

MEKANİK TESİSATTA EKONOMİK ANALİZ

Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZDEMİR Doç. Dr. İ. Cem PARMAKSIZOĞLU
Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü - İSTANBUL
e-mail: (*) orecep@yildiz.edu.tr

ÖZET

Dünya çapında rekabetin ön plana çıktığı bu günkü şartlarda, en gelişmiş ürünü, en kısa sürede, en ucuza üretmek veya ilk yatırım ve işletme maliyetlerinden toplam maliyeti en düşük olanı seçmek esastır. Bir mühendisin tasarım için göz önüne alması gereken en önemli hususlardan biri ekonomik analizdir. Ülkemizin enerji kaynaklarının kısıtlı olması, yaşanan yüksek enflasyon ve değişken banka faizleri ekonomik analizin önemini artırmaktadır.

Mekanik tesisatta yalıtım kalınlığı, alternatif bir enerji kaynağının seçimi, bir ısı geri kazanımı uygulaması, bir ısı değiştiricinin boyutlarının belirlenmesi, hatta bir boru çapı seçimi, kısaca tüm mühendislik tasarımları bir ekonomik analiz sonucu yapılmalıdır. Ekonomik analiz ve verilerinin sürekli değişmesi bu seçimleri basit eşitlik ve tablolar yardımı ile yapılmasına imkan vermemektedir. Her tesisat uygulaması için doğru yöntemin bulunması ve kullanılması

esastır. Sonuç olarak her seçim için özgün bir ekonomik analiz yapmak gerekmektedir.

Bu çalışmada, ekonomik analizin tanımlarından başlayarak, maliyetlerin bulunmasına yönelik veriler, ekonomik analiz yöntemleri, mekanik tesisat uygulama örnekleri ile açıklanarak ve

1. GİRİŞ :

1.1. TEMEL TANIMLAR [1],[7]

P paranın bugünkü değeri, S paranın gelecek teki değeri, i gerçek yıllık faiz oranı (enflasyon-suz), n sene olmak üzere basit faiz hesabı ile;

$$S = P(1+ni)$$

ve bileşik faiz hesabı ile

$$S = P(1+i)^n = P \times F_{PS,i,n} \quad (1)$$

olarak bulunur.

Örnek: % 10 faizle 1000 bp (birim para) borç alınırsa 6 sene sonra basit faiz hesabı ile 1600 bp ve bileşik faiz hesabı ile 1771.561 bp geri ödenecektir. Aynı faiz oranı ile ödenmesi gereken paranın ne zaman

Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZDEMİR

1964 Afyon doğumlu Mustafa Özdemir 1983 te Eskişehir Anadolu Lisesini bitirdikten sonra girdiği İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesinden 1987 de Uçak mühendisi olarak mezun oldu. Aynı yıl Yüksek lisansa başladığı İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Anabilim dalı, Enerji Programından 1990 yılında yüksek mühendis ünvanı aldı. Aynı programda başladığı doktora eğitimini 1996 da tamamlayan Mustafa Özdemir, 1999 dan beri İTÜ Makina Fakültesi, Makina Mühendisliği bölümü Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim dalında yardımcı doçent olarak çalışmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.

Temel ısı ve kütle geçişi, gözenekli ortamda ısı ve kütle geçişi, kılcal ortamlarda akış, titreşimli sıvı kolonlarında ısı geçişi, buharlaşma ve yoğunlaşma vb. konularda akademik çalışmalarına devam etmektedir.

