

Türkiye 13. Kömür Kongresi

29-31 Mayıs 2002

Zonguldak, Türkiye

13th Turkish Coal Congress

May 29-31, 2002

Zonguldak, Turkey

TTK'da ENERJİ TASARRUFU ÇALIŞMALARI

ENERGY SAVING STUDIES AT TTK

Tuncer ÖZKAN - Burhan YILDIRIM - Ahmet SOYKURUM

Turgut BALTACI - Fevzi BEZİR - Ali CESUR


TTK Genel Müdürlüğü Enerji Tasarrufu Komisyonu, 67030 Zonguldak

ÖZET

- Ülke enerji sistemlerinin daha etkin işletilmesi, çevreye olan etkilerinin asgari seviyeye indirilmesini ve dolayısıyla ülke doğal kaynaklarının daha verimli kullanılmasını gerektirdiği için enerji kullanımındaki verimlilik stratejik bir önem taşımaktadır. Enerji tüketiminin azaltılması konusunda alınacak önlemlerin başında enerji tasarrufu çalışmaları gelmektedir. TTK'da gerçekleştirilen bu tür çalışmalar sonucunda, 2001 yılı içinde, bir önceki yıla göre yaklaşık $12 \cdot 10^6$ kWh aktif enerji tasarrufu sağlanmıştır. Bu bildiri TTK'da sürdürülmekte olan enerji tasarrufu çalışmalarını ve enerji kullanımındaki verimliliğin artırılması için önerilerimizi içermektedir. .

TTK'da ENERJİ TASARRUFU ÇALIŞMALARI

- Elektrik enerjisi bugün artık yalnız alternatif akım enerjisi olarak üretilir ve dağıtılır. Tüketicilerin çektikleri alternatif akımın, teorik bakımdan biri aktif diğeri ve reaktif akım olmak üzere iki bileşenden oluştuğu kabul olunur. Aktif akımın meydana getirdiği aktif güç, tüketici tarafından faydalı hale getirilir; örneğin motorlarda mekanik güce, ısı tüketicilerinde termik güce ve aydınlatma tüketicilerinde aydınlatma gücüne dönüşür. Reaktif akımın meydana getirdiği reaktif güç ise faydalı güce çevrilemez. Reaktif güç, yalnız alternatif akıma bağlı bir özellik olup, elektrik tesislerine istenmeyen bir şekilde tesir eder; generatörleri, transformatörleri, hatları, bobinleri fuzuli olarak işgal eder ve lüzumsuz yere yükler, ayrıca bunların üzerinde ilave ısı kayıplarına ve gerilim düşümlerine yol açar.

- 
- Her ne kadar reaktif güç faydalı güce çevrilemez ise de, bundan tamamen de vazgeçilemez. Reaktif güç sarfiyatı kontrolsüz ve başıboş bırakılırsa, güç katsayısı o kadar düşebilir ki, nihayet bütün üretici, iletici ve dağıtıcı tesisler, aktif güç bakımından normal kapasitelerinin çok daha altında çalışmak zorunda kalırlar. Böylece bir taraftan ekonomik olmayan bir işletme meydana geleceği gibi diğer taraftan enerji sıkıntısı baş gösterir. İşte bu sorumsuz ve ekonomik şartlar bakımından kötü duruma bir son vermek için Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, tüketicilerine güç katsayısını belirli bir değerin altına düşürmemelerini şart koşar (Bayram,1997).
 - Aktif ve reaktif enerji girişinden sonra acaba TTK'da elektrik enerji tüketimi, kömür üretimine bağlı olarak nasıl değişiyor, bu değişimi 2000 ve 2001 yılı için incelemeye çalışalım:

Çizelge-1: TTK'da üretim-tüketim değerleri

Kömür Üretimi ve Elektrik Enerjisi Tüketim Değerleri

	2000	2001	FARK
Tuvenan (ton)	3.196.643	3.492.135	+295.492
Satılabilir (ton)	2.256.768	2.356.777	+100.009
Aktif E. Tük. (kWh)	271.117.430	258.979.688	-12.137.742
Reaktif E.Tük (kVARh)	101.748.364	70.322.315	-31.426.049

Çizelge-1: TTK'da üretim-tüketim değerleri (çizelgenin devamı)

Özgül Enerji Tasarrufu ve Güç Katsayısı			
	2000	2001	FARK
<i>kWh/ton</i> (Tuvenan kömür)	85	74	-11
<i>kWh/ton</i> (Satılabilir kömür)	120	110	-10
Ortalama Güç Katsayısı (Cosφ)	0.935	0.964	-

Bir yılda $\sim 12 \cdot 10^6$ kWh tasarruf

Çizelge-1'den görüleceği gibi, 2001 yılı aktif enerji tüketiminde, 2000 yılına göre bir azalma ($\sim 12 \cdot 10^6$ kWh) var. Acaba bu azalmada, yapılan enerji tasarrufunun mu yoksa kömür üretiminin mi payı var. Bu soruya yine Çizelge-1'i inceleyerek cevap verelim. 2001 yılında:

- **Kömür üretimlerinde artış,**
- **Güç faktörü $\cos \phi$ değerinde düzelme,**
- **Ton başına enerji tüketimlerinde düşüş var.**

Buradan şu sonucu çıkarabiliriz:

“Artan kömür üretimine karşılık, azalan enerji tüketimi... Başka bir deyişle enerji tasarrufu”.

