



The Impact of Urban Green Areas on the Temperature Increase Causing by the Surface Materials and a Future Scenario

Elif Bozdoğan Sert^{1,a,*}

¹Department of Landscape Architecture, Faculty of Architecture, Iskenderun Technical University, 31200 Iskenderun, Hatay, Türkiye

*Corresponding author

| ARTICLE INFO | ABSTRACT |
|--|--|
| <p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 12/10/2022 Accepted : 22/11/2022</p> <p>Keywords: Green area Park Temperature ENVI-met Adana</p> | <p>In recent years, it has gained importance to develop models to determine the contribution of parks to reducing the temperature together with their surroundings. ENVI-met, which is used for this purpose, allows simulations for different conditions/materials with projections over many years. This study aims to determine the temperature levels arising from the surface materials and the projections of long years in the near areas of Cumhuriyet Park in Çukurova District of Adana. The study consists of 3 stages. In the first stage, information about the subject was gathered together. In the second stage, modeling was carried out using ENVI-Met 4.4.5 climatic simulation software in order to determine the temperature levels caused by different materials in the study area. The scenario for the future has been put forward. The data obtained in the third stage of the study were evaluated and suggestions were presented. As a result of the study, it was determined that Cumhuriyet Park, which is one of the important green areas of Çukurova district, contributed significantly to the decrease in the temperature level around it. This contribution is felt more intensely especially in the immediate vicinity of the park. It has been shown that the effect decreases with distance from the park. In the scenario put forward at the end of the 28-year period, it is predicted that the temperature level of the parking area will increase by approximately 2.4°C. This study reveals the importance of the selection of soil materials in preventing the warming of cities because of climate change experienced all over the world. In this context, local administrations attach importance to efforts to increase the quality of urban life; developing strategies in this regard is important for achieving results.</p> |

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(11): 2237-2242, 2022

Yüzey Malzemelerinden Kaynaklanan Sıcaklık Artışında Kentsel Yeşil Alanların Etkisi ve Geleceğe Yönelik Bir Senaryo

| MAKALE BİLGİSİ | ÖZ |
|--|---|
| <p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 12/10/2022 Kabul : 22/11/2022</p> <p>Anahtar Kelimeler: Yeşil alan Park Sıcaklık ENVI-met Adana</p> | <p>Son yıllarda parkların çevresiyle birlikte sıcaklığı azaltmadaki katkısını belirlemeye yönelik modeller geliştirilmesi önem kazanmıştır. Bu amaçla kullanılan ENVI-met, uzun yıllar içerisindeki projeksiyonlar ile farklı koşullar/malzemeler için simülasyonlar yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu çalışma, Adana'nın Çukurova İlçesi'nde bulunan Cumhuriyet Parkı'nın çevresinde yer alan yüzey malzemelerinden kaynaklanan sıcaklık düzeyleri ile uzun yıllara ait projeksiyonların belirlenmesini hedeflemektedir. Çalışma 3 aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada konu ile ilgili bilgiler bir araya getirilmiştir. İkinci aşamada, çalışma alanındaki farklı malzemelerden kaynaklanan sıcaklık düzeylerinin belirlenmesi amacıyla ENVI-Met 4.4.5 iklimsel simülasyon yazılımı kullanılarak modelleme yapılmıştır. Geleceğe yönelik senaryo ortaya konulmuştur. Çalışmanın üçüncü aşamasında elde edilen veriler değerlendirilerek öneriler sunulmuştur. Çalışma sonucunda, Çukurova ilçesinin önemli yeşil alanlarından biri olan Cumhuriyet Parkı'nın çevresindeki sıcaklık düzeyinin azalmasına önemli katkı sağladığı belirlenmiştir. Bu katkı özellikle parkın yakın çevresinde daha yoğun hissedilmektedir. Parktan uzaklaştıkça etkinin azaldığı ortaya konulmuştur. 28 yıllık süreç sonunda ortaya konulan senaryoda park alanının ısı düzeyinin yaklaşık 2,4°C artış göstereceği öngörülmektedir. Bu çalışma, tüm dünyada yaşanan iklim değişikliği sonucunda kentlerin ısınmasının önüne geçmede zemin malzemelerinin seçiminin önemini ortaya koymaktadır. Bu kapsamda yerel yönetimlerin kentsel yaşam kalitesinin artmasına yönelik çalışmalara önem vermesi; bu konuda stratejiler geliştirmesi sonuca ulaşmak için önem arz etmektedir.</p> |