Doç. Dr. İsmail Cem PARMAKSIZOĞLU

1975 İTÜ Makina Fakültesi Kuvvet-Isı Kolunu, 1977 İTÜ Makina Fakültesi Enerji kolunu bitirmiştir. 1985 yılında İTÜ Makina Fakültesinden Doktor ünvanını almış ve 1989 yılında Doçent olmuştur. Kısa ve uzun süreli olarak Sulzer (A.G.) İsviçre ve U.C. Lawrence Berkeley Laboratory'de çalışmıştır. İTÜ Makina Fakültesinde CAD-CAM Merkezi Müdürü görevinde bulunmuştur. Halen İTÜ Makina Fakültesinde Doçent olarak çalışmaktadır. Isı Geçişi, Tesisat ve Termik Türbo Makinalar ilgi alanıdır.

iki katına çıkacağı ise bileşik faiz hesabı ile;

$$S = 2P = P(1+i)^n \quad n=7.2 \text{ sene}$$

olarak bulunur.

(1) nolu formülle gösterilen paranın gelecekteki değerine bileşik değer formülü denir. $F_{PS,i,n}$ faktörüne de tek-ödemeli bileşik değer faktörü denir. Ayrıca;

$$P = S(1+i)^{-n} = S \times F_{PS,i,n} \quad (2)$$

ifadesine *bugünkü değer formülü* denir.

Günlük yaşamda çeşitli eşit ödemelerle ve/veya taksitlendirmelerle karşılaşılır. Yıllık işletme giderleri (enerji giderleri, bakım giderleri), yıllık kazanç vb bunlara örnektir. R yıllık düzgün ödemeler olmak üzere yıllık i gerçek faiz oranı ile n yıl sonunda;

$$S = R \frac{(1+i)^n - 1}{i} = R \times F_{RS,i,n} \quad (3)$$

miktar para birikmiş olur. faktörüne *düzgün-serili bileşik değer faktörü* denir. Ayrıca buradan düzgün ödemelerle gelecek değer arasında;

$$R = S \frac{i}{(1+i)^n - 1} = R \times F_{RS,i,n} \quad (4)$$

ilişkisi kolayca yazılabilir. (1) nolu denklem (3)'te yerine yazılırsa bugünkü değer ile düzgün ödemeler arasında

$$P = R \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} = R \times F_{RP,i,n} \quad (3)$$

bulunur. Burada faktörüne *düzgün serinin bugünkü değer faktörü* denir. Ayrıca $nRPF_{,,}$

$$R = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = P \times F_{RP,i,n} \quad (4)$$

olduğu kolayca yazılabilir. Burada $F_{RP,i,n}$ faktörüne *düzgün serilerle sermayenin yeniden elde edil*

mesi faktörü (Capital Recovery Factor) denir.

Örnek: Bir yatırımcı ilk yatırım maliyeti 10 000 bp olan bir ısı geri kazanım yatırımı yapıyor. Yatırımın ömrü 20 sene ve yıllık gerçek-faiz oranı %10 olduğuna göre Yıllık yatırım maliyeti nedir?

(4) nolu denklemden yatırımın yıllık maliyeti;

$$R = 10000 \times F_{PR, \%10, 20} = 10000 \times 0.11746 = 1174.6 \text{ bp}$$

olarak hesaplanır. Gerçek faiz sıfır olsaydı sıfıra giderken limiti alınarak $F_{R,i,n} = 1/20$. $R = 500$ bp olarak bulunurdu. Ancak diğer bir deyişle %10'luk gerçek faiz uygulaması ile 10,000 bp bankaya yatırılmış olsaydı 20 yıl üzerinden düzgün ödemelerle banka her yıl 1174.6 bp ödeme yapacaktı. Görülüyor ki, faiz arttıkça yatırım maliyeti de artmaktadır.

Enflasyon ve işçilik fiyatlarının artması sonucu paranın zamanla alım gücünü kaybetmesidir. Banka faizi (Market interest rate) ve enflasyon birbirleri ile doğrudan bağlıdır. Banka faizi ile bugünkü değeri P olan bir para n yıl sonra

$$P(1+i_b)^n$$

olurken aynı zamanda enflasyondan dolayı da;

$$P/(1+e)^n$$

kadar değer kaybedecektir. Bu durumda bugünkü değeri P olan paranın n yıl sonraki değeri;

$$S = \frac{(1+i_b)^n}{(1+e)^n} P = 1 + \frac{i_b - e}{1+e}^n \quad P = (1+i_b)^n P \quad (5)$$

olacaktır. Banka faizi, enflasyon oranı e ile gerçek faiz arasında ise

$$S = \frac{i_b - e}{1+e} \quad (6)$$

ilişkisinin olduğu kolayca görülmektedir. Gerçek faiz yukarıdaki ilişkiye göre negatif de olabilir.

