basma subapları ile sıkıştırılır. Pistonlu kompresörün üst bloğu, elektrik motoru kayış-kasnak sistemi yardımı ile desteklenir.

❖ Pistonlu Kompresörler

- Pistonlu Kompresörde Havanın Sıkıştırılması (3)

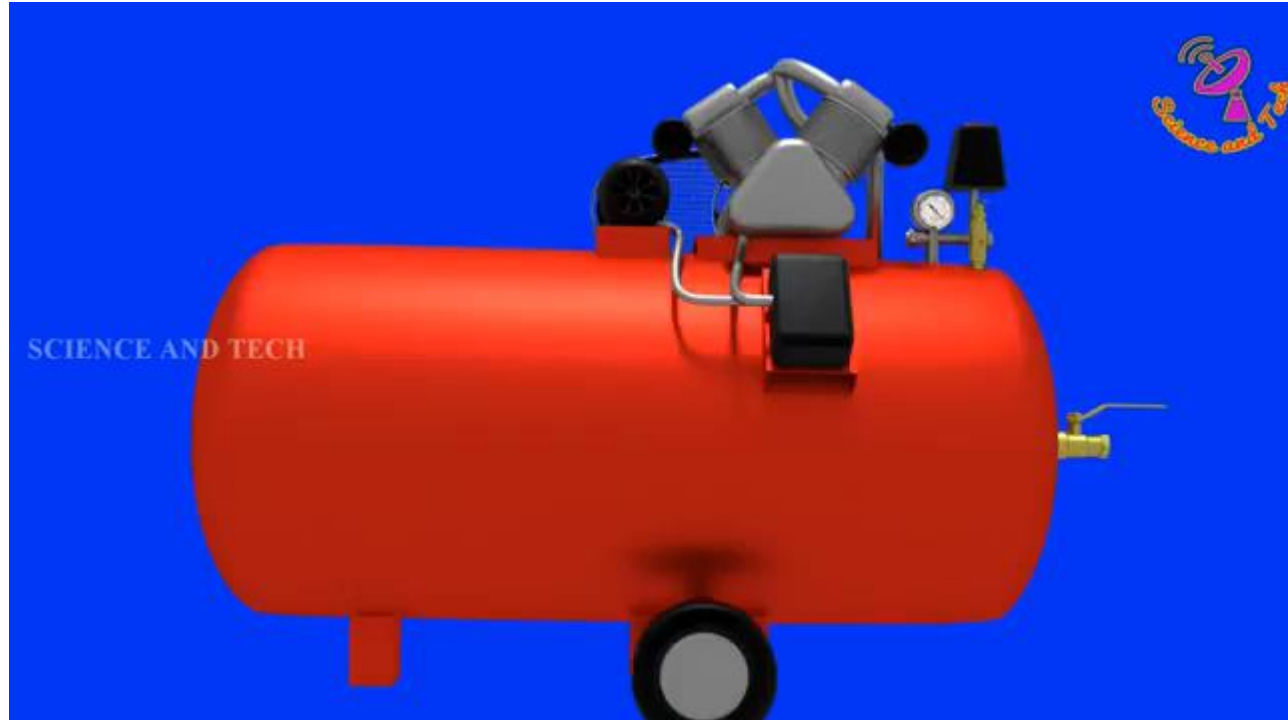
Eğer kompresör tek kademeli ise basma subaplarının bastığı basınçlı hava, önce bir kolektör yardımı ile toplanır. Sonra çek valf sisteminden geçirilerek hava deposuna yönlendirilir. Depoya giriş öncesindeki çek valf, depoda bulunan basınçlı havanın geri dönüşünü engeller.

Kompresör çift veya üç kademeli ise alçak basınç kademelerinin bastığı hava, daha sonra ikinci veya üçüncü kademelere ara soğutucu sistemiyle aktarılır. Daha sonra yine bir kollektörde toplanarak çek valfden geçirilir, hava deposuna yönlendirilir. Kompresörün ısınma sorunlarını gidermek ve olası kazaları önlemek için hava ve su soğutmalı kompresörler üretilmiştir.

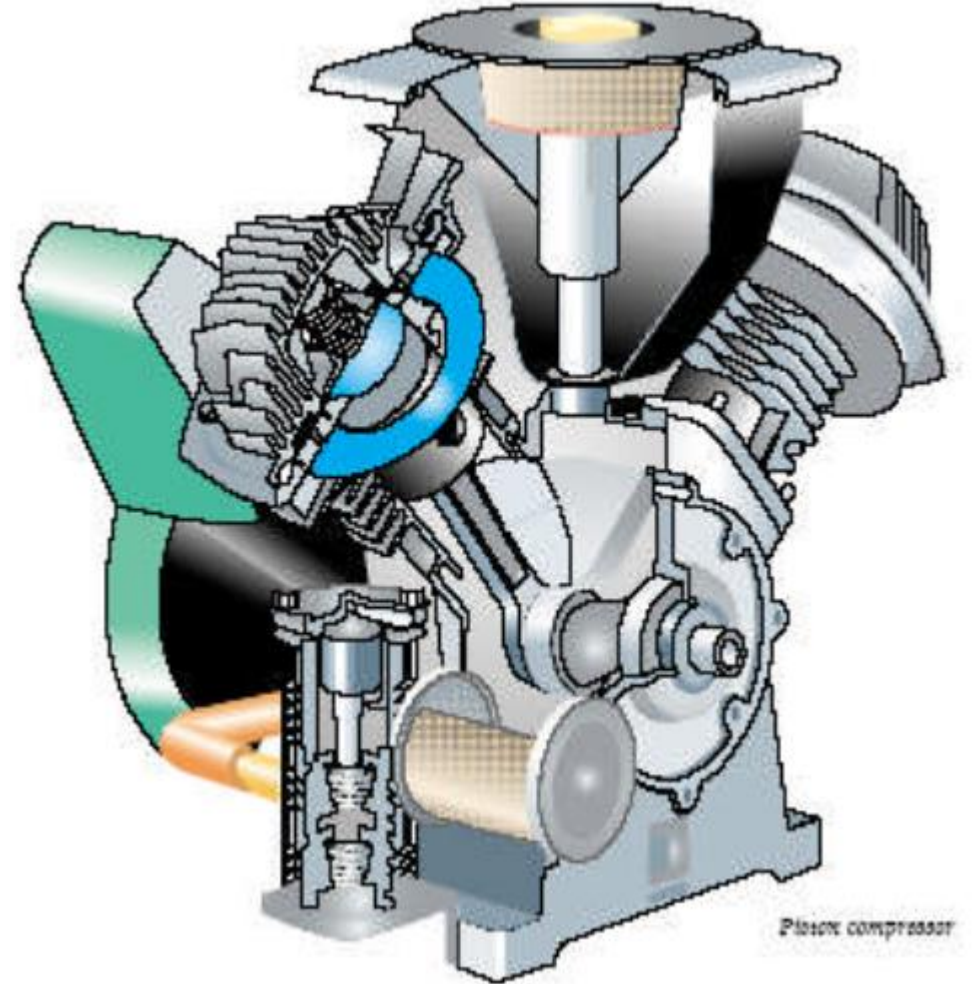
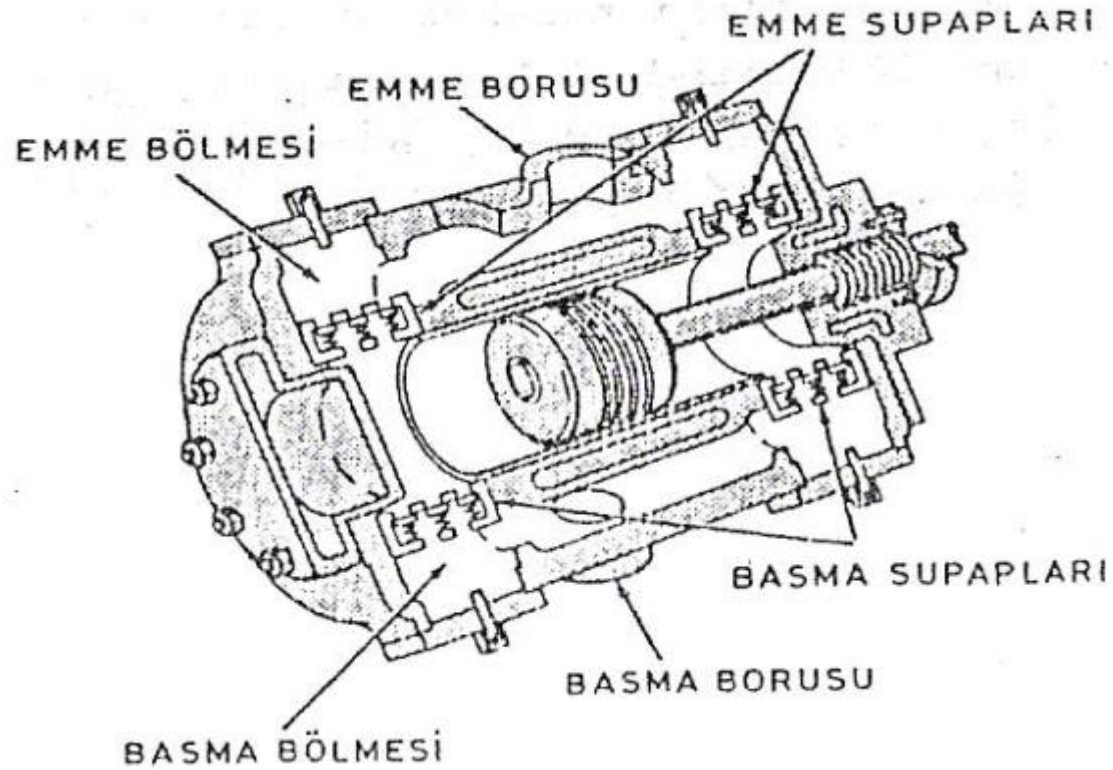
Pistonlu Kompresörler

Örnek Animasyon:

- Pistonlu kompresör




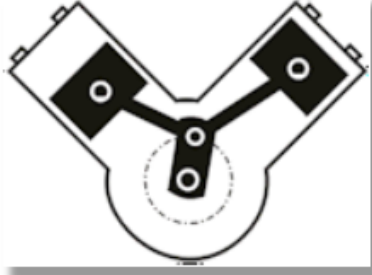
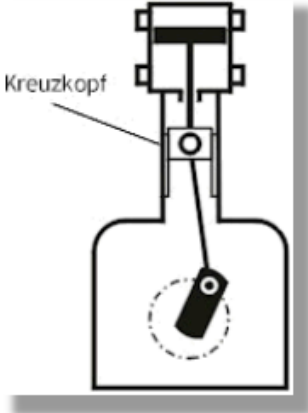
❖ Pistonlu Kompresörler



- *Örnek Görsel:* Çift tesirli kompresör

Pistonlu Kompresör Tipleri

- Tek Kademeli Sıkıştırma
- İki veya Çok Kademeli Sıkıştırma
- Çift-Etkili Sıkıştırma

		
<p>Tek kademeli sıkıştırma</p> <p>Yalnızca bir sıkıştırma çemberi vardır</p> <p>Yaklaşık 14 bar'a kadar işletme basıncına ulaşmak mümkündür.</p>	<p>2 kademeli / çok kademeli sıkıştırma</p> <p>Seri şekilde bağlanmış 2 veya daha çok sıkıştırma çemberi vardır.</p> <p>2 kademelilerde yaklaşık 40 bar , çok kademelilerde yaklaşık 2000 bar'a kadar işletme basıncına ulaşmak mümkündür.</p>	<p>Çift-etkili sıkıştırma</p> <p>Kompresyon çemberleri kullanılan her silindirde pistonun hem altında hemde üstünde yer alır. Pistonun her iki yöne hareketinde de sıkıştırma yapılır.</p>

❖ Vidalı Kompresörler

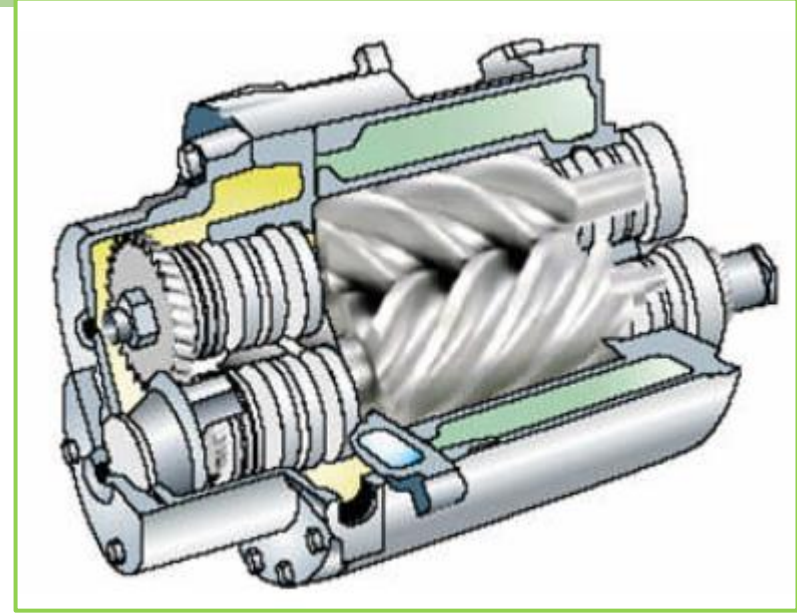
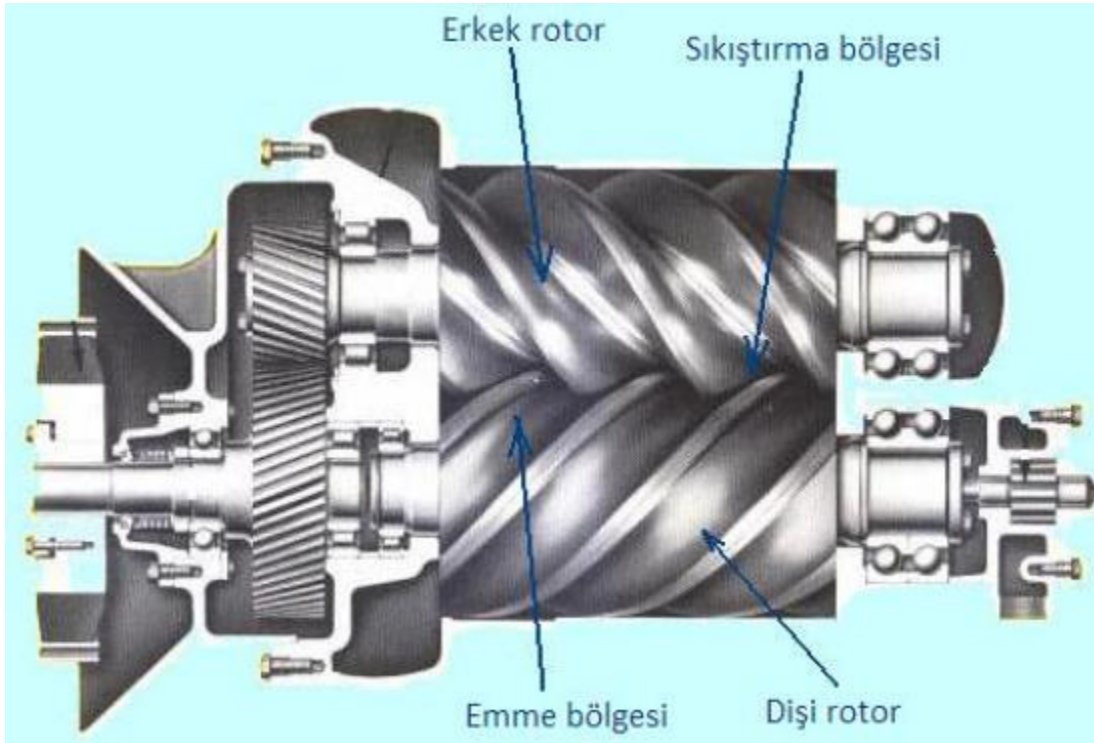


Vidalı kompresörlerde “vida grubu” adı verilen döner elemanlar kullanılır. Döner elemanların üzerinde vidaya benzer helisel oluklar bulunduğu için “vidalı kompresör” olarak adlandırılır. Vida grubunun dönmesi ile emiş ağzında vakum oluşur. Hava çıkış ağzına kadar vida boşluğunda taşınır. İstenen sıkıştırma oranına geldiğinde hava sisteme gönderilir.

