

Ankara'da Termal Konfor Koşulların Eğilimi ve Şehirleşmenin Termal Konfor Koşulları Üzerine Etkisi

The Trends and Effects of Urbanization on Thermal Comfort Conditions in Ankara

Onur Çalışkan^{1*}, Necla Türkoğlu²

¹ Ankara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Fakültesi, İlköğretim Bölümü, Ankara

² Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara

Öz: Bu çalışmada birbirine yakın (26,3 km) fakat farklı arazi paterni ve kullanıma sahip iki meteoroloji istasyonunda ölçülen değerler kullanılarak hesaplanan termal algılamalar (fizyolojik eşdeğer sıcaklık, FES) karşılaştırılmıştır. FES değerleri 1975-2013 yılları arasında kapsayan günlük yerel saat 7, 14 ve 21'de ölçülen meteorolojik parametreler kullanılarak hesaplanmıştır. Ekim-mart arasında Ankara Meteoroloji İstasyonu (şehir) Esenboğa Meteoroloji İstasyonundan (kır/kasaba) daha konforlu koşullara sahiptir. Nisan-eylül arasında ise Ankara Meteoroloji İstasyonu için hesaplanan ısı stresi daha fazladır. Gelen solar radyasyon miktarının düştüğü dönemlerde şehir ve kır arasındaki farklar azalırken radyasyon oranı arttıkça farkın da arttığı gözlemlenmektedir. Bu çalışmada ayrıca her iki istasyonun FES değerlerindeki eğilim Pearson korelasyon analizi kullanılarak incelenmiştir. 1975-2013 yılları arasında, her iki istasyon için hesaplanan FES değerlerinin istatistik olarak anlamlı artış eğiliminde olduğu bulunmuştur. Termal algılama değerlerindeki bu artış Ankara'da 1996 öncesinde daha güçlüyken, Esenboğa'daki artış eğilimi 1996 sonrasında daha güçlüdür. İki istasyonda da en yüksek katsayı değerleri saat 21.00'de ortaya çıkmıştır. Bu durum iki alanın da artan yapılaşmaya bağlı bir sıcaklık artışına sahip olduğunun güçlü delillerini ortaya koymaktadır. Şehirler doku, yapı, geometri ve atmosferik özelliklerinden dolayı kırlardan daha geç ısınmakta ve geç soğumaktadırlar. Güneş battıktan sonra hızla soğuyan kırsal alanlara nazaran şehirleşmeye bağlı ısı artışını göstermesi açısından 21.00'deki artış eğilimi anlamlıdır.

Anahtar Kelimeler: Biyoklimatolojik koşullar, termal konfor, fizyolojik eşdeğer sıcaklık, arazi kullanım paterni, şehirleşme etkisi.

Abstract: In this study two meteorology stations which is very close (26.3 km) but have different land use and pattern have been compared by the thermal perceptions (physiologically equivalent temperature, PET) that have been calculated from the meteorological parameters which has been recorded at 7,14 and 21 hours between 1975 and 2013. Ankara (urban) has warmer and more comfortable conditions than Esenboğa (rural) from October to March. Over the summer (April to September), though, heat stress is more frequent and stronger. While the differences between urban and rural areas decrease at times when solar radiation falls, they increase when the radiation also increases. The PET values of two stations have also been analyzed for the changes over the time during period between 1975 and 2013 by the Pearson correlation analyses. PET values of both areas seem to have a significant tendency for increase between 1975and 2013. This upward trend in thermal perceptions is more obvious in Ankara before 1996 and in Esenboğa after 1996. The highest correlation coefficients appear in 21.00 PET values in Ankara and Esenboğa. The structure, texture, geometry and atmospheric characteristics of urban areas cause them to warm and cool later than the rural regions. The trend for increase in 21.00 PET values is evidence for the effects of urbanization.

Keywords: Bioclimatological conditions, thermal comfort, physiologically equivalent temperature, land use pattern, urbanization impact.

* İletişim yazarı: O. Çalışkan, e-posta: Onur.Caliskan@ankara.edu.tr

1. Giriş

İklim sadece fiziksel çevrenin şekillenmesinde değil; insanoğlunun yaşamı ve her türlü sosyal, ekonomik faaliyeti üzerinde de önemli rol oynamaktadır. Dünya üzerindeki habitatların oluşumunda, insanların giyim tercihlerinde, her türlü ekonomik süreçte ve hatta toplulukların dil kültür gelişiminde iklimin etkisini görmek mümkündür. İnsanların gerek psikolojik, gerek fizyolojik olarak konforlu ya da rahatsız hissetmeleri ile iklimin arasında güçlü bağlar bulunmaktadır. İnsan biyoklimatolojisi çalışmalarının önemli bir bölümünü termal koşullara insanların verdiği tepkiler ya da verili atmosfer koşullarından kişilerin nasıl etkilendiklerini ölçmek oluşturmaktadır. İnsanların atmosfer olayları karşısında verdikleri tepkileri ortaya koymak için hazırlanan dizinlere termal dizinler veya termal konfor dizinleri denilmektedir. Sayıları yüzlerle ifade edilen termal dizinlerin zaman içindeki değişimlerini de ortaya koyan bibliyografik çalışmalar bulunmaktadır (Landsberg, 1972; Driscoll, 1992; Maarouf ve Munn, 2005; Parsons, 2014). Sadece sıcaklık ve nem koşullarını dikkate alan basit ve hesaplanması kolay termal konfor dizinleri olduğu gibi meteorolojik parametrelere ek olarak insanların hava koşullarına verdikleri tepkileri yönlendiren kişisel farklılıklarını da hesaplamalarına dâhil eden daha kompleks dizinler bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) ikinci tür dizinlerdendir. Hava sıcaklığı, ortalama radyan sıcaklık, rüzgâr hızı, nemlilik gibi meteorolojik parametrelere bağlı olarak insan ısı dengesini koruyan termoregülatörlerin tepkisini değerlendiren dizinlerden biri olan FES, geniş bir kullanım alanına sahiptir (Höppe, 1999; Matzarakis vd., 1999; Çalışkan ve Türkoğlu, 2012; 2013).

Uygulamalı klimatolojinin önemli alanlarından biri olan biyoklimatoloji çalışmaları pek çok farklı disiplinden bilimsel araştırmanın konusu olmuştur. Temelde biyoloji, tıp, iklim gibi disiplinlerin ilgi alanları içine girmektedir. Biyoklimatolojik çalışmaları belli başlı alt alanlar altında toplanabilir. Bunlar;

1. Termal konfor dizini geliştirmek
2. Zamanda ve mekânda biyoklimatoloji analizleri (grafik ve haritalar)
3. Şehir iklimi ve şehir biyoklimatolojisi (büyük ölçekli canlı iklim araştırmaları)
4. Sağlık coğrafyası araştırmaları (risk haritaları, epidemiyolojik uygulamalar)
5. Turizm/rekreasyon iklimi uygulamaları
6. Termal konfor tahmini
7. Çevresel değişimler ve biyoklimatoloji uygulamaları olarak sıralanabilir.