Yıl	Banka faizi $i_b = \%60$ ve enflasyon $e = \%40$			Banka faizi $i_b = \%60$ ve enflasyon $e = \%60$			Banka faizi $i_b = \%60$ ve enflasyon $e = \%70$		
	Yıl başında ödenmemiş sermaye	Yapılan Tasarruf	Kalan ödenmemiş sermaye	Yıl başında ödenmemiş sermaye	Yapılan Tasarruf	Kalan ödenmemiş sermaye	Yıl başında ödenmemiş sermaye	Yapılan Tasarruf	Kalan ödenmemiş sermaye
0	10,000.00	2,000.00	10,000.00	10,000.00	2,000.00	10,000.00	10,000.00	2,000.00	10,000.00
1	16,000.00	2,800.00	13,200.00	16,000.00	3,200.00	12,800.00	16,000.00	3,400.00	12,600.00
2	21,120.00	3,920.00	17,200.00	20,480.00	5,120.00	15,360.00	20,160.00	5,780.00	14,380.00
3	27,520.00	5,488.00	22,032.00	24,576.00	8,192.00	16,384.00	23,008.00	9,826.00	13,182.00
4	35,251.20	7,683.20	27,568.00	26,214.40	13,107.20	13,107.20	21,091.20	16,704.20	4,387.00
5	44,108.80	10,756.48	33,352.32	20,971.52	20,971.52	0.00	7,019.20	28,397.14	-21,377.94
6	53,363.71	15,059.07	38,304.64						
7	61,287.42	21,082.70	40,204.72						
8	64,327.56	29,515.78	34,811.78						
9	55,698.84	41,322.09	14,376.75						
10	23,002.80	57,850.93	-34,848.13						

Örnek: 10,000 bp enerji tasarruf yatırımı ya-
pılan bir fabrikada, 2,000 bp yakıt tasarrufu ya-
pılmaktadır. Senelik banka faizinin % 60 ise enflasyonun (fiat artışının) %40 veya %70 olması halinde yatırılan sermayenin kaç yılda geri kazanılacağını hesaplayınız.

Yukarıda tabloda görüldüğü gibi enflasyon banka faizinin altında olduğu zaman yatırılan para daha uzun sürede geri kazanılmaktadır. Bu örnekte % 40 enflasyon olduğunda yatırılan para 10 yıl içinde ve %70 enflasyon olduğunda da 4 yıl içinde geri kazanılmaktadır.

Örnek: Bir ısı geri kazanım ünitesini tasarımı karakteristikleri ve ilk yatırım maliyetleri aşağıdaki tabloda verilmiştir. Ünitenin faydalı ömrü 5 sene ve gerçek faiz oranı %10 alınabilir.

	A	B
İlk yatırım	200,000	150,000
Yıllık bakım	3,000	6,000
3 sene sonunda yedek parça giderleri	--	3,000
Hurda fiyatı	10,000	5,000
Yalıtım kalınlığına bağlı olarak elde edilen senelik kazanç	1,000	500

2. MALİYETLERİN

KAR^{1/2}ILA^{1/2}TIRILMASI [2], [1]

Önceki kısımda kısaca açıklanan bileşik faiz hesaplamalarını kullanarak bazı ekonomik kararlar alabiliriz. Burada iki veya daha çok seçenekli durumların ekonomik yönden nasıl karşılaştırılacağı ele alınmaktadır.

