

ENERJİ YÖNETİMİ

ÖRNEK PROBLEMLER

ÖRNEK PROBLEM:

MODEL: 7 katlı yapının ısı yalıtımı yapılacaktır.

10 m x 15 m taban alanlı 7 katlı ve yüksekliği 20 m olan yapı

Mevcut yapı özellikleri:

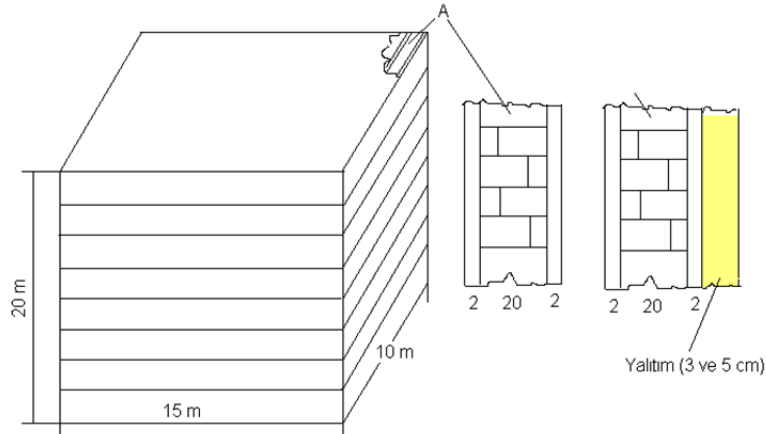
- Boyutlar: 10 m x 15 m alan, 20 m yükseklik
- Duvarlar: 2 cm iç sıva, 20 cm tuğla, 2 cm dış sıva
- Isı transfer katsayıları: iç yüzey ısı transfer katsayısı $8 \text{ W/m}^2\text{°C}$, iç sıva ısı iletim katsayısı $1.00 \text{ W/m}^2\text{°C}$, tuğla ısı iletim katsayısı $0.80 \text{ W/m}^2\text{°C}$, dış sıva ısı iletim katsayısı $1.25 \text{ W/m}^2\text{°C}$, dış yüzey ısı transfer katsayısı $20 \text{ W/m}^2\text{°C}$
- Sıcaklık: iç ortam ortalama sıcaklığı 20 °C , dış ortam ortalama sıcaklığı -3 °C
- Isıtma: Isıtma doğal gazla ve %90 verimle yapılmaktadır.
- Isıtma süresi: Isıtma günde 24 saat ve 180 gün boyunca yapılacaktır.
- Yakıt: Isıtmada doğal gaz kullanılacaktır. Doğal gazın alt ısı değeri 10000 kCal/kg , yoğunluğu 0.8 kg/Nm^3 , birim fiyatı 1.135 TL/m^3

Varsayımlar:

- Pencereler, kolonlar, direkler tuğla duvar özelliğinde kabul edilmiştir.
- Zemin ve çatıdan ısı kaybı olmadığı kabul edilmiştir.
- Enfiltrasyon ısı kaybının olmadığı, dolayısıyla yön zamlarının fark yaratmadığı kabul edilmiştir.

Yalıtım – maliyet özellikleri:

- İki tip yalıtım alternatifi uygulanacaktır:
 - 3 cm kalınlıkta mantolama
 - 5 cm kalınlıkta mantolama
- Birim maliyet: 3 cm yalıtım malzemesi birim fiyatı 20 TL/m^2 , 5 cm yalıtım malzemesi birim fiyatı 25 TL/m^2 , her iki uygulamada işçilik 40 TL/m^2
- Yıllık faiz oranı %10
- Yalıtım malzemesi ısı iletim katsayısı 0.04 W/mK



Modeller:

Model 1: Isı yalıtımsız bina

Model 2: 3 cm ısı yalıtımlı (mantolama) bina

Model 3: 5 cm ısı yalıtımlı (mantolama) bina

ANALİZ:

Isı transfer yüzey alanı $A = 2 (15 \text{ m} + 10 \text{ m}) 20 \text{ m} = 1000 \text{ m}^2$

Isı transfer katsayıları:

Model 1: Mevcut durum

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{l_{is}}{k_{is}} + \frac{l_t}{k_t} + \frac{l_{ds}}{k_{ds}} + \frac{1}{h_d}}$$

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0.02}{1.00} + \frac{0.20}{0.80} + \frac{0.02}{1.25} + \frac{1}{20}}$$

$$K_1 = 2.17 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Model 2: 3 cm mantolama

$$K_2 = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{l_{is}}{k_{is}} + \frac{l_t}{k_t} + \frac{l_{ds}}{k_{ds}} + \frac{l_y}{k_y} + \frac{1}{h_d}}$$

$$K_2 = \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{0.02}{1.00} + \frac{0.20}{0.80} + \frac{0.02}{1.25} + \frac{0.03}{0.04} + \frac{1}{20}}$$

$$K_2 = 0.83 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Model 3: 5 cm mantolama

$$K_3 = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{l_{is}}{k_{is}} + \frac{l_t}{k_t} + \frac{l_{ds}}{k_{ds}} + \frac{l_y}{k_y} + \frac{1}{h_d}}$$

$$K_3 = \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{0.02}{1.00} + \frac{0.20}{0.80} + \frac{0.02}{1.25} + \frac{0.05}{0.04} + \frac{1}{20}}$$

$$K_3 = 0.63 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Isı kaybı:

Anlık ısı kaybı (ısı gücü):

Model 1:

$$Q_{g1} = K_1 A (T_i - T_d)$$

$$Q_{g1} = 2.17 \text{ [W/m}^2\text{K]} \times 1000 \text{ [m}^2\text{]} \times [20 - (-3)] \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$Q_{g1} = 49910 \text{ W} = 49.910 \text{ kW}$$

Model 2:

$$Q_{g2} = K_2 A (T_i - T_d)$$

$$Q_{g2} = 0.83 \text{ [W/m}^2\text{K]} \times 1000 \text{ [m}^2\text{]} \times [20 - (-3)] \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$Q_{g2} = 19040 \text{ W} = 19.040 \text{ kW}$$

Model 3:

$$Q_{g3} = K_3 A (T_i - T_d)$$

$$Q_{g3} = 0.63 [W/m^2K] \times 1000 [m^2] * [20 - (-3)] [^{\circ}C]$$

$$Q_{g3} = 14440 W = 14.440 kW$$

Toplam ısı kaybı:

$$Yıllık ısıtma süresi: \Delta t = 24 [saat/gün] \times 180 [gün/yıl] = 4320 saat/yıl$$

Model 1:

$$Q_1 = Q_{g1} \times \Delta t = 49.910 [kW] \times 4320 [h/yıl]$$

$$Q_1 = 215611 kWh/yıl$$

Model 2:

$$Q_2 = Q_{g2} \times \Delta t = 19.040 [kW] \times 4320 [h/yıl]$$

$$Q_2 = 82253 kWh/yıl$$

Model 3:

$$Q_3 = Q_{g3} \times \Delta t = 14.440 [kW] \times 4320 [h/yıl]$$

$$Q_3 = 62381 kWh/yıl$$

Enerji dönüşümü: 1 kWh = 860 kCal

Model 1:

$$Q_1 = 215611 [kWh/yıl] \times \frac{860 kCal}{1 kWh}$$

$$Q_1 = 185425460 kCal/yıl$$

Model 2:

$$Q_2 = 82253 [kWh/yıl] \times \frac{860 kCal}{1 kWh}$$

$$Q_2 = 70737580 kCal/yıl$$

Model 3:

$$Q_3 = 62381 [kWh/yıl] \times \frac{860 kCal}{1 kWh}$$

$$Q_3 = 53647660 kCal/yıl$$

Gerekli enerji miktarı: Sistem $\eta = \%90$ verimle çalışıyor.

