

*Araştırma Makalesi - Research Article*

## **Bir Konut İçin Isıtma Konseptinin Termodinamik Analizi**

Adem Avşar<sup>1\*</sup>, Oğuz Arslan<sup>2</sup>

*Geliş / Received: 19/03/2020*

*Kabul / Accepted: 06/04/2020*

### **ÖZ**

Bu çalışmada, örnek bir konut için ısıtma davranışı enerjistik ve ekserjistik açılarından değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, TS 825 (Binalarda ısı yalıtım kuralları) açısından bir örnek konut için ısı kayıpları ve kazanımları hesaplanmıştır. Bu bağlamda, ele alınan kontrol hacmi (örnek konut) için farklı parametreler dikkate alınarak enerji ve ekserji analizleri gerçekleştirilmiştir. Buna göre, en çok ısı gereksinimi ocak ayında iç ortam sıcaklığının 24°C kabul edilmesi durumunda 5500 kWh olarak, ekserji verimi ise %3 olarak hesaplanmıştır.

*Anahtar Kelimeler- Enerji, Ekserji, Isı kaybı, Konut*

<sup>1\*</sup>Sorumlu yazar iletişim: [ademavsr@gmail.com](mailto:ademavsr@gmail.com) (<https://orcid.org/0000-0002-8465-4081>)

*Enerji Sistemleri Mühendisliği ABD, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi*

<sup>2</sup>İletişim: [oguz.arslan@bilecik.edu.tr](mailto:oguz.arslan@bilecik.edu.tr) (<https://orcid.org/0000-0001-8233-831X>)

*Makine Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilecik, Türkiye*

## Thermodynamic Analysis of the Heating Concept for a Residence

### ABSTRACT

In this study, the thermal performance of a residence was evaluated in terms of energy and exergy. In this context, heat losses and gains were calculated for a sample residence taking the rules of TS 825 (thermal insulation rules in buildings) into account. Energy and exergy analysis were conducted for different parameters on the control volume (sample residence). In this regard, the maximum heat requirement during the heating period was calculated as approximately 5500 kWh in January for indoor temperature of 24°C and the highest exergy efficiency was calculated as 3%.

**Keywords-** *Energy, Exergy, Heat loss, Residence.*

## I. GİRİŞ

Makale değerlendirme ve kabul süreci hakkında ayrıntılı bilgiye dergi web sitesi üzerinden ulaşılabilir. Binalar yüksek oranda bir enerji kullanıcılarıdır. Binalarda hem mahallerin ısıtılması için hem de sıcak su elde etmek için enerjiye ihtiyaç vardır. Binaların enerji ihtiyacını, yalıtımı artırarak veya bina kabuğunun hava sızıntısını azaltarak düşürmeye çalışılır. Binanın konumunu en iyi şekilde kullanmak ısıyla kazanımları arttırmak, enerji gereksinimini azaltacaktır. Buna bağlı olarak şehirlerin veya yapıların planlamaları yapılırken enerji kazançları ve kayıplarının değerlendirilmesi, binalarda kullanılacak enerji tüketiminin düşmesine sebep olacaktır.

Ekserji analizi yöntemi kullanılarak; bina ısıtma sistemlerinde daha yüksek verimler, fiyat, kaynak kullanımı, çevresel etki ve sürdürülebilirlik için yapılması gereken iyileştirmeler mümkün kılınabilir.

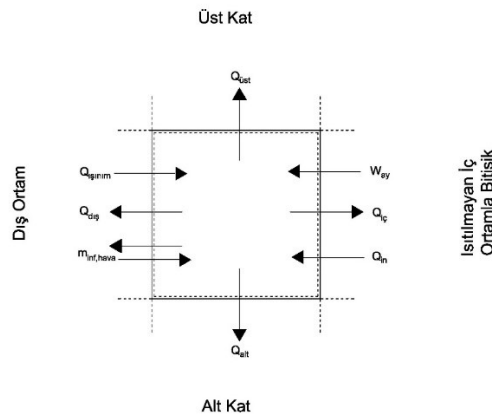
Düşük ekserji ihtiyaçları için uygun enerji kaynaklarının kullanımı konusundaki sistem tasarımlarına ek olarak, ekserji kayıplarını en aza indireyecek şekilde bina sistemi kontrol stratejilerinin belirlenmesi gereklidir. İyi bir yalıtım, bina kabuğundaki hava sızıntılarının önlenmesi, gün ışığından faydalanılması ve güneş enerjisinin pasif kullanımı önemli faktörlerdir.

