3. ULUSAL YAPI FİZİĞİ VE ÇEVRE KONTROLÜ KONGRESİ



Bildiriler Kitabı

10-11 Mayıs 2018 • İTÜ Taşkışla, İstanbul

Yapı Fiziği Derneği
Association of Building Physics

www.yapifizigidernegi.org

3.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

10-11 Mayıs 2018
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ÇERÇEVESİNDE YERLEŞME DOKULARININ BİNA ENERJİ PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Suzi Dilara Mangan[a]
İAÜ Mimarlık ve Tasarım Fakültesi
Sefaköy, Küçükçekmece, İstanbul, 34295
Prof. Dr. Gül Koçlar Oral[b]
İTÜ Mimarlık Fakültesi
Taşkışla, Taksim, İstanbul, 34437

ÖZET

Küresel ısınma ve küresel ısınmaya dayalı iklim değişikliği çerçevesinde dünya genelinde dikkate alınan önemli gündem konularından biri, mevcut binaların gelecekteki olası iklim koşullarına uygun olarak üretilmemiş olması ve bu binaların ısıtılması ve soğutulması amacıyla tüketilen enerjinin giderek artmasıdır. Dolayısıyla, gerek gelişmiş gerekse gelişmekte olan ülkelerin enerji tüketimlerinde önemli bir paya sahip olan binaların iklim değişikliğine uygun olarak tasarlanması gerekmektedir. Bu kapsamda, bina enerji performansını uzun vadede etkileyen en önemli parametre olan yerleşme dokularının da iklimsel verilere dayalı olarak geliştirilmesi önem kazanmaktadır. Bu nedenle, bu çalışma ile bina enerji performansı üzerinde olası iklim değişikliği etkilerinin yerleşme ölçeğinde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç çerçevesinde, yeni yerleşme dokularının hızlı bir şekilde üretildiği İstanbul ili için geliştirilen yerleşme dokusu alternatiflerine dayalı bina enerji performansındaki değişim, mevcut ve gelecek iklim senaryoları dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçlarının iklim değişikliğinin etkilerinin önlenmesi ya da en az düzeye indirgenmesi için bina enerji performansına ilişkin geliştirilecek çalışmalara ışık tutması hedeflenmiştir.

Anahtar sözcükler: İklim değişikliği, Yerleşme dokusu, Bina enerji performansı

ABSTRACT

One of the important global problems caused by global warming and climate change due to global warming is the fact that existing buildings were not designed according to possible future climate conditions and energy required for cooling and heating in these buildings gradually increases. Therefore, buildings which are key factors in energy consumptions of both developed and developing countries should be designed according to this impending climate change. Designing settlement patterns which are the most important parameter that affects long term energy performance of buildings based on climate data has become more important. This study aims to evaluate potential impacts of climate change on buildings' energy performance in relation to settlement patterns. For this purpose, changes in building energy performance in settlement pattern alternatives created for Istanbul where new settlement patterns are rapidly developed, are evaluated based on existing and future climate scenarios. Evaluation findings are intended to provide basis for future studies on building energy performance in order to prevent or minimize the impacts of climate change.

Key words: Climate change, Settlement pattern, Building energy performance

[a] e-posta adresi: dilaramangan@yahoo.com
[b] e-posta adresi: kgul@itu.edu.tr

1.GİRİŞ

İklim değişikliğinin, global ölçekte insanların yaşamında, yaşam ve eylemlerini gerçekleştirdikleri binalarda ve binalarda gereksinim duyulan enerji harcamalarında önemli değişimlere neden olacağı açıktır. Dolayısıyla, enerji tüketiminde önemli bir paya sahip olan binaların gelecekte olası iklim değişiklikleri karşısında enerji tüketimlerindeki değişimin analiz edilmesi gerek gelişmiş gerekse gelişmekte olan ülkelerin öncelikli gündem konularından birini oluşturmaktadır.

