

BASINÇLI HAVANIN ÜRETİMİ, ŞARTLANDIRILMASI VE DAĞITIMI: ENERJİ VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN YENİ MÜHENDİSLİK KRİTERLERİ

Erol ERTAŞ

ÖZET

Basınçlı hava (bh) tesisatının projelendirilmesi, kurulması ve işletilmesi aşamalarında, enerji verimliliği açısından, bir takım yeni irdelemelere dayalı çözümler bulmak gerekmektedir. Kurulmuş tesislerde ise; bulunulan noktadan itibaren; her fırsatta yapılacak tadilatlarla iyileştirmelere gidilmeli; işletme ilkelerinin geliştirilmesine çalışılmalıdır.

Çünkü, her alanda, geçmişteki yanlış uygulamaların sebebiyet verdiği çevresel sorunlar artmış; son yıllarda dünyamızın kirlenme ve global ısınma problemleri daha açık olarak ortaya çıkmıştır. Bildiride açıklanan prensipler çerçevesinde; çevre dostu çözümler, sistem tasarımı, basınçlı havanın üretimi, şartlandırılması, dağıtımı ve tesisatın işletilmesi aşamalarında uygulamaya sokulmalıdır.

1. GİRİŞ

Basınçlı hava maliyeti hesaplanırken; enerji kullanan diğer tüm üretim tesislerinde olduğu gibi, ilk kurulum maliyeti yanında; ekonomik maliyet adı verilen ve 5 – 10 yıl gibi belli bir süre zarfındaki üretim giderlerinin dikkate alındığı yeni bir maliyet unsurunun hesaplanarak karşılaştırılması yapılmalıdır. Örneğin bir su pompası seçilirken, sadece fiyatına değil, verimliliğine de dikkat edilmesi ve önerilen bir işletme süresine düşen amortisman masraflarının yanında, harcanan elektrik enerjisi maliyetinin de dikkate alınması tavsiye edilmektedir. [1]

Ancak, bh tesisatında, sadece verimi yüksek olan kompresörlerin seçilmesi, iyi bir sonuç almaya yetmez. Öncelikle, sistemin kullanma amaçlarına uygun olarak tasarlanması gerekir. Tasarımda en önemli faktörler, gerekli basınçlı hava kalitesi, basınç, debi-zaman karakteristikleri (sarfiyatın dalgalanması hakkındaki tahminler) , kullanıcı özellikleri, dağıtım boru uzunluklarıdır. Birden fazla kalitede hava kullanılan tesislerde sarfiyat miktarlarına göre özel tercihler yapılmalıdır.

2. BASINÇLI HAVA GEREKSİMİNİN SAPTANMASI VE SİSTEMİN ANALİZİ

Basınçlı hava kullanım noktalarında gerekli olan kalite, basınç ve debilerin hesaplanması veya bilinmesi gereklidir. Ayrıca her kullanıcının tahmini debi-zaman karakteristiklerinin incelenmesi ve projede göz önünde bulundurulması gerekir.

2.1. Basınçlı Hava Kalitesinin Tayini

Bh tesisatının tasarımında sarfiyatın miktarı yanında, nerelerde ve ne kalitede olacağı analiz edilmelidir. Genel anlamdaki bh kalite sınıflaması Tablo 1’de görülmektedir.

Tablo 1: Basıncılı hava genel kalite sınıflaması

Fabrika Havası	Enstrüman Havası	Proses Havası	Solunum Havası
Havalı el aletleri, pnömatik vanalar, genel sanayi tesisatı havası	Pnömatik kontrol sistemleri, (toz) boya tesisleri, laboratuvarlar, hassas boyut ölçme	Gıda ve ilaç üretim prosesleri, elektronik	Hastane hava sistemleri, dalgıç tüpleri dolun tesisleri, respiratör/süzgeç temizliği

Günümüzde, hemen her tesiste basınçlı havanın (bh) kompresörden çıktığı gibi boru tesisatına verilmesi uygulaması terk edilmiştir. Hava içinde bulunabilecek diğer maddelerin (katı,sıvı, buhar ve gaz) büyüklük, miktar ve oranları her uygulama için farklı olabilir. Bu bakımdan, uygulamada bh'nın kalite bakımından sınıflara ayrılması gerekmiştir. Örneğin,fabrika havası içinde bulunabilecek gazlar, buharlar ve katı partiküllerin limitel oranları ve partiküllerin cins ve irilikleri işyerinin özelliklerine göre çeşitli limitlerde olabilir. Büyük kimyasal proses tesislerinde, bilgisayar kontrollu takım tezgahları kullanan fabrikalarda, bir fabrika bh şebekesi yanında bir de enstrüman havası şebekesi öngörülebilir.

Tablo 2. Hava kalite sınıflandırması ISO 8573.1

KALİTE SINIFI	Toz Partikül çapı (mikron)	Toz Konsantrasyonu (mg/m ³)	Su Basıncıta çığl. sıc. (7 bar'da °C (ppm vol))	Yağ (buharı dahil) (mg/m ³)
1	0,1	0,1	-70(0,3)	0,01
2	1	1	-40(16)	0,1
3	5	5	-20(128)	1
4	15	8	+3(940)	5
5	40	10	+7(1240)	25
6	-	-	+10(1500)	-
7	-	-	-	-

Tablo 3. Basıncılı havanın kullanım amacına göre tavsiye edilen kalite sınıfları

Kullanım Alanları	Yağ Kalite Sınıfı	Toz Kalite Sınıfı	Su Kalite Sınıfı
Karıştırma havası	3		2
Hava yatakları	2	2	
Hassas ölçme havası	2	3	3
Hava motorları	4	4 - 1	5
Tuğla ve cam makinaları	4		
Makine parçaları temizliği	4	4	4
İnşaat – madencilik	4	5	5
Taneli malların iletilmesi	3	4	3
Toz halindeki malların iletilmesi	2	3	2
Fluidik, güç devreleri	4	4	4
Fluidik, sensörler	2	2 - 1	2
Atölye ve dökümhane geneli	4	4	5
Gıda ve içecek işletmeleri	2	3	1
Havalı el aletleri	4	5 - 4	5 – 4
Takım tezgahları	4	3	5
Mikro-elektronik üretimi	1	1	1
Paketleme ve tekstil makinaları	4	3	3
Pnömatik silindirler	3	3	5
Pnömatik takımlar	4	4	4
Proses kontrol enstrümanları	2	2	3
Boya püskürtme tabancaları	3	3	3
Kumlama	-	3	3
Kaynak makinaları	4	4	5

Enstrüman havası gereksiminin uzak noktalarda ve nisbeten düşük debide olması durumunda; fabrika havasından alınan küçük bir branşman ucuna daha ileri kurutma ve filtrelemeyi sağlayan bir istasyon ilave edilebilir. Bu çalışmaların sonucunda; bh dağıtımının yapılacağı boru şebekesinin ana hatları meydana çıkar. Tablo 2’de bh’nin kalite açısından sınıflama kriterleri görülmektedir. Tablo 3’te ise kullanım yerine göre tavsiye edilen bh sınıfları belirtilmiştir.