Şehirleşme ve biyoklimatolojiye etkisini ele alan araştırmaların ana eksenini şehir iklimi ve bunun termal konfor koşullarına etkileri oluşturmaktadır. Şehirler çevreleyen doğal alanlardan farklı iklim koşullarına sahip olmakta, şehirde yaşayan insan sayısı, yapay malzemenin nicelik ve niteliği bu farklılaşmanın derecelerini değiştirmektedir. Ankara'da şehirleşmenin çeşitli iklim elemanları üzerine etkileri konusunda birçok çalışma bulunmaktadır (Karaca vd., 1995; Çiçek, 2004; 2005; Çalışkan ve Türkoğlu, 2011; Türkoğlu vd., 2012; Çiçek vd., 2013). Çalışkan vd. (2012) 1975-2006 yıllarını kapsayan dönemde, AMİ ve EMİ termal konfor koşulları arasındaki alansal farklılıkları ayrıntılarıyla çalışmışlardır. Bu çalışmada ise Ankara şehri ve kırsal kasaba özelliği taşıyan Esenboğa'nın biyoklimatik koşulları FES dizini kullanılarak karşılaştırılmaktadır. Şehir ile kırsal kasaba karakterine sahip iki meteoroloji istasyonunun alansal değişimi yanında eğilim analizi aracılığıyla termal koşulların hali hazırdaki durumu ve zamansal değişimi ortaya konmaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

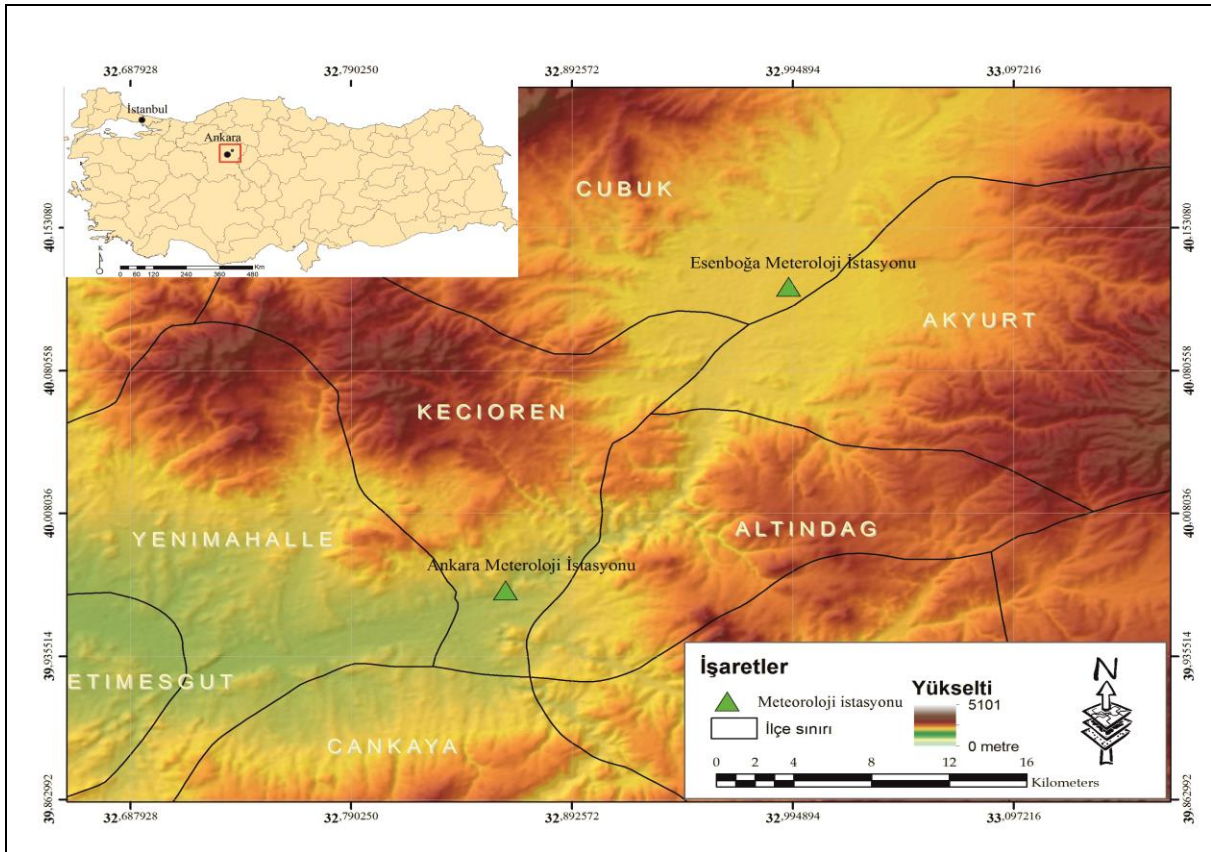
2.1. Veriler

Bu çalışmada Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne ait Ankara Meteoroloji İstasyonu (AMİ) ve Esenboğa Meteoroloji İstasyonunun (EMİ) 1975-2013 yılları arasındaki verileri kullanılmıştır. Ankara Meteoroloji İstasyonu deniz seviyesinden 881 m yükseklikte ve 39°57' K ile 32°53' D koordinatları, Esenboğa Meteoroloji İstasyonu ise 949 m yükseklikte ve 40°08' K ile 33°0' D koordinatları arasında yer almaktadır (Şekil 1). Bu çalışmada istasyonların günlük saat 07.00, 14.00 ve 21.00 hava sıcaklığı, rüzgâr, küresel solar radyasyon, bulutluluk, nispi nem, verileri kullanılmıştır.

2.2. FES Değerlerinin Hesaplanması

Hava sıcaklığı, rüzgâr, küresel solar radyasyon, bulutluluk, nispi nem verileri kullanılarak günlük, aylık saat 07.00, 14.00 ve 21.00 FES değerleri hesaplanmıştır. FES değerlerinin hesaplanmasında ücretsiz bir yazılım olan Rayman'a başvurulmuştur. Rayman yazılımı bir yerde ölçülen meteorolojik parametreler ve bu yerin arazi dokusuna bağlı olarak FES, Tahmini Ortalama Seçim (TOS) ve Standart Efektif Sıcaklık (SES) dizinlerine göre sonuçlarını verebilmektedir (Matzarakis vd., 2007; 2010). Yapılan hesaplamalarda çevresel değişkenlerin yanı sıra insanların fizyolojik özelliklerinin de göz önünde bulundurulması açısından FES kullanışlı bir dizindir. Sonuçların santigrat derece cinsinden olması hesaplamaları ve karşılaştırmaları kolaylaştıran bir durumdur (Çizelge 1). FES değerlerinin bir diğer özelliği ise açık havada ortaya çıkan koşulların tipik kapalı alanlarda karşılaşılan termal konfor koşullarına eşitlemesidir. Bir insanın açık havada karşılaştığı koşullar, tipik bir kapalı mekânda karşılaştığı hava durumuna vücut ısı dengesinin vereceği tepkiye eşitlenmiştir. Açık hava koşullarının, kapalı alanlardaki tepkilere eşitlenmesiyle somut bir konfor dizini ortaya çıkmaktadır. Tipik kapalı mekân olarak kastedilen alanda referans alınan iklimsel varsayımlar aşağıda verilmiştir.

- Ortalama radyan sıcaklık, hava sıcaklığına eşittir ($T_{mrt} = T_a$)
- Havanın hareket (rüzgâr) hızı 0,1 metre/saniyedir
- Su buharı basıncı 12 hPa'dır ($T_a = 20^\circ\text{C}$ ve nispi nem %50 civarında olduğundaki su buharı basıncı) (Höppe, 1999).



Şekil 1. Şehirleşmenin termal konfor eğilimleri üzerindeki etkilerinin saptanması için kullanılan Ankara Meteoroloji İstasyonu ve Esenboğa Meteoroloji İstasyonu'nun yer bulduru haritası.

2.3. Korelasyon analizi

Hesaplanan FES değerlerinin zaman içindeki değişimleri görmek için istatistik yazılımları kullanılarak Pearson korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir (Pedhazur, 1982; Yılmaz ve Çalışkan, 2011). Korelasyon katsayılarının hesaplanması için ‘Statistical Package for the Social Sciences’ (SPSS) 16 yazılımının deneme sürümü kullanılmıştır. Korelasyon analizi iki değişken arasındaki ilişki yönünün, derecesinin ve bu ilişkinin istatistik açıdan anlam taşıyıp taşımadığının ortaya konulması gerektiğinde kullanılmaktadır. Korelasyon katsayısı +1 ile -1 arasında değişen sayısal bir değer olarak karşımıza çıkmaktadır. Sonucun +1’e yaklaşması, bağımlı değişkende artma eğilimi olduğunu gösterirken, -1’e yaklaşması ise azalma eğilimine girdiğini belirtmektedir. 0’a yaklaşan değerler ise ilişkiyi anlam ifade etmediğini gösterir. Korelasyon analizinde aşağıdaki formül kullanılır.

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x}) \sum (y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

Burada r korelasyon katsayısı, x ölçüm sayısını (ölçüm yapılan zamanı), y ise analiz edilen parametreyi ifade etmektedir. Korelasyon sayısının istatistiki olarak anlamlı olup olmadığı veri sayısına bağlı olarak değişmektedir. SPSS yazılımı değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin güçlü olup olmadığı sorgulamakta ve bu ilişkiyi yüzde cinsinden vermektedir.

