

## Bina İç Mekân Sıcaklıklarının Kullanıcı Davranışına Göre Değişiminin Enerji Tüketimine Etkisi

Kübra SÜMER HAYDARASLAN\*<sup>1</sup>, Yalçın YAŞAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 32260, Isparta

<sup>2</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 61080, Trabzon

(Alınış / Received: 03.01.2018, Kabul / Accepted: 21.11.2018, Online Yayınlanma / Published Online: 18.12.2018)

### Anahtar Kelimeler

Kullanıcı Davranışı,  
Bina Enerji Performansı,  
Enerji Etkin Binalar

**Özet:** Enerji kaynakları, hızlı artış gösteren ihtiyaçlar nedeni ile tükenmek üzeredir. Enerjinin en çok tüketildiği alanlardan birinin binalar olduğu düşünüldüğünde bu alanın en önemli bileşeni olan konutlarda kullanılan enerjinin azaltılması amacıyla yapılmış çalışmaların önemi ortaya çıkmaktadır. Konutlarda enerji tüketimini azaltmak için, iklimsel ve konumsal parametrelerin, binaya ait tasarım parametrelerinin ve yapma sistem parametrelerinin binanın enerji performansına hangi oranda etki ettiğinin saptanması önemlidir. Bu bağlamda çalışmada yapma sistem parametre grubu içerisinde yer alan kullanıcı davranışının konutlardaki enerji performansına etkisinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla kullanıcıların binada bulunmadığı zamanlarda ısıtma sezonunda iç mekân sıcaklığının konfor şartlarını bozmayacak düzeyde düşürülmesinin ısıtma için harcanan enerji üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmada Trabzon, Antalya ve Erzurum'da olduğu düşünülen müstakil konutlar ele alınmıştır. Ayrıca bina kullanıcılarının sayısı ve tipinin farklılaştığı ve buna bağlı olarak binanın kullanım saatlerinin değiştiği durumlar ele alınmıştır. Çalışmanın sonunda her bir il ve her bir kullanıcı profilinde ısıtma için harcanan enerji tüketimindeki değişim analiz edilmiştir.

## Impact of Adjusting Interior Temperature of a Building According to Occupant Behavior on Energy Performance

### Keywords

Occupant behaviour,  
Building energy  
performance,  
Energy efficient buildings

**Abstract:** Energy sources are on the verge of depletion due to the rapidly increasing needs. Considering the fact that buildings are one of the areas where energy is consumed the most, the importance of studies on reducing the energy used in houses — being the most important component of this area — become more prominent. In order to reduce energy consumption in buildings, it is important to determine to what extent the climatic and spatial parameters, design parameters of a building and artificial system parameters affect the energy performance of the building. In this context, it was aimed to determine the effect of the occupant behavior, which is found in the artificial system parameter group, on the energy performance of houses. For this purpose, it was examined that the effect of decreasing indoor temperature on energy consumption when the occupants were not in the building. The single-family house in the study were thought to be in Trabzon, Antalya and Erzurum. In addition, the change in the type and number of the occupants and accordingly the change in the periods of the buildings occupancy were discussed. At the end of the study, the change in energy consumption for each chosen city and occupant profile were analyzed.

### 1. Giriş

Konutlarda enerji tüketimini azaltmak için, iklimsel ve konumsal parametrelerin, binaya ait tasarım parametrelerinin ve yapma sistem parametrelerinin

binanın enerji performansına ne oranda etki ettiğinin saptanması günümüzde önem kazanmıştır. Yapma sistem parametrelerinden olan kullanıcı davranışının enerji kullanımına etkisi 1980'lerde çalışılmaya başlanmıştır. Bina kullanıcılarının bilgileri binanın enerji tüketimi ve iç hava kalitesi için önemlidir [1].

\*İlgili yazar: kubrahaydaraslan@sdu.edu.tr

IEA (International Energy Agency)'nin "Total Energy Use in Buildings: Analysis and Evaluation Methods (Annex 53)" projesinin raporlarında enerji kullanımını etkileyen faktörler altı başlık altında toplanmıştır. Bu başlıklar; iklim, bina kabuğu özellikleri, bina enerji sistem karakteristiği, bina işletimi ve bakımı, kullanıcı faaliyetleri ve davranışları ve iç mekân kalitesinin sağlanmasıdır [2]. 2010 yılında Türkiye'de yayınlanan Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi'nde (BEP-TR) konut binaları hariç, diğer binalarda her odanın sıcaklığını ayrı ayrı düzenleyecek cihazlarla donatılması gerektiği ile ilgili maddelere yer verilmiştir. Çalışmada ise BeP-Tr yönteminde belirtilenden farklı olarak bu durumda konut binalarında da uygulanabileceği üzerinde durulmaktadır [3]. Binaların enerji kullanımını azaltmak için kullanıcı davranışı ile ilgili olarak son zamanlarda da çalışmalar yapılmaktadır.