ENERJİ TASARRUFUNA NEDEN OLAN ÇALIŞMALAR

1.1 Basınçlı Hava Kaçaklarının Önlenmesi

1.2 Kompresörlerde Verimliliğin Arttırılması

1.3 Kat Pompalarında Verimliliğin Arttırılması

1.4 Basınçlı Hava Makinalarının Azaltılması

1.4.1 Basınçlı Havalı Paletli Pompa (Nargile Tulumba)

1.4.2 ϕ 400 mm. Kanatçıklı Tip Ventilator

1.5 Kompanzasyon Tesislerinin Kurulması

Basınçlı Hava Kaçağının Önlenmesi

Basınçlı hava şebekelerindeki kaçaklar önlenmiş ve terk edilen galerilerdeki şebekeler sökülmüştür.

Acaba, basınçlı hava kaçağının oluşturduğu kayıp enerji ve karşılık değerleri nedir? Çizelge 2'de verilmiş olan bu değerleri $d=\phi 1 \text{ mm}$ delik çapı için inceleyelim:


Debisi $3,6 \text{ m}^3/\text{h}$ olan 20°C deki havayı, 100 kPa basınçtan 600 kPa basınca kadar sıkıştırmak için kompresöre verilmesi gerekli olan güç $0,3 \text{ kW}$ yani enerji kaybı $0,3 \text{ kWh}$, yılda (350 gün) ise 2520 kWh dir. 1 kWh enerjinin 100.000 TL olduğu düşünülürse, 1 mm delikten kaçan havanın maliyeti en az $252.000.000 \text{ TL}$ olur. Kurumumuzda çalışan binlerce metre basınçlı hava şebekesi olduğuna göre, her biri enerji kaybına neden olan kim bilir kaç tane 1 mm kaç tane 10 mm 'lik delik vardır.

Çizelge 2: 6 bar basınçta, hava kaçağının delik çapına bağlı olarak oluşturduğu enerji kaybı. (Atlas Copco,1998)

Delik Çapı		•	●	●	●
	<i>mm</i>	1	3	5	10
Kaçak (6 bar'da)	<i>(l/s)</i>	1	10	27	105
	<i>(m³/h)</i>	3,6	36	97,2	378
Kompresör Gücü (<i>kW</i>)		0,3	3,1	8,3	33
Kayıp Enerji (<i>kWh/yıl</i>)		2520	26040	69720	227200

