

**T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA (FİZİKİ COĞRAFYA)
ANABİLİM DALI**

**TÜRKİYE’NİN BİYOKLİMATİK KOŞULLARININ
ANALİZİ VE ŞEHİRLEŞMENİN BİYOKLİMATİK
KOŞULLARA ETKİSİNİN ANKARA ÖLÇEĞİNDE
İNCELENMESİ**

Doktora Tezi

Onur ÇALIŞKAN

Ankara-2012

**T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA (FİZİKİ COĞRAFYA)
ANABİLİM DALI**

**TÜRKİYE’NİN BİYOKLİMATİK KOŞULLARININ
ANALİZİ VE ŞEHİRLEŞMENİN BİYOKLİMATİK
KOŞULLARA ETKİSİNİN ANKARA ÖLÇEĞİNDE
İNCELENMESİ**

Doktora Tezi

Onur ÇALIŞKAN

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Necla TÜRKOĞLU

Ankara-2012

T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA (FİZİKİ COĞRAFYA)
ANABİLİM DALI

TÜRKİYE’NİN BİYOKLİMATİK KOŞULLARININ ANALİZİ VE ŞEHİRLEŞMENİN BİYOKLİMATİK KOŞULLARA ETKİSİNİN ANKARA ÖLÇEĞİNDE İNCELENMESİ

Doktora Tezi

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Necla TÜRKOĞLU

Tez Jürisi Üyeleri

Adı ve Soyadı

İmzası

Yrd. Doç. Dr. Necla TÜRKOĞLU

.....

Prof. Dr. Mehmet Emin BARIŞ

.....

Prof. Dr. İhsan ÇİÇEK

.....

Prof. Dr. Ülkü ESER ÜNALDI

.....

Prof. Dr. Gürcan GÜRGEN

.....

.....

.....

Tez Sınavı Tarihi: 13.04.2012

ÖNSÖZ

Doğal ortam ve insan arasındaki etkileşim bilimin temel konularından biridir. Her iki olgu da bu etkileşimin izlerini taşımaktadır. İklim gerek bireyleri gerekse de toplulukları şekillendiren doğal güçlerin başındadır. 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 toplumların dil-kültür gelişiminde iklimin etkisini görmek mümkündür. İnsanların gerek psikolojik, gerek fizyolojik olarak konforlu ya da rahatsız hissetmeleri ile iklimin arasında güçlü bağlar bulunmaktadır.

Bu çalışmada Türkiye'nin biyoklimatik koşullarının alansal dağılımı, zamansal değişimi analiz edilmiştir. Ayrıca Ankara şehir merkezi ölçeğinde farklı arazi dokusuna sahip alanlardaki biyoklimatik koşullar karşılaştırılarak, şehirleşmenin etkileri araştırılmıştır. Elde edilen bulgular anlamlı bulgular ortaya çıkarması yanı sıra farklı araştırma soru ve konularını da beraberinde getirmektedir.

Çalışmanın başından sonuna kadar sabırla beni yönlendiren, engin bilgi, birikimi yanı sıra emeğini de esirgemeyen danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Necla TÜRKOĞLU'NA sonsuz teşekkür ederim. Tez önerisi aşamasından son haline getirilişine kadar bilgi, görüş, deneyim ve desteğinden yararlandığım Sayın Prof. Dr. Mehmet Emin BARIŞ'A, sadece bilgi birikimini değil, bin bir emek ve zahmetle oluşturduğu veri bankasını da benimle paylaşan Sayın Prof. Dr. İhsan ÇİÇEK'E araştırmada önemli katkısı olan Sayın Prof. Dr. Andreas MATZARAKIS'E ve Sayın Arş. Gör. Erkan YILMAZ'A en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ŞEKİLLER LİSTESİ	V
TABLolar LİSTESİ	VI
1. GİRİŞ	1
1.1. ARAŞTIRMANIN KONUSU VE AMACI	1
1.2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	2
1.2.1. Termal konfor dizinlerinin geliştirilmesi	2
1.2.2. Zamanda ve mekânda biyoklimatolojik analizler	7
1.2.3. Şehir iklimi ve şehir biyoklimatolojisi	9
1.2.4. Sağlık coğrafyası amaçlı biyoklimatoloji çalışmaları	14
1.2.5. Turizm/rekreasyon iklimi amaçlı biyoklimatoloji çalışmaları	16
1.2.6. Termal konfor tahmini	17
1.2.7. Çevresel değişimler ve biyoklimatoloji	18
2. KURAMSAL ÇERÇEVE	19
2.1. KAVRAM VE TERİMLER	19
2.1.1. İklim	19
2.1.2. Biyoklimatoloji	19
2.1.3. Termal konfor	21
2.1.3.1. Çevresel Değişkenler	22
2.1.3.2. Kişisel Değişkenler	23

2.1.4. Termal koşulları etkileyen iklimsel faktörler	25
2.1.4.1. Güneşten gelen enerji miktarı	26
2.1.4.2. Yüzeylerin enerji tutma kapasitesi	30
2.1.4.3. Atmosferin ısı tutma kapasitesi	34
2.1.4.4. Atmosfere dışardan gelen etkiler	38
2.1.5. Şehir iklimi.....	39
2.2. KURAMSAL TARTIŞMA	44
2.3. ARAŞTIRMA SORUNLARI	44
2.4. ARAŞTIRMA HİPOTEZLERİ.....	44
3. MATERYAL VE YÖNTEM	45
3.1. MATERYAL	45
3.1.1. Meteorolojik veriler	45
3.2. YÖNTEM.....	49
3.2.1. Termal konfor dizini	49
3.2.2. FES değerlerinin hesaplanması	50
3.3.3. Termal Konfor Haritaları	58
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	63
4.1. TÜRKİYE’NİN BİYOKLİMATİK KOŞULLARININ ZAMANSAL VE MEKÂNSAL DAĞILIMI	63
4.1.1. Aralık ayı biyoklimatik koşullarının analizi	63
4.1.2. Ocak ayı biyoklimatik koşulları	69
4.1.3. Şubat ayı biyoklimatik koşulları	75
4.1.4. Mart ayı biyoklimatik koşulları.....	83

4.1.5. Nisan ayı biyoklimatik koşulları	89
4.1.6. Mayıs ayı biyoklimatik koşulları	95
4.1.7. Haziran ayı biyoklimatik koşulları.....	102
4.1.8. Temmuz ayı biyoklimatik koşulları	108
4.1.9. Ağustos ayı biyoklimatik koşulları	114
4.1.10. Eylül ayı biyoklimatik koşulları.....	121
4.1.11. Ekim ayı biyoklimatik koşulları.....	127
4.1.12. Kasım ayı biyoklimatik koşulları.....	132
4.2. TÜRKİYE’NİN BİYOKLİMATİK KOŞULLARININ ANALİZİ	138
4.3. ANKARA ŞEHİR MERKEZİNİN BİYOKLİMATİK KOŞULLARI.....	145
4.3.1. Ankara şehir merkezinin biyoklimatik koşullarının analizi	145
4.3.1.1. Aralık ayı biyoklimatik koşullarının analizi	145
4.3.1.2. Ocak ayı biyoklimatik koşulları	153
4.3.1.3. Şubat ayı biyoklimatik koşulları	160
4.3.1.4. Mart ayı biyoklimatik koşulları.....	166
4.3.1.5. Nisan ayı biyoklimatik koşulları	172
4.3.1.6. Mayıs ayı biyoklimatik koşulları	178
4.3.1.7. Haziran ayı biyoklimatik koşulları.....	184
4.3.1.8. Temmuz ayı biyoklimatik koşulları	190
4.3.1.9. Ağustos ayı biyoklimatik koşulları	196
4.3.1.10. Eylül ayı biyoklimatik koşulları.....	203
4.3.1.11. Ekim ayı biyoklimatik koşulları.....	209
4.3.1.12. Kasım ayı biyoklimatik koşulları	215
4.3.2. Arazi kullanım farklılıklarının biyoklimatik koşullar üzerine etkisi ...	221

5. SONUÇ	228
5.1. TÜRKİYE’NİN BİYOKLİMATİK KOŞULLARININ ANALİZİ	228
5.2. ŞEHİRLEŞMENİN BİYOKLİMATİK KOŞULLAR ÜZERİNE ETKİSİ.....	232
SÖZLÜK	242
KAYNAKLAR	248
EKLER.....	257
ÖZET.....	267
ABSTRACT.....	268

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Küresel enerji akışı.....	27
Şekil 2. Şehirleşmenin etkisiyle değişen atmosferik koşullar	42
Şekil 3. Türkiye'nin biyoklimatolojik koşullarının analizi için kullanılan istasyonlar....	48
Şekil 4. Ankara şehir merkezinin biyoklimatik koşullarının analizi için kullanılan istasyonların alansal dağılımı.	48
Şekil 5. İnsan ve ısı değişimi.	53
Şekil 6. Termal konfor haritalarının çiziminde kullanılan taban haritalarının modeli	62
Şekil 7. Türkiye’de aralık FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).....	68
Şekil 8. Türkiye’de ocak FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).	74
Şekil 9. Türkiye’de şubat FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).	79
Şekil 10. Türkiye’de mart FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).	88
Şekil 11. Türkiye’de nisan FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).	94
Şekil 12. Türkiye’de mayıs FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).	100
Şekil 13. Türkiye’de haziran FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).....	107

Şekil 14. Türkiye’de temmuz FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).....	113
Şekil 15. Türkiye’de ağustos FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).....	119
Şekil 16. Türkiye’de eylül FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).....	126
Şekil 17. Türkiye’de ekim FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).....	131
Şekil 18. Türkiye’de kasım FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).	136
Şekil 19. Ankara şehir merkezi aralık FES değerleri ve termal algılama düzeyleri	151
Şekil 20. Ankara şehir merkezi biyoklimatik koşulları haritalarının ortak lejantı.	153
Şekil 21. Ankara şehir merkezi ocak FES değerleri ve termal algılama düzeyleri	158
Şekil 22. Ankara şehir merkezi şubat FES değerleri ve termal algılama düzeyleri.....	164
Şekil 23. Ankara şehir merkezi mart FES değerleri ve termal algılama düzeyleri.....	170
Şekil 24. Ankara şehir merkezi nisan FES değerleri ve termal algılama düzeyleri.....	176
Şekil 25. Ankara şehir merkezi mayıs FES değerleri ve termal algılama düzeyleri	182
Şekil 26. Ankara şehir merkezi haziran FES değerleri ve termal algılama düzeyleri ...	188
Şekil 27. Ankara şehir merkezi temmuz FES değerleri ve termal algılama düzeyleri .	194
Şekil 28. Ankara şehir merkezi ağustos FES değerleri ve termal algılama düzeyleri. .	201
Şekil 29. Ankara şehir merkezi eylül FES değerleri ve termal algılama düzeyleri	207
Şekil 30. Ankara şehir merkezi ekim FES değerleri ve termal algılama düzeyleri	213
Şekil 31. Ankara şehir merkezi kasım FES değerleri ve termal algılama düzeyleri	219

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. FES dizini termal algılamalar ve yol açtıkları fizyolojik stresler.....	7
Tablo 2. Aktiviteler sonucu ortalama bir insan vücudunun ürettiği enerji miktarı.	24
Tablo 3. Kıyafetlerin yalıtım dirençleri.....	25
Tablo 4. Belli başlı cisimlerin albedosu.	31
Tablo 5. Belli başlı maddelerin 25°C’deki özgül ısı kapasiteleri	32

Tablo 6. Belli başlı cisimlerin termal iletkenliği.	33
Tablo 7. Önemli sera gazlarının atmosferdeki oranları ve atmosferin radyasyon bütçesine katkıları.....	35
Tablo 8. Orta kuşakta, bir milyon nüfusu olan şehirlerin çevresel ve atmosferik koşullarının kır alanlarıyla karşılaştırılması	40
Tablo 9. Orta kuşakta, bir milyon nüfusu olan şehirlerde şehir ikliminin etkileri.....	40
Tablo 10. Şehir ısı adasına neden olan belli başlı faktörler	42
Tablo 11. Türkiye'nin biyoklimatolojik koşullarının analizi için kullanılan meteoroloji istasyonları.	46
Tablo 12. Basitleştirilmiş ısınma-soğuma denklemleri	57
Tablo 13. Farklı termal algılamaya ve insanlar üzerinde farklı fizyolojik streslere neden olan FES değerleri.....	58
Tablo 14. Türkiye’de aralık ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı	67
Tablo 15. Türkiye’de aralık ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları	67
Tablo 16. Türkiye’de ocak ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı	73
Tablo 17. Türkiye’de ocak ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları.	73
Tablo 18. Türkiye’de 1975-2008 şubat ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı.78	
Tablo 19. Türkiye’de şubat ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları	78
Tablo 20. Türkiye’de FES değerlerinin mevsimlik en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri.....	83
Tablo 21. Türkiye’de FES değerlerinin mevsimlere göre kapladıkları alan ve oranı.....	83
Tablo 22. Türkiye’de 1975-2008 mart ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı. 87	

Tablo 23. Türkiye’de mart ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları	87
Tablo 24. Türkiye’de nisan ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı.	93
Tablo 25. Türkiye’de nisan ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları	93
Tablo 26. Türkiye’de mayıs ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı.	99
Tablo 27. Türkiye’de mayıs ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları	99
Tablo 28. Türkiye’de haziran ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı.....	106
Tablo 29. Türkiye’de haziran ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları.	106
Tablo 30. Türkiye’de temmuz ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı.	112
Tablo 31. Türkiye’de temmuz ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları.	112
Tablo 32. Türkiye’de ağustos ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı.	118
Tablo 33. Türkiye’de ağustos ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları.	118
Tablo 34. Türkiye’de eylül ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı.	125
Tablo 35. Türkiye’de eylül ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları	125
Tablo 36. Türkiye’de ekim ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı.	130
Tablo 37. Türkiye’de ekim ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları	130
Tablo 38. Türkiye’de kasım ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı.	135

Tablo 39. Türkiye’de kasım ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları	135
Tablo 40. Ankara biyoklimatolojik koşullarının saptanması için kullanılan istasyonlar ve özellikleri.....	145
Tablo 41. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonların termal algılama düzeylerine göre gün sayısı ve yüzdesi (2001-2010).....	223
Tablo 42. Çalışmada kullanılan istasyonların aylık ortalama FES değerleri.....	226

1. GİRİŞ

1.1. Araştırmanın Konusu ve Amacı

Bu çalışmada birbiriyle bağlantılı iki konu ele alınmaktadır. Bunlardan ilki, Türkiye’de uzun yıllar boyunca yaşanan iklim olaylarının incelenmesi ve biyoklimatik koşulların zaman içindeki değişimleri ile alandaki dağılımlarının somut olarak belirlenmesi, ikincisi Ankara’nın farklı şehir dokularında (şehir merkezi, banliyö, yüksek bina yoğunluklu alan, şehir ormanı, park ve kırsal alanlar gibi) yapılan birebir ölçümler aracılığıyla biyoklimatolojik koşulların ortaya konulmasıdır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de uzun yıllar boyunca yaşanan iklim olaylarının, insanların yaşam ve faaliyetlerine etkisinin, termal ve fizyolojik açılardan değerlendirilerek, biyoklimatik koşulların belirlenmesidir. Ayrıca Ankara’da şehirleşmenin insan biyoklimatolojisi üzerine etkisini ortaya koymaktır. Türkiye’de insan biyoklimatolojisine olumlu ve olumsuz etki eden hava olaylarının bulunduğu alanların dağılımı, bu alanların yılın hangi bölümünde (mevsiminde ya da ayında) daha yoğunlaştığı veya seyrekleştiğinin gösterilmesi hedeflenmiştir. Bunun yanı sıra Ankara şehrinde iklim koşullarından kaynaklanan termal stresleri alansal olarak nasıl dağıldığının ortaya konulması çalışmanın hedeflerinden bir diğeridir. Ankara şehrinde saatlik ölçümler aracılığıyla yılın farklı zamanlarında yaşanan sıcaklık streslerinin yanı sıra gün içinde bu streslerin nerelerde ortaya çıktığının bulunması amaçlanmıştır. İnsanların kendilerini rahat ve/veya rahatsız hissettiği hava koşulları yanı sıra bunların etkisini değiştiren insan yapımı unsurların etkisinin somut olarak hesaplanması çalışmanın amaçları arasındadır.

1.2. Önceki Çalışmalar

Uygulamalı klimatolojinin önemli alanlarından biri olan biyoklimatoloji çalışmaları pek çok farklı disiplinden bilimsel araştırmanın konusu olmuştur. Biyoklimatolojik çalışmalar başlıca yedi başlık altında toplanabilir.

1. Termal konfor dizini geliştirmek
2. Zamanda ve mekânda canlı iklim 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

1.2.1. Termal konfor dizinlerinin geliştirilmesi

Biyoklimatolojisi çalışmalarının önemli bir bölümü, termal koşullara insanların verdiği tepkiler ya da verili atmosfer koşullarında kişilerin nasıl etkilendiklerini ölçmeye dayanmaktadır. 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 (ör. Landsberg, 1972; Driscoll, 1992; Parsons, 2003; Epstein ve Moran 2006). 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 ve kişisel farklılıklarını da hesaplamalara katan daha kompleks dizinler bulunmaktadır.

İnsanın bir ortamda rahat hissedip hissetmediğinin bilinmesi fizyolojistlerin, mühendislerin ve meteorologların uzun yıllardır süren çalışmalarına konu olmuştur. Bu amaçla yapılan ilk dizin 1923 yılında Houghton ve Yaglou'un Efektif Sıcaklığıdır (Effective Temperature). Dizinlerinde kuru termometre sıcaklığı ve nemin algılanan sıcaklığa etkisini ortaya koymaya çalışmışlardır. 1938'de Büttner insan vücudu üzerinde çevredeki termal etkilerin değerlendirilebilmesi için termal parametrelerin bütünlüklü bir şekilde hesaplanması gerektiğini belirtmektedir; “eğer biri, insan organizması üzerinde iklimin etkisini geniş bir açıdan değerlendirmek, saptamak istiyorsa, sadece bir iki parametreyi değil bütün termal bileşenlerin etkisini değerlendirmelidir. İnsan ısı dengesinin modellenmesi için bunun gerekliliği ortadadır” (Büttner, 1938: 15). Bedford (1948) kuru termometre ile ölçülen sıcaklık ve nemin yanı sıra radyan ısıyı da dizinin içine katarak uyarlamıştır. Vernon ve Warner (1932) tüm bu yapılan ölçümlerin beraberinde insanın termal konforu açısından rüzgâr hızının da etkili olabileceğini savunmuş ve araştırmışlardır. Missenard (1931) efektif sıcaklığa benzer bir dizin geliştirmiş ve buna Sonuç Sıcaklığı (Temperature Resultante) demiştir. Sonuç sıcaklığı dizini, ısıнын kendisinin yanında nasıl transfer edildiği konusunda da araştırmaları kapsamaktadır. Winslow vd., (1937) Geçerli Sıcaklık (Operative Temperature) terimini gündeme taşımışlar ve hissedilen sıcaklığın, hava sıcaklığı ile ortalama radyan sıcaklığın doğrusal bir ortalaması olduğunu ortaya koymuşlardır.

Gates (1963) termodinamiğin birinci kanunu kullanarak, insan vücudu ısı dengesinin, aşağıdaki formülle (Denk 1) hesaplanabileceğini ortaya koymuştur:

$$0 = M \pm C1 \pm C2 - LE - RB \pm RS + S(1 - a) \quad (\text{Denk. 1})$$

M= metabolik oran kcal/m²

C1= konveksiyon (taşıymıla)ısı değişimi

C2= kondüksiyon (iletimle) ısı değişimi

LE= buharlaşmayla ısı değişimi (L buharlaşma E nem kaybı)

RB= kızılötesi radyasyon vücuttan kaçan

RS= çevreden gelen kızılötesi radyasyon

S= kısa dalga radyasyon

A= albedo

Gates'in formülü termal konfor dizinlerinde fizyolojik tepkimelerin payının ölçülebilmesine olanak sağlamıştır. Sibbons (1966) yeni bir geçerli sıcaklık hesaplaması içine deriden buharlaşmayı da dâhil etmiştir. Daha sonra Ibamoto ve Nishi (1968) Nemli Geçerli Sıcaklık (Humid Operative Temperature) ölçeklerinde ısı değişim katsayılarına nem ve kıyafetlerin yalıtımını da dâhil etmişlerdir. Gagge vd. (1971) insanın terleme ve deri sıcaklığına bağlı olarak hazırladıkları ölçeklerinde hava sıcaklığı, nispi nem, ortalama radyan sıcaklık değerlerini kullanmıştır. Günümüzde kullanılan pek çok ısı konfor dizini ilk kez 1970'li yıllarda kullanılmaya başlanmıştır (Landsberg, 1972; Gonzalez vd., 1974). Bunların dışında hesaplanması oldukça kolay olduğu için sıklıkla kullanılan fakat termal fizyolojik verileri hesaplamalarında göz ardı eden ampirik termal dizinler de bulunmaktadır. Bunlar, Konforsuzluk Dizini (Discomfort Index) (Thom, 1959), Görünür Sıcaklık (Apparent Temperature) (Steadman, 1979, 1984), Rüzgâr-Soğutma Dizini (Windchill Index) (Steadman, 1971) olarak sayılabilir.

1970'li yıllarla birlikte termal konfor çalışmalarının bir sıçrama gösterdiği gözlenmektedir. Bu atılımdan en büyük paya sahip olanlardan biri Fanger'dir (1972). Fanger, insanların bulundukları ortam ile ısı dengelerinin ortaya konulabilmesi için çeşitli hesaplamalar ve bu hesaplamalara bağlı olarak modeller geliştirmiştir.

Geliştirdiği modellerden biri, ISO (International Organization for Standardization), ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) gibi kuruluşlar tarafından standart olarak belirlenen Tahmini Ortalama Seçim (Predicted Mean Vote) (PMV) (TOS) modelidir. Bu model ısı dengesi teorisine dayanmaktadır.

1930’lu yıllardan beri Biyoklimatoloji çalışmalarını gerçekleştiren A. Pharo Gagge’in yaratımlarından biri olan SET* önemli termal konfor dizinlerinden biridir. SET* iç mekânlardaki hava koşullarını dikkate alan bir dizin olan TOS dizininin açık hava koşullarına aktarılması fikriyle ortaya çıkmıştır. SET*’te hava sıcaklığı, nispi nem, ortalama radyan sıcaklık değerleri kullanılmaktadır. Hesaplanmasında derinin sıcaklığı kadar derinin nemliliği de dikkate alınmaktadır (Gagge vd., 1971; Gonzalez vd., 1974).

Termoregülatörlerin tepkilerini içeren önemli dizinlerden biri de Açık Hava Uzman Sistemidir (OUTCOMES) (OUTdoor COMfort Expert System). OUTCOMES, insanların konfor koşullarını hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, nemlilik, solar radyasyon, nesnelerin gölgeleri, çevredeki nesnelerin ve zeminin yansıtma özelliği, gökyüzü görüş oranı, ağaçlar ve bina örüntüsü (paterni), kıyafetler ve insan aktiviteleri girdileri ile hesaplamaktadır. Outcomes modeli enerji dengesi formülüyle çalışmaktadır. Sonuçları Wm^2 olarak vermektedir (Heisler ve Wang, 2002; Wang, 2003).

Sayıyı yüzlerle ifade edilen biyoklimatik dizinlerden önemlilerinden bir diğeri Klima Michel Modelidir (KMM) (Klima-Michel-Modeli). Bu modelle hesaplanan sıcaklığa Algılanan Sıcaklık (Perceived Temperature) ismi verilmektedir. Klima

Michel, Fanger'in TOS modeline dayanan ve Alman Meteoroloji Servisinde (Deutscher Wetterdienst) geliştirilmeye başlanılan modeldir (Jendritzky vd., 1979; 1990; 2001; Jendritzky ve Nübel, 1981). TOS'a termal değişim değerleri eklenerek onun açık alanlarda da kullanılabileceği ön koşuluna dayanmaktadır.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan bir diğer önemli termal konfor dizini ise Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) (Physiological equivalent temperature (PET)) dizinidir. Bizim de çalışmamızda kullanıldığımız bu dizin, ilk kez Höppe (1984) tarafından oluşturulmuştur. FES modelinde hesaplamalar Denk 2 kullanılarak yapılmaktadır.

$$M + W + Q * (T_{mrt}, v) + QH (Ta, v) + QL (e, v) + QSW (e, v) + QRe (Ta, e) + S = 0 \quad (\text{Denk. 2})$$

Bu denklemde

- M = Metabolizma oranı (aktivite)
- W = Mekanik güç (aktivite türü)
- Q* = Radyasyon Bütçesi
- QH = Hissedilen sıcaklığın değişimi
- QL = Gizli ısıнын değişimi (buhar dağılımı)
- QSW = Gizli ısıнын terleme yoluyla dağılımı
- QRe = Solunum yoluyla ısı değişimi (hissedilen ve gizli sıcaklık)
- S = Depolama
- Ta = Hava sıcaklığı
- e = buhar basıncı
- v = rüzgar hızı
- T_{mrt} = ortalama radyan sıcaklık olarak karşımıza çıkmaktadır.

FES, temelde Münih Bireysel Enerji Denge Modeline (MEMI) (VDI, 1998) ve Gagge'nin iki-nodlu modeline (Gagge vd., 1971) dayanmaktadır. Bu modelde açık alanlardaki meteorolojik koşullar, insan ısı dengesi göz önünde bulundurularak hesaplanmaktadır. 80W'lık bir iş yapan, kıyafetlerinin ısı direnci 0.9 clo olan, 35 yaşında, 175 cm boyunda bir erkeğin 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 m/s'dir
- Su buharı basıncı 12 hPa'dır ($T_a = 20^\circ\text{C}$ ve nispi nem %50 olduğundaki su buharı basıncı).

FES dizininde 9 aşamalı bir konfor dizini oluşmakta ve ayrıca her bir aşama bir fizyolojik stres durumu (derecesi) açığa çıkarmaktadır (Tablo 1). Bu çalışmada FES'in tercih edilmesinin başlıca iki nedeni bulunmaktadır. Birincisi sadece meteorolojik parametreleri değil, insan enerji dengesini de hesaplamaların içine dâhil etmesidir. İkincisi sonuçları santigrat derece ($^\circ\text{C}$) cinsinden vermesidir. Dolayısıyla FES, karşılaştırma bakımından en uygun konfor dizinidir.

Tablo 1. FES dizini termal algılamalar ve yol açtıkları fizyolojik stresler (Matzarakis ve Mayer, 1996)

FES ($^\circ\text{C}$)	Termal Algılama	Fizyolojik Stres Derecesi
4	çok soğuk	aşırı soğuk stresi
8	Soğuk	güçlü soğuk stresi
13	Serin	orta derece soğuk stresi
18	çok az serin	hafif soğuk stresi
23	Konforlu	termal stres yok
29	çok az sıcak	çok az sıcak stresi
35	Sıcak	orta derece sıcak stresi
41	çok sıcak	güçlü sıcak stresi
	aşırı sıcak	aşırı sıcak stresi

1.2.2. Zamanda ve mekânda biyoklimatolojik analizler

Biyoklimatoloji araştırmalarının üzerine yoğunlaştığı en temel konulardan

biri, belirlenen bir alanda, belirlenen bir zaman içinde meteorolojik parametrelerin kaydedilmesi ve bunlardan termal konfor değerlerinin hesaplanmasıdır. Ortaya çıkan değerler iki boyut taşımaktadır. Bunlardan ilki zaman içinde termal konfor koşullarının değişimi, ikincisi ise bu koşulların yatayda (mekânda) nasıl dağıldıklarıdır. Bu tip araştırmaların sunumunda genellikle harita ve grafikler kullanılmaktadır. Özellikle günümüzde Coğrafi Bilgi Sistemlerindeki (CBS) gelişmeye bağlı olarak çok kısa bir zamanda geçerli ve güvenilir biyoklimatik haritalar oluşturulabilmektedir.

Termal konfor dizinleri kullanılarak yapılan ilk yatayda dağılışı çalışmalarından biri Jendritzki vd. (1990) tarafından gerçekleştirilmiştir. Almanya ve Avrupa’da biyoklimatoloji konusunda en eski ve en önemli çalışmalardan biri olarak karşımıza çıkan bu çalışmada, Klima Michel Modeli kullanılarak Almanya’nın 30 yıllık verilerinin analizi sonucu elde edilen değerler orta ölçekli bir haritada gösterilmiştir. Ayrıca 100 m²’den 1 km²’ye kadar olan gridler halinde istasyonlardan alınan bilgilerin, Coğrafi Bilgi Sistemlerindeki (CBS) teknikleriyle alansal interpolasyon aracılığıyla haritalar hazırlanmıştır.

Resmi meteoroloji kurumundan verilerin temini yanı sıra birebir ölçümlere dayalı olarak da biyoklimatik haritalama gerçekleştirilebilmektedir. Farklı alanlardaki biyoklimatik koşulların değerlendirilmesi için Lido degli Estensi (İtalya) kumsalında 22 Haziran-2 Temmuz 1989 arasında farklı yerlerde meteorolojik parametreler ölçülmüş ve kara içindeki meteoroloji servisine bağlı istasyon ile kıyaslanmıştır (Höppe ve Hermann, 1991). Çok farklı FES değerleri hesaplanmıştır. Bu çalışmada elde edilen en önemli sonuç, günün en sıcak zamanında kumsaldaki termal stresin kara içinden çok daha düşük seviyelerde olduğudur. Bu çalışmanın

temel amacı deniz kıyılarında biyoklimatik koşulların belirlenmesinde ortaya çıkan sorunları gözler önüne sermektir.

Spagnolo ve de Dear (2003) beş farklı termal konfor dizinini bir arada kullandıkları çalışmada sadece meteoroloji kurumundan alınan verileri değil, ayrıca bu çalışma için kurulmuş seyyar meteoroloji istasyonlarından alınan verileri de değerlendirmişlerdir. Bunlarla birlikte insanlara hava koşullarının kendilerini nasıl etkilediği de sorularak termal konfor dizinlerinin Sydney’i (Avustralya) ne kadar yansıttığı test edilmiştir.

Bir hayli geniş topraklara sahip olan Çin’de termal konfor dizinleri kullanılarak dikkat çekici bir çalışma da Wan vd. (2009) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada Çin’deki resmi meteoroloji kurumundan alınan veriler Konfor Dizini kullanılarak analiz edilmiştir. 102 yıllık (1901-2002) meteorolojik veriler kullanılarak (hava sıcaklığı ve nispi nem) Çin için termal iklim kuşakları ve alt bölümleri araştırılmıştır. Oldukça geniş bir alan üzerinde bulunan Çin’de kışın aşırı soğuk (-5) ve sıcak (+2) arasında değişen konfor koşulları bulunmaktadır. Konforsuz koşulların kışın daha az, yazın ise daha fazla olduğu vurgulanmaktadır.

1.2.3. Şehir iklimi ve şehir biyoklimatolojisi

Şehirlerin çevrelerinden farklı hava durumları ve dolayısıyla farklı iklimleri vardır. İnsan etkisiyle ortaya çıkan bu değişim, şehirlerin biyoklimatolojisini de çevrelerinden farklılaştırmaktadır. Bunun yanı sıra şehrin kendi içinde de farklı biyoklimatik koşulların ortaya çıktığı bilinmektedir. Termal konfor dizinleri yardımıyla şehirlerin kırlardan farklı koşulları ortaya konabilmektedir. Bu bölümde

şehir biyoklimatolojisi konusuna odaklanan çalışmalar değerlendirilmektedir.

Mayer (1993) kendi kurduğu meteoroloji istasyonlarından elde ettiği verilerle FES dizini kullanarak bir araştırma gerçekleştirmiştir. Münih şehir kanyonlarının ağaçlı ve ağaçsız bölümlerindeki hava sıcaklığı ve nispi nemin ölçülmesi sonucu, taçlı ağaçların çevrelerinden 15 K (Kelvin) daha az ortalama radyan sıcaklık değerine sahip olduğunu bulmuştur. Dolayısıyla şehir kanyonlarında ağaçlı alanların daha konforlu bir yaşam alanı sağladığı matematiksel formüller kullanılarak açığa çıkarılmıştır.

Mayer ve Matzarakis'in (1997) Freiburg'ta hareketli ölçüm cihazlarıyla yaptıkları ölçümler, taçlı ağaçların (bu örnekte kestane) 11 Temmuz 1996'da yakındaki ağaçsız alandan 1 K daha düşük ortalama hava sıcaklığı değerine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bununla beraber ortalama radyan sıcaklığın gölge alanlarda 30 K daha düşük olduğu hesaplanmıştır.

Mayer ve Matzarakis, 1997'de elde ettikleri sonuçların benzerini 1998 yılında da elde etmişlerdir. Dört farklı sahada elde edilen sonuçlarda da direkt net solar radyasyona maruz kalan alanların bina ya da ağaçların gölgesinde kalan alanlardan çok daha yüksek FES değerlerinin olduğu ve şehir mikroklima alanları olan bu sahalarda insanların çok daha fazla ısıya maruz kaldıkları bulunmuştur. Almanya, Freiburg şehri için yapılan insan biyoklimatoloji araştırmaları şehrin FES değerleri bakımından yaz ve kış ayları için mikroklima alanları yarattığını, bu durumun güneşlenme süresi ve direk radyasyonun yol açtığı bir durum olduğu ortaya konulmuştur (Mayer ve Matzarakis, 1998).

Svensson ve Ingegärd (2002) Gothenburg (İsveç) şehrinin farklı kullanım

özelliklerine sahip üç alanın (yoğun şehirleşme, apartmanlar ve müstakil evler) iklimi ve biyoklimatolojisini incelenmişlerdir. Bu çalışmada geceleri yoğun binaların bulunduğu alanın diğer alanlardan her zaman daha sıcak ve en yüksek sıcaklık sapmasına sahip (8°C) olduğu, müstakil evlerin kırsal alanlardan 4°C daha sıcak, havanın açık olduğu gündüz saatlerinde ise binaların bulunduğu sahanın kırdan daha soğuk olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çiçek (2003) Ankara’da şehirleşmeye bağlı olarak biyoklimatolojik koşullardaki değişimi araştırdığı çalışmasında, Ankara Meteoroloji İstasyonu ile Esenboğa Meteoroloji İstasyonunun 1975-2006 yılları arası için hesaplanan termohigrometrik rahatsızlık dizin değerlerini karşılaştırmıştır. İnceleme sonucunda kır özelliği taşıyan Esenboğa’da kışın soğuk etki yapan biyoklimatik dönemlerin oranı daha fazlayken, şehir özelliği taşıyan Ankara’da yazın sıcak koşulların daha etkin olduğu saptanmıştır. Rahat biyoklimatik dönemin süresi ise her iki istasyonda da birbirine yakın bulunmuştur. Şehirleşmenin beraberinde getirdiği sıcaklık artışına bağlı olarak yaz mevsiminde sıcaklık stresi yaşandığı sonucuna ulaşılmıştır.

Ahmed (2003) Dhaka’da (Bangladeş) şehrin farklı açık alanlarında şehir kanyonu, bina gölgesi, balkon, şemsiye altı, etrafında bina bulunmayan açık alan ve büyük bir su kütleinin bulunduğu alan olmak üzere 6 farklı mekânda termal konfor koşullarını araştırmıştır. Elde edilen sonuçlar, %70 nispi nem değerine bağlı olarak konforlu ortamlardaki ortalama hava sıcaklığının 28,5°C-32°C, ortalama radyan sıcaklığın ise 28,71°-32,57° C arasında değiştiğini göstermektedir. Rüzgâr konfor koşullarını olumlu etkileyen faktörlerden biridir.

Johansson (2006) çalışmasında Fas şehrinde iki farklı kanyonu (dar-derin)

karşılaştırmıştır. Birbirine komşu fakat farklı geometrilere sahip bu kanyonlarda, atmosferik parametreler (hava sıcaklığı, radyasyon, nemlilik ve rüzgâr) birbirinden farklı olduğu için farklı termal koşullar olduğu bulunmuştur.

Ali-Toudert ve Mayer (2006) Cezayir'in çöl yakınlarındaki Gardia şehrinin farklı yapıdaki kanyonlarında mikroklima alanları ve termal konfor koşullarını araştırmışlardır. Çalışmada hareketli meteoroloji istasyonlarından alınan verilerle FES değerleri hesaplanmıştır. Kanyonların yükseklik genişlik oranları ve yönlerine bağlı olarak farklı mikroklima özellikleri ve çok farklı FES değerlerine sahip oldukları bulunmuştur.

Oliveira ve Andrade (2007) deneysel bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada güneşli iki bahar gününde Lizbon'daki şehrsel bir açık alanda anket araştırmaları ve meteorolojik ölçümler gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda kapalı alanda konfor koşulları yaratan sıcaklık değerlerinin açık alandaki sıcaklık değerlerinden biraz daha düşük olduğu bulunmuştur. Rüzgârın genellikle insan konforu üzerinde en etkili parametre olduğu ve genellikle olumsuz etkilediği anlaşılmıştır. Kadınlar erkeklere nazaran rüzgârdan daha fazla olumsuz etkilenmişlerdir. Bu deney RayMan yazılımı tarafından hesaplanan FES değerleri ile insanların birebir verdikleri tepkilerin aynı olduğunu göstermiştir.

Gulyas vd. (2006) 160.000 nüfuslu Szeged'teki (Macaristan) çeşitli açık alanlarda termal konfor koşulları araştırmışlardır. Örnekler bina yoğunluğunun fazla olduğu şehir merkezi, radyasyon salınımlarının etkili olduğu dar sokaklar ve 20-30 yıllık 20-30 m uzunluğunda ağaçların olduğu mekânlardan alınmıştır. Bu alanlardaki farklı radyasyon koşullarından kaynaklanan FES dizin farklılıklarının 15°C-20°C'ye

ulaştığı görülmüştür. İnsan konforu açısından sadece bina, bina-ağaçlar ve sadece ağaçlar olmak üzere üçe ayrılan mekânlarda farklı koşulların olduğu anlaşılmıştır.

Thorsson vd., (2007) Tokyo'nun kuzeydoğusundaki uydu şehirlerden biri olan, Matsudo şehrinde, park ve meydanlarındaki termal konfor koşulları ve açık alan aktivitelerini araştırmışlardır. Bu araştırmada meteorolojik ölçümler yapılırken, görüşmelerle insanların fikirleri de alınmıştır. 12-24 Mart 2004 ile 16-26 Mayıs 2005 saat 11:00-15:00 arasında gerçekleştirilen ölçümlerle mekânların kullanımı ve termal koşulları arasındaki ilişki araştırılmıştır.

Oliveira ve Alcoforado (2008) gerçekleştirdiği çalışmada Lizbon'un Telheiras semtinin 10 farklı şehrsel alanından sıcaklık değerleri alınmıştır. Meteorolojiden alınan verilerle de desteklenmiştir. Veriler sabit cihazlar kullanılarak 10-22 Haziran 2001 ve 16-26 Şubat 2002 arasında alınmıştır. Bu çalışmada belli bir sonuca ulaşmaktan çok kullanılan yöntemin geçerliliği sınanmıştır.

Shimomura vd. (2009) yaptıkları çalışma şehir paternlerinin rüzgâra ve dolayısıyla biyoklimatik koşullara etkisi üzerinde durmaktadır. Rüzgârın modellenmesinde oldukça yararlı bir yöntem olan rüzgâr tüneli uygulaması Rio de Janerio'nun (Brezilya) Monteiro ve Alucci semtlerinin maketi yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bu modelle yüksek rüzgâr hızlarının FES değerlerini oldukça düşürdüğü ama rüzgârın şehrin belli alanlarına giremediği görülmüştür. Bu çalışmanın önemli bulgularından biri bu modelin gerçekte ölçülen değerlere yakın değerler ortaya koymasındır.

Tseliou vd., (2010) yaptıkları çalışma bir hayli geniş ve kapsamlıdır. Avrupa'nın 7 farklı şehrinde (Atina, Selanik, Milan, Freiburg, Kassel, Cambridge,

Sheffield) 14 açık hava mekânında şehrin önemli alanlarında seyyar istasyonlarla meteorolojik parametreler (hava sıcaklığı ve nispi nem) ölçülürken, insanlarla anket yapılarak görüşleri alınmıştır. Bunun için aktüel algılama oyları (ASV) kullanılmıştır. Ortalama sıcaklık ve insanların seçimleri arasında güçlü bir korelasyonun olduğu ortaya çıkmaktadır.

Lin vd., (2010) Huwei Township'de (Tayvan) şehrin farklı dokuya sahip alanlarındaki biyoklimatik koşulları araştırmaktadır. National Formosa Üniversitesi yerleşkesinde açık havadaki termal koşulların analizi için 12 arazi deneyi gerçekleştirilmiştir ve ayrıca 10 yıllık meteorolojik kayıtların analizi için RayMan modeli kullanılmıştır. Gökyüzü görüş faktörünün (Sky View Factor)(GGF) termal koşulları güçlü bir şekilde etkilediği anlaşılmıştır.

1.2.4. Sağlık coğrafyası amaçlı biyoklimatoloji çalışmaları

Hava koşulları ve iklimin insanlar üzerinde önemli bir etkisi de hastalıklarla olan ilişkisidir. Vücut ısını korumak için gerçekleştirilen termo-regülatör davranışlar kimi zaman çok fazla güç sarf edilmesine, insanların hastalanmasına yol açabildiği gibi aşırı soğuk ya da aşırı sıcak koşullarda insanlar ciddi risklerle karşı karşıya gelebilmektedir. Biyoklimatoloji araştırmalarıyla, bu riskler ya da sağlık coğrafyası açısından lokasyonların potansiyeli saptanabilmektedir.

Termal konfor dizinlerinin geniş anlamda kullanıldığı ilk araştırma Jendritzky vd. (2000) tarafından yapılmıştır. Daha önceki epidemiyolojik çalışmalarda sadece hava sıcaklığı ya da iki parametrelili dizinler kullanılmıştır. 30 yıllık günlük risk verileriyle Güneydoğu Almanya'daki Baden-Württemberg'da yapılan çalışmada bütün ısı bütçesinin ele alındığında, yapılan hesaplamaların daha kullanışlı olduğu

vurgulanmıştır. Klima Michel Modeli ile yapılan hesaplamalarla %20'den fazla sapma (varyans) açıklanmıştır. Burada elde edilen sonuçlarla (Kalkstein, 2001) ısı Sağlık İzleme/Uyarı sistemi hazırlanması planlanmıştır.

Li ve Chan (2000) Honkong'daki ölüm oranları ile kendi yarattıkları termal konfor dizinini kıyaslamışlar ve kış aylarındaki ölümlerle Hava Durumu Stres Dizini (Whether Stres Index, WSI) (HSD) arasında ilişki olduğunu bulmuşlardır. Buna rağmen yazın çıkan sonuçlarla ölümler arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Deniz vd., (2003) Türkiye'nin nüfus bakımından en yoğun bölgesi Marmara'ya ait 12 yerleşim merkezinin 1929-1990 yılları arasındaki sıcaklık ve nispi nem verilerini kullanarak hissedilen sıcaklık analizleri yapmışlardır. Çalışmanın en önemli amacı bunaltıcılık açısından yaşam koşullarının bölgede ne derece etkili olduğunu saptamaktır. Buna göre Marmara Bölgesi'nde hissedilen sıcaklıkların insan sağlığı açısından tehlikeli boyutlara geldiği aylar haziran, temmuz ve ağustostur. Mayıs ve eylül aylarında ise tüm istasyonlarda gözlenen "hissedilen sıcaklıklar" bunaltıcılık kritik değeri olan 27°C'nin altındadır.

Nastos ve Matzarakis (2006) yaptıkları çalışmada, solunum enfeksiyonlarının değişkenliği ve meteorolojik parametrelerle olan ilişkisini analiz etmişlerdir. Bu çalışmada 2002 yılı solunum enfeksiyon verileri kullanılmıştır. Yapılan hesaplamaların sonucunda hava koşulları ve solunum yolu rahatsızlığı ile hastanelere gelen insan sayısı arasında bir ilişki olduğu bulunmuştur.

Matzarakis vd., (2009) yaptıkları araştırma sonucunda, 2003 ısı dalgasından sonra Strasburg şehrindeki (Fransa) ölüm oranlarının kırdan daha yüksek olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Bu çalışmanın amacı Strasburg şehir merkezinde ve

hinterlandında (art ülkesinde) termal konfor koşullarının karşılaştırılarak analiz edilmesidir.

1.2.5. Turizm/rekreasyon iklimi amaçlı biyoklimatoloji çalışmaları

Turizm ülke ekonomilerinde önemli paya sahip sektörlerden biridir. Bir alanın turizm potansiyelini belirleyen doğal kaynaklardan biri de iklimdir. Bir yerin biyoklimatolojisinin turizm üzerindeki etkisi ya da turizm tanıtımlarında biyoklimatik verilerin kullanımı gibi çalışmalar bulunmaktadır.

Ormanlar şehirlere çok yakın oldukları zaman rekreasyon fonksiyonu bakımından çok önemli rol oynamaktadırlar. Mayer vd., (1997) yaptıkları araştırma sonucunda şehirlerin yakınında bulunan orman ya da koruluk alanların insanın termal konforu açısından bir hayli önemli olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada Freiburg'un batı sınırındaki kırk yaşında meşe ve kayın ağaçlarından oluşan ormanın, ormansız alanlara nazaran daha düşük ve konforlu FES değerlerinin oluşmasını sağladığı vurgulanmaktadır.

Topay ve Yılmaz (2004) planlamada biyoklimatik konforun önemini işaret ederek, bu amaçla Muğla ili özelinde bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada biyoklimatik konfor alanlarının tanımlanmasında Olgyay'ın (1973) konfor aralığı kullanılmıştır. Buna göre sıcaklığı 21°-27° C arasında değişen, rüzgâr hızının 5 m/s'den daha az olduğu ve nispi nemin %30-65 arasında olduğu koşullar biyoklimatik olarak konforlu sayılmaktadırlar. Sonuç olarak biyoklimatik açıdan uygun konfor koşullarına sahip olan ayların haziran, ağustos ve eylül olduğu, bunlar dışında kalan temmuz ve ekim aylarında ise daha konforsuz koşulların yaşandığı hesaplanmıştır. Bunların yanı sıra alan olarak Muğla ilinin orta kesimleri ve

kuzeyinin daha konforlu açık hava koşullarına sahip olduğu ileri sürülmüştür.

Hartz vd. (2006) gerçekleştirdikleri çalışmada turizm amaçlı Phoenix metropolitan alanındaki yedi dinlenme mekânından elde edilen hava sıcaklığı ve doyma noktası ölçümlerini aynı dönem için ulusal hava durumu servisinden alınan verilerle kıyaslamaktadır. Bir bölümü ılıman, bir bölümü yarı kurak iki farklı rezort tipi için OUTCOMES modeli kullanarak konfor dereceleri hesaplanmıştır.

Toy ve Yılmaz (2009) Erzurum’da termal konfor analizi gerçekleştirmiş ve soğuk stresinin oldukça hakim olduğu şehirde, bu yüzden rekreasyon alanlarında ağaçlandırmanın ciddi bir termal konfor etkisi yapmadığını, bulutluluk ile ağaç gölgesi arasında bir ilişki olmadığını belirlemişlerdir.

1.2.6. Termal konfor tahmini

Hava tahmini gibi, termal konfor koşullarının tahmini de biyoklimatolojik araştırmaların gelecekte çok daha geniş kullanım alanı bulmasını sağlayacaktır. Meteorolojik parametrelerden yola çıkarak insanların nasıl hissedeceğinin tahminine dayanan çalışmalar da bulunmaktadır. Bu tahminler risk grubu içinde olan yaşlı insanlar ve çocuklar için bir hayli işlevsel olabilecektir.

Doğrudan termal konfor tahmini üzerine yoğunlaşmamasına rağmen, hava koşullarına kültürel tepkilerin ne kadar farklı olabileceğini ortaya koyması bakımından önemli olan bir diğer çalışma Knez ve Thorsson (2006) tarafından gerçekleştirilmiştir. Yarı deneysel bu çalışmada Japon ve İsveçlilerin belli bir alandaki termal koşulları nasıl algıladığı değerlendirilerek, kültürler arası farklılık analiz edilmeye çalışılmıştır. Sonuçta farklı kültür ve ortamlardan gelen insanların termal koşullar aynı olmasına rağmen farklı fizyolojik değerlendirmelerde bulunduğu

ortaya çıkmıştır. FES dizinine göre her iki ülkenin de benzer termal konfor özellikleri bulunmasına rağmen, verili hava durumunu Japonlar İsveçlilerden daha sıcak olarak değerlendirmişlerdir. Bulundukları alanda daha az konforlu hissettiklerini belirtmişlerdir. İsveçliler bulundukları alanı, Japonların hissettiğinden daha soğuk ve daha rüzgârlı bulmuşlardır.

1.2.7. Çevresel değişimler ve biyoklimatoloji

İklim değişimlerinin yol açacağı sağlık risklerinin ortaya konulması da önemli bir sorundur. Isınan bir dünyada daha fazla sayıda ve şiddetli ısı (sıcaklık) dalgasının oluşacağını gösteren iklim değişimi simülasyonları bulunmaktadır. Ek olarak üretilen senaryoların uygun bir alansal çözünürlüğü olmalı ve klimatolojik olmayan etkileri de hesaba katmalıdır. Jendritzky ve Tinz (2000) çalışmalarında, Klima Michell Modeli kullanılarak yapılacak bir model için küresel ölçekte geçerli ve güvenilir meteorolojik verinin bulunmadığının altını çizmektedirler. İklim etki değerlendirmesini bırakın, günümüz ikliminin analizinde bile kullanılabilecek kadar verinin bulunmamasına dikkat çekmektedirler. Dolayısıyla okyanus/atmosfer çiftleri genel sirkülasyon modeli ile hesaplanmış veriler kullanmışlardır. Çözünürlük açısından tatmin edici olmamasına rağmen Avrupa ölçeğinde bir harita hazırlanabilmiştir.

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Kavram ve Terimler

2.1.1. İklim

İklim bir alanda uzun yıllar boyunca gözlemlenen hava olaylarının ortalaması olarak tanımlanmaktadır (Ardel, 1973; Erinç, 1984; Erol, 1993). Uzun yıllar boyunca ortaya çıkan hava olaylarına dayanmasına rağmen iklim değişmez (sabit) değildir. Aksine bir hayli değişken bir yapıdadır. Bunun yanı sıra iklimi oluşturan sıcaklık, yağış, basınç, rüzgâr gibi iklim elemanları üzerinde birçok mekanizmanın kontrolü bulunmaktadır. Gelişimlerinde birçok değişkenin rolünün olması önceden tahmin edilmelerini, öngörülmelerini zorlaştırmaktadır. Dolayısıyla bir yerin ikliminden bahsedilirken oldukça genel bir çerçeveden bahsedildiği unutulmamalıdır.

İklimin değişken doğasına karşın canlılar iklime uyum sağlayarak yaşamlarını sürdürmektedirler. Geçmişteki iklim koşullarının analizi için canlılardaki bu uyum sağlama mekanizması kullanılabilmektedir. Dünyanın farklı bölgelerinde farklı çevre ve iklim koşullarında yaşayan insan topluluklarının farklı yaşam biçimleri geliştirmiş olması doğaldır. Ayrıca iklime bağlı olarak gerçekleştirilen ekonomik faaliyetleri de çeşitlenebilmektedir. Bu araştırmanın temel eksenini oluşturan biyoklimatoloji, bu farklılık ve çeşitliliklerin araştırılmasından doğmuştur.

2.1.2. Biyoklimatoloji

Maarouf ve Munn (2005) biyoklimatolojinin (biyometeorolojinin) canlılar ve iklim arasındaki ilişkiyi araştıran çok disiplinli bir bilim dalı olduğunu vurgularken, birçok alt kolunun olduğunu işaret etmektedir. Bunlar arasında şehir

biyoklimatolojisi, hava kirliliği biyoklimatolojisi, dağ biyoklimatolojisi, turizm ve rekreasyon (eğlendirilen) biyoklimatolojisi bulunmaktadır.

Biyoklimatoloji çalışmalarında daha çok çevresel etkilerin biyolojik karşılıkları incelenmektedirler. 1960'lı yıllara kadar insanların çevresel etkiler karşısında doğa ile mücadele içinde olduğu yaygın inanç olarak kabul edilmiştir. İnsanların kıyafet, ısıtma-soğutma sistemleri olan binalar, sulama ve taşkın kontrol sistemleri gibi gelişmeler, doğayla başa çıkmak için kullandığı teknolojiler olarak algılanmaktadır. İnsanlığın doğada telafisi çok güç tahribatlara yol açtığının bilincine varılmaya başlandığı 1960'lı yıllardan itibaren çevreye karşı olan yaklaşım değiştirilmiştir. İnsanların doğanın ve yaşadıkları ekosistemin bir parçası olduğu ve hayatlarını çevreye mümkün olan en az etkiyle devam ettirmeleri zorunluluğu anlaşılmıştır. Biyoklimatoloji bu noktada 1970'li yıllarda ilk adımları atılmaya başlanmış bir bilim dalı olarak karşımıza çıkmaktadır (Maarouf ve Munn, 2005).

Biyoklimatolojik araştırmalarda kullanılan temel üç yöntem bulunmaktadır. Bunlardan ilki istatistiksel yöntemlerdir. Çoklu regresyon ve trend analizi gibi farklı uygulamalarla hava koşullarının canlılar üzerine etkilerinin neden ve sonuçları değerlendirilmektedir. Kullanılan ikinci yöntem ise deneysel (ampirik) çalışmalardır. Laboratuvarlarda yaratılan yapay koşullar, gerçekleştirilen değişikliklere deneklerin verdiği tepkilerin ölçülmesini kolaylaştırmaktadır. Deneklerin verdiği karşılıklarla biyoklimatolojik koşullar arasındaki bağlar açığa çıkarılabilmektedir. Bu tip çalışmalarda önemli sorunlardan biri aşırı şartların denenmesi sırasında canlı denek kullanımının yarattığı etik sorunlardır. Deneysel (ampirik) çalışmaların önemli ve daha etik bir ayağını saha araştırmaları oluşturmaktadır. Arazide (kır ya da şehir mekânları) yapılan birebir ölçümler ve bunların yanı sıra uygulanan anketlere alınan

karşılıklar aracılığıyla insanların çevresel koşullara verdiği tepkiler analiz edilebilmektedir. Üçüncü ve diğer iki yöntemden elde edilen sonuçlarla şekillenen yöntem, modellemedir. Bu yöntemde gerek istatistiksel gerekse deneysel çalışmalardan elde edilen bulgular matematiksel ön kabul olarak değerlendirilerek veri olarak düzenlenmektedir. Termodinamik ve fizik gibi temel bilim dallarındaki kanunlar vasıtasıyla bu veriler bir model oluşumunda kullanılmaktadır. Bu tip modellere farklı koşullara ait parametrelerin girilmesiyle biyoklimatolojik koşulların analizi mümkün olmaktadır.

2.1.3. Termal konfor

Biyoklimatolojik koşulların temelini oluşturan kavramlardan biri ısı konfordur (termal konfor). Isıl konfor insanın çevresindeki ortamdan memnuniyetini ifade etmektedir. Bu tip ortamlarda insan metabolizması tarafından üretilen ısıнын dağılması için uygun koşullar bulunmaktadır, dolayısıyla insan ile onu çevreleyen ortam arasında ısı denge sağlanmış demektir (ISO, 2002; ASHREA, 2004).

İnsanlar çevresindeki ortam ile ısı değişimini dört farklı şekilde gerçekleştirmektedirler. Bunlar radyasyon (ışınım), kondüksiyon (iletim), konveksiyon (taşınım) ve buharlaşma (evaporasyon, terleme) olarak karşımıza çıkmaktadır. Vücuttan dış yüzeye oluşan ışıınım ile ısı geçişi vücut sıcaklığına bağlı olarak değişir. Eğer vücut yüzeyi çevredeki yüzeylerden daha sıcaksa o zaman vücuttan kaybedilen net ısı yüzeyler arasındaki sıcaklık farklılıklarına bağlı olarak değişir (Widmaier vd., 2006). Vücuttan kondüksiyonla ısı geçişi, vücudun daha soğuk yada daha sıcak bir cisimle direkt temas etmesi durumunda oluşan ısı kazancı ya da kaybıdır, konveksiyon ise havanın ya da suyun vücuda yakın alanda hareket

etmesiyle ortaya çıkan ısı geçiş Őekliidir (Widmaier, vd., 2006; elik ve Bayazıt, 2008). Vücuttaki diğeri bir ısı geçiş mekanizması terlemedir. Isı kaybının yaklaşık olarak %90'ı deri yüzeyinden kaybolur (Tunç vd., 2004). Vücutun ısıya maruz kaldığı anlarda, ısı düzenleyici (termoregülatör) sistem vücuda ısı geçişini en aza indirecek Şekilde cevap verir. Doku sıcaklıkları optimal kimyasal reaksiyonların meydana gelmesi için biyolojik olarak güvenli seviyelerde tutulur. Termoregülatif sistem bu seviyeleri deriye olan kondüksiyon ve konveksiyon oranlarını değıştirerek ayarlar (Tunç vd., 2004). İnsanın çevresiyle ısı değışimini ve dolayısıyla ısıl konfor durumunu etkileyen birkaç değışken bulunmaktadır.

2.1.3.1. Çevresel Değışkenler

Bir ortamda, ısıl konforu etkileyen çevresel değışkenler hava sıcaklığı, ortalama radyan sıcaklık, hava hareketi (rüzgâr) ve nispi nemdir (Fanger, 1972; Landsberg, 1972; Givoni,1976; Höppe, 1984; Driscoll, 1992; Parsons, 2003; Atılgan ve Ataer, 2009).

Hava Sıcaklığı: Hava sıcaklığı, insan ile çevresi arasında konveksiyon yoluyla yapılan ısı alışverişi miktarını belirleyen bir değışkendir. İnsan ile çevresi arasındaki ısı konveksiyonu, vücut yüzey sıcaklığı ile hava sıcaklığı dengeleninceye kadar devam eder. Dengelenmiş durumdaki vücut yüzey sıcaklığı insanın iklimsel açıdan konforda olup olmadığının göstergesidir. Bu nedenle hava sıcaklığı insanın iklimsel konforunu etkileyen önemli çevresel değışkenlerden birisidir.

Ortalama Radyan Sıcaklık: Ortalama radyan sıcaklık, insanla çevre yüzeyler arasında radyasyon yoluyla oluşan ısı transferini belirlemek üzere, çevre yüzeylerin sıcaklıklarının birleşik etkisini ifade eden bir sıcaklıktır. İnsanın mekândaki

konumuna, duruş biçimine ve çevre yüzeylerin sıcaklığına bağlıdır.

Rüzgâr: Hava hızı herhangi bir yüzeyle hava arasındaki ısı transferi katsayısını etkilediğinden, insanla çevresi arasında konveksiyon yoluyla oluşan ısı transferi miktarını etkileyen önemli bir çevresel değişkendir.

Nispi nem: Havanın nemliliği insanın cildinden çevreye olan su buharı difüzyonu, ter buharlaşması ile vücuttan kaybedilen ısı miktarlarını etkileyen bir çevresel değişkendir. Nispi nem; hava içerisindeki su buharı kısmi basıncının (veya mol sayısının), aynı şartlarda doygun halde bulunan havanın içerisindeki su buharı kısmi basıncına (mol sayısına) oranıdır.

2.1.3.2. Kişisel Değişkenler

Isıl konforu etkileyen kişisel değişkenler olarak adlandırılan, insanla ilgili özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

Aktivite Düzeyi: Aktivite düzeyi, insan vücudunun alınan yiyecekleri yakarak birim zamanda ürettiği ve metabolizma düzeyi olarak adlandırılan enerji miktarını etkileyen bir değişkendir. Metabolizma düzeyi insanın yaptığı eylem türü ile yani aktivite seviyesi ile doğrudan ilişkilidir. Belirli eylem türlerine göre aktivite seviyelerinin aldığı değerler değişkenlik gösterir. Isıl konfor insanın yaptığı ısı alışverişi miktarının bir fonksiyonu olduğuna göre, aktivite düzeyi ısı konforu etkileyen önemli değişkenlerden birisidir. Tablo 2’de belli başlı aktiviteler sırasında insan vücudunun yarattığı ısı miktarı çeşitli ısı birimleri ve Met (metabolizma oranı) cinsinden verilmektedir.

Tablo 2. Bazı aktiviteler sonucu ortalama bir insan vücudunun ürettiği enerji miktarı (Auliciems'den 1997: 157'den alınmıştır).

Etkinlik	W/m ²	W ¹	Btu/hr ¹	Met
Uzanma	46	83	282	0,8
Rahat Oturma	58	104	356	1
Ayakta durma	80	126	430	1,2
Masa başı aktivite (ofis, konut, okul, laboratuvar)	70	126	430	1,2
Araç sürme	80	144	491	1,4
Grafikerlik-Ciltçilik	85	153	522	1,5
Ayakta yapılan hafif işler (alışveriş, laboratuvar, hafif sanayi)	93	167	571	1,6
Öğretmen	95	171	583	1,6
Kişisel bakım, tıraş yıkama ve giyinme	100	180	614	1,7
Yürüyüş 2 km / h,	110	198	675	1,9
Ayakta yapılan orta seviye işler (tezgâhtarlık, ev işleri)	116	209	712	2
İnşaat sektörü-Tuğla döşeme (15.3 kg)	125	225	768	2,2
Ayakta bulaşık yıkamak	145	261	890	2,5
Ev işleri-yaprak toplamak	170	306	1043	2,9
Ev işleri – Elde çamaşır yıkama ve ütü (120-220 W)	170	306	1043	2,9
Demir ve çelik sanayi-havalı çekiçle kalıp dövmek	175	315	1075	3
İnşaat sektörü-kalıp çatmak	180	324	1105	3,1
Yürüyüş, 5 km / h	200	360	1228	3,4
Ormancılık, orak biçmek	205	369	1259	3,5
Voleybol	232	418	1424	4
Beden eğitimi	261	470	1602	4,5
İnşaat sektörü-taş ve harç yükleme	275	495	1688	4,7
Bisiklet	290	522	1780	5
Golf				
Softbol				
Jimnastik	319	574	1959	5,5
Aerobik Dans	348	624	2137	6
Basketbol				
Yüzme				
Spor - Buz pateni, 18 km / h	360	648	2210	6,2
Kazma kürek çalışma(24 kaldırış/dak.)	380	674	2333	6,5
Kayak, kar, 9 km / h	405	729	2487	7
Paten				
Tenis				
Hentbol	464	835	2848	8
Hokey				
Kriket				
Cross Kayak				
Futbol				
Koşu 12 dak/km	500	900	3070	8,5
Ormancılık - balta ile çalışma (2 kg, 33 vuruş/dak.)				
Spor - Koşu 15 km / h	550	990	3377	9,5

Giysi Türü: Giysi türü giysilerin ısı yalıtım direncini belirlediğinden ve dolayısıyla insanla çevresi arasındaki ısı transferi miktarını etkilediğinden ısı konfor koşullarının belirlenmesinde bilinmesi gereken kişisel değişkenlerden birisidir (Tablo 3).

Tablo 3. Bazı kıyafetlerin yalıtım dirençleri. 1 clo 0,155 m^2K/W 'a eşittir (ISO/DIS, 2004'ten değiştirilerek).

Kıyafet	Yalıtım	
	Clo	m^2K/W
İç Çamaşırı	0,02-0,1	0,003-0,16
İç Giyim- Gömlek	0,06-0,12	0,009-0,019
Gömlek	0,09-0,34	0,029-0,53
Pantolon	0,11-0,28	0,017-0,43
Tulumlar	0,49-1,03	0,076-0,160
Yüksek yalıtım tulumlar	0,12-1,13	0,019-0,175
Kazak	0,20-0,37	0,031-0,057
Ceket	0,13-0,52	0,020-0,081
Palto ve montlar	0,55-0,70	0,085-0,109
Çorap	0,02	0,003
İnce tabanlı ayakkabılar	0,02	0,003
Kapitone polar terlik	0,03	0,005
Kalın tabanlı ayakkabılar	0,04	0,006
Bot	0,05	0,008
Kalın uzun çorap	0,10	0,016
Etek	0,01-0,25	0,016-0,039
Kışlık elbise uzun kollu	0,40	0,062
Şal	0,41-0,53	0,064-0,082

Metabolizmanın ısıyı düzenlemesi: İnsan vücut fonksiyonlarının bağımlı olduğu pek çok biyokimyasal ve hücrel işlemlerin verimli ve doğru olarak gerçekleşmesi için vücut sıcaklığının $36,9^\circ \pm 0,5^\circ C$ arasında olması gerekmektedir. Bu dar sıcaklık aralığının dışında uzun süre kalan insanların yüksek ateş ya da hipotermi yüzünden yaşamaları mümkün değildir. Isı düzenleyici mekanizmalar vücut sıcaklığını bu eşik içinde tutmaya yaramaktadır. Yaş, cinsiyet, yağ oranı farklılıkları, yağ kalınlığı, kan akışı gibi pek çok değişken vücudun sıcaklığının düzenlenmesine etki etmektedir (Zhang vd., 2001; Tunç vd., 2004; Widmaier vd., 2006; Çelik ve Bayazıt, 2008).

2.1.4. Termal koşulları etkileyen iklimsel faktörler

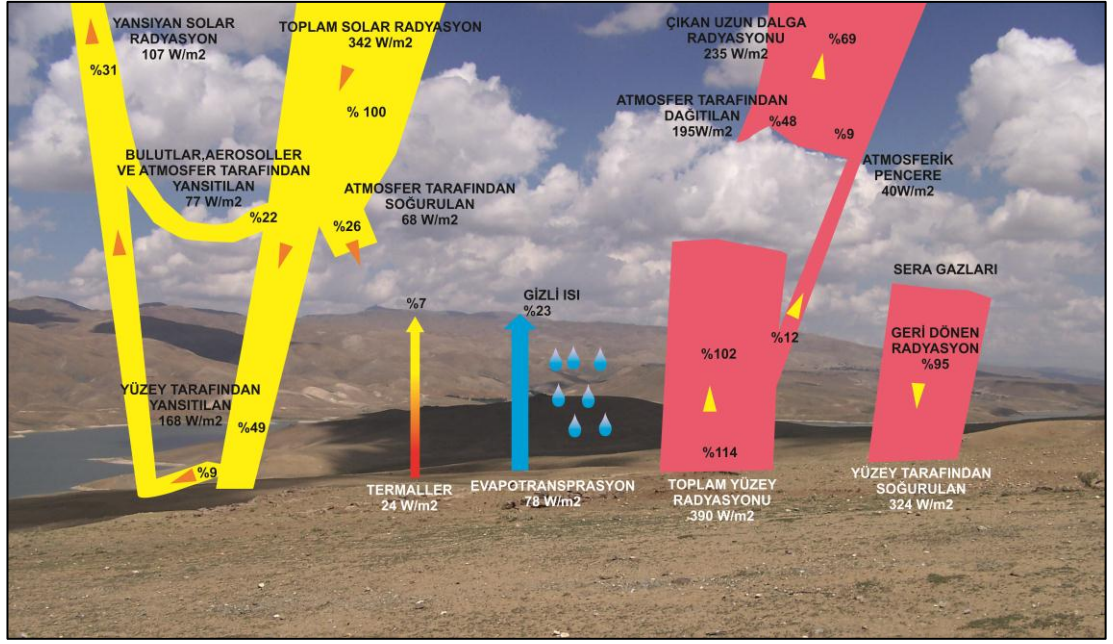
Yeryüzünde belli bir alanın hava durumunu ve buna bağlı olarak termal konfor koşullarını belirleyen belli başlı faktörler bulunmaktadır. Bunlar:

1. Güneşten gelen enerji miktarı
2. Yüzeylerin enerji tutma, ısınma ve ısıyı transfer etme özellikleri
3. Atmosferin ısı tutma kapasitesi
4. Uzak etkiler (dışardan gelen etkiler) olarak sayılabilir.

Bütün bu mekanizmalar termal konfor koşulları üzerinde ayrı ayrı etkiye sahip olmalarına rağmen birbirlerinden bağımsız değildirler. Dünyanın çeşitli yerlerinde farklı kontrol mekanizmaları işlediğinden biri bir diğerinin önüne geçebilmektedir. Buna rağmen bu etkenlerin iç içe geçmiş ve bir hayli karmaşık (kompleks) bir doğası bulunmaktadır. Termal algılamalar bu doğanın bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

2.1.4.1. Güneşten gelen enerji miktarı

Yerkürenin kara-deniz yüzeyleri ve atmosfer güneşten gelen radyasyonla ısınmaktadır. Güneşten gelen radyasyon oranı yıl içinde farklılık göstermesine rağmen atmosfer yüzeyine ortalama 1.366 kW/m^2 (saniyede $1,96 \text{ kalori/cm}^2$) civarındadır. Ocak ayında 1.412 kW/m^2 , temmuz ayında 1.321 kW/m^2 olarak ölçülmektedir. Dolayısıyla ‘güneş sabiti’ olarak adlandırılan bu radyasyon oranı süreğen bir şekilde dünyaya enerji sağlamaktadır (Şekil 1). Güneş patlamaları ve güneş lekeleri bu oranın değişmesine neden olmaktadır. 11 yıllık bir döngüde güneşten gelen radyasyonun değiştiği hesaplanmıştır. Bu döngüye ‘güneş lekesi değişimi’ adı verilmektedir.



Şekil 1. Küresel enerji akışı.

Dünyanın eksenin eğik olması ve yörüngesinin güneşe yakınlaşan uzaklaşan bir elips şeklinde olmasından kaynaklı olarak yerkürenin farklı alanları farklı güneşlenme süre ve miktarlarına sahiptir. Güneşten gelen enerji miktarını belirleyen en önemli faktör enlem etkisidir. Ekvatora yakınlaştıkça güneşten gelen enerji miktarı düzenli bir hale gelirken, kutuplara doğru gidildikçe mevsimler arası güneşlenme süresi arasındaki farklar artmaktadır. Dolayısıyla dönenceler arasında, gelen enerji miktarı yıl içinde hiç değişmezken dönencelerin dışında kalan alanlarda yılın farklı zamanlarda farklı güneşlenme süreleri ve buna bağlı olarak farklı güneşlenme miktarları ortaya çıkmaktadır.

Güneş radyasyonunun geliş açısının değişimine bağlı olarak atmosferde kat ettikleri mesafe değişmekte ve etki alanlarının çapı da farklılaşmaktadır. Ayrıca dik gelen ışınlar atmosferde daha az soğurularak, yansıtılırken, eğimle gelen ışınların daha fazla kayıp verdiği anlaşılmaktadır.

Yüzeye ulaşan enerji miktarını belirleyen bir diğer önemli faktör de

atmosferin geçirgenliğidir. Güneşten gelen enerjinin ortalama %26'sı atmosferden yansıtılmakta, ortalama %19'u soğurulmaktadır. Atmosfer içindeki kısa dalga radyasyonunu yansıtan ya da soğuran gaz, aerosol, emisyon ve bulut örtüsü yüzeye ulaşan enerji miktarını azaltabilmektedir. Güneş radyasyonu ancak bu maddelerden geçerek yüzeye ulaşabilmektedir. Atmosfer içinde güneş ışınlarını yansıtan ya da soğuran unsurların oranının artması gelen enerji miktarının azaltacak, bu unsurlardaki azalma enerjiyi artıracaktır. Bu unsurların atmosferdeki oranını kontrol eden birkaç faktör bulunmaktadır.