Ascione vd. (2016) bir devlet yapısının enerji kullanımı üzerine çalışmışlardır. Çalışma kapsamında binanın simülasyon programı yardımı ile enerji giderlerinin hesabını yapmışlardır. Ancak mevcut enerji kullanım giderleri ile simülasyon sonuçlarının birbirini tutmadığını görmüşlerdir. Çalışmanın sonucunda mevcut enerji kullanımı ile simülasyon sonuçlarının birbirini tutmamasının nedeninin kullanıcı davranışlarından kaynaklandığını belirtmişlerdir [4]. Bourgeois (2005) tez çalışmasında bina enerji simülasyon programları ve kullanıcı davranışı ilişkisi üzerine çalışmıştır. Çalışmada binalardaki enerji kullanımını etkileyen kullanıcı faktörünün kendi kendine çalışan bir simülasyon modülü haline getirmek amaçlanmıştır [5]. Li vd. (2009) HVAC sisteminin tasarımında, kullanıcı davranışının ısı kazançları ve temiz hava ihtiyacı açısından etkisini incelemişlerdir. Çalışmada simülasyon yardımıyla HVAC sistemi tasarımında geleneksel yük tasarımına kullanıcı bilgileri eklenerek HVAC boyutlandırılmasında daha başarılı tahmin yapılabileceği üzerine çalışılmıştır. Çalışmanın sonucunda kullanıcıya bağlı tasarımın HVAC sisteminde etkili olduğuna ve maliyet/fayda analizi sonuçlarına göre bu yaklaşımın zorunlu olması gerektiğine ulaşılmıştır [6]. Martinaitis vd. (2015) binaların enerji simülasyonu yapılırken kullanıcılarının bu hesaplamalardaki önemi üzerine çalışmışlardır. Bu kapsamda enerji kullanımının test edilmesi ve incelenmesi için enerji simülasyon programı ile test modeli oluşturulmuştur. Kullanıcıların ve iç mekân sıcaklıklarının değiştirilmesi ile enerji tüketimindeki değişimler incelenmiştir [7]. Motuziene vd. (2013) çalışmalarında kullanıcı karakteri ve davranışının ısıtma, aydınlatma ve havalandırma için enerji ihtiyacına etkisi üzerine çalışmışlardır. Çalışma için dört farklı kullanıcı profili belirlemiştir. Çalışmanın sonucunda yaş, davranış ve kullanıcı sayısının binanın enerji performansında etkili olduğuna ulaşılmıştır [8]. Fabi vd. (2012) ofis ve

konut binalarında kullanıcıların pencere açıp kapatma alışkanlıkları üzerine bir literatür çalışması yapmıştır. Çalışmada pencere açıp kapatma ile ilgili yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Yapılan literatür çalışmasında çoğunlukla etkili olan parametrelerin beş başlık altında toplandığına ulaşılmıştır. Bu parametreler; fiziksel, içeriksel, psikolojik, sosyal, psikolojik ve sosyal olmak üzere ayrılmıştır. Pencere açıp kapatmanın bina enerji performansında ve iç hava kalitesinde önemli rol oynadığına dair birçok çalışmaya ulaşılmıştır [9]. Bu çalışmada ise; TS 825'te belirtilen farklı iklim bölgelerindeki üç farklı ilde olduğu düşünülen, müstakil bir konutta kullanıcı davranışının etkileri üzerine çalışılmıştır. Bina, enerji simülasyonu programı ile modellenmiştir. Bina konstrüksiyonu iklim tipine uygun olarak TS 825'te belirtilen sınır değerler kullanılarak tanımlanmıştır. Kullanıcıların binada bulunmadıkları zamanda mekanların iç sıcaklıklarının 0°C - 4°C aralığında manuel ya da otomasyon sayesinde düşürülmesiyle elde edilecek enerji tasarrufu araştırılmıştır. Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak, binalarda kullanıcı davranışının farklı iklim bölgelerinde enerji tasarrufuna etkisi incelenmiştir.

