



Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<https://dergipark.org.tr/pub/yyufbed>



Araştırma Makalesi

Dış Mekân Gölgeleme Elemanlarının Termal Konfor Koşullarına Etkilerinin Değerlendirilmesi

Fatih CANAN, Hande Büşra GEYİKLİ*

Konya Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 42150, Konya, Türkiye
Fatih CANAN, ORCID No: 0000-0003-4469-1993, Hande Büşra GEYİKLİ, ORCID No: 0000-0003-2970-9921

*Sorumlu yazar e-posta: hbkobyaa@ktun.edu.tr

Makale Bilgileri

Geliş: 06.12.2022
Kabul: 23.02.2023
Online Ağustos 2023

DOI:10.53433/yyufbed.1215174

Anahtar Kelimeler

Gölgeleme elemanları,
PET,
Termal konfor

Öz: Çalışmada, kent ortamında mikroklimayı ve kullanıcının termal konfor koşullarını yaz döneminde iyileştirmede önemli fonksiyonu olan gölgeleme elemanları ele alınmakta ve Selçuk Üniversitesi yerleşkesinde altı farklı alanda seçilmiş olan doğal ve yapay gölge elemanlarının dış ortam termal konfor koşullarına etkilerinin ortaya konması amaçlanmaktadır. Tipik bir yaz gününde, bu mekânlarda gölgeleme elemanlarının dış ortam termal konfor koşullarına etkisinin belirlenmesi için kısa süreli yerinde mikro-meteorolojik ölçümler yapılmıştır. Mikro-meteorolojik ölçümlerle; anlık hava sıcaklığı (T_a , °C), bağıl nem (RH, %), rüzgâr hızı (WS, m/sn) ve ortalama radyant sıcaklık (MRT, °C) değerleri gün içindeki en yüksek sıcaklık değerlerine sahip 13:30-15:30 saat aralığında belirlenmiştir. Gölgeleme elemanlarının altında ve yakınlarında elde edilecek mikro-meteorolojik değerler kıyaslanarak gölgeleme elemanlarının, mikroklimaya ve dış ortam termal konfor koşullarına olan etkisi tartışmaya açılmıştır. Dış ortam termal konfor koşulları bu çalışmada PET (Fizyolojik eşdeğer sıcaklık) indisi ile hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda en iyi termal konfor koşulları sağlayan gölge elemanlarının Amerikan sarmaşığı ve söğüt ağacı olduğu saptanmıştır.

Evaluation of the Outdoor Shading Devices Effects on Thermal Comfort Conditions

Article Info

Received: 06.12.2022
Accepted: 23.02.2023
Online August 2023

DOI:10.53433/yyufbed.1215174

Keywords

PET,
Shading devices,
Thermal comfort

Abstract: In the study, shading elements, which have an important function in improving the microclimate in the urban environment and the thermal comfort conditions of the user in the summer period, are discussed. It is aimed to reveal the effects of natural and artificial shade elements selected in six different areas on the outdoor thermal comfort conditions in the Selçuk University campus. On a typical summer day, short-term in situ micro-meteorological measurements were made to determine the effect of shading elements on outdoor thermal comfort conditions in these spaces. With micro-meteorological measurements, air temperature (T_a , °C), relative humidity (RH, %), wind speed (WS, m/sn) and mean radiant temperature (MRT, °C) values were determined between 13:30-15:30 hours, which has the highest temperature values during the day. By comparing the micro-meteorological values to be obtained under and near the shading elements, the effect of shading elements on the microclimate and outdoor thermal comfort conditions has been discussed. Outdoor thermal comfort conditions were calculated with PET (physiological equivalent temperature) index in this study. As a result of the study, it was determined that the shade elements that provide the best thermal comfort conditions are American ivy and willow tree.

1. Giriş

Özellikle son yıllarda yoğun kentleşmenin bir sonucu olarak ortaya çıkan kentsel ısı adası etkisi, kentliler için problemler oluşturmaktadır. Binalarda ısıtma ve soğutma için harcanan enerji, kaynakların yoğun kullanımı, yaşam kalitesinin düşmesi ve bunlara bağlı olarak insan sağlığının tehdit altına girmesi başlıca problemler olarak sıralanabilmektedir. Ne yazık ki yeryüzünde çoğu kent bu olumsuz iklimsel fenomenle karşı karşıyadır. Özellikle yapılaşma yoğunluklarının bilinçsizce artırıldığı kentlerde ısı adası etkisiyle mücadele etmek güçleşmektedir. İklim kuşağına ve kentlerin yapısal yoğunluklarına bağlı olarak ısı adasının etkisi değişkenlik gösterebilmektedir.

Sürdürülebilir kentsel planlama yaklaşımlarında kentsel ısı adası oluşumunun kontrol altına alınması ve bu etkinin azaltılmasına yönelik stratejilerin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Makro ölçekte kent içinde yapısal yoğunluklar, sert zemin ve yeşil doku yoğunluğu belli bir denge içinde tutulmaya çalışılmaktadır. Mevcut bir kent dokusunda müdahaleler yapılması hedeflendiğinde veya yeni kentsel alanların planlanması öngörüldüğünde, planlama-tasarım aşamalarında oluşabilecek mikroklimatik koşulların tahmin edilmesi önem arz etmektedir. Simülasyon programlarının kullanımı bu ön planlama/tasarım aşamalarında gerçeğe yakın bir şekilde, oluşması muhtemel mikroklimatik koşullar ile ilgili ön bilgiler elde edilebilmektedir (Noro & Lazzarin, 2015; Lyu ve ark., 2019; Fahed ve ark., 2020; Karimi ve ark., 2020; Jia & Wang, 2021; Salvati ve ark., 2022). Oluşacak mikroklima ile ilgili bilgi sahibi olabilmek ve kaba hatalardan kaçınabilmek için aynı kentte veya benzer iklim bölgesinde olan bir kentte yapılmış çeşitli bilimsel çalışmalardan da faydalanılabilmektedir. Bu çalışmaların bir kısmında, yapısal çevreyi oluşturan çeşitli parametrelerin kent iklimi üzerine olan etkileri ele alınmış olup, kent plancılara, mimarlara ve peyzaj mimarlarına çeşitli ipuçları verebilmektedir. Belirtilen bu kapsam içerisinde Oke tarafından, ortalama gökyüzü açıklık değerlerine (SVF) bağlı olarak kentsel ısı adası etkisinin belirlendiği çalışma, sunulacak iyi bir örnektir (Oke, 1987). Yine kent iklimi temalı bilimsel çalışmalarda, bilgi elde etme yöntemleri, yerinde kısa süreli mikro-meteorolojik ölçümler, uzun süreli meteorolojik ölçümler, uydu verileri veya yine simülasyon programları yardımı ile elde edilmektedir. Bu konuda son yıllarda geniş bir literatür oluşmuştur (de Moraes ve ark., 2017; Crank ve ark., 2018; Farhadi ve ark., 2019; Li ve ark., 2020).