Çizelge 1. FES değerlerinin termal algılanma aralıkları ve insanların verdiği fizyolojik karşılıklar (Matzarakis vd. 1999 değiştirilerek).

| FES (°C) | Termal Algılama | Fizyolojik Stres Derecesi |
|----------|-----------------|---------------------------|
| -10 | dondurucu soğuk | dondurucu soğuk stresi |
| | ----- | ----- |
| | aşırı soğuk | çok aşırı soğuk stresi |
| 0 | ----- | ----- |
| | çok soğuk | aşırı soğuk stresi |
| 4 | ----- | ----- |
| | soğuk | güçlü soğuk stresi |
| 8 | ----- | ----- |
| | serin | orta derece soğuk stresi |
| 13 | ----- | ----- |
| | çok az serin | hafif soğuk stresi |
| 18 | ----- | ----- |
| | konforlu | termal stres yok |
| 23 | ----- | ----- |
| | çok az sıcak | çok az sıcak stresi |
| 29 | ----- | ----- |
| | sıcak | orta derece sıcak stresi |
| 35 | ----- | ----- |
| | çok sıcak | güçlü sıcak stresi |
| 41 | ----- | ----- |
| | aşırı sıcak | aşırı sıcak stresi |

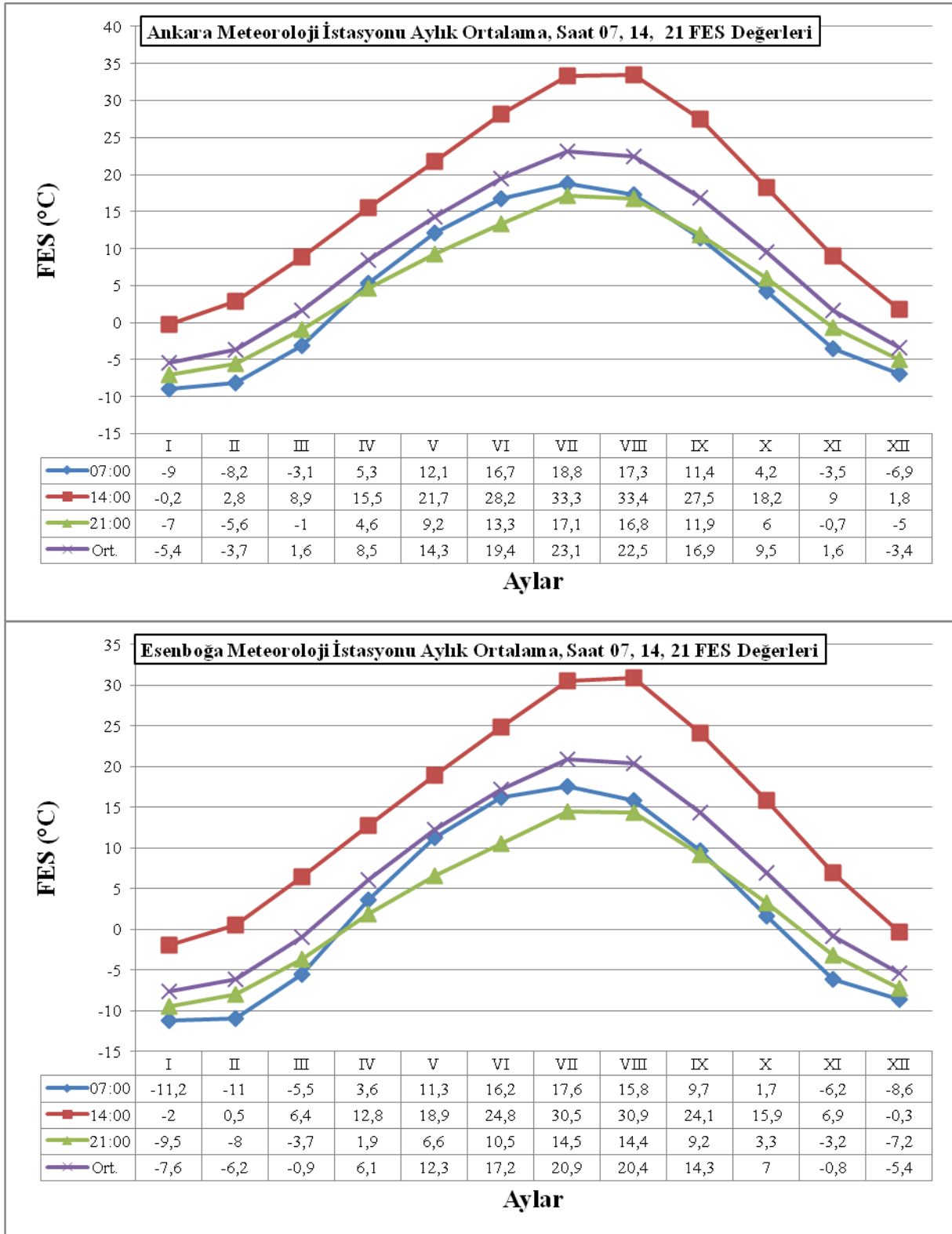
3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Ankara ve Esenboğa Meteoroloji İstasyonlarında Hesaplanan Biyoklimatik Koşullar

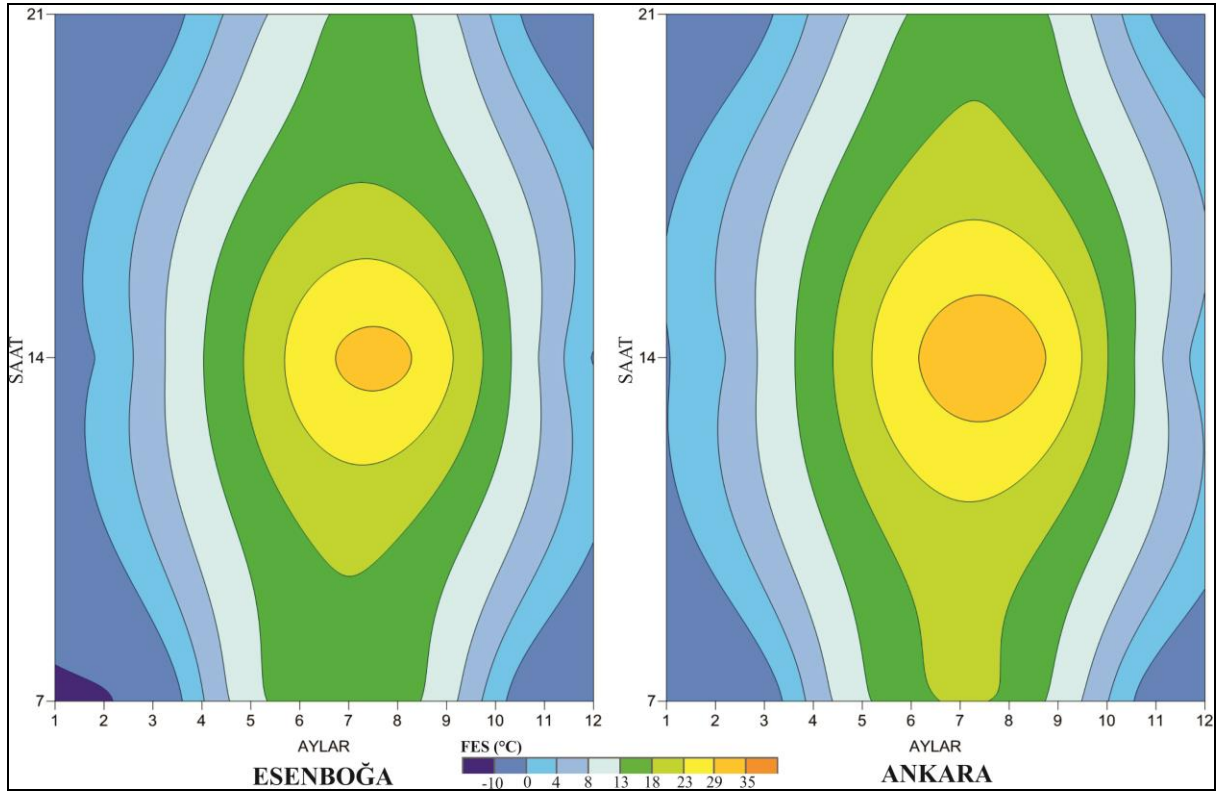
İki farklı lokasyonun biyoklimatik özelliklerini yansıtan Ankara (şehir) ve Esenboğa (kır/kasaba) meteoroloji istasyonlarından alınan 1975-2013 hava sıcaklığı, küresel radyasyon, nispi

