

## HAVALİMANI TERMİNAL BİNALARINDA ISI YALITIMI VE ISICAMIN ENERJİ PERFORMANSINA ETKİSİ

### *THE EFFECT OF THERMAL INSULATION AND THERMOPANE ON ENERGY PERFORMANCE IN AIRPORT TERMINAL BUILDINGS*

Mehmet Kadri AKYÜZ<sup>1</sup>

Önder ALTUNTAŞ<sup>2</sup>

Vedat Veli ÇAY<sup>3</sup>

#### **Özet**

Havacılığın gelişmesiyle beraber, yolcu sayısındaki artış ve terminal binalarının konfor gereksinimlerinden dolayı havalimanları çok büyük miktarlarda enerji tüketen yapılar olmaya başlamıştır. Bu çalışmada, Uluslararası Hasan Polatkan Havalimanı terminal bina kabuğunda yapılacak tadilat ve yenileme (duvar ve çatıya ısı yalıtımı yapılması, pencerelerin daha düşük ısı iletkenliğe sahip pencereler ile değiştirilmesi) işleminin ısıtma amaçlı kullanılacak enerji miktarında meydana gelecek tasarruflar değerlendirilmiştir. Ayrıca bu işlemlerin ekonomik performansı da incelenmiştir. TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardı kullanılarak yapılan hesaplamalarda, duvar ve çatıya yapılacak ısı yalıtımı ve pencerelerin değiştirilmesiyle yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sırasıyla %8.29, %12.9 ve %11.74 azaltılabileceği görülmüştür. Ayrıca ekonomik geri ödeme süreleri sırasıyla 9.3, 2.8 ve 5 yıl olarak hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Havalimanları, TS 825, Enerji Verimliliği, Enerji Tasarrufu

#### **Abstract**

Airports consume great amounts of energy due to the comfort requirements of airport terminal buildings in parallel with growth in passenger traffic. In this study, renovation and retrofit (insulate wall and roof, replacing windows with thermopane) of the Hasan Polatkan International Airport Terminal building envelope were evaluated for heating requirement and energy saving. The economic performance of these renovations and retrofit also examined. TS 825 “Thermal Insulation Requirements for Buildings” standard used to calculate heating requirement. Insulated wall and roof and replaced windows with effective one reduce the annual heating energy requirement by 8.29%, 12.9% and 11.74%, respectively. In addition, economic payback durations were calculated as 9.3, 2.8 and 5 years respectively.

**Keywords:** Airports, TS 825, Energy Efficiency, Energy Saving

---

<sup>1</sup> Arş. Gör., Sivil Havacılık Yüksekokulu, Dicle Üniversitesi mkadri.akyuz@dicle.edu.tr

<sup>2</sup> Doç. Dr., Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Anadolu Üniversitesi oaltuntas@anadolu.edu.tr

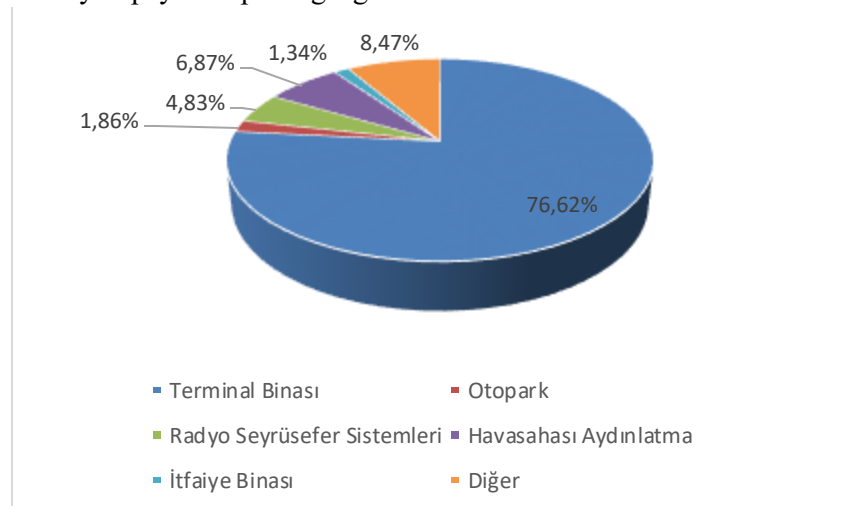
<sup>3</sup> Doç. Dr., Sivil Havacılık Yüksekokulu, Dicle Üniversitesi vcay@dicle.edu.tr