Mevcut çalışmada, kent ortamında mikroklimayı ve kullanıcının termal konfor koşullarını yaz döneminde iyileştirmede önemli fonksiyonu olan gölgeleme elemanları ele alınmıştır. Hava sıcaklık değerlerinin yüksek seyrettiği yaz aylarında, kent sakinleri gölge alan kentsel dış mekânlarda vakit geçirmeyi tercih etmektedir. Kentsel dış mekânlar çeşitlilik gösterebilir; bunlar park, meydan, yaya yolu olabilir. Kent ortamında bu dış mekânlarda kullanıcı memnuniyeti; yer seçimi, işlev, estetik gibi çeşitli ölçütler yanında, bu mekânların sundukları termal çevreye de bağlıdır (Canan ve ark., 2019).

Dış mekânların gölgelendirilmesi, ağaç ve çeşitli bitkilerle doğal bir şekilde sağlanabileceği gibi yapay bir şekilde de sağlanabilmektedir. Yapay gölgeleme; bina cepheleri, ahşap, tekstil, cam, polikarbon, metal veya betonarme gibi malzemelerden üretilmiş elamanlarla sağlanabilmektedir. Kanopi olarak da adlandırılabilen gölgeleme elemanlarının, mikroklimayı ve dolayısıyla da termal konforu iyileştirme etkisi, yakın çevrenin fiziksel özelliklerine de bağlıdır. Zemin döşeme malzemesinin özellikleri, kanopinin boyutu, belli bir noktadan gökyüzü açıklık değerleri (SVF) ve konumlandırma gibi temel parametreler mikroklimatik koşulları etkilemektedir. Bu çalışmada iki türden kanopi ele alınmıştır.

1-Ağaç ve bitkisel unsurdan oluşan doğal kanopiler.

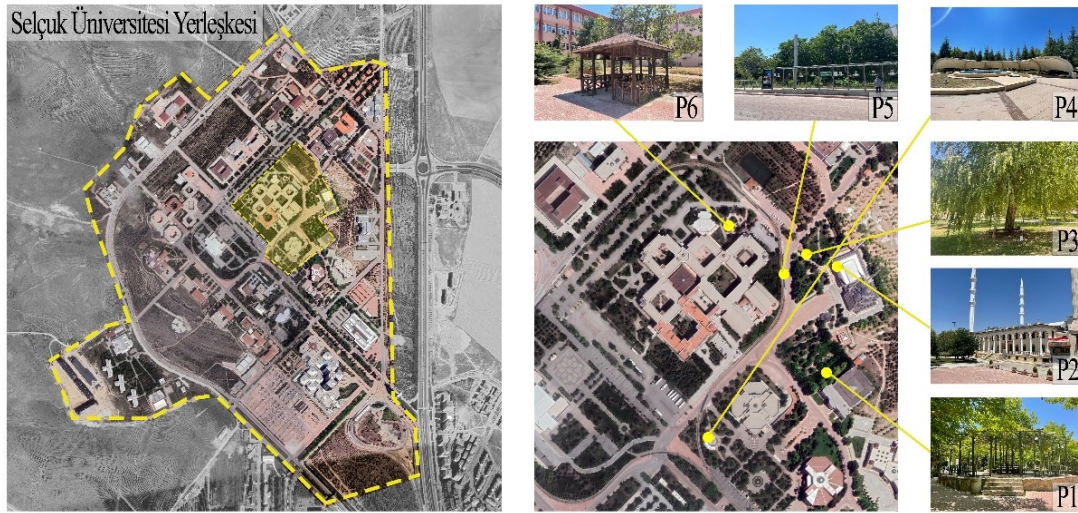
2-Çeşitli malzemelerle üretilmiş yapay kanopiler.

Gölgeleme elemanı türünün seçiminde, kentsel mekânın sunduğu olanaklar etkili olmaktadır. Ağaç ve çeşitli bitkilerle sağlanan doğal gölgeleme olanakları, kentin içinde yer aldığı iklimsel kısıtlar ve doğal koşullara göre şekillenmektedir. Yine dış mekânın kent içindeki yeri, alanı ve kullanım özellikleri de gölgeleme elemanı türünün seçiminde dikkate alınmaktadır.

Çalışmada, Selçuk Üniversitesi yerleşkesi içinde bulunan 6 farklı gölgeleme elemanının, gölgeleme elemanı altında ve gölgeleme elemanı dışında yapılan mikro-meteorolojik ölçümler ile termal konfora etkisinin tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Aynı zamanda, dış ortamda yer alan gölge mekânlarının termal çevrelerini ne şekilde değiştirebilecekleri konusunda bilgilerin elde edilmesi hedeflenmektedir. Elde edilecek bu bilgilerin benzer tasarımlarda yol gösterici olabileceği düşünülmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

Farklı özellikteki gölgeleme elemanlarının dış mekân termal konfor koşullarına etkilerinin belirlenmesi amacıyla Konya’da bulunan Selçuk Üniversitesi Yerleşkesi içinde 6 farklı alan seçilerek mikro-meteorolojik ölçümlere dayalı bir çalışma yürütülmüştür. Seçilen bu alanlardan ilki (P1), ahşap strüktür ve Amerikan sarmaşıkları ile kaplı olan Bilmer Parkı içindeki oturma-dinlenme alanıdır. Bu alanda ahşap strüktür ve sarmaşıkların gölgeleme etkisi ortaya konulmuştur. 2. alan (P2), hemen Bilmer Parkı yanında yer alan, üniversitenin sıklıkla kullandığı Üniversite Cami revaklarıdır. Bu revaklar özellikle namaz vakitlerinde cami iç mekânı dışında da sıklıkla kullanılan betondan yapılmış, gölge alan sağlayan yarı açık bir mekândır. 3. alan (P3), caminin yanında yer alan park içindeki bir söğüt ağacının altıdır. Bu ağaç altında oturma birimleri yer almakta ve üniversiteli tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. Bu bölgede hem üst örtü hem de zemin yeşil dokudan oluşmaktadır. 4. alan (P4), üniversite sosyal tesislerinin yanında bulunan asma-germe sisteme sahip altında oturma birimleri yer alan yarı açık mekândır. Bu mekân özellikle öğle vakitlerinde yemek öncesi ve sonrasında üniversiteli tarafından sıklıkla tercih edilmektedir. 5. alan (P5), Mühendislik Fakültesi tramvay durağıdır. Bu durak özellikle okul dönemi içinde üniversiteli tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. Bu durağın üst örtüsü şeffaf polikarbon ve çelik malzemeden oluşmaktadır. Seçilen son alan ise (P6), Mühendislik Fakültesi yanında, girişte yer alan ahşap malzemeli ve üst örtülü kamelyalardır. Bu kamelyalar öğrenciler tarafından vakit geçirmek için tercih edilmektedir. Seçilen tüm alanların yerleşke içindeki konumları (Şekil 1) ve detayları (Çizelge 1) aşağıda yer almaktadır.