Model 1:

$$Q_{t1} = \frac{Q_1}{\eta} = \frac{185425460 kCal/yıl}{0.90}$$

$$Q_{t1} = 206028289 kCal/yıl$$

Model 2:

$$Q_{t2} = \frac{Q_2}{\eta} = \frac{70737580 kCal/yıl}{0.90}$$

$$Q_{t1} = 78597311 kCal/yıl$$

Model 3:

$$Q_{t3} = \frac{Q_3}{\eta} = \frac{53647660 \text{ kCal/yıl}}{0.90}$$

$$Q_{t1} = 59608511 \text{ kCal/yıl}$$

Gerekli yakıt miktarı: Doğal gaz

Ağırlık:**Model 1:**

$$m_1 = \frac{Q_{t1}}{H_u} = \frac{206028289 \text{ kCal/yıl}}{10000 \text{ kCal/kg}}$$

$$m_y = 20603 \text{ kg/yıl}$$

Model 2:

$$m_2 = \frac{Q_{t2}}{H_u} = \frac{78597311 \text{ kCal/yıl}}{10000 \text{ kCal/kg}}$$

$$m_y = 7860 \text{ kg/yıl}$$

Model 3:

$$m_3 = \frac{3}{H_u} = \frac{59608511 \text{ kCal/yıl}}{10000 \text{ kCal/kg}}$$

$$m_y = 5961 \text{ kg/yıl}$$

Hacim: Doğal gaz yoğunluğu 0.8 kg/Nm³

Model 1:

$$V_1 = \frac{m_1}{\gamma} = \frac{20603 \text{ kg/yıl}}{0.8 \text{ kg/Nm}^3}$$

$$V_1 = 25754 \text{ Nm}^3/\text{yıl}$$

Model 2:

$$V_2 = \frac{m_2}{\gamma} = \frac{7860 \text{ kg/yıl}}{0.8 \text{ kg/Nm}^3}$$

$$V_2 = 9825 \text{ Nm}^3/\text{yıl}$$

Model 3:

$$V_3 = \frac{m_3}{\gamma} = \frac{5961 \text{ kg/yıl}}{0.8 \text{ kg/Nm}^3}$$

$$V_1 = 7451 \text{ Nm}^3/\text{yıl}$$

Maliyet analizi:

Birim yatırım maliyeti = Malzeme + İşçilik

$$\text{Model 1:} \quad \text{BF}_1 = 0 \text{ TL}$$

$$\text{Model 2:} \quad \text{BF}_2 = 20 \text{ TL} + 40 \text{ TL} \quad \text{BF}_2 = 60 \text{ TL}$$

$$\text{Model 3:} \quad \text{BF}_3 = 25 \text{ TL} + 40 \text{ TL} \quad \text{BF}_3 = 65 \text{ TL}$$

Yatırım maliyeti:

Model 1:

$$YM_1 = 0$$

$$\text{Model 2: } YM_2 = A \times BF_2 = 1000 \text{ m}^2 \times 60 \text{ TL/m}^2$$

$$YM_2 = 60000 \text{ TL}$$

$$\text{Model 3: } YM_3 = A \times BF_3 = 1000 \text{ m}^2 \times 65 \text{ TL/m}^2$$

$$YM_3 = 65000 \text{ TL}$$

Enerji maliyeti:

$$\text{Model 1: } EM_1 = V_1 \times BF = 25754 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 1.135 \text{ TL/m}^3$$

$$EM_1 = 29231 \text{ TL/yıl}$$

$$\text{Model 2: } EM_2 = V_2 \times BF = 9825 \text{ m}^3 \times 1.135 \text{ TL/m}^3$$

$$EM_2 = 11151 \text{ TL/yıl}$$

$$\text{Model 3: } EM_3 = V_3 \times BF = 7451 \text{ m}^3 \times 1.135 \text{ TL/m}^3$$

$$EM_3 = 8457 \text{ TL/yıl}$$

Maliyet Tablosu

Model	Yatırım Tutarı (TL)	Enerji Maliyeti (TL/yıl)
Model 1	0	29231
Model 2	60000	11151
Model 3	65000	8457

