

Basınçlı Hava Sistemleri



D/▲LG/▲KIR/▲N

İÇİNDEKİLER

Basınçlı Hava Sistemleri

İÇİNDEKİLER

- 1) Genel Bilgiler
- 2) Kompresörler
 - a. Pozitif Deplasmanlı Kompresörler
 - b. Dinamik Kompresörler
 - c. Kompresör Motorları
 - d. Kompresör Kontrol Metotları
- 3) Yardımcı Ekipmanlar
 - a. Kompresör Soğutucuları
 - b. Hava Kurutucuları
 - c. Basınçlı Hava Filtreleri
 - d. Basınçlı Hava Tankları
 - e. Ayırıştırıcılar ve Kondensat Tahliyeleri
 - f. Debi Kontrolörleri
 - g. Hava Dağıtım Sistemleri

Basınçlı Hava Sistemleri

1) Genel Bilgiler

Basınçlı hava, elektrik enerjisinin kullanımının uygun olmadığı ya da tehlikeli olduğu durumlarda çoğunlukla üretim sektöründe ve sık olmamakla beraber servis sektöründe de kullanılan depolanabilir bir enerji türüdür.

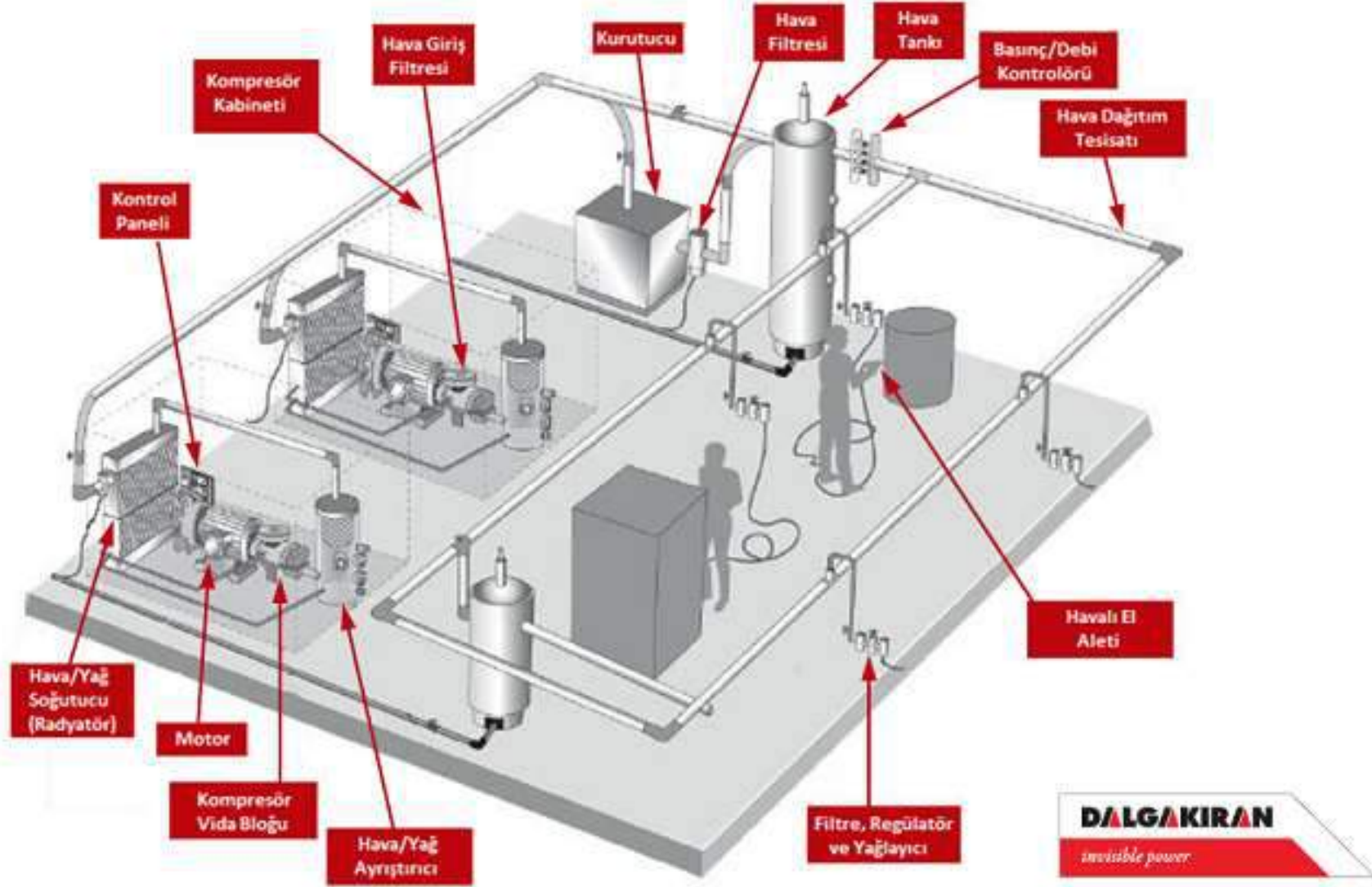
Basınçlı hava sistemlerinin kalbini hava kompresörleri oluşturur. Ortam basıncında kompresöre alınan hava hacimsel olarak küçültülerek ya da molekül bazında ivmelendirilerek istenilen basınca getirilir. Kompresörler basınçlı hava oluşturma mekanizmalarına göre pozitif deplasmanlı ve dinamik kompresörler olmak üzere iki başlıkta toplanırlar.

Yardımcı ekipmanlar, kompresörden elde edilen basınçlı havanın son kullanım amacına göre iyileştirilmesi, depolanması, taşınması, basınçlı hava talebine göre akışını ve basıncını düzenlemek gibi amaçlarla kullanılırlar. Genel hatlarıyla filtreler, ayrıştırıcılar, kurutucular, basınç/akış kontrolörleri, basınçlı hava tankları, kondensat tahliyeleri ve basınçlı hava dağıtım tesisatı yardımcı ekipmanlar arasında yer alır.

Genel hatlarıyla bir basınçlı hava sistemi Şekil 1'deki gibi ifade edilebilir.

Basıncı Hava Sistemleri

Genel Bilgiler

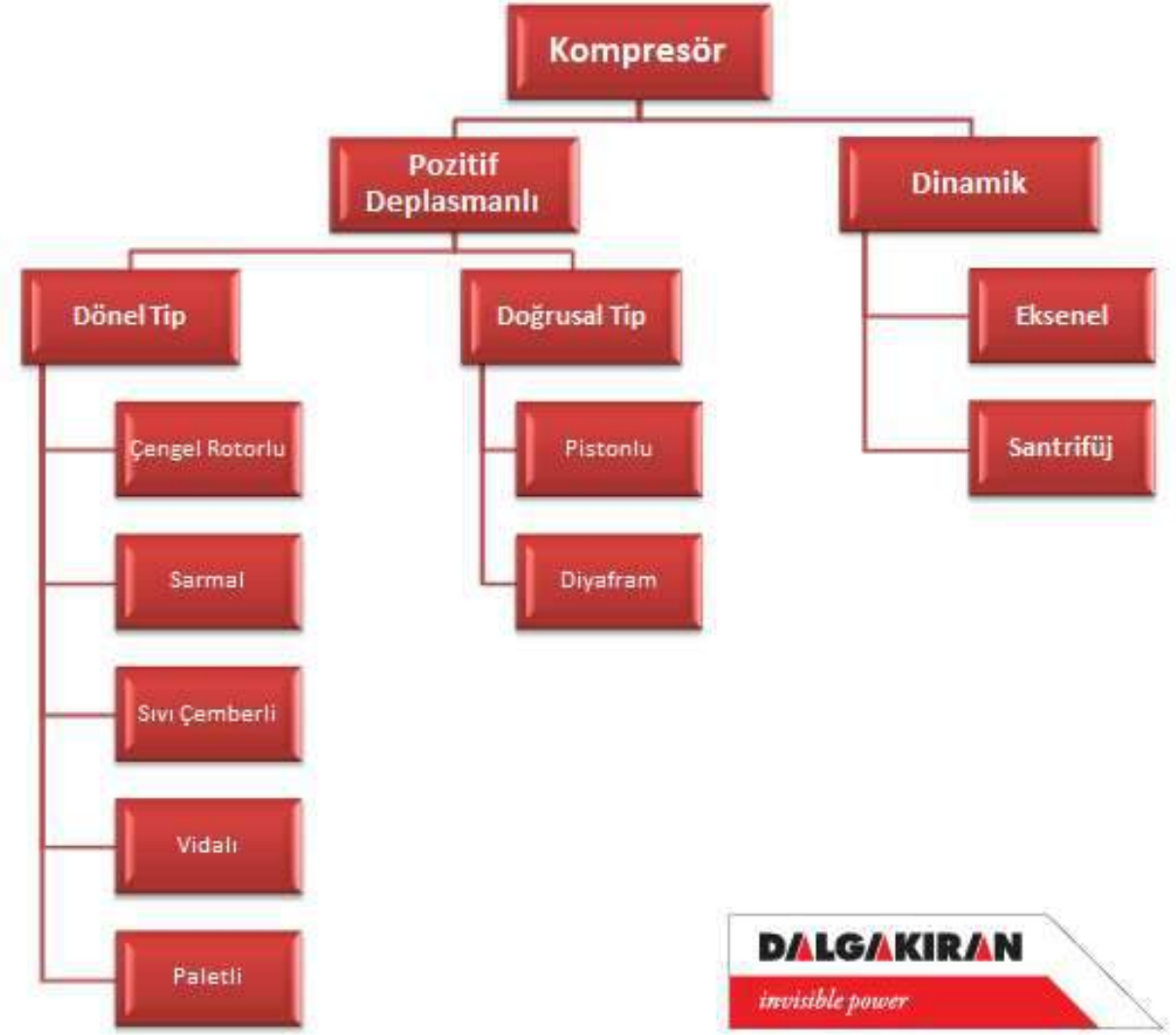


Şekil 1. Basıncı Hava Sistemi Genel Görünümü

Basıncılı Hava Sistemleri

2) Kompresörler

Kompresör, basit tabiriyle bir gazın basıncını, hacmini düşürme veya hızını arttırma yoluyla yükselten mekanik ünitedir. Kompresörler gaz basıncını arttırma yöntemine göre pozitif deplasmanlı ve dinamik kompresörler olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Kompresör tipleri ve alt kategorileri **Şekil 1**'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kompresör Tipleri

Basınçlı Hava Sistemleri

a) Pozitif Deplasmanlı Kompresörler

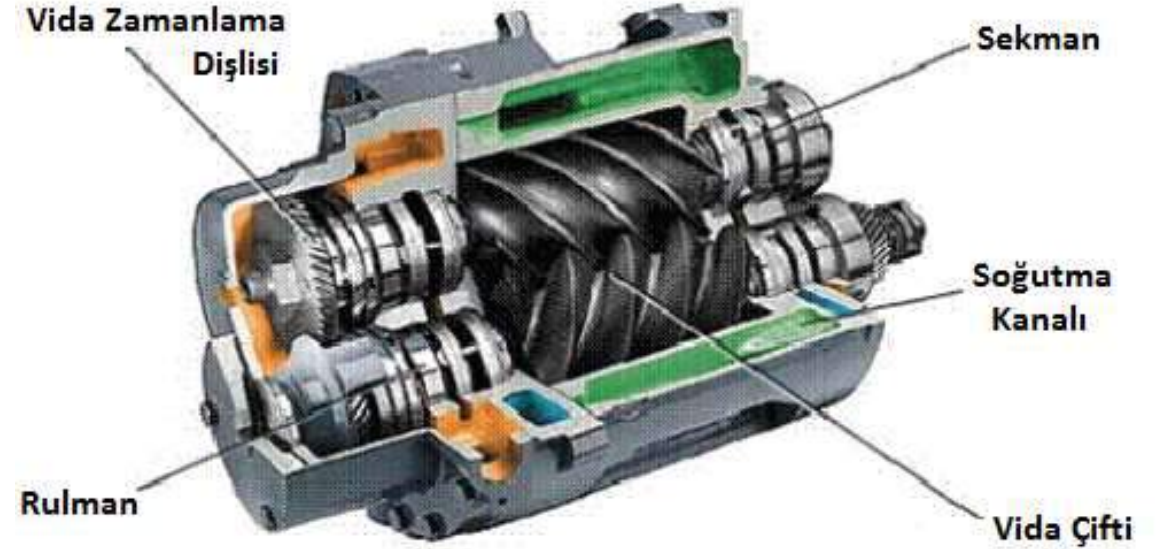
Pozitif deplasmanlı kompresörlerde, belirtilen miktarda hava sıkıştırma haznesine emiş regülatörü vasıtası ile alındıktan sonra hazne hacmi mekanik olarak azaltılır ve istenilen basınca ulaşınca kadar bu azalma oranında havanın basıncı artırılır. Bu tip kompresörler, hacmi azaltmak için kullanılan mekanizma tiplerine göre iki gruba ayrılır: Dönel mekanizmalı ve doğrusal mekanizmalı kompresörler.

Dönel mekanizmalı kompresörlerin en yaygın örnekleri, çengel rotorlu, sarmal, sıvı çemberli, vidalı ve paletli kompresörlerdir. Doğrusal mekanizmalı kompresörlerde ise piston tipi ve diyafram kompresörler kullanım olarak en sık karşılaşılan türlerdir.

Basıncılı Hava Sistemleri

a) Pozitif Deplasmanlı Kompresörler

Vidalı kompresörler: Vidalı kompresörlerin sıkıştırma aksiyonu, bir gövde içerisine yerleştirilmiş iki rotorun birbirine eşlenmesi ile oluşmuş vida bloğunda gerçekleşir. Vida bloğunun yapısı **Şekil 2**'de görüldüğü gibidir. Ana rotor, direk akuple ya da kayış-kasnak mekanizmaları ile kompresör motorundan güç alırken, yardımcı rotor sadece emiş ve sıkıştırma fazları sırasında çalışma boşluğunun sızdırmazlığını sağlar.