Vida grubundaki elemanlar birbirine temas etmeden döner. Bunun için vidaların alın kısmında dişli çarklar kullanılır. Sürtünme olmadığı için aşınma olmaz. Vidalı kompresörler

sessiz çalışan ve bakım problemi çıkarmayan bir kompresör türüdür. Büyük ve orta ölçekli işletmelerde çok yoğun olarak kullanılır.

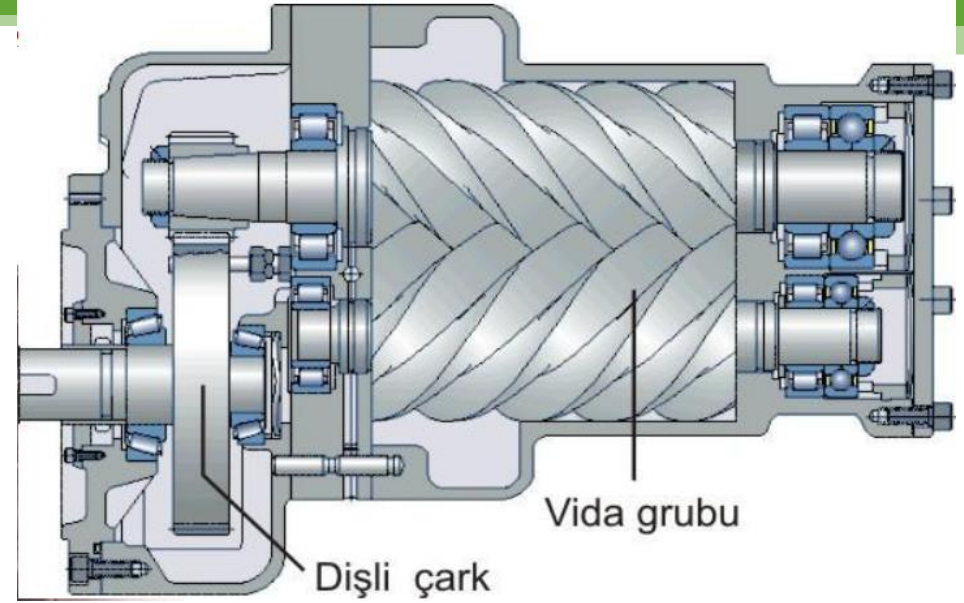
❖ Vidalı Kompresörler



- *Örnek Görseller:* Vidalı kompresör kesit görünüşü

❖ Vidalı Kompresörler

- Rotorlar



Vidalı kompresör basınçlı hava üretmek için piston yerine birbirine geçmiş rotor çiftinin kullanıldığı pozitif yer değiştirmeli makinedir. Rotorlar bir mil üzerindeki helisel loblardan oluşur. Rotorların biri erkek rotor olarak adlandırılır ve onun helisleri dolgun yuvarlak çıkıntılardan/loblardan oluşur. Diğer rotor dişli rotor olarak adlandırılır ve erkek roturun loblarına karşılık gelen yivleri/yuvaları vardır. Tipik olarak erkek roturun dört lobuna karşılık, dişli rotorda altı yiv kullanılır. İki rotor birbirine geçmiş olarak dönerken erkek roturun bir turuna karşılık, dişli rotor sadece 240° döner. Dişli roturun bir tam tur dönmesi için erkek rotor 1.5 tur döner.

❖ Vidalı Kompresörler

- Erkek Rotor – Dişi Rotor



Erkek rotorun lob sayısına karşılık dişi rotorun yiv sayısı vida üreticisine göre değişir. Ama daima dişi rotorun yiv sayısı erkek rotorun lob sayısından fazladır. Erkek rotor hareketini elektrik motorundan veya içten yanmalı motordan alır. Erkek rotorun dört lobu olması bir turda dört kompresyon çevrimi oluşturur. Böylece vidalı kompresörler pistonlu kompresörlerle kıyaslandığında dalgalanmıyor sayılabilecek nitelikte basınçlı hava üretilir. Basınçlı hava, vidalı kompresör ünitesinden çıkarken dalgasız (sabit akışlı, titreşimsiz) çıkıyor denilebilir.

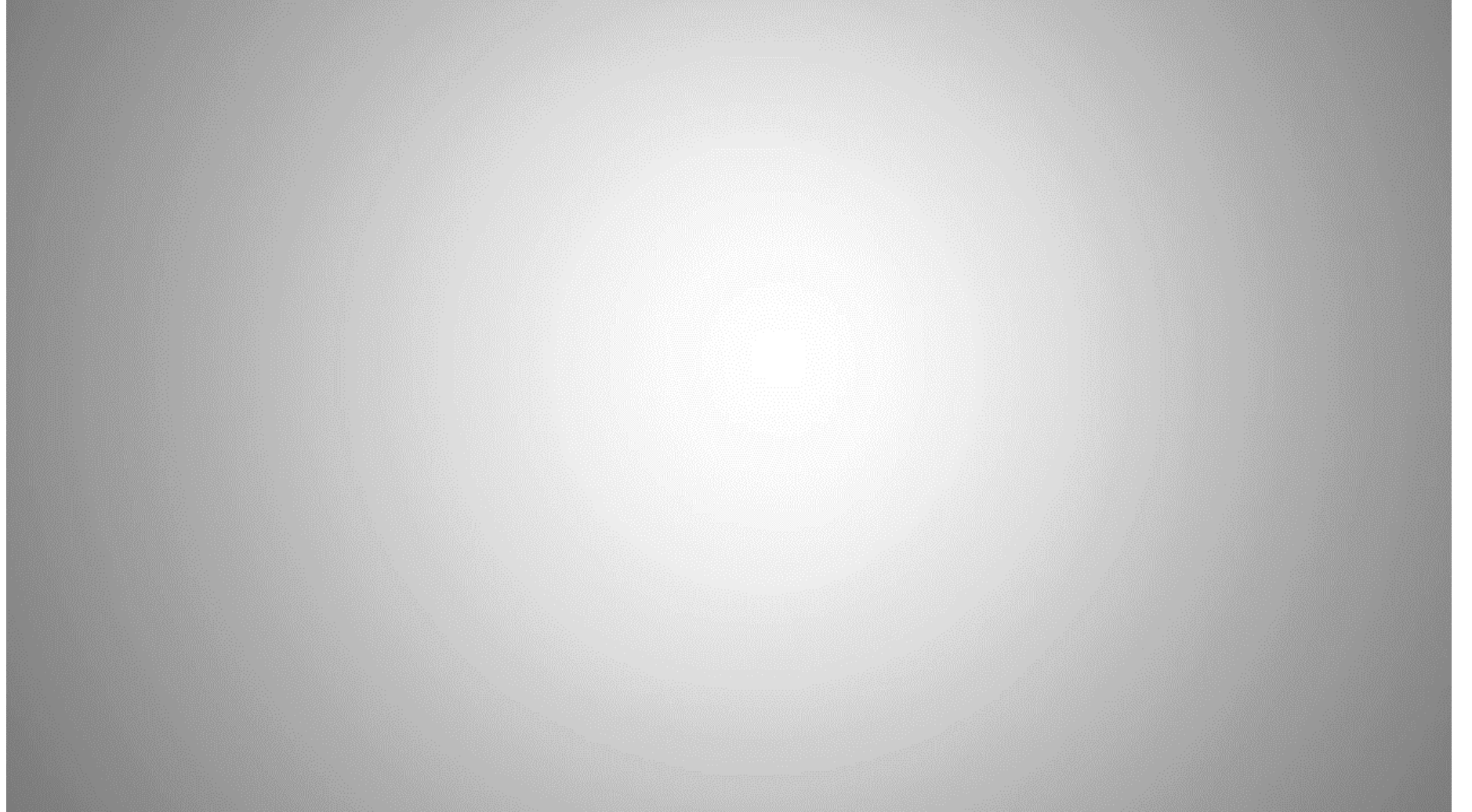
Vidalı Kompresörler

Örnek

Animasyon:

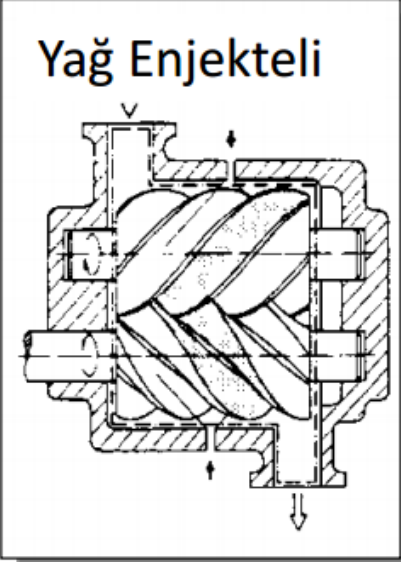
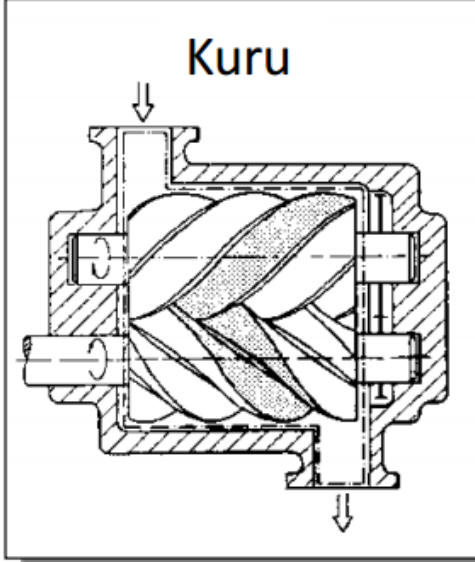
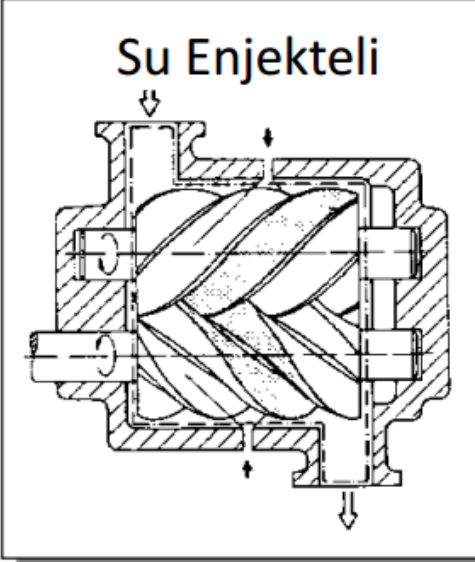
Vidalı

Kompresör



Vidalı Kompresör Tipleri

- Yağ Enjeksiyonlu
- Kuru
- Su Enjeksiyonlu

<p>Yağ Enjekteli</p> 	<p>Kuru</p> 	<p>Su Enjekteli</p> 
<p>Tek Kademeli Sıkıştırma Kesintisiz çalışma ve ısı geri kazanımı imkanı mevcuttur. DHS sistemi ile yüksek enerji verimliliği sağlar.</p> <p>İşletme basıncı max. : 3-15 bar Güç : 3 – 400 kW Havada Kalan Yağ Miktarı Yaklaşık.. 3mg/m³ Yaklaşık.. 2.4 ppm</p>	<p>Tek ve 2 kademeli sıkıştırma Yüksek basınç sınıfı için çok verimli bir çözümdür. Kesintisiz çalışma ve ısı geri kazanımı imkanı mevcut. DHS sistemi ile yüksek enerji verimliliği sağlar.</p> <p>İşletme basıncı max : 15-35 bar Güç : 75 – 400 kW Havada Kalan Yağ < 0.002mg/m³ < 0.0016 ppm</p>	<p>Tek kademeli Sıkıştırma Gıda, ilaç sektöründe ve tıbbi uygulamalarda kullanılır. Enerji verimliliği, yağ-enjekteli vidalı kompresörlerden düşüktür.</p> <p>İşletme basıncı max. : 3 - 13 bar Güç : 45 – 400 kW Havada Kalan Yağ < 0.002mg/m³ < 0.0016 ppm</p>

❖ Vidalı Kompresörler

• Vidalı kompresörlerin çalışması

1. Faz :

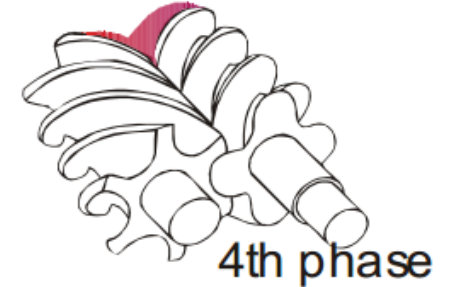
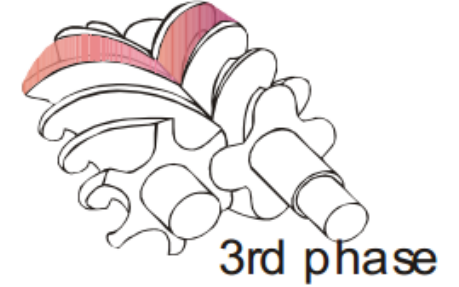
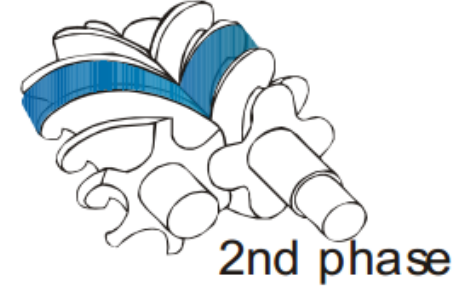
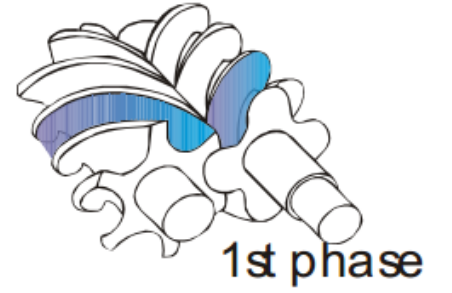
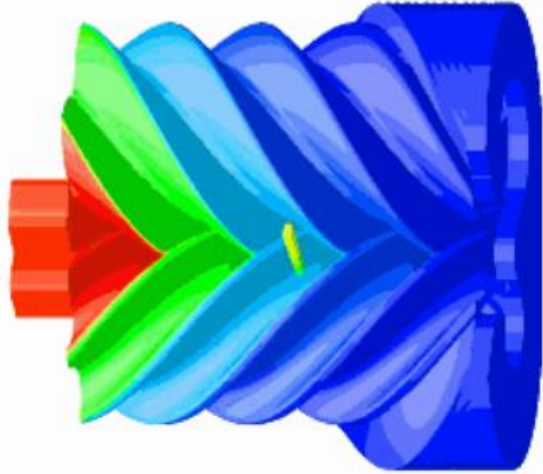
Hava emiş ağzından sıkıştırma çemberine girer. Rotorların dış boşlukları pistonlu kompresörün emiş stroğunda olduğu gibi hava ile dolar.