Isı yalıtım maliyeti analizi

Faiz oranı: %10

Yıl	i	Model 1				Model 2				Model 3			
		Y (TL)	E (TL/yıl)	BT	Mod1	Y (TL)	E (TL/yıl)	BT	Mod2	Y (TL)	E (TL/yıl)	BT	Mod3
0	0,10	0	29.231	0	0	60.000	11.151	0	0	65.000	8.457	0	0
1	1,10	0	32.154	32.154	32.154	66.000	12.266	12.266	78.266	71.500	9.303	9.303	80.803
2	1,21	0	35.370	67.524	67.524	72.600	13.493	25.759	98.359	78.650	10.233	19.536	98.186
3	1,33	0	38.906	106.430	106.430	79.860	14.842	40.601	120.461	86.515	11.256	30.792	117.307
4	1,46	0	42.797	149.227	149.227	87.846	16.326	56.927	144.773	95.167	12.382	43.174	138.340
5	1,61	0	47.077	196.304	196.304	96.631	17.959	74.886	171.516	104.683	13.620	56.794	161.477
6	1,77	0	51.784	248.088	248.088	106.294	19.755	94.640	200.934	115.151	14.982	71.776	186.927
7	1,95	0	56.963	305.051	305.051	116.923	21.730	116.371	233.294	126.667	16.480	88.256	214.923
8	2,14	0	62.659	367.711	367.711	128.615	23.903	140.274	268.889	139.333	18.128	106.385	245.718
9	2,36	0	68.925	436.636	436.636	141.477	26.293	166.567	308.044	153.267	19.941	126.326	279.592
10	2,59	0	75.818	512.454	512.454	155.625	28.923	195.490	351.115	168.593	21.935	148.261	316.854

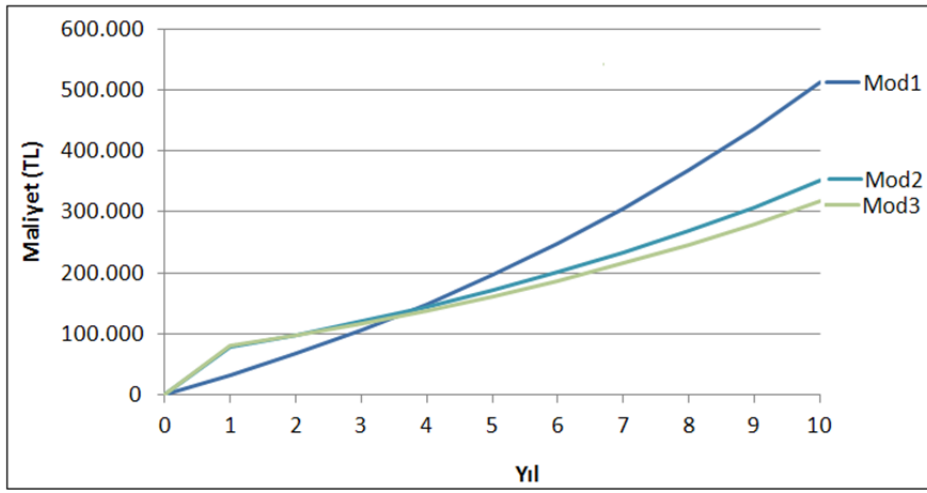
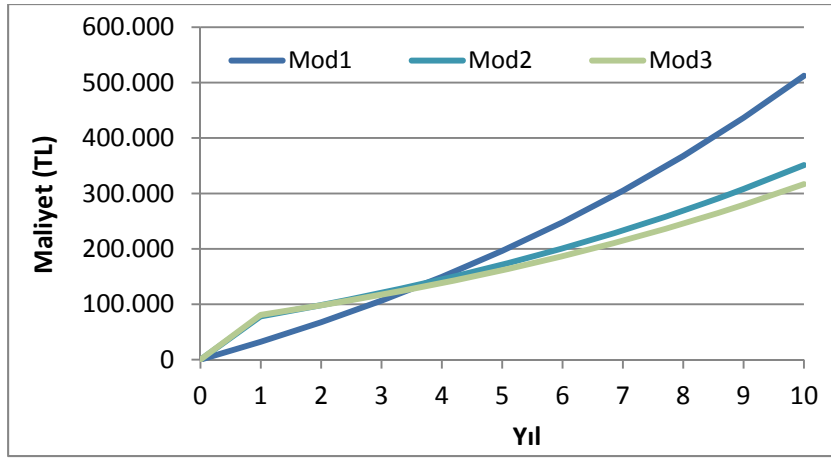
Y: Yatırım tutarı (TL)