Şekil 2. Vida Bloğunun Yapısı

Basınçlı Hava Sistemleri

a) Pozitif Deplasmanlı Kompresörler

Vida bloğunun çalışma prensibi **Şekil 3**'te de belirtildiği gibi dört fazda açıklanabilir. 1. fazda, hava emiş ağzından sıkıştırma çemberine alınır. Rotorların diş boşlukları hava ile dolar. 2. ve 3. fazlarda, ters yönde dönen rotorlar emilen hava için emiş ağzını kapatıp gövde ile rotor diş boşlukları arasında bir sıkıştırma alanı yaratır. Hava, rotorların ters yöne dönüşü ile giderek azalan hacim içerisinde diş boşlukları doğrultusunda ilerler. 4. fazda ise, sıkışmış hava vida bloğu çıkışından dışarıya verilir.

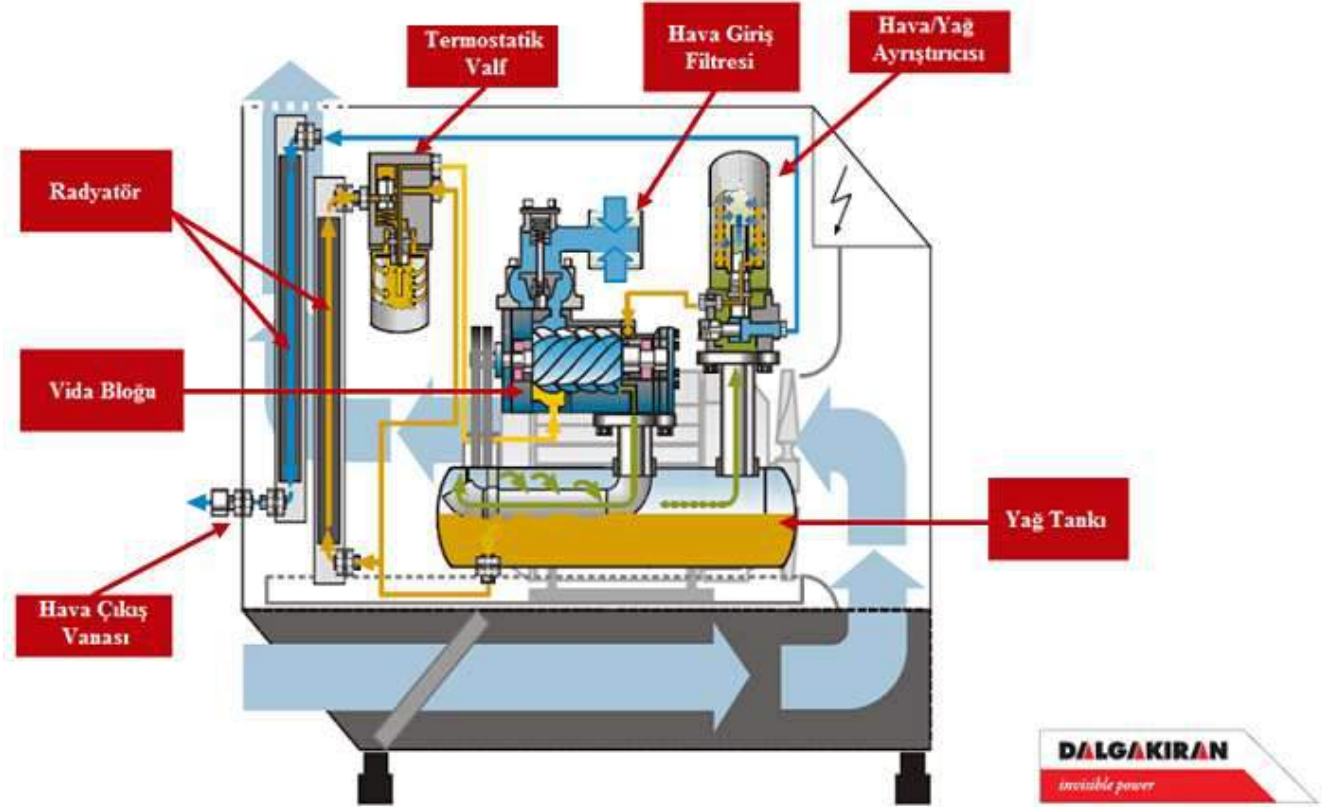


Şekil 3. Vidalı Kompresör Çalışma Fazları

Basıncılı Hava Sistemleri

a) Pozitif Deplasmanlı Kompresörler

Yağ enjekteli bir vidalı kompresörün yardımcı elemanlarıyla görünümü **Şekil 4**'te verilmiştir. Genel çalışma prensibi ise şöyledir: Emiş ağzından hava giriş filtresi ile filtrelenerek vida bloğuna alınan hava, blok içinde yağ ile karıştırıldıktan sonra yukarıda belirtilen fazlardan geçer ve sıkıştırılmış yağ-hava karışımı blok çıkışından yağ tankına gönderilir. Bu karışım yağ tankından sonra hava-yağ ayırıştırıcısına aktarılır ve burada yağa ve havaya ayırıştırılır. Yağdan ayırıştırılan sıkışmış hava radyatör üzerinden geçirilerek soğutulur ve son kullanım noktalarına aktarılmak üzere hava çıkış vanasından dışarıya verilir. Havadan ayırıştırılan hava ise termostatik valf üzerinden geçirilir. Termostatik valfte yağ, sistemde kullanılan vida bloğuna göre belirlenen optimum sıcaklığa ulaşmadığı sürece vida bloğuna, optimum sıcaklığı aştığı durumda ise radyatör üzerinden soğutulur ve yağ tankına geri gönderilir.

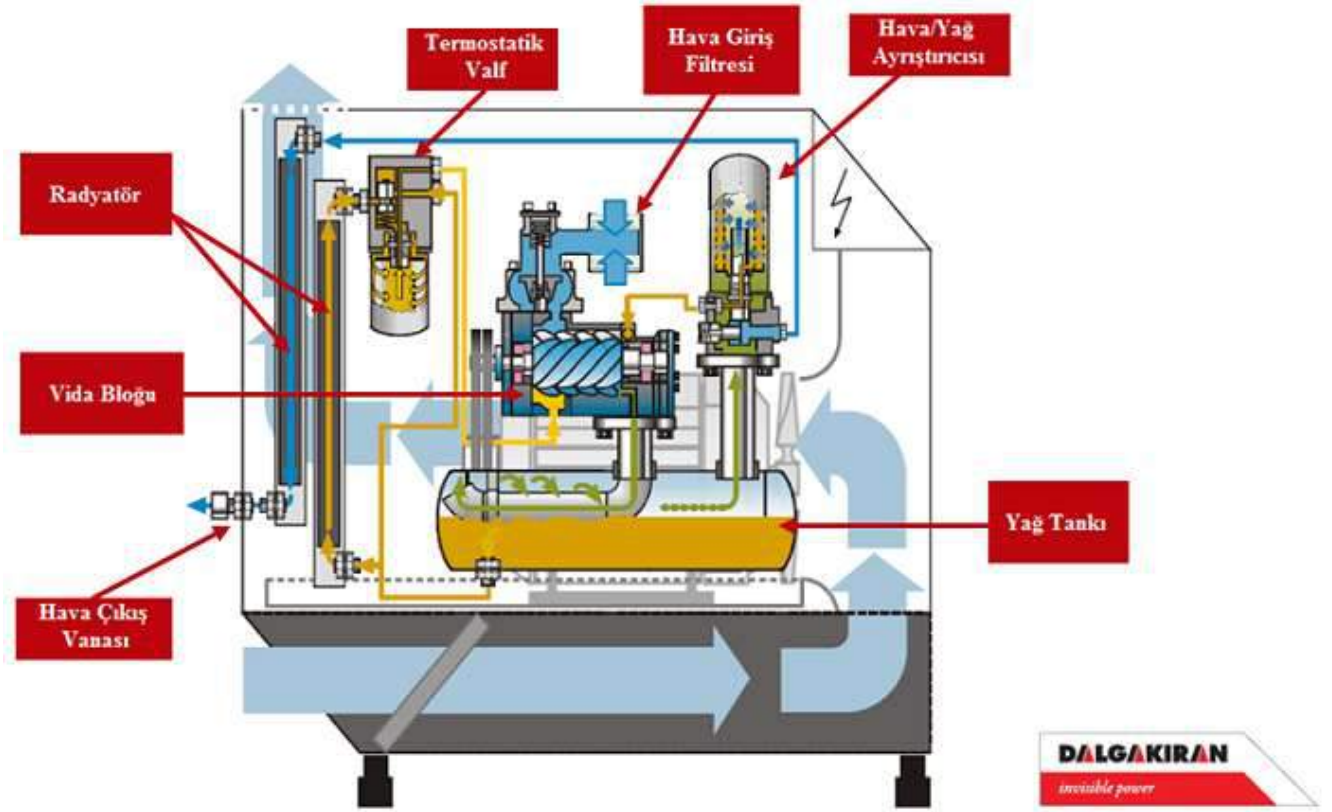


Şekil 4. Yağ Enjekteli Bir Vidalı Kompresörün Yapısı

Basıncılı Hava Sistemleri

a) Pozitif Deplasmanlı Kompresörler

Endüstride yağ enjekteli modellerin yanı sıra yağsız ve su enjekteli vidalı kompresör türleri de kullanım alanına göre tercih edilmektedir. Yağsız ve su enjekteli vidalı kompresörler daha çok sağlık ve gıda gibi basınçlı havadaki yağ oranı toleransının çok düşük olduğu uygulamalarda kullanılmakla beraber, yağ enjekteli vidalı kompresörlere göre daha düşük çalışma basınçlarına sahiptirler.

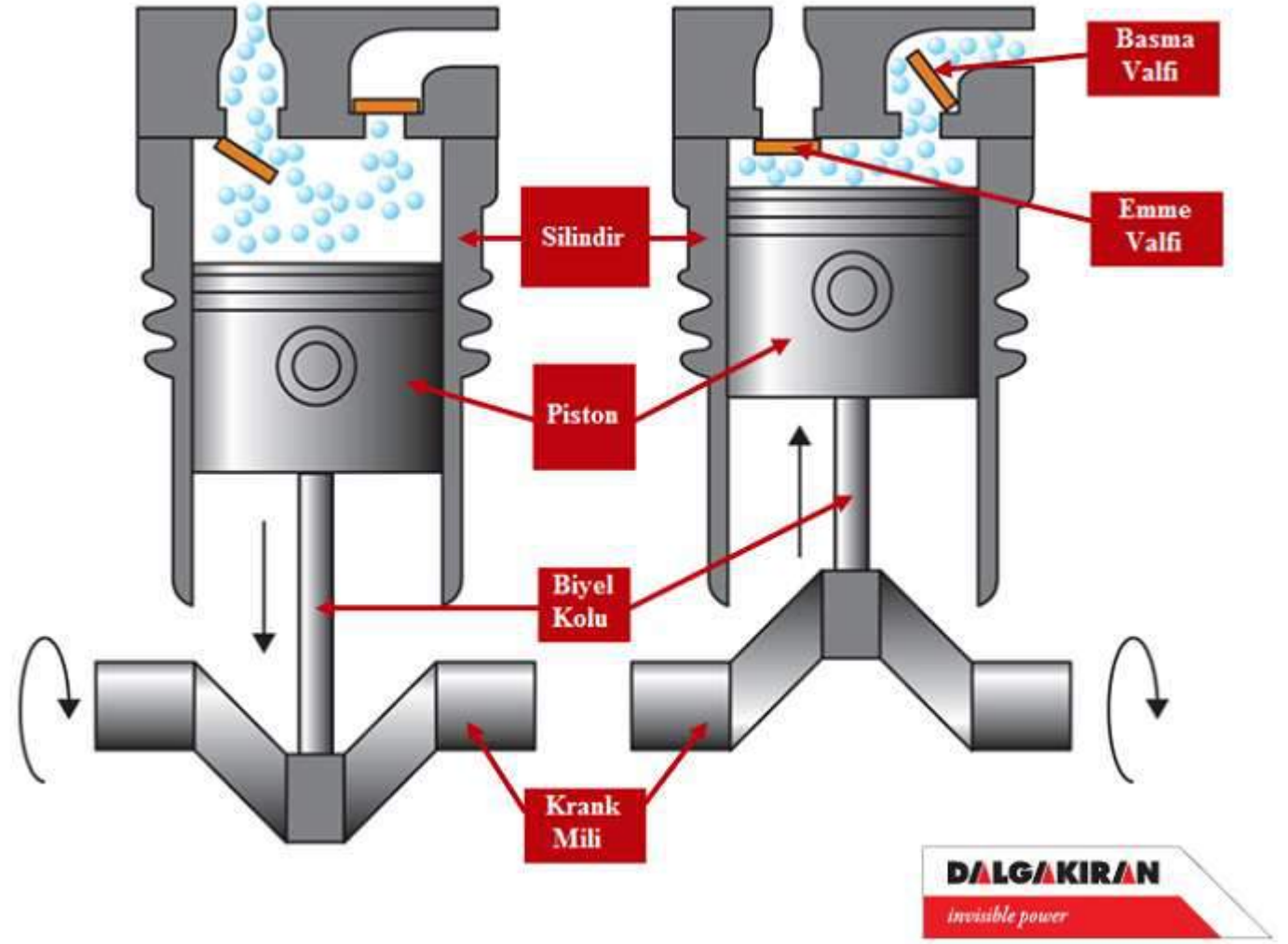


Şekil 4. Yağ Enjekteli Bir Vidalı Kompresörün Yapısı

Basıncı Hava Sistemleri

a) Pozitif Deplasmanlı Kompresörler

1.2. Pistonlu kompresörler: Pistonlu kompresörler yalamalı ve yağsız sıkıştırma yapmak için kullanılır ve tepkimeli kompresörler sınıfı içinde yer alır. **Şekil 5**'ten de görülebileceği gibi bir temel olarak bir pistonlu kompresör, karter, krank mili, biyel kolu, silindir, piston, emme ve basma valflerinden oluşur.



Şekil 5. Pistonlu Kompresörün Yapısı

Basınçlı Hava Sistemleri

a) Pozitif Deplasmanlı Kompresörler

Tek kademeli pistonlu kompresörlerde, emilen hava aynı silindir içerisinde doğrudan üst basınç değerine (genellikle 8-10 bar) sıkıştırılır. Bu tip kompresörler bir ya da birden çok silindirden meydana gelebilir. Sekman ile silindir arasındaki boşluktan ötürü sıkıştırma oranı arttıkça kaybedilen hava miktarı arttığından genellikle alçak basınçlı ve fasılalı kullanımlar için daha uygundur.