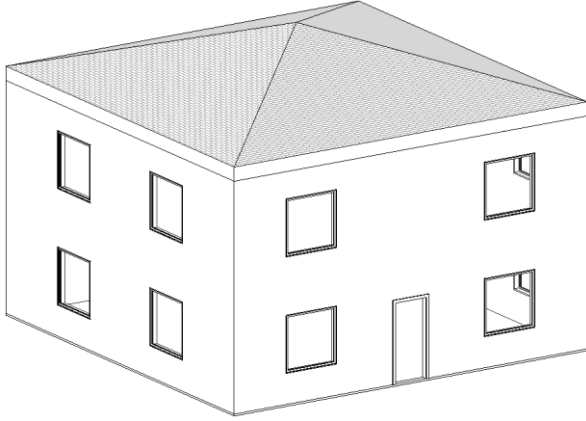
## 2. Materyal ve Metot

Çalışma için müstakil bir konut binasının DesignBuilder bina enerji simülasyon programı ile modeli oluşturulmuştur. Hazırlanan modelde, binanın ve mahallerin gün içinde kullanıldığı ve kullanılmadığı zamanlara göre iç mekân sıcaklıklarının değişiminin ve farklı kullanıcı profillerinin enerji tüketimindeki etkisi incelenmiştir. İlk olarak bina geometrisi, yapı malzemeleri, ısıtma ve havalandırma sistemleri, aydınlatma, kullanıcıların binayı ve odaları kullanma zamanları gibi parametreler tanımlanarak bir model oluşturulmuştur. Bu modelde bina ve mahaller gün içinde kullanımda iken belirlenen iç mekân sıcaklık değerleriyle, bina ve mahaller gün içinde kullanım dışı olduğunda belirlenen iç mekân sıcaklık değerleri eşit tutulmuştur. Bu sayede bina kullanıcıları bina veya mahal dışında olsalar bile ısıtma sistemi sürekli olarak mahal sıcaklıklarını belirli bir değerde tutmaktadır. İkinci olarak bina geometrisi, yapı malzemeleri, ısıtma ve havalandırma sistemleri, aydınlatma ve kullanıcıların binayı ve mahalleri kullanma zamanları ilk model ile aynı olan, kullanım dışı sıcaklık değerlerinin kullanım sıcaklık değerlerinden 2°C düşük olduğu ikinci model kurulmuştur. Son olarak kurulan modelde, ilk modelden farkı kullanım ile kullanım dışı sıcaklık değerleri arasındaki farkın 4°C olduğu üçüncü bir model kurulmuştur. Kullanıcı profilleri olarak ise; birinci tip profile çalışan bir çift, ikincisinde emekli bir çift ve üçüncüsünde çalışan bir çift ve bir çocuk tanımlanmıştır. Her bir tip kullanıcı profili ve kullanım-kullanım dışı sıcaklık ayarlarının tanımlandığı modellerin, Türkiye'de ılık, sıcak ve soğuk bölgelerdeki illeri temsilen sırasıyla Trabzon,

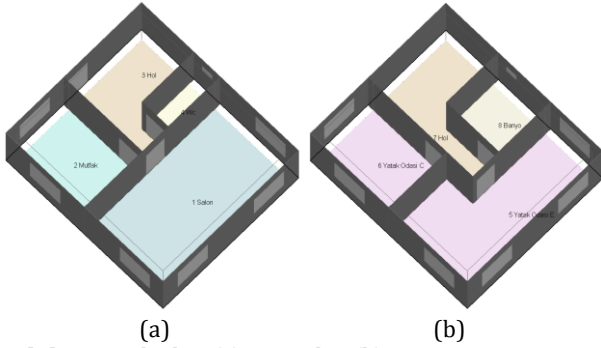
Antalya ve Erzurum illerinde olduğu varsayılmış ve çözümler elde edilmiştir.

## 2.1. Bina geometrisi ve strüktürü

Çalışmada enerji hesaplamaları için, dikdörtgen forma sahip, 7 x 8 m boyutlarında, iki katlı, kat yüksekliği 3 m ve toplam kullanım alanı 112 m<sup>2</sup> olan bir konut binası simülasyon programı ile tasarlanmıştır (Şekil 1). Konuta ait iç mekanlar; salon (23 m<sup>2</sup>), mutfak (10 m<sup>2</sup>), 2 adet yatak odası (18 m<sup>2</sup> + 10 m<sup>2</sup>), banyo (6 m<sup>2</sup>) ve sirkülasyon alanlarından oluşmaktadır (Şekil 2 a ve b).