Giriş

Dünya nüfusunun yarıdan fazlasının kentlerde yaşadığı bilinmektedir. Kent nüfusunun artması sonucu son yıllarda hızla artan kentleşme sonucunda sert/geçirimsiz zeminlerin miktarı artmakta; bunun tam tersi olarak açık-yeşil alanların miktarı azalmaktadır. Bu durum yerleşim alanlarında çeşitli çevre sorunlarının ortaya çıkmasına; yaşam alanlarında bozulmalara yol açmaktadır. Yeşil alan miktarındaki bu azalma kentte yaşayan bireylerin sosyal ve fiziksel durumlarındaki olumsuz etki sağlıksız konfor özelliklerinin oluşması ile sonuçlanmaktadır. Isıyı depolama özelliği yüksek olan yüzeylerin artması ile kentler ısınmakta ve insanlar için sağlıksız konfor özellikleri oluşmaktadır (Gómez ve ark., 2006; Çetin ve ark., 2010; Zhou ve ark., 2014; Bozdoğan ve Söğüt, 2015; Anguluri ve Narayanan, 2017; Adıgüzel ve ark., 2020; Aksu ve ark., 2020; Bozdoğan Sert ve ark., 2021). Kentsel alanı oluşturan her bir öge farklı yüzey kaplamalarından oluşmaktadır. Bu kaplamalardan ortaya çıkan yüzey sıcaklıkları malzemenin çeşidine göre değişmekte; sahip olduğu ışınım özellikleri ve ısı kapasitesi bu konuda etkili olmaktadır (Bozdoğan Sert ve ark., 2021; Faragallah ve Ragheb, 2022). Kentsel yaşam kalitesinin belirlenmesinde önemli bir parametre olan iklimsel veriler; mikro iklim açısından da önem taşımaktadır. Bu kapsamda parklar gibi tüm mikro iklim alanlarında zemin malzemesinin seçimi, kullanılan bitkisel materyaller, binaların uygun geometriye göre yerleşmesi sıcaklık artışının kontrol altına alınmasında dolayısıyla yaşam alanlarında biyoklimatik konforun artmasında katkı sağlamaktadır (Faragallah ve Ragheb, 2022). Biyoklimatik konfor çevresel, kişisel ve diğer faktörlerden etkilenebilmektedir. Kentsel alanda dış mekandaki biyoklimatik konfor özelliklerinin azalması çevresel açıdan önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Höppe, 2002; Çetin ve ark., 2010; Acero ve Herranz-Pascual, 2015; Çetin, 2016; Liu ve ark., 2018). Tüm dünyada kentler benzer şekilde sıcaklık düzeylerinin artması sorunu ile karşı karşıyadır. Yapılı çevre içerisinde özellikle çok katlı binaların oluşturduğu yerleşim alanlarının sahip olduğu sıcaklık düzeyi daha da yükselmektedir. Kentsel ısı adası oluşumunun önlenmesinde etkili stratejiler içerisinde yeşil alan miktarının artırılması bulunmaktadır. Bu kapsamda açık-yeşil alanlarla birlikte yeşil çatılar ve yeşil cepheler de alternatif çözümler olarak kabul edilmektedir. Yeşil alanların en önemli öğeleri olan ağaç, çalı ve yer örtücüler sıcaklık oluşumunu azaltarak biyoklimatik konforu, dolayısıyla kentsel yaşam kalitesini arttırmaktadır (Wang ve Akbari, 2016; Lehoczky ve ark., 2017; Çetin ve ark., 2019; Liu ve ark., 2021). Bu nedenle son yıllarda yeşil alanların bir parçası olarak parkların ve çevresinin termal koşullarının izlenmesi ile konforu arttırmasına yönelik modellerin geliştirilmesi önem kazanmıştır (Acero ve Herranz-Pascual, 2015; Liu ve ark., 2018). Bu nedenle kentlerin planlanmasında önemli bir parametre olan parkların kentsel ısı adası oluşumunu azaltmadaki etkisinin modellemelerle ortaya konulması amacıyla ENVI-met kullanılmaktadır. ENVI-met, uzun yıllar içerisinde farklı koşullar/malzemeler için simülasyon ve görselleştirme yapılmasına olanak sağlamaktadır. Son yıllarda en doğru ve popüler mikro iklim simülasyon yazılımı olarak kabul edilen bu yazılım parkların iç ortamlarının termal simülasyonunda önemli bir yere sahiptir. Bununla birlikte yaşam ortamlarının

