

KAZAN DAİRESİ SOHBETLERİ II

NE GEREK VAR ŞİMDİ EKONOMİZÖRE?



Mustafa Aral

Makina Mühendisi
Nükleer Enerji Yük. Müh.

ARALSAN ISI CİHAZLARI Ltd. Şti.

www.aralsan.com

Atık ısıların geri kazanılması, enerji, dolayısıyla üretim maliyetlerimizin düşürülmesinde gün geçtikçe önem kazanıyor. Çünkü **satın aldığımız yakıtın fiyatını ucuzlatma olanağımız pek olanaklı olmazken, ürettiğimiz ısı miktarını azaltmadan harcadığımız yakıt miktarını azaltma olanağımız olabiliyor.**

Bunun için “**kazan dairesinde**” yapmakta olduğumuz “**sohbetleri**” bu kez baca gazı ile attığımız ısısının geri kazanılması üzerinde sürdürmek istiyorum.

Termodinamiğin ikinci yasası gereği, sıcak kaynaktan soğuk kaynağa akan ısının ancak bir kısmını işe dönüştürebileceğimizi biliyoruz. Yani bir kazanda sıcak su ya da buhar üretirken yaktığımız yakıtın sağladığı ısı enerjisinin bir kısmını bacadan atmak zorundayız. Zaten bu zorunluluğu ortadan kaldıracak olsaydık, “Jon Ahmet’in devr-i daim makinasını” yeniden icat edebilirdik. Fakat bu 2. yasa “tebdil” veya “ilga” edilmedikçe, bunu pek başaramayacağız.

Her neyse, biz konumuza dönelim. İngilizce “economizer” sözcüğünün bozulmasıyla elde edilen “ekonomizör” sözcüğü ile andığımız cihaz, adından da anlaşılabilir gibi, bizim ısı çevrimimizi ekonomikleştirmeye yarayan bir cihazdır. Bu ekonomikleştirme işini, atmosfere attığımız baca gazı ısı geri kazanarak ve bu ısı ile kazan besini suyunu ön ısıtarak becerir. O halde, baca gazı ile atmosfere ne kadar ısıyı savurduğumuza göz atmamız gerekiyor.

Baca Gazı İle Ne Kadar Isı Kaybediyoruz?

Artık hepimiz bildiği gibi, duman gazında yoğunlaşma yapılmayan kazanların bacalarında baca çığ noktası sıcaklığı 150 °C olarak kabul edilir. Bu değer, bacada yoğunlaşma olmadan ve doğal baca çekişi bozulmadan, duman gazının olması gereken en düşük sıcaklık değeridir. Yani, **kazanımızın baca gazı sıcaklığının 150 °C’den daha yüksek değer almasına izin veriyorsak, “göğü ısıtıyoruz”** demektir. Bunun sonunun olmadığını ise hepimiz biliyoruz.

Öyleyse, bacadan savurduğumuz bu ısının (yani paramızın) ne kadar olduğuna bir bakalım.

Bunun için, örneğin 1000 kg/h buhar ürettiyorsak, yakmamız gereken yakıt miktarının kazan verimine bağlı olarak 72 kg/h fuel-oil olduğunu hesaplayabiliriz. Burada zor olan, bu kadar yakıtı yaktığımızda ortaya çıkan duman gazının miktarını hesaplamaktır. Bunun için yakıt analizini alıp, yanma denklemlerini kurup hem duman gazı hacmini hesaplamamız ve hem de sıcaklığa bağlı ısı tutumu (i-t) eğrisini çizmemiz gerekir. Bir çuval iş... Ama hemen sıkılmamıza gerek yok. Allahtan, bu konuda hazırlanmış ve hemen kullanabileceğimiz bazı eğriler elimizin altında mevcut. Prof. Dr. Kemal Onat^[1], taa 1973 yılında bu tip bilgileri bir araya getirmiş. Ben de, yanma sonucu oluşan özgül duman gazı hacmini hesaplamak için, Onat’ın eğrilerine uygun denklemleri oluşturduğum. Yakıt alt ısı değerini H_u [kcal/kg] olarak tanımlarsak;