2.2. Basınç Kademelerinin Seçimi

Tesiste bh ile gerçekleştirilen prosesler ve çeşitli aletler için istenen hava basınçları sağlanmalıdır. Kompresörlerin çalışma basınç aralığı seçilirken; boru tesisatı, basınçlı hava kurutucu ve filitlerdeki toplam basınç kayıpları göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kayıpların düşük tutulması için daha büyük boru ve bağlantı çapları olan ekipmanlar seçilmelidir. Bilhassa bh filtrelerinin katalogunda belirtilen maksimum debiye göre değil, hat boru çapına göre seçilmesi tavsiye edilir. Böylece filtre içindeki basınç kayıpları düşürüldüğü gibi; filtre elemanlarının değiştirilme periyotları da uzatılmış olur. Bu filtrasyon maliyetini azalttığı gibi bh teminindeki enerji sarfiyatını da düşürür. Pratikte kabaca hesapla her 0,14 bar basınç artışında bh üretiminde kullanılan enerji sarfiyatı % 1 oranında artar.

Pet şişe imalatında olduğu gibi durumlarda (7, 16 ve 40 bar basınç kademeleri) booster adı verilen kademeler arası kompresörler kullanılabilirdiği gibi, her bir basınç seviyesi için ayrı ayrı (1,2 ve 3) kademeli kompresörler de ön görülebilir. Şebeke basıncının yeterli değerden büyük seçilmesi gereksiz enerji sarfiyatına sebep olur. Ara basınç kademeleri için gerektiğinde ilave bh tankları öngörülmesi basınçların kontrolünü kolaylaştırır.

2.3. Basınçlı Hava Miktarı – Kompresör Kapasitesi ve Kontrol Prensibinin Seçimi

Basınçlı hava gereksinimi hesaplanmak istenen fabrika veya tesisteki tüm havalı el aletlerinin, pnömatik robotların, bh kullanan boyahane, tezgah, otomatik kontrol sistemleri, sair özel uygulama düzenlerinin normal rejim ve maksimum bh tüketimleri ve buralarda gerekli geliş basınçları listelenerek ve bh tüketim rejimi düzenli veya düzensiz olarak değişen özel tüketicilerin karakteristikleri saptanarak bir tablo yapılır. İhtiyaç duyulan azami kapasite, hiçbir zaman bu değerlerin toplamı değildir. Bunun için bh tüketimine ait eş zamanlık durumları üretim sorumluları ile görüşülerek saptanır. Kısa süreli yüksek debi ihtiyacı olan tüketim noktalarına uygun kapasitede özel-ayrı bh tankları koyularak anlık yüksek (point) sarfiyatlar dengelenir. Tablo 4’ de birbirinden farklı debi-zaman karakteristikleri gösteren tipik kullanıcılar tanıtılmaktadır..

Tablo 4. Bazı hava kullanıcıların tipik debi-zaman karakterleri

BH sarf noktası	Karakteri
Havalı el aleti	Sık - kısa süreli debi tüketimi
İmalat-montaj robotu	Kısa aralı değişken debi tüketimi
Diyafram pompalar	Uzun süreli sabit debi tüketimi
Pnömatik kontrol aktüatörleri	Ani kısa süreli (testere) akış
Boyahane	Kararlı ortalama debide kullanım

Tesis için bh kompresör(lerinin) kapasite seçiminde gün içindeki tipik sarfiyat dalgalamaları üretimin özelliğine ve haftalık çalışma saatlerinin miktarına bağlıdır. Öğle tatillerinde ve paydoslarda, gece vardiyalarında ortalama sarfiyatlar belli (bazen büyük) oranlarda düşebilir. Bunun için, bh kompresörünün otomatik kontrol düzeninin uygun seçilmesi önem taşır. Vidalı kompresörlerde en çok kullanılan kapasite kontrol düzenleri, beklemeli tam yükte-boşta düzeni ile debiyi süreli olarak şebeke basıncına göre ayarlayan oransal kontrollu daimi çalışma düzenidir. İcabında gündüz ve gece mesaieleri için farklı kapasitede birkaç kompresör seçilmeli ve sıralama (sequence) kontrol sistemi kurulmalıdır. Bu neviden kapasite kontrol gözetim sistemleri birçok durumda kendilerini kısa süreler içinde amorti ederler.

Beklemeli tam yükte-boşta çalışma düzeni bilhassa küçük işletmeler için enerji tasarrufu açısından en uygun olanıdır. Normal sarfiyatın devam ettiği saatlerde, kompresör devamlı olarak sarfiyata göre yükte-boşta çalıştırılmaktadır. Vidali kompresörlerin boşta çalıştırılmaları sırasındaki güç ihtiyaçları işletme basıncına bağlı olarak, tam yüktekinin % 15-30'u civarındadır. Sarfiyatın azalması ile kompresörlerin boşta çalışma süreleri uzar. Hava sarfiyatının önemli oranda azaldığı durumlarda boşta çalışma süresi, önceden ayarlanan bir süreyi geçtiğinde; kompresör otomatik olarak durdurulur. Boşta bekleme ve durma zamanı zarfında basınçlı hava tankı içindeki rezerve edilmiş olan bh kullanılmaktadır. Bu düzende, sistemdeki bh tank(ları)nın kapasitesinin seçimi, enerji verimliliği açısından çok önemlidir. Kompresörün boşta çalışma süresi uygun tank kapasitesi seçimi ile azaltılabilir ve tasarruf edilen elektrik bedeli ilave edilen tankın uygun bir zamanda amorti edilmesine yeter. Buna karşılık oransal kontrollü vidalı kompresörler, kısmi yük verimleri kötü olduğu için tavsiye edilmez.

Sonuç olarak, bilhassa birden fazla kompresör kullanılan tesisatta bh kullanımı bakımından işletmenin günlük seyrine uygun düzenlemeler yapılması enerji tasarrufu açısından çok faydalıdır.

2.4. Basınçlı Hava Yerine Koyulabilecek Alternatif Enerji Türleri

Basınçlı hava, bir sanayi tesisinde kullanılan enerji türleri arasında genellikle en pahalı olanıdır. Temiz, hazır ve kullanımı kolay olduğu için israf edilme olasılığı da yüksektir. Buna karşılık; bir çok uygulama alanları için daha ekonomik çözümler mevcut olabilir. Örneğin, birçok tesiste, daha düşük basınçla yapılabilecek işlerin bh borusundan alınan daha yüksek basınçlı havanın regülatörden geçirilerek kullanılması gibi. Amaç dışı kullanıma diğer bir örnek, enstrüman havasının temizlik işlerinde kullanılmasıdır.

Örnek olarak, büyük bir bh şebekesine sahip olan bir çelik fabrikasında 7 barg basınçta 5000 l/sn'lik bir sarfiyatın 3000 l/sn'lik kısmının 3 barg basınçla karşılanabileceği saptanmıştır. Bizim karşılaştığımız çok ters örneklerden biri, zeytin olgunlaştırma havasının 400 mbar'lık bir blower yerine 7 barg lik bir pistonlu kompresörle karşılanması olmuştur. Üstelik birincisinde hava temiz ve yağsız iken, ikincisinde yağ tutucu filtre kullanmak gerekiyordu.

Birçok durumlarda havalı el aletlerinin görevini elektrikli el aletlerine yaptırmak mümkündür. Havalı el aletleri, daha çok, bir imalat hattında seri üretim ve montaj işlerinde (aparlatlaştırılarak) daha faydalı olabilmektedir.