Binaların ısıtma sistemlerinin geleneksel enerji analiziyle beraber ekserji analizinde kullanılarak incelenmesi konusunda birçok çalışma bulunmaktadır. Schmidt [1] yaptığı çalışmada, ısı kayıplarını elde etmek için enerji ve ekserji analizlerine dayanan hesaplamalar yapmıştır. Birden çok ailenin yaşadığı bir binada, bina kabuğu için iyileştirmeler sağlamıştır. Duvar ve pencerelerin ısı geçirgenlik katsayılarını değiştirerek odanın ekserji yükünü daha uygun bir değere indirmiştir. Shukuya [2] ise binaların daha iyi bir şekilde değerlendirilebilmesi için ekserji yaklaşımını anlatmıştır. Geleceğin binalarında ısıtma ve soğutma için düşük ekserjili sistemlerin uygun olacağını ifade etmiştir. Balta [3], bir düşük ekserjili ısıtma sisteminin enerji, ekserji, ekserji maliyet analizleri ile sürdürülebilirlik değerlendirmesini yapmıştır. 2366 m<sup>2</sup> alana sahip kapalı bir spor salonunun ele alındığı örnek çalışma ile kazan, yoğunlaşma kazan ve hava kaynaklı ısı pompası kullanan üç farklı ısıtma sistemini araştırmıştır. Han ve arkadaşları [4], ekserji analizini bir binanın ısı yükü ve ilgili enerji akımlarını inceleyerek bina tasarımının iyileştirilme potansiyeli ve ekserji kayıplarının belirlenmesi üzerinde çalışmışlardır. Çin’de farklı iklim bölgelerinde yer alan beş farklı bina incelenmiştir.

Bu çalışmada, konutu temsil etmek üzere ele alınan bir kontrol hacmi (KH) ele alınmış ve bina ısıtma prosesi kapsamında enerji ve ekserji analizi metotlarıyla termodinamik açıdan değerlendirilmiştir.

## II. MATERYAL ve METOD

Bina ısıtma prosesinin termodinamik açıdan değerlendirilebilmesi için ele alınan KH Şekil 1’de verilmektedir.



Şekil 1. Isıtma prosesi Kontrol Hacmi.

Şekil 1’de verilen KH hacmi taban alanı 330 m<sup>2</sup>, pencere alanı 22.76m<sup>2</sup>,vehacmi 414 m<sup>3</sup>olan bir konutu temsil etmektedir. Ele alınan KH’de, üst ve alt katta ısıtma yapıлып yapılmamasına bağlı olarak gerçekleşen ısı kayıpları; dış duvar kabuğundan, tavan, taban ve ısıtılmayan iç ortamla bitişik duvar kabuğundan gerçekleşmektedir. Buna göre farklı iç ortam sıcaklıkları (T<sub>i</sub>), faklı ısıtılmayan iç ortam sıcaklıkları (T<sub>i,iç</sub>) alt ve üst katta ısıtma yapıлып yapılmaması durumları için parametreler oluşturulmuş ve bu parametreler ışığında farklı ısıtma sistemleri ve farklı yakıt kullanım durumları ele alınmıştır. Oluşturulan parametrelere bağlı örnek çalışma koşulları Tablo1’de verilmektedir.

**Tablo 1:** Yapı bileşenleri detayları.

Yapı bileşeni	Isı iletim katsayısı,(W/m K)
Dış duvar (Dış havaya açık)	0.395
Kolon Kiriş (Dış havaya açık)	0.499
İç duvar (ısıtılmayan ortama bitişik,20cm)	0.52
Dış pencere	1.3
Dış kapı	3.5
Ara kat Döşemesi(rabıta)	0.561
Çatı	0.369
Açık Geçit Taban(rabıta)	0.568
Açık Geçit Taban (toprak temaslı)	0.332