Şekil 1. Bina 3D görseli



Şekil 2. Kat planları (a) zemin kat (b) 1. Kat

Bina kullanılmayan mahal arasına sahip kırma çatı olarak modellenmiştir. Duvar, döşeme, pencere, çatı gibi yapı malzemelerinin illere göre olması gereken kalınlıkları ve ısı iletim katsayıları Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Türk Standardında (TS 825) belirtilen değerlere göre tanımlanmıştır. Duvar, döşeme, tavan ve pencere için modelde kullanılan toplam ısı iletim katsayıları (U) Tablo 1'de verilmiştir. Dış ortamdan mahal içine kapı ve pencere aralıklarından kaynaklanan hava sızıntısı (infiltrasyon) değeri 0,8 ach<sup>-1</sup> olarak alınmıştır [3].

## 2.2. Bina kullanım bilgileri

**Kullanıcı profili:** Çalışma için üç tip kullanıcı profili oluşturulmuştur. Birinci tip kullanıcı profilinde (KP1) çalışan bir çift, ikinci tip kullanıcı profilinde (KP2)

Tablo 1. Modelde kullanılan U değerleri [10]

|         | U (W/m <sup>2</sup> K) |        |       |         |
|---------|------------------------|--------|-------|---------|
|         | Duvar                  | Döşeme | Tavan | Pencere |
| Trabzon | 0,60                   | 0,53   | 0,36  | 2,36    |
| Antalya | 0,61                   | 0,53   | 0,36  | 2,36    |
| Erzurum | 0,37                   | 0,40   | 0,25  | 2,36    |

emekli bir çift, üçüncü tip kullanıcı profilinde (KP3) çalışan bir çift ve okula giden bir çocuk tanımlanmıştır.

Genel olarak yıl boyunca çalışan çift hafta içi işe, çocuğun okula gittiği, hafta sonu herkesin evde olduğu, emekli çiftin ise hafta içi ve hafta sonu evde olduğu varsayılmıştır.

**Isıtma sistemi:** Modelde kullanılan binanın ısıtılması için yakıt olarak doğalgaz kullanan kombi kullanılmıştır. Isıtma sistemi kullanıcıların konutta olması durumunda iç mekan sıcaklık değerinde, konutta olmaması durumunda ise kullanım dışı sıcaklık değerinde çalışmaktadır. Bina doğal havalandırılabilir olarak programa tanımlanmıştır [11].

**İç mekan sıcaklıkları:** Bina ve mahaller gün içinde kullanımda iken belirlenen iç mekan sıcaklık değerleri (Set point (S)) ile, bina ve mahaller gün içinde kullanım dışı olduğunda belirlenen iç mekan sıcaklık değerleri (Set Back (SB)) programa tanımlanmıştır. Bina ve mahaller kullanımda iken iç mekan sıcaklık değerleri; salon, mutfak, yatak odaları için S=20°C, banyo için S=24°C olarak belirlenmiştir [12]. Bina ve mahaller gün içinde kullanımda olmadığı zamanlar için üç farklı durum oluşturulmuştur. Birinci durumda S ile SB değerleri arasında fark yoktur. İkinci durumda S ile SP değerlerinin arasında 2 fark ve üçüncü durumda ise S ile SB değerlerinin arasında 4 fark tanımlanmıştır. Birinci durumda; S değerleri SB değerleri ile aynı tutularak; salon, mutfak, yatak mahallerinde S=SB=20°C, banyoda S=SB=24°C olarak tanımlanmıştır. İkinci durumda; salon, mutfak, yatak odalarında S=20°C, SB=18°C, banyoda S=24°C, SB=22°C ve üçüncü durumda ise; salon, mutfak, yatak odalarında S=20°C, SB=16°C, banyoda S=24°C, SB=20°C olarak tanımlanmıştır. Mahallere göre ısıtma ve soğutma sezonları için set point ve set back değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Mahallere göre S ve SB değerleri

|           |    | Salon | Mutfak | Y. Odası E-C | Banyo |
|-----------|----|-------|--------|--------------|-------|
| S=SB      | S  | 20    | 20     | 20           | 24    |
|           | SB | 20    | 20     | 20           | 24    |
| S-SB=2 °C | S  | 20    | 20     | 20           | 24    |
|           | SB | 18    | 18     | 18           | 22    |
| S-SB=4 °C | S  | 20    | 20     | 20           | 24    |
|           | SB | 16    | 16     | 16           | 20    |