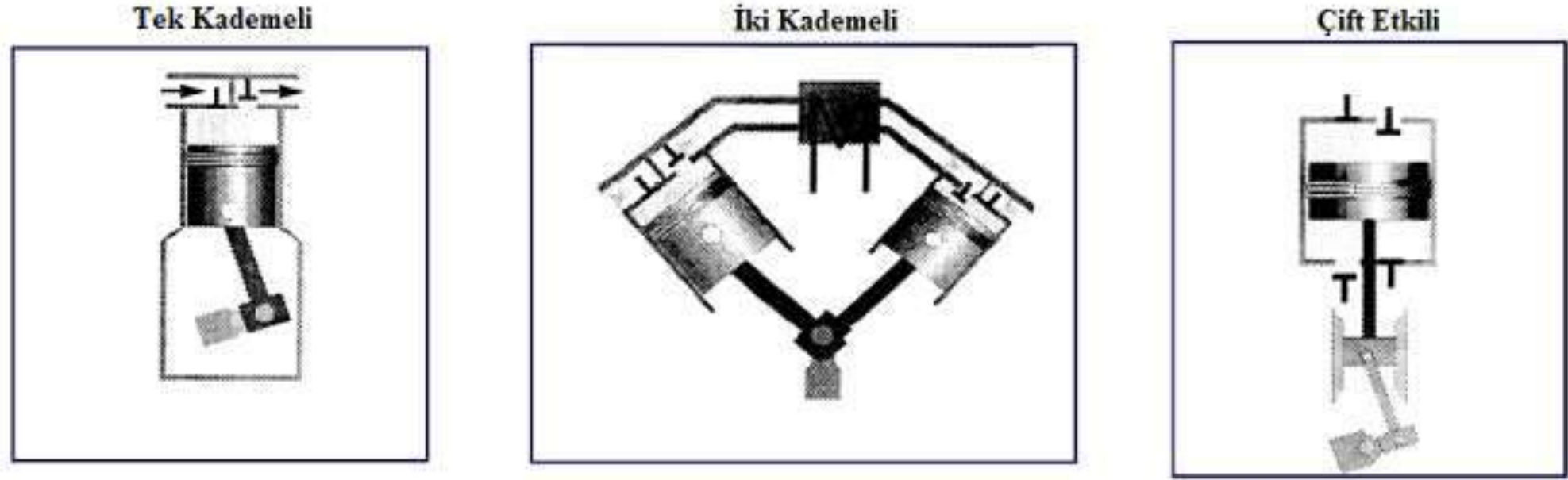
İki kademeli pistonlu kompresörler, hava sıkıştırma işlevini iki kademede gerçekleştirir. Birinci kademede (birinci silindir) hava genellikle istenilen basınç değerinin karekök değerine kadar sıkıştırılır. Sıkıştırma esnasında ısınan ve genleşen hava bir ara soğutucudan geçirilerek soğutulur ve hacmi azaltılır. İkinci kademede (ikinci silindir) ise ara soğutucudan alınan basınçlı hava istenilen basınç değerine (genellikle 10-15 bar arası) kadar tekrar sıkıştırılarak son kullanıma hazır hale getirilir.

Basıncılı Hava Sistemleri

a) Pozitif Deplasmanlı Kompresörler

Çift etkili pistonlu kompresörlerde ise emme ve basma valfleri silindirin hem altına hem de üstüne konumlandırılarak motorun bir devri boyunca havanın iki defa sıkıştırılması sağlanır. Bu şekilde birim zamanda yapılan iş artırılarak enerji tasarrufu sağlanır.

Şekil 6'da yukarıda bahsi geçen kompresör türlerinin şemaları yer almaktadır.



Şekil 6. Pistonlu Kompresör Türleri

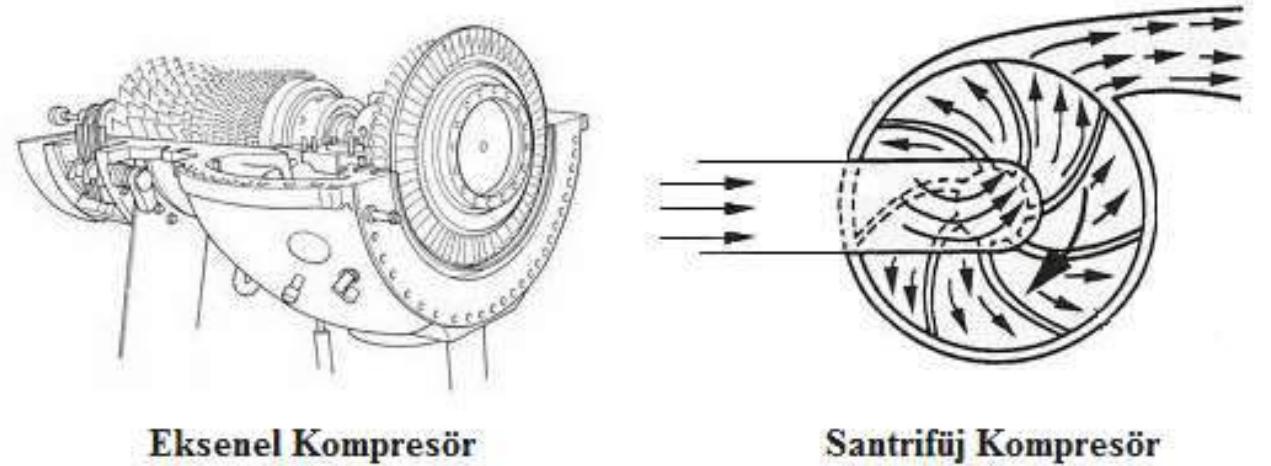
Basıncılı Hava Sistemleri

b) Dinamik Kompresörler

Dinamik kompresörlerde (turbo kompresörler olarak da anılırlar) havanın basıncı hava akışı esnasında arttırılır. Dinamik kompresörlerde bu işlem, pozitif deplasmanlı kompresörlerin aksine azalan hacim ile değil dönen kanatların yardımıyla hızlanan havanın bir difüzör yardımıyla genişlemesi sonucunda sahip olduğu hızın statik basınca dönüşmesi sonucu gerçekleşir. Havanın akış yönüne göre aksenal veya santrifüj kompresörler olmak üzere iki grupta incelenirler.

Pozitif deplasmanlı kompresörlerden farklı dinamik kompresörlerde ufak basınç değişimleri büyük debi değişimlerini beraberinde getirir. Bu da motor gücünü değiştirmeye gerek olmaksızın geniş bir aralıkta debi değişimini mümkün kılar.

Dinamik kompresörlerin genel yapısı **Şekil 7**'de verilmiştir.



Şekil 7. Dinamik Kompresörlerin Genel Yapısı

c) Kompresör Motorları

Elektrik motorları kompresör sistemini çalıştırmak olarak kullanılan birincil güç kaynaklarıdır. Bir kompresörde kullanılan elektrik motoru, başlangıçta kompresör sistemini çalıştıracak yeterlilikte güç sağlamalı, sonrasında ise kompresörün tasarım parametreleri doğrultusunda debi ve basınç değerlerini sağlayacak şekilde sisteme güç sağlamaya devam etmelidir.

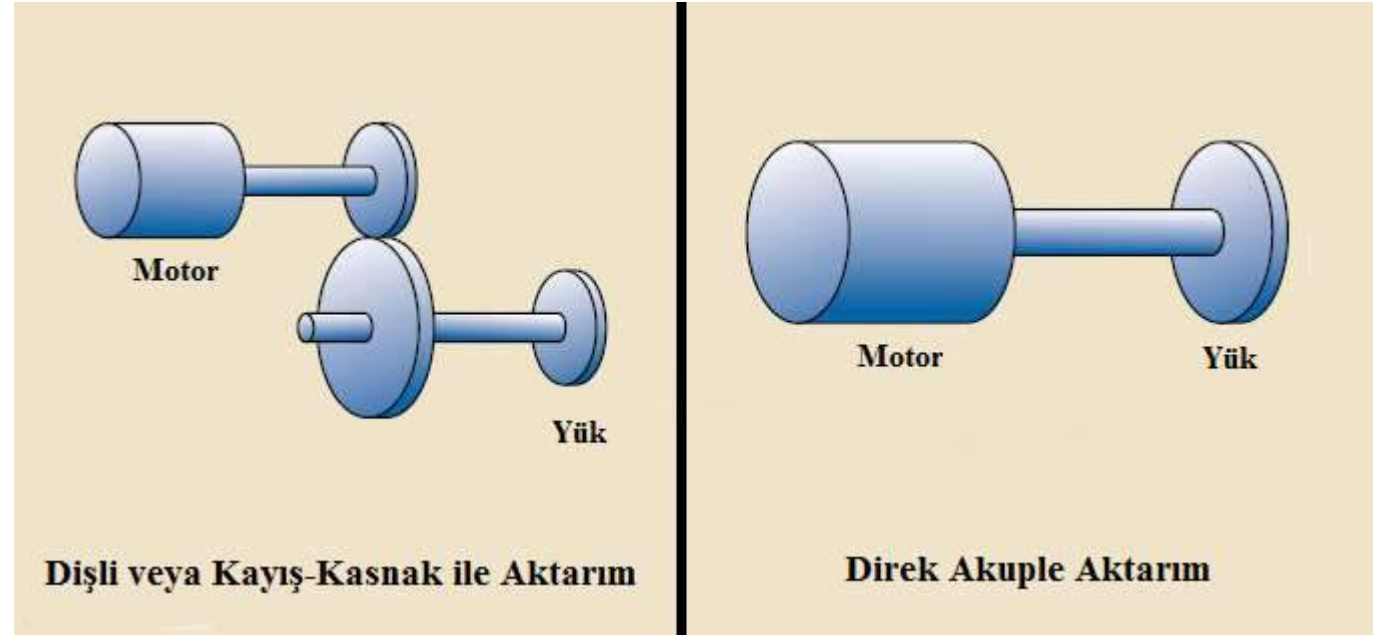
Kompresör sistemlerinde sessiz çalışması, güvenilirliği ve göreceli verimliliği sebebiyle üç fazlı çoğunlukla sincap kafesli endüksiyon motorları tercih edilir. Bir elektrik motorunun verimliliği motor miline aktarılan gücün şebekeden çekilen güce oranıyla hesaplanır. Birçok endüstri kolunda elektrik motoru birincil güç kaynağı olarak kullanıldığından, motor üreticilerinin öncelikleri daha verimli motorlar üreterek, işletmelerin işletme maliyetlerini olabildiğince aşağıya çekmelerini sağlamaktır. Güncel standartlara göre üç tip verimlilik sınıfı vardır: IE1, IE2, IE3.

IE1 motorlar günümüzde pek kullanım alanı olmayan en verimsiz motor grubudur. CE sertifikasyonu şartlarını sağlamaması sebebiyle de bu sınıfta motor pek üretilmemektedir. IE2 ve IE3 sınıfı motorlar yaygın kullanım alanı bulan verimli motorlardır. IE2 motorun kullanımı daha yaygın olmasına karşın birçok üretici firmanın elektrik enerjisi sarfiyatlarını minimuma indirmek amacıyla ürünlerinde IE3 verimlilik sınıfı motorları standart hale getirmeye başlamıştır.

Basınçlı Hava Sistemleri

c) Kompresör Motorları

Elektrik motorundan kompresör sistemine güç aktarımı genellikle kayış-kasnak ya da direk akuple mekanizmalarla gerçekleştirilir. Geleneksel kayış-kasnak mekanizmasında kompresör mili ile motor miline yerleştirilen kasnaklar arasında konumlandırılan kayış üzerinden güç aktarımı gerçekleştirilir. Direk akuple aktarımda ise motor mili ile kompresör mili arasında bir kaplin vasıtası ile 1:1 aktarım gerçekleştirilir. Direk akuple aktarımda güç aktarımı sırasında kayıplar oluşmaz ve daha kompakt sistem tasarımına olanak tanırken çalışma sıcaklığının yüksekliği uygulamalarda soğutma konusunda önlem gerektirir. Öte yandan kayış-kasnak aktarımında %5'e yakın aktarım kayıpları meydana gelmesine rağmen, uzun servis ömrü, titreşim emme özelliği ve düşük çalışma sıcaklıklarında işlemesi önemli avantajlarındandır. **Şekil 8**'de bu iki mekanizmanın şematik görünümleri verilmiştir.