## Giriş

Sera gazı emisyonlarının özellikle de fosil yakıt kaynaklı CO<sub>2</sub>'nin küresel ısınma konusunda lider bir rol oynadığı yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. Son yıllarda iklim değişikliği konusu fosil yakıtlardan kaynaklı sera gazı emisyonlarından (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, vb.) dolayı en ciddi çevresel sorunlardan biri haline gelmiştir (Miao, 2017). Dünyadaki enerji tüketiminin 2040'a kadar %56 artacağı tahmin edilmektedir. Bu ihtiyacın büyük çoğunluğunun fosil yakıtlardan elde edildiği düşünüldüğünde, bunun enerji kaynaklarının tükenmesi ve iklim değişikliği konuları ile ilgili ciddi problemler doğuracağı düşünülmektedir (Gopalakrishnan, 2014). İklim değişikliği ve küresel ısınma tehdidi için bir ölçüt olan karbon salımında taşımacılık sektörünün payı %26,4, havacılık sektörü bu etkide yaklaşık %2'lik bir potansiyele sahiptir (Chapman, 2007). Uluslararası Sivil Havacılık Birliği (ICAO), havacılık sektörünün CO<sub>2</sub> emisyonlarında %2'lik bir paya sahip olduğu ve her yıl yaklaşık olarak %3 – 4 artacağını tahmin etmektedir (ICAO, 2017). Havacılık sektörü ile ilgili tahminler sadece hava araçlarının uçuş operasyonlarından kaynaklı olup, havacılık ile ilgili tesislerin (havalimanı terminal binaları, kontrol kuleleri, bakım hangarları vb.) sera gazı emisyonlarında ki payı bilinmemektedir. Son 20 yılda havacılığın çok hızlı büyümesi, havalimanlarının artan enerji talebini beraberinde getirmiştir (Alba ve Manana, 2016). Havayolu ile taşınan yolcu sayısının her yıl yaklaşık olarak %5 arttığı ve bu artışın da kaynağında farklı uçuş noktalarının (Şehir/Ülke) sisteme katılmasıdır. Farklı uçuş noktalarının sisteme katılması, beraberinde havalimanı ve havacılıkla ilgili diğer tesislerin sayılarının artmasına neden olmuştur. Türkiye'de 2003 yılında faaliyet gösteren havalimanı sayısı 37 iken 2017 yılında bu sayı 55'e çıkmış ve önümüzdeki yıllarda artacağı tahmin edilmektedir (UDHB, 2016).

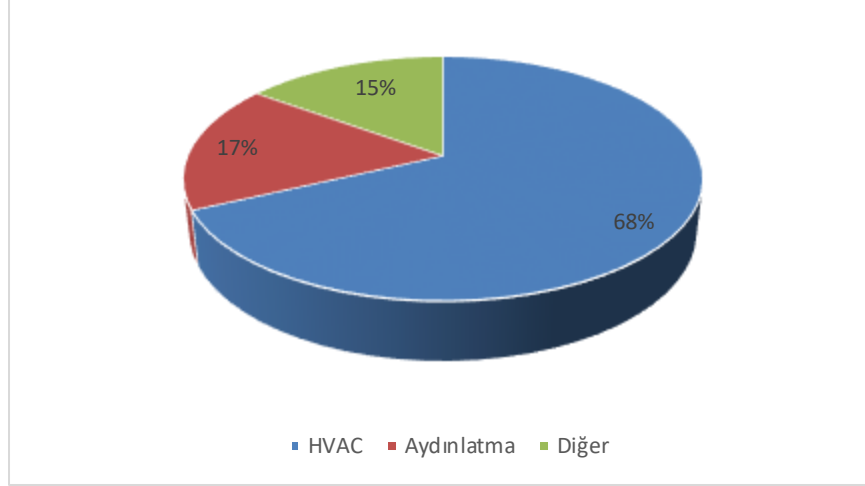
Havalimanları hava sahası ve kara sahası olmak üzere iki bölümde incelenebilir. Kara sahası denilen bölüm Otopark alanı ve Terminal binasından oluşur. Bu bölgede temel müşteri yolcudur ve bütün aktiviteler yolcuların ihtiyacını karşılamak üzere gerçekleştirilir. Hava sahası bölümü ise hava (apron, pist, kontrol kulesi, uçak bakım tesisleri vb.) hava aracı ile ilgili bütün alan ve yapıları kapsamaktadır. Havalimanları enerji tüketim miktarları yönünden incelendiğinde neredeyse küçük bir şehir kadar enerji tüketmektedirler (Alba ve Manana, 2016). Havalimanlarında enerji tüketen yapılara ve süreçlere bakıldığında apron alanında; pist alanı, pist ışıklandırması, hangarlar, bakım bölümleri ve apronun ışıklandırılması terminal binası kısmında ise; ofisler, check in alanları, güvenlik bölümleri, kapılar, restoranlar, mağazalar, terminal binalarının ışıklandırılması, ısıtılması, soğutulması, havalandırılması, yürüyen merdivenler ve bantlar gibi yapılar ve süreçler mevcuttur.