Bugünkü Değer Analizi

Aynı anda gerçekleşmesi mümkün seçenekleri karşılaştırmanın en kolay yollarından biri, bunların sonuçlarını bugünkü zamanda karşılaştırmaktır.

$$P = \text{İlk yatırım} + (\text{İşletme, bakım gideri} - \text{senelik kazanç} - \text{Hurda fiyatı}) \cdot F(7)$$

$$P_A = 200,000 + (3,000 - 1,000) F_{RP, \%10,5} - 10,000 F_{SP, \%10,5}$$

$$= 200,000 + 2,000 (3.791) - 10,000(0.621) = 201,372 \text{ bp}$$

$$P_B = 150,000 + 8,500 F_{RP, \%10,5} - 5,000 F_{SP, \%10,5}$$

$$= 150,000 + 8,500 (3.791) - 5,000(0.751) = 178,468.5 \text{ bp}$$

Yıllık Maliyet Analizi

Yıllık maliyet analizinde amaç paranın yıllık eşdeğer maliyete veya kâra dönüştürülmesidir.

$$R = \text{İlk Yatırım} \times F_{PR} - \text{İşletme gideri} - \text{Hurda fiyatı} \times F_{SR} \quad (8)$$

Buna Eşdeğer Yıllık Maliyet (EDYM) de denir.

Örnek: Aynı teknik özelliklere sahip iki ısı dağıtıcısından hangisi daha ekonomiktir. Gerçek faiz %10 olarak alınabilir.

	A	B
İlk yatırım	10,000	15,000
Tahmini ömür	5	7
Hurda fiyatı	2,000	5,000
Senelik bakım giderleri	1,500	1,000

$$R_A = 10,000 F_{PR, \%10, 5} + 1,500 - 2,000 F_{SR, \%10, 5}$$

$$= 10,000(0.2638) + 1,500 - 2,000(0.1638) = 3,810.38 \text{ bp/yıl}$$

$$R_B = 15,000 F_{PR, \%10, 7} + 1,000 - 5,000 F_{SR, \%10, 7}$$

$$= 15,000(0.2054) + 1,000 - 5,000(0.1054) = 3,554.05 \text{ bp/yıl}$$

İndirgenmiş Maliyet Analizi (Sonsuz Analiz Dönemi)

Kapitalize edilmiş maliyet, bugünkü değer analizinin özel bir durumudur. Bugünkü değer analizinde diğer bir zorluk sonsuz analiz dönemi ile karşılaştığımızda ortaya çıkar. Özellikle devlet yatırımlarında sonsuz dönem kavramı ile karşılaşılır. Bu yatırımlar genellikle boru hatları gibi altyapı yatırımlarıdır. Bu durumda maliyetlerin bugünkü değer analizleri sonsuz analiz dönemi için ($n \rightarrow \infty$) yapılır. Düzgün serilerle sermayenin yeniden elde edilmesi faktörü faiz döneminin sonsuz olması durumunda;

$$F_{PR, i, \infty} = \frac{i \cdot (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} = i \quad (9)$$

elde edilir. Bugünkü değer indirgenmiş maliyeti ise;

$$K = P = P \frac{F_{PR, i, n}}{F_{PR, i, \infty}} = P \frac{(1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} = P \times F_{PK, i, n} \quad (10)$$

burada;

$$F_{PK, i, n} = \frac{F_{PR, i, n}}{i} \quad (11)$$

Düzgün ödeme serileri durumunda indirgenmiş maliyetin, (3) nolu denklemi (10)'da yerine yazarsak;

$$K = \frac{R}{i} \quad (12)$$

olduğu kolayca görülür. Bir yatırım için genel olarak indirgenmiş maliyet;

$$K = \text{ilk yatırım} \times F_{PR, i, n} + \text{İşletme gideri} / i - \text{Hurda değeri} \times F_{SR, i, n} \quad (13)$$

olarak gösterilebilir.