Şekil 1. Seçilen gölgeleme elemanlarının yerleşke içindeki konumları ve görselleri.

Çizelge 1. Seçilen gölgeleme elemanlarının konum ve malzeme detayları

Nokta adı	Durum	Konum	Malzeme
P1a	Gölge altı	Bilmer parkı	Ahşap strüktür / Amerikan sarmaşığı
P1b	Gölge dışı	Bilmer parkı	
P2a	Gölge altı	Üniversite Cami	Betonarme
P2b	Gölge dışı	Üniversite Cami	
P3a	Gölge altı	Üniversite Cami yanı	Yeşil yapraklı üst örtü (ağaç)
P3b	Gölge dışı	Üniversite Cami yanı	
P4a	Gölge altı	Sosyal tesis	Asma-germe / Tekstil malzemesi
P4b	Gölge dışı	Sosyal tesis	
P4c	Gölge altı	Sosyal tesis yanı	Çim zemin ve yeşil yapraklı üst örtü
P5a	Gölge altı	Müh. Fakültesi tramvay durağı	Polikarbon ve çelik malzeme karışımı
P5b	Gölge dışı	Müh. Fakültesi tramvay durağı	
P6a	Gölge altı	Müh. Fakültesi ahşap kamelya	Ahşap malzeme
P6b	Gölge dışı	Müh. Fakültesi ahşap kamelya	

Gölgeleme elemanlarının termal konfora etkisinin tespit edilebilmesi için, seçilen 6 farklı alanda toplamda 13 noktada taşınabilir Delta ohm hD32.3 cihazı (Şekil 2) ile mikro-meteorolojik ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler ile hava sıcaklığı (Ta), rüzgâr hızı (Ws), bağıl nem (RH) ve ortalama radyan sıcaklık (MRT) değerleri bulunmuştur. Ölçümler birbirine yakın meteorolojik değerlere sahip iki gün içinde yapılmış, ilk üç alanda ölçümler 28.07.2022 tarihinde, diğer üç alandaki ölçümler ise 29.07.2022 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Ölçümler gün içinde insanların sıklıkla kullandığı ve yoğun termal stres altında kaldıkları 13:30-15:30 saatleri arasında yapılmıştır. Gölgeleme elemanlarının termal konfor koşullarına etkisini kıyaslayabilmek için ölçümler 15 dakika gölgeleme elemanı altında, 5 dakika ise gölgeleme elemanının hemen yanında üst örtü dışında alınmıştır. Bu yaklaşımla, gölgeleme elemanının aynı ortam içinde meydana getirdiği gölgelemenin ne derece etkili olduğu saptanmaya çalışılmıştır.

Cihaz problemleri yerden 60 cm yükseklikte (Şekil 2) olacak şekilde oturan bir bireye göre ayarlanmıştır (ISO 7726, 1998). 30 saniyede bir alınan ölçümler cihaz tarafından kaydedilmiştir. Elde edilen Ta (hava sıcaklığı), RH (bağıl nem), Ws (rüzgâr hızı) ve MRT (ortalama radyan sıcaklık) gibi temel parametrelerin ortalama değerleri esas alınarak karşılaştırmalar yapılmış ve çeşitli gölgeleme elemanları arasındaki farklar anlaşılmasına çalışılmıştır. Aynı zamanda Konya'nın anlık hava durumu değerleri de gözlemlenmiştir. Bu sayede çalışma saatlerinin ve günlerinin hava koşulları bakımından denklik durumları kontrol edilebilmiştir. 28.07.2022 tarihinde saat 13:40'ta ölçülen hava sıcaklığı 31 °C iken, bu değer saat 13:50'de 32 °C'ye ulaşmış ve saat 16:00'ya kadar aynı şekilde takip etmiştir. 29.07.2022 tarihinde ise 13:30-14:15 arasında hava sıcaklığı değeri 32 °C, 14:15-15:30 saatleri arasında 33 °C'dir.

En önemli karşılaştırmalar termal konfor koşullarının belirlenmesiyle gerçekleştirilmiştir. Bunun için PET indisi kullanılmıştır. PET (Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık), dış ortamdaki termal konforu tespit edebilmek için en çok kullanılan indistir (Johansson ve ark., 2014; Potchter ve ark., 2018).



Şekil 2. Bilmer parkı gölgeleme elemanı altında (p1a) ve gölgeleme elemanı dışında (p1b) yapılan mikro-meteorolojik ölçümler.

PET, yerinde mikro-meteorolojik ölçümlerden elde edilen değerler ve kişisel verilerin birlikte kullanımı ile hesaplanabilmektedir. Cihaz ölçümü ile elde edilen yere özgü Ta, Ws, RH, MRT değerleri ile kişinin yaşı, cinsiyeti, boyu, ağırlığı, yaptığı aktivite ve kıyafet durumları gibi kişisel veriler kullanılmaktadır. Bu çalışmada erkekler için; 23 yaşında, 178 cm boyunda ve 75 kg ağırlığında; kadınlar için ise; 22 yaşında, 164 cm boyunda, 58 kg ağırlığında kişiler genel kabul olarak alınmıştır. Erkekler için Clo değeri (giysilerin ısı direnç katsayısı) 0.40; kadınlar için ise 0.50 alınmıştır. Bu değerler yerleşkede kişilerin tipik yaz kıyafetlerine göre belirlenmiştir (Canan ve ark., 2020). PET indisi ile termal konfor hesapları kişilerin oturur vaziyette oldukları kabulü ile yapılmıştır. Bu durumda Met değeri (metabolic rate) 58 W/m² alınmıştır.