2. ve 3. Faz :

Ters yönde dönen rotorlar emilen hava için emiş ağzını kapatıp gövdeve rotor dış boşlukları arasında bir sıkıştırma boşluğu oluşturur. Rotorların ters yönlü dönüş hareketi nedeniyle giderek azalan bu hacim ilerletilen havayı sıkıştırır. Sıkıştırma işlemi giderek azalan sıkıştırma boşluğu çıkış ağzına ulaşana kadar sürer.

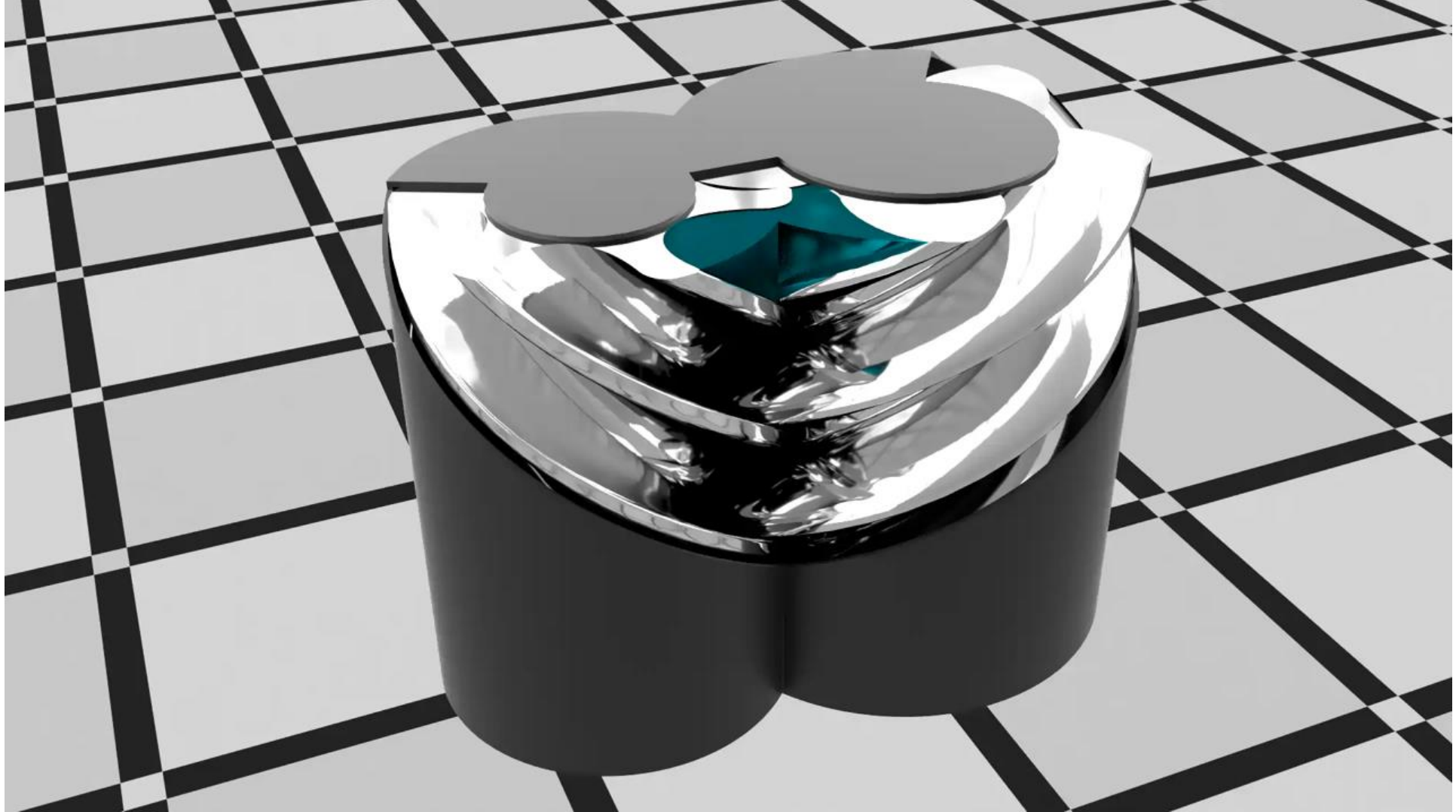
4. Faz :

Sıkışmış hava dışarı atılır.



Vidalı Kompresörler

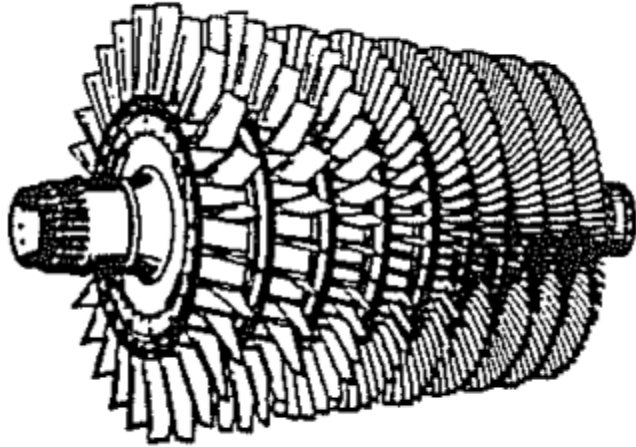
Örnek Animasyon:
Dişi rotor 6-loblu,
erkek rotor 5-loblu
vidalı kompresörde
sıkıştırma işlemi.
Alınan hava (mavi
renk) sıkıştırılıp
sisteme verilir
(kırmızı renk)



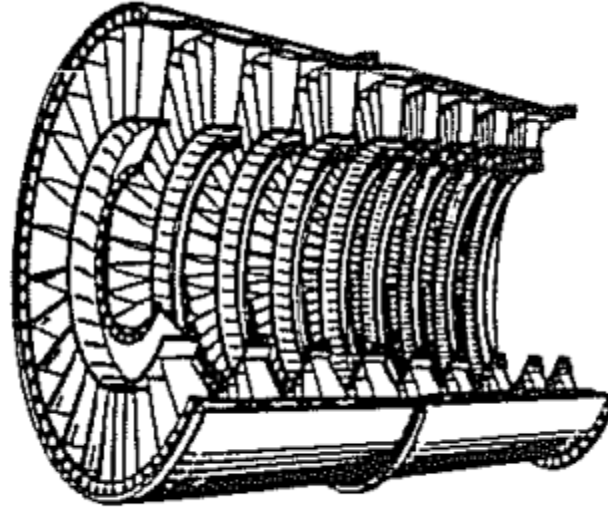
Dinamik Kompresörler

Havayı hızlandırıp oluşturduğu basınç farkıyla hızlı bir şekilde emip çıkış kısmına basan kompresörlerdir. Bu kompresörlerde dönen kanatların hız kazandırdığı hava, önde veya içeride vakum oluştururken arkada veya dışarıda yığılma dolayısıyla basınç oluşur. Önden emip arkaya basanlara aksenel kompresör, içten emip dışa basanlara ise radyal kompresör denir. Bazı kompresörler aksenel ve radyal kompresörün karışımıdır. Düşük basınçlı aksenel kompresörlerin kanatlarına veya rotoruna fan veya pervane denilmektedir. Yüksek basınçlı radyal veya radyal-aksenel karışımı kompresörlerin basınç oluşturan elemanına "impeller" denir. Bu tip santrifüj-turbo kompresörlerin impeller'leri emişinin olduğu ön/orta taraftan emerek aldığı havayı hızlandırarak çıkışının olduğu dış/arka tarafa savurması şeklinde çalışır. Bunun sonucu oluşan santrifüj kuvvet , gazların sıkıştırılarak daha hızlı bir şekilde taşınmasını sağlar.

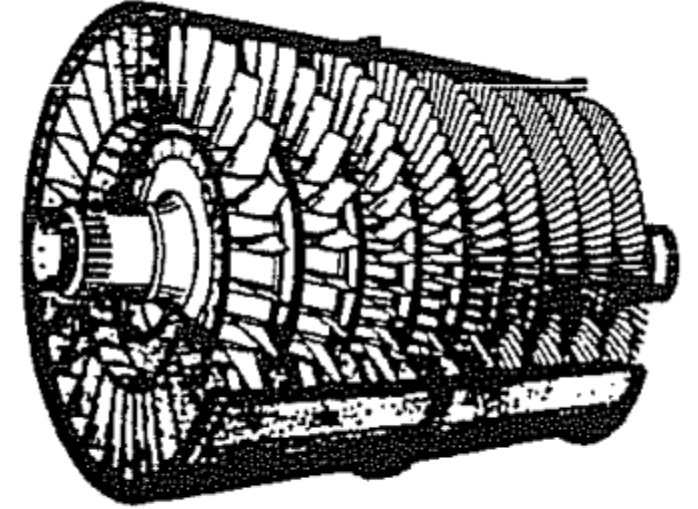
Dinamik Kompresörler / **Eksenel Kompresörler**



(1)



(2)



(3)

- Eksenel kompresörde, (1) **Rotor**, (2) **Stator**, (3) kısmi kesit görünüş

Dinamik Kompresörler / **Eksenel Kompresörler**

Eksenel kompresörler, bir rotor üzerine yerleştirilmiş kanatlar ve bir gövdeden oluşur. Kanatlar, emilen havayı hızlandırarak bir kinetik enerji kazandırır. Daha sonra bu enerji basınç enerjisine dönüşür. Bu tür kompresörde hava dönme eksenine paralel olarak hareket ederek helisel şekilde ilerler. Bu sırada da sürekli basınç artar. Bir anlamda çalışma sistemi türbinin tersine uygundur. Eksenel akımlı kompresörünün parçaları şunlardır:

- Pervane veya türbin kanatları olan ve kompresörün iç cidarını meydana getiren kısım
- Çıkış kısmını meydana getiren ve dönen kısmı destekleyen yatak bölümü
- Duran ve kompresörün dış cidarlarını meydana getiren kısım (Montaj kolaylığı bakımından iki yarı daire şeklinde imal edilir. İçinde helisel olan ve pervane kısımları ile uyuşan kanallar mevcuttur.)

Dinamik Kompresörler / **Eksenel Kompresörler**

Çalışması sırasında giren hava hızlandırılır ve daha sonra hızı düşürülür, bu arada Bernouilli ilkesine göre basınç yükselir. Birbirine eklenebilen bölümlerden ibaret olması, küçük hacim kaplaması, dönen kısımların merkezî olması ve bu sebepten merkezkaç kuvvetinin düşük olması bu türün tercih sebebidir.

Hava sırayla dönen rotor kanatları ve duran stator kanatları arasından eksenel yönde akar. Her bir rotor ve stator kanadı seti bir kademeyi oluşturur. Akış yönünde akışın kesit alanı azalır. Kesit azaldıkça yoğunluk artar. Her kademe küçük bir sıkıştırma oranı sağlar: Yüksek sıkıştırma oranları için çok kademe kullanmak gerekir. Eksenel kompresörler daha küçüktür ve santrifüj kompresörden daha düşük bir ön yüzey alanına sahiptir. En yüksek verim için kompresör sabit eksenel hızda çalışır. Daha fazla esneklik ve her kademelerin daha düzgün yüklenmesi açısından yüksek sıkıştırma oranlı kompresörlerde iki farklı dönüş hızı olan ikili kompresör kullanılır.

Dinamik Kompresörler / **Eksenel Kompresörler**

- Eksenel Akımlı Kompresörün Parçaları

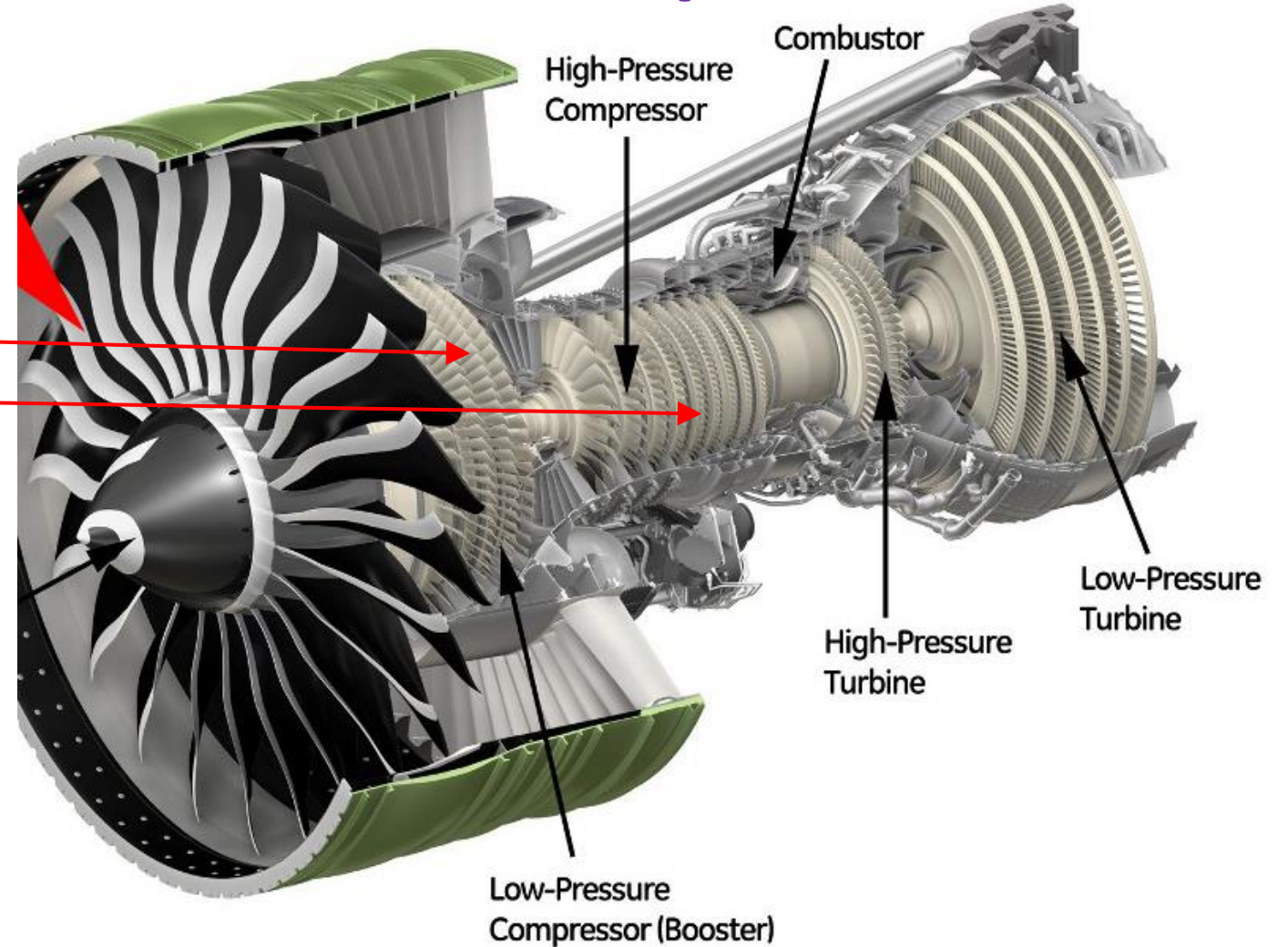
Tipik bir eksenel akımlı kompresörünün parçaları şunlardır:

- Pervane veya türbin kanatları olan ve kompresörün iç cidarını meydana getiren kısım
- Çıkış kısmını meydana getiren ve dönen kısmı destekleyen yatak bölümü
- Duran ve kompresörün dış cidarlarını meydana getiren kısım (Montaj kolaylığı bakımından iki yarı daire şeklinde imal edilir. İçinde helisel olan ve pervane kısımları ile uyuşan kanallar mevcuttur.)