Şekil 1’de verilen KH’ne göre kütleli korunumu ifadesi;

$$\sum m_g = \sum m_{\zeta} \quad (1)$$

şeklindedir. Ele alınan KH için enerji dengesi ise;

$$\sum E_g - \sum E_{\zeta} = \Delta E_{sis} \quad (2)$$

şeklinde verilir. Bir ısıtma sezonu için bu ifade;

$$\sum E_g - \sum E_{\zeta} = 0 \quad (3)$$

şeklinde yazılabilir; Şekil 1’de verilen bileşenler doğrultusunda enerji denklemi;

$$Q_{gerekli} = (Q_{ışınım} + Q_{cihaz} + Q_{insan} + Q_{inf,g}) - (Q_{duvar} + Q_{üst} + Q_{alt} + Q_{iç} + Q_{inf,\zeta}) \quad (4)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada  $Q_{alt}$ ; tabandan kaybolan ısı,  $Q_{üst}$ ; tavadan kaybolan ısı,  $Q_{iç}$ ; ısıtılmayan iç ortamla bitişik duvardan kaybolan ısı,  $Q_{duvar}$ ; dış ortama bakan duvar kabuğundan kaybolan ısı,  $Q_{inf,g}$ ; dış ortamdan iç ortama sızan havadan kaynaklanan ısı,  $Q_{inf,\zeta}$ ; iç ortamdan dış ortama sızan havadan kaynaklanan ısı  $Q_{ışınım}$ ; güneş ışınlarından kazanılan ısı,  $Q_{cihaz}$ ; cihazların enerji transferi ile kazanılan ısı,  $Q_{insan}$ ; insanların metabolik faaliyetlerinden kazanılan ısı enerjisi tanımlanmış olup aşağıdaki verildiği gibi tanımlanmıştır [5].

$$Q_{duvar} = A_{duvar} \cdot U_{duvar} \cdot \Delta t \quad (5)$$

$$Q_{üst} = A_{tavan} \cdot U_{tavan} \cdot \Delta t \quad (6)$$

$$Q_{alt} = A_{taban} \cdot U_{taban} \cdot \Delta t \quad (7)$$

$$Q_{iç} = A_{iç,duvar} \cdot U_{iç,duvar} \cdot \Delta t \quad (8)$$

$$Q_{ışınım} = \sum ri_{,ay} \cdot gi_{,ay} \cdot li_{,ay} \cdot A_i \quad (9)$$

$$Q_{inf,g} = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h \cdot T_i \quad (10)$$

$$Q_{inf,\zeta} = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h \cdot T_d \quad (11)$$

$$Q_{insan} = W_{insan} \quad (12)$$

$$Q_{aydınlama} = W_{aydınlama} \quad (13)$$

Buna göre gerekli yakıt miktarı;

$$m_{yakıt} = \frac{Q_{gerekli}}{\eta_{yakmasistemi} \cdot H_u} \quad (14)$$

ifadesi ile bulunur.

Ele alınan KH için ekserji dengesi ise;

$$Ex_g - Ex_\zeta - Ex_d = \Delta E_x \quad (15)$$

şeklinde verilir. Bir ısıtma periyodu için;

$$Ex_d = Ex_g - Ex_\zeta \quad (16)$$

şeklinde tekrar yazılabilir. Şekil 1’de verilen bileşenler doğrultusunda;

$$Ex_d = (Ex_{ışınım} + Ex_{cihaz}^w + Ex_{insan}^Q + Ex_{inf,g} + Ex_{yakıt}) - (Ex_{duvar}^Q + Ex_{üst}^Q + Ex_{alt}^Q + Ex_{iç}^Q + Ex_{inf,\zeta}) \quad (17)$$

eşitliği elde edilir. Burada;

$$Ex_{duvar}^Q = \left(1 - \frac{T_0}{T}\right) \cdot Q_{duvar} \quad (18)$$

$$Ex_{alt}^Q = \left(1 - \frac{T_0}{T}\right) \cdot Q_{alt} \quad (19)$$

$$Ex_{üst}^Q = \left(1 - \frac{T_0}{T}\right) \cdot Q_{üst} \quad (20)$$

$$Ex_{iç}^Q = \left(1 - \frac{T_0}{T}\right) \cdot Q_{iç} \quad (21)$$

$$Ex_{ışınım} = \left(1 + \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{T_0}{T}\right)^4 - \frac{4}{3} \cdot \frac{T_0}{T}\right) \cdot I_{ışınım} \quad (22)$$

$$Ex_{inf} = m_{inf} \left[ c_p \cdot \left(T - T_0 - T_0 \cdot \ln \frac{T}{T_0}\right) \right] \quad (23)$$

$$Ex_{ciha}^w = W_{ci} \quad (24)$$

$$Ex_{insan}^Q = \left(1 - \frac{T_0}{T}\right) \cdot Q_{insan} \quad (25)$$

olup, ekserji verimi;

$$\varepsilon = 1 - \frac{Ex_d}{Ex_g} \quad (26)$$

şeklinde verilir.