Örnek: Önceki örnekte verilen ısı değiştiricileri için ekonomik analizi sonsuz analiz dönemi ile yapınız. Gerçek faiz oranı %10 olarak alınabilir.

Bir önceki örnekteki tablo gözönüne alınarak,

$$K_A = 10,000 \times F_{PR, \%10, 5} / i + 1,500 / i - 2,000 \times F_{SR, \%10, 5} / i$$

$$= 10,000(0.2638/0.1) + 1,500/0.1 - 2,000(0.6209)(0.2638/0.1) = 38,103.80 \text{ bp/yıl}$$

$$K_B = 15,000 \times F_{PR, \%10, 7} / i + 1,000 / i - 5,000 \times F_{SR, \%10, 7} / i$$

$$= 15,000(0.2054/0.1) + 1,000/0.1 - 5,000(0.5132)(0.2054/0.1) = 35,540.55 \text{ bp/yıl}$$

Aynı probleme üç metot da uygulanırsa aynı sonuç bulunur. Hangi metodun kullanılacağı, analize uygunluğuna ve uygulayan kişiye bağlıdır.

3. YATIRIMLARIN KÂRLILIK ANALİZLERİ

Mühendislik ekonomisinin temel kullanımından biri düşünülen bir projenin veya yatırımın kârlılığını belirlemektir. Önceki kısımlarda paranın zaman değeri ve zamana göre paranın eşdeğer miktarlarının nasıl hesaplanacağını açıkladık. Burada paranın zaman değeri hesaplamaları yardımıyla bir yatırımın veya projenin kârlı mı olacağı veya zarar mı edileceği üzerinde durulacaktır. Bir projenin yatırım kararı genellikle üç değişik kritere göre yapılır. Bunlar *kârlılık*, *finansal analiz* ve *sosyo-politik analiz*dir. Ancak bir serbest-girişimci için firmasının en temel hedefi kârını maksimum yapmaktır. Eğer yatırımcılar yeterince etkin bir kâr kazanacaklarına ikna olmazlar ise paraları için farklı kullanım seçeneklerine yöneleceklerdir.

Genel olarak kârlılığın analizinde dört metod kullanılır. *Sermayenin geri dönüş oranı* ve *geri*

ödeme süresi anlaşılması en kolay yöntemlerdir; ancak bu yöntemler paranın zaman değerini göz önüne almazlar. Net bugünkü değer ve iç verim oranı yöntemleri paranın zaman değerini de göz önüne alan en yaygın kârlılık ölçümüdür.

Geri Ödeme Oranı:

$$GÖO = \frac{\text{Net Yıllık Kar}}{\text{İlk Yatırım} + \text{İşletme Sermayesi}}$$

Geri Ödeme Süresi:

Geri ödeme süresi toplam ilk yatırım ve işletme sermayesinin tamamen geri kazanmak için gerekli süredir. Bu metotta nakit akışları kullanılsa da paranın zaman değeri göz önüne alınmaz. Bu metotta geri ödeme süresinden sonraki nakit akışları incelenmez.

$$GÖS = \frac{\text{İlk Yatırım} + \text{İşletme Sermayesi}}{\text{Net Yıllık Kar}}$$

Net Bugünkü Değer:

$YN\%D = \text{Gelirlerin bugünkü değeri} - \text{Maliyetlerin bugünkü değeri}$
veya yıllık net bugünkü değer

$YN\%D = \text{EDYG} - \text{EDYM} = \text{Eşdeğer Yıllık gelir} - \text{Eşdeğer Yıllık Maliyet}$

İç Verim Oranı [7]:

Yatırımın gerçek kârlılığı diye de adlandırılan bu yöntemde, projenin yararlı ömrü boyunca sağlayacağı parasal geliri, yatırım tutarına eşit kılan iskonto oranı bulunur.

