

GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ÇALIŞAN SİSTEMLERDE ENERJİ  
TASARRUFUNA İLİŞKİN EKONOMİK ANALİZ

İsmail ÇAĞLIÖZ

E.Ü. Mühendislik Fakültesi, KAYSERİ

ÖZET

Yapılan bir yatırımda ilk amaç; eldeki paranın en fazla kazanç getirecek şekilde kullanılmasıdır. Kazancın maksimizasyonunda çeşitli ekonomik usuller uygulanabilir. Bir güneş enerjisi sistemi tasarlarken sistemin kurulup kurulmaması veya büyüklüğünün tesbitinde de yine ekonomik kriterler esastır.

Sistemin boyutları kurulacağı bölgedeki ekonomik şartlara göre belirlenmelidir. Eğer sistemde yapılacak ek bir büyüme ile sağlanacak enerji, diğer kaynaklar kullanılarak daha ucuza elde edilebiliyorsa, sistem bir bütün olarak karlı olsa bile, bu ek büyümeyi yapmak ekonomik değildir ve yapılmamalıdır.

Bir güneş enerjisi sistemi için ekonomik şartlar: Yakıt fiyatları ve bu fiyatlardaki artış hızı, oranı, teşvikler, enflasyon gibi faktörlerle belirlenir ve tasarım bu faktörler kullanılarak ekonomize edilir. Bu incelemedeki değerler ve faiz oranı 1974 şartlarına göredir.

ECONOMICAL ANALYSIS OF ENERGY SAVING IN THE SYSTEMS  
WHICH WORK WITH SOLAR ENERGY

SUMMARY

First aim in an investment is to use the money in such a way that it returns as much profit as possible. To maximise the profit various methods can be applied. When designing a solar system; again economical criteria are basic principle to decide if it is established or not and to decide what will be the dimensions of it.

The dimensions of the system have to be chosen according to the

geographical conditions of the place where the solar system will be established.

When we want to increase the size of the system it must be looked first if the energy that will be taken from this increment is cheaper than the other available sources. If not even the system is economical as a whole to make an additional increment will not be economical

Economical conditions for a solar system are determined by the fuel prices and increases of them, the interest rate and the incentives, the enflation and the factors like these. And the design is economised by using those factor.

In this analysés all of the prices and the interest rates to be considered according to the conditions in 1974.

## 1- GİRİŞ

Her güneş enerjisi sisteminin, yakıt tasarrufu cinsinden orta seviyede bir yıllık kârı gerçekleştirebilmesi için; ilk etapta büyük bir yatırım gereklidir. Bir güneş enerjisi sistemi, ekonomik olabilmesi için; ilk değerini ve faizini ödeyebilecek bir süre çalışması lazımdır.

Paranın ödünç alınıp alınmaması önemli değildir. Çünkü sahibi kim olursa olsun; her zaman kâr getirecek yatırımlar bulunduğu için; ana para münasip bir faiz getirecektir.

Bir güneş enerjisi sistemi yatırımın değeri; seçilen ekonomik kritere çok bağımlıdır. % 12 faiz mevcutsa ve artan yakıt fiyatları göz önüne alınmazsa, muhtemelen var olan sistemlerden hiçbirisi ekonomik değildir.

Bunun yanında, eğer % 6 faiz yeterli ve yakıt fiyatlarındaki artış % 10 kabul edilirse hemen hemen bütün sistemler çok kârlıdır.

Bu bildiride ekonomik değerlendirme metodları özetlenecektir. Güneş enerjisi sistemlerinin ekonomik analizinde kurulu kollektör alanının optimizasyonu en önemli kademedir. Meselâ Aralık ve Ocak aylarında birkaç gün daha fazla güneş enerjisi alabilmek için, yükün her zaman tamamını karşılayacak şekilde geniş kollektör alanına sahip bir sistem tasarlamak nadiren ekonomiktir. Çünkü eklene alan, yılın geri

kalan günlerinde gereksiz olacaktır. Bu sebeple ihtiyaç duyulan enerjiyi, gerektiğinde diğer ek kaynaklardan almak daha ekonomik olacaktır. Bu ek kaynağın fiyatı pahalılaştıkça; güneş enerjisi ile karşılanabilecek yıllık talep miktarı artacaktır. Bu incelemedeki değerler ve faiz oranı 1974 şartlarına göredir.