Basınçlı hava kullanarak yapılan bazı fonksiyonlar daha az enerji harcayan diğer yöntemlerle sağlanabilir. Örnek verecek olursak:

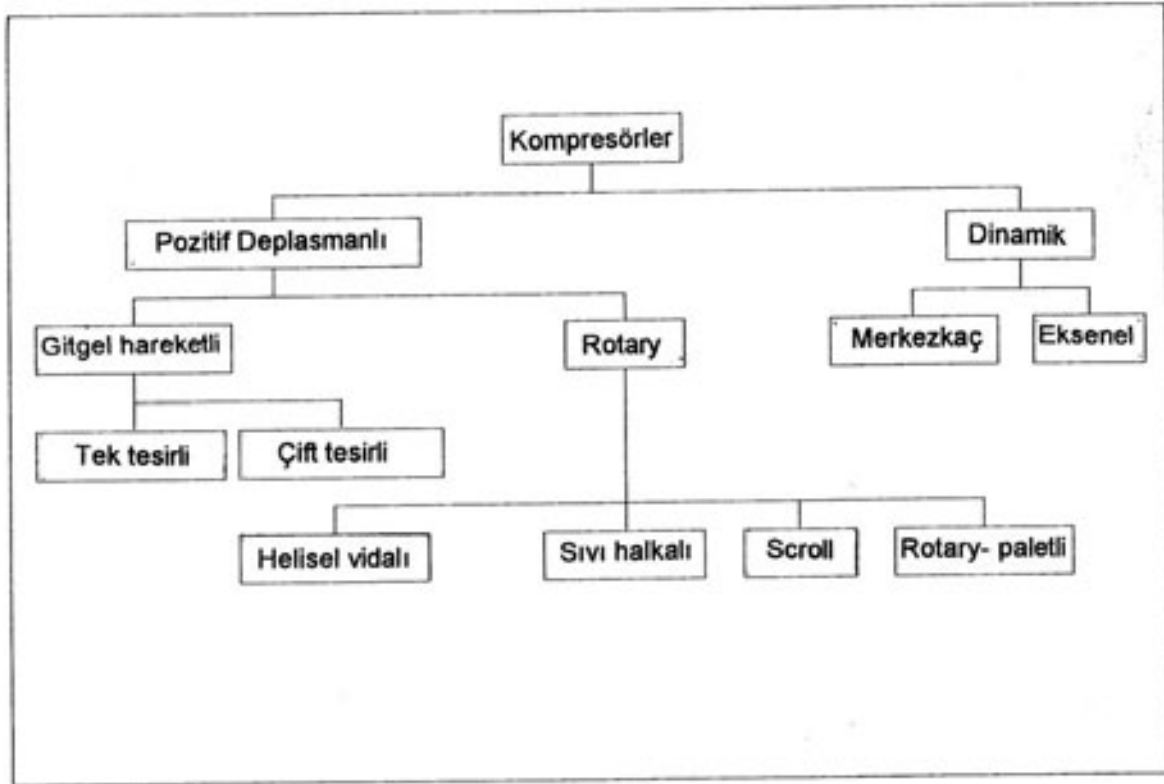
- Günümüzde elektrik panolarının soğutulmasında basınçlı hava kullanan vorteks tüpleri yerine mini klimalar veya ısı borulu soğutucular tercih edilmektedir.
- Vakumu doğrudan doğruya sağlayarak, bir venturi borusundan bh'nın boşaltılması önenebilir,
- Soğutma, emme, karıştırma, öteleme, ambalajlama işlerinde bir blowerin sağladığı alçak basınçlı hava çok yerde yeterlidir.
- İmalattaki parçaları temizlemek ve döküntüleri atmak için bh yerine fırça, vakum, süpürge gibi unsurlardan faydalanılabilir,
- Parçaları hareket ettirmek için bh üfletmek yerine, vibrasyon, elektrikli aktüatörler, hidrolik düzenler kullanılabilir, İzmir'deki büyük bir bağlama elemanları fabrikasında, tezgahtan çıkan mamul maddeler bh ile öteleniyorken vibrasyonla ötelemeye geçilmiş ve 30 m3/dak'lık bh tasarrufu sağlanmıştır.
- Regülatörsüz kullanıcılar gözden geçirilmelidir. Çünkü, kullanıcılara, genellikle dağıtım borusundaki basınçtan daha düşük basınçlar gereklidir. Önceden basınç düşürülmekle, özgül hacim artışı sayesinde sarfiyat azalmaktadır
- Aslında bu konular seri üretim bandı tasarımı yapanlarla tesisat mühendisleri arasında iletişimle çözümlenmelidir.

3. BASINÇLI HAVANIN ÜRETİMİ VE ŞARTLANDIRILMASI

3.1. KOMPRESÖR SEÇİMİ

Basınçlı hava sisteminde, uygun kompresör tipinin seçilmesi önemlidir. Tip seçiminde sırasıyla debi, basınç ve debi kontrolü prensibi göz önünde bulundurulmalıdır. Büyük tesisler 365 gün 24 saat; orta işletmeler 6-7 gün 24 saat, vardiyalı çalışmayan işletmeler ise günlük mesai saatlerinde çalışırlar. İlk planlamada bu husus dikkate alınmalıdır.

Çalışma prensibi bakımından kompresörler gidip-gelme hareketli ve dinamik olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar. Şekil 1'de kompresörlerin basitleştirilmiş sınıflandırılma şeması görülmektedir.



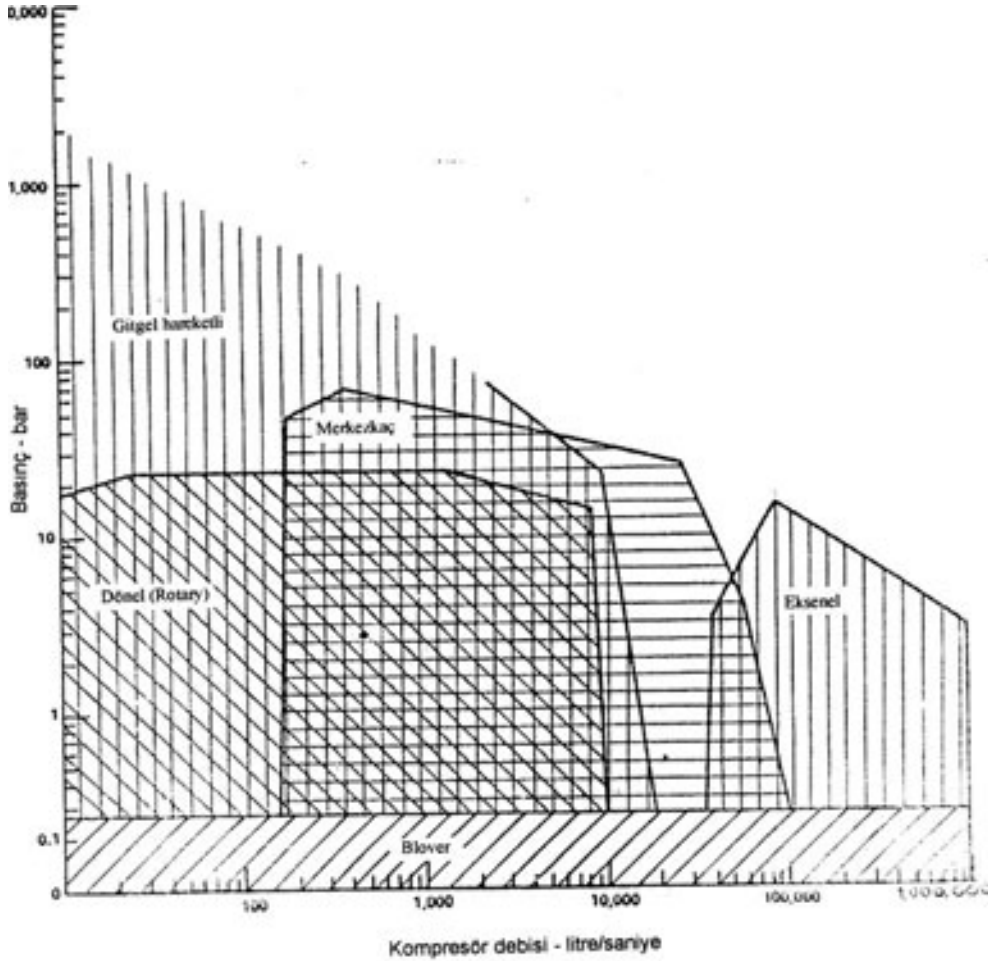
Şekil 1. Bh kompresörlerinin genel sınıflaması