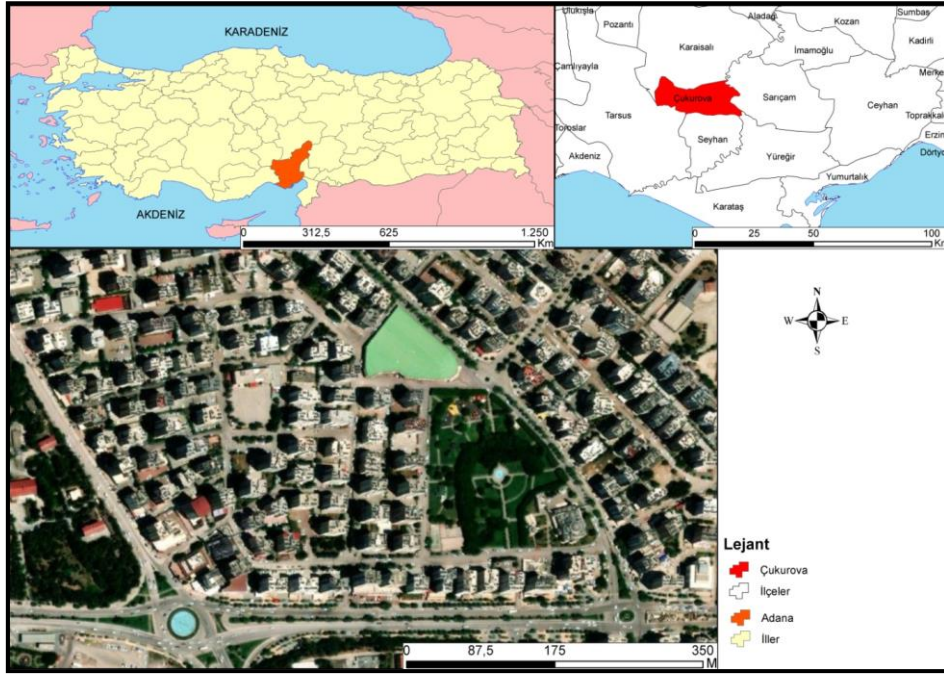
iyileştirilmesine yönelik çalışmaların yapılmasına katkı sağlamaktadır (Tsoka ve ark., 2018; Yang ve ark., 2021). Kentsel ısı adası oluşumu konusunda sonraki yıllar için tahminlerin ortaya konulmasında üç boyutlu modelleme yazılımı olan ENVI-met dış mekandaki iklimsel özellikleri yüksek çözünürlükle simüle edebilmektedir. Dış mekanda termal konforun değerlendirilmesinde güvenilir bir araç olarak kabul edilmektedir. İklimsel etkinin azaltılmasına yönelik stratejilerin geliştirilmesinde kullanılan modellemeler ile yüzey-bitki-atmosfer etkileşiminin simüle edilmesinde kullanımı artmaktadır (Acero ve Herranz-Pascual, 2015; Crank ve ark., 2018; Detommaso ve ark., 2021; Liu ve ark., 2021; Ouyang ve ark., 2022). ENVI-met ile oluşturulan senaryolarda, kentsel çevrede bulunan tüm olguların birbiri ile etkileşiminin simülasyonu üç boyutlu olarak oluşturulmaktadır. Farklı mevsimler için ortaya konulan senaryolar kentsel tasarım ve planlamalara yol gösterici olmaktadır (Yılmaz ve ark., 2018; Aksu ve ark., 2020; Yavaş ve Yılmaz, 2020; Gherri ve ark., 2021).

Bu çalışma, Adana'nın Çukurova İlçesi'nde bulunan Cumhuriyet Parkı ve çevresinde yer alan yeşil alan, bina ve yapı malzemelerden kaynaklanan sıcaklık düzeylerinin termal konfora etkisinin ve uzun yıllara ait projeksiyonların belirlenmesini hedeflemektedir. Çalışma ile elde edilecek sonuçların, kentin planlanmasında ve tasarımında etkin olarak kullanılabilmesi öngörülmektedir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma alanı, Adana ili Çukurova İlçesi sınırlarındaki Cumhuriyet Parkı ve çevresinden oluşmaktadır (Şekil 1). Alan noktasal olarak 37° 2.948' ve 37° 3' kuzey enlemleri ile 35° 17' ve 35° 17'2 doğu boylamları arasında yer almaktadır. Çalışma alanı, park, yerleşim alanları ve kent içi yollardan oluşmaktadır. Bu nedenle yüzey malzemeleri farklılık ve çeşitlilik göstermektedir. Bu durum, kentsel ısı adası oluşumunu arttıracak malzemelerin bulunma potansiyelini arttırmakta; alanın seçilmesinde etkili olmaktadır. Çalışma alanında yer alan kullanımların mevcut durumları Şekil 2'de görülmektedir. Bu kapsamda yerleşim alanını oluşturan konut dokusunun çok katlı ve yoğun olduğu söylenebilir. Alanı çevreleyen yollar geniş, tek yönlü ya da bulvar şeklindedir.