Bu bağlamda, günümüzde dünya nüfusunun yaklaşık %50'sinin kentsel alanlarda yaşamakta olduğu ve bu oranın 2050 yılına kadar yaklaşık %70 seviyelerine çıkması öngörülmektedir [1]. Öte yandan, kentsel alanlar ile iklim arasındaki ilişki incelendiğinde, kentsel alanların oluşturulmasında dikkate alınan yerleşme dokusu (binalar arasındaki mesafeler ve binaların birbirlerine göre konumları), bina formu, bina kabuğu gibi yerleşme ve bina ölçeğindeki tasarım parametrelerinin kent ikliminin değişimini etkilediği bilinmektedir. Kent iklimi ise yerleşme dokusunda bulunan binaların enerji performansları üzerinde etkili olmaktadır.

Yerleşme dokusu, dokuyu oluşturan binaların aralarında bulunan mesafelere ve birbirlerine göre konumlarına bağlı olarak güneşten ve rüzgardan yararlanma olanakları üzerinde doğrudan etkili olduğundan bina enerji performansları üzerinde de etkili olmaktadır. Bu nedenle, binalarda konfor koşullarının pasif yollarla sağlanabilmesi için yerleşme dokularının güneş ve rüzgar enerjisinden optimum yararlanacak şekilde tasarlanması büyük önem taşımaktadır. Yerleşme dokusunun tanımlanmasında yaygın olarak bina yüksekliklerinin bina aralıklarına oranı (H/W oranı) kullanılmaktadır [2-3]. Dolayısıyla, farklı H/W oranları ile tanımlanan farklı yerleşme dokuları ile bina enerji performansı arasındaki ilişki, mevcut ve gelecek iklim senaryoları dikkate alınarak tasarım aşamasında detaylı analiz edilmelidir.

Öte yandan, Türkiye'nin enerji kaynakları açısından büyük oranda dışa bağımlı bir ülke olması ve Türkiye'nin dünyada iklim değişikliğinden en çok etkilenecek bölgelerden birinde yer almasından dolayı [4] iklim değişikliğinin etkilerinin önlenmesi ya da en az düzeye indirgenmesi zorunludur. Bu nedenle, geleceğe yönelik iklim değişikliği senaryolarının oluşturulması ve bu senaryolara bağlı olarak etki değerlendirilmelerinin yapılması mevcut yerleşmelerde enerji tüketimi ve karbon yoğunluğunun azaltılmasında da büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada, iklim değişikliği çerçevesinde yerleşme dokularının bina enerji performansı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik olarak yeni yerleşme dokularının hızlı bir şekilde üretildiği İstanbul ili için geliştirilen yerleşme dokusu alternatiflerine bağlı olarak bina enerji performansının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. YÖNTEM

Bu çalışma da, mevcut ve gelecek iklim senaryoları dikkate alınarak İstanbul ili için geliştirilen yerleşme dokusu alternatiflerinin bina enerji performansı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir yaklaşım önerilmektedir. Önerilen bu yaklaşım çerçevesinde izlenilen adımlar aşağıdaki gibidir:

- Yerleşme dokusuna ait tasarım parametrelerinin tanımlanması,
- Referans binaya ait tasarım parametrelerinin tanımlanması,

- Tanımlanan tasarım parametrelerine ilişkin yerleşme dokusu alternatiflerin geliştirilmesi,
- İklim senaryolarının tanımlanması,
- İklim değişikliği çerçevesinde geliştirilen yerleşme dokusu alternatiflerinin bina enerji performansı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi.