Katı yakıt özgül duman gazı hacmi:	$v_{Hky} = 0.0014 H_U + 1.86$	[Nm ³ /kg yakıt]	(λ = 1.5 için)
Sıvı yakıt özgül duman gazı hacmi:	$v_{Hsy} = 0.00180556H_U - 4.25$	[Nm ³ /kg yakıt]	(λ = 1.2 için)
Gaz yakıt özgül duman gazı hacmi:	$v_{Hgy} = 0.00138889H_U + 0.0278$	[Nm ³ /kg yakıt]	(λ = 1.2 için)

denklemleri ile özgül duman gazı hacmini kolayca hesaplayabiliriz. O halde hesaplayalım... Hesabımızı fuel-oil için yapıyorduk. O zaman $H_U = 9700$ kcal/kg almamız gerekir. Bu durumda özgül duman gazı hacmini;

$$v_{Hsy} = 0.00180556H_U - 4.25 = 0.00180556 \times 9700 - 4.25 = 13.3 \text{ Nm}^3/\text{kg-yakıt}$$

ve 1000 kg buhar üretimi için 72 kg/h yakıt yaktığımızda oluşan duman gazı hacmini ise;

$$V_H = B_h v_{Hsy} = 72 \times 13.3 = 958 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

şeklinde kolayca bulabiliriz. Bacada ölçtüğümüz gaz sıcaklığı $T_1 = 220$ °C olsun. Bu sıcaklığı aslında $T_2 = 150$ °C'ye kadar düşürebileceğimizi biliyoruz. O zaman 70 °C sıcaklık farkı ile ne kadar ısı kaybettiğimizi hesaplamamız gerekiyor. Bunu için duman gazının $i-t$ eğrisine gereksinimimiz var. Başta da söyledik. Bu eğriyi çıkartmak için bir sürü hesap yapmamız gerekiyordu. Bu kez de imdadımıza V. P. Isachenko, V. A. Osipova ve A. S. Sukomel^[2] yetişiyor ve bir sürü hesaptan kurtuluyoruz. Söz konusu kitabın ekinde duman gazının sıcaklıkla değişen özellikleri bir tablo olarak yer alıyor. Ben yine kolaylık olsun diye, duman gazı sabit hacim özgül ısınma ısısını sıcaklığa bağlı bir polinom şekline getirdim ve yakıt analizine ulaşamadığımız zaman, kabul edilebilir bir yaklaşıklıkla kullanılabilir diye düşünüyorum. İş bu kadar basitleştigiğine göre, istediğimiz sıcaklıktaki duman gazı özgül ısınma ısısını bulmamız için;

$$c_v = -2.95 \times 10^{-11} T^3 + 3.45 \times 10^{-08} T^2 + 7.76 \times 10^{-05} T + 0.322757$$

denklemini her iki sıcaklık değeri için çözmemiz yeterlidir. Öyleyse bunları da bulalım. $T_1 = 220$ °C ve $T_2 = 150$ °C için;

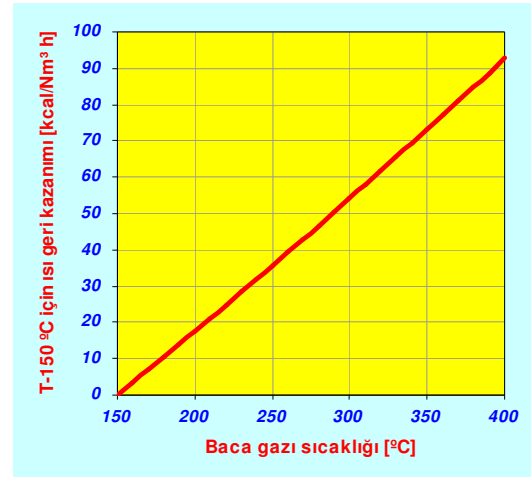
$$c_{v1} = 0.3412 \text{ kcal/Nm}^3 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{ve} \quad c_{v2} = 0.3351 \text{ kcal/Nm}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

olarak duman gazı özgül ısınma ısılarını da hesaplamış oluruz. İş kaldı bacadan atılan ısı miktarının hesaplanmasına. Bunun için de klasik ısı denkleminizi yazalım ve çözelim:

$$\begin{aligned} Q_h &= V_H (T_1 c_{v1} - T_2 c_{v2}) = \\ &= 958 \times (220 \times 0.3412 - 150 \times 0.3351) \\ Q_h &= 23 \text{ 758 kcal/h} \end{aligned}$$

Görüldüğü gibi, 1000 kg/h buhar üretirken, bacadan atılan ısı miktarı 24 bin kcal/h mertebesindedir. Verim etkeni de işin içine katıldığında bu değer saatte 3 kg yakıt eşdeğeridir. "Bu kadar uğraştık, sonunda da yapa yapa 3 kg/h yakıt tasarrufu mu yaptık" diye dudak bükmemelidir. Bu değer yılda 10 ton yakıt tasarrufu anlamına gelir. Bu da KDV'siyle birlikte 16,000 YTL para yapıyor.

