

Basınçlı Hava Sistemlerinde Enerji Verimliliği: Bir Çelik Fabrikasının Basınçlı Hava Denetleme Çalışması

M. Altuğ KARATAŞ

Abstract:

Industrial plants started to revise their energy expenses and energy management strategies in order to survive through the increasing competition due to the globalization of the world economy and the diminishing resources. Energy efficiency is decreasing the energy consumption per unit production without compromising the necessities and quality. Energy efficiency is essential for air compressor systems since the energy is densely consumed in these systems. This article investigates the energy efficiency on air compressor systems through the case of a steel factory; air consumption in various points and how efficiently the compressed air is used are inspected; enhancements for the air compressor system and energy conservation recommendations are made.

ÖZET

Günümüzde küreselleşen ekonomi ile artan rekabet şartları endüstriyel işletmeleri "Enerji Maliyetleri"ni gözden geçirmeye zorlamaktadır. Enerji verimliliği, gerekliliklerden ve kaliteden ödün vermeden ürün başına tüketilen enerji maliyetinin azaltılmasıdır. Basınçlı hava sistemleri enerji tüketimi çok yoğun sistemler oldukları için verimlilik çok önemlidir. Bu makalede bir çelik fabrikasındaki basınçlı hava sisteminin verimliliği konusundaki ölçümler sonucunda; havanın hangi noktalarda, ne miktarda ve nasıl tüketildiği incelenmiş, yapılabilecek iyileştirmeler ve enerji tasarruf olanakları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji Verimliliği, Basınçlı Hava Kompresörleri, Enerji Tasarrufu

1. GİRİŞ

Günümüzde küreselleşen ekonomi ile artan rekabet şartları endüstriyel işletmeleri "Enerji Maliyetleri"ni gözden geçirmeye zorlamaktadır. Artan yakıt fiyatları ve yüksek enerji maliyetleri ve bu konuda yükselen bilincin sonucu olarak işletmeler, boşa yakıt tüketme lüksüne sahip olmadıklarının bilincindedirler.

Enerji tasarrufu kullanılan enerji miktarının değil, gerekliliklerden ve kaliteden ödün vermeden ürün başına tüketilen enerjinin azaltılmasıdır. Enerji tasarrufu, enerjinin gereksiz kullanım sahalarını belirlemek ve israfı asgari düzeye indirmek veya tamamen ortadan kaldırmak için alınan önlemler bütünüdür. Bu doğrultuda işletmelerin enerji tasarrufu çalışmalarına başlamadan önce mevcut durumlarının tespiti için enerji denetleme çalışması yaptırması ve analitik ölçümler ile doğru analizler sonucu enerji politikalarına yön vermeleri gerekmektedir.

Enerjinin akıllıca kullanılması ve kayıpların en aza indirilmesiyle üretici konumundaki sanayi tesisleri ya da endüstriyel işletmeler aynı

Key Words:

Energy Efficiency, Air Compressor Systems, Energy Conservation

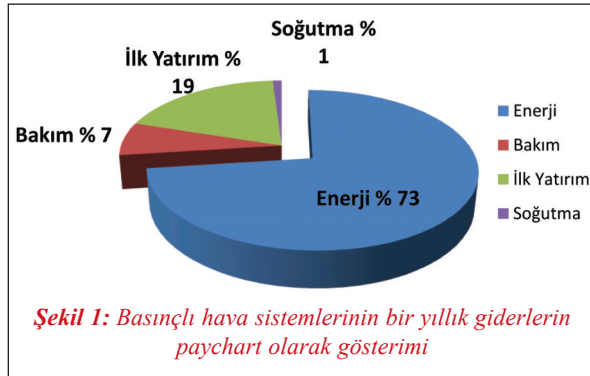
Makale

miktardaki mal veya hizmetleri daha az enerji ile üretecek veya aynı miktarda enerji ile daha fazla mal ve hizmet üreterek, ulusal ve uluslararası alanda rekabet gücünü arttıracaktır.

Bu makalede bir çelik fabrikasındaki basınçlı hava sisteminin verimliliği konusundaki ölçümler sonucunda; havanın hangi noktalarda, ne miktarda ve nasıl tüketildiği incelenmiş, yapılabilecek iyileştirmeler ve enerji tasarruf olanakları belirlenmiştir.

