

**Ağaçların Bina ile Olan Mesafesinin Dış Mekan Termal Konfor Üzerine Etkisi: Erzurum Kenti Örneği**Ayşegül AKSU <sup>1\*</sup>, Sevgi YILMAZ <sup>1</sup>, Başak ERTEM MUTLU<sup>1</sup>, Hasan YILMAZ<sup>1</sup>

**ÖZET:** Kentleşmeyle birlikte artan kentsel ısı adası etkisi sıcak iklim bölgelerinde yazın daha fazla serinletme, soğuk iklim bölgelerinde ise kışın daha fazla ısıtma talebiyle enerji kullanımının artmasına sebep olmuştur. Son yıllarda güneş enerjisinden en üst seviyede faydalanarak enerji tasarrufu sağlama, hava kirliliğini azaltmak için çözümler üretme, ısıtma ve soğutma maliyetlerini azaltmak için öneriler sunma ile ilgili birçok çalışma yapılmaktadır. Kentlerdeki yeşil alan varlığının fazla olması yansımaya azaltacağı için ısı adası etkisini de azaltmaktadır. Yapılan çalışmalarda genellikle ağaçların soğutma etkileri vurgulanmaktadır. Ancak soğuk iklim bölgeleri için ağaçların ortamın ısınmasına olan katkıları da incelenmelidir. Bu araştırma; yüksek rakım ve soğuk iklim şartlarının hakim olduğu Erzurum kentinde, yeni bir yerleşim alanı olan Yıldızkent mevkiinde bulunan bir site bahçesinde yürütülmüştür. Bu site 16 adet villadan oluşmaktadır. Bu alanda, çevresinde bitki örtüsü bulunan bir evin birinci katına, güney ve kuzey cephelere 2 adet meteorolojik veri ölçüm cihazı yerleştirilmiştir. Aralık 2017’de araştırma alanından 24 saatlik mikroiklim verileri kaydedilmiş olup, ortalama değerleri hazırlanan senaryolar için ENVI-met yazılım programı kullanılmıştır. Bu senaryolarda, binanın ağaçlar ile olan farklı mesafelerinin termal konfor üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Mesafeler; binaya bitişik, 2m ve 4m olarak belirlenerek, hangi senaryonun konforlu olduğu analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, ağaçlar ve bina arasındaki mesafe 2m olduğunda, ortamın sıcaklığının mevcut durumdan 9.2 °C daha sıcak olduğu belirlenmiştir. Verilere ait Tahmini Ortalama Oy (PMV) analizi ile insanlar tarafından hissedilir mevcut durum ve alternatif senaryolar için haritalar oluşturulmuştur. Sonuç olarak termal konforlu ve termal stresin olmadığı durum bitkilerin binaya 2m ve 4m aralıklarla dikildiği senaryolar olup, 0.2-0.3 °C PMV değeri belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Envi-met, PMV, soğuk şehirler, Erzurum, dış mekan termal konforu.

**Effect on Outdoor Thermal Comfort of the Distance Between the Building and The Trees: A Case Study Erzurum**

**ABSTRACT:** The increasing heat island effect caused by urbanization has led to an increase in energy demand. Often the cooling effects of trees are emphasized. However, the contribution of trees to the warming of the environment for cold climatic zones should also be examined. This research; In the city of Erzurum, where there are high altitude and cold climatic conditions, it was carried out in the site garden of Yıldızkent, a new settlement area. This site consists of 16 villas. On the ground floor of a house with existing plants, two meteorological data measuring devices were placed on the south and north sides. In December 2017, 24-hour microclimate data were recorded from the research area and the ENVI-met software program was used for scenarios with average values. In these scenarios, the effect of different distances of the building with trees on thermal comfort was investigated. Distances; adjacent to the building, 2m and 4m, the scenario was analyzed which was comfortable. According to the results of the analysis, when the distance between trees and building is 2m, the temperature of the environment is 9.2 °C warmer than the current situation. Estimated Average Votes (PMV) analysis of the data is used to create maps for current situation and alternative scenarios. As a result, thermal comfort and thermal stress are the scenarios in which the plants are planted at 2m and 4m intervals and 0.2-0.3 °C PMV value is determined.

**Keywords:** ENVI-met, PMV, cold cities, Erzurum, outdoor thermal comfort.

<sup>1</sup> Ayşegül AKSU (Orcid ID: 0000-0002-6720-0256), Sevgi YILMAZ (Orcid ID: 0000-0001-7668-5788), Başak ERTEM MUTLU (Orcid ID: 0000-0002-0394-4950), Hasan YILMAZ (Orcid ID: 0000-0003-3768-4760) Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Erzurum, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ayşegül AKSU, e-mail: aysegulaaksu@hotmail.com

Bu çalışmanın bir kısmı Eskişehir’de “Uluslararası Kentleşme ve Çevre Sorunları Sempozyumu: Değişim/Dönüşüm/Özgünlük 28-30 Haziran 2018 (ISUEP 2018 Anadolu Üniversitesi / Eskişehir)” tam metin bildiri olarak sunulmuştur.