Şekil 2'de basınç ve debi aralığına göre kompresör ana tiplerinin optimum kullanım aralıkları belirtilmiştir. Yüksek basınçlarda git-gel hareketli (pistonlu) kompresörler, düşük basınçlarda loplü bloverler, büyük debi ve orta basınçlarda dinamik (eksenel veya merkezkaç) kompresörler daha rasyoneldirler. Çok kademeli (multistage) kompresörlerle alçak basınç / yüksek debiler sağlanır.

3.1.1. YAĞLI VE/VEYA YAĞSIZ KOMPRESÖRLERİN TERCİH KRİTERLERİ

Bir tank üzerine monte edilmiş pistonlu kompresörler yanında bugün aynı şekilde vidalı kompresörler de yaygınlaşmaktadır. Küçük işletmelerde yağlanan kompresör ve kurutucu-yağ filtreleri kombinasyonları sanayi tesislerinde ilk yatırım açısından ekonomik bir çözümdür. Günümüzde dalgıç-hastahane solunum havası temininde etkin filtrelerle 1. sınıf hava sağlanabilmektedir. Bilhassa gıda ve ilaç sanayiinde küçük ve orta kapasiteler için yağsız pistonlu kompresörler tercih edilmektedir.

Daha büyük kapasiteler için yağsız vidalı kompresörler mevcuttur. Tablo 5'te çeşitli tipteki kompresörlerin kapasite ve verim aralıkları görülmektedir. 2.5-2250 l/s aralığındaki pistonlu kompresörler genellikle tek tesirli-yağlı tiptendir. Bu kapasite aralığında teflon veya karbon yataklamalı yağsız kompresörler de



Şekil 2. Debi-basınç aralığına göre kompresör ana tiplerinin kullanım alanları

mevcut bulunmaktadır. 250-1000 l/s aralığındaki pistonlu kompresörler çift tesirli ve su soğutmalıdır. Yağlamalı veya yağlamasız olabilirler. Bu kompresörler emme süpabına kumanda yoluyla kısmi kapasitelerde iyi bir enerji verimliliği ile çalıştırılabilmektedir.

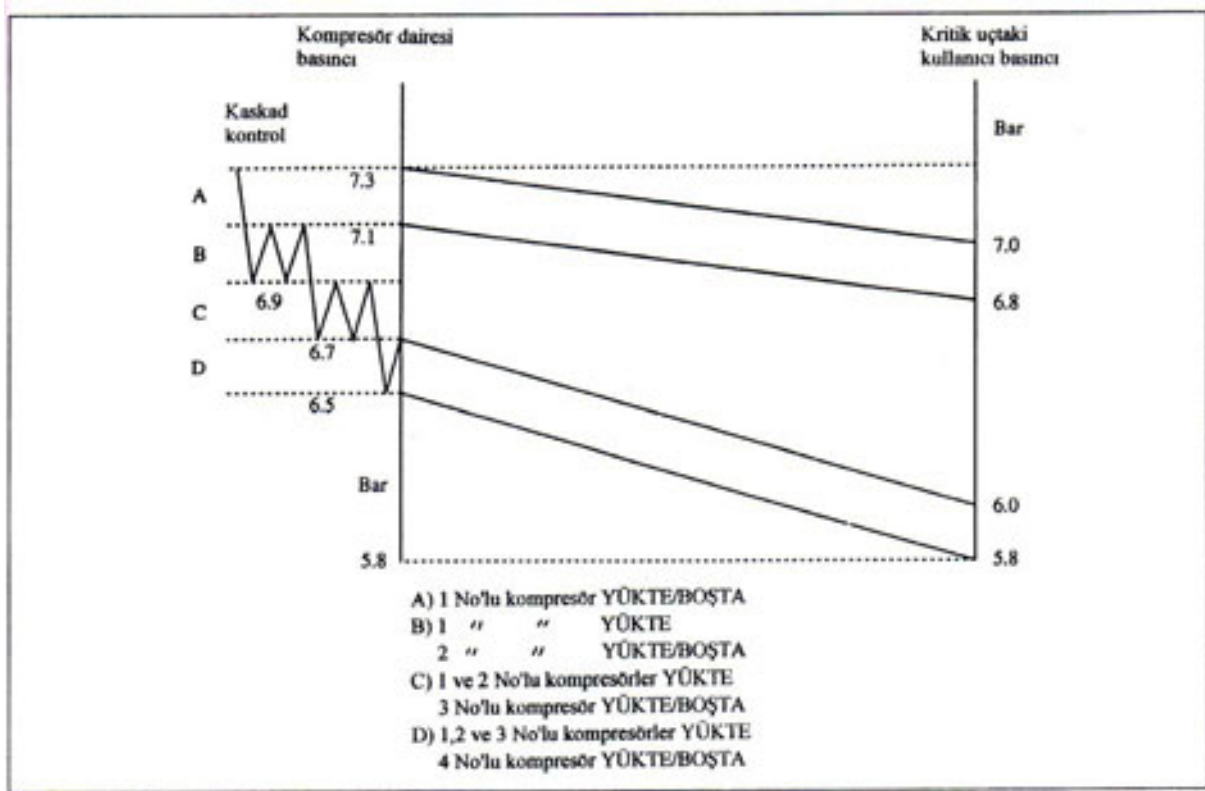
En yaygın vidalı kompresör tipi iki helisel vidalı, yağlamalı olanlardır. Kapasite aralıkları 2.2 – 450 kW (3-600 BG) olup; hava veya su soğutmalı tipleri mevcuttur. Bilhassa su soğutmalı olanlarda ısı geri kazanma işi daha kolaydır. 2.5 – 250 l/s aralığında yağlamalı – paletli rotary ve vidalı kompresörler yaygın ve ekonomiktirler. 250-1000 l/s aralığında yağlamalı vidalı gruplar kullanılmaktadır. Yağsız ve kaliteli bir gereksinimi her iki tipte de (yağlamalı ve yağlamasız) sağlanabilir. Ancak enerji kullanımı açısından ikinciler daha avantajlıdır. Çünkü yağı filtrelemenin de bir enerji maliyeti vardır. Eklenen filtreler bir şebekesinde daha fazla basınç kayıplarına neden olurlar. Bu bakımdan yağsız kompresörler yağlamalı tiplere nazaran, daha düşük karşı basınçlarla çalıştırılabilirler.