2.1. Yerleşme Dokusuna Ait Tasarım Parametrelerinin Tanımlanması

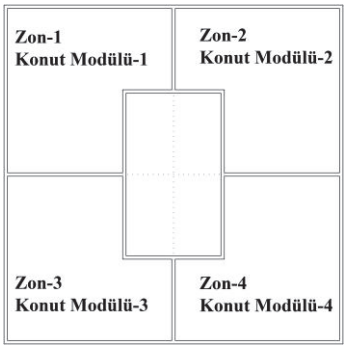
Çalışmada yerleşme dokusunun tanımlanmasında yaygın olarak kullanılan H/W oranı dikkate alınarak farklı yerleşme dokuları geliştirilmiş ve geliştirilen farklı yerleşme dokularının bina enerji performansına etkileri analiz edilmiştir. Bu bağlamda, farklı yerleşme dokularının geliştirilebilmesi amacıyla H/W değerleri, 0.50, 1.00 ve 2.00 olarak alınmıştır. Dikkate alınan farklı H/W değerlerine ilişkin sokak genişliklerinin belirlenebilmesi amacıyla İstanbul ili içerisinde farklı yüksekliklere sahip konut binalarından 5 katlı bir konut binasının değerlendirilmesi öngörülmüştür. Böylelikle, geliştirilen yerleşme dokuları içerisinde binaların farklı yönlendirilme durumlarına bağlı olarak da enerji performanslarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Her bir yerleşme dokusu içerisinde belirlenen referans konut binası için bina enerji performans analizleri yapılmıştır.

2.2. Referans Binaya Ait Tasarım Parametrelerinin Tanımlanması

Referans binaya ait tasarım parametrelerinin tanımlanmasına ilişkin genel kabullere ulaşılabilmesi amacıyla Türkiye'de konut üretiminde etkin rol oynayan TOKİ tarafından inşa edilmiş konut binaları incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda 100 m^2 taban alanına sahip modüllerin kullanılması öngörülmüştür. Bu bağlamda, 4 adet modülün birleştirilmesi ile oluşturulan kare taban alanlı konut binaları ele alınmıştır. Ele alınan konut binasının A/V oranı (toplam dış yüzey alanı / bina hacmi) 0.2, taban alanı 400 m^2 ve toplam bina yüksekliği ise 15 m'dir. Konut binasına ilişkin bina kabuğu katmanlaşma detaylarının oluşturulabilmesi için mevcut toplu konut uygulamalarında yaygın olarak kullanılan bina kabuğu kesitleri dikkate alınmıştır. Bu bağlamda, bina kabuğunun opak ve saydam bileşenlerine ilişkin toplam ısı geçirme katsayısı (U, W/m^2K) değerleri TS 825'te İstanbul için belirtilen limit değerlere uygundur (U_D:0.57 W/m^2K, U_t:0.53 W/m^2K, U_T:0.38 W/m^2K, U_p:1.40 W/m^2K). Saydamlık oranı (toplam saydam alan/toplam cephe alanı) değeri ise, tüm cepheler için %30 olarak kabul edilmiştir. Ele alınan konut binasının her katında dört konut modülü yer almakta olup her bir konut modülü ısıtma ve soğutma enerjisi tüketim hesaplamalarında tek bir zon olarak kabul edilmiştir (Şekil 1). İç ortam konfor sıcaklığı ısıtma istenen dönem için 20ºC, soğutma istenen dönem için ise, 26ºC kabul edilmiştir.

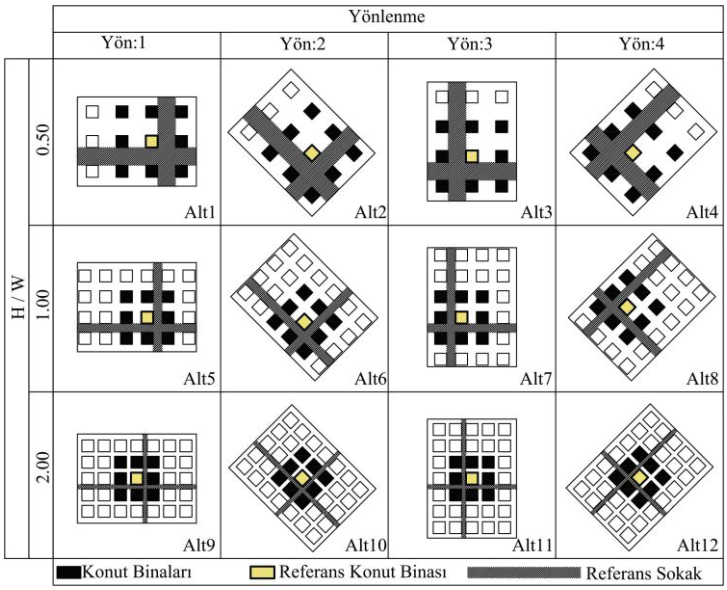
2.3. Tanımlanan Tasarım Parametrelerine İlişkin Yerleşme Dokusu Alternatiflerin Geliştirilmesi