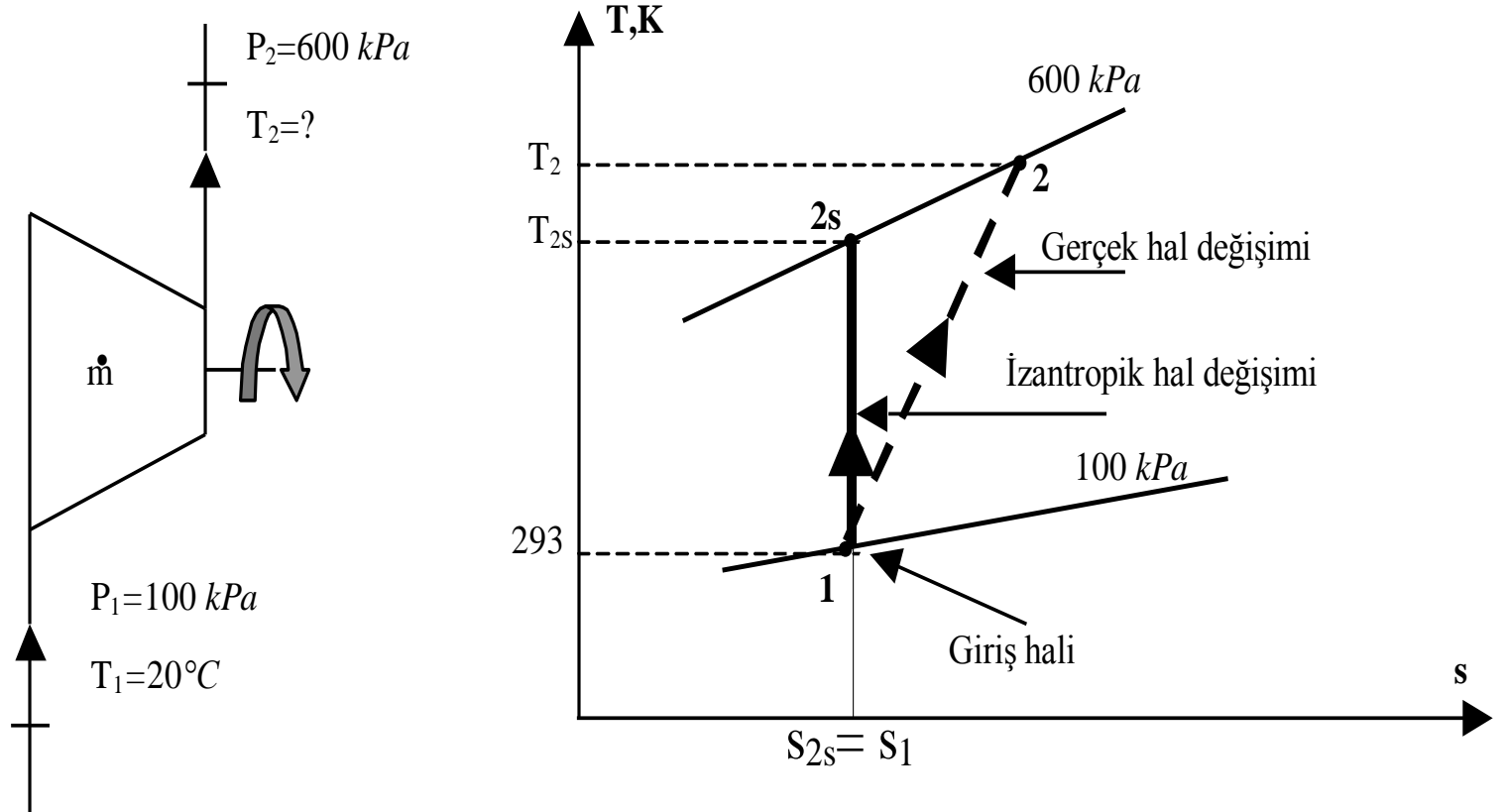
Kompresörlerde Verimliliğin Artırılması


- Kurumumuzda, basınçlı hava üreten santrifüj kompresörlerin;
- Kurulu gücü : 22.780 kW (Nominal değer)
- İşletme Gücü : 14.429 kW'dir.
- Son derece pahalı olan basınçlı hava üretimi ve dolayısıyla güç yutan makinalar olarak tarif edilebilen kompresörlerin acaba çalışma verimliliği var mıdır? Başka bir deyişle, kompresörler üretilen basınçlı havaya karşılık gelmesi gereken enerjiyi mi yoksa daha fazlasını mı tüketiyorlar? Özetle, “Kayıp Enerji” değeri hangi boyutlardadır? sorularına cevap bulmaya çalıştık.



Önce, kompresör gücünün hesaplanması ile ilgili yöntemi bir örnekle açıklamaya çalışalım ve bu örnek; “Hava, sürekli akışlı bir adyabatik kompresörde 100 kPa basınç ve 20°C sıcaklıktan, 600 kPa basınca sıkıştırılmaktadır. Havanın hacimsel debisi $3,6 \text{ m}^3/\text{h}$ dır. Kompresörün adyabatik verimi %80 kabulü ile, kompresörü çalıştırmak için gerekli gücün hesaplanması” şeklinde olsun.

Şekil 1 . Örneğin genel çizimi ve T-s diyagramı





Sistemin genel çizimi ve hal değişiminin T-s diyagramında gösterimi yukarıda verilmiştir. Verilen koşullarda hava mükemmel gaz kabul edilebilir, çünkü kritik nokta değerleriyle karşılaştırıldığı zaman sıcaklığı yüksek, basıncı düşüktür.

(Havanın ana bileşeni azot için $T_{kr}=-147\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $P_{kr}=3390\text{ kPa}$)

Kompresörün gerektirdiği güç, sürekli akışlı açık sistemler için enerjinin korunumu denklemi,

$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} \cdot (\Delta h + \Delta ke + \Delta pe) \quad (1)$$

kullanarak hesaplanabilir.

Kompresörün adyabatik olduğu göz önüne alınır, kinetik ve potansiyel enerji değişimleri ihmal edilirse:

$$\dot{W} = -\dot{m} \cdot (h_2 - h_1) \quad (2)$$

olur.

- \dot{m} Havanın kütle debisi

- $$\dot{m}(\text{kg} / \text{s}) = \rho_{20^\circ\text{C}}(\text{kg} / \text{m}^3) \cdot Q(\text{m}^3 / \text{s}) \quad (3)$$

$\rho_{20^\circ\text{C}}$ Havanın 20 °C deki yoğunluğu

$$\rho_{20^\circ\text{C}} = \frac{P_1}{RT_1} \quad (4)$$

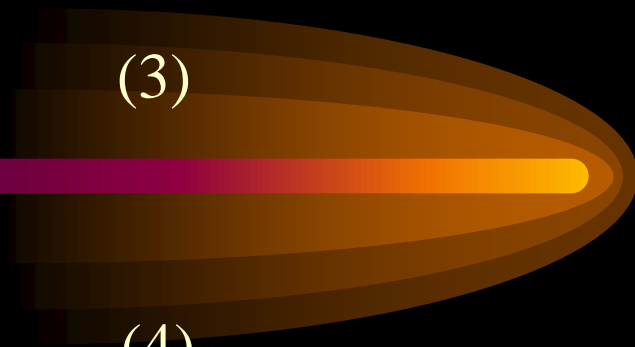
R - Gaz sabiti [Hava için 0,287 kPa·m³/(kg·K)]

$$\rho_{20^\circ\text{C}} = \frac{100 \text{ kPa}}{[0,287 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3 / (\text{kg} \cdot \text{K})] \cdot (293 \text{ K})}$$

$$\rho_{20^\circ\text{C}} \cong 1,2 \text{ kg} / \text{m}^3$$

- $$\dot{m} = 1,2 \text{ kg} / \text{m}^3 \cdot \frac{3,6}{3600} \text{ m}^3 / \text{s}$$

- $$\dot{m} = 0,0012 \text{ kg} / \text{s}$$



Mükemmel gazın entalpisi sadece sıcaklığın fonksiyonudur ve h_1 değeri hava tablosundan giriş sıcaklığı için okunabilir:

$$T_1 = 295 \text{ K (293K yerine)} \rightarrow \left. \begin{array}{l} h_1 = 295,17 \text{ kJ / kg} \\ P_{r1} = 1,3068 \end{array} \right\} \text{ (Çengel, 1996)}$$