2. BASINÇLI HAVA SİSTEMLERİ

Basınçlı hava uygun, güvenli ve emniyetli olduğu için, bir güç kaynağı olarak kontrol vanalarında, hava motorlarında, temizleme amaçlı olarak hava tabancalarında ve daha birçok yerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Basınçlı hava sistemlerinin güç/ağırlık oranı düşüktür ve güç yoğunluğu yüksektir. Patlamalara ve aşırı yüke karşı dayanıklı olmaları, sıcaklık, nem, toz ve elektromanyetik gürültü gibi unsurlardan etkilenmemeleri, bakımlarının kolay olması ve uzak mesafelere taşınabilir olmaları dolayısıyla birçok işletme tarafından tercih edilmektedir.



Şekil 1: Basınçlı hava sistemlerinin bir yıllık giderlerin paychart olarak gösterimi

Birçok avantaja sahip olması nedeniyle, basınçlı havanın yüksek maliyetli bir güç kaynağı olduğu gerçeği sık sık gözden kaçırılır. Basınçlı hava sistemleri enerji tüketimi oldukça yoğun sistemlerdir. Basınçlı havanın maliyeti elektrik fiyatlarından 7-10 misli daha fazladır. Şekil 1'de de görüldüğü gibi maliyetlerinin oldukça büyük bir kısmını enerji tüketimi oluşturur. Bu nedenle, işletmenin basınçlı hava sistemine gerçekten ihtiyacı olduğundan emin olunmalı ve gerekli hesaplamalar ve ekonomik analizler

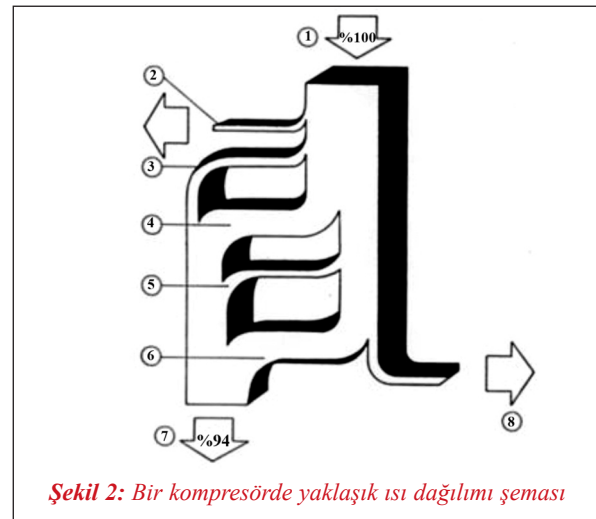
yapıldıktan sonra sistemin kurulup kurulmamasına karar verilmelidir.

Basınçlı hava üretmek için kullanılan aletlere kompresör denir. Kompresörler atmosferden aldıkları havayı sıkıştırarak basıncını arttırlar. İşletme kullanım alanı ve amacına yönelik en uygun kompresörü seçmelidir. Kompresör seçiminde dikkat edilmesi gereken en önemli unsur kompresörün harcadığı enerji ve buna karşılık vermiş olduğu hava debisidir. Başka bir deyişle, birim hacim havayı belli bir basınca en az enerji harcayarak getirebilme yani verimlilik dikkate alınmalıdır. Bunun en doğru şekilde hesaplanabilmesi için de kapasite, çalışma basıncı ve istenen hava kalitesinin doğru tespit edilmesi çok önemlidir.

3. BASINÇLI HAVA SİSTEMLERİNDE VERİMLİLİK

Basınçlı hava sistemleri enerji tüketimi çok yoğun sistemler oldukları için verimlilik çok önemlidir. En uygun koşullarda bile, kompresörlere verilen enerjinin oldukça büyük bir bölümü ziya edilir. Bu atık enerjiyi faydalı enerjiye dönüştürmenin yolları aranmalı ve basınçlı hava sistemi olabilecek en verimli şekilde tasarlanmalıdır.

Hava sıkıştırıldığında ısı oluşur. Isı enerjisi sıkıştırılmış hacim içerisinde kalmakta ve basınçlı hava boru hattına gönderilmeden önce bu ısının fazlası uzaklaştırılmaktadır. Aşağıda harcanan günü dağılımını görebilirsiniz;



Şekil 2: Bir kompresörde yaklaşık ısı dağılımı şeması

1. Elektrik motorundan şafta verilen güç	%100
2. Radyasyon kayıpları	%4
3. Alçak basınç kademesinden ısı geri kazanımı	%4
4. Ara soğutucudan ısı geri kazanımı	%43
5. Yüksek basınç kademesinden ısı geri kazanımı	%4
6. Son soğutucudan ısı geri kazanımı	%43
7. Teorik olarak geri kazanılabilen ısı	%94
8. Basınçlı havada kalan ısı	%6

