

## PASİF GÜNEŞ ENERJİLİ SİSTEMLERİN EKONOMİK ANALİZ MODELİ VE UYGULAMASI

H.Ahmet AKDENİZ (\*)

### ÖZET

*Bu çalışmada; özellikle ekonomik analiz yöntemlerinden geleneksel kıyaslama ve iskontolu yöntemlerin avantaj ve dezavantajları gözönüne alınarak, değerlendirilmiştir.*

*Bunu izleyerek; bahsi geçen ekonomik analiz yöntemlerinin ışığı altında, pasif güneş enerjili sistemlerin irdelenmesi için en uygun metod olarak belirlenen "Yaşam Eğrisi Maliyetlemesi" geliştirilerek, kantitatif, kavramsal, varsayımsal bir ekonomik analiz modeli kurulmuştur ve bu modelde karşılaştırma metodu olarak da net şimdiki değer yöntemi, net şimdiki maliyet metoduna dönüştürülerek, kullanılmıştır. Daha sonra; pasif güneş enerjili sistemin ekonomik analiz uygulaması verilmiştir.*

### GİRİŞ

Araştırma çalışmasının amacı; sürekli olarak sorulan güneş enerjili sistemlerin ekonomik olup, olmadığı konusunun nasıl belirleneceği sorusuna açıklık getirmektir. Güneş enerjili sistemlerin ekonomik analizi için, sözkonusu sisteme yatırım yapılmasının alternatifleriyle kıyaslamalı olarak incelenip, ekonomik olup, olmadığı tespit edilmesidir. bu nedenle, güneş enerjili sistemlere uygun bir modelle ekonomik analiz çalışmasının yapılması gerekir.

Bu iş için; öncelikle Akdeniz (3)'de incelemesi yapılan geleneksel yöntemler ile iskontolu yöntemler değerlendirilmiştir. Buna göre; geleneksel yöntemler, paranın zaman değerini gözönüne almadıkları için güvenilir değildir. İskontolu yöntemler, paranın zaman değerini gözönüne aldıklarından daha güvenilir sonuçlar vermektedir. İskontolu yöntemlerden, iç geri dönüş oranı (iç verim oranı), risk sözkonusu olduğunda, net şimdiki değer (net bugünkü değer) ve yıllık eşdeğer yöntemleride alternatiflerin sıralanmasında kullanışlıdır. Bu yöntemlerde, parametrelerin değişimine göre, sonuçların duyarlılığını göstermek yararlıdır. Bunu takiben; Akdeniz (3)'deki yaşam eğrisi maliyetlemesi, fayda, maliyet analizleri, maliyet etkinliği, doğrusal programlama, duyarlılık analizleri, fiyat değişiklikleri ve karar modelleri incelenerek değerlendirilmiştir.

---

(\*) Yrd.Doç.Dr. D.E.Ü. İ.İ.B.F., Ekonometri Bölümü



Ekonomik analiz yöntemlerinin incelenmesi sonucunda, pasif güneş enerjili sistemlere en uygun metodun "Yaşam Eğrisi Maliyetlemesi" karşılaştırma yönteminde "Net Şimdiki Değer Metodu" olduğu belirlenmiştir. (Bkz. Akdeniz (3)).

Daha sonra; tüm bu bilgilerin ışığı altında "Yaşam Eğrisi Maliyetlemesi" geliştirilerek, kantitatif, kavramsal, varsayımsal bir ekonomik analiz modeli kurulmuştur. Bu model, tüm alternatif sistemlerin ilk yatırım maliyeti ile kıyaslama süresince oluşan maliyetler ve hurda değerini içerir. Ve bu modelde karşılaştırma metodu olarak da "Net Şimdiki Değer Yöntemi" net şimdiki maliyet Metoduna dönüştürülerek, kullanılmaktadır. Optimum alternatif, minimum maliyetli enerji sistemidir. Duyarlılık analizi ile sonuçlar kontrol edilmektedir.

Bu çalışmada, sözkonusu modelden bahsedilecek ve uygulaması verilecektir.

## MODELİN ÖZELLİKLERİ

Yaşam Eğrisi Maliyetlemesi, bir yatırımın ilk tesis maliyetine, kıyaslama süresi boyunca oluşan operasyon ve bakım maliyetlerinin eklenmesidir.

Yaşam eğrisi Maliyetlemesi, tamamen bir maliyet analizi olup, aşağıdaki öğeleri kapsar.

- 1- İlk sermaye yatırım maliyeti,
- 2- Yıllık operasyon ve rutin yatırım maliyeti,
- 3- Bakım ve onanım maliyeti,
- 4- Tüm sistem veya donanımın yeniden yerleştirilmesi,
- 5- Hurda değeri.

Yaşam eğrisi maliyetlemesi, pasif güneş enerjili sistemlerin diğer enerji sistemleri ile karşılaştırılmasında uygun bir modeldir.

Net şimdiki değer yönteminde, alternatifler içinde pozitif geliri en yüksek olan seçilir. Alternatif yatırımlar, eşit miktarda gelir sağlıyorsa veya gelir düzeyleri