Cumhuriyet Parkı'nın çevresine ait termal konfor için sağlayacağı katkının belirlenmesini hedefleyen çalışma 3 aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada konu ile ilgili bilgiler bir araya getirilmiş; ikinci aşamada, çalışma alanındaki yeşil alanların termal konfora katkısının belirlenmesi amacıyla modellemeler yapılmıştır. Bu kapsamda modellemeler için ENVI-Met 4.4.5 iklimsel simülasyon yazılımı kullanılmış; iki model geliştirilmiştir. Birinci modele ait simülasyon 01.07.2022 tarihinde 24 saatlik yapılmış olup; saat 15.00'daki mevcut durum Adana iline ait sıcaklık, bağıl nem, rüzgâr hızı ve yönü verileri (MGM, 2021) kullanılarak elde edilmiştir. Simülasyonların elde edilmesinde sıcaklık verisi minimum 30°C ve maksimum 35°C olarak modellenmiştir. 28 yıllık projeksiyonu ortaya koymak amacıyla 01.07.2050 tarihinde saat 15.00'daki tüm koşulların aynı olduğu varsayılmıştır. Çalışmanın üçüncü aşamasında elde edilen veriler değerlendirilmiş ve öneriler sunulmuştur.



Şekil 1. Çalışma Alanının Konumu
Figure 1. Location of the Research Area

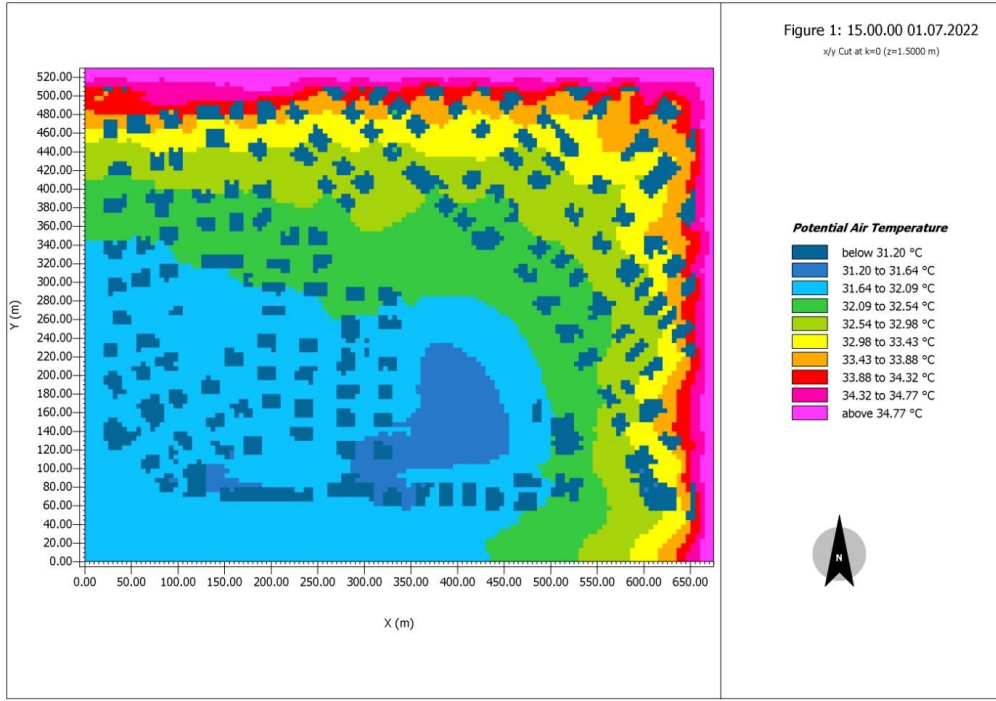


Şekil 2. Çalışma Alanında Yer Alan Kullanımlar
Figure 2. The Current Status of the Uses in the Study Area