## GİRİŞ

Kentleşmenin günümüzde her geçen gün daha hızlı artması toprağın fiziksel özelliklerinde, sıcaklıklarda ve diğer meteorolojik parametrelerde çok çeşitli değişiklikler meydana getirmiş, ayrıca küresel değişim ile birlikte çevre sorunlarında da büyük oranda artış olmuştur (Decker ve ark., 2000; Kolokotroni ve ark., 2006; Sarrat ve ark., 2006; Kjellstrom ve ark., 2009; Mirzaei ve Haghghat, 2010; Tian ve Qiao, 2014; Chen ve ark., 2016; Zittis ve ark., 2016; Daemei ve ark., 2018; Khalil ve ark., 2018). 1930'lardan, özellikle İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra köylerden kentlere göçün artması ile birlikte yerel iklim değişikliği ortaya çıkmıştır (Tang ve ark., 2010; Daemei ve ark., 2018).

Kentlerde iklim ile ilgili yapılan çalışmalar enerji tasarrufu, iklim değişikliği etkisini azaltmak ve kentlerdeki yaşanabilir ortamların sayısını artırmak için dış mekan termal konforu değerlendirilmektedir. Dış mekan termal konforu; insan, iklim ve kent bileşenlerinin ortak noktasıdır (Pedzara, 2016). İnsan termal konforu kavramında 3 ayrı yaklaşım vardır. Bunlar; psikolojik, termofizyolojik ve vücut ısı dengesi yaklaşımıdır (Höppe, 2002). İnsan termal konforuna etki eden faktörler; çevresel faktörler (hava sıcaklığı, rüzgar, havanın nispi nemi, güneş radyasyonu), kişisel faktörler (metabolik ısı, cilt sıcaklığı ve ıslaklığı, giysinin sarmalayıcı etkisi) ve ilave faktörlerdir (iklime alışma durumu, vücudun boy/kilo oranı, deri altı yağ tabakasının varlığı, yaş ve cinsiyet) (Höppe, 2002).

Yeşil alanların her geçen gün daha fazla tahrip edilmesi ve betonlaşmış geçirimsiz yüzeylerin artırılması, kentsel ısı adası oluşumunu da artırmaktadır (Daemei ve ark., 2018). Bu durumda yeşil alanların önemi ortaya çıkmaktadır. Yeşil alanlar, kentsel mekanların kalitesini arttırmak, gölgeleme ve buharlaşma yoluyla enerji tasarrufu yapmak, termal konforu iyileştirmek, ortamın sıcaklığını düzenlemek ve yazın daha serin kentsel alanlar oluşturmaktadır (Stemmers, 2003; Yezioro ve ark., 2006; Fahmy ve Sharples 2009; Lin ve ark., 2010; Shashua-Bar ve ark., 2010; Müller ve ark., 2014; Wang ve ark., 2014; Klemm ve ark., 2015).

Yeşil alanlar ile hava sıcaklığı düşüşü arasında doğrusal bir ilişki vardır (Lobaccaro ve Acero, 2015). Mevcut ağaç gölgelik örtüsünün %15 oranında artırılması, konut çevrelerinde ortalama 2.0 °C'ye kadar (yerel ölçekte) gündüz serinletme etkisi yaratabilmektedir (Middel ve ark., 2015). Ayrıca kentlerde, binaların soğutma talebini azaltarak enerjiden tasarruf sağlama açısından açık-yeşil alanlar büyük önem taşımaktadır (Huang ve ark., 1987; Akbari ve ark., 1997; Matsuoka ve Kaplan, 2008). Sacramento'da elektrik fatura verilerini analiz eden deneysel bir çalışmada, konut yapılarının güney ve batı kısımlarındaki ağaçların yaz aylarında enerji tüketimini % 5.2, kuzey tarafındaki ağaçların ise tüketimi % 1.5 oranında azalttığı tespit edilmiştir (Donovan ve Butry, 2009). Başka bir araştırma ise; bina etrafına bitki dikmenin ısıtma ve soğutma talebini azalttığını göstermektedir. Rüzgara karşı korunaklı alanlar oluşturacak şekilde konumlandırılan ağaçlar, kış aylarında daha düşük miktarda enerji harcanmasına ve ısıtma için gerekli olan enerjiden az da olsa tasarruf edilmesine olanak sağlamaktadır (Huang ve ark., 1990). Ayrıca başka bir çalışma ise, sıcak ve nemli iklime sahip Florida kentinde hüküm süren rüzgara göre dikkatlice yerleştirilen ağaçların yaz aylarında soğutma enerjisi gereksinimini %50 oranında azalttığını göstermektedir (Parker, 1983).

Çalışma; Erzurum kentinde 16 adet villanın bulunduğu bir sitede yürütülmüştür. Soğuk iklim koşullarına sahip olan kentte kış aylarında enerji tüketimi ve buna bağlı olarak çevre sorunları daha da artmaktadır. Bu sebeple çalışma kış ayını temsilen 2017 yılının Aralık ayında yapılmıştır. Çalışmanın amacı; soğuk iklim bölgelerinde, ağaçların binaya ile olan uzaklıklarının termal konfor üzerindeki etkisini anlamaktır. 3 farklı senaryonun etkisini analiz etmek için ENVI-met yazılım programı kullanılmıştır. Ayrıca ortamın insanlar tarafından nasıl hissedildiğini ortaya koymak amacıyla termal

konfor verileri ile PMV haritaları hazırlanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda önerilerde bulunulmuştur.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma; ekstrem iklim koşullarına sahip, etrafı dağlarla çevrili, çanak şeklinde ovada bulunan Erzurum kentindeki Yıldızkent mevkiinde 16 adet villadan oluşan bir site bahçesinde yürütülmüştür (Şekil 1).