Tanımlanan tasarım parametrelerine ilişkin yerleşme dokusu alternatiflerin geliştirilmesi kapsamında farklı H/W değerlerine bağlı olarak oluşturulan dokular çerçevesinde referans konut binasının enerji performansının değerlendirilmesi amacıyla yaklaşık 30.000m^2'lik bir çalışma alanı içerisinde minimum 9 (3x3) konut binasının yerleştirilmesine çalışılmıştır. Oluşturulan yerleşme dokuları içerisinde yer alan bina sayısı, alternatiflerin H/W oranlarına dayalı olarak değişkenlik göstermektedir. Yerleşme dokularının yönlendirilişi, her bir yerleşme dokusu



Şekil 1: Referans konut binasına ilişkin normal kat planı

içerisinde belirlenen referans konut binası ve referans konut binasının bulunduğu noktada kesişen referans sokaklara bağlı olarak 45º'lik açılarla değişmektedir (Şekil 2).



Şekil 2: Geliştirilen yerleşme dokusu alternatifleri

2.4. İklim Senaryolarının Tanımlanması

Binaların enerji performans analizleri kapsamında kullanılan iklim verileri, genellikle küresel iklim modelleri esas alınarak hazırlanan saatlik iklim verilerinden oluşmakta olup mevcut dış hava koşullarına dayanmaktadır.

Öte yandan, bina ömrü süresince iklim verilerinde değişim yaşanmaktadır. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), çeşitli gruplar tarafından gerçekleştirilmiş küresel iklim modeli (GCM) ve gözlemlere dayalı küresel ısınma tahminlerini oluşturmaktadır. Dolayısıyla, binaların enerji performanslarının değerlendirilmesinde sadece mevcut iklim koşullarının dikkate alınması değil, binaların gelecek iklim koşullarına adapte olmasını sağlayacak düzeyde tutarlı olması ve olası gelecek iklim koşullarına ilişkin sistematik tanım ve varsayımları içermesi gerekmektedir.

Bu bağlamda, IPCC Üçüncü Değerlendirme Raporu (TAR) ve Dördüncü Değerlendirme Raporunda (AR4) belirtildiği üzere, gelecekteki olası karbon salımı ile birlikte nüfus artışı, enerji tüketimi, ekonomik gelişmeler gibi pek çok değişkenin dikkate alınması ile 40 senaryo geliştirilmiş olup A1, A2, B1 ve B2 olmak üzere dört temel senaryo grubu oluşturulmuştur.

A1 senaryo grubu, enerji sistemindeki teknolojik değişimin alternatif yönlerini tanımlamakta olup teknolojik gelişime ve değişime dayalı olarak üç alt senaryoya ayrışmaktadır. Bu senaryolar kapsamında; *A1F1* fosil yakıtların yüksek oranda kullanıldığı, *A1T* fosil olmayan enerji kaynaklarının kullanıldığı ve *A1B* ise tüm kaynakların dengeli olarak kullanıldığı senaryolardır.

A2 senaryo grubu ile homojen olmayan yerel özelliklere dayalı olarak değişkenlik gösteren kabuller tanımlanmaktadır.

B1 senaryo grubu, A1 senaryo grubunda tanımlandığı gibi nüfus artışının yüzyılın ortalarına kadar arttığı ve daha sonra azaldığı, ekonomik yapılardaki hızlı değişimleri, temiz ve kaynak etkin teknolojilerin kullanımı ile ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanabildiği küresel çözümlere vurgu yapmaktadır.