Avrupa Birliği ülkelerinin basınçlı hava sistemlerinde ekonomik ve teknik açıdan uygulanabilir tasarruf miktarı %32,9'dur. Ekipmanların daha düşük basınçlarda çalıştırılabildiği yerlerde elektrik enerjisinden tasarruf elde etmek mümkündür. Bu durumda kompresörün maksimum basınç değerindeki azalmaya karşılık güç tüketiminden tasarruf sağlanacaktır. İşletmede bir tek uygulama için daha yüksek basınçlara ihtiyaç duyulursa, sistemi daha düşük hava basıncında işletebilmek için yüksek basınca ihtiyaç gösteren hava tüketim elemanını düşük basınç ile çalışabilen bir ekipman ile değiştirmek daha ekonomik olacaktır. Hatta, bu tür bir değişiklik yapılmıyorsa, bu ekipman için küçük ve basıncı yüksek bir lokal kompresör uygulaması yapmak elverişlidir. Ayrıca işletme basıncı ne kadar düşürülür ise hava dağıtım hattındaki kaçaklardan oluşacak kayıplar da o oranda azalacaktır. Basınçlı hava sistemindeki kaçakların önlenmesi enerji tasarrufu için önemli bir fırsattır. Kaçaklar çoğunlukla emniyet valfleri, boru ve hortum bağlantı yerleri, kesici valfler, yol verme kaplinleri ve pnömatik aletlerde meydana gelir.

Kaçakların asıl oluşma nedeni uygun olmayan tesisattan ziyade yetersiz ve eksik bakımdan kaynaklanır.

Basınçlı hava kompresörlerinde atık ısıdan geri kazanım yapmak mümkündür. Kompresör tarafından kullanılan enerjinin % 94 ısı enerjisine dönüştürülür. Enerji tasarrufu potansiyelinin en yüksek olduğu kısımlar ara ve son soğutucu kısımlarıdır. Son soğutucu tarafından alınan ısı, basınçlı havadan nemi uzaklaştırırken ara soğutucu tarafından alınan ısı, sıkıştırma verimliliğini artırır. Kompresörden atılan sıcak havadan enerji geri kazanım uygulaması (su veya ortam ısıtması gibi) yapılabilir. Ayrıca, kompresör verimini artırmak için giriş havasının mümkün olduğunca soğuk, temiz ve kuru olması gerekmektedir. Bu nedenle binanın kuzey yönünde ve yağmurdan korunmuş bir hava girişi tercih edilmelidir. Giriş sıcaklığındaki her 5 °C'lik düşme enerji tüketiminde % 2 azalmaya neden olur.

4. BASINÇLI HAVA SİSTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu makalede incelenecek olan çelik fabrikasında üç adet kompresör dairesi bulunmaktadır.

4.1. Elektriksel Değerlendirmeler

AC ve DC sürücüler, UPS sistemleri ve rektifier gibi tüm yarı iletken teknolojiye sahip ekipmanlar yüksek miktar ve frekansta harmonik adı verilen akımlar üretirler. Harmoniklerin temel zararları şu şekilde özetlenebilir;



Şekil 3: AB normlarına göre uygulanabilir tasarruf noktaları

Makale**Tablo 1: Fabrikanın hava kompresörlerinin bilgileri**

	Kompresör Dairesi 1		Kompresör Dairesi 2	Kompresör Dairesi 3
	5 ve 6 Nolu Kompresörler	7 Nolu Kompresör	1,2 ve 3 Nolu Kompresörler	8 Nolu Kompresör
Giriş Gücü (kW)	110	110	43	132
Devir (devir/dk)	1485	1485	1485	1485
Frekans Konvertörü	Var	Yok	Yok	Yok
Maksimum İşletme Basıncı (bar)	7,5	7,5	7,5	7,5
Set Basıncı (bar)	6,4	6,4	5,8	6,4
Debi (m ³ /h)	1200	1200	360	1260
Tank Hacmi	2 m ³ x 2 adet		1m ³ x 3 adet	2 m ³ x 1 adet