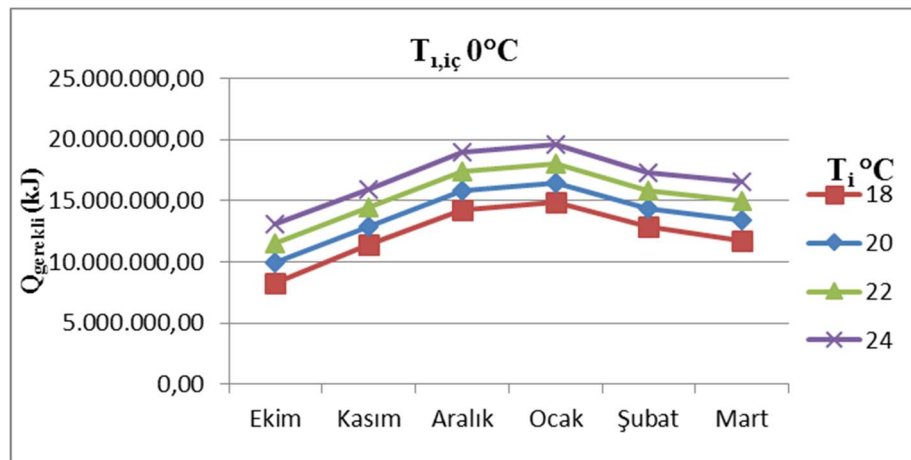
### III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Enerji ve ekserji analizi için gerekli parametreler Tablo 2’de verildiği şekliyle hesaplara dâhil edilmiştir.

**Tablo 2.** Hesap parametreleri [5,6]

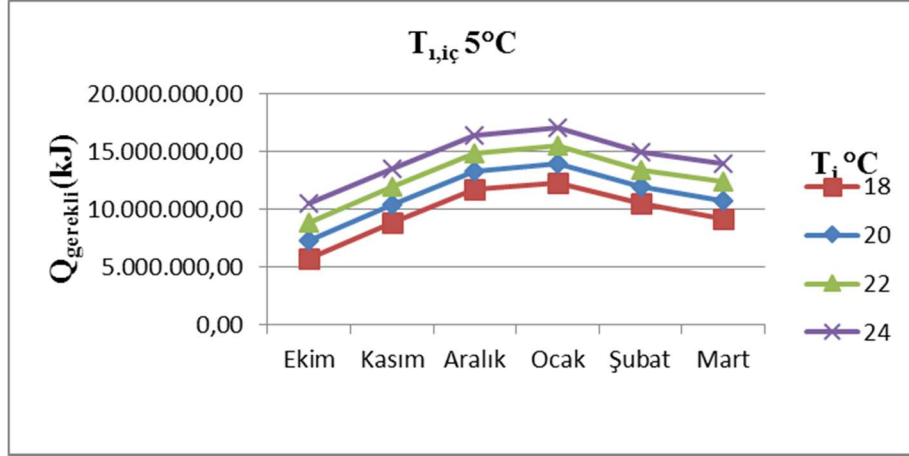
Semboller	Açıklama	Değerler
$r_{i,ay}$	Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü	0.6
$g_i$	Laboratuar şartlarında ölçülen ve yüzeyde dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü	0.75
$T_i$ (°C)	İç ortam sıcaklığı için parametreler	18-24
$T_{iç}$	Isıtılmayan iç ortam sıcaklığı için parametreler	0-15
$T_d - Q_{ışınım}$	Ekim	14.1°C-700.03 W
	Kasım	8.5°C-495.72 W
	Aralık	3.8°C-435.22 W
	Ocak	2.9°C-505.39W
	Şubat	4.4°C-671.38 W
	Mart	7.3°C-881.83 W
$\eta_{yak.sis.,doğalgaz}$	Doğalgaz kazanı, yakma sisteminin verimi	0.885
$\eta_{yak.sis,kömür}$	Kömür kazanı, yakma sisteminin verimi	0.772
$\eta_{kömür,kazan}$	Kazan verimi	0.772
$\eta_{doğalgaz,kazan}$	Kazan verimi	0.885
$W_{aydınlatma}$	Cihazlardan gelen enerji KH için	102W
$W_{insan}$	İnsanlardan gelen enerji KH için	464W
$n_h$	Doğal havalandırma kat sayısı (TS825)	0.8
$V_h$	KH'nin hacmi	414 m <sup>3</sup>