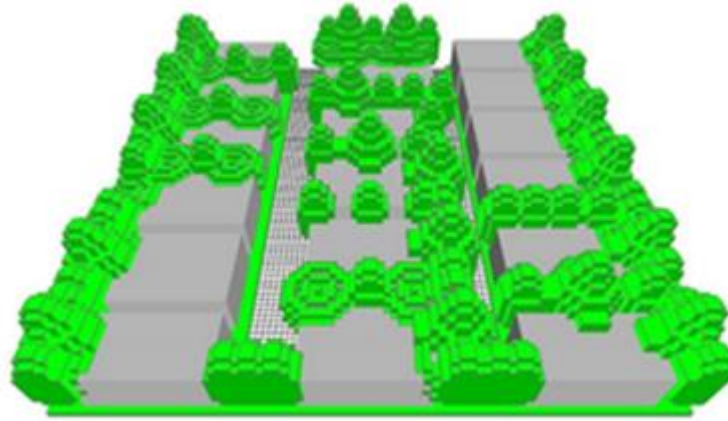
Şekil 1. Çalışma alanı konum haritası

Yapılan bu çalışmada Yıldızkent'deki bir sitede seçilen bir evin, kuzey ve güney cephelerine, uçları dışarıda ve içeride kalacak şekilde yerleştirilen iki adet cihaz kullanılarak meteorolojik veriler kaydedilmiştir. Ölçümlerde WS300 termometre kullanılmıştır (Şekil 2). Ulaşılan verilerle mevcut durum ve alternatif senaryolar için ENVI-met ile sıcaklık ve PMV haritaları oluşturularak yorumlanmıştır.



Şekil 2. Çalışma alanı ölçüm cihazları

ENVI-met, bir alandaki sıcaklığı ve termal konforu analiz eden bir iklim yazılımıdır. Ölçüm alınan hava verilerini (sıcaklık, bağıl nem, rüzgar hızı, rüzgar yönü) analiz etmeye yarayan ENVI-met modeli Bruse ve Fleer, 1998 tarafından geliştirilmiştir. Yazılım, termal konforlu alan belirleme çalışmalarında son beş yılda yurtdışı araştırmaların %77'sinde yaygın olarak kullanılmıştır (Tsoka ve ark., 2018). Bu program x-y-z koordinatlarından oluşan gridlere sahiptir. ENVI-met, yatay olarak 0.5-10 m arasında çözünürlükte çalışmaktadır. Yazılım, oluşturulan farklı senaryoları analiz etme olanağı ile avantajlıdır (Yang ve ark., 2013; Lobaccaro ve Acero, 2015). ENVI-met 3D arayüz görüntüsü Şekil 3'de verilmiştir. Bu modelde saatlik veriler kullanılmaktadır. 24 saatlik veriler günlük ya da ortalama değerler girilebilmektedir. Yerden 1.5m yükseklikte, ölçüm cihazıyla sıcaklık (°C), nem (%) ve rüzgar (m/s) değeri girilerek 1 ay boyunca alınan ölçümlerin 24 saatlik ortalaması olacak şekilde analizler oluşturulmaktadır. Bu veriler, ölçümler dışında Meteoroloji Genel Müdürlüğünden de sağlanabilmektedir.



Şekil 3. Çalışma alanı ENVI-met 3D modeli

Yerel mikro iklim şartlarını ve insan termal algılarını birbirine bağlayarak insan termal konfor seviyesini tanımlamak için bir dizi biyometeorolojik endeks geliştirilmiştir (Anonim, 2004). Bu tür endekslerin büyük bir grubu, kararlı durum modelleridir. Bu modeller, insanların iklimsel bir ortamda kalmasının zamanla termal dengeye ulaşmalarını ve enerji dengesi denklemlerine sayısal çözümler sağladığı varsayımına dayanmaktadır. Nagano ve Horikoshi (2011), bu kategorideki endekslerin ana temalarını özetleyerek sunmuştur. Fanger, 1970 en yaygın kullanılan endekslerden biri olan Tahmini Ortalama Oy (Predicted Mean Vote-PMV) olarak isimlendirilen, insanların çoğunluğunun ortalama termal konfor tepkisi öngören bir analizdir (Çizelge 1). İlk olarak bir iç mekan termal konfor endeksi olarak geliştirilen PMV (Nikolopoulou ve ark., 2001; Thorsson ve ark., 2004), geniş bir grup insanın araştırıldığı dış mekan termal konfor çalışmalarında da yaygın olarak kullanılmaktadır (Cheng ve ark., 2010; Johansson ve ark., 2014; Yılmaz ve ark., 2018).