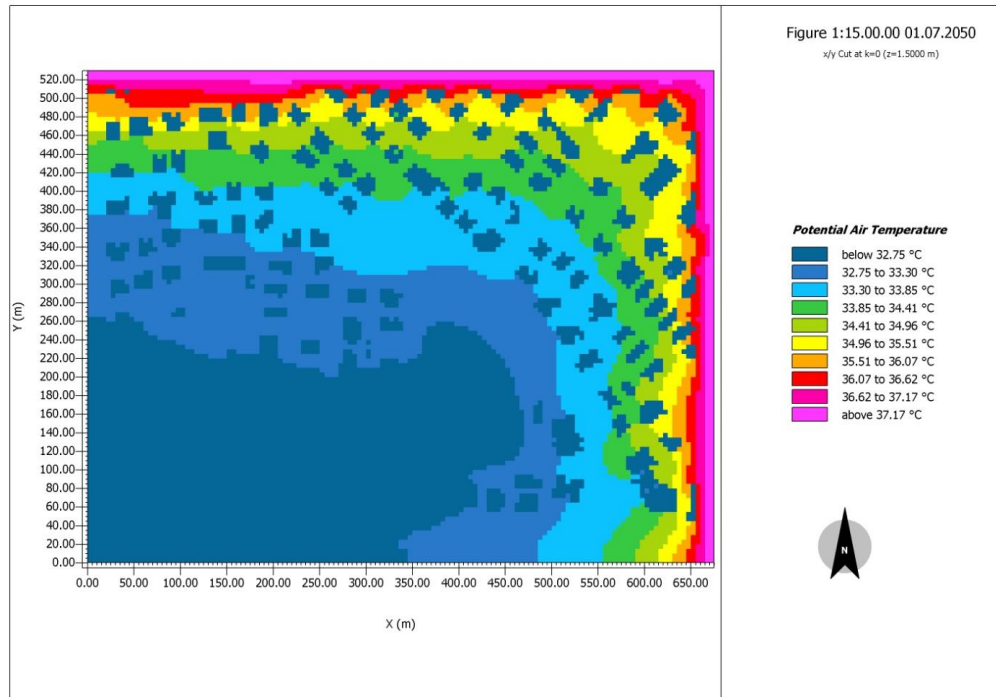
Araştırma Bulguları ve Tartışma

Kentsel alanda sıcaklık artışı tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli bir sorun olarak kabul edilmektedir. Pek çok kentte sıcaklık düzeyleri son yıllarda artış göstermiş; bu nedenle de konuyla ilgili araştırmalar da çoğalmıştır. Kırsal alanlardan kentsel alana doğru ortaya çıkan göç ile birlikte yeni yaşam alanları oluşturma ihtiyacı nedeniyle sert zeminle kaplanma düzeyi istenmeyecek kadar büyümüştür. Bu kapsamda yollar, binalar ve çeşitli açık alan kullanımlarının yüzeylerini kaplayan beton, asfalt, doğal taş, vd bazı kaplamalar yüzey ısısını arttırmakta; dolayısıyla kentsel alanda sıcaklığın artmasına neden olmaktadır. Örneğin, kırsal alanlar kentsel alanlardan yaklaşık 13°C daha serin olabilmektedir

(Yılmaz ve ark., 2007; Çetin ve ark., 2020; Bozdoğan Sert ve ark., 2021). Kentsel alanda yoğun olarak kullanılan asfaltın günün en sıcak saatinde oluşturabileceği sıcaklık değerinin 50,98°C'ye kadar ulaşabildiği belirtilmiştir. Bunun yanı sıra andezit 50,78°C; tuğla 44,76°C; beton yüzey ise 44,53°C sıcaklık oluşturmuştur. Oysa, yeşil alanlardan kaynaklanan sıcaklık düzeyi oldukça düşüktür. Çim alandan kaynaklanan sıcaklık 32,53°C iken ağaç gölgesindeki tuğla malzemenin oluşturduğu sıcaklık 29,76°C'ye kadar düşmüştür. Bu da 15°C'lik bir farkı ifade etmektedir. Benzer veriler ağaç gölgesindeki çim alanlar için yaklaşık 7°C olarak tespit edilmiştir. (Çetin ve ark., 2020).



Şekil 3. 2022 yılına ait mevcut durum
Figure 3. Current situation in 2022



Şekil 4. 2050 yılına ait projeksiyon
Figure 4. Projection of 2050

Tüm bu veriler kentsel yeşil alanların önemli bir ögesi olan parkların; sahip olduğu yeşil doku nedeniyle kent içerisinde sıcaklığın azalmasıdaki katkılarını ortaya koymaktadır. Bu nedenle yeşil alanların yüzey sıcaklığını azaltabilmesine yönelik çalışmalar artmakta; bu çalışmalarda mevcut durum ve geleceğe yönelik senaryolar ENVI-met kullanılarak simüle edilebilmektedir.