P_r - Bağıl basınç (boyutsuz bir büyüklük)

h_{2s} 'in belirlenmesi için mükemmel gazların izantropik bağıntılarından biri, örneğin

$$P_{r2} = P_{r1} \cdot \left(\frac{P_2}{P_1} \right)_{s=\text{sabit}} \quad (5)$$

denklemini kullanılır:

$$P_{r2} = 1,3068 \cdot \left(\frac{600 \text{ kPa}}{100 \text{ kPa}} \right)$$

$$P_{r2} = 7,8408 \quad \text{ve}$$

$$P_{r2} = 7,824 \text{ (7,8408 yerine)} \rightarrow h_{2s} = 492,74 \text{ kJ / kg}$$

Çıkıştaki entalpi değeri h_2 yi bulmak için, entalpilerle adyabatik verim arasındaki

$$\eta_k \cong \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1} \quad (6)$$

denklemini kullanılır. (η_k , gerçek hal değişiminin izantropik hal değişiminden sapmasını gösterir. Gerçek hal değişimi, izantropik hal değişimine ne kadar yakın olursa makinanın çalışması o ölçüde iyi olacaktır. $\eta_k = 0,75 \dots 0,85$)
Bilinen değerler ile,

$$0,80 = \frac{492,74 - 295,17}{h_2 - 295,17} \quad h_2 = 542,13 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{W} = (-0,0012 \text{ kg/s}) [(542,13 - 295,17) \text{ kJ/kg}]$$

$$\dot{W} = -0,296 \text{ kW} \cong -0,3 \text{ kW} \quad \text{olarak bulunur.}$$

Dikkat edilirse, kompresörün gerektirdiği gücü hesaplararken h_{2s} değil h_2 değeri kullanıldı. Bunun nedeni kompresör çıkışındaki gerçek entalpi değerinin h_2 olmasıdır. h_{2s} ise havanın izantropik hal değişimi sonunda elde edilen sanal bir değerdir.

Şimdi, Çizelge 3'ü inceleyelim:

Armutçuk, Kozlu, Üzülmöz ve Karadon Müesseselerinde halen kullanılmakta olan 9 kompresör üzerinde, basınçlı hava üretimi-harcanan enerji ölçümü yapılmış ve hem izantropik hem de izotermik sıkıştırma model olarak alınarak şu sonuçlar ortaya çıkmıştır:

- Adyabatik verim %41 değerine kadar düşmüş,
- Toplam kayıp enerji ortalama $\sim 25 \cdot 10^6$ *kWh/yıl*'a yaklaşmış.

Bu durumda TTK ne yapmıştır? TTK Kompresörlerini, modern teknolojinin özelliklerini taşıyan yüksek verimli akıllı kompresörler (vidalı tip) ile yenilemeye karar vermiş ve ;

$$Q \cong 5000 \text{ m}^3 / \text{h}$$

- $\dot{W}_{\text{tam yükte}} = 466 \text{ kW}$

- $\dot{W}_{\text{bosta}} = 68 \text{ kW}$

karakteristik
değerlerinde 5 adet

(Amasra:2

Üzülmez:2

Karadon:1)

$$Q \cong 7500 \text{ m}^3 / \text{h}$$

- $\dot{W}_{\text{tam yükte}} = 712 \text{ kW}$

- $\dot{W}_{\text{bosta}} = 105 \text{ kW}$

karakteristik değerlerinde
3 adet

(Karadon-Gelik)

ATLAS COPCO vidalı, yağsız, iki kademeli, su soğutmalı kompresörleri satın almıştır. Bu yenilemeden dolayı, Amasra ve Üzülmez Müesseselerindeki enerji tasarrufu 2001 yılı için yaklaşık olarak $3 \cdot 10^6$ kWh olmuştur.

TTK Bundan sonra ne yapacaktır? TTK daha akıllı kompresörler (değişken devirli) satın alarak ihtiyaç duyulunun tam karşılığı kadar basınçlı havayı minimum enerji harcamasıyla sağlayacaktır (Şekil 2) diye düşünüyoruz.

Çizelge 3 (Armutçuk verileri)

Kompresörler >>>			CENTAC AR110-1	CENTAC AR110-2	
Çalışma Yılı			1976		
Çalışma			300 gün/yıl		
Nominal Değerler	Debi	<i>m³/h (S)</i>	20000		
	Basınç	<i>bar</i>	8,75		
	Güç	<i>BG</i>	2500		
	Gerilim	<i>kV</i>	3,3		
Ölçülen Değerler	Debi	<i>m³/h (S)</i>	15118	13971	
	Basınç	<i>bar (g)</i>	5,4		
	Akım	<i>A</i>	340	295	
	Cosφ		0,95	0,95	
	Güç	<i>kW</i>	1846	1602	
Hesaplanan Değerler	Adyabatik Sıkıştırma	Güç	<i>kW (min.)</i>	1291	1193
		Kayıp Güç	<i>kW (max.)</i>	555	409
		Kayıp Enerji	<i>kWh/yıl (max.)</i>	3996000	2944800
	İzotermik Sıkıştır.	Güç	<i>kW (min.)</i>	987	912
		Kayıp Güç	<i>kW (max.)</i>	859	690
		Kayıp Enerji	<i>kWh/yıl (max.)</i>	6184800	4968000

Çizelge 3 (Kozlu verileri)