Çizelge 1. Hissedilen Termal Konfor indeks değerleri (PMV) (Matzarakis ve ark., 1999)

Pmv (°C)	Isıl Algıma	Fizyolojik stres derecesi
< (-3.5)	Çok soğuk	Aşırı soğuk stresi
(-3.4) – (-2.5)	Soğuk	Güçlü soğuk stresi
(-2.4) – (-1.5)	Serin	Orta soğuk stresi
(-1.4) – (-0.5)	Hafif serin	Hafif soğuk stresi
(-0.4) – (0.5)	Konforlu	Termal stres yok
(0.6) – (1.5)	Hafif ılıman	Hafif sıcaklık stresi
(1.6) – (2.5)	Ilıman	Orta sıcaklık stresi
(2.6) – (3.5)	Sıcak	Güçlü sıcaklık stresi
(3.5) <	Çok sıcak	Aşırı sıcaklık stresi

Çalışma alanından Aralık 2017 boyunca kuzey ve güney cephelerden 24 saatlik meteorolojik veriler kaydedilmiş ve bilgisayar programına iki cepheninde ortalamaları alınarak 24 saatlik tek veri olarak girilmiştir. ENVI-met bilgisayar modeli yukarıda da bahsedildiği gibi yalnızca mevcut durumu değil alternatif senaryoları da analiz edebilmektedir. Böylece senaryoların analizi, daha sonra oluşabilecek sıkıntılı durumları önceden görme fırsatını da sunmaktadır. ENVI-met yazılım programında elde edilen veriler değerlendirilerek, önce mevcut durum daha sonrada hazırlanan 3 farklı senaryo analiz edilmiştir. Bunlar;

Mevcut Durum Analizi: Villa bahçelerindeki mevcut durum

- 1.Senaryo: Villa bahçelerindeki bitkilerin binaya bitişik olması,
- 2.Senaryo: Villa bahçelerindeki bitkilerin binaya 2m uzaklıkta olması,
- 3.Senaryo: Villa bahçelerindeki bitkilerin binaya 4m uzaklıkta olması.

## BULGULAR

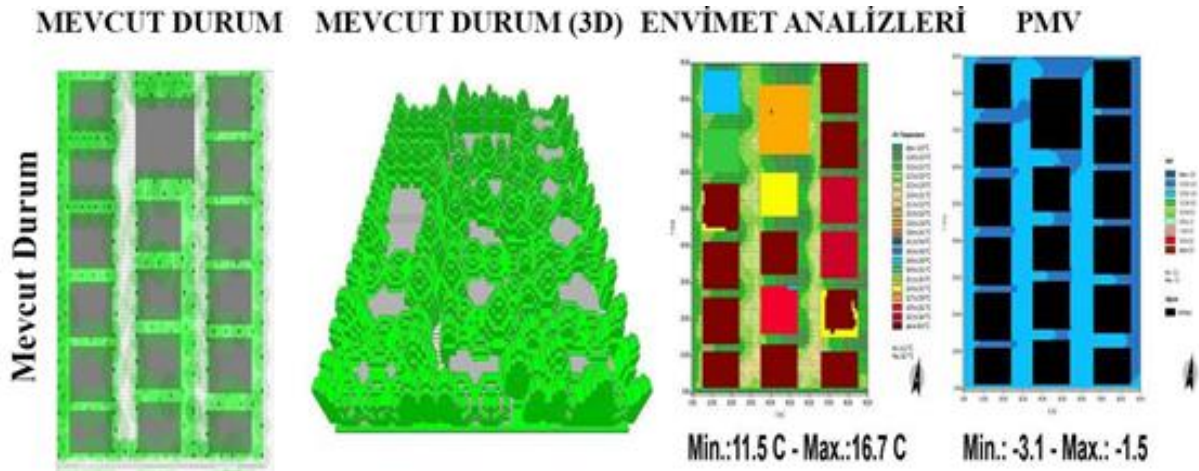
Ortalama değerleri alınarak 24 saatlik olarak hazırlanan verilerin tamamı ENVI-met bilgisayar modeline girilmiştir. Mevcut ve hazırlanan üç farklı senaryoda ENVI-met modeli uygulanmıştır. Sonuçlar aşağıda verilmiştir.

### ENVI-met ve PMV (Predicted Mean Vote) Analizleri

Araştırma alanı ve öneri senaryolar için sırası ile ENVI-met ve PMV analizleri yapılmıştır.

#### Mevcut durum analizi

Villa bahçelerindeki mevcut bitkiler programda işlenmiştir. Yapılan analizlerde mevcut durum sıcaklığı 11.5-16.7 °C arasındadır (Şekil 4). Alandaki binaların yüzey sıcaklığı ve binalar arası bahçelerin yüzey sıcaklığı Çizelge 2’de verilmiştir. Yapılan PMV analizleri sonucundaki değer aralığı ise -3.1 (ısı algılma: soğuk) ile -1.5 (ısı algılma: serin) arasında çıkmıştır (Şekil 4) (Çizelge 2).



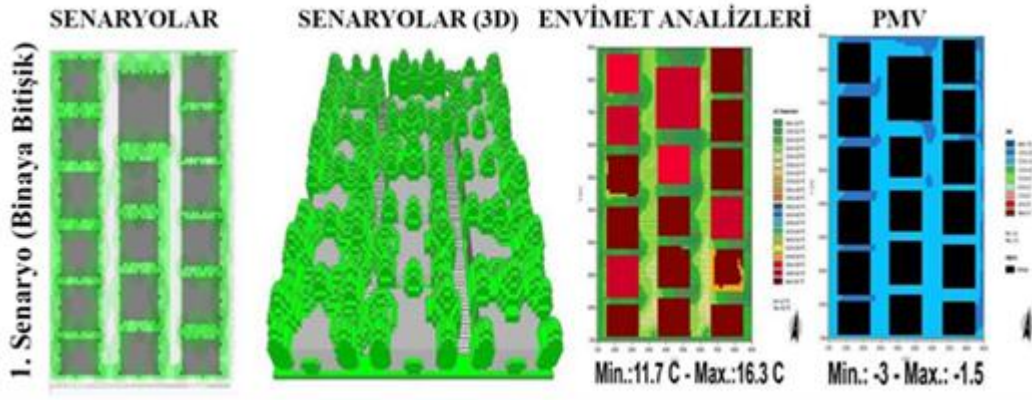
Şekil 4. Bina bahçelerindeki mevcut bitki durumunun ENVI-met ve PMV analizleri