**Mahallerin kullanım zamanları:** Binanın üç farklı kullanıcı profilinde kullanıldığı varsayılmıştır. Genel olarak, KP1’de çalışan bir çift hafta içi belirli saatlerde evi kullanırken; KP2’de emekli bir çift binayı her saat kullanmaktadır. KP3’te ise çalışan çift ve okula giden bir çocuk binayı belirli saatlerde kullanmaktadır. Hafta sonları ise bütün kullanıcı profillerinin binayı sürekli kullandıkları varsayılmıştır. Mahallere göre ise salon ve mutfak bütün aile tarafından, ebeveyn yatak odası çiftler tarafından, çocuk yatak odası ise çocuk tarafından kullanılmaktadır. Modelde mahallerin kullanımda ve kullanım dışında olduğu zaman aralıkları ayrı ayrı tanımlanmıştır. Bir günlük süre boyunca;

- Salon, KP1 ve KP3 için hafta içi 19:00-23:00, hafta sonu 12:00-24:00 saatleri arasında, KP2 için hafta içi ve hafta sonu 12:00-24:00 saatleri arasında kullanılmaktadır.

- Mutfak; KP1 VE KP3 için, hafta içi 07:00-09:00 ve 18:00-20:00, hafta sonu 09:00-20:00 saatleri arasında, KP2 için hafta içi ve hafta sonu 07:00-09:00 ve 18:00-20:00 saatleri arasında kullanılmaktadır.

- Ebeveyn yatak odası, KP1 ve KP3 için hafta içi 23:00-07:00, hafta sonu 23:00-09:00 saatleri arasında, KP2 için hafta içi ve hafta sonu 23:00-07:00 saatleri arasında kullanılmaktadır.

- Çocuk yatak odası, KP1 ve KP2 için kullanılmazken KP3 için hafta içi 23:00-07:00, hafta sonu 23:00-09:00 saatleri arasında kullanılmaktadır.

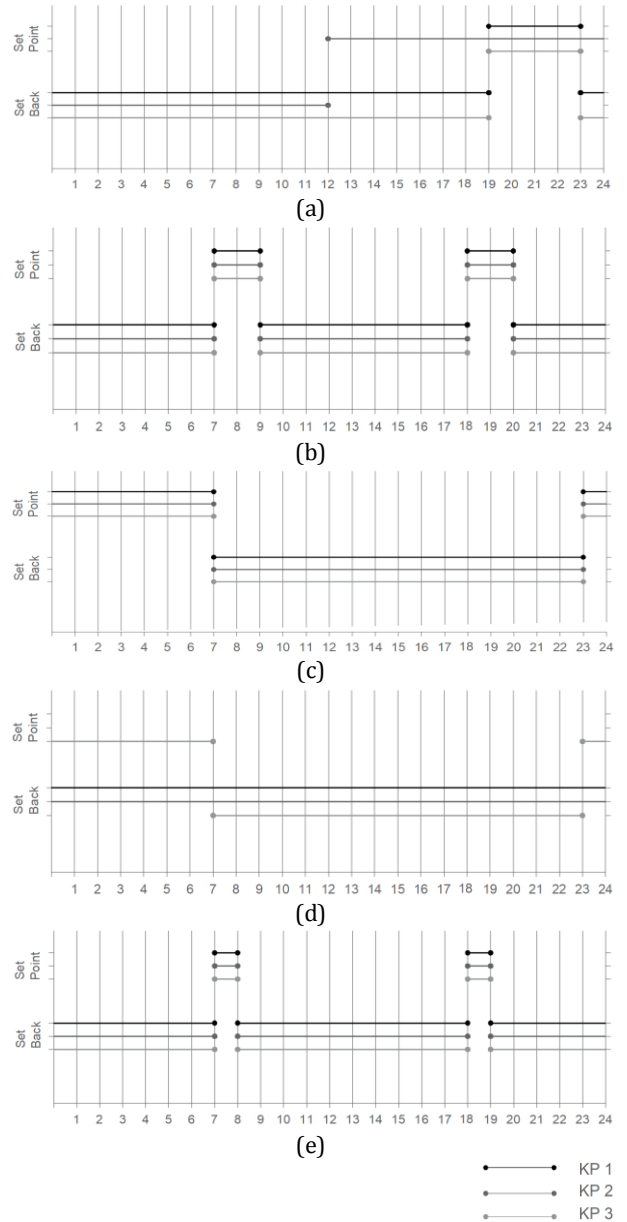
- Banyo, KP1 ve KP3 için hafta içi 07:00-08:00 ve 18:00-19:00, hafta sonu 09:00-10:00 ve 18:00-20:00 saatleri arasında, KP2 için hafta içi ve hafta sonu 07:00-08:00 ve 18:00-19:00 saatleri arasında kullanılmaktadır.