- Kondansatörlerin aşırı yüklenmesine ve ömürlünün azalmasına ve hatta yangınlara neden olmaktadır, dağıtım sistemlerinde aşırı yüklenmelere ve hızlı yaşlanmalara neden olur,
- Röle, kesici ve sigortaların hatalı çalışmasına, gereksiz açma yapmasına neden olmaktadır,
- Sayaçlarda ölçüm hatalarına, haberleşme hatlarında gürültülere ve elektronik kartların arızalanmasına neden olurlar,
- Harmonik kirlilik dijital sayaçlarda reaktif güç gibi görülmektedir, yani kayıplar yaratmaktadır, reaktif enerji ceza bedeli ödeme riski oluşur,
- Motor, jeneratör ve iletkenlerde harmonik bileşenden dolayı akımın artmasına bu da kayıplara sebep olup cihazların ve iletkenlerin ısınmasına neden olup ömürlerini kısaltır.

Bu çalışmada enerji analizörü ile yapılan ölçümler sonucunda 5, 6, 8' nolu kompresörler ve kompresör ana panosunda yük değişimine bağlı bir gerilim dalgalanması bulunmamakla beraber kompresörlerin sürekli tam yükte çalıştığı gözlemlenmiştir. Gerilim ve Akım harmonik değerleri yüksek bulunmuş ve

Tablo 2: Basıncı hava kaçakları

Basıncı (bar)	Değişik çaptaki deliklerde (m ³ /h) meydana gelen hava kaçakları						
	0,5 mm	1 mm	2 mm	3 mm	5 mm	10 mm	12,5 mm
0,5	0,22	0,79	3,31	7,56	20,52	82,08	127,8
1,0	0,29	1,19	4,79	10,8	30,24	120,96	189
2,5	0,50	2,09	8,39	19,8	52,56	210,96	329,04
5,0	0,9	3,49	14,11	31,68	87,84	351	547,2
7,0	1,19	4,72	18,68	41,76	117	464,4	727,2

kompresöre lokal filtre uygulanması önerilmiştir. Bu şekilde kompresörün frekans sürücüsünün ürettiği harmonik frekanslar işletmeye dağılmayacak, elektronik kartlara, haberleşmeye ve elektrik sistemlerine zarar vermeyecektir.

4.2. Basıncı Hava Kaçaklarının Tespiti

Basıncı hava sistemindeki kaçakların önlenmesi enerji tasarrufu için önemli bir fırsattır. Kaçaklar çoğunlukla emniyet valfleri, boru ve hortum bağlantı yerleri, kesici valfler, yol verme kaplinleri ve pnömatik aletlerde meydana gelir. Kaçakların asıl oluşma nedeni uygun olmayan tesisattan ziyade yetersiz ve eksik bakımdan kaynaklanır. Aşağıdaki tabloda değişik çaptaki deliklerde gözlemlenen hava kaçakları görülebilir:

Yapılan incelemeler sonucunda çalışmanın yapıldığı çelik fabrikasında 72 noktada hava kaçağı tespit edilmiştir. Bu hava kaçaklarının olduğu noktalar genellikle makine bağlantı noktaları, vana bağlantı noktaları ve dirseklerdir. Bu noktaların yanı sıra ayırıcı drenaj, fan girişi, motor içi ve motor filtre bağlantı noktalarında da hava kaçakları mevcuttur.

110 kW gücündeki bir kompresör 1198,8 m³/h hava üretmektedir. Çalışmadaki işletmede kompresör dairesi ana panosunda yapılan ölçümlerde tesisin basıncı hava ihtiyacının olmadığı bir durumda kompresörlerin ortalama 95 kW güçte çalıştıkları tespit edilmiştir. 95 kW'lık kompresör **1030,97 m³/h** basıncı

hava üretmektedir. Toplam basıncı hava kapasitesinin %17'si hava kaçağı olarak kaybedilmektedir. Bu bulgular sonucunda kompresörlerden birinin basıncı hava kaçaklarına çalıştığı sonucunu çıkarmak mümkündür. Tesis yılda 7500

saat çalıştığı takdirde bu kaçakların sebep olduğu kayıp yılda yaklaşık 70.000 USD civarındadır.

4.3. Tesis Kompresör debi ve basınç kontrolü

İşletme basıncının, en yüksek basınçta hava tüketen makinenin basınç değerinin 0,5 bar üstünde seçilmesi uygundur.

Tablo 3'den görülebileceği gibi hız sürücülü 5 numaralı kompresör ölçüm esnasında sürekli minimum hızda çalışmıştır. Diğer kompresörler ise tam yükte çalışmıştır. Sonuç olarak, toplam üretilen debi değeri 4404 m³/h bu çalışmadaki fabrikanın basınçlı hava tüketimi olarak alınabilir.