nem, rüzgâr hızı ve bulutluluk verileri kullanılarak hesaplanan FES değerlerine göre belirlenen termal algılamalarda benzer bir dönemsellik bulunmaktadır. FES değerleri niceliksel anlamda farklılık göstermektedir. Yıl içinde termal koşulların izlediği iniş çıkışlar aynı dönemlere denk gelse de (örneğin her iki istasyonda en soğuk koşullar ocakta, en sıcak koşullar temmuzda oluşmaktadır), termal algılama değerlerinin rakamsal büyüklüğü çok farklı konfor koşulları yaratmaktadır. FES değerleri Ankara'da Esenboğa'ya nazaran daha yüksektir. Dolayısıyla şehir, kır/kasaba ile kıyaslandığında daha sıcak termal koşullara sahiptir. Dolayısıyla Ankara'da kışın daha az soğuk stresine sahip termal koşullar oluşurken, yaz mevsiminde daha fazla sıcak stresi yaşanmaktadır. Elde edilen bu bulgular yine Ankara ve Esenboğa arasındaki biyoklimatik koşulları farklı bir konfor diziniyle çalışan Çiçek (2003) tarafından yapılan çalışmayla uyumludur. Gothenburg (İsveç) şehrinin farklı dokuya sahip (yoğun bina ve yeşil alanlar) bölümlerinde de şehir ve kır/kasaba arasındaki konfor farklılıkları olduğu ortaya konulmuştur (Svensson ve Eliasson, 2002). Ayrıca Strasbourg'daki (Fransa) şehir ve kır FES değerlerini konu alan Matzarakis vd. (2009) da kır alanlarının yılın tamamında şehirlerden daha soğuk termal algılamalara sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Şehrin FES değerleri, kasımdan marta kadar saat 07.00'de kırdan $0,3^{\circ}\text{C}$ - $1,5^{\circ}\text{C}$ daha yüksek, nisan-ekim arasında ise $0,7^{\circ}\text{C}$ - $5,0^{\circ}\text{C}$ daha düşüktür. Saat 14.00 günlük ortalama FES değerleri yılın neredeyse tamamında (347 gün) Ankara'da Esenboğa'dan daha yüksektir. Esenboğa'da kış günlerinde öğleden sonra termal algılamaların daha yüksek olduğu 18 gün bulunmaktadır. Buna rağmen Ankara aylık ortalama $0,5^{\circ}\text{C}$ - $2,6^{\circ}\text{C}$ daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Şehir ve kır/kasaba arasındaki FES farkları soğuk aylarda azalmakta, sıcak aylarda ise artmaktadır. 365 günün tamamında saat 21.00 FES değerleri Ankara'da daha yüksektir ($1,7^{\circ}\text{C}$ ile $4,5^{\circ}\text{C}$). Ekim-mart arasında fark azalırken, nisan- eylül arasında artmaktadır. Özellikle yaz mevsiminde şehir ortalama 4°C daha sıcak algılanmaktadır. Dolayısıyla Ankara'nın şehir alanları ve kır/kasaba alanlarında ilgi çekici bir durum yaşanmaktadır. Ortalama bir yaz günü, sabah şehir kırdan 5°C daha serin, öğleden sonra $2,5^{\circ}\text{C}$, akşam ise 4°C daha sıcaktır. Ayrıca şehirde ortalama bir kış günü sabahı 1°C , öğleden sonra 1°C ve akşam $2,5^{\circ}\text{C}$ daha sıcak termal algılamalar ortaya çıkmaktadır. Bunun temel nedeni şehirlerin kırlara göre çok daha geç ısınıp geç soğumalarıdır (Landsberg, 1981; Oke, 1997; Brazel ve Quatrocchi, 2005). Şehirler gerek dokuları (yüzeyleri oluşturan malzeme cinsi, rengi), gerek paternleri (yüzey geometri ve topografyaları) bakımından kırdan farklıdır. Güneşten gelen ısı enerjisinin (radyasyon) soğurulması kıra nazaran karmaşık süreçlerden geçer. Bunların sonucu olarak kır alanları çabuk ısındıkları halde şehirlere göre çabuk soğurlar. Yaz aylarında kır/kasaba istasyonunun (Esenboğa) daha yüksek FES değerlerine sahip olmasının nedeni çabuk ısınmasıdır. Burada akla gelen ilk soru; neden kış aylarında kır/kasaba FES değerlerinin daha düşük olduğu ve kır alanları daha çabuk ısındığına göre neden aynı durumun soğuk mevsimde de ortaya çıkmadığıdır. Bunun nedenini şöyle açıklamak mümkündür; Ankara'da kış aylarında 07.00 FES değerlerinin Esenboğa'dan daha yüksek olmasının sebebi ısınma değil, ısının daha uzun süre saklanmasıyla ilgili olarak geç soğumadır. Ankara ve Esenboğa'da gün doğuş ve batış saatleri aynıdır. Her iki istasyonda da 1 Kasım'da güneş 06.15'de, 21 Aralık'ta 07.05'de, 31 Mart'ta 05.30'da ve 21 Haziran'da ise 04.16'da doğmaktadır. Dolayısıyla kışın şehirle kır arasında FES değerlerindeki farklılık 07.00'de değil, daha geç bir saatte kır/kasaba lehine gerçekleşmektedir. Bu sonuçlar Çiçek vd. (2013) tarafından uydu görüntüleri kullanılarak yapılan çalışmaları desteklemektedir. Saat 14.00 ve 21.00 değerlerinin yılın tamamında şehir lehine olmasının temel nedeni de ısının daha uzun süre saklanmasıyla ilgili olarak doku, patern ve geometri farklılığıdır. Güneşten gelen radyasyon oranının düştüğü soğuk dönemlerde, saat 14.00 ve 21.00 FES değerleri arasında şehir ve kır/kasaba farkının düşük olması, gelen enerjinin arttığı sıcak dönemde ise farkların yüksek olması, şehir ile kır/kasabanın enerji bütçe ve transferinin çok farklı olduğunu göstermektedir (Şekil 2, Şekil 3).



Şekil 2. Ankara ve Esenboğa Meteoroloji istasyonlarında hesaplanan aylık ortalama, saat 7, 14, 21 FES değerleri (1975-2013).



Şekil 3. Ankara ve Esenboğa'nın aylık ortalama saat 07, 14 ve 21'deki termal algılama değerlerinin aylık dağılımı (1975-2013).

3.2. Ankara ve Esenboğa Meteoroloji İstasyonlarında Hesaplanan FES Değerlerinin Korelasyon Analizi

FES değerleri temel alınarak termal algılamalardaki değişimin korelasyon analizi yapıldığında, her iki istasyonda da pozitif korelasyonlar dikkati çekmektedir. 1975-2013 döneminde Ankara'da FES değerlerinin korelasyon katsayıları saat 07.00'de 0,050, 14.00'de 0,020, 21.00'de 0,030 ve günlük ortalamalarda 0,034'dür. Esenboğa'da ise saat 07.00'de 0,066, 14.00'de 0,062, 21.00'de 0,066 ve günlük ortalamalarda 0,068'dir. Bütün katsayılar istatistiki olarak anlamlıdır (Çizelge 2). 1975-2010 arası beşer yıllık dönemlere ayrılarak korelasyon analizi uygulandığında, Ankara'da sabah saatlerinde tüm dönemlerde termal algılamalarda pozitif korelasyonlar görülmektedir. Bunlardan istatistiki olarak anlamlı olanlar 1975-1980 (0,050) ve 1991-1995 (0,085) dönemlerine aittir. Esenboğa'da da benzer şekilde bütün dönemlerde 07.00 FES değerlerinde pozitif korelasyonlar olmakla birlikte, 1981-1985 (0,074) ve 1991-1995 (0,062) dışındaki dönemlerdeki korelasyon değerleri istatistiki olarak anlamlı değildir (Çizelge 3).