1. Atmosfer kalınlığı
2. Atmosfer sıcaklığı
3. Doğal ve antropojenik etkiler

2.1.4.1.1. Atmosfer kalınlığı

Güneşten gelen kısa dalga boyundaki radyasyonun yansıtılması ya da atmosfer içinde soğurulması bakımından atmosfer sütununun kalınlığı önemli bir etkindir. Kalın bir atmosfer daha fazla radyasyon soğururken, ince bir atmosferde daha az tutulmaktadır.

Atmosferin kalınlığı ekvator dan kutuplara gidildikçe azalmaktadır. Bunun temel gerekçesi Dünya'nın kütle çekimidir (yerçekimidir). Atmosferde ne kadar gaz ve madde tutulacağını belirleyen yerçekimidir. Yerçekimi ne kadar fazla ise atmosferin kalınlığının o derece fazla olduğu anlaşılmaktadır. Diğer tüm koşullar eşit olduğunda ekvator atmosferinden geçen enerji miktarı kutup atmosferinden geçen enerji miktarından azdır.

Ayrıca yerçekillerinin yükseltisi de atmosfer kalınlığını belirleyen bir diğer

önemli faktördür. Yüksek alanlardaki ince atmosfer radyasyon için daha az engel oluşturmaktadır. Dolayısıyla yüksek alanlara deniz kıyısında bulunan alanlardan daha fazla radyasyon gelmektedir.

Atmosferik basınç da kalınlığı etkilemektedir. Alçak basınçta görece daha ince bir atmosfer ortaya çıkmakta, yüksek basınçta ise atmosfer kalınlaşmaktadır. Dolayısıyla alçak basınç sırasında kısa dalga radyasyon daha az engelle karşılaşmakta, atmosferin geçirgenliği artmaktadır.

2.1.4.1.2. Atmosfer sıcaklığı

Sıcak olan bir atmosfer gerek gaz içeriği gerek bulutluluk açısından soğuk olana göre daha fakirdir. Soğuk atmosfer gerek gaz moleküllerinin daha kompakt bir yapıda bulunmaları (1 m^3 'lük havanın daha fazla gaz içermesi) gerek bulut oluşumu (yoğuşma bakımından düşük sıcaklıkların daha avantajlı olması) bakımından sıcak atmosfere göre daha uygun koşullara sahiptir. Bundan dolayı soğuk atmosfer güneşten gelen enerjiyi nispeten daha fazla yansıtmakta ve soğurmakta yüzeye daha az radyasyon ulaşmasına neden olmaktadır.

2.1.4.1.3. Doğal ve antropojenik etkiler

Atmosfer bileşiminde radyasyon yansıtan gazlar (ör: O_3), bulutluluk ve aerosol miktarlarını etkileyen kimi doğal ve antropojenik faktörler bulunmaktadır. Büyük volkanik püskürmelerden sonra ortaya çıkan aerosollerin güneş radyasyonunu yansıtan bir kalkan görevi görerek bölgesel ya da küresel soğumaya yol açtığı bilinmektedir. Ayrıca insan aktivitelerinin neden olduğu emisyonlar sonucu ortaya çıkan kloro flor karbonların ozon tabakasında yol açtığı tahribattan kaynaklanan kısa dalga radyasyon oranlarının arttığı da hesaplanmıştır. Bunların dışında özellikle

sanayi faaliyetleri sonucu oluşan emisyonların atmosferde radyasyonun yansıtılmasına ve soğurulmasına neden olduğu üzerinde durulması gereken bir diğer konudur. Ayrıca şehirlerde bulut taban yüksekliklerinin kırlara nazaran daha alçak olduğu da rapor edilmiştir. Şehirlerde atmosferde daha çok yoğunlaşma çekirdeğinin olması bulut oluşumunu kolaylaştıran bir özelliktir. Dolayısıyla atmosfere gerek doğal yollardan gerek insan eliyle salınan malzemenin güneş enerji bütçesine olumlu ve olumsuz katkıları olduğu gözden kaçırılmamalıdır.

2.1.4.2. Yüzeylerin enerji tutma kapasitesi

Bir alandaki hava koşullarının ve buna bağlı olarak termal konfor koşullarını etkileyen bir diğer faktör yüzeylerin ısı tutma ve transfer etme kapasiteleridir. Atmosferden geçerek güneşten gelen enerjinin ne kadarının yansıtıldığı ve soğurulduğu termal algılamaların oluşumunda önemlidir.

Yüzeylerin ısı kapasitesi için en önemli koşullardan biri yüzeyin kısa dalga radyasyonu yansıtma oranı, albedosudur (aklığıdır) (Tablo 4). Albedosu yüksek cisimlerden oluşan yüzeyler görece daha az ısınırken, albedosu düşük yüzeyler daha çok ısı tutmaktadır.

Isınma ve ısı transfer etme açısından cisimlerin ısı kapasitesi de önemlidir. Seyrek molekül yapısına sahip yüzeyler daha çabuk ısınmasına rağmen, daha düşük ısı kapasitesine sahiptir. Moleküler yapıları daha sıkı olan cisimler daha geç ısınmasına rağmen, ısı kapasitelerinin daha yüksektir (Tablo 5).

Tablo 4. Belli başlı cisimlerin albedosu (Sellers,1965'ten akt. Goward, 2005: 33).

Yüzey	Tipik albedo (aklık)
Su yüzeyleri	
<i>Kış:</i>	
0°_ enlem	6
30°_ enlem	9
60°_ enlem	21
<i>Yaz:</i>	
0°_ enlem	6
30°_ enlem	6
60°_ enlem 7	7
Çıplak alanlar ve toprak	
Kar, taze düşmüş	75-95
Kar, birkaç gün eski	40-70
Buz, deniz	30-40
Kumul, kuru	35-45
Kumul, yaş	20-30
Toprak, koyu	5--15
Toprak, nemli gri	10--20
Toprak, kuru toprak veya gri	20-35
Toprak, kuru hafif kum	25-45
Beton, kuru	17-27
Yol	5-10
Taze asfalt	4-5
Aşınmış asfalt	5-12
Doğal yüzeyler	
Çöl	25-30
Çayır, kurak mevsim	25-30
Çayır, nemli sezon	15-20
Maki	15-20
Step yeşil	10-20
Orman, yaprağı döken	10-20
Orman, iğne yapraklı	5-15
Tundra	15-20
Tarla bitkileri	15-25
Bulutlar	
Kümülüs	70-90
Stratüs (500-1000 m kalınlığında)	59-84
Altostratüs	39-59
Sirrostratüs	44-50

Tablo 5. Belli başlı maddelerin 25°C'deki özgül ısı kapasiteleri (Schroeder'den, (2000: 48) değiştirilerek).

Madde	Faz	Özgül Isı Kapasitesi C_p J/(gr K)
Hava (Deniz seviyesi, kuru, 0°C)	gaz	1.0035
Hava (normal oda koşullarında)	gaz	1.012
Hayvan (ve insan) dokusu	karışık	3.5
Karbondioksit CO ₂	gaz	0,839 *
Cam	katı	0.84
Granit	katı	0.790
Grafit	katı	0.710
Demir	katı	0.450
Kurşun	katı	0.129
Metan 2°C	gaz	2.191
Oksijen	gaz	0.918
Su 100°C (buhar)	gaz	2.080
Su 25°C'de	sıvı	4.1813
Su 100° C'de	sıvı	4.1813
Su -10°C'de (buz)	katı	2.11
Asfalt	katı	0.920
Tuğla	katı	0.840
Beton	katı	0.880
Cam, ısıya dayanıklı cam	katı	0.753
Alçıtaşı	katı	1.090
Mermer, mika	katı	0.880
Kum	katı	0.835
Toprak	katı	0.800
Ahşap	katı	1.7 (1.2 -2.3)

Moleküler yapının dışında, maddenin fazlarına bağlı olarak da ısınma ve ısı transferi süreçleri değişkenlik göstermektedir. Denizlerin akışkan doğası daha geç ısınmalarını sağlamaktadır. Kendi içlerindeki termal hareketlerinin, ısınma ve ısıyı transfer etme süreçlerinin çok daha geniş alanlara yayılmasına bağlı olarak, katı yüzeylerden daha çok enerji almaktadırlar. Dolayısıyla kara yüzeyleri ve deniz yüzeylerinin ısı kapasiteleri birbirinden farklı olmaktadır.

Farklı ısı kapasiteleri bulunan yüzeylerin, enerjiyi elde ettikten ve/veya enerji kaynağı ortadan kalktıktan sonra (güneş battıktan sonra) çevrelerine vermeleri (ısı

değişimi) hava koşullarını etkileyen bir diğer önemli süreçtir. Isı transferi sıcak cisimden soğuk cisme doğru gerçekleşmektedir.

Çabuk ısınan doğal malzemeden (toprak, bitki örtüsü, su kütleleri) oluşan yüzeylerin, aynı enerji miktarıyla daha geç ve daha çok ısınan yapay malzemeden daha farklı termal koşullar ortaya çıkardığı bilinmektedir (Tablo 6).

Tablo 6. Belli başlı cisimlerin termal iletkenliği. (Schroeder'den, (2000: 49) değiştirilerek.

Materyal	Termal iletkenlik	Termal iletkenlik
	(cal/sec)/(cm ² C/cm)	(W/m K)
Demir	0,163	79,5
Çelik	...	50,2
Buz	0,005	1,6
Cam, normal	0,0025	0,8
Beton	0,002	0,8
Su 20°C	0,0014	0,6
Asbest	0,0004	0,08
Kar (kuru)	0,00026	...
Fiberglas	0,00015	0,04
Tuğla, yalıtımlı	...	0,15
Tuğla, kırmızı	...	0,6
Mantar Pano	0,00011	0,04
Yün Keçe	0,0001	0,04
Taş Yünü	...	0,04
Ahşap	0,0001	0,12-0,04
0°C Hava	0,000057	0,024

Güneşten gelen enerji nasıl direkt güneşlenme süreleriyle ilgili ise yüzeylerin ısı kapasitesi de güneşten gelen enerjinin sıfır olduğu zaman diliminde termal koşulların şekillenmesi açısından önemlidir. Güneş battıktan sonra ortaya çıkan termal algılamaları şekillendiren temel faktörlerden biri yüzeylerin termal iletkenliği

ve ısı transfer oranlarıdır.

2.1.4.3. Atmosferin ısı tutma kapasitesi

Biyoklimatik koşulların şekillenmesinde en önemli etkenlerden bir diğeri atmosferin yüzeylerden transfer edilen ısıyı tutma kapasitesidir. Atmosferin ısı tutma kapasitesi ve hava olayları arasında birebir bir ilişki bulunmaktadır. Yeryüzünde bir birinden farklı hava olaylarının görülmesinin temel gerekçesi de atmosferin varlığıdır. Atmosferin niteliğini etkileyen faktörleri üç başlık altında değerlendirmek olasıdır.

1. Atmosferin kalınlığı
2. Atmosferin bileşimi
3. Atmosferin hareketliliği

Atmosfer %70 oranında yüzeylerden, %30 oranında direk güneşten gelen enerjiyle ısınmaktadır (Şekil 1). Gerek güneşten gelen enerji miktarındaki farklılıklar gerek yüzeylerden transfer edilen enerjinin değişimi daha önce aktarılmıştır.

2.1.4.3.1. Atmosferin kalınlığı

Atmosfer kalınlığı temelde atmosferin yoğunluğunu etkilemektedir. Güneşten gelen enerjinin yüzeylere ulaşmasında, ışınların yansıtılması ya da soğurulması bakımından atmosfer kalınlığının negatif bir etkisi vardır. Bunun tersine, yüzeylerden gelen ısıнын tutulması açısından kalın atmosfer olumlu bir etkiye sahiptir. Atmosfer kalınlığının enerji transferi üzerindeki etkisini insanların kıyafetlerine benzetmek mümkündür. Atmosfer ne kadar kalın ise yüzeylerden gelen ısıyı o kadar tutuyor demektir. Kalın olan atmosferde gazların daha yoğun bulunduğu, ince atmosferin

yoğunluğunun daha az olduğu anlaşılmaktadır. Atmosfer sütunun kalınlığı belirleyen temel üç faktör yükselti, yerçekimi ve basınçtır.

2.1.4.3.2. Atmosferin kimyasal bileşimi

Atmosferin ısı tutma özelliğini belirleyen önemli bir diğer unsur kimyasal bileşimidir. Atmosferde bulunan bütün gazlar ısı tutma özelliğine sahip değildir. Isı tutma yeteneği olan gazlara ‘sera gazı’ denilmektedir. Moleküler yapılarından dolayı ısı tutan bu gazların atmosfer bileşimi içindeki oranları ve atmosferin radyasyon bütçesine katkıları Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Önemli sera gazlarının atmosferdeki oranları ve atmosferin radyasyon bütçesine katkıları (Houghton vd.’den (2001: 26) değiştirilerek).

Sera Gazı	Atmosferdeki oranı	Radyasyon bütçesi içindeki payı
Su buharı (H_2O)	Tüm atmosfer göz önünde bulundurulduğunda ~%0,4; yüzeye yakın alanlarda %1-4 arasında değişmektedir.	%36-72
Karbondioksit (CO_2)	390 ppm (%0,039)	%9-26
Metan (CH_4)	1,79 ppm (%0,000179)	%4-9
Ozon	0,0-0,07 ppm	%3-7

Uzun dalga boyunda salınan radyasyonun tutulması ve yeniden yeryüzüne gönderilmesi şeklinde gelişen sera etkisi Dünya’daki iklim koşullarını belirleyen en önemli faktördür. Bu etkinin olmadığı gezegenlerde gündüzleri yakıcı sıcaklar ortaya çıkarken geceleri dondurucu soğuklar ölçülmektedir. Dünya’nın nispeten daha dengeli termal koşullara sahip olmasının başlıca nedeni sera gazlarıdır. Dolayısıyla atmosfer katmanının içindeki sera gazlarının oranı ısı tutma ve ısı transferi kapasitesini şekillendiren en önemli kontrollerden biridir.

Sera gazları içinde ısı tutma kapasitesi en düşük olanı su buharıdır (H_2O).

Buna rağmen atmosferde en fazla bulunan ve atmosfer içindeki oranı en fazla oynayan sera gazı da su buharıdır. Bir alandaki su buharını oranını (nemliliği) belirleyen temel iki faktör bulunmaktadır. Bunlardan ilki denizellik, ikincisi adveksiyondur.

Atmosferdeki nem oranını belirleyen ana faktör denizelliğidir. Deniz etkisinin izlenebildiği alanlarda atmosferde tutulan ısı miktarı daha fazladır. Güneşten gelen ve yüzeylerden transfer edilen enerji nemli atmosferde görece daha uzun süreler tutulabilmektedir. Bunun sonucunda denizel alanlarda karasal alanlara göre minimum ve maksimum sıcaklıklar arasındaki farklar görece daha azdır.

Atmosferdeki nem oranını etkileyen diğer bir olay adveksiyona bağlı olarak yüzeylerin üzerine nemli havanın gelmesidir. Bunun tam tersi de geçerlidir. Atmosferdeki nem oranları havanın yatay hareketlerinden dolayı değişebilmektedir. Bu duruma denizellik etkisinin kara içlerine kadar sokulması da denilebilir.

Atmosferdeki sera gazı miktarını etkileyen en önemli unsurlardan bir diğeri antropojen etkilerdir. İnsan faaliyetleri sonucu atmosferdeki sera gazı oranları artabilmektedir. Özellikle sanayi faaliyetleri sonucu açığa çıkan karbon, hayvancılığın gelişmesiyle artan metan bu durumun örnekleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Yine insan faaliyetleri sonucu atmosfere bırakılan emisyonların yoğunlaşma çekirdekleri oluşturarak daha fazla nemin atmosferde tutulmasına neden olduğu gözlenmektedir. Yoğuşma çekirdeğinin fazla olması gaz halinde olmasa da suyun başka bir fazında bulunan bulutların oluşumuna etki etmesidir. Yüzeylerden salınan radyasyonun bir kısmı bulutlar tarafından tutulmaktadır. Bulut oluşumu açısından havadaki toz ve emisyon miktarı belirleyicidir. Şehirlerde bulut taban

yükseltilerinin daha düşük olmasının başlıca gerekçelerinden biri kırsal alanlara nazaran atmosferdeki toz ve emisyon miktarının daha fazla olmasıdır.

2.1.4.3.3. Atmosferin hareketliliği

Atmosferin ısı tutma kapasitesini belirleyen önemli faktörlerden biri de gerek yatay gerek dikey hareketlerdir. Adveksiyon ve konveksiyon atmosferin ısı tutma ve ısı transferi süreçlerini belirleyen başlıca olgulardır.

Havanın dikey hareketi ve ısınma birbirini tetikleyen, birbirini doğuran iki süreçtir. Isınan hava içindeki moleküller hızlanarak birbirinden ayrılarak yarılr ve hava kütlesi genişir. Genleşen hava hafifleyerek yükselir. Yükselen hava ısı kaybeder ve havanın ısı tutma kapasitesini azaltır. Soğuyan hava ise sıkılaşarak ağırlaşır ve alçalıcı hareket içine girer. Alçaldıkça ısınan hava atmosferin ısı tutma kapasitesini artırır. Atmosferin sürekli hareketli olmasının temel gerekçesi birbirini tetikleyen, birbirini doğuran bu tip süreçlerdir.

Atmosferdeki yatay hava hareketleri çok daha karmaşıktır. Hareket eden hava üzerinden geçtiği yüzeyin niteliğine bağılı olarak değışik etkilenmeler ortaya çıkabilmektedir. Buna rağmen genel hatlarıyla yatay hava hareketleri daha sıcak bir bölgeden geliyorsa sıcak, daha soğuk bir bölgeden geliyorsa soğuk etki yapmaktadır. Bunun yanı sıra atmosferdeki nem içeriğinin değıştirerek ısınma süreçlerini etkileyebilmektedir.

2.1.4.4. Atmosfere dışardan gelen etkiler

Atmosferin ısı tutma kapasitesini etkileyen bir diğer unsur kendi içindeki etkileşimlerdir. Yüzeylerden salınan ısı ya da güneşten gelen enerji aynı miktarda olmasına rağmen dışardan gelen etkiler hava koşulların çok farklı seyretmesine neden olabilmektedir. Basınç, rüzgâr, yağış ve sıcaklık farklılıklarına bağlı olarak atmosferin ısı tutma kapasitesi değişmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde uzak bağlantıların (teleconnections) hava koşulları üzerindeki etkileri ile ısı tutma kapasitesinin birebir ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Uzak bağlantı paterni terimi, birbirine komşu ya da komşu olmayan iki veya daha fazla alan arasında tekrarlanan ve süregelen sirkülasyon anomalilerinin istatistiksel olarak pozitif-negatif korelasyonunu ifade etmektedir. Uzak bağlantı ilk kez 1935 yılında, Angstorm tarafından atmosfer salınımlarının paterni kapsamında kullanılmıştır. Daha sonra Bjerknes, yeryüzü iklimini etkileyen atmosferik paternleri açıklayabilmek için kullanmış, 1990'lı yıllardan itibaren istatistiksel yöntemler, alansal analiz yardımıyla uzak bağlantı paternleri ve küresel basınç anomalilerinin açıklanmasında kullanılır hale gelmiştir (Barry ve Carleton, 2001). Uzak bağlantı paternleri, coğrafi olarak sabit hareket merkezleri (kutupları) olan atmosferik sirkülasyonların düşük-frekanslı (veya uzun dönemli) bir tarzda doğal olarak değişimiyle de meydana gelebilmektedir (Hatzaki vd., 2007).

İklim koşullarını ve bunun beraberinde termal algılamaları etkileyen çevresel etkilerden biri okyanus-deniz akıntılarıdır. Yüzeyin yılın her döneminde soğuk olduğu kutup daireleri üzerinde atmosfere görece daha az enerji iletilmesi yanı sıra soğuk su akıntıları oluşmaktadır. Bu akıntıların ulaştığı daha sıcak alanlara serinletici bir etkisi olmaktadır. Bu durumun tersi sürekli sıcak olan alanlar ve sıcak su

akıntılarının ulaştığı alanlarda ortaya çıkmaktadır.

Uzak bağlantılar ve okyanus-deniz akıntıları dışında yerçekilleri, bir diğer deyişle yeryüzünün kabartısı da hava olayları üzerinde etkili olabilmektedir. Yükseltiye bağlı olarak atmosfer kalınlığının değişmesi yanı sıra farklı bakıya sahip alanların gün içinde farklı zamanlarda ısınma ve soğumaları da termal konfor koşullarını etkileyen bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Bakının dışında farklı kanal-olukların oluşmasına bağlı olarak, hava hareketlerinin belli alanlara kanalize olması soğumayı etkilemektedir. Topografyadaki değişmeler hava hareketliliğini yönlendirerek nem içeriği de değiştirebilmekte, dolayısıyla ısı tutma kapasitesi de değişmektedir. Bunun tipik örneği orografik yağışlarda görülmektedir.

2.1.5. Şehir iklimi

İnsanlığın dünya üzerinde yaptığı en büyük değişiklik ve en kalıcı etki yerleşmelerdir. Günümüzde dünya nüfusunun yarısından fazlası (%50,46'sı) şehirlerde yaşamaktadır (Birleşmiş Milletler, 2009). Şehirlerin, kendilerini çevreleyen kırsal alanlardan farklı hava koşullarına sahip olduğu 1833'ten beri bilinmektedir. Londra'nın İklimi isimli çalışmasında Howard (1833) Londra'nın çevresindeki kırsal alanlara nazaran daha sıcak olduğunu ortaya koymuştur. İnsanlar şehirleri inşa ettiklerinde bir alandaki doğal koşulları ortadan kaldırarak yeni çevresel koşullar oluşturmaktadırlar. Güneşten gelen enerji miktarını, yüzeylerin ve atmosferin ısı tutma kapasitesini değiştirmektedir. Bir alandaki iklimi belirleyen temel üç faktörün değişimi sonucunda iklimin de değişmesi gündeme gelmektedir. Tablo 8'de; orta kuşakta bulunan 1 milyon civarında insanın yaşadığı şehirlerde kırsal alanlarından farklı çevresel koşulları ve bunların ortalama büyüklükleri verilmektedir. Tablo 9'da ise şehirlerin oluşumuyla ortaya çıkan fiziksel değişimlerin

atmosferik koşullara ya da meteorolojik değişkenlere yaptıkları değişimler ortaya konulmaktadır.

Tablo 8. Orta kuşakta, bir milyon nüfusu olan şehirlerin çevresel ve atmosferik koşullarının kırsal alanlarıyla karşılaştırılması (Oke , 1997: 275).

Özellik	Değişim	Tipik büyüklükler
Engebe yüksekliği	Daha yüksek	Kırsal: 0.01–0.5 m Banliyö: 0.6–1.0 m; şehir: 1.5–2.5 m
Albedo	Daha az	Kırsal: 0.12–0.20 Banliyö: 0.15; şehir: 0.14
Emisyon	Daha büyük?	Kırsal: 0.92–0.98; şehir: 0.94–0.96
Termal depolama	Daha fazla	Kırsal: 600–2000; Banliyö: 800–1700, Şehir: 1200–2100 J m ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹
Antropojenik ısı	Daha fazla	Kırsal: yok; Banliyö: 15–50 W m ⁻² Şehir: 50–100 W m ⁻² (kışın 250 W m ⁻²)
Yoğunlaşma çekirdeği		
Aitken (Yoğunlaşma çekirdeği)	Daha fazla	Kırsal: 10 ² –10 ³ ; şehir: 10 ⁴ –10 ⁶ cm ⁻³
Bulut	Daha fazla	Kırsal: 2–5×10 ² ; şehir: 10 ³ –10 ⁴ cm ⁻³

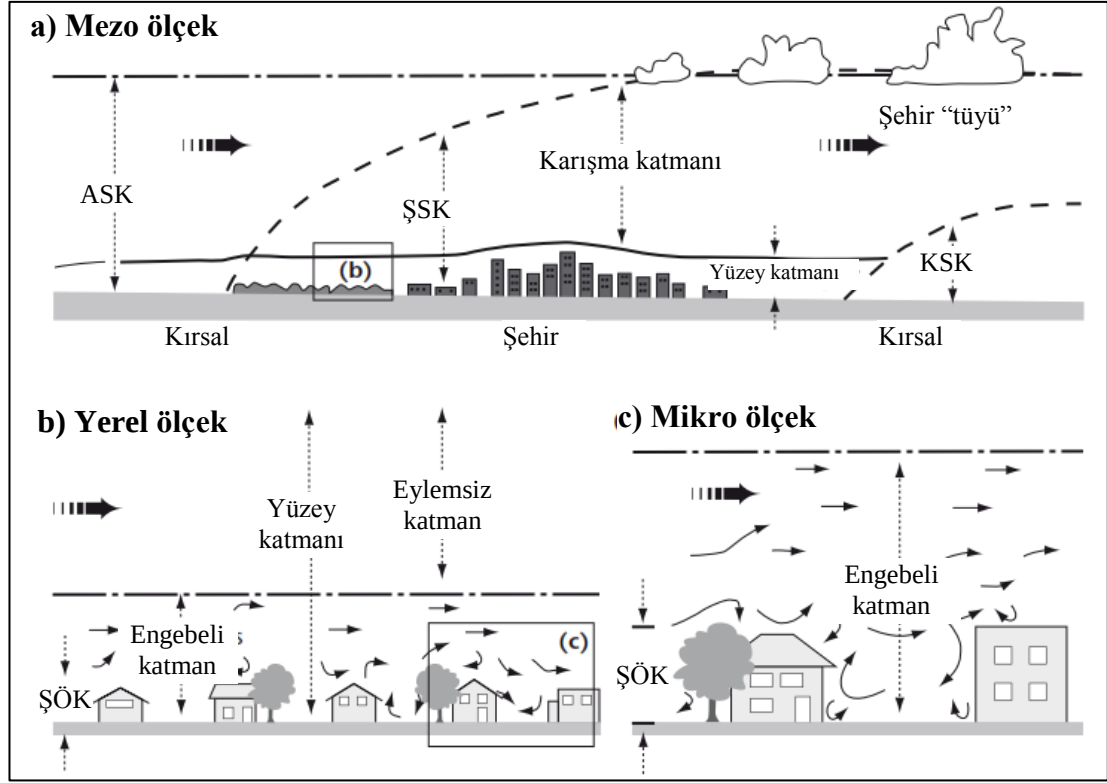
Tablo 9. Orta kuşakta, bir milyon nüfusu olan şehirlerde şehir ikliminin etkileri (Oke, 1997: 275).

Değişken	Değişim	Değişimin büyüklüğü ya da yorumu
Türbülans şiddeti	Artar	10–50%
Rüzgâr hızı	Azalır	5–30 % at 10 m
	Artar	Isı adası oluşumuyla akış yavaşlar
Rüzgâr yönü	Değişir	1–10°
Hortumlar	Daha az görülür	
UV radyasyonu	Azalır	25–90 %
Güneş radyasyonu	Azalır	1–25 %
Kızılötesi girdisi	Artar	5–40 %
Görüş mesafesi	Kısalır	
Buharlaşma	Azalır	50% civarı
Konvektif ısı akısı	Artar	50 % civarı
Isı depolama	Artar	200 % civarı
Hava sıcaklığı	Artar	100 yılda 1–3°C; yıl içinde 1–3°C'den 12°C'ye kadar ortalama artış görülebilir.
Nem	Daha kurak	Yaz gündüzleri
	Daha nemli	Yaz geceleri ve kışın gün boyunca
Bulutluluk	Daha fazla pus	Şehrin içinde ve rüzgârın estiği bölgelerinde
	Daha fazla bulut	Özellikle şehrin rüzgârlı kesimlerinde
Sis	Artar ya da azalır	Aerosol ve çevresine bağlı olarak değişir.
Yağış:	Azalır	Bazen yağmura dönüşür
kar	Artar?	Şehir içine değil şehrin rüzgârlı kesimine
toplam		
Gök gürültüsü	Artar	

Şehirlerin kuruluşuyla birlikte doğal orandaki farklılaşmaları enerji transferindeki değişimler, termal koşullardaki değişimler, nem koşullarındaki

değişimler (buharlaşıma, yağış, yüzeysel akış) ve hava sirkülasyon sistemlerinin değişimlerini olarak özetlemek mümkündür (Oke, 1981). Bu değişimlerin yanında hava kirliliği, antropojenik ısı, yüzeylerin geçirgen olmaması, yüzeylerde kullanılan malzemelerin termal özellikleri ve yüzey geometrisi değişmektedir (Oke, 1981). Şehirleşmeye bağlı olarak değişen koşulların neden olduğu iklimsel değişimlerin şehirle ilgili diğer ayrıntılar tarafından da şekillendirildiği anlaşılmaktadır. Bunlar şehrin kurulu olduğu alanın özellikleri, rölyef, çevresindeki su kütlelerinin özellikleri, şehrin büyüklüğü, nüfus yoğunluğu, arazi kullanım özellikleridir. Her bir şehrin kendine has özellikleri bulunması yanı sıra şehir ikliminin farklı ölçeklerde ele alınması gerekliliği de şehirleşmenin termal koşullara etkisini değerlendirmede önemlidir. Şehir ikliminin analizinde önemli iki kavram Şehir Sınır Katmanı (ŞSK) ve Şehir Örtü Katmanıdır (ŞÖK). ŞSK şehirlerde çatı seviyesinden başlayarak atmosferde şehir etkisinin yok olduğu yükseltiye (1-1,5 km) kadar olan katmandır. ŞÖK ise şehirde binaların oturduğu zemini ve çatı seviyesi arasındaki katman olarak değerlendirilmektedir (Şekil 2). Şehirlerin her birinin kendine özgü olmasından kaynaklı olarak şehir ikliminin termal konfor koşullarına etkisinin kesin ayrıntılarla açıklamak olası değildir. Her şehrin kendine özgü olarak yarattığı hava koşullarının belirlenmesinin yanı sıra şehirleşmenin iklim üzerindeki etkilerinin ana hatlarıyla ortaya konması gerekmektedir (Tablo 9).

Fiziksel ve beşeri özelliklerine bakılmaksızın bütün şehirler çevrelerinden daha farklı ısınma-soğuma süreçlerine sahiptir. Şehirlerin çevrelerine göre farklı termal koşullara sahip olmasından dolayı ortaya çıkan en önemli fenomenlerden biri şehir ısı adasıdır (ŞIA). ŞIA'nın belli başlı oluşum nedenleri Tablo 10'da verilmiştir.



Şekil 2. Şehirleşmenin etkisiyle değişen atmosferik koşulların idealize dikey yapısı. (a) şehrin tamamı (mezo ölçek) ve yakın çevresiyle birlikte şehir "domunun" da gösterimi, ASK, atmosferik sınır katmanı, KSK, kırsal sınır katmanı (b) sabit bir bölgesel hava akışı sırasında ortaya çıkan şehir "kuyruğunun" gösterimi (c) şehrsel arazi kullanıma sahip bir alandaki (lokal ölçek) şehrsel örtü katmanının (ŞÖK) iç yapısının ve şehrsel sınır katmanının (ŞSK) alçak bölümünün gösterimi (d) Şehir kanyonu (mikro ölçek) ve bina elemanları (Oke 1998:2).

Tablo 10. Şehir ısı adasına neden olan belli başlı faktörler (Oke'den, 1979: 275 akt. Brazel ve Quattrochi, 2005: 768)

1. Şehir Sınır Katmanı
1.1. Çatı ve bacalardan yayılan antropojenik ısı
1.2. Havanın daha sıcak bir örtü katmanı üzerinden geçmesi
1.3. Konveksiyonla sabit hava katmanına ısı aktarılması
1.4. Kirli havanın içindeki kısa dalga radyasyon akışının fazlalaşması
2. Şehrsel Örtü Katmanı
2.1. Bina yan duvarlarından yayılan antropojenik ısı
2.2. Kanyon geometrisine bağlı olarak artan kısa dalga emilimi
2.3. Kanyon geometrisinden kaynaklı olarak gökyüzü görüş faktörünün küçülmesi nedeniyle net uzun dalga radyasyon kaybı azalması
2.4. Yapı malzemelerinin termal özelliklerinden dolayı gündüz süresince daha fazla ısı depolanması (ve gece depolanan ısınn salınımı)
2.5. Bitki örtüsünün bulanmaması ve yüzeyin geçirgen olmamasına bağlı olarak azalan buharlaşmanın sonucunda hissedilen ısı akışının daha fazla olması
2.6. Örtü içinde rüzgâr hızının azalması nedeniyle hissedilebilir ısı akışının artması

ŞIA'nın şiddeti, genişliği (alansal dağılımı), yönelimi (oryantasyonu) ve süresini etkileyen faktörleri şehrin büyüklüğü, morfolojisi, arazi kullanımı ve coğrafi özellikleri (rölyef, yükselti, bölgesel iklim koşulları) olarak sıralamak olasıdır. ŞIA şiddeti ve şehrin nüfusu arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır, nüfus başlı başına bir gösterge olmamasına rağmen ŞIA ile güçlü bir korelasyona sahiptir (Oke, 1981).

Şehirlerin neden olduğu hava kirliliği (emisyon, partikül ve tozlar) güneşten gelen kısa dalga radyasyonunun atmosfer tarafından yansıtılmasına veya soğurulmasına neden olmaktadır. Ayrıca şehirlerde kullanılan malzemenin termal özellikleri (albedo ve ısı depolama kapasitesi) kırsal-doğal malzemeden daha farklı olduğu için daha geç ısındığı gözlenmektedir. Yüzeylerin geçirimsiz olması, atmosfere buharlaşma yoluyla gizli ısı transferini de engellemekte dolayısıyla ısınma gecikmektedir. Şehirlerde kanyonlardan kaynaklanan yüzey alanının fazla olması kısa ve uzun dalga radyasyonun ŞÖK içinde çok daha fazla transfer edilmesine neden olmakta, soğuma gecikmektedir. Kısa dalga radyasyonun yansıtılmasına neden olan hava kirliliği uzun dalga radyasyonun daha fazla transfer edilmesine neden olmakta bu durum şehirlerin kırlardan daha sıcak bir ada halini almasını sağlamaktadır. Dolayısıyla gün doğumundan belli bir süre sonra şehirlerin üzerinde soğuk ısı adası, gün içinde belli bir aşamadan sonra ise sıcak ısı adası olduğu gözlenmektedir. Termal konfor koşullarının genellikle şehirlerde çok daha yüksek değerlere sahip olmasının temel gerekçesi şehirlerin kırlardan daha sıcak ve kuru hava koşullarına sahip olmasıdır.

2.2. Kuramsal Tartışma

Türkiye'nin biyoklimatik koşullarının analizi ve şehirleşmenin biyoklimatik koşullara etkisinin Ankara ölçeğinde incelenmesi konulu bu tezde benimsenen bilimsel yaklaşım, gerek kuramsal gerekse de deneysel (ampirik) yöntemlerin uygun bir bileşimidir. Biyoklimatolojik koşulları oluşturan hava olayları ve iklim değişkenlerinin analizi, mümkün olduğu kadar bu yaklaşım göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir.

2.3. Araştırma Sorunları

Araştırma sorunları şu şekilde sıralanabilir:

- a) Türkiye'deki biyoklimatik koşullar aylara göre nasıl dağılmaktadır?
- b) Türkiye'deki biyoklimatik koşullar mevsimlere göre nasıl dağılmaktadır?
- c) Türkiye'de en uygun biyoklimatik koşullar nerelerde ve ne zamanlar oluşmaktadır?
- d) Ankara'da biyoklimatik koşulları şekillendiren temel faktörler nelerdir?
- e) Ankara'da biyoklimatik koşullar zaman içinde nasıl değişmektedir?

2.4. Araştırma Hipotezleri

- a) Türkiye'nin biyoklimatik koşulları, lokasyonların enlem, yükselti, denizellik değerlerine ve arazi kullanım özelliklerine göre şekillenmektedir.
- b) Kentlerdeki biyoklimatik koşullar, doğal faktörler ve yanı sıra antropojenik etkilerle kırsal alanlardaki biyoklimatik koşullardan farklılaşmaktadır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Meteorolojik veriler

Türkiye'nin biyoklimatolojik koşullarının analizi, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne ait toplam 69 istasyonda 1975-2008 yılları arasında kaydedilen veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Meteorolojik eğilimlerin geçerli, güvenilir ortalamalarından bahsedebilmek için en az otuz yıllık veri gerekmektedir. Çalışmada kullanılan otuz dört yıllık zaman aralığı iklimsel koşullarının analizi için yeterlidir. 1975-2008 zaman aralığının tercih edilmesinin bir diğer gerekçesi de istasyonların ölçüm kalibrasyonunun ve veri güvenilirliğinin 1975 yılından sonra daha sağlıklı olmasıdır. Tablo 11'de çalışmada kullanılan istasyonların genel bilgileri verilmektedir. Termal algılama hesaplamalarında saat 07:00, 14:00, 21:00 ve aylık ortalama hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, küresel solar radyasyon, bulutluluk ve nispi nem verileri kullanılmıştır (Şekil 3).

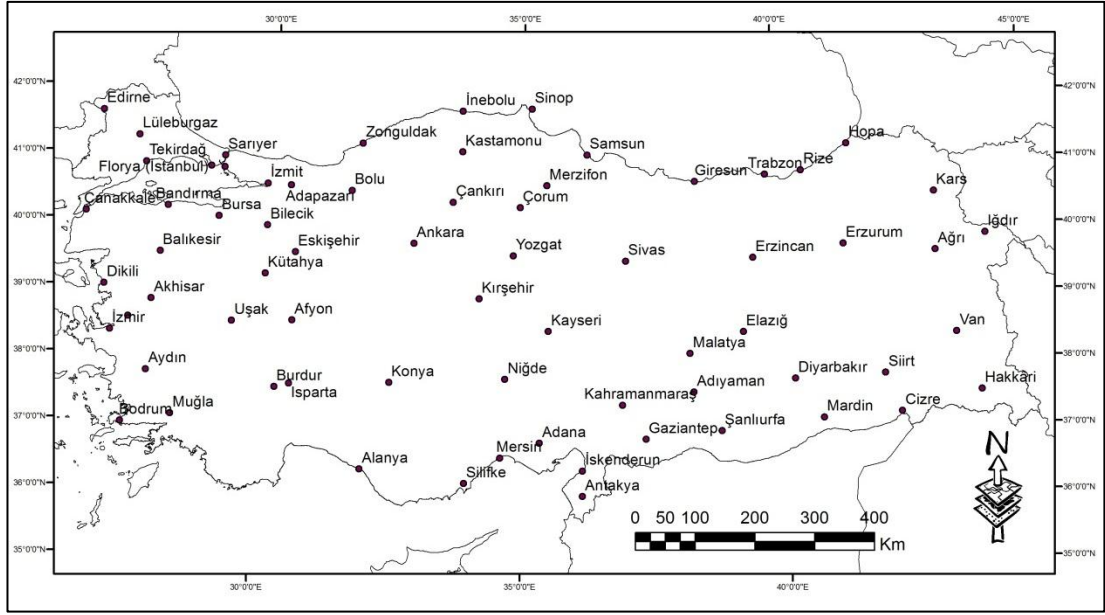
Ankara'da şehirleşmenin biyoklimatolojik koşullara etkisinin değerlendirilmesi için 6 istasyonun 2001-2010 yılları arasında kaydettiği veriler kullanılmıştır. Ankara şehir iklimi ve özellikle şehir ısı adasının analizi için 2001 yılından beri ölçüm kaydeden bu istasyonlar Ankara Ovası'nda farklı arazi kullanıma sahip lokasyonlara kurulmuştur. On yıllık zaman aralığı ortalamalar bakımından yeterli olmasa da karşılaştırma yapmak için geçerli ve güvenilirlerdir. Benzer coğrafi koşullara ama farklı arazi dokusuna sahip istasyonlarda ölçülen saat 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00 ve 21:00 hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, küresel solar radyasyon ve nispi nem verileri kullanılmıştır (Şekil 4).

Tablo 11. Türkiye'nin biyoklimatolojik koşullarının analizi için kullanılan meteoroloji istasyonları.

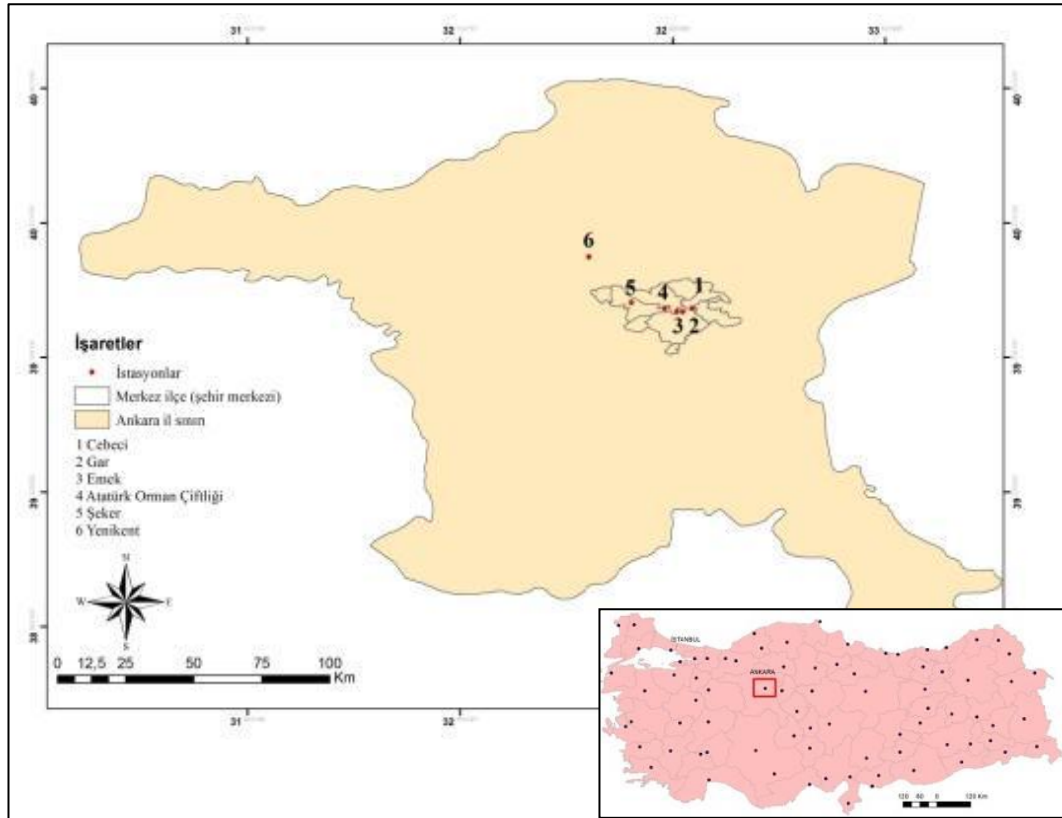
İstasyon Adı	Boylam (° ve ')	Enlem (° ve ')	Yükselti (m)	Denize Uzaklık (km)	Ölçüm dönemi
Adana	35,20	37,00	20	38,002931	1975-2008
Adapazarı	30,25	40,47	31	38,481653	1975-2008
Adıyaman	38,17	37,45	672	213,258386	1975-2008
Afyon	30,32	38,45	1034	206,148161	1975-2008
Ağrı	43,03	39,43	1631	231,045321	1975-2008
Akhisar	27,51	38,55	93	65,974557	1975-2008
Alanya	32,30	36,33	7	0,406833	1975-2008
Ankara	32,53	39,57	881	182,678456	1975-2008
Antakya	36,10	36,12	100	22,637683	1975-2008
Aydın	29,51	37,51	56	50,124275	1975-2008
Balıkesir	27,53	39,38	102	76,280157	1975-1998
Bandırma	27,58	40,22	58	3,433339	1975-2008
Bilecik	29,59	40,09	539	63,580866	1975-2008
Bodrum	27,26	37,03	27	0,662319	1975-2008
Bolu	31,31	40,44	742	49,722873	1975-2008
Burdur	30,17	37,43	967	99,145816	1975-2008
Bursa	29,04	40,11	100	13,922540	1975-2008
Cizre	42,11	37,19	400	434,315090	1975-2008
Çanakkale	26,25	40,09	6	0,303280	1975-2008
Çankırı	33,37	40,36	751	151,686126	1975-2008
Çorum	34,57	40,33	776	130,022147	1975-2008
Dikili	26,58	39,04	3	0,714770	1975-2008
Diyarbakır	40,14	37,54	677	333,631246	1975-2008
Edirne	26,34	41,40	51	104,588448	1975-2008
Elazığ	39,14	38,40	991	260,184949	1975-2008
Erzincan	39,30	39,45	1218	137,406242	1975-2008
Erzurum	41,10	39,57	1757	138,820148	1975-2008
Eskişehir	30,33	39,46	802	118,007232	1975-2008
Florya (İstanbul)	28,45	40,59	36	0,961405	1975-2008
Gaziantep	37,23	37,04	855	106,792535	1975-2008
Giresun	38,24	40,55	38	0,148759	1975-2008
Göztepe (İstanbul)	29,05	40,58	33	1,037500	1975-2008
Hakkâri	43,44	37,35	1728	465,619269	1975-2008
Hopa	41,26	41,24	33	0,399821	1975-2008
Iğdır	44,03	39,55	858	274,932328	1975-2008

Tablo 11.'in devamı.

İsparta	30,33	37,46	997	100,407327	1975-2008
İnebolu	33,46	41,59	64	0,716419	1975-2008
İskenderun	36,10	36,35	35	0,425296	1975-2008
İzmir	27,10	38,26	25	0,148149	1975-2008
İzmit	29,56	40,47	76	1,414119	1975-2008
Kahramanmaraş	36,56	37,36	572	104,741437	1975-2008
Kars	43,06	40,37	1775	165,009442	1975-2008
Kastamonu	33,47	41,22	800	66,362891	1975-2008
Kayseri	35,29	38,44	1093	200,318279	1975-2008
Kırşehir	34,10	39,09	1007	265,879330	1975-2008
Konya	32,29	37,52	1031	151,365772	1975-2008
Kütahya	29,58	39,25	969	131,808958	1975-2008
Lüleburgaz	27,21	41,24	46	45,370630	1975-2008
Malatya	38,19	38,21	898	245,666425	1975-2008
Manisa	27,26	38,37	71	27,211915	1975-2008
Mardin	40,44	37,18	1080	403,552594	1975-2008
Mersin	34,36	36,48	3	0,252825	1975-2008
Merzifon	35,20	40,52	759	83,827642	1975-2008
Muğla	28,22	37,13	646	17,777337	1975-2008
Niğde	34,41	37,58	1211	127,809681	1975-2008
Rize	40,31	41,02	4	0,210481	1975-2008
Samsun	36,18	41,17	4	0,251548	1975-2008
Sarıyer	29,03	41,10	58	0,260162	1975-2008
Siirt	41,57	37,55	896	364,356308	1975-2008
Silifke	33,56	36,23	15	8,763280	1975-2008
Sinop	35,10	42,01	32	0,175445	1975-2008
Sivas	37,01	39,45	1285	148,795985	1975-2008
Şanlıurfa	38,46	37,08	547	233,504648	1975-2008
Tekirdağ	27,33	40,59	4	0,365892	1975-2008
Trabzon	39,43	41,00	30	0,262189	1975-2005
Uşak	29,24	38,41	919	190,173448	1975-2008
Van	43,23	38,30	1671	362,326888	1975-2008
Yozgat	34,48	39,49	1298	207,765227	1975-2008
Zonguldak	31,48	41,27	137	0,423903	1975-2008



Şekil 3. Türkiye'nin biyoklimatolojik koşullarının analizi için seçilen istasyonlar.



Şekil 4. Ankara şehir merkezinin biyoklimatik koşullarının analizi için kullanılan istasyonların alansal dağılımı.

3.2. Yöntem

3.2.1. Termal konfor dizini

İnsanların çevrelerindeki meteorolojik değişkenlere verdikleri tepkilerin anlaşılması bağlamında biyoklimatik koşulların somut şekilde açıklanabilmesi için termal dizinlerin gerekliliği çok uzun yıllardan beri bilinmektedir (Landsberg, 1972). Büttner (1938) iklimin insanlar üzerindeki etkilerinin anlaşılması için termal koşulların insan ısı dengesi üzerindeki etkilerinin anlaşılmasının zorunlu olduğunu vurgulamıştır. Termal konfor terimi, insanın çevresindeki ortamdan memnuniyetini ifade etmektedir. Bu tip ortamlarda insan metabolizması tarafından üretilen ısıнын dağılması için uygun koşullar bulunmaktadır; dolayısıyla insan ile onu çevreleyen ortam arasında termal denge sağlanmış demektir (ISO, 2002; ASHREA, 2004). Bu çalışmada kullanılan Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık Dizini (FES), temelde Münih Bireysel Enerji Denge Modeline (MEMI) (VDI, 1998) ve Gagge'nin iki-nodlu modeline (Gagge vd., 1971) dayanmaktadır. Açık alanlardaki meteorolojik koşullar insan ısı dengesi göz önünde bulundurularak hesaplanmaktadır. Ayakta duran, 80W'lık bir aktivitesi bulunan, kıyafetlerinin ısı direnci 0.9 clo olan, 35 yaşında, 175 cm boyunda bir erkeğin açık havada karşılaştığı koşullar, tipik bir kapalı mekândaki 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 m/s'dir

- Su buharı basıncı 12 hPa'dır ($T_a = 20^{\circ}\text{C}$ ve nispi nem %50 olduğundaki su buharı basıncı).

Bu çalışmada FES dizinin tercih edilmesinin temel gerekçelerinden biri meteorolojik parametreler dışında insan ısı dengesine dair değişkenleri de hesaplamalarına dâhil etmesidir. Dolayısıyla çevresel koşullara insan termoregülatörlerin verdiği tepkileri de termal konfor koşullarına eklemek mümkün olmaktadır. Diğer birçok termal konfor dizininden farklı olarak sonuçlarını santigrat derece ($^{\circ}\text{C}$) cinsinden vermesidir. FES dizini ile elde edilen sonuçların insanlar tarafından anlaşılması ve kullanılması daha kolaydır. Bununla birlikte alansal, zamansal dağılımların karşılaştırılması ve istatistiki analizler için de $^{\circ}\text{C}$ cinsinden elde edilen termal algılamalar daha uygundur.

3.2.2. FES değerlerinin hesaplanması

FES değerlerinin hesaplanmasında anahtar faktör vücut ısı dengesidir. İnsanın bütün yaşamsal organları 37°C civarındaki bir sıcaklıkta çalışmak üzere adapte olmuşlardır. Vücut iç ısının 37°C 'de sabit tutulması durumuna homotermi denilmektedir. Vücudun homotermiyi korumasının çok çeşitli yolları bulunmaktadır. Bunlardan ilki periferel kan akışı hızıdır. İnsan sıcağa maruz kaldığında akış hızlanır, soğuğa maruz kaldığında akış yavaşlar. Periferel akış hızlandığında deri sıcaklığı artar ve deriden kaçan uzun dalga radyasyon oranını yükselir. Soğukta titreme, sıcakta terleme vücudun ısı dengesini koruma yolları olarak karşımıza çıkmaktadır (Landsberg, 1972). 37°C 'den daha düşük iç sıcaklık durumuna hipotermi, daha yüksek iç sıcaklığa hipertermi denilmektedir. Uzun süreli sıcaklık düşüşleri ve artışlarının ölümcül sonuçları olabilmektedir.

Gates (1963) termodinamiğin birinci kanunu kullanarak, insan vücudu ısı dengesini, Denk. 3 hesaplanabileceğini ortaya koymuştur. FES hesaplamaları da temelde vücut ısı dengesi denkleminde (Denk. 3) dayanmaktadır:

$$M + W + R + C + ED + ERe + ESw + S = 0 \quad (\text{Denk. 3})$$

M = metabolik oran (yiyeceklerin oksijenle yanması sonucu üretilen içsel enerji)
W = yapılan fiziksel işin yol açtığı enerji
R = vücudun net radyasyonu
C = konvektif (taşınımlı) ısı akışı
ED = deriden suyun buharlaşarak dağılması gizli ısı akışı (hissedilmeyen terleme)
ERe = solunan havanın ısıtılması ve nemlendirilmesi için kullanılan ısı akışının toplamı
ESW = terin buharlaşması yoluyla ısı akışı
S = vücut kütlelerinin ısıtılması ya da soğutulması amacıyla kullanılan ısı akışı.

Bu denklemde (Denk. 3) eğer vücut enerji artırıyor (alıyor, kazanıyor) bütün birimler pozitif, enerji kaybediyorsa negatif değerler alır (M her zaman pozitif, W, ED ve ESW her zaman negatiftir). Bütün ısı akışları için kullanılan birim Watt'tır. Bu denklemdeki ısı akışları doğrudan şu meteorolojik parametrelerle ilgilidir.

Hava Sıcaklığı:	C, ERE
Nemlilik:	ED, ERE, ESW
Rüzgar:	C, ESW
Ortalama Radyan Sıcaklık:	R

Denk. 3'deki bazı değişkenler ortalama giysi yüzey sıcaklığına, ortalama deri sıcaklığına veya terleme oranına bağlıdır. Bu ölçümlerin tamamı ortam tarafından etkilenmektedir. Fizyolojik terleme oranı ESW hesaplanmasının temelidir ve ayrıca iç ısı bir fonksiyondur. İç ısı hem ortam koşullarına hem de yapılan aktiviteden etkilenmektedir. Dolayısıyla Denk. 3'ü çözebilmek için bilinmeyen üç ölçümün/niceliğin daha saptanması gerekmektedir.

Giysilerin ortalama yüzey sıcaklığı (Tcl)

Ortalama deri sıcaklığı (Tsk)
İç sıcaklık (Tc)

Bu ölçümlerin gerçekleştirilmesi için Denk. 3'e iki denklem daha eklenmiştir.

Bunlar içeriden deriye doğru ısı akışını açıklayan Fcs (Denk. 4), deriden giysi katına ve giysi yüzeyine olan ısı akışını açıklayan Fsc, Denk. 5'dir.

$$F_{cs} = v_b \times p_b \times c_b \times (T_c - T_{sk}) \quad (\text{Denk. 4})$$

v_b: içerden deriye doğru kan akışının desteği (1 s¹ m², derinin seviyesine ve iç sıcaklığıyla ilişkilidir)

p_b: kan yoğunluğu (kg/l)

c_b: özgül ısı (WsK-1kg-1)

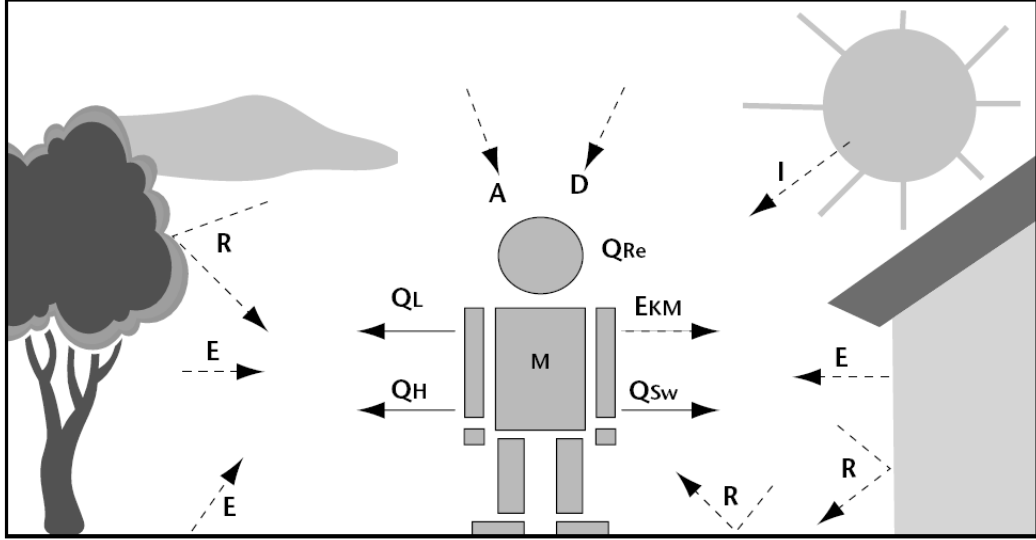
$$F_{cs} = \left(\frac{1}{I_{cl}}\right) \times (T_{sk} - T_{cl}) \quad (\text{Denk. 5})$$

I_{cl}: giysinin ısı direnci

Bu denklemler ve bazı termofizyolojik faktörlerin oluşturduğu sistem sayesinde verili iklim parametreleri, aktivite tipi ve giyim koşulları altında, ısı akışları, vücut sıcaklığı ve terleme oranıyla karakterize edilen insan vücudunun termal durumu hesaplanabilmektedir. Bu yüzden MEMI iklimin ısı bileşenleri açısından termofizyolojik açıdan da anlamlı olabilecek değerlendirmelerin temelini vermektedir. Bu modelin Gagge'nin iki nodlu modelinden en önemli farklılığı fizyolojik terleme oranının hesaplanmasıdır (Höppe, 1999).

Termal konfor koşullarının şekillenmesinde en önemli rolü oynayan süreçler insan vücudu ile ortam arasındaki ısı transferidir (Şekil 5). İnsanın çevresiyle olan ısı değişimi temel dört yoldan gerçekleşmektedir. Kondüksiyon (iletme), konveksiyon (taşıma), radyasyon (ışınım), gizli ısı transferi (buharlaşma). FES değerlerinin hesaplanmasında metabolik oranlarla birlikte hava sıcaklığı, nispi nem, rüzgâr hızı,

ortalama radyan sıcaklığı da bu ısı değişim oranlarının hesaplanması sırasında kullanılmaktadır.



Şekil 5. İnsan ve ısı değişimi. M = metabolik oran, I = Direk güneş ışıınımı, A = atmosferik uzun dalga radyasyonu, D = Difüz uzun dalga radyasyonu, R = yansıyan güneş radyasyonu (kısa dalga), E = zeminden uzun dalga yayılımı (emisyonu), Ekm = İnsan vücudunun yüzeyinden dağılan uzun dalga radyasyonu, Qh = hissedilen ısıнын türbülanslı değişimi, Qsw = terlemeyle gizli ısıнын türbülanslı değişimi, Ol = su buharı dağılmasıyla gizli ısıнын değişimi, Qre = solunum yoluyla ısı değişimi (hissedilebilir ve gizli).

Termal konfor koşullarının hesaplanmasında önemli ısı transfer şekillerinden biri kondüksiyondur (iletim). Kondüksiyon maddenin tamamının hareketi olmaksızın, sadece belli bir bölümündeki moleküler tahrik sonucu ısıнын taşınması (transferi) olayıdır. Kondüksiyon her zaman sıcaktan soğuğa doğru olur. Bunun gerekçesi ısınan bölümdeki parçacıkların daha hızlı hareket ederek yavaş parçacıklarla çarpışma sonucu enerjilerini transfer etmeleridir. Gerek çevre gerekse de insan vücudundaki kondüksiyon Denk. 6 kullanılarak hesaplanabilmektedir.

$$\frac{Q}{t} = \frac{K_A(T_{\text{sıcak}} - T_{\text{soğuk}})}{d} \quad (\text{Denk. 6})$$

Q = ısı değişimi

t = zaman
K = bariyerin termal iletkenliği
A = alan
T = sıcaklık
D = bariyerin kalınlığı

Konveksiyon (taşıma) ısıtılan bir akışkanın (su, hava, magma) ısı kaynağından uzaklaşmak için yaptığı kütsel hareket sonucu ısı taşıması olayıdır. Isınan havanın konveksiyon temel gerekçesi genleşmesi, yoğunluğunun azalması ve yükselmesidir. İdeal Gaz Kanununa göre basıncı artan bir havanın hacmi aynı oranda azalır (Denk 7).

$$P = \frac{M}{V} \quad (\text{Denk. 7})$$

P = basınç (paskal)
M = gazın mol sayısı (teorik olarak $8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$)
V = hacim

Bunun yanı sıra eğer eğer bir hava kütselinin sıcaklığı artarsa, aynı oranda hacminin de artması gerekmektedir (Denk. 8).

$$\frac{V}{T} = k \quad (\text{Denk. 8})$$

T = sıcaklık
k = sabit
dolayısıyla İdeal Gaz Kanununa göre sabit bir basınç altında;

$$\frac{V}{T} = \frac{nR}{P} = k \quad (\text{Denk. 9})$$

n = mol sayısı
R = evrensel gaz sabiti = 8.3145 J/mol K

Termal algılamaların hesaplanması için gerekli olan bir diğer ısı transfer yöntemi de radyasyondur (ışırma). Radyasyon en basit tanımıyla elektromanyetik

dalga veya parçacık yayan bir nesneden taşınan enerji aracılığıyla ısı transfer edilmesidir. Radyasyonun hesaplanmasında Denk. 10 kullanılmaktadır.

$$P = e\sigma A(T^4 - T_c^4) \quad (\text{Denk. 10})$$

P = net radyasyon gücü

A = radyasyon alanı

σ = Stefan sabiti = 5.6703×10^{-8} watt/m² K⁴

e = yayılım (ideal bir radyatörde 1 olarak kabul edilir)

T = radyatörün sıcaklığı

T_c = ortamın sıcaklığı

Radyasyonla ilgili önemli bir diğer hesaplama, ortalama radyan sıcaklığın (T_{mrt}) hesaplanmasıdır. Ortalama radyan sıcaklık bir alandaki termal algılamaların çeşitlenmesinde ve hesaplanmasında önemli olgulardan biridir. T_{mrt} kara cisim (blackbody) yüzeyinden salınan radyasyonun çevresinde oluşturduğu sıcaklık olarak tanımlanmaktadır. Açık hava koşulları altında insanın ortamla olan sıcaklık ilişkisinde olduğu gibi radyasyon yoluyla enerji transferinin değerlendirilmesi için T_{mrt} değerinin bilinmesi gerekmektedir. T_{mrt} kısa ve uzun dalga radyasyon akışlarının hesaplanmasıyla ya da direk ölçülerek elde edilebilmektedir. T_{mrt} ölçümünde küre termometreler kullanılmaktadır. Bu ölçüm aletinden dolayı küre sıcaklığı olarak da isimlendirilmektedir. T_{mrt} hesaplanabilmesi için radyasyon yayan yüzeyin özellikleri ve boyutları, gökyüzü görüş faktörü (GGF) yanı sıra insan vücudunun duruşu (ayakta ya da oturur şekilde oluşu) da bilinmelidir. T_{mrt} insan vücudunun tüm çevresi sıcaklık (T_i) ve emisyon katsayısı (e_i) kullanılarak n sayıda termal yüzeye ayrılır (i = 1, n). Uzun dalga radyasyonun hesaplanması için Denk. 11 kullanılır.

$$E_i = e_i \times s \times T_{si}^4 \quad (\text{Denk. 11})$$

s = Stefan-Boltzmann sabiti ($5.67 * 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$)

T_{si} = i yüzeyinin sıcaklığıdır.

Sadece difüz (dağılan) kısa dalga radyasyonun bulunduğu alanlar için her bir n yüzey için soğurulan kısa dalga radyasyonu D_i olarak kabul edildiğinde T_{mrt} denklemi (Denk. 12);

$$T_{mrt} = \left\{ \frac{1}{\sigma} \times \sum_{i=1}^n (E_i + a_k \times \frac{D_i}{\epsilon_p}) \times F_i \right\} \quad (\text{Denklem 12})$$

ϵ_p = insan vücudunun standart emisyon katsayısı (0,97)

D_i = difüz solar radyasyon ve difüz yansıtılan global radyasyon

a_k = insan vücudunun standart kısa dalga soğuma katsayısı (0,7)

Direkt solar radyasyona maruz kalan alanlar için T_{mrt}^* aşağıdaki denkleme kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$T_{mrt}^* = \left[T_{mrt}^4 + f_p \times a_k \times \frac{I^*}{(\epsilon_p \times \sigma)} \right]^{0,25} \quad (\text{Denklem 13})$$

I^* = belirli bir yüzeye ulaşan direk solar radyasyonun şiddeti

f_p = vücudun duruşuna bağlı olarak solar radyasyonun etki fonksiyonu

Açık hava koşullarında termal algılamaların hesaplanmasında kullanılan denklemler basitleştirilmiş bir şekilde Tablo 12’de verilmiştir. FES’de termal algılama değerlerinin yanı sıra elde edilen değerlerin ortaya koyduğu termal koşulların insan vücudunda ne ölçüde strese yol açtığı da verilmektedir (Tablo 13).

Tablo 12. Basitleştirilmiş ısınma-soğuma denklemleri (McIntyre, 1980: 110). e = emisivite (radyasyon aracılığıyla ısı tutma özelliği), f_{eff} = efektif radyasyon alanı, f_{cl} = kıyafet alan faktörü, h_r = radyasyon transfer katsayısı, T_{cl} = Giyinik insanın yüzey sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$), T_r = radyan sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), I_{clo} = kıyafet izolasyonu (clo), h_c = konvektif transfer katsayısı, T_a = hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$), v = rüzgar (in m s^{-1}), E_{max} = nemli vücutun birin alanından maksimum buharlaşma kaybı, p_{ssk} = doygun buhar basıncı (mb), p_a = kısmi buhar basıncı (mb), h_e = evaporit transfer.

Radyasyon	R	$= e f_{eff} f_{cl} h_r (T_{cl} - T_r)$	W m^{-2}
	h_r	$= 4.6(1 + 0.01 T_r)$	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$
	f_{eff}	$= 0.72$	
	f_{cl}	$= 1 + 0.15 I_{clo}$	
	e	$= 0.95$	
Konveksiyon	C	$= h_c (T_{cl} - T_a)$	W m^{-2}
	h_c	$= 8.3 \sqrt{v} \text{ } v > 0.2 \text{ ms}^{-1}$	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$
	h_c	$= 4.0 \text{ } v < 0.2 \text{ ms}^{-1}$	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$
Buharlaşma			
Düzenleyici	E_{max}	$= h_e (p_{ssk} - p_a)$	W m^{-2}
	h_e	$= 1.65 h_c$	$\text{W m}^{-2} \text{mb}^{-1}$
	E	$= w E_{max}$	W m^{-2}
Hissedilmeyen			
Deri difüzyonu	E_{is}	$= 4 + 0.12(p_{ssk} - p_a)$	W m^{-2}
Solunum (gizli)	E_{res}	$= 0.0017 M(59 - p_a)$	W m^{-2}
Solunum (kuru)	C_{res}	$= 0.0014 / M(34 - T_a)$	W m^{-2}
Elbise yoluyla kondüksiyon	$R + C$	$= K = (T_{sk} - T_{cl}) / (0.155 I_{clo})$	W m^{-2}
Elbise yoluyla buharlaşma	E_{max}	$= f_{pcl} h_c (p_{ssk} - p_a)$	W m^{-2}

Bu çalışmada meteoroloji istasyonlarından alınan ve kullanıma hazır hale getirilen verilerden, RayMan yazılımı kullanılarak, saatlik ve günlük ortalama FES değerleri hesaplanmıştır. RayMan hava sıcaklığı, buhar basıncı, rüzgâr hızı, bulutluluk, global radyasyon gibi verilerden yararlanarak ortalama radyan sıcaklığı ve termo-fizyolojik sıcaklığı hesaplayabilmektedir (Matzarakis vd., 2007; 2010). FES değerleri olarak hesaplanan termal algılamalar, insanların üzerindeki fizyolojik etkileri de kapsamaktadır. Örneğin hava sıcaklığının (T_a) 30°C , ortalama radyan sıcaklığının (T_{mrt}) 60°C , nispi nemin (rh) %50, rüzgâr hızının (v) 1 m/s olduğu açık hava koşullarında FES 43°C olarak hesaplanmaktadır. Bu değer aşırı sıcak termal algılama aralığındadır ve aşırı sıcak stresine yol açmaktadır (Tablo 13).

Tablo 13. Farklı termal algılamaya ve insanlar üzerinde farklı fizyolojik streslere neden olan FES değerleri (Matzarakis ve Mayer, 1996'dan 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

3.3.3. Termal Konfor Haritaları

Türkiye'nin biyoklimatik koşullarının analizi için kullanılan 69 istasyonda ölçülen parametrelerin hesaplamasıyla elde edilen FES değerlerinin alansal dağılımını göstermek için termal konfor haritaları oluşturulmuştur. İstasyonlardan elde edilen FES değerleri enlem, yükselti, denizellik, arazi kullanım faktörleri ile çoklu regresyon ve korelasyon analizinden geçirilmiştir. Bu bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken olan FES değerleri arasındaki ilişkiyi belirleyen çeşitli atmosferik kontroller bulunmaktadır (ör: global radyasyon miktarı, nem içeriği, güneşlenme süresi, vb.) Bu modelleme sonucunda ortaya çıkan FES, enlem, yükselti, denizellik ilişkisi Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımlarıyla Türkiye'nin tamamını gösterecek şekilde düzenlenmiştir. Böylece, çoklu çizgisel regresyon modeli

aracılığıyla biyoklimatolojik koşulların niteliği, sadece istasyon olan noktalardan kurtarılarak, verinin bulunmadığı alanlara da yayılmıştır.

Denizellik haritası oluşturulurken Daget'in (Akman, 1990: 38) aşağıda verilen sıcaklık karasallığı denklemi (Denk. 14) kullanılmıştır.

$$K' = \frac{1,7 A}{\sin(\varphi+10+9h)} - 14 \quad (\text{Denk. 14})$$

Bu denklemde A yıllık ortalama sıcaklık farkı, φ enlem derecesi, h yükseltilidir. Sonuçlarını yüzde cinsinden veren bu denklemden elde edilen değerler kullanılarak aktarma, yorumlanma ve karşılaştırmayı kolaylaştırmak için denize uzaklık haritası oluşturulmuştur. CBS yazılımları kullanılarak hazırlanan haritalardan denizellik değerlerine karşılık gelen uzaklıklar elde edilmiştir. Dolayısıyla verilen denize uzaklıklar birebir denizelliği yansıtmaktadır.

Çoklu regresyonda birden fazla bağımsız değişken ($\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$) ile bir bağımlı değişken(y) arasındaki ilişki incelenmektedir. Bahsi geçen faktörlerin Türkiye'de biyoklimatik koşullarla ilişkisinin analizi için regresyon, bu ilişkinin derecesi için korelasyon analizi yapılmıştır.

Çoklu çizgisel regresyon bağımsız değişkenler ve bağımlı değişken arasında doğrusal bir ilişki olduğu hipotezine dayanmaktadır. Bu doğrusal ilişki temel alınarak n sayıdaki bağımsız değişken (β_n) parametreleri için regresyon fonksiyonu Denk. 15 aracılığıyla hesaplanmaktadır.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i, \quad i=1,\dots,n. \quad (\text{Denk. 15})$$

Bu fonksiyondan yararlanarak değişkenler arasında bulunduğu varsayılan

gerçek çoklu ilişkinin tahmini değeri aşağıdaki fonksiyon (Denk. 16) yardımıyla yapılmaktadır.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \beta_2 x_i^2 \varepsilon_i, \quad i=1,...,n. \quad (\text{Denk. 16})$$

ε_i gerçek bağımsız değişkenin model kullanılarak hesap edilen değeri ile gerçek değeri arasındaki farkı vermektedir ($\varepsilon_i = y_i - \hat{y}_i$) Bu fonksiyondaki ε_i katsayıların hesabı için aşağıdaki denklem yardımıyla en küçük kareler yönteminden yararlanarak gerçek $\hat{y}_i$ değerleri ile teorik değerleri y_i arasındaki farklar minimize edilmektedir (Denk. 17).

$$\sum_{i=1}^n [y_i - (\beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i})]^2 \quad (\text{Denk. 17})$$

Her bir parametre için ayrı ayrı bir en küçük kareler katsayısı hesaplanarak ve bunların gerçek y değerleri ($\hat{y}_i$) ile teorik y (y_i) değerleri arasındaki uzaklıkların farklarının kareleri toplamı minimuma indirilmektedir.