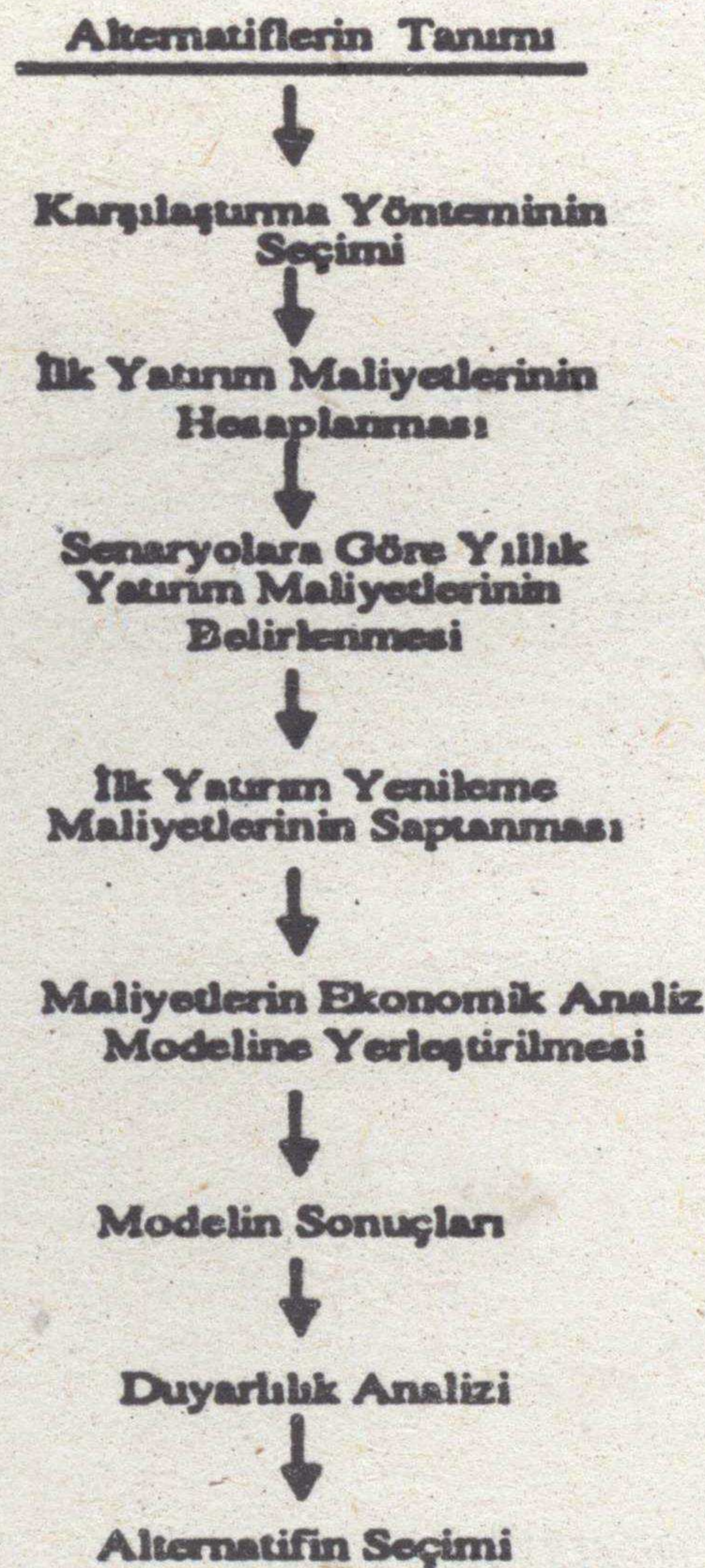
sayılaştırılamıyorsa net şimdiki değer metodu, net şimdiki maliyet yöntemine dönüştürülerek, kullanılır. Eğer, farklı ömürlü yatırımlar, bu yöntemde karşılaştırılacaksa, ya ortak bir baza getirilir. ya da ekonomik ömürleri dikkate alınır. Bu çalışmada, net şimdiki değer metodu, net şimdiki maliyet yöntemine dönüştürülmüştür. Bu durumda; Net Şimdiki Maliyet Formülü:

$$NPC = \sum_{k=1}^n \frac{C_k}{(1+i)^k}$$

Burada;  $C_k$  : Maliyetler,  $i$  : Faiz oranıdır.

Bu yöntemin avantajı, zaman değerini gözönüne alması nedeniyle, sağlıklı bir sonuca ulaşılmasıdır. Dezavantajı ise, ileriki yıllardaki gelir ve maliyetlerin tahmin edilmesinin güç olmasıdır. Tüm maliyet kalemleri, bugünkü değere aktararak karşılaştırma yapılır. En düşük maliyetli alternatif seçilir. Şekil 1. Bundan sonra, duyarlılık analizleri de kullanılarak sonuçlar üzerinde belirsizlik etkisi ölçülür.

Modelin kullanımında gözönünde bulundurulması gerekli nokta, faiz oranının hatalı seçimi, hatalı sonuçlar verdiğidir. Bu da modelin dezavantajını oluşturur. Bu nedenle, bulunan sonuçların faiz oranına duyarlılığı test edilerek, güven aralığı belirlenebilir.





## Varsayımlar

Modelin varsayımları şöylece özetlenebilir,

- Belirli bir kıyaslama süresi belirlenir.
- Faiz oranı saptanır.
- Yakacak maliyetlerinin değişiminin hesaplanabilmesi için senaryolar kurulur.
- Diğer maliyetlerinin değişimi belirlenir.

## Modelin Matematiksel Yapısı

Modelde kullanılan simgeler,

$n_k$  : Kıyaslama süresi (k, alternatif sayısı),

$i_p$  : Faiz oranı (p, periyot sayısı),

$(i_{eff})_p$  : Effektif faiz oranı (p, periyot sayısı),

$J_p$  : Yıllık yakıt gerçek fiyat değişim oranı (p, periyot sayısı),

$C_0$  : İlk yatırım maliyeti,

$C_{0h}$  : Ek ısıtmanın ilk yatırım maliyeti,

$C_{r10}$  : 10.yılın sonunda ilk yatırımı yenileme maliyeti,

$A_p$  : Operasyon ve bakım maliyetleri (p, periyot sayısı),

$S$  : Hurda değeri,

$C_T$  : Toplam maliyetin net şimdiki değeri,

$P$  : Paranın şimdiki değeri,

$F$  : Paranın gelecekteki değeri,

$m$  : Faiz oranının sabit olduğu yıl sayısı,



Kıyaslama süresi ( $n_k$ ) : modelde, pasif güneş enerjili sistemle alternatif ısıtma sistemlerinin ekonomik ömürleri farklı olduğu için aynı baza getirilmiştir.

Faiz oranı ( $i_p$ ) : Sermaye kullanma maliyeti, paranın zaman değeridir.

Effektif faiz oranı ( $i_{eff}$ )<sub>p</sub> : Genel fiyat düzeyindeki değişiklik, mal ve hizmetin gerçek fiyat değişiklikleri hesaba alınarak efektif değişiklik bulunur.

Yıllık yakıt gerçek fiyat değişim oranı ( $J_p$ ) : Yakıt gerçek fiyat değişim oranı faiz oranından farklıdır.

İlk yatırım maliyeti ( $C_0$ ) : Sistemin kurulma maliyetidir.

Ek ısıtmanın ilk yatırım maliyeti ( $C_{0h}$ ) : Pasif güneş enerjili sistemine gerekli ek ısıtma sistemini. kurulma maliyetidir.

Yıllık operasyon ve bakım maliyetleri ( $A_p$ ) : Kıyaslama süresince her yıl yinelenen yıllık operasyon ve bakım maliyetleri sabit değildir. Kurulan senaryolara göre belirlenir.

Hurda değeri ( $S$ ) : Pasif güneş enerjili sistemlerin diğer enerji sistemleriyle karşılaştırılmasında hurda değeri dikkate alınmamıştır.

Bileşik Faiz Faktörleri :

1- Tek ödemede şimdiki değer faktörü:

$$(P/F, i, n) : \frac{1}{(1+i)^n}$$

2- Eşit ödemelerde şimdiki değer faktörü:

$$(P/F, i, n) : \frac{(1+i)^n - 1}{i (1+i)^n}$$

Sözü edilen tüm veriler, araştırma, tahmin etme ve hesaplamalarla elde edilerek, model kurma ve çözüm aşamasına geçilir.