Çizelge 2. AMİ ve EMİ için günlük ortalama FES değerlerinin korelasyon katsayıları (1975-2013).

| Parametreler | AMİ N= 10813 | EMİ N= 10699 |
|--------------|-----------------|-----------------|
| 07.00 | 0,050** | 0,066** |
| 14.00 | 0,020* | 0,062** |
| 21.00 | 0,030** | 0,066** |
| Ortalama | 0,034** | 0,068** |

* Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlıdır.

** Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır.

Saat 14.00'de her iki istasyonda da FES değerlerinde pozitif korelasyonlar görülmektedir. Ankara için en yüksek korelasyonlar 1991-1995 (0,091), Esenboğa için 1996-2000 (0,138) döneminde ortaya çıkmaktadır. Ankara'da 1986-1990 ve 2001-2010 dışında kalan dönemlerde pozitif anlamlı korelasyon değerleri görülürken, Esenboğa'da 1981-1985 (0,062) ve 1991-1995 (0,060) dışında kalan tüm korelasyon değerleri istatistiki olarak anlamlılık değerinin altında kalmaktadır (Çizelge 3).

Saat 21.00 FES değerlerinin korelasyon analizi sonuçlarına göre her iki istasyonda da pozitif korelasyonlar görülmektedir. Ankara'da 1975-1980 (0,076) ve 1991-1995 (0,115) olmak üzere sadece iki dönemde istatistiki olarak anlamlı katsayılar bulunmaktadır. Esenboğa'da ise 1986'dan 2000'e kadar olan üç dönemde de sürekli istatistiki olarak anlamlı korelasyon katsayılarının oluştuğu yönelimler dikkat çekmektedir (Çizelge 3).

Günlük ortalamalar dikkate alındığında yüksek korelasyon değerleri Ankara'da 1995, Esenboğa'da ise 2000 yılına kadar devam etmektedir. Ankara'da 1986-1990 (0,033), 1996-2000 (0,049) ve 2001-2005 (0,007), Esenboğa'da ise 1981-1985 (0,060) ve 1996-2000 (0,073) dışında kalan dönemlerdeki korelasyon katsayıları istatistiki olarak anlamlı değildir (Çizelge 3).

Çizelge 3. AMİ ve EMİ FES değerlerinin beş yıllık zaman aralıklarındaki korelasyon katsayıları (1975-2010).

| FES | 1975-1980 N=2192 | 1981-1985 N=1826 | 1986-1990 N=1823 | 1991-1995 N= 1826 | 1996-2000 N=953 | 2001-2005 N=2192 | 2005-2010 N=2102 |
|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| AMİ 07.00 | 0,050* | 0,043 | 0,035 | 0,085** | 0,024 | 0,0 | 0,0 |
| EMİ 07.00 | 0,037 | 0,074** | 0,015 | 0,062** | 0,009 | 0,001 | 0,001 |
| AMİ 14.00 | 0,076** | 0,057* | 0,033 | 0,091** | 0,081* | 0,016 | 0,016 |
| EMİ 14.00 | 0,027 | 0,062** | 0,043 | 0,060** | 0,138** | 0,01 | 0,01 |
| AMİ 21.00 | 0,076** | 0,04 | 0,026 | 0,115** | 0,03 | 0,006 | 0,006 |
| EMİ 21.00 | 0,041 | 0,024 | 0,047* | 0,087** | 0,073* | 0,035 | 0,035 |
| AMİ Ort. | 0,069** | 0,049* | 0,033 | 0,098** | 0,049 | 0,007 | 0,007 |
| EMİ Ort. | 0,035 | 0,060* | 0,035 | 0,038 | 0,073* | 0,031 | 0,031 |

* Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlıdır.

** Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır.

Aylık ortalama FES değerlerinin korelasyon analizine göre, Ankara'da saat 07.00'de, kasım (-0,102) ve aralık (-0,185) ayı dışında kalan bütün aylarda pozitif korelasyonlar görülmektedir. Bunlardan mayıs-ekim arasında kalan aylara ait değerler istatistiki olarak anlamlıdır. Bütün aylarda pozitif katsayıların görüldüğü Esenboğa'da ise, Ankara'ya benzer olarak anlamlılık sınırını aşan değerler yine mayıs-ekim arasındaki aylara aittir (Çizelge 4).

Saat 14.00'deki FES değerlerinin korelasyonuna göre, Ankara'da ekim (-0,037) hariç tüm aylarda pozitif katsayılar hesaplanmıştır. Yılın hiçbir ayında anlamlılık eşiğinden daha yüksek bir değere ulaşılmamıştır. Esenboğa'da ise yılın tamamında pozitif korelasyon katsayıları görülmekle birlikte, anlamlı katsayı değerleri temmuz (0,376) ve ağustos (0,443) aylarına rastlamaktadır. Bu iki ay dışında kalan aylardaki katsayılar anlamlılık eşiğinin altındadır (Çizelge 4).

Saat 21.00'de FES değerleri Ankara'da kasım (-0,018), aralık (-0,088) ve şubat (-0,004), aylarında negatif korelasyonlara sahiptir. Bu değerlerin hiçbiri istatistiki olarak anlamlı değildir. Diğer dokuz aydaki katsayılar pozitif değerler olmasına rağmen sadece ağustos ayı değeri (+0,444) anlamlılık eşiğinden daha büyüktür. Esenboğa'da ise Ankara'dan farklı olarak saat 21.00 FES değerlerinin korelasyon katsayılarının tamamı pozitifdir ve haziran-eylül arasında kalan dört ayın korelasyon katsayıları istatistiki olarak anlamlıdır (Çizelge 4).

Çizelge 4. AMİ ve EMİ FES değerlerinin aylık ortalama korelasyon katsayıları (1975-2013).

| Parametre N=30 | Yıllık | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|-------------------|---------|-------|--------|--------|-------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| AMİ 07.00 | 0,565** | 0,065 | 0,001 | 0,208 | 0,218 | 0,465** | 0,445* | 0,586** | 0,738** | 0,488** | 0,363* | -0,102 | -0,185 |
| EMİ 07.00 | 0,628** | 0,076 | 0,035 | 0,346 | 0,232 | 0,559** | 0,404* | 0,454* | 0,690** | 0,309 | 0,400* | 0,156 | 0,028 |
| AMİ 14.00 | 0,193 | 0,144 | -0,008 | -0,015 | 0,028 | 0,111 | 0,12 | 0,217 | 0,35 | 0,045 | -0,037 | 0,036 | 0,002 |
| EMİ 14.00 | 0,508** | 0,286 | 0,182 | 0,024 | 0,101 | 0,347 | 0,291 | 0,376* | 0,443* | 0,23 | 0,073 | 0,109 | 0,251 |
| AMİ 21.00 | 0,313 | 0,122 | -0,004 | 0,055 | 0,084 | 0,22 | 0,283 | 0,314 | 0,444* | 0,18 | 0,065 | -0,018 | -0,088 |
| EMİ 21.00 | 0,497** | 0,14 | 0,101 | 0,162 | 0,162 | 0,213 | 0,434* | 0,384* | 0,567** | 0,430* | 0,257 | 0,09 | 0,096 |

* Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlıdır.

** Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır.

3.3. Ankara'da Termal Konfor Aralıklarının Zamansal Eğilimi

Bu çalışmada ulaşılan bulgulardan biri de Ankara ve Esenboğa'da 1975'ten 2013 yılına kadar olan dönemde biyoklimatik koşulların ısınma yönünde değişmesi, buna bağlı olarak termal algılama değerlerinde artış görülmesidir. Bu değişim belirgin olarak soğuk ve sıcak stresine yol açan termal algılama aralıklarını etkilemiş, soğuk stresine yol açan termal algılama aralıklarında negatif, sıcak stresine yol açan termal algılama aralıklarında pozitif değerlerde artma eğilimi ortaya çıkmıştır.