Elde edilen değerlerin anlamlı bir nedensellik içerip içermediklerinin analizi için bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon katsayısının (r^2) hesaplanması gerekmektedir. Çoklu korelasyon katsayısı için determinasyon katsayısı Denk. 18 yardımıyla hesaplanır.

$$r^2 = \frac{n \times (\beta_0 \times \sum y_i + \beta_1 \times \sum x_1 \times y_i + \beta_2 \times \sum x_2 \times y_i) - (\sum y_i)^2}{n \times \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2} \quad (\text{Denk. 18})$$

Hesaplama sonucu ortaya çıkan değer 0 ile +1 arasında bir rakamdır. r^2 değeri sıfıra yaklaştıkça nedensellik ilişkisinin zayıflamaktadır. +1'e yakın r^2 değeri bağımlı değişken ve bağımsız değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olduğunu

göstermektedir. İlişkinin yönü belirlenmeye çalışıldığında r değeri hesaplanarak negatif ya da pozitif olduğuna bakılır. Korelasyon katsayısının anlamlılık seviyesini belirten eşik değerleri veri setinin hacmine bağlı olarak değişmektedir (Pedhazur, 1982).

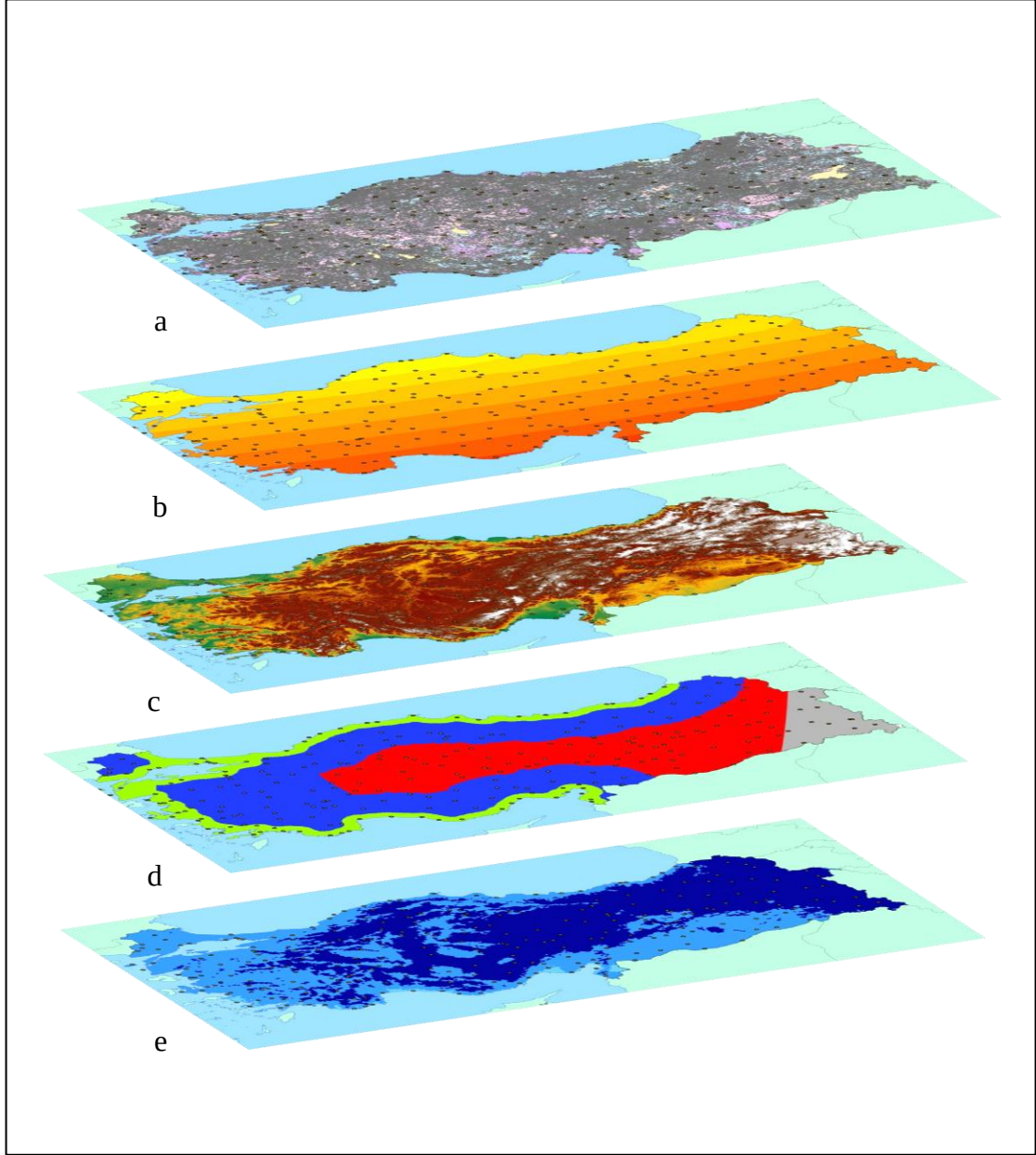
Gerek Türkiye'nin gerek Ankara'nın biyoklimatik koşullarının analizi için elde edilen FES değerlerinin (bağımlı değişken; y) enlem, yükselti, denizellik, arazi kullanım faktörleriyle (bağımsız değişkenlerle; $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$) çoklu çizgisel regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılacak hesaplamalarda her zaman dilimi için (saat, gün, ay, mevsim, gün) farklı değerler ortaya çıkmış, bunların SPSS 16 (deneme sürümü) kullanılarak r^2 değerleri ve denklemleri elde edilmiştir. Elde edilen r^2 değerleri kullanılarak her bir bağımsız parametrenin biyoklimatik koşullara etkisi ortaya konmuştur.

Türkiye için 69 istasyon, Ankara şehri için 6 istasyonun birbirinden farklı enlem, yükselti, denizellik, arazi kullanım özelliklerinin bulunmasından kaynaklanan farkların, çalışma sahasının tamamındaki dağılımını görebilmek için ArcGis 9.2 (deneme sürümü) yazılımı kullanılmıştır. İlk olarak sadece interpolasyon yöntemi kullanılarak hem Türkiye hem de Ankara için;

1. Arazi kullanım haritaları
2. Enlem haritası
3. 90 metrelik sayısal yükselti modeli (SYM)
4. Denizden uzaklık haritası
5. Termal algılama haritası oluşturulmuştur.

Bu haritalar kullanılarak elde edilen regresyon ve korelasyon değerlerinin

alansal analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen biyoklimatik koşul haritası sadece istasyonların komşuluk ilişkisine göre alansal dağılımını vermekle kalmayıp, coğrafi özelliklere göre termal algılamalardaki değişimleri de ortaya koymaktadır (şekil 6).



şekil 6. Termal konfor haritalarının çiziminde kullanılan taban haritalarının modeli. a) Arazi kullanım haritası, b) Enlem haritası, c) 90 metrelik sayısal yükselti modeli, d) Denize uzaklık haritası e) Aylık ortalama FES termal algılama haritası (ocak ayı için).

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Türkiye'nin Biyoklimatik Koşullarının Zamansal ve Mekânsal Dağılımı

Türkiye'nin biyoklimatik koşullarının açıklanması açısından mekânsal ve zamansal özelliklerinin bir arada ortaya konulması önemlidir. Bu amaçla 1975-2008 yılları arasını kapsayan dönem için hesaplanan FES değerleri 07:00, 14:00, 21:00 ve aylık ortalama olmak üzere dört zaman dilimi için analiz edilmiştir. Böylece Türkiye'de termal konfor koşullarının hem yıl içinde hem de gün içinde gösterdiği değişimler ortaya konulmuştur. Benzer biyoklimatik koşulların birbiri ardına açıklanabilmesi için astronomik bağlamda mevsimsel sıralamanın takip edilmesi uygun görülmüştür. Aralık ayı, ocak ve şubatın öncesinde aktarılarak, sıralama kış, ilkbahar, yaz, sonbahar olarak tasarlanmıştır.

4.1.1. Aralık ayı biyoklimatik koşullarının analizi

Kış mevsiminin ilk ayı olan aralık, güneşlenme süresi (2 saat 50 dakika) ve solar radyasyonun ($135,5 \text{ W/m}^2$) en az olduğu aydır. 1975-2008 arasında saat 07:00'de en düşük FES değeri $-36,10^\circ\text{C}$, en yüksek değer $3,30^\circ\text{C}$, Türkiye ortalaması ise $-8,45^\circ\text{C}$ 'dir (Tablo 15). Astronomik olarak kış mevsiminin ilk ayı olarak kabul edilen aralık ayı FES değerleri Türkiye'nin tamamında 4°C FES'den daha düşük termal algılamalara neden olmaktadır. Çok soğuk termal algılamalar Akdeniz ve Ege kıyılarında ince bir hat boyunca ortaya çıkarken Türkiye'nin %60'ına aşırı soğuk algılamalar hâkimdir (Tablo 14). Dondurucu soğuklar ise güneyde 1700-1800 m kuzeyde ise 1200-1300 m'den daha yüksek alanlarda hissedilmektedir (Şekil 7). Yapılan hesaplamalarda iki enlem arasında $0,73^\circ\text{C}$, 100 m yükselti değeri artışında

0,87°C FES değerlerinin azaldığı bulunmuştur. Deniz kenarından uzaklaşılın her 100 km’de termal algılama değerleri 0,28°C artmaktadır (Tablo 15).

Saat 14:00 FES değerleri aralık sabah saatleriyle kıyaslandığında 9°C civarında daha yüksektir. En düşük FES değeri -26,28°C, en yüksek 13,86°C ve ortalama 0,41°C’dir (Tablo 15). Saat 14:00’de de hâkim termal algılama düzeyi aşırı soğuklardır (%39,9). Türkiye’nin %74’ünde 4°C’den düşük FES değerleri yaşanmasına rağmen, %26’sında nispeten daha olumlu biyoklimatik koşullar bulunmaktadır (Tablo 14). Bu zaman diliminde en sıcak termal algılamalar, Akdeniz kıyısı boyunca sınırlı alanlarda ortaya çıkan çok az serin algılamalardır. Bu dar alanları çevreleyen serin termal algılamalar, Anadolu’nun güney ve güneybatısında görülmektedir. Trakya, kuzey kıyıları ve iç kesimlerdeki alçak alanlarda çok soğuk hissedilirken, bu alanların yüksek kesimlerinde (1000-1400 m’den sonra) aşırı soğuk algılamalar ortaya çıkmaktadır Anadolu’nun yüksek kuzeydoğusu yanı sıra Torosların 2700-3000 m’den daha yüksek kesimlerinde dondurucu soğuk algılamalar gözlenmektedir (Şekil 7). Güneyden kuzeye gidilen her bir enlem için 1,43°C, 100 metrelik yükselti artışı için 0,80°C FES değerleri düşmektedir. Kıyıdan kara içine doğru her 100 km’de termal algılama değerleri 0,03°C azalmaktadır (Tablo 15).

Aralık saat 21:00’deki meteorolojik değişkenlerin ortalaması alınarak hesaplanan en düşük FES değeri -34,85°C, en yüksek 5,37°C, Türkiye ortalaması ise -7,03°C’dir (Tablo 15). Akşam saatlerinde sabah saatlerinden 1,43°C’ daha yüksek FES değerleri olmasına rağmen, öğleden sonra saatlerinden 7,44°C daha düşük ortalamalar görülür. Saat 21:00 FES değerleri sabah değerlerinden farklı olmasına rağmen benzer bir alansal dağılışı göstermektedir. Türkiye’nin güney, güneybatı ve batı kıyılarında çok soğuk algılamalar bulunurken, kuzey kıyıları ve kara içlerinde

aşırı soğuklar bulunmaktadır. Yüksek dağlık alanlar ve yüksek plato sahalarında ise dondurucu soğuklar gözlenmektedir (Şekil 7). İstatistiki analizler sonucunda 100 m yükselti artışında FES değerleri $0,85^{\circ}\text{C}$, kuzeye doğru her bir enlem derecesi için $0,94^{\circ}\text{C}$ azalmaktadır. Kara içine doğru her 100 km için termal algılama değerleri $0,05^{\circ}\text{C}$ artmaktadır (Tablo 15).

Aylık ortalama FES değerlerine göre aralık ayında en düşük değer $-32,58^{\circ}\text{C}$, en yüksek değer $7,52^{\circ}\text{C}$ ve ortalama değer $-5,03^{\circ}\text{C}$ 'dir (Tablo 15). Türkiye'de aralık ayı ortalama biyoklimatik koşulları önemli soğuk streslerine yol açmaktadır. Aralık ayı ortalamalarına göre Türkiye'nin yarısından fazlası aşırı soğuk termal konfor koşullarına sahiptir (%60,5). Enlem ve karasallığa bağlı olarak değişmesine rağmen dikey olarak 200-500 m'den başlayarak 1400-2000 m'ye kadar olan alanların tamamında aşırı soğuk termal algılamalar görülmektedir. Dolayısıyla yüksek dağlık alanlarla çevrili olan havzaların belirginleştiği gözlenmektedir. Nispeten daha olumlu koşulları oluşturan soğuk algılamalar ise %4,4 paya sahiptir (Tablo 14). Soğuk algılamalar Ceylanpınar Ovası'nın güneyi, Akdeniz, Ege ve Marmara kıyı kuşağı boyunca ortaya çıkmaktadır. Dar alanlı bu kuşağı çevreleyen ve yükseltisi 200-500 m arasında değişen alanlarda çok soğuk termal algılamalar ortaya çıkmaktadır. Bunların yanı sıra çok soğuk hissedilen bölgeler arasında Batı ve Orta Torosların kabaca 200-500 m arasında yükseltisi olan alanları, kuzeyde Filyos Çayı Vadisi ve Bartın çevresi, Sinop Yarımadası, Bafra, Çarşamba ovaları, tüm Doğu Karadeniz kıyıları, Kelkit Vadisi'nde Taşova-Niksar arasında kalan alanlar gelmektedir. Aralık ayı ortalama FES değerlerinin en düşük düzeyi dondurucu soğuk termal algılamalar yüksek alanlarda ortaya çıkmaktadır. Dondurucu soğukların asıl yoğunlaştığı alanlar Anadolu'nun doğusu ve kuzeydoğusudur. İç Anadolu'da Hasan ve Erciyes dağları da

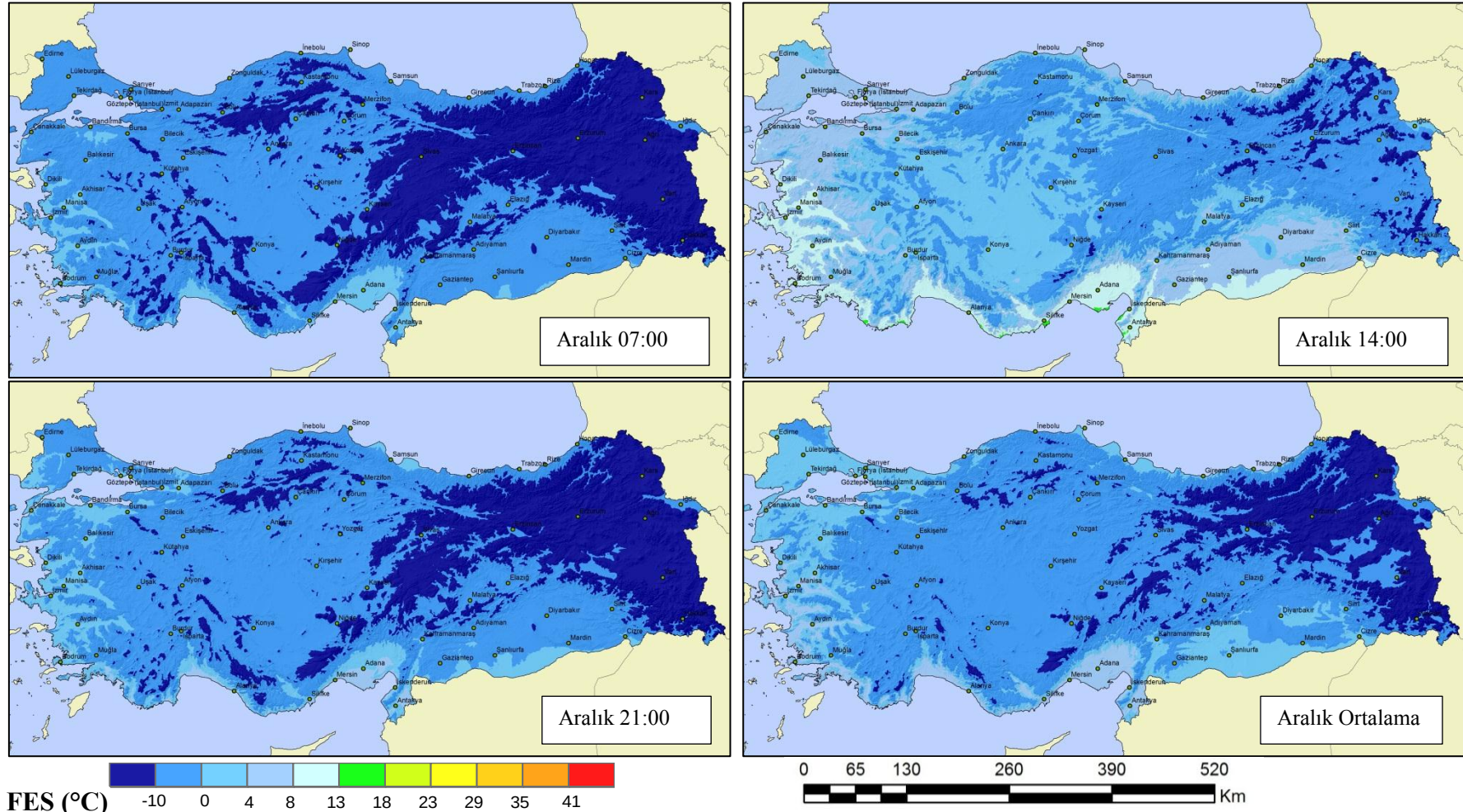
dondurucu soğukların izlendiği yerlerdir (Şekil 7). Aralık ayı ortalama FES değerlerinin istatistiki analizine göre FES değerleri, her 100 m yükselti artışında $0,84^{\circ}\text{C}$, kuzeye doğru her bir enlem derecesi için $1,04^{\circ}\text{C}$ azalmakta, kıyıdan kara içine doğru 100 km’de $0,1^{\circ}\text{C}$ artmaktadır (Tablo 15).

Tablo 14. Türkiye’de aralık ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı (1975-2008).

Aralık		FES (°C)										
		< -10	-10 – 0	0 - 4	4 - 8	8 – 13	13 - 18	18 - 23	23 - 29	29 - 35	35 -41	> 41
07:00	km ²	280.658,06	448.870,65	41.069,59	280.658,06							
	%	36,4	58,2	5,3	36,4							
14:00	km ²	33.153,58	306.869,11	225.260,59	143.004,30	60.920,02	1.390,70					
	%	4,3	39,9	29,2	18,6	7,9	0,9					
21:00	km ²	220.005,21	467.352,33	72.934,94	10.305,82							
	%	28,5	60,6	9,5	1,3							
Ort.	km ²	146.693,32	466.009,20	124.332,31	33.563,47							
	%	19,0	60,5	16,1	4,4							

Tablo 15. Türkiye’de aralık ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları (1975-2008).

Aralık	Zaman dilimleri				Çoklu çizgisel regresyon bulguları	Zaman dilimleri			
	07:00	14:00	21:00	Ortalama		07:00	14:00	21:00	Ortalama
En düşük	-36,65	-26,28	-34,85	-32,58	(Sabit)	29,86971	65,58726	39,22292	45,03984
En yüksek	3,3	13,86	5,37	7,52	Enlem (1°)	-0,73671	-1,43	-0,94	-1,04
Ortalama	-8,46	0,41	-7,03	-5,03	Yükselti (m)	-0,00875	-0,00799	-0,00848	-0,0084
					Denizellik (km)	0,002859	-0,00032	0,000532	0,000969



Şekil 7. Türkiye’de aralık ayı FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).

4.1.2. Ocak ayı biyoklimatik koşulları

Türkiye’de en olumsuz hava koşullarının ortaya çıktığı ay ocaktır. Çalışmada kullanılan istasyonların büyük bir bölümünde kaydedilen sıcaklıkların en düşük değerleri bu aydadır. Bunun başlıca sebebi güneşlenme sürelerinin kısa olması (3 saat) ve solar radyasyonun ($158,2 \text{ W/m}^2$) düşük seviyelerde gelmesidir. Aralıktan daha yüksek değerlere sahip olmasına rağmen daha olumsuz hava koşullarının oluşmasının nedeni atmosfer dinamikleridir. 21 Haziran’dan itibaren gelen radyasyon miktarı azalmakta, güneşlenme süresi kısalmaktadır. 22 Aralık’tan itibaren artmaya başlayan radyasyon oranı ve güneşlenme süresine karşılık, ocakta enerji açığı zirveye ulaşır ve bundan dolayı en düşük değerler ortaya çıkar. Biyoklimatik koşullar açısından değerlendirildiğinde de ocak ayı termal algılamaları en düşük seviyelerdedir. Saat 07:00 ocak termal algılama değerlerinin alansal dağılımı incelendiğinde Türkiye’nin tamamında soğuk algılamaların çeşitli düzeylerde ortaya çıktığı gözlenmektedir. Türkiye’nin %54,1’inde dondurucu soğuklar, %43,7’sinde aşırı soğuklar hâkimdir (Tablo 16). Hesaplanan en küçük değer $-41,7^{\circ}\text{C}$, en büyük değer $1,95^{\circ}\text{C}$ ve Türkiye ortalaması ise $-11,09^{\circ}\text{C}$ ’dir (Tablo 17). Sabah saatleri için en yüksek termal konfor değerleri Türkiye’nin güney kıyısı boyunca 50-70 m’ye kadar yükseltisi olan alanlarda yaşanmaktadır. Türkiye’nin tüm batısı, karasal iç kesimleri ve güneydoğusunda 1000-1200 m’ye kadar olan alanlar, Karadeniz kıyı kuşağı aşırı soğuk hissedilmektedir. Buraların dışında kalan alanlarda ise dondurucu soğuk termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 8). Saat 07:00 FES değerleri ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin analizi sonucunda her 1° ’lik enlem değişiminin $0,85^{\circ}\text{C}$, 100 m’lik yükselti artışının $0,94^{\circ}\text{C}$ FES’leri azaltacağı, 100 km denizden uzaklaşmanın $0,19^{\circ}\text{C}$ yükselteceği hesaplanmıştır (Tablo 17).

Saat 14:00 FES değerleri ciddi soğuk streslerine sebep olmaktadır. Saat 07:00 değerlerinden ortalama 9,5°C daha yüksek olmasına rağmen, saat 14:00 Türkiye ortalaması -1,59°C'dir. Hesaplanan en düşük FES değeri -29,79°C, en yüksek FES değeri ise 12,63°C'dir (Tablo 17). Türkiye'nin %9,2'sinde dondurucu soğuk, %49,8'inde aşırı soğuk, %23,3'ünde çok soğuk termal algılamalar bulunmaktadır. En yüksek termal algılamalar %4,8 ile serin dzeydekilerdir (Tablo 16). Anadolu'nun tüm güneyi ve güneybatısında, Edremit Körfezi'ne kadar kıyı kuşağında serin hissedilmektedir. Bu dar alanı kuşatan soğuk termal algılamalar, 400-800 m'ler arasında hissedilmektedir. Trakya Yarımadası, Karadeniz kıyıları ve kıyı ovalarında da soğuk termal algılamalar bulunmaktadır. Anadolu'nun iç kesimlerinde çok soğuk termal algılamalar kendini gösterirken, güneyde 1600 m, kuzeyde 1000 m'den sonra aşırı soğuk algılamalar hâkimdir. Öğleden sonra dondurucu soğuklar Anadolu'nun yüksek kuzeydoğusunda yaygın olmakla birlikte, güneyde Bolkar ve Aladağların 2500 m'den yüksek kesimlerinde, Hasan, Erciyes Dağı'nın zirve kısımlarında da (2500 m'den yüksek) bulunmaktadır (şekil 8). Çoklu izgisel regresyon analizinin sonucu olarak 1 enlem derecesi kuzeye gidildiğinde 1,5°C, 100 m'lik yükselti artışının 0,84°C, denizden uzaklaşılan her 100 km'nin 0,13°C'lik azalmaya neden olduğu bulunmuştur (Tablo 17).

Saat 21:00'de en düşük termal algılama değeri -39,75°C, en yüksek 4,17°C ve ortalama değer -9,48°C'dir (Tablo 17). Bu haliyle sabah saatlerinden ortalama 1,61°C daha yüksek olan FES değerleri, öğleden sonra ortaya çıkan FES değerinden 7,89°C daha düşüktür. Aralık akşam saatleriyle kıyaslandığında ise ocak 21:00 FES'leri ortalama 2,45°C daha soğuk algılanmaktadır. Kapladıkları alan bakımından değerlendirildiklerinde dondurucu soğuk algılamalar Türkiye'nin %43,4'n, aşırı

soğuk algılamalar %51,6'sını ve çok soğuk termal algılamalar %5'ini kaplamaktadır (Tablo 16). Ocak saat 21:00'de en yüksek FES değerleri Akdeniz kıyısında görülmektedir. Ege ve Akdeniz kıyıları boyunca kısıtlı alanlarda çok az sıcak termal algılamalar ortaya çıkmaktadır. Anadolu'nun kuzeyi, batısı, güneydoğusu ve iç kesimlerinde 1000-1100 m'ye kadar olan alanlar ve Trakya'nın tamamında aşırı soğuklar bulunmaktadır. Yüksek dağlık alanlar ve Anadolu'nun doğusu, kuzeydoğusunda ise ovalar dışında kalan alanlarda dondurucu soğuklar hâkimdir (Şekil 8). Saat 21:00 FES değerlerinin istatistiki analizine göre her 100 m'lik yükselti artışı 0,92°C, 1 enlem derecesi kuzeye gitmek 1,07°C FES değerinin düşmesine neden olurken, denizden uzaklaşılan her bir 100 km 0,02°C FES değerlerinin yükselmesini sağlamaktadır (Tablo 17).

Ocak aylık ortalamalarında olumsuz hava koşullarının ortaya çıkmasına bağlı olarak FES değerlerinde belirgin düşüşler görülmektedir (En düşük -37,1°C, en yüksek 6,27°C, ortalama -7,38°C) (Tablo 17). Ocak ayı ortalama FES değeri aralık ayı ortalamasından 2,35°C daha düşüktür. Termal algılamaların alansal dağılışı genel olarak Aralık ayına benzemekle birlikte, özellikle dondurucu soğuk algılamalar güneye doğru alanını genişletmektedir. Türkiye'nin yaklaşık % 89'unda dondurucu soğuk ve aşırı soğuk termal algılamalar hâkim konuma geçmektedir (dondurucu soğuklar %31,3, aşırı soğuklar %57,6) (Tablo 16). Türkiye'nin güneyi, kuzeyi ve doğusunda 1300-1600 m'den daha yüksek olan yerlerde ise dondurucu soğuklar ortaya çıkmaktadır. Aşırı soğuk termal algılamalar güney ve güneybatı kıyılarında yaklaşık 400-500 m'den başlayarak 1200-1500 m'lere kadar olan alanlarda yoğunlaşmaktadır. FES değerlerinin belirtilen bu iki eşik değerlere göre nispeten artış gösterdiği soğuk termal algılamalar ise Akdeniz ve Ege kıyılarında dar bir hat

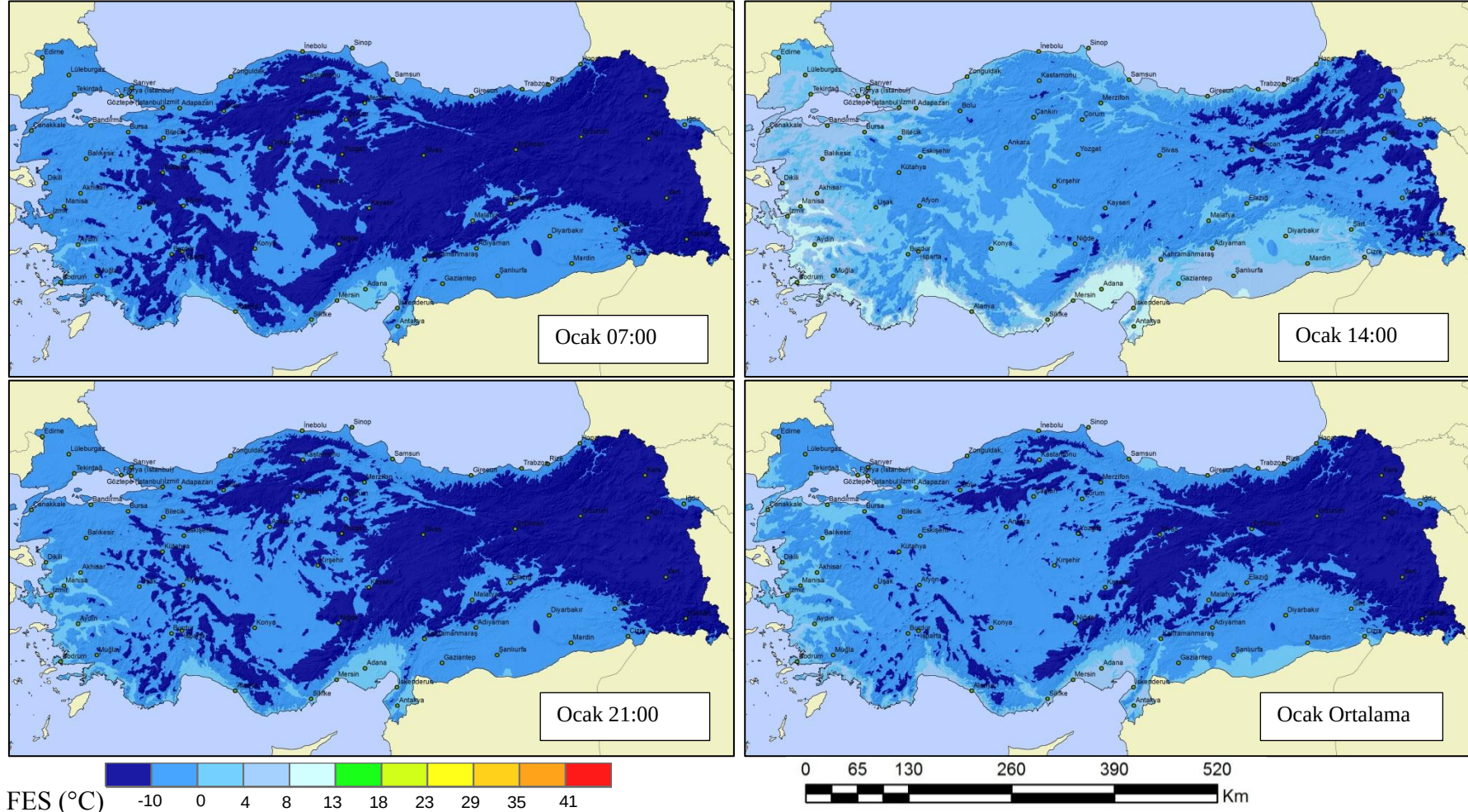
boyunca ortaya çıkmaktadır (Şekil 8). Ocak ayı ortalama FES değerlerinin istatistiki analiz sonuçlarına göre FES'ler her 100 m yükselti artışında 0,9°C, kuzeye doğru her bir enlem derecesi için 1,14°C azalmakta, kıyıdan iç kesimlere doğru her 100 km'de 0,03°C artmaktadır (Tablo 17).

Tablo 16. Türkiye’de ocak ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı (1975-2008).

Ocak		FES (°C)										
		< -10	-10 – 0	0 – 4	4 - 8	8 – 13	13 - 18	18 - 23	23 - 29	29 - 35	35 -41	> 41
07:00	km ²	417.038,24	336.849,70	16.710,37								
	%	54,1	43,7	2,2								
14:00	km ²	70.914,76	383.815,13	179.638,29	99.116,71	37.113,41						
	%	9,2	49,8	23,3	12,9	4,8						
21:00	km ²	334.690,45	397.301,26	38.474,84	131,75							
	%	43,4	51,6	5	0,02							
Ort.	km ²	241.341,49	443.827,53	68.883,61	16.545,68							
	%	31,3	57,6	8,9	2,2							

Tablo 17. Türkiye’de ocak ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları (1975-2008).

Ocak	Zaman dilimleri				Çoklu çizgisel regresyon bulguları	Zaman dilimleri			
	07:00	14:00	21:00	Ortalama		07:00	14:00	21:00	Ortalama
En düşük	-41,74	-29,79	-39,75	-37,1	(Sabit)	32,70111	66,32938	42,63482	47,34209
En yüksek	1,95	12,63	4,17	6,27	Enlem (1°)	-0,8529	-1,5	-1,07	-1,13928
Ortalama	-11,09	-1,59	-9,48	-7,38	Yükselti (m)	-0,0094	-0,0084	-0,0092	-0,00902
					Denizellik (km)	0,002859	-0,00032	0,000532	0,000969



Şekil 8. Türkiye’de ocak ayı FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).

4.1.3. Şubat ayı biyoklimatik koşulları

Şubat, kış mevsiminde güneşlenme süresinin en uzun (3 saat 50 dakika), güneşlenme şiddetinin en yüksek ($226,3 \text{ W/m}^2$) olduğu aydır. Bu ayın saat 07:00 ortalaması $-9,92^\circ\text{C}$ 'dir. En düşük değer $-38,89^\circ\text{C}$, en yüksek değer ise $2,5^\circ\text{C}$ 'dir (Tablo 19). Şubat, ocaktan daha yüksek, aralıktan daha düşük konfor değerlerine sahiptir. Aralık ve ocak aylarında olduğu gibi üç sınıf termal algılama düzeyi gözlenmektedir. Türkiye'nin %3'ünde çok soğuk, %50,9'unda aşırı soğuk ve %46,1'inde dondurucu soğuk termal algılamalar vardır (Tablo 18). Güneydoğudaki karasal alçak alanlar yanı sıra güney ve güneybatıda denizel alanların 100-200 m'ye kadar olan alanlarında da çok soğuk termal algılamalar bulunmaktadır. Dar alanlı bu konfor düzeyi, aşırı soğuk termal algılamalar tarafından çevrelenmektedir. Türkiye'nin kuzey kıyıları, batısı, iç kesimleri, güneydoğusundaki alçak alanlar aşırı soğukların etkisi altındadır. Anadolu'nun tüm doğusu ve kuzeydoğusunda dondurucu soğuklar hâkimdir. Bunların yanında güney ve kuzeyde uzanan dağ sıralarının 1200-1600 m'den daha yüksek kesimleri dondurucu soğuk termal algılamalara sahiptir (Şekil 9). Şubat saat 07:00'de, iki enlem arasında FES'ler 1°C , her 100 m yükselti artışında $0,91^\circ\text{C}$ azalmaktadır. Denizden uzaklaşılan her 100 km'de ise FES'ler $0,6^\circ\text{C}$ artmaktadır (Tablo 19).

Şubat saat 14:00 termal konfor koşulları incelendiğinde en düşük FES değerinin $-25,92^\circ\text{C}$, en yüksek FES değerinin $14,07^\circ\text{C}$ ve Türkiye ortalamasının $0,69^\circ\text{C}$ olduğu görülmektedir (Tablo 19). Sabah saatleriyle kıyaslandığında ortalama $10,64^\circ\text{C}$ 'lik bir termal konfor artışı dikkati çekmektedir. Türkiye'nin %72'inde 4°C 'den daha düşük FES değerleri ortaya çıkmasına rağmen, çok sınırlı alanlarda da olsa nispeten daha uygun biyoklimatik koşullar bulunmaktadır (Tablo 18). Şubat ayı

saat 14:00 FES değerlerine göre en yüksek termal algılamalar güneydeki denizel alanlarda oluşmaktadır. Buraların yanı sıra güneydoğu Anadolu, Akdeniz ve Ege’de 300-800 m arasında kalan alanlar serin termal algılamalara sahiptir. Batı Anadolu’da geniş alanlar, bütün Karadeniz kıyısı, güneydoğudaki alçak alanlar soğuk hissedilmektedir. Anadolu'nun merkezi bölümünde çok soğuklar hâkimken, kuzey ve güneydeki yüksek dağlık alanlarda, doğudaki geniş alanlarda aşırı soğuk termal algılamalar bulunmaktadır. Güneyde 3000 m, kuzeyde 2300 m’den daha yüksek dağlık alanlarda da dondurucu soğuklar varlığını korumaktadır (Şekil 9). İstatistiki analizlere göre FES değerleri 1°’lik enlem değeri artışında 1,5°C, 100 m’lik yükselti değeri artışında 0,8°C düşmektedir. Denizden uzaklaşılan her bir 100 km için FES değerleri 0,14°C artmaktadır (Tablo 19).

Şubat saat 21:00 biyoklimatik koşullarına göre soğuk algılamaları ciddi streslere yol açmaktadır. Yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen en düşük değer -36,71°C, en yüksek değer 4,81°C ve Türkiye ortalaması -8,29°C’dir (Tablo 19). Şubat 14:00 termal koşullarından ortalama 10,64°C daha soğuk olan akşam saatleri, saat 07:00 konfor algılamalarından 1,66°C daha yüksektir. Ocak saat 21:00 değerleriyle kıyaslandığında, şubat akşamlarının 1,19°C daha sıcak hissedildiği görülmektedir. Türkiye’nin %0,3’ünde soğuk, %6,6’sında çok soğuk, % 57,4’ünde aşırı soğuk ve %35,7’sinde dondurucu soğuk termal algılamalar bulunmaktadır (Tablo 18). En olumlu koşullar Ege ve Akdeniz’deki denizel alanlarda ortaya çıkmaktadır. Bu alanları çevreleyen bir kuşak boyunca çok soğuk termal algılamalar izlenmektedir. Türkiye’nin doğusu, kuzeydoğusu ve yüksek dağlık alanları dışında kalan geniş alanlarında aşırı soğuklar hâkimdir. Dondurucu soğuklar Anadolu’nun doğu yarısında ve 1300 m’den yüksek kesimlerinde oluşmaktadır (Şekil 9). Saat

21:00 için yapılan regresyon analizine göre her 100 m yükselti artışında $0,87^{\circ}\text{C}$ ve 1° enlem artışında $1,17^{\circ}\text{C}$ FES değerini düşürmekte, kıyıdan karaya doğru her 100 km'de $0,22^{\circ}\text{C}$ artmaktadır (Tablo 19).

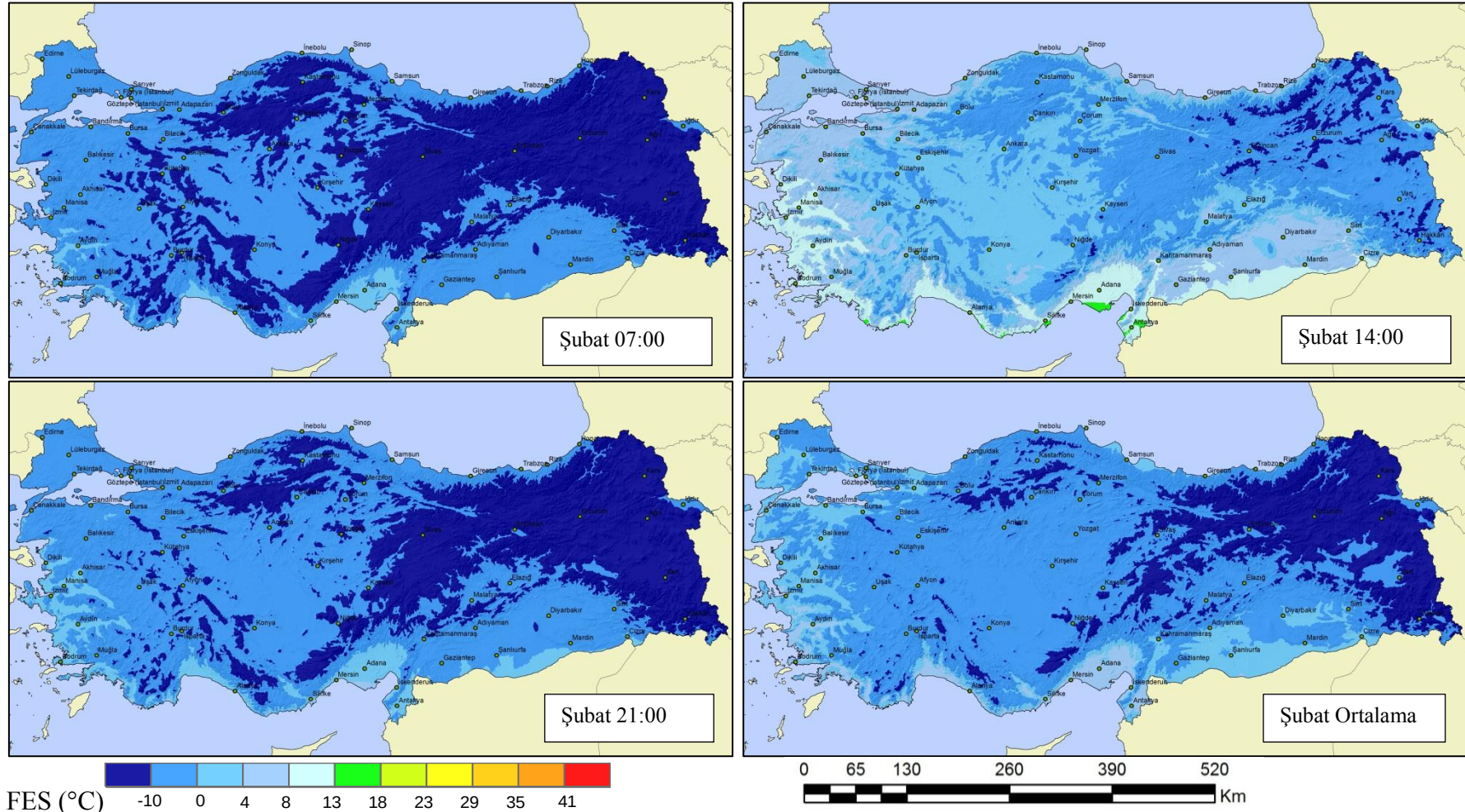
Şubat aylık ortalama FES değerleri aralık ve ocak aylarına nazaran daha yüksektir (en düşük $-33,75^{\circ}\text{C}$, en yüksek $7,13^{\circ}\text{C}$, ortalama $5,85^{\circ}\text{C}$) (Tablo 19). Bu ayda dondurucu soğukların kapladığı alan daralmakta (%23), aşırı soğukların kapladığı alan ise genişlemektedir (%60,6) (Tablo 18). Diğer iki kış ayında olduğu gibi kuzeydoğu Anadolu ve yüksek dağlık alanlar dışında tüm Türkiye'de hâkim termal algılama, aşırı soğuklardır. Genel olarak 300-800 m'den başlayan aşırı soğuk termal algılama alanları, 1000-1500 m'ye kadar çıkmaktadır. Batı, Orta ve Güneydoğu Toroslar, Küre, Köroğlu, Canik ve Doğu Karadeniz Dağları (1500 m'den yüksek), Karçal, Otlukbeli, Mescit, Yalnızçam Dağları, Anadolu'nun tüm kuzeydoğusu ise dondurucu soğuk algılamaların görüldüğü alanlardır (Şekil 9). Şubat ayı içindeki en olumlu termal algılamalar (soğuk algılamalar) güney ve güneybatıda ortaya çıkmaktadır. Çok soğuk termal algılamalar kuzeydeki kıyılar ve kıyı ovalarının 100 m yükseltiye kadar olan kesimlerinde belirginleşmektedir. FES değerleri, her 100 m yükselti artışında $0,86^{\circ}\text{C}$, kuzeye doğru her bir enlem derecesi için $1,23^{\circ}\text{C}$ azalmakta, kıyıdan iç kesimlere doğru her 100 km'de $0,32^{\circ}\text{C}$ artmaktadır (Tablo 19).

Tablo 18. Türkiye’de 1975-2008 şubat ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı.

Şubat		FES (°C)										
		< -10	-10 – 0	0 - 4	4 - 8	8 – 13	13 - 18	18 - 23	23 – 29	29 - 35	35 -41	> 41
07:00	km ²	354.848,29	392.550,92	23.199,09								
	%	46,1	50,9	3								
14:00	km ²	29.223,02	294.239,36	231.914,00	147.150,79	64.993,30	3.077,84					
	%	3,8	38,2	30,1	19,1	8,4	0,4					
21:00	km ²	275.446,60	442.553,94	50.478,78	2.118,99							
	%	35,7	57,4	6,6	0,3							
Ort.	km ²	177.592,49	466.843,63	100.554,99	25.607,19							
	%	23,1	60,6	13	3,3							

Tablo 19. Türkiye’de şubat ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları (1975-2008)

Şubat	Zaman dilimleri				Çoklu çizgisel regresyon bulguları	Zaman dilimleri			
	07:00	14:00	21:00	Ortalama		07:00	14:00	21:00	Ortalama
En düşük	-38,89	-25,72	-36,71	-33,75	(Sabit)	38,37493	68,31812	47,10947	51,31617
En yüksek	2,5	14,07	4,81	7,13	Enlem (1°)	-0,9948	-1,50458	-1,17	-1,23
Ortalama	-9,95	0,69	-8,29	-5,85	Yükselti (m)	-0,0091	-0,00798	-0,0087	-0,00858
					Denizellik (km)	0,002859	-0,00032	0,000532	0,000969



Şekil 9. Türkiye’de şubat ayı FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).

Matematiksel konumu gereği Türkiye'nin aralık, ocak ve şubat aylarında hem daha az, hem de daha kısa enerji alması yanı sıra kuzeyden gelen soğuk ve yağışlı hava kütlelerinin etkisi altına girmesi FES değerlerinin düşmesine neden olmaktadır. Enlem etkisinin kış aylarında diğer aylara göre daha düşük olduğu gözlenmektedir. Türkiye'nin tamamına daha az enerji geldiği, soğuk ve yağışlı hava kütlelerinin tamamı üzerinde etkili olduğu bu mevsimde, matematik konumun FES değerleri üzerinde daha az etkisi olması doğaldır. 36-42 enlem dereceleri arasında FES değeri farkı aralıkta 7,3°C, ocakta 8°C, şubatta 8,6°C'dir.

Türkiye'nin biyoklimatik koşulları üzerinde etkisi olan bir diğer bağımsız değişken yükseltidir. Yükseltinin iklim ve dolayısıyla biyoklimatik koşullar üzerine etkisi çok daha karmaşıktır. Her şeyden önce bir yerin yükseltisi o alana gelen enerji miktarının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Yükselti arttıkça (daha az dağılma, yansıma, soğrulma, kırılma olacağı için) gelen net radyasyon oranı artmaktadır. Ayrıca atmosfer kalınlığı yükseltiye bağlı olarak değişmektedir. Yükselti arttıkça atmosfer incelmekte, ince atmosfer de daha az radyasyon ve ısı tutmaktadır. Gelen enerji miktarı ve atmosferde tutulan ısı yükseltiye bağlı olarak değiştiği için enerji (radyasyon, ısı) akışı değişmekte ve hava koşulları (nem, rüzgâr) yükseltiden etkilenmektedir. İlk ikisinin bir sonucu olan bu durum, yükseltinin artmasıyla sıcaklıkla birlikte diğer meteorolojik parametrelerin de istikrarsız olmasına neden olmaktadır. Ayrıca atmosferik sınır katmanı (ASK) yükseltiye bağlı olarak inceliyor kalınlaşabilmektedir. Isı transferinin hızını ASK belirlemektedir. İnce bir ASK'de ısı transferi çok daha çabuk gerçekleşmekte ve hava sıcaklığında artış ve azalış kalın bir ASK'den çok daha çabuk ortaya çıkmaktadır. Bir alanın yükseltisi ile serbest atmosferdeki lapse rate oranı birbirine karıştırılmamalıdır. Atmosferik

koşullara bağlı olarak çok çeşitli değerlere sahip olmasına karşın serbest atmosferde 100 m’de nemli adyabatığe göre 0,3°C, kuru adyabatığe göre 1°C civarında sıcaklığın düştüğü hesaplanmıştır (Fairbridge ve Oliver, 2005: 449). Anlaşılması, açıklanması ve kullanımı kolay olduğu için genel olarak lapse rate 0,5°C/100 m olarak kabul edilmektedir. Serbest atmosferdeki lapse rate ile lokasyonların yükseltisine bağlı olarak değişen sıcaklıklar birbirinden farklıdır. Bir yerin deniz seviyesinden yüksekliği ile iklimi arasındaki ilişki daha karmaşıktır. Her 100 metrede 0,5°C sıcaklığın düştüğü ön kabulü serbest atmosfer için geçerlidir. Yükseltinin termal konfor koşullarına etkisinin en etkili olduğu aylar kış aylarıdır. Yıl içinde görece daha düşük değerlerin görüldüğü aylarda etkinin artması yükselti ve atmosfer yoğunluğu ilişkisinin belirleyici olduğunu göstermektedir. Yükseltiye bağlı olarak atmosfer incelidikçe ısı tutma kapasitesi ve istikrarlı yapı bozulmaktadır. Buna bağlı olarak enerji transferi daha hızlı gerçekleşmekte, hava sıcaklığı düşmektedir. Ayrıca nem koşulları, bulutluluk ve rüzgâr koşulları da bu hızlı enerji transferine bağlı olarak artmaktadır. Daha ince ASK daha fazla türbülanslı değişimi beraberinde getirmektedir. Yükselti azaldıkça tüm bu yukarıda sayılan değişkenler tersine işlemekte daha yüksek termal algılama değerlerinin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. 0 m yükseltisi olan bir yer ile Büyük Ağrı Dağı (5.137 m) arasındaki FES farkı (diğer değişkenler sabit olduğunda), aralıkta 43,1°C, ocakta 46,3°C, şubatta 44,1°C’dir.

Denizellik ve Türkiye’nin biyoklimatik koşulları arasında enlem ve yükseltiden farklı olarak daha doğrudan bir ilişki vardır. Denizellik atmosferin nem içeriğini etkileyen bir faktördür. Konveksiyon ve kondüksiyon yoluyla ısı transferinde nem önemli bir katalizör görevindedir. Hava bloğundaki nem oranına bağlı olarak ısı transferi üç kata kadar yavaşlayabilmektedir (kuru ve nemli adyabatik

örneğinde olduğu gibi). Dolayısıyla karasal alanlarda yüzeylerden konveksiyon, kondüksiyon yoluyla atmosfere bırakılan ısı FES değerlerini arttırmaktadır. Bileşiminde daha fazla nem içeren atmosferin ısı tutma kapasitesi daha fazla olmasına rağmen yüzeylere ulaşan radyasyonu da engellemektedir. Isınma sürecinde enerjinin yüzeylere ulaşmasını engelleyen nem, soğuma sürecinde yüzeylerin atmosfere verdiği ısıyı tutarak daha dengeli bir dağılım olmasını sağlamaktadır. Denizden uzaklaştıkça FES değerlerinde artma eğilimi görülmektedir. Denizelliğin etkisinin en zayıf olduğu ay ocaktır. FES değerleri aralıkta 0,10°C, şubatta 0,32°C artarken, ocakta 0,03°C artmaktadır. Aylar arasındaki FES değerleri hiyerarşisi ile denizden uzaklık katsayıları hiyerarşisinin aynı sıralamada olması gelen enerji miktarı ile atmosferdeki nem arasında doğrusal bir ilişki olduğunu açıklamaktadır. Atmosferdeki nem karasal alanlarda daha az olduğu için kısa dalga radyasyon çok fazla engellenmeden yüzeylere ulaşabilmektedir. Isınan yüzeylerden konveksiyon ve kondüksiyon yoluyla atmosfere bırakılan ısı karasal alanlarda FES değerlerinin hızla artmasına neden olmaktadır. Denizellik etkisinin yüksek olduğu aylar mayıs-eylül arasında bulunurken, düşük olduğu aylar ekim-nisan arasındadır. Bu haliyle aylık ortalamalara göre örneğin Iğdır 275 km uzak olduğu Karadeniz kıyısından aralıkta 0,27°C, ocakta 0,08°C, şubatta 0,88°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir.

Kış mevsiminde en düşük FES değerlerinin ortalaması -34,5°C, en yüksek FES değerlerinin ortalaması 7°C ve Türkiye ortalaması -6,1°C'dir (Tablo 20). Kış mevsiminde en baskın termal konfor aralığı aşırı soğuktur (Tablo 21). Bu mevsimde soğuk baskısının hakim olmasının nedeni güneşlenme süresi ve global radyasyon oranının görece daha düşük olmasıdır. Güneşlenme süresi ortalama 3 saat 30 dakika ve solar radyasyon oranı 173,3 W/m² civarındadır.

Tablo 20. Türkiye'de FES değerlerinin mevsimlik en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri (1975-2008).

Mevsimler	FES değerleri (°C)		
	Minimum	Maksimum	Ortalama
Kış	-34,5	7,0	-6,1
İlkbahar	-12,7	16,9	6,7
Yaz	-0,5	36,2	21,2
Sonbahar	-13,1	20,6	8,8

Tablo 21. Türkiye’de FES değerlerinin mevsimlere göre kapladıkları alan (km²) ve oranı (1975-2008).

Mevsimler		Termal algılama düzeyleri									
		< -10	-10 – 0	0 – 4	4 – 8	8 – 13	13 – 18	18 – 23	23 – 2	29 – 35	35 –41
Kış	km ²	188542	458893	97924	25239						
	%	24,5	59,6	12,7	3,3						
İlkbahar	km ²	10251	111324	110680	129264	162474	161145	85086	374		
	%	1,3	14,4	14,4	16,8	21,1	20,9	11,0	0,05		
Yaz	km ²		157	1020	7323	43820	143454	293589	229129	49433	4165
	%		0,02	0,1	0,9	5,7	18,6	38,0	29,7	6,4	0,5
Sonbahar	km ²	7558	89926	93434	99111	137826	176565	98575	67309	294	
	%	1,0	11,7	12,1	12,9	17,9	22,9	12,8	8,7	0,04	

4.1.4. Mart ayı biyoklimatik koşulları

Soğuk mevsim ve sıcak mevsim arasındaki geçişi astronomik olarak temsil eden baharın ilk ayı marttır. İlkbahar içinde martın daha çok kış mevsimini karakterize ettiği gözlenmektedir. Güneşlenme süresi 5 saat 10 dakika, global radyasyon 317,2 W/m² olmasına rağmen, bu durum yüzeylerin henüz ısınması ve kuzeyli hava kütlelerinin etkili olmasından kaynaklanmaktadır. Türkiye'nin tamamında soğuk stresi varlığını korumaktadır. Mart sabahlarında da termal konfor koşullarının Türkiye genelinde olumsuz olduğu gözlenmektedir. Hesaplanan en düşük değer -26,52°C, en yüksek değer 6,53°C ve Türkiye ortalaması -3,86°C'dir (Tablo 23). Bu ayda dört farklı termal algılama düzeyinde FES değerleri bulunmaktadır. Türkiye'nin %4,5'inde soğuk, %17'sinde çok soğuk, %11'inde

dondurucu soğuk termal algılamalar yaşanırken, %67,5'lik önemli bir bölümünde aşırı soğuk termal algılamalar yaşanmaktadır (Tablo 22). Türkiye'nin güneyi ve güneybatısındaki alçak denizel alanlar yanı sıra güneydoğusundaki karasal alanlarda da soğuk algılamalar bulunmaktadır. Sınırlı alanlar içine hapsolmuş bu termal algılamaların çevresinde güneyde 1000-1100 m, kuzeyde ise 600 m yükseltisi olan alanlardaki çok soğuk termal algılamalar bulunmaktadır. Çarşamba, Bafra ovaları yanı sıra kara içindeki tektonik ovaların da çevrelerine nazaran daha yüksek FES değerleri olduğu görülür. Mart saat 07:00'de en yaygın görülen termal algılama aşırı soğuk termal algılama düzeyidir. 2500 m'den yüksek dağlık alanlar ve Anadolu'nun kuzeydoğusunda dondurucu soğuklar bulunmaktadır (Şekil 10). Her bir 100 m yükselti artışı 0,72°C, 1°'lik enlem artışı ise 1,12°C FES değerinin azalmasına neden olmaktadır. Kıyıdan uzaklaşılan her 100 km'de FES 0,81°C artmaktadır (Tablo 23).

Mart 14:00 FES değerleri sabah saatlerinden ortalama 10,33°C daha yüksektir. En düşük değer -15,45°C, en yüksek değer ve 18,02°C, Türkiye ortalaması ise 6,47°C'dir (Tablo 23). Her ne kadar şubat ayına kıyasla 6°C civarında bir artış görülse de ülkenin %61'inde soğuk algılamalar görülmektedir. %8,9'da çok az serin, %30,2'de ise serin algılamalar bulunmaktadır. Anamur Burnu'nda çok sınırlı bir alanda da olsa (10,98 km²; %0,001) konforlu algılamalar dikkati çekmektedir (Tablo 22). Çok az serin termal algılamalar, Anadolu'nun güneyi ve güneybatısında çok ince bir hat boyunca uzanmaktadır. Serin koşullar bu alanların hemen kuzeyinde başlamakta ve Karadeniz kıyısında da kendini göstermektedir. Mart öğleden sonralarının en yaygın termal algılama düzeyi olan soğuk termal algılamalar iç batı ve iç Anadolu'da kendini göstermektedir. Anadolu'nun doğusu, kuzeyi ve kuzeydoğusunda ise 4°C'den daha düşük FES değerleri hâkimdir (Şekil 10). FES

değerleri 1°'lik enlem artışında 1,53°C, 100 m'lik yükselti artışında 0,67°C azalmakta, denizden uzaklaşılan her 100 km'de ise 0,8°C artmaktadır (Tablo 23).

Mart akşam saatleri için Türkiye'de hesap edilen en düşük değer -26,11°C, en yüksek değer 7,6°C ve ortalama değer ise -3,5°C'dir (Tablo 23). Mart ayı saat 21:00 değerleri, şubata göre ortalama 4,79°C daha yüksektir. Akşam saatlerindeki FES'ler sabah saatlerinden 0,36°C daha yüksek, öğle saatlerinden 9,97°C daha düşüktür. Alansal dağılım saat 07:00 ile çok benzerdir. Türkiye'nin %5,8'inde soğuk, %17'sinde çok soğuk, %66,2'sinde aşırı soğuk ve %10'unda dondurucu soğuk termal algılamalar yaşanmaktadır (Tablo 22). En yüksek FES değerleri Türkiye'nin güney ve güneybatısındaki alçak alanlarda ince bir hat boyunca kendini göstermektedir. Mart akşamlarında Türkiye'nin neredeyse tamamında çok soğuk ve aşırı soğuk termal algılamalar bulunurken, güneyde 3000 m'den yüksek kesimler ve Anadolu'nun kuzeydoğusunda dondurucu soğuklar kendini göstermektedir (Şekil 10). Yapılan istatistiki analizlere göre saat 21:00'de FES'ler her bir 100 m yükselti artışında 0,70°C, iki enlem arasında ise 1,27°C azalmakta, denizden uzaklaşılan her 100 km'de 0,47°C artmaktadır (Tablo 23).

Mart soğuk baskılarının Türkiye'nin tamamında varlığını koruduğu bir aydır. Bu haliyle marttaki aylık ortalama biyoklimatik koşullar kış aylarıyla benzer özellik gösterir. Şubat ayı ortalamasıyla kıyaslandığında FES 5,55°C daha yüksektir (en düşük -22,75°C, en yüksek 10,75°C, ortalama -0,3°C) (Tablo 23). Mart ayında dondurucu soğuk algılamaların alanı daralmaktadır (%3,1). Bu algılamalar Toros Dağları'nın 3000 m'den, Köroğlu Dağları'nın 2000-2200 m'den yüksek bölümleri ve Anadolu'nun yüksek kuzeydoğu ve doğusunda hâkim olmaktadır. Aşırı soğuk termal algılamalar mart ayında en geniş alana sahiptir. Anadolu'nun 1200-1400 m'den

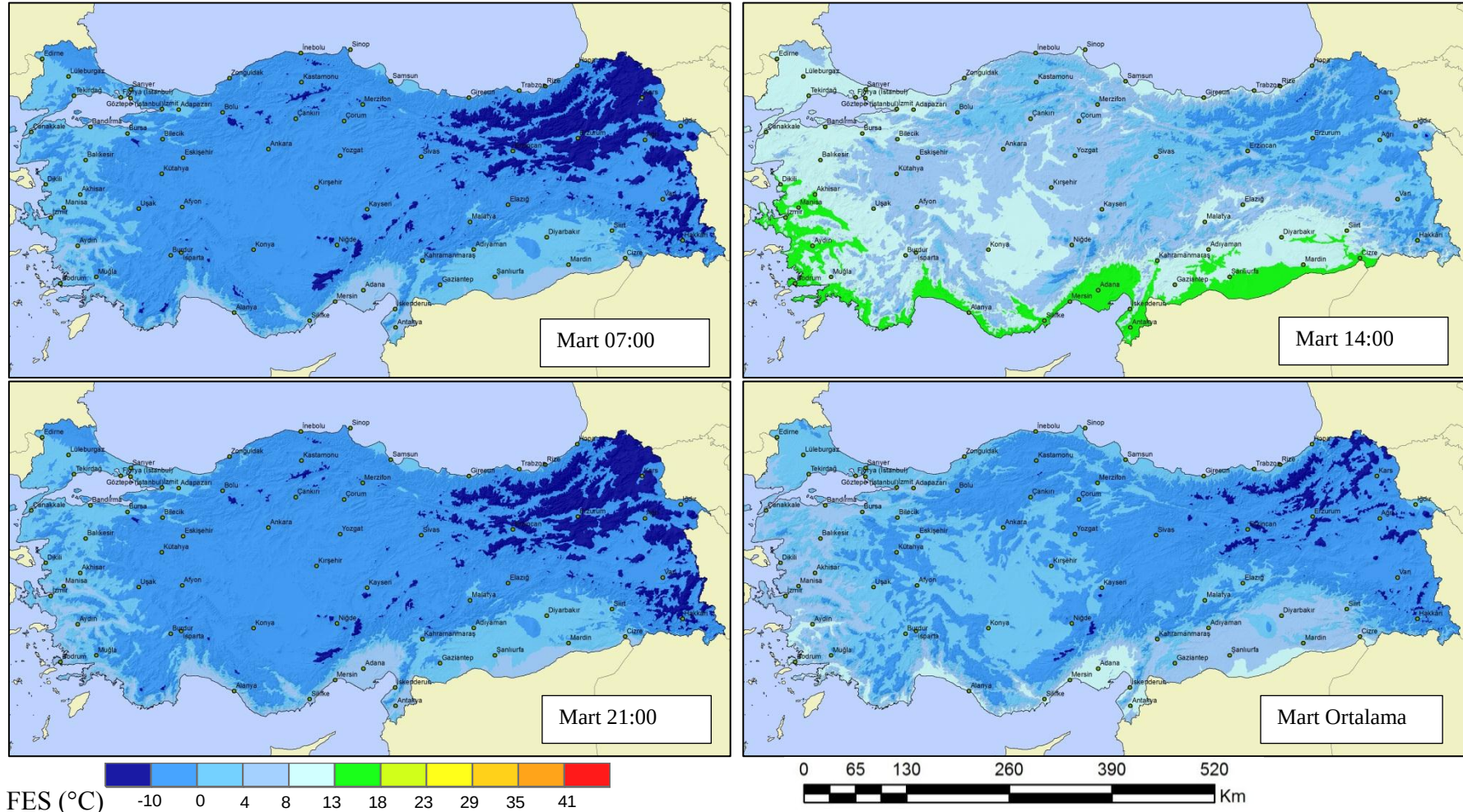
yüksek dağ ve platolarında ise aşırı soğuk termal algılamalar bulunmaktadır. Aşırı soğuklar mart ayında en sık rastlanılan termal algılama düzeyini oluşturmaktadır (%46,2). Mart ayının kış aylarından en belirgin farkı, serin termal algılama düzeyinin bu ayda görülmeye başlamasıdır. 800-1200 m yükselti arasında kalan bölgelerde, Karadeniz kıyısında, Anadolu'nun iç bölümündeki ova ve vadilerde çok soğuk, (%32,67), karasal alanlarda 800 m, denizel alanlarda 200-400 m yükseltiye kadar olan yerlerde görülen soğuk termal (%14,05) algılamalar yanında küçük bir paya sahip olan serin termal algılama (%3,96) alanları, güney ve güneybatıda ince bir kuşak boyunca uzanmaktadır (Tablo 22; Şekil 10). Yapılan istatistiki analizler sonucu mart ayı ortalamalarına göre her bir 100 m yükselti artışı FES değerlerini $0,7^{\circ}\text{C}$, 1° 'lik enlem artışı $1,31^{\circ}\text{C}$ azaltmakta, denizden uzaklaşılan her 100 km'de $0,59^{\circ}\text{C}$ artırmaktadır (Tablo 23).

Tablo 22. Türkiye’de mart ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı (1975-2008).

Mart		FES (°C)										
		< -10	-10 – 0	0 – 4	4 - 8	8 – 13	13 - 18	18 - 23	23 - 29	29 - 35	35 -41	> 41
07:00	km ²	85.264,60	520.096,49	130.839,33	34.397,89							
	%	11	67,5	17	4,5							
14:00	km ²	197,63	75.881,03	147.842,48	245.579,47	232.777,70	68.309,03	10,98				
	%	0,03	9,9	19,2	31,9	30,2	8,9	0,001				
21:00	km ²	76.675,19	510.705,60	138.378,39	44.839,12							
	%	10	66,2	18	5,8							
Ort.	km ²	24.059,12	356.015,75	251.786,38	108.247,76	30.489,29						
	%	3,1	46,2	32,7	14	4						

Tablo 23. Türkiye’de mart ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları (1975-2008)

Mart	Zaman dilimleri				Çoklu çizgisel regresyon bulguları	Zaman dilimleri			
	07:00	14:00	21:00	Ortalama		07:00	14:00	21:00	Ortalama
En düşük	-26,52	-15,45	-26,11	-22,75	(Sabit)	47,13339	73,05202	53,35361	58,0483
En yüksek	6,53	18,02	7,6	10,75	Enlem (1°)	-1,12598	-1,52619	-1,27	-1,31
Ortalama	-3,86	6,47	-3,5	-0,3	Yükselti (m)	-0,00721	-0,00674	-0,007	-0,007
					Denizellik (km)	0,008192	0,004779	0,004656	0,005882



Şekil 10. Türkiye’de mart ayı FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).

4.1.5. Nisan ayı biyoklimatik koşulları

Mart kış aylarıyla, mayıs ise yaz aylarıyla benzerlikler gösterirken ilkbahar mevsimini karakterize eden ay nisandır. Nisan ayında güneşlenme süresi 6 saat 30 dakika, solar radyasyon $393,4 \text{ W/m}^2$ 'dir. Bu rakamlar neredeyse ilkbahar mevsimi ortalamasına eşittir. Nisan ayı saat 07:00 ortalamaları dikkate alındığında Türkiye'de hissedilen termal algılama değerinin en düşüğü $-12,21^\circ\text{C}$, en yükseği $14,56^\circ\text{C}$ ve Türkiye ortalaması $5,19^\circ\text{C}$ 'dir (Tablo 25). Meteorolojik parametrelerdeki olumlu gidişin devam etmesi termal konfor değerlerine de yansımakta ve soğuk dönemin aşırı baskılarının az da olsa hafiflediği görülmektedir. Bu haliyle altı farklı düzeyde termal algılama sınıfı ortaya çıkmaktadır. Türkiye'nin %0,7'sinde çok az serin, %20,6'sında serin ve %43,6'sında soğuk termal algılamalar bulunurken, %35,1'inde 4°C daha düşük FES değerleri ortaya çıkmaktadır (Tablo 24). Nisan sabahlarında en sıcak hissedilen alanlar genellikle güneydoğuda kara içi alçak alanlardır. Akdeniz kıyısında kimi alanlarda da çok az serin termal algılamalar bulunabilmektedir. Daha yaygın bulunan serin termal algılamalar, güneydoğu yanı sıra Akdeniz ve Ege kıyıları boyunca Anadolu'nun güneyi ve batısında yaygındır. Saat 07:00'de en yaygın karşılaşılan soğuk termal algılamalar ise Anadolu ve Trakya'nın kuzey kıyılarında, karasal iç bölgelerin 1300-1700 m'ye kadar olan alanlarında gözlenmektedir. Yüksek kıvrım ve volkan dağları, Anadolu'nun doğusu ve kuzeydoğusunda ise yükselti arttıkça çok soğuk, aşırı soğuk ve dondurucu soğuk termal algılamaların birbirini izlediği görülmektedir (Şekil 11). Saat 07:00'de FES değerleri 100 m yükselti artışında $0,56^\circ\text{C}$, her bir derecelik enlem artışında $1,02^\circ\text{C}$ azalmakta, denizden kara içlerine doğru her 100 km'de $0,97^\circ\text{C}$ artmaktadır (Tablo 23).

Saat 14:00'te, Türkiye'nin güneyinde ve batısında soğuk stresi yerini konforlu termal algılamalara bırakmaktadır. Dar alanlarda da olsa konforlu termal algılamaların ortaya çıktığı ilk zaman dilimidir. Buna rağmen geniş alanlar boyunca konforsuz koşulların varlığı da dikkat çekmektedir. Mart saat 14:00 ortalamalarından 7°C civarında daha yüksek olan termal algılamalar, nisan 07:00 ortalamasından da 8,28°C daha yüksektir. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen en düşük değer -4,45°C, en yüksek değer 22,78°C ve Türkiye ortalaması 13,48°C'dir (Tablo 25). Bu haliyle Türkiye'de, nisan ayı öğleden sonralarında çok geniş bir alanda (%58) 13°C'den daha yüksek FES değerleri ortaya çıkarken, %42'sinde ciddi soğuk stresinin varlığını koruduğu gözlenmektedir (Tablo 24). FES değerlerinin en yüksek düzeylerinin görüldüğü alanlar, termal stresin olmadığı konforlu koşulların gözlemlendiği alanlardır. Güneydoğu Torosların güneyindeki alçak karasal alanlar, Akdeniz ve Ege kıyılarındaki vadi tabanları ve ovalarda konforlu koşullar bulunmaktadır. Öğleden sonraki termal konfor koşulları göz önünde tutulduğunda, en yaygın karşılaşılan düzey çok az serindir. Bütün Karadeniz kıyılarında, Trakya Yarımadası'nın tamamında, iç ve iç batı Anadolu'da çok az serin algılamalar bulunmaktadır. Akdeniz ve Ege'de 1200-1800 m'ler kara içlerinde ve kuzeyde ise 1000-1300 m'den daha yüksek alanlarda ise serin hissedilmektedir. Yüksek dağlık alanlar ve kuzeydoğu Anadolu'da her zaman olduğu gibi en düşük FES değerleri gözlenmektedir (Şekil 11). Saat 14:00 FES değerleri 100 m yükselti farkında 0,27°C, 1° enlem farkında 1,27°C azalmaktadır. Denizden uzaklaşılan her bir 100 km'de 0,80°C FES değerleri artmaktadır (Tablo 25).