E: Enerji maliyeti (TL/yıl)

Maliyet Tablosu

Faiz oranı: %10

Yıl	i	Model 1	Model 2	Model 3
0	0,10	0	0	0
1	1,10	32.154	78.266	80.803
2	1,21	67.524	98.359	98.186
3	1,33	106.430	120.461	117.307
4	1,46	149.227	144.773	138.340
5	1,61	196.304	171.516	161.477
6	1,77	248.088	200.934	186.927
7	1,95	305.051	233.294	214.923
8	2,14	367.711	268.889	245.718
9	2,36	436.636	308.044	279.592
10	2,59	512.454	351.115	316.854



ÖRNEK PROBLEM: ENERJİ TASARRUFU

Bir işletmede 125 PS gücünde bir kompresör yanmış ve % 90 verimli standart bir motor veya % 95 verimli yüksek verimli bir motor ile değiştirilecektir. Standart motorun fiyatı 80000 TL, yüksek verimli motorun fiyatı ise 100000 TL'dir. Kompresör günde 20 saat ve yılda 320 gün tam yükte çalışmaktadır. Elektrik birim fiyatını 0.41 TL/kWh olduğuna göre, bu işletmenin yüksek verimli motor alarak yapacağı yıllık enerji ve para tasarrufunu bulunuz. Ayrıca tasarruf miktarının ilk fiyat farkını ne kadar sürede geri ödeyeceğini bulunuz.

ÇÖZÜM:

Motor verimi: Bir motorun tam yükte verimi % 90, yarı yükte % 87 ve ¼ yükte % 80 iken aynı özelliklerdeki başka bir motorun tam yükteki verimi % 91 iken ¼ yükte % 75 verimle çalışabilir.

Standart bir motorun yüksek verimli motor ile değiştirilmesi durumunda tasarruf edilecek enerji aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanabilir.

$$\text{Enerji Tasarrufu} = P \times \text{ÇS} \times \text{YO} \times \left(\frac{1}{\eta_{\text{standart}}} - \frac{1}{\eta_{\text{yüksekverimli}}} \right)$$

P: Toplam nominal güç, ÇS: Çalışma süresi, YO: Yükleme oranı

η_{standart} : Standart tip motor verimi, $\eta_{\text{yüksekverimli}}$: Yüksek verimli tip motor verimi

Tasarruf Miktarı = Enerji Tasarrufu x Enerji Birim Fiyatı

Yıllık enerji ve para tasarrufu aşağıdaki şekilde bulunur:

Verilenler:

P = 125 PS, 1 kW = 1.36 PS veya 1 PS = 0.735 kW

$$\text{ÇS} = 20 \frac{\text{saat}}{\text{gün}} \times 320 \frac{\text{gün}}{\text{yıl}} = 6400 \text{ saat/yıl}$$