Farklı baca gazı sıcaklıkları için habire hesap yapmayalım diye, baca gazı ısı geri kazanım eğrisi



Şekil-1: Sıcaklığa bağlı olarak baca gazından geri kazanılabilecek ısı miktarı

Şekil-1'de verilmiştir. Kendi kazanımızda yaktığımız yakıt miktarını biliyor ve baca gazı sıcaklığımızı ölçebiliyorsak, hesapladığımız duman gazı hacimsel debisini, ölçtüğümüz baca gazı sıcaklığına göre bu eğriden bulduğumuz değer ile çarparsak, hali hazırda bacadan ne kadar ısı kaybettiğimizi, başka bir deyişle, **ekonomizör kullanmamız durumunda ne kadar yakıt tasarrufu yapabileceğimizi** kolayca buluruz.

Ekonomizör Yatırımı Ne zaman Ekonomik Olur?

A çıkçası, tüm kazanlarda ekonomizör kullanılabileceği söylene de, ekonomizör kullanımına karar verilirken yapılacak yatırımın geri kazanılma süresine, yani ekonomizörün adından gelen ekonomikliği gerçekten sağlayıp sağlamadığına bakmanın en gerçekçi yaklaşım olduğu su götürmez bir gerçekliktir.

Bunun için, **günde 12 saatlik ve yılda 300 günlük bir işletme modeli esas alınarak**, değişik kazan kapasiteleri için ekonomizör yatırımı ve ekonomizör yatırımı ile gaz, sıvı veya katı yakıt kullanımında sağlanan kazanç eğrileri **Şekil-2**'de verilmiştir. Katı yakıt olarak 5 500 kcal/kg alt ısı değeri olan Soma linyiti esas alınmıştır.

Bu eğriler hazırlanırken, kazandan çıkan duman gazının 220 °C olduğu ve ekonomizörde bu sıcaklığın 150 °C'ye düşürüldüğü kabul edilmiştir.

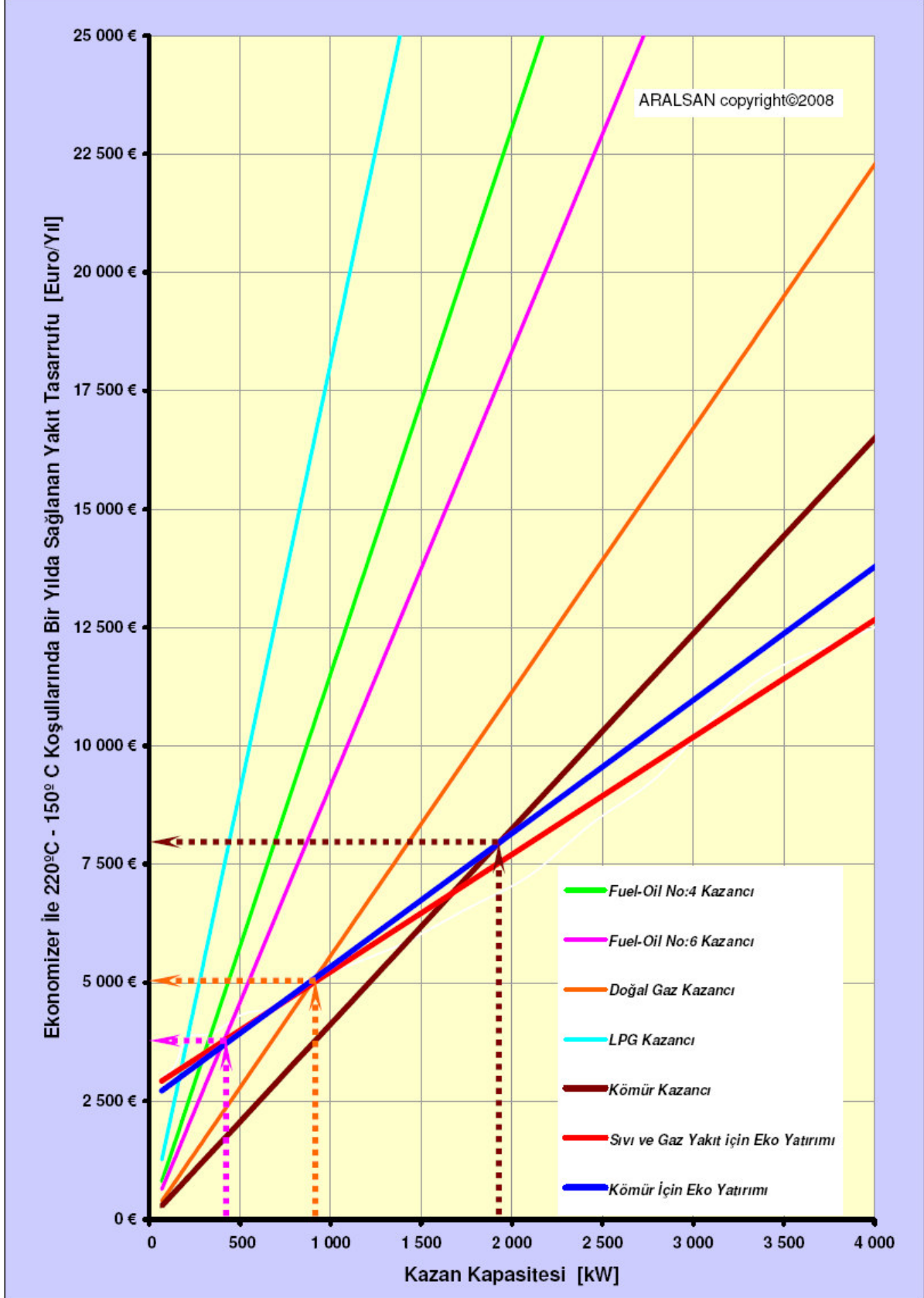
Şekil-2 incelendiğinde, yukarıda tanımlanan işletme koşullarında, ekonomizör yatırımının ne zaman ekonomik olduğu anlaşılmaktadır. Örneğin; **2000 kW** (= 1 720 000 kcal/h \approx 2 850 kg/h buhar) kapasiteli bir kazanda ekonomizör kullanıldığında, yapılacak yatırım ve sağlanacak kazanç **Tablo-1**'de gösterilmiştir.