Kompresörler >>>			AEG EV 318/5	DEMAG VK 28	
Çalışma Yılı			1958	1966	
Çalışma			120 gün/yıl	245 gün/yıl	
Nominal Değerler	Debi	$m^3/h (S)$	34000	30000	
	Basınç	bar	7,56	7,50	
	Güç	kW	3400	2800	
	Gerilim	kV	3,3		
Ölçülen Değerler	Debi	$m^3/h (S)$	23134	27670	
	Basınç	$bar (g)$	5,1	5,7	
	Akım	A	460	490	
	Cosφ		1,0	0,85	
	Güç	kW	2629	2550	
Hesaplanan Değerler	Adyabatik Sıkıştırma	Güç	$kW (min.)$	1910	2439
		Kayıp Güç	$kW (max.)$	719	111
		Kayıp Enerji	$kWh/yıl (max.)$	2070720	652680
	İzotermik Sıkıştır.	Güç	$kW (min.)$	1446	1884
		Kayıp Güç	$kW (max.)$	1183	666
		Kayıp Enerji	$kWh/yıl (max.)$	3407040	3916080

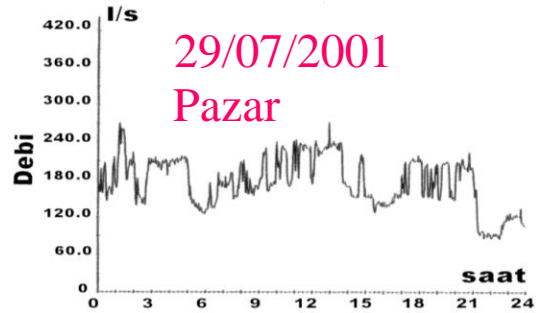
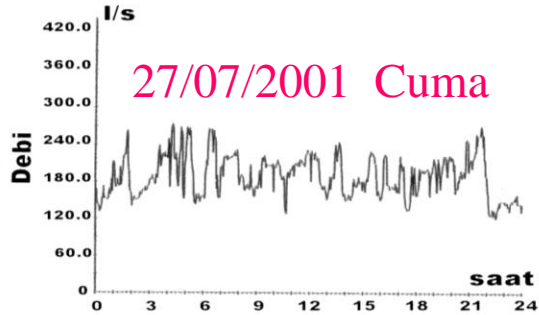
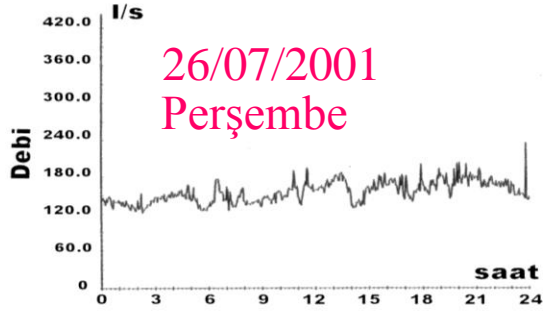
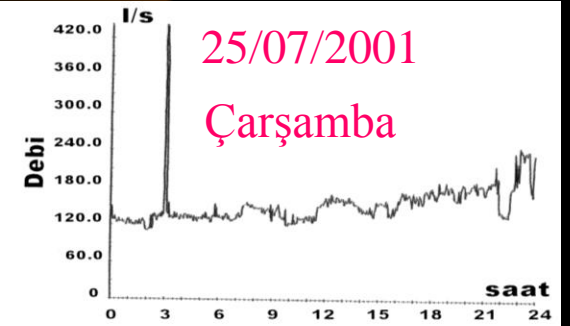
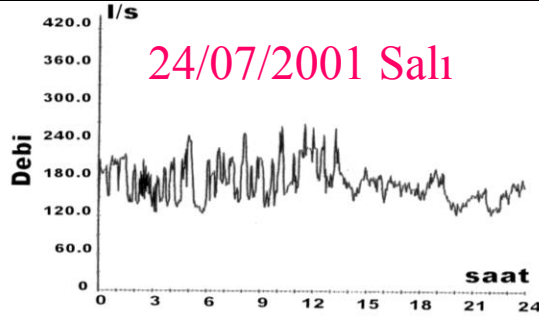
Çizelge 3 (Üzülmez verileri)

Kompresörler >>>			DEMAG VK 20-1	DEMAG VK 20-2	
Çalışma Yılı			1966		
Çalışma			365 gün/yıl		
Nominal Değerler	Debi	<i>m³/h (S)</i>	20000		
	Basınç	<i>bar</i>	7,50		
	Güç	<i>kW</i>	1950		
	Gerilim	<i>kV</i>	3,3		
Ölçülen Değerler	Debi	<i>m³/h (S)</i>	12459	11616	
	Basınç	<i>bar (g)</i>	4,6	5,6	
	Akım	<i>A</i>	340	330	
	Cosφ		0,98	0,95	
	Güç	<i>kW</i>	1904	1850	
Hesaplanan Değerler	Adyabatik Sıkıştırma	Güç	<i>kW (min.)</i>	984	1031
		Kayıp Güç	<i>kW (max.)</i>	920	819
		Kayıp Enerji	<i>kWh/yıl (max.)</i>	8059200	7174440
	İzotermik Sıkıştır.	Güç	<i>kW (min.)</i>	755	771
		Kayıp Güç	<i>kW (max.)</i>	1149	1079
		Kayıp Enerji	<i>kWh/yıl (max.)</i>	10065248	9452040

Çizelge 3 (Karadon verileri)