4.4. Basınçlı Hava Deposu Yerleşim ve Bağlantı Kontrolü

Bu çalışmadaki çelik fabrikasında yapmış olduğumuz incelemelerde toplam basınçlı hava tüketimi ve mevcut basınçlı hava depolarının hacimleri hesaplandığında basınçlı hava depolarının hacimlerinin yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple sistemin hava ihtiyacını karşılamak için basınçlı hava depolarının kapasitelerinin artırılması gerekmektedir.

Yeni konulacak basınçlı hava depolarının hacimleri aşağıdaki gibi hesaplanacaktır:

Ana formül; $V = 9,375 \times Q$

Burada; $Q =$ Kompresör debisi (m³/h)

$V =$ Depo hacmi (m³) olarak alınacaktır

(Tablo 4).

4.5. Kompresör Odası Havalandırma Kontrolü

Bir kompresör çalışırken değişik noktalardan ortama ısı yayılır. Hava soğutmalı kompresörlerde elektrik

motorunun tükettiği elektrik enerjisinin %100'ü, su soğutmalı kompresörlerde %90'ı ısı enerjisi olarak yayılmaktadır. Bunların dışında, kompresör elemanlarından radyasyonla yayılan ısı, hava soğutucusundan açığa çıkan ısı, elektrik motorundaki kayıp karşılığı ısı söz konusu edilebilir.

Kompresör odası sıcaklığının 35-38°C'yi geçmemesi uygun görülmektedir. Genel olarak bu değerler ortam sıcaklığının yaklaşık 10°C ısınması anlamına gelir. Bu ısıyı alması için gereken hava debisi;

$V = G / 1,2$ (m³/h) olarak bulunur.

$G = Q_k / C_p \times \Delta t$

$Q_k =$ Toplam Açığa Çıkan Isı (kW)

$G =$ Hava kütlesi

$C_p =$ Havanın ısınma ısısı (kWh/kg.°C) $2,8 \times 10^{-4}$ kWh/kg.°C

$\Delta t =$ Sıcaklık farkı (°C)

Toplam açığa çıkan ısı;

- Kompresör mil gücünün %94'ü

- Motor ile mil gücü arasındaki fark

- Hava soğutucusunun ortama yaydığı ısı gücü

Kompresör motor gücü = 110 kW

Mil gücü = 102 kW

Hava soğutucusu = 10 kW

Sıcaklık farkı = 10 °C

Hesaplama yapılırsa;

$Q = 0,94 \times 110 \text{ kW} + (110-102) \text{ kW} + 10 \text{ kW} = 121,4 \text{ kW}$

$G = 121,4 / 2,8 \times 10^{-4} \times 10 = 43357,1 \text{ kg/h}$

$V = 43357,1 / 1,2 = 36180 \text{ m}^3/\text{h}$

Tablo 3: Ortalama Güç ve Debi Değerleri

	Kompresör 5	Kompresör 6	Kompresör 7	Kompresör 8
Ortalama Güç	68 kW	106 kW	110 kW	143 kW
Ortalama Debi	744m ³ /h	1200 m ³ /h	1200 m ³ /h	1260 m ³ /h

Tablo 4: Basınçlı hava deposu kapasiteleri

	Mevcut Depo Hacmi (m ³)	Mevcut Tüketim (m ³)	Önerilen Depo Hacmi
Kompresör Dairesi 1	4	9,375	2 adet 5 m ³
Kompresör Dairesi 2	3	2,812	1 adet 3 m ³ ya da 3 adet 1 m ³
Kompresör Dairesi 3	2	3,282	1 adet 4 m ³

Bu çalışmadaki fabrikada kompresör gruplarından biri açık ortamda bulunmaktadır. Diğer 2 kompresör dairesinin de kapılarının devamlı açık tutulduğu gözlemlenmiştir. Bu hava değişiminin karşılandığı düşünülmektedir.