Havalimanlarında genel anlamda enerji tüketimine bakıldığında, terminal binalarının Şekil 2'de görüldüğü gibi en büyük paya sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 1. Örnek Bir Havalimanında Enerji Tüketimi (Alba ve Manana, 2016).

Terminal binalarında tüketilen enerjide en büyük paya sahip sistem Şekil 3'te görüldüğü gibi HVAC sistemidir. Terminal binaları genel anlamda çok büyük alan ve hacimlere sahip yapılar olup, buralarda konfor şartlarının sağlanması daha yüksek enerji tüketimine neden olmaktadır. Bu yüzden havalimanı terminal binalarında enerji verimliliği çalışmalarında en çok üzerinde durulması gereken sistem HVAC sistemidir. Terminal binalarında iklimlendirme için tüketilen enerjinin miktarında HVAC sisteminin verimliliğinin yanı sıra bina kabuğu da çok önemli bir yere sahiptir.



Şekil 2. Terminal Binasında Enerji Tüketim Oranları (ACI, 2014)

Bu çalışma Hasan Polatkan Havalimanı terminal binasının termal yalıtım eksikliği ve pencerelerin ısı transfer katsayısının (U) yüksek olmasından kaynaklı enerji tüketimi ve buna bağlı ekonomik etkiler değerlendirilecek, daha sonra yalıtımlı durumdaki enerji tüketim miktarı ve mevcut pencerelerin daha küçük ısı transfer katsayısına (U) sahip çift çamlı pencereler ile değiştirilmesi ile kıyaslanarak ekonomik geri ödeme süreleri hesaplanacaktır. Bu çalışmada, duvar için yalıtım malzemesi olarak EPS seçilerek, yalıtım kalınlığı 8 cm ve çatı için ise yalıtım malzemesi olarak cam yünü seçilerek, yalıtım kalınlığı 14 cm kabul edilerek hesaplamalar yapılmıştır. Mevcut pencerelerin U değeri 2.4 W/m<sup>2</sup>K olup, U değeri 1.1 W/m<sup>2</sup>K olan pencereler ile değişiminin enerji performansına olan etkileri incelenmiştir.

### Isıtma Enerjisi İhtiyacı

Bu çalışmada Havalimanı terminal binasını yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı Türkiye'de binalar için ısı yalıtım kuralları olan TS 825 Standardına göre hesaplanmıştır.

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} \quad (1)$$

$$Q_{ay} = \text{Isı Kayıpları} - \text{Isı Kazançları}$$

$$Q_{may} = [H \times (\theta_i - \theta_e) - \eta_{ay}(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \times t \quad (2)$$

Burada  $H$  binanın özgül ısı kaybını,  $Q_{yıl}$  yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını,  $Q_{ay}$  aylık ısıtma enerjisi ihtiyacını,  $\theta_i$  aylık ortalama iç sıcaklığı,  $\theta_e$  aylık ortalama dış sıcaklığı,  $\eta_{ay}$  aylık ortalama kazanç kullanım faktörünü,  $\phi_{i,ay}$  aylık ortalama iç ısı kazançları,  $\phi_{s,ay}$  aylık ortalama güneş enerjisi kazançlarını,  $t$  ısıtma süresini ifade eder.

Binanın özgül ısı kaybı aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$H = H_T + H_V \quad (3)$$

$H$ ,  $H_T$  ve  $H_V$  sırasıyla binanın özgül ısı kaybını, iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybını ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybını ifade eder.

İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı, binanın dış yüzeylerini oluşturan dış havaya açık veya toprağa temas eden dış duvarlar, çatı, taban, pencereler, kapılar ve ısı köprülerinden meydana gelen ısı kayıplarının toplamından oluşur (TS 825, 2008).

İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı denklem 4'teki gibi hesaplanır hesaplanabilir.

$$H_T = \sum AU + IU_I \quad (4)$$

Burada  $\sum AU$  yapı bileşenlerinden olan ısı kaybını,  $IU_I$  ise yapıdaki ısı köprülerinden kaynaklanan ısı kaybını ifade eder. Eşitlik 4'teki  $\sum AU$  aşağıdaki gibi ifade edilir (TS 825, 2008).

$$\sum AU = U_D A_D + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_t A_t \quad (5)$$

Burada  $U_D$ ,  $U_p$ ,  $U_k$ ,  $U_T$  ve  $U_t$  sırasıyla dış duvar, pencere, dış kapı, tavan ve zeminin ısı transfer katsayısını ifade eder.  $A$  ise yüzey alanıdır.

Isı köprülerinden kaynaklanan ısı kayıpları aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Q_{TB} = IU_I \quad (6)$$

Burada  $Q_{TB}$  ısı köprülerinden dolayı meydana gelen ısı kayıplarını,  $I$  ise ısı köprüsünün birim uzunluğundan olan ısı kaybını,  $I$  ise ısı köprüsünün uzunluğunu temsil eder.

Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı aşağıdaki denklemle hesaplanabilir.

$$H_V = \rho \times c \times V' \quad (7)$$

$H_V$  havalandırma yoluyla meydana gelen ısı kaybı,  $\rho$  havanın özgül ısı,  $V'$  ise hacimsel hava değişim debisidir.

Pencerelerden güneş ışımasını yoluyla gerçekleşen ısı kazançları  $\Phi_{s,m}$ , saydam yüzeylerin gölgeleme faktörü  $r_{i,m}$  değerleri kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır (TS 825, 2008).

$$\Phi_{s,m} = \sum r_{i,m} \times g_{i,m} \times I_{i,m} \times A_i \quad (8)$$

$I_{i,m}$  ve  $A_i$  sırasıyla,  $i$  yönündeki yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışıma şiddetini ve pencerelerin toplam alanı ifade eder.

Havalimanı terminal binası için aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı denklem 1 ile her ay için hesaplanarak yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı bulunmuştur. Daha sonra mevcut durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyacı ile duvar, çatı ve pencerelerde yapılan yapısal değişikliklerden sonraki ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanarak önceki durumla kıyaslanmıştır. Havalimanları terminal binalarında kış aylarında ısıtma için optimum iç ortam sıcaklığı TS 825 standardında 20° C olarak alınmıştır. Ortalama dış ortam sıcaklığı Eskişehir için Türkiye'de 3. Bölge için uzun yıllar içinde gerçekleşen aylık ortalama dış hava sıcaklıkları seçilerek hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Havalimanı terminal binası ısıtma sistemi yer tipi yoğunmalı kazanlarla ısıtılmakta olup enerji kaynağı olarak doğalgaz kullanılmaktadır.

### Geri Ödeme Süresi

Geri ödeme süresi hesabı, tadilat ve yenileme (yalıtım ve pencere değişimi) ile elde edilen tasarrufun yenileme ve tadilatın parasal değerlerinin karşılaştırılması temel alınarak yapılmaktadır. Hesaplamalarda paranın zamana bağlı değeri dikkate alınmıştır. Bundan dolayı Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterilen eğriler zamana bağlı artış göstermektedir. Yalıtım ve pencere değişimi için gerekli yatırımın parasal değeri aşağıdaki gibi hesaplanır (TS 825, 2008).