Mahallerin hafta içi kullanım saatleri Şekil 3’te verilmiştir. Sol eksendeki “Set Point” mahalın kullanımda olduğu, ısıtma sisteminin mahal “Set Point” sıcaklığında tutmak için çalıştığı, “Set Back” ise mahalın kullanımda olmadığı, ısıtma sisteminin mahal “Set Back” sıcaklığında tutmak için çalıştığı zaman aralıklarını temsil etmektedir.

### 3. Bulgular

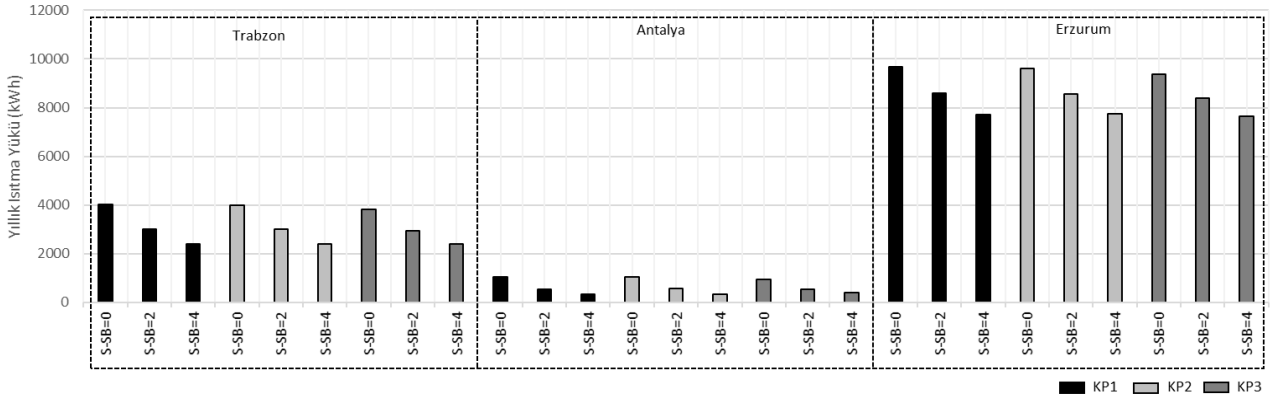
Çalışma kapsamında; üç farklı ilde, üç farklı kullanıcı tipi ve üç farklı iç ortam sıcaklık dereceleri için modeller geliştirilmiştir. Bu modellerden ısıtma için gerekli enerji değerleri elde edilmiştir (Şekil 4).

Elde edilen veriler incelendiğinde; çalışan bir çift için, S-SB=0°C durumu referans alınarak S-SB=2°C olduğunda ısıtma enerjisi ihtiyacı; Trabzon’da %25, Antalya’da %46,6 ve Erzurum’da %11,4 azalmıştır. S-SB=4°C olduğunda ise ısıtma enerjisi ihtiyacı; Trabzon’da %40,6, Antalya’da %66,8 ve Erzurum’da



**Şekil 3.** Mahallerin hafta içi kullanım zaman aralıkları (a) salon, (b) mutfak, (c) yatak odası - ebeveyn (d) yatak odası - çocuk, (e) banyo

%20,2 azalmıştır. Emekli bir çift için S-SB=0°C durumu referans alınarak S-SB=2°C olduğunda ısıtma enerjisi ihtiyacı; Trabzon’da %24,5, Antalya’da %46,3 ve Erzurum’da %10,96 azalmıştır. S-SB=4 °C olduğunda ise ısıtma enerjisi ihtiyacı; Trabzon’da %39,8, Antalya’da %66,8 ve Erzurum’da %19,5 azalmıştır. Çalışan bir çift ve okuyan bir çocuğun olduğu bir aile için ise; S-SB=0°C durumu referans alınarak S-SB=2°C olduğunda ısıtma enerjisi ihtiyacı; Trabzon’da %23,2, Antalya’da %42,2 ve Erzurum’da %10,59 azalmıştır. S-SB=4°C olduğunda ise ısıtma enerjisi ihtiyacı; Trabzon’da %37, Antalya’da %59,2 ve Erzurum’da %18,61 azalmıştır. Bu veriler değerlendirildiğinde; ılık, sıcak ve soğuk iklimlerde SB değerinin konfor şartlarını etkilemeyecek belirli bir değere düşürülmesi ısıtma enerjisi ihtiyacını bir değere düşürülmesi ısıtma enerjisi ihtiyacını önemli oranda düşürmektedir.