Yıl	Nakit akışı, bp	Yılın başında ödenmemiş yatırım borcu	Ödenmemiş borcun faizi (%6 ile)	Yıl sonunda ödenen yatırım borcu	Yıl sonu itibarıyla ödenmemiş yatırım borcu
0	-500.000				
1	+118.700	500.000	30.000	88.700	411.300
2	+118.700	411.300	24.700	94.000	317.300
3	+118.700	317.300	19.000	99.700	217.600
4	+118.700	217.600	13.100	105.600	112.000
5	+118.700	112.000	6.700	112.000	0
		Toplam	93.500	500.000	

Yararlı ömrü 5 yıl olan bir makinaya yatırım yapmış olalım. Bu makinanın ilk yatırım maliyeti 500.000 bp ve yıllık eş kârları ise 118.700 bp'dir. Bu yatırımın iç verim oranı ne olacaktır.

Bu örnekte görüldüğü gibi % 6'lık bir faiz oranı ile 5 yılda yatırım maliyeti tamamen ödenmiş olmaktadır. Bu faiz oranına veya iskonto oranına yatırımın iç verim oranı denir. İç verim oranının hesaplanmasında

$\text{Kazançların bugünkü değeri} - \text{Maliyetlerin bugünkü değeri} = 0$

$$\frac{\text{Kazançların şimdiki değeri}}{\text{Maliyetlerin şimdiki değeri}} = 1$$

$\text{Net bugünkü değer} = 0$

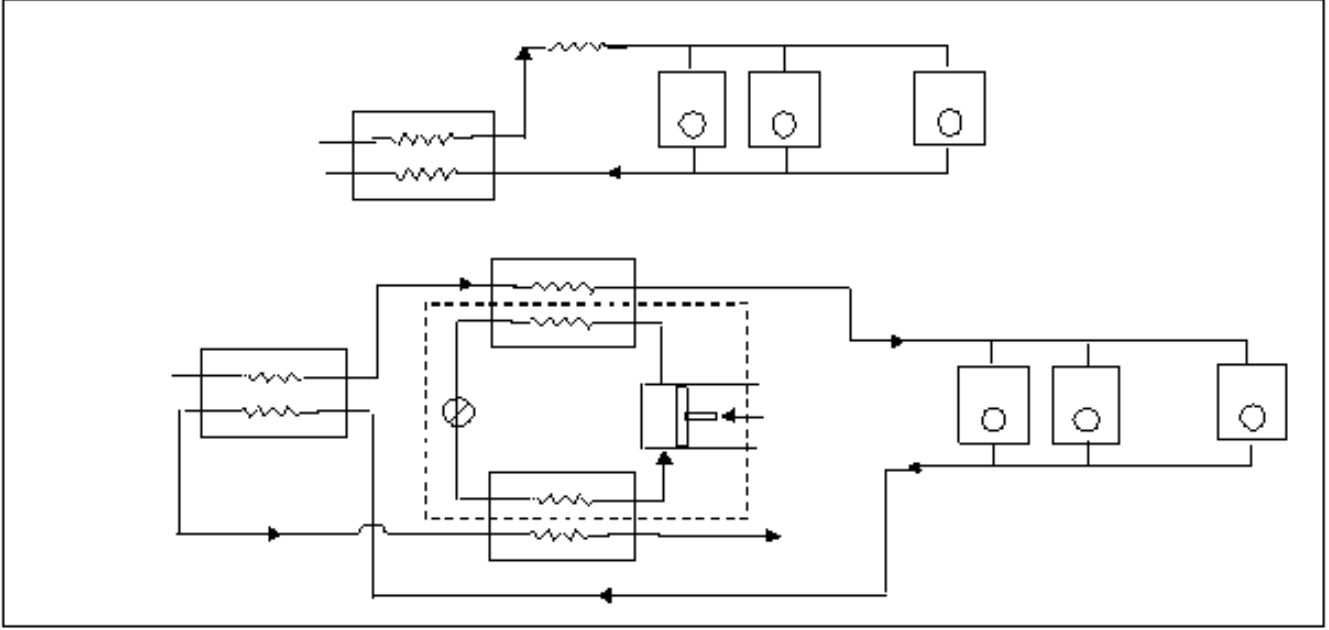
$\text{Eşdeğer düzgün yıllık kazanç} - \text{Eşdeğer düzgün yıllık maliyet} = 0$