Enerji analizi sonuçlarına göre; gerekli ısı enerjisi değerlerinin değişimi, ısıtılmayan iç ortam, KH sıcaklık parametreleri ve aylara bağlı olarak Şekil 3-6’te verilmektedir.



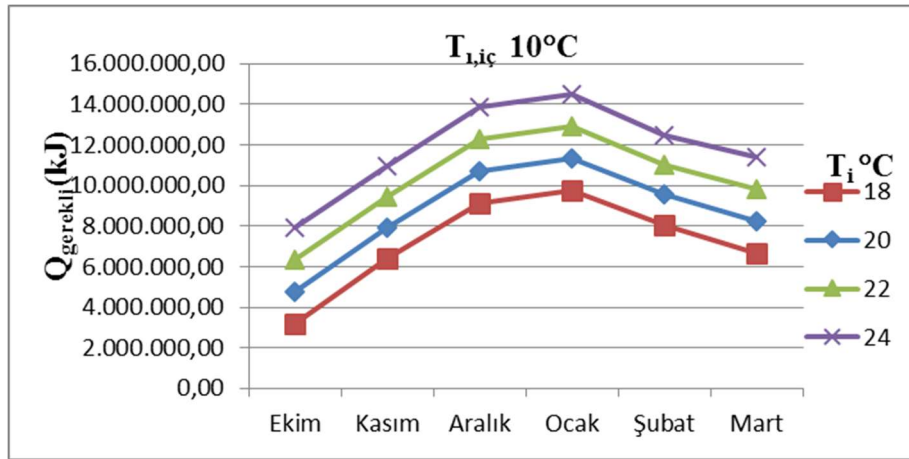
**Şekil 3.** Isıtılmayan ortam sıcaklığının 0°C durumunda ısı gereksinimlerinin değişimi.

Şekil 3 incelendiğinde, ısıtma ihtiyacı için gerekli ısı enerjisi değerleri 8311160.46 kJ -19633091.10 kJ arasında değişmektedir. İç ortam tasarım sıcaklığı arttığında beklenildiği gibi ısı gereksinimleri de artmaktadır. En yüksek ısı gereksinimi iç ortam sıcaklığının 24 °C olması durumunda Aralık-Ocak aylarında belirlenmiştir.



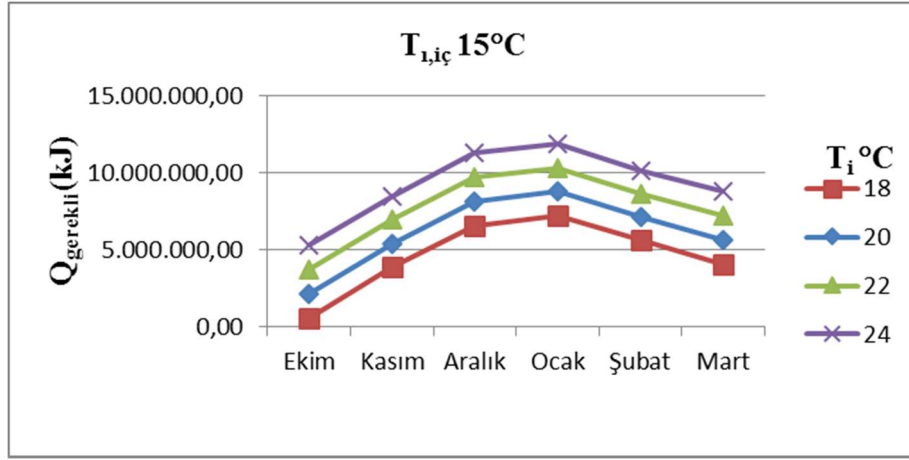
Şekil 4. Isıtılmayan ortam sıcaklığının 5°C durumunda ısı gereksinimlerinin değişimi.