YO = 1 (Tam yük)

$\eta_{\text{standart}} = 0.90$, $\eta_{\text{yüksekverimli}} = 0.95$

MF_{standart} = 80000 TL, MF_{yüksekverimli} = 100000 TL

$$\text{Enerji Tasarrufu} = 125 \text{ HP} \times 0.735 \frac{\text{kW}}{\text{HP}} \times 6400 \frac{\text{saat}}{\text{yıl}} \times \left(\frac{1}{0.90} - \frac{1}{0.95} \right)$$

Enerji Tasarrufu = 34386 kWh/yıl

Ekonomik Tasarruf Miktarı = 34386 [kWh/yıl] x 0.41 [TL/kWh]

Ekonomik Tasarruf Miktarı = 14098 TL/yıl

Maliyet Farkı = MF_{yüksekverimli} - MF_{standart}

Maliyet Farkı = 100000 TL - 80000 TL

Maliyet Farkı = 20000 TL

$$\text{Geri Ödeme Süresi} = \frac{\text{Maliyet Farkı}}{\text{Ekonomik Tasarruf Miktarı}}$$

$$\text{Geri Ödeme Süresi} = \frac{20000 \text{ TL}}{14098 \text{ TL/yıl}}$$

Geri Ödeme Süresi = 1.42 yıl

ÖRNEK PROBLEM: ENERJİ TASARRUFU

Bir fabrika, kışın % 85 verimli bir doğal gaz kazanı ile ısıtılmaktadır. Bu fabrikanın basınçlı hava ihtiyacı, büyük boyutta bir sıvı soğutmalı kompresör ile sağlanmaktadır. Kompresör soğutucusu bir sıvı-hava ısı eşanjörü ile soğutulmaktadır. Eşanjörün hava bölümü 80 cm yüksekliğinde ve 80 cm genişliğindedir. Normal çalışma şartlarında eşanjörde hava, 20°C'den 50°C'ye çıkarılmaktadır. Havanın ortalama hızı 3 m/s'dir. Kompresör, günde 18 saat ve haftada 5 gün çalışmaktadır. Kış sezonunu 24 hafta, doğal gaz fiyatı 1.25 TL/m³, alt ısı değeri 34500 kJ/m³ ise kompresör atık ısısının fabrikada ortam ısıtılmasında kullanılmasıyla elde edilebilecek enerji ve para tasarrufunu bulunuz.

ÇÖZÜM:

Fabrikanın deniz seviyesinde olduğunu varsayarak ve havanın yoğunluğunu 1.2 kg/m³ alarak, ısı eşanjöründe akan havanın debisi

Havanın debisi = Havanın yoğunluğu x Hava hızı x Akış kesit alanı

$$\dot{m} = \rho u A$$

$$\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3, u = 3 \text{ m/s}$$

$$A = 0.8 \text{ [m]} \times 0.8 \text{ [m]} = 0.64 \text{ m}^2$$

$$\dot{m} = 1.2 \text{ [kg/m}^3] \times 3 \text{ [m/s]} \times 0.64 \text{ [m}^2]$$

$$\dot{m} = 2.304 \text{ kg/s}, \dot{m} = 8294.4 \text{ kg/h}$$

Hava, $\Delta T = 50 - 20 = 30$ °C'lik bir sıcaklık artışına maruz kalmaktadır. Havanın özgül ısısını 1.0 kJ/kg.°C alarak geri kazanılabilecek ısı oranı aşağıdaki gibi bulunur.