Şekil 4. İllere, kullanıcı tiplerine ve S-SB değerlerine göre yıllık ısıtma yükleri

Çalışmada kullanılan üç il enerji tasarrufu açısından karşılaştırıldığında; Antalya'da enerji tasarrufu yüzdesinin en yüksek, Erzurum'da ise en düşük çıkmıştır. Antalya'nın sıcak bir il olması dolayısıyla ısıtma ihtiyacı diğer illere göre nispeten daha düşüktür. Erzurum'un ise bu çalışma için Antalya'ya göre yaklaşık 9 kat daha fazla ısıtma enerjisine ihtiyacı olduğu görülmektedir (Şekil 4). Bu sebepten dolayı, Antalya'dan elde edilecek enerji tasarruf oranı Erzurum'unkine göre daha yüksek çıksa bile, nihai olarak elde edilecek tasarruf Erzurum'da daha fazla olacaktır.

Kullanıcı profillerine göre elde edilen ısıtma yükleri incelendiğinde ise; çalışan çift, emekli çift ve çalışan ve çocuklu çift olması, binadaki insanlardan kaynaklanan ısı kazancından dolayı önemlidir. S-SB=0 °C için kullanıcıların sürekli binada ve sayıca çok olması bir avantajdır. Cihazlar hiçbir zaman SB değerinde çalışmayacağı için mahallerdeki insanlar sürekli bir kazanç kaynağı olacak dolayısıyla ısıtma enerjisi ihtiyacını düşürecektir. Şekil 4 bu açıdan incelendiğinde bu çalışma için de paralel sonuç çıkmıştır. Bu durum illere göre de farklılık göstermemektedir. S-SB=2°C ve S-SB=4°C için elde edilen sonuçları değerlendirmek için ısı kazançlarının kullanıcı profillerine göre değişiminden dolayı sağlıklı olmamaktadır. Örneğin, hafta boyunca evde olduğu varsayılan emekli çift için gerekli olan ısıtma enerjisi, hafta içi çalışan, hafta sonu evde olan çalışan bir çift için gerekli olan ısıtma enerjisinden iç ısı kazançlarından dolayı daha az çıkabilmektedir.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bina kullanıcılarının konfor koşullarının sağlanması binanın ısıtma sisteminin seçimindeki en önemli parametrelerden biridir. Bunun yanında enerji kullanımını en aza indirmek, bina tasarım aşamasında iken ya da mevcut binalara sonradan alınabilecek önlemler ile mümkündür. Bu çalışmada kullanıcıların ısı konfor koşullarını dikkate alarak, kullanıcıların binayı ve mahalleri kullanmadığı zamanlarda ısıtma sistemlerinin iç mekan sıcaklıklarını kullanım dışı sıcaklık değerinde tutmak için çalışması ile enerji tüketiminde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Türkiye'nin ılık, sıcak ve

soğuk illerini temsilen sırasıyla Trabzon, Antalya ve Erzurum'da olduğu düşünülen konut binası DesignBuilder enerji simülasyon programı ile modellenmiştir. Binada farklı kullanıcı profillerini temsilen çalışan bir çift, emekli bir çift ve okuyan bir çocuğa sahip çalışan bir çiftin yaşadığı varsayılan ayrı ayrı modeller oluşturulmuştur. Kullanıcıların hafta içi ve hafta sonu bina ve mahalleri kullanım durumları tanımlanmıştır. Binanın ve mahallerin kullanımda olduğunda tanımlanan iç mekan sıcaklık değerlerinde, kullanımda olmadığı durumlarda kullanım dışı sıcaklık değerlerinde ısıtılması sağlanmaktadır.