Ankara'da 07.00 FES değerlerinde negatif korelasyonlar 18°C'den daha düşük aralıklarda görülmektedir. Bunlardan sadece çok az serin (13°C<FES<18°C) aralığındaki değer (-0,530) istatistiki olarak anlamlıdır. 18°C'den daha büyük FES değerine sahip olan aralıkların tamamında anlamlı pozitif korelasyonlar bulunmaktadır. Esenboğa'da eğilimlerin dağılımı Ankara'dan farklıdır. Dondurucu soğuk aralığında (FES <-10°C) anlamsız negatif (-0,278), aşırı soğukta (-10°C<FES<0°C) anlamsız pozitif (0,117), çok soğukta (0°C<FES<4°C) anlamlı negatif (-0,403), soğukta (4°C<FES<8°C) anlamsız pozitif (0,278), serinde (8°C<FES<13°C) anlamsız negatif (-0,172), çok az serinde (13°C<FES<18°C) anlamlı negatif (-0,459), konforluda (18°C<FES<23°C) anlamsız negatif korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. 23°C'den daha yüksek değerlere sahip aralıkların tamamında pozitif korelasyon değerleri bulunmaktadır. Bunlardan sıcak (29°C<FES<35°C; 0,804) ve çok sıcak (35°C<FES<41°C; 0,505) termal aralıklarda korelasyon değerleri yüksektir (Çizelge 5).

Ankara'da saat 14.00'deki termal algılama aralıklarında istatistiki olarak anlamlı korelasyon değerleri bulunmamıştır. En düşük katsayı değeri çok az sıcak (23°C<FES<29°C; -0,295), en yüksek katsayı değeri aşırı sıcak (FES>41°C; 0,350) algılamalarında dikkati çekmektedir. Esenboğa'da da Ankara'ya benzer bir şekilde en yüksek katsayı değerleri, dizinin en yüksek aralıkları olan çok sıcak (35°C<FES<41°C; 0,453) ve aşırı sıcakta (FES>41°C; 0,649) hesaplanmıştır. 29°C'den daha düşük FES değerlerinin olduğu termal aralıkların, çok az serin (13°C<FES<18°C) dışındakilerin tamamında negatif korelasyon değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerin hiçbiri anlamlılık eşiğinden daha küçük değildir. En düşük değer çok az sıcak (23°C<FES<29°C; -0,341) aralığındadır (Çizelge 5).

Akşam saatlerindeki termal algılama aralıklarının korelasyon analizi sonuçları incelendiğinde, Ankara'da 13°C'den daha düşük değerlere sahip FES aralıklarında sadece aşırı soğuk (-10°C<FES<0°C) aralığının pozitif korelasyon katsayısına (0,114) sahip olduğu, bunun dışındaki değerlerinin negatif olduğu gözlenmektedir. Negatif katsayı değerine sahip aralıklardan en düşük olanı çok soğuk (0°C<FES<4°C; -0,320) aralığıdır. Benzer bir şekilde Esenboğa'da da 13°C'den daha düşük FES değerlerine sahip aralıklarda düşük korelasyon değerleri görülmektedir. Bunlardan aşırı soğuk (-10°C<FES<0°C; 0,025) ve serin (8°C<FES<13°C; 0,027) dışında kalan aralıklardaki katsayılar negatiftir. Ankara'dan farklı olarak soğuk (4°C<FES<8°C) aralığındaki -0,434 olan korelasyon katsayısı istatistiki olarak anlamlıdır. Çok az serin (13°C<FES<18°C; 0,413) ve konforlu (18°C<FES<23°C; 0,715) termal aralıklarında anlamlı pozitif korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Çok az sıcak (23°C<FES<29°C; 0,130) termal algılama aralıklarında pozitif korelasyon katsayısı hesaplanırsa da bu değer istatistiki olarak anlamlı değildir (Çizelge 5).

Çizelge 5. AMİ ve EMİ günlük ortalama FES değerlerine göre termal algılama basamaklarının korelasyon katsayıları (1975-2013)

| Parametre | Termal algılama aralıkları (FES°C) | | | | | | | | | | |
|-----------|------------------------------------|--------|---------|---------|--------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | < -10 | -10-0 | 0-4 | 4-8 | 8-13 | 13-18 | 18-23 | 23-29 | 29-35 | 35-41 | >41 |
| AMİ 07.00 | -0,083 | 0,064 | -0,33 | -0,264 | -0,343 | -0,530** | 0,435* | 0,737** | 0,521** | 0,540** | .a |
| EMİ 07.00 | -0,278 | 0,117 | -0,403* | 0,278 | -0,172 | -0,459* | -0,248 | 0,187 | 0,804** | 0,505** | .a |
| AMİ 14.00 | 0,102 | -0,02 | 0,078 | -0,074 | -0,139 | -0,047 | 0,192 | -0,295 | 0,007 | 0,209 | 0,35 |
| EMİ 14.00 | -0,057 | -0,255 | -0,005 | -0,062 | -0,173 | 0,202 | -0,247 | -0,341 | 0,163 | 0,453* | 0,649** |
| AMİ 21.00 | -0,03 | 0,114 | -0,32 | -0,165 | -0,259 | 0,095 | 0,233 | 0,628** | .a | .a | .a |
| EMİ 21.00 | -0,228 | 0,025 | -0,133 | -0,434* | 0,027 | 0,413* | 0,715** | 0,13 | .a | .a | .a |

* Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlıdır.

** Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır.

a. Değişkenlerden en az biri sabit olduğu için hesaplanamıştır.

3.4. Ankara ve Esenboğa Günlük FES Değerleri Arasındaki Farkların Korelasyon Analizi

Ankara ve Esenboğa'nın termal algılama değerleri arasındaki farkların zamansal değişimi Çizelge 6'da görülmektedir. Buna göre bütün zaman dilimlerinde ve günlük ortalamalarda negatif korelasyonlar dikkati çekmektedir. Hesaplanan bütün katsayılar 0,01 seviyesinde anlamlıdır. En düşük korelasyon katsayısı günlük ortalamalara (-0,135) aittir. Günlük ortalamaları sırasıyla saat 14.00 (-0,098), saat 21.00 korelasyon katsayıları (-0,057) takip etmektedir. En yüksek katsayı (-0,005) saat 07.00'ye aittir (Çizelge 6).

Çizelge 6. AMİ ve EMİ günlük ortalama FES değerleri arasındaki farkların korelasyon katsayıları (AMİ- EMİ, 1975-2013).

| Parametre | AMİ FES değerleri – EMİ FES değerleri N= 10431 |
|-----------|---|
| 07.00 | -0,055** |
| 14.00 | -0,098** |
| 21.00 | -0,057** |
| Ortalama | -0,135** |

** Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır.

Ankara ve Esenboğa FES değerleri arasındaki farklar beşer yıllık dönemlere ayrılarak incelenmiş ve bu farklara korelasyon analizi yapılmıştır. Bu analiz sonuçlarına göre; saat 07.00'de 1981-1985 (-0,041) ve 2001-2005 (-0,020) dönemleri dışında pozitif korelasyonlar dikkati çekmektedir. En yüksek korelasyonlar 1996-2000 (0,036) yıllarına ait olup, korelasyonlar hiçbir dönemde istatistiki olarak anlamlı değildir (Çizelge 7).

Saat 14.00'deki farkların korelasyonunda belirgin iki dönem ortaya çıkmaktadır. Bunlar; 1996 yılına kadar pozitif (1986-1990), 1996 yılından sonra ise negatif korelasyonların görüldüğü dönemlerdir. Pozitif dönemde 1975-1980 (0,215) ve 1991-1995 (0,109), negatif dönemde 1996-2000 (-0,168), 2001-2005 (-0,117) ve 2006-2010 (-0,168) arası korelasyonların anlamlılık düzeyi yüksektir (Çizelge 7).

Saat 21'de, 1991-1995 dönemi dışında anlamlılığı yüksek korelasyonlar görülmektedir. 1975-1980 (0,156) ve 1981-1985 (0,100) arasında pozitif, 1986-1990, 1996-2000 (-0,147), 2001-2005 (-0,116) ve 2006-2010 (-0,147) arasında negatif anlamlı korelasyonlar dikkati çekmektedir (Çizelge 7).

Günlük ortalama farkların korelasyonu saat 14.00 ile benzerlik göstermektedir. 1996 yılına kadar pozitif giden korelasyon katsayıları (yine 1986-1990 arasında ters bir eğilim bulunmaktadır) 1996'dan sonra negatif değerler almıştır. 1975-1980 (0,188), 1991-1995 (0,244), 1996-2000 (-0,130) ve 2001-2005 (-0,125) dönemlerinde anlamlılığı yüksek korelasyonlar görülmektedir (Çizelge 7).