## 2- EKONOMİK ANALİZİN ESASLARI

Şimdiki safi değer ve yatırım kazancı:

Ekonomik analizin başlangıç noktası paranın zamana bağlı değeridir. Eğer eldeki mevcut paranın şimdiki değeri P ise, gelecekte aşağıdaki ifadeyle verilen (F) değerine sahip olacaktır.

$$F = P (1 + i)^n \quad (1)$$

Bu formülde i, faiz oranı, n, F nin hesaplandığı yıl sayısıdır.

Eğer bu faiz yıl-yıl birleştirilirse; (ki bu ekonomik değerlendirme için esastır) Denklem 1'in bir yıllık aralıklarla tekrar tekrar uygulanmasıyla yıllık bileşik faiz bağıntısı bulunur.

$$F = P (1 + i)^n \quad (2)$$

Paranın şimdiki değeriyle gelecekteki değeri arasındaki ilişkide Denklem 2 ile ifade esastır. Modern yatırım analizlerinde paranın gelecekteki kazançları, şimdiki değerlerine aşağıdaki şekilde çevrilir,

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n} \quad (3)$$

Burada (1)'nin yeni ismi iskonto oranıdır. Yani gelecekteki para şimdiki para kadar değerli olmayacağı için  $\frac{1}{(1 + i)^n}$  çarpanı ile iskonto edilmelidir.

Gelecekteki tüm P kazançlarının şimdiki değeri ile yatırım yapmak için gereken mevcut para arasındaki fark yatırımın şimdiki safi değeridir (ŞSD).

$$\text{ŞSD} = P - C \quad (4)$$

ŞSD, kavram olarak kâra benzemektedir, fakat bütün paralar şimdiki değerine iskonto edildiğinde; tabiidirki on senede kazanılan bir lira bir senede kazanılan bir lira kadar kârlı değildir ve yalnız pozitif ŞSD'leri incelemeye gerek vardır.

Yatırımın kazanç oranı (YKO): Bir kimsenin ödeyebileceği maksimum iskonto oranıdır. Yani ŞSD = 0 değerini veren iskonto oranıdır. Genellikle deneme ile bulunur, fakat birçok durumda grafik çözüm daha uygundur.

Bunları bir örnekle açıklamak istersek:

- Bir güneş kolektörünün değeri 7500 ₺ dir ve 5 yıl süre ile yılda 2500 ₺ kazanç sağlamaktadır ve bu süreden sonra kullanılamaz olacaktır. Faiz oranı ise % 8 dir. Toplam yıllık kazançların şimdiki değeri nedir?
- Tablo 1'deki 1. durum bu hali göstermektedir. Her yıl için 2500 ₺'nin şimdiki (yani iskontolu) değeri sıralanmıştır ve toplamlar, toplam şimdiki değer sütununda verilmiştir.

Mesela üç yılın sonunda 2500 ₺ kazanç hali hazırda (denklem 3 vasıtasıyla)

$$P = \frac{2500 \text{ ₺}}{(1 + 0,08)^3} = 1994 \text{ ₺ değere sahip olacaktır.}$$

Mademki bütün kazançların toplam şimdiki değeri 9980 ₺ dir. Yatırımın şimdiki safi değeri denklem 4 vasıtasıyla

$$\text{ŞSD} = 9980 \text{ ₺} - 7500 \text{ ₺} = 2480 \text{ ₺ bulunur.}$$

Bu şu anda % 8 faizle ödünç alınan parayı kullanarak satın alınan bir kolektörün; kasaya 2480 ₺ yazdırmaya eşdeğer olduğu manasına gelir % 8 faizli parayla bu miktar yatırım yapmak dönem sonunda, 7500 ₺ ödünç alarak 5 yıl boyunca 2500 ₺ kazanırken aynı zamanda 7500 ₺ yi ödemekle aynı banka mizanına sıhiptir.