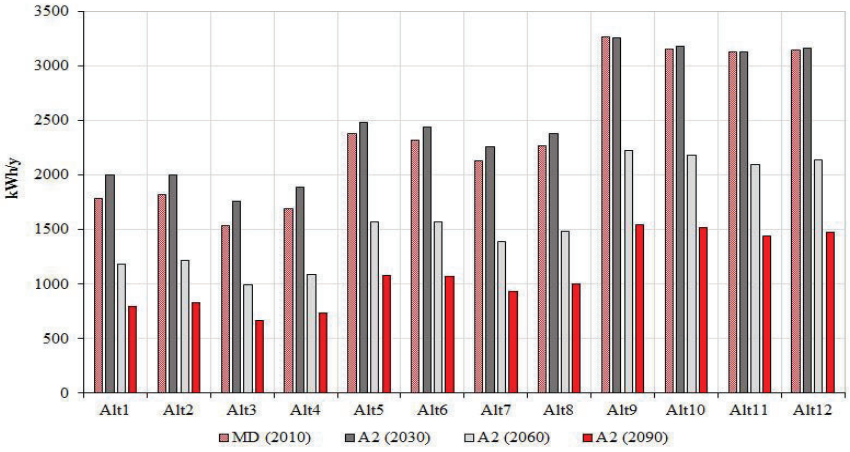
B2 senaryosu ise, ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik açısından yerel çözümlerin öncelikli olarak dikkate alındığı bir senaryo grubudur [5].

Bu çalışma kapsamında ise, nüfus artışı, bölgesel bazlı ekonomik kalkınma gibi konulara vurgu yaparak günümüz koşullarına benzer bir yapı çizmekte olan ve çalışmalarda en çok kullanılan A2 senaryosu dikkate alınmıştır. Çalışma kapsamında ılımlı-nemli iklim bölgesinin temsili ili İstanbul için mevcut durumunun değerlendirildiği senaryo çerçevesinde 2010 yılı iklim verileri ve IPCC tarafından öngörülen A2 senaryosu çerçevesinde ise 2030, 2060 ve 2090 yılları için ayrı ayrı gelecek iklim verileri Meteonorm 7.0 programı aracılığıyla EPW (Energy Plus Weather File) formatında hazırlanmıştır [6].

2.5. İklim Değişikliği Çerçevesinde Geliştirilen Yerleşme Dokusu Alternatiflerinin Bina Enerji Performansı Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi

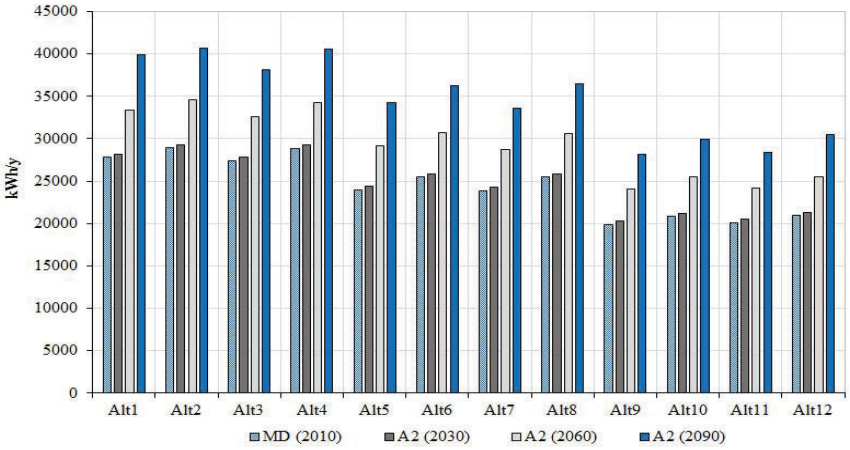
İklim değişikliği çerçevesinde geliştirilen yerleşme dokusu alternatiflerinin bina enerji performansı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi kapsamında belirlenen iklim senaryoları (mevcut durum ve A2 senaryoları) esas alınarak EnergyPlus dinamik termal simülasyon motorunun kapsamlı arayüzü DesignBuilder simülasyon programı [7] kullanılmıştır. Ilımlı-nemli iklim bölgesi temsili ili İstanbul için geliştirilen yerleşme dokuları alternatifleri içerisinde belirlenen referans konut binasına ilişkin mevcut ve gelecek iklim senaryoları dikkate alınarak hesaplanmış yıllık ısıtma, soğutma amaçlı enerji tüketimleri ile birlikte toplam enerji tüketimleri (ısıtma + soğutma) Şekiller 3, 4, 5'te verilmiştir.