Saat 21:00'de en düşük FES değeri -14,15°C, en yüksek değer 11,17°C ve ortalama ise 2,64°C'dir (Tablo 25). Nisan akşamları sabahlarından 2,56°C, öğleden

sonralarından 10,84°C daha soğuk algılanmaktadır. Nisan ve mart ayları akşam saatleri kıyaslandığında, nisan değerlerinin 6,14°C daha yüksek olduğu görülmektedir. Saat 21:00 FES'lerine göre Türkiye'de serin termal algılamalar %7,9, soğuklar %29,8, çok soğuklar %39 ve aşırı soğuklar %23,2 bir paya sahiptir (Tablo 24). Nisan akşamlarında serin termal algılamalar Diyarbakır Havzası, Atatürk Baraj Gölü çevresi, Şanlıurfa-Cizre hattı güneyinde, Akdeniz ve Ege kıyılarının uygun topografya koşullarına sahip alanlarında bulunmaktadır. Anadolu'nun güneydoğusunda, güneyinde, batısında, iç kesimlerinde ve Karadeniz kıyılarında soğuk termal algılamalar hâkimdir. Anadolu'nun güneyi ve kuzeyinde uzanan dağların etekleri ve iç kesimlerinde çok soğuklar egemendir. Yüksek kuzeydoğu ve doğuda aşırı soğuklar gözlenmektedir. Dondurucu soğuklar ise Büyük Ağrı Zirvesi, Doğu Karadeniz ve Karçal dağları zirvelerinde ortaya çıkmaktadır (Şekil 11). Saat 21:00'de 100 m yükselti artışında 0,54°C, 1°'lik enlem artışında 1,1°C FES değerleri azalmaktadır. Kıyıdan kara içlerine doğru her 100 km için termal algılama değerleri 0,66°C artmaktadır (Tablo 25).

Nisan aylık ortalama FES'leri nispeten daha konforlu koşullar sağlamasına karşın, insan faaliyetleri açısından uygun olan 18°C'nin altında kalmaktadır. Bu ayda ortalama FES değerlerinin en düşüğü -10,42°C, en yükseği 16,13°C, Türkiye ortalaması ise 7,11°C'dir (Tablo 25). Mart ayına göre ortalama termal algılama değerinin 7,41°C daha yüksek olduğu bu ayda, soğuk baskısı varlığını korumasına rağmen şiddeti önemli ölçüde azalmıştır. Nisanda serin algılamalar hâkim duruma geçmektedir (%36,8). Bu algılamalar, Trakya'nın tamamı, Anadolu'nun batısı, kuzeyi ve iç kesimlerindeki alçak alanlarda dağılışı göstermektedir. Farklı derecelerde soğuk algılamaların görüldüğü bu ayda, en düşük FES değerleri (dondurucu termal

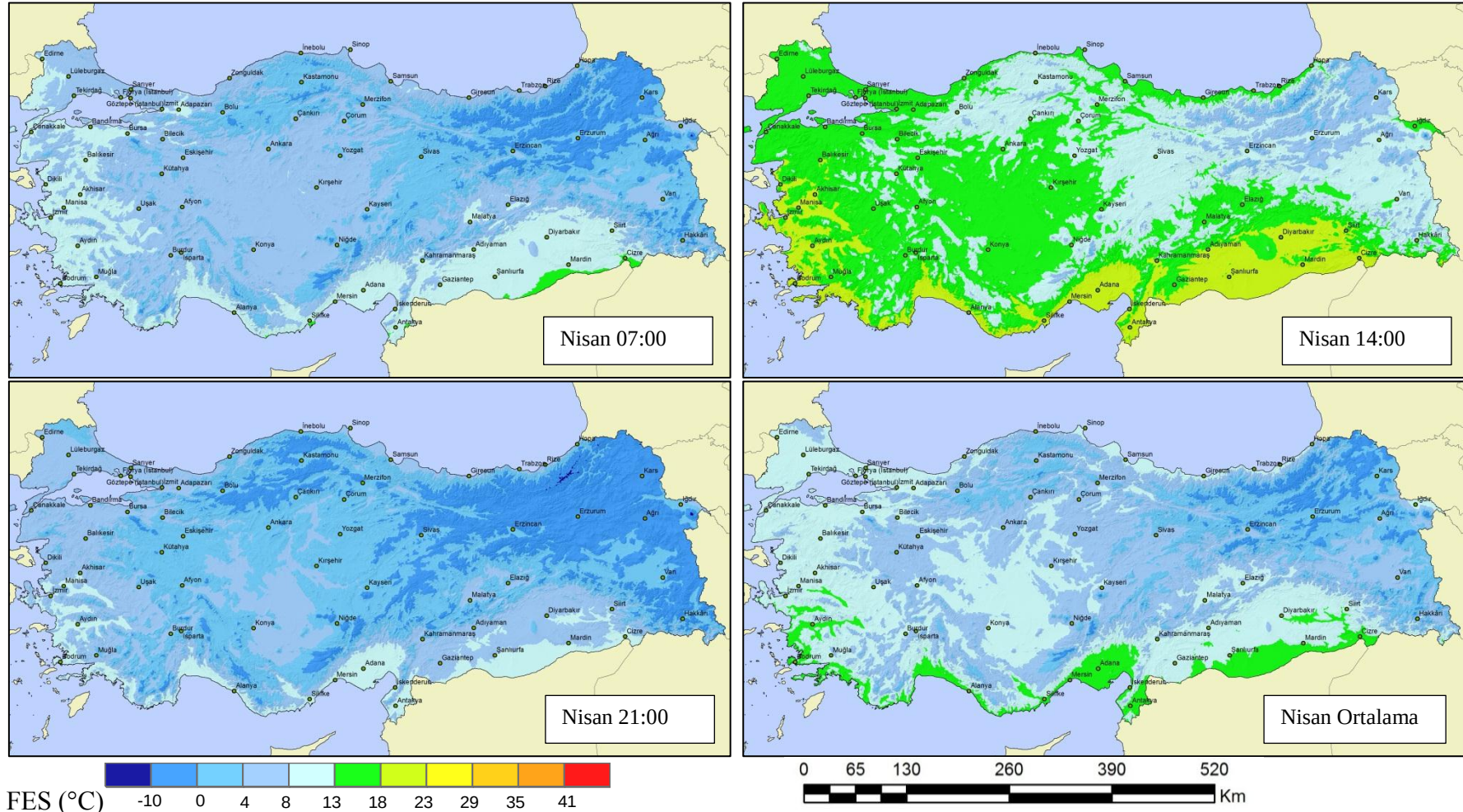
algılama) sadece Büyük Ağrı Dağı'nın zirve kısmında gör÷lmektedir (7 km²) (Tablo 24). Anadolu'nun kuzeydoğusunda bulunan kıvrım ve iç bölgelerinde bulunan yüksek volkanik dağların zirveye yakın kesimlerinde aşırı soğuk, Toros Silsilesinin 2500 m'den yüksek, Köroğlu ve Küre Dağları'nın 1600-1700 m'den yüksek bölümleri ve Doğu Karadeniz Dağları'nda çok soğuk, güneyde 2000-2500, kuzeyde 1500-1800 m yükseltisi olan yerlerde ise soğuk termal algılamalar hâkimdir (Şekil 11). Nisan ayı ortalama FES'lerinde her bir 100 m yükselti artışı 0,56°C, 1°'lik enlem değeri artışında 1,13°C azalma, denizden uzaklaşılan her 100 km'de 0,81°C artma gör÷lmektedir (Tablo 25).

Tablo 24. Türkiye’de nisan ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı (1975-2008).

Nisan		FES (°C)										
		< -10	-10 – 0	0 – 4	4 - 8	8 – 13	13 - 18	18 - 23	23 - 29	29 - 35	35 -41	> 41
07:00	km ²	29,28	74.750,17	195.759,44	336.399,55	158.488,66	5.171,21					
	%	0,004	9,7	25,4	43,7	20,8	0,7					
14:00	km ²		497,72	10.532,73	62.149,69	251.182,53	343.082,23	103.153,40				
	%		0,06	1,4	8,1	32,6	44,5	14				
21:00	km ²	442,83	179.429,68	300.208,39	229.831,61	60.685,79						
	%	0,06	23,3	39	29,8	7,9						
Ort.	km ²	7,32	34.859,01	123.604,02	278.312,17	283.640,75	50.175,02					
	%	0,001	4,5	16	36,1	36,8	6,5					

Tablo 25. Türkiye’de nisan ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları (1975-2008)

Nisan	Zaman dilimleri				Çoklu çizgisel regresyon bulguları	Zaman dilimleri			
	07:00	14:00	21:00	Ortalama		07:00	14:00	21:00	Ortalama
En düşük	-12,22	-4,45	-14,55	-10,42	(Sabit)	50,41358	68,2869	50,82146	56,60174
En yüksek	14,57	22,78	11,17	16,13	Enlem (1°)	-1,02857	-1,26678	-1,10	-1,13
Ortalama	5,2	13,48	2,64	7,11	Yükselti (m)	-0,00568	-0,00571	-0,00544	-0,00562
					Denizellik (km)	0,009768	0,008014	0,006573	0,008135



Şekil 11. Türkiye’de nisan ayı FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).

4.1.6. Mayıs ayı biyoklimatik koşulları

İlkbaharın son ayı olan mayısta yaz mevsimine benzer biyoklimatik koşullar oluşmaktadır. Güneşlenme süresi 8 saat 20 dakikaya, solar radyasyon gelimi $477,4 \text{ W/m}^2$ 'ye çıkmaktadır. Gelen enerji oranının artması, soğuk ve nemli hava kütlelerinin yerini sıcak ve kuru olanların alması biyoklimatik koşulların da iyileşmesini beraberinde getirmektedir. Saat 07:00'deki FES değerleri en düşük $-6,24^\circ\text{C}$, en yüksek değer $22,12^\circ\text{C}$ ortalama ise $12,03^\circ\text{C}$ 'dir (Tablo 27). Konforlu koşullar %7,1, az serin termal algılamalar %36,3, serin termal algılamalar %40,6'lık paya sahiptir. %16'lık bir bölümde ise 8°C FES'ten daha düşük değerler bulunmaktadır (Tablo 26). Sabah saatlerinde konforlu termal algılamalar güneydoğudaki karasal alçak alanlarda ve Akdeniz-Ege kıyıları boyunca ortaya çıkmaktadır. Karadeniz kıyı kuşağı, Batı Anadolu'nun tamamı, iç kesimlerin yanı sıra doğudaki alçak ovalarda da çok az serin termal algılamalar bulunmaktadır. En yaygın karşılaşılan serin termal algılamalar, Anadolu'nun içlerindeki yüksek kesimlerde ve dağ eteklerinde kendini göstermektedir. Türkiye'nin yüksek doğusu ve kuzeydoğusu yanında tek tek duran yüksek dağlarında ise soğuktan başlayarak aşırı soğuğa doğru giden termal algılamalar hesaplanmıştır (Şekil 12). FES'ler 100 m yükselti artışında $0,56^\circ\text{C}$, 1° 'lik enlem artışında $1,15^\circ\text{C}$ FES değerlerinde azalmakta, kıyıdan uzaklaşılan 100 km'de ise $1,8^\circ\text{C}$ yükselmektedir (Tablo 27).

Öğleden sonraki FES'lerin önceki aya nazaran ortalama $6,32^\circ\text{C}$ daha yüksektir. Türkiye'nin güneyi, batısı ve iç bölgelerinde insan aktiviteleri bakımından en uygun termal koşullara işaret eden konforlu ve çok az sıcak termal algılamaların varlığı dikkat çekmektedir. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen en düşük FES değeri $-0,46^\circ\text{C}$, en yüksek FES değeri $32,27^\circ\text{C}$ ve Türkiye ortalaması ise

19,80°C'dir (Tablo 27). Sabah saatlerine göre FES'ler 7,77°C daha yüksektir. Türkiye'nin %1,6'sında sıcak, %19,6'sında çok az sıcak, %46,5'inde konforlu ve %24,2'sinde çok az serin termal algılamalar bulunmaktadır. Çok sınırlı bir alan (%8,1; 13°C'den düşük FES) dikkate alınmadığında, neredeyse Türkiye'nin tamamında 13°C ile 29°C arasında FES değerleri hâkimdir (Tablo 26). Sıcak termal algılamaların ortaya çıktığı alanlar Cizre-Şanlıurfa boyunca çizilecek bir hattın güneyi, Amik Ovası ve Anamur'dur. Bu alanları kuşatır şekilde güneydoğu, güneybatı ve batı Anadolu'da çok az sıcak termal algılamalar ortaya çıkmaktadır. Konforlu termal algılamalar asıl olarak Anadolu'nun kuzey kıyıları ve kara içlerindeki alçak alanlarda yoğunlaşmaktadır. Ülkenin kuzey ve güneyinde uzanan kıvrım dağları yanı sıra karasal yüksek alanlarda çok az serin termal algılamalar bulunmaktadır. Kuzeydoğudaki yüksek alanlar ve dağların 2500 m'den yüksek alanlarında ise 13°C'den daha düşük FES değerleri ortaya çıkmaktadır (Şekil 12). Saat 14:00 FES değerlerinin yükselti, enlem ve denizellik değişkenleriyle gerçekleştirilen istatistiki analizlerine göre FES'lerde 100 m yükselti artışı 0,66°C, kuzeye doğru gidilen her bir enlem 1,49°C düşüş, denizden kara içine doğru gidilen her 100 km'de de 1,48°C artış görülmektedir (Tablo 27).

Saat 21:00'deki biyoklimatik koşullar, Türkiye'nin geniş alanlarında soğuk stresinin hafiflemesine rağmen varlığını koruduğunu göstermektedir. En düşük FES değeri -9,88°C, en yüksek FES değeri 16,32°C ve Mayıs ayı saat 21:00 ortalaması 16,32°C'dir (Tablo 27). Mayıs ayı akşam saatleri öğleden sonra saatlerinden 12,39°C, sabah saatlerinden 4,62°C daha düşüktür. Nisan akşam saatlerinden ise 4,77°C daha yüksektir. Türkiye'nin %7,9'unda çok az serin, %39'unda serin, %34,5'inde soğuk, %14,6'sında çok soğuk ve %3,9'unda aşırı soğuk termal

algılamalar bulunmaktadır (Tablo 26). Güneyde alçak karasal ve denizel alanlarda çok az serin termal algılamalar bulunurken, batı, kuzey kıyılarında ve iç kesimlerin yükseltisi az olan bölümlerinde ise serin termal algılamalar hâkimdir. Bu kuşağın hemen üzerinde bulunan yükseltilerde ve Anadolu'nun doğusunda soğuk ve çok soğuk termal algılamalar kendilerini göstermektedir. Küre, Koroğlu dağları, Orta Toroslar yanı sıra kuzeydoğudaki yüksek alanlarda da aşırı soğuklar hâkimdir (Şekil 12). Yapılan istatistiki analizler sonucu mayıs ayı saat 21:00'de her bir 100 m yükselti artışının FES değerlerinde $0,56^{\circ}\text{C}$ azalmaya neden olduğu bulunmuştur. 1° 'lik enlem artışında ise termal algılamaların $1,14^{\circ}\text{C}$ düştüğü, denizden uzaklaşılan her 100 km'de hissedilen sıcaklığın $0,95^{\circ}\text{C}$ yükseldiği hesaplanmıştır (Tablo 27).

Aylık ortalama termal konfor değerlerinin insan yaşamı için uygun koşullar oluşturduğu ilk ay mayıstır (en düşük $-4,82^{\circ}\text{C}$, en yüksek $23,82^{\circ}\text{C}$, Türkiye ortalaması $13,24^{\circ}\text{C}$) (Tablo 27). Mayıs ortalaması nisan ayından $6,13^{\circ}\text{C}$ daha yüksektir. Bu ayda Anadolu'nun kuzeyi ve kuzeydoğusunda soğuk baskıları varlığını korurken, güney ve güneydoğuda olumlu termal algılamalar ortaya çıkmaktadır. Soğuk algılamaların alanları büyük ölçüde daralmaktadır (%0,15 aşırı soğuk, %1,86 çok soğuk, %8,91 soğuk termal algılama). Farklı düzeydeki bu soğuk algılamalar kuzeyde 1400 m, güneyde 2500 m'lerden itibaren görülmektedir. Bunların yanında serin (%33,5) ve çok az serin (%42,6) algılamaların alanları genişlemektedir. FES'lerdeki yükselmelere bağlı olarak konforlu (%13) ve dar bir alanda da olsa çok az sıcak (%0,06) koşullar ortaya çıkmaktadır (Tablo 26). Termal stresin olmadığı konforlu koşullar, güneydoğuda karasal alçak alanlar yanı sıra Akdeniz ve Ege kıyısındaki ovalar ve vadi tabanlarında görülmektedir. En geniş alan kaplayan çok az serin algılamalar ise 600-1600 m yükseklikler arasında yoğunlaşmaktadır (Şekil 12).

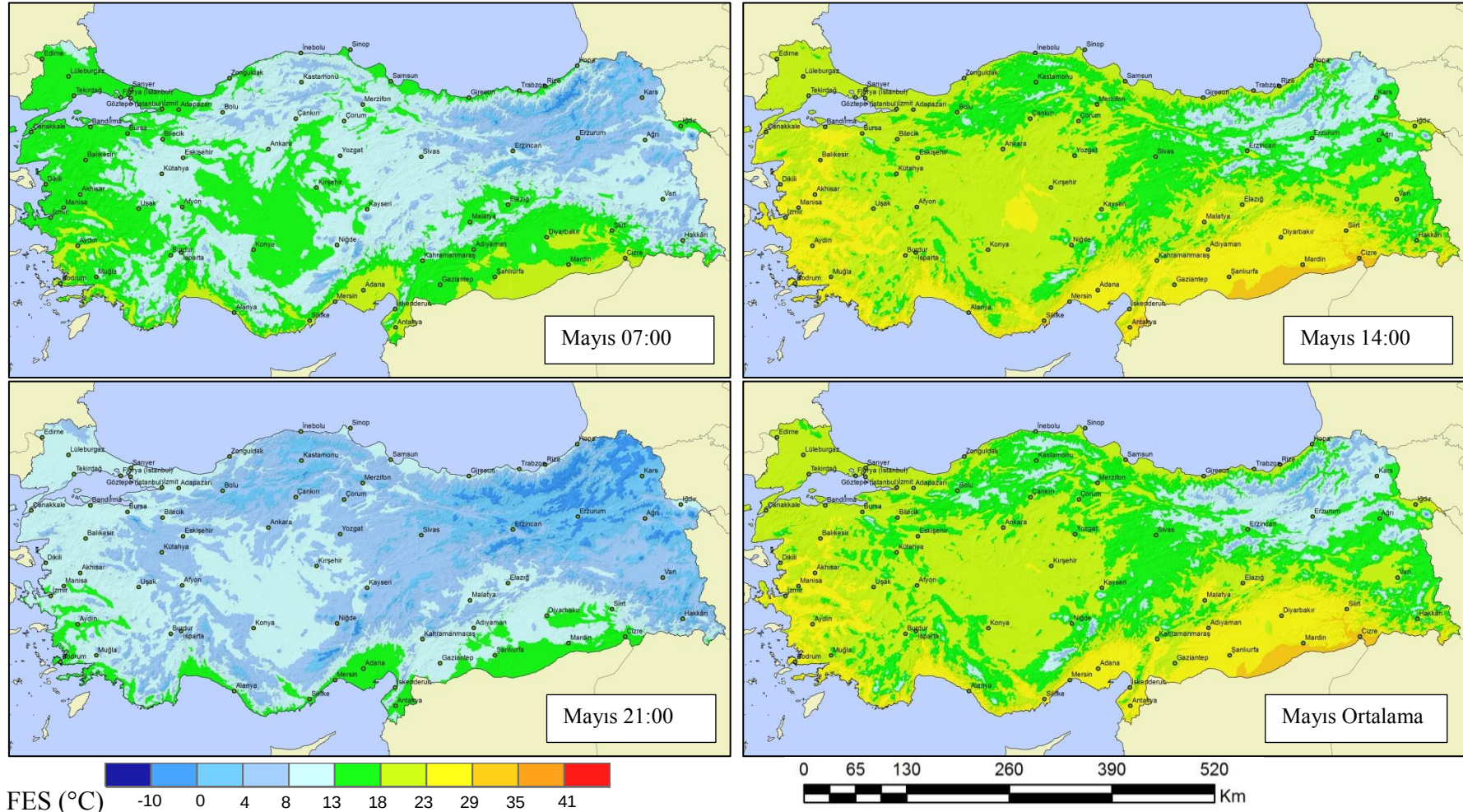
Mayıs ayı ortalama FES değerlerinin 100 m yükselti farkında 0,59°C, 1° enlem farkında 1,24°C değiştiği hesaplanmıştır. Yükselti ve enlem arttıķa FES değerleri düşmektedir. Denizden uzaklaşılan her bir 100 km’de FES değerleri 1,18°C artmaktadır (Tablo 27).

Tablo 26. Türkiye’de mayıs ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı (1975-2008).

Mayıs		FES (°C)										
		< -10	-10 – 0	0 - 4	4 - 8	8 – 13	13 - 18	18 - 23	23 – 29	29 - 35	35 -41	> 41
07:00	km ²		2.503,26	24.476,33	96.192,58	312.556,35	279.732,15	55.137,63				
	%		0,3	3,2	12,5	40,6	36,3	7,2				
14:00	km ²		3,66	640,45	7.275,56	54.720,42	186.862,61	358.262,83	150.810,52	12.022,24		
	%		0,0005	0,08	0,9	7,1	24,2	46,5	19,6	1,6		
21:00	km ²		30.280,68	112.698,00	266.139,88	300.512,15	60.967,59					
	%		3,9	14,6	34,5	39	7,9					
Ort.	km ²		1.145,50	14.360,82	68.634,75	258.011,60	328.132,20	99.874,28	439,17			
	%		0,1	1,9	8,9	33,5	42,6	13	0,06			

Tablo 27. Türkiye’de mayıs ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları (1975-2008).

Mayıs	Zaman dilimleri				Çoklu çizgisel regresyon bulguları	Zaman dilimleri			
	07:00	14:00	21:00	Ortalama		07:00	14:00	21:00	Ortalama
En düşük	-6,24	-0,46	-9,88	-4,82	(Sabit)	59,39865	83,44122	56,7886	66,52169
En yüksek	22,12	32,27	16,32	23,82	Enlem (1°)	-1,0788	-1,49309	-1,14	-1,24
Ortalama	12,03	19,8	7,41	13,24	Yükselti (m)	-0,00562	-0,00658	-0,00561	-0,00594
					Denizellik (km)	0,011328	0,014812	0,009467	0,011839



Şekil 12. Türkiye’de mayıs ayı FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).

İlkbahar mevsiminde Türkiye’de ortaya çıkan en düşük FES değerlerinin ortalaması $-12,7^{\circ}\text{C}$, en yüksek FES değerlerinin ortalaması $16,9^{\circ}\text{C}$ ve Türkiye ortalaması $6,7^{\circ}\text{C}$ ’dir (Tablo 20). Güneşlenme süresinin uzaması (6 saat 50 dakika) ve solar radyasyon oranının (396 W/m^2) artmasına bağlı olarak artan FES değerleri Türkiye’nin %1,3’ünde dondurucu soğuk termal algılamalara neden olmaktadır. Aşırı soğuklar %14,4’ünde, çok soğuklar %14,3’ünde, soğuk termal algılamalar %16,8’inde bulunmaktadır. Serin %21, çok az serin %20,9’unda alan kaplamaktadır. Konforlu termal algılamalar ise . %11,’lik paya sahiptir (Tablo 21). Kış mevsiminden yaz mevsimine geçişi temsil eden ilkbaharda enlem etkisinin de bu geçişe adapte olduğu gözlenmektedir. Kuzeyli hava kütlelerinin kontrolü altında gelişen hava durumu biyoklimatik koşullara da yansımaktadır. Türkiye’nin kuzeyi, güneyinden martta $9,2^{\circ}\text{C}$, nisanda $7,9^{\circ}\text{C}$ ve mayısta $8,7^{\circ}\text{C}$ daha düşük FES değerlerine sahiptir.

İlkbaharda FES değerleri ile yükselti değişkeni arasında en zayıf ilişki ortaya çıkmaktadır. Daha önce de vurgulandığı gibi yükselti atmosfer kalınlığını ve atmosfer istikrarını gösteren temel faktörlerden biridir. Geçiş dönemlerinde, özellikle Türkiye gibi orta kuşakta bulunması sebebiyle hava kütlelerinin etkisine çok açık olan alanlarda hava durumlarının değişken olduğu gözlenmektedir. Yükselti etkisinin azalmasının başlıca nedeni biyoklimatik koşulların küresel etkilere daha açık olmasıdır. Büyük Ağrı Dağı zirvesi 0 metre yükseltisi olan bir alandan martta 36°C , nisanda $28,9^{\circ}\text{C}$ ve mayısta $30,5^{\circ}\text{C}$ daha düşük FES değerine sahiptir. Denizellik ve FES değerleri arasındaki ilişkisi solar radyasyon oranının düşük olduğu mart ve nisan aylarında zayıflarken, radyasyon oranın görece yüksek olduğu mayıs ayında güçlenmektedir. Atmosferdeki nemin kısa dalga radyasyonunu yansıtan, soğuran özelliğinden ve konveksiyon-kondüksiyonla ısı transferinin kuru havada daha yüksek

oranlarda gerçekleşmesinden dolayı karasal alanların FES değerleri ilkbaharda yüksektir. Iğdır Ovası'nın FES değerleri, Karadeniz kıyısına göre martta 1,62°C, nisanda 2,24°C ve mayısta 3,26°C daha yüksektir.

4.1.7. Haziran ayı biyoklimatik koşulları

Haziran, güneşlenme süresinin 10 saat, solar radyasyon miktarının en fazla (537,9 W/m²) olduğu aydır. Gelen enerjinin ve süresinin artmasına bağlı olarak Türkiye'nin tamamında biyoklimatik koşullar olumlu yönde değişmektedir. Saat 07:00'de Türkiye genelinde termal konfor koşullarının önceki aylara nazaran çok daha olumlu olduğu gözlenmektedir. FES değerlerinin yükselmesiyle birlikte soğuk stresine yol açan koşullarda önemli oranda gerilemeler ortaya çıkmaktadır. Hesaplanan en düşük değer -3,12°C, en yüksek değer 30,86°C ve ortalama değer ise 17,77°C'dir (Tablo 29). Türkiye yüzölçümünün %0,02'sinde aşırı soğuk, %0,4'unda çok soğuk, %2,5'inde soğuk, %12,23'ünde serin, %33,4'ünde çok az serin termal konfor düzeyi ortaya çıkmaktadır. En yaygın rastlanılan termal algılama düzeyi konforlu koşullar %38,6, çok az sıcak %12,6, sıcak %0,3'lük bir paya sahiptir (Tablo 28). Anadolu'nun kuzeydoğusundaki dağlık alanlar yanı sıra, Türkiye'nin güneyinde ve iç kesimlerinde bulunan yüksek dağlarında haziran sabahlarında soğuk stresine yol açan 13°C'den daha düşük FES değerleri bulunmaktadır. Bunların yanında Anadolu'nun kuzey ve güneyinde bulunan dağların eteklerinde ve doğu bölümünde 1000-1500 m'ler arasında çok az serin termal algılamalar bulunmaktadır. En geniş alan kaplayan konforlu termal algılamalar, Trakya'nın tamamında, Karadeniz kıyısı boyunca, Batı Anadolu ve karasal iç kesimlerin 1000 m'den alçak kesimlerinde gözlenmektedir. Güneydoğu Torosların güneyi, Akdeniz ve Ege kıyılarıyla ova tabanlarında çok az sıcak termal algılamalar bulunurken, Cizre-Ceylanpınar Ovası

hattı boyunca dar bir kuşakta sıcak termal algılamalar ortaya çıkmaktadır (Şekil 13). Saat 07:00 FES değerleri 100 m yükselti farkında $0,69^{\circ}\text{C}$, 1° enlem farkında $1,15^{\circ}\text{C}$ değişmektedir. Denizden uzaklaşılan her bir 100 km'de FES değerleri $1,8^{\circ}\text{C}$ artmaktadır (Tablo 29).

Saat 14:00'te konforlu koşulların yerini sıcak stresine yol açan koşullar almaktadır. En düşük FES $1,9^{\circ}\text{C}$, en yüksek FES $43,12^{\circ}\text{C}$ ve Türkiye FES ortalaması $26,32^{\circ}\text{C}$ 'dir (Tablo 29). Saat 14:00 FES değerleri sabah değerlerinden $8,55^{\circ}\text{C}$ daha yüksektir. FES değerleri Mayıs ayıyla kıyaslandığında ise $6,52^{\circ}\text{C}$ artmıştır. Türkiye'nin %45,7'sinde çok az sıcak termal koşullar ortaya çıkmaktadır. Çok az serin termal algılamalar %6'sında oluşmaktadır. Türkiye'nin % 17,3'ünde hiçbir stresin olmadığı, konforlu termal algılamalar, %23,8'inde sıcak ve %5,6'ında çok sıcak termal algılamalar bulunmaktadır (Tablo 28). Öğleden sonra saatlerinde konforlu termal algılamalar sadece yüksek dağlık alanlarda ortaya çıkarken, Anadolu'nun kuzeyinde ve kuzeydoğusunda yer alan yüksek alanlar en düşük FES değerlerine sahiptir. En yaygın görülen termal algılama düzeyi, Anadolu'nun kuzeyi, batısı, doğusu ve 800-1200 m'ler arasında yükseltilerde görülen çok az sıcak algılamalardır. Yaz mevsiminde ortaya çıkabilecek termal streslerin kara içlerinde daha yoğun olduğunun göstergelerinden biri en yüksek FES değerlerinin güneydoğu Anadolu'nun güneyinde bulunmasıdır. Atmosferin daha az nem içermesi radyasyonun yüzeylere direkt ulaşmasını sağlamaktadır. Bunun yanında çok sıcak termal algılamalar, benzer bir şekilde yoğun olarak kara içleriyle birlikte Akdeniz ve Ege kıyı şeridinde ortaya çıkmaktadır. Sıcak termal algılama düzeyi ise gerek kara içinde gerek kıyılarda geniş alanlar bulabilmektedir (Şekil 13). Haziran ayı öğleden sonraları 100 m'de $0,78^{\circ}\text{C}$, iki enlem arasında $1,54^{\circ}\text{C}$ FES değeri farkı bulunurken,

denizden uzaklaşılın her bir 100 km 2,57°C FES değerinin yükselmesini sağlamaktadır (Tablo 29).

Saat 21:00 biyoklimatik koşullarının analizi sonucunda Türkiye’de elde edilen en düşük değeri -8,85°C, en yüksek değeri 24,51°C ve ortalama değeri 11,74°C’dir (Tablo 29). Bu değerlere göre akşam saatlerinin FES’leri sabah saatlerinden 6,03°C, öğle saatlerinden 14,58°C daha düşüktür. Mayıs saat 21:00 termal algılama düzeyleri ile kıyaslandığında, haziran FES değerleri 4,33°C daha yüksektir. 1975-2008 arasındaki biyoklimatik koşulların ortalamalarına göre Türkiye’de %1,1’lik alanda aşırı soğuk, %4,8’de çok soğuk, %14’de soğuk termal algılamalar görülmektedir. Türkiye yüzölçümünün %38,1’inde serin, %32,5’inde çok az serin ve %9,4’ünde konforlu termal algılama bulunmaktadır. (Tablo 28). Haziran akşam saatlerinde en düşük FES değerlerinin yüksek dağlık alanlarda ve Anadolu’nun kuzeydoğusunda ortaya çıktığı gözlenmektedir. Türkiye’nin %74’ünde serin ve çok az serin koşullar hâkimdir. Güney’de Toros Silsilesinden Karadeniz’e değin yurdun genelinde bu iki termal algılama kendini göstermektedir. Anadolu’nun güney kıyıları ve Güneydoğu Torosların güneyindeki alanlarda konforlu koşullar ortaya çıkmaktadır. Cizre-Ceylanpınar arasında uzanan dar bir kuşak boyunca çok az sıcak termal algılamalar kendini göstermektedir (Şekil 13). Saat 07:00 FES değerleri her bir 100 m yükselti artışında 0,68°C, 1° kuzeye gidildiğinde 1,18°C azalmakta, denizden uzaklaşılın her bir 100 km’de 1,71°C artmaktadır (Tablo 29).

Haziran ortalama FES değerleri göre insan yaşam ve faaliyetlerine uygun biyoklimatik oluşturmaktadır. Soğuk stresine yol açan koşulların ortadan kalktığı bu ayda, Türkiye’nin %87’sinde 13°C ile 29°C arasında değışen FES değerleri görülmektedir. En düşük FES değeri -3,37°C, en yüksek FES değeri 32,84°C,

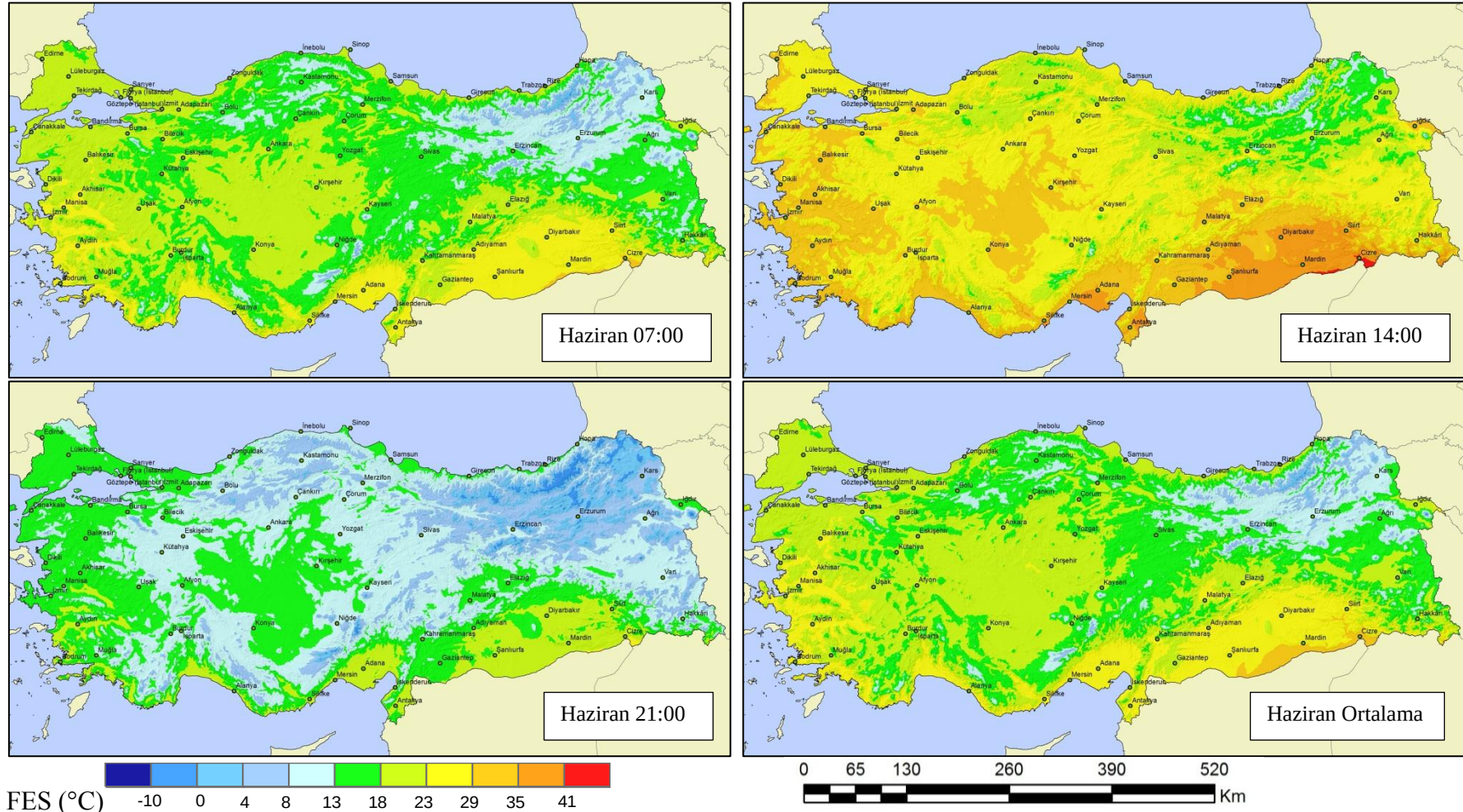
ortalama FES değerleri 18,61°C'dir (Tablo 29). Bu ayın termal algılamalar bakımından önemli özelliklerinden biri Türkiye'nin % 42,1'inde konforlu koşulların görölmesidir (Tablo 28). Diğeri, farklı düzeylerde sıcak algılamaların (çok az sıcak ve sıcak) ortaya çıkmasıdır. Konforlu koşullar güneyde 1700 m, kuzeyde ise 500 m'ye kadar yükseltisi olan alanlarda, iç bölgelerde, Iğdır Ovası ve Van Gölü çevresinde ortaya çıkmaktadır. Sıcak termal algılamalar ise güneydoğuda karasal alçak alanlarda yoğunlaşmaktadır. Akdeniz ve Ege kıyısı boyunca (en kuzeyde Edremit Körfezi'ne kadar) 500-700 m'ye kadar olan alanlar ve Batı Anadolu'nun iç bölümlerinde çok az sıcak termal algılamalar görölmektedir. Serin termal algılamalar, genel olarak güneyde 2600, kuzeyde 1100 m'lerden itibaren ortaya çıkmaktadır. Farklı düzeydeki soğuk algılamalar ise genellikle 3000 m'den yüksek dağlık alanlarda toplanmaktadır (Şekil 13). FES değerlerindeki değişim 100 m yükselti artışında 0,72°C, 1°'lik enlem artışında 1,29°C düşüşe, denizden kara içine doğru gidilen her 100 km 2,03°C artışa neden olmaktadır (Tablo 29).

Tablo 28. Türkiye’de haziran ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı (1975-2008).

Haziran		FES (°C)										
		< -10	-10 – 0	0 – 4	4 - 8	8 – 13	13 - 18	18 - 23	23 - 29	29 - 35	35 -41	> 41
07:00	km ²		128,09	2.946,09	19.290,48	94.428,59	257.012,49	297.368,43	97.378,34	2.045,79		
	%		0,02	0,38	2,50	12,25	33,35	38,59	12,64	0,27		
14:00	km ²			10,98	1.006,43	9.584,86	46.383,53	133.298,67	351.946,12	183.623,74	43.463,06	1.280,91
	%			0,001	0,13	1,24	6,02	17,30	45,67	23,83	5,64	0,17
21:00	km ²		8.454,00	36.652,29	107.900,08	293.891,68	250.640,88	72.023,66	1.035,71			
	%		1,10	4,76	14,00	38,14	32,53	9,35	0,13			
Ort.	km ²		157,37	2.748,46	16.578,62	80.291,01	221.750,90	324.710,34	115.230,54	9.131,05		
	%		0,02	0,36	2,15	10,42	28,78	42,14	14,95	1,18		

Tablo 29. Türkiye’de haziran ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları (1975-2008).

Haziran	Zaman dilimleri				Çoklu çizgisel regresyon bulguları	Zaman dilimleri			
	07:00	14:00	21:00	Ortalama		07:00	14:00	21:00	Ortalama
En düşük	-3,12	1,9	-8,85	-3,37	(Sabit)	68,22977	91,38336	63,07145	74,11773
En yüksek	30,86	43,12	24,51	32,84	Enlem (1°)	-1,15652	-1,54	-1,18	-1,29
Ortalama	17,77	26,32	11,74	18,61	Yükselti (m)	-0,00695	-0,00779	-0,00685	-0,0072
					Denizellik (km)	0,017961	0,025726	0,01706	0,020282



Şekil 13. Türkiye’de haziran ayı FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).

4.1.8. Temmuz ayı biyoklimatik koşulları

Türkiye’de çoğu istasyonda en sıcak değerlerin kaydedildiği ay temmuzdur. 21 Hazirandan itibaren solar radyasyon düşmesine rağmen temmuz ayında güneşlenme süresi (11 saat 10 dakika) hazirandan daha uzundur. Bunun temel nedeni bulutluluğun daha az olması, yeryüzüne daha uzun süre güneş ışığının düşmesidir. Özellikle Türkiye üzerinden geçen hava kütlelerinin daha kuru olması da bu durumda etkilidir. Temmuz solar radyasyon miktarı $533,8 \text{ W/m}^2$ ’dir. Saat 07:00 FES ortalamalarına göre en düşük değer $-2,72^\circ\text{C}$, en yüksek değer $36,16^\circ\text{C}$ ve Türkiye geneli ortalaması $20,35^\circ\text{C}$ ’dir (Tablo 31). Sabah saatlerinde geniş alanlarda (%42) konforlu termal koşulların ortaya çıkmaktadır. Türkiye’nin %7’sinde serin, %21’inde çok az serin, %24,3’ünde çok az sıcak ve %4,1’inde sıcak hissedilmektedir (Tablo 30). Saat 07:00’de en düşük FES değerlerinin ortaya çıktığı alanlar Batı, Orta Toroslar, Uludağ, Küre, Köroğlu, Canik dağları zirveleri ve Anadolu’nun kuzeydoğusunda bulunan dağların 2000 m’den yüksek bölümleridir. Çok az serin termal algılamalar bu sayılan dağlık alanların eteklerinde ve karasal alanların 1200 m’den daha yüksek bölümlerinde bulunmaktadır. Türkiye’de geniş alanlarda ortaya çıkan konforlu koşullar, Trakya’nın büyük bir bölümünde, Karadeniz kıyısında, batı ve doğu Anadolu’da ve iç kesimlerin 650-1200 m yükselti arasında kalan kesimlerinde kendine yer bulmaktadır. Çok az sıcak termal algılamalar genellikle Ege ve Akdeniz kıyılarını takip etmesiyle birlikte kara içindeki depresyonlar ve güneydoğu Anadolu’da da gözlenmektedir. Sıcak stresinin şiddetli olduğu alanlar ise güneydoğudaki karasal alçak alanlardır (Şekil 14). Saat 07:00 FES değerleri 100 m’de $0,74^\circ\text{C}$, iki enlem arasında ise $1,32^\circ\text{C}$ değişmektedir. Deniz kenarından uzaklaşılan her bir 100 km’de gerçekleşen FES artışı $2,47^\circ\text{C}$ ’dir (Tablo 31).

Temmuz saat 14:00 yüksek FES'ler bakımından ağustostan sonra gelmektedir. (düşük 9,79°C, en yüksek 49,62 ve ortalama 32,02°C) (Tablo 31). Temmuz saat 14:00 değerleri, haziran 14:00'ten 5,69°C, ocak 14:00 değerlerinden 33,61°C daha yüksektir. Temmuz öğleden sonraları temmuz sabahlarından 11,67°C daha sıcak hissedilmektedir. Saat 14:00 FES değerlerine göre Türkiye'nin yarısına yakını (%48,6) sıcak termal algılamalara sahiptir. Türkiye'nin büyük bir bölümünde sıcak stresi çeşitli düzeylerde ortaya çıkmaktadır. Çok az sıcak Türkiye'nin %20,3'ünde, çok sıcak %20,8'inde ve aşırı sıcak %5,2'sinde hissedilmektedir. Bununla beraber %4,3'de konforlu algılamalar gözlenmektedir (Tablo 30). Saat 14:00'de Bu zaman diliminde Türkiye'nin en uygun termal koşullara sahip alanı olarak Anadolu'nun kuzeyi, kuzeydoğusu ve yüksek dağlık alanları karşımıza çıkmaktadır. Bu alanlarda konforlu, çok az serin ve serin termal algılamalar birbirini izlemektedir. Yüksek alanların hemen altında çok az sıcak algılamalar ortaya çıkmaktadır. Türkiye'nin tüm batısı, kuzeybatısı, Karadeniz sahil şeridi, doğuda 1700 m'den alçak alanlar sıcak algılanmaktadır. Akdeniz ve Ege kıyıları, iç bölgelerdeki karasal alçak sahalar ve güneydoğu Anadolu'nun görece yüksek bölümlerinde çok sıcak termal algılamalar bulunmaktadır. Aşırı sıcak termal algılamalar güneydoğu Anadolu'nun karasal alçak alanlarında hâkimdir (Şekil 14). Temmuz öğleden sonra FES değerleri incelendiğinde her 100 m'lik yükselti artışı 0,65°C, 1°'lik enlem artışı 1,69°C FES değerinin düşmesine neden olurken, denizden uzaklaşılan her bir 100 km 3,07°C FES değerlerinin yükselmesini sağlamaktadır (Tablo 31).

Akşam saatlerinde ortaya çıkan en düşük FES -6,07°C, en yüksek FES 30,16°C ve Türkiye ortalaması ise 15,42°C'dir (Tablo 31). Temmuz saat 21:00 FES termal algılama değerleri sabahkilerden 4,93°C, öğleden sonradakilerden 16,59°C

daha düşüktür. Türkiye’de temmuz akşamlarında çok kısıtlı alanlarda da olsa (%0,2) aşırı soğuk termal algılamalar ortaya çıkabilmektedir. Bunun dışında çok soğuk termal algılamalar %1,4, soğuk termal algılamalar %5,6, serin termal algılamalar %20,8’lik paya sahiptir. Türkiye yüzölçümünün %44,67’sinde çok az serin, %21,2’sinde konforlu, %6’sında çok az sıcak, %0,07’sinde sıcak hissedilmektedir (Tablo 30). Kuzeyde Samanlı Dağlarından başlayarak, Karçal Dağları’na kadar devam eden, Güney’de bütün Toros Silsilesini izleyen hat boyunca soğuk stresinin oluşabileceği biyoklimatik koşullar ortaya çıkmaktadır. Öğle saatlerinde konforlu termal algılamaların ortaya çıktığı bu sahada, akşam saatlerinde belirgin düşüşler görülmektedir. Türkiye’nin yarısına yakın bir alanda oluşan çok az serin termal algılamalar Trakya’nın büyük bir bölümünde, Anadolu’nun kuzeyi, doğusu ve iç kesiminde 800-1200 m yükseltisi olan alanlarda gözlenmektedir. Konforlu termal algılamalar Ege Akdeniz kıyıları ve güneydoğu Anadolu’nun yüksek kesimlerinde bulunmaktadır. Çok az sıcak ve sıcak termal algılamalar ise güney, güneybatı sahillerinde ve kara içlerine doğru alçak alanlarda ortaya çıkmaktadır (Şekil 14). Temmuz saat 21:00 FES değerleri 100 m’de 0,69°C, iki enlem arasında ise 1,36°C deniz-kara arasında 100 km’de 2,25°C değişmektedir (Tablo 31).

Temmuz ayında artan hava sıcaklıklarına bağlı olarak aylık ortalama FES değerlerinde belirgin bir yükselme görülmekte, dolayısıyla yıl içerisinde en yüksek FES bu ayda ortaya çıkmaktadır. Bu durum ortalamalara da yansımaktadır (en düşük 0,37°C, en yüksek 38,63°C, ortalama 22,60°C) (Tablo 31). Konforlu ve çok az sıcak algılamaların hâkim olduğu bu ayda, soğuk baskısı sadece Orta Toroslar ve kuzeydoğudaki dağ sıralarıyla sınırlı kalmaktadır. Soğuk stresi yaratan termal algılamaların en hafifi olan çok az serin algılamalar genellikle kuzeydeki yüksek

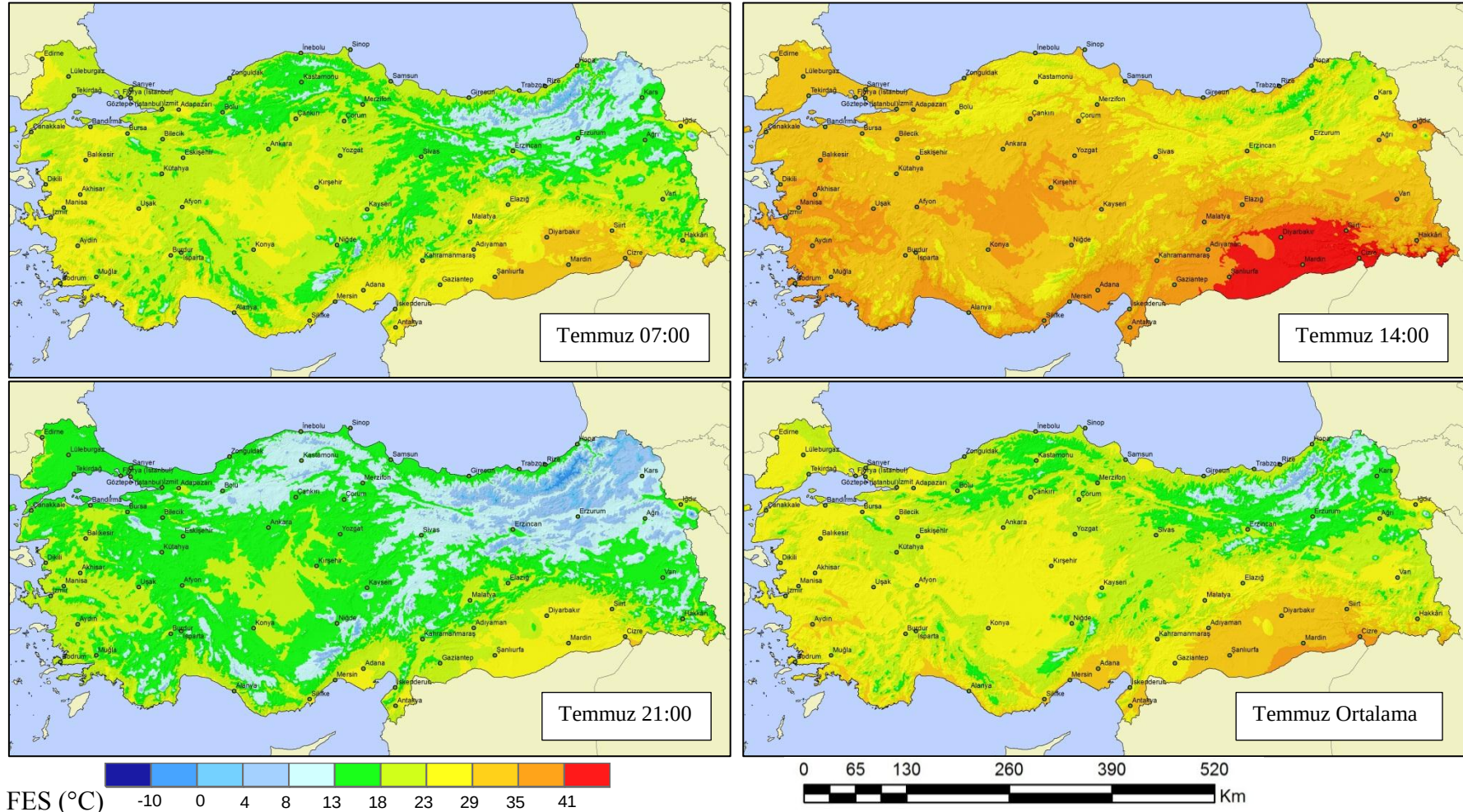
alanlar ile Akdeniz ve Ege bölgelerinde 1600-2600 m'ler arasında kalan alanlarda (%13,22) görülmektedir. En yüksek ortalamalara sahip bu ayda Türkiye'nin %34,1'inde konforlu ($18^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 23^{\circ}\text{C}$), %38,4'ünde çok az sıcak termal algılamaların görülmesi dikkat çekicidir (Tablo 30). Yükseltisi güneyde 900-1600 m, kuzeyde 700-1100 m'ye kadar olan alanlarda konforlu, Trakya, Batı ve İç Anadolu'nun yanı sıra Karadeniz kıyıları çok az sıcak termal koşullar görülmektedir. Sıcak stresine yol açan en yüksek FES'ler Türkiye'nin güneyi, güneydoğusu ve güneybatısındaki karasal alanlarda oluşmaktadır (Şekil 14). Temmuz ayı ortalamaları dikkate alındığında 100 m yükselti arttığında termal algılamaların $0,69^{\circ}\text{C}$, her 1° enlem artışında ise $1,46^{\circ}\text{C}$ azalacağı hesaplanmıştır. Denizden uzaklaşılan her 100 km'lik mesafe FES değerlerinin $2,59^{\circ}\text{C}$ artmasına neden olmaktadır (Tablo 31).

Tablo 30. Türkiye’de temmuz ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı (1975-2008).

Temmuz		FES (°C)										
		< -10	-10 – 0	0 - 4	4 - 8	8 – 13	13 - 18	18 - 23	23 – 29	29 - 35	35 -41	> 41
07:00	km ²		36,60	1.683,48	9.778,82	53.875,02	161.577,48	323.974,73	187.429,87	31.766,53	475,77	
	%		0,005	0,2	1,3	7	21	42	24,3	4,1	0,06	
14:00	km ²					186,65	4.772,30	33.332,90	156.640,49	374.779,23	160.358,78	40.527,95
	%					0,02	0,6	4,3	20,3	48,6	20,8	5,3
21:00	km ²		1.570,03	10.507,11	43.162,96	160.413,68	344.213,09	163.780,64	46.401,83	548,96		
	%		0,2	1,4	5,6	20,8	44,7	21,4	6	0,07		
Ort.	km ²			270,82	3.066,86	26.346,46	101.854,20	263.014,46	296.054,59	73.926,73	6.064,19	
	%			0,04	0,4	3,4	13,2	34,1	38,4	9,6	0,8	

Tablo 31. Türkiye’de temmuz ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları (1975-2008).

Temmuz	Zaman dilimleri				Çoklu çizgisel regresyon bulguları	Zaman dilimleri			
	07:00	14:00	21:00	Ortalama		07:00	14:00	21:00	Ortalama
En düşük	-2,72	9,79	-6,07	0,37	(Sabit)	76,96625	101,121	72,98232	83,63348
En yüksek	36,16	49,62	30,16	38,63	Enlem (1°)	-1,3253	-1,69	-1,36	-1,46
Ortalama	20,35	32,01	15,42	22,6	Yükselti (m)	-0,00743	-0,00655	-0,00685	-0,00693
					Denizellik (km)	0,024695	0,030715	0,022484	0,025916



FES (°C) -10 0 4 8 13 18 23 29 35 41
 Şekil 14. Türkiye’de temmuz ayı FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).

4.1.9. Ağustos ayı biyoklimatik koşulları

Ağustos ayında solar radyasyon oranı 480 W/m^2 , güneşlenme süresi 10 saat 10 dakikadır. Yaz mevsiminde en düşük solar radyasyon miktarına sahip olmasına rağmen yüksek FES değerlerinin görüldüğü ikinci aydır. Bunun temel nedeni atmosferin yüzeyden ısınması ve Türkiye üzerinde etkili olan uzak bağlantılardır (hava kütleleridir). Mayıs ayından itibaren ısınan yüzeyler enerjilerinin büyük bir bölümünü temmuz ve ağustosta atmosfere vermektedirler. Ayrıca Türkiye'yi ağustosta güneyden gelen sıcak ve kuru hava kütleleri etkilemektedir. 1975-2008 arasında ağustos saat 07:00 termal konfor koşulları dikkate alındığında temmuz ayı ile benzer bir dağılım oluşu gözlenmektedir. Buna rağmen ağustosun ortalama FES değeri temmuzdan $1,39^\circ\text{C}$ daha düşüktür. Ağustos sabahlarında hesaplanan en düşük değer $-3,16^\circ\text{C}$, en yüksek değer $33,95$, ortalama değer ise $18,96^\circ\text{C}$ 'dir (Tablo 33). Temmuz ayında ortaya çıkan çok sıcak termal algılamalar ağustos ayında oluşmamakta, farklı düzeydeki soğuk algılamalar yok denecek kadar az alan kaplamaktadırlar. Farklı düzeydeki serin (%9,8'inde serin, %26,9'unda çok az serin) ve konforlu termal algılamaların (%43,3) alanı genişlemektedir. Bunların yanında çok az sıcak ve sıcak termal algılama düzeyleri de %17'lik bir paya sahiptir (Tablo 32). Ağustos sabah saatlerinde yüksek dağlık alanlarda 13°C 'den düşük FES değerleri dikkati çekmektedir. Bu alanları çevreleyen nispeten daha alçak alanlar ve Türkiye'nin kuzeyi ve doğusunda çok az serin termal koşullar kendini göstermektedir. Konforlu termal algılamalar ise Trakya'nın tamamı, Karadeniz kıyı kuşağı, İç Batı ve İç Anadolu, Doğu Anadolu'nun alçak ovalarında hâkimdir. Akdeniz, Ege kıyıları ve kara içlerindeki alçak alanlarda çok az sıcak termal algılamalar gözlenirken, güneydoğu Anadolu'nun alçak alanlarında sıcak termal

algılamalar bulunmaktadır (Şekil 15). Ağustos 07:00 FES değerleri 100 m yükselti artışında $0,67^{\circ}\text{C}$, kuzeyden güneye doğru 1° 'lik enlem artışında ise $1,45^{\circ}\text{C}$ düşmektedir. Kıyıdan uzaklaşılan her 100 km'de de $1,67^{\circ}\text{C}$ FES artmaktadır (Tablo 33).

Saat 14:00'deki FES değerlerine göre, sıcak stresleri yoğun olarak varlığını korumaktadır. En düşük FES $12,52^{\circ}\text{C}$ ve en yüksek $48,47^{\circ}\text{C}$ 'dir. Türkiye ortalaması ise $32,50^{\circ}\text{C}$ 'dir (Tablo 33). Ağustos saat 14:00 FES değerleri günün aynı saatindeki temmuz değerlerinden $0,48^{\circ}\text{C}$ daha yüksektir. Saat 14:00 FES değerleri açısından en yüksek termal algılamaların ortaya çıktığı ay ağustostur. Mayıstan itibaren güneşten gelen enerjinin süreğen bir şekilde artması beraberinde sürekli sıcak kalan yüzeyleri ve atmosferde dengeli bir nem oranının varlığını getirmektedir. Dolayısıyla termal konfor değerlerinde de öğleden sonra saatleri için bir ay ertelemeli olarak en yüksek ortalamaların görülmesi gündeme gelmektedir. Ağustos ayı 14:00 değerleri 07:00 değerlerinden $13,54^{\circ}\text{C}$ daha yüksektir. Ağustos saat 14:00 FES değerlerinin dağılışına göre Türkiye'nin yarısı (%49,9) sıcak termal algılamalara sahiptir. Çok az serin %0,2, konforlu %2,7, çok az sıcak %18,6, çok sıcak %23,7 ve aşırı sıcak %4,9'luk bir paya sahiptir (Tablo 32). Alansal dağılım temmuzla benzerlik göstermektedir. Ülkenin kuzey ve kuzeydoğusundaki yüksek alanlar çok az sıcak ve serin termal algılamalar arasında değişen nispeten daha uygun biyoklimatik koşulları taşıırken, doğusu, batı yarısı ve kara içlerindeki yüksek alanlarda ise sıcak termal algılamalar bulunmaktadır. Saat 14:00'de Anadolu içlerindeki alçak alanların ve Akdeniz-Ege kıyı şeridinin çok sıcak, güneydoğu Anadolu'nun karasal alçak alanlarının ise aşırı sıcaklarla karşılaştığı gözlenmektedir (Şekil 15). Ağustos 14:00 FES'lerinin temmuzdan daha yüksek olmasının başlıca nedeni, yükseltiye bağlı

olarak soğumanın görece daha az olmasıdır. Bunun gerekçesi de daha önce belirtildiği gibi atmosferdeki nem içeriğinin daha fazla olmasıdır. 14:00 FES değerleri 100 m’de 0,57°C, iki enlem arasında 1,75°C, deniz-kara arasındaki 100 km’de 2,71°C değişmektedir (Tablo 33).

Saat 21:00’deki en düşük değer -4,78°C, en yüksek değer 28,36°C ve ortalama değer 15,37°C’dir (Tablo 33). Ağustos akşam saatlerindeki termal algılamalar sabah saatlerinden 3,59°C, öğleden sonra saatlerinden ise 17,13°C daha düşüktür. Ağustos saat 21:00 ve temmuz 21:00 biyoklimatik koşulları karşılaştırıldığında ağustosun 0,05°C daha soğuk ortalamalara sahip olduğu görülmektedir. Türkiye’nin %28’inde 13°C’den daha düşük FES değerleri bulunurken, %47,2’sinde çok az serin, %20,9’unda konforlu, %4,5’inde çok az sıcak termal algılamalar bulunmaktadır (Tablo 32). Anadolu Yarımadasının kuzeyi ve güneyinde bulunan kıvrım dağları ile kara içlerindeki volkanik dağların soğuk stresinin çeşitli seviyeleriyle karşılaştığı gözlenmektedir. Türkiye’nin kuzey kıyıları ve iç kesimlerinde 800-1200 m’ler arasında kalan alanlar ve kuzeybatısında çok az serin termal algılamalar hâkimdir. Kara içi alçak alanlar ve Ege-Akdeniz kıyılarında ise konforlu koşullar kendini göstermektedir. Türkiye’nin en güneyindeki karasal alçak alanlar ve ovaların iç kısımlarında ise sıcak termal algılamalar vardır (Şekil 15). Ağustos 21:00 biyoklimatik koşulları istatistiksel anlamda incelendiğinde her 100 m’lik yükselti artışı 0,64°C, güneyden kuzeye doğru her 1°’lik enlem değişmesi 1,35°C FES değerini azaltmaktadır. Kara içine doğru her bir 100 km’de FES değerleri 1,95°C yükselmektedir (Tablo 33).

Ağustos ortalaması temmuz ortalamasından 0,33°C daha düşüktür. Bu ayda soğuk algılamalar, çok az serin algılamalarla temsil edilmektedir (%13,8). Ağustos,

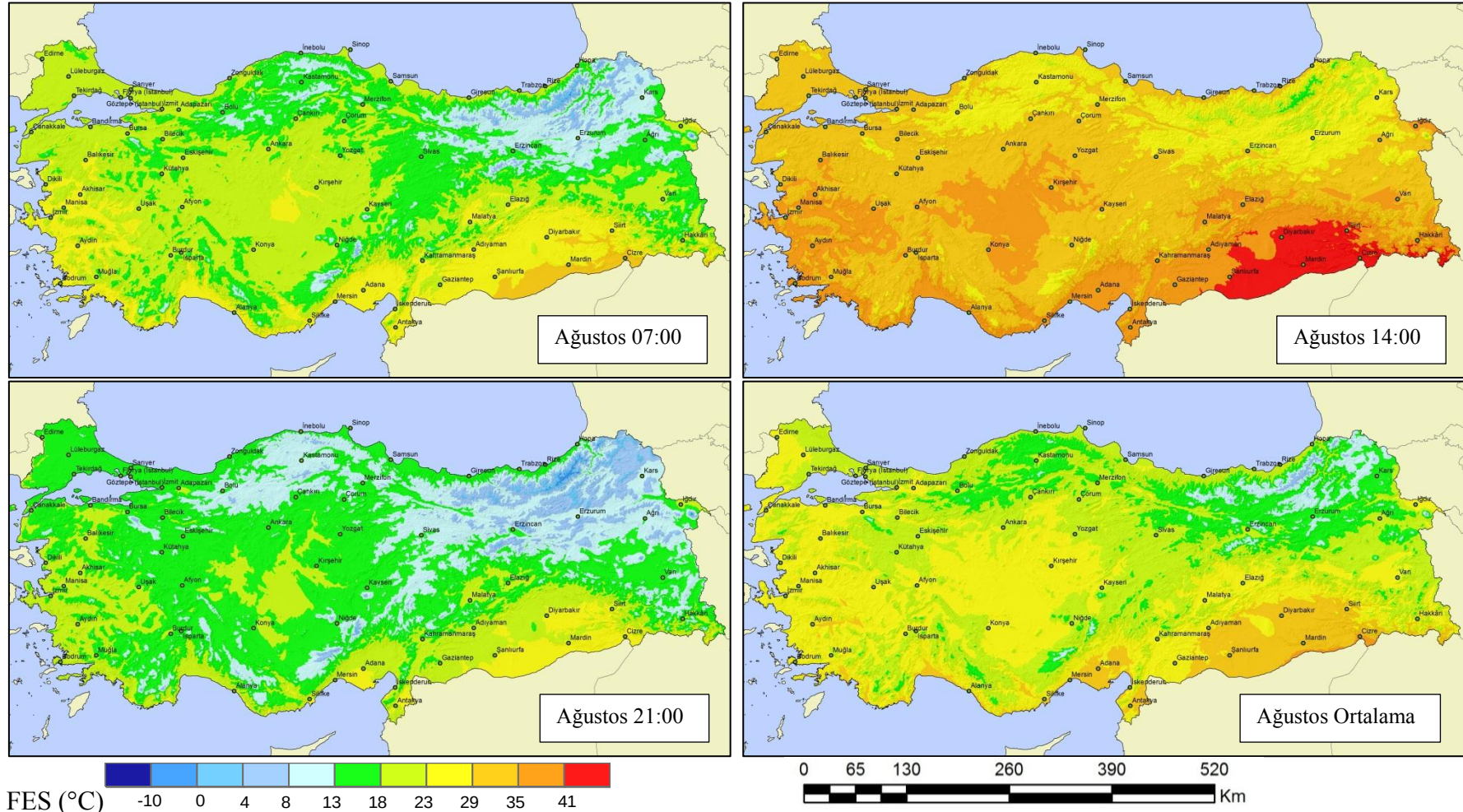
konforlu koşulların alanı bakımından hazirandan sonra gelmektedir (%38) (Tablo 32). Konforlu termal algılamalar genellikle yüksek dağlık alanlar ve genellikle Anadolu Yarımadası'nın kuzeydoğusu ve doğusundaki yüksek dağlık alanlarda görölmektedir. FES değerlerinin en yüksek olduğu alanlar ise güneydoğudaki alçak alanlar ile güney ve batıdaki kıyı kuşağıdır. Türkiye'nin büyük bir bölümünü kaplayan çok az sıcak termal algılamalar güneyde 1100, kuzeyde 1000 m'lere kadar ulaşmaktadır. Soğuk stresinin güçlendiği termal algılamaların alanı ise Aladağlar, Bolkar Dağları, Uludağ ve kuzeydoğudaki yüksek dağlık alanlar ile sınırlı kalmaktadır (Şekil 15). Ağustos ayı ortalamaları dikkate alındığında 100 m yükselti arttığında FES'ler 0,64°C, her 1° enlem artışıında ise 1,5°C azalmaktadır. Denizden uzaklaşılan her 100 km'lik mesafe FES değerlerinin 2,29°C artmasına neden olmaktadır (Tablo 33).

Tablo 32. Türkiye’de ağustos ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı (1975-2008).

Ağustos		FES (°C)										
		< -10	-10 – 0	0 - 4	4 - 8	8 – 13	13 - 18	18 - 23	23 - 29	29 - 35	35 -41	> 41
07:00	km ²		102,47	2.470,32	14.756,07	75.661,44	207.499,88	333.896,29	121.411,84	14.799,98		
	%		0,01	0,3	1,9	9,8	26,9	43,3	15,8	1,9		
14:00	km ²					3,66	1.807,91	21.091,08	143.040,90	384.342,13	182.247,68	38.064,95
	%					0,0005	0,2	2,7	18,6	49,9	23,7	4,9
21:00	km ²		896,64	8.172,20	39.382,45	163.008,43	363.470,64	160.922,38	34.745,56			
	%		0,1	1,1	5,1	21,2	47,2	20,9	4,5			
Ort.	km ²			40,26	2.323,93	24.824,01	106.758,25	293.042,62	276.101,69	65.242,17	2.265,38	
	%			0,01	0,3	3,2	13,9	38	35,8	8,5	0,3	

Tablo 33. Türkiye’de ağustos ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları (1975-2008).

Ağustos	Zaman dilimleri				Çoklu çizgisel regresyon bulguları	Zaman dilimleri			
	07:00	14:00	21:00	Ortalama		07:00	14:00	21:00	Ortalama
En düşük	-3,16	12,52	-4,78	1,53	(Sabit)	79,7565	103,2361	72,42292	84,9625
En yüksek	33,95	48,47	28,36	37,08	Enlem (1°)	-1,43396	-1,75	-1,35	-1,50
Ortalama	18,96	32,5	15,37	22,27	Yükselti (m)	-0,00707	-0,00574	-0,00644	-0,00642
					Denizellik (km)	0,022273	0,027108	0,019463	0,022935



Şekil 15. Türkiye’de ağustos ayı FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).

Yaz mevsimindeki biyoklimatik koşulların analizine göre en düşük FES değerleri ortalaması $-0,5^{\circ}\text{C}$, en yüksek FES değerleri ortalaması $36,2^{\circ}\text{C}$ ve Türkiye ortalaması $21,2^{\circ}\text{C}$ 'dir (Tablo 20). Termal algılama düzeylerinin alansal dağılışı incelendiğinde, Türkiye'de çok sınırlı alanlarda da olsa farklı düzeylerde soğuk algılamalar (%0,02 aşırı soğuk, %0,1 çok soğuk, %1 soğuk) görülmektedir. Bu mevsimde Türkiye'nin yaklaşık %68'inde (%38 konforlu, %29,7 çok az sıcak) insanlar kendilerini konforlu ve rahat hissetmektedir (Tablo 21). Yaz mevsiminde havanın sıcak ve termal algılama değerlerinin yüksek olmasının temel nedeni güneşlenme süresinin uzun ve gelen radyasyon oranının yüksek olmasıdır. Yaz mevsimi güneşlenme süresi ortalama 10,3 saat ve solar radyasyon miktarı $517,3 \text{ W/m}^2$ 'dir. Enlem etkisinin sonbahardan sonra en güçlü olduğu mevsim yazdır. 36° enlemi üzerinde bulunan alanların 42° enlemi üzerinde bulunan alanlardan; haziranda 9°C , temmuzda $10,2^{\circ}\text{C}$ ve ağustosta $10,5^{\circ}\text{C}$ daha yüksek FES değerleri bulunmaktadır.

Yaz mevsiminde yükselti ile FES değerleri arasında belirgin bir eğilim yoktur. Fakat kış aylarından daha zayıf, ilkbahar ve sonbahar aylarından daha güçlü bir ilişki vardır. Büyük Ağı Dağı'nın zirvesindeki FES değerleri, 0 metrede olan alanlardan haziranda 37°C , temmuzda $35,6^{\circ}\text{C}$ ve ağustosta 33°C daha düşüktür. Denizelliğin en güçlü olduğu dönem yazdır. Atmosferdeki nem miktarının az olduğu karasal alanlarda kısa dalga radyasyonunun yüzeylere yüksek oranlarda ulaşması, konveksiyonla ısı transferinin yüksek oranlarda olması sonucu karasal alanlarda FES değerleri daha yüksektir. Tektonik havzaların iç kesimlerinde, kıydan daha yüksek FES değerlerine ulaşılmasının temel nedeni karasallıktır. Iğdır Ovası'nın FES değeri Karadeniz kıyısından haziranda $5,58^{\circ}\text{C}$, temmuzda $7,13^{\circ}\text{C}$ ve ağustosta $6,31^{\circ}\text{C}$ daha

yüksektir.