3.1.2. KOMPRESÖRLERDE ETKİN KAPASİTE KONTROLÜ

Bir bh sisteminde enerjinin büyük bir kısmını kullanan kompresörlerin enerji bilinçli olarak seçildiği bir örneği elde edilen avantajları belirterek tanıtmak konunun anlaşılması açısından faydalı olacaktır:

Günümüzde en yaygın olarak kullanılan helisel vidalı kompresörlerle meydana getirilen bir kompresör dairesinde kompresör bataryasının kullandığı enerjinin değişken bh sarfiyatında en düşük düzeyde gerçekleşmesi Şekil 3'te verilen "kaskad basınç kontrolü" düzeni ile sağlanmaktadır. Şekil 3'te 4 kompresörlü bir bataryaya ait kompresörlerin çalış-dur kumandası basınç aralıkları ve değişken sarfiyat debilerine göre basıncın dalgalanması görülmektedir.

Basıncı hava sisteminde harcanan enerjinin en büyük kısmı kompresörler tarafından kullanılmaktadır. Bu nedenle öncelikle seçilen kompresörlerin özgül enerji sarfiyatı (J/l) ve kısmi yükte enerji harcama karakteri önem taşımaktadır. 5 numaralı tabloda çeşitli kompresör tiplerinin özgül enerji sarfiyatları ve kısmi yük verimlilikleri verilmektedir.



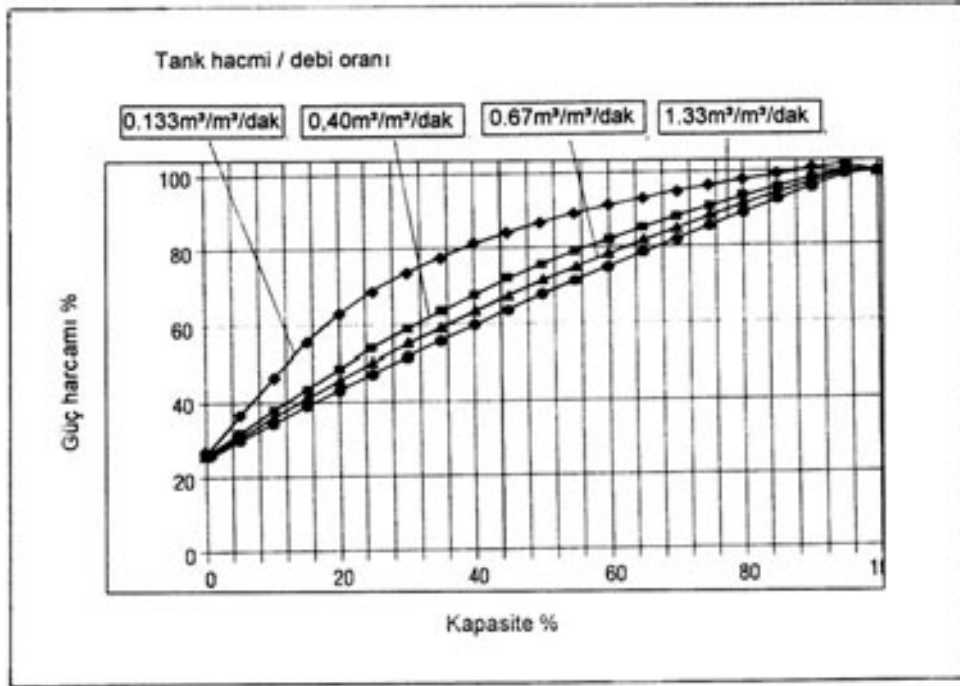
Şekil 4. Dört adet vidalı kompresörlü bir bh sisteminde değişken debilerde kaskad kontrol düzeni.[3]

Tablo 5. Kompresör türlerine göre özgül enerji ve kısmi yükte çalışma verimlerinin durumu [3]

Cinsi	Kapasite (l/s)	Özgül Enerji (J/l)*	Kısmi yükte verim**
Yağlamalı pistonlu	2-25	510	İyi
	25-250	425	İyi
	250-1000	361	Çok iyi
Yağlamasız pistonlu	2-25	552	İyi
	25-250	467	İyi
	250-1000	404	Çok iyi
Yağlamalı paletli/vidalı	2-25	510	Kötü
	25-250	446	Orta
	250-1000	404	Orta
Yağlamasız dişli rotor/vidalı	25-250	429	İyi
	250-1000	382	İyi
	1000-2000	382	İyi
Yağlamasız merkezkaç	250-1000	446	İyi
	1000-2000	382	Çok iyi
	2000'den fazla	361	Çok iyi

3.2. BH TANKI HACİM VE YER SEÇİMİ

Bh sisteminin depolaması gereken bh miktarı enerji ekonomisi açısından çok önemlidir. Nisbeten çok yaygın olmayan sistemlerde, boru iç hacimleri toplamı küçüktür ve bh tankının hacmi büyük bir önem arzeder. Tek kompresör-tek tank ve dur-çalış sistemli küçük sistemlerde pratikte her 100 l/dak kompresör debisi için 20-50 litre tank hacmi ön görülür. Tank hacminin büyük olması, çalış-dur kontrolü altında çalışan kompresörlerin enerji sarfiyatının azalmasına yarar. Ayrıca, sistemdeki basınç dalgalanmaları yavaşlar. Böylece kompresörlerin sık sık devreye girip çıkmaları önlenmiş olur. Bu da hem elektrik motorlarının aşırı ısınmalarını hem de yol verme kayıplarını önler. (Şekil 5) Büyük sistemlerde rezerve tank hacmi ne kadar büyük ise, kompresörlerin boşta çalışarak bekleme süreleri o kadar kısaltılabilir ve ek bir tasarruf imkanı doğar.