PET indisi dışında TOCI (Turkish Outdoor Comfort Index) de hesaplanmıştır (Denklem 1). Bu indis, Canan ve arkadaşları tarafından 2020 yılında yapılan bir çalışmada Konya kenti için belirlenen özgün bir termal konfor indisidir. Elde edilen TOCI değerleri ile de PPD_{yaz} değerleri (Yaz dönemi için termal ortamdaki memnuniyetsizlik oranı) hesaplanmıştır (Denklem 2). Söz konusu PPD değerleri de yine Konya için belirlenmiş denklem ile hesaplanmıştır (Canan ve ark., 2019; Canan ve ark., 2020). TOCI verilerinin değerlendirilmesi aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir (Çizelge 2).

TOCI yaz dönemi

$$= -4.142 - 0.210 * Ws - 0.005 * Age + 0.037 * MRT + 0.095 * Ta + 0.316 * ICL + 0.014 * M \quad (1)$$

$$PPD yaz dönemi = 100 - 89.74 EXP(-0.10 TOCI4 - 0.20 TOCI2) \quad (2)$$

Çizelge 2. TOCI değerlerinin termal algı karşılıkları

-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Çok soğuk	Soğuk	Serin/Biraz soğuk	Nötral / konforlu	Ilık/biraz sıcak	Sıcak	Çok sıcak

Çalışmanın sonucunda 6 farklı bölgede gölgeleme elemanı altında ve gölgeleme elemanı dışında alınan ortalama PET, TOCI ve PPD değerleri arasında karşılaştırmalar yapılarak çeşitli gölgeleme elemanlarının dış ortamda termal konfora etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Cihazla yerinde yapılan mikro-meteorolojik ölçümler ve Rayman yazılımı ile PET indisinin hesaplanması sonrasında bu verilerin ortalamaları alınarak aşağıdaki çizelge oluşturulmuştur (Çizelge 3). Ortalama değerler, 28 ve 29 Temmuz 2022 tarihinde saat 13:30-15:30 saatleri arasında 6 farklı alandan alınan ortalama değerlerden elde edilmiştir.

Çizelge 3. Elde edilen tüm verilerin 6 farklı alan ve 13 nokta için ortalamaları

Ortalama veriler	P1a. Bilmer Parkı Gölgesi	P1b. Bilmer Parkı Gölge yok	P2a. Cami Revağı Gölgesi	P2b. Cami Revağı Gölge yok	P3a. Söğüt Altı Gölgesi	P3b. Söğüt Altı Gölge yok	P4a. Asma Germe Gölgesi	P4b. Asma Germe Gölge yok	P4c. Asma Germe Ağaç Altı	P5a. Tra. Durağı Gölgesi	P5b. Tra. Durağı Gölge yok	P6a. Kam. Altı Gölgesi	P6b. Kam. Altı Gölge yok
T _a (°C)	29.85	33.69	32.25	34.48	30.11	32.85	32.69	36.27	31.63	34.93	36.02	34.48	35.43
RH (%)	24.23	19.98	20.52	17.19	24.27	18.93	15.09	11.49	14.72	11.88	10.09	11.79	10.58
Ws (m/s)	0.52	0.78	0.58	1.30	0.96	1.18	0.71	0.98	0.73	1.16	1.57	0.64	1.25
MRT (°C)	35.65	70.25	50.03	76.84	37.56	74.82	42.38	73.87	37.03	52.84	71.06	40.45	79.62
PPD _{yaz} (%)	99.466	100.00	99.978	100.00	99.468	100.00	99.343	99.864	99.211	99.569	99.804	99.395	99.879
TOCI _{yaz}	0.74	2.33	1.49	2.54	0.74	2.34	1.22	2.67	0.91	1.72	2.41	1.33	2.74
PET _{erkek}	31.60	52.89	40.78	55.98	31.83	53.84	36.58	56.28	33.04	43.11	53.39	36.96	58.50
PET _{kadın}	31.59	52.49	40.62	55.27	31.83	53.25	36.46	55.72	32.99	42.78	52.65	36.86	57.75
PET _{Kadın/Erkek Farkı}	0.0094	0.4000	0.1531	0.7083	0.0063	0.5917	0.1125	0.5667	0.0500	0.3313	0.7375	0.1031	0.7500
SVF	0.15	0.41	0.16	0.71	0.17	0.59	0.01	0.82	0.18	0.10	0.85	0.02	0.77

Yukarıdaki çizelgede görüldüğü üzere, tüm alanlarda gölge altında ve gölge dışında yapılan ölçümler arasında farklar bulunmaktadır.

Bunlardan ilki hava sıcaklığı değerlerinde gözlemlenen farklılıklardır. 6 farklı alandan alınan gölge altındaki hava sıcaklığı değerleri Ta (gölge altı): $P5a > P6a > P4a > P2a > P4c > P3a > P1a$; gölge dışındaki hava sıcaklığı değerleri Ta (gölge dışı): $P4b > P5b > P6b > P2b > P3b > P1b$ ve gölge altı ile gölge dışındaki hava sıcaklığı değerleri farkı; ΔTa : $P4(b-c) > P1(b-a) > P4(b-a) > P3(b-a) > P2(b-a) > P5(b-a) > P6(b-a)$ şeklindedir.

Tüm alanlarda gölge altında alınan en yüksek hava sıcaklığı değeri tramvay durağında (P5a), en düşük hava sıcaklığı değeri Bilmer parkında (P1a) ölçülmüştür. Gölge dışında alınan ölçümlerde; en yüksek hava sıcaklığı asma-germe üst örtünün yanı (P4b), en düşük hava sıcaklığı ise Bilmer parkındaki kamelyanın yanındır (P1b). Gölge altında ve gölge dışında alınan hava sıcaklığı ölçümleri arasında en fazla P4 (b-c) noktasında (asma-germe) 4.64 °C'lik; en az ise P6 noktasında (ahşap kamelya) 0.95 °C'lik fark gözlemlenmiştir.

Alınan ölçümlere göre bağıl nem (RH) değerinde de farklar gözlemlenmiştir. 6 farklı alandan alınan gölge altındaki bağıl nem değerleri RH (gölge altı): $P3a > P1a > P2a > P4a > P4c > P5a > P6a$; gölge dışındaki bağıl nem değerleri RH (gölge dışı): $P1b > P3b > P2b > P4b > P6b > P5b$ ve gölge altı ile

gölge dışındaki bağıl nem değerleri farkı $\Delta RH: P3(b-a) > P1(b-a) > P4(b-a) > P2(b-a) > P4(b-c) > P5(b-a) > P6(b-a)$ şeklindedir.