Şekil 4. incelendiğinde, ısıtma ihtiyacı için gerekli ısı enerjisi değerleri 5739323.07 kJ – 17061253.71 kJ arasında değişmektedir. İç ortam tasarım sıcaklığı arttığında beklenildiği gibi ısı gereksinimleri de artmaktadır. En yüksek ısı gereksinimi iç ortam sıcaklığının 24 °C olması durumunda Aralık-Ocak aylarında belirlenmiştir.



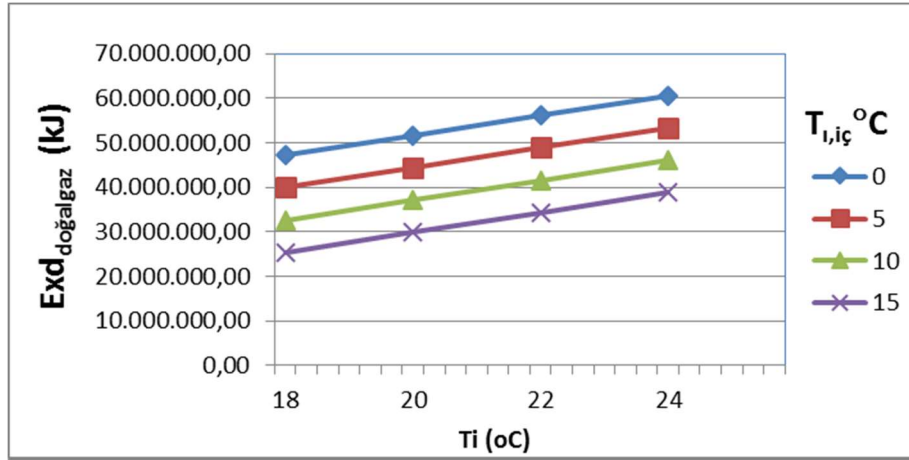
Şekil 5. Isıtılmayan ortam sıcaklığının 10°C durumunda ısı gereksinimlerinin değişimi.

Şekil 5 incelendiğinde, ısıtma ihtiyacı için gerekli ısı enerjisi değerleri 3167485.68 kJ -14489416.31 kJ arasında değişmektedir. İç ortam tasarım sıcaklığı arttığında beklenildiği gibi ısı gereksinimleri de artmaktadır. En yüksek ısı gereksinimi iç ortam sıcaklığının 24 °C olması durumunda Aralık-Ocak aylarında belirlenmiştir.



Şekil 6. Isıtılmayan ortam sıcaklığının 15°C durumunda ısı gereksinimlerinin değişimi.

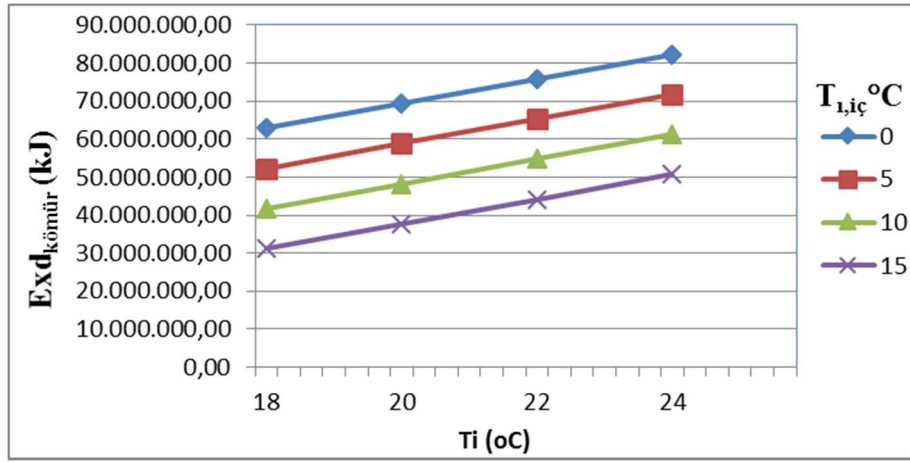
Şekil 6 incelendiğinde, ısıtma ihtiyacı için gerekli ısı enerjisi değerleri 595648.29 kJ -11917578.92 kJ arasında değişmektedir. İç ortam tasarım sıcaklığı arttığında beklenildiği gibi ısı gereksinimleri de artmaktadır. En yüksek ısı gereksinimi iç ortam sıcaklığının 24 °C olması durumunda Aralık-Ocak aylarında belirlenmiştir.