Bu durumda yatırımın kazancı 9980 ₺ dir ve deneme yoluyla bulunarak ŞSD = 0 olacak şekilde Tablo 1'in 2. durumunda verilmiştir.

### 3- YILLIK KAZANÇ

n yıl boyunca toplanan eşit miktardaki A yıllık ödemesi, her bir yılın sonunda müstakbel bir para yekünü üretebilir. Bu ödentilerin şimdiki değeri: n yıl üzerinden bu ödentiler için, 3 denkleminde bulunan değerleri toplayarak bulunur. Eğer son ifade  $(1 + i)^n$  ile çarpılırsa ve bu sonuç  $(1 + i)$  ile tekrar çarpılırsa ve dahasonra bu iki ifade P'yi çözecek şekilde birbirinden çıkarılırsa

$$P = A \frac{(1 + i)^2 - 1}{2(1 + i)^n} = A \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i} \quad (5)$$

bulunur.

Bu eşitlik fonksiyonel şekilde yazılırsa

$$P = AR(i, n) \quad (6)$$

Burada  $R_1$  geri ödeme (kazanç) oranıdır ve faiz oranı  $(i)$  ile zaman aralığı  $(n)$ 'nin bir fonksiyonudur.

$R_1$  başlangıçta yatırılan paranın, kendi ürettiği yıllık kazanç oranıdır ve aşağıdaki şekilde verilir.

$$R(i, n) = \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i} \quad (7)$$

Kazanç oranı: Eğer iskonto oranı  $i$  ise n yıl boyunca yılda bir lira kazanç için gerekli ana para olarak düşünülebilir. Bu oran esas yatırımda  $R$ 'den az ise, yatırım karlıdır.  $R$ 'ye eşitse marjinal, eğer  $R$ 'den büyükse karlı değildir ve yatırım yapılmamalıdır.

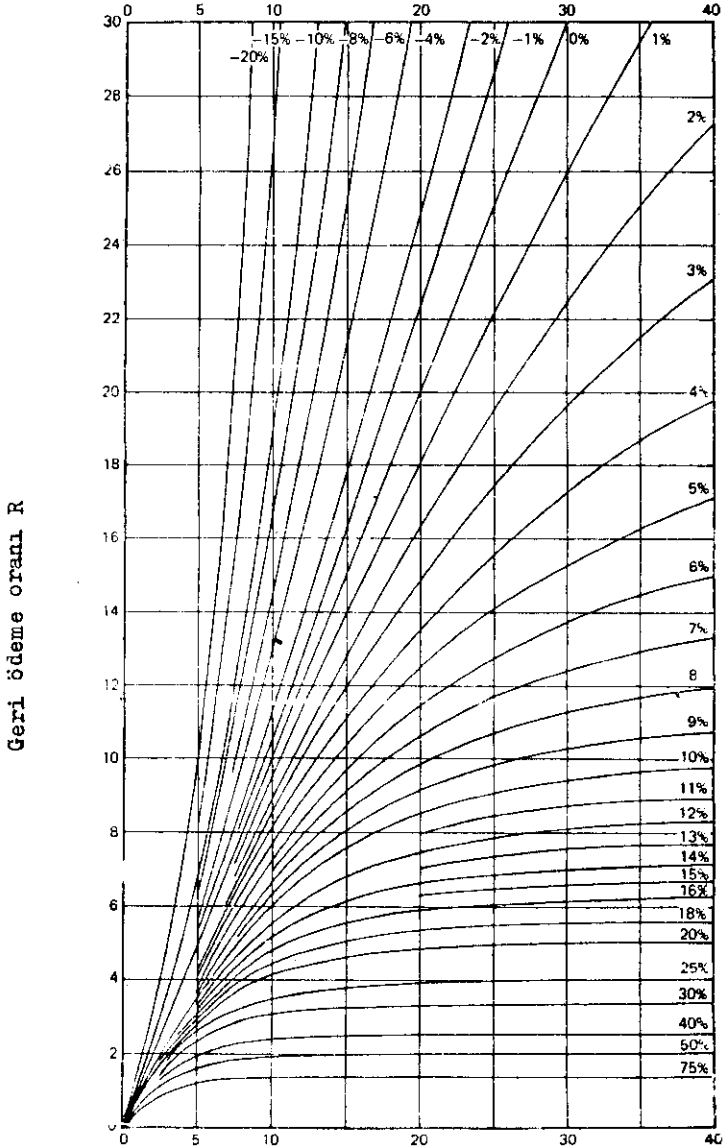
$R$  ayrıca n sayıda yıllık ödemeyi şimdiki değerine çevirmede kullanılır. Bu sebeple yıllık taksit veya ipotek ödemesine benzer. Şekil-1 denklem 7 nin grafiksel gösterimidir. Burada  $R$  birçok iskonto oranı için  $(n)$  değerlerine karşı çizilmiştir. Bu grafik  $R$  ve  $n$  bilindiğine göre  $i$  yi bulmaya yarar ki, bu denklem 7 ile direk olarak yapılamaz.