Kompresörler >>>			AEG EV 318/5	DEMAG VK28-1	DEMAG VK 28-2	
Çalışma Yılı			1958	1966		
Çalışma			365 gün/yıl	365 gün/yıl	300 gün/yıl	
Nominal Değerler	Debi	<i>m³/h (S)</i>	34000	30000		
	Basınç	<i>bar</i>	7,56	7,50		
	Güç	<i>kW</i>	3400	2800		
	Gerilim	<i>kV</i>	3,3	3,3		
Ölçülen Değerler	Debi	<i>m³/h (S)</i>	29656	28742	26093	
	Basınç	<i>bar (g)</i>	5,4	5,3	5,6	
	Akım	<i>A</i>	510	520	540	
	Cosφ		0,85	0,94	0,90	
	Güç	<i>kW</i>	2600	2750	2750	
Hesaplanan Değerler	Adyabatik Sıkıştırma	Güç	<i>kW (min.)</i>	2533	2381	2233
		Kayıp Güç	<i>kW (max.)</i>	67	369	517
		Kayıp Enerji	<i>kWh/yıl (max.)</i>	586920	3232440	3722400
	İzotermik Sıkıştır.	Güç	<i>kW (min.)</i>	1970	1856	1728
		Kayıp Güç	<i>kW (max.)</i>	630	894	1022
		Kayıp Enerji	<i>kWh/yıl (max.)</i>	5518800	7831440	7358400

Şekil 2 : Değişken devirli (VSD) kompresörün haftalık çalışma diyagramları. (Atlas Copco,2001).



• GRAFİKLER FİİLİ ÖLÇÜMLE ELDE EDİLEN, 7 GÜNÜ GÖSTEREN "İŞLETME GERÇEK HAVA TÜKETİMİ" DİR.

• ENERJİ TÜKETİMLERİ:

MEVCUT KOMPRESÖR
20.553 kWh/hafta

DEĞİŞKEN DEVİRLİ KOMPRESÖR
10.637 kWh/hafta

• BOŞTA ÇALIŞMA ORTADAN KALDIRILARAK VE SABİT BASINÇTA ELDE EDİLEN TASARRUF
9.916 kWh/hafta DIR.

1.3 Kat Pompalarında Verimliliğin Arttırılması

Üzülmez Müessesesi –170 katından günde ortalama 16120 m³ su, $Q=360 \text{ m}^3/\text{h}$, $H_m=275 \text{ mSS}$, $\eta_g=0,82$ karakteristik değerli MAZ İmalatı pompalarla dışarı (+38) atılmaktadır. MAZ tarafından yapılan ölçümlerde; $Q_{gerçek}=280 \text{ m}^3/\text{h}$, $H_{m(gerçek)}=220 \text{ mSS}$, $I_{motor}=50 \text{ A}$ değerine göre kavitasyonsuz çalışan pompayı ele alalım.

- Pompa mil gücü (Gerçek),

$$N_{e_{gerçek}} = \sqrt{3} \cdot I \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \eta_{motor} \quad (7)$$

$$N_{e_{gerçek}} = \sqrt{3} \cdot 50(A) \cdot 3,3(kV) \cdot 0,80 \cdot 0,98 = 224 kW \cong 305 BG$$

- Pompa Genel Verimi (Hesap),

$$N_{e_{gerçek}} = \frac{\gamma \cdot Q_{gerçek} \cdot H_{m_{gerçek}}}{75 \cdot \eta_{g_{hesap}}} \quad (8)$$

$$305 = \frac{10^3 \cdot (280/3600) \cdot 220}{75 \cdot \eta_{g_{hesap}}}$$

$$\eta_{g_{hesap}} \cong 0,75$$

Şimdi, aynı pompayı $\eta_g = 0,82$ verimle çalıştırdığımızı varsayalım.

Pompa mil gücü, $N_{e_{0,82}} \cong 205 kW$ olarak hesaplanır.

$$N_{e_{0,75}} - N_{e_{0,82}} = 224 - 205 = 19 kW$$

Yani $280 m^3/h$ debili pompa verimindeki artış bize 1 saatte $19 kWh$ enerji tasarrufu sağlar. Saatte $16120/24 \cong 672 m^3$ su dışarı atıldığına göre 1 saatteki enerji kazancı $(672/280) \cdot 19 \cong 46 kWh$, 1 Yılda (350 gün) ise $46 \cdot 24 \cdot 350 = 386400 kWh$ olur (kaba bir yaklaşımla). Üzülmez müessesesi –170 katında, pompa işletme verimliliğini artırmak dolayısıyla enerji tasarrufu yapmak düşüncesiyle hazırlamış olduğu dalgıç pompa havuzuna (ki ,istenilen her türlü özelliğe sahiptir); nominal değerleri $Q=330 m^3/h$, $H_m=230 mSS$, ve $\eta_g=0,82$ olan iki adet dalgıç pompanın montaj çalışmalarını sürdürmektedir.

Kozlu müessesesinde ise, -200 katından günde ortalama 9000 m³ su dışarı (+13) atılmaktadır. Bu işlemi gerçekleştiren kat pompalarında MAZ tarafından yapılan ölçüm değerlerine göre, pompaların genel verimleri $\eta_g = 0,33 \dots 0,48$ arasında değişmektedir. Çalışma koşullarının proje işletme karakteristik değerlerine uygun ve günümüz teknolojisinin 0,82'lere varan verimli pompaları göz önüne alınırsa, -425,-300,-200 kat pompalarının bize sağlayacağı enerji tasarrufu, kaba bir yaklaşımla yılda en az $4 \cdot 10^6$ kWh olacaktır. (Hesap değeri).