**Şekil 5.** Helisel yağlı-vidalı kompresörlerin çalış-dur düzenli kapasite kontrolü durumunda tank hacminin güç sarfiyatına etkisi [4]

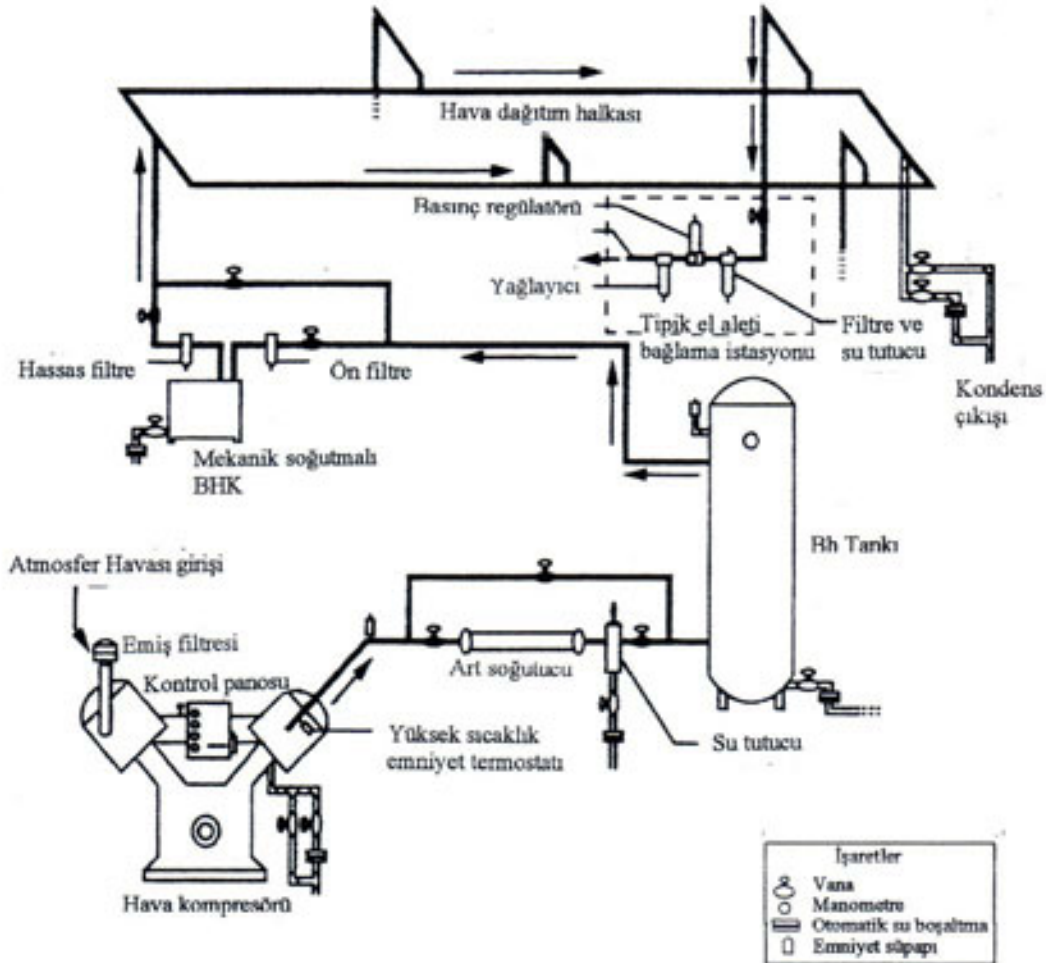
Bh tankları genelde Şekil 6'da görüldüğü gibi, kompresör ve art soğutucudan hemen sonraya koyulur. Günümüzde soğutma suyu temini ve işletmesi zorlaştığından, genellikle hava soğutmalı art soğutucular tercih edilmektedir. Bh, vidalı kompresör art soğutucularından ortam sıcaklığından 15-20 C yüksek bir sıcaklıkta çıkar. Isısının bir kısmını da bh tankında radyasyon ve konveksiyon yolu ile ortama verir. Bu esnada bir miktar daha soğuk ve nem (kondensat) ayrılır. Bazı işletmelerde bh tankı kurutucudan sonra koyulabildiği gibi, hem kurutucudan evvel hem de sonra bh tankı koyulabilir. [2]

Bh sisteminde kullanım debisinin ani artışlarla kompresör debisinin üzerine geçmesi halinde; bh kurutucu geçici süreler için yetersiz kalabilir. Bu gibi durumlarda termal volanlı bh kurutucular tercih edilmeli, veya kurutucudan sonra yeterli büyüklükte ikinci bir kuru bh tankı ilave edilmelidir.[2] İkinci tankın ani kullanım bölgesine yakın koyulması sistemin geri kalan bölgelerindeki dalgalanmaları önler.

Büyük bh tesisatında bh tankı hacmi her bir kompresör debisi ve kontrol şekline göre tayin edilmelidir. Burada en önemli husus, yukarıda da belirtildiği gibi; kompresörlerin boşta çalışma sürelerinin değişik kullanım debilerinde mümkün mertebe düşük tutulmasıdır.

3.3. BASINÇLI HAVA KURUTUCULAR VE FİLTRELER

Günümüzün bh tesisatlarında olmazsa olmaz unsurlardan olan kurutucu ve filtreler şebekede bir miktar basınç kaybına neden olduklarından; kompresörlerin bu kaybı karşılayacak kadar daha yüksek bir basınçta çalıştırılmaları gereklidir. Nominal kapasite ile çalışan bir kurutucu için müsaade edilen basınç kaybı, işletme basıncının % 2.5'ü (8 bar a için 0.2 bar) mertebesindedir. Filtreler için, içindeki

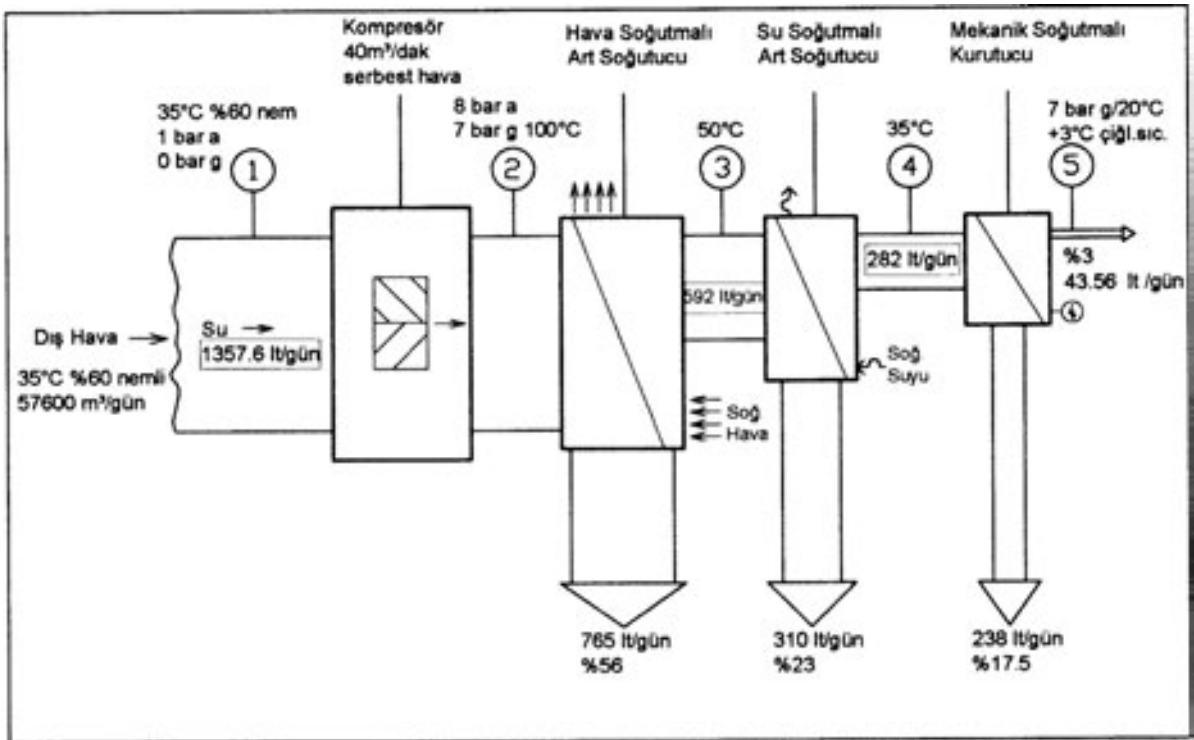


Şekil 6. Basınçlı Hava tesisatının ana kısımları.