Gölge altında tüm alanlardan alınan bağıl nem değerleri en yüksek söğüt altında (P3a), en düşük kamelya altında (P6a) ölçülmüştür. Gölge dışında alınan bağıl nem değerleri ise en yüksek Bilmer Parkında (P1b), en düşük tramvay durağında (P5b) gözlenmiştir. Gölge altında alınan tüm bağıl nem ölçümleri gölge dışında alınan değerlere göre daha yüksek bulunmuştur. Gölge altında ve dışında alınan bağıl nem değerleri farkı incelendiğinde; en fazla fark P3 noktasında (söğüt altı) % 4.35 iken, en az fark P6 noktasında (ahşap kamelya) % 1.22'dir.

6 farklı alandan alınan gölge altındaki rüzgâr hızı değerleri Ws (gölge altı): $P5a > P3a > P4c > P4a > P6a > P2a > P1a$; gölge dışındaki rüzgâr hızı değerleri Ws (gölge dışı): $P5b > P2b > P6b > P3b > P4b > P1b$ ve gölge altı ile gölge dışındaki rüzgâr hızı değerleri farkı $\Delta Ws: P2(b-a) > P6(b-a) > P5(b-a) > P3(b-a) > P4(b-a) > P1(b-a) > P4(b-c)$ şeklindedir.

Rüzgâr hızı ve yönü oldukça değişken değerler olmasına rağmen ölçülen ortalama değerler anlamlı sonuçlar vermektedir. Gölge altında alınan değerlere göre, en yüksek rüzgâr hızı tramvay durağında (P5a), en düşük rüzgâr hızı Bilmer parkında (P1a) ölçülmüştür. Gölge altında alınan ölçümlerin tüm alanlarda daha düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin gölge elemanlarının rüzgârın hızını kesmesi olarak açıklanabilmektedir. Gölge dışında alınan rüzgâr hızı ölçümlerine göre, en yüksek değer tramvay durağında (P5b), en düşük değer ise yine Bilmer parkında (P1b) ölçülmüştür. Gölge altı ve gölge dışında alınan değerler kıyaslandığında en fazla fark P2 noktasında (cami revağı) 0.72 m/sn iken, en az fark P3 noktasında (söğüt altı) 0.22 m/sn olarak bulunmuştur.

6 farklı alandan alınan gölge altındaki ortalama radyan sıcaklık değerleri MRT (gölge altı): $P5a > P2a > P4a > P6a > P3a > P4c > P1a$; gölge dışındaki ortalama radyan sıcaklık değerleri MRT (gölge dışı): $P6b > P2b > P3b > P4b > P5b > P1b$ ve gölge altı ile gölge dışındaki ortalama radyan sıcaklık değerleri farkı $\Delta MRT: P6(b-a) > P3(b-a) > P4(b-c) > P1(b-a) > P4(b-a) > P2(b-a) > P5(b-a)$ şeklindedir.

Ortalama radyan sıcaklık değerleri kıyaslandığında, gölge altında en yüksek değer tramvay durağında (P5a), en düşük değer ise Bilmer Parkında (P1a) ölçülmüştür. Gölge dışında, en yüksek değer kamelya yanındaki alanda (P6b), en düşük değer Bilmer Parkında (P1b) ölçülmüştür. Tüm alanlarda gölge dışındaki değerlerin gölge altındaki değerlere göre oldukça fazla ölçüldüğü gözlemlenmiştir. Bulunan bu fark ile kullanıcıların gölge altında çok daha konforlu oldukları anlaşılmaktadır. Elde edilen değerlere göre en fazla fark P6 noktasında (ahşap kamelya) 39.17 °C, en az fark ise P5 noktasında (tramvay durağı) 18.22 °C şeklindedir. Çıkan bu sonuç ile malzeme kompozisyonundan ve geometrik formundan dolayı, tramvay durağının maskeleme etkisinin tam olarak gerçekleşmediği anlaşılmaktadır.

Tüm alanlardan alınan PPD_{vaz} dönemi değerleri incelendiğinde tüm değerlerin birbirine yakın çıktığı ve memnuniyetsizlik oranının oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

6 farklı alandan alınan ölçümler ile bulunan gölge altındaki TOCI değerleri $TOCI$ (gölge altı): $P5a > P2a > P6a > P4a > P4c > P3a = P1a$; gölge dışındaki TOCI değerleri $TOCI$ (gölge dışı): $P6b > P4b > P2b > P5b > P3b > P1b$ ve gölge altı ile gölge dışındaki TOCI değerleri farkı $\Delta TOCI: P4(b-c) > P3(b-a) = P1(b-a) > P4(b-a) > P6(b-a) > P2(b-a) > P5(b-a)$ şeklindedir.

TOCI değerleri kıyaslandığında, gölge altında en yüksek değer tramvay durağında (P5a), en düşük değer ise Bilmer Parkı (P1a) ve söğüt altında (P3a) ölçülmüştür. Gölge dışında, en yüksek değer kamelya yanındaki alanda (P6b), en düşük değer Bilmer Parkında (P1b) bulunmuştur. Elde edilen değerlere göre en fazla fark P4 (b-c) noktasında (asma germe) 1.75; en az fark ise P5 noktasında (tramvay durağı) 0.69 şeklindedir.

TOCI değerleri -3 ve +3 arasında değişmektedir. Bu değer 0'a yaklaştıkça konfor oranı artmakta, 0'dan eksi ve artı yöne doğru uzaklaştıkça konfor oranı azalmaktadır. Gölgesiz mekânlarda bu değer en düşük 2.33 ve en yüksek 2.74 değeri arasında değişmektedir. Dolayısıyla bu mekânların oldukça konforsuz mekânlar olduğu görülmektedir. Gölge altındaki mekânlardan en iyi sonucu ise 0.74 değeri ile Bilmer Parkı ve Söğüt altı sağlamaktadır.

6 farklı alandan alınan ölçümler ile bulunan gölge altındaki PET değerleri PET (gölge altı): $P5a > P2a > P6a > P4a > P4c > P3a > P1a$; gölge dışındaki PET değerleri PET (gölge dışı): $P6b > P4b > P2b > P3b > P5b > P1b$ ve gölge altı ile gölge dışındaki PET değerleri farkı $\Delta PET: P4(b-c) > P3(b-a) > P6(b-a) > P1(b-a) > P4(b-a) > P2(b-a) > P5(b-a)$ şeklindedir.