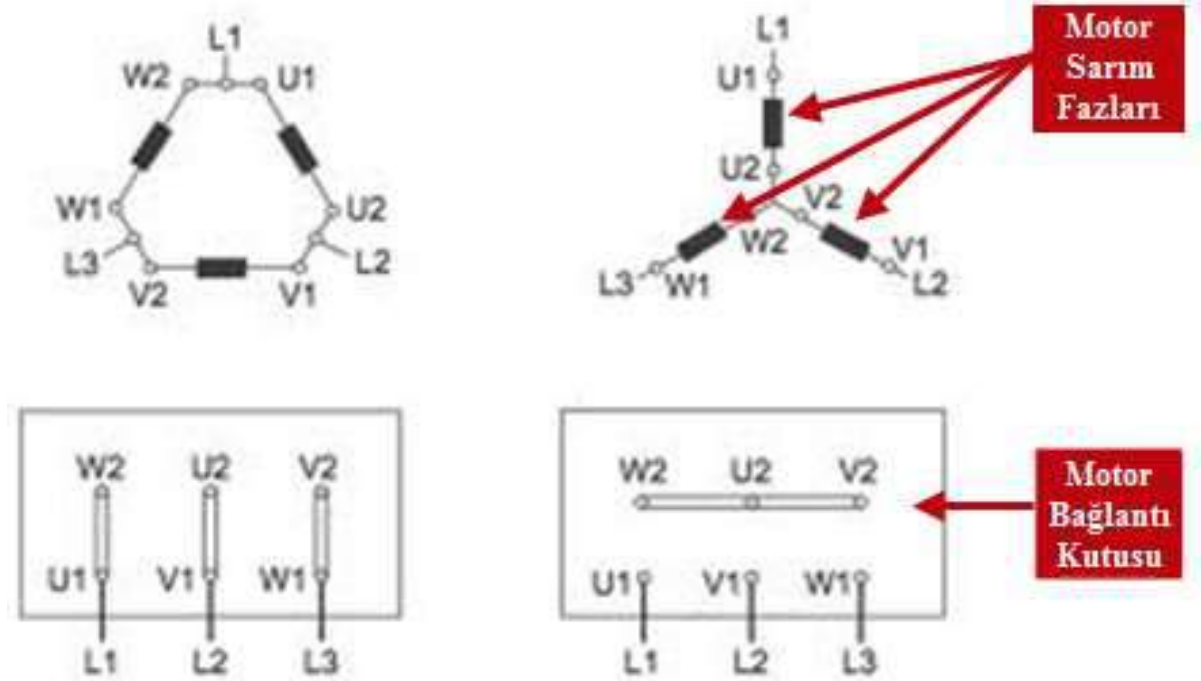


Şekil 8. Motor Güç Aktarım Tipleri

Basıncılı Hava Sistemleri

c) Kompresör Motorları

Elektrik motorları doğrudan şebekeye bağlanabileceği gibi farklı yöntemlerle giriş gerilimi ve akımı kontrol edilebilir. Üç faz elektrik girişinin elektrik motoruna **Şekil 9**'da gösterildiği gibi yıldız veya üçgen olarak adlandırılan bağlantı yöntemleri ile bağlanması, en basit motor sürme tekniğidir. Yıldız bağlantıda motor sarımlarının faz uçları bir ortak uç oluşturacak şekilde bağlanır ve sarımlara şebeke geriliminin $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 'te biri kadar gerilim uygulanmış olur. Üçgen bağlantıda ise motor sarımlarının faz uçları birbirini takip edecek şekilde bağlanır ve böylece sarımlara şebeke geriliminin kendisi uygulanmış olur. Akım değerleri ise yıldız bağlantıda faz akımı şebekeden çekilen akıma eşitken üçgen bağlantıda şebekeden çekilen akımın $\sqrt{3}$ 'te biri kadardır. Yıldız-üçgen bağlantısında kalkış torku motor nominal torkunun üçte birine kadar azaltılır. İki veya üç anahtarlama ekipmanı kullanılması sebebiyle ise daha çok bakım gerektirir ve motor yıldız-üçgen bağlantı geçişlerinde elektriksel ve mekanik zorlanmalara maruz kalır.



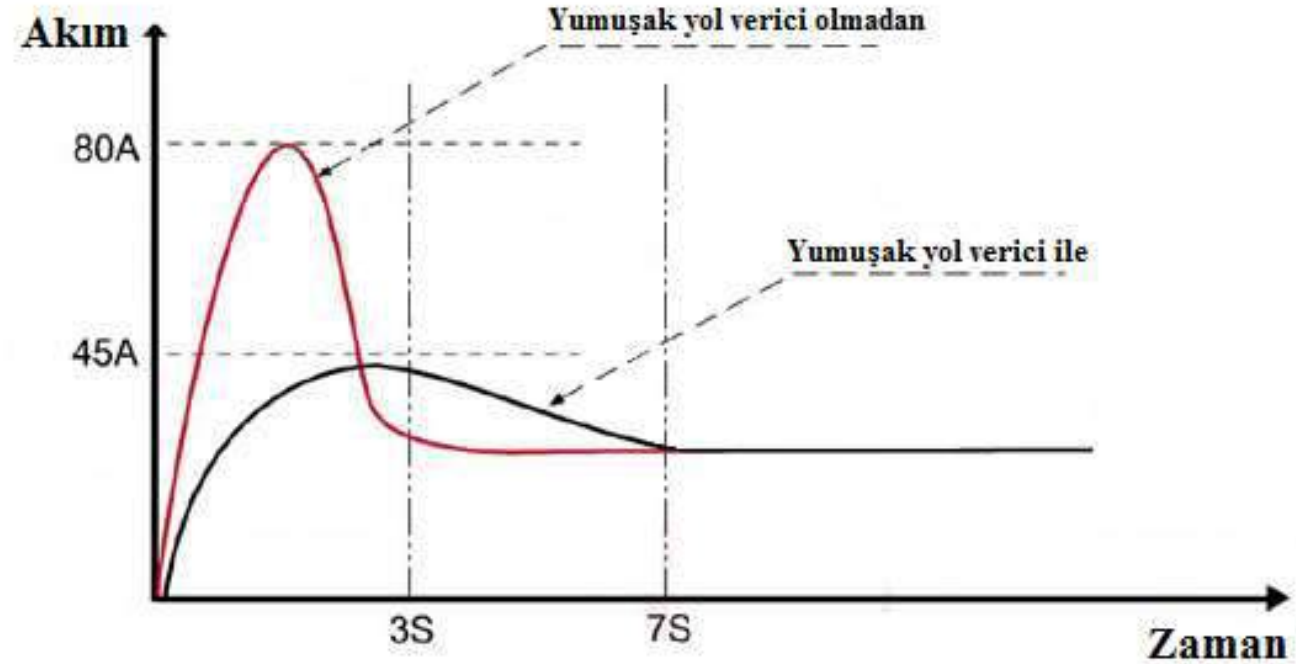
Şekil 9. Yıldız-Üçgen Motor Bağlantısı

Basıncılı Hava Sistemleri

c) Kompresör Motorları

Yumuşak yol vericiler, yıldız üçgen bağlantısına göre daha özelleştirilebilir yapısı ile öne çıkar. Değişken başlangıç torku olanağı, tork ve mekanik piklerin oluşmaması, bakım gerektirmemesi ve sadece bir anahtarlama cihazından meydana gelmesi sebebiyle motorun daha etkin ve verimli kullanımına olanak tanır. Şekil 10'da yumuşak yol vericinin kullanıldığı ve kullanılmadığı durumda motor başlangıç akımının karakteristiği gösterilmiştir.

Değişken hız sürücüsü (VSD), yumuşak yol vericiden farklı olarak motorun hızını da kontrol edebilen bir ekipmandır. Değişken hız sürücüleri ile değişken hız taleplerinin karşılanması mümkün olup, sabit hızlı motor kullanımına göre de enerji verimliliği sağlar. Bu sürücüler ile daha yumuşak motor sürüşü, ivme ve tork kontrolü, hassas konumlama gerçekleştirilebilir.



Şekil 10. Yumuşak Yol Vericinin Motor Başlangıç Akımına Etkisi

d) Kompresör Kontrol Metotları

Bir işletmede kullanılan kompresörün sürekli tam yükte çalışma gerekliliği nadir görülür. Bu yüzden kompresörün çalışmasının nasıl kontrol edildiği kompresörün verimini doğrudan etkiler.

4.1. On/off kontrol: En ilkel kontrol mekanizması olmasına rağmen, doğru kullanıldığında da en verimli olanıdır. Kompresörü süren motorun çalıştırılıp durdurulmasından ibaret olup, kontrol işlevi hava tankı çıkışına yerleştirilen bir basınç anahtarı ile gerçekleştirilir. Bu tip kontrol, genellikle 30 beygirden küçük elektrik motorlarına sahip kompresör modelleri için daha uygundur. Motoru sık durdurup kalkışa geçirmenin, motorun fazla ısınmasından ötürü servis ömrünü olumsuz etkileyeceği göz önüne alınarak uygun boyutta hava tankının seçilmesine ve basınç anahtarının geniş basınç aralıkları için ayarlanmasına dikkat edilmelidir.

4.2. Yükleme/boşta çalıştırma: Bu kontrol mekanizmasında, bir basınç anahtarı vasıtası ile istenilen basınca ulaşıldığı algılandığında kompresör emiş valfini kapatır ve böylece motor yükten alınmış olur. Motor yükte değilken bile çalışmasına devam ettiğinden, bu boşta çalışma süresince yararlı iş yapmamasına rağmen tam yükte harcadığı enerjinin %15-35'i kadarını harcamaya devam eder. Bu sebeple bu tür sistemlere opsiyonel olarak boşta çalışma zamanını ölçen zamanlayıcılar takılarak motorun uzun süre boşta çalışması engellenir.

4.3. Modülasyon: Modülasyon tipi kontrol sadece yağ enjekteli vidalı kompresörlerde kullanılabilen ve bu tip kompresörler için en verimsiz kontrol şeklidir. Modülasyon ile emiş regülatörü üzerinden kompresöre alınan hava sınırlandırılarak elde edilen basınçlı havanın debisi ayarlanır. %100 modülasyon uygulanmış sistemlerde bile tam yükte çalışma durumunda tüketilen elektrik enerjisinin yaklaşık %70'i tüketilmeye devam edildiği için genellikle basınç anahtarı ile motorun boşta çalışması sağlanarak enerji tüketimi %30-%15 arası seviyelere kadar indirilebilir.

d) Kompresör Kontrol Metotları

4.4. Değişken deplasman: Bazı yağ enjekteli vidalı kompresörlerde çıkış kapasiteleri spiral, döner ve popet valf gibi özel kontrol valfleri ile ayarlanabilir. Bu kontrol tipi ile çıkış basıncı ve kompresör enerji sarfiyatı motoru durdurup çalıştırmadan ya da boşa veya tam yüke almadan hassas bir şekilde ayarlanabilir. %60 ve üzeri yüklerde oldukça verimli olan bu kontrol tipi için %40 ve altı düşük debi gereksinimi olan durumlarda basınç anahtarı kullanımı ile motoru boşa almak ciddi bir enerji kazancına yardımcı olur.

4.5. Değişken hız sürücüsü (VSD): Değişken hız sürücüsü değişken basınçlı hava taleplerine cevap verebilmek için motorun hızını barındırdığı bir frekans invertörü ile ayarlar. Hem yağ enjekteli hem de yağsız vidalı kompresörlerde değişken talepleri karşılarken basıncı sabit tutmak için tercih edilen güncel bir kontrol tipidir. Genellikle on/off kontrol ve motoru boşa/yükte çalışma kontrol tipleriyle beraber kullanılarak sürücünün izin verdiği minimum motor hızlarının altında da gereksiz enerji sarfiyatı engellenmiş olur. Burada dikkat edilmesi gereken husus sürekli %100 yükte çalışan bir kompresör sisteminde %5'lik invertör kayıpları sebebiyle VSD sistemi geleneksel sistemlerden daha fazla enerji sarfiyatının sebep olabilir. Bu sebepten ötürü bu kontrol tipinin özellikle kısmi yük durumlarında tercih edilmesi enerji tasarrufunun anlam kazanması açısından önemlidir.

3) Yardımcı Ekipmanlar

a) Kompresör Soğutucuları

Hava sıkıştırma süreci boyunca kompresörün kullandığı elektrik enerjisinin yaklaşık %80'i ısıya dönüşmektedir. Bu süreç sırasında açığa çıkan ısının kompresörden uzaklaştırılması kompresörün sağlıklı şekilde çalışması için önemlidir. Kompresörün soğutulması genellikle hava ve/veya su ile gerçekleştirilir.

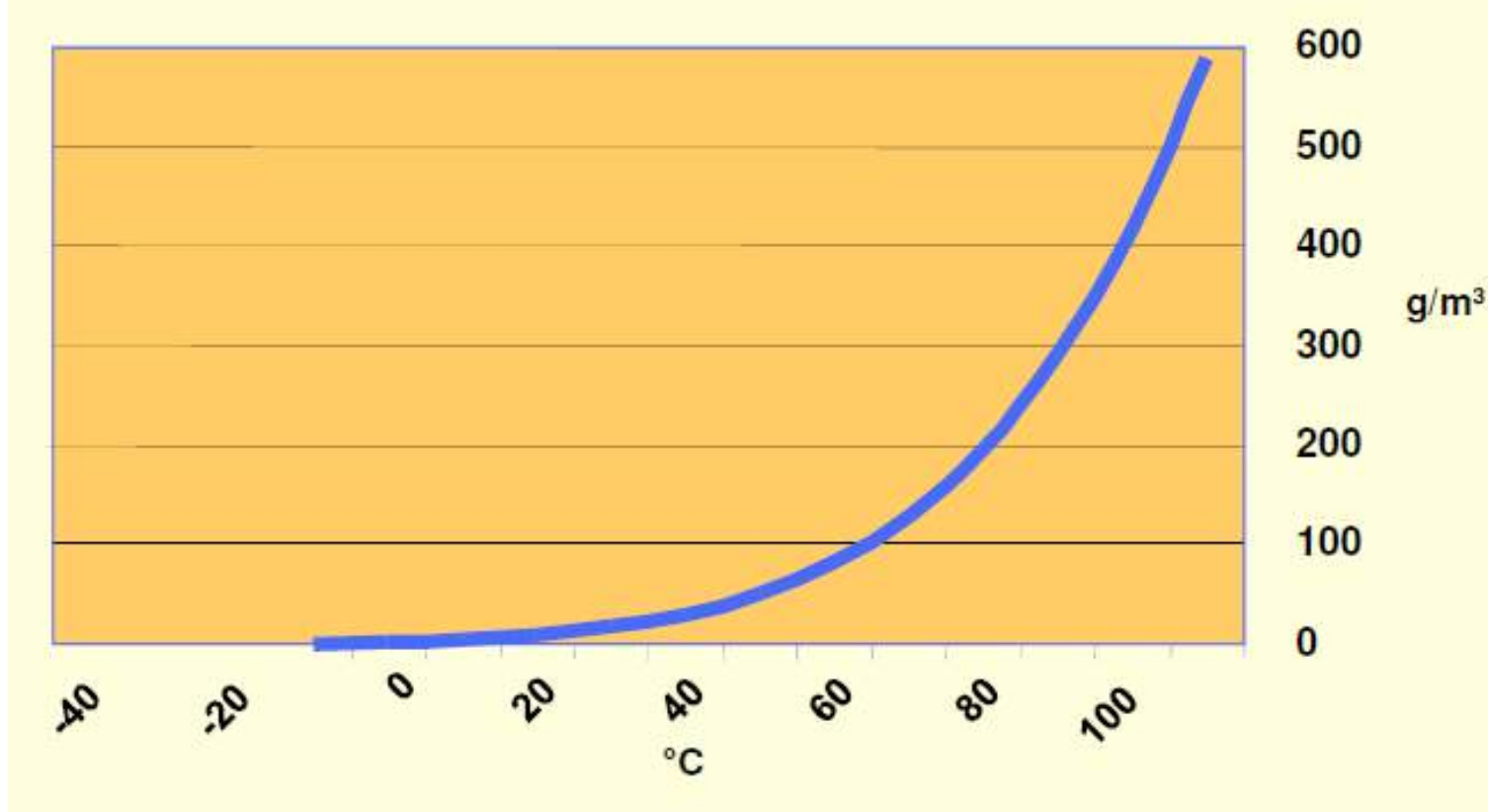
Hava giriş soğutucuları, özellikle ortam sıcaklığının yüksek olduğu uygulamalarda kompresöre alınan havanın olabildiğince soğutulması amacıyla kullanılır. Bu şekilde sıcak havaya göre daha yoğun olan soğuk havanın her bir sıkıştırma çevriminde daha yüksek miktarlarda sıkıştırılması sağlanır. Ayrıca kompresöre alınan havanın soğuk olması sonraki aşamalarda ara soğutucular ve çıkış soğutucularında harcanması muhtemel eforu da azaltır.