Şekil 7. Doğalgaz kullanılması durumunda ekserji kayıpları

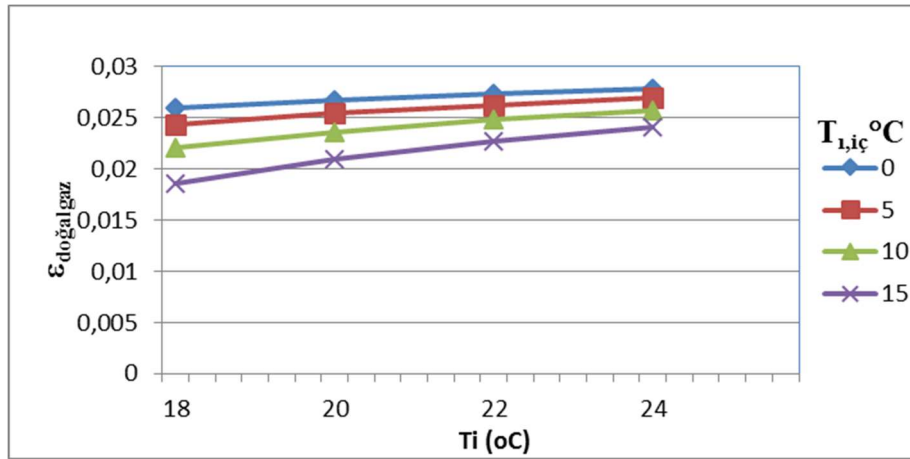
Şekil 7. incelendiğinde, yakıt olarak doğalgaz kullanılması durumu için KH sıcaklık parametrelerine (Ti°C) bağlı olarak, ısıtılmayan iç ortam sıcaklık değeri düştüğünde yıkımın daha fazla gerçekleştiği görülmüştür.





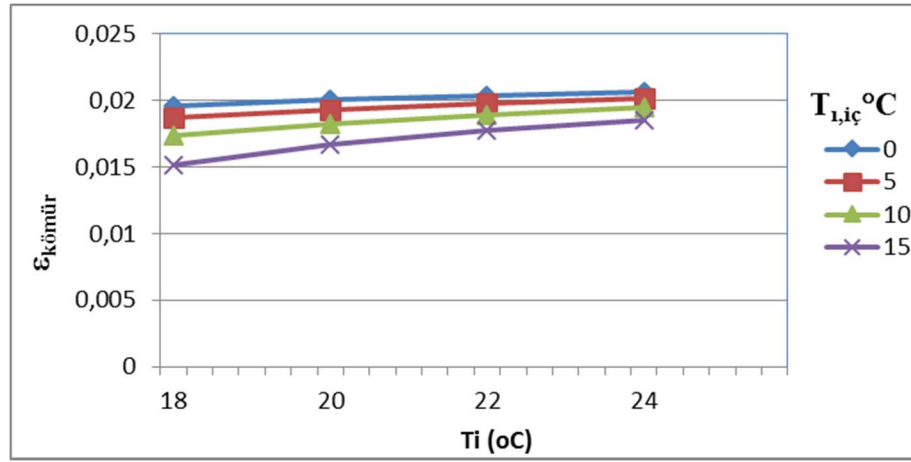
Şekil 8. Kömür kullanılması durumunda ekserji kayıpları

Şekil 8. incelendiğinde, yakıt olarak kömür kullanılması durumu için KH sıcaklık parametrelerine ( $T_i$  °C) bağlı olarak, ısıtılmayan iç ortam sıcaklık değeri düştüğünde yıkımın daha fazla gerçekleştiği görülmüştür. Ekserji verim değişimleri Şekil 9-10'da verildiği gibidir.



Şekil 9. Doğalgaz kullanılması durumunda ekserji verimliliği

Şekil 9. Doğal gaz yakıt olarak kullanılması durumunda HK sıcaklık parametrelerine bağlı olarak,  $T_{1,iç}$  0 °C ve  $T_i$  24 °C durumunda en yüksek verim 0.028 olarak hesaplanırken, en düşük verim ise sıcaklık parametreleri  $T_{1,iç}$  15 °C ve  $T_i$  18 °C durumunda 0.019 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen verilere göre ise ekserji verimliliği oldukça düşük bulunmuştur.