1.4 Basınçlı Hava Makinalarının Azaltılması

1.4.1 Basınçlı Havalı Paletli Pompa (Nargile Tulumba);

Karakteristik değerleri $Q=25.2 \text{ m}^3/h$, $H_m=30 \text{ mSS}$, $\eta_g=0,75$, işletme basıncı $4 \dots 6 \text{ bar}$, normal şartlardaki hava sarfiyatı $300 \text{ m}^3/h$.

Önce, $Q \text{ m}^3/h$ havayı $P_1=1 \text{ bar}$ basınç ve $T_1=20 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıktan $P_2 \text{ bar}$ basınca sıkıştırabilmek için $\eta_k=0,80$ adyabatik verimli kompresörün gerektirdiği gücü ampirik olarak hesaplayalım:

- $P_2 = 6 \text{ bar}$ için;

$$\dot{W} = -\dot{m} \cdot (h_2 - h_1) \quad (2)$$

$$\dot{W}_{6\text{bar}} = -Q_{\text{hava}} \cdot 1,2 \cdot (542,13 - 295,17)$$

$$\dot{W}_{6\text{bar}} \cong -296,4 \cdot Q_{\text{hava}} \quad \frac{\dot{W}_{6\text{bar}}}{kW} \quad \left| \quad \frac{Q_{\text{hava}}}{m^3 / s} \right. \quad (9)$$

$$\dot{W}_{6\text{bar}} \cong -0,082 \cdot Q_{\text{hava}} \quad \frac{\dot{W}_{6\text{bar}}}{kW} \quad \left| \quad \frac{Q_{\text{hava}}}{m^3 / h} \right. \quad (10)$$

• $P_2 = 7 \text{ bar}$ için;

$$\dot{W} = -Q_{\text{hava}} \cdot 1,2 \cdot (570,1575 - 295,17)$$

$$\dot{W}_{7\text{bar}} \cong -330 \cdot Q_{\text{hava}} \quad \frac{\dot{W}_{7\text{bar}}}{kW} \quad \left| \quad \frac{Q_{\text{hava}}}{m^3 / s} \right. \quad (11)$$

$$\dot{W}_{7\text{bar}} \cong -0,09 \cdot Q_{\text{hava}} \quad \frac{\dot{W}_{7\text{bar}}}{\text{kW}} \quad \left| \quad \frac{Q_{\text{hava}}}{\text{m}^3/\text{h}} \right. \quad (12)$$

$Q=300 \text{ m}^3/\text{h}$, olduğuna göre,

$$\dot{W}_{6\text{bar}} = -0,082 \cdot 300 \cong 24 \text{ kW}$$

Pompa elektrikli olsa idi pompanın gerektirdiği güç,

$$N_e = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_m}{75 \cdot \eta_g}$$

$$N_e = \frac{(1000 \text{ kg/m}^3) \cdot (25,2/3600 \text{ m}^3/\text{s}) \cdot (30 \text{ mSS})}{75 \cdot 0,75} = 3,7 \text{ BG} = 2,7 \text{ kW}$$

$N_e=3 \text{ kW}$. Görüldüğü gibi, basınçlı hava üretiminin paletli pompa için elektrik enerjisine göre;

$$\dot{W}_{6\text{bar}} / N_e = 24 / 3 = 8 \text{ kat daha pahalı olduğu görülür.}$$

İşte bir enerji tasarrufu daha.

1.4.2 ϕ 400 mm Kanatçıklı Tip Ventilator

Karakteristik değerleri: $Q=143 \text{ m}^3/\text{h}$, $H_m=20 \text{ mSS}$, işletme basıncı $4 \dots 6 \text{ bar}$, normal şartlardaki hava sarfiyatı $175 \text{ m}^3/\text{h}$.

$$\dot{W}_{6\text{bar}} \cong -0,082 \cdot Q_{\text{hava}}$$

$$Q_{\text{hava}} = -0,082 \cdot 175 \cong -14 \text{ kW}$$

gücünde bir kompresöre ihtiyaç var.

Elektrikli pervaneler:

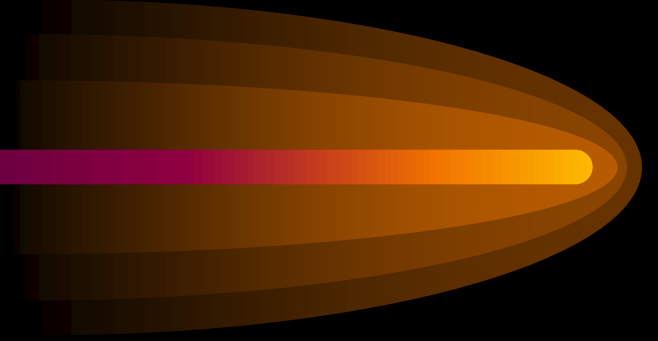
- 10 HP Joy;

$$Q = 4000 \text{ Cfm} = 112 \text{ m}^3 / \text{dak}, H_m = 8,8'' \text{ SS} = 223,52 \text{ mmSS}$$

- 2x4,5 kW Korffman;

$$Q = 170 \text{ m}^3 / \text{dak}, H_m = 180 \text{ mmSS}$$

Bu bağlamda,
müesseselerimiz; nargile
tulumba, vantilatör gibi
basınçlı hava makinalarının
sayısını azaltarak enerji
tasarrufuna büyük ölçüde
katkıda bulunmuşlardır.