Örnek olarak problemimizi geri ödeme oranını kullanarak tekrar çözersek

$R$ 'nin tanımından

$$R = 7500 \text{ TL} / 2500 \text{ TL} = 3$$

$R = 3$  ve  $n = 5$  olduğunda denklem 7 den denemeye veya direk olarak Tablo-1'den  $i = 0,1985$  bulunur. Bu yatırımın kazanç oranıdır (YKO).



Şekil-1: İskonto oranı ve yatırım ömrünün bir fonksiyonu olarak geri ödeme oranı

Bütün yıllık kazançların R'ye dayalı şimdiki değerleri denklem 7 veya şekil 1'i kullanarak hesaplanır. Burda iskonto oranı faiz oranına eşittir.

$$R(0,08, 5 \text{ yıl}) = \frac{1 - 1,08^{-5}}{0,08} = 3,993$$

2500 TL'lik yıllık kazançın şimdiki değeri denklem 6 vasıtasıyla

$$P = 2500 \times 3,993 = 9980 \text{ TL bulunur.}$$

Denklem 4 vasıtasıyla

$$\text{ŞSD} = 9980 \text{ TL} - 7500 \text{ TL} = 2480 \text{ TL bulunur.}$$

Bu da daha öncekinin aynıdır.

Tablo-1: Örnek için yıllık ekonomik analizler

Durum	İlk Yıllık Kazanç TL	Enflasyon oranı	Faiz veya iskonto oranı	Toplam şimdiki değer TL	Yıllık kazanç/şimdiki değer				
					Yıl 1 TL	Yıl 2 TL	Yıl 3 TL	Yıl 4 TL	Yıl 5 TL
1) Başlangıç Durumu	2500	0,0	0,08	-	2500	2500	2500	2500	2500
				9980,0	2315	2143,5	1984,5	1831,5	1701,5
2) YKO Eşdeğer yıllık kazanç; şimdiki D. 7500 TL	2500	0,0	0,1985	-	2500	2500	2500	2500	2500
			(Denemeyle)	7500,5	2086	1740,5	1452	1211,5	1010,5
3) Enflasyona uğramış kazanç ile gerçek durum	2500	0,06	0,08	-	2650	2809	2977,5	3156	3345,5
				11822,5	2453,5	2408	2363,5	2320	2277,5
4) Eşdeğer sabit kazanç, i denklem 8	2500	0,0	0,01887	-	2500	2500	2500	2500	2500
				11822,5	2453,5	2408,5	2363,5	2320	2277
5) YKO; eşdeğer yıllık kazanç şimdiki değer 7500 TL	2500	0,0	0,2704	-	2650	2809	2977,5	3156	3345,5
			(Denemeyle)	7500,0	2086	1740,5	1452	1211,5	1011