Bu kapsamda, çalışma ile Adana kenti Çukurova İlçesi'nin önemli yeşil alanlarından biri olan Çukurova Parkı'nın yaz döneminde çevresinin sıcaklığını azaltmadaki önemi ortaya konulmuştur. Buna göre,

çalışma alanında 1 Temmuz 2022 tarihinde saat 15.00'da alınan iklim verileri ile ENVI-met kullanılarak oluşturulan simülasyon Şekil 3'te; 1 Temmuz 2050 tarihinde saat 15.00'a ait verilerle oluşturulan simülasyon ise Şekil 4'te verilmiştir. Buna göre, 1 Temmuz 2022 tarihine ait veriler, parktan uzaklaştıkça, bina yoğunluğunun ve yolların artmasıyla bu kullanımlara ait yüzey malzemelerinin yani beton ve asfaltın etkisinin arttığı görülmektedir. Bina yoğunluğunun artması ve asfalt kaplı yolların etkisi ile sahip olunan sıcaklık düzeyi de artış göstererek 34,77°C'nin üzerinde elde edilmiştir. Bu durum yeşil

alanların soğutucu etki yarattığını; dolayısıyla çevresinin termal konforuna katkısının oldukça yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışma alanı içerisinde yer alan park, 31,20°C ile 32,20°C arasındaki sıcaklıklara sahiptir. Bu da park alanında termal konforun kuzey ve doğu kısımlarda bulunan diğer alanlardan daha serin yani konforlu olduğunun bir göstergesidir. Yüksek binalarla yoğun olarak kaplı kısımlarda sıcaklığın yaklaşık 3,5°C daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum aynı zamanda rüzgâr yönü vb. etkilere de maruz kalındığını ortaya koymaktadır. Benzer şekilde batı kısımdaki daha serin etki de rüzgâr yönü/hızı ve alandaki ağaç varlığı ile açıklanabilmektedir.

2022 yılında kullanımlara ait parametrelerin (yeşil alan, bina yoğunluğu, yollar, vb) aynı kaldığı düşünüldüğünde 28 yıl sonraki senaryoya göre Temmuz 2050 yılında park ve çevresinde oluşan sıcaklık düzeyinin yaklaşık 1,5-2,4°C artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu durumun iklim değişikliği kaynaklı olabileceği öngörülmektedir. Alanda, parkın soğutma etkisinin yoğunluğunun artacağı; yeşil alandan uzaklaştıkça sıcaklık artışlarına maruz kalındığı belirlenmiştir. Yüksek sıcaklıklar benzer şekilde bina yoğun alanlarda ve asfalt kaplı yollarda görülmektedir. Park alanında düşük sıcaklıkların elde edilmesinde en önemli malzeme bitkisel materyaldir. Çim alanlar, çalı ve ağaçlarla kaplı alanlar yüksek düzeyde soğutma etkisi oluşturmada büyük öneme sahiptir. Faragallah ve Ragheb (2022), yeşil alanların çevresindeki iklimi olumlu etkilediği; park alanları gibi tüm mikro iklim alanlarında zemin malzemesinden kaynaklanan sıcaklık düzeyinin azaltılmasında önemli bir yeri olduğunu ortaya koymuştur. Yeşil dokunun sıcaklık artışını kontrol altına alma hususunun önemini belirtmiş; asfalt vb. materyal kullanımının azaltılması gerektiğinin altını çizmiştir.

Sonuç ve Öneriler

Adana'nın Çukurova İlçesi'nde bulunan Cumhuriyet Parkı ve çevresinde yürütülen bu çalışmada 1 Temmuz 2022 tarihinde saat 15.00'da alınan iklim verilerine göre yapı malzemelerinden kaynaklanan sıcaklık düzeyi ile 1 Temmuz 2050 tarihinde 15.00'da oluşması muhtemel iklim verilerine göre oluşan senaryo ortaya konulmuştur. Buna göre büyüklük olarak ilçenin önemli yeşil alanlarından biri olan Cumhuriyet Parkı çevresine biyoklimatik konfor açısından katkı sağlamaktadır. Bu katkının özellikle parkın yakın çevresinde daha yoğun hissedildiği; parktan uzaklaştıkça etkinin azaldığı görülmektedir. Parkın yakın çevresinde bulunan ve iki taraftan parkı çevreleyen bina yoğunluğunun artması ile asfalt kaplı yolların oluşturduğu sıcaklık nedeniyle biyoklimatik konfor azalmaktadır. Yüksek binalarla yoğun olarak kaplı kısımlarda zemin kaplamalarından kaynaklanan ısı yaklaşık 3,5°C daha yüksek elde edilmiştir. Çalışma alanındaki kullanımlara ait parametrelerin aynı kaldığı düşünülerek 28 yıllık süreç değerlendirildiğinde; 1 Temmuz 2022'de 34,77°C'nin üzerinde elde edilen ısı düzeyinin 2050 yılına gelindiğinde yaklaşık 2,4°C artış göstereceği öngörülmektedir.