**Matematiksel Tanımlama**

1.Faiz oranı  $i$ , kıyaslama süresince sabit ise;



a) Yakacak gerçek fiyat değişim oranı,  $j = 0$  ise ( $i_{eff} = i$ ):

$$C_T = C_0 + C_{oh} + (P/A, i, n) A_p + (P/C, i, n) C_{r10} - (P/S, i, n) S$$

$$C_T = C_0 + C_{oh} + \frac{(1+i)^{n-1}}{i(1+i)^n} A_p + \frac{(1+i)^{n-1}}{i(1+i)^n} C_{r10} - \frac{(1+i)^{n-1}}{i(1+i)^n} S$$

b) Yakacak gerçek fiyat değişim oranı,  $j \neq 0$  ise ( $i_{eff} \neq i$ ):

$$C_T = C_0 + C_{oh} + (P/A, i_{eff}, n) A_p + (P/C, i_{eff}, n) C_{r10} - (P/S, i_{eff}, n) S$$

2-Faiz oranı  $i$ , kıyaslama süresince, 2 yılda bir değişiyor ise;

a)  $j = 0$  diğer bir deyişle,  $i_{eff} = i$  ise;

Fonksiyonel Tanımlamaya Göre;

$$C_T = C_0 + C_{oh} + (P/A, i_0, m) A_0 + (P/A, i_1, m) A_1 (P/F, i_0, m)$$

$$+ (P/A, i_2, m) A_2 (P/F, i_1, m) (P/F, i_0, m)$$

$$+ (P/A, i_3, m) A_3 + (P/F, i_2, m) (P/F, i_1, m) (P/F, i_0, m)$$

$$+ (P/A, i_4, m) A_4 (P/F, i_3, m) (P/F, i_2, m) (P/F, i_1, m)$$

$$+ C_{r10} (P/C, i_4, m) (P/F, i_3, m) (P/F, i_2, m) (P/F, i_1, m) (P/F, i_0, m)$$

$$+ (P/A, i_5, m) A_5 (P/F, i_4, m) (P/F, i_3, m) (P/F, i_2, m) (P/F, i_1, m)$$

$$(P/F, i_0, m)$$

$$+ (P/A, i_6, m) A_6 (P/F, i_5, m) (P/F, i_4, m) (P/F, i_3, m) (P/F, i_2, m)$$

$$(P/F, i_1, m) (P/F, i_0, m)$$

$$+ (P/A, i_7, m) (P/F, i_6, m) (P/F, i_5, m) (P/F, i_4, m) (P/F, i_3, m)$$

$$(P/F, i_2, m) (P/F, i_1, m) (P/F, i_0, m)$$



$$\begin{aligned}
 &+ (P/A, i_8, m) A_8 (P/F, i_7, m) (P/F, i_6, m) (P/F, i_5, m) (P/F, i_4, m) \\
 &\quad (P/F, i_3, m) (P/F, i_2, m) (P/F, i_1, m) (P/F, i_0, m) \\
 &+ (P/A, i_9, m) A_9 (P/F, i_8, m) (P/F, i_7, m) (P/F, i_6, m) (P/F, i_5, m) \\
 &\quad (P/F, i_4, m) (P/F, i_3, m) (P/F, i_2, m) (P/F, i_1, m) (P/F, i_0, m) \\
 &- (P/S, i_9, m) S (P/F, i_8, m) (P/F, i_7, m) (P/F, i_6, m) (P/F, i_5, m) \\
 &\quad (P/F, i_4, m) (P/F, i_3, m) (P/F, i_2, m) (P/F, i_1, m) (P/F, i_0, m)
 \end{aligned}$$

Cebirsel tanımlamaya göre;

$$C_T = C_0 + C_{oh}$$

$$\begin{aligned}
 &+ \frac{(1+i_0)^m - 1}{i_0(1+i_0)^m} \cdot A_0 \\
 &+ \frac{(1+i_1)^m - 1}{i_1(1+i_1)^m} \cdot A_1 (1+i_1)^{-m} \\
 &+ \frac{(1+i_2)^m - 1}{i_2(1+i_2)^m} \cdot A_2 (1+i_1)^{-m} (1+i_0)^{-m} \\
 &+ \frac{(1+i_3)^m - 1}{i_3(1+i_3)^m} \cdot A_3 (1+i_2)^{-m} (1+i_1)^{-m} (1+i_0)^{-m} \\
 &+ \frac{(1+i_4)^m - 1}{i_4(1+i_4)^m} \cdot A_4 (1+i_3)^{-m} (1+i_2)^{-m} (1+i_1)^{-m} (1+i_0)^{-m} \\
 &+ \frac{(1+i_4)^m - 1}{i_4(1+i_4)^m} \cdot C_{r10} (1+i_3)^{-m} (1+i_2)^{-m} (1+i_1)^{-m} (1+i_0)^{-m}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 & + \frac{(1+i_4)^m - 1}{i_4(1+i_4)^m} \cdot C_{r10} (1+i_3)^{-m} (1+i_2)^{-m} (1+i_1)^{-m} (1+i_0)^{-m} \\
 & + \frac{(1+i_5)^m - 1}{i_5(1+i_5)^m} \cdot A_5 (1+i_4)^{-m} (1+i_3)^{-m} (1+i_2)^{-m} (1+i_1)^{-m} (1+i_0)^{-m} \\
 & + \frac{(1+i_6)^m - 1}{i_6(1+i_6)^m} \cdot A_6 (1+i_5)^{-m} (1+i_4)^{-m} (1+i_3)^{-m} (1+i_2)^{-m} (1+i_1)^{-m} (1+i_0)^{-m} \\
 & + \frac{(1+i_7)^m - 1}{i_7(1+i_7)^m} \cdot A_7 (1+i_6)^{-m} (1+i_5)^{-m} (1+i_4)^{-m} (1+i_3)^{-m} (1+i_2)^{-m} (1+i_1)^{-m} \\
 & \qquad \qquad \qquad (1+i_0)^{-m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{(1+i_8)^m - 1}{i_8(1+i_8)^m} \cdot A_8 (1+i_7)^{-m} (1+i_6)^{-m} (1+i_5)^{-m} (1+i_4)^{-m} (1+i_3)^{-m} (1+i_2)^{-m} \\
 & \qquad \qquad \qquad (1+i_1)^{-m} (1+i_0)^{-m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{(1+i_9)^m - 1}{i_9(1+i_9)^m} \cdot S_9 (1+i_8)^{-m} (1+i_7)^{-m} (1+i_6)^{-m} (1+i_5)^{-m} (1+i_4)^{-m} (1+i_3)^{-m} \\
 & \qquad \qquad \qquad (1+i_2)^{-m} (1+i_1)^{-m} (1+i_0)^{-m}
 \end{aligned}$$

b)  $J \neq 0$  diğer bir deyişle,  $i_{\text{eff}} \neq i$  ise;

$$(i_{\text{eff}})_p = i_p - (J/(J+1))_p$$



Burada,

$p = 0; 1; \dots; 9$  değerlerini alır.