eleman (kartuş) yeni iken, nominal kapasitede basınç kaybı % 1 ila 2' dir. Kullanım süresince süzücü tabakanın katı partiküller tarafından kısmen tıkanması nedeniyle eleman içinde basınç kaybı artar. Filtre elemanları 0.7 bar basınç farkına kadar yırtılmaya karşı dayanıklı olmakla beraber, enerjinin boşa harcanmasını önlemek için filtre üzerinde bulunan tıkanma göstergesinden elemanın tıkanma durumu izlenmelidir. Bu bakımdan, filtrelerin tesisat nominal debisine göre (en az bir çap) büyük seçilmeleri tavsiye edilir.

Enerji sarfiyatı açısından mekanik soğutmalı basınçlı hava kurutucular, kompresörlere göre önemsiz miktarda güç tüketirler. Bununla beraber, küçük ve orta boy işletmelerde (10-15 m³/dak'ya kadar debilerde) kullanılan çalış-dur prensibine göre çalışan termal volanlı basınçlı hava kurutucular, aynı kapasitelerdeki sıcak gaz baypas kontrollü basınçlı hava kurutuculara karşı enerji sarfiyatı açısından oldukça avantajlıdır. Bunlarda, mekanik soğutma makinesinin performans katsayısı (COP) daima yüksek bir değerdedir. Buna karşılık sıcak gaz baypası yöntemiyle kapasite kontrolü yapılan kurutucular, bunun gerekli olduğu serin mevsimlerde ve tüketimin olmadığı sürelerde sıfır performansla nominal enerji tüketimlerine devam ederler. Bilhassa küçük işletmelerde devamlı olarak çalışması gereken baypaslı kurutucunun bağlı enerji sarfiyatı yüksektir. (Bunlar, kompresörler uzun süre dururken bile, çalışmaya devam ederler.) [2]

Kompresör tarafından emilen havanın temiz, soğuk ve düşük nemde olması; enerji sarfiyatını düşüren faktörlerdir. Maalesef bh projesi başlangıcında bu nokta dikkate alınmaz. Bizim ülkemizde kompresör dairelerinin tozsuz, serin ve rutubet kaynaklarından uzak olmasına önem verilmez. Kompresörler en dar, izbe ve tozlu yerlere yakın yerleştirilir. (Modern fabrika projeleri konunun dışında tutulacaktır) Şekil 7'deki örnekte, kompresörden çıkan basınçlı havadan; soğuduğu ortamlarda ayrılan, nem miktarı oranları görülmektedir.



Şekil 7. Hava ve su soğutmalı art soğutucular ve mekanik soğutmalı kurutucu bulunan bir bh sisteminde günlük ayrılan su miktarları (verilen donelere bağlı olarak)

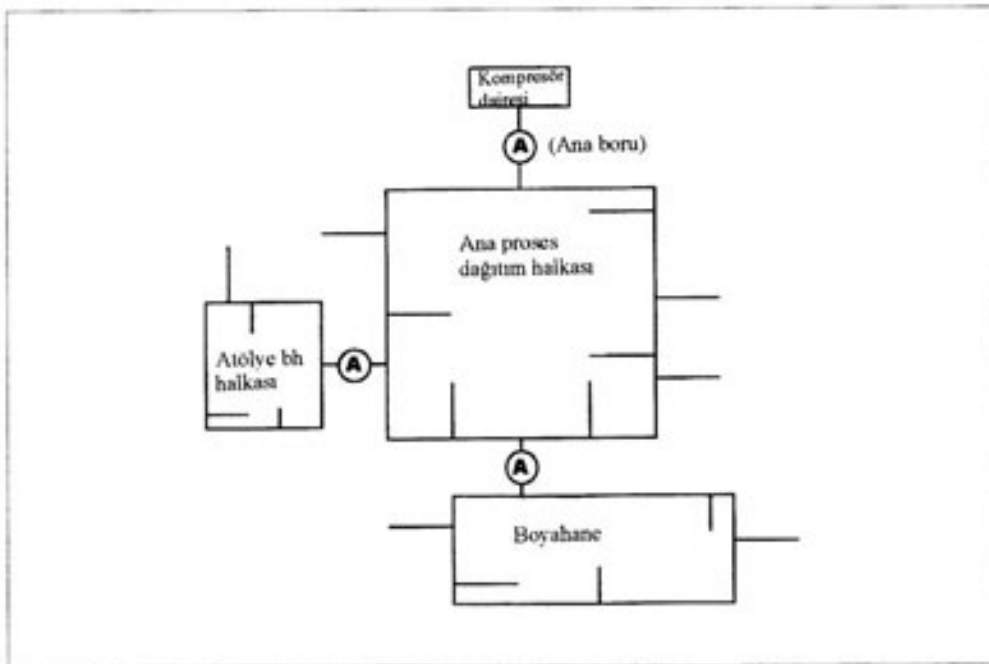
En yaygın olarak kullanılan mekanik soğutmalı bhk'lar basınç altındaki havanın çığlenme sıcaklığını $+2/+4$ °C değerine düşürebilirler. Daha kuru bh elde etmek için adsorpsiyonlu bhk'lar kullanılmaktadır. [2]. Adsorpsiyonlu bhk'lar nem çekici adsorbant içeren iki adet basınçlı kap ve bh'yi yönlendirici vanalar ile bunların kontrol ve kumandalarından meydana gelmektedir. Isıtıcısız (heatless) tiplerinde enerji kaynağı olarak basınçlı havanın bir kısmı kullanılmakta ve bunlarda -40 °C'ye varan basınç çığlenme sıcaklıkları elde edilmektedir. Isıtıcılı adsorpsiyonlu bhk'larda (abhk) ise, ısı enerjisi (elektrik,buhar,kızgın yağ) ve daha az miktarda basınçlı hava kullanılmaktadır. Buna göre adsorpsiyonlu bhk'ların kullandıkları enerji miktarı bh üretiminde kullanılan enerjinin % 30'unu bulmaktadır. Bu bakımdan daha kuru havanın sarfiyatında dikkatli ve tutumlu davranılmalı ve gereksiz işler için kullanılmamalıdır. Isıtmalı abhk larda -70 °C çığlenme sıcaklığına erişilebilmektedir.

4. BASINÇLI HAVA BORU ŞEBEKESİ

Boru şebekesinde ilerde karşılaşılabilecek iki önemli sorundan birincisi, sızıntı ve kaçakların kontrol altında tutulabilmesi; diğeri de basınç kayıplarını artırabilecek durumlardır. Bu bakımdan kontrol ve gidermeye imkan vermeyen toprak altı, döşeme altı, kanal ve dar galeriler içinden geçiş yapılmamalıdır. Borular üstten ve görülebilir şekilde döşenmeli, korozyona sebebiyet verebilecek mahallerde önlemler alınmalıdır. Genellikle 2 inçten küçük çaplarda galvanizli borular, ve kaliteli gaz dış boru bağlantıları yapılmalı ve ilk işletmeye alışta titiz bir basınç-sızdırmazlık testi yapılmalıdır. Daha büyük çaplarda boruların birbirine kaynakla bağlanması önerilir.