Park alanı ve çevresinde zeminden kaynaklanan ısının düşük olarak elde edilmesinde en önemli malzeme bitkisel materyaldir. Çim alanlar, çalı ve ağaçlarla kaplı alanlar yüksek düzeyde soğutma etkisi oluşturmada büyük öneme

sahiptir. Bu nedenle yeşil alanların soğutucu etki yaratarak çevresindeki biyoklimatik konfora katkı sağlamaktadır. Kentsel yeşil alanlar içerisinde önemli mikro iklim alanları kabul edilen parklar kendi bulunduğu alanda kentte yaşayan bireylere önemli konfor alanı sunmaktadır. Bu nedenle, kentin planlanmasında ve tasarımıyla yüzey malzemesi seçimi önemli bir parametre olarak kabul edilmektedir. Tüm dünyada iklim değişikliği ile ortaya çıkan sıcaklık artışlarının en önemli kaynaklarından kabul edilen beton ve asfalt kullanımında olumsuz etkiyi azaltan stratejiler geliştirilmelidir. Bu kapsamda yeşil cephe, yeşil çatı uygulamaları ile suyun olumlu etkisi önemsenmelidir. Kentin geliştiği yeni yaşam alanlarında zemin malzemesi seçiminde asfalt, beton, petrol içerikli olanlar, vb. yüksek ısı üreten malzemelerin kullanımının sınırlı düzeyde olmasına dikkat edilmelidir. Çim yüzey miktarının artırılmasına önem verilmelidir. Ağaçlandırma çalışmaları ile yeşil doku artırılması sağlanmalıdır. Akdeniz Bölgesi bina tipolojisinin düz çatılardan oluşması nedeniyle yeşil çatı uygulaması önemli bir strateji olarak kabul edilmelidir. Böylece, kentlerde yeşil alan oluşturmak için yeni ve büyük miktarda bir alan oluşturulmuş olacaktır. Kentte biyoklimatik konforun artırılmasına olan katkılarının yanı sıra yaban yaşamına katkı sağlama, oksijen miktarını artırma, selleri önleme ve kirlilikleri giderme vb pek çok konudaki katkılarıyla kentsel yaşam kalitesinin artırılmasında önemli bir görev üstleneceği dikkate alınmalıdır. Bu kapsamda yerel yönetimlerin kentsel yaşam alanında biyoklimatik konforun dolayısıyla kentsel yaşam kalitesinin artmasına yönelik çalışmalara önem vermesi gerekmektedir.

Kaynaklar

- Acero JA, Herranz-Pascual K. 2015. A Comparison of Thermal Comfort Conditions in Four Urban Spaces by Means of Measurements and Modelling Techniques. *Building and Environment*, 93-2: 245-257. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.06.028>
- Adiguzel F, Cetin M, Kaya E, Simsek M, Gungor S, Bozdogan Sert E. 2020. Defining Suitable Areas for Bioclimatic Comfort for Landscape Planning and Landscape Management in Hatay, Türkiye. *Theoretical and Applied Climatology*. 139 (3-4): 1493-1503. <https://doi.org/10.1007/s00704-019-03065-7>
- Aksu A, Yılmaz S, Ertem Mutlu B, Yılmaz H. 2020. Effect on Outdoor Thermal Comfort of the Distance Between the Building and The Trees: A Case Study Erzurum. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(2): 1298-1307.
- Anguluri R, Narayanan P. 2017. Role of Green Space in Urban Planning: Outlook Towards Smart Cities. *Urban Forestry and Urban Greening*, 25: 58-65. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.04.007>
- Bozdoğan E, Söğüt Z. 2015. Green Solution Suggestions Within the Concept of Sustainability in Eastern Mediterranean Cities. (Eds. Cevdet AVCIKURT, Mihaela DINU, Necdet HACIOĞLU, Recep EFE, Abdullah SOYKAN). *Tourism, Environment and Sustainability*. St. Kliment Ohridski Univ. Press, Sofia, pp: 468-485.
- Cetin M, Kaya E, Bozdoğan Sert, E, Güzel ZT, Adiguzel F, Güngör Ş. 2020. Determining the Impact of Various Surfaces in Open Green Areas of Iskenderun Coastal Band on Thermal Comfort. (Eds. Ilia CHRISTOV, Viliyan KRYSTEV, Recep EFE, Abd Alla GAD). *Advances in Scientific Research: Engineering and Architecture*. St. Kliment Ohridski Univ. Press, Sofia, pp: 194-210.