4.1.10. Eylül ayı biyoklimatik koşulları

Astronomik olarak sonbahar mevsiminin ilk ayı olan eylülde yaz mevsiminin olumlu termal algılamalar varlığını korumaktadır. Güneşlenme süresi 8 saat 50 dakika ve güneşlenme şiddeti $397,7 \text{ W/m}^2$ 'dir. Eylül 07:00'de en düşük FES değeri $-7,88^\circ\text{C}$, en yüksek FES değeri $25,87^\circ\text{C}$ ve ortalama FES değeri $12,79^\circ\text{C}$ 'dir (Tablo 35). Yazın sonuna göre eylülde, termal konfor değerleri ortalama $6,17^\circ\text{C}$ düşmektedir. Türkiye'nin %15'inde 8°C ile -10°C arasında değişen termal algılamalar bulunmaktadır. Eylül sabahlarında Türkiye'de serin (%33,3) ve çok az serin (%37,7) algılamalar hâkim konuma geçmektedir. %12,8'de konforlu, %0,9'da da çok az sıcak termal konfor düzeyi gözlenmektedir (Tablo 34). Anadolu'nun tüm kuzeyi, iç batısındaki plato sahaları, doğusu ve kuzeydoğusunda soğuk stresi önemli ölçüde kendini göstermektedir. Çok az serin termal algılamalar ise Trakya Yarımadası, İç Anadolu ve Doğu Anadolu'nun alçak kesimlerinde görülmektedir. Ege-Akdeniz kıyılarında dar bir hat boyunca ve Güneydoğu Torosların güneyinde konforlu termal algılamalar hâkimdir. Çok az sıcak algılamalar Anadolu'nun karasal alçak güney ucunda bulunmaktadır (Şekil 16). Eylül ayı saat 07:00 FES değerleri 100 m yükselti farkında $0,67^\circ\text{C}$, 1° enlem farkında $1,46^\circ\text{C}$ değişmektedir. Kıyıdan uzaklaşılan her bir 100 km'de FES değerleri $1,67^\circ\text{C}$ artmaktadır (Tablo 35).

Saat 14:00 için elde edilen veriler kullanılarak hesap edilen termal algılama değerlerine göre, Türkiye'deki en düşük değer $5,38^\circ\text{C}$, en yüksek değer $41,32^\circ\text{C}$, ortalama değer ise $26,39^\circ\text{C}$ 'dir (Tablo 35). Eylül 14:00 FES değerleri 07:00 FES değerlerinden ortalama $13,60^\circ\text{C}$ daha yüksek, ağustos 14:00 değerlerinden $6,11^\circ\text{C}$

daha düşüktür. Termal algılama düzeylerinin alansal dağılışı incelendiğinde %6'sında 18°C'den düşük FES değerleri bulunurken, hâkim algılama düzeyinin çok az sıcak (%48,4) olduğu anlaşılmaktadır. Türkiye'nin %17,4'ünde konforlu, %23,2'sinde sıcak, %6'sında ise çok sıcak ve aşırı sıcak termal algılamalar bulunmaktadır. (Tablo 35). Düşük FES değerleri Türkiye'nin yüksek dağları ve kuzeydoğusunda yer almaktadır. Konforlu termal algılamalar da yüksek kuzey ve kuzeydoğuda görülmektedir. Türkiye'de geniş alanlarda gözlenen çok az sıcak koşullar, yoğunlukla Trakya Yarımadası, Anadolu'nun iç kesimleri ve iç batı bölümünde bulunmaktadır. İç bölgelerdeki karasal alçak alanlar yanı sıra Akdeniz-Ege kıyılarındaki ovalar, doğu ve güneydoğudaki alçak alanlar sıcak hissedilmektedir. Çok sıcak termal algılamalar Türkiye'nin güney sınırı boyunca gözlenirken, aşırı sıcak termal algılamalar sadece Habur Çayı'nın Dicle'yle birleştiği alanda ortaya çıkmaktadır (Şekil 16). Eylül 14:00'de FES değerleri 100 m'lik yükselti artışında 0,62°C, güneyden kuzeye 1° enlem değeri değişmesinde 2,07°C düşmektedir. Karaya doğru her bir 100 km FES değerlerinin 2,05°C yükselmesini sağlamaktadır (Tablo 35).

Eylül 21:00 biyoklimatik koşullarının analizi akşam saatlerinde ciddi soğuk streslerinin ortaya çıktığını göstermektedir. Eylül akşamlarında en düşük değer -8,43°C, en yüksek değer 22,46°C ve Türkiye ortalaması 10,89°C'dir (Tablo 35). Eylül 21:00 FES değerleri ağustosa göre 4,48°C daha düşüktür. Eylül akşamları saat 07:00 termal konfor koşullarından 1,9°C, saat 14:00'tekilerden 15,5°C daha düşüktür. Bu haliyle Türkiye'nin %25'inde soğuk, çok soğuk ve aşırı soğuk termal algılamalar bulunmaktadır. Eylül akşamlarının hâkim termal algılama düzeyi serindir (%44,5). Çok az serin %25,4, konforlu termal algılamalar %5,8'lik bir paya sahiptir

(Tablo 34). Eylül ayı akşamlarında karşılaşılan en yüksek FES değerleri, herhangi bir termal strese yol açmayan konforlu koşulların oluşmasını sağlamaktadır. Konforlu termal algılamalar Türkiye'nin güneyi ve güneybatısındaki görece yükseltisi az olan dar bir alan boyunca uzanmaktadır. Türkiye'nin kıvrım dağları ve volkan konilerinin yüksek kesimlerinde ciddi soğuk streslerinin olduğu anlaşılmaktadır. Buraların dışında kalan geniş alanlar boyunca batıdan doğuya doğru serin termal algılamalar kendini göstermektedir. Çok az serin termal algılamalar Anadolu'nun batısı, Karadeniz kıyıları, iç kesimlerin alçak alanlarında bulunmaktadır (Şekil 16). Eylül 21:00'de 100 m'lik yükselti farkı $0,63^{\circ}\text{C}$, 1° enlem farkı $1,38^{\circ}\text{C}$ FES değerinin değişmesine neden olmaktadır. Kıyı ile kara arasındaki her 100 km'de FES değeri $1,32^{\circ}\text{C}$ yükselmektedir (Tablo 34).

Yaz mevsiminden sonbahara geçiş sıcak stresinin gerilemesi ve konforlu termal algılamaların varlığını korumasıyla kendini göstermektedir. Eylül aylık ortalaması ağustostan ortalama $5,58^{\circ}\text{C}$ daha soğuk hissedilmektedir. Bu ayda aylık ortalamalara göre hesaplanan FES'lerin en düşüğü $-3,63^{\circ}\text{C}$, en yükseği $29,88^{\circ}\text{C}$, Türkiye ortalaması ise $16,69^{\circ}\text{C}$ 'dir (Tablo 35). Bu ayın özelliği serin algılamaların alanının genişlemesidir (%16 serin , %40,5 çok az serin) (Tablo 34). Bu algılamalar genel olarak güneyde 2500 m, kuzeyde 1000 m'lerden itibaren görülmektedir. Türkiye'nin % 28,5'ini kaplayan konforlu koşullar ise batı ve iç kesimlerde, Karadeniz, Akdeniz ve Ege kıyıları boyunca yükseltinin 300-1100 m arasında olduğu kesimlerde yoğunlaşmaktadır. Sıcak stresine yol açan FES değerleri güneydoğudaki alçak alanlarda, soğuk stresine yol açan FES değerleri ise yüksek dağlık alanlarda toplanmaktadır (Şekil 16). Eylül ayı FES değerleri 100 m yükselti farkında $0,64^{\circ}\text{C}$,

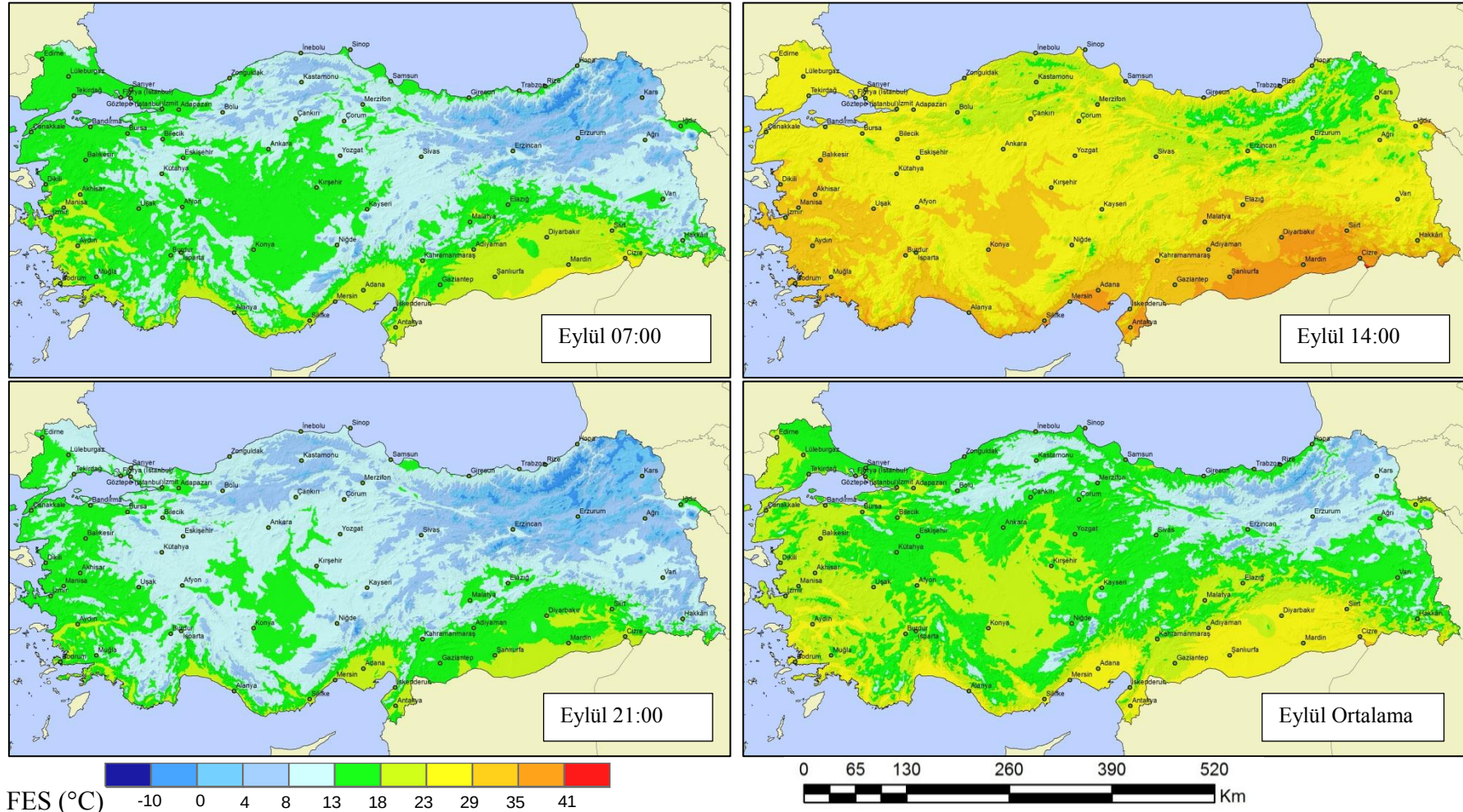
1° enlem farkında 1,64°C azalmakta, denizden uzaklaşılan her bir 100 km’de 1,68°C artmaktadır (Tablo 35).

Tablo 34. Türkiye’de eylül ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı (1975-2008).

Eylül		FES (°C)										
		< -10	-10 – 0	0 - 4	4 – 8	8 – 13	13 - 18	18 - 23	23 - 29	29 - 35	35 -41	> 41
07:00	km ²		5.277,34	27.645,67	84.986,46	256.906,36	290.623,53	98.231,05	6.927,89			
	%		0,7	3,6	11	33,3	37,7	12,8	0,9			
14:00	km ²				76,85	5.057,76	39.129,93	133.994,02	372.971,32	179.027,11	40.242,49	98,81
	%				0,01	0,7	5,1	17,4	48,4	23,2	5,2	0,01
21:00	km ²		9.581,20	45.014,79	132.559,41	342.690,64	195.828,97	44.923,30				
	%		1,2	5,8	17,2	44,5	25,4	5,8				
Ort.	km ²		358,65	4.852,81	27.982,36	123.131,92	312.047,65	219.705,11	82.161,14	358,65		
	%		0,05	0,6	3,6	16	40,5	28,5	10,7	0,05		

Tablo 35. Türkiye’de eylül ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları (1975-2008).

Eylül	Zaman dilimleri				Çoklu çizgisel regresyon bulguları	Zaman dilimleri			
	07:00	14:00	21:00	Ortalama		07:00	14:00	21:00	Ortalama
En düşük	-7,88	5,38	-8,43	-3,63	(Sabit)	74,87953	111,1902	70,05567	85,5059
En yüksek	25,87	41,32	22,46	29,88	Enlem (1°)	-1,46	-2,07	-1,38	-1,64
Ortalama	12,79	26,39	10,89	16,69	Yükselti (m)	-0,00669	-0,00622	-0,00635	-0,00641
					Denizellik (km)	0,016748	0,020459	0,013191	0,016754



Şekil 16. Türkiye’de eylül ayı FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).

4.1.11. Ekim ayı biyoklimatik koşulları

Eylül, yaz mevsimine benzerken, ekim sonbaharın tipik ayı olarak dikkat çekmektedir. Ekimde sıcak koşullar sona ermekte, soğuk algılamalar kendini daha çok hissettirmektedir. Güneşlenme süresi 6 saat 20 dakika, güneşlenme şiddeti 275,3 W/m²'dir. Saat 07:00'deki FES değerlerine göre en düşük değer -17,31°C, en yüksek değer 16,46°C ve Türkiye ortalaması 4,81°C'dir (Tablo 37). Eylül-ekim arasında ortalama 7,98°C fark bulunmaktadır. Bu haliyle Türkiye genelinde 18°C'den düşük toplam altı termal konfor düzeyi ortaya çıkmaktadır. Bunlardan dondurucu soğuklar %0,2, aşırı soğuklar %15,9, çok soğuklar %24,1, soğuklar %35,6'lık bir alanda hissedilmektedir. Türkiye'nin %20,2'sinde serin, %4,1'inde çok az serin termal algılamalar bulunmaktadır (Tablo 36). Ekim ayı saat 07:00'de en düşük FES değerleri (dondurucu soğuklar) Kaçkar ve Karçal dağları gibi kuzeydoğudaki yüksek dağlık alanlarda ve Büyük Ağrı dağında ortaya çıkmaktadır. Türkiye'nin kuzeyi, doğusu ve güneyindeki yüksek dağlık alanlarda çok soğuk ve aşırı soğuk algılamalar bulunurken, karasal alçak alanlarda soğuk termal algılamalar hâkimdir. Torosların güneyi, Karadeniz kıyısında Çarşamba ve Bafra ovaları ile batı Anadolu'da serin termal algılamalar gözlenmektedir. Cizre-Şanlıurfa hattı boyunca ve Akdeniz-Ege kıyılarında dar bir kuşak boyunca çok az serin termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 17). Ekim 07:00'de yükseltinin 100 m değişmesiyle 0,72°C, enlem değerinin 1° değişmesiyle 1,26°C ve kıyıdan uzaklığın 100 km değişmesiyle 0,73°C FES değerlerinin değiştiği hesaplanmıştır (Tablo 37).

Ekim saat 14:00'te elde edilen en düşük FES değeri -2,93°C, en yüksek FES değeri 29,43°C ve Türkiye ortalaması 17,24°C'dir (Tablo 37). Bu haliyle ekim ayı ortalaması eylül'den 9,15°C daha düşüktür. Ekim ayı içinde öğleden sonraları sabah

saatlerinden 12,43°C daha yüksektir. Ekim öğleden sonralarında Türkiye'nin %19'unda 13°C daha düşük FES değerleri bulunmaktadır. Saat 14:00'te çok az serin (%36,4) ve konforlu (%30,8) termal algılamalar hakimdir. Türkiye yüzölçümünün %13,4'ünde çok az sıcak %0,05'inde ise sıcak termal algılama düzeyleri görülmektedir (Tablo 36). Orta Toroslar, Anadolu'nun kuzeydoğusu ve kuzeyindeki yüksek alanlarda soğuk, çok soğuk, aşırı soğuk termal algılama düzeyleri bulunmaktadır. Serin termal algılamalar Trakya ve Anadolu'nun kuzeyi, iç kesimlerin yüksek alanları, iç batı Anadolu'da yer almaktadır. Konforlu termal algılamalar kuzeybatı, batı, İç Anadolu, Toros Dağları'nın etekleri, Doğu Anadolu'daki ovalarda görülmektedir. Güneydoğu Torosların güneyindeki alçak alanlar ve Akdeniz-Ege kıyılarında ise çok az sıcak koşullar hâkimdir (Şekil 17). Saat 14:00'te 100 m yükselti artışında 0,62°C, güneyden kuzeye iki enlem arasında 2,09°C FES değerleri düşmektedir. Denizden uzaklaşılan her bir 100 km'de 0,78°C FES artış görülmektedir (Tablo 37).

Ekim saat 21:00'de ortaya çıkan en düşük değer -16,62°C, en yüksek değer 15,23°C ve ortalama değer 4,86°C'dir (Tablo 37). Ekim ayı akşam termal algılamaları saat 07:00 FES değerlerinden ortalama 0,05°C yüksek iken, saat 14:00 FES'lerinden 12,38°C daha düşüktür. Eylül saat 21:00 ortalama değeriyle karşılaştırıldığında ekim FES ortalamasının 6,03°C daha soğuk olduğu hesaplanmıştır. Türkiye genelinde dondurucu soğuklar %0,1, aşırı soğuklar %15, çok soğuklar %24,3, soğuklar %36,1, serin termal algılamalar %20,9, çok az serin termal algılamalar %3,6'lık bir alan kaplamaktadır (Tablo 36). Ekim ayında, saat 21:00 en düşük FES değerleri Karçal, Kaçkar ve Ağrı dağlarında ortaya çıkmaktadır. Türkiye'nin tamamında soğuk stresinin çeşitli seviyeleri ortaya çıkmaktadır. Serin ve

çok az serin termal algılamalardan oluşan nispeten yüksek FES değerleri güneydoğu, güney, ve güneybatı Anadolu’da yer almaktadır (Şekil 17). 21:00’de 100 m yükselti artışında $0,68^{\circ}\text{C}$ FES değerleri azalmaktadır. Güneyden kuzeye, her 1 derecelik enlem artışında FES değerinin $1,24^{\circ}\text{C}$ azalacağı, kıyıdan kara içlerine gidildikçe 100 km’de $0,74^{\circ}\text{C}$ artacağı hesaplanmıştır (Tablo 37).

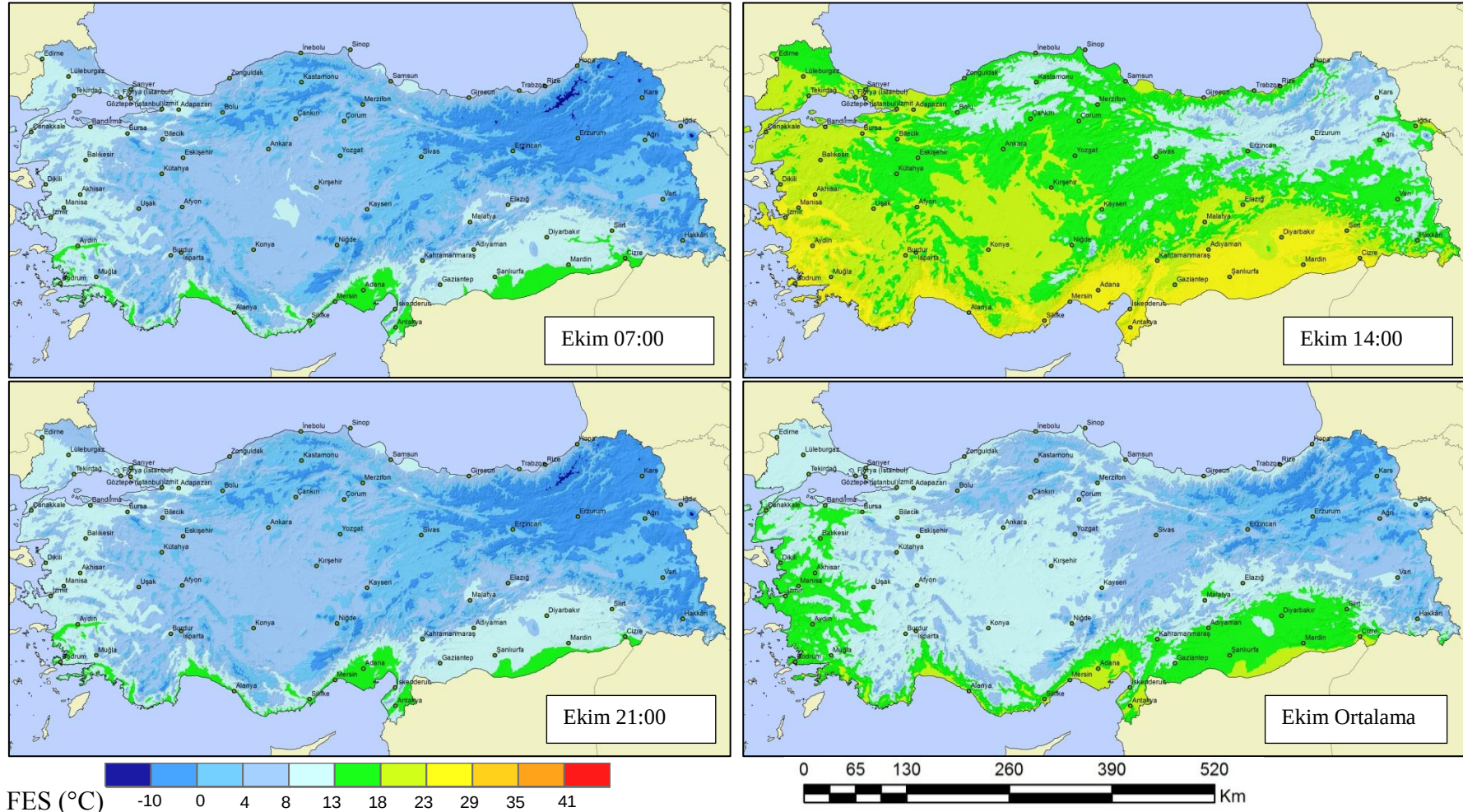
Ekim ortalamalarına göre düşük termal algılama değerleri yeniden ortaya çıkmaktadır (en düşük $-12,28^{\circ}\text{C}$, en yüksek $19,89^{\circ}\text{C}$, ortalama $8,97^{\circ}\text{C}$) (Tablo 37). Soğuk termal algılamalar varlığını önemli ölçüde hissettirmektedir. Eylül’e göre aylık ortalama $7,72^{\circ}\text{C}$ daha düşük FES’lerin görüldüğü ekimde, eylül’e benzer olarak serin algılamalar hâkimdir. Eylül’den farkı, serin algılamaların payının artması (%42,8), çok az serin algılamaların payının ise azalmasıdır (%15,4). Serin algılama alanları kuzey, doğu ve iç bölgelerde bulunan alçak kesimlerde toplanmaktadır. Konforlu algılamalar ise güney, güneydoğu ve güneybatıda çok sınırlı bir alanda kalmaktadır (%2,7) (Tablo 36). Ekimde farklı düzeyde soğuk termal algılamaların tamamının görülmesinin yanında FES’lerin en düşük düzeyini yansıtan dondurucu soğuk algılamalar da belirmeye başlamaktadır. Anadolu’nun kuzeyindeki dağların 1200-1400, Toroslar’ın 2400 m’den yüksek kesimlerinde farklı düzeyde soğuk algılamalar görülmektedir (Şekil 17). Çoklu çizgisel regresyon analiziyle yapılan karşılaştırmalar sonucunda 1° ’lik enlem artışı $1,53^{\circ}\text{C}$, 100 m’lik yükselti artışı $0,67^{\circ}\text{C}$ FES değerlerini düşürmekte, denizden uzaklaşılan her 100 km’de FES değerlerini $0,9^{\circ}\text{C}$ artırmaktadır (Tablo 37).

Tablo 36. Türkiye’de ekim ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı (1975-2008).

Ekim		FES (°C)										
		< -10	-10 – 0	0 - 4	4 - 8	8 – 13	13 - 18	18 - 23	23 - 29	29 - 35	35 -41	> 41
07:00	km ²	1.774,97	122.531,72	185.424,34	274.140,07	155.319,32	31.407,88					
	%	0,2	15,9	24,1	35,6	20,2	4,1					
14:00	km ²		87,83	3.626,80	25.087,51	120.006,50	280.566,57	237.268,20	103.585,25	369,63		
	%		0,01	0,5	3,3	15,6	36,4	30,8	13,4	0,05		
21:00	km ²	797,82	115.860,02	187.404,25	278.015,73	160.841,87	27.678,61					
	%	0,1	15	24,3	36,1	20,9	3,6					
Ort.	km ²	21,96	31.243,19	85.663,51	183.975,08	329.742,48	119.003,73	20.948,35				
	%	0,003	4,1	11,1	23,9	42,8	15,4	2,7				

Tablo 37. Türkiye’de ekim ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları (1975-2008).

Ekim	Zaman dilimleri				Çoklu çizgisel regresyon bulguları	Zaman dilimleri			
	07:00	14:00	21:00	Ortalama		07:00	14:00	21:00	Ortalama
En düşük	-17,31	-2,93	-16,62	-12,28	(Sabit)	60,51256	104,6189	60,08334	74,9046
En yüksek	16,48	19,43	15,23	19,89	Enlem (1°)	-1,26076	-2,09	-1,24	-1,53
Ortalama	4,81	17,24	4,86	8,97	Yükselti (m)	-0,0072	-0,00624	-0,00679	-0,00674
					Denizellik (km)	0,011901	0,007812	0,007405	0,009041



Şekil 17. Türkiye’de ekim ayı FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).

4.1.12. Kasım ayı biyoklimatik koşulları

Sonbahar mevsiminin son ayı olan kasım, kış mevsiminin biyoklimatik koşullarına benzer termal algılamalara sahiptir. Güneşlenme süresi 4 saat 30 dakika, güneşlenme şiddeti $182,7 \text{ W/m}^2$ 'dir. Kasım saat 07:00 FES değerleri şiddetli soğuk streslerinin yeniden ortaya çıktığı zaman dilimidir. Türkiye sınırları içerisinde hesaplanan en düşük FES değeri $-28,70^\circ\text{C}$, en yüksek değer $7,16^\circ\text{C}$, Türkiye ortalaması $-3,51^\circ\text{C}$ 'dir (Tablo 39). Türkiye yüzölçümünün %11,7'sinde dondurucu soğuk, %62,3'ünde aşırı soğuk, %19,6'sında çok soğuk, %6,2'sinde ise soğuk hissedilmektedir (Tablo 38). Anadolu'nun yüksek kuzeydoğusunda kendini gösteren dondurucu soğuklar, diğer dağlık alanlarında da gözlenmektedir. Türkiye'nin tüm kuzeyi, doğusu ve kıyı şeridinde kadar güneyinde aşırı soğuklar hâkimdir. Akdeniz, Ege, Marmara ve Karadeniz sahil şeridi boyunca ve güneydoğudaki alçak karasal alanlarda çok soğuk ve soğuk termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 18). Yapılan istatistiki analizler sonucu kasım ayı saat 07:00'de her bir 100 m yükselti artışının FES değerlerinde $0,80^\circ\text{C}$ azalmasına neden olduğu bulunmuştur. 1° 'lik enlem artışında ise termal algılamaların $0,87^\circ\text{C}$ düştüğü, denizden uzaklaşılan her 100 km'de hissedilen sıcaklığın $0,73^\circ\text{C}$ yükseldiği hesaplanmıştır (Tablo 39).

Kasım saat 14:00 termal konfor koşullarına göre hesaplanan en düşük değer $-15,2^\circ\text{C}$, en yüksek değer $19,81^\circ\text{C}$ 'dir. Kasım ayı öğleden sonraları için Türkiye ortalaması $7,64^\circ\text{C}$ 'dir (Tablo 39). Bu haliyle kasım saat 14:00 FES değerlerinin ekim 14:00'ten $9,6^\circ\text{C}$ daha düşük, saat 07:00 FES değerlerinden ise $11,15^\circ\text{C}$ daha yüksek olduğu görülmektedir. Türkiye yüzölçümünün %23'ünde 4°C 'den daha düşük FES değerleri gözlenmektedir. %28'inde soğuk, %36,1'inde serin, %11,9'unda çok az serin, %1,4'ünde konforlu koşullar ortaya çıkmaktadır (Tablo 38). Soğuk, çok soğuk,

aşırı soğuk ve dondurucu soğuk termal algılamalar Türkiye'nin kuzeyi ve doğusunda, serin termal algılamalar batıda ve kara içi alçak alanlarda, çok az serin ve konforlu termal algılamalar ise güneydoğuda, Akdeniz ve Ege kıyıları görülmektedir (Şekil 18). Çoklu çizgisel regresyon analiziyle yapılan karşılaştırmalar sonucunda kuzeye gidilen her bir enlem $1,58^{\circ}\text{C}$, 100 m'lik yükselti artışı $0,8^{\circ}\text{C}$ FES değerinin düşürmekte, denizden uzaklaşılan her 100 km'de $0,23^{\circ}\text{C}$ artırmaktadır (Tablo 39).

Kasım saat 21:00'de Türkiye'deki en düşük FES değeri $-26,04^{\circ}\text{C}$, en yüksek FES değeri $9,04^{\circ}\text{C}$ ve ortalama FES değeri $-1,97^{\circ}\text{C}$ 'dir (Tablo 39). Saat 21:00 FES değerleri, 07:00'den $1,54^{\circ}\text{C}$ daha yüksek, saat 14:00'dekilerden $9,61^{\circ}\text{C}$ daha düşüktür. Türkiye yüzölçümünün %6,8'inde dondurucu soğuk, %57,5'inde aşırı soğuk %24,9'unda çok soğuk ve %1'inde ise soğuk termal algılamalar bulunmaktadır (Tablo 38). 07:00 biyoklimatik koşullarına benzer bir şekilde dağlık alanlarda dondurucu soğuklar, sahillerde soğuk ve çok soğuklar, bunlar dışında kalan geniş alanlarda ise aşırı soğuk termal algılamalar gözlenmektedir (Şekil 18). Saat 21:00'de her bir 100 m yükselti artışı FES değerlerinde $0,74^{\circ}\text{C}$, 1° 'lik enlem farklılığı $0,99^{\circ}\text{C}$ azalmaya, denizden uzaklaşılan her 100 km ise $0,27^{\circ}\text{C}$ artışa yol açmaktadır (Tablo 39).

Kasım ayıyla birlikte soğuk stresi varlığını belirgin şekilde hissettirmektedir (en düşük FES- $23,26^{\circ}\text{C}$, en yüksek FES $11,99^{\circ}\text{C}$, ortalama FES $0,72^{\circ}\text{C}$) (Tablo 39). Kasım aylık ortalaması ekimden $8,25^{\circ}\text{C}$ daha düşüktür. % 6,7'lik paya sahip serin termal algılamalar hariç tutulduğunda, Türkiye'nin tamamında farklı düzeylerde soğuk termal algılamalar görülür. Bu algılamalar içerisinde Doğu Anadolu'nun tamamında, Karadeniz ve Toros Dağları'nın yüksek kesimlerinde dağılış gösteren aşırı soğuk (%38,6) ve İç Anadolu ile İçbatı Anadolu'da yayılış gösteren çok soğuk

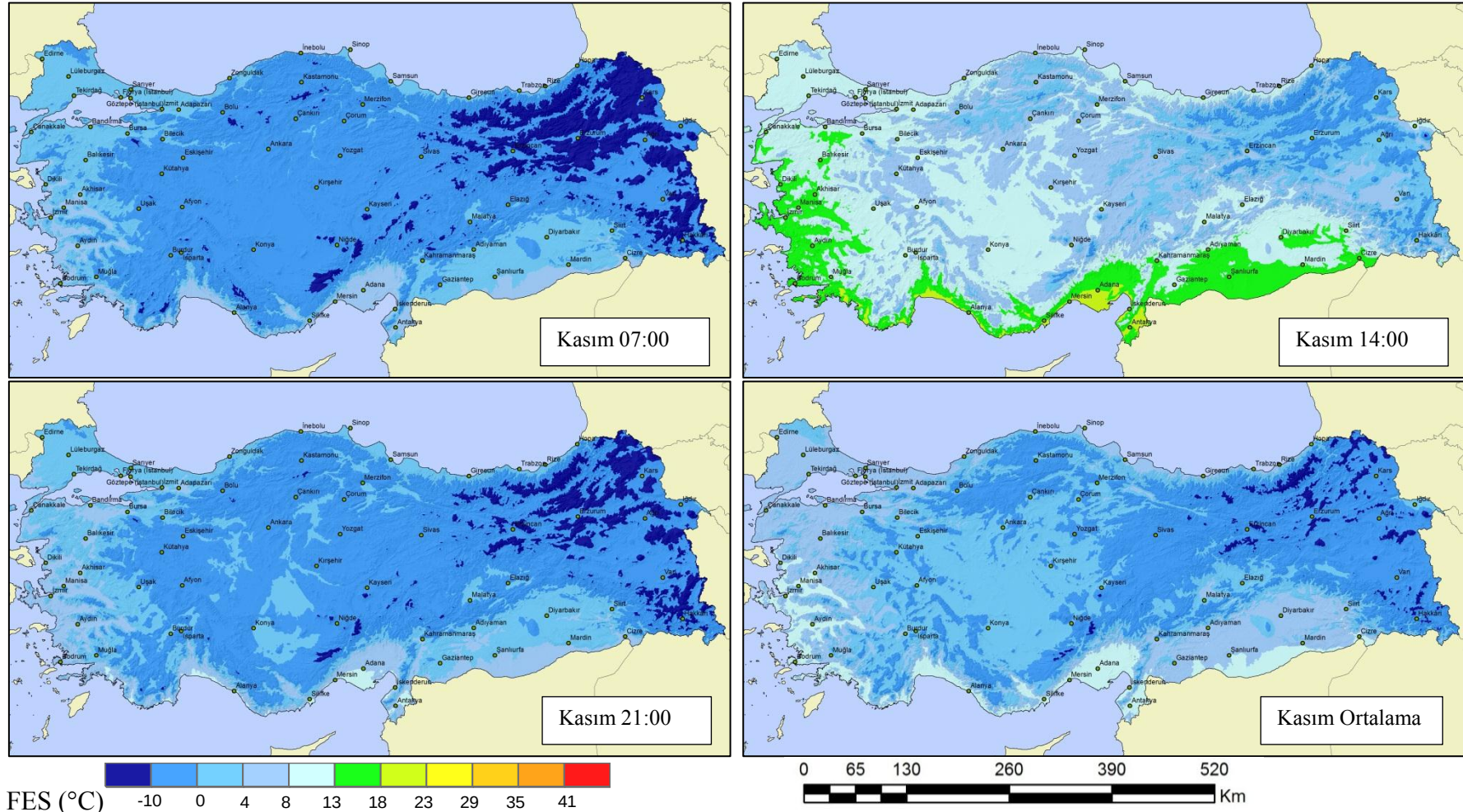
(%32,6) düzeyler hâkimdir (Tablo 38; Şekil 18). Çoklu çizgisel regresyon analizi sonucunda enlem, denizellik ve yükselti değişkenlerinin termal algılamalar üzerine etkisi kıyaslanarak incelenmiştir. Bu inceleme sonunda kasım ayı ortalama FES değerlerinin bir derecelik enlem artışıyla 1,14°C, 100 metrelik yükselti artışıyla 0,74°C düşeceği hesaplanmıştır. Denizden uzaklaşılacak her 100 km'de termal algılama değerleri 0,41°C artmaktadır (Tablo 39).

Tablo 38. Türkiye’de kasım ayı FES değerlerinin kapladıkları alan ve oranı (1975-2008).

Kasım		FES (°C)										
		< -10	-10 – 0	0 - 4	4 - 8	8 – 13	13 - 18	18 - 23	23 - 29	29 - 35	35 -41	> 41
07:00	km ²	90.304,06	480.520,07	152.164,63	47.609,54							
	%	11,7	62,4	19,6	6,2							
14:00	km ²	51,24	55.708,55	119.007,39	215.712,34	277.763,21	91.361,72	10.993,86				
	%	0,01	7,2	15,4	28	36,1	11,9	1,4				
21:00	km ²	52.663,64	442.868,68	191.741,05	75.939,58	7.385,35						
	%	6,8	57,5	24,9	9,9	1						
Ort.	km ²	18.430,45	297.705,13	251.636,33	150.986,19	51.840,20						
	%	2,4	38,6	32,7	19,6	6,7						

Tablo 39. Türkiye’de kasım ayı en düşük, en yüksek, ortalama FES değerleri, hesaplanan regresyon sabitleri ve katsayıları (1975-2008).

Kasım	Zaman dilimleri				Çoklu çizgisel regresyon bulguları	Zaman dilimleri			
	07:00	14:00	21:00	Ortalama		07:00	14:00	21:00	Ortalama
En düşük	-28,7	-15,02	-26,04	-23,26	(Sabit)	38,5661	76,62839	44,6676	53,19916
En yüksek	7,16	19,81	9,04	11,99	Enlem (1°)	-0,87	-1,58	-0,99	-1,14
Ortalama	-3,51	7,64	-1,97	0,72	Yükselti (m)	-0,008	-0,00684	-0,00741	-0,00742
					Denizellik (km)	0,007253	0,002304	0,002663	0,004115



Şekil 18. Türkiye’de kasım ayı FES değerlerinin alansal dağılımı (1975-2008).

Sonbahar mevsimi en düşük FES değerlerinin ortalaması -13,1, en yüksek FES değerlerinin ortalaması 20,6°C ve Türkiye ortalaması 8,8°C'dir (Tablo 20). Farklı düzeydeki serin algılamalar (serin %17,89, çok az serin %22,91), sonbaharın hâkim termal algılama özelliğini oluşturmaktadır (Tablo 21). Bunu çeşitli düzeylerdeki soğuk, konforlu ve sıcak algılamalar takip etmektedir. Geçiş mevsimleri birbiriyle kıyaslandığında, sonbaharda ilkbahara nazaran daha yüksek FES değerleri görülmektedir. Bu mevsimde, ilkbahara göre daha düşük radyasyon ($285,2 \text{ W/m}^2$) ve güneşlenme süresi (6 saat 30 dakika) olmasına rağmen daha yüksek FES değerlerinin oluşmasının nedeni, yeryüzünün yaz mevsimi boyunca ısınarak sonbaharda atmosfere ısı transfer etmesidir. Ayrıca güneyli hava kütlelerinin ekim ayı ortalarına kadar havayı yumuşatıcı etkileri bulunmaktadır. Enlem etkisinin en güçlü olduğu dönem sonbahar mevsimidir. Özellikle hava kütlelerinin yoğun etkisinin gözlemlendiği eylül ve ekim aylarında matematiksel konumun FES değerleri üzerinde belirleyici olduğu anlaşılmaktadır. Kasım kış mevsimi aylarıyla benzer bir reaksiyonun ortaya çıktığı aydır. Türkiye'nin en kuzeyi en güneyinden eylülde 11,5°C, ekimde 10,7°C ve kasımda 8°C daha düşük FES değerlerine sahiptir.

Yükseltinin FES değerleri üzerindeki etkisi sorgulandığında sonbaharın başı ve sonu arasında önemli farklar olduğu gözlenmektedir. Enlem etkisi eylül, ekim aylarında zayıfken, kasım ayında güçlenmektedir. Eylül yaz mevsiminin, kasım kış mevsiminin özelliklerini sergilerken, ekim tam bir geçiş ayı özelliğindedir. Yükseltinin etkisi eylülde kasıma doğru artmaktadır. Büyük Ağrı zirvesi 0 metre yükseltisi olan bir alandan eylülde 32,9°C, ekimde 34,6°C ve kasımda 38,1°C daha düşük FES değerlerine sahiptir. Denizellik de tıpkı yükselti gibi, sonbahar aylarını ayırmıştır. Kasım kışın, eylül yazın, ekim geçiş aylarının özelliklerini ortaya

koymaktadır. Iğdır ovası Karadeniz sahilinden eylülde 4,61°C, ekimde 2,49°C, kasımda 1,13°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir.

Türkiye’de biyoklimatik koşullar mevsimlik ortalamalara göre analiz edildiğinde, kış aşırı soğuk (-6,1°C), ilkbahar serin (6,7°C), yaz konforlu (21,2°C) ve sonbahar çok az serin (8,8°C) termal algılamalarla karakterize edilmektedir.

4.2. Türkiye’nin Biyoklimatik Koşullarının Analizi

Türkiye’nin tamamı için hesap edilen FES değerlerinin yıllık ortalamaları ele alınıp incelendiğinde en düşük değerlerin ortalamasının -12,2°C, en yüksek değerlerin ortalamasının 20,2°C, Türkiye ortalamasının 7,6°C olduğu görülmektedir. En güneyi ile en kuzeyi arasında 7 paralel ve 0-5137 m arasında değişen yükseltilerin bulunduğu Türkiye’de yıllık ortalamalar bakımından serin koşullar hâkimdir.

Saat 07:00 için en düşük -18,8°C, en yüksek 16,8°C ve yıllık ortalama 4,6°C hesaplanırken, saat 14:00’deki FES değerleri en düşük -7,5°C, en yüksek FES değeri 28°C ve yıllık ortalama 15°C, saat 21:00 FES değerleri en düşük -19,4°C, en yüksek 14,9°C, ortalama 3,2°C olarak hesaplanmaktadır. Bu ortalamalara göre Türkiye sabahları serin, öğleden sonraları çok az serin ve akşam saatlerinde soğuk termal algılamalara sahiptir. Ortalama değerler arasındaki fark incelendiğinde 07:00’deki FES değeri saat 14:00’dan 10,5°C daha düşük, saat 21:00’dan 1,4°C daha yüksektir. Akşam saatlerinde öğleden sonra saatlerine göre 11,9°C FES daha soğuk hissedilmektedir.

Türkiye’de biyoklimatik koşulların yıl içinde gelişimi incelendiğinde en soğuk ay ile en sıcak ay FES ortalamaları arasında 30°C fark olduğu gözlenmektedir. Ocak ayı (-7,4°C) Türkiye ortalaması aşırı soğuk (-10°C<FES<0°C), temmuz ayı

(22,6°C) Türkiye ortalaması ise konforlu ($23^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 29^{\circ}\text{C}$) termal algılama düzeyindedir. Aylık ortalamalar arasındaki en büyük fark saat 14:00'de (33,6°C) en düşük fark saat 21:00'de (24,9°C) ortaya çıkarken, saat 07:00'de temmuz ocak farkı 31,4°C'dir.

Birbirini izleyen ayların aylık ortalama değerleri incelendiğinde maksimum FES değerlerinin ortaya çıktığı temmuz ayından minimum değerlerin hesaplandığı ocak ayına kadar düşüş, ocaktan temmuza kadar ise sürekli artış eğiliminin olduğu görülmektedir. Aylık ortalamalar arasında en düşük fark temmuzla ağustos (0,3°C), en yüksek fark ise ekim-kasım (8,3°C) geçişinde oluşmaktadır. Aylar arasında farklar geçiş dönemlerinde yüksektir (eylül-ekim 7,7°C; mart-nisan 7,4°C; nisan-mayıs 6,1°C). Soğuk ve sıcak dönemin ortalarında ise aylar arası farklar azalmaktadır (ocak-şubat 1,5°C; aralık-ocak 2,4°C; haziran-temmuz 4°C). Günün saatleri bakımından irdelendiğinde en yüksek fark saat 07:00 ortalamalarında, en düşük fark ise saat 21:00 ortalamalarında ortaya çıkmaktadır.

En yüksek ve en düşük FES'ler arasındaki farkın en fazla olduğu ay ocaktır. (43,4°C). Ocağı, şubat (40,9°C) ve aralık (40,1°C) takip etmektedir. Sıcak dönemde ise farkın yüksek olduğu aylar temmuz (38,3°C) ve hazirandır (36,2°C). En soğuk yer ve en sıcak yer arasında farkın en düşük olduğu aylar sırasıyla nisan (26,6°C), mayıs (28,6°C) ve ağustostur (29,5°C) ayları takip etmektedir.

Günün en sıcak saati ile en soğuk saati arasında aylık ortalama farklar incelendiğinde, en yüksek fark ağustos ayında akşam ve öğle saatleri arasında (17,13°C) oluşmaktadır. En düşük fark ise aralık ayı saat 14:00 ile 21:00 arasında (7,44°C) gerçekleşmektedir. Gün içinde FES değerlerinde aylık ortalama farklar

sıcak dönemde artmakta, soğuk dönemde ise azalmaktadır. Bunun nedeni artan radyasyon ve güneşlenme süresiyle birlikte FES değerlerinin yükselmesi ve sonuç olarak uç değerler arasındaki farkın da artmasıdır.

Türkiye biyoklimatik koşullarını şekillendiren meteorolojik parametrelerin gerek zaman gerek alan içinde farklılaşması termal algılama değerlerinin de çeşitlenmesine neden olmaktadır. Biyoklimatik koşulların şekillenmesinde enlem, yükselti, denizellik ve arazi kullanım özelliklerinin analizi önemli sonuçlar ortaya koymaktadır.

Çok değişken bir yapısı ve üzerinde pek çok farklı kontrolün etkisi olmasına karşın, Türkiye'nin en güneyi ve en kuzeyi arasında global radyasyon miktarı 50-150 W/m² arasında değişkenlik gösterebilmektedir. Global radyasyonda olduğu gibi oldukça farklı koşullardan etkilenmesine rağmen güneşlenme süreleri de enleme göre 30 dakika uzun ya da kısa olabilmektedir. Enlem derecesi düştükçe global radyasyon oranı artmaktadır. Aynı şeyi güneşlenme süresi için söylemek olası değildir. Kış aylarında enlem arttıkça güneşlenme süresi azalırken, yaz aylarında artmaktadır. Bu iki temel nedenden ötürü enlem değerleri Türkiye'deki biyoklimatik koşulları etkileyen ana faktörlerden biridir. Enlem etkisi, gün içinde en güçlü saat 14:00'de (1°enlemde 1,6°C FES), en zayıf saat 07:00'dedir (1°enlemde 1,1°C FES). Saat 21:00'de ise 1° enlem değişikliği termal algılamaları 1,2°C değiştirmektedir. Bu haliyle Türkiye'de bir derecelik enlem artışında yıllık ortalama FES değerlerinin 1,3°C düşeceği sonucuna ulaşılmaktadır. Türkiye'nin en güneyiyle en kuzeyi arasında yıllık ortalama FES farkı 9,1°C'dir.

Enlem etkisinin yıl içindeki seyri ise daha karmaşıktır. Etkinin en fazla

hissedildiği dönem, yazdan sonbahara geçiştir. Eylül ayında saat 07:00'de 1° enlem artışında 1,5°C, saat 14:00'de 2,1°C, saat 21:00'de 1,4°C, ekimde 1,3°C, 2,1°C, 1,2° azalmaktadır (anılan sırayla). Soğuk dönem aylarında nispeten daha düşük bir etki ortaya çıkmaktadır. Global radyasyonun en düşük ve güneşlenme sürelerinin kısa olduğu aylarda enlem etkisi de azalmaktadır. 1° enlem değerinin artması aralık ayında FES değerlerini saat 07:00'de 0,7°C, saat 14:00'de 1,4°C ve saat 21:00'de 0,9°C azalmaktadır. Dolayısıyla Türkiye'nin güneyi ve kuzeyi arasında eylül saat 14:00'de 14,7°C FES farkı ortaya çıkarken, aralık saat 07:00'de bu fark 4,9°C'ye düşmektedir. Aylık ortalamalara göre güney kuzey arasındaki fark (diğer parametreler eşit olduğunda) aralıkta 7,3°C, ocakta 8°C, şubatta 8,6°C, martta 9,2°C, nisanda 7,9°C, mayısta 8,7°C, haziranda 9°C, temmuzda 10,2°C, ağustosta 10,5°C, eylülde 11,5°C, ekimde 10,7°C ve kasımda 8°C'dir.

Biyoklimatik koşulların gün içindeki gelişimine yükseltinin etkisi analiz edildiğinde, en güçlü etki sabah saatlerinde (100 m'de 0,74°C), en zayıf etki öğleden sonra (100 m'de 0,69°C) ortaya çıkmaktadır. Yükseltinin etkisi FES değerlerinin azalma eğiliminde olduğu saatlerde daha belirgin ortaya çıkmaktadır. Akşam saatlerinde 100 m yükselti artışında FES değeri 0,71°C azalmaktadır. Yıllık ortalama FES değerlerinin her 100 m yükseltide 0,71°C değişmektedir. Diğer parametreler eşit olduğunda, 0 m yükseltisi olan alanlar ile Büyük Ağı Dağı zirvesi arasında yıllık ortalama 36,7°C FES farkı bulunmaktadır.

Yıl içinde, yükseltinin termal konfor koşulları üzerinde en etkili olduğu ay ocak (100 m için 07:00'de 0,94°C, 14:00'de 0,84°C, 21:00'de 0,92°C), en az etkili olduğu ay nisandır (100 m için 07:00'de 0,56°C, 14:00'de 0,66°C, 21:00'de 0,56°C). Biyoklimatik koşulların daha düşük değerlerde olduğu şubat (100'de 0,91°C, 0,8°C,

0,87°C, anılan sırayla), aralık (100 m'de 0,88°C, 0,8°C, 0,87°C) ve kasım aylarında da (100 m'de 0,8°C, 0,68°C, 0,74°C) yükseltinin FES değerleri üzerinde etkisi fazladır. Gerek gün içinde sabah saatlerinde, gerek yıl içinde düşük değerlerin görüldüğü aylarda etkinin artması, yükselti ve atmosfer yoğunluğu ilişkisinin belirleyici olduğunu göstermektedir. Yükseltiye bağlı olarak atmosfer incelidikçe ısı tutma kapasitesi ve istikrarlı yapısı bozulmaktadır. Buna bağlı olarak enerji transferi daha hızlı gerçekleşmekte, hava sıcaklığı düşmektedir. Ayrıca nem koşulları, bulutluluk ve rüzgâr koşulları da bu hızlı enerji transferine bağlı olarak artmaktadır. Daha ince ASK daha fazla türbülanslı değişimi beraberinde getirmektedir. Yükselti azaldıkça tüm bu yukarıda sayılan değişkenler tersine işlemekte daha yüksek termal algılama değerlerinin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Yükseltinin etkisinin azaldığı aylar genellikle geçiş sürecindeki aylar ya da yaz aylarıdır. Mayıs ayında 100 m'de 07:00'de 0,56°C, 14:00'de 0,66°C, 21:00'de 0,56°C FES değerleri değişirken, eylülde aynı değerler 0,67°C, 0,62°C, 0,64°C (anılan sırayla) değişmektedir. Global radyasyonun ve güneşlenme süresinin artmaya başlamasıyla yükseltinin etkisi azalmaktadır. Soğuma sürecinde ince bir atmosfer nasıl dezavantaj oluşturuyorsa, ısınma sürecinde işler tam tersine dönerek avantaj oluşturmaktadır. İnce bir atmosfer enerjinin yüzeylere iletilmesini çabuklaştırmakta ve hava sıcaklığını kalın bir atmosfere göre daha kolay artmasını sağlamaktadır. Haziranda yükselti 100 m arttıkça FES değerleri sabah saatlerinde 0,70°C, öğleden sonra saatlerinde 0,78°C ve akşam saatlerinde 0,69°C düşmektedir. Aylık ortalamalara yükseltinin etkisi daha somut bir şekilde ortaya konulmak istenirse; kıyıda 0 m yükseltisi olan bir yer ile Büyük Ağrı Dağı (5.137 m) arasındaki FES farkı (diğer değişkenlerden bağımsız olarak), aralıkta 43,1°C, ocakta 46,3°C, şubatta 44,1°C, martta 36°C, nisanda 28,9°C,

mayısta 30,5°C, haziranda 37°C, temmuzda 35,6°C, ağustosta 33°C, eylülde 32,9°C, ekimde 34,6°C ve kasımda 38,1°C'dir.

Denizellik ve Türkiye'nin biyoklimatik koşulları arasında enlem ve yükseltiden farklı olarak daha doğrudan bir ilişki vardır. Denizellik atmosferin nem içeriğini etkileyen bir faktördür. Konveksiyon ve kondüksiyon yoluyla ısı transferinde nem önemli bir katalizör görevindedir. Hava bloğundaki nem oranına bağlı olarak ısı transferi yarı yarıya yavaşlayabilmektedir. Bileşiminde daha fazla nem içeren atmosferin ısı tutma kapasitesi daha fazla olmasına rağmen yüzeylere ulaşan radyasyonu da engellemektedir. Isınma sürecinde enerjinin yüzeylere ulaşmasını engelleyen nem, soğuma sürecinde yüzeylerin atmosfere verdiği ısıyı tutarak daha dengeli bir dağılım olmasını sağlamaktadır.

Denizden uzaklaşıldıkça FES değerlerinde artma eğilimi görülmektedir. Denizellik ve FES değerlerinin gün içindeki ilişkisi incelendiğinde yıllık ortalamaya göre denizellik etkisinin en güçlü olduğu saat dilimi saat 14:00 (100 km'de 1,18°C), en zayıf olduğu zaman dilimi saat 21:00'dir (100 km'de 0,88°C). Global radyasyon oranının en yüksek olduğu zaman diliminde atmosferdeki nem engelleyici bir etkiye sahip olduğu için karasal alanların FES'leri daha yüksektir. Saat 07:00 FES değerlerine göre denizden uzaklaşılan her 100 km'de FES değerleri 1,17°C, yıllık ortalamalar dikkate alındığında 1,08°C artmaktadır. Daha somut bir ifadeyle, deniz kıyısında olan bir yer ile denizden uzaklığı 275 km olan Iğdır arasında, diğer değişkenler eşit olduğunda, yıllık ortalama 2,96°C FES farkı bulunmaktadır. Bu fark Iğdır'ın lehinedir.

Denizellik etkisinin yıl içinde gelişimi incelendiğinde biyoklimatik koşullar

ve atmosferin nem içeriği konusu çok daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Denizelliğin en zayıf olduğu ay ocaktır. Ocakta denizden 100 km uzaklaşıldığında saat 07:00'de 0,2°C, saat 21:00'de 0,02°C FES değerleri artarken, saat 14:00'te 0,13°C azalmaktadır. Dolayısıyla denizelliğin daha yüksek etkisinin görüldüğü alanlara nazaran, öğleden sonra saatlerinde, karasal alanlarda daha düşük FES değerleri görülmektedir. Soğumanın başladığı andan itibaren denizel alanlar karasal alanlardan avantajlıyken, belli bir süre sonra (saat 21:00 FES değerlerine göre) neredeyse benzer eğilimler görülmektedir. Solar radyasyon oranının en düşük olduğu aralıkta öğleden sonraları FES değerleri 100 km'de 0,03°C düşmekte, saat 07:00'de 0,29°C, saat 21:00'de ise 0,05°C artmaktadır. Denizellik etkisinin en şiddetli hissedildiği temmuzda, 100 km'de sabahları 2,47°C, öğleden sonraları 3,07°C ve akşam saatleri 2,25°C FES değerleri artmaktadır. Görece daha yüksek etkiye sahip ikinci ay olan ağustosta denizden 100 km uzaklaşıldığında, 07:00'de 2,23°C, 14:00'te 2,71°C ve 21:00'de 1,95°C FES değerleri artmaktadır. Aylar arasındaki FES değerleri sıralaması ile denizden uzaklık katsayıları sıralamasının aynı olması gelen enerji miktarı ile atmosferdeki nem arasında doğrusal bir ilişki olduğunu açıklamaktadır. Atmosferdeki nem karasal alanlarda daha az olduğu için kısa dalga radyasyon çok fazla engellenmeden yüzeylere ulaşabilmektedir. Denizellik etkisinin en yüksek olduğu aylar Mayıs-Ağustos, en düşük olduğu aylar Ekim-Nisan arasındadır. Aylık ortalamalara göre Iğdır, deniz kıyısındaki bir yerden aralıkta 0,27°C, Ocakta 0,08°C, Şubatta 0,88°C, Martta 1,62°C, Nisanda 2,24°C, Mayısta 3,26°C, Haziranda 5,58°C, Temmuzda 7,13°C, Ağustosta 6,31°C, Eylülde 4,61°C, Ekimde 2,49°C ve Kasımda 1,13°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir.

4.3. Ankara Şehir Merkezinin Biyoklimatik Koşulları

4.3.1. Ankara şehir merkezinin biyoklimatik koşullarının analizi

Biyoklimatik koşullar üzerine şehirleşmenin etkisinin incelenmesi amacıyla, farklı arazi kullanım özelliklerine sahip 6 istasyonda (Tablo 40) 2001-2010 yılları arasında kaydedilen saatlik ölçümlerden FES değerleri hesaplanmıştır. 24 saatlik ortalamalar Ek 5’de verilmiştir. Hesaplanan FES değerlerinin, yükselti ve arazi kullanım parametreleriyle çoklu çizgisel regresyon analizi yapılmıştır. Arazi kullanımının biyoklimatik koşullar üzerine etkisinin gün içinde gösterdiği değişimin daha ayrıntılı görülebilmesi için 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00 ve 21:00 olmak üzere 8 ayrı saat seçilmiştir. Her ay için yukarıda sayılan saatlerdeki termal algılama değeri analiz edilmiş, CBS yardımıyla alansal dağılımları yapılmıştır. Bununla birlikte termal algılama düzeylerinin Ankara şehir merkezindeki dağılımları da değerlendirilmiştir.

Tablo 40. Ankara biyoklimatolojik koşullarının saptanması için kullanılan istasyonlar ve özellikleri.

Adı	Boylam (Doğu)	Enlem (Kuzey)	Yükselti (m)	Arazi kullanımı
Cebeci	32°,52’	39°,56’	882	Yoğun şehirselsel fonksiyon alanı, yüksek yapı yoğunluğu
Emek	32°,49’	39°,55’	875	Yoğun şehirselsel fonksiyon alanı, yüksek yapı yoğunluğu
Şeker	32°,40’	39°,57’	817	Banliyö, kırsal
Yenikent	32°,32’	40°,06’	796	Tarım alanı, kırsal
AOÇ	32°,47’	39°,56’	836	Şehir ormanı, açık alan
Gar	32°,50’	39°,56’	855	Yoğun şehirselsel fonksiyon alanı, yeşil alan

4.3.1.1. Aralık ayı biyoklimatik koşullarının analizi

Aralık ayında Ankara şehir merkezinde gün doğumu saat 07:00 (1 aralık 06:47; 31 aralık 07:06), gün batımı 16:30 (1 aralık 16:28; 31 aralık 16:38)

civarındadır. Kış mevsiminin ilk ayı olan aralıkta saat 00:00'daki FES değerlerine göre, en sıcak koşullar yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlarda oluşmaktadır. Şehir içindeki yeşil alanlar birer soğuk merkez görevi gördüğünden ısı adası iki çekirdekli bir görünüme sahiptir. Bu zaman diliminde, şehir ısı adası yükselti farkının az olduğu batıya doğru yönelmekte ve daha az eğimli bir falezle kırsal alana geçmektedir. Isı adası merkezinden kuzeye ve doğuya gidildiğinde daha dik bir termal falezle karşılaşmaktadır. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip şehir dokusu FES değerleri ile kırsal FES değerleri arasındaki fark $2,1^{\circ}\text{C}$ - $2,4^{\circ}\text{C}$ civarındadır. Yükseltinin arttığı alanlarda bu fark 5°C - 7°C 'yi bulmaktadır. Aralık ayı boyunca gece yarısı termal konfor koşullarının en yüksek değerleri (-4°C FES) Cebeci, Sıhhiye, Kızılay, Emek gibi şehir merkezinin nispeten düz ve yapı yoğunluğunun fazla olduğu bölümünde ortaya çıkmaktadır. Şehirdeki ormanlık alanlar $1,9^{\circ}\text{C}$ - $2,2^{\circ}\text{C}$ daha soğuk termal konfor koşullarına sahiptir. Şehir ısı adasının ikiye bölünmesine neden olan yeşil alanlar, yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlardan 2°C daha düşük FES değerlerine sahiptir. Bu haliyle Ankara şehir merkezinin tamamında aşırı soğuk, güneydoğusundaki yüksek alanlarda (Elmadag'ın araştırma alanında kalan bölümünde) dondurucu soğuk termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 19).

Saat 03:00 FES değerleri hem kırsal hem şehirde soğumanın devam ettiğini göstermektedir. Şehir alanında soğuma oranı $0,5^{\circ}$ - $0,6^{\circ}\text{C}$ FES civarındayken, aynı oran kırsal alanlarda $0,7^{\circ}\text{C}$ - $0,8^{\circ}\text{C}$ civarındadır. Soğuma oranı şehir merkezinin yüksek yapı yoğunluğuna sahip bölgelerine doğru azalırken, yükseltideki artışa ve merkezden uzaklığa bağlı olarak artmaktadır. Buna göre saat 03:00'de şehir ısı adası merkezinden güneyde ve kuzeyde kalan yüksek kırsal alanlar ile yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar arasında termal konfor farkı 6°C - 8°C 'ye çıkmaktadır.

Şehir ile kır arasındaki FES değeri farkı $1,8^{\circ}\text{C}$ - $2,5^{\circ}\text{C}$, şehirdeki ormanlık alanlar ile $1,5^{\circ}\text{C}$ - $2,2^{\circ}\text{C}$, yeşil alanlar ile $1,2^{\circ}\text{C}$ - $1,9^{\circ}\text{C}$ arasındadır. Saat 00:00'da çift çekirdekli olan ısı adası kuzeyden birleşmektedir. Kurtuluş Parkı, Abdi İpekçi Parkı, Anıtkabir Bahçesi gibi yeşil alanlar şehir ısı adasını bölen termal algılama değerlerine sahiptir. Şehir ısı adasının falezleri bir önceki saat dilimindeki şeklini korumaktadır. Termal algılama düzeylerinin alansal dağılımında önemli bir değişiklik olmadığı, sadece güneydoğudaki dondurucu soğuk termal algılamaların alan kazandıkları dikkat çekmektedir. Bunun dışında kalan yerlerde aşırı soğuk termal algılamalar hâkimdir (Şekil 19).

06:00 FES değerlerine göre, termal konfor koşullarındaki düşüşler devam etmektedir. Termal konfor düşüş oranları bir önceki zaman dilimine nazaran daha küçüktür. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip şehir alanlarında 03:00'a nazaran ortalama $0,3^{\circ}\text{C}$ - $0,5^{\circ}\text{C}$ 'lik bir azalma ortaya çıkarken, şehir içi yeşil alanlarda bu oran $0,4^{\circ}\text{C}$, orman içi açık alanda $0,7^{\circ}\text{C}$ civarındadır. Banliyö ve kırsal alandaki soğuma oranı $0,5^{\circ}\text{C}$ civarında. Isı adası, saat 03:00'e nazaran alanını küçültmekte ve çift çekirdekli bir yapıya dönüşmektedir. Şehir içi ormanlık arazi, şehir merkezine nazaran $2,1^{\circ}\text{C}$ - $2,4^{\circ}\text{C}$, yeşil alana nazaran $0,6^{\circ}\text{C}$ daha az termal konfor değerine sahiptir. Şehir, kır arasındaki FES farkı $2,3^{\circ}\text{C}$ - $2,5^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir. Bu zaman diliminde Ankara şehri ve yakın çevresinde aşırı soğuk termal algılamalar varlığını korumakta, yüksek kesimlerde dondurucu soğukların etki alanını genişlemektedir (Şekil 19).

Gün doğumundan iki saat sonrasına denk gelen saat 09:00'da, yüksek yapı yoğunluğuna sahip şehir merkezinin kuzeydoğusunda, sıcak çekirdek varlığını korumaktadır. Bütün gece boyunca soğuyan yapay yüzeyler daha yavaş ısınırken ($3,5^{\circ}\text{C}$), kırsal alanlar çok daha hızlı ısınmaktadır ($4,4^{\circ}\text{C}$ - $4,6^{\circ}\text{C}$). Şehir ormanının

ısınma oranı da kırsal alanlarla benzer bir oranda ($4,4^{\circ}\text{C}$) olmasına rağmen, şehir içi yeşil alanlar en düşük orana sahiptir ($1,5^{\circ}\text{C}$). Daha hızla ısınan doğal yüzeyler şehir ile kır arasında FES farkının azalmasına neden olmaktadır. Şehrin yüksek yapı yoğunluğu bulunan kısımlarında, soğuk ısı obruğu bir çekirdek olarak belirlemektedir. Şehir istasyonları ile kır istasyonları arasındaki fark $1,4^{\circ}\text{C}$ - $1,9^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir. Bu saat diliminde şehir ormanlarında, yeşil alanlardan $2,3^{\circ}\text{C}$ daha yüksek, kırsal alanlarla benzer FES değerleri görülür. Atmosferik koşullara bağlı olarak Ankara'nın tamamına yakın bir bölümünde aşırı soğuk termal algılamalar ortaya çıkarken, sadece güneydoğuda 1800 m'den daha yüksek alanlarda dondurucu soğuk termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 19).

Çalışma için seçilen saatler içinde aralık ayı ortalamalarına göre en yüksek FES değerleri saat 12:00'de görülmektedir. Bu zaman diliminde ortaya çıkan soğuk obruğun (çukurun) oluşumu şehir dokusundan çok, daha çabuk ısınan doğal doku ile ilgilidir. Gece boyunca ısı adası olan alanın doğusu ve batısında da benzer FES değerlerinin ortaya çıkmasına bağlı olarak sıcak merkeze sahip iki ada oluşmaktadır. Kuzeyde ve güneyde bulunan yüksek alanlarla Ankara Ovası arasındaki FES farkı 5°C - 6°C civarındadır. Farklı arazi kullanım özelliklerine sahip alanların FES farkları ise şehir-kır $0,9^{\circ}\text{C}$ - $1,2^{\circ}\text{C}$, şehir-orman içi açık alan $0,9^{\circ}\text{C}$ - $1,2^{\circ}\text{C}$, şehir-yeşil alan $4,5^{\circ}\text{C}$ - 5°C olarak sayılabilir. Saat 12:00'de iki sıcak kanal boyunca soğuk, bu kanalın güneyi ve kuzeyindeki geniş alanlarda çok soğuk, çalışma alanının güneydoğusundaki Elmadağ'da aşırı soğuk termal algılamalar hâkimdir (Şekil 19).

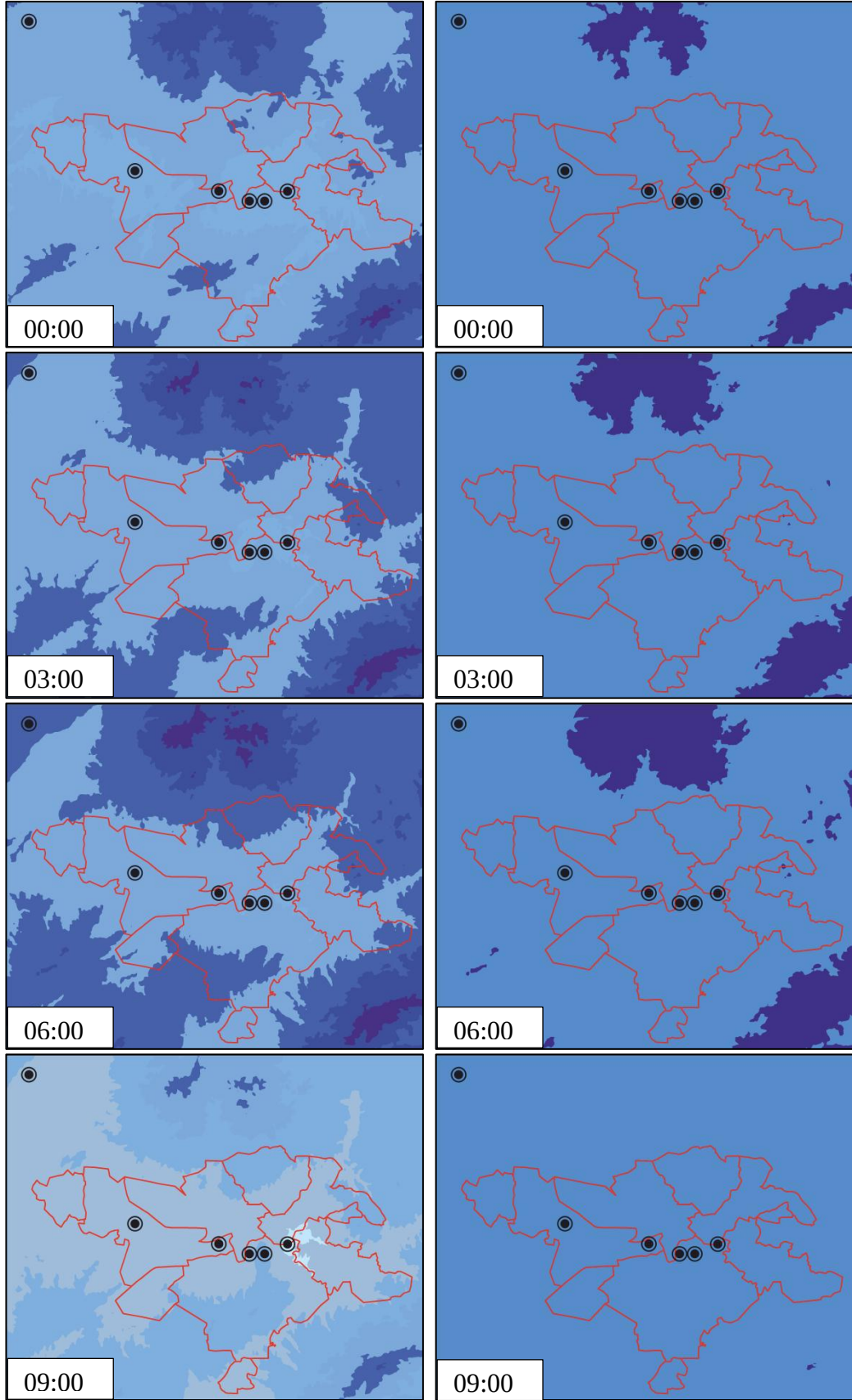
Saat 15:00 ortalamaları dikkate alınarak gerçekleştirilen regresyon analizine göre yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar iki farklı biyoklimatik koşul yaratacak şekilde ayrılmaktadır. Doğudaki alanlar sıcak bir çekirdek olarak çevrelerine göre

daha yüksek FES değerlerine sahip olurken, batıda bu durumun tersi yaşanmakta, bir ısı obruğu oluşmaktadır. Bunun nedeni saat, 13:00'de en yüksek seviyeye ulaşan FES değerlerindeki soğuma, en fazla şehir ormanı açık alanlarında ortaya çıkmasıdır. Çalışma alanı içinde en yüksek termal konfor değerleri şehir ormanı niteliği taşıyan AOÇ'de ($3,6^{\circ}\text{C}$) görülmektedir. Saat 12:00'ye göre FES değerlerindeki düşüş AOÇ'de $0,9^{\circ}\text{C}$, Emek'te $2,0^{\circ}\text{C}$, Yenikent'de $2,6^{\circ}\text{C}$ ve Gar'da $1,4^{\circ}\text{C}$ 'dir. AOÇ'de 07:00'den 12:00'ye kadar sürekli artan FES değerleri, 13:00'de zirve yaparak 15:00'e kadar yüksekliğini korumaktadır. Şehir ormanı karakterindeki bu alan ve batısındaki kır arazisinin, şehir merkezinin bir bölümünden daha yüksek termal koşullara sahip olmasının temel nedeni, ağaç örtüsünün (kanopisi) daha fazla radyasyon akışı sağlamasıdır. Arazi kullanıma göre yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar kırdan $0,9^{\circ}\text{C}$ - $1,5^{\circ}\text{C}$ daha yüksek, şehir ormanından $0,3^{\circ}\text{C}$ - $0,9^{\circ}\text{C}$ daha düşük FES değerlerine sahiptir. Ankara şehir merkezinde Gar çevresinde, Gazi Osman Paşa, Dikmen civarında, çalışma alanının kuzeydoğu ve güneydoğusunda aşırı soğuk, bunların dışında kalan geniş alanlarda ise çok soğuk termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 19).