Termal algılama değerlerinin zaman içindeki gelişimleri korelasyon analiziyle sorgulandığında, 1975-2013 yılları arasında kalan dönemde hem Ankara hem de Esenboğa günlük 07.00, 14.00, 21.00 ve ortalamalarında anlamlı bir artış eğilimi görülmektedir. Elde edilen bu sonuç Ankara ve çevresinde sıcaklıklarda düşüş eğilimi bulan Karaca vd. (1995) ile uyuşmamaktadır. 1990'lı yıllara kadar Esenboğa'da anlamlı bir artış bulunmamaktadır. Asıl artış bu tarihten sonra meydana

gelmiştir. 1975- 2013 yılları arasında korelasyon katsayıları yüksek FES değerleri Ankara'da sabah, Esenboğa'da ise sabah ve akşam saatlerinde görülmektedir. Termal algılamalardaki bu artışta küresel kontrollerden ziyade şehirleşmeye bağlı gelişmeler rol oynamaktadır. Artan yüzey alanı, yapay yüzeylerin daha fazla ısı soğurması, kanyon geometrilerine bağlı olarak artan radyasyon transferi, artan ortalama radyan sıcaklık, rüzgârın etkisini kesen şehir pateni, azalan nispi nem, atmosferde daha fazla sera gazı ve emisyon olması FES'lerin artmasına neden olmaktadır.

FES'lerdeki artış eğilimi 1975-2010 arası beşer yıllık zaman dilimlerinde de dikkati çekmektedir. Bu zaman dilimlerinin tamamında artış eğilimi pozitiftir. Ankara'da en yüksek korelasyon katsayıları 1991-1995 arasında ortaya çıkmaktadır. Esenboğa'da ise günlük ortalamalarda anlamlı artışlar 1981-1985 ve 1996-2000'de gözlenmektedir. En yüksek katsayı değerleri Ankara'dan beş yıl geç (1996-2000) ortaya çıkmaktadır. Ankara ve Esenboğa'da 1991-1995 arasında günün bütün saatleriyle ortalamalarda artış eğilimi olması, şehirleşmeyle birlikte genel iklim olaylarının da etkili olduğunu göstermektedir. Şehirleşmenin biyoklimatik koşullar üzerine etkisini yansıtmaya bakımdan 21.00 FES değerleri önemlidir. Bu zaman diliminde Ankara'da belirgin bir dönemsellik bulunmazken, Esenboğa'da termal algılamalardaki artışlar 1986-2000 arasında hız kazanmakta, bu tarihten sonra yavaşlamaktadır Kır/kasaba ile şehir arasında en büyük farkların ortaya çıktığı akşam saatlerinde Esenboğa'nın bu farkı giderek kapattığı gözlenmektedir. Kır/kasaba özelliğinin giderek şehirleşme lehine değiştiği ve şehirleşmeye bağlı olarak süregelen bir sıcaklık artışın olduğu anlaşılmaktadır. Akyurt ve Pursaklar'ın şehirleşmeye bağlı olarak 2004 yılında metropolitan alan sınırları içine dâhil edilmesi, 1980'li yılların ortasından itibaren planlı imar sonucu yapılaşmanın hızlanması (Ankara Büyükşehir Belediyesi, 2006) ve havalimanında yapılan değişikliklerle doğal zemin olan alanların yapılaşması Esenboğa'daki iklimi değiştirmiştir. Esenboğa günümüzde kır/kasaba özelliğini korumasına rağmen hızla bu özelliğini kaybetmektedir.

Çizelge 7. AMİ ve EMİ günlük ortalama FES değerleri arasındaki farkların beş yıllık zaman aralıklarındaki korelasyon katsayıları (1975-2010).

| Farklar | 1975-1980 N=2189 | 1981-1985 N=1820 | 1986-1990 N=1826 | 1991-1995 N= 1826 | 1996-2000 N=944 | 2001-2005 N=2192 | 2006-2010 |
|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|---------------------|-----------|
| AMİ-EMİ 07.00 | 0,008 | -0,041 | 0,028 | 0,030 | 0,036 | -0,020 | 0,036 |
| AMİ-EMİ 14.00 | 0,215** | 0,027 | -0,03 | 0,109** | -0,168** | -0,117** | -0,168** |
| AMİ-EMİ 21.00 | 0,156** | 0,100** | -0,067** | 0,034 | -0,147** | -0,116** | -0,147** |
| AMİ-EMİ Ort. | 0,188** | 0,024 | -0,020 | 0,244** | -0,130** | -0,125** | -0,130** |

* Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlıdır.

** Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır.

1975-2013 arası aylık ortalama FES değerlerinin korelasyon analizine göre, Ankara'da kış sabahlarında azalma eğilimi ya da durağanlık, yaz aylarında ise anlamlı artış eğilimi görülmektedir. Esenboğa da benzer bir eğilim sergilemektedir. Dolayısıyla şehir-kır/kasaba arasında bariz farklılıklar oluşmamaktadır. Saat 14.00'de ekim-mart arasında azalma, nisan-eylül arası ise artış eğilimi ortaya çıkmaktadır. Bu değerler Ankara'da hiçbir ayda anlamlılık eşiğini geçemezken, Esenboğa'da temmuz-ağustos aylarında FES değerlerinde anlamlı artış eğilimi ortaya çıkmaktadır. Şehrin belirgin farklarının ortaya çıktığı 21.00'de, Esenboğa'da yılın tamamında artış eğilimi olması, bunların haziran, temmuz ve ağustosta anlamlılık eşiğini geçmesi özellikle 1980'li yılların ortasından itibaren ortaya çıkan şehirleşmenin etkisini yansıtmaktadır. Yaz akşamlarının giderek daha fazla ısınması soğuk stresinin azalmasına yol açmakta, konfor koşulların iyileşmesine neden olmaktadır.

FES dizini konfor aralıklarının 1975-2013 yılları arası gelişimi, genelde soğuk stresinin azaldığı ve konforlu termal algılamaların ya da sıcak stresine karşılık gelen aralıkların arttığını göstermektedir. Esenboğa'da şehirleşmeye bağlı olarak saat 21.00'de soğuk algılamalardaki anlamlı azalma, serin ve konforlu koşullardaki anlamlı artış eğilimi yukarıdaki bulguyu desteklemektedir. Saat 14.00 konfor aralıklarının 1975-2013 yılları arasında anlamlı eğilimler ortaya koymaması

şehirleşmenin etkisinin durağan bir seviyeye geldiğini göstermektedir. Esenboğa'da çok sıcak ve aşırı sıcak termal algılamalarda anlamlı azalışlar gözlenmektedir. FES değerlerindeki artışın en önemli sonucu, anlamlılık eşiğinin altında kalmasına rağmen, dondurucu soğukların aşırı soğuklara dönüşmesi ve çok sıcak, aşırı sıcak aralıklarının anlamlı artış eğiliminde olmasıdır. Özellikle Ankara'da saat 21.00'de bile sıcak stresi anlamlı artış eğilimindedir. Sabah saatlerinde çok sıcak, öğleden sonra aşırı sıcak ve akşam güneş battıktan sonra dahi çok az sıcak stresine yol açan termal koşulların yaşanması hipertermi riskini arttırmakta, yüksek ısıdan kaynaklı rahatsızlıklara hatta ölümlere yol açabilmektedir (Matzarakis vd., 2009). Ankara'nın tersine Esenboğa'da 2013 yılı itibariyle bu tip bir risk bulunmamakta, konforlu koşullar daha çok akşam saatlerinde gözlenmektedir.

Şehir ile kıy/kasaba arasında termal algılama farklarında günlük ortalamalarda daha belirgin olmak üzere anlamlı bir azalma eğilimi bulunmaktadır. Her iki istasyonda FES değerlerinde artış, farklarda ise azalma eğilimi görülmesinin nedeni, Ankara'da 1990 öncesi, Esenboğa'da ise 1995'ten sonra güçlü artış eğiliminin bulunmasıdır.