1.5 Kompanzasyon Tesislerinin Kurulması

Bildirimiz girişinde, aktif ve reaktif enerji kavramları ile ilgili kısa bir bilgi vermiştik.

Q reaktif, P aktif güç olmak üzere,

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q}{P} \quad (13)$$

ifadesindeki φ açısının kosinusüne yani $\operatorname{Cos} \varphi$ 'ye güç katsayısı denir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının 17.02.2000 tarih ve 23967 sayılı resmi gazetede yayınlanan tebliğine göre de bu faktörün $0,95 \dots 1.00$ arasında olması gerekmektedir. Acaba, güç katsayısının düzeltilmesini isteyen böyle bir tebliğe neden gerek duyuldu? Önce kompanzasyonun “ Tüketicilerin normal olarak şebekeden çektikleri endüktif gücün, kapasitif yük çekmek suretiyle özel bir reaktif güç üreticisi tarafından dengelenmesine kompanzasyon denir” şeklinde tarifini yapalım ve güç katsayısının düzeltilmesinin (kompanzasyon) yararlarını görelim:

- Şebekedeki yararlar;

- Şebekenin güç taşıma yeteneğinin artırılması
- Şebeke ısı kaybının azaltılması
- Gerilim düşümünün azalması

- Tüketicideki Yararlar;

Kompanzasyon yolu ile güç katsayısının düzeltilmesi halinde tüketici, reaktif enerji sarfiyatı için elektrik kurumuna bir ücret ödemekten kurtulur.

Şimdi, güç katsayısının
düzeltilmesinin yararlarını,
TTK için sayısal olarak
görelim ve irdeleyelim:

2001 yılında;

Aktif Enerji Tüketimi : 258.979.688 *kWh*

Reaktif Enerji tüketimi : 70.322.315 *kVARh*

- Güç katsayısı 0,935 (2000 Yılı) den 0,964 (2001 Yılı)'e yükseldiğine göre, şebeke kayıplarında sağlanan kazanç:

$$\text{Şebeke kayıp kazancı} = \left[1 - \left(\frac{\text{Cos } \varphi_1}{\text{Cos } \varphi_2} \right)^2 \right] \cdot 100 \quad (14)$$

$$\%Z = \left[1 - \left(\frac{0,935}{0,964} \right)^2 \right] \cdot 100 = \%5,92 \cong \%6$$

- Tasarruf edilen enerji;

Şebeke kayıplarının ortalama %5 olduğu kabul edilirse,

$$\begin{aligned}\text{Şebeke kaybı} &= 258.979.688 \cdot 0,05 \\ &= 12.948.984,4 \text{ kWh}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Şebeke kayıp kazancı} &= 12.948.984,4 \cdot 0,06 \\ &= 776.939.064 \text{ kWh}\end{aligned}$$

Tasarruf edilen enerji $\cong 7,8 \cdot 10^5 \text{ kWh}/(2001 \text{ Yılı})$

- Şebekenin güç taşıma yeteneğindeki artış;

$$\% \Delta P = 100 \cdot \left(\frac{\cos \varphi_2}{\cos \varphi_1} - 1 \right)$$

$$\% \Delta P = 100 \cdot \left(\frac{0,964}{0,935} - 1 \right) \cong \% 3,1$$

olur.

- Reaktif enerji ücreti;

2000 yılı reaktif enerji değerleri esas alınarak, 2001 yılında $\text{Cos } \varphi$ 0,95'ten daha küçük olsaydı yani kompanzasyon tesisleri kurulmasaydı 2001 yılı için TTK, elektrik kurumuna yaklaşık olarak 4,2 ... 4,4 trilyon TL (KDV dahil) ceza ödeme durumunda kalacaktı.

SONUÇ

Üretimde enerji verimliliğinin artırılması için önemli seçeneklerden biri olan enerji tasarrufunu TTK, 2001 yılında bir önceki yıla göre $12 \cdot 10^6$ kWh olarak gerçekleştirmiştir. Peki, TTK ne yapmıştır?

Enerji tasarrufu, verimlilik ve talep yönetimi konusunda plan ve program, uygulamaya sokulmuştur, örneğin:

- **Basınçlı hava kayıplarının önlenmesi,**
- **Kompresörler ve kat pompalarındaki verimliliğin artırılması,**
- **Basınçlı hava makinalarının azaltılması,**
- **Kompanzasyon tesislerinin kurulması,**
- **Bilgilendirme-bilinçlendirme toplantılarının yapılması,** gibi.

Hedefimiz, üç yıl içerisinde yeniden yapılanma çalışmalarına devam etmek ve kömür üretimini düşürmeden yılda $25 \cdot 10^6$ kWh aktif enerji tasarrufu sağlamaktır.

KAYNAKLAR

- **Atlas Copco** (1998) *Compressed Air Manual*, Atlas Copco Co., s.154
- **Atlas Copco** (2001) *Deneysel Ölçüm Değerleri*, Atlas Copco Co.
- **Bayram M.** (1997) *Reaktif Güç Kompanzasyonu*, EMO İzmir Şubesi., s.247
- **Büyüktür, A.R** (1985) *Termodinamik*, Uludağ Üniversitesi, Bursa., s.400
- **Çengel, A.Y. ve Derbentli, T.** (1996) *Termodinamik*, Literatür Yayıncılık, İstanbul.,s.867
- **Eğrican, A.N. ve Atılgan, H.** (1985) *Termodinamik*, Emin Ofset, İstanbul., s.591