$\text{Maliyetlerin bugünkü değeri} - \text{Kazançların bugünkü değeri} = 0$

ifadelerini kullanabilir. Her denklem de aynı anlamı ifade eder. Görüldüğü gibi bu denklemlerde tek bilinmeyen iç verim oranıdır. İç verim oranını maliyetler ile kazançları birbirine eşitleyen faiz oranı olarak da düşünülebilir. Bu oran ile kazançlar ve maliyetler arasında bir bağıntı elde edilmiş olur.

Örnek: Bir çamaşırhanedeki çamaşır yıkama makinalarından 40°C sıcaklıkta 0.3 kg/s debide atık su kanalizasyona atılmaktadır. Büyük bir depodan alınan 20°C sıcaklıktaki temiz su 70°C sıcaklığa ısıtıldıktan sonra çamaşır makinalarına girmektedir. Mevcut durumda su verimi %80 olan doğal gazlı bir boylerde ısıtılmaktadır. Atık suyun sıcaklığından yararlanmak için aşağıdaki

görüldüğü gibi bir ısı değeri ştiricili (ID) ve diğeride ID ve ısı pompalı iki seçenek düşünülmektedir. Elektrik fiyatının 0.07 bp/kWh, doğal gaz fiyatının da 0.022 bp/kWh olduğu ve günde 8 saat yılda 300 gün çalışıldığı hesabıyla hangi seçeneğin daha



ekonomik olduğunun bulunması isteniyor. Kullanılacak ısı değiştiricinin etkenliği 0.7 ve ısı pompasının ısıtma tesir katsayısının 2'dir. Hesaplamaların kolay olması açısından kirli suyun ısı özellikleri temiz suyunki ile aynı alınabilir.

Mevcut durumda işletmede suyun ısıtılması için ihtiyaç duyulan ısı ve bunun işletme gideri;

$Q = mc_p(T_5 - T_1) = 0.3 \times 4.19 \times (70 - 20) = 62.85 \text{ kW}$

$$\dot{I}G_o = \frac{62.85}{0.80} \times 8 \times 300 \times 0.022 = 4148.1$$

Seçenek 1, ısı değiştiricisi kullanıldığında;

$$e = \frac{T_2 - T}{T_3 - T} = \frac{T_2 - 20}{40 - 20} = 0.7 \quad T_2 = 34^\circ\text{C}$$

$$\dot{I}G_1 = \frac{mc_p(T_3 - T)}{0.80} \times 8 \times 300 \times 0.022 = 2986.63 \text{ bp/yıl}$$

Seçenek 2, ısı değiştiricisi ve ısı pompası kullanıldığında ise işletme gideri elektrik harcamasından bulunacaktır. Isı pompasının ısıtma tesir katsayısı 2 olduğuna göre harcanacak güç;

$$W = \frac{1}{2} mc_p(T_5 - T_2) = 22.63 \text{ kW}$$

3801.2 bp/yıl olarak bulunur. Bu durumda ısı değiştiricili 1. seçenekte;

$$G_1 = \dot{I}G_1 - \dot{I}G_o = 1161.5 \text{ bp/yıl}$$

ısı değiştiricisi ve ısı pompalı 2. seçenekte ise;

$$G_2 = \dot{I}G_2 - \dot{I}G_o = 346.9 \text{ bp/yıl}$$

kadar kâr elde edilir. Her iki seçenekte mevcut duruma göre kârlı gözükmektedir. Isı değiştiricisi için montaj dahil ilk yatırım maliyeti 700 bp olarak tespit edilmiş olsun. Isı değiştiricisi ve ısı pompalı seçenek için montaj dahil ilk yatırım maliyetinin 5000 bp olacağı tahmin edilmektedir. Bu durumda ekonomik olan yatırım seçeneği,