#### 4- GELİR VERGİSİ VE GÜNEŞ ENERJİSİ TEŞVİKLERİNİN ETKİSİ

Ticari yatırımlar için vergi durumu karışıktır ve vergilerin etkisi örneğimizde olduğu gibi yıl-yıl hesaplanmalıdır. Bu şimdiki değere muntazam bir ödeme şeklinde bir kademe indirgenemez.

Ev sahipleri için faiz olarak ödenen veya güneş enerjisi teşviki olarak alınan paralar vergisizdir ve bu tip değerler kişinin vergi kademesine bağlıdır.

Faiz Ödemeleri:

Eğer yatırımcının ek geliri düzenli olarak  $t$  oranında vergilendiriliyorsa ve aynı zamanda gelirin bir lirası faizin bir lirasını karşılayabiliyorsa; Diğer kullanımlar için bu paranın değeri  $(1 - t)$  kadardır. Faiz olarak ödenen bir liranın değerinde  $\frac{1}{(1 - t)}$  ile çarpılmış olur. Buna uygun olarak faiz oranında  $(1 - t)$  kadar azaltılır.

Teşvikler:

Vergi kredileri ve yardımlar gibi vergisiz güneş enerjisi teşvikleri yatırımcı için görünen değerinin  $\frac{1}{(1 - t)}$  katı kadar fark değere sahip olurlar.

Bu yaksek değer aksi takdirde yatırımcı tarafından bu teşvike eşit miktarda biriktirilmesi gereken yatırımcının ihtiyacı olan gerçek ek gelire yansır. Ekonomik incelemelerde bununla beraber yatırımın ana para değeri yalnızca görünen miktarda azaltılır ve diğer hesaplamalar mutlak yolla yapılır. Bu vergilendirilmiş liraları kullanarak yapılan orjinal anapara değerinin hesabıyla aynıdır.

Örnekle açıklamak istersek: Problemimizdeki yatırımcının gelirinin % 30 oranında vergilendirildiğini kabul edelim.

a) Yeni ŞSD ve YKO değerleri nelerdir?

b) Eğer % 20 vergi kredisi mevcutsa ŞSD ve YKO değerleri nelerdir?

a) Etkili faiz oranı

$$i = 0,08 \times (1 - 0,3) = 0,056$$

Yeni iskonto oranı için geri ödeme oranı denklem 7 vasıtasıyla

$$R(0,056, 5 \text{ yıl}) = \frac{1 - 1,056^{-5}}{0,056} = 4,259$$



ve böylece kazancın şimdiki değeri sonuç olarak (Denklem (6) )

$$P = 2500 \text{ TL} \times 4,259 = 10645 \text{ TL}$$

Bu denklem 4 vasıtasıyla yatırımın ŞSD sini verir.

$$\text{ŞSD} = 10645 \text{ TL} - 7500 \text{ TL} = 3145 \text{ TL}$$

YKO daha önceki gibi belirlenir.

$$R (\text{YKO} , 5 \text{ yıl}) = \frac{7500 \text{ TL}}{2500 \text{ TL}} = 3$$

ve % 19,85 olarak kalır. Faizin vergilendirildiği kabul edilirse YKO,  $19,85/0,7 = 28,36$  % olarak bulunur.

b) Vergi Kredisi:

$$7500 \text{ TL} \times 0,2 = 1500 \text{ TL dir.}$$

Yatırımcı için bunun değeri

$$\frac{1500}{(1-0,3)} = 2145 \text{ TL dir.}$$

Safi yatırım ise:

$$7500 \text{ TL} - 1500 \text{ TL} = 6000 \text{ TL}$$

$$\text{ŞSD} = 10645 - 6000 = 4645 \text{ TL}$$

$$R(\text{YKO} , 5 \text{ yıl}) = 6000 \text{ TL}/2500 \text{ TL} = 2,4$$

$$\text{YKO} = 30,7 \text{ \% dir.}$$

Bu şahsın vergi kademesini düşünerek, bu yatırım için  $\text{YKO} = 0,307/0,7$  veya % 43,9'a eş değerdir.