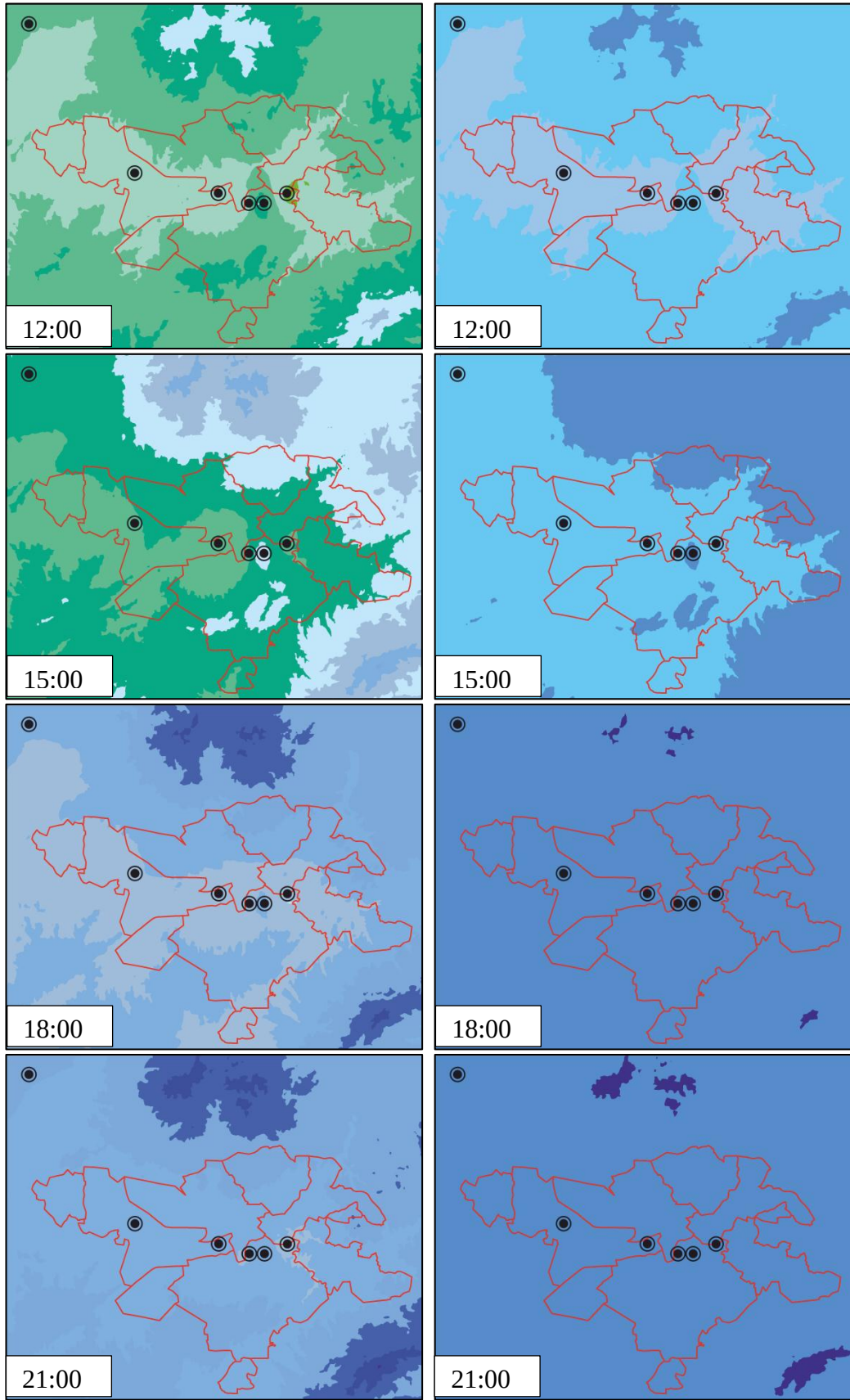
Bir önceki saat diliminde nispeten az olan soğuma, 18:00'de daha belirgindir. FES değerlerindeki düşüş, en az, yüksek yapı yoğunluğuna sahip şehir istasyonlarında ($4,6^{\circ}\text{C}$ - 5°C), en fazla orman içi açık alanlardadır ($6,8^{\circ}\text{C}$). Radyasyon kaynağı ortadan kalktığında gevşek dokulu malzemeler daha hızlı soğumaktadır. Saat 18:00'de, yeşil alanlarla parçalanarak çift çekirdekli hale gelen şehir ısı adası oluşmaya başlamaktadır. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip bölgeler ile kır arasındaki FES farkı $1,5^{\circ}\text{C}$ - $1,8^{\circ}\text{C}$, orman içi açık alan ile fark ise $1,1^{\circ}\text{C}$ - $1,4^{\circ}\text{C}$ arasındadır. Kır ile şehir arasındaki bu farklılık, yükseltinin devreye girmesiyle bozulmaktadır. Gerek

şehir dokusu, gerekse kır paterni içinde yükselti arttıkça FES değerlerinde hızlı azalış dikkati çekmektedir. Dolayısıyla yükselti farkının olduğu alanlarda arazi kullanımın termal konfor üzerine etkisi sınırlanmaktadır. Nispeten düz olan Ankara Ovası boyunca şehir dokusunun (farklı arazi kullanım özelliklerinin) aralık ayı termal konfor üzerinde önemli etkileri gözlenmektedir. Çalışma alanının neredeyse tamamında aşırı soğuk termal algılamalar ortaya çıkarken, sadece güneydoğuda 1600 m'den daha yüksek alanlarda dondurucu soğuk termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 19).

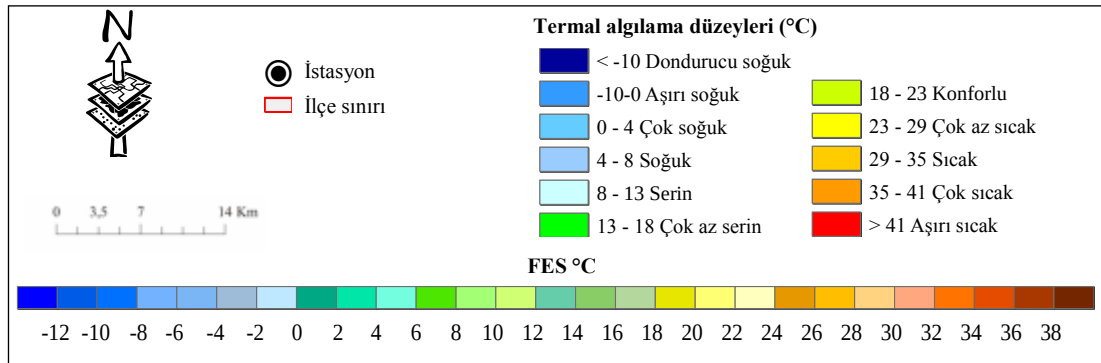
Saat 21:00'de yeniden şehir ısı adası ortaya çıkmaktadır. Saat 18:00 ile kıyaslandığında termal koşullardaki düşüş, şehirde 1,1°C-1,4°C, şehir içi yeşil alanlarda 0,9°C, şehir ormanında 2,1°C, kırdaki ise ortalama 1,5°C-2°C civarındadır. Bu alansal farklılıklar şehir merkezinde yüksek yapı yoğunluğu olan alanlarda gün doğumuna kadar süren ısı adasının oluşumuna neden olmaktadır. Şehir ve kır arasında asıl ayrımı oluşturan soğuma oranlarıdır. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar ile kırsal alanlar arasındaki FES farkı 2,4°C, şehir ormanı ile ise 2,1°C'dir. Aralık ayı ortalamalarına göre ısı adasının falezinin en dik olduğu saat dilimi 21:00'dir. Falezin yapısında şehirlerde üretilen antropojen ısıya önemli bir payı bulunmaktadır. Ankara şehir merkezi sınırları içinde kalan alanların tamamında aşırı soğuk termal algılamalar bulunurken, Elmadag'da (1600 m'den yüksek alanlarda) dondurucu soğuk termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 19).



Şekil 19. Ankara şehir merkezi aralık ayı FES değerleri (solda) ve termal algılama düzeyleri (sağda). İşaretler için bakınız Şekil 20.



Şekil 19'un devamı.



4.3.1.2. Ocak ayı biyoklimatik koşulları

Saat 03:00'de şehir ısı adası yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlarda

varlığını korumaktadır. Saat 00:00'dan 03:00'e kadar yüksek yapı yoğunluğu olan yerlerde 0,6°C-0,8°C, yeşil alanlarda 0,7°C, orman içi açık alanlarda 0,8°C ve kırdada 0,7°C-0,8°C FES değerleri azalmaktadır. Arazi kullanıma göre soğuma farkları çok küçüktür. Dolayısıyla biyoklimatik koşulların saat 00:00'da yarattığı geometrik yapı aynen korunmaktadır. Kır, şehrin yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlarından 1,7°C-2°C, şehir ormanından 0,2°C daha düşük FES değerlerine sahiptir. Şehirdeki yeşil alanlar, yapı yoğunluğu bulunan alanlardan 0,4°C-0,6°C daha soğuk hissedilirken, şehir ormanından 1,2°C daha sıcak hissedilmektedir. Şehir ormanlarındaki açık alanlar ve yapı yoğunluğunun yüksek olduğu alanlar arasında şehrin lehine 1,6°C-1,9°C fark bulunmaktadır. Ocak ayı saat 03:00 termal algılama düzeyleri Altındağ'ın doğusu, Keçiören kuzeyi, Çankaya-Yenimahalle'nin güneyi ve çalışma alanının güneydoğusunda dondurucu soğuk seviyesindedir. Şehir merkezi ve çevresindeki alçak kırsal alanlarda aşırı soğuk termal algılamalar hâkimdir (Şekil 21).

Ocak ayının en soğuk saati olan 06:00'da, yüksek kesimlerde FES değerleri -16°C'ye kadar düşmektedir. Güneşin gökyüzünde henüz yükselmediği saat 06:00'da daha önce tek parça olan şehir ısı adası, yapıdan yoksun alanlardaki soğumaya bağlı olarak ikiye bölünmektedir. Yüksek yapı yoğunluğu olan alanlardaki FES değerleri -7,2°C – -7,4°C (Emek, Cebeci) arasında değişirken, yapıdan yoksun alanlarda -7,9°C – -9,1°C (Gar, AOC) civarındadır. Yükseltisi az kırsal alanlarda FES değerlerinin -9,2°C – -9,1 (Yenikent, Şeker) arasında olduğu gözlenmektedir. Bir önceki saat diliminde olduğu gibi, üç saatlik soğuma oranları birbirine oldukça yakın olmasına rağmen, yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlarda diğer arazi kullanım türlerinden 0,1°C daha azdır. 06:00'da Ankara Ovası ve çevresinde aşırı soğuk

termal algılamalar bulunurken, ovanın doğusu, kuzeyi ve güneyi dondurucu soğuk termal algılamaların etkisi altındadır. Güneyde Gölbaşı'ndan İmrahor Çayı vadisiyle ovaya bağlanan hat boyunca da aşırı soğuk algılamalar hissedilmektedir (Şekil 21).

Güneşin doğuşuyla birlikte FES'lerin hızla yükselmeye başladığı saat 09:00'da, en yüksek artış kırsal alanlarda görülmektedir (Şeker 4,2°C; Yenikent 4,7°C). Kırdaaki artış ile şehir ormanındaki artış aynı düzeydeyken (AOÇ 4,6°C), yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlarda daha azdır (Emek 3,2°C; Cebeci 3,5°C). En az artış ise şehir içi yeşil alanlarda (Gar 1,3°C) ölçülmüştür. Bu haliyle şehir ile kır arasında gece boyunca oluşan farklar tamamen ortadan kalkmasa bile azalmaktadır. Yüksek yapı yoğunluğu olan arazi kullanıma sahip istasyonlar ile kır arasında 1,7°C-1,9°C, yeşil alanlar arasında 0,5°C-0,6°C, orman içi açık alanlar arasında 1,7°C-1,8°C FES farkı bulunmaktadır. Şehir merkezinde FES değeri -4°C civarındayken, kırdaki -6°C civarındadır. Kuzeyde ve güneydeki yüksek alanlarda ise -9°C ile -10°C FES değerleri bulunmaktadır. Termal konfor koşullarındaki artışa bağlı olarak sadece Elmadag'ın uzantılarında dondurucu soğuk algılamalar ortaya çıkarken, çalışma alanının tamamında aşırı soğuklar hâkimdir (Şekil 21).

Saat 12:00 FES değerleri diğer zaman dilimlerine göre en yüksek ortalama değerlere sahiptir. Bir önceki saatin aksine en fazla termal konfor artışı yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlarda olmuştur (Cebeci 9,5°C; Emek 7,2°C). Her ne kadar bu artışta doğal enerji transfer süreçlerinin payı bulunsada şehirlerdeki antropojen ısı kaynakları (trafik, baca, yapı ısıtma sistemleri, vs.) da önemli rol oynamaktadır. Kır istasyonlarında FES artışı 7,2°C, yeşil alanda 6,6°C ve orman içi açık alanda 6,8°C'dir. Saat 12:00'de yapısız alanlarla bölünmüş çift çekirdekli şehir ısı adası varlığını korumakta, falezlerini dikleştirilmektedir. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip

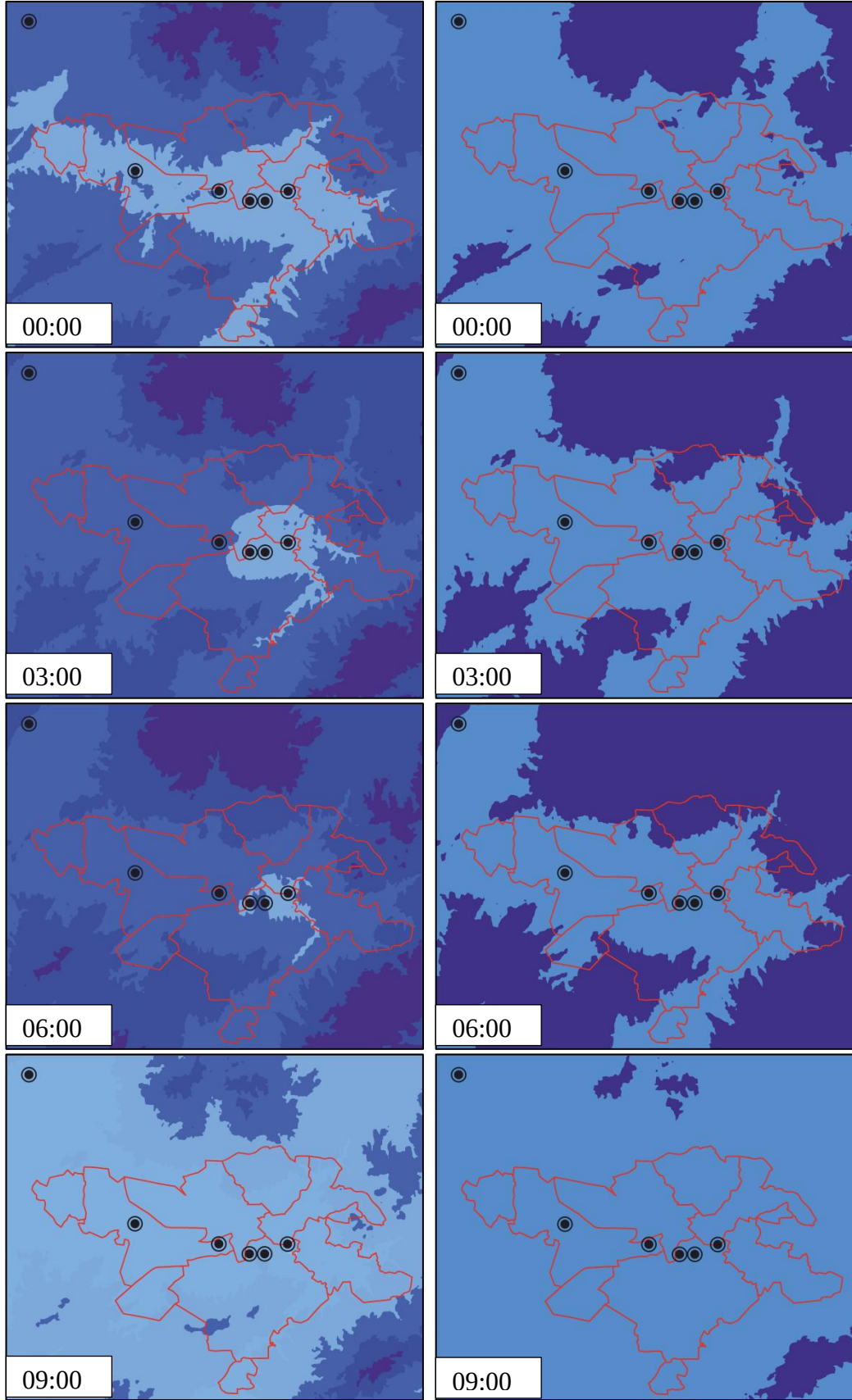
şehir dokusu ile kır dokusu arasında $0,3^{\circ}\text{C}$ - 3°C , yeşil alan arasında $3,0^{\circ}\text{C}$ - $5,7^{\circ}\text{C}$, şehir ormanı arasında $0,7^{\circ}\text{C}$ - $3,4^{\circ}\text{C}$ FES farkı bulunmaktadır. Merkez ilçelerin yüksek alanlarıyla alçak alanlar arasındaki fark ise 6°C - 10°C FES civarındadır. Termal algılama değerlerindeki artışa bağlı olarak saat 12:00'deki konfor düzeyleri, önceki saat dilimlerine göre daha yüksektir. Cebeci, Saimekadın, İncesu çevresinde soğuk termal algılamalar bulunurken, şehir merkezinin diğer alanları ve Ankara Ovası boyunca çok soğuk termal algılamalar hâkimdir. 1100 m'den daha fazla yükseltiye sahip yerlerde de aşırı soğuk algılamalar oluşmaktadır (Şekil 21).

15:00 FES değerlerine göre, biri şehir ormanı, diğeri yüksek yapı yoğunluklu sahanın doğu kanadı olmak üzere iki ısı adası oluşmaktadır. Bu adalardan şehir içindeki, daha dik falezlidir. Ayrıca gerek şehir içi yeşil alanlar, gerekse Emek İstasyonu çevresi, ısı obruğu şeklinde, bu iki alan arasında kalmaktadır. Ocak saat 15:00 ortalamalarına göre yüksek yapı yoğunluğu dokusuna sahip şehir alanları ile kır arasında $1,5^{\circ}\text{C}$ - $3,2^{\circ}\text{C}$, yeşil alan dokusuna sahip yerler arasında 2°C - $3,7^{\circ}\text{C}$, orman içi açık alanlar arasında $-0,7^{\circ}\text{C}$ - $1,1^{\circ}\text{C}$ arasında FES farkı bulunmaktadır. AOÇ'nin (2°C) FES değeri Emek'ten ($1,3^{\circ}\text{C}$) daha yüksek, Cebeci'den ($3,1^{\circ}\text{C}$) daha düşüktür. FES değerlerinde saat 12:00'den 15:00 kadar yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlarda $1,7^{\circ}\text{C}$ - $2,7^{\circ}\text{C}$, kırsal alanlarda $1,9^{\circ}\text{C}$ - $2,9^{\circ}\text{C}$ ve şehir içi yeşil alanlarda $0,7^{\circ}\text{C}$, orman içi açık alanlarda ise $0,3^{\circ}\text{C}$ düşme görülür. Orman üzerinde sıcak ada oluşmasının temel nedeni de bu düşük soğuma oranıdır. Termal algılamalar açısından İmrahor vadisi, Ankara Ovası ve yakın çevresi çok soğuk hissedilirken, şehir içi yeşil alanlar ve yüksek kırsal alanlar aşırı soğuk hissedilmektedir (Şekil 21).

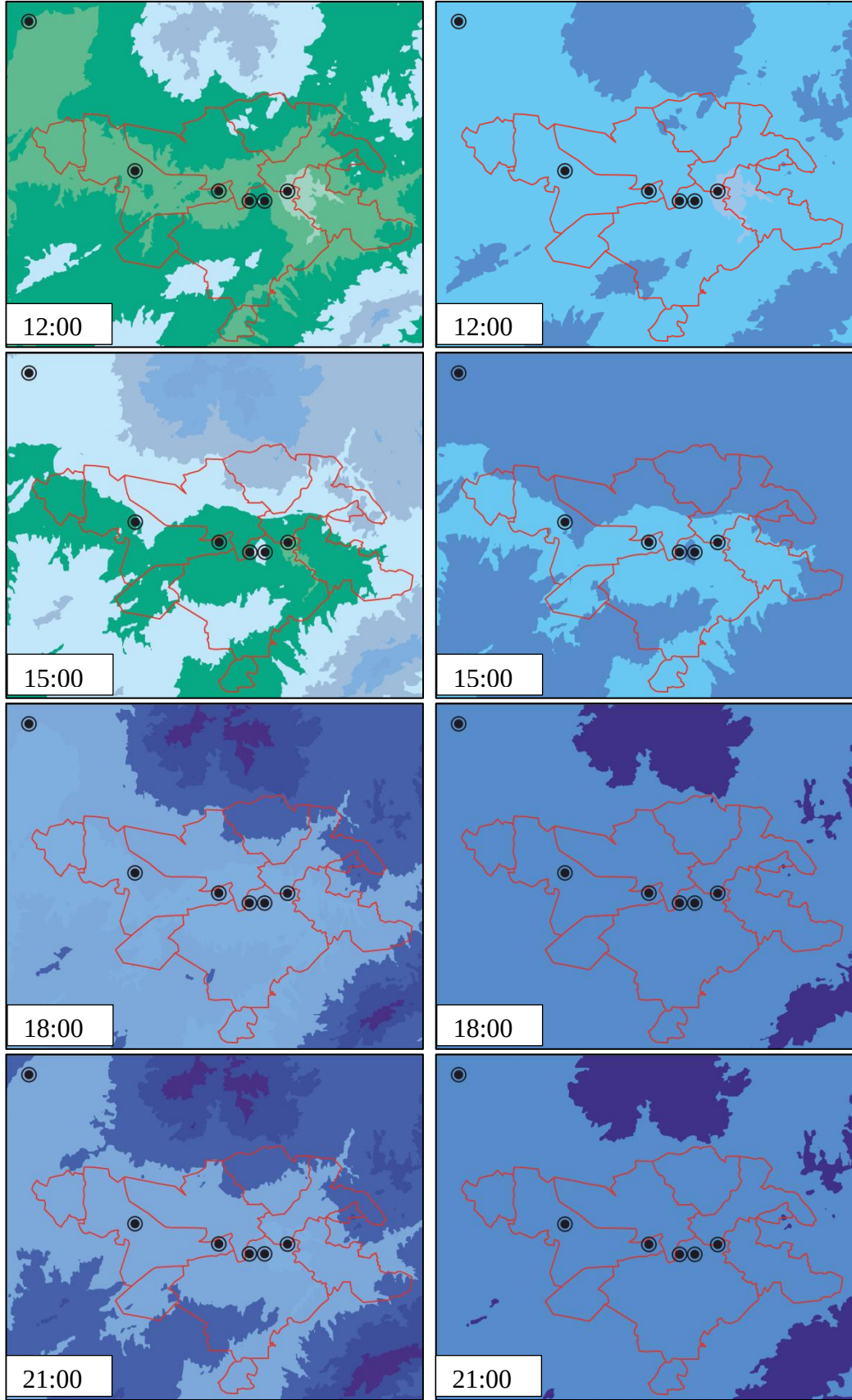
FES'lerdeki en fazla düşüşler gün batımından hemen sonraki zaman dilimine denk gelen 18:00'de görülmektedir. Bu zaman diliminde şehir ısı adası yeniden

belirmektedir. Bir önceki saat dilimine nazaran FES değerleri AOÇ'de ve Cebeci'de 7,1°C, Emek'te 6°C, Yenikent'de 5,1°C, Şeker'de 6°C ve Gar'da 4,3°C azalmaktadır. Saat 18:00 FES değerlerine bağlı olarak, güneydoğu ve kuzeydoğuda dondurucu soğuk termal algılamaların ortaya çıktığı dar alanlar dışında, çalışma alanının tamamında aşırı soğuk termal algılamalar hüküm sürmektedir (Şekil 21).

Saat 21:00 FES değerlerine göre 18:00'de oluşan şehir ısı adası şeklini ve gücünü korumaktadır. Çekirdekler kuzeyden birleşme eğilimindedir. Saat 18:00'den 21:00'e kadar soğuma oranları aralık ayında olduğu gibi en fazla doğal malzemeye sahip alanlarda ortaya çıkmaktadır. Soğumanın çok daha hızlı olduğu AOÇ'de 1,8°C, Yenikent'de 1,7°C, Şekerde 1,2°C FES değerlerinde düşüş yaşanmaktadır. Bununla birlikte şehirselleşme alanlarından yüksek yapı yoğunluğuna sahip Emek (0,9°C), Cebeci (1°C) ve yeşil alan özelliği taşıyan Gar'da (1°C) FES'lerde neredeyse yarı yarıya bir düşüş görülmektedir. Güneş battıktan sonra çok hızlı soğuyan kırsal dokunun tersine şehir bütün gece benzer bir oranda soğumaktadır. Saat 00:00'dan sonra kır ve şehirde soğuma trendleri aynı oranda gerçekleşmektedir. Bu haliyle ocak saat 21:00'de güneydoğu ve kuzeydoğudaki dondurucu soğuklar, alanlarını genişletmelerine rağmen, geniş alanlarda hâkim termal algılama aşırı soğuktur (Şekil 21).



Şekil 21. Ankara şehir merkezi ocak ayı FES değerleri (solda) ve termal algılama düzeyleri (sağda). İşaretler için bakınız Şekil 20.



Şekil 21'in devamı.

4.3.1.3. Şubat ayı biyoklimatik koşulları

Güneş şubatta saat 06:30 civarında doğmakta (1 şubatta 06:51, 28 şubatta 06:19) ve 17:30 (1 şubat 17:11, 28 şubat 17:44) civarında batmaktadır. Kış mevsiminin son ayı olan şubat 00:00'da doğudaki falez batıdakinden daha dik ve üzerinde iki büyük zirvesi olan bir ısı adası ortaya çıkmaktadır. Şehir içinde yüksek yapı yoğunluğu olan alanlar $-3,8^{\circ}\text{C}$ - $-4,4^{\circ}\text{C}$, yeşil alanlar $-5,8^{\circ}\text{C}$, şehir içi ormanlarındaki açık alanlar $-6,5^{\circ}\text{C}$ ve kırsal alanlar $-6,2^{\circ}\text{C}$ - $-6,9^{\circ}\text{C}$ FES değerlerine sahiptir. Yüksek yapı yoğunluğu bulunan alanların nispeten yüksek FES değerlerine sahip olması, şehir ısı adasının oluşmasını sağlamakta, yeşil alanların kır dokusuna benzer FES değerlerine sahip olması da adanın şeklini belirlemektedir. Bu haliyle saat 00:00'da Ankara şehir merkezinin dışında, yüksek kuzey ve güneydoğusunda dondurucu soğuk, bunların dışında kalan geniş alanlar boyunca ise aşırı soğuk termal algılamalar yaşanmaktadır (Şekil 22).

Saat 03:00'de Ankara şehir merkezinde FES'ler saat 00:00'a göre $0,7^{\circ}\text{C}$ ile 1°C azalmaktadır. Farklı dokulardaki soğuma oranları birbirine yakındır. FES'lerin kıra göre 2°C ila 4°C daha yüksek olduğu şehir ısı adası, yeşil alanlarla parçalanarak çift çekirdekli bir yapı özelliği taşır. Şehir ısı adasının en güçlü olduğu, falezlerinin en yüksek olduğu saat dilimi 03:00'dür. Ankara şehir merkezinin kuzeyi, doğusu ve kuzeydoğusunda bulunan yüksek (1400 m'den daha yüksek) alanlarda dondurucu soğuk, buralar dışında kalan tüm yerlerde ise aşırı soğuk termal algılamalara rastlanılmaktadır (Şekil 22).

Ankara şehir merkezinde saat 06:00'da çift çekirdekli ısı adası, şeklini, şiddetini ve falezlerinin yüksekliğini korumaktadır. Şehir ve kırdaki soğuma oranları saat 03:00'e benzemektedir (AOÇ $0,9^{\circ}\text{C}$, Emek $0,6^{\circ}\text{C}$, Cebeci $0,6^{\circ}\text{C}$, Yenikent

0,6°C, Şeker 0,7°C, Gar 0,8°C). Saat 06:00'daki ısı adasının 03:00'dekinden daha güçsüz olmasının temel nedeni, şehir içi yeşil alanlarda kıra göre daha fazla FES düşüşü görülmesidir. Buna göre dondurucu soğuk termal algılamalar 1200-1300 m'den daha yükseklerde ortaya çıkarken, bahsi geçen yerlerin dışında aşırı soğuk termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 22).

Saat 09:00'da kır ve orman istasyonları hızla ısınırken, şehir içinde kalan istasyonlarda ısınma oranı daha düşük seviyelerde kalmaktadır. Bunun sonucu olarak daha önce çift çekirdekli olan şehir ısı adası parçalanarak ikiye bölünmektedir. Yenikent ile Emek arasında FES farkı ortadan kalkarken Cebeci'nin FES değeri Yenikent'den 1,4°C daha yüksektir. AOC, Cebeci'den 1,6°C, Emek'ten ise 0,2°C daha düşük, Yenikent, Gar'dan 3,6°C daha yüksek termal algılama değerine sahiptir. FES'ler arasındaki bu farklılıklar, yeşil alanların ısı obruğu olarak belirmesine neden olmaktadır. Yeşil alanların, kırsal arazi kullanımla aynı enerji transferi, nemlilik ve termal koşullara sahip olmalarına karşın bu denli geç tepki vermelerinin nedeni yüksekte olmaları ve yüksek yapı yoğunluğu alanlarının birer alçak basınç merkezi olarak ortaya çıkmalarıdır. Saat 09:00'da şehirde yüksek yapı yoğunluğu bulunan alanların yanı sıra batıdaki alçak kırsal alanlarda da çok soğuk termal algılamalar ortaya çıkmaktadır. Bu küçük adaların etrafında da aşırı soğuk termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 22).

Saat 12:00'de FES'lerde görülen yükselmeye bağlı olarak olumlu biyoklimatik koşullar ortaya çıkmaktadır. Saat 09:00'dan 12:00'ye kadar AOC' de 10,9°C, Emek'te 7,2°C, Cebeci'de 8,2°C, Yenikent'de 5,7°C, Şeker'de 6°C ve Gar'da 7,4°C FES artışı gerçekleşmektedir. AOC merkezli bir ısı adası oluşurken, şehrin batısından itibaren bir ısı obruğu ortaya çıkmaktadır. Orman dokusuna sahip

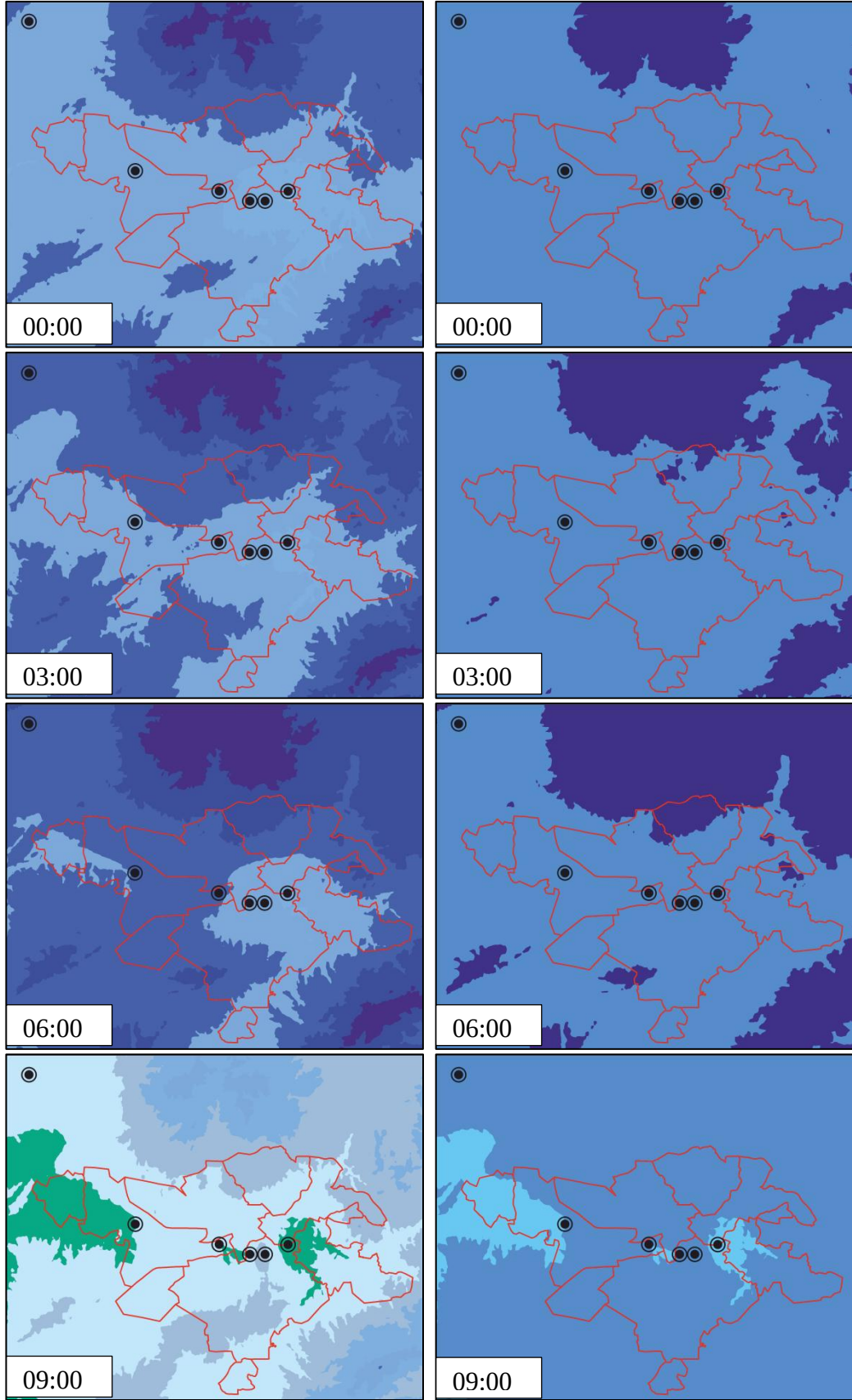
alanlar kırdan 5°C, yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlardan 2°C ve şehir içi yeşil alanlardan 4°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Orman içi açık alanlarda ağaçların kanopisinden dolayı uzun dalga radyasyon akışı daha fazla gerçekleşmektedir. Ormanlık alanlarda ortalama radyan sıcaklığın fazla olması FES değerlerini de yükseltmektedir. Saat 12:00 FES değerlerine göre, AOÇ çevresi ve Cebeci çevresinde serin termal algılamalar bir ada gibi yükselirken bu alanı çevreleyen geniş sahalar boyunca soğuk termal algılamalar bulunmaktadır. Güneydoğu ve kuzeydoğudaki yüksek alanlarda çok soğuk, 1700 m'den yüksek yerlerde de aşırı soğuk, termal algılamalar ortaya çıkmaktadır (Şekil 22).

Saat 15:00'de, 12:00'de oluşan alansal dağılım şeklini aynen korumaktadır. Şehir ormanı üzerinde oluşan ısı adası ve Emek-Gar arasındaki ısı varlığını devam ettirmektedir. Şehir ormanı ve yüksek yapı yoğunluğu dokusuna sahip alanlar arasında (orman lehine) 1,4°C -3,2°C, kırsal alanlarla 5,1°C -7°C, şehir içi yeşil alanlarla 6,1°C FES farkı bulunmaktadır. Bu farklılık yükseltiye bağlı olarak artmaktadır. Uzun dalga radyasyon akışı orman içi açık alanlardaki termal konfor koşullarını, diğer arazi kullanım alanlarından daha yüksek seviyelerde tutmaktadır. Saat 12:00 ile kıyaslandığında FES'lerdeki düşüş miktarı birbirine yakın değerdedir (AOÇ 2,1°C, Emek 1,8°C, Cebeci 2,4°C, Yenikent 2,1°C, Şeker 1,4°C, Gar 1,2°C). AOÇ çevresinde serin, Ankara ovası ve ona bağlı basamaklarda soğuk termal algılamalar bulunmaktadır. Güneydoğu ve kuzeydeki yüksek alanlarda çok soğuk, 1200 m'den yüksek yerlerde de aşırı soğuk termal algılamalar ortaya çıkmaktadır (Şekil 22).

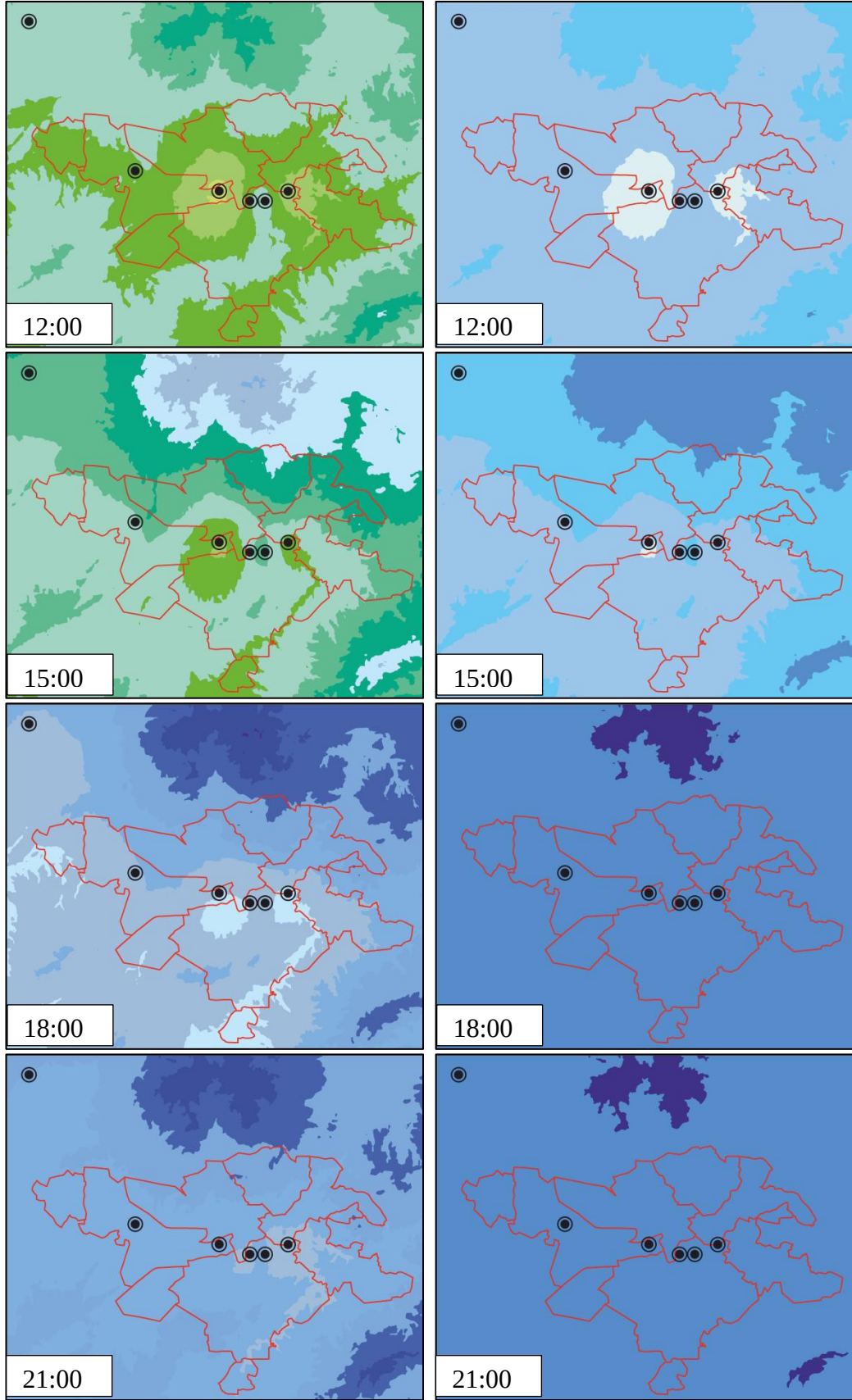
Güneş battıktan hemen sonra Ankara'da FES değerleri çok hızlı bir şekilde düşmektedir. FES değerleri bir önceki saat diliminden AOÇ'de 10,4°C, Emek'te

7,4°C, Cebeci’de 8,4°C, Yenikent’de 6,6°C, Şeker’de 7,3°C ve Gar’da 5,6°C daha düşüktür. En fazla düşüş yüksek FES değerlerine sahip ve uzun dalga radyasyon akışı daha yüksek olan AOÇ ve Cebeci’dedir. Emek-Gar üzerindeki ısı obruğu ve Cebeci üzerindeki ısı adaları gücünü yitirseler de varlıklarını korumaktadır. Yapı yoğunluğu yüksek olan alanlarla şehir ormanı arasında FES farkı (orman lehine) 0,2°C, kırsal alanlarla olan fark ise yaklaşık 3°C’dir. Saat 18:00’de çalışma alanının tamamında aşırı soğuk termal algılamalar ortaya çıkmaktadır (Şekil 22).

Saat 21:00 FES değerlerinin Ankara şehir merkezindeki dağılımı incelendiğinde, iki zirvesi olan şehir ısı adasının yeniden ortaya çıktığı gözlenmektedir. Bunun nedenini soğuma oranları ile açıklamak mümkündür. Yüksek yapı yoğunluğu bulunan alanlarda soğuma 1,5°C FES civarında (Emek 1,3°C, Cebeci 1,4°C), şehir yeşil alanlarında 1,4°C olarak gerçekleşirken, şehir ormanı açık alanda 3,3°C, kırsal alanlarda ise 2,2°C-2,4°C’dir. Bütün gece devam edecek şehir ısı adası güneş battıktan hemen sonra belirmekte ve oluşumunu 21:00 civarında tamamlanmaktadır. Yükselti arttıkça FES değerlerinin -10°C’nin de altına düştüğü gözlenmektedir. Şehir merkezi ve kır arasında (yüksek yapı yoğunluğu bulunan yerler lehine) 3°C, orman arasında 2,5°C FES farkı oluşmaktadır. Çalışma alanının tamamında aşırı soğuk termal, Elmadağ’ın yüksek kesimlerinde dondurucu soğuk (FES<-10°C) termal algılamalar hâkimdir (Şekil 22).



Şekil 22. Ankara şehir merkezi şubat ayı FES değerleri (solda) ve termal algılama düzeyleri (sağda). İşaretler için bakınız Şekil 20.



Şekil 22'nin devamı.

4.3.1.4. Mart ayı biyoklimatik koşulları

Mart ayında güneş saat 06:00 (1 mart 06:18; 31 mart 05:30) civarında doğmakta, 18:00 (1 mart 17:45; 31 mart 18:16) civarında batmaktadır. Saat 00:00 biyoklimatik koşulları, kış aylarının saat 00:00'ında gözlemlenen koşullara benzemektedir. Şehir merkezinde yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanların $-0,3^{\circ}\text{C}$ ile $-0,2^{\circ}\text{C}$, yeşil alanların $-0,7^{\circ}\text{C}$, orman içi açık alanların $-1,8^{\circ}\text{C}$, kırsal alanların $-2,4^{\circ}\text{C}$ ile -3°C ortalama FES değerine sahip olmasından dolayı şehir üzerinde bir ısı adası oluşmaktadır. Şehir ısı adası, çok dik falezleri bulunmamakla birlikte oldukça geniş bir alana yayılmaktadır. Saat 00:00 FES değerlerine göre Cebeci ve çevresindeki yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlarda çok soğuk, bunun dışında kalan alanların tamamında aşırı soğuk termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 23).

Saat 03:00 FES değerlerine göre şehir ısı adası özellikle yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar üzerinde yoğunlaşmakta ve güçlenmektedir. Şehir içi yeşil alanlar, kırsal doku özellikleri sergilediği için çift çekirdekli bir yapı haline dönüşmektedir. Saat 00:00'la kıyaslandığında soğuma oranlarında arazi kullanım çeşitliliği çok büyük fark yaratmasa da yüksek yapı yoğunluğuna sahip yerler nispeten daha az soğumaktadır. FES değerleri AOÇ'de $1,8^{\circ}\text{C}$, Emek'te $1,2^{\circ}\text{C}$, Cebeci'de $1,3^{\circ}\text{C}$, Yenikent'de $1,5^{\circ}\text{C}$, Şeker'de $1,8^{\circ}\text{C}$ ve Gar'da $1,2^{\circ}\text{C}$ düşmektedir. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip araziler yeşil alanlardan $0,5^{\circ}\text{C}$ - $0,9^{\circ}\text{C}$, orman içi açık alanlardan 2°C - $2,4^{\circ}\text{C}$, kırsal alanlardan ise 3°C - $3,4^{\circ}\text{C}$ daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Saat 03:00'de ısı adasının falezi batıya ve güneye doğru az eğimliken, kuzey ve doğuya doğru eğimi artmaktadır. FES değerlerinde arazi kullanım ve yükseltiye bağlı olarak önemli farklılaşmalar olmasına rağmen tüm çalışma alanına hâkim olan termal algılama düzeyi aşırı soğuktur (Şekil 23).

Biyoklimatik koşullar açısından şehirle kırsal arasında en yüksek fark güneşin doğuş saatine denk gelen saat 06:00'da oluşmaktadır. Şehir ısı adasının platosu daralmasına rağmen falez daha da yüksektir. FES değerleri saat 03:00'e oranla AOÇ'de 1,3°C, Emek'te 0,8°C, Cebeci'de 1°C, Yenikent ve Şeker'de 1,1°C, Gar'da 1°C düşmektedir. Şehirsel fonksiyon alanlarında yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar ile orman arasındaki (şehir lehine) fark 2,5°C -2,7°C, kırsal arasındaki fark ise 3,2°C-3,4°C'dir. Mart ayı içinde şehir ısı adasının en güçlü etkiye sahip olduğu saat dilimi 06:00'dır. Tüm çalışma alanında benzer bir şekilde aşırı soğuk termal algılamalar hâkimdir (Şekil 23).

Saat 09:00'da hava sıcaklığındaki artışa bağlı olarak FES değerleri de yükselmektedir. Saat 06:00'ya göre AOÇ'de 14°C, Emek'te 9,8°C, Cebeci'de 12°C, Yenikent'te 13°C, Şeker'de 12,5°C ve Gar'da 7,2°C FES değerleri artmaktadır. Saat 09:00'da, 00:00'dan itibaren varlığını koruyan şehir ısı adası dağılmaya ve şehir ormanı üzerinde bir sıcak çekirdek oluşmaya başlamaktadır. Uzun dalga boyu radyasyon akışından nedeniyle çabuk ısınan orman içi açık alanların FES değeri, Ankara şehrinin batısından yüksek (1,7°C-4,9°C) doğusundan düşüktür (0,5°C-0,7°C). Orman alanları etraflarını çevreleyen diğer kırsal alanlardan 1,7°C-3°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Saat 09:00'da şekillenen biyoklimatik koşullara göre, AOÇ ve Cebeci çevresinde serin, Elmadağ'da çok soğuk termal algılamalar bulunmaktadır. Bu alanların dışında kalan yerlerin tamamında soğuk termal algılamalar açığa çıkmaktadır (Şekil 23).

Martta günün en sıcak saati olan 12:00'de şehir ormanı üzerinde ada, şehir üzerindeki obruk daha belirgin hale gelmektedir. AOÇ ve çevresindeki alanları kaplayan ısı adası çekirdeği, şehir içinde yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlardan

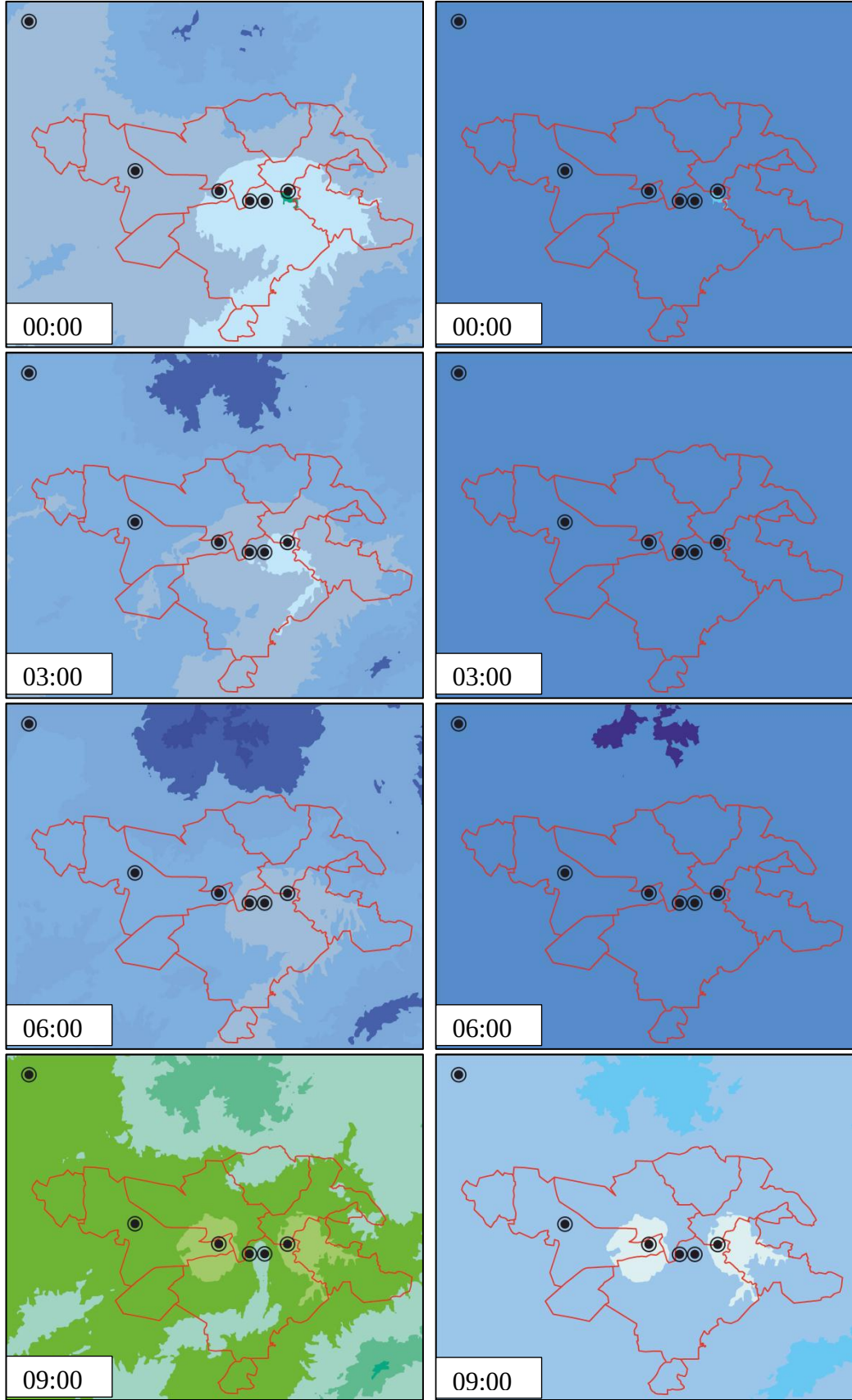
0,7°C-3°C, şehir içi yeşil alanlardan 6°C, banliyö ve tarım alanlarındaki kırsal dokuya sahip yerlerden 3,5°C-4,5°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Saat 09:00'dan 12:00'ye kadar FES değerlerindeki artış AOC'de 7,2°C, Emek'te 5,9°C, Cebeci'de 5,8°C, Yenikent'de 4,5°C, Şeker'de 5,6°C ve Gar'da 6,1°C'dir. Bu haliyle mart saat 12:00'de Ankara şehir merkezinde geniş alanlarda çok az serin, çevreleyen alanlarda serin termal algılamalar bulunmaktadır. 1600 m'den yüksekte bulunan, sınırlı alanlarda ise soğuk termal algılamalar görülmektedir (Şekil 23).

Saat 15:00'de şehir üzerindeki ısı obruğu ve şehir ormanı üzerindeki ısı adası varlığı korumaktadır. Sıcak adanın şehir tarafındaki falezi (doğu) aynı kalmasına rağmen, kırsal alanlara bakan falezi silikleşmiştir. Orman içi açık alanlar, kırsal arazi kullanımına sahip alanlardan 4°C-5°C daha yüksek FES değerine sahiptir. Bununla birlikte şehir ormanında yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlardan 0,8°C-2,8°C, şehir içi yeşil alanlardan 4,9°C daha yüksek FES değerleri görülmektedir. Saat 12:00'den 15:00'e kadar FES'ler AOC'de 1,8°C, Emek'te 1,5°C, Cebeci'de 1,9°C, Yenikent'de 1,8°C, Şeker'de 1,2°C ve Gar'da 0,6°C azalmaktadır. Bu haliyle AOC ve Cebeci çevresinde çok az serin termal algılamalar bulunurken, serin termal algılamaların Ankara şehir merkezinin doğusu, batısı ve kuzeyinde yoğunlaşmaktadır. Soğuk termal algılamalar ise saat 12:00'ye göre alanlarını genişletmektedir (Şekil 23).

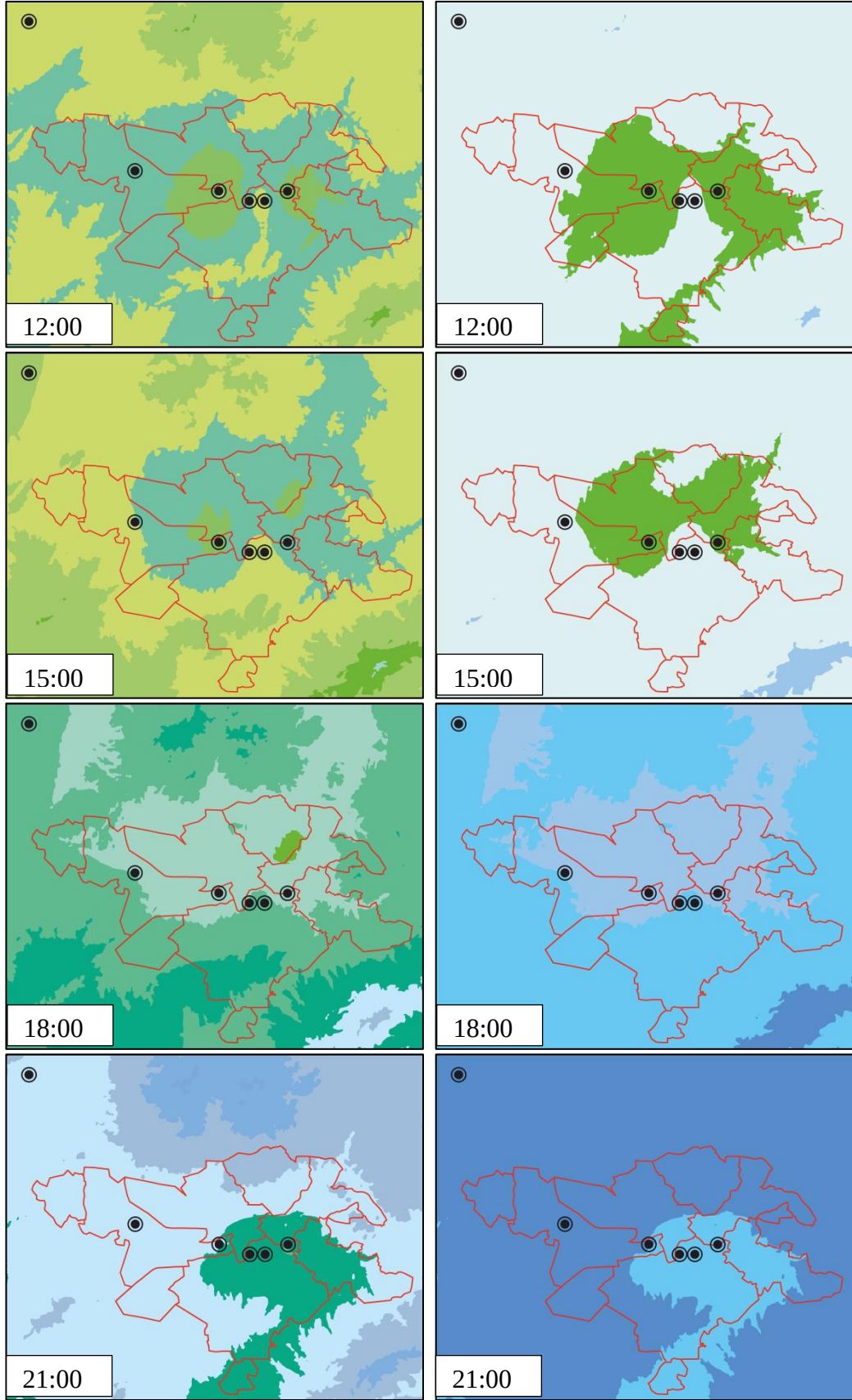
Güneşin batış saati olan 18:00'de, ısı adası gücünü yitirmekte, şehrin kuzeyinde homojen bir yapı ortaya çıkmaktadır. Şehir içinde yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar, orman içi açık alanlar ve banliyö alanlarının benzer FES değerlerine sahip olmasından dolayı, kuzeyi kuşatan bir hat boyunca yüksek termal algılamalar ortaya çıkmaktadır. Şehrin güneyi ise kırsal alanlarla benzer FES

değerlerine sahiptir. Saat 15:00'le karşılaştırıldığında FES değerleri AOC'de 9,8°C, Emek'te 7,8°C, Cebeci'de 9,1°C, Yenikent'de 6,2°C, Şeker'de 7,7°C ve Gar'da 6,5°C düşmektedir. Yükselti farkları ortadan kalktığında Ankara şehrinin tamamında aynı (1°C-2°C değişen) biyoklimatik koşullar oluşmaktadır. Şehir ile orman arasında 0,1°C, kır arasında 0°C-0,8°C, yeşil alan arasında 0,8°C-1,5°C FES farkı bulunmaktadır. Saat 18:00'de arazi kullanım farkı olmaksızın homojen bir dağılımın ortaya çıkmasının temel nedeni, solar radyasyonun gücünü yitirmesiyle şehirle kırım eşitlenmesini sağlayacak enerji transferinin mümkün hale gelmesidir. Ankara şehir merkezinden çevresindeki yüksek kesimlere doğru gidildikçe farklı düzeylerde soğuk algılamalar gözlenmektedir. Kuzeyinde serin, güneyinde soğuk ve yüksek güneydoğusunda aşırı soğuk termal algılamalar ortaya çıkmaktadır (Şekil 23).

Saat 21:00 biyoklimatik koşullarının alansal dağılımı incelendiğinde, ilk fark edilen, saat 18:00'deki homojen yapının dağılıp, şehir ısı adasının oluşumunu tamamlamış olmasıdır. Bu ısı adası, gece saatlerindeki ısı adaları kadar güçlü ve belirgindir. Güneş battıktan hemen sonra FES değerleri şehirde kırdan daha yüksektir. Özellikle öğleden sonra oluşan ısı obruğunun tam tersi bir durum ortaya çıkmıştır. Şehrin yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar kırsal alanlardan 2°C-2,9°C, şehir ormanı açık alanlardan 1,1°C-2°C daha yüksek FES değerine sahiptir. Yeşil alanların, yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlardan 0,3°C-1,2°C daha düşük termal algılama değerleri bulunmaktadır. Bu durum şehir ısı adasını oluşturan doğal malzemenin daha hızlı, yapay malzeme ve geometrinin daha yavaş enerji (ısı) kaybetmesinin bir sonucudur. Bu haliyle mart 21:00'de şehrin merkezi kısmı ve güneyinde (İmrahor Vadisinden Gölbaşı'na kadar) çok soğuk, bunun dışında kalan alanlarda aşırı soğuk termal algılamalar açığa çıkmaktadır (Şekil 23).



Şekil 23. Ankara şehir merkezi mart ayı FES değerleri (solda) ve termal algılama düzeyleri (sağda). İşaretler için bakınız Şekil 20.



Şekil 23'ün devamı.

4.3.1.5. Nisan ayı biyoklimatik koşulları

Nisanda güneş saat 05:00 (1 nisan 05:29; 30 nisan 04:46) civarı doğmakta, 18:30 civarı (1 nisan 18:17; 30 nisan 18:47) batmaktadır. Saat 00:00'da yeşil alanlar üzerinde etkisini zayıflayan, çift çekirdekli, belirgin bir şehir ısı adası oluşmuştur. Şehir merkezinde yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar, yeşil alanlardan 2°C, orman içi açık alanlardan 1,7°C-2,7°C ve kırsal alanlardan 2°C-2,7°C civarında daha yüksek FES değerine sahiptir. Dolayısıyla Ankara şehir merkezinin yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlarında soğuk, buraları çevreleyen geniş alanlar boyunca çok soğuk ve güneydoğuda kalan yüksek alanlarda aşırı soğuk termal algılamalar ortaya çıkmaktadır (Şekil 24).

Saat 03:00'te şehir ısı adasının varlığını koruduğu dikkat çekmektedir. Saat 00:00'a göre AOC'de 1,7°C, Emek'te 1,4°C, Cebeci'de 1,8°C, Yenikent'de 1,8°C, Şeker'de 1,9°C ve Gar'da 1,4°C FES değerleri düşmektedir. Diğer ayların gece saatlerinde olduğu gibi soğuma değerleri birbirine yakındır. Buna rağmen şehirde yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlarla kırsal alanlar arasında (şehir lehine) 2,7°C, orman içi açık alanlar arasında 2°C, şehir yeşil alanları arasında 0,3°C FES farkı bulunmaktadır. Şehir atmosferi homojenleşerek, ısı adası iki zirvelilikten kurtulmakta, yeşil alanlar yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlarla denk termal algılama değerlerine kavuşmaktadır. Bu haliyle Ankara şehir merkezinin kuzeyi, güneydoğu ve güneybatısındaki yüksek alanlarda aşırı soğuk, bunların dışında kalan geniş alanlarda ise çok soğuk termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 24).

06:00'daki FES değerlerinin alansal dağılımına göre, şehir ısı adası güçlenerek varlığını korumaktadır. Gece boyunca görülen ısı adasının en güçlü olduğu saat dilimi 06:00'dır. Falezlerin en yüksek olduğu zamana karşılık

gelmektedir. Şehirle kırsal arasındaki fark (yükseltiden bağımsız olarak) $2,8^{\circ}\text{C}$ - $2,5^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir. Orman içi açık alanlar yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlardan $1,9^{\circ}\text{C}$ - $2,2^{\circ}\text{C}$ daha düşük FES değerine sahiptir. Saat 03:00’le karşılaştırıldığında, FES değerleri AOC’de $1,3^{\circ}\text{C}$, Emek’te $1,1^{\circ}\text{C}$, Cebeci’de $1,4^{\circ}\text{C}$, Yenikent’de $1,2^{\circ}\text{C}$, Şeker’de $1,1^{\circ}\text{C}$ ve Gar’da $0,9^{\circ}\text{C}$ azalmaktadır. Şehir ısı adasının gücü, şehirdeki yeşil alanların daha az soğuması ve diğer dokularla denk hale gelmesinden kaynaklanmaktadır. Ankara şehir merkezinin Cebeci ve Emek arası bölümüyle, İmrahor Vadisi boyunca çok soğuk, bunun dışında kalan alanlarda aşırı soğuk termal algılamalar oluşmaktadır (Şekil 24).

Gece boyunca soğuk stresi altında kalan Ankara şehir merkezinde, güneşin doğmasından 3 saat sonra nispeten daha konforlu koşullar ortaya çıkmaktadır. FES değerleri AOC’de 15°C , Emek’te $11,5^{\circ}\text{C}$, Cebeci’de $13,3^{\circ}\text{C}$, Yenikent’de $13,6^{\circ}\text{C}$, Şeker’de $13,5^{\circ}\text{C}$ ve Gar’da $8,9^{\circ}\text{C}$ artmaktadır. Saat 09:00’da şehir ısı adası parçalanmış ve şehir ormanı üzerinde yeni bir ısı adası oluşmaya başlamıştır. Artan konfor koşullarına bağlı olarak, yükseltinin az olduğu batıdaki kırsal alanlar ile AOC ve Cebeci merkezli olmak üzere iki alanda çok az serin, bunun dışında kalan yerlerde serin termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 24).

Saat 12:00, yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanları temsil eden iki istasyon (Cebeci ve Emek) için en yüksek FES değerlerinin görüldüğü zaman dilimidir. Doğal malzemedan oluşan alanları temsil eden diğer dört istasyonun (AOC, Gar, Şeker ve Yenikent) en yüksek FES değerleri saat 15:00’de ortaya çıkmaktadır. Saat 09:00’da oluşmaya başlayan ısı obruğu şehir üzerine yerleşmiş durumdadır. Saat 09:00’dan 12:00’ye kadar termal algılama değerleri AOC’de $9,6^{\circ}\text{C}$, Emek’te $6,7^{\circ}\text{C}$, Cebeci’de $7,1^{\circ}\text{C}$, Yenikent’de 5°C , Şeker’de $5,7^{\circ}\text{C}$ ve Gar’da $5,6^{\circ}\text{C}$ artmıştır. Buna bağlı olarak

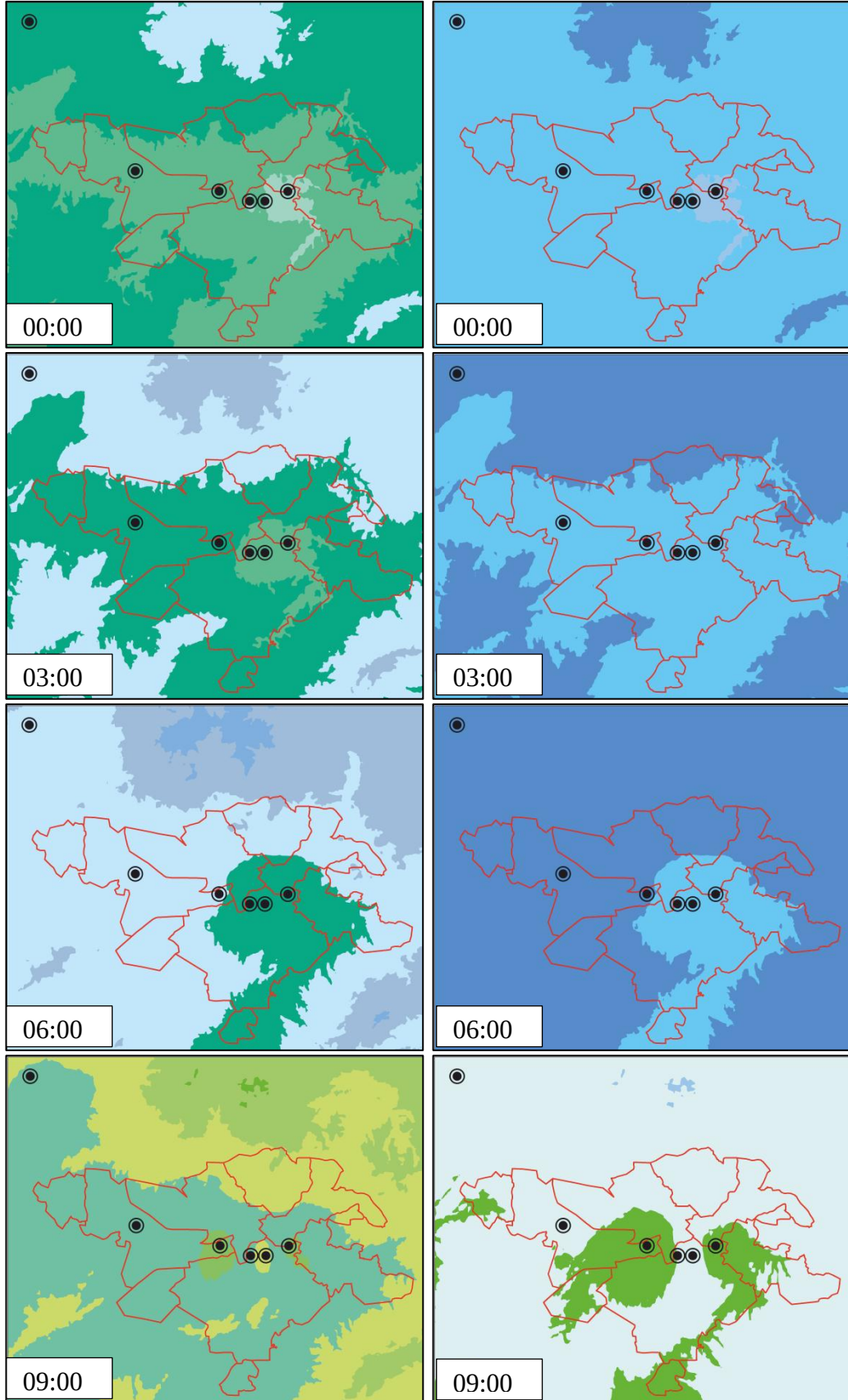
sıcak ada olarak beliren şehir ormanı ve etrafını çevreleyen alanların FES değerleri yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlardan $2,2^{\circ}\text{C}$ - $4,5^{\circ}\text{C}$, şehir içi yeşil alanlardan 8°C ve kırsal alanlardan 5°C - $6,5^{\circ}\text{C}$ daha yüksektir. Saat 09:00'da oluşmaya başlayan ısı obruğu şehir üzerine yerleşmiş durumdadır. Nisan ayı saat 12:00 biyoklimatik koşullarına göre AOÇ ve çevresinde çok az sıcak, şehir merkezinin doğu yarısında konforlu termal algılamalar bulunmaktadır. Çalışma alanının batısında, güneydoğudaki yüksek kırsal alanda, şehir merkezindeki yeşil alanlar ve Çankaya'nın yüksek kesimlerinde çok az serin algılamalar hâkimdir (Şekil 24).

Saat 15:00 FES değerleri AOÇ, Gar, Yenikent ve Şeker için en yüksek FES değerlerinin görüldüğü zaman dilimidir. Saat 12:00'den itibaren artmaya devam eden FES değerleri saat 15:00'de düşüş eğilimindedir. FES değerleri AOÇ'de $0,1^{\circ}\text{C}$, Yenikent'de ve Şeker'de $0,2^{\circ}\text{C}$, Gar'da $0,6^{\circ}\text{C}$ daha yüksek, Cebeci'de $0,7^{\circ}\text{C}$, Emek'te ise $0,2^{\circ}\text{C}$ daha düşüktür. Sıcak bir çekirdek olarak varlığını koruyan şehir ormanı açık alanları yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlardan 3°C - $4,5^{\circ}\text{C}$, yeşil alanlardan $7,6^{\circ}\text{C}$, kırsal alanlardan 5°C - $6,5^{\circ}\text{C}$ daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Şehrin üzerindeki ısı obruğu bir önceki saat dilimine göre daha şiddetlidir. AOÇ'de çok az sıcak, Ankara şehri kuzeyi ve doğusunda çok az serin termal algılamalar ortaya çıkarken, batısı ve güneyinde konforlu koşullar oluşmaktadır. Gar ve çevresini içine alan bölgede de çok az serin termal algılamaların bulunduğu bir ada yükselmektedir (Şekil 24).