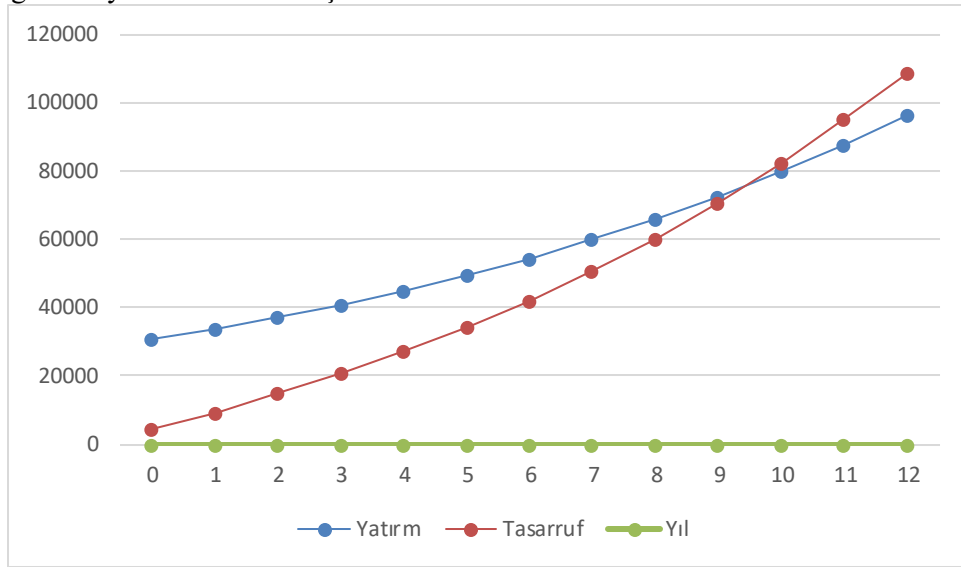
$$C_y \times (1 + i_f)^n \quad (9)$$

Yalıtım ve pencere değişimiyle sağlanan tasarrufu gösteren eğri ise, yapıda yapılan değişiklikler ile sağlanan ve TS 825'e göre hesaplanmış ısı tasarrufunun parasal değerinin yine paranın zamana bağlı değeri dikkate alınarak ileriki yıllara kümülatif taşınması ile elde edilmektedir. Sağlanan tasarrufun parasal değeri aşağıdaki denklemle hesaplanır.

$$C_{tas} \times \frac{(1 + i_{ef})^{n+1}}{i_{ef}} \quad (10)$$

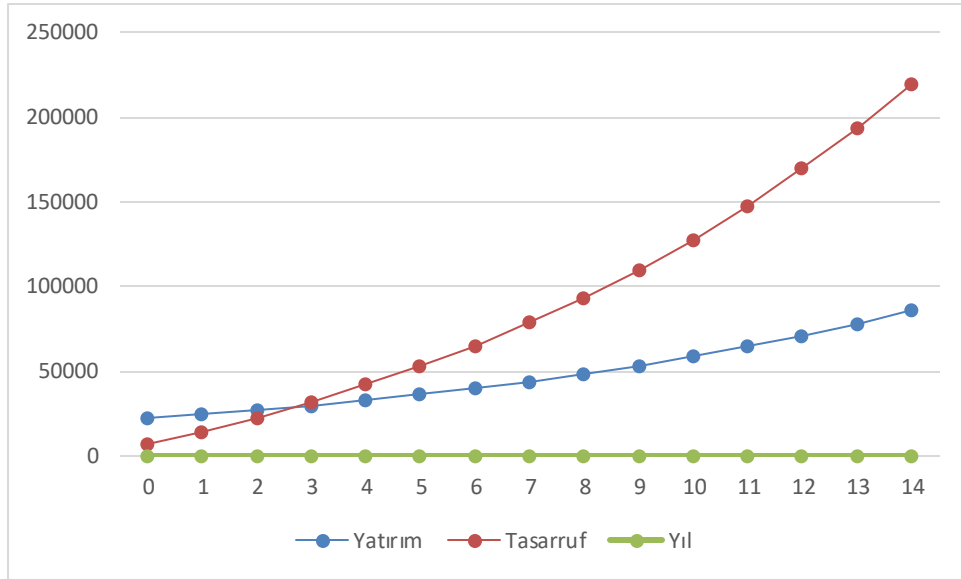
### Bulgular ve Değerlendirmeler

Bu çalışmada; Uluslararası Hasan Polatkan Havalimanı Terminal Binasına ısı yalıtımı ve mevcut pencerelerin daha düşük ısı geçirgenlik katsayısına sahip pencereler ile değiştirilmesiyle tasarruf edilen enerji ve ekonomik etkiler değerlendirilmiştir. Duvara ısı yalıtımı yapıldıktan sonra ısıtma için kullanılan enerjide yıllık %8.29 tasarruf sağlanmakta olup ekonomik geri ödeme süresi ise Şekil 4'te görüldüğü gibi 9.3 yıl olarak bulunmuştur.