$$C_T = C_0 + C_{oh}$$

$$+ (P/A, i_{eff}, m) A_0$$

$$+ (P/A, i_{eff_1}, m) A_1 (P/F, i_{eff_0}, m)$$

$$+ (P/A, i_{eff_2}, m) A_2 (P/F, i_{eff_1}, m) (P/F, i_{eff_0}, m)$$

$$+ (P/A, i_{eff_3}, m) A_3 (P/F, i_{eff_2}, m) (P/F, i_{eff_1}, m) (P/F, i_{eff_0}, m)$$

$$+ (P/A, i_{eff_4}, m) A_4 (P/F, i_{eff_3}, m) (P/F, i_{eff_2}, m) (P/F, i_{eff_1}, m) (P/F, i_{eff_0}, m)$$

$$+ (P/A, i_{eff_5}, m) A_5 (P/F, i_{eff_4}, m) (P/F, i_{eff_3}, m) (P/F, i_{eff_2}, m) (P/F, i_{eff_1}, m) (P/F, i_{eff_0}, m)$$

$$+ (P/A, i_{eff_6}, m) A_6 (P/F, i_{eff_5}, m) (P/F, i_{eff_4}, m) (P/F, i_{eff_3}, m) (P/F, i_{eff_2}, m) (P/F, i_{eff_1}, m) (P/F, i_{eff_0}, m)$$

$$+ (P/A, i_{eff_7}, m) A_7 (P/F, i_{eff_6}, m) (P/F, i_{eff_5}, m) (P/F, i_{eff_4}, m) (P/F, i_{eff_3}, m) (P/F, i_{eff_2}, m) (P/F, i_{eff_1}, m) (P/F, i_{eff_0}, m)$$

$$+ (P/A, i_{eff_8}, m) A_8 (P/F, i_{eff_7}, m) (P/F, i_{eff_6}, m) (P/F, i_{eff_5}, m) (P/F, i_{eff_4}, m) (P/F, i_{eff_3}, m) (P/F, i_{eff_2}, m) (P/F, i_{eff_1}, m) (P/F, i_{eff_0}, m)$$

$$+ (P/A, i_{eff_9}, m) A_9 (P/F, i_{eff_8}, m) (P/F, i_{eff_7}, m) (P/F, i_{eff_6}, m) (P/F, i_{eff_5}, m) (P/F, i_{eff_4}, m) (P/F, i_{eff_3}, m) (P/F, i_{eff_2}, m) (P/F, i_{eff_1}, m) (P/F, i_{eff_0}, m)$$

$$+ (P/S, i_{eff_9}, m) A_9 (P/F, i_{eff_8}, m) (P/F, i_{eff_7}, m) (P/F, i_{eff_6}, m) (P/F, i_{eff_5}, m) (P/F, i_{eff_4}, m) (P/F, i_{eff_3}, m) (P/F, i_{eff_2}, m) (P/F, i_{eff_1}, m) (P/F, i_{eff_0}, m)$$

Burada,



$m = 2$  (faiz oranının sabit olduğu yıl sayısı)

On periyot için, hesaplama yapıldığı varsayılmıştır.

Tüm alternatiflerle ilgili veriler, modele yerleştirilerek, hesaplamalar yapılır. Böylece, en iyi alternatif seçilir.

Alternatiflerden, net şimdiki değeri ( $C_T$ ) minimum olanı en iyi alternatiftir.

### Duyarlılık Analizi

Faiz oranının, kıyaslama süresince tahmin edilmesi güç olmaktadır. Bunun yanısıra, şimdiki değer hesaplamaları, faiz oranına bağımlı olduğundan faiz oranı için duyarlılık analizi çalışmaları yapılmıştır.

#### 1. Aşama

Projelerin her biri için aşağıdaki işlem sıralaması izlenir.

- Faiz oranı belirlenen oranda artırılır.
- Faiz oranı dışında, diğer parametrelerin değerleri değişiklik yapılmadan kullanılır.
- Toplam şimdiki değer hesaplaması yinelenir.
- Toplam şimdiki değer, ilk değerine göre yüzde değişimi hesaplanır.
- Bu hesaplama, tüm alternatifler için yinelenir.
- Alternatiflerden oransal değişimi en fazla olanı, faiz oranına max duyarlıdır.
- Böylece faiz oranından en fazla etkilenen alternatif belirlenmektedir.

#### 2. Aşama

Projelerin her biri için aşağıdaki işlem sıralaması izlenir.

- Faiz oranı dışında, diğer parametrelerin değerleri değişiklik yapılmadan kullanılır.



- Faiz oranına çeşitli değerler verilerek, optimum sonuçlar belirlenir.
- İlk elde edilen optimum sonucun, faiz oranının hangi aralıklarında geçerli olduğu saptanır.

## **PASİF GÜNEŞ ENERJİLİ SİSTEMDE EKONOMİK ANALİZ UYGULAMASI**

Ayrıntılarıyla açıklanan pasif güneş enerjili sistemlerin incelenmesinde kullanılan ekonomik analiz modeli, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nce geliştirilen pasif güneş ısıtılmalı "GAMA" tipi güneş evinin alternatif ısıtma sistemlerine göre ekonomik olup olmadığı belirlemek için kullanılacaktır.

### **GAMA TİPİ GÜNEŞ EVİNİN ÖZELLİKLERİ**

Bir pasif güneş enerjisi sistemi uygulaması olan Gama tipi güneş evinin özelliği kendisinin bir kollektör gibi inşaa edilmiş olmasıdır. Sözü edilen güneş evi brüt 117 m<sup>2</sup> lik bir sosyal konut olup, dört oda, kiler, mutfak ve banyodan oluşmaktadır.

### **GAMA TİPİ GÜNEŞ EVİNİN İÇ SICAKLIĞI**

1985 yılında yapımı gerçekleştirilen GAMA-Tipi sosyal konutun iç sıcaklığını hesaplayabilmek için, gerekli teorik incelemeler, quasi kararlı toplam ve özel enerji, kütle bilançolarına dayanmaktadır. Toplam ve özel enerji bilançoları, ısı transferi ile ilgili bağıntılar ve termodinamik analizlerle ilgili bağıntılarda dikkate alındığında denklemler simultane olarak iteratif çözümlenir. Sözü edilen çözümün sonucunda, teorik olarak bulunan ev içi sıcaklık; ve yine bir pasif güneş enerjisi sistemi uygulaması olan Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü Laboratuvar Binasında alınan sıcaklık ölçümlerinden elde edilen tecrübeler dikkate alındığında, sözü edilen Gama-tipi güneş evinin bir ısıtma periyodunda, gerekli enerjinin yaklaşık % 80'ini karşılayabileceği anlaşılmaktadır. Bununla birlikte; halen Gama-tipi güneş evinin iç ve dış sıcaklıklarının termograf kullanılarak ölçülmesine devam edilmektedir. Bir ısıtma periyodu için, güvenilirlik sınırları içinde kalan sıcaklık ölçümlerinin alınması tamamlandığında, deney sonuçları ile önceden hesaplanan ev içi sıcaklık karşılaştırılacaktır.



## PASIF GÜNEŞ ENERJİLİ SİSTEMİN EKONOMİK ANALİZ UYGULAMASI

Ekonomik analiz çalışmasının yapılabilmesi için öncelikle alternatiflerin belirlenmesi gerekir.