Çizelge 2. Mevcut durum ve senaryoların analiz sonuçları

Senaryolar	Mevcut Durum Sıcaklığı (°C)	Mevcut Durum Ortalama Sıcaklığı(°C)	Binalar Arası Bahçelerin Sıcaklığı (°C)	Binalar Arası Bahçelerin Ortalama Sıcaklığı (°C)
Mevcut durum	11.5-16.7	14.1	11.8- 12.8	12.3
1.Senaryo (Bitkiler binaya bitişik)	11.7-16.3	14.0	11.9- 12.9	12.4
2.Senaryo (Bitkiler binaya 2m uzaklıkta)	14.6-28.4	21.5	15.3- 27.7	21.5
3.Senaryo (Bitkiler binaya 4m uzaklıkta)	10.5-19.7	15.1	10.9- 19.3	15.1

### 1. Senaryo ENVI-met ve PMV analizleri

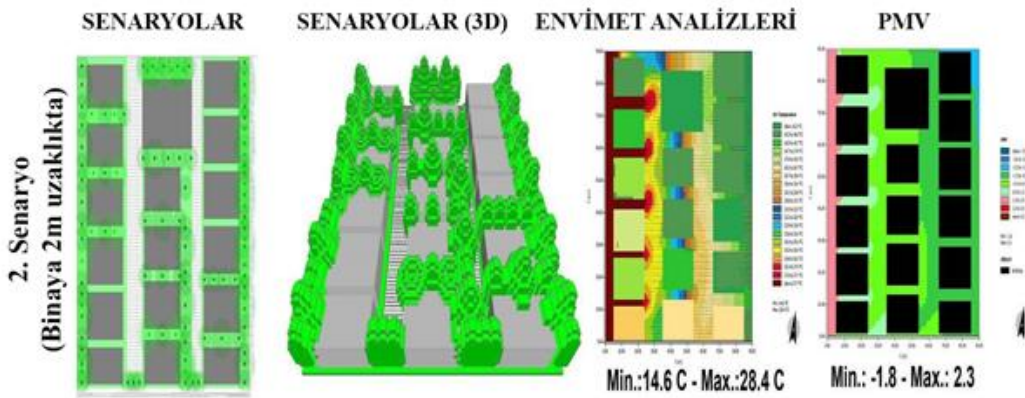
Site bahçelerinde bitkilerin binaya bitişik şekilde tasarlanması durumunda yapılan analizlerde, mevcut durum sıcaklığı 11.7-16.3 °C arasında bulunmuştur (Şekil 5). Alandaki binaların yüzey sıcaklığı ve binalar arasındaki bahçenin sıcaklığı Çizelge 1’de verilmiştir. Yapılan PMV analizi sonucundaki değer aralığı ise -3.0 (ısı algılma: soğuk) ile -1.5 (ısı algılma: serin) arasında çıkmıştır (Şekil 5) (Çizelge 2).



Şekil 5. Bitkilerin binaya bitişik olduğu durumdaki ENVI-met ve PMV analizleri

### 2. Senaryo ENVI-met ve PMV analizleri

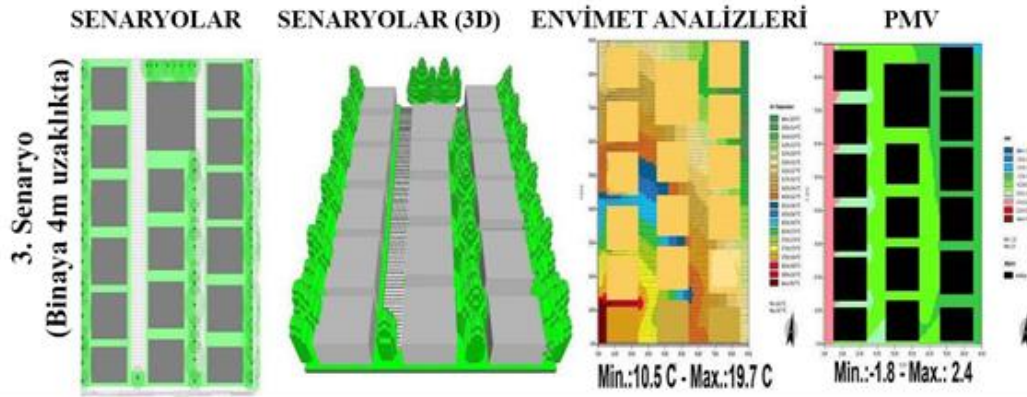
Site bahçelerinde bitkilerin binaya 2m uzaklıkta tasarlanması durumunda yapılan analizlerde, mevcut durum sıcaklığı 14.6-28.4 °C bulunmuştur (Şekil 6). Alandaki binaların yüzey sıcaklığı ve binalar arasındaki bahçe sıcaklığı Çizelge 1’de verilmiştir. Yapılan PMV analizi sonucundaki değer aralığı ise -1.8 (ısı algılma: serin) ile 2.3 (ısı algılma: ılıman) arasında çıkmıştır (Şekil 6) (Çizelge 3).