Isı geri kazanım oranı = Havanın debisi x Özgül ısı x Sıcaklık farkı

$$\text{Isı geri kazanım oranı} = \dot{m} \times C_{ph} \times \Delta T$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \times C_{ph} \times \Delta T$$

$$\dot{Q} = 8294.4 \text{ [kg/h]} \times 1 \text{ [kJ/kg°C]} \times (50 - 20) \text{ [°C]}, \dot{Q} = 248832 \text{ kJ/h}$$

Kış mevsiminde kompresörün çalışma süresi (ÇS):

$$\text{ÇS} = 18 \text{ [saat/gün]} \times 5 \text{ [gün/hafta]} \times 24 \text{ [hafta/yıl]}, \text{ÇS} = 2160 \text{ saat/yıl}$$

Yıllık enerji ve para tasarrufu:

$$\text{Enerji tasarrufu} = \frac{\text{Isı geri kazanım oranı} \times \text{Çalışma süresi}}{\text{Isıl değer} \times \text{Kazan verimi}}$$

$$\text{Enerji tasarrufu} = \frac{248832 \text{ [kJ/h]} \times 2160 \text{ [saat/yıl]}}{34500 \text{ [kJ/m}^3] \times 0.85}$$

$$\text{Enerji tasarrufu} = 18328 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

$$\text{Ekonomik tasarruf} = \text{Enerji tasarrufu} \times \text{Enerji birim fiyatı}$$

$$\text{Ekonomik tasarruf} = 18328 \text{ [m}^3/\text{yıl]} \times 1.25 \text{ [TL/m}^3]$$

$$\text{Ekonomik tasarruf} = 22910 \text{ TL/yıl}$$

Bu metodun uygulanması için ısı eşanjörünün çıkışına bir hava kanalının yerleştirilmesi ve bina içine yönlendirilmesi gerekir. Bunun maliyeti düşüktür. Piyasada birleşik kompresör/ısı kazanım sistemi beraber bir sistem olarak hem hava soğutmalı (50 PS'den büyük) ve su soğutmalı (125 PS'den büyük) modeller için bulunmaktadır. Kazanlarda çıkan egzoz gazlarının sıcaklığı genelde 150°C'nin üstündedir ve bir ısı geri kazanım sistemiyle egzoz gazlarının sahip olduğu ısıнын bir bölümü faydalı amaçlar için kullanılabilir.

ÖRNEK PROBLEM: ENERJİ TASARRUFU

Bir kurutma fırınının 57 cm çaplı bacasından 3 m/s hızla 70 °C sıcaklıkta nemli hava çıkmaktadır. Söz konusu nemli hava bir eşanjör sisteminden geçirilerek 30 °C sıcaklığa kadar soğutulma suretiyle ısıtmada kullanılmaktadır. Tasarruf edilen enerjinin birim fiyatı 0.40 TL/kWh'dir. Kurutma sistemi yılda 6500 saat çalışmaktadır.

Sistemden sağlanacak enerji tasarrufunu ve tasarruf edilen parasal değeri bulunuz.

Isıtma tesisatının maliyeti 150000 TL olduğuna göre geri ödeme süresini bulunuz.

ÇÖZÜM:

$$\dot{Q} = \dot{m} \times C_{p_h} (T_2 - T_1)$$

$$\dot{m} = \rho \times u \times A$$

$$\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$$

$$u = 3 \text{ m/s}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times (0.57)^2}{4} = 0.255 \text{ m}^2$$

$$\dot{m} = 1.2 \text{ [kg/m}^3] \times 3 \text{ [m}^3/\text{s}] \times 0.255 \text{ [m}^2]$$

$$\dot{m} = 0.918 \text{ [kg/s]}$$

$$\dot{m} = 3305 \text{ [kg/h]}$$

$$\dot{Q} = 3305 \text{ [kg/h]} \times 1 \text{ [kJ/kg}^\circ\text{C]} \times (70 - 30) \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$\dot{Q} = 132200 \text{ kJ/h}$$