Şekil 3'te görüldüğü üzere, referans konut binası için ısıtma amaçlı enerji tüketimleri irdelendiğinde, 2010 yılı iklim verileri dikkate alınarak değerlendirilen mevcut durum senaryosu çerçevesinde en düşük ısıtma amaçlı enerji tüketiminin H/W:0,50 ve 3. yönlendiriliş durumunda



Şekil 3: Referans konut binası için hesaplanmış ısıtma amaçlı enerji tüketimleri

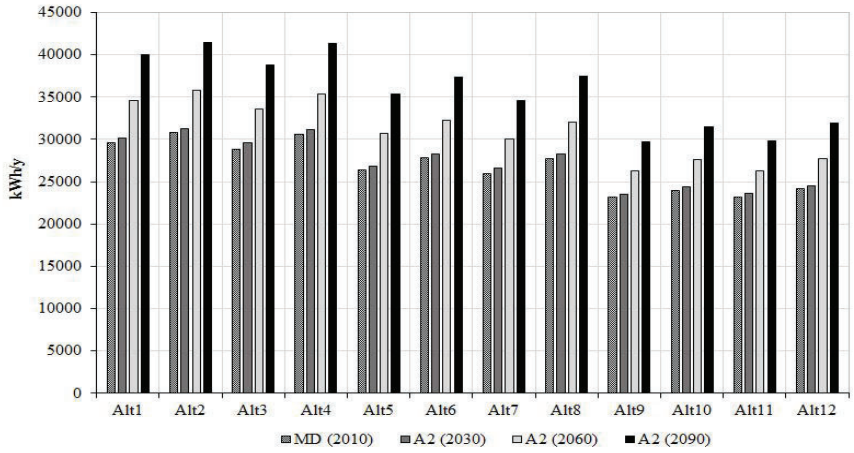
(yön3) olan Alt3 (1,533 kWh/y) ile elde edildiği, en yüksek ısıtma amaçlı enerji tüketiminin ise H/W:2.00 ve 1. yönlendiriliş durumunda (yön1) olan Alt9 (3,268 kWh/y) ile gerçekleştiği görülmektedir. IPCC tarafından öngörülen A2 senaryosuna yönelik oluşturulan gelecek iklim senaryoları kapsamında ise, 2030, 2060 ve 2090 yılları için en düşük ısıtma amaçlı enerji tüketimi Alt3 ile elde edilmiş olup mevcut durum senaryosu ile karşılaştırıldığında ısıtma amaçlı enerji tüketiminin 2030 yılında %15 oranında arttığı, 2060 ve 2090 yılları için ise sırasıyla %35 ve %57 oranında azaldığı tespit edilmiştir. A2 senaryosuna yönelik oluşturulan gelecek iklim senaryoları kapsamında, en yüksek ısıtma amaçlı enerji tüketimi Alt9 ile elde edilmiş olup mevcut durum senaryosu ile karşılaştırıldığında ısıtma amaçlı enerji tüketiminin 2030 yılında önemli oranda değişmediği, 2060 ve 2090 yılları için ise sırasıyla %32 ve %53 oranında azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 4: Referans konut binası için hesaplanmış soğutma amaçlı enerji tüketimleri