Dinamik Kompresörler / Eksenel Kompresörler

- *Örnek Görsel:*

Turbofan motor kesit görünüşünde kompresör kademeleri

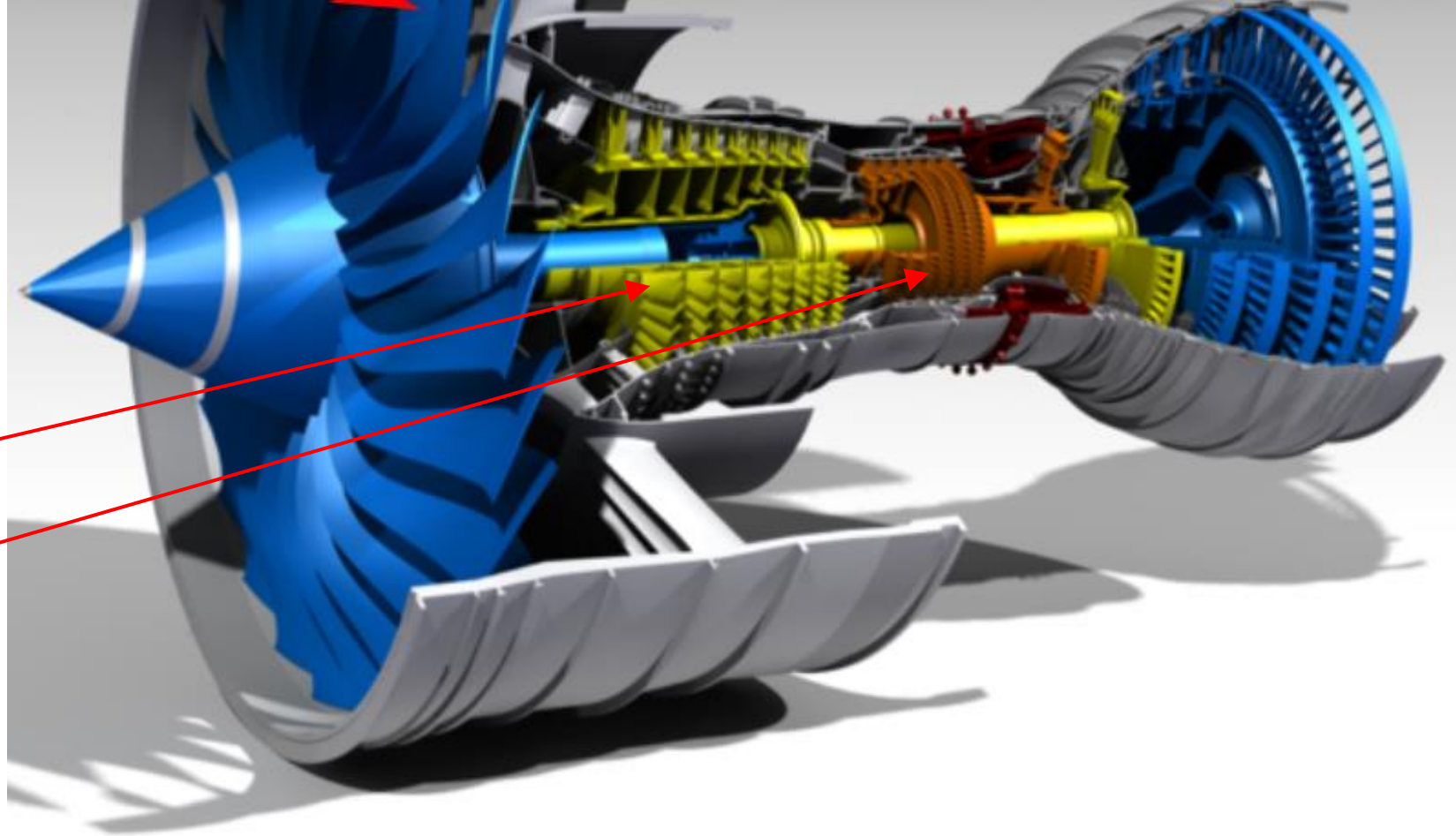


Dinamik Kompresörler / Aksenal Kompresörler

- *Örnek Görsel:* Turbofan uçak motorunda aksenal kompresörün kısımları

- Motor Bölümleri:

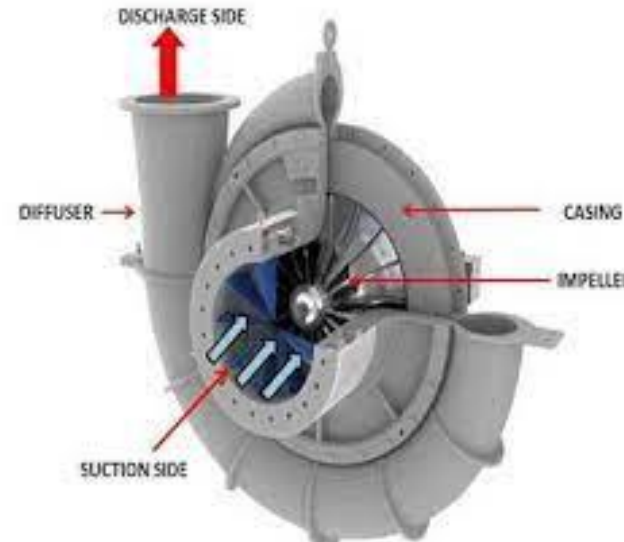
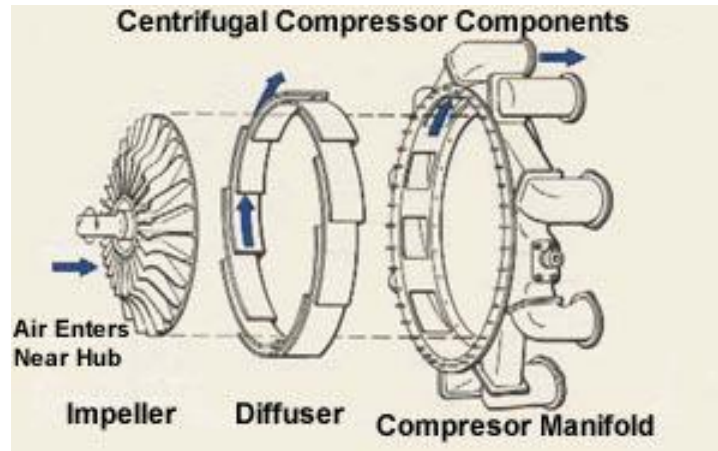
- Fan kanatları (mavi)
- **Kompresör – Düşük basınç (sarı)**
- **Kompresör – Yüksek basınç (turuncu)**
- Yanma odası (kırmızı)
- Türbin – yüksek basınç (sarı)
- Türbin – düşük basınç (mavi)



Dinamik Kompresörler / Santrifüj Kompresörler

- *(Centrifugal Compressor)*

Kompresörün işlevi gelen havanın basıncını artırarak yanma ve güç çekme sürecinin daha verimli olmasını sağlamaktır. Basınç artarken hacim küçülür, böylece hava-yakıt karışımı daha küçük bir hacimde yakılabilir. Hava pervanesinin dönüş hareketi ile hızlandırılır. Daha sonra difüzörde yayılarak yavaşlatılır ve basıncı artırılır. Difüzörde düzleşen akım manifoldda toplanarak dışarı fırlatılır.



Dinamik Kompresörler / Santrifüj Kompresörler

- İmpeller (Rotor)

Santrifüj kompresörleri yüksek hızla dönen bir impellerin havaya enerji transfer ettiği dinamik kompresörlerdir. Rotor havanın basıncını değiştirir. Bu basınç sabit difüzörlerde (yayıcılarda) havanın hızını keserek kullanılabilir basınca dönüştürülür. İmpeller: 2-3 bar veya daha yüksek basınca uygun dizayn edilmiş fan, pervane, kanatlı rotor olarak adlandırılabilir.



Dinamik Kompresörler / Santrifüj Kompresörler

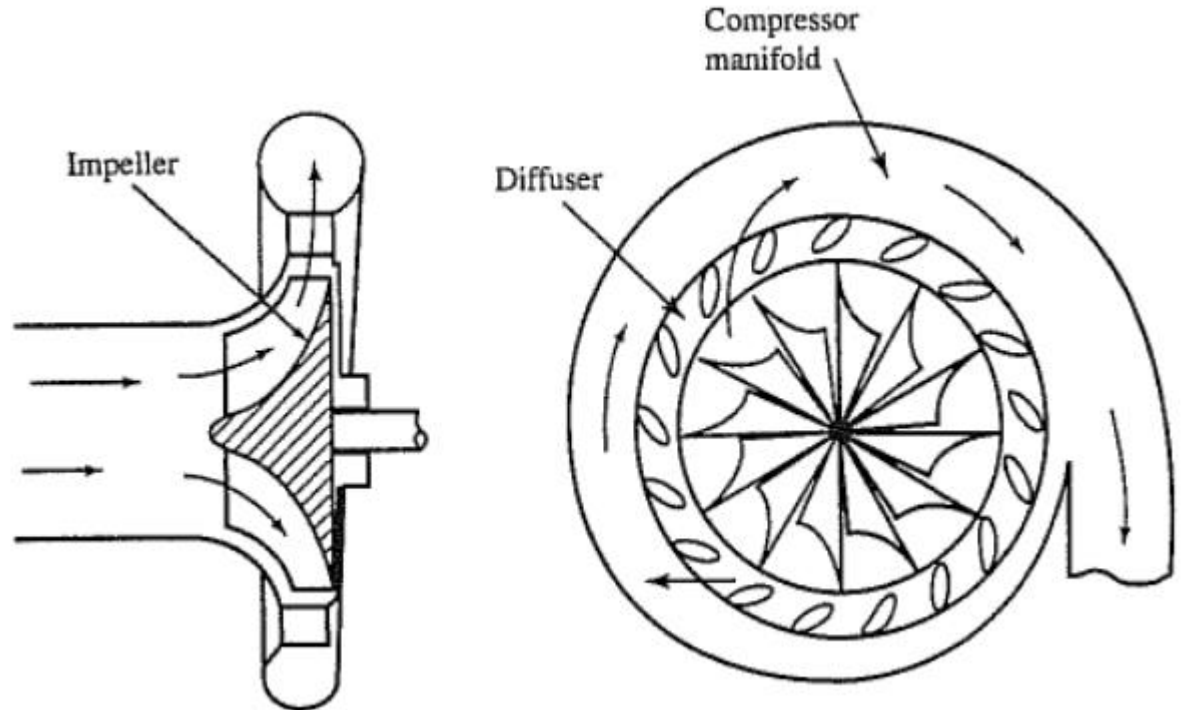
- Yüksek hava debisi ve yağsız hava istenen yerlerde kullanılır.

Santrifüj hava kompresörleri, tasarımı gereğince yağsız kompresörlerdir. İmpellerin yüksek hızla dönmesini sağlayan dişlileri yağlamak için kullanılan yağ ile havanın bağlantısı shaft contaları ve atmosferik havalandırma tertibatı kullanılarak kesilir. Santrifüj kompresör sürekli hizmet kompresörüdür, çok az sayıda hareketli parçası olması avantajıyla özellikle yüksek hava debisi istenen uygulamalarda ve esas olarak yağsız hava gereken yerlerde kullanılmaya uygundur.

Dinamik Kompresörler / Santrifüj Kompresörler

Santrifüj kompresörlerin üç bileşeni vardır:

- İtici pervane (impeller)
- Difüzör (diffuser)
- Kompresör manifoldu



Pnömatik Sistemler

HİDROLİK - PNÖMATİK KARŞILAŞTIRMASI

Pnömatik Sistemlerin Üstünlükleri

- Hava kolayca ve her yerde sınırsız ölçüde bulunabilir.
- Sürtünme kayıpları azdır, uzak mesafelere taşınabilir.
- Basıncı hava kullanılan ortamlar temizdir. Sistemde olabilecek sızıntı çevreyi kirletmez (Kimya, ilaç, kâğıt, tekstil gıda vb. sanayilerde rahatlıkla kullanılabilir).
- Elemanlarının yapıları basit ve ucuzdur.
- Montajı ve bakımı kolaydır.
- Basıncı havanın yanma ve patlama tehlikesi yoktur.
- Havanın sıcaklığa karşı duyarlılığı azdır. Hız ayarları sıcaklıkla değişmez.
- Basıncı hava gerektiğinde kullanılmak üzere depo edilebilir.
- Yüksek çalışma hızları elde edilebilir. Piston hızı 1–3 m/s'ye ulaşabilir.

Hidrolik ve Pnömatik Sistemlerin Karşılaştırılması

1. Hidrolik yağlar sıkıştırılmaz kabul edilir. Ancak yüksek basınçlarda (700 Bar) çok az sıkışma olabilir. Pnömatikte ise çalışma yönüne ters bir kuvvet uygulandığında, hava sıkıştırılabilir.
2. Pnömatikte sıcaklığın artması, yanma ve patlama tehlikesi oluşturmadığı gibi, hızlarda da değişme olmaz. Hidrolikte ise, yağın yanıcı olması durumunda yanma tehlikesi oluşur. Sıcaklık artınca sızıntılar artar. Bu nedenle hidrolik sistemlerde yağ sıcaklığının 50 °C'yi geçmesi istenmez.
3. Hidrolik sistemde kullanılan akışkan, çalışma elemanlarını aynı zamanda yağlar. Pnömatikte ise, ayrıca yağlama işlemi yapmak gerekir.
4. Hidrolik sistemlerde basınç düşümünde, ısı enerjisi açığa çıkar. Pnömatikte ise böyle bir tehlike yoktur.
5. Pnömatikte büyük kuvvetlerin elde edilmesi zor ve ekonomik değildir. Hidrolikte ise büyük kuvvetler rahatlıkla elde edilir.
6. Pnömatik elemanların çalışma hızları yüksektir. Hidrolikte ise çalışma hızları daha düşüktür.

Pnömatik Sistemler

HAVANIN ÖZELLİKLERİ

Pnömatik Sistemler / Havanın Özellikleri

- Kuru haldeki atmosfer havası oksijen, nitrojen (azot) ağırlıklı olmak üzere çeşitli gazların karışımından oluşur.
- Atmosfer havası yükseklik ve yoğunluğa bağlı olarak değişen bir ağırlığa sahiptir.
- Atmosfer havasının ağırlığından oluşan basınca “atmosferik basınç” adı verilir.
- Yüksekliğe bağlı olarak değiştiği için deniz seviyesindeki basınç referans olarak alınır.
- Deniz seviyesinde atmosferik basınç 1013 MiliBar (mBar) = 1,013 Bar'dır. Yükseklik arttıkça atmosfer basıncı düşer.