Tablo-1: 2000 kW Kazan Kapasitesinde Eko Kullanımı İle Sağlanan Yıllık Kazanç

EKO YATIRIMI (Gaz ve Sıvı Yakıt)	7,600 €
Doğal Gaz Kazancı	11,250 €
Fuel-Oil No: 6 Kazancı	18,000 €
Fuel-Oil No: 4 Kazancı	23,000 €
LPG Kazancı	37,000 €
EKO YATIRIMI (Katı yakıt)	8,000 €
Kömür Kazancı	8,250 €

Not: Hesaplama yapıldığı tarihte kur değeri:

1 USD = 1.20 YTL 1EUR = 1.77 YTL



Şekil-2: Gaz, Sıvı ve Katı Yakıtlar İçin Kazan Kapasitesine Bağlı Olarak Ekonomizör Yatırımı ve Bu Yatırımın Sağladığı Kazanç

Öte yandan **bir yıllık bir geri ödeme süresi esas alındığında**, ekonomizörün ekonomik olabilmesi için **en küçük kazan kapasitesinin ne olması gerektiği** ise **Tablo-2'**de verilmiştir:

Tablo-2: Eko Yatırımını Ekonomik Yapan En Küçük Kazan Kapasitesi

YAKIT	EN KÜÇÜK KAZAN KAPASİTESİ		
	[kW]	[kcal/h]	[kg/h Buhar]
LPG	100	86 000	150
Fuel-Oil No: 4	300	258 000	450
Fuel-Oil No: 6	400	344 000	600
Doğal Gaz	850	731 000	1 250
Kömür	1700	1 462 000	2 500

Sonuç

Amaç, her zaman olduğu gibi, üretim maliyetlerimizin düşürülmesi ve üretimde bir kısıntıya gitmeden daha az yakıt yakarak yaşadığımız çevrenin daha az tahrip edilmesidir. Sizin amacınız daha farklı değilse, hemen bir termometre alıp, kazan dairesine koşup kazan bacasındaki sıcaklığı ölçmenizin gerekli bir davranış olduğunu düşünüyoruz. **Çünkü, paranızı ne kilitli kazanımdan ne de bankadaki hesabınızdan kimse alamaz ama “bacanızdan uçup gittiğini” seyretmek yerine yapabileceğiniz bir şeyler mutlaka vardır...**

Kaynakça

[1] Prof. Dr. Kemal Onat, “Buhar Kazanlarının Isıl Hesapları İçin Yardımcı Levhalar”, 1973

[2] V. P. Isachenko, V. A. Osipova ve A. S. Sukomel, “HEAT TRANSER”, Mir Publishers Moscow 1977