PET için bir karşılaştırma yapıldığında, erkek ve kadınlar için bulunan değerler arasındaki farkların oldukça az olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle yalnızca erkekler için bulunan PET değerleri dikkate alınarak bir karşılaştırma yapılmıştır. Gölge altında alınan ölçümlerden en fazla değer tramvay durağı (P5a) iken, en düşük değer Bilmer parkında (P1a) ölçülmüştür. Gölge dışında alınan değerler incelendiğinde ise en fazla değer kamelya yanı (P6b), en düşük değer ise Bilmer Parkı yanındır (P1b). Gölge altında ve gölge dışında alınan ölçümlere göre en fazla fark P4 (b-c) noktasında (çim zemin ve ağaç) 23.24 °C iken, en az fark ise P5 noktasında (tramvay durağı) 10.28 °C'dir. Yine bu sonuç ile tramvay durağının üst örtüsünün, dış ortam termal konforu iyileştirmede çok az katkı getirdiği anlaşılmaktadır.

PET aralıklarının belirlenmesinde özgün değerlerin kullanımı oldukça önemlidir (Canan & Geyikli, 2022). Bu nedenle elde edilen PET değerleri; Canan ve arkadaşları tarafından 2020 yılında belirlenen, Konya için özgün değerler olan termal algı kategorileri ve nötral aralığa (Çizelge 4) göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 4. Konya kenti için belirlenmiş termal algı kategorileri ve nötral pet aralığı (Canan ve ark., 2020)

Termal Algı Kategorisi	Çok soğuk	Soğuk	Serin	Biraz serin	Nötral/konforlu	Biraz ılık	Ilık	Sıcak	Çok sıcak
Konya/Türkiye PET (°C)	< (-5.6)	(-5.6)-(-6.2)	(6.2)-(17.9)	-	(17.9)-(29.7)	-	(29.7)-(41.5)	(41.5)-(53.3)	> (53.3)

Termal algı kategorileri ve nötral aralık için yapılan değerlendirmeler aşağıdaki çizelgede görülmektedir (Çizelge 5). Çizelgeye göre, gölge dışındaki ölçümlere kıyasla gölge altındaki tüm alanlarda PET değeri daha düşüktür. Bu nedenle de gölge altı alanlar daha konforlu aralıklardır. Örneğin, P1 noktasında gölge altında "ılık" hissedilirken, gölge dışında "sıcak" hissedilmektedir. Bu sonuçlara göre, tüm gölgeleme elemanları dış ortam termal konfor koşullarını bir miktar iyileştirmiştir. Ancak tam anlamıyla, belirlenen saatlerde nötral PET aralığı içinde olan değerlere rastlanmamıştır. Tüm gölgeleme elemanları kendi içinde kıyaslandığında, en etkili elemanın Amerikan sarmaşıklarla kaplı ahşap gölgeleme elemanı (P1a) olduğu görülmektedir. En az etkili gölgeleme elemanı ise, cam ve çelik malzemeden oluşan tramvay durağı üst örtüsüdür (P5a). Polikarbon malzemenin geçirgenlik ve sera etkisinin bu sonucu verdiğini söyleyebiliriz.

Çizelge 5. Konya kenti için belirlenmiş termal algı kategorilerine göre yorumlama

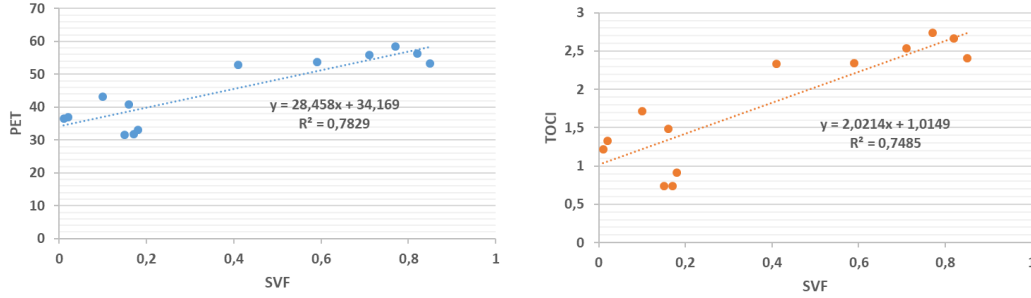
	P1a.	P1b.	P2a.	P2b.	P3a.	P3b.	P4a.	P4b.	P4c.	P5a.	P5b.	P6a.	P6b.
PET (°C)	31.60	52.89	40.78	55.98	31.83	53.84	36.58	56.28	33.04	43.11	53.39	36.96	58.50
Canan ve ark. (2020)'ye göre termal algı kategori aralığı	Ilık	Sıcak	Ilık	Çok sıcak	Ilık	Çok sıcak	Ilık	Çok sıcak	Ilık	Sıcak	Çok sıcak	Ilık	Çok sıcak

PET değerlerinde her alan için ayrı ayrı gölge altı ve gölge dışı değerlerinin farkları incelendiğinde (Çizelge 6) en etkili gölgeleme elemanının P4 noktasındaki çim zemin ve ağaç üst örtüsü olduğu görülmektedir. Ağaç altında alınan ve bu bölgenin hemen dışında gölge olmayan bir noktada alınan ölçümler kıyaslandığında arada 23.24 °C'lik bir fark olduğu görülmüştür. Dolayısıyla yeşil alanların gölgeleme etkisinin dış ortamda en olumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. En az etkili olan gölgeleme elemanının ise 10.28 °C ile P5 noktasındaki tramvay durağı üst örtüsü olduğu görülmektedir.