Pnömatik Sistemler / Havanın Özellikleri

Bağıl Nem

- Havada bulunan su buharına ait kısmi basıncın, aynı sıcaklıktaki suyun denge buhar basıncına oranıdır. Başka bir deyişle **bağıl nem, havanın belirli bir sıcaklıkta taşıyabileceği nem miktarının yüzde kaçını taşıdığını** belirtir.
- Bağıl nemin %100 olması, havanın artık suyla doyurulmuş (**doymuş**) olması demektir. Bu durumda hava daha fazla su alamayacak ve havaya katılmaya çalışan **buhar yoğunlaşarak sıvı haline dönüşecektir**. Bağıl nem %100'den küçük bir değerdeyse buharlaşma gözlenir. (Mesela havanın bağıl nemi %50 ise yağmur yağma ihtimali olmayabilir fakat bağıl nem oranı %95 ise büyük ihtimalle yağmur yağacaktır.)
- Bağıl nem sıcaklık ile ters orantılıdır aynı zamanda bağıl nem çöl gibi kurak yerlerde az, ekvatorial bölge ve deniz kıyıları gibi yerlerde fazladır.
- Bağıl nem (b), mutlak nem (m) ve azamî nem arasında **$b = (m / a) \cdot 100$** bağıntısı bulunmaktadır.

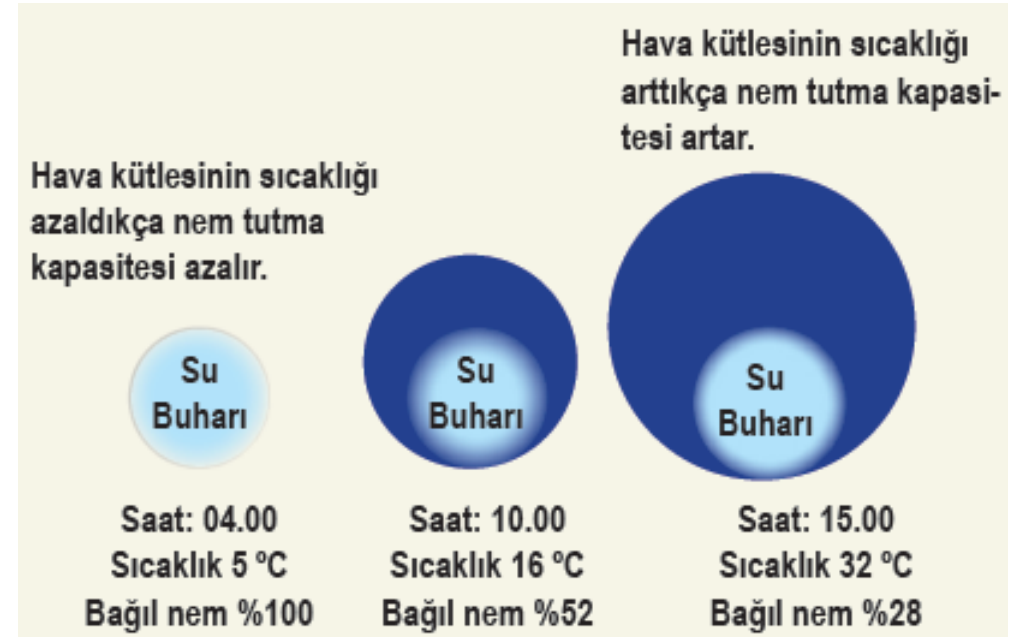
Pnömatik Sistemler / Havanın Özellikleri

Bağıl Nem

- Mutlak sıcaklık arttıkça havanın nem tutabilme kapasitesi artar.

$$\text{Bağıl Nem} = \frac{\text{Mutlak Nem}}{\text{Max. Nem}} \times 100$$

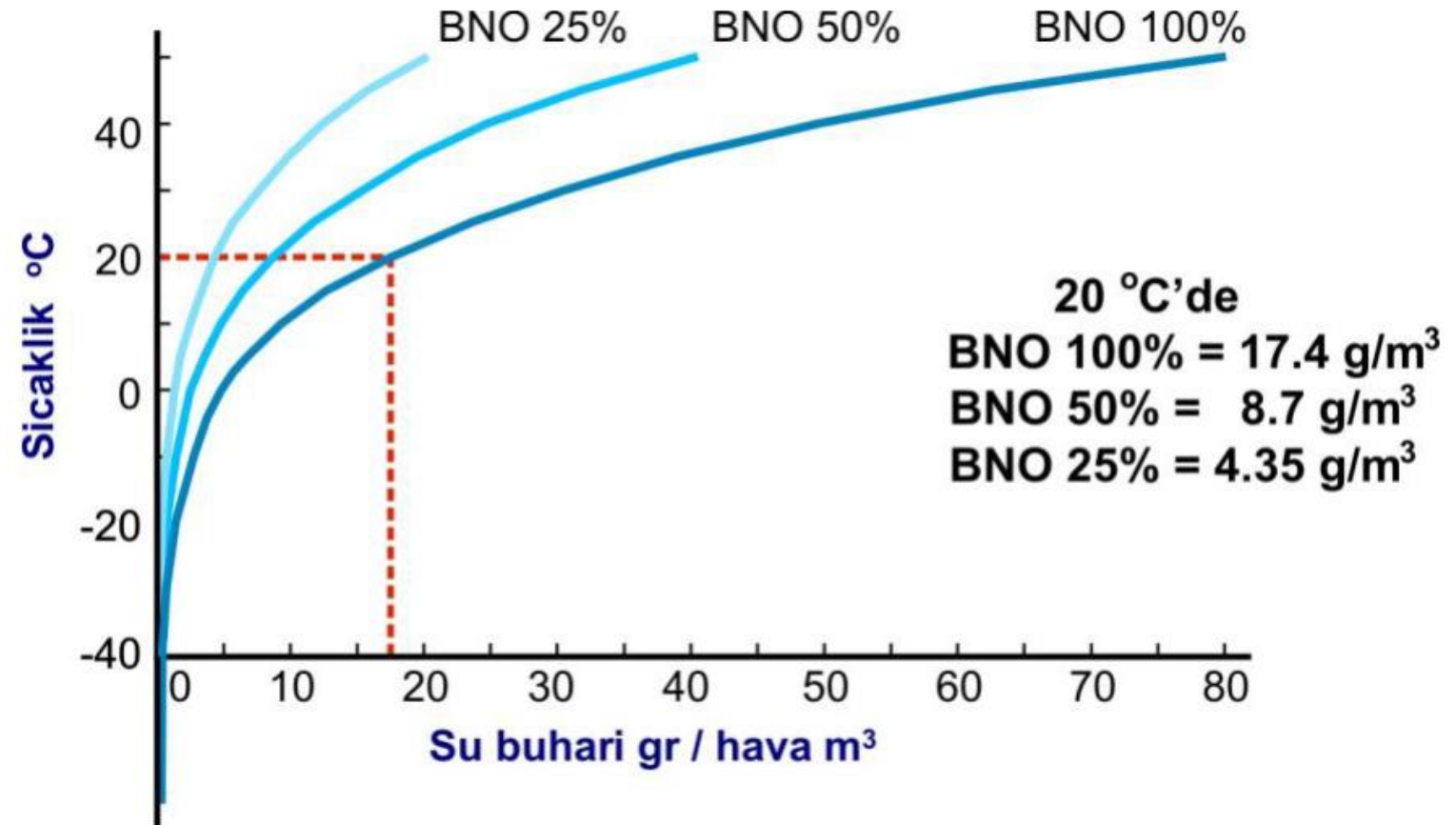
1 Metreküp Havadaki Nemin Doyma Noktası	
Hava sıcaklığı:	En yüksek taşınabilir nem (gr/m ³)
-20	1,06
-10	2,35
0	4,85
10	9,39
20	17,33
30	30,66
40	50,09



Pnömatik Sistemler / Havanın Özellikleri

Bağıl Nem

- *Örnek Grafik:* Sıcaklık ile bağıl nem oranı (BNO) ilişkisi



Uygulama

Bağıl Nem Örnek Uygulama

- Havanın sıkıştırılması sonucunda açığa çıkan (yoğuşan) nem miktarının hesaplanması

Örnek: Bir kompresör, 20 °C sıcaklıkta ve bağıl nem oranı % 70 olan 10 m³ havayı 7 bar basınca yükseltmektedir. Açığa çıkan nem miktarı nedir?

Çözüm: BNO % 100 olan (neme doymuş) havanın içerdiği nem miktarı grafikten 20 °C için 17.4 gr/m³ olarak bulunur.

10 m³ havada $17.4 \times 10 = 174$ gr nem vardır. Kompresörün emdiği havanın BNO % 70 olduğuna göre;
 $174 \times 70 / 100 = 121.8$ gr nem vardır.

Hava basıncı 1 bar mutlak basınçtan 8 (7+1) bar mutlak basınca sıkıştırıldığı için havanın hacmi azalır ve hava içindeki nem yoğunlaşarak su haline dönüşür.

Uygulama

Bağıl Nem

Örnek Uygulama

- Havanın sıkıştırılması sonucunda açığa çıkan (yoğuşan) nem miktarının hesaplanması

10 m³ hava, 7 bar basınca kadar sıkıştırıldığında havanın hacmi şu formülle hesaplanır.

$$\frac{P_2 \times V_2}{T_2} = \frac{P_1 \times V_1}{T_1}$$

$$\frac{(7+1) \times V_2}{273 + 20} = \frac{1 \times 10}{273 + 20} \quad V_2 = 1,25 \text{ m}^3$$

10 m³ serbest hava 7 bar basınca sıkıştırıldığında 1.25 m³ hacme düşer.

Kompresörden çıkan sıkıştırılmış havanın içindeki nem miktarı 1.25 m³ x 17.4 gr/m³ = 21.75 gr olacaktır.

Açığa çıkan nem miktarı: 121.8 – 21.75 gr = 100.05 gr olur.

Pnömatik Sistemler

HAVANIN ŞARTLANDIRILMASI

Pnömatik Sistemler

Pnömatik bir sistemdeki beş temel aşama:

Sıkıştırma

Depolama

Şartlandırma

Denetim

Kullanım

Pnömatik Sistemler

Pnömatik bir sistemdeki kademeler:

- Sıkıştırma (kompresör)
- Depolama (hava tankı)
- Şartlandırma (kurutma, filtreleme vb.)
- Denetim (kumanda valfleri)
- Kullanım ve tüketim (silindir, motor)



Pnömatik Sistemler

Önceki şekilde basınçlı havanın üretiminden kullanımına kadar geçtiği aşamalar gösterilmektedir.

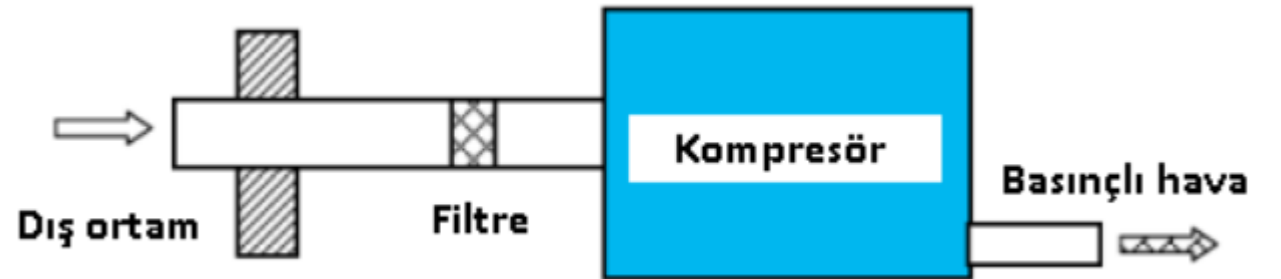
- İlk aşama **basınçlı havanın üretilmesi**dir. Kompresörler vasıtasıyla sıkıştırılan hava bir hava tankında depolanır.
- Sıkıştırılan havanın nem oranı ve taşıdığı partiküllerin yoğunluğu artacağından dolayı kurutucu ve filtreden geçirilir.
- Hatlarda taşınan basınçlı hava son kullanım noktasına geldiğinde **şartlandırıcı** ile tekrar filtre edilip basıncı düşürülür ve gerekirse yağlanarak valflere oradan da aktüatörlere (pnömatik silindirler, motorlar, tutucular, açısız döndürücüler) aktarılır.

Havanın Şartlandırılması

Kompresör emiş havasının dış ortamdan alınmasında:

- Soğuk
- Temiz
- Kuru

Hava tercih edilmelidir.

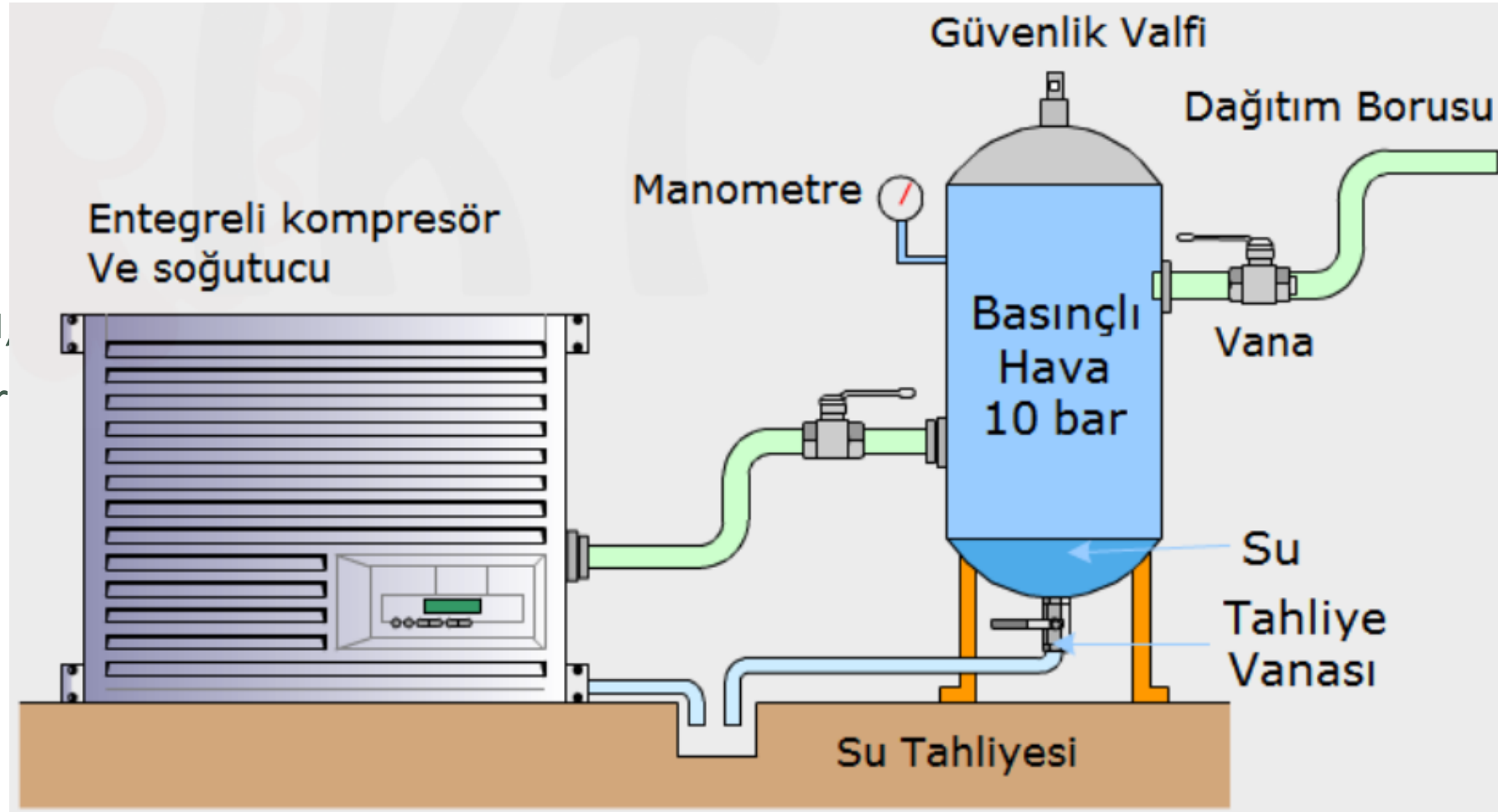


Havanın Şartlandırılması

Örnek Görsel:

Kompresör odasında

(kompresör, hava tankı, şartlandırıcılar ve diğer yardımcı elemanları içerir) **soğutma ve su tahliyesi**



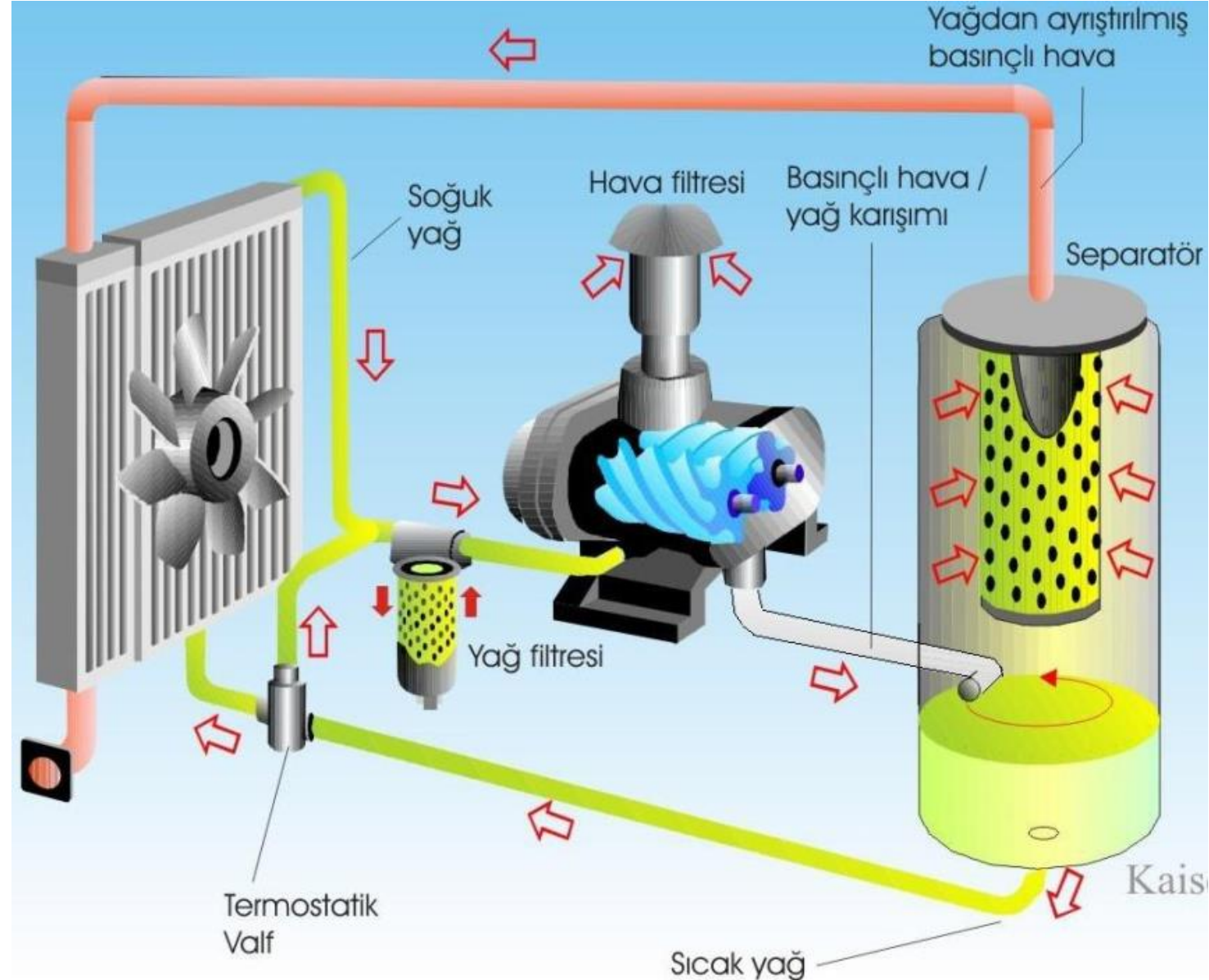
Havanın Şartlandırılması

Örnek Görsel:

Havanın

- Soğuk
- Temiz
- Kuru

olma şartlarının gerçekleştirilmesi.

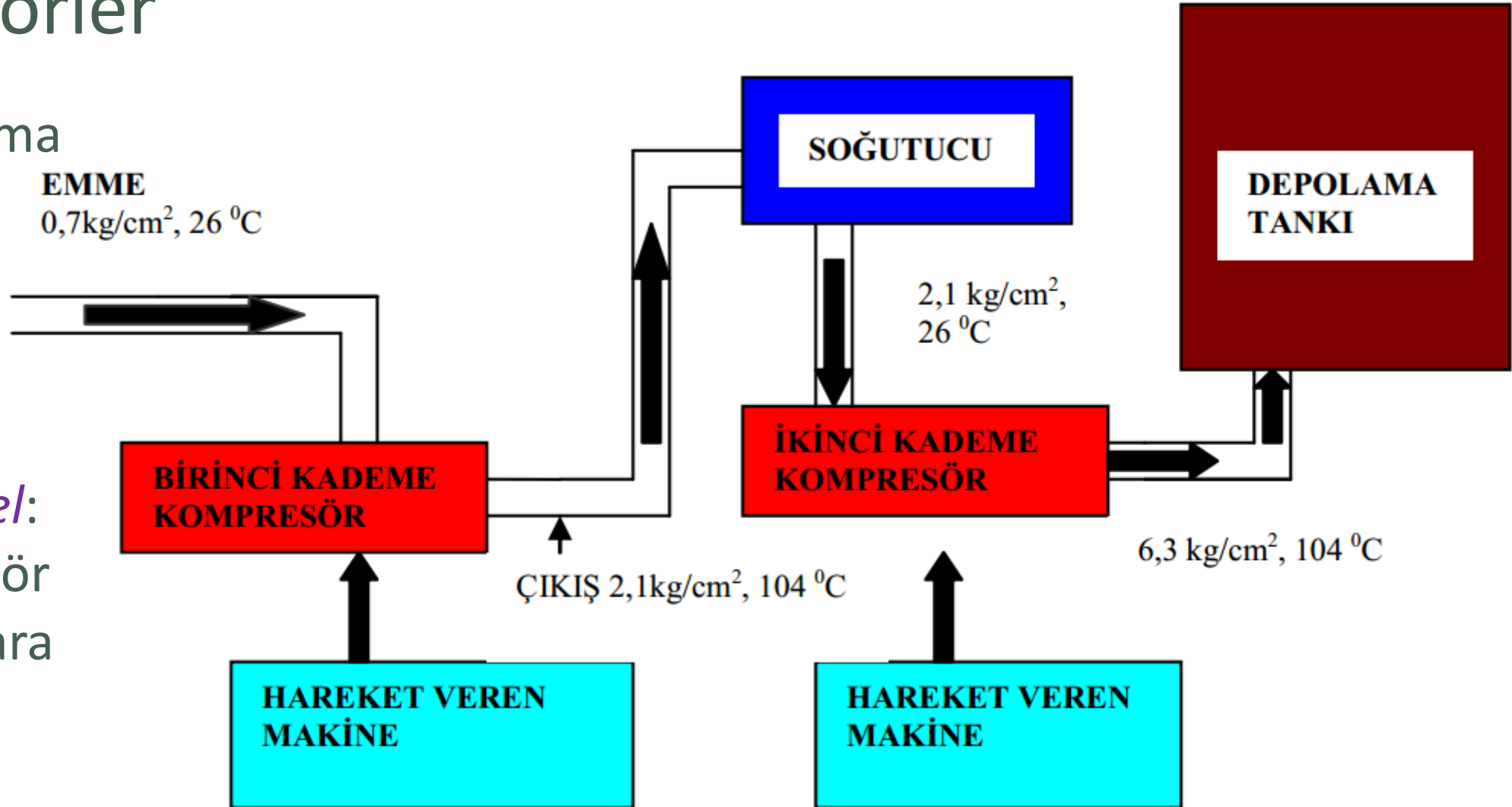


Havanın Şartlandırılması / Sıcaklık - Soğutma

- Kompresör giriş hava sıcaklığındaki her 5 °C'lik artış verimde %2'lik kayıp demektir. Yaklaşık olarak emiş havasının sıcaklığının her 3 °C düşüşünde, enerji tüketimi %1 azalır.
- Sıcaklığın düşmesi ile yoğunluk artacağından daha az güç ile daha fazla hava sıkıştırma imkanı doğar.
- Kompresörler, endüstride genellikle, kapalı odalarda çalıştırıldığından ve odadaki hava emildiğinden, dış ortama göre daha sıcak hava ile çalışırlar. Bunun yerine bir hava kanalı ile dış ortamdan hava alınması yararlıdır.

Kompresörler

- Ara Soğutma



Örnek Görsel:
Bir kompresör ünitesinde ara soğutma

Kompresörler

Ara Soğutma

- Kompresörlerde gazın sıkıştırılması sırasında ortaya çıkan ısının uzaklaştırılması için soğutma sistemleri geliştirilmiştir. Gaz, iki basınç kademesi arasında soğutulmaktadır. Buna ara soğutma (*intercooling*) adı verilir.
- Sıcaklık düşürülür fakat basınç aynı kalırsa gazın hacmi azalır. Çünkü gaz soğutulunca yoğunluğu artar.
- Ara soğutmanın nedeni, ikinci kademeye gitmeden önce gazın hacmini azaltmaktır. Ara kademede yapılacak her bir 2,7 °C'lik soğutma ile sıkıştırma için gerekli güçten %1 tasarruf sağlanır. Çok kademeli kompresörlerde ara soğutma yapılarak toplam sıkıştırma gücü azaltılır.

Havanın Şartlandırılması / Filtreleme - Temizlik

- Kompresöre girip sıkıştırılan hava ortama bağlı miktarda su buharı ve yağ buharı, toz, bakteri gibi değişik kirleticiler içerir. Bunlar aşağıdaki problemlere yol açar:
 - Hava iletim hatlarında korozyon ve kirlenme
 - Borularda oluşan kirlenme sonucu basınç kayıpları, tıkanma
 - Kirlilik nedeniyle pnömatik elemanların yeterince yağlanmaması sonucu aşınma

Havanın Şartlandırılması / Filtreleme - Temizlik

- Kompresör ile atmosferden emilen hava kirlidir. Kirliliğin sebebi atmosferden emilen havadaki toz, kir ve nem olabileceği gibi, kompresörden de kaynaklanan yağ ve metal parçacıkları olabilir.
- Hava içindeki bu yabancı maddeleri ayrıştıran elemanlara filtre adı verilir.

Havanın Şartlandırılması / Filtreleme - Temizlik

- Hava emme girişine konulan filtreler ile havanın içindeki toz, nem ve diğer zararlı atıkların bir kısmı temizlenir. Emiş filtreleri kuru ve ıslak tip emiş filtreleri olmak üzere iki çeşittir:

a) Kuru tip emiş filtreleri

b) Islak tip emiş filtreleri



Havanın Şartlandırılması / Filtreleme - Temizlik

- **Kuru tip emiş filtreleri**

Tel yumağı, elek, delikli plastik veya metal gövde içine yerleştirilen pamuklu, keçe, sünger elemanlı filtrelerdir. Filtrelerin belirli aralıklarla temizlenmesi gerekir.

- **Islak tip emiş filtreleri**

Metal elemanlı filtrelerdir. Hava, emiş kanalından sıvı içerisine akar. Sıvının içinden geçerken taşıdığı bir kısım kirleticiyi bırakır. Sıvı çıkışında kuru filtre elemanına girerek biraz daha temizlenir.

Havanın Şartlandırılması / **Kurutma**

- Havanın içerisinde ortam şartlarına bağlı olarak belli miktarda nem ve su buharı vardır.
- Hava içindeki nem, pnömatik sistemin kirlenmesine, paslanmalara ve tıkanmalara yol açar.
 - Örn: Boyama işlemlerinde kaliteyi düşürür. Kimya, elektronik vb. sektörlerde ürünlerin zarar görmesine neden olur.

Havanın Şartlandırılması / **Kurutma**

- Nemin sistemden uzaklaştırılması gerekir.
- Hava içindeki nemin alınmasına “havanın kurutulması” adı verilir. Atmosferden alınan havanın kurutulması için üç metot kullanılmaktadır.
 - Fiziksel kurutma
 - Kimyasal kurutma
 - Soğutarak kurutma

Havanın Şartlandırılması / **Kurutma**

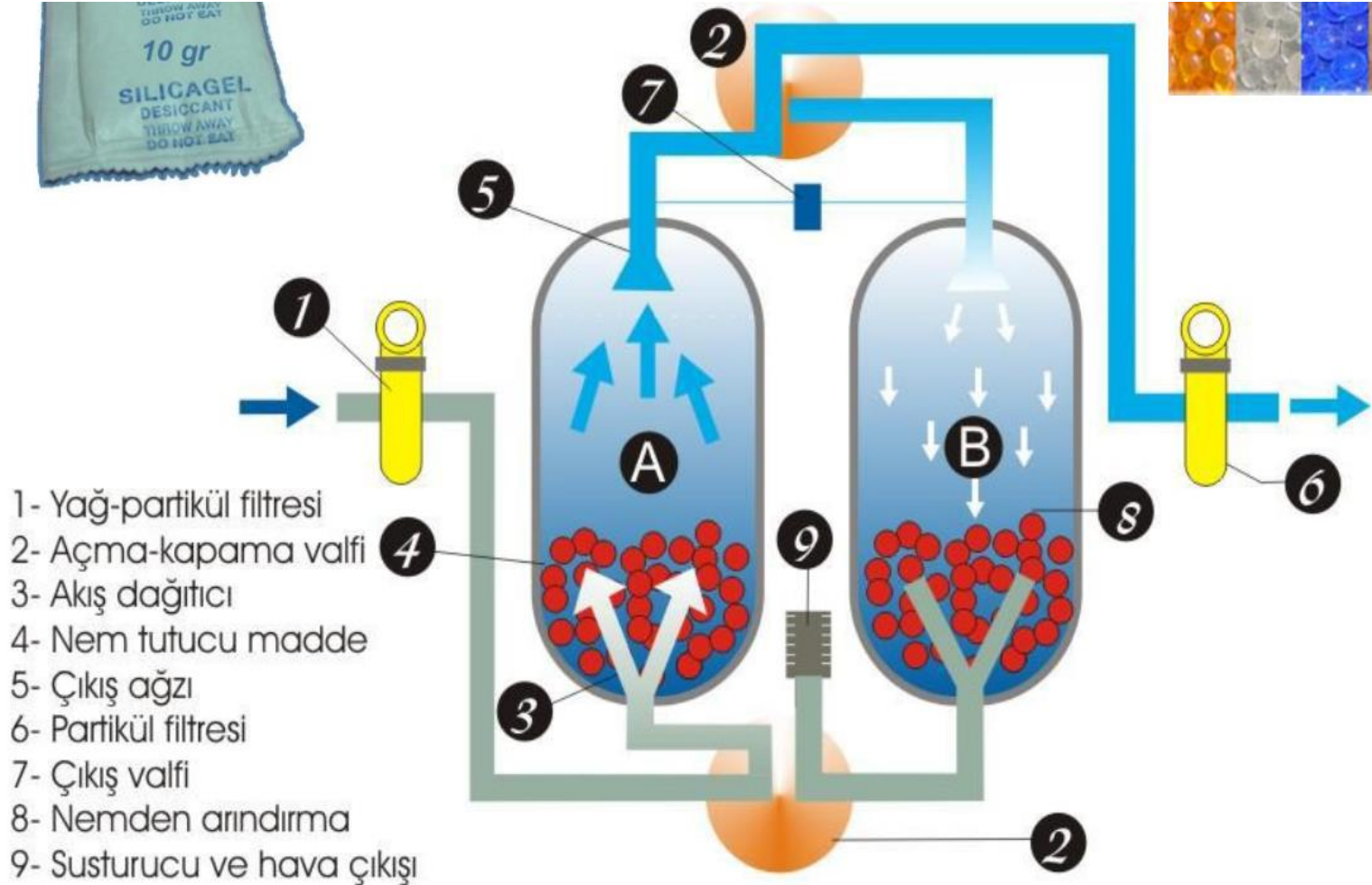
- **Fiziksel Kurutma**

Fiziksel kurutma yönteminde sistemi durdurmamak için 2 ayrı kap kullanılır. Her 2 kaptaki nemi tutarak bünyesine katan (absorbe eden) silikajel vb. maddeler kullanılır.