Diğer Değerler:

Hurda Değeri: Gerekli yatırım miktarı diğer hesaplamalara girmeden önce çalışma periyodu sonunda tekrar elde edilecek miktar kadar azaltılır.

Bakım ve Onarım Değerlerinin Etkisi: Zaman ve miktar ne olursa olsun

bu tip masraflar şimdiki değerlere indirgenir ve yatırımın ara parası bu kadar arttırılır. Eğer bu değer bir yıl için orjinal yatırım değerinin sabit bir yüzdesi veya enflasyona uğrayan kazancın bir yüzdesi olarak tahmin edilebiliyorsa, denklem 5 ile daha kolay işleme sokulabilir.

Bunu problemimize uygulayalım. Eğer kullanılan kollektör 5 yılın sonunda 1500 TL hurda değerine sahipse YKO ve ŞSD'yi tekrar hesaplayalım. Hurda olarak şimdiki değer denklem 3'le verilir.

$$P = 1500 \text{ TL} / (1 + 0,08)^5 = 1020 \text{ TL}$$

Bu sebeple safi yatırım  $7500 \text{ TL} - 1020 \text{ TL} = 6480 \text{ TL}$  dir. Tanıma göre geri ödeme oranı

$$R (\text{YKO} , n) = \frac{6480 \text{ TL}}{2500 \text{ TL}} = 2,592 \text{ dir.}$$

ve  $n = 5$  yıl için  $\text{YKO} = 0,268 = \% 26,8$  dir. Bu şekil-1 veya denklem 7 vasıtasıyla bulunur.

ŞSD, yeni ana para değeri ile kazancın şimdiki değeri bulunarak hesaplanır ki daha öncede böyle yapılmıştı.

$$\text{ŞSD} = P - C = 9980 \text{ TL} - 6480 \text{ TL} = 3500 \text{ TL}$$

Eğer ilk iki yıl için 750 TL yıllık bakım masrafı tahmin ediliyorsa, ŞSD ve YKO değerlerini buna göre düzeltelim. Denklem 5 vasıtasıyla bakım masraflarının şimdiki değeri

$$P = 750 \times \frac{1 - (1 + 0,08)^{-2}}{0,08} = 1335 \text{ TL}$$

$$\text{ŞSD} = 3500 \text{ TL} - 1335 \text{ TL} + 2165 \text{ TL}$$

Şimdiki safi yatırım  $6480 \text{ TL} + 1335 \text{ TL} = 7815 \text{ TL}$  dir bu sebeple geri ödeme oranı

$$R (\text{YKO} , n) = \frac{7815 \text{ TL}}{2500 \text{ TL}} = 3,126$$

$\text{YKO} = \% 18,0$  dir.

### 5- ENFLASYONUN ETKİSİ:

Enflasyon bir güneş enerjisi sisteminin gömülü değerini etkilemez fakat kazancı etkiler. Çoğu analizlerde tasarruf edilen yakıtın değerindeki artışı hesaba katmak için, kazanç üzerine sabit bir enflasyon oranı eklenir.

Tablo-1'in (1. ve 2. durum) yıl-yıl yaklaşımı bu hali çok kolay ele almaya yardım eder. Daha basit olan geri ödeme oranı metodu; yeni bir etkili iskonto oranı tanımlayarak uygulanabilir.

$$i_d = \frac{1 + i_c}{1 + i_1} - 1 \quad (i_c, i_1) \quad (8)$$

Burada  $i_c$  ana para üzerindeki faiz oranı ve  $i_1$  de enflasyon oranıdır. Yani iskonto oranı yıllık analizde bulunacak olan yıllık ve toplam şimdiki değeri verir (yıllık kazanç için). Daha sonra ŞSD yatırımdan belirlenebilir.