### Alternatif Konut Isıtma Sistemleri:

1- Fuel oil kullanılan kalorifer sistemi

2- Kömür kullanılan kalorifer sistemi

3- Gaz sobası

4- Elektrik ısıtıcı

5- Kömür sobası

Böylece, gaz sobası sistemi takviyeli pasif güneş enerjisi sistemi ve kömür sobası sistemi takviyeli pasif güneş, enerjisi sistemde dahil olmak üzere yedi alternatif karşılaştırılarak net şimdiki ( $C_T$ ) minimum olan alternatif seçilir.

### Kullanılan Varsayımlar :

1- Pasif güneş enerjisi sisteminin ekonomik ömrü bina ömrüne eşit olduğundan en az 20 yıl, diğer alternatif ısıtma sistemlerinin ekonomik ömrü 10 yıl olduğu için, kıyaslama süresi olarak 20 yıl alınmıştır.

2- Kıyaslama süresine yakacak fiyat indekslerinin değişimi için, İstanbul Ticaret Odası toptan eşya fiyat indeksleri kullanılmıştır.

Buna göre, aşağıda verilen iki ayrı senaryo geliştirilmiştir.

### a) Senaryo 1

1968-1989 yılları arasındaki yakacak fiyat indeksleri yardımı ile gelecek 20 yılın (1991-2010) yakacak fiyat değişimi regresyon+ analizi ile belirlenmiştir.



**b) Senaryo 2**

1968-1989 yılları arasındaki genel fiyat indeksleri yardımı ile 1991-2010 yılları arası yakacak fiyat değişimi regresyon analizi<sup>+</sup> ile belirlenmiştir.

Tüm senaryolarda

- Yakacak fiyat değişim oranı ile diğer işletme maliyetleri değişim oranları aynı,

- Hesaplanan operasyon ve bakım maliyetlerinin ikişer yıllık ortalamaları ikişer yıl sabit olarak alınmıştır.

- Ekonomik ömürleri on yıl olan alternatifler için, onuncu yılın sonundaki ilk yatırımı yenileme maliyeti, ilk yatırım maliyetinin % 35'e ikişer yıllık dönemler için bu oranın % 1'i kadar sermaye risk oranı bileşik olarak eklenmiştir.

**İlk yatırım Maliyetlerinin Hesaplanması :**

**Fuel oil Kullanılan Kalorifer Sistemi :**

Alternatif konutun toplam ısı kaybı ; 16000 kcal /h<sup>++</sup> olarak hesaplanmıştır. Söz konusu ısı kaybını karşılayacak fuel-oil kullanılan kalorifer sisteminin birim fiyatları ve maliyeti Çizelge 1'de verilmiştir.

---

(+) Regresyon Analizi, Ege Üniversitesi Bilgisayar Araştırma ve Uygulama Merkezindeki "MINITAB" Paket programı ile yapılmıştır. (bkz.Akdeniz (1) S.167-172.

(++)KENTOĞLU, N. (1986) "Ekonomik Analiz Yöntemleri ve Güneş Enerjisi ile Bina Isıtılmasının Ekonomik Analizi" E.Ü.Güneş Enerjisi Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bornova - İzmir.



Çizelge 1. Fuel-oil Kullanılan Kalorifer Sisteminin Birim Fiyatları ve Maliyeti.

<u>Poz No</u>	<u>İşin Cinsi</u>	<u>Miktar</u>	<u>1991 Birim Fiyatı (TL)</u>	<u>Maliyeti (TL)</u>
165.707	PKKP 400 Tipi Radyatör	14.4 m	333000	4795200
170.101	1/2" Kromajlı Radyatör musluğu	20 Adet	27460	549200
171.101	1/2" Radyatör Rekoru	20 Adet	11340	226800
169.401	Radyatör Konsolu ve Teferruatı	10 Adet	17400	174000
169.300	Radyatör Kelepçesi ve Teferruatı	30 Adet	2300	69000
201.104	1/2" Siyah Boru	20 m	5370	107400
201.105	3/4" Siyah Boru	14 m	6550	91700
201.106	1" Siyah Boru	26 m	8580	223080
201.107	1 1/4" Siyah Boru	10 m	10650	106500
207.104	1 1/4" Şiber Vana ve Rekoru	2 Adet	71800	143600
152.101	Konfor Alkat Kalorifer Kaz.	1 Adet	3040000	3040000
ÖZEL	Yakıt Deposu	1 Adet	400000	400000
174.202	Genleşme Deposu (50 lt)	1 Adet	117000	117000
ÖZEL	3/4"lik Fuel-oil Filtresi	1 Adet	30000	30000
ÖZEL	Seviye Göstergesi	1 Adet	72000	72000
---	Nakliye (% 4)			+ 4294.9
				<hr/> 10574899.-
			% 12 KDV	+ 1268988.-
				<hr/> 11843887.-



**Kömür Kullanılan Kalorifer Sistemi:**

Çizelge 2'de bu sistemin ilk yatırım maliyeti verilmiştir.

**Çizelge 2. Kömür Kullanılan Kalorifer Sisteminin Birim Fiyatları ve Maliyeti.**

<u>Poz No</u>	<u>İşin Cinsi</u>	<u>Miktar</u>	<u>1991 Birim Fiyatı (TL)</u>	<u>Maliyeti (TL)</u>
ÖZEL	Kazan	1 Adet	3425000	3425000
165.707	PKKP 400 Tipi Radyatör	14.4 m	333000	4795200
170.101	1/2" Kromojlı Radyatör Musluğu	20 Adet	27460	549200
171.101	1/2" Radyatör Rekoru	20 Adet	11340	226800
169.410	Radyatör Konsolu ve Teferruatı	10 Adet	17400	174000
169.300	Radyatör Kelepçesi ve Teferruatı	30 Adet	2300	69000
201.104	1/2" Siyah Boru	20 m	5370	107400
201.105	3/4" Siyah Boru	14 m	6550	91700
201.106	1" Siyah Boru	26 m	8580	223080
201.107	1/4" Siyah Boru	10 m	10650	106500
207.104	1 1/4" Şiber Vana ve Rekoru	2 Adet	71800	143600
ÖZEL	Tel Fırça	1 Adet	19760	19760
ÖZEL	Genleşme Deposu	1 Adet	117000	117000
ÖZEL	Kömürlük ve Kül Deposu Düzeni			150000
ÖZEL	Démir El Arabası, Kül Kovası Nakliye ve Hammaliye (% 4)	2 Adet		100000
				<u>+ 407930</u>
				10706170
				<u>+ 1276740</u>
				11982910

**Gaz Sobasının İlk Yatırım Maliyeti:**

Borusuz gaz sobası 30 m<sup>2</sup> lik alan için 850.000.-TL'sidir. 4 adet gerektiği için 4x850.000 TL = 3.400.000.TL.'sidir.