Makale

5. ENERJİ SÜREKLİLİĞİ VE TASARRUFU ÖNERİLERİ

5.1. Ring Hattı Kurulması

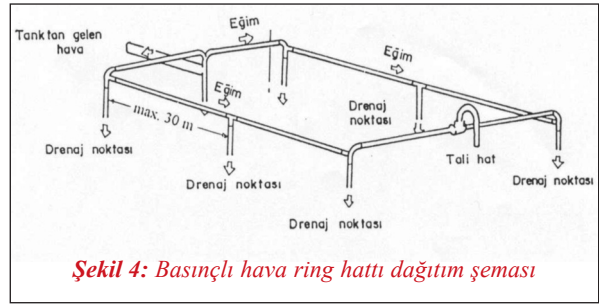
Bu çalışma sırasında yapılan ölçümler ve analizler sonucunda hem basınçlı havanın kesintisiz bir şekilde işletmenin her yerine iletilebilmesi hem de hava kaçaklarının engellenebilmesi adına basınçlı hava sistemi için komple kapalı çevrim ring hattı kurulması tavsiye edilmiştir.

Mevcut durumdaki basınçlı hava tesisatı, her üç kompresör grubundan beslenecek biçimde yapılmıştır. Tesisat, 4" boru ile fabrika ortasına kadar gidip oradan balık kılıçığı şeklinde dağılmaktadır. Tesisatın ilk yapımından sonra, artan makine sayısına paralel olarak, yeni boru hatları çekilmiştir. Bu tip boru şebekesi ilk yapıldığı konumda bırakılmadığı zaman, ortaya debi ve basınç dalgalanmaları çıkar ve sistemin dengesi bozulur.

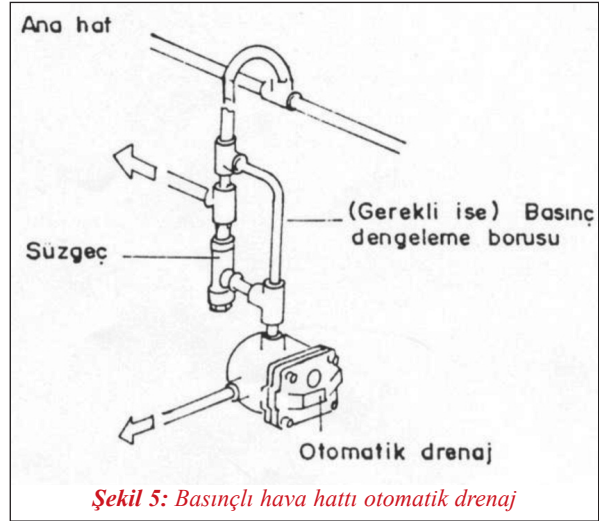
Basınçlı hava kompresörlerinden maksimum verim elde edilebilmesi için, kompresörlerin emiş yönünün kuzey olması gerekmektedir. Bu çalışmadaki fabrikada 4 kompresörün emiş yönü olması gerektiği gibi kuzeydir. Maksimum verim elde edilmesi için emiş yönü batı olan $6m^3$ 'lük kompresörlerinde emiş yönünün kuzeye çevrilmesi gerekmektedir.

Boru şebekesinin oldukça eskimiş durumda olduğu görülmüş, kompresör çıkışlarında hattın bir kısmının siyah boru olduğu tespit edilmiştir. Tüm basınçlı hava boru tesisatı sökülerek, standartlara uygun, galvanizli çelik borudan, yeni boru tesisatı kurulmalıdır. Tesisatta, bağlayıcı eleman olarak, sıvı conta kullanılmalıdır. Boru ring hatları hemen döşenmeli ve duruş tarihine kadar bitirilmeli, duruş süresince makine bağlantıları yapılmalı ve ondan sonra eski tesisat sökülmelidir. Ayrıca kompresör gruplarının çıkışlarında yer alan basınçlı hava depolarının yetersiz olan hacimlerinin de daha büyük kapasiteli depolar ile değiştirilmesi gerekmektedir.

Basınçlı hava ring sistemi enerji tasarruf yöntemi değildir ancak bir tesisin basınçlı hava sisteminin güvenli ve sürekli olması için gerekli bir sistemdir. Ring sistemi işletmelerdeki basınçlı hava sisteminin



Şekil 4: Basınçlı hava ring hattı dağıtım şeması

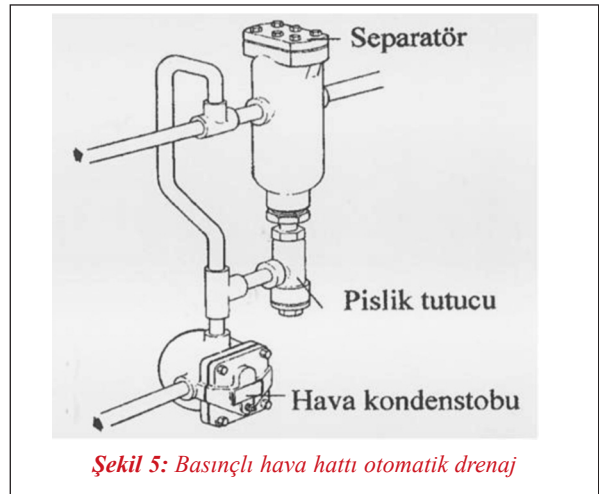


Şekil 5: Basınçlı hava hattı otomatik drenaj

çok daha verimli ve doğru bir şekilde çalışmasını sağlayacaktır. Ring sistemi olmadığı takdirde enerji temininde dalgalanmalar olacaktır.