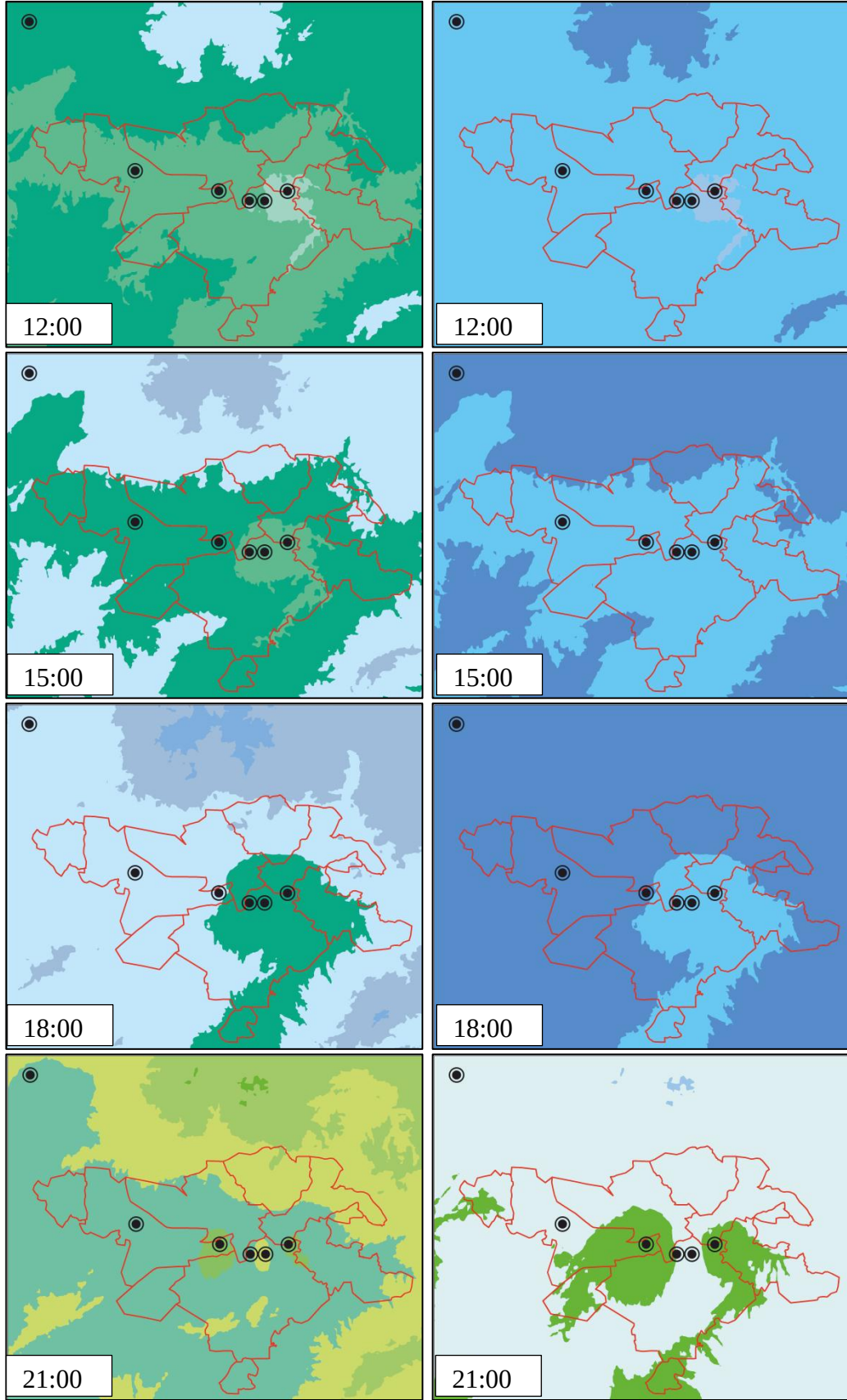
Saat 18:00'de bir önceki zaman dilimine nazaran FES değerleri AOÇ'de $7,1^{\circ}\text{C}$, Emek'te 6°C , Cebeci'de $7,1^{\circ}\text{C}$, Yenikent'de $5,1^{\circ}\text{C}$, Şeker'de 6°C , Gar'da $4,3^{\circ}\text{C}$ düşmektedir. Kırsal alanlarda ilk kez şehir alanlarından daha yüksek FES değerleri ortaya çıkmaktadır. Bunun nedeni kırsal alanların solar radyasyondan daha

fazla yararlanma özellikleridir. Şehirlerin yüksek yapı yoğunluklu alanlarının gökyüzü görüş oranı, kırsal alanlardan çok daha düşüktür. Dolayısıyla FES değerleri gün içinde maksimuma ulaştıktan sonra, güneş gökyüzünde olduğu sürece, kır alanlarında şehir alanlarına nazaran çok daha yavaş düşmektedir. Buna rağmen güneş battıktan sonra kırdaki soğuma şehre nazaran daha hızlı gerçekleşmektedir. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar, orman içi açık alanlardan $1,7^{\circ}\text{C}$ - $2,1^{\circ}\text{C}$, kırsal alanlardan $0,6^{\circ}\text{C}$ - $0,9^{\circ}\text{C}$ FES daha düşük termal algılama değerlerine sahiptirler. Bu haliyle AOÇ ve çevreleyen alanda çok az serin termal algılamalar bulunurken, kırsal alanlarda da benzer bir algılama düzeyine sahip adacıklar oluşmaktadır. Bunlar dışında kalan geniş alanlarda ise serin termal algılamalar görülmektedir (Şekil 24).

Saat 21:00'de şehirdeki ısı obruğunun yerini bir ısı adası almakta ve bu bütün gece boyunca varlığını sürdürmektedir. Saat 14:00-18:00 arasına kadar kırsal alanlarda soğuma oranları daha düşükken, güneş battıktan sonra şehir daha yavaş soğumaktadır. Saat 18:00'den 21:00'e kadar FES değerleri AOÇ'de $8,9^{\circ}\text{C}$, Emek'te $6,1^{\circ}\text{C}$, Cebeci'de 6°C , Yenikent'de $8,6^{\circ}\text{C}$ ve Gar'da $4,8^{\circ}\text{C}$ düşmektedir. Şehirde yüksek yapı yoğunluğu bulunan sıcak alanlar ile orman içi açık alanlar arasında (şehir lehine) $0,7^{\circ}\text{C}$ - $1,2^{\circ}\text{C}$, yeşil alanlar arasında $0,3^{\circ}\text{C}$ - $1,2^{\circ}\text{C}$, kırsal alanlar arasında $1,5^{\circ}\text{C}$ - 2°C FES farkı bulunmaktadır. Ankara şehir merkezinin güney yarısında soğuk termal algılamalar bulunurken, yüksek kuzey ve güneydoğusunda çok soğuk termal algılamalar görülmektedir (Şekil 24).



Şekil 24. Ankara şehir merkezi nisan ayı FES değerleri (solda) ve termal algılama düzeyleri (sağda). İşaretler için bakınız Şekil 20.



Şekil 24'ün devamı.

4.3.1.6. Mayıs ayı biyoklimatik koşulları

Mayısta Ankara şehir merkezinde güneş saat 04:30 (1 Mayıs 04:45; 31 Mayıs 04:19) civarında doğmakta, saat 19:00 (1 Mayıs 18:48; 31 Mayıs 19:15) civarında batmaktadır. Şehirde yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanların, yeşil alanlardan $0,7^{\circ}\text{C}$ - $1,2^{\circ}\text{C}$, şehir ormanlarından $2,3^{\circ}\text{C}$ - $2,8^{\circ}\text{C}$ ve kırsal arazi kullanıma sahip alanlardan $2,6^{\circ}\text{C}$ - 3°C daha yüksek FES değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Şehir ısı adası belirgindir. Saat 00:00 FES değerlerinin alansal dağılışına göre, şehir merkezi ve güneyinde, ayrıca Ankara ovası boyunca alçak yükseltiye sahip kırsal alanlarda serin termal algılamalar görülmekte, bunun dışında kalan alanlarda soğuk termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 25).

Mayıs ayı saat 03:00 FES değerlerine göre şehir ısı adası etkisini arttırarak varlığını korumaktadır. Isı adasının oluşumunda anahtar rol soğuma oranlarındadır. Geçen üç saat içinde FES değerlerinde AOÇ'de $2,3^{\circ}\text{C}$, Emek'te $1,7^{\circ}\text{C}$, Cebeci'de $2,3^{\circ}\text{C}$, Yenikent'de $2,3^{\circ}\text{C}$, Şeker'de $2,7^{\circ}\text{C}$ ve Gar'da $1,8^{\circ}\text{C}$ azalma görülmektedir. Yüksek yapı yoğunluğu dokusuna sahip şehrsel fonksiyon alanları kırsal alanlardan $3,1^{\circ}\text{C}$, orman içi açık alanlardan $2,8^{\circ}\text{C}$, yeşil alanlardan $0,7^{\circ}\text{C}$ daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Bunun yanında, şehir içi yeşil alanların termal algılama değerleri kırsal alanlardan $2,4^{\circ}\text{C}$, orman içi açık alanlardan $2,1^{\circ}\text{C}$ daha yüksektir. Buna göre Emek ve Cebeci çevresinde oldukça dar alanlarda serin termal algılamalar göze çarparken, şehir merkezinde geniş alanlar boyunca soğuk termal algılamalar bulunmaktadır. Şehrin kuzeyindeki yüksek kesimlerde ve güneydoğuda ise çok soğuk termal algılamalar açığa çıkmaktadır (Şekil 25).

Mayıs içinde şehir ısı adasının en güçlü olduğu saat dilimi saat 06:00'dır. Güneş bir buçuk saat önce doğmasına rağmen FES değerlerinin düşmeye devam

ettiği gözlenmektedir. Düşüş AOÇ'de 1,6°C, Emek'te 1,3°C, Cebeci'de 1,6°C, Yenikent'de 1,6°C, Şeker'de 1,8°C ve Gar'da 1,2°C FES'tir. Dolayısıyla az da olsa kır ve şehir arasındaki fark artmaktadır. Bu da ısı adasının falezlerini yükseltmektedir. Yüksek yapı yoğunluğu olan sahaların, kırsal alanlardan 3,4°C-3,1°C, şehir ormanlarından 3,2°C-2,8°C daha yüksek FES değerleri bulunmaktadır. Şehir içi yeşil alanlar ise kırsal alanlardan 2,7°C, şehir ormanlarının açık alanlarından ise 2,5°C daha yüksek termal algılama değerlerine sahiptir. Saat 06:00 FES değerlerine göre şehir merkezinin güneyinde soğuk, kuzeyinde ise çok soğuk termal algılamalar hâkimdir (Şekil 25).

Saat 06:00'dan 09:00'a kadar FES değerleri AOÇ'de 20,5°C, Emek'te 15,3°C, Cebeci'de 19,8°C, Yenikent'de 18,3°C, Şeker'de 18,6°C ve Gar'da 11,8°C yükselmektedir. Şehrin bir bölümü ısı adası olarak korunurken, önemli bir bölümü ısı obruğu özelliği kazanmıştır. Buna göre AOÇ, Cebeci çevresi ve güneyi boyunca çok az sıcak termal algılamalar ortaya çıkarken, buraların dışında kalan geniş alanlar boyunca konforlu termal koşullar açığa çıkmaktadır. Mayıs sabah saatleri insan konforu açısından uygun termal koşullara sahiptir (Şekil 25).

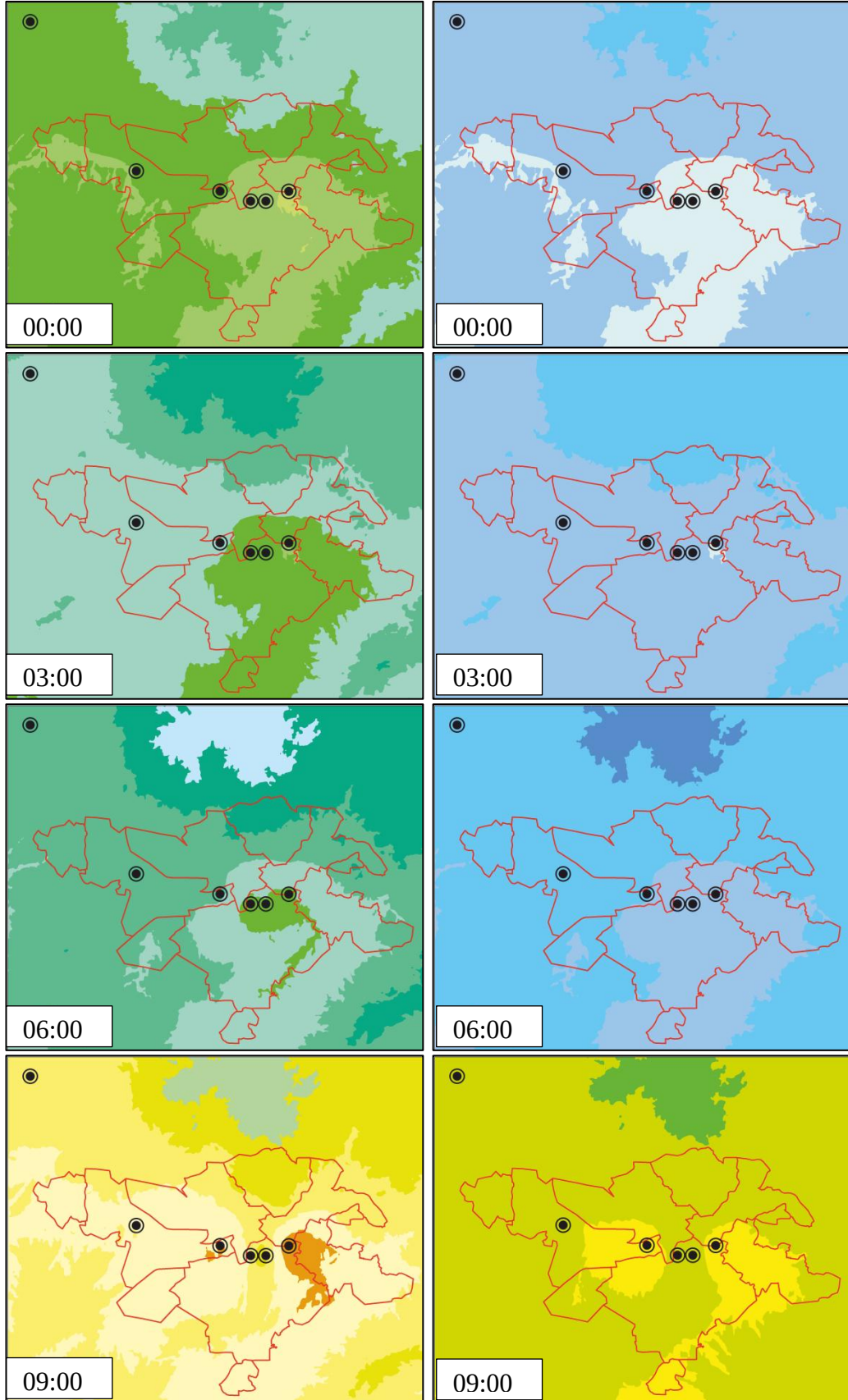
Mayıs ayının en sıcak zaman dilimi olan saat 12:00'de şehrin üzerindeki ısı obruğunun oluşumu hızlanmaktadır. Sıcak dönemin henüz başı olmasına rağmen sıcak stresi açığa çıkmaktadır. Şehir ormanı açık alanları ile Cebeci'nin doğusundaki alanda iki sıcak merkez oluşmakta ve kuzeye doğru yönelmektedirler. Orman içi açık alanların, şehir yeşil alanlarından 10,1°C, yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlardan 4,6°C ve kırsal alanlardan 7,2°C daha yüksek FES değerleri bulunmaktadır. Saat 09:00-12:00 arasındaki termal algılama artışı daha düşüktür (AOÇ'de 9,4°C, Emek'te 6,8°C, Cebeci'de 7,7°C, Yenikent'de 4,6°C, Şeker'de 5,6°C ve Gar'da

5,4°C). Mayıs ayı öğle saatlerinde Ankara şehri kuzeydoğusu ve kuzeyinde sıcak termal algılamalar bulunurken güneyinde ve güneydoğusunda çok az sıcak termal algılamalar ortaya çıkmaktadır (Şekil 25).

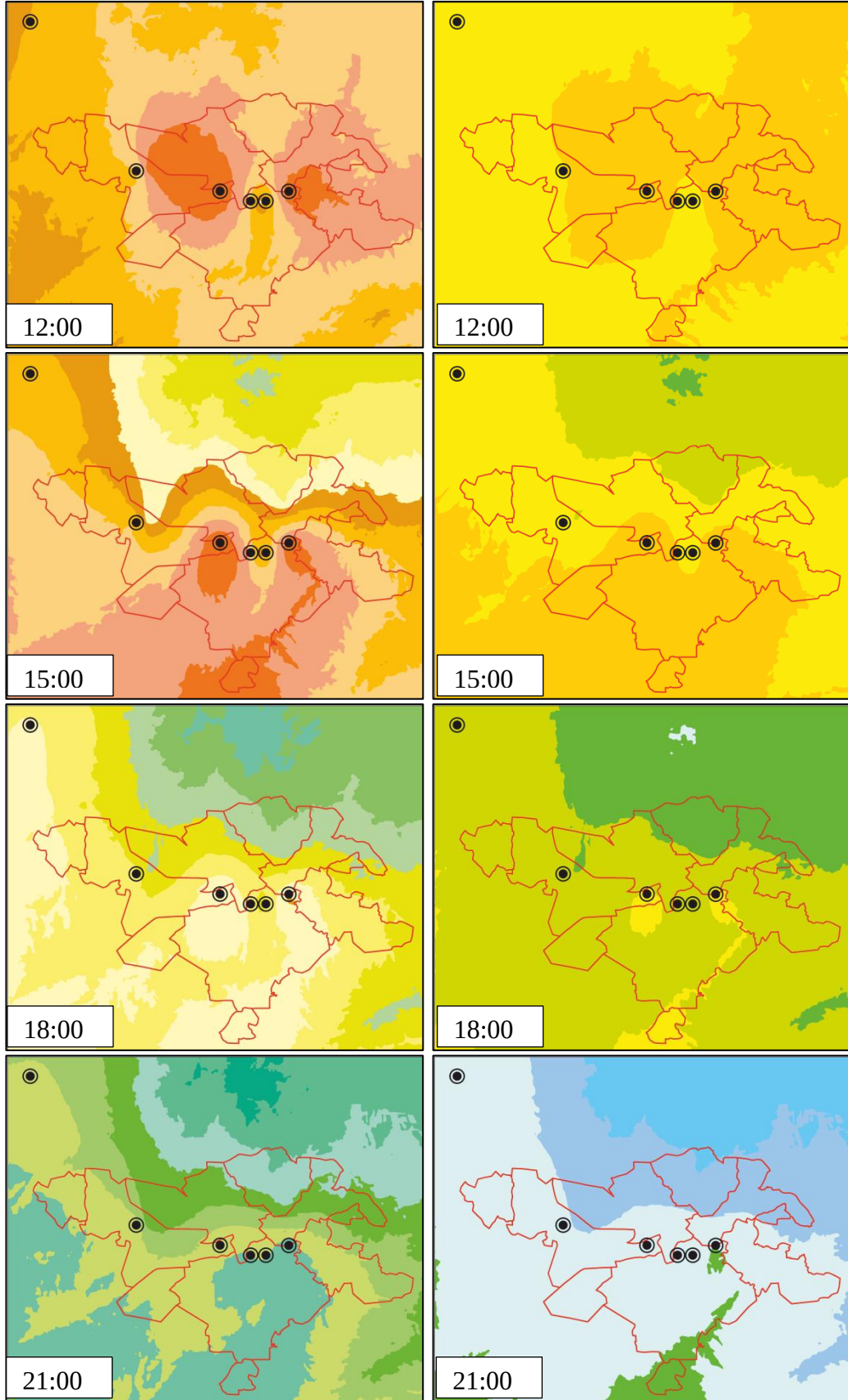
Saat 15:00'de 12:00'ye kıyasla daha yüksek FES'lerin görülme nedeni 14:00'ten sonra soğuma oranlarının düşük kalmasıdır (Ek 5). Saat 12:00 ile kıyaslandığında AOÇ'de 0,8°C, Emek'te 0,7°C, Cebeci'de 0,2°C, Yenikent'de 1,2°C ve Gar'da 1,1°C FES değerleri artmıştır, Şeker'de her iki saat arasındaki FES değeri eşittir. Şehirdeki ısı obruğunun alanı genişleyerek yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanların büyük bir bölümünü içine almıştır. En yüksek FES değerlerinin hesaplandığı orman içi açık alanlar, yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlardan 0,2°C-4,7°C, şehirdeki yeşil alanlarda 9,9°C, kırsal alanlardan 6,8°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlarda ise kırsal alanlardan 2,1°C-6,6°C daha yüksek termal algılama değerleri hesaplanmıştır. Bu haliyle AOÇ, Cebeci çevresinde ve Ankara şehir merkezinin güneyi ve doğusunda bir kuşak halinde sıcak, bu kuşağın doğu ve kuzeyinde ise çok az sıcak termal algılamalar ortaya çıkmaktadır. Keçiören ve kuzeyinde de konforlu koşullar hakimdir (Şekil 25).

Saat 18:00'de en yüksek FES değeri şehir ormanı ve yüksek yapı yoğunluğu alanlarının doğusundadır. Saat 15:00'den 18:00'e kadar AOÇ'de 10,6°C, Emek'te 7,9°C, Cebeci'de 9,8°C, Yenikent'de 5°C, Şeker'de 7,2°C ve Gar'da 5,6°C FES değerlerinin azaldığı görülmektedir. Bu haliyle AOÇ ve Cebeci çevresinde çok az sıcak hissedilirken, Ankara şehir merkezinde geniş alanlarda termal stresin olmadığı konforlu koşullar hâkimdir. Kuzey ve güneydoğudaki yüksek alanlarda ise çok az serin termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 25).

Saat 21:00 termal konfor koşullarının alansal dağılımına göre, yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanların yeşil alanlardan 0,6°C-1,5°C, şehir ormanlarından 1°C-1,9°C ve kırsal arazi kullanıma sahip alanlardan 1,3°C-2,2°C daha yüksek FES değerleri bulunmaktadır. Saat 18:00'le kıyaslandığında FES değerleri AOÇ'de 12,5°C, Emek'te 9,5°C, Cebeci'de 11,2°C, Yenikent'de 11,6°C, Şeker'de 9,4°C ve Gar'da 7,3°C düşmektedir. Şehir ısı adasının çekirdeğinin oluşmasına da şehirdeki soğuma miktarının görece olması neden olmaktadır Cebeci çevresinde dar bir alanda ve buraya bağlı yükseltisi az vadilerde çok az serin, Ankara şehir merkezindeki geniş alanlarda serin termal algılamalar bulunmaktadır. Yükselti arttıkça soğuk ve çok soğuk termal algılamalar ortaya çıkmaktadır (Şekil 25).



Şekil 25. Ankara şehir merkezi mayıs ayı FES değerleri (solda) ve termal algılama düzeyleri (sağda). İşaretler için bakınız Şekil 20.



Şekil 25'in devamı.

4.3.1.7. Haziran ayı biyoklimatik koşulları

Yaz mevsiminin ilk ayı olan haziranda güneş 04:20 (1 haziran 04:18; 30 haziran 04:20) civarında doğmakta ve 19:20 (1 haziran 19:15; 30 haziran 19:25) civarında batmaktadır. Saat 00:00'da şehir ısı adasını haziranda da görmek mümkündür. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar, şehir içi yeşil alanlardan 0,8°C-1,2°C, orman içi açık alanlardan 2,1°C-2,5°C ve kırsal alanlardan 2,3°C-2,7°C daha yüksek FES değerine sahiptir. Haziran gece yarısında şehrin yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanları ve yeşil alanları üzerinde çok az serin termal algılamalar ortaya çıkarken, bunun dışında kalan yerlerinde serin termal algılamalar hâkimdir (Şekil 26).

Saat 03:00'te en düşük soğuma oranları yoğun şehirselle fonksiyon alanlarında ortaya çıkmaktadır. Saat 00:00'dan itibaren görülen FES düşüşleri AOÇ'de 2,6°C, Emek'te 1,9°C, Cebeci'de 2,2°C, Yenikent'de 2,2°C, Şeker'de 2,9°C ve Gar'da 2°C'dir. Şehir ısı adası çok az da olsa güçlenmektedir. Dolayısıyla yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar ile şehir içi yeşil alanlar arasında 1°C, orman içi açık alanlar arasında 2,9°C ve kırsal alanlar arasında 2,7°C (yüksek yapı yoğunluğu olan alanlar lehine) FES farkı oluşmaktadır. Buna rağmen termal algılama düzeyleri bakımından kır ile şehir arasında bir fark bulunmamaktadır. Yüksek kuzey ve güneydoğuda soğuk, Ankara şehir merkezinin geniş alanlarında serin termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 26).

Güneş doğduktan sonraki zaman dilimine denk gelen 06:00'da soğumanın devam ettiği ve dolayısıyla şehir ısı adasının daha da güçlendiği gözlenmektedir. Saat 03:00-06:00 arasında FES değerleri AOÇ'de 1,8°C, Emek'te 1,3°C, Cebeci'de 1,1°C, Yenikent'de 1,3°C, Şeker'de 1,8°C ve Gar'da 1,2°C azalmaktadır. Şehir ısı

adasının en güçlü olduğu bu zaman diliminde, yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar ile şehir içi yeşil alanlar arasında 1°C-1,2°C, orman içi açık alanlar arasında 3,4°C-3,6°C ve kırsal alanlar arasında 2,7°C-2,9°C FES farkı bulunmaktadır. Saat 06:00’da batıdaki alçak kırsal alanlar ve yoğun şehirsal fonksiyon alanları çevresinde serin hissedilirken, soğuk hissedilen alanlar saat 03:00’e oranla daha geniş alanlar kaplamaktadır (Şekil 26).

Saat 09:00 FES değerlerine göre orman alanları ve kırsal alanlar daha hızlı ısınmaktadır. 06:00’dan 09:00’a kadar FES değerleri AOÇ’de 21,1°C, Emek’te 16,3°C, Cebeci’de 18,6°C, Yenikent’de 18,2°C, Şeker’de 19,4°C ve Gar’da 12,3°C artmıştır. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar ile kırsal alanlar arasında hâlâ FES farkı (0,8 C-3,3°C) şehir lehine iken, orman içi açık alanlar şehrin batısından daha yüksek FES değerlerine (1,4°C) sahiptir. Şehrin bir bölümü üzerinde ısı obruğu oluşumu başlamaktadır. Bunun yanı sıra Cebeci merkezli sıcak çekirdek varlığını korumaktadır. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanların kendi içinde 3°C civarında fark oluşmasının temel nedeni ortalama radyan sıcaklığın farklı olmasıdır. Engebeliliği (roughness) daha fazla olan Cebeci’de uzun dalga radyasyon akışı daha yüksektir. Bu haliyle haziran saat 09:00’da Cebeci merkezli çok dar bir alanda sıcak, kuzeyde ve güneydoğuda yine dar alanlı olarak konforlu termal algılamalar ortaya çıkarken, Ankara şehir merkezinin geniş alanları boyunca çok az sıcak termal algılamalar gözlenmektedir. Ele alınan zaman dilimleri içinde (18:00 ile birlikte) insan faaliyetleri açısından en uygun koşulları sunan saatlerden biri 09:00’dur (Şekil 26).

Haziran öğle saatinde sıcak stresi hâkimdir. Saat 09:00’dan 12:00’ye gelindiğinde AOÇ’de 9,3°C, Emek’te 7,2°C, Cebeci’de 8,2°C, Yenikent’de 5,6°C,

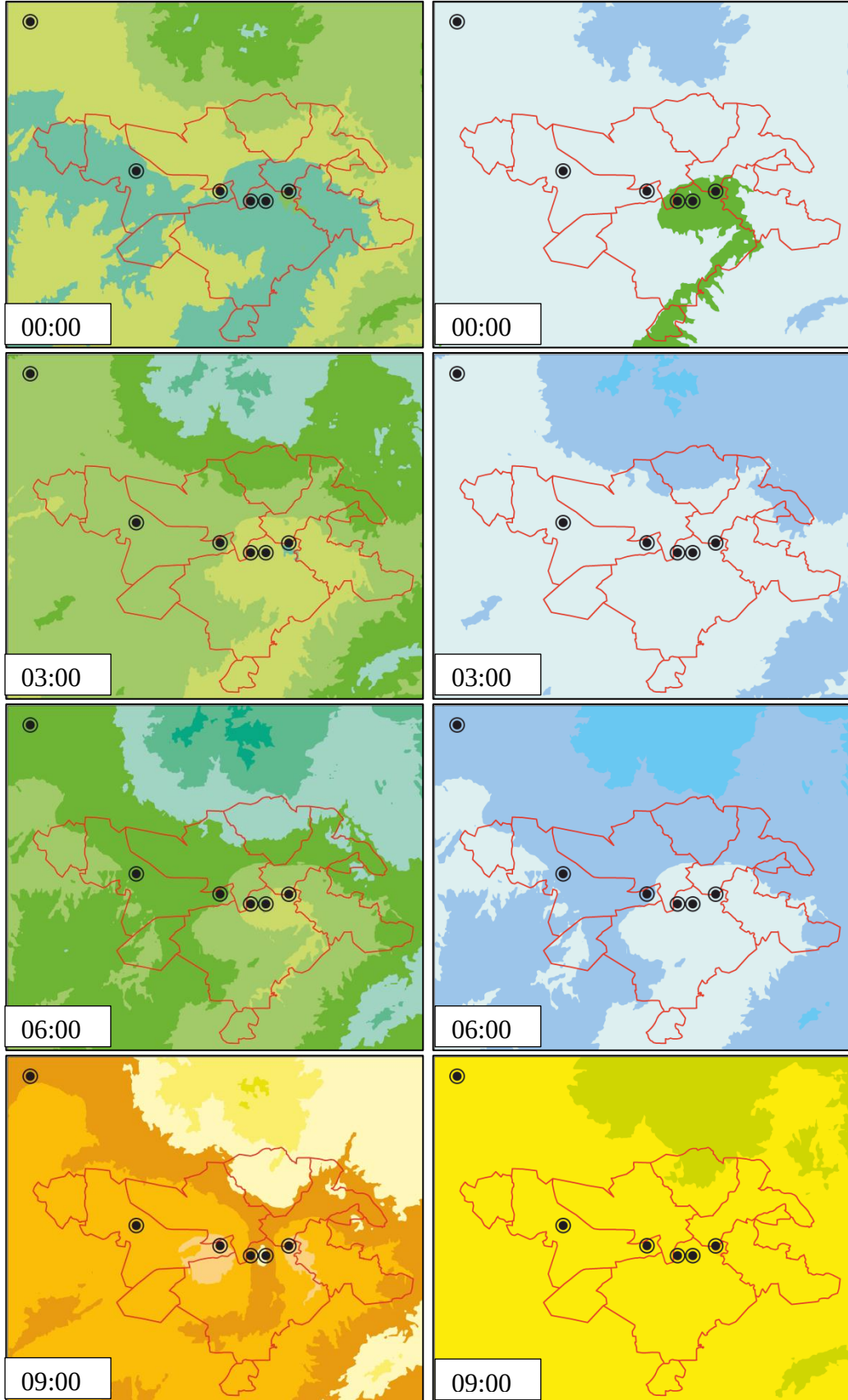
Şeker’de 5,6°C ve Gar’da 6,7°C FES değerlerinde artış olduğu görülmektedir. Şehrsel fonksiyonların yoğunlaştığı bölümünün doğusunda sıcak çekirdek varlığını korurken, şehir içi yeşil alanların da etkisiyle şehrin batısında ısı obruğu oluşumu belirginleşmiştir. Şehir ısı obruğu, biri Cebeci, diğeri AOÇ üzerinde odaklanmış iki ısı adası tarafından çevrelenmiştir. En yüksek FES değerleri orman içi açık alanlarda ortaya çıkmaktadır. Şehir ormanlarındaki açık alanlar, yüksek yapı yoğunluğa sahip alanlardan 0,1°C-3,5°C, şehir içi yeşil alanlardan 9°C, kırsal alanlardan ise 6°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Haziran saat 12:00 termal konfor koşullarına göre AOÇ, Cebeci merkezli ve kuzeye yönelen iki ada şeklinde çok sıcak termal algılama düzeyleri ortaya çıkarken, bunun dışındaki yerlerde sıcak termal algılamalar görülmektedir (Şekil 26).

Günün en sıcak saati olmasa da incelenen saat dilimleri içinde en yüksek FES değerleri saat 15:00’de ortaya çıkmaktadır. Saat 12:00 ile kıyaslandığında 15:00’teki FES değerleri AOÇ’de 1,1°C, Emek’te 0,9°C, Cebeci’de 0,2°C, Yenikent’de 1,8°C, Şeker’de 0,3°C ve Gar’da 0,8°C daha yüksektir. AOÇ ve Cebeci üzerindeki ısı adaları varlığını korurken, özellikle banliyödeki kırsal alanlarla farklar kapanmaktadır. Şehrin bir bölümü üzerindeki ısı obruğu varlığını korumaktadır. En yüksek FES değerlerinin görüldüğü şehir ormanındaki açık alanlar, yüksek yapı yoğunluğa sahip alanlardan 1°C-3,8°C, şehir içi yeşil alanlardan 9,3°C, kırsal alanlardan ise 4,4°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Bu haliyle AOÇ ve Cebeci’den başlayarak güneye doğru yönelen alanlar içinde çok sıcak, bu hattın kuzeyinde sıcak ve yüksek kuzeyde çok az sıcak termal algılamalar ortaya çıkmaktadır (Şekil 26).

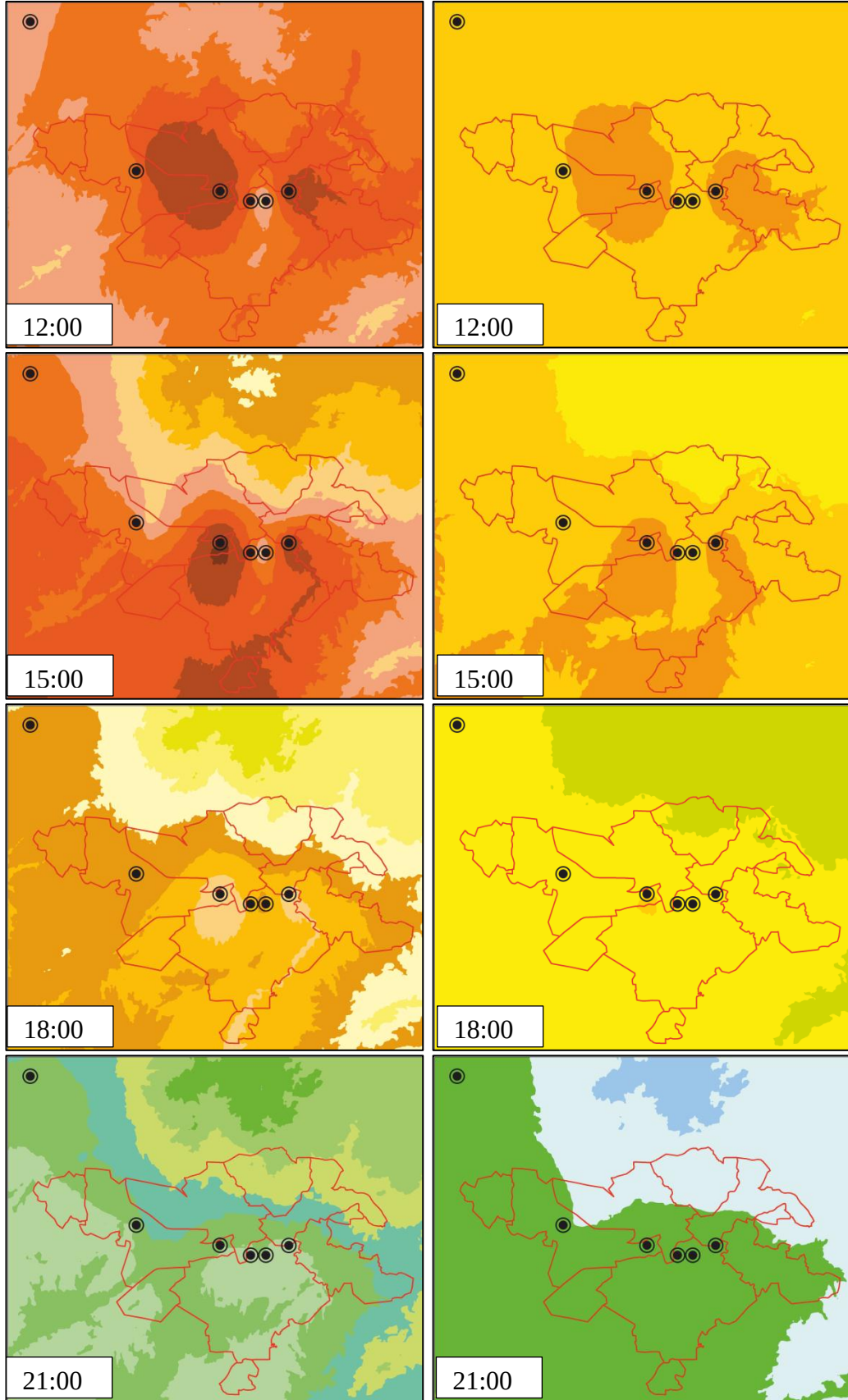
Haziran ayı saat 18:00’de bütün istasyonların FES değerleri hızla

düşmektedir. Saat 15:00'e göre AOÇ'de 9,5°C, Emek'te 7,6°C, Cebeci'de 8,8°C, Yenikent'de 8,3°C, Şeker'de 8,1°C ve Gar'da 4,5°C FES değerlerinin düştüğü gözlenmektedir. Şehir ormanının açık alanlarında en yüksek FES değerleri ortaya çıkarken, yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlardan uzun dalga radyasyon akışına imkân veren engebeliliği ve geometrisi olan Cebeci'deki sıcak çekirdek de korunmaktadır. Şehir ormanındaki açık alanlar, yüksek yapı yoğunluğa sahip alanlardan 0,3°C-1,9°C, şehir içi yeşil alanlardan 4,4°C, kırsal alanlardan ise 4,2°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Şehir üzerindeki ısı obruğunun giderek zayıfladığı gözlenmektedir. İnsan faaliyetleri açısından en uygun zaman dilimlerinden biri olan saat 18:00'de, AOÇ ve Cebeci merkezli dar alanlarda sıcak termal algılamalar ve kuzeyin yüksek kesimlerinde konforlu koşullar ortaya çıkarken, Ankara şehir merkezinde geniş alanlarda çok az sıcak termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 26).

Saat 21:00'de şehrin bir kısmı üzerindeki ısı obruğu ortadan kalkmakta ve yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar üzerinde şehir ısı adası yeniden gelişmektedir. Saat 18:00-21:00 arasında FES değerleri AOÇ'de 13,7°C, Emek'te 10,9°C, Cebeci'de 12°C, Yenikent'de 10°C, Şeker'de 9,1°C ve Gar'da 9,1°C azalmaktadır. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar ile şehir içi yeşil alanlar arasında 0,7°C-1,1°C, orman içi açık alanlar arasında 1°C-1,4°C ve kırsal alanlar arasında 1,4°C-1,8°C FES farkı bulunmaktadır. Bu zaman diliminde sıcak stresi ortadan kalkmakta, Ankara şehir merkezinin büyük bir bölümünde çok az serin termal algılamalar ortaya çıkmaktadır. Kuzey ve güneydoğudaki yüksek kesimlerde ise serin termal algılamalar hâkimdir (Şekil 26).



Şekil 26. Ankara şehir merkezi haziran ayı FES değerleri (solda) ve termal algılama düzeyleri (sağda). İşaretler için bakınız Şekil 20.



Şekil 26'nın devamı.

4.3.1.8. Temmuz ayı biyoklimatik koşulları

Temmuzda güneş 04:30 (1 temmuz 04:30; 31 temmuz 04:43) civarında doğmakta ve 19:15 (1 temmuz 19:25; 31 temmuz 19:07) civarında batmaktadır. Bu ay yüksek yapı yoğunluğuna sahip şehir dokusunu temsil eden iki istasyon (Cebeci ve Emek) ve yeşil alan dokusunu temsil eden istasyon (Gar) için en yüksek aylık ortalamaların hesaplandığı aylardan biridir. Diğer üç istasyon için ise ikinci en yüksek ortalamalara sahip aydır. Ankara'da gündüz sıcaklık baskısının şiddetlendiği temmuzda saat 00:00'da en yüksek FES değerlerinin yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlarda ortaya çıktığı gözlenmektedir. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar ile şehir içi yeşil alanlar arasında $0,7^{\circ}\text{C}$ - $1,7^{\circ}\text{C}$, orman içi açık alanlar arasında $1,2^{\circ}\text{C}$ - $1,7^{\circ}\text{C}$ ve kırsal alanlar arasında $1,9^{\circ}\text{C}$ - $2,4^{\circ}\text{C}$ (yüksek yapı yoğunluğu olan alanlar lehine) FES farkı bulunmaktadır. Şehir ısı adası temmuz gecelerinde de oluşmaktadır. Yine güney ve batıdaki falezli topoğrafyaya uyarak hafif eğimli devam ederken, kuzey ve doğusunda aniden artan yükseltilerden dolayı falez birden dikleşmektedir. Temmuz saat 00:00'da Ankara şehir merkezinin kuzeyi ve güneydoğusundaki yüksek kırsal alanlar serin hissedilirken, bunun dışında kalan yerler çok az serin hissedilmektedir (Şekil 27).

Saat 03:00'de şehir ısı adası etkisini güçlendirmekte, şehirle kır arasındaki FES farkı artmaktadır. Saat 00:00'dan 03:00'e kadar FES değerlerindeki azalma AOÇ'de 3°C , Emek'te $2,1^{\circ}\text{C}$, Cebeci'de $2,4^{\circ}\text{C}$, Yenikent'de $2,6^{\circ}\text{C}$, Şeker'de $2,9^{\circ}\text{C}$ ve Gar'da $2,3^{\circ}\text{C}$ 'dir. Soğuma oranının yapay malzemede daha yavaş ve daha az olması sonucu yoğun şehirselleşmiş alanlarıyla kır arasındaki termal algılama farkı artmaktadır. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar şehir içi yeşil alanlardan $0,8^{\circ}\text{C}$ - 1°C , orman içi açık alanlardan $2,1^{\circ}\text{C}$ - $2,3^{\circ}\text{C}$ ve kırsal alanlardan $2,4^{\circ}\text{C}$ - $2,6^{\circ}\text{C}$

daha yüksek FES değerine sahiptir. Yoğun şehirselle fonksiyon alanı ve güneyden bağlanan İmrahor vadisinde çok az serin termal algılamalar ortaya çıkarken, geniş alanların serin hissedildiği gözlenmektedir (Şekil 27).

Temmuz ayı için şehir ısı adasının gücünün ve etki alanının zirvede olduğu saat dilimi 06:00'dır. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip bölümleri ile kırsal alanlar arasında 2,8°C-2,9°C, orman içi açık alanlar arasında 2,7°C-2,8°C ve şehir içi yeşil alanlar arasında 0,8°C-0,9°C FES farkı bulunmaktadır. Şehirselle fonksiyonların yoğunlaştığı alanlar homojenleşerek zirvelerinden arınırken, kırsal alanlarla farkları artmaktadır. Saat 03:00'den 06:00'ya değin AOÇ'de 2,4°C, Emek'te 1,6°C, Cebeci'de 1,9°C, Yenikent'de 2°C, Şeker'de 2,3°C ve Gar'da 1,6°C FES değerlerinin azaldığı hesaplanmıştır. Temmuz saat 06:00'da Cebeci'de kısıtlı bir alanda çok az serin termal algılamalar bulunurken, Ankara şehir merkezinin tamamında serin termal algılamalar açığa çıkmaktadır. Ankara şehir merkezi sınırları dışında yüksek kuzey ve güneydoğuda ise soğuk hissedilmektedir (Şekil 27).

Saat 09:00'da termal konfor değerleri 20°C civarında artarak, soğuk stresi üç saat içinde sıcak stresine dönüşmektedir. Saat 06:00 ile kıyaslandığında FES değerlerindeki artış AOÇ'de 20°C, Emek'te 15,8°C, Cebeci'de 17,5°C, Yenikent'de 18,2°C, Şeker'de 18,6°C ve Gar'da 12,6°C'dir. Şehir içi ormanlar ve kırsal alanlarda artışın daha yüksek olmasının nedeni radyasyon akışının daha hızlı olması ve doğal malzemenin termal iletkenliğinin daha fazla olmasıdır. Saat 09:00'da diğer aylarda da olduğu gibi şehirselle fonksiyonların yoğunlaştığı alanlardan Cebeci, ısı adası özelliğini korurken, geometrisi daha az radyasyon akışına izin veren Emek, ısı obruğu özelliğine dönüşmektedir. Biri AOÇ, diğeri Cebeci üzerinde iki sıcak göz oluşmaktadır. Şehir ormanındaki açık alanlar, Cebeci'den 0,2°C daha düşük FES

değerlerine sahip olmasına rağmen, Emek'ten 1,3°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Orman içi açık alanlar şehir içi yeşil alanlardan 5,5°C, kırsal alanlardan ise 1,8°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Bu haliyle Cebeci ve çevresinde, AOÇ'den başlayarak tüm Ankara Ovası'nda batıya kadar giden alanda sıcak, buraların dışındaki geniş alanlarda çok az sıcak termal algılamalar hesaplanmıştır (Şekil 27).

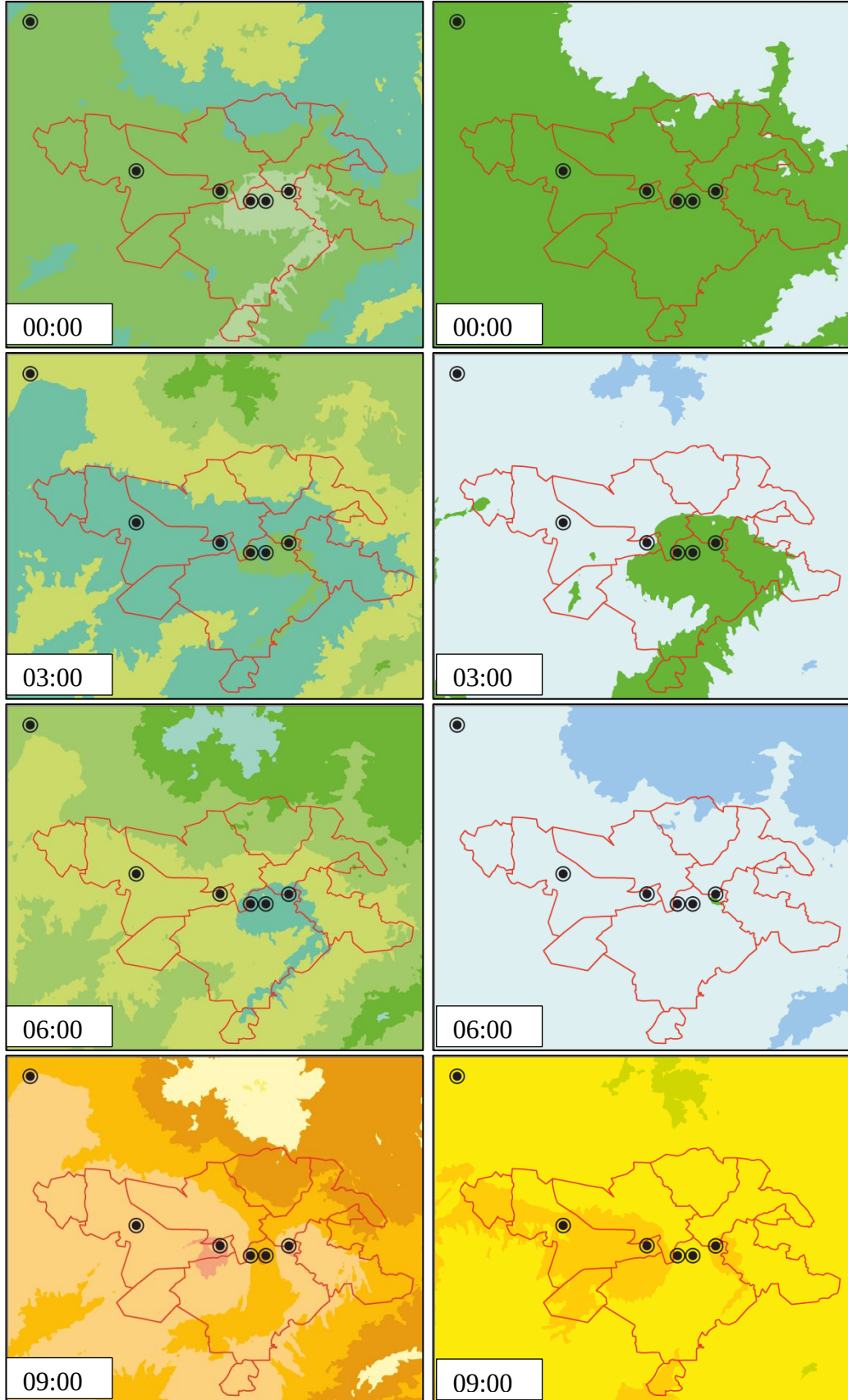
Saat 12:00'de sıcak stresi Ankara şehir merkezine hâkim olmuş durumdadır. Saat 09:00'la kıyaslandığında FES değerleri AOÇ'de 10,2°C, Emek'te 8,1°C, Cebeci'de 10,2°C, Yenikent'de 6,6°C, Şeker'de 6,7°C ve Gar'da 6,8°C artmıştır. AOÇ'deki FES değerleri Cebeci'den 0,2°C daha düşük olmasına rağmen, Emek'ten 3,5°C daha yüksektir. Orman içi açık alanlar şehir içi yeşil alanlardan 8,9°C, kırsal alanlardan ise 5,5°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Temmuz saat 12:00 biyoklimatik koşullarının alansal dağılışına göre Gar, Dikmen Vadisi, Anıtkabir çevresi, Ankara şehir merkezi güneydoğu ve güneybatı sınırları sıcak termal algılamalara sahiptir. Buralar dışındaki geniş alanlarda çok sıcak termal algılamalar gözlenmektedir. AOÇ ve Cebeci'nin FES değerleri, aşırı sıcak eşiği 41°C'ye çok yakındır (0,2°C-0,4°C daha düşüktür) (Şekil 27).

Saat 15:00 sıcak stresinin en şiddetli yaşandığı zaman dilimidir. Saat 12:00 ile kıyaslandığında FES değerlerinin AOÇ'de 2,2°C, Emek'te 2,3°C, Cebeci'de 1,9°C, Yenikent'de 3,4°C, Şeker'de 1,6°C ve Gar'da 2,1°C daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Günün bu saatinde en yüksek FES değerlerine sahip şehir ormanlarındaki açık alanlar, yüksek yapı yoğunluğa sahip alanlardan 0,1°C-3,4°C, şehir içi yeşil alanlardan 9,1°C, kırsal alanlardan ise 4,3°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Buna göre AOÇ ve cebeci çevresinde aşırı sıcak, Anıtkabir

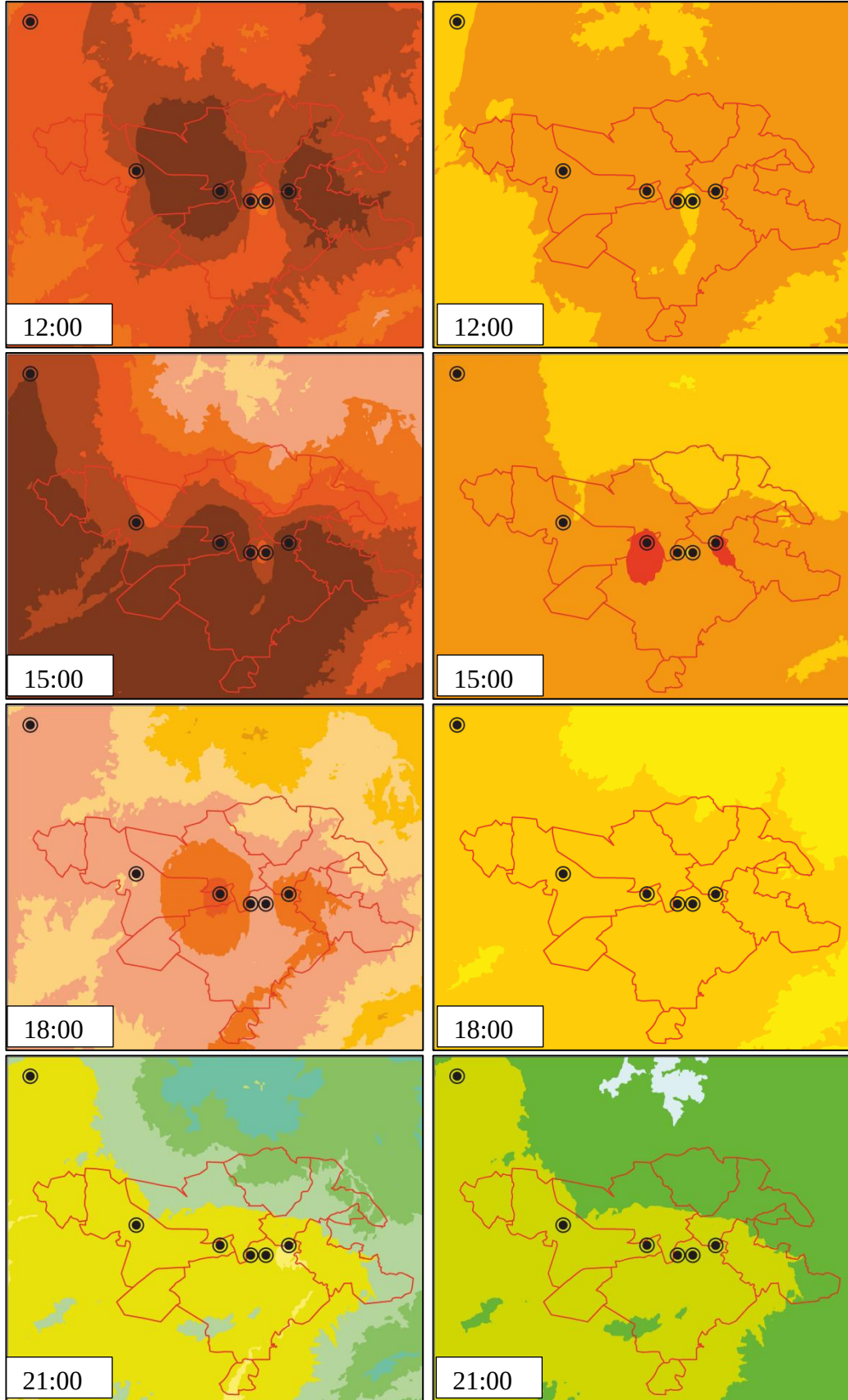
üzerinde sıcak ve Ankara şehir merkezinin geri kalan tamamında çok sıcak termal algılamalar bulunmaktadır. Yüksek kuzeydoğu ve güneydoğuda da sıcak hissedilmektedir (Şekil 27).

Saat 18:00 termal konfor koşulları, sıcak stresinin azalmasına rağmen tamamen ortadan kaybolmadığını göstermektedir. Üç saatlik zaman içinde FES değerlerinin AOÇ'de 7,9°C, Emek'te 7,1°C, Cebeci'de 8,5°C, Yenikent'de 7,2°C, Şeker'de 7,3°C ve Gar'da 3,7°C düştüğü hesaplanmıştır. Şehir ormanındaki açık alanlar, yüksek yapı yoğunluğa sahip alanlardan 0,8°C-2,6°C, şehir içi yeşil alanlardan 4,9°C, kırsal alanlardan ise 3,6°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Şehrin üzerindeki ısı obruğu belirginleşmektedir. Bu haliyle temmuz saat 18:00'de tüm şehir merkezi üzerinde sıcak, yüksek kuzey ve güneydoğuda ise çok az sıcak termal algılamalar ortaya çıkmaktadır (Şekil 27).

Ankara şehir merkezinde temmuz ayının en konforlu zamanı akşam saatleridir. Saat 21:00'de 18:00'le kıyaslandığında FES değerleri AOÇ'de 15,3°C, Emek'te 12,4°C, Cebeci'de 13,7°C, Yenikent'de 12,0°C, Şeker'de 10,6°C ve Gar'da 10,5°C azalmaktadır. Güneş battıktan sonra termal algılama değerleri hızla azalmaktadır. Şehirsel fonksiyonların yoğunlaştığı alanlar ile şehir içi yeşil alanlar arasında 0,3°C-0,1°C, orman içi açık alanlar arasında 0,2°C-0,8°C ve kırsal alanlar arasında 0,6°C-1,1°C FES farkı bulunmaktadır. Gece boyunca devam bir şehir ısı adası oluşmaktadır. Saat 21:00'de sıcak stres ile geçen gündüz ve soğuk stres ile geçen gecedan farklı olarak şehir merkezinin büyük bir bölümünde konforlu termal algılamalar ortaya çıkmaktadır. Yenimahalle, Keçiören ve Altındağ'ın yüksek kesimleri çok az serin hissedilmektedir (Şekil 27).



Şekil 27. Ankara şehir merkezi temmuz ayı FES değerleri (solda) ve termal algılama düzeyleri (sağda). İşaretler için bakınız Şekil 20.



Şekil 27'nin devamı.

4.3.1.9. Ağustos ayı biyoklimatik koşulları

Ağustosta güneş saat 05:00 (1 ağustos 04:44; 31 ağustos 05:12) civarında doğmakta ve 18:45 (1 ağustos 19:06; 31 ağustos 18:25) civarında batmaktadır. Yaz mevsiminin üçüncü ayı olmasına rağmen, orman içi açık alanları (AOÇ) ve kırsal alanları (Şeker ve Yenikent) temsil eden istasyonlarda en yüksek aylık ortalamanın görüldüğü aydır. Ayrıca Emek İstasyonu'nda temmuz ve ağustos arasında 0,28°C, Gar İstasyonu'nda 0,01°C fark da ağustos lehinedir. Saat 00:00 termal konfor koşullarının alansal dağılımı incelendiğinde şehir ısı adasının varlığı göze çarpmaktadır. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar ile kırsal alanlar arasında 1,8°, orman içi açık alanlar arasında 2,3°C ve şehir içi yeşil alanlar arasında 0,5°C FES farkı bulunmaktadır. Kırla şehir arasında önemli farklılıklar oluşurken, şehrin kendi içinde homojen bir yapısı olduğu dikkat çekmektedir. Ağustos ayı saat 00:00'da Ankara şehir merkezinin tamamında çok az serin termal algılamalar bulunmaktadır. Şehir merkezinin kuzey ve güneydoğu sınırını oluşturan yüksek alanlarda serin termal algılamalar görülmektedir (Şekil 28).

Saat 03:00'te şehir ısı adası şiddetini artırarak varlığını korumaktadır. Şehirselsel fonksiyon alanında kalan istasyonlarda soğuma daha düşükken, diğerlerinde daha yüksektir. Saat 00:00'dan 03:00'e kadar AOÇ'de 2,5°C, Emek'te 2°C, Cebeci'de 2,1°C, Yenikent'de 2,6°C, Şeker'de 2,7°C ve Gar'da 2,2°C FES değerleri azalmaktadır. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar kırsal alanlardan 2,3°C-2,4°C, orman içi açık alanlardan 2,6°C-2,8°C ve şehir içi yeşil alanlardan 0,5°C -0,7°C daha yüksek FES değerine sahiptir. Saat 03:00 termal konfor koşullarının alansal dağılımına göre Yenimahalle, Keçiören, Altındağ ve Elmadağ'da serin termal algılamalar ortaya çıkarken, Ankara şehir merkezinin güneybatısında çok az serin

termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 28).

Saat 06:00 şehir ısı adasının ağustos ayı içinde de en güçlü ve etkili olduğu saat dilimidir. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip şehrsel alanlar, kırsal alanlardan 2,5°C-2,9°C, orman içi açık alanlardan 3,2°C-3,6°C ve şehir içi yeşil alanlardan 0,5°C-0,9°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. 03:00'den 06:00'ya kadar AOÇ'de 2,4°C, Emek'te 1,6°C, Cebeci'de 1,8°C, Yenikent'de 2°C, Şeker'de 2,3°C ve Gar'da 1,8°C FES değerlerinde azalma görülmektedir. Saat 06:00'da Ankara şehrinin yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlarında çok az serin termal algılamalar oluşurken, geri kalan alanlarda serin termal algılamalar ortaya çıkmaktadır. Kuzey ve güneydoğudaki yüksek kesimlerde ise soğuk termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 28).

Saat 09:00'da orman içi açık alan ve kırsal alanlar daha hızlı ısınmaktadır. Saat 06:00'dan 09:00'a kadar AOÇ'de 19,2°C, Emek'te 14°C, Cebeci'de 14,7°C, Yenikent'de 16,4°C, Şeker'de 17,7°C ve Gar'da 10,1°C FES değerleri yükselmektedir. Bu hızlı artış sonucunda ısı adasının dağıldığı ve yerini ısı obruğunun aldığı gözlenmektedir. Şehir ile kır istasyonları hemen hemen aynı FES değerlerine sahipken, orman içi açık alanların en yüksek FES değerlerine sahip olduğu görülür. Şehir ormanındaki açık alanlar, yüksek yapı yoğunluğa sahip alanlardan 1,3°C-1,6°C, şehir içi yeşil alanlardan 6,4°C, kırsal alanlardan ise 2,1°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Gece boyunca devam eden serin koşullar saat 09:00'da yerini çok az sıcak termal algılamalara terk etmiştir. AOÇ ve çevresinde sıcak algılamalar ortaya çıkarken, yükseltinin 1200 m'den yüksek olduğu alanlarda konforlu koşullar bulunmaktadır (Şekil 28).

Ağustos öğle saatlerinde sıcak stresinin iyice şiddetini göstermesi bakımından olumsuz termal konfor koşulları ortaya çıkmaktadır. Saat 12:00 itibarıyla en yüksek termal algılama değerine sahip orman içi açık alanlar, yüksek yapı yoğunluğa sahip alanlardan 3,1°C-5,5°C, şehir içi yeşil alanlardan 12°C, kırsal alanlardan ise 6,8°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Bunun nedeni radyasyon akışına bağlı sıcaklık artışının en fazla orman içi açık alanlarda ortaya çıkmasıdır. Saat 09:00'dan 12:00'ye kadar FES artış miktarları, AOÇ'de 13,3°C, Emek'te 9,4°C, Cebeci'de 11,5°C, Yenikent'de 8,6°C, Şeker'de 7,9°C, Gar'da 7,7°C olarak hesap edilmiştir. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanların şehir ormanından daha düşük FES değerine sahip olması ısı obruğunun şekillenmesine yardımcı olmaktadır. Ağustos saat 12:00'de Ankara şehir merkezinin genelinde çok sıcak termal algılamalar ortaya çıkarken, AOÇ çevresinde aşırı sıcak, Gar, Anıtkabir, Dikmen Vadisi'nde sıcak termal algılamalar bulunmaktadır. Ayrıca şehir merkezi sınırları dışında güneydoğu ve güneybatıdaki yüksek kırsal alanlarda da sıcak hissedilmektedir (Şekil 28).

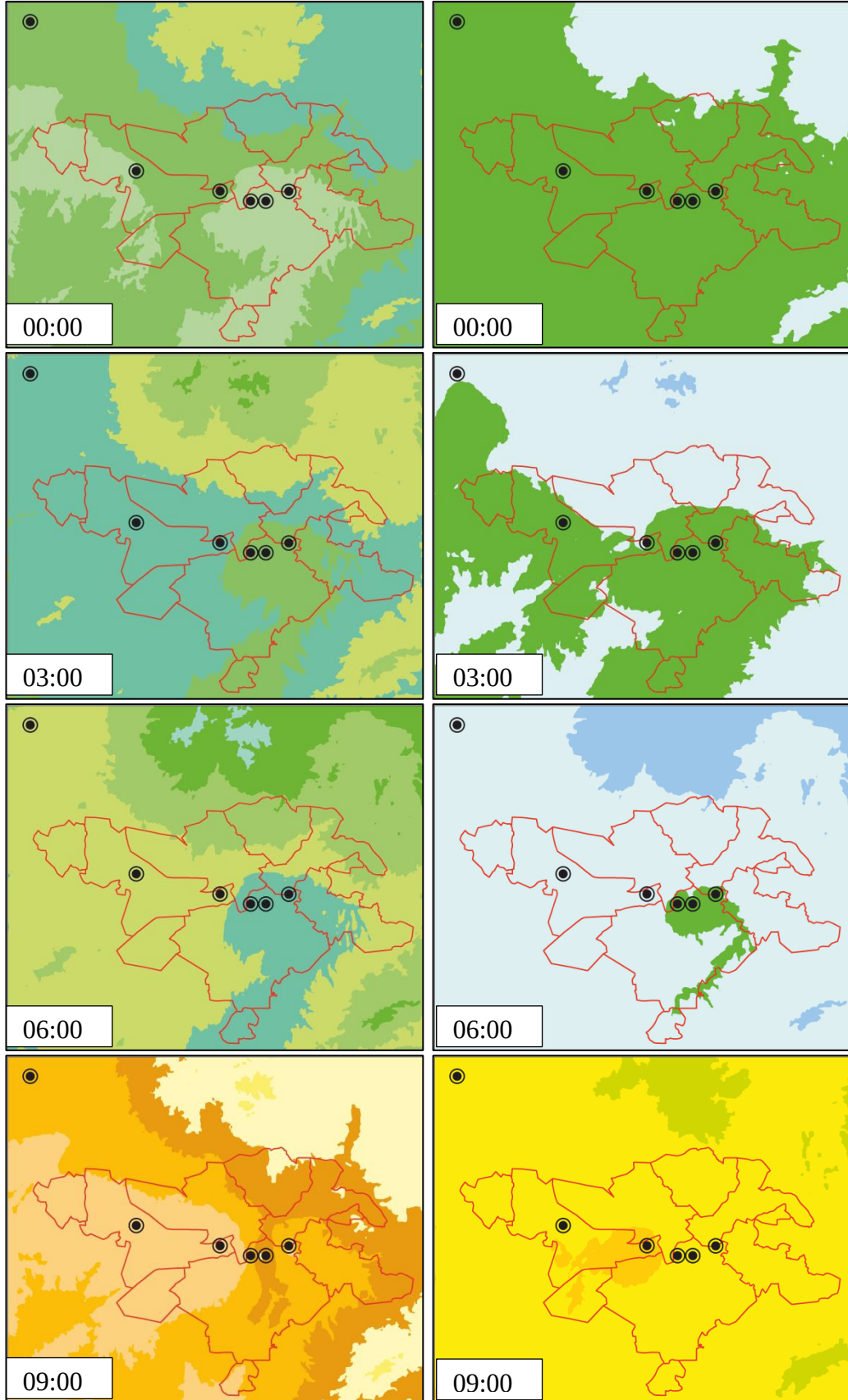
Ağustosta en yüksek FES değerlerinin görüldüğü saat dilimi 14:00'tür (Ek 5). Gün içinde 14:00'ten sonra en yüksek değerler 15:00'de ortaya çıkmaktadır. Saat 15:00 termal konfor koşullarının özelliği şehrin bir kısmı üzerindeki ısı obruğunun belirgin olması, kırsal alan FES değerlerinin yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlardan daha yüksek olmasıdır. AOÇ üzerindeki sıcak çekirdek güneye ve batıya doğru genişlemektedir. Saat 12:00 ile kıyaslandığında FES değerleri AOÇ'de 1,7°C, Emek'te 2,6°C, Cebeci'de 1,4°C, Yenikent'de 4°C, Şeker'de 1,8°C, Gar'da 2,3°C daha yüksektir. En yüksek artış kır istasyonunda olmasına rağmen, en yüksek FES değerleri yine şehir ormanı içindeki açık alanlardadır. Orman içi açık alanlar, yüksek yapı yoğunluğa sahip alanlardan 3,4°C-4,7°C, şehir içi yeşil alanlardan 11,4°C, kırsal

alanlardan ise 4,6°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Bu değerlere göre AOC ve Cebeci çevresinde aşırı sıcak, Ankara şehir merkezinin güneyinin tamamı çok sıcak termal algılamalara sahiptir. Keçiören ve Altındağ'ın kuzeyinde, Elmadağ'da sıcak termal algılamalar bulunurken, alçak kırsal alanlarda da aşırı sıcak hissedilmektedir (Şekil 28).