### Kömür Sobasının İlk Yatırım Maliyeti:

117 m<sup>2</sup> brüt alana sahip GAMA-Tipi güneş evinin ek ısıtma için 3 adet kömür sobası gerekmektedir. Boruları ile birlikte 3 Adet x 600000TL = 1800000.TL. sıdır.

### Gaz Sobası Takviyeli Pasif Güneş Enerjisi Sisteminin İlk Yatırım Maliyeti:

Çizelge 3'de pasif güneş enerjisi sisteminin ilk yatırım maliyeti hesaplanmıştır.

### Çizelge 3.Pasif Güneş Enerjisi Sisteminin Birim Fiyatları ve Maliyeti

<u>Poz No</u>	<u>İşin Cinsi</u>	<u>Miktar</u>	<u>1991 Birim Fiyatı (TL)</u>	<u>Maliyeti (TL)</u>
23.111	Çerçeve yapılması	1296 kg	4563	5913648
25.137	Demir İmalatın iki kat boyanması	81 m <sup>2</sup>	7938	642978
28.042	3 mm Cam Takılması	81 m <sup>2</sup>	27162	2200122
19.005	Kum ve Çakıl Serilemesi	100 m <sup>2</sup>	3658	365800
19.036	Su yalıtımı	100 m <sup>2</sup>	22213	2221300
19.461/3	Asfalt kaplama	120 m <sup>2</sup>	166669	2000280
ÖZEL	Tuğla İşçiliği	120 m <sup>2</sup>	2744	329280
04.461/3	Perlit	22 m <sup>3</sup>	75000	1650000
---	Nakliye (% 4)			+ 612936
				<hr/>
				15936344
			% 12 KDV	+ 1912361
				<hr/>
				17848705



**Gaz Sobası Takviyeli Pasif Güneş Enerjili Sistemin İlk Yatırım Maliyeti:**

Gaz Sobası	:	3400000
Pasif Güneş Enerjisi Sistemi	:+	<u>17848705</u>
		21248705 . TL sıdır.

**Kömür Sobası Takviyeli Pasif Güneş Enerjili Sistemin İlk Yatırım Maliyeti:**

Gaz Sobası	:	1800000
Pasif Güneş Enerjisi Sistemi	+	<u>17848705</u>
		19648705 . TL sıdır.

**Elektrikli Isıtıcının İlk Yatırım Maliyeti :**

2 kw'lık radyatör tipi elektrikli ısıtıcıdan

180 gün x 8 saat = 1440 saat/yıl

Hacmin 1440 saat/yıl ısıtılması düşünüldüğünde:

$$(16000 \text{ kcal/h} \times 8 \text{ saat} \times 180 \text{ gün}) / (1440) (2600) = 4.44$$

4.187 kJ = 1 kcal olduğundan,

$$4.44 \times 4.187 \text{ kJ} = 18.59 \text{ kW'dir.}$$

Isıtıcı verimi = % 80 alındığında,

$$18.59 \text{ kW} / 0.80 = 23.24 \text{ kw}$$

Bu durumda. 2 kw'lık 12 elektrikli ısıtıcı seçilir.

$$(12 \text{ adet}) \times (401408 \text{ TL/adet}) = 4816896 \text{ TL sıdır.}$$

Çizelge 4'de alternatif sistemlerin ilk yatırım maliyetleri verilmiştir.



Çizelge 4. Alternatif Sistemlerin İlk Yatırım Maliyeti

Fuel-oil'li Kalo.ifer Sistemi	Kömürlü Kalorifer Sistemi	Gaz Sobası Sistemi	Kömür Sobası Sistemi	Elektrikli Isıtıcı Sistemi	Gaz Sob. Tak.Pas. Güneş Ener. Sis.	Kömür.Sob. Tak.Pasif Güneş Ener. Sistemi
1.184.10 <sup>7</sup>	1.198.10 <sup>7</sup>	3.4.10 <sup>6</sup>	1.10 <sup>6</sup>	4.817.10 <sup>6</sup>	2.125.10 <sup>7</sup>	1.965.10 <sup>7</sup>

Yıllık Maliyetlerin Hesaplanması:

Yıllık maliyetlerin hesaplanabilmesi için gelecek yıllardaki yakacak fiyatları Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. 1991 Yılı Yakacak Fiyatları

Poz No	İşin Cinsi	1991 Birim Fiyatı (TL)
T.E.K.	Elektrik 0-120 kwh*	205 TL/kwh
	Elektrik 121 kwh'den sonra	320 TL/kwh
ÖZEL	Soma Kömürü**	310 TL/kg
ÖZEL	Fuel-oil**	976 TL/lı
ÖZEL	Gaz **	25000 TL/lı

Kıyaslama süresince, yakacak fiyat değişimlerinin hesaplanması, varsayımların verilen senaryolar ile yapılmıştır.

Akdeniz (I)'de (Bkz.167-172) verilen "MINITAB" bilgisayar paket programı çıktılarında Senaryo 1 için % 94.7 ile kullanılan verileri en iyi açıklayıcılık oranını veren logaritmik eğri denklemi:

$$L.Y.F.T. = 1.46 + 0.142 C^4$$

\* T.E.K. Nisan 1991 ayı fiyatları

\*\* Nisan 1991 ayı İzmir için enerji serbest piyasa fiyatları



Senaryo 2'de ise, % 97.2 ile kullanılan verileri en iyi açıklayıcılık oranını sağlayan logaritmik eğri denklemi:

$$L.ENF. = 1.56 + 0.132 C4 \text{ olarak alınmıştır.}$$

Burada, C4 : Yılları, L.Y.F.T.: Logaritmik yakacak fiyat indeksini,

L.ENF.: Logaritmik genel fiyat indeksini simgeler.

Bu denklemlerden yararlanılarak, 1991 - 2010 yılları arasında yakacak fiyat değişim oranları olarak sırasıyla Senaryo 1 için % 39, Senaryo 2 için % 36 olarak hesaplanmıştır.

### Yıllık Maliyetler:

Çizelge 6'da tüm alternatifler için, yıllık olarak gerekli yakıt miktarları, kazan verimleri, yakacak maliyetleri işletme-bakım maliyetleri ve yakacak maliyetleri ile işletme-bakım maliyetleri toplamı olan yıllık maliyetler verilmiştir.

Çizelge 6. 1991 yılı için Senaryo 1 ve 2'ye Göre Yıllık Maliyetler

Konut Isıtma Sistemleri	Gerekli Yakıt Miktarı (By)	Verim	Yıllık* Yak. Mali. (TL)	Yıllık** İşlet. Bak.Mal.(TL)	Gerekli Yakıt Mik. (By)
Fuel-oil'li Kalorifer Sistemi	3234 lt/yıl	0.75	3156384	157819	3314203
Kömürlü Kalorifer Sistemi	9600 kg/yıl	0.60	2976000	148800	312480
Kömür Sobası Sistemi	9381 kg/yıl	0.614	2908110	145406	3053516
Gaz Sobası Sistemi	3465 lt/yıl	0.70	8662500	433125	9095625
Gaz Sobası Takviyeli Pasif Güneş Enerjisi sistemi	693 lt/yıl	0.701	1732500	86625	1819125
Kömür Sobası Takviyeli Pasif Güneş Enerjisi Sistemi	1876 kg/yıl	0.614	581560	29078	610638
Elektrikli Isıtıcı Sistemi	27794 kw/yıl	0.80	8568280	428014	8988294

\* Yıllık yakacak maliyetlerine, kullanılan elektrik ve tutuşturma için, gerekli tahta gideri dahildir ve personel giderleri tüm sistemlerde eşit kabul edilerek, dikkate alınmamıştır.