Şekil 6. Bitkilerin binaya 2m uzaklıkta olduğu durumdaki ENVI-met ve PMV analizleri

### 3. Senaryo ENVI-met ve PMV analizleri

Site bahçelerinde bitkilerin binaya 4m uzaklıkta tasarlanması durumunda yapılan analizlerde, mevcut durum sıcaklığı 10.5-19.7 °C çıkmıştır (Şekil 7). Binaların yüzey sıcaklığı ve binalar arasındaki bahçenin yüzey sıcaklığı Çizelge 1’de verilmiştir. Yapılan PMV analizi sonucundaki değer aralığı ise -1.8 (ısı algılma: serin) ile 2.3 (ısı algılma: ılıman) arasında çıkmıştır (Şekil 7) (Çizelge 2).



Şekil 7. Bitkilerin binaya 4m uzaklıkta olduğu durumdaki ENVI-met ve PMV analizleri

Elde edilen verilere göre insanlar tarafından hissedilen PMV termal konfor değerleri Çizelge 3’de verilmiştir. PMV değerleri yurt dışı çalışmalarda kullanılan Çizelge 1’deki verilere göre yorumlanmıştır.

Çizelge 3. Mevcut durum ve senaryoların PMV analizlerinin değerlendirilmesi

Senaryolar	Min. Değer(°C)	Max. Değer(°C)	Ortalama (°C)
Mevcut durum	-3.1	-1.5	-2.3
1.Senaryo (Bitkiler binaya bitişik)	-3.0	-1.5	-2.2
2.Senaryo (Bitkiler binaya 2m uzaklıkta)	-1.8	2.3	<b>0.2</b>
3.Senaryo (Bitkiler binaya 4m uzaklıkta)	-1.8	2.4	<b>0.3</b>

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan senaryo analizleri sonucunda, kış ayı için en ideal sıcaklık değeri 2. Senaryodan elde edilmiştir. Mevcut durum ile ağaçların binaya 2m mesafede olduğu, yani 2. Senaryo arasında, Aralık ayında 9.2 °C sıcaklık farkı bulunmuştur. Bu değer oldukça yüksek olup, özellikle kış aylarında binaların ısınma amaçlı enerji tüketimini de olumlu etkileyecektir. Nitekim bu alanda yapılan benzer çalışmalarda da senaryolarda kullanılan ağaçların yüksekliği (Balogun ve ark., 2014; Tan ve ark., 2016), dikim düzeni (Milošević ve ark., 2017) ve gölge mekanı oluşturmasının (Wang ve ark., 2016) ortamın sıcaklığını ve termal konforu etkilediği yönünde sonuçlar bulunmuştur. Araştırmacılar; mekanda bulunan ağaç ve bitki örtüsünün; ortamın sıcaklığını, nemini, güneş radyasyonu ve termal konfor değerini iyileştirdiğini doğrulamaktadır (Balczó ve ark., 2009; Erell ve ark., 2012; Irmak ve ark., 2018). Bu çalışmada, bitkilerin bina ile olan mesafesinin ayarlanması ile kış aylarında daha sıcak bir ortam oluşturularak mikroklimaya olumlu etki ettiği görülmüştür. Yine kış ayları için bitkilerin binaya 4m uzaklıkta dikildiği senaryoda ise, sonuç mevcuda göre 2.8°C daha sıcak çıkmıştır. Genel olarak sıcaklık analizi sonuçlarına bakıldığında, bitkilerin binaya 2m uzaklıkta olması mikroklima etkisini arttırdığı için kış aylarında en uygun öneri olarak tespit edilmiştir. Bunun sebebi, bina etrafındaki bitkiler şemsiye etkisi ile ısının dağılmadan orada kalmasına olanak sağlamaktadır. Binanın etrafında bulunan ağaçlar rüzgar sirkülasyonunu engelleyerek veya azaltarak ortamın sıcaklığını muhafaza etmeye yardımcı olmaktadır (Yılmaz ve ark., 2017; Sarı 2019). Nitekim bu çalışmada da ağaçlar binaya 2m yaklaştığında ortamın sıcaklık değeri korunmaktadır.

Ortamın insanlar tarafından hissedilen dış mekan termal konfor açısından PMV analizlerine bakıldığında ise, bitkilerin binaya 2m ve 4m mesafede olduğu senaryolar en konforlu ve termal stresin olmadığı aralık olarak belirlenmiştir. Sıcaklık analizlerinde sadece ortamın sıcaklığı esas alınırken, PMV analizlerinde temel faktörler, kişisel faktörler ve çevresel faktörler esas alınmaktadır. Bu faktörler birbirinden bağımsızdır. Her birinin ısı konforu üzerinde etkisi bulunmaktadır. Ortamın termal konforunu etkileyen çevresel faktörler ise; hava sıcaklığı, hava hızı, ortalama ısınma sıcaklığı, rüzgar, bulutluluk ve bağıl nemdir. Kişisel faktörler ise; giysi ve aktivitedir (Toy ve Yılmaz, 2010; Ekici, 2013; Gao ve ark., 2015). Çizelge 2 ve Çizelge 3’de görüldüğü gibi bitkiler ile bina arasındaki mesafe arttıkça ortamın sıcaklığı düşmektedir. Bunun nedeni mesafenin artması ile birlikte rüzgar hareketliliğinin olması ve ortamın sıcaklığını düşürmesi olarak görülmüştür.