(a) Geri ödeme oranları;

$$GÖO_1 = \frac{1161.468}{700} = 1.659 \quad GÖO_2 = \frac{346.932}{5000} = 0.069$$

(b) Geri ödeme süreleri ;

$$GÖS_1 = \frac{700}{1161.468} = 0.603 \quad GÖS_2 = \frac{5000}{346.932} = 14.41$$

olur. Görüldüğü gibi ısı pompalı seçeneğin geri ödeme süresi 14 yıl'dan daha fazla çıkmaktadır. Her iki seçeneğin ekonomik ömürlerinin yaklaşık 10 yıl civarında olduğu gözönüne alınırsa ısı pompalı seçeneğin ekonomik olmadığı açıktır.

Yalnız ısı değiştiricili seçenek için net bugünkü değer ve iç verim oranını hesaplayalım.

(c) Net bugünkü değer, %10 gerçek faiz hesabıyla;

$$N^{\frac{1}{2}}D_1 = G_1 \times F_{RP, \%10, 10} - M_1 = 1161.468 \times 6.1446 - 700 = 6436.72$$

bp

(d) İç verim oranı; Net bugünkü değeri sıfır yapan i oranı;

$$(1 + i)^{10} - 1 = \frac{700}{0.6027} i(1 + i)^{10}$$

denklemden $i = \%165.91$ çıkar. Bu yatırımın çok kârlı olacağını gösterir. Yatırılan paraya bir banka ancak bu gerçek faiz oranını uygulayacak olursa yatırılan para ile kazançlar birbirine eşit olmaktadır. Isı değiştirici yatırımı yapmakla yatırımcı çok daha kârlı olmaktadır.

4. SONUÇ

Tesisat tasarımlarındaki tüm seçimler ekonomik analiz sonucunda bulunmalıdır. Bazı tesisat uygulamalarında, örneğin yalıtım kalınlığının bulunmasında ısıl zm tek başına yeterli ol -

mamakta, ekonomik zm gerekmektedir [3][4].

Sonuç olarak, bir yatırım ve/veya bir proje çalışmasında paranın zaman değeri yukarıda açıklanan yöntemlerle belirlenebilir. Mühendislik tsarımında genellikle (zel girişimci için) mali yetleri minimum veya kazancı maksimum yapmak amaçtır. Yapılan mühendislik tsarımında elemanlar bu amacı sağlayacak şekilde açıklanan yöntemler kullanılarak seçilmelidir.

KAYNAKLAR

[1] George D. Dieter, *Engineering Design*, McGraw-Hill, 2000.

[2] Gazanfer Uęural, Cem Parmaksızoğlu, *Vantilatörler ve Sistemleri*, Termas Yayınları (Kitap), 1992.

[3] Prof. Dr. Alpin Kemal Daęsz, *Sanayide Enerji Tasarrufu*, 1991.

[4] Prof. Dr. Alpin Kemal Daęsz, *Türkiye'de Derece-gün sayıları, Ulusal Enerji Tasarruf Plitiyası, Yapılarda Isı Yalıtımı*, 1995.

[5] Parmaksızoğlu, C., *Vantilatörlerde, Kompresörlerde ve Pompalarda Enerjinin İyideğerlendirilmesi ve Enerji Ekonomisi*, İTÜ Makina

Fakültesi, Seminer notu, 1998.

[6] Parmaksızoğlu, C., İklİmlendirmede Enerjinin Doğru Kullanımı ve Enerji Tasarrufu.

[7] Doç. Dr. Ethem Tolga, "Tesis Tasarımında Mühendislik Ekonomisi", İTÜ Rektörlük Ofset Atölyesi, 1984.