Havanın Şartlandırılması / Kurutma

• Fiziksel Kurutma

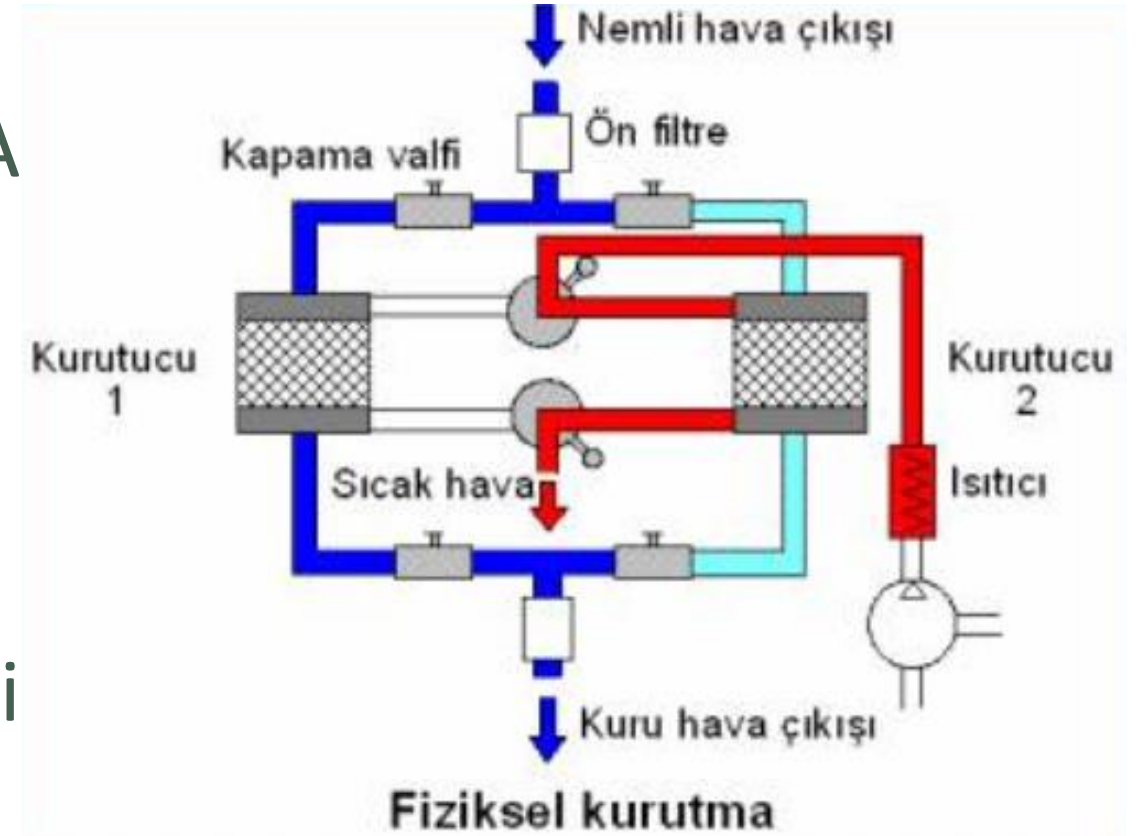
Hava önce A kabından geçirilerek kurutulur. Bir süre sonra bu kap içindeki silikajel doyuma noktasına gelir ve nem tutamaz. Bu sırada B kabı devreye alınır.



Havanın Şartlandırılması / Kurutma

- **Fiziksel Kurutma**

Hava B kabı içinden geçirilirken A kabı içinde bulunan silikajel içinden kuru hava geçirilerek nemden arındırma işlemine tabi tutulur. Kapların devreye girme süresi elektronik bir zaman rölesi yardımıyla ayarlanır.



Havanın Şartlandırılması / Kurutma

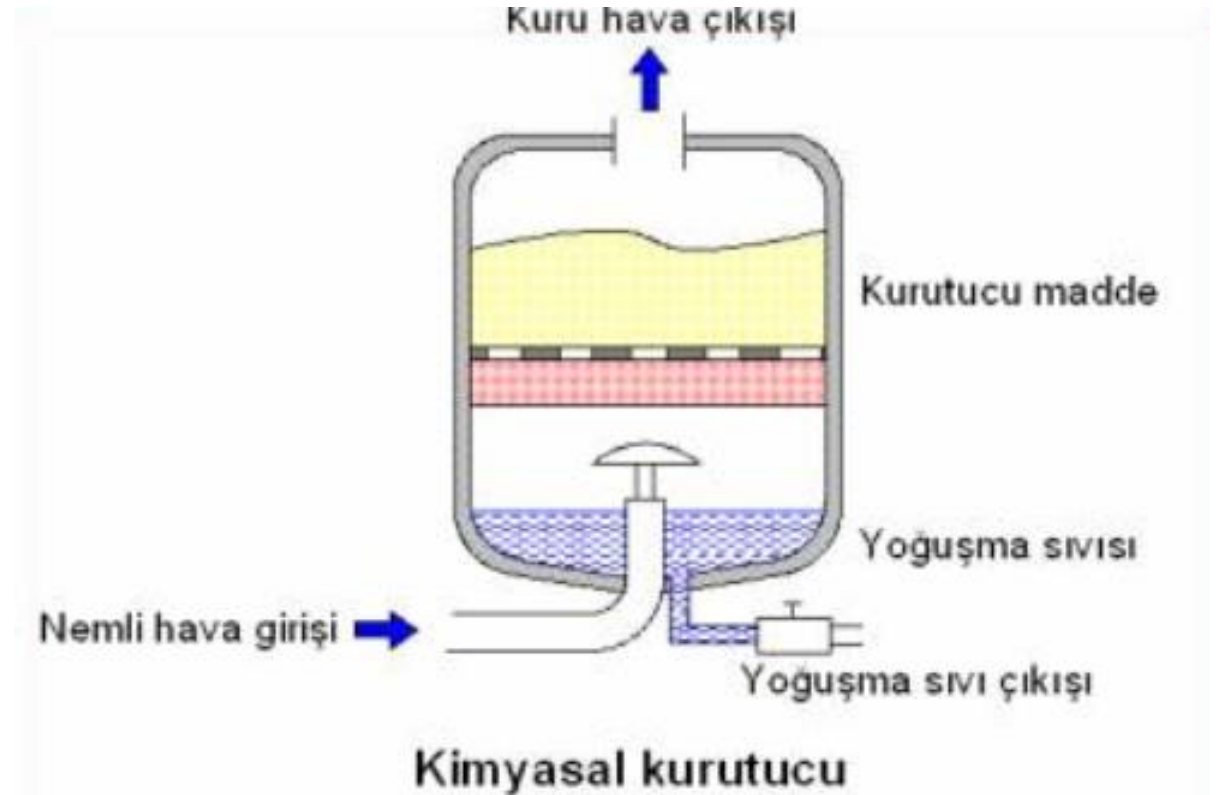
- **Kimyasal Kurutma**

Kimyasal tepkime ile kurutma işlemi gerçekleştirilir. Kurutucu bir eriyik olan desikon vb. kimyasal kurutucu hammaddelerden faydalanılır. Bu kimyasal madde, nemi emdikçe çözünür, kendisi de sıvı duruma geçer. Bu sistem nemle birlikte yağ tanecikleri ve buharı da tutulabilir. Yağı temizleme gücü düşüktür. Bu nedenle yağın ön filtrede tutulması gerekir.

Havanın Şartlandırılması / Kurutma

- **Kimyasal Kurutma**

Havanın kurutulması işlemlerinde içindeki nemin tamamı alınamaz. Bir kısım nem, nem tutucular ve filtreler yardımıyla alınır.



Havanın Şartlandırılması / Kurutma

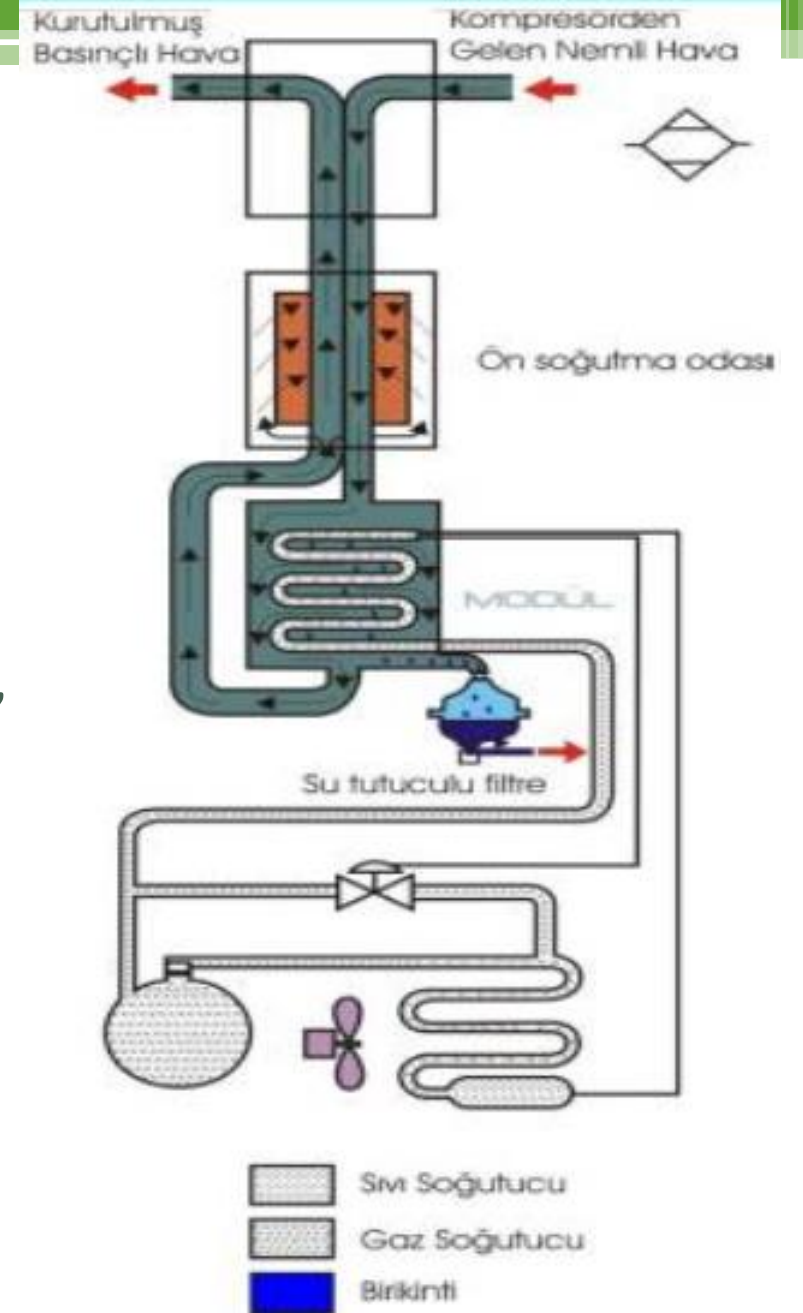
- **Soğutarak Kurutma**

Kompresörden gelen nemli hava kurutucuya girmeden önce ön soğutma odasından geçirilir. Yaklaşık 25 °C sıcaklıkta gelen havanın sıcaklığı birkaç kademe düşürülür. Daha sonra asıl soğutucu içine giren havanın sıcaklığı 4-5 °C'ye kadar düşürülür. Buzlanma olmaması için daha düşük sıcaklıklardan kaçınılmalıdır.

Havanın Şartlandırılması / Kurutma

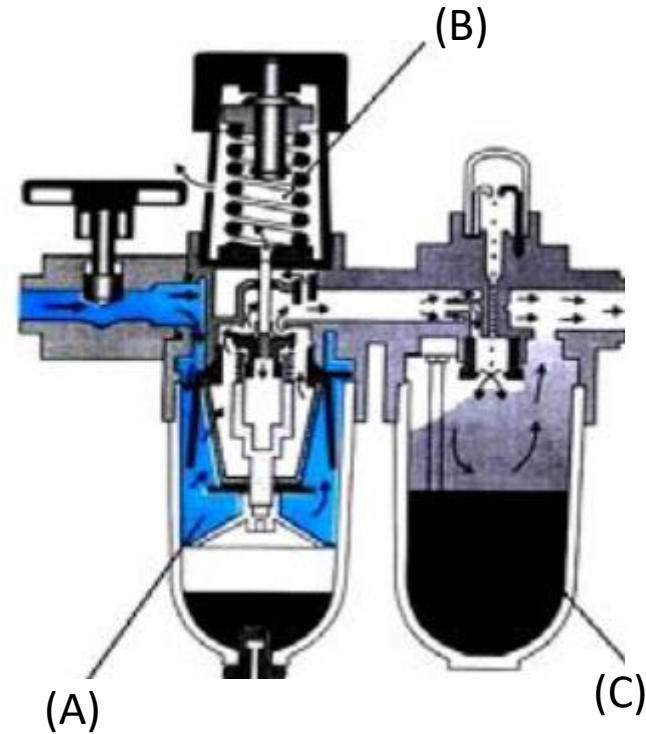
• Soğutarak Kurutma

Kurutucunun çıkış kısmına yakın bir noktada yoğunlaşan nemin alınması için “**su tutuculu filtre**” kullanılmalıdır. Kurutucudan çıkan hava enerji kazanımı açısından ön soğutma odasından geçirilir ve girişteki sıcak havanın ön soğutulmasını sağlar.



Havanın Şartlandırılması / Şartlandırma Birimi

- Havayı kullanıcılara vermeden önce çalışma şartlarına hazır hale getirmemiz gerekir. Havayı çalışma şartlarına hazır hale getiren elemanlara, “şartlandırıcı” adı verilir.
- Şartlandırıcı; (A) *filtre*, (B) *basınç ayarlayıcı* ve (C) *yağlayıcı* olmak üzere 3 çeşit elemanın birleşmesinden oluşur.