Ara soğutucular, genellikle iki veya daha çok kademede sıkıştırma işlemini gerçekleştiren kompresörlerde ısınan havanın kademeler arasında soğutulmasıyla sistem verimini korumak amacıyla kullanılır.

Basınçlı Hava Sistemleri

3) Yardımcı Ekipmanlar

Çıkış soğutucuları, sıkıştırma sürecinden sonra ısınmış olan havayı ve yağ enjekteli sistemlerde yağı soğutmak amacıyla kullanılır. Bu sistemlerde soğutma görevi hava ya da su ile sağlanabilir. Şekil 12’de de gösterildiği gibi soğutulan basınçlı havanın nem tutma oranı sıcak havaya göre daha az olacağından havadaki nemi almak için kullanılan hava kurutucu ekipmanlarının aşırı yüklenmesi çıkış soğutucuları ile minimize edilebilir.



Şekil 12. Sıcaklığa Bağlı Olarak Havanın Su Taşıma Kapasitesi

Basınçlı Hava Sistemleri

3) Yardımcı Ekipmanlar

b) Hava Kurutucuları

Çıkış soğutucularından ve nem ayırıcılardan çıkan havanın sıcaklığı genellikle ortam sıcaklığından yüksektir ve neme tam doymuş durumdadır. Basınçlı hava, hava dağıtım hattında ilerledikçe soğur ve sahip olduğu nem yoğunlaşarak sıvı hale gelir. Bunun sonucunda ise Şekil 13'deki örneklerde de görüldüğü gibi hava dağıtım borularında paslanma ve son kullanım noktalarında havanın kirlenmesine yol açar.



Pnömatik el aleti



Pnömatik boru



Aluminyum

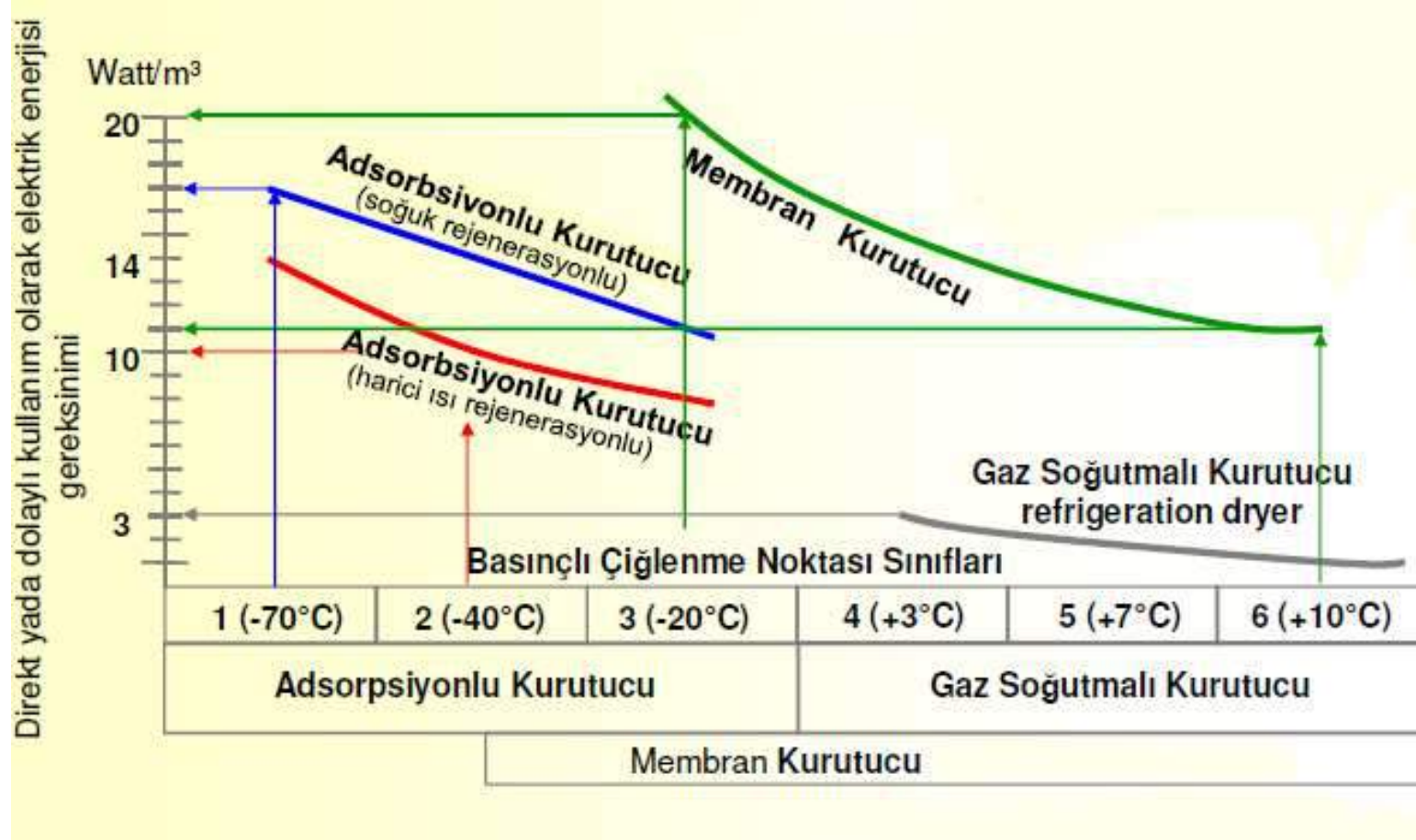
Şekil 13. Nemli Hava Kullanmanın Sonuçları

Farklı basınçlı hava uygulamalarında farklı çalışma karakteristiklerine ve çığlenme noktalarına (havadaki nemin yoğunlaşmaya başladığı sıcaklık) sahip kurutuculara ihtiyaç duyulabilir. Özellikle ortam sıcaklığının kış şartlarında çok düşük seyrettiği uygulamalarda borularda buz oluşumunun önüne geçmek için çok düşük çığlenme noktasına sahip kurutuculara ihtiyaç duyulur.

Basıncılı Hava Sistemleri

3) Yardımcı Ekipmanlar

Soğutucu gazlı kurutucular, adsorbsiyonlu kurutucular ve membran kurutucular, basınçlı hava endüstrisinde sıklıkla karşılaşılan kurutucu türleridir. Bahsi geçen kurutucu türlerinin enerji gereksinimlerine göre çiğlenme noktası sınıfları Şekil 14'te gösterilmiştir.



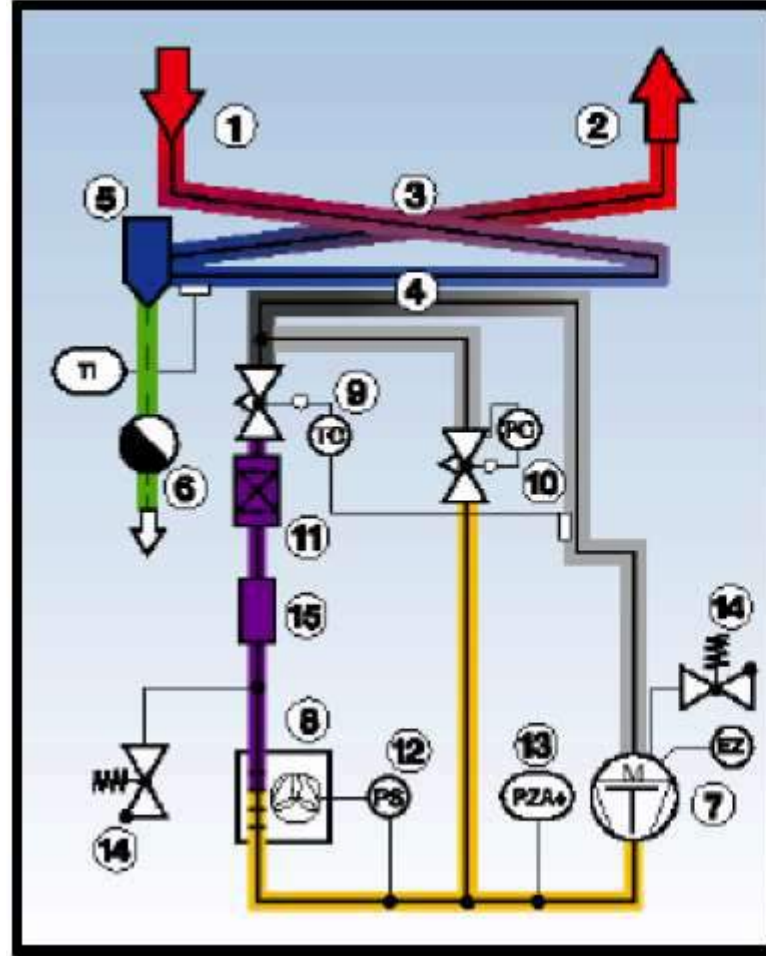
Şekil 14. Kurutucu Basıncılı Çiğlenme Noktası Sınıfları

Basıncı Hava Sistemleri

3) Yardımcı Ekipmanlar

b-1) Soğutma gazlı kurutucular: Bu sistemde basınçlı hava ısı eşanjöründe bir soğutma gazı aracılığıyla soğutulur. Basınçlı havanın içerisindeki nem yoğunlaşır ve sistemden uzaklaştırılır. Giriş havası sıcaklığı ile çığlenme noktası sıcaklığı arasındaki fark yoğunlaşan nem miktarını belirler. Fark ne kadar yüksekse yoğunlaşma o kadar fazla olur ve havanın içerisinde kalan nem miktarı azalır. Soğutma gazlı bir kurutucunun yapısı Şekil 15'te verildiği gibidir.

Kurutma işlemi iki adımdan oluşur. Birinci adımda bir ters akışlı hava/hava ısı eşanjöründe sıcak, basınçlı hava, soğutucu gaz eşanjöründen çıkan soğuk kurutulmuş hava ile ön soğutmaya tabi tutulur. Herhangi bir enerji tüketiminin olmadığı bu aşama, soğutma kompresörünün yükünü azaltıp enerji tüketimini düşürdüğü gibi çıkış havasını ısıtarak basınçlı hava dağıtım hattı dahilindeki boru yüzeylerinde yoğunlaşma oluşmasının ve bunun yol açtığı paslanmanın önüne geçmeye yardımcı olur. Yoğunlaşmanın yaklaşık %60'ı bu aşamada gerçekleşir. İkinci adımda ise soğutma gazı ile soğutmanın gerçekleştiği eşanjör yapısından geçen basınçlı hava, ser edilen çığlenme noktasına kadar soğutulduktan sonra basınçlı havada kalan nem yoğunlaştırılır ve otomatik olarak sistemden uzaklaştırılır.



1. Basınçlı hava girişi
2. Basınçlı hava çıkışı
3. Hava/hava ısı eşanjörü
4. Soğutucu akışkan/hava ısı eşanjörü
5. Kondens separatorü
6. Kondens tahliye cihazı
7. Kompresör
8. Kondenser
9. Termostatik genişleme valfi
10. Güç regülâtörü
11. Gaz filtresi
12. Fan kontrol
13. Aşırı basınç monitörü
14. Schrader valve
15. Gaz toplayıcı

Şekil 15. Soğutma Gazlı Bir Kurutucunun Yapısı

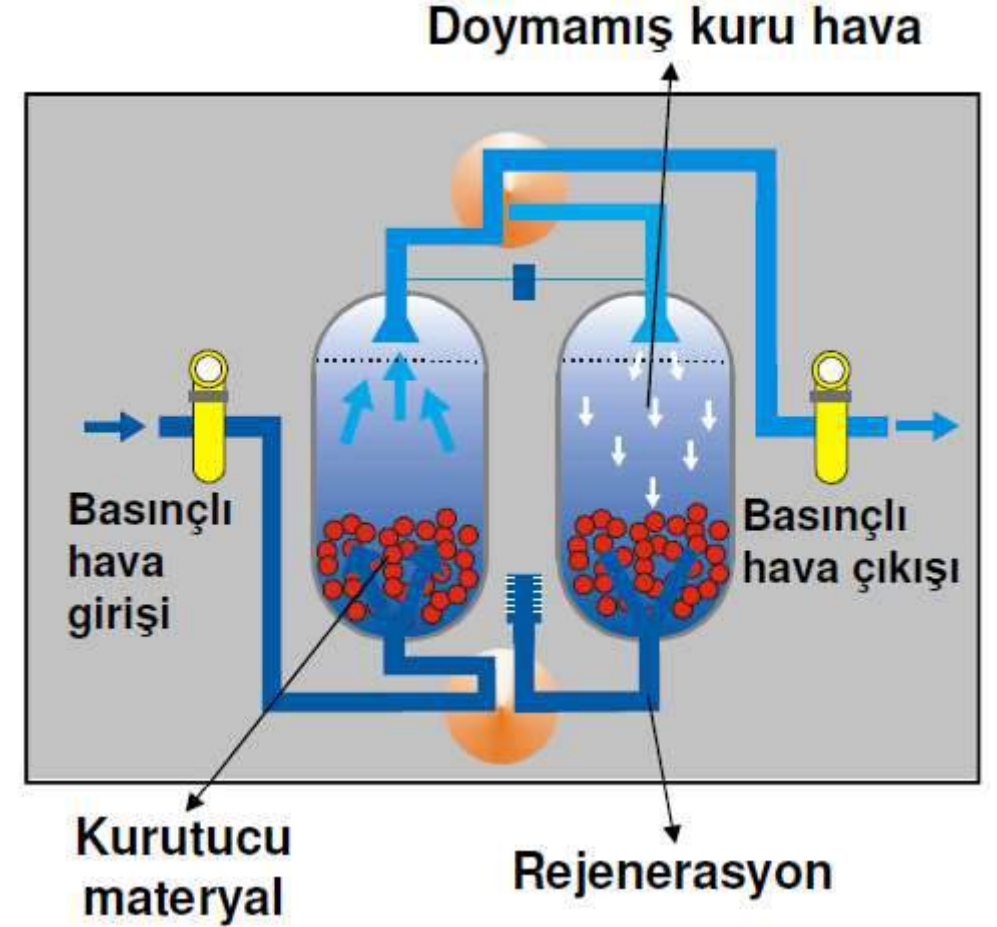
Basınçlı Hava Sistemleri

3) Yardımcı Ekipmanlar

b.2. Adsorbsiyonlu kurutucular: Bu tip kurutucular barındırdıkları delikli kuru malzeme vasıtası ile nemli havayı kuruturlar. Havadaki nem ile doymuş hale gelen bu kuru malzemelerin tekrar kullanımı için neminden arındırılması gerekir. Adsorbsiyonlu kurutucularla 0 °C basınçlı çığlenme noktasının altında hava elde etmek mümkündür. Fakat neme doymuş kuru malzemenin tekrar kullanılabilir hale gelmesi için gerekli temizleme havası, bu tip kurutucu kullanan sistemlerin fazladan enerji sarf etmeleri anlamına gelmektedir. Şekil 16'te adsorbsiyonlu kurutucuların yapısı gösterilmektedir.