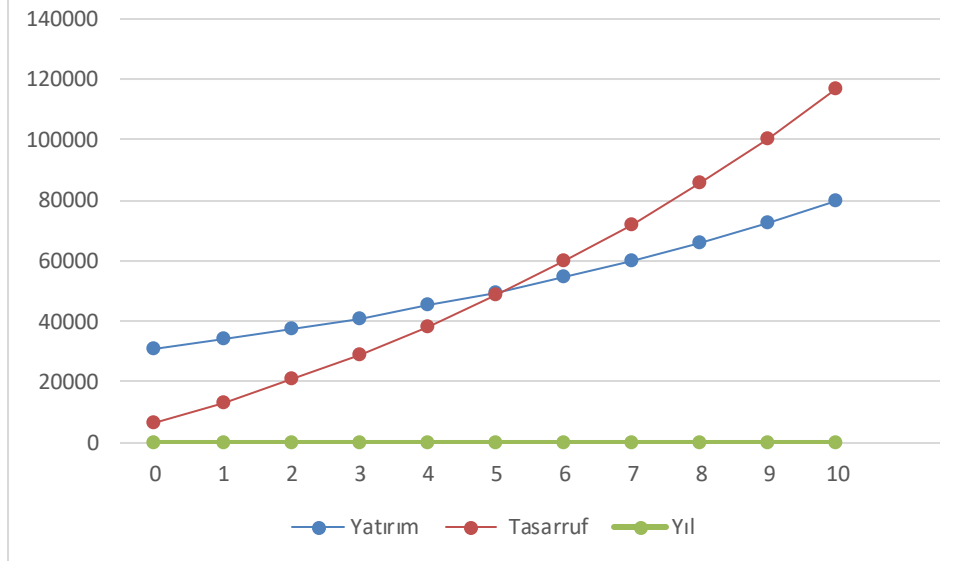
Şekil 3. Duvara ısı yalıtımı uygulanması sonucunda geri ödeme süresi

Çatıya ısı yalıtımı yapıldıktan sonra ısıtma için kullanılan enerjide yıllık %12.9 tasarruf sağlanmakta olup ekonomik geri ödeme süresi ise Şekil 4'te görüldüğü gibi 2.8 yıl olarak bulunmuştur.



Şekil 4. Çatıya ısı yalıtımı uygulanması sonucunda geri ödeme süresi

Mevcut pencerelerin çift camlı ve U değeri  $1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$  ile değiştirilmesi sonucu ısıtma için kullanılacak enerjide yıllık %11.74 tasarruf sağlanacaktır. Ayrıca ekonomik olarak ilk yatırım maliyetini Şekil 5'te de görüleceği gibi 5 yılda karşılayacaktır.



Şekil 5. Pencere değişimi sonucu ekonomik geri ödeme süresi

### Sonuç

Havalimanı terminal binalarında enerjinin en yoğun kullanıldığı sistemler HVAC sistemleridir. Özellikle ısıtma ve soğutma için kullanılan enerji miktarı göz önüne alındığında, daha verimli ısıtma ve soğutma sistemleri ve bina kabuğunun performansı konfor şartlarından ödün vermeksizin tüketilen enerji miktarında ciddi azalmalar sağlayabilir. Bu çalışmada Uluslararası Hasan Polatkan Havalimanı terminal binasında yapılacak yapısal değişikliklerin ısıtma enerjisi üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Bina kabuğuna ısı yalıtımı yapılması ve mevcut pencerelerin daha düşük ısı iletim katsayısına sahip pencereler ile değiştirilmesi sonucu ısıtma için kullanılan enerji tasarrufları ve ekonomik geri ödeme

süreleri hesaplanmıştır. Bu çalışma Havalimanı terminal binalarında enerji performansı ve enerji kaynaklı maliyetlerin azaltılması konusunda bina kabuğunun önemi vurgulanmıştır.

#### **Kaynakça**

- Airport Energy Efficiency and Management, <http://www.aci-asiapac.aero/services/main/17/upload/service/17/self/55cc67d1e0443.pdf> accessed on May 7, 2017
- Chapman, L. (2007). Transport and climate change: a review. *Journal of transport geography*, 15(5), 354-367.
- Gopalakrishnan, B., Ramamoorthy, K., Crowe, E., Chaudhari, S., & Latif, H. (2014). A structured approach for facilitating the implementation of ISO 50001 standard in the manufacturing sector. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 7, 154-165.
- <http://www.icao.int/environmental-protection/Pages/aircraft-engine-emissions.aspx>, accessed on May 7, 2017.
- Miao, L. (2017). Examining the impact factors of urban residential energy consumption and CO 2 emissions in China—evidence from city-level data. *Ecological Indicators*, 73, 29-37.
- Ortega Alba, S., & Manana, M. (2016). Energy Research in Airports: A Review. *Energies*, Journal 9(5), 349.
- T.C Denizcilik, Haberleşme ve Ulaştırma Bakanlığı. “Havacılık ve Uzay Teknolojileri”. <http://www.udhb.gov.tr/images/faaliyet/a5ec26a31a72281.pdf>, accessed on May 7, 2017.
- TS825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, 2008.