Kış kentlerinde ağaçların rüzgarı engellemesi veya hızını kesmesi ortamın sıcaklığını düzenlemede olumlu katkı sağlamaktadır. Mekanın peyzaj tasarımları ortamın mikroiklim değerleri dikkate alınarak hazırlanırsa, termal konforu iyileştirme etkisine sahip olduğu görülmektedir. Özellikle kentsel yenileme ve dönüşüm alanlarında tasarımda mutlaka çalışma alanının doğal özellikleri ön planda tutulmalı ve bitkisel tasarıma ona göre yön verilmelidir. Bu alanda farklı meslek disiplinlerinin bir arada çalışması yaşanabilir kentleşme ve kent insanının termal konforunun sağlanması açısından oldukça önemlidir.

## KAYNAKLAR

- Akbari H, Kurn DM, Bretz SE, Hanford JW, 1997. Peak power and cooling energy savings of shade trees. *Energy and Buildings*, 25(2): 139-148.
- Anonymous, 2004. Task Committee on Outdoor Human Comfort of the Aerodynamics, Committee of the American Society of Civil Engineers. *Outdoor human comfort and its assessment: State of the art*. Reston, VA: American Society of Civil Engineers.
- Balczó M, Gromke C, Ruck B, 2009. Numerical modeling of flow and pollutant dispersion in street canyons with tree planting. *Meteorologische Zeitschrift*, 18(2): 197-206.
- Balogun AA, Morakinyo TE, Adegun OB, 2014. Effect of tree-shading on energy demand of two similar buildings. *Energy and buildings*, 81, 305-315.
- Bruse M, Fleer H, 1998. Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. *Environmental modelling & software*, 13:(3-4), 373-384.
- Chen K, Zhou L, Chen X, Ma Z, Liu Y, Huang L, Kinney PL, 2016. Urbanization level and vulnerability to heat-related mortality in Jiangsu Province. *China. Environmental health perspectives*, 124 (12): 1863-1869.
- Cheng V, Ng E, Chan C, Givoni B, 2012. Outdoor thermal comfort study in a sub-tropical climate: a longitudinal study based in Hong Kong". *International journal of biometeorology*, 56 (1): 43-56.
- Daemei AB, Azmoodeh M, Zamani Z, Khotbehsara EM, 2018. Experimental and simulation studies on the thermal behavior of vertical greenery system for temperature mitigation in urban spaces". *Journal of Building Engineering*, 20, 277-284.
- Decker EH, Elliott S, Smith FA, Blake DR, Rowland FS, 2000. Energy and material flow through the urban ecosystem. *Annual review of energy and the environment*, 25.
- Donovan GH, Butry DT, 2009. The value of shade: Estimating the effect of urban trees on summertime electricity use. *Energy and Buildings*, 41(6): 662-668.
- Ekici C, 2013. PMV Metodu ile Isıl Konfor Ölçümü ve Hesaplanması. VIII. Ulusal Ölçüm Bilim Kong, Gebze/Kocaeli, Türkiye. 26-28 Eylül 2013.
- Erell E, Pearlmutter D, Williamson T, 2012. *Urban microclimate: designing the spaces between buildings*. Routledge.
- Fahmy M, Sharples S, 2009. On the development of an urban passive thermal comfort system in Cairo, Egypt. *Building and Environment*, 44(9): 1907-1916.
- Fanger PO, 1970. *Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering*. Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering.
- Gao J, Wang Y, Wargocki P, 2015. Comparative analysis of modified PMV models and SET models to predict human thermal sensation in naturally ventilated buildings. *Building and Environment*, 92, 200-208.
- Huang YJ, Akbari H, Taha H, 1990. The wind-shielding and shading effects of trees on residential heating and cooling requirements. *Proc. American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers*.
- Höppe, P, 2002. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and buildings*, 34(6), 661-665.
- Irmak A, Yilmaz S, Mutlu E, Yılmaz H, 2018. Assessment of the effects of different tree species on urban microclimate. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(16): 15802-15822.
- Johansson E, Thorsson S, Emmanuel R, Krüger E, 2014. Instruments and methods in outdoor thermal comfort studies-The need for standardization. *Urban climate*, 10: 346-366.