Çalışmada ısıtma sisteminin kullanıcıların binayı ve mahalleri kullanım durumuna göre S ve SB değerlerinde çalışıyor olması ısıtma için gerekli enerjide azalma sağlamıştır. S ve SB değerlerinin aralarındaki farkın 2°C 'den 4°C'ye çıkarılması ile ısıtma için gerekli enerjinin referans duruma göre daha fazla azalmasına olanak sağlamıştır. Bu farkın daha artırılması, hem bina hem de mahaller için ısıtma ve soğutma yüklerinde daha fazla azalmaya imkân sağlasa da kullanıcılar için ısı konforunu ve bina içinde homojen sıcaklık dağılımlarının sağlanabilmesi için bu farkın daha artmaması önemlidir. Çalışma farklı iklim tipine sahip iller için değerlendirilmiştir. S ve SB sıcaklık değerleri arasındaki fark arttıkça iklim tipi fark etmeksizin ısıtma enerjisi ihtiyacı azalmıştır.

Kullanıcı profillerinde kullanıcı sayısının değişimi Martinaitis'in de (2015) çalışmasında belirttiği gibi sonuçları önemli ölçüde etkilememektedir [7]. Çalışmada kullanıcıların sayısının artması veya binada sürekli bulunmaları insandan kaynaklı ısı kazancını artırarak ısıtma enerjisini düşürmüştür. Ancak ısıtma için gerekli enerji ihtiyacını belirleyen diğer faktörlerle kıyaslandığında düşük bir orana sahiptir.

Yapılan çalışma ile müstakil konutlarda enerji ihtiyacını azaltmak için, yapma sistem parametrelerinden olan kullanıcı davranışına göre oluşturulan senaryolar dahilinde binanın ve mahallerin önceden belirlenen iç mekan sıcaklık değerleri ile ısıtılması sağlanmıştır. Günümüzde

yapılan ısıtma ve soğutma sistemi uygulamalarında kullanıcılar binada veya mahallerde olmasalar bile mahali belirli bir sıcaklık değerinde sabit tutmak üzerine programlanmaktadır. Bu çalışmada ise kullanıcıların binada veya mahallerde olmadığı durumlarda iç mekân sıcaklıklarını önceden belirlenen değerlere ısıtma sezonunda düşürerek önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlandığı görülmüştür. Çalışmanın çok katlı apartmanlara uyarlanması ile elde edilecek enerji tasarrufunun daha da artacağı düşünülmektedir.

### Kaynakça

- [1] Yang, J., Santamouris, M., Lee, S. E. 2016. Review of occupancy sensing systems and occupancy modeling methodologies for the application in institutional buildings. *Energy and Buildings*, 121(2016), 344–349.
- [2] Annex 53, 2010. Total energy use in buildings: Analysis and evaluation methods. IEA Energy Conservation in Building and Community Systems Programme, [www.ecbcsa53.org](http://www.ecbcsa53.org) (Erişim Tarihi: 21.10.2017).
- [3] Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi, 2010. Bina Enerji Performansı – Isıtma ve Soğutma için Net Enerji İhtiyacının Hesaplanması. Resmi Gazete, Ankara.
- [4] Ascione, F., Bianco, N., Kaltenbrunner, R., Vanoli, P., G., 2016. Net zero-energy buildings in Germany: Design, model calibration and lessons learned from a case-study in Berlin. *Energy and Buildings*, 133 (2016), 688-710.
- [5] Bourgeois, D., 2005. Detailed occupancy prediction, occupancy-sensing control and advanced behavioural modelling within whole-building energy simulation. Laval University, Canada. 150s.
- [6] Li, Z., Heo, Y., Augenbroe, G., 2009. Hvac design informed by organizational simulation. Eleventh International IBPSA Conference, 27-30 July, Glasgow, Scotland, 2198-2203.
- [7] Martinaitis V., Zavadskas, K., E., Motuziene, V., Vilutiene, T., 2015. Importance of occupancy information when simulating energy demand of energy efficient house: A case study. *Energy and Buildings*, 101(2015), 64-75.
- [8] Motuziene V., Vilutiene, T., 2013. Modelling the effect of the domestic occupancy profiles on predicted energy demand of the energy efficient house. *Procedia Engineering*, 57(2013), 798-807.
- [9] Fabi V., Andersan R. V., Corgnati S., Olesen B. W., 2012. Occupants' window opening behaviour: A literature review of factors influencing occupant behaviour and models. *Building and Environment*, 58(2012), 188-198.
- [10] TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, 2008. Türk Standartları Enstitüsü, İstanbul.
- [11] Yaşar, Y., 2010. Isıtma havalandırma ders notu (Basılmamış). Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Trabzon.
- [12] TS 2164 Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları, 1983. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.