Havanın Şartlandırılması / Şartlandırma Birimi

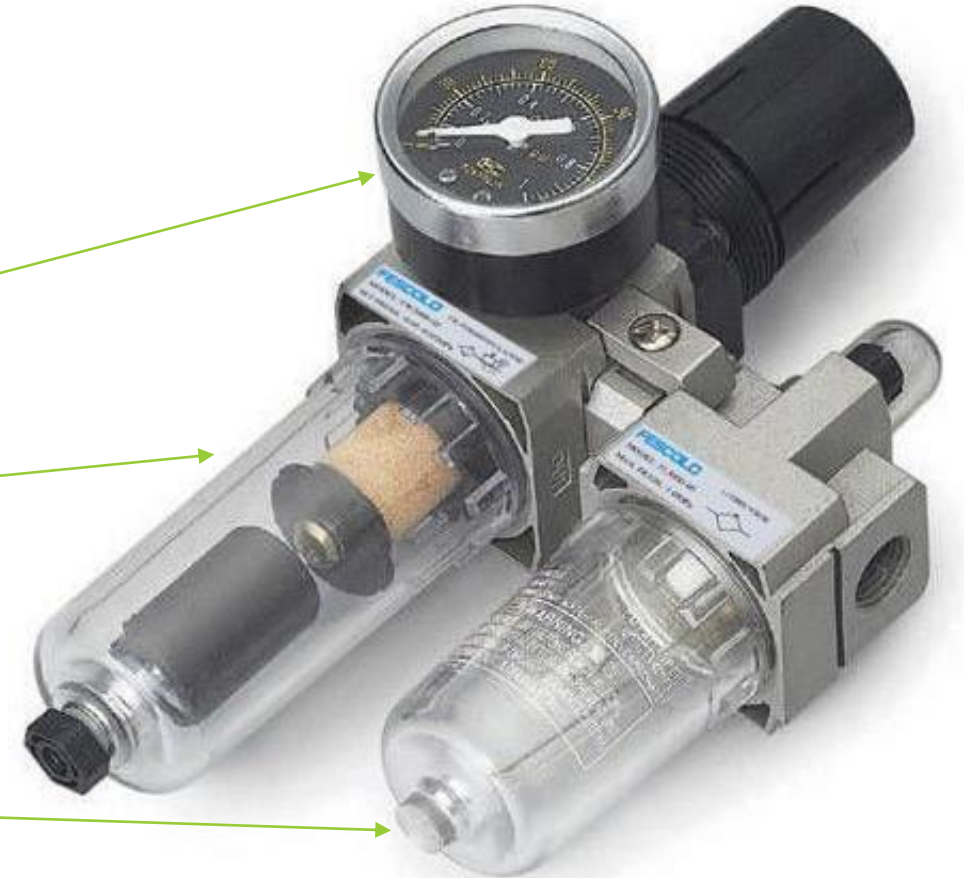
- *Örnek Görsel:*

Şartlandırıcı;

basınç ayarlayıcı ve manometre

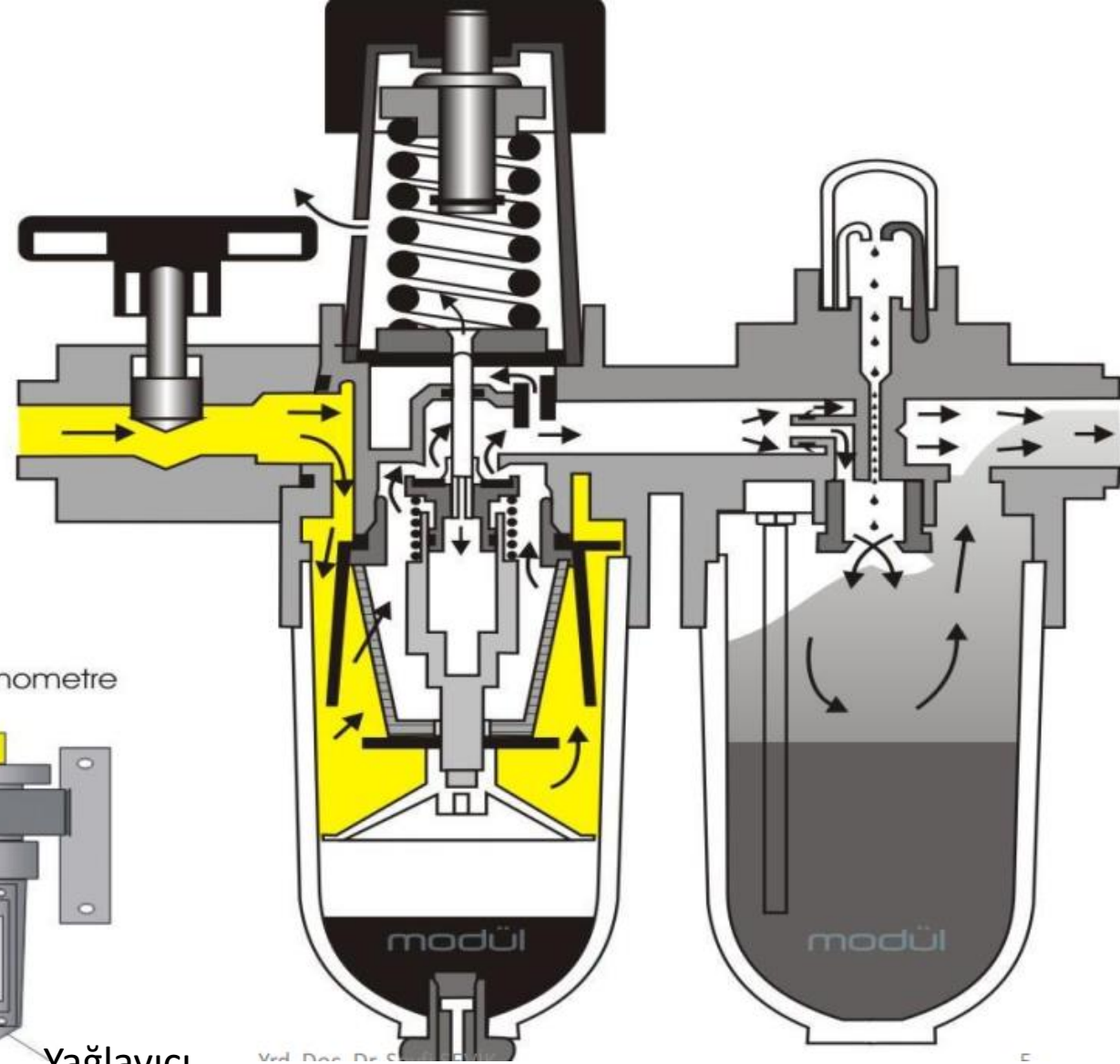
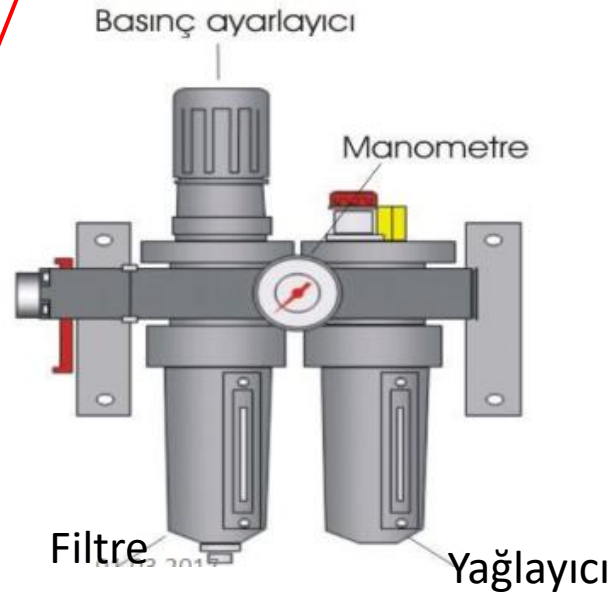
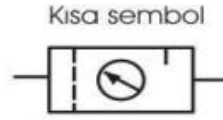
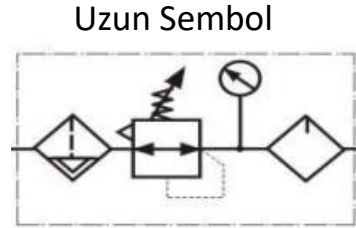
filtre

yağlayıcı



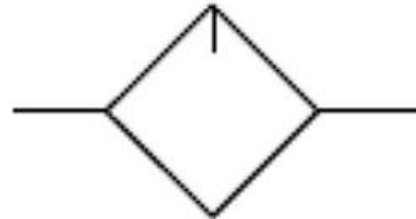
Şartlandırma Birimi

- Koşullandırma birimi (**şartlandırıcı**), **filtre**, **manometre**, **basınç regülatörü**, **yağlayıcı** gibi elemanları tek gövdede içerebilir.
- Uzun veya kısa sembol ile gösterilebilir.



Havanın Yağlanması

- Pnömatik sistemlerde çalışan devre elemanlarının, sürtünme kuvvetlerini azaltmak ve aşınmalarını engellemek amacıyla yağlanması gerekmektedir.
- Yağlama işlemi, alıcılara giden havaya yağ damlatılmasıyla gerçekleştirilir.
- Basınçlı havayı yağlamak amacıyla kullanılan devre elemanlarına **yağlayıcı** adı verilir. Yağlayıcının görevi hava içerisine ihtiyaç duyulan ölçüde yağ karıştırmaktır.



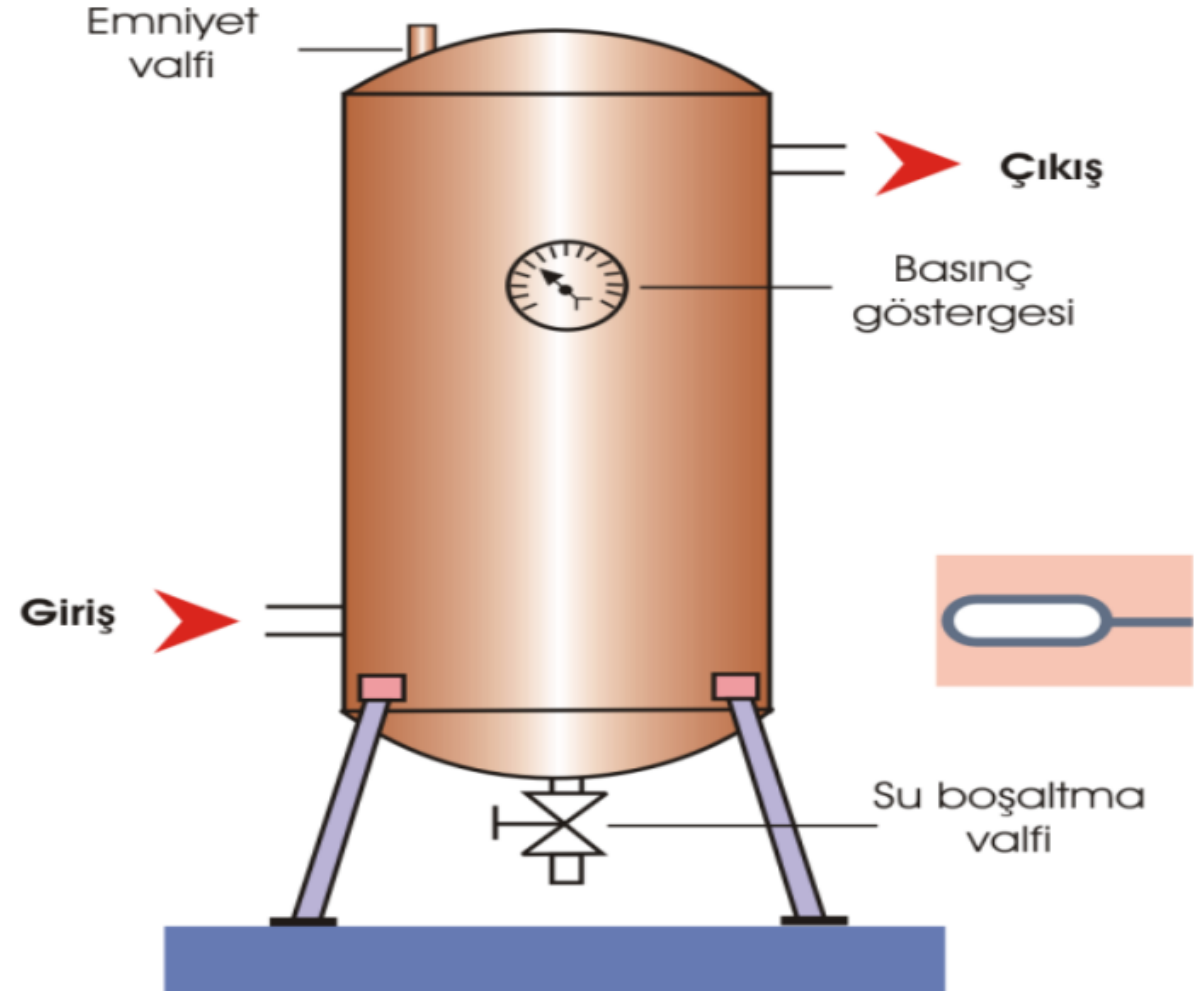
Yağlayıcı

Havanın Depolanması

- Pnömatik enerjinin depolanması amacıyla kullanılan basınçlı kaplara “hava kazanı” veya “**hava tankı**” denir. Kompresörler belirli ve sabit bir kapasiteye sahiptir. Oysa pnömatik sistemin hava tüketimi değişkendir. Hava tüketimi kompresörün kapasitesinden fazla olduğunda kapasiteleri nedeniyle kompresörler bu ihtiyacı karşılayamaz ve sistemde aşırı basınç düşümü olur.
- **Hava tankları**, tüketimin düşük olduğu durumlarda ihtiyaç fazlası basınçlı havanın karşılanmasını sağlar ve aşırı **basınç düşümlerini önler**. Tank içindeki basınç, maksimum ve minimum olmak üzere iki ayrı değere ayarlanır. Pistonlu kompresörler sürekli çalışmaya uygun değildir ve zaman zaman durdurularak dinlendirilmesi gerekir. Basınç maksimum değere ulaştığında tank üzerinde bulunan **elektrikli basınç anahtarı** kompresörün çalışmasını durdurur.

Havanın Depolanması

- Tank içinde depolanan hava miktarına göre basınç değişir. Depolanan hava tüketildikçe basınç düşecektir. Hava basıncı minimum değere düştüğünde kompresör, elektrikli basınç anahtarı yardımıyla tekrar çalışmaya başlar ve tanka hava gönderir.
- Vidalı kompresörler sürekli çalışabilecek özelliktedir. Pistonlu kompresörler gibi dur kalk yapmaz. Hava tüketimi azaldığında boştta çalışır ve basınçlı hava üretmez. Tüketim arttığında yükte çalışmaya başlar.



Kaynaklar:

Doç. Dr. Seyfi Şevik – Ders Notları (Hitit Üniversitesi)

- <http://web.hitit.edu.tr/seyfisevik/dersmateryalleri/21417>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Rotary-screw_compressor
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Compressor>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Reciprocating_compressor

Hidrolik Devreler / MEGEP (.pdf)*

- http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Hidrolik%20Devreler.pdf

Pnömatik Devreler / MEGEP (.pdf)*

- http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Pn%C3%B6matik%20Devreler.pdf

Hidrolik Sistemler / MEGEP (.pdf)*

- http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Hidrolik%20Sistemler.pdf

Pnömatik Sistemler / MEGEP (.pdf)*

- http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Pn%C3%B6matik%20Sistemler.pdf

Pompalar / MEGEP (.pdf)*

- http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Pompalar.pdf

Kompresörler / MEGEP (.pdf)*

- http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kompres%C3%B6rler.pdf