- Khalil HA, EE, Ibrahim A, Elgendy N, Makhlof N, 2018. Could/should improving the urban climate in informal areas of fast-growing cities be an integral part of upgrading processes? Cairo case. *Urban climate*, 24: 63-79.
- Kjellstrom T, Holmer I, Lemke B, 2009. Workplace heat stress, health and productivity—an increasing challenge for low and middle-income countries during climate change. *Global health action*, 2(1): 2047.
- Klemm W, Heusinkveld BG, Lenzholzer S, Jacobs M H, Van Hove B, 2015. Psychological and physical impact of urban green spaces on outdoor thermal comfort during summertime in The Netherlands. *Building and Environment*, 83, 120-128.
- Kolokotroni M, Giannitsaris I, Watkins R, 2006. The effect of the London urban heat island on building summer cooling demand and night ventilation strategies. *Solar Energy* 80(4), 383-392.
- Lin TP, Matzarakis A, Hwang RL, 2010. Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. *Building and environment*, 45(1): 213-221.
- Lobaccaro G, Acero JA, 2015. Comparative analysis of green actions to improve outdoor thermal comfort inside typical urban street canyons. *Urban Climate*, 14, 251-267.
- Matsuoka RH, Kaplan R, 2008. People needs in the urban landscape: analysis of landscape and urban planning contributions. *Landscape and urban planning*, 84(1): 7-19.
- Matzarakis A, Mayer H, Iziomon MG, 1999. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *International journal of biometeorology*, 43(2): 76-84.
- Middel A, Chhetri N, Quay R, 2015. Urban forestry and cool roofs: Assessment of heat mitigation strategies in Phoenix residential neighborhoods. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(1): 178-186.
- Milošević DD, Bajšanski IV, Savić SM, 2017. Influence of changing trees locations on thermal comfort on street parking lot and footways. *Urban forestry & urban greening*, 23, 113-124.
- Mirzaei PA, Haghighat F, 2010. Approaches to study urban heat island—abilities and limitations. *Building and Environment*, 45(10): 2192-2201.
- Müller N, Kuttler W, Barlag AB, 2014. Counteracting urban climate change: adaptation measures and their effect on thermal comfort. *Theoretical and applied climatology*, 115(1-2): 243-257.
- Nagano K, Horikoshi T, 2011. New index indicating the universal and separate effects on human comfort under outdoor and non-uniform thermal conditions. *Energy and Buildings*, 43(7): 1694-1701.
- Nikolopoulou M, Baker N, Steemers K, 2001. Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. *Solar energy*, 70 (3): 227-235.
- Parker JH, 1983. Landscaping to reduce the energy used in cooling buildings. *Journal of Forestry*, 81(2): 82-105.
- Tapias Pedraza, E. 2016. Climate-sensitive Urban Adaptation: Analysis of Qualitative and Quantitative Data of Outdoor Thermal Comfort in Barranquilla, Colombia (Doctoral dissertation, ETH Zurich).
- Sarı EN, 2019. Hava Kirliliği ve Konut Dokusu Arasındaki İlişkinin Analizi: Erzurum Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye (Basılmış).
- Sarrat C, Lemonsu A, Masson V, Guedalia D, 2006. Impact of urban heat island on regional atmospheric pollution. *Atmospheric Environment*, 40 (10): 1743-1758.
- Shashua-Bar L, Potchter O, Bitan A, Boltansky D, Yaakov Y, 2010. Microclimate modelling of street tree species effects within the varied urban morphology in the Mediterranean city of Tel Aviv. Israel. *International Journal of Climatology*, 30 (1): 44-57.
- Steemers K, 2003. Energy and the city: density, buildings and transport. *Energy and buildings*, 35 (1): 3-14.
- Tan Z, Lau KKL, Ng E, 2016. Urban tree design approaches for mitigating daytime urban heat island effects in a high-density urban environment. *Energy and Buildings*, 114, 265-274.
- Tang Z, Brody SD, Quinn C, Chang L, Wei T, 2010. Moving from agenda to action: evaluating local climate change action plans”. *Journal of environmental planning and management*, 53(1): 41-62.
- Thorsson S, Lindqvist M, Lindqvist S, 2004. Thermal bioclimatic conditions and patterns of behaviour in an urban park in Göteborg, Sweden. *International Journal of Biometeorology*, 48(3): 149-156.

- Tian G, Qiao Z, 2014. Assessing the impact of the urbanization process on net primary productivity in China in 1989–2000. *Environmental pollution*, 184, 320-326.
- Toy S, Yılmaz S, 2010. Thermal sensation of people performing recreational activities in shadowy environment: a case study from Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 101 (3-4): 329-343.
- Tsoka S, Tsikaloudaki A, Theodosiou T, 2018. Analyzing the ENVI-met microclimate model's performance and assessing cool materials and urban vegetation applications-a review. *Sustainable Cities and Society*, 43: 55-76.
- Wang Y, Akbari H, 2016. The effects of street tree planting on Urban Heat Island mitigation in Montreal. *Sustainable Cities and Society*, 27, 122-128.
- Wang Y, Bakker F, De Groot R, Wörtche H, 2014. Effect of ecosystem services provided by urban green infrastructure on indoor environment: A literature review. *Building and environment*, 77, 88-100.
- Yang X, Zhao L, Bruse M, Meng Q, 2013. Evaluation of a microclimate model for predicting the thermal behavior of different ground surfaces. *Building and Environment*, 60, 93-104.
- Yezioro A, Capeluto I. G, Shaviv E, 2006. Design guidelines for appropriate insolation of urban squares. *Renewable energy*, 31(7): 1011-1023.
- Yılmaz S, Mutlu E, Yılmaz H, 2018. Alternative Scenarios for Ecological Urbanizations Using Envi-Met Model. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(26), 26307–26321.
- Yılmaz S, Yılmaz H, Irmak MA, Kuzulugil AC, Koç A, 2017. Effects of Urban *Pinus sylvestris* (L.) Plantation Sites on Thermal Comfort. *GREEN CITIES 2017 International Symposium on greener cities for more efficient ecosystem services in a climate changing world*, Bologna, Italy, 12-15 September 2017.
- Zittis G, Hadjinicolaou P, Fnais M, Lelieveld J, 2016. Projected changes in heat wave characteristics in the eastern Mediterranean and the Middle East. *Regional Environmental Change*, 16(7): 1863-1876.