\*\* Yıllık yakacak maliyetinin % 5'i alınmıştır.



Modelin varsayımlarında açıklandığı üzere, kalkülasyon faiz oranları olarak hesaplanan % 35 kredi faiz oranına her dönem için, bu oranın % 1'i kadar risk faktörü eklenerek alınmıştır.

Çizelge 6'da verilen ısıtma sistemlerinin toplam yıllık maliyetleri Senaryo 1'e göre hesaplanan % 39 oranı ile zincirleme olacak şekilde arttırılarak her yıl için değişen yıllık maliyetler hesaplanmıştır. Çizelge 7'de, 1991-2010 yılları arası Senaryo 1'e göre hesaplanan toplam yıllık maliyetlerin, ikişer yıllık aritmetik ortalamaları ikişer yıllık dönemler için sabit olarak verilmiştir.

Çizelge 7. Senaryo 1'e Göre Alternatiflerin Dönem Maliyetleri

Dönem	Fuel-oil'li Kalorifer Siste.	Kömürlü Kalorifer Siste.	Gaz Sobası	Kömür Sobası	Elektrikli Isıtıcı Siste.	Gaz Sob. Tak.Pas. Gün.Ener. Sistemi	Kömür Tak.Pas. Gün.Ener. Sistemi
1991-1992	3960473	3734136	10869272	3648952	10741011	2173854	729712
1993-1994	7.652.10 <sup>6</sup>	7.215.10 <sup>6</sup>	2.100.10 <sup>7</sup>	7.050.10 <sup>6</sup>	2.075.10 <sup>7</sup>	4.200.10 <sup>6</sup>	1.410.10 <sup>6</sup>
1995-1996	1.478.10 <sup>7</sup>	1.394.10 <sup>7</sup>	4.058.10 <sup>7</sup>	1.362.10 <sup>7</sup>	4.009.10 <sup>7</sup>	8.114.10 <sup>6</sup>	2.724.10 <sup>6</sup>
1997-1998	2.857.10 <sup>7</sup>	2.694.10 <sup>7</sup>	7.842.10 <sup>7</sup>	2.633.10 <sup>7</sup>	7.750.10 <sup>7</sup>	1.569.10 <sup>7</sup>	5.267.10 <sup>6</sup>
1999-2000	5.519.10 <sup>7</sup>	5.204.10 <sup>7</sup>	1.515.10 <sup>8</sup>	5.086.10 <sup>7</sup>	1.497.10 <sup>8</sup>	3.030.10 <sup>7</sup>	1.017.10 <sup>7</sup>
2001-2002	1.066.10 <sup>8</sup>	1.005.10 <sup>8</sup>	2.925.10 <sup>8</sup>	9.820.10 <sup>7</sup>	2.891.10 <sup>8</sup>	5.851.10 <sup>7</sup>	1.964.10 <sup>7</sup>
2003-2004	2.060.10 <sup>8</sup>	1.942.10 <sup>8</sup>	5.653.10 <sup>8</sup>	1.898.10 <sup>8</sup>	5.587.10 <sup>8</sup>	1.131.10 <sup>8</sup>	3.797.10 <sup>7</sup>
2005-2006	3.981.10 <sup>8</sup>	3.753.10 <sup>8</sup>	1.092.10 <sup>9</sup>	3.666.10 <sup>8</sup>	1.079.10 <sup>9</sup>	2.184.10 <sup>8</sup>	7.331.10 <sup>7</sup>
2007-2008	7.691.10 <sup>8</sup>	7.251.10 <sup>8</sup>	2.111.10 <sup>9</sup>	7.087.10 <sup>8</sup>	2.086.10 <sup>9</sup>	4.222.10 <sup>8</sup>	1.417.10 <sup>8</sup>
2009-2010	1.486.10 <sup>9</sup>	1.401.10 <sup>9</sup>	4.078.10 <sup>9</sup>	1.368.10 <sup>9</sup>	4.030.10 <sup>9</sup>	8.156.10 <sup>8</sup>	2.738.10 <sup>8</sup>

Çizelge 6'da verilen toplam yıllık maliyetlerin Senaryo 2'ye göre, hesaplanan % 36 oranı ile zincirleme olarak arttırılarak her yıl için değişen maliyetler hesaplanır.

Çizelge 8'de ise, 1991-2010 yılları arası Senaryo 2'ye göre hesaplanan toplam yıllık maliyetlerin, ikişer yıllık aritmetik ortalamaları ikişer yıl sabit olarak gösterilmiştir.



Çizelge 8. Senaryo 2'e Göre Alternatiflerin Dönem Maliyetleri

Dönem	Fuel-oil'li Kalorifer Siste.	Kömürlü Kalorifer Siste.	Gaz Sobası	Kömür Sobası	Elektrikli Isı-tıcı Siste.	Gaz Sob. Tak.Pas. Gün.Ener. Sistemi	Kömür Tak.Pas. Gün.Ener. Sistemi
1991-1992	3910760	3687264	10732838	3603149	10606187	2146568	720553
1993-1994	7.556.10 <sup>6</sup>	7.124.10 <sup>6</sup>	2.074.10 <sup>7</sup>	6.963.10 <sup>6</sup>	2.050.10 <sup>7</sup>	4.149.10 <sup>6</sup>	1.393.10 <sup>6</sup>
1995-1996	1.459.10 <sup>7</sup>	1.376.10 <sup>7</sup>	4.005.10 <sup>7</sup>	1.345.10 <sup>7</sup>	3.959.10 <sup>7</sup>	8.013.10 <sup>6</sup>	2.691.10 <sup>6</sup>
1997-1998	2.821.10 <sup>7</sup>	2.660.10 <sup>7</sup>	7.743.10 <sup>7</sup>	2.600.10 <sup>7</sup>	7.653.10 <sup>7</sup>	1.549.10 <sup>7</sup>	5.201.10 <sup>6</sup>
1999-2000	5.450.10 <sup>7</sup>	5.139.10 <sup>7</sup>	1.496.10 <sup>8</sup>	5.022.10 <sup>7</sup>	1.478.10 <sup>8</sup>	2.991.10 <sup>7</sup>	1.004.10 <sup>7</sup>
2001-2002	1.053.10 <sup>8</sup>	9.928.10 <sup>8</sup>	2.890.10 <sup>8</sup>	9.702.10 <sup>7</sup>	2.856.10 <sup>8</sup>	5.780.10 <sup>7</sup>	1.941.10 <sup>7</sup>
2003-2004	2.034.10 <sup>8</sup>	1.918.10 <sup>8</sup>	5.583.10 <sup>8</sup>	1.874.10 <sup>8</sup>	5.516.10 <sup>8</sup>	1.116.10 <sup>8</sup>	3.747.10 <sup>7</sup>
2005-2006	3.931.10 <sup>8</sup>	3.706.10 <sup>8</sup>	1.079.10 <sup>9</sup>	3.622.10 <sup>8</sup>	1.066.10 <sup>9</sup>	2.157.10 <sup>8</sup>	7.243.10 <sup>7</sup>
2007-2008	7.594.10 <sup>8</sup>	7.160.10 <sup>8</sup>	2.084.10 <sup>9</sup>	6.700.10 <sup>8</sup>	1.972.10 <sup>9</sup>	3.991.10 <sup>8</sup>	1.340.10 <sup>8</sup>
2009-2010	1.467.10 <sup>9</sup>	1.383.10 <sup>9</sup>	4.026.10 <sup>9</sup>	1.352.10 <sup>9</sup>	3.980.10 <sup>9</sup>	8.055.10 <sup>8</sup>	2.705.10 <sup>8</sup>