4. Sonuç

1975-2013 yılları arasında ölçülen meteorolojik parametreler kullanılarak hesaplanan FES değerleri, Ankara (şehir) ve Esenboğa (kıy/kasaba) arasında çok farklı biyoklimatik koşulların olduğunu ortaya koymaktadır. Ankara'da, ekim-mart arası dönemde Esenboğa'ya nazaran daha sıcak ve konforlu koşullar hâkimdir. Yaz mevsiminde ise Ankara'da sıcak stresi daha güçlü ve daha sık yaşanmaktadır. Gelen solar radyasyon oranının düştüğü dönemlerde şehir ve kıy/kasaba arasındaki farklar azalırken, radyasyonun arttığı dönemlerde farklar artmaktadır. En belirgin farklar iki lokasyon arasındaki soğuma hızlarının farklı olmasından dolayı yaz akşamlarında gözlenmektedir. Ankara'da 07.00'de ısı obruğu, 14.00'de ısı adası ve 21.00'de daha güçlü bir ısı adası bulunmaktadır. Şehirler gerek dokuları (yüzeyleri oluşturan malzeme cinsi, rengi), gerek paternleri (yüzey geometri ve topografyaları) bakımından kırdan farklıdırlar. Güneşten gelen enerjinin soğurulması kıra nazaran daha karmaşık süreçlerden geçer. Isı kapasitesi kırdan daha fazladır. Şehirlerde yüzey alanı ve yüzeylerin ısı tutma kapasitesi fazladır. Bunların sonucu olarak kıy alanları çabuk ısındıkları halde şehirlere göre çabuk soğurlar.

Her iki alanın ortalama günlük FES değerlerinde 1975-2013 yılları arasında anlamlı artış eğilimi görülmektedir. Termal algılamalardaki artış eğilimi Ankara'da 1996 öncesinde, Esenboğa'da ise 1996 sonrasında belirginleşmektedir. Ankara ve Esenboğa'da en yüksek korelasyon katsayıları 21.00 FES değerlerinde ortaya çıkmaktadır. Şehirlerin yapısı, dokusu, geometrisi ve atmosferik özellikleri kırlara nazaran daha geç ısınıp soğumalarına neden olmaktadır. 21.00 FES değerlerindeki artış eğilimi şehirleşmenin önemli kanıtlarından biridir. Kıy/kasaba özelliğindeki Esenboğa'da 1996'dan sonra görülen güçlü artış eğilimi, bu lokasyonun da şehir karakterine dönüştüğünü göstermektedir. 1975-2013 arasında iki istasyonun FES değerleri arasındaki farkların korelasyon analizi de bu bulguyu desteklemektedir. Korelasyon katsayıları, özellikle günlük ortalamalar ve saat 21.00'deki termal algılamalar arasındaki farkların anlamlı azalma eğilimini göstermektedir. Yapılan hesaplamalar 1996'ya kadar farkın artma eğiliminde olduğu, 1996'dan sonra ise farkın Esenboğa lehine azaldığını işaret etmektedir. 2005'ten sonra her iki istasyonda da artış eğilimlerinin anlamlılık sınırları altında kalması ise şehirleşmeye bağlı ısı depolanmasının belli bir seviyeye ulaştığını göstermektedir. Bu tarihten itibaren istasyonların çevresindeki yapılaşmanın artmadığını işaret etmektedir.

5. Referanslar

- Ankara, B. B. (2006) *2023 Başkent Ankara Nazım İmar Planı: Plan Açıklama Raporu*: Ankara Büyükşehir Belediyesi, Ankara.
- Brazel, A. J.; Quatrocchi, D. (2005) Urban climatology. In J. E. Oliver (Ed.), *Encyclopedia of world climatology*, Springer, 766-779.

- Çalışkan, O.; Türkoğlu, N. (2011) Ankara şehri insan biyoklimatolojisinin analizi. [Biyoklimatoloji; fizyolojik eşdeğer sıcaklık; termal algılama; fizyolojik stres derecesi; Ankara]. *International Journal of Human Sciences*, 8, 978-1001.
- Çalışkan, O.; Türkoğlu, N. (2012) Türkiye'nin Biyoklimatik Koşullarının Analizi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 10, 151-164.
- Çalışkan, O.; Türkoğlu, N. (2013) Türkiye'de Aylık 07.00, 14.00, 21.00 Ortalama Termal Konfor Koşullarının Zaman-Mekânsal Analizi (1975-2008). *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 11, 13-29.
- Çalışkan, O.; Türkoğlu, N.; Yılmaz, E. (2012) Ankara'nın Biyoklimatik Özellikleri ve Şehirleşmenin Biyoklimatik Koşullar Üzerine Etkisi 28-30 Mayıs 2012, *Bildiriler Kitabı*, Atatürk Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü I. Ulusal Coğrafya Sempozyumu Erzurum, 28-30.
- Çiçek, İ. (2003) Ankara'da Şehirleşmenin Biyoklimatik Koşullar Üzerine Etkisi. *İçinde Prof. Dr. Sırrı Erinç Anısına Klimatoloji Çalıştayı Bildiriler Kitabı*, 11-13.
- Çiçek, İ. (2004) Ankara'da Şehirleşmenin Yağış Üzerine Etkisi. *Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi* 1-17.
- Çiçek, İ. (2005) Ankara'da şehir ve kırsal sıcaklık farklarındaki değişiklikler (1970-2002). *Journal of Social Science*, 15, 1-16.
- Çiçek, İ.; Yılmaz, E.; Türkoğlu, N.; Çalışkan, O. (2013) Ankara şehrinde yüzey sıcaklıklarının arazi örtüsüne göre mevsimsel değişimi. *International Journal of Human Sciences*, 10, 621-640.
- Driscoll, D. M. (1992) Thermal comfort indexes. Current uses and abuses. *Nat. Weather Digest*, 17, 33-38.
- Höppe, P. (1999) The physiological equivalent temperature—a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, 43, 71-75.
- Karaca, M.; Tayanç, M.; Toros, H. n. (1995) Effects of urbanization on climate of Istanbul and Ankara. *Atmospheric Environment*, 29, 3411-3421.
- Landsberg, H. E. (1972) *The assessment of human bioclimate*: World Meteorological Organization, Geneva.
- Landsberg, H. E. (1981) *The urban climate*: Academic press, London.
- Maarouf, A.; Munn, R. (2005) Bioclimatology. In J. E. Oliver (Ed.), *Encyclopedia of World Climatology*, Springer, 158-165.
- Matzarakis, A.; De Rocco, M.; Najjar, G. (2009) Thermal bioclimate in Strasbourg—the 2003 heat wave. *Theoretical and applied climatology*, 98, 209-220.
- Matzarakis, A.; Mayer, H.; Iziomon, M. G. (1999) Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology*, 43, 76-84.
- Matzarakis, A.; Rutz, F.; Mayer, H. (2007) Modelling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology*, 51, 323-334.
- Matzarakis, A.; Rutz, F.; Mayer, H. (2010) Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology*, 54, 131-139.
- Oke, T. (1997) Urban climates and global environmental change. In R. D. Thompson ve A. H. Perry (Eds.), *Applied Climatology: Principles & Practices*, Routledge New York, 273-287.
- Parsons, K. (2014) *Human thermal environments: the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort, and performance*: CRC Press, Boca Raton.
- Pedhazur, E. J. (1982) *Multiple regression in behavioral research: Explanation and prediction*: Holt, Rinehart and Winston, New York.
- Svensson, M. K.; Eliasson, I. (2002) Diurnal air temperatures in built-up areas in relation to urban planning. *Landscape and Urban Planning*, 61, 37-54.
- Türkoğlu, N.; Çalışkan, O.; Çiçek, İ.; Yılmaz, E. (2012) Şehirleşmenin biyoklimatik koşullara etkisinin Ankara ölçeğinde incelenmesi. *International Journal of Human Sciences*, 9, 932-955.
- Yılmaz, E.; Çalışkan, O. (2011, 07-10 Eylül 2011). *Van Gölü Kapalı Havzasında Sıcaklık ve Yağışın Alansal ve Zamansal Analizi (1975-2003)*. Paper presented at the Uluslararası Katılımlı Coğrafya Kongresi, İstanbul.