-70 °C basınçlı çığlenme noktasının altına inebilmeyi sağlayan ve rejeneratif kurutucular olarak da adlandırılan adsorbsiyonlu kurutucular rejenerasyon yöntemlerine göre sınıflandırılırlar.

Isısız rejeneratif kurutucular, kurutulmuş havanın bir kısmının temizleme havası olarak kullanılması ilkesi ile çalışırlar. Bu temizleme havası önce genişler ve nem tutmaya hazır hale gelir. Neme doymuş kurutucu maddenin üzerinden geçerken bu maddenin üzerindeki nemi alır ve bir çıkış üzerinden atmosfere salınır. Bu şekilde neme doyurulan havanın dışarıya atılır ve geri kazanılamaz. Isısız rejeneratif kurutucular, temizleme havasını sağlayabilmek için kapasitelerinin yaklaşık %15-%20'sini harcarlar ve bu da her 170 m³/saat'lik debi için yaklaşık 3-4 kW'lık enerji kaybı anlamına gelmektedir.



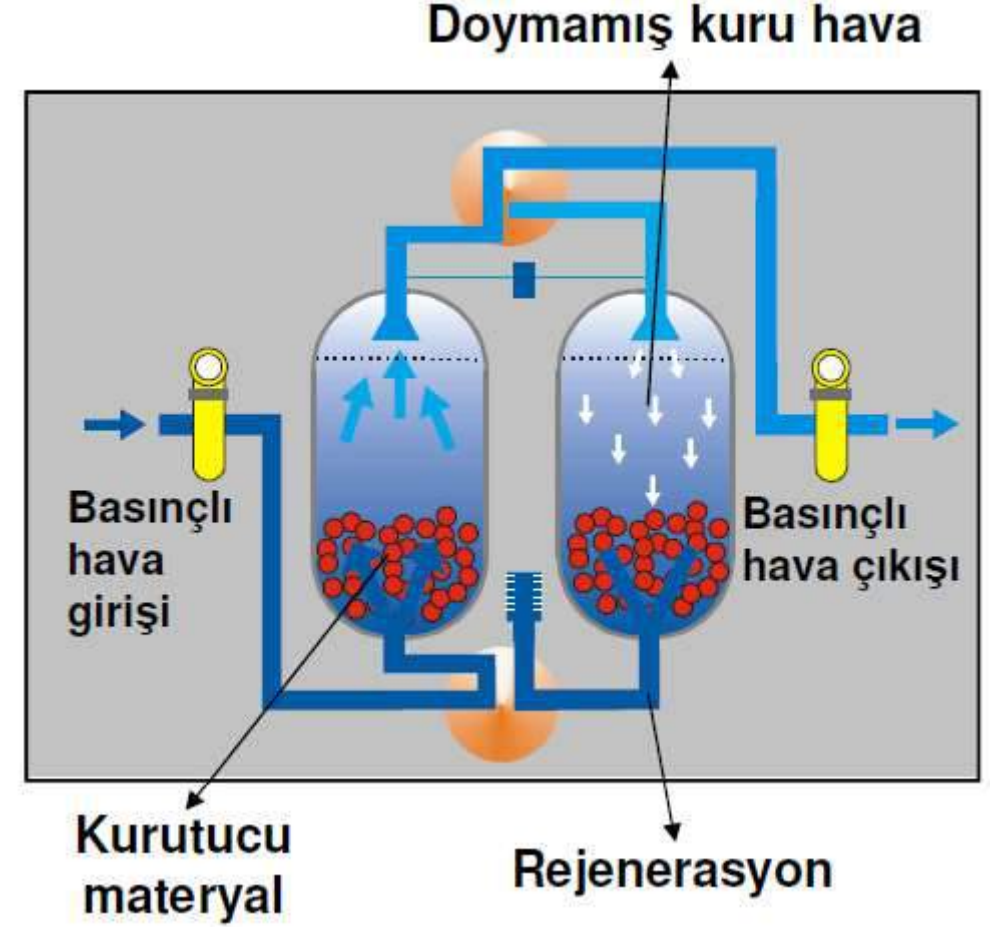
Şekil 16. Adsorbsiyonlu Kurutucuların Yapısı

Basınçlı Hava Sistemleri

3) Yardımcı Ekipmanlar

Fansız ısıl rejeneratif kurutucular, kurutulmuş havanın az bir miktarını (yaklaşık %7'si) alarak sistem içerisindeki ya da dışarıdaki bir elektrikli ısıtıcıdan geçirerek ısıtır. Isınan kuru hava verimli bir şekilde kurutucu malzemede tutulan nemi alır. Bu tip kurutucular, her 170 m³/saat'lik debi için yaklaşık 2.25 kW'lık elektrik enerjisi kullanır.

Fanlı ısıl rejeneratif kurutucular, bir fan vasıtası ile ısıtılmış ortam havasını neme doymuş kurutucu malzeme üzerinden geçirir. Bu işlem sırasında kompresörden elde edilen basınçlı hava kullanılmadığı için herhangi bir kayıp oluşmaz. Genellikle bu ısıtma döngüsünden sonra kurutucu malzemenin çalışma sıcaklığına düşürülmesi için bir miktar basınçlı hava kullanılır. Bu soğutma görevi için kullanılan hava her 170 m³/saat'lik debi için yaklaşık 2.5 kW enerji tüketir. Eğer basınçlı havayı soğutmak için fazladan bir ünite kullanılırsa bu da fazladan 0.6 kW'lık bir enerji sarfiyatı yaratır.



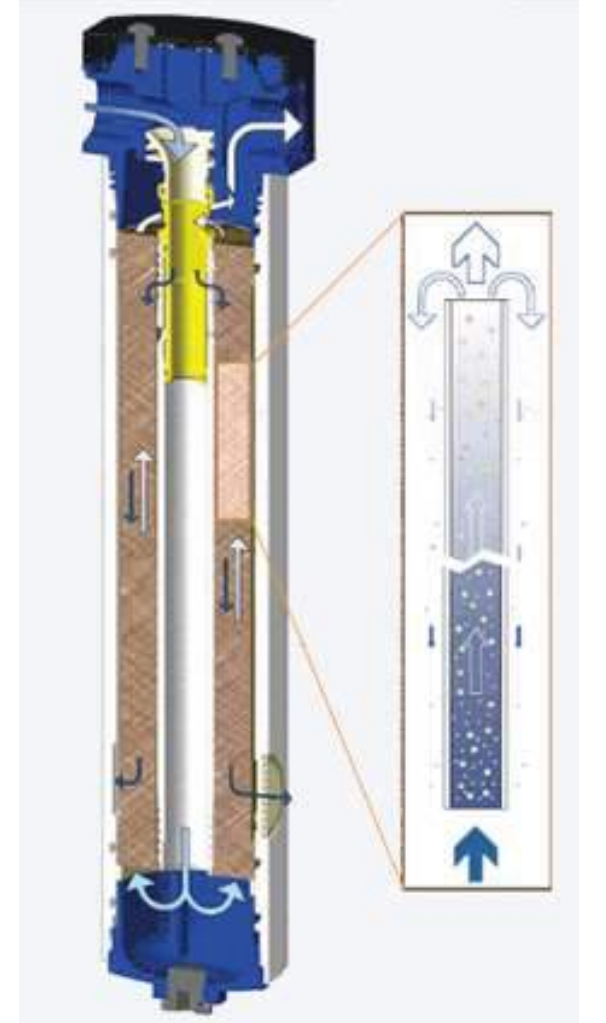
Şekil 16. Adsorbisyonlu Kurutucuların Yapısı

Basınçlı Hava Sistemleri

3) Yardımcı Ekipmanlar

b.3. Membran kurutucular: Bu tip kurutucularda yalnızca su buharı moleküllerinin geçebileceği mikro fiber yapıda yarı geçirgen membran elementi ile nem havadan ayrıştırılarak kurutma işlemi gerçekleştirilir. Bu üniteler, etiketlerinde belirtilen gücünün yaklaşık %20'sini basınçlı hava ile membran üzerinde tutulan nemi süpürmek için kullanır. Nem süpürme amacıyla kullanılan basınçlı hava atmosfere salındığı için membran tipi kurutucularla sistemde hava kaybı kaçınılmazdır. Şekil 17'de membran kurutucuların yapısı verilmiştir.

Kurutucu modülü binlerce özel seçilmiş delikli membran paketi ve bunları kapsayan iki ucu açık bir borudan oluşur. Modül çıkışından bir miktar kurutulmuş basınçlı hava (rejenerasyon havası) bypass sistemi vasıtası ile bir kısıtlayıcı vanadan geçerek membranların etrafında ters yönde akar. Membranlardan sızan su buharı molekülleri bu hava vasıtası ile atmosfere atılır. Membran kurutucular değişik giriş sıcaklığı koşullarına göre uyarlanabilir ve basınçlı çığlenme noktası sıcaklığı olarak yaklaşık -30 °C 'ye kadar ulaşmak mümkündür.



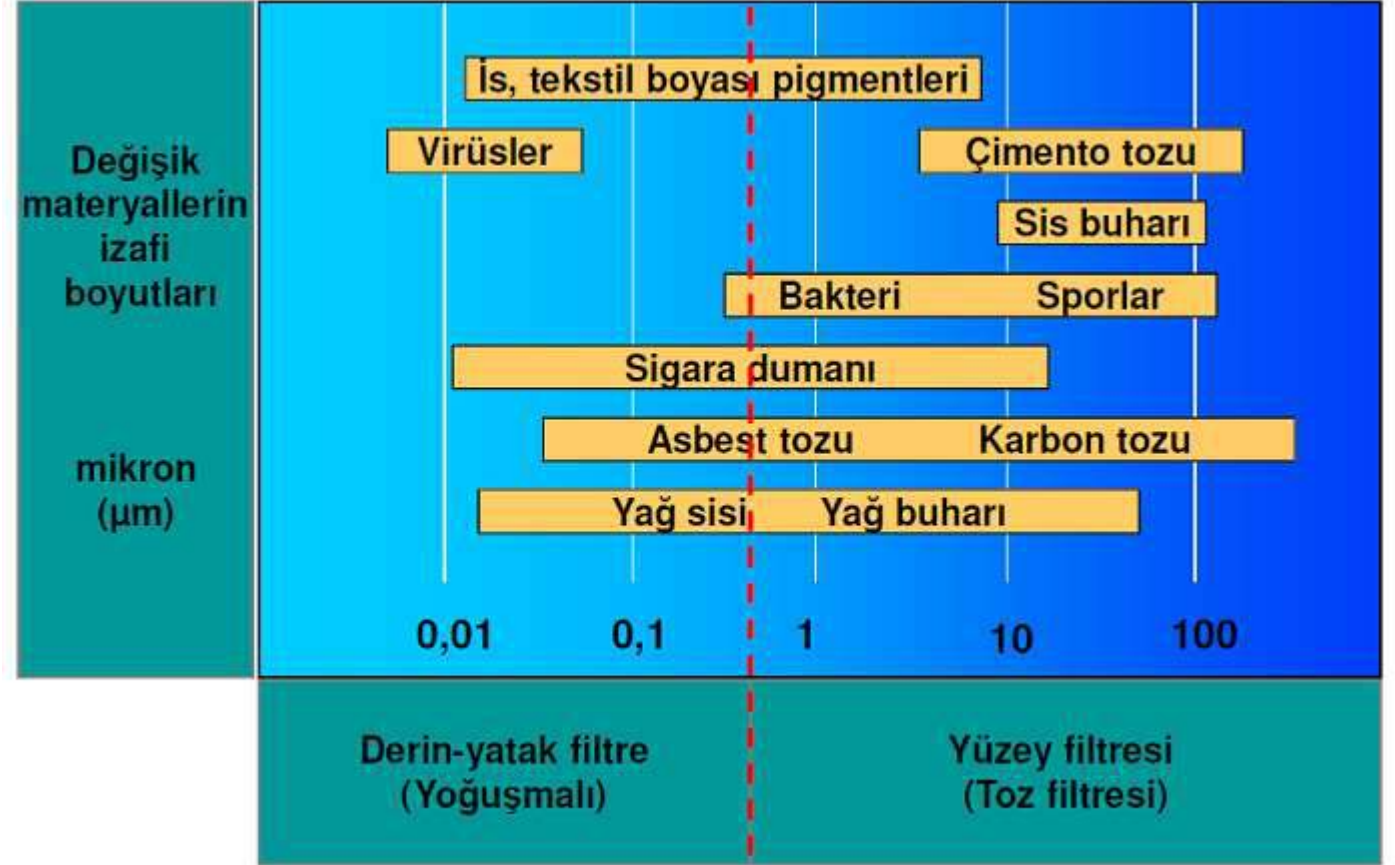
Şekil 17. Membran Kurutucuların Yapısı

Basınçlı Hava Sistemleri

3) Yardımcı Ekipmanlar

c) Basınçlı Hava Filtreleri

Basınçlı hava içerisinde bulunan parçacıklar Şekil 18'de de görülebileceği gibi boyutlarına göre değişik yöntemlerle filtre edilirler. Eğer bir parçacığın boyutu filtre malzemesinin sahip olduğu aralıktan büyükse filtreleme işlemi mekanik olarak gerçekleşir. Bu işlem genellikle 0.5 mikrondan büyük parçacıklar için geçerlidir ve yüzey filtreleri bu amaçla kullanılır. 0.5 mikrondan küçük parçacıklar için ise derin yatak filtreleri kullanılır.