YKO önce ŞSD'yi sıfıra indirecek olan etkili iskonto oranı  $i$ 'yi belirleyerek hesaplanır. O zaman denklem 8  $i_c$  için çözümlenir

$$i_c = (1 + i_d) (1 + i_1) - 1 \quad i_d + i_1 \quad (9)$$

Denklem 8 ve 9 un yaklaşık şekillerini kullanmak analizlerde fazla bir hata meydana getirmez binde birkaç fark tesbit edilen enflasyon oranındaki hataların yanında çok küçüktür.

Örnek verirken problemimizdeki kollektör için, yakıt fiyatlarının ve böylece yıllık kazancın yılda % 6 arttığı yerde uygulanırsa YKO ve ŞSD'nin ne olacağını bulalım.

Denklem 8 vasıtasıyla etkili iskonto oranı

$$i_d = \frac{1 + 0,08}{1 + 0,06} - 1 = 0,01887 \text{ dir.}$$

Yatırım kazancının şimdiki değeri şekil veya denklem 7 den belirlenen marjinal geri ödeme oranı kullanılarak tahmin edilir.

$$R(0,01887, 5 \text{ yıl}) = \frac{1 - (1 + 0,01887)^{-5}}{0,01887} = 4,729$$

Denklem 6 vasıtasıyla kazancın şimdiki değeri

$$11825 \text{ TL} - 7500 \text{ TL} = 2825 \text{ dir.}$$

Tablo 1'de 3. ve 4. hallerdeki değerlerle, sırasıyla denklem 8 ve 5'i kullanarak bulunan değerler ve gerçek yıl-yıl analiz kıyas edilmektedir.

Dikkat edilirse gerçek yıllık kazancın her yıl için şimdiki safi değeri ve toplam değeri her iki metodda da aynıdır.

ŞSD'yi 7500 TL ye düşüren etkili iskonto oranı değişmemiştir ve denemeyle 0,1985 olarak bulunabilir. Ayrıca direk olarak Şekil-1 den  $R(i, 5 \text{ yıl}) = 7500/1500 = 3$  kullanılarakta bulunabilir.

$$YKO = i_c = (1 + 0,1985) (1 + 0,06) - 1 = 0,2704$$

veya % 27,04 dir. Tablo 1'in 5. halinde verildiği gibi

Gerçek yıl-yıl inceleme durumunda kazancın şimdiki değeri 7500 TL azaldığında aynı YKO'yu üretir.

## 6- SONUÇ

İncelemeden anlaşılmıştır ki her yatırımda olduğu gibi; güneş enerjisi sistemi yatırımında da önceden yatırımın hali hazaadaki şartlara göre (vergi, faiz, enflasyon, teşvik vs.) ekonomik olup olmadığı göz önüne alınmalıdır.

Diğer yatırımlarda olduğu gibi güneş enerjisi yatırımında da ekonomik analiz yapmak için hem ekonomik hemde teknik usulleri uygulamak gereklidir.

Yazıdanda anlaşılabacağı gibi düşük faiz oranları, teşvikler, yüksek enflasyon, hızlı artan yakıt fiyatları sistemin ekonomikliğini artırmaktadır ve tersi de daha az ekonomik yapmaktadır.

Ekonomik analizlerde; sistemin büyüklüğünü tesbit ederken sistemin tümü değil son eklenen ekonomik olup olmadığı incelenir. Sistemin tümü kârlı olsa bile; sistemde ekonomik olmayan bir ek büyüme yapmaktansa, gerekli olan enerjiyi istendiğinde diğer kaynaklardan almak daha akla uygun, ekonomik bir yaklaşımdır.

Kaynak: Peter J, Lunde Solar Thermal Engineering.