Nadir de olsa, bir gün sisteme nemli hava gelebileceği ve kondensatın alt kısımlarda birikerek basınç kayıplarını artırabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bunun için, boru meyillerine ve istemeden de olabilecek kondensat birikmelerine karşı, kritik noktalara su tutucular ve boşaltma vanaları muhakkak koyulmalıdır.

Çeşitli kullanıcıların zaman zaman artan sarfiyat durumlarında şebekenin uç kısımlarında basıncın fazla dalgalanmaması için; Şekil 6 ve Şekil 8'de görülen halka (ring) dağıtım prensibi uygulanmalıdır. Şekil 8'de görülen tali halkalar iyi bir çözümdür. Kompresör dairesi çıkışı ile, en uç nokta arasındaki boru basınç kayıpları 7 barg işletmesinde 0.2-0.4 bar 'dan fazla olmamalıdır. (PN /20)



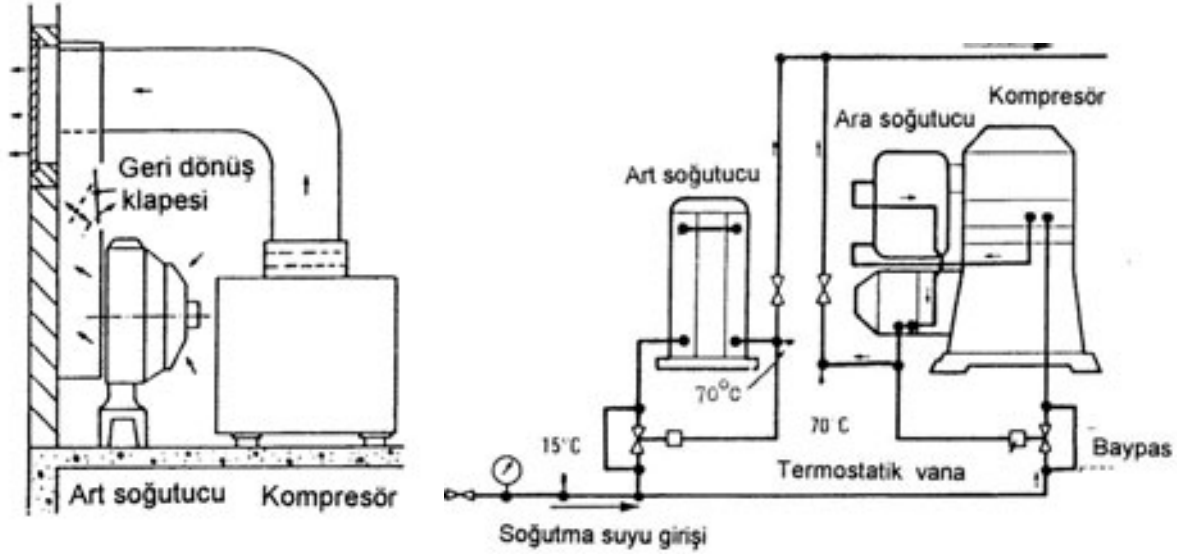
Şekil 8. Bh'nın halkalarla dağıtımına bir örnek

5. BASINÇLI HAVA SİSTEMLERİNDE ENERJİ GERİ KAZANIMI

Bh üretimi esnasında sarfedilen elektrik enerjisinin % 80 – 90 'ı ısıya dönüşür. Kompresörden çıkan sıcak hava, art soğutucular yerine, kontrol edilebilen hava-hava veya hava-su ısı eşanjörlerinden geçirilerek bu ısıdan faydalanmak mümkündür. Isıtılan hava mahal ısıtması veya kurutma işlerinde, su ise kazan besleme veya kullanma suyu olarak kullanılabilir. Tablo 6, vidalı-yağlamalı kompresörlerde faydalanılabilecek sıcak hava debileri hakkında ön fikir vermektedir. Şekil 8'de ise, basit ve pratik olarak kızgın bh'nın ısını art soğutucudan çevreye artmak yerine faydalı ısı olarak değerlendirmek hakkında iki örnek verilmiştir.

Tablo 6. Hava soğutmalı, yağlamalı, helisel vidalı hava kompresörlerinde tam yükte ısı geri kazanımı (motor verimi % 90 kabul edilmiştir)

Kapasite (l/s)	Nominal Motor Gücü (kW)	Sıcak hava debisi (l/s)	Faydalanılabilir ısı gücü (kW)
40	15	450	12
60	22	810	18
159	55	1600	45
314	110	3700	89
450	160	5600	130
585	200	8900	162
725	250	8900	203



Şekil 8. Sıcak basınçlı havanın ısından faydalanma konusunda iki örnek

SONUÇ

Su, enerji ve kirlenme sıkıntılarının yaşandığı günümüzde, geçmişin hataları gündeme sık sık gelmektedir. Konu hakkında ön bilgisi olanlar, bu yazıda işaret edilen yanlış uygulamaları daha net olarak görebileceklerdir. Burada belirtilenlerin dışında, her türlü fabrika tesislerinde olduğu gibi, basınçlı hava sistemlerinde de programlı ve sürekli bakım yapılması, kaçaklara ve arızalara imkan verilmemesi esastır. Basınçlı hava bir enerji taşıyıcıdır. Enerjinin boşa akmaması için tüm kullanıcılar dikkat etmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] ERTÖZ Ö., Pompalar ve Pompaj Sistemlerinde Enerji Verimliliği, TESKON 2005 Bildirisi
- [2] ERTAŞ E., Basıncılı Hava Kurutucular, Genel Tanıtım, TESKON 2005 Bildirisi
- [3] The Energy Research Institute Capetown, South Africa, How to Save Energy And Money in Compressed Air Systems
- [4] U.S. Department of Energy, Improving Compressed Air System Performance, A Sourcebook for Industry

ÖZGEÇMİŞ

Erol ERTAŞ

1937 yılı Balıkesir doğumludur. 1960 yılında İTÜ Makine Fakültesini bitirmiştir. 1960-1964 yıllarında T.U. Berlin'de soğutma ve proses tekniği, 1964-1966 yıllarında Et ve Balık Kurumu Genel Müdürlüğünde Soğuk depo ve Et Kombinaları konularında çalışmıştır. Vatani görevini tamamladığı İzmir'de 1968 sonunda DMMA Makine Mühendisliği Bölümüne asistan olarak katılmış, devamında sırasıyla Ege Üniversitesi Makine Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Denizli DMMA' da 1982 yılına kadar Isı Transferi, Termik Türbomakinalar, Soğutma Makinaları, vb. konularında öğretim görevliliği yapmıştır. 1978 yılında Ege Üniversitesi'nden Dr. Müh. ünvanını almıştır.. 1982 yılından bu güne, kurucu ortağı olduğu Pnöso Pnömatik ve Soğutma Sanayii Ltd. Şti.'nde sanayici olarak çalışmalarını sürdürmektedir.