Şekil 10. Kömür kullanılması durumunda ekserji verimliliği

Şekil 10 kömür yakıt olarak kullanılması durumunda KH sıcaklık parametrelerine bağlı olarak,  $T_{1,iç}$  0 ° C ve  $T_i$  24 ° C durumunda en yüksek verim 0.021 olarak hesaplanırken, en düşük verim ise sıcaklık parametreleri  $T_{1,iç}$  15 ° C ve  $T_i$  18 ° C durumunda 0.015 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen verilere göre ise ekserji verimliliği oldukça düşük bulunmuştur.

#### IV. SONUÇLAR

Yakıt olarak doğalgaz kullanılması durumunda ekserji yıkımı değerleri azalmaktadır. Sistemin farklı yakıtlar kullanılması durumunda ekserji verimi aynı koşullar baz alındığında, KH'nin 24°C olması ve ısıtılmayan ortam sıcaklığının 0°C olması durumunda Exddoğalgaz'ın en yüksek değeri 60570451.46(kJ) ile Exdkömür'ün en yüksek değeri 82174366.91(kJ) için kıyaslandığında, yaklaşık olarak %26'lık ekserji yıkımında düşüş meydana gelmiştir.

KH'nin 18°C olması ve ısıtılmayan ortam sıcaklığının 15°C olması durumunda Exddoğalgaz'ın en düşük değeri 25376917.93(kJ) ile Exdkömür'ün en düşük değeri 31324454.91(kJ) için kıyaslandığında, yaklaşık olarak %19'luk ekserji yıkımında düşüş meydana gelmiştir.

Buna bağlı olarak ısı gereksinimi arttığında doğalgaz kullanımı ekserji verimliliği açısından daha verimlidir. Ekserji verimliliği, yakıt olarak doğalgaz kullanılması durumunda ve tüm parametreler göz önüne alındığında 0.018598869-0.027845905 arasında ve yakıt olarak kömür kullanılması durumunda ve tüm parametreler göz önüne alındığında 0.015120921-0.020676492 arasında çıkmıştır. Bu parametrelerde; KH'nin 24°C olması ve ısıtılmayan ortamın 0°C olması durumunda verimliliğin en yüksek değere, KH'nin 18°C olması ve ısıtılmayan ortamın 15°C olması durumunda verimliliğin en düşük değere sahip olduğu görülmektedir. Buna rağmen ekserji verimleri oldukça düşüktür. Bunu sebebi atık ısılardan fayda sağlanamaması, enerjinin ısı enerjisi olarak kullanılmamasından kaynaklanmaktadır. Ekserji artırımı yapmak için yanma sonun atıklarının değerlendirilmesi düşünülebilir.

#### KAYNAKLAR

- [1] Schmidt, D. (2004). Design of low exergy buildings-method and a pre-design tool. *The International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings*, 3(2004), 1-47.
- [2] Shukuya, M. (2009). Exergy concept and its application to the built environment. *Building and Environment*, 44(7), 1545-1550.
- [3] Balta, M. T., Kalinci, Y., & Hepbasli, A. (2008). Evaluating a low exergy heating system from the power plant through the heat pump to the building envelope. *Energy and Buildings*, 40(10), 1799-1804.

- [4] Han, T., Zheng, Y., & Gong, G. (2017). Exergy analysis of building thermal load and related energy flows in buildings. *Indoor and Built Environment*, 26(9), 1257-1273.
- [5] TSE (Türk Standartları Enstitüsü), 2013. TS 825:Binalarda Isı Yalıtım Kuralları.
- [6] Arslan, O., Ozgur, M. A., Yildizay, H. D., & Kose, R. (2009). Fuel effects on optimum insulation thickness: an exergetic approach. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 32(2), 128-147.
- [7] Hepbasli, A. (2008). A key review on exergetic analysis and assessment of renewable energy resources for a sustainable future. *Renewable and sustainable energy reviews*, 12(3), 593-661.
- [8] Yücer, C. T. (2016). Ekserji Analizi Yöntemi Kullanılarak Bina Isıtma Sistemlerinin İncelenmesi. *Mühendis ve Makina*, 57(681), 59-64.
- [9] Termodinamik.info. *Doğalgaz Yakıtlı Kazanlar*. <https://www.termodinamik.info/dogal-gaz-yakitli-kazanlar>