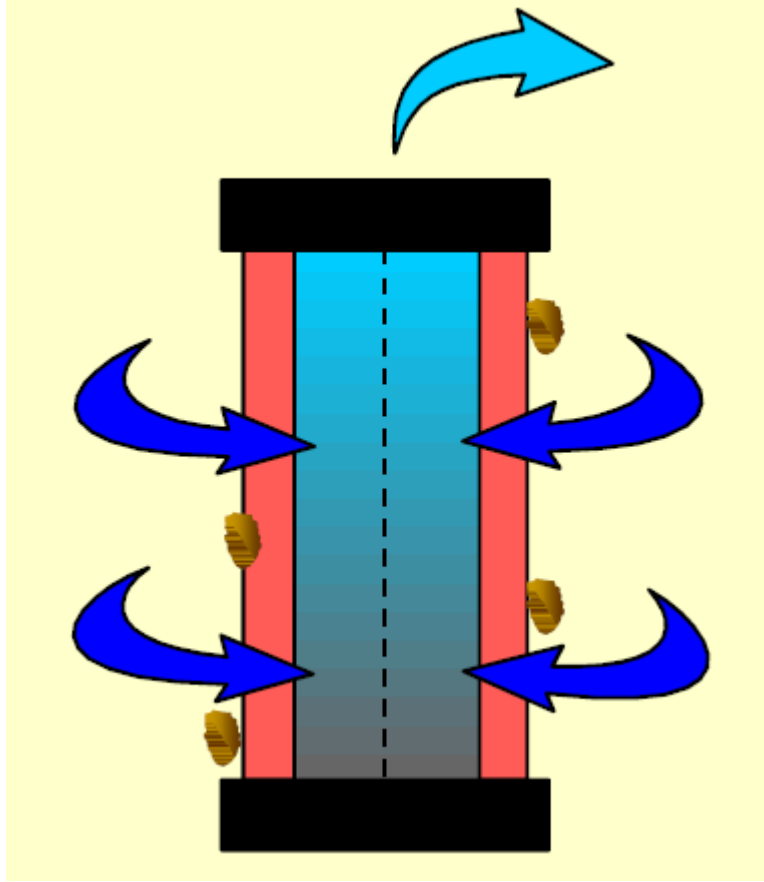


Şekil 18. Filtreleme Spektrumu

Basıncılı Hava Sistemleri

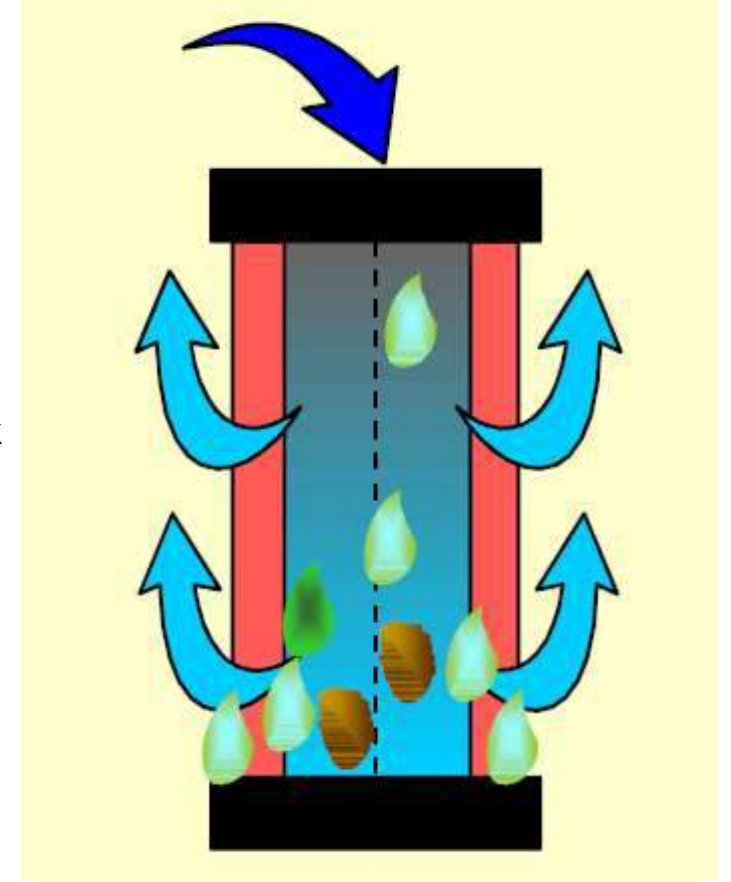
3) Yardımcı Ekipmanlar

Yüzey filtrelerinde parçacıklar akış yönüne göre enine yerleştirilmiş yüzeylerde ayrıştırılır. Şekil 19'da görüldüğü gibi filtre gözeneklerinden daha büyük boyuttaki parçacıklar yüzeyde alıkonularak filtreleme gerçekleşir. Bakım periyotlarına dikkat edilmediğinde filtre yüzeyindeki parçacık birikintisi büyük basınç kayıplarına sebep olur. Hava akışı daima dışarıdan içeriye doğrudur. Yüzey filtreleri genellikle ön filtre olarak kullanılır.



Şekil 19. Yüzey Filtresi Yapısı

Derin yatak filtreleri aynı zamanda mikro filtreler olarak da bilinir. Bu filtrelerde Şekil 20'de gösterildiği gibi hava akışı içten dışa doğrudur. 0.5 mikrondan küçük parçacıkların filtrenmesinde kullanılır. Filtreleme işlemi parçacık büyüklüğüne göre doğrudan temas, sızma ve difüzyon yöntemleriyle gerçekleşir.

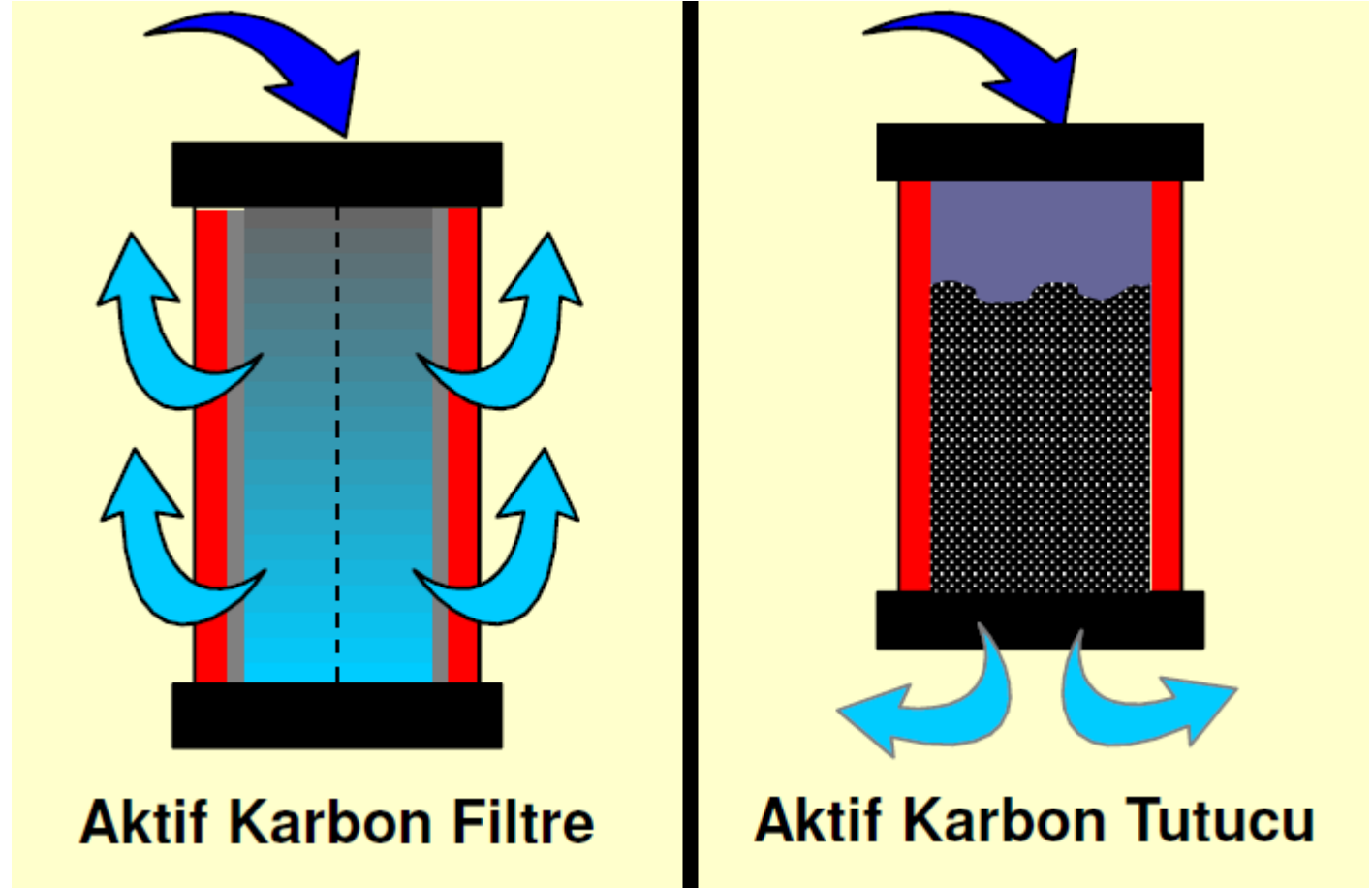


Şekil 20. Derin Yatak Filtrenin Yapısı

Basıncılı Hava Sistemleri

3) Yardımcı Ekipmanlar

Basıncılı hava içerisinde bulunan gaz halindeki yağın filtrenmesinde yüzey ve derin yatak filtreleri kullanılabilirken sıvı haldeki yağın filtrenmesi farklı şekilde olur. Filtrenin sıvı yağı tutabilmesi için adsorbsiyon özellikli malzeme içermesi gerekir ve bu işlem için genellikle Şekil 21'deki gibi aktif karbon filtre veya aktif karbon tutucu kullanılır. Aktif karbon filtrelerin servis ömrü kısa ve ön filtreleme gerekliliği varken aktif karbon tutucuların servis ömürleri aktif karbon filtrelere göre uzun ama ön filtrelemeye ek olarak son filtrelemeye de ihtiyaç duyarlar.



Şekil 21. Yağ Filtreleme Ekipmanları

Basınçlı Hava Sistemleri

3) Yardımcı Ekipmanlar

Basınçlı havanın kalitesi, içerdiği parçacık miktarı, su ve yağ yoğunluğuna göre sınıflara ayrılır. Basınçlı hava kalitesinin standardizasyonu Tablo 1'de verildiği üzere ISO 8573-1 kodu ile yapılmıştır.

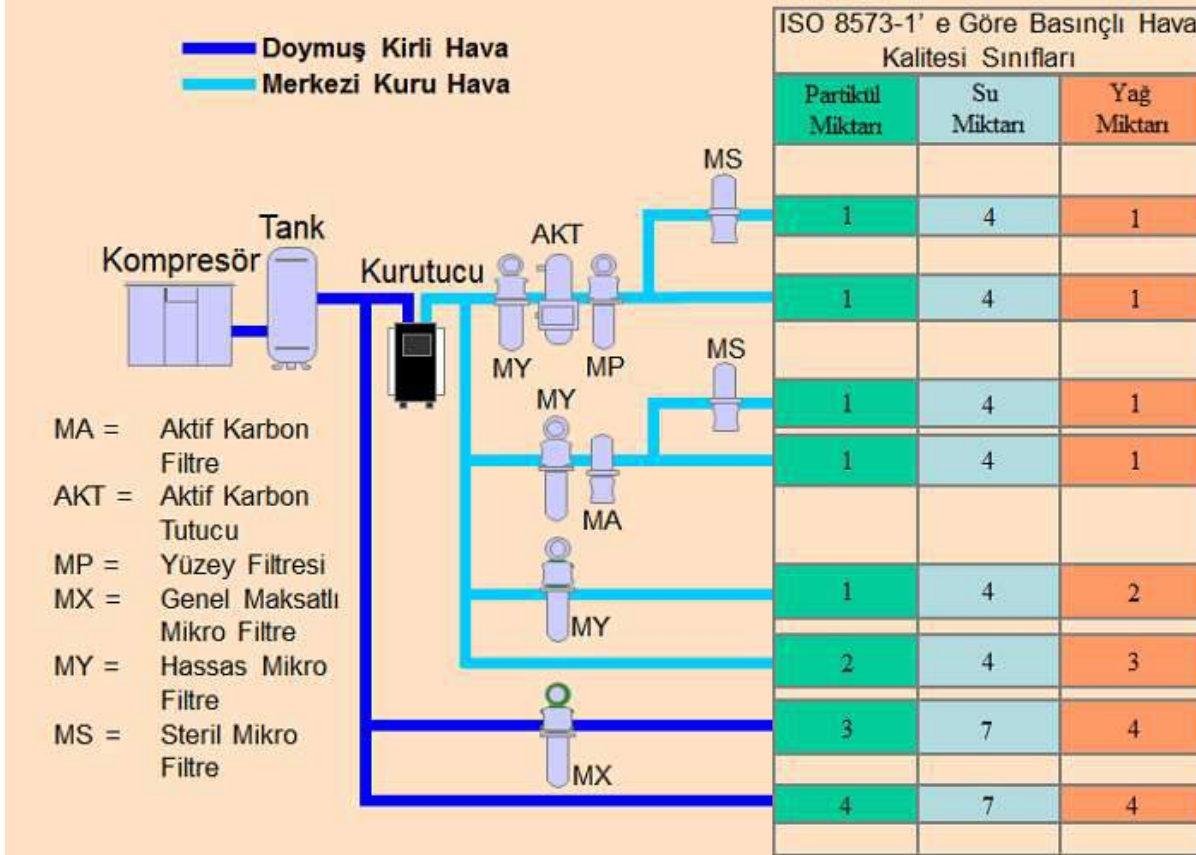
ISO 8573-1 Hava Sınıfları	KATI PARÇACIKLAR		NEM VE SU		YAĞ
	Max. parçacık boyutu [mikron]	Max. parçacık yoğunluğu [mg/m ³]	Basınçlı çiğlenme noktası [°C]	Sıvı Su İçeriği (x) [g/m ³]	Toplam Yağ İçeriği [mg/m ³]
0	Temiz oda ve saf hava teknolojileri için DALGAKIRAN ile bağlantıya geçiniz.				
1	0.1	0.1	≤ - 70	-	≤ 0.01
2	1	1	≤ - 40	-	≤ 0.1
3	5	5	≤ - 20	-	≤ 1
4	15	8	≤ + 3	-	≤ 5
5	40	10	≤ + 7	-	-
6	-	-	≤ + 10	-	-
7	-	-	-	x ≤ 0.5	-
8	-	-	-	0.5 < x ≤ 5	-
9	-	-	-	5 < x ≤ 10	-