Soğutma amaçlı enerji tüketimi kapsamında elde edilen sonuçlar incelendiğinde, mevcut durum senaryosu için en düşük soğutma enerjisi tüketiminin H/W:2.00 ve 1. yönlendiriliş durumunda (yön1) olan Alt9 (19,873 kWh/y) ile sağlandığı, en yüksek soğutma amaçlı enerji tüketiminin ise H/W:0,50 ve 2. yönlendiriliş durumunda (yön2) olan Alt2 (28,993 kWh/y) ile gerçekleştiği görülmektedir. A2 senaryosuna yönelik oluşturulan gelecek iklim senaryoları kapsamında ise, 2030, 2060 ve 2090 yılları için en düşük soğutma amaçlı enerji tüketimi Alt9 ile elde edilmiş

olup mevcut durum senaryosu ile karşılaştırıldığında soğutma amaçlı enerji tüketiminin 2030, 2060 ve 2090 yılları için sırasıyla %2, %21, %41 oranında arttığı belirlenmiştir. A2 senaryosuna yönelik oluşturulan gelecek iklim senaryoları kapsamında, en yüksek soğutma amaçlı enerji tüketimi, mevcut durum senaryosu kapsamında belirlenen Alt2 alternatifi olup mevcut durum senaryosu ile karşılaştırıldığında soğutma amaçlı enerji tüketiminin 2030, 2060 ve 2090 yılları için sırasıyla %1, %19 ve %40 oranında arttığı tespit edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 5: Referans konut binası için hesaplanmış toplam (ısıtma + soğutma) enerji tüketimleri

Toplam (ısıtma + soğutma) enerji tüketimi kapsamında elde edilen sonuçlar incelendiğinde, mevcut durum senaryosu için en düşük toplam enerji tüketiminin H/W:2.00 ve 1. yönlendiriliş durumunda (yön1) olan Alt9 (23,140 kWh/y) ile sağlandığı, en yüksek toplam enerji tüketiminin ise H/W:0,50 ve 2. yönlendiriliş durumunda (yön2) olan Alt2 (30,815 kWh/y) ile gerçekleştiği görülmektedir. A2 senaryosuna yönelik oluşturulan gelecek iklim senaryoları kapsamında ise, 2030, 2060 ve 2090 yılları için en düşük toplam enerji tüketimi Alt9 ile elde edilmiş olup mevcut durum senaryosu ile karşılaştırıldığında toplam enerji tüketiminin 2030, 2060 ve 2090 yılları için sırasıyla %2, %16, %35 oranında arttığı belirlenmiştir. A2 senaryosuna yönelik oluşturulan gelecek iklim senaryoları kapsamında, en yüksek toplam enerji tüketimi, mevcut durum senaryosu kapsamında belirlenen Alt2 alternatifi olup mevcut durum senaryosu ile karşılaştırıldığında toplam enerji tüketiminin 2030, 2060 ve 2090 yılları için sırasıyla %2, %14 ve %29 oranında arttığı tespit edilmiştir (Şekil 5).

3. SONUÇLAR

Küresel olarak iklim değişikliği senaryolarına dayalı sıcaklık değerlerinde öngörülen artış çerçevesinde farklı yerleşme dokusu alternatifleri içerisinde yer alan binaların enerji performanslarında önemli değişimlerin yaşanacağı açıktır. Bu bağlamda, Türkiye için de farklı yerleşme dokularının bina enerji performansı üzerindeki etkilerinin iklim değişikliği çerçevesinde değerlendirilmesi önem kazanmaktadır.