Hava Tanklarının Kapasitesinin Artırılması

Basınçlı hava tanklarının yetersiz olan kapasitelerini arttırmak için bir adet $3 m^3$ ve bir adet $5 m^3$ 'lük hava tankı almak yeterli olacaktır.



Şekil 5: Basınçlı hava hattı otomatik drenaj

Kompresör Egzozundan Isı Geri Kazanılması

Basınçlı hava elde etmek için kompresörlerde harcanan elektrik enerjisinin %90 veya fazlası ısı enerjisi olarak geri kazanmak ve işletmenin herhangi bir noktasındaki ısı ihtiyacını gidermek mümkündür. Böylece hem atık ısıdan faydalanılmış olacak hem de işletmenin enerji maliyeti ve çevreye olan etkisi azalacaktır.

Çalışma sırasında yapılan incelemeler sırasında kompresörlerden gelen atık ısıdan enerji elde edilmesi konusunda oldukça yüksek bir potansiyel gözlemlenmiştir. Kompresörlerin egzozlarından çıkan gazın sıcaklığı 50 °C, 61 °C, 82 °C ve 57 °C olarak ölçülmüştür. Bu sıcaklığı 25 °C'ye düşürerek bu atık ısıdan elde edilecek enerji ile yemekhaneyi ısıtmak mümkündür.

Kompresörlerin egzoz debileri; ölçülen egzoz hızları egzoz kesit alanı ile çarpılarak hesaplanabilir. 5, 6, 7 ve 8 no'lu kompresörlerin normalize edilmiş egzoz debileri ve kazanılabilecek potansiyel ısı miktarları;

Tablo 5: 5, 6, 7 ve 8 no'lu kompresörlerden ısı geri kazanım potansiyeli

	Debi (Nm ³ /h)	Egzoz Sıcaklığı (°C)	Potansiyel Isı Geri Kazanımı (kW)
Kompresör 5	11.880	50	90,49
Kompresör 6	11.880	61	126
Kompresör 7	8.257	82	130,47
Kompresör 8	20.160	57	192,38

$$Q = V \times c \times \Delta t$$

Q : Isı enerjisi (kW)

V : Debi (Nm³/h)

C : Özgül ısı (kWh/Nm³°C)

Δt : Sıcaklık farkı (°C)

Yukarıda hesaplanan ısı enerjisi, kompresör dairesine en yakın alan için ortam ısıtımında kullanılabilir veya tesisin ihtiyacı olan sıcak suyun üretilmesinde kullanılabilir.

5.1.1. Kompresör Egzozundan Ortam Isıtması

5, 6 ve 7 numaralı kompresör sistemi soğutması sonucunda atılan sıcak hava ile kompresör dairesine en yakın ortamın ısıtması gerçekleştirilebilir. Bu üç kompresörden %20'lik taşıma kaybı ile 277,57 kW'lık bir enerji geri kazanımı sağlanabilir.

Bu sayede, ısıtmanın doğalgaz ile 4-5 ay yapılacağı düşünüldüğünde %90'lık yanma verimine göre yılda 104.164 m³ doğalgaz tasarrufu gerçekleştirilebilir. Bu sayede 14.000 USD'lık bir maliyetle 43.000 USD'lık bir kazanç sağlamak mümkündür.

5.1.2. Kompresör Egzozundan Sıcak Su Üretilmesi

Kompresör sistemi soğutma sonucunda atılan sıcak hava ile 45°C'de su üretilir. Bu su banyolarda ve ısıtmada kullanılabilir.