Çizelge 6. PET değerlerinin gölge altı ve gölge dışı arasındaki farkı

	P1 (a-b) Bilmer parkı	P2 (a-b) Cami revağı	P3 (a-b) Söğüt ağacı	P4 (a-b) Asma-germe	P4 (b-c) Çim zemin- Ağaç	P5 (a-b) Tramvay durağı	P6 (a-b) Ahşap kamelya
PET (°C)							
Gölge altı ve gölge dışı arasındaki fark	21.29	15.20	22.01	19.71	23.24	10.28	21.54









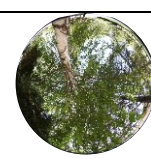
PET- SVF ve TOCI-SVF ilişkisi: Dış ortam termal konfor çalışmalarında PET ve SVF ilişkisi sıklıkla ele alınmaktadır (Charalampopoulos ve ark., 2013; Deevi & Chundeli, 2020; Nasrollahi ve ark., 2021). Tüm alanlardan balıkgözü lens ile çekilerek elde edilen fotoğraflar Çizelge 7’de yer almaktadır. Mevcut çalışmada PET ve SVF değerleri arasındaki ilişkilendirme lineer regresyonla gerçekleştirilmiştir. R^2 değeri 0.78 bulunmuş olup, iki değişken arasında var olan ilişkinin oldukça iyi bir düzeyde olduğunu söylemek mümkündür (Şekil 3). Aynı şekilde SVF ve TOCI arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 3’te gösterilmiştir. Elde edilen lineer regresyonda R^2 değeri 0.75 bulunmuş olup güçlü bir ilişkiye işaret etmektedir.



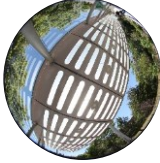



Şekil 3. PET-SVF ve TOCI-SVF arasındaki ilişkinin analizi.

Gölge elemanları farklı yapı malzemelerinden üretilmiş olan P4a noktasının (asma-germe) ve P6a noktasının (ahşap kamelya) SVF değerleri birbirine neredeyse eşit olup PET değerleri ise birbirine çok yakın bulunmuştur (sırası ile 36.58 °C ve 36.96 °C). Aynı şekilde birbirine çok yakın SVF değerlerine sahip P1a (Amerikan sarmaşığı), P3a (söğüt altı) ve P4c (ağaç altı) noktalarında PET değerleri birbirine yakın belirlenmiştir (sırası ile 31.6 °C; 31.83 °C ve 33.04 °C). Benzer şekilde gölgesiz noktalar olan P4b ve P6b’de SVF değerleri birbirine yakın olup PET değerleri birbirinden çok sapmamıştır (sırası ile 56.28 °C ve 58.50 °C).

Çizelge 7. Tüm noktalardan alınan balıkgözü fotoğraflar ve Solweig1d programı ile belirlenen SVF değerleri (Lindberg, 2014)

Konum ismi	Balıkgözü fotoğraflar ve SVF değeri		
	Gölge Altı	Gölge Dışı	Yakın konumda Alternatif mekân
P1 Bilmer Parkı	 P1a, SVF: 0.15	 P1b, SVF: 0.41	
P2 Cami Revağı	 P2a, SVF: 0.16	 P2b, SVF: 0.71	
P3 Söğüt Altı	 P3a, SVF: 0.17	 P3b, SVF: 0.59	
4 Sosyal Tesisler yanı Asma-Germe	 P4a, SVF: 0.01	 P4b, SVF: 0.82	 P4c, SVF: 0.18

Çizelge 7. Tüm noktalardan alınan balıkgözü fotoğraflar ve Solweig1d programı ile belirlenen SVF değerleri (Lindberg, 2014) (devam)

Konum ismi	Balıkgözü fotoğraflar ve SVF değeri		
	Gölge Altı	Gölge Dışı	Yakın konumda Alternatif mekân
P5 Müh. Fakültesi Tramvay Durağı	 P5a, SVF: 0.10	 P5b, SVF: 0.85	
P6 Müh. Fakültesi yanı Kamelya	 P6a, SVF: 0.02	 P6b, SVF: 0.77	

4. Sonuç

Yaz koşullarında, öğle saatlerinde ve yüksek hava sıcaklık değerlerinin olduğu bir zaman diliminde yapılan ölçümler ve hesaplamalar sonucunda, gölge elemanlarının buldukları ortam içinde PET değerlerini düşürdükleri saptanmıştır. Ancak belirlenen zaman diliminde tam anlamıyla hiçbir noktada PET ve TOCI değerleri termal konfor aralığında belirlenememiştir. PET değerleri dikkate alındığında en iyi termal konfor koşulları, nispeten düşük bir stres kategorisi olan biraz sıcak/ılık olarak belirlenmiştir.

Doğal gölgeleme elemanlarının, yapay gölgeleme elemanlarına kıyasla, dış ortam termal konfor koşullarını iyileştirme etkilerinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Gölge altında en iyi termal konfor koşulları sırasıyla Amerikan sarmaşık (P1a) ve söğüt ağacıdır (P3a). Ağaç altı çim zemin kaplı alan (P4c) ise 3. sırada yer almıştır. Burada dikkat çeken husus çim zeminin termal konforu iyileştirmede çok büyük bir etki yapmadığıdır. Çünkü Amerikan sarmaşığın alt kısmı parke taş kaplamaya sahip olmasına rağmen PET değeri, çim zemine sahip ağaç altı noktalarına (P3a, P4c) göre biraz daha düşük belirlenmiştir. Gölge elemanları arasında en olumsuz termal konfor koşulları tramvay durağında belirlenmiştir. Tramvay durağının üst örtüsünün şeffaf polikarbon malzemeden oluşması, yüksek PET değerlerinin belirlenmesinde etkili olmuştur.

Gölge altı ve gölge dışı PET değerleri arasındaki fark, gölgeleme elemanının yakın çevresine göre termal konfor koşullarını iyileştirme etkisini göstermiştir. En yüksek PET değeri farkı (23.24 °C), çim zemin kaplı ağaç altı nokta (P4c) ve sert zeminden oluşan ve yüksek SVF değerine sahip P4b noktası arasında belirlenmiştir. Birbirine yakın bu iki konum arasında çevresel oluşum bakımından önemli farklılıkların olması (yeşil doku, sert zemin oranı, SVF değeri), PET değerleri arasındaki farkı arttırmıştır. En az PET değeri farkı ise tramvay durağında bulunmuştur (10.28 °C). Bu sonuç ile tramvay durağının gölgeleme etkisinin çok olmadığı anlaşılmıştır. Gölge altında ve gölge dışında elde edilen PET değerleri arasındaki fark azaldıkça, her iki noktanın termal ortamlarının birbirine yakın olduğu anlamı çıkmaktadır.

Farklı malzemelerden imal edilmiş olsalar bile, yapay gölge elemanlarının, ilgili noktada gökyüzünü maskeleyen oranında dış ortam termal konfor koşullarını belli bir seviyede iyileştirdiklerini söylemek mümkündür. SVF değerleri analiz edildiğinde bu sonuca varılabilmektedir. SVF değerleri arttıkça güneşlenmeye maruz kalma artmaktadır. SVF-PET ilişkisi ve SVF-TOCI ilişkilerinin kabul edilebilir düzeyde saptanmış olması bunu kanıtlamaktadır.