Dolayısıyla, bu çalışma kapsamında geliştirilen farklı yerleşim dokusu alternatifleri içerisinde yer alan referans konut binasının ısıtma ve soğutma amaçlı enerji tüketimlerinin 2010, 2030, 2060 ve 2090 yılları içerisindeki değişimi iklim değişikliğinin etkileri dikkate alınarak irdelenmektedir. Türkiye'nin ılımlı nemli iklim bölgesi temsili ili İstanbul için gelecek iklim senaryoları dikkate

alınarak farklı yerleşme dokuları içerisinde belirlenen referans konut binasına ilişkin enerji performans analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları göstermektedir ki, Türkiye kapsamında 2030'lu yılların sonuna kadar sıcaklık artışının sınırlı düzeyde olacağı, ancak sonraki yıllarda, özellikle 2060 ve 2090 yılları için gerçekleştirilen analiz sonuçları irdelendiğinde, sıcaklık artışının çok hızlı bir şekilde yükseleceği tespit edilmiştir. Dolayısıyla, çalışmada ele alınan İstanbul ili için bina enerji performansı açısından yıllık soğutma amaçlı enerji tüketiminin artması, ısıtma amaçlı enerji tüketiminin ise azalması yönünde önemli bir değişim gözlenmiştir. Gelecek yıllarda özelikle toplam enerji tüketimleri üzerinde soğutma amaçlı enerji tüketimlerinin daha etkili olacağı görülmüştür. Bu bağlamda, analiz sonuçları değerlendirildiğinde en önemli değişim oranı, A2 senaryosu kapsamında 2090 yılı için gerçekleştirilen enerji performans analiz sonuçlarında görülmekte olup ısıtma amaçlı enerji tüketimlerinde %57'lik azalma H/W:0,50 ve 3. yönlendiriliş durumunda (yön3) olan Alt3 alternatifi ile elde edilirken, soğutma amaçlı ve toplam enerji tüketimlerinde ise sırasıyla %42 ve %35'lik azalma H/W:2.00 ve 1. yönlendiriliş durumunda (yön1) olan Alt9 alternatifi ile sağlanmıştır.

Bu çalışmada elde edilen bulgular ile Türkiye'de yaygın olarak kullanılan referans konut binasının enerji performansı üzerinde farklı yerleşme dokularının etki düzeylerinin gelecek iklim senaryoları çerçevesinde gösterebileceği değişim için bir öngörü oluşturulabilmektedir. Ancak, kabul edilebilir genel sonuçlara ulaşılabilmesi için sınırlı sayıda gerçekleştirilen bu analizlerin çok sayıda tekrarlanması gerekmektedir. Özellikle, ülkemiz genelinde kentsel dönüşüm projelerinin hızla devam ettiği bu süreçte yeni yerleşmelerin iklim değişikliği senaryoları göz önünde bulundurularak tasarlanması, ülke kaynaklarının verimli kullanımı ve karar vericiler için maksimum faydanın sağlanması açısından önemlidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP) tarafından Bilimsel Araştırma ve Geliştirme Destekleme Programı kapsamında desteklenmektedir (Proje No: 39956).

KAYNAKLAR

1. UN. World Urbanization Prospects: The 2007 Revision Population Database, [http://www.un.org/esa/population /publications/wup2007/2007WUP_Highlights_web.pdf], Erişim Tarihi: 14.01.2018.

2. F. A. Toudert and M. Helmut, Effects of asymmetry, galleries, overhanging façades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. *Solar Energy,* vol. 81 (6) (2006), 742-754.

3. E. Andreou, Thermal comfort in outdoor spaces and urban canyon microclimate. *Renewable Energy,* 55 (2013), 182-188.

4. WWF-Türkiye. Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye, [http://www.wwf.org.tr/ne_yapiyoruz/iklim_degisikligi_ ve_enerji/iklim_degisikligi/kuresel_iklim_degisikligi_ve_turkiye/], Erişim Tarihi: 14.01.2018.

5. IPCC. Emissions scenarios, [http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/index.php?idp=3], Erişim Tarihi: 14.01.2018.

6. Meteonorm Software. Meteonorm version 7.1.0 Handbook, (2013).

7. DesignBuilder Software. *DesignBuilder 3.0.0.105 User Manual.* UK: DesignBuilder Software Ltd, (2013).