$$\dot{Q} = 36.7 \text{ kJ/s}$$

$$1 \text{ kW} = 1 \text{ kJ/s}$$

$$\dot{Q} = 36.7 \text{ kW}$$

$$TE = \dot{Q} \times t$$

$$t = 6500 \text{ saat/yıl}$$

$$ET = 36.7 \text{ [kW]} \times 6500 \text{ [h/yıl]}$$

$$ET = 238550 \text{ kWh/yıl}$$

Parasal tasarruf = Enerji tasarrufu x Enerji birim fiyatı

$$PT = 238550 \text{ [kWh/yıl]} \times 0.40 \text{ [TL/kWh]}$$

$$PT = 95420 \text{ TL/yıl}$$

$$\text{Geri ödeme süresi} = \frac{\text{Tesisat yatırım tutarı}}{\text{Parasal tasarruf}}$$

$$\text{Geri ödeme süresi} = \frac{150000 \text{ TL}}{95420 \text{ TL/yıl}}$$

$$\text{Geri ödeme süresi} = 1.57 \text{ yıl}$$

ÖRNEK PROBLEM: YAKIT EKONOMİSİ

Yakıt özellikleri

Yakıt	Alt ısııl değeri	Verim (%)	Birim Fiyatı
Linyit	12500 kJ/kg	70	0.35 TL/kg
Doğal gaz	34500 kJ/m ³	90	1.25 TL/m ³
LPG	46000 kJ/kg	90	3.25 TL/kg
Kömür (ithal)	25000 kJ/kg	70	0.55 TL/kg
Elektrik	-	99	0.41 TL/kWh

Yerli linyit kömürü, doğal gaz, LPG, ithal kömür ve elektrik enerjisinin birim enerji maliyetini TJ başına bulunuz.

Birim enerji maliyeti aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$BEM = \frac{\text{Birim fiyat}}{H_u \times \eta}$$

Linyit: $BEM_{\text{liniyit}} = \frac{0.35 \text{ TL/kg}}{12500 \text{ [kJ/kg]} \times 0.70} \left(\frac{10^9 \text{ kJ}}{1 \text{ TJ}} \right)$ $BEM_{\text{liniyit}} = 40000 \text{ TL/TJ}$	Doğal gaz: $BEM_{\text{doğalgaz}} = \frac{1.25 \text{ TL/kg}}{34500 \text{ [kJ/kg]} \times 0.90} \left(\frac{10^9 \text{ kJ}}{1 \text{ TJ}} \right)$ $BEM_{\text{liniyit}} = 40258 \text{ TL/TJ}$
LPG: $BEM_{\text{LPG}} = \frac{3.25 \text{ TL/kg}}{46000 \text{ [kJ/kg]} \times 0.90} \left(\frac{10^9 \text{ kJ}}{1 \text{ TJ}} \right)$ $BEM_{\text{LPG}} = 76087 \text{ TL/TJ}$	Kömür (ithal): $BEM_{\text{kömür}} = \frac{0.55 \text{ TL/kg}}{25000 \text{ [kJ/kg]} \times 0.70} \left(\frac{10^9 \text{ kJ}}{1 \text{ TJ}} \right)$ $BEM_{\text{kömür}} = 314290 \text{ TL/TJ}$
Elektrik: $BEM_{\text{elektrik}} = \frac{0.41 \text{ TL/kWh}}{1 \text{ [kWh]} 3600 \text{ [kJ/s/kWh]} \times 0.99} \left(\frac{10^9 \text{ kJ}}{1 \text{ TJ}} \right)$ $BEM_{\text{elektrik}} = 1150390 \text{ TL/TJ}$	

Sonuçlar:

Yakıt	Alt ısııl değeri	Verim (%)	Birim Fiyatı	BEM (TL/TJ)
Linyit	12500 kJ/kg	70	0.35 TL/kg	40000
Doğal gaz	34500 kJ/m ³	90	1.25 TL/m ³	40258
LPG	46000 kJ/kg	90	3.25 TL/kg	76087
Kömür (ithal)	25000 kJ/kg	70	0.55 TL/kg	31429
Elektrik	3600 kJ/ kWh	99	0.41 TL/kWh	115039