Yaz döneminde öğle saatlerinde hava sıcaklık değerlerinin yüksek seyrettiği saatlerde dış ortamlarda gölge oluşturmak önemlidir. Dış mekânların verimli kullanımlarının sağlanması, kişilerin stres seviyelerini azaltmak ve yaşam kalitelerini arttırmak için önemlidir. Bu bağlamda elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, ağaçlandırmanın çok etkili bir doğal çözüm olduğu görülmektedir.

Bu çalışma aynı zamanda kapsamlı bir şekilde, Konya kenti için üretilmiş özgün termal algı kategorilerinin (PET indisine göre), gölge elemanlarının oluşturduğu yarı açık mekânlarda termal konfor koşullarını değerlendirmede kullanılmasını ortaya koymaktadır. Yine TOCI indisine göre de

termal konfor koşulları belirlenmiştir. Gölgeleme elemanlarının malzeme özelliklerine bağlı olarak dış ortam termal konfor koşullarının ne derece etkilendiği kapsamlı bir araştırma ile ele alınabilir ve sonuçları tartışmaya açılabilir.

Kaynakça

- Canan, F., Golasi, I., Ciancio, V., Coppi, M., & Salata, F. (2019). Outdoor thermal comfort conditions during summer in a cold semi-arid climate. A transversal field survey in Central Anatolia (Turkey). *Building and Environment*, 148, 212 - 224. doi:10.1016/j.buildenv.2018.11.008
- Canan, F., Golasi, I., Falasca, S., & Salata, F. (2020). Outdoor thermal perception and comfort conditions in the Köppen-Geiger climate category BSk. One-year field survey and measurement campaign in Konya, Turkey. *Science of the Total Environment*, 738, 140295. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.140295
- Canan, F., & Geyikli H.B. (2022, Haziran). *Dış ortam termal konfor koşullarının belirlenmesinde özgün veri kullanımının önemi*. 8. Uluslararası Mardin Artuklu Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Mardin-Türkiye.
- Charalampopoulos, I., Tsiros, I., Chronopoulou-Sereli, A., & Matzarakis, A. (2013). Analysis of thermal bioclimate in various urban configurations in Athens, Greece. *Urban Ecosystems*, 16, 217 - 233. doi:10.1007/s11252-012-0252-5
- Crank, P. J., Sailor, D. J., Ban-Weiss, G., & Taleghani, M. (2018). Evaluating the ENVI-met microscale model for suitability in analysis of targeted urban heat mitigation strategies. *Urban Climate*, 26, 188 - 197. doi:10.1016/j.uclim.2018.09.002
- Deevi, B., & Chundeli, F. A. (2020). Quantitative outdoor thermal comfort assessment of street: A case in a warm and humid climate of India. *Urban Climate*, 34, 100718. doi:10.1016/j.uclim.2020.100718
- de Moraes, M. V. B., Marciotto, E. R., Guerrero, V. V. U., & de Freitas, E. D. (2017). Effective albedo estimates for the Metropolitan Area of São Paulo using empirical sky-view factors. *Urban Climate*, 21, 183 - 194. doi:10.1016/j.uclim.2017.06.007
- Fahed, J., Kinab, E., Ginestet, S., & Adolphe, L. (2020). Impact of urban heat island mitigation measures on microclimate and pedestrian comfort in a dense urban district of Lebanon. *Sustainable Cities and Society*, 61, 102375. doi:10.1016/j.scs.2020.102375
- Farhadi, H., Faizi, M., & Sanaieian, H. (2019). Mitigating the urban heat island in a residential area in Tehran: Investigating the role of vegetation, materials, and orientation of buildings. *Sustainable Cities and Society*, 46, 101448. doi:10.1016/j.scs.2019.101448
- ISO 7726. (1998). Ergonomics of the Thermal Environment - Instruments for Measuring Physical Quantities.
- Jia, S., & Wang, Y. (2021). Effect of heat mitigation strategies on thermal environment, thermal comfort, and walkability: A case study in Hong Kong. *Building and Environment*, 201, 107988. doi:10.1016/j.buildenv.2021.107988
- 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. doi:10.1016/j.uclim.2013.12.002
- Karimi, A., Sanaieian, H., Farhadi, H., & Norouziyan-Maleki, S. (2020). Evaluation of the thermal indices and thermal comfort improvement by different vegetation species and materials in a medium-sized urban park. *Energy Reports*, 6, 1670 - 1684. doi:10.1016/j.egyr.2020.06.015
- Li, G., Ren, Z., & Zhan, C. (2020). Sky View Factor-based correlation of landscape morphology and the thermal environment of street canyons: A case study of Harbin, China. *Building and Environment*, 169, 106587. doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106587
- Lindberg, F. (2014). SOLWEIG1D - User Manual - Version 2015a Göteborg Urban Climate Group, University of Gothenburg.
- Lyu, T., Buccolieri, R., & Gao, Z. (2019). A numerical study on the correlation between sky view factor and summer microclimate of local climate zones. *Atmosphere*, 10(8), 438. doi:10.3390/atmos10080438

- Nasrollahi, N., Namazi, Y., & Taleghani, M. (2021). The effect of urban shading and canyon geometry on outdoor thermal comfort in hot climates: A case study of Ahvaz, Iran. *Sustainable Cities and Society*, 65, 102638. doi:10.1016/j.scs.2020.102638
- Noro, M., & Lazzarin, R. (2015). Urban heat island in Padua, Italy: Simulation analysis and mitigation strategies. *Urban Climate*, 14, 187-196. doi:10.1016/j.uclim.2015.04.004
- Oke, T. R. (1987). *Boundary Layer Climates* (2nd ed.). London, UK: Routledge, Taylor & Francis Group. doi:10.4324/9780203407219
- Potchter, O., Cohen, P., Lin, T., & Matzarakis, A. (2018). Outdoor human thermal perception in various climates: A comprehensive review of approaches, methods and quantification. *Science of the Total Environment* 631 - 632, 390 - 406. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.02.276
- Salvati, A., Kolokotroni, M., Kotopouleas, A., Watkins, R., Giridharan, R., & Nikolopoulou, M. (2022). Impact of reflective materials on urban canyon albedo, outdoor and indoor microclimates. *Building and Environment*, 207, 108459. doi:10.1016/j.buildenv.2021.108459