Tablo 1. ISO 8573-1'e Göre Basınçlı Hava Sınıfları

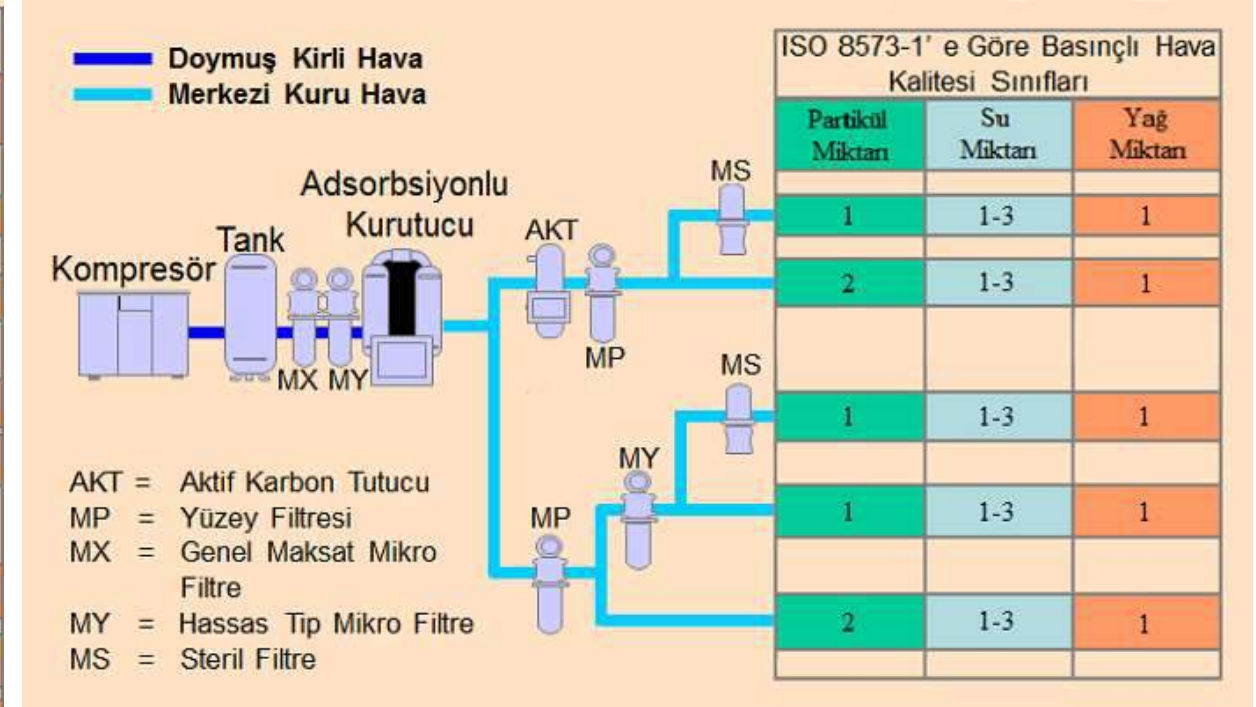
Basıncı Hava Sistemleri

3) Yardımcı Ekipmanlar

ISO 8573-1 basınçlı hava kalitesi sınıfları ışığında farklı filtre varyasyonları ile soğutucu gazlı kurutucu ve adsorbsiyonlu kurutucu için oluşan tablo sırasıyla Şekil 22 ve Şekil 23'te verilmiştir.



Şekil 22. Soğutucu Gazlı Kurutucu ile Hava Kalitesi Sınıfları



Şekil 23. Adsorbsiyonlu Kurutucu ile Hava Kalitesi Sınıfları

Basınçlı Hava Sistemleri

3) Yardımcı Ekipmanlar

d) Basınçlı Hava Tankları

Basınçlı hava sistemlerinde yeterli kapasitede basınçlı hava tanklarının kullanımı, havanın kalitesini ve hava sisteminin verimini korumakta büyük öneme sahiptir. Kullanım alanına göre yatay ya da Şekil 24'te görüldüğü gibi dikey konumlu olarak üretilebilirler. Tanklar üzerinde standart olarak manometre, emniyet valfi, giriş-çıkış bağlantısı, kondensat tahliye vanası yer alır. Tanklar genellikle birincil ve ikincil hava tankları olmak üzere iki grupta incelenir.

Birincil hava tankları, genellikle genel sistem deposu olarak görev yaparlar ve kompresöre yakın konumlandırılırlar. Basınçlı hava sistemlerinde birincil hava tanklarının önemli faydaları arasında pistonlu kompresörlerin neden olduğu dalgalanmaları frenlemesi, havanın yağdan ve sudan arınması için ortam oluşturması, basınçlı hava ihtiyacının tavan yaptığı durumlarda fazladan bir kompresöre ihtiyaç duyulmadan gerekli havayı temin edebilmesi, vidalı kompresörlerin başlama-durma ve yükte-boşta çalışma sıklıklarını azaltması ve sistem basınç değişikliklerini en düşük seviyede tutarak daha iyi kompresör kontrolü ve kararlı sistem basınçları elde edilmesi yer almaktadır. Birincil hava tanklarının kurutuculara göre konumunun da sistem basınç kararlılığı üzerinde etkisi büyüktür. Kurutucudan sonra konumlanan birincil hava tankı, depoladığı kurutulmuş havayı ani basınçlı hava ihtiyacı artımı durumunda kullanabilirken, kurutucudan önce konumlandırılan birincil hava tankı ise aynı durumda basınçlı havayı önce kurutucuya vermek zorunda olduğundan kurutucu kapasitesi üzerinde yüklenebilir, bu da verimsiz bir kurutulma süreci ve sonucunda fazladan enerji tüketimi anlamına gelir.

İkincil hava tankları ise, işletmelerin hava dağıtım sistemlerinde genellikle son kullanım noktalarına yakın konumlandırılırlar. İkincil hava tanklarının geçici basınç düşmelerine karşı hassas ekipmanların, süresiz geniş bantta basınçlı hava kullanılan uygulamalara karşı ise sistemdeki birçok kullanıcının korunması ve olması gerekenden dar tasarlanan basınçlı hava dağıtım borularının yer aldığı sistemlerde sistem basınç kararlılığının sağlanması gibi görevleri vardır.



Şekil 24. Dikey Konumlandırılmış Bir Hava Tankı

3) Yardımcı Ekipmanlar

e) Ayırıştırıcılar ve Kondensat Tahliyeleri

Ayırıştırıcılar, kompresör girişinde havayla beraber sisteme alınan sıvı moleküllerinin basınçlı havadan ayırırlar. Genellikle çıkış soğutucularından sonra yerleştirilerek havadaki yoğunlaşmış nemi alırlar.

Kondensat tahliyeleri basınçlı hava sisteminde yer alan ayırıştırıcıların, filtrelerin, kurutucuların ve hava tanklarının hepsinde yoğunlaşmış sıvı moleküllerinin sistem dışına atılması görevini üstlenir. Kondensat tahliyesi konusunda manuel tahliye, şamandıralı tahliye, zaman kontrollü solenoid valf ve elektronik seviye kontrollü tahliye olmak üzere dört farklı alternatif mevcuttur.

Manuel tahliyeler genellikle kondensatın toplandığı noktalara yerleştirilerek kondensatın manuel olarak sistem dışına atılması sağlanır. Elle tahliye yapıldığı için kondensat ile beraber basınçlı hava da sistem dışına çıkmasına izin verilmiş olur.

Şamandıralı tahliyeler düzgün çalıştıkları zaman hava kaçağına izin vermezler. Fakat hem çalıştığına kanaat getirmenin zorluğu, hem bakımının zor olması, hem de tortu birikimi sonucu tıkanmaya çok meyilli olmasından ötürü önemli oranda bakıma ihtiyaç duyması yüzünden çok da verimli bir tahliye mekanizması olduğu söylenemez.

Zaman kontrollü solenoid valflerde ise zaman ayarı genellikle en kötü kondensat yoğunluğu durumuna göre ayarlandığından az kondensat birikimi durumunda fazla hava kaçağı kaçınılmaz olur. Bazı durumlarda ise kondensat tahliyesinin tamamlanması için gerekli zamandan daha kısa zaman ayarı yapıldığında, sistemde biriken kondensat paslanmalara, hava kalitesinin düşmesine ve sonucunda da enerji kaybına sebebiyet verir.

Elektrik seviye kontrollü tahliyeler kullanıldığında ise biriken kondensat miktarı elektronik olarak kontrol edildiğinden sadece gerekli olduğu kadar tahliye vanaları açılır ve sistemde hava kaçağı görülmez. Bu tip kondensat tahliyeleri, kirli ortamdan etkilenmezler, bakımını yapmak kolaydır. Güncel en verimli kondensat tahliye yöntemidir.

Basıncı Hava Sistemleri

3) Yardımcı Ekipmanlar

f) Debi Kontrolörleri

Debi kontrolörleri, kompresör kontrolörlerine göre daha hassas sistem basıncı dengeleme amacıyla genellikle kompresör odalarının çıkış noktalarında kullanılırlar. Bu üniteler Şekil 25'teki gibi pnömatik olarak kontrol edilebildiği gibi hassas PID elektronik kontrol yöntemiyle de kontrol edilebilirler. Bu vanalar vasıtasıyla daha verimli hava basınçları ve daha iyi sistem basıncı kararlılığı elde edilebilir.



Şekil 25. Pnömatik Debi Kontrolörü

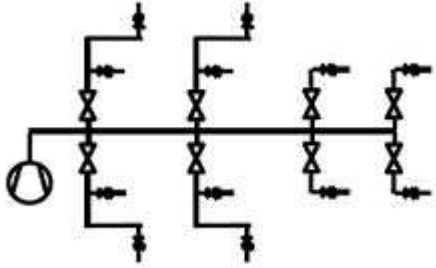
Basıncı Hava Sistemleri

3) Yardımcı Ekipmanlar

g) Hava Dağıtım Sistemleri

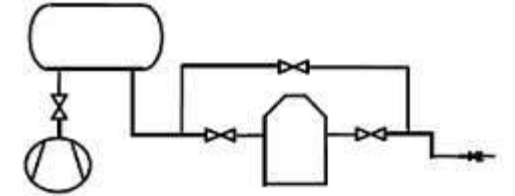
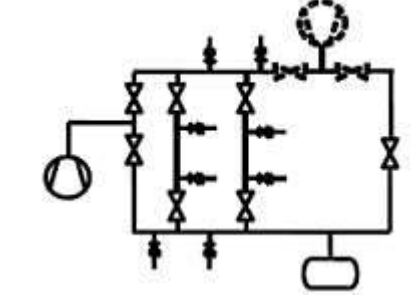
Merkezi basınçlı hava sisteminin kullanıldığı durumlarda basınçlı hava gereksinimi duyan tüm noktalara bunu sağlayacak boru hatları kurulmalıdır. Boru hatlarının görevi basınçlı hava tüketim noktalarına yeterli miktarda, istenilen basınçta, istenilen kalitede, mümkün olabilen en küçük basınç düşümü ile emniyetli ve ekonomik basınçlı hava sağlamaktır. Boru hatlarının boyutlarını belirlerken debi, işletme basıncı, hat boyu ve basınç düşümü göz önüne alınması gereken kıstaslardır. Basınçlı hava hattı sistemleri genellikle ring hatları, yan branşmanlı doğrusal hatlar ve bağımsız lokal basınçlı hava istasyonları şeklinde uygulanır.

Ring hatlarında hava akışı her yönden olabildiği için boru kesitlerini yarıya düşürmek mümkündür. Dikkat edilmesi gereken husus, eğer bağımsız fazla hava tüketen noktalar sebebiyle oluşabilecek basınç dalgalanmalarını engellemek için bu noktaların yakınına ikincil tank yerleştirilerek sistemden yalıtımının sağlanmasıdır.



Yan branşmanlı doğrusal hatlar, basınçlı hava istasyonundan çıkan bir ana hat ve bunun üzerinden tüketim noktalarına dağıtım yapan branşmanlardan oluşur. Branşman kesitleri ana hatta göre daha küçüktür.

Bağımsız lokal basınçlı hava istasyonları, demir-çelik tesisleri gibi basınçlı hava devrelerinin çok uzun olduğu ve birbirinden bağımsız yüklü enerji tüketimlerinin olduğu yerlerde tercih edilebilir. Çok büyük boru çapları gerekliliğinin de böylece önüne geçilmiş olur.



TEŞEKKÜRLER

DALGA KIRAN