Ekonomik analiz modelinde açıklandığı gibi; efektif faiz oranı,  $i_{eff} = (i-j) / (1+j)$  formülü ile her dönem için hesaplanır. (Bkz. Akdeniz (1)) Onuncu yıl sonundaki ilk yatırımı yenileme maliyetleri varsayımlarda açıklandığı gibi senaryolara göre hesaplanmış ve Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 9. Senaryo 1 ve 2'ye Göre Onuncu Yıl Sonundaki İlk Yatırımı Yenileme Maliyetleri

Dönem	Fuel-oil'li Kalorifer Siste.	Kömürlü Kalorifer Siste.	Gaz Sobası	Kömür Sobası	Elektrikli Isı-tıcı Siste.	Gaz Sob. Tak.Pas. Gün.Ener. Sistemi	Kömür Tak.Pas. Gün.Ener. Sistemi
I	1.594.10 <sup>8</sup>	1.613.10 <sup>8</sup>	4.577.10 <sup>7</sup>	3.231.10 <sup>7</sup>	6.485.10 <sup>7</sup>	4.577.10 <sup>7</sup>	3.231.10 <sup>7</sup>
II	1.282.10 <sup>8</sup>	1.297.10 <sup>8</sup>	3.680.10 <sup>7</sup>	2.598.10 <sup>7</sup>	5.213.10 <sup>7</sup>	3.680.10 <sup>7</sup>	2.598.10 <sup>7</sup>

Böylece, sözü edilen senaryolar için, her alternatifin ilk yatırım maliyetleri, ilk yatırımı yenileme maliyetleri ve kıyaslama süresince toplam yıllık maliyetler hesaplanmıştır.



Tüm bu veriler, anlatılan ekonomik analiz modeline uygulanarak, alternatiflerin ekonomik yönden incelenmesi yapılmıştır. Ekonomik analiz modeli bilgisayar programına aktarılarak, senaryolar için sonuçlar elde edilmiştir.

## SONUÇ

İki ayrı senaryo için elde edilen sonuçlar Çizelge 10'da verilmiştir.

### Çizelge 10. Senaryo 1 ve 2'ye Göre Ekonomik Analiz Sonuçları

<u>En İyi Alternatif</u>	<u>İkinci İyi Alternatif</u>	<u>Üçüncü İyi Alternatif</u>
Kömür Sobası Takviyeli Pasif Güneş Enerjili Sistem	Gaz Sobası Takviyeli Pasif Güneş Enerjili Sistem	Kömür Sobası

### Sonuçların Değerlendirilmesi

Güneş enerjisinden pasif yöntemle yararlanarak, konut ısıtılmasının ekonomik analizi çerçevesinde kurulan değişik senaryolara göre aynı enerjiyi sağlayan alternatif sistemler içinde optimum sistemin "kömür sobası takviyeli Pasif Güneş Enerjili Sistem" olduğu hesaplanarak, ispatlanmıştır. Söz konusu sistem, alternatifleriyle kısa sürede başabaş noktasına ulaşmaktadır.

Gama tipi güneş evlerinin yaygınlaştırılmasıyla kurulacak güneş köyleri sayesinde enerji tasarrufu sağlanacaktır. Daha önce belirtildiği gibi, ithal edilen petrolün % 43'ünün binalarda kullanıldığı, düşünülürse, konunun önemi daha açık olarak anlaşılacaktır.

Türkiye'de Ege ve Akdeniz boyunca hatta Van ve çevresinde bile güneş enerjisi ile ısınma mümkün olduğuna göre, bu paranın önemli bir bölümü ülkemize kalacaktır. Böylece, yakıt tasarrufundan oluşacak miktar yatırım amacıyla değerlendirilerek, kalkınma hızının istenilen düzeye ulaşması sağlanabilecektir.



## **SUMMARY**

In this study firstly, the advantages and the disadvantages of traditional comparing and discounting methods of economic analysis are examined and compared. Afterwards, other economic analysis methods are examined. Then; establishing that the most convenient Method in the economic analysis of passive solar systems is the "Life-cycle costing Model" and the most convenient comparison method by improving life-cycle costing model. A brief explanation is given about sensitivity analysis which is used to determine sensitivity of results on data and hypothesis.

Afterwards; the economic analysis application of the passive solar energy system is given.

## **KAYNAKÇA**

- AKDENİZ, H.A. "Optimum Bina Isıtma sistemi seçiminde Alternatif Kararların Ekonomik Analizi", E.Ü.G.E.E. Doktora tezi, Bornova-İzmir,1989.
- AKDENİZ, H.A. "Güneş Enerjisi Sistemlerinin İrdelenmesinde Kullanılan Ekonomik Analiz Modeli", E.Ü.G.E.E. Dergisi, Cilt:1, Sayı:1, Bornova-İzmir.
- AKDENİZ, H.A. "Pasif Güneş Enerjisi Sistemi İle Bina Isıtılmasının Ekonomik Analizi (E.Ü.G.E.E. Laboratuvar Binası Uygulaması) E.Ü.G.E.E.Y.Lisans Tezi, Bornova-İzmir.
- KENTOĞLU, N. "Ekonomik Analiz Yöntemleri ve Güneş Enerjisi ile Bina Isıtılmasının Ekonomik Analizi", E.Ü.G.E.E. Y. Lisans Tezi, Bornova-İzmir.
- KREIDER, J.F., KREITH, F. Solar Heating and Cooling Engineering, Practical Design and Economics, Hemisphere Publishing corporation Washington, 1975.
- KOLBE, A.L. Selection of Discount Rates for Project, Evaluation, Principles and Pitfalls, AACE Transactions.