- Bozdoğan Sert E, Kaya E, Adiguzel F, Cetin M, Kaya E, Gungor S, Zeren Cetin I, Dinc Y. 2021. Effect of the Surface Temperature of Surface Materials on Thermal Comfort: A Case Study of İskenderun (Hatay, Türkiye). *Theoretical and Applied Climatology*, 144: 103-113. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03524-0>
- Cetin M. 2016. Determination of Bioclimatic Comfort Areas in Landscape Planning: A Case Study of Cide Coastline. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 4(9): 800-804.
- Çetin M, Topay M, Kaya LG, Yılmaz B. 2010. Efficiency of Bioclimatic Comfort in Landscape Planning Process: Case of Kutahya. *Faculty of Forestry Journal Süleyman Demirel University, Seri: A, Vol: 1*, pp: 83-95.
- Cetin M, Adiguzel F, Gungor S, Kaya E, Sancar MC. 2019. Evaluation of Thermal Climatic Region Areas in Terms of Building Density in Urban Management and Planning for Burdur, Türkiye. *Air Quality, Atmosphere and Health*, 12: 1103–1112. <https://doi.org/10.1007/s11869-019-00727-3>
- Crank PJ, Sailor DJ, 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.
- Detommaso M, Costanzo V, Nocera F. 2021. Application of Weather Data Morphing for Calibration of Urban ENVI-Met Microclimate Models. Results and Critical Issues. *Urban Climate*, 38: 100895.
- Faragallah RN, Ragheb RA. 2022. Evaluation of Thermal Comfort and Urban Heat Island Through Cool Paving Materials Using ENVI-MET. *Ain Shams Engineering Journal*, 13: 101609.
- Gherri B, Maiullari D, Finizza C, Maretto M, Naboni, E. 2021. On Venetian Campi Resilience to Climate Change. *Earth and Environmental Science*, 863(1): 012005.
- Gómez F, Sifre V, Montero L, De Vicente V, Gil L. 2006. Sustainability in Cities: The Green Areas and Climatic Comfort as Fundamental Parameters. *WIT Trans. Ecol. Environment*, 93: 83-93.
- Höppe P. 2002. Different Aspects of Assessing Indoor and Outdoor Thermal Comfort. *Energy and Buildings*, 34: 661-665.
- Lehoczky A, Sobrino J.A, Skokovic´ D, Aguilar E. 2017. The Urban Heat Island Effect in the City of Valencia: A Case Study for Hot Summer Days. *Urban Science*, 1(9): 1-18.
- Liu Z, Zheng S, Zhao L. 2018. Evaluation of the ENVI-MET Vegetation Model of Four Common Tree Species in a Subtropical Hot-Humid Area. *Atmosphere*, 9(5): 198.
- Liu Z, Cheng W, Jim CY, Morakinyo TE, Shi Y, NG E. 2021. Heat Mitigation Benefits of Urban Green and Blue Infrastructures: A Systematic Review of Modeling Techniques, Validation and Scenario Simulation in ENVI-MET V4. *Building and Environment*, 200: 107939.
- MGM 2021. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Adana İli İklim Verileri. www.mgm.gov.tr
- Ouyang W, Sinsel T, Simon H, Morakinyo TE, Liu HNGE. 2022. Evaluating the Thermal-Radiative Performance of ENVI-MET Model for Green Infrastructure Typologies: Experience from a Subtropical Climate. *Building and Environment*, 207-Part B: 108427.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.08.009>
- 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.
- Yang J, Hu X, Feng H, Marvin S. 2021. Verifying an ENVI-met Simulation of the Thermal Environment of Yanzhong Square Park in Shanghai. *Urban Forestry and Urban Greening*, 66: 127384.
- Yavaş M, Yılmaz S. 2020. Climate Sensitive Urban Design Principles: The Case of Erzurum City. *Planlama*, 30(2): 294-312.
- Yılmaz S, Toy S, Irmak MA, Yılmaz H. 2007. Determination of Climatic Differences in Three Different Land Uses of The City of Erzurum, Türkiye. *Build. Environment*, 42: 1604-1612. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.01.017>
- Yılmaz S, Mutlu E, Yılmaz H. 2018. Alternative Scenarios for Ecological Urbanizations Using ENVI-MET Model. *Environ Sci Pollut Res*, 25: 26307–26321.
- Zhou D, Zhao S, Liu S, Zhang L. 2014. Spatiotemporal Trends of Terrestrial Vegetation Activity Along the Urban Development Intensity Gradient in China's 32 Major Cities. *Science of Total Environment*, 488-489: 136–145. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.04.080>