	Debi (Nm ³ /h)	Egzoz Sıcaklığı (°C)	Potansiyel Isı Geri Kazanımı (kW)
Kompresör 5	11.880	50	18,1
Kompresör 6	11.880	61	56,0
Kompresör 7	8.257	82	84,69
Kompresör 8	20.160	57	72,14
Toplam:			230,93

Bu sayede 5, 6, 7 ve 8 numaralı kompresörden %20'lik hava taşıma kaybı ile 184,75 kW'lık enerji geri kazanımı sağlanabilir. Bu enerji 45°C'de su üretmek için kullanıldığında 312 gün, 24 saat çalıştığı takdirde yılda 160.243 m³ doğalgaz tasarrufu gerçekleştirilebilir. Bu 65.800 USD'lık bir kazanç demektir.

6. SONUÇ

Basınçlı hava uygun, güvenli ve emniyetli olduğu için, bir güç kaynağı olarak kontrol vanalarında,

Verimlilik Arttırıcı Öneriler Tablosu				
Verimlilik Arttırıcı Öneriler	Tasarruf	Kazanç/Yıl	Maliyet	Geri Ödeme Süresi
Basınçlı Hava Ring Hattı			236.000 USD	
Hava Tankları Kapasite Artırımı			7.000 USD	
Kompresör egzozundan ortam ısıtılması	999.251 kWh/Yıl	43.000 USD	14.000 USD	0,32 Yıl
Kompresör egzozundan sıcak su elde edilmesi	1.382.772 kWh/Yıl	62.300 USD	65.800 USD	1,05 Yıl

Makale

hava motorlarında, temizleme amaçlı olarak hava tabancalarında ve daha birçok yerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Birçok avantaja sahip olması nedeniyle, basınçlı havanın yüksek maliyetli bir güç kaynağı olduğu gerçeği sık sık gözden kaçırılır. Basınçlı hava sistemleri enerji tüketimi oldukça yoğun sistemler olup maliyeti elektrik fiyatlarından 7-10 misli daha fazladır.

Bu çalışma sırasında yapılan ölçümler ve analizler sonucunda, basınçlı hava sisteminde özellikle ana hatlar üzerinde ve makine giriş bağlantılarında hava kaçaqları tespit edilmiştir. Ayrıca enerjinin en son noktaya kadar ulaşımında problemler olduğu ve mevcut basınç hattında takip edilemeyen bir basınçlı hava sistemi gözlenmiştir. Basınçlı hava sisteminin daha verimli çalışabilmesi ve her noktaya sabit basınçta hava ulaştırılabilmesi için hava kaçaqlarının giderilmesi ve mevcut tesisatın kapalı devre ring hattı ile değiştirilmesi gerekmektedir. Böylece basınçlı hava kesintisiz ve güvenli bir biçimde işletmenin her yerine iletilebilecek, yeni kurulacak makinelerde bile basınçlı hava yetersizliği oluşmadan hava temini sağlanabilecektir. Ring sistem kullanılmadığı takdirde, istenilen basınçlı havanın elde edilmesinde zorluklar ve problemler yaşanması, makinelerin zarar görmesi gibi istenilmeyen durumlarla karşılaşılacaktır.

Ring hattının yanı sıra kompresörlerin egzoz gazlarından ısı geri kazanımı ile elde edilecek enerji ile

tesis içindeki herhangi bir alanın ısıtmasını gerçekleştirmek ya da proseslerde kullanılan sıcak suyun elde edilmesini sağlamak mümkündür. Bu projeler sayesinde hem atık ısıdan faydalanılmış olacak hem de işletmenin enerji maliyeti düşürülerek, çevreye yayılan CO₂ emisyonu azaltılacaktır.

Yapılan incelemeler sonucu basınçlı hava üretim binalarında kullanılan depoların yetersiz olduğu tespit edilmiş ve tüketime uygun kapasite artırımları önerilmiştir.

Basınçlı havanın en pahalı enerji olduğu gerçeği göz önünde bulundurularak yapılacak müdahalelerle hem sistemin güvenli çalışması sağlanacak hem de enerji tasarrufu elde edilebilecektir.

Not: Tablo 1-5 bir endüstriyel işletmede yapılmış olan gerçek ölçüm sonuçlarına dayanarak hazırlanmıştır.

KAYNAKÇA

- Rajan, G. G., (n.d.), Optimizing Energy Efficiencies in Industry, McGrawHill.
- TMMOB, (2003), Basınçlı Hava Tesisatı ve Kompresörler, İstanbul.
- Andersen, B. W, (2001), The Analysis and Design of Pneumatic Systems, Krieger Publishing Company, Florida.
- Elliot, B. S., (n.d.), Compressed Air Operations Manual, McGrawHill.