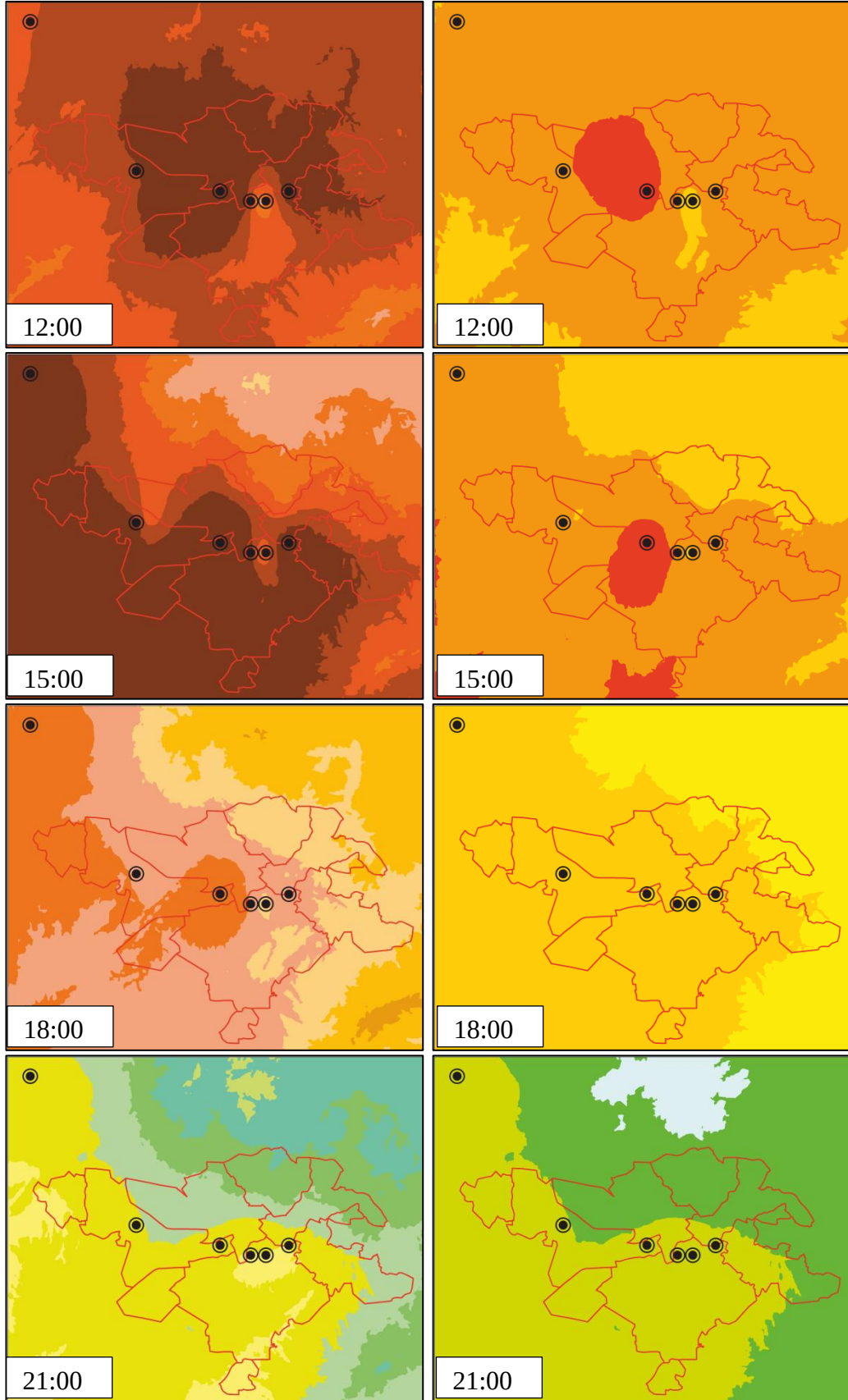
Saat 18:00'de kır istasyonları şehir istasyonlarından daha yüksek FES değerine sahiptir ve ısı obruğu varlığını korumaktadır. Bunun nedeni gökyüzü görüş faktörünün şehir ve kırdaki farklı değerlerde olmasıdır. Saat 15:00 ile 18:00 arasında FES değerleri AOC'de 10,9°C, Emek'te 8,1°C, Cebeci'de 10,2°C, Yenikent'de 6,7°C, Şeker'de 6,7°C, Gar'da 3,9°C düşmüştür. Kırsal alanların yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlardan 1,5°C-2,3°C arasında daha yüksek termal algılama değerleri vardır. En yüksek termal algılama değerlerine sahip olan orman içi açık alanların, yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlardan 1,9°C-2,7°C, şehir içi yeşil alanlardan 4,5°C, kırsal alanlardan ise 0,4°C daha yüksek FES değerleri bulunmaktadır. Bu zaman diliminde sıcak stresi varlığını korumaktadır. Ankara şehir merkezinin neredeyse tamamında sıcak termal algılamalar bulunurken, kuzey, doğu ve güneydoğu sınırında çok az sıcak termal algılamalar oluşmaktadır (Şekil 28).

Saat 21:00'de şehir ısı adası yeniden belirlemektedir. Saat 09:00'dan 21:00'e kadar ısı obruğu olan yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar çevrelerine göre 1°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Saat 21:00'de oluşumunu tamamlayan ısı adası, en güçlü olduğu saat 06:00'ya kadar varlığını sürdürmektedir. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip şehirsal alanlar, kırsal alanlardan 0,5°C-0,9°C, orman içi açık alanlardan 1,2°C-1,6°C daha yüksek FES değerine sahiptir. Gar İstasyonu için hesaplanan FES değeri Emek'ten 0,2°C daha düşükken, Cebeci'den 0,2°C daha

yüksektir. Bu durum yeşil alanların şehir biyoklimatik koşullarında düzenleyici rolünü ortaya koymaktadır. Saat 18:00’le 21:00 arasında FES değerleri AOÇ’de 15,1°C, Emek’te 11,6°C, Cebeci’de 11,1°C, Yenikent’de 14°C, Şeker’de 12,5°C, Gar’da 9,2°C düşmüştür. Bu düşüşler ağustos ayı içinde insan yaşamı için en uygun koşulların saat 21:00’de oluşmasını sağlamaktadır. Ankara şehir merkezinin büyük bir bölümünde termal stresten uzak, konforlu koşullar oluşurken, Yenimahalle, Keçiören ve Altındağ’ın kuzeyinde çok az serin termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 28).



Şekil 28. Ankara şehir merkezi ağustos ayı FES değerleri (solda) ve termal algılama düzeyleri (sağda). İşaretler için bakınız Şekil 20.



Şekil 28'in devamı.

4.3.1.10. Eylül ayı biyoklimatik koşulları

Sonbaharın ilk ayı olan eylülde güneş 05:30 (1 eylül 05:13; 30 eylül 05:40) civarında doğmakta ve 18:00 (1 eylül 18:24; 30 eylül 17:37) civarında batmaktadır. Saat 00:00'da ortaya çıkan biyoklimatik koşullar incelendiğinde belirgin bir şehir ısı adası dikkati çekmektedir. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar ile şehir içi yeşil alanlar arasında $0,3^{\circ}\text{C}$, orman içi açık alanlar arasında $2,1^{\circ}\text{C}$ - $2,7^{\circ}\text{C}$ ve kırsal alanlar arasında $1,4^{\circ}\text{C}$ - $2,4^{\circ}\text{C}$ (yüksek yapı yoğunluklu alanlar lehine) FES farkı bulunmaktadır. Saat 00:00'daki düşük FES değerlerinden dolayı Ankara şehir merkezinin tamamına yayılan bir alanda serin termal algılamalar bulunmaktadır. Kuzey ve güneydoğuda yer alan yüksek sahalarda soğuk termal algılamalar ortaya çıkmaktadır (Şekil 29).

Saat 03:00 termal konfor koşulları, şehir ısı adasının güçlenerek varlığını koruduğunu göstermektedir. Saat 00:00'dan itibaren FES değerlerinde AOÇ'de $1,9^{\circ}\text{C}$, Emek'te $1,7^{\circ}\text{C}$, Cebeci'de $1,7^{\circ}\text{C}$, Yenikent'de $2,3^{\circ}\text{C}$, Şeker'de $2,5^{\circ}\text{C}$, Gar'da $1,9^{\circ}\text{C}$ FES azalma görülmektedir. Termal algılama değerleri şehrsel fonksiyon alanlarında 2°C 'nin altında kalırken, kırsal alanlarda 2°C 'yi geçmektedir. Şehrsel fonksiyonların yoğunlaştığı yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar orman içi açık alanlardan $2,1^{\circ}\text{C}$ - $2,7^{\circ}\text{C}$, şehir içi yeşil alanlardan $0,6^{\circ}\text{C}$ ve kırsal alanlardan $2,4^{\circ}\text{C}$ - 3°C daha yüksek FES değerine sahiptir. Saat 03:00 biyoklimatik koşullarına göre, yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar ve çevresindeki yeşil alan, kır kuşağının serin termal algılamalarını korurken, soğuk termal algılamalar Ankara şehir merkezinin büyük bir çoğunluğuna hâkimdir (Şekil 29).

Saat 06:00, şehir ısı adasının en güçlü olduğu zaman dilimidir. Saat 03:00 ile karşılaştırıldığında FES değerleri AOÇ'de $1,7^{\circ}\text{C}$, Emek'te $1,4^{\circ}\text{C}$, Cebeci'de $1,4^{\circ}\text{C}$,

Yenikent’de 1,6°C, Şeker’de 1,8°C, Gar’da 1,4°C daha düşüktür. Kır ve şehir arasında 0,2-0,4°C’lik soğuma farkı, falezin daha fazla yükselmesine, şehir ısı adasının güçlenmesine neden olmaktadır. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar orman içi açık alanlardan 2,7°C-3,3°C, şehir içi yeşil alanlardan 0,6°C ve kırsal alanlardan 2,6°C-3,3°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Eylül ayı içindeki en güçlü ısı adası sayesinde sadece Ankara ovası üzerinde yüksek yapı yoğunluğuna sahip alana hapsolan serin termal algılamalar, şehir merkezinin geri kalan tamamını etkisi altında bırakan soğuk termal algılamalar tarafından kuşatılmaktadır (Şekil 29).

Saat 09:00’daki biyoklimatik koşullar şehir ısı adasının yerini ısı obruğuna bıraktığını, sıcak merkezin şehir ormanı üzerine kaydığını göstermektedir. Şehirselle fonksiyonların yoğunlaştığı bölümde ise çevresine göre daha soğuk bir alan oluşmaktadır. 06:00’dan itibaren AOÇ’de 16°C, Emek’te 11,8°C, Cebeci’de 12,6°C, Yenikent’de 13,9°C, Şeker’de 16°C, Gar’da 8,4°C FES artışı olduğu anlaşılmaktadır. En yüksek değerlere sahip AOÇ ve soğuk bölümün doğu kanadındaki sıcak merkez olan Cebeci’de iki ada oluşmuştur. En yüksek termal algılama değerlerine sahip olan orman içi açık alanlar, yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlardan 0,7°C-0,8°C, şehir içi yeşil alanlardan 4,8°C, kırsal alanlardan ise 2,1°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Saat 09:00’da Ankara şehir merkezinin tamamında konforlu termal algılamalar kuzey ve güneydoğu sınırında ise çok az serin termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 29).

Eylül öğle saatlerinin termal konfor koşulları, şehir ormanı üzerindeki sıcak çekirdeğin genişleyerek kuzeye yöneldiğini, şehir üzerindeki ısı obruğunun ise çok daha keskin hatlarla belirdiğini işaret etmektedir. 09:00’dan itibaren FES artışları AOÇ’de 13,5°C, Emek’te 9,9°C, Cebeci’de 12,2°C, Yenikent’de 9,4°C, Şeker’de

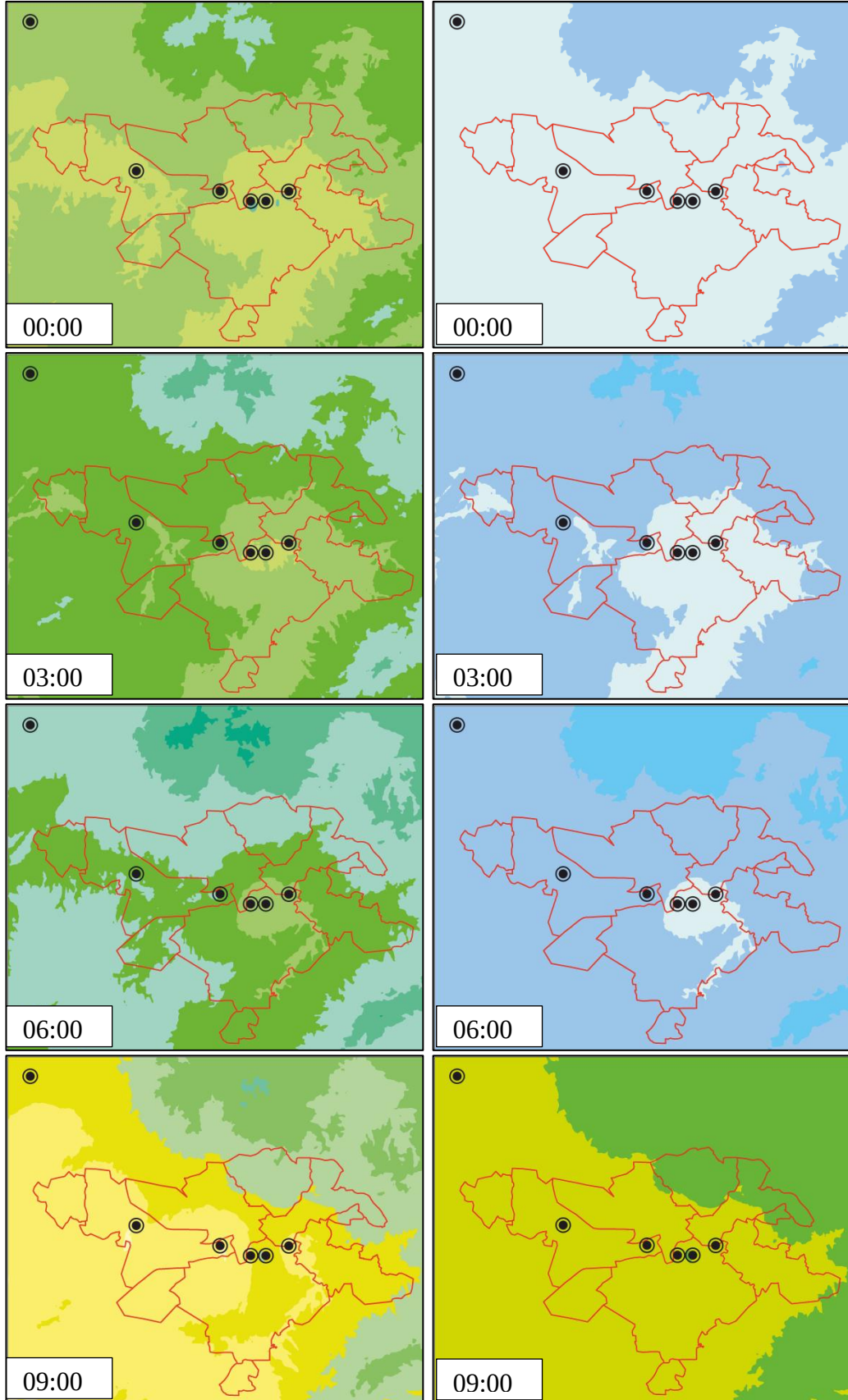
9,3°C, Gar'da 8°C'dir. Emek'in Şeker'den 0,1°C daha düşük FES değeri bulunmaktadır. Orman içi açık alanın termal algılama değeri, yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlardan 2,1°C-4,4°C, şehir içi yeşil alanlardan 10,3°C daha yüksek FES değerlerine sahip olması, şehir ısı obruğunu belirgin hale getirmektedir. 12:00 FES değerleri AOÇ ve çevresinde çok sıcak termal algılamalar oluşmasına neden olmaktadır. Ankara şehir merkezinde geniş alanlar sıcak termal algılamalara sahipken, ısı obruğunun merkezinde, kuzeydoğu ve güneydoğudaki yüksek kırsal alanlarda çok az sıcak termal algılamalar görülmektedir (Şekil 29).

Saat 15:00'te termal algılama değerleri AOÇ hariç bütün istasyonlarda saat 12:00'den daha yüksektir. AOÇ'de FES değerlerinin bir önceki zaman diliminden 1,9°C daha düşük olduğu gözlenmektedir. AOÇ ve Cebeci'de termal algılama değerlerini belirleyen faktör, uzun dalga radyasyonu akışını sağlayan yüzeyler olduğu için FES değerlerinin radyasyonla birlikte yükselip arttığı gözlenmektedir. Saat 12:00 ile karşılaştırıldığında 15:00 FES değerleri Emek'te 0,6°C, Cebeci'de 0,1°C, Yenikent'de 1,2°C, Şeker'de 0,3°C, Gar'da 1,6°C daha yüksektir. Biri AOÇ, diğeri Cebeci üzerinde iki sıcak çekirdeğin güneye yöneldiği görülmektedir. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanların bir kısmı ve yeşil alanlardan oluşan ısı obruğu çekirdeği Gar üzerindedir. En yüksek termal algılama değerlerine sahip olan orman içi açık alanlar, yüksek yapı yoğunluğa sahip alanlardan 0,1°C-1,9°C, şehir içi yeşil alanlardan 6,8°C, kırsal alanlardan ise 2°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Saat 15:00'de Ankara şehir merkezinin güneyi ve batısında sıcak, kuzeyi ve doğusunda çok az sıcak termal algılamalar bulunmaktadır. Gar ve yakın çevresinde çok az sıcak termal algılamalar gözlenmektedir (Şekil 29).

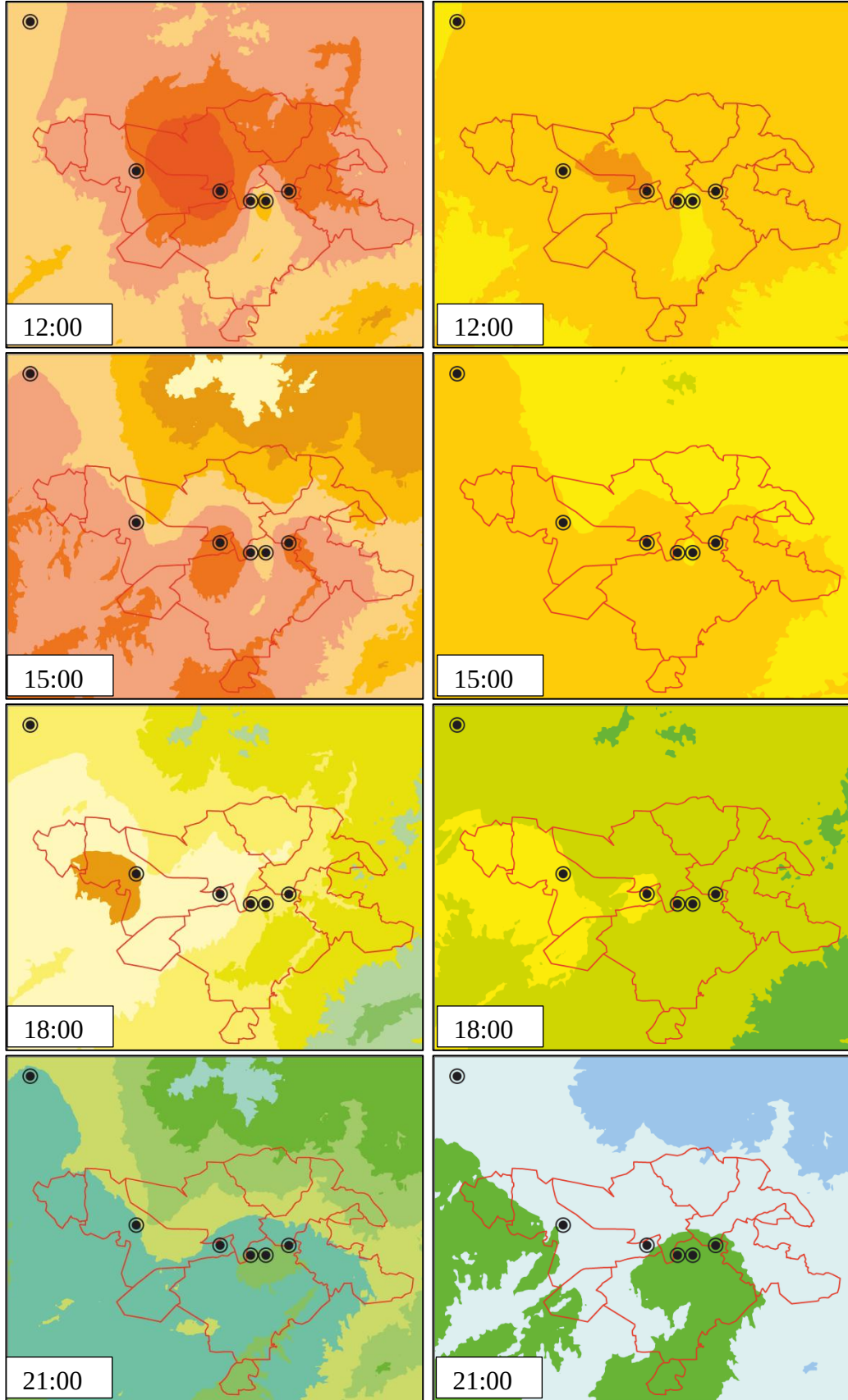
Saat 18:00 biyoklimatik koşullarının analizi sonucu sıcak çekirdeğin

AOÇ'den Şeker üzerine kaydığı ve şehrin üzerindeki ısı obruğunun daha da derinleştiği anlaşılmaktadır. FES değerleri azalma miktarları AOÇ'de 10,1°C, Emek'te 10,3°C, Cebeci'de 13,3°C, Yenikent'de 9,1°C, Şeker'de 6,6°C ve Gar'da 6,7°C'dir. Güneş batarken etrafında engel olmayan istasyonlarda daha az FES düşüşü yaşanmaktadır. Gökyüzü görüş oranını kısıtlayan yapı, ağaç gibi engeller FES değerlerinin daha hızlı azalmasına neden olmaktadır. En yüksek FES değerine sahip banliyö kırsal alanlarında, yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlardan 3,4°C-4,6°C, orman içi açık alanlardan 1,4°C daha yüksek FES değerleri bulunmaktadır. Saat 18:00'de Ankara şehir merkezinin alçak kırsal alanları ve AOÇ'de çok az sıcak termal algılamalar ortaya çıkarken, buraların dışında kalan geniş alanlar boyunca konforlu koşulların olduğu dikkat çekmektedir. Kuzeydoğu ve güneydoğudaki yüksek kesimlerde ise çok az serin termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 29).

Saat 21:00'de şehrin üzerindeki ısı obruğunun yerini ısı adası almaktadır. Saat 21:00'e kadar FES değerleri AOÇ'de 10,9°C, Emek'te 7°C, Cebeci'de 6,1°C, Yenikent'de 8,8°C, Şeker'de 12,1°C ve Gar'da 5,8°C düşmektedir. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar, orman içi açık alanlar ve kırsal alanlardan 1,5°C-1,8°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Bütün gece varlığını hissettirecek olan şehir ısı adası belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Saat 21:00 biyoklimatik koşullarına bağlı olarak yüksek yapı yoğunluğuna sahip şehrsel fonksiyon alanları ve alçak kırsal alanlarda çok az serin termal algılamalar ortaya çıkmaktadır. Bunun dışında kalan geniş alanlar boyunca serin ve yüksek kırsal alanlarda ise soğuk termal algılamalar açığa çıkmaktadır (Şekil 29).



Şekil 29. Ankara şehir merkezi eylül ayı FES değerleri (solda) ve termal algılama düzeyleri (sağda). İşaretler için bakınız Şekil 20.



Şekil 29'un devamı.

4.3.1.11. Ekim ayı biyoklimatik koşulları

Sonbaharın ikinci ayı olan ekimde güneş saat 06:00 (1 ekim 05:41; 31 ekim 06:13) civarında doğmakta ve 17:15 (1 ekim 17:35; 31 ekim 16:52) civarında batmaktadır. Sıcak mevsim ve soğuk mevsim arasındaki geçişi temsil eden bu ayda, FES ortalamaları da düşmekte, soğuk stresi kendini hissettirmektedir. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar üzerinde şehir ısı adası saat 00:00'da da bulunmaktadır. Şehrsel fonksiyonların yoğunlaştığı alanların yüksek yapı yoğunluğuna sahip bölümleri, kırsal alanlardan 3°C, orman içi açık alanlardan 4,1°C daha yüksek termal algılama değerlerine sahiptir. Ekim gece yarısında Ankara şehir merkezinde 900 m'den daha alçak alanlarda soğuk, 900 m'den daha yüksek alanlarda ise çok soğuk termal algılamalar açığa çıkmaktadır (Şekil 30).

Saat 03:00'de FES değerleri önemli ölçüde azalmasına rağmen, yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar üzerinde oluşan şehir ısı adası 0,3°C daha güçlenmektedir. FES değerleri AOÇ'de 1,5°C, Emek'te 1,4°C, Cebeci'de 1,5°C, Yenikent'de 1,7°C, Şeker'de 2,1°C, Gar'da 1,6°C düşmektedir. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip şehir alanları, kırsal alanlardan 3,3°C, orman içi açık alanlardan 4,2°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Buna göre yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar ve çevreleyen kırsal alanlarda soğuk termal algılamalar oluşurken, Ankara şehir merkezinde çok soğuk termal algılamalar hâkimdir. Kuzey ve güneydoğudaki yüksek alanlarda aşırı soğuk termal algılamalar gözlenmektedir (Şekil 30).

Saat 06:00 şehir ısı adasının en etkili olduğu zamandır. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip şehir alanlarının, kırsal alanlardan 3,4°C-3,5°C, orman içi açık alanlardan 4,3°C daha yüksek FES değerleri bulunmaktadır. Saat 03:00'den 06:00'ya kadar FES değerlerindeki düşüş AOÇ'de 1,2°C, Emek'te 1,1°C, Cebeci'de 1,1°C,

Yenikent’de 1,3°C, Şeker’de 1,4°C ve Gar’da 1,2°C’dir. Bunların sonucu olarak Emek, Gar ve Cebeci çevresinde soğuk termal algılamalar varlığını korumaktadır. Ankara şehir merkezinin büyük bir bölümünde çok soğuk termal algılamalar ortaya çıkarken, aşırı soğuk termal algılamalar alanını genişletmektedir (Şekil 30).

Güneşin gökyüzünde yükselmesine bağlı olarak saat 09:00’da biyoklimatik koşulların iyileştiği, FES değerlerinin saat 09:00’da ortalama 9°C yükseldiği görülmektedir. Yükseliş miktarının en fazla olduğu istasyonlar kır istasyonlarıdır (Yenikent 10,6°C; Şeker 11,4°C). Saat 09:00’da FES değerleri AOÇ’de 8,4°C, Emek’te 8,3°C, Cebeci’de 8,4°C ve Gar’da 5,4°C artmıştır. Termal algılama değerlerinin belirgin bir geometrisi olmamasına rağmen yüksek yapı yoğunluğuna sahip şehir alanlarının, kırsal alanlardan 0,3°C-1,3°C, şehir içi ormanların açık alanlarından 4,3°C daha yüksek FES değerleri olduğu görülmektedir. FES değerlerindeki artışa bağlı olarak Şeker ve Cebeci çevresinde çok az serin termal algılamalar iki ada oluşturmuşlardır. Ankara şehir merkezinin tamamında serin termal algılamalar hüküm sürmektedir. Elmadağ soğuk hissedilmektedir (Şekil 30).

Ekim ayı öğle saatinde, AOÇ ve Cebeci üzerinde oluşan iki sıcak çekirdek, yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanların batı bölümü üzerinde oluşan ısı obruğu dikkat çekmektedir. Ekim ayı ortalamalarına göre ele alınan zaman dilimleri arasında istasyonların çoğu için (Gar dışında), günün en yüksek FES değerleri 12:00’de ortaya çıkmaktadır. Saat 09:00’dan itibaren AOÇ’de 15,3°C, Emek’te 9,8°C, Cebeci’de 11,9°C, Yenikent’de 10°C, Şeker’de 10,2°C ve Gar’da 7,8°C FES değerlerinde artış olmuştur. Öğle saatlerinde Ankara şehir merkezinin güneyinde konforlu termal algılamalar ortaya çıkarken AOÇ ve Cebeci’nin kuzeyinde çok az sıcak termal algılamalar bulunmaktadır. Gar çevresinde ve Elmadağ’da ise çok az serin termal

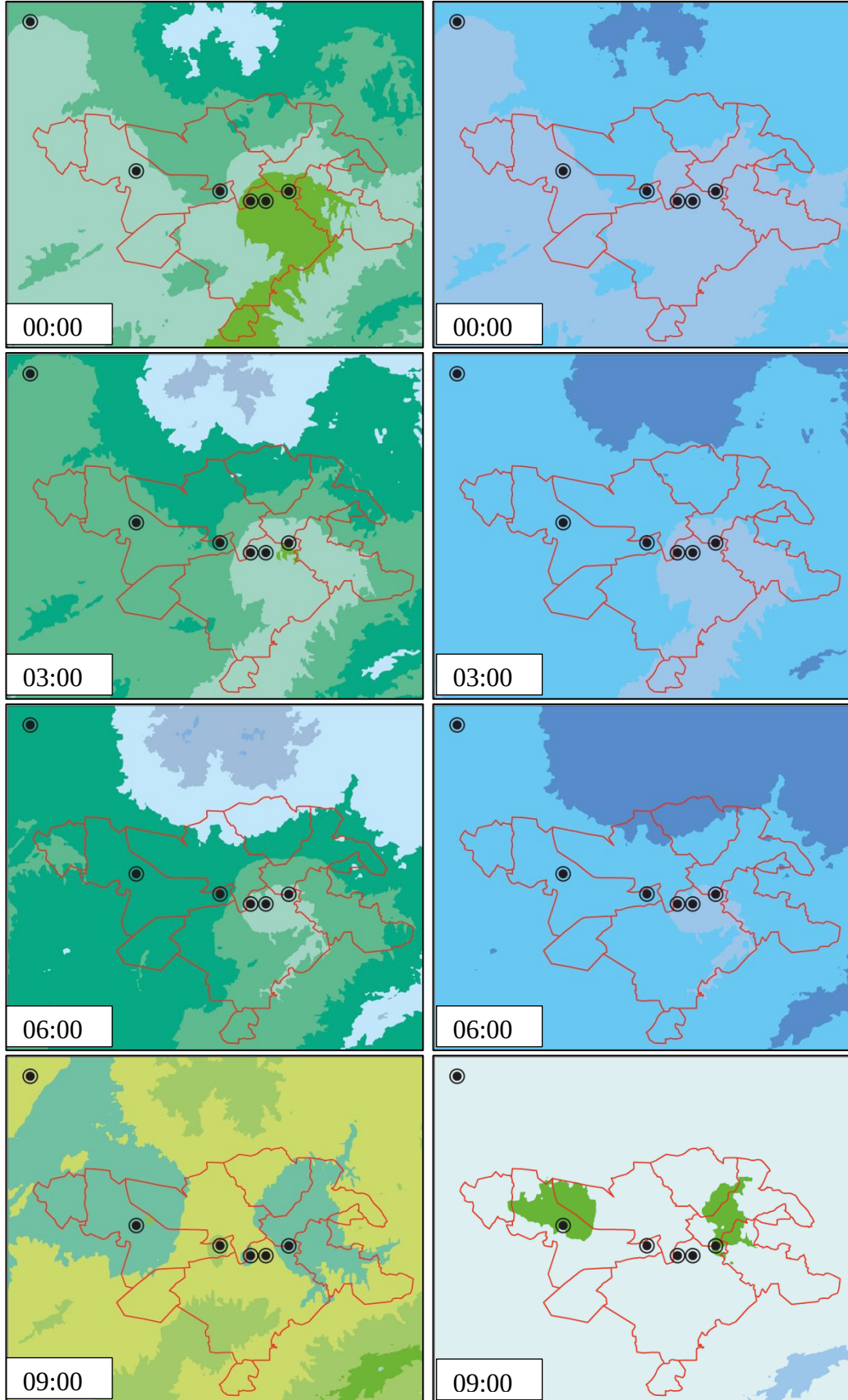
algılamalar görülmektedir (Şekil 30).

Saat 15:00 biyoklimatik koşullarının analizi sonucunda kır alanlarının şehirlere oranla daha az soğuduğu, dolayısıyla AOÇ ve Cebeci'deki sıcak merkezlerin kırsal alanlara doğru kaydığı anlaşılmaktadır. Şehirsel fonksiyon alanındaki ısı obruğunun sadece yeşil alan üzerinde varlığını koruyabildiği gözlenmektedir. Saat 12:00 ile kıyaslandığında termal algılama değerlerinin AOÇ'de 1,9°C, Emek'te 0,3°C, Cebeci'de 1,5°C, Yenikent'de 0,8°C, Şeker'de 0,7°C daha düşük olduğu, Gar'da ise 1°C daha yüksek olduğu görülmektedir. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip şehir alanları, kırsal alanlardan 1,4°C-2,4°C, orman içi açık alanlardan 0,1°C-0,3°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Ekim saat 15:00'de Ankara şehir merkezinde geniş alanlarda konforlu termal algılamalar bulunmaktadır. Cebeci ve çeşitli alçak kırsal alanlarda çok az sıcak termal algılamalar bulunsa da bunlar alt sınırdadır. Yüksek kesimlerde ise çok az serin termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 30).

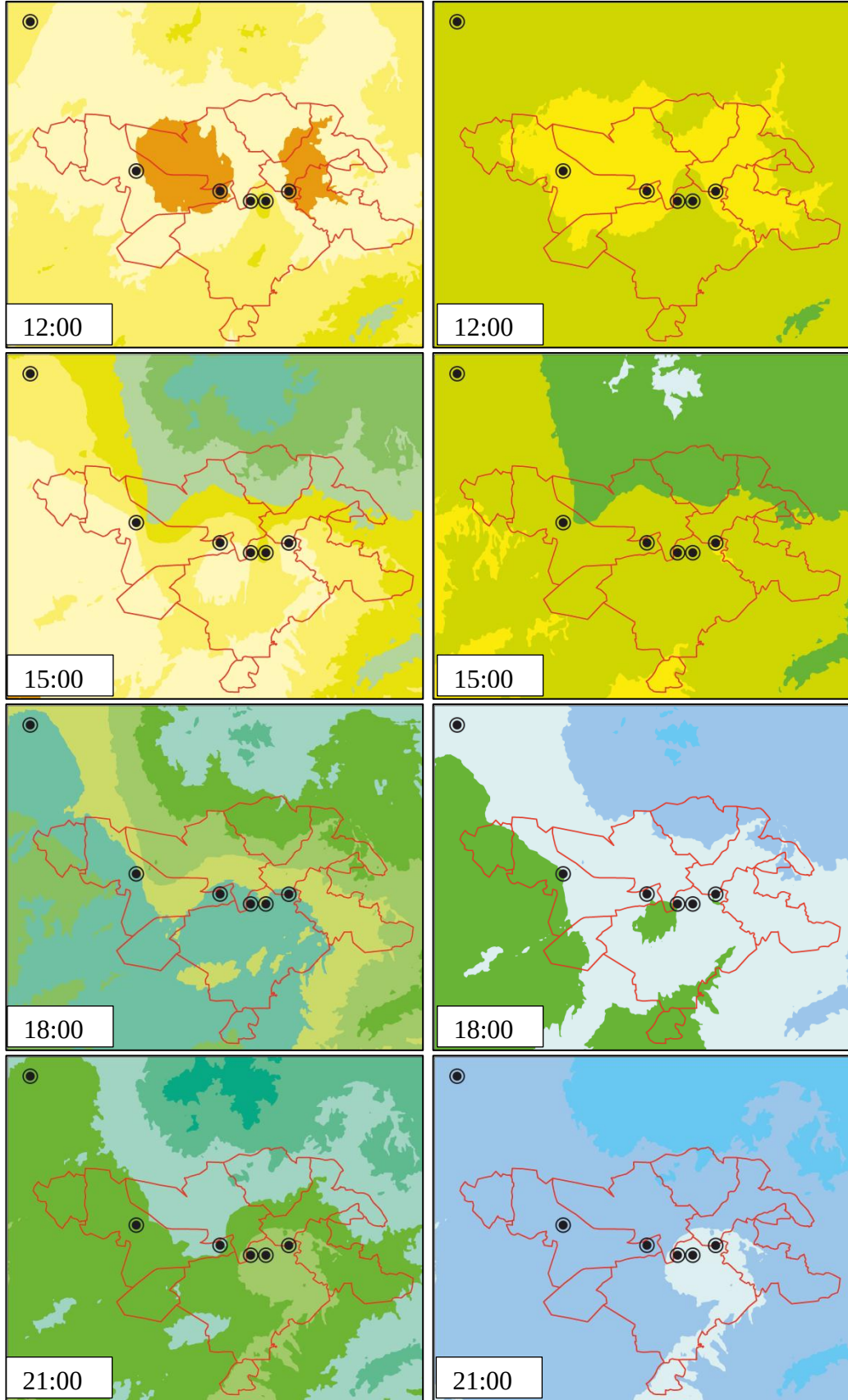
Güneş battıktan sonra termal algılama değerleri 9°C civarında düşmektedir. Kırsal alanlardaki FES değerleri şehir ormanı ve yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlardan daha yüksek olduğu için buralarda ısı adası oluşmaktadır. FES değerleri saat 15:00'den itibaren, AOÇ'de 9,6°C, Emek'te 9,7°C, Cebeci'de 10,8°C, Yenikent'de 8,3°C, Şeker'de 8,9°C ve Gar'da 6,5°C düşmüştür. Kırsal alanlarda yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlardan daha az düşüş yaşandığı için Ankara şehir merkezinin en yüksek FES değerleri Şeker civarında ortaya çıkmaktadır. En yüksek FES değerine sahip banliyö kırsal alanlarında, yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlardan 0,5°C-0,7°C, orman içi açık alanlardan 0,8°C daha yüksek FES değerleri bulunmaktadır. Ankara şehir merkezi dışındaki kırsal alanlarda, Emek ve Cebeci'nin

güneyinde çok az serin termal algılamalar ortaya çıkarken, şehir merkezinde geniş alanlarda serin termal algılamalar bulunmaktadır. Yüksek alanlarda ise soğuk termal algılamalar vardır (Şekil 30).

Saat 21:00'de şehir ısı adası yeniden oluşmaktadır. 18:00'den 21:00'e kadar FES değerlerinin AOC'de 7,3°C, Emek'te 3,9°C, Cebeci'de 3,6°C, Yenikent'de 6,1°C, Şeker'de 6,2°C ve Gar'da 3,1°C düştüğü anlaşılmaktadır. Düşme oranları daha düşük olan yüksek yapı yoğunluğu alanları, gece boyunca varlığını koruyacak şehir ısı adasını oluşturmaktadır. Saat 21:00'de yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar, kırsal alanlardan 2,3°C, orman içi açık alanlardan 3,7°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Saat 21:00'de yüksek yapı yoğunluğuna sahip Emek, Cebeci ve buralarla bağlantısı olan alanlarda serin termal algılamalar hüküm sürerken, bunun dışında kalan alanlarda soğuk, yüksek kesimlerde ise çok soğuk termal algılamalar kendini göstermektedir (Şekil 30).



Şekil 30. Ankara şehir merkezi ekim ayı FES değerleri (solda) ve termal algılama düzeyleri (sağda). İşaretler için bakınız Şekil 20.



Şekil 30'un devamı.

4.3.1.12. Kasım ayı biyoklimatik koşulları

Astronomik olarak sonbahar mevsiminin son ayı olan kasımda güneş 06:30 (1 kasım 06:14; 30 kasım 06:46) civarında doğmakta, 16:40 (1 kasım 16:50; 30 kasım 16:29) civarında batmaktadır. Kasım ayıyla birlikte güneşlenme süresi iyice kısıtlanmakta ve termal konfor değerlerinde önemli düşüşler ortaya çıkmaktadır. Soğuk stresinin günün büyük bir bölümüne hâkim olduğu anlaşılmaktadır. Saat 00:00'da yılın geri kalanında olduğu gibi şehirselle fonksiyon alanlarındaki yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanların çevrelerindeki kırsal alanlara oranla daha yüksek FES değerleri olduğu gözlenmektedir. Şehir ısı adası soğuk dönemin diğer aylarında olduğu gibi belirgin ve etkilidir. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar ile şehir içi yeşil alanlar arasında 0,5°C, orman içi açık alanlar arasında 2,5°C-3°C ve kırsal alanlar arasında 3°C-3,7°C (yüksek yapı yoğunluğu olan alanlar lehine) FES farkı bulunmaktadır. Gece saatlerinde şehir içi yeşil alanlar bile kırsal alanlar ve şehir ormanlarındaki açık alanlardan daha yüksek FES değerlerine sahip olmaktadır. 00:00'da yüksek yapı yoğunluğuna sahip Cebeci-Emek arası ve çevresi çok soğuk hissedilirken, bunun dışında kalan alanın tamamında aşırı soğuk termal algılamalar bulunmaktadır (Şekil 31).

Kasım ayı saat 03:00'de ısı adası varlığını korumaktadır. 00:00'dan itibaren FES değerlerinin ortalama 1,3°C düştüğü görülmektedir. Düşüş oranları neredeyse bütün istasyonlarda aynı seviyededir. Üç saat içinde AOÇ'de 1,2°C, Emek'te 1,1°C, Cebeci'de 1,3°C, Yenikent'de 1,2°C, Şeker'de 1,5°C ve Gar'da 1,3°C termal algılama değerlerinin azaldığı bulunmuştur. Buna göre şehirselle fonksiyona sahip, yüksek yapı yoğunluğu bulunan alanlar, şehir içi yeşil alanlardan 0,7°C, orman içi açık alanlardan 2,5°C-3,1°C ve kırsal alanlardan 3°C-3,8°C daha yüksek FES

değerlerine sahiptir. Ankara şehir merkezi ve çevresinde tamamıyla aşırı soğuk termal algılamalar hüküm sürmektedir (Şekil 31).

Saat 06:00'da şehir merkezinde soğuma devam etmekte, çok az bir farkla da olsa yapay malzeme ve yüzeylerin daha geç soğumasından dolayı ısı adası güçlenmektedir. Soğuk dönemde neredeyse bütün gün boyu yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanların kırsal alanlardan daha yüksek FES değerlerine sahip olmasına rağmen ısı adasının en güçlü olduğu dönem saat 06:00'dır. Saat 03:00 ile 06:00 arasında termal algılama değerlerindeki düşüş neredeyse bütün istasyonlarda aynıdır. FES değerlerindeki azalma, AOÇ'de 0,8°C, Emek'te 0,8°C, Cebeci'de 0,9°C, Yenikent'de 0,9°C, Şeker'de 0,9°C ve Gar'da 0,9°C'dir. Yüksek yapı yoğunluğu bulunan alanlar, şehir içi yeşil alanlardan 0,8°C, orman içi açık alanlardan 2,4°C-3,2°C ve kırsal alanlardan 3,1°C-3,9°C daha yüksek FES değerleri olduğu anlaşılmaktadır. Ankara şehir merkezinde yaşanan termal algılama düzeyleri saat 03:00'le aynıdır. Çalışma alanının tamamında aşırı soğuk termal algılamalar oluşmaktadır (Şekil 31).

Saat 09:00 FES değerlerindeki artış nedeniyle soğuk baskısı hafiflemektedir. Saat 06:00 ile karşılaştırıldığında, FES değerleri AOÇ'de 8°C, Emek'te 6°C, Cebeci'de 6,3°C, Yenikent'de 8,7°C, Şeker'de 7,2°C ve Gar'da 2,7°C artmaktadır. Kırsal alan ve şehir ormanlarında 2°C daha yüksek artış olduğu anlaşılmaktadır. Buna rağmen yüksek yapı yoğunluğu bulunan alanlar, orman içi açık alanlardan ve kırsal alanlardan 0,7°C-1,2°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Emek ve Cebeci çevresine kümelenmiş yüksek FES değerleri soğuk termal algılamaların ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Alçak kırsal alanlarda da soğuk termal algılamalar ortaya çıkarken, Ankara şehir merkezinde geniş alanlarda çok soğuk termal algılamalar

bulunmaktadır. Çalışma alanının güneydoğusunda bulunan sahada ise aşırı soğuk termal algılamalar görülmektedir (Şekil 31).

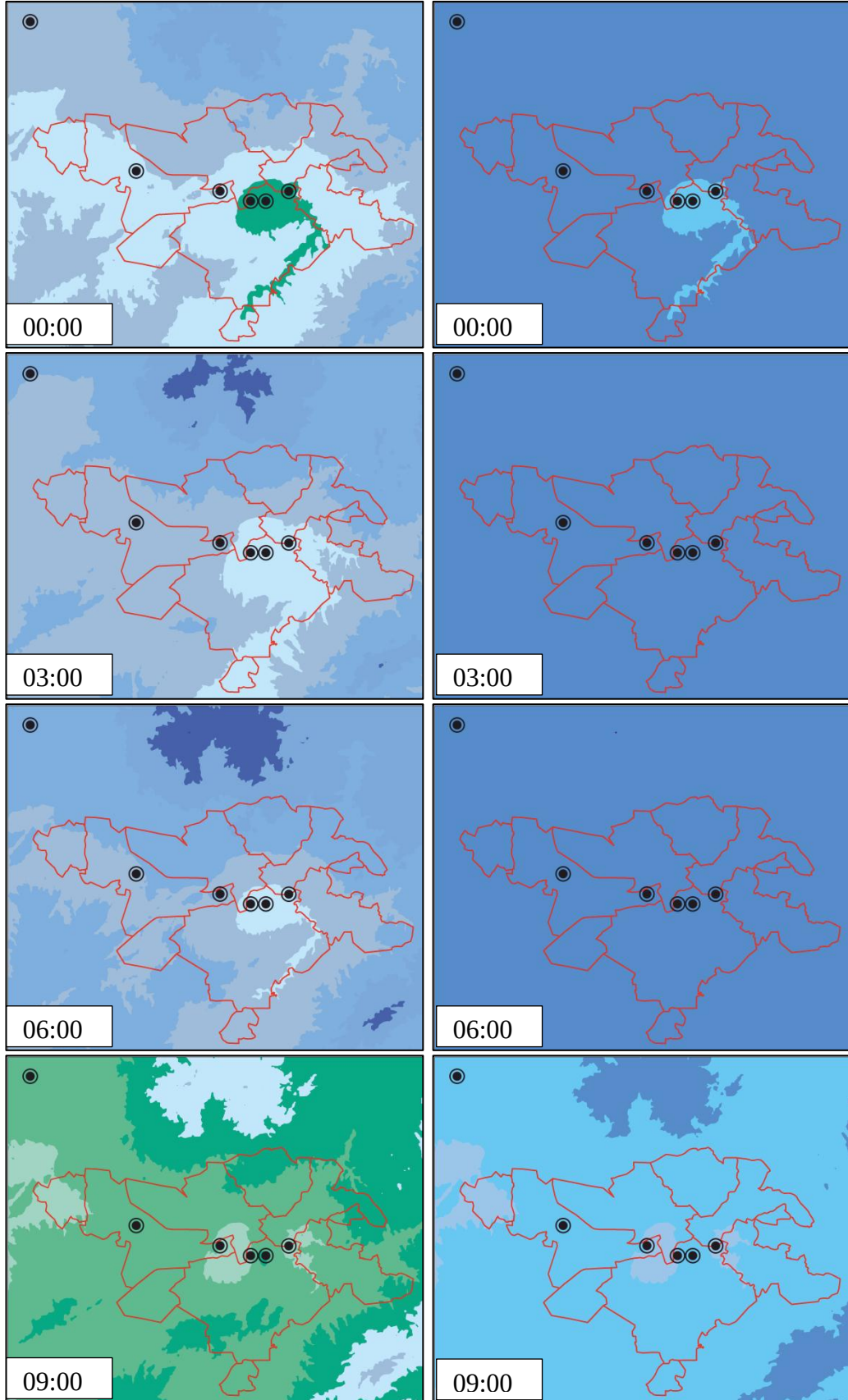
Kasım öğle saatlerinde daha yüksek FES değerleri olduğu için biyoklimatik koşullar nispeten daha olumludur Saat 09:00'dan 12:00'ye kadar termal algılama değerlerinin AOÇ'de 9,6°C, Emek'te 8,8°C, Cebeci'de 11,8°C, Yenikent'de 9,4°C, Şeker'de 9,3°C ve Gar'da 8,1°C arttığı hesaplanmıştır. İki parçaya bölünmüş durumdaki yüksek yapı yoğunluğu bulunan alanlar, orman içi açık alanlardan 0,4°C-2,8°C ve kırsal alanlardan 0,6°C-3°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Kasım saat 12:00'de Ankara şehir merkezinde çok az serin termal algılamalar, serin termal algılamalarla çevrelenmektedir (Şekil 31).

Saat 15:00'te öğle saatlerindeki olumlu koşullar yavaş yavaş şehir merkezini terk etmeye başlamakta ve soğuk stresi yeniden kuvvetlenmektedir. Saat 12:00'yle kıyaslandığında 15:00'e kadar FES değerlerinin AOÇ'de 1,9°C, Emek'te 2,3°C, Cebeci'de 4,5°C, Yenikent'de 3,3°C, Şeker'de 2,3°C ve Gar'da 1,4°C düştüğü gözlenmektedir. Bundan dolayı yüksek yapı yoğunluğu bulunan alanlar, orman içi açık alanlardan 0,1°C-0,3°C ve kırsal alanlardan 1,6°C-1,8°C daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Kasım saat 15:00'de Ankara şehir merkezinin batısı ve güneyi serin termal algılamalara sahipken, doğusu ve kuzeyi soğuk termal algılamalara sahiptir (Şekil 31).

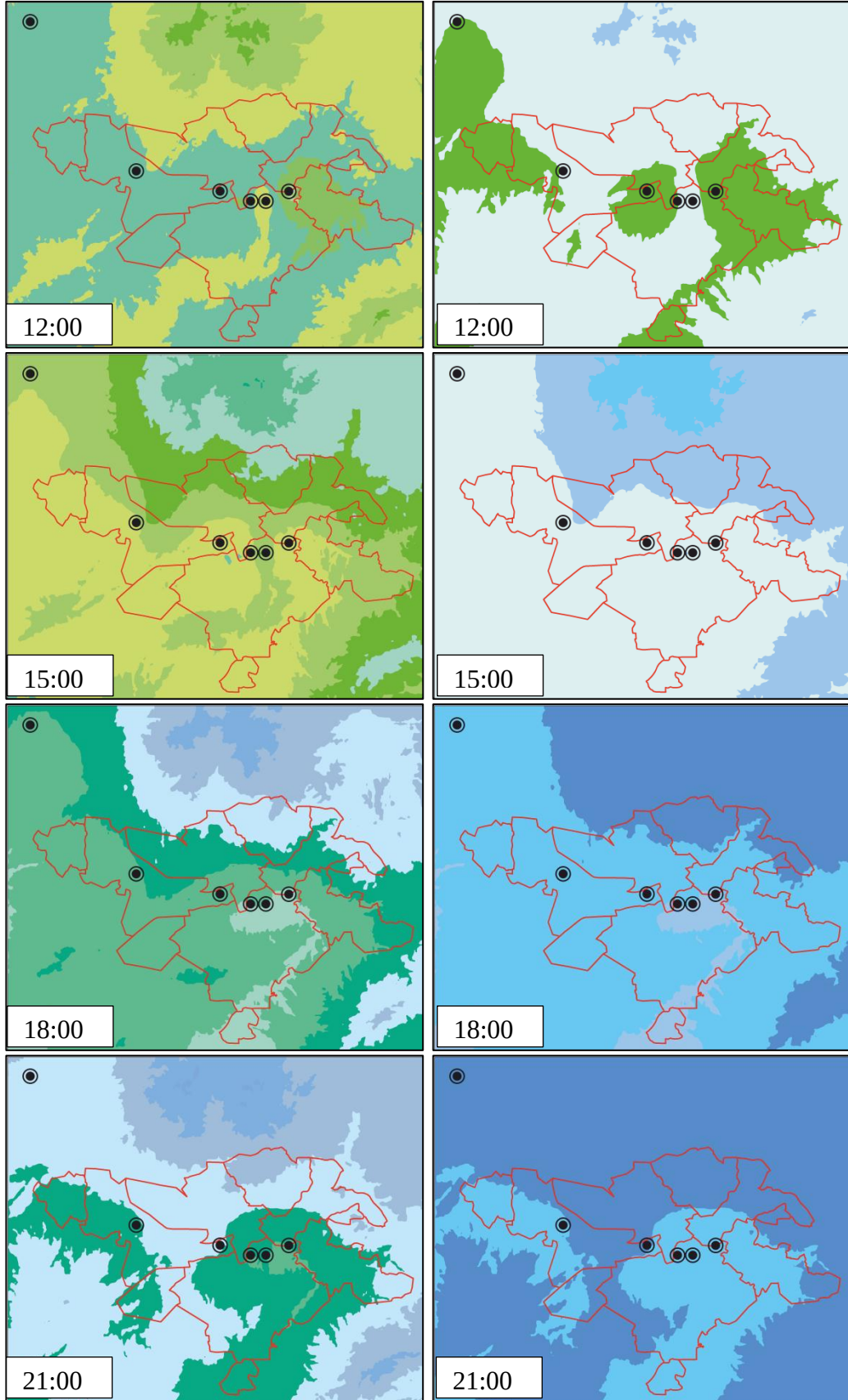
Güneşin batışından sonraki ilk saat dilimine denk gelen 18:00'de termal algılama değerleri hızla düşmektedir. FES'lerdeki düşüşle birlikte soğuk stresi de şiddetlenmektedir. Şehir ormanları ile kırsal alanlar, şehir içi yeşil alanlar ile yüksek yapı yoğunluğu olan alanlar aynı termal özellikler taşımaktadır. Bütün gün şehrin

soğuk bölümünü oluşturan yeşil alanlar, gün batımından sonra ısı adasının içine dâhil olmuşlardır. Saat 15:00-18:00 arasındaki FES düşüş miktarı 8°C civarında olmasına rağmen, Gar'da bunun yarısı kadardır. Üç saatlik zaman zarfında AOÇ'de 8,6°C, Emek'te 7,5°C, Cebeci'de 7,4°C, Yenikent'de 7,3°C, Şeker'de 7,5°C ve Gar'da 3,9°C FES değerleri azalmıştır. Saat 18:00'de yüksek yapı yoğunluğu bulunan alanlar, orman içi açık alanlardan 1,1°C-1,4°C ve kırsal alanlardan 1,4°C-1,7°C daha yüksek termal algılama değerlerine sahiptir. Ankara şehir merkezinin neredeyse tamamında çok soğuk termal algılamalar bulunurken, Emek-Cebeci arası ve bağlantılı alanlar soğuk hissedilmektedir. Yükseltisi fazla olan kuzey ve güneydoğuda ise aşırı soğuk termal algılamalar açığa çıkmaktadır (Şekil 31).

Saat 21:00'de yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlar belirgin bir ısı adası şeklinde termal konfor değerlerine sahiptir. Saat 18:00-21:00 arasında AOÇ'de 3,5°C, Emek'te 1,8°C, Cebeci'de 2,3°C, Yenikent'de 3,7°C, Şeker'de 2,7°C ve Gar'da 2°C FES değerlerinin düştüğü görülmektedir. Yüksek yapı yoğunluğu bulunan alanlar, orman içi açık alanlardan 2,6°C-2,8°C, kırsal alanlardan 3,1°C-3,2°C daha yüksek termal algılama değerlerine sahiptir. Şehir ısı adasının falez eğimlerinin ve yükseltisinin esasen saat 21:00'de şekillendiği anlaşılmaktadır. Kasım saat 21:00'de Ankara şehir merkezinin yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanları ve yükseltisi az olan kırsal alanlarında çok soğuk termal algılamalar bulunurken, buraların dışında kalan geniş alanlarda aşırı soğuk termal algılamalar ortaya çıkmaktadır (Şekil 31).



Şekil 31. Ankara şehir merkezi kasım ayı FES değerleri (solda) ve termal algılama düzeyleri (sağda). İşaretler için bakınız Şekil 20.



Şekil 31'in devamı.

4.3.2. Arazi kullanım farklılıklarının biyoklimatik koşullar üzerine etkisi

Araştırmada kullanılan altı istasyon birbirinden farklı arazi kullanım özelliklerine sahiptir. Özellikle şehirleşmenin biyoklimatik koşullar üzerinde etkisinin değerlendirilmesi açısından bu istasyonlardan elde edilen FES değerlerinin, termal algılama düzeylerinin karşılaştırılması anlamlı bulgular ortaya koymaktadır. Termal konfor koşullarının belirlenmesinde doğal bağımsız değişkenler (enlem, yükselti, bitki örtüsü, denizellik, vb.) kadar etkili olan arazi kullanım antropojen bir bağımsız değişkendir. Buna göre istasyonlar arasında termal algılama düzeylerinin yıl içinde dağılımı incelendiğinde dondurucu soğukların ($FES < -41^{\circ}\text{C}$) görüldüğü tek istasyonun Gar olduğu dikkat çekmektedir. Yoğun şehrsel fonksiyon alanı içinde yeşil alan arazi kullanıma sahip olan istasyon, Ankara Açık Hava Buharlı Lokomotif Müzesi'nde bulunmaktadır. Yılda ortalama 6 gün (%1,64) aşırı soğukların görüldüğü tek istasyondur. Bunun temel gerekçesi yükseltidir. Çalışmada kullanılan en yüksek istasyon olmamasına rağmen diğer iki istasyon yüksek yapı yoğunluğunun bulunduğu istasyonlar olmaları nedeniyle konfor değerlerinin Gar'dan daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Gar istasyonu iki farklı termal alan (şehir ormanı ve yüksek yapı yoğunluğu olan alanlar) arasında bulunması sebebiyle ortalama rüzgârın en fazla olduğu üçüncü istasyondur. Bunun yanında günlük ortalama FES değerlerinin çok sıcak ($35^{\circ}\text{C} < FES < 41^{\circ}\text{C}$) termal algılama düzeyine ulaşabildiği tek istasyon Cebeci'dir. Cebeci'de 11 günün (%3,01) FES ortalaması sıcak termal algılama düzeyindedir (Tablo 41). Kullanılan en yüksek istasyon olmasına rağmen sıcaklık stresinin en yoğun yaşanan yer olmasının temel gerekçesi şehirleşmedir. Şehirleşme termal konfor değerlerini yükseltmektedir. Yapıların yoğunluğuna bağlı olarak şehirlerde enerji transferi (radyasyon, kondüksiyon, konveksiyon), termal koşullar

(termal iletkenlik, özgül ısı kapasitesi), nem koşulları (buharlaşma, yağış, yüzeysel akış) ve hava sirkülasyonları değişmektedir. Bunların sonucunda biyoklimatik koşullarda da aynı doğal özelliklere sahip alanlardan bir hayli farklılaşmaktadır.

Aşırı soğuk ($-10^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 0^{\circ}\text{C}$) termal algılamaların en fazla görüldüğü istasyon Yenikent'tir (94; %25,75), ardından Şeker (90; %24,96) ve (Gar 82; %22) gelmektedir. Şehir ormanlarındaki açık alanı temsil eden AOÇ'de yılda ortalama 80 gün (21,92) aşırı soğuk hissedilirken bu sayı Emek'te 78 gün (%21,37), Cebeci'de 75 gündür (%20,55). Çok soğuk ($0^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 4^{\circ}\text{C}$) termal algılamalar da tıpkı aşırı soğuklar gibi en fazla Yenikent'de (50 gün; %13,7), daha sonra Şeker (47 gün; %12,88) ve Gar'da (45 gün; %12,33) gözlenmektedir. AOÇ'de 43 günün (%11,78), Emek'te 41 günün (%11,23) ve Cebeci'de 35 günün (%9,59) ortalaması çok soğuk termal algılama düzeyine denk gelmektedir. Soğuk ($4^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 8^{\circ}\text{C}$) termal algılama düzeyinde kalan gün sayısının en fazla olduğu istasyon AOÇ'dir (41 gün; %11,23), daha sonra Emek (38 gün; %10,41) ve Gar (32 gün; %8,77) gelmektedir. Cebeci'de 31 (%8,49), Şeker'de 29 gün (%7,95) ve Yenikent'de 25 gün (%6,85) soğuk termal algılama düzeyinde kalan ortalama sahiptir. Termal konfor aralıklarının uç değerlerindeki istasyonlar arası dağılım şehirleşmeye bağlı arazi kullanımıyla uyurken, ortalama değerlere sahip sınıflarda bu uyumun ortadan kalktığı ulaşılan önemli bir bulgudur. FES değerlerinin günlük ortalaması serin ($8^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 13^{\circ}\text{C}$) termal algılama düzeyinde kalan gün sayısı Cebeci'de 56 (%15,34), Gar'da 43 (%11,78), Emek, Yenikent ve Şeker'de 39 (%10,68), AOÇ'de de 38'dir (%10,41). Çok az serin ($13^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 18^{\circ}\text{C}$) termal algılamaya sahip gün sayısının en fazla olduğu istasyon Gar'dır (62 gün; %16,99). Şeker'de 57 (%15,62), Yenikent'de 55 (15,07), Emek'te 39 (%10,68), Cebeci'de 33 (%9,04) ve AOÇ'de 32 gün (%8,77)

çok az serin termal algılama düzeyinde kalan günlük ortalama sahiptir. Termal stresin olmadığı konforlu ($18^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 23^{\circ}\text{C}$) gün sayısının en fazla olduğu istasyon Gar'dır (61 gün; %16,71). AOÇ'de 59 (%16,16), Emek'te 58 (%15,89), Şeker'de 55 (%15,07), Yenikent'de 49 (%13,42) ve Cebeci'de 47 gün (%12,88) konforlu termal algılamaya düzeyinde kalan bir ortalama FES değerindedir. Çok az sıcak ($23^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 29^{\circ}\text{C}$) termal algılama düzeyinde kalan günlük ortalama sahip FES değeri olan gün sayısı Cebeci'de 77 (%21,1), AOÇ'de ve Emek'te 72 (%19,73) Yenikent'de 53 (%14,52), Şeker'de 48 (%13,15), Gar'da 34'tür (%9,32). Şehirleşmeye bağlı arazi kullanımının etkisini çok az sıcak termal algılama düzeyinde de görmek olasıdır. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanların, kırsal alanlardan ve şehir içindeki yeşil alanlardan daha fazla çok az sıcak hissedilen günü bulunmaktadır (Tablo 41).

Tablo 41. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonlarının termal algılama düzeylerine göre gün sayısı ve yüzdesi (2001-2010)

İstasyonlar	Termal algılama düzeyleri ($^{\circ}\text{C}$ FES)										
	< -10	-10 - 0	0 - 4	4 - 8	8 - 13	13 - 18	18 - 23	23 - 29	29 - 35	35 - 41	> 41
Cebeci (gün)		75	35	31	56	33	47	77	11		
%		20,55	9,59	8,49	15,34	9,04	12,88	21,10	3,01		
Emek (gün)		78	41	38	39	39	58	72			
%		21,37	11,23	10,41	10,68	10,68	15,89	19,73			
Gar (gün)	6	82	45	32	43	62	61	34			
%	1,64	22,47	12,33	8,77	11,78	16,99	16,71	9,32			
AOÇ (gün)		80	43	41	38	32	59	72			
%		21,92	11,78	11,23	10,41	8,77	16,16	19,73			
Şeker		90	47	29	39	57	55	48			
%		24,66	12,88	7,95	10,68	15,62	15,07	13,15			
Yenikent (gün)		94	50	25	39	55	49	53			
%		25,75	13,70	6,85	10,68	15,07	13,42	14,52			

Çalışmada kullanılan istasyonların aylık ortalama FES değerleri arazi kullanım ve biyoklimatik koşullar hakkında önemli ipuçları vermektedir. Aylık

ortalamalardan yararlanarak hesaplanan yıllık ortalama FES'in en yüksek olduğu istasyon Cebeci (12,1°C), en düşük olduğu istasyon ise Gar'dır (9,1°C). Emek'te 11,3°C, AOÇ'de 10,9°C, Şeker'de 9,9°C ve Yenikent'de 9,6°C yıllık ortalama FES değeri hesaplanmıştır. Dolayısıyla yüksek yapı yoğunluğuna sahip iki şehir istasyondaki termal konfor koşullarının yüksek olmasına rağmen, şehir içindeki yeşil alanların düşük termal algılama değerlerine sahip olduğu gözlenmektedir. Uzun yıllık ortalamalara göre orman içi açık alanların gerek şehirdeki yeşil alanlardan gerekse de kırsal alanlardan daha yüksek FES değerleri bulunmaktadır (Tablo 42).

Yıllık ortalamalar kullanılarak erişilen bulguları aylık ortalamalar da desteklemektedir. Ocak ayı ortalaması en yüksek olan istasyon Cebeci (-3,0) en düşük istasyon ise Şeker'dir (-5,1°C). Ocak ayı ortalama FES değeri Emek'te -3,9°C, AOÇ'de -4,7°C, Yenikent'de -4,9°C, Gar'da -5°C'dir. Aylık ortalama FES değerlerinin şubat için değerleri ise Cebeci'de 0,1°C, Emek'te -0,9°C, AOÇ'de -1,1°C, Şeker'de -2,2°C, Yenikent'de -2,7°C, Gar'da -3°C'dir. Mart ayı ortalamaları ise büyükten küçüğe Cebeci 5,4°C, AOÇ ve Emek 4,3°C, Şeker ile Gar 2,9°C, Yenikent 2,5°C olarak sıralanmaktadır. Soğuk dönemin son ayı olan nisan aylık ortalamasının en yüksek olduğu istasyon da Cebeci'dir (10,9°C). Cebeci'yi sırasıyla AOÇ (10,8°C), Emek (10,1°C), Şeker ve Gar (8,6), Yenikent (8,3°C) izlemektedir. Sıcak dönemin ilk ayı olan mayısta Cebeci'de 19,8°C, AOÇ'de 18,1°C, Emek'te 17,6°C, Şeker'de 15,9°C, Yenikent'de 15,7 ve Gar'da 15,1°C aylık ortalama FES bulunmaktadır. Haziran aylık ortalama FES değerlerinin sıralaması ise Cebeci 24°C, AOÇ 22,6°C, Emek 22,4°C, Şeker ve Yenikent 20,7°C, Gar 19,6°C olarak karşımıza çıkmaktadır. Sadece Cebeci için en sıcak ay olan temmuz ayındaki aylık ortalama göre en yüksek FES değerleri yine bu istasyonda (26,9°C) ortaya çıkmaktadır.

Cebeci'den sonra sırasıyla AOÇ (25,9°C), Emek (25,4°C), Şeker (24,1°C) Yenikent (23,9°C) ve Gar (22,9°C) gelmektedir. Ağustos ayı ortalama FES değerleri Cebeci'de ve AOÇ'de 26°C, Emek'te 25,7°C, Şeker'de 24,6°C, Yenikent'de 24,4°C, Gar'da 22,9°C'dir. Ağustos ayı Cebeci dışındaki bütün istasyonlar için en yüksek FES ortalamasına sahip aydır. Sıcak dönemin son ayı olan eylül ortalaması ise Cebeci'de 19,1°C, Emek'te 19°C, AOÇ'de 18,7°C, Şeker'de 17,9°C, Yenikent'de 17,4°C, Gar'da 16,9°C olarak hesaplanmıştır. Soğuk dönemin başlamasıyla birlikte istasyonların aylık ortalama FES değerleri farklılaşmaktadır. Cebeci'de 12,8°C, Emek'te 12,5°C, Şeker'de 11°C, Yenikent'de 10,7°C, Gar'da 10,4°C ve AOÇ'de 9,9°C ekim ayı ortalama FES değeri bulunmuştur. Kasım ayında Cebeci ve Emek 4,9°C, AOÇ ile Gar 3°C, Şeker 2,9°C, Yenikent 2,6°C aylık ortalama FES değerine sahiptir. Aylık ortalama değer bakımından Cebeci'nin en yüksek FES değerine sahip olmadığı tek ay aralıktır. Aralık ayında en yüksek ortalamaya sahip istasyon bir başka (yüksek yapı yoğunluklu) şehir istasyonu olan Emek'tir (-1,5°C). Cebeci -1,6°C, Şeker -2,5, AOÇ -3°C, Yenikent -3,3°C ve Gar -4,5°C aylık ortalama FES değerine sahiptir (Tablo 42). Aylık ortalamalar bakımından istasyonların sıralaması değişmesine rağmen en yüksek değerlerin genellikle yoğun şehrsel fonksiyon alanlarındaki yüksek yapı yoğunluğuna sahip istasyonlarda ortaya çıktığı, şehir içindeki ormanlık açık alanların ve yeşil alanların görece daha düşük aylık ortalamalara sahip olduğu anlaşılmaktadır. Kırsal alana yerleştirilmiş istasyonlar ise (yükseltileri daha az olmasına karşın) daha düşük aylık ortalama FES değerlerine sahiptir.

Şehri karakterize eden Cebeci İstasyonu ile kırsal karakterize eden Yenikent İstasyonu arasındaki FES farkları ve bunları oluşturan koşulların analizi de

şehirleşme ve biyoklimatik koşullar arasındaki ilişkiye ışık tutabilecektir. Her iki istasyon arasındaki en büyük fark 04.07.2005 tarihinde saat 15:00'de 30,5°C FES olarak hesap edilmiştir. Bu tarihte Cebeci istasyonunda kaydedilen hava sıcaklığı 33,5°C, nispi nem %20, rüzgâr hızı 0 m/s, bulutluluk 0 okta, solar radyasyon 604 W/m², su buharı basıncı 10,3 hPa, hava basıncı 921,6 bar, ortalama radyan sıcaklık 54,6°C olarak kaydedilmiştir. Cebeci istasyonundaki FES 47,1°C'dir. Yenikent'de ise 15,2°C FES'in hesaplanmasına neden olan parametreler 20,2°C hava sıcaklığı, %74 nispi nem, 3,6 m/s rüzgâr hızı. 6 okta bulutluluk, 124 W/m² solar radyasyon, 17,5 hPa su buharı basıncı, 921,7 bar hava basıncıdır. Cebeci'nin aşırı sıcak (FES>41°C) hissedilirken Yenikent İstasyonu'nun konforlu (18°C<FES<23°C) hissedilmesinin başlıca nedeni rüzgâr ve bulutluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Cebeci 10 yıllık ölçümler boyunca en düşük rüzgâr hızına sahip olan istasyondur. Yenikent ise rüzgar hızı ikinci sırada olan istasyondur.

Tablo 42. Çalışmada kullanılan istasyonların aylık ortalama FES değerleri.

İstasyonlar	Aylar												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Cebeci	-3,0	0,1	5,4	10,9	19,8	24,0	26,9	26,0	19,1	12,8	4,9	-1,6	12,1
Emek	-3,9	-0,9	4,3	10,1	17,6	22,4	25,4	25,7	19,0	12,5	4,9	-1,5	11,3
Gar	-5,0	-3,0	2,9	8,6	15,1	19,6	22,9	22,9	16,9	10,4	3,0	-4,5	9,1
AOÇ	-4,7	-1,1	4,3	10,8	18,1	22,6	25,9	26,0	18,7	9,9	3,0	-3,0	10,9
Şeker	-5,1	-2,2	2,9	8,6	15,9	20,7	23,9	24,4	17,9	11,0	2,9	-2,5	9,9
Yenikent	-4,9	-2,7	2,5	8,3	15,7	20,7	24,1	24,6	17,4	10,7	2,6	-3,3	9,6

10 yıllık dönem boyunca Yenikent'in Cebeci'den daha yüksek değere sahip olduğu 7207 adet FES değeri bulunmaktadır. Bunlardan en yükseği 06.07.2005 tarihinde saat 09:00'da ortaya çıkan 12,3°C FES'lik farktır. Yenikent istasyonu için hesap edilen FES 35°C'dir. Bu tarihteki hava sıcaklığı 16,3°C, nispi nem %60, rüzgâr hızı 0 m/s, bulutluluk 0 okta, solar radyasyon 504 W/m², su buharı basıncı

11,1 hPa, hava basıncı 930 bardır. Aynı zamanda Cebeci’de hesap edilen 22,7°C’lik FES değerini yaratan meteorolojik değişkenler 16,8°C hava sıcaklığı, %67 nispi nem, 0,4 m/s rüzgar, 6 okta bulutluluk, 273 W/m² solar radyasyon, 12,8 hPa su buharı basıncı, 919,7 bar hava basıncı olarak sayılabilir. Kır istasyonunun maksimum FES farkını yaratmasını sağlayan temel koşul gelen radyasyon oranı olarak karşımıza çıkmaktadır. Hava sıcaklığı şehirden daha düşük olmasına rağmen hissedilen sıcaklığın daha yüksek olmasının gerekçesi düşük rüzgâr hızı ve yüksek solar radyasyondur.

Cebeci ve Yenikent istasyonlarının ortalama değerler bakımından kıyaslanması sonucunda Cebeci’nin yıllık ortalama 2,5°C daha yüksek FES değerleri olduğu görülmektedir. Aylık ortalamalar bakımından en yüksek fark mayısta (4,1°C), en düşük fark ise ağustosta (1,4°C) ölçülmüştür. Ocakta 1,9°C, şubat ve martta 2,8°C, nisanda 2,6°C, haziranda 3,3°C, temmuzda 2,9°C, eylülde 1,7°C, ekimde 2,1°C, kasımda 2,3°C, aralıkta 1,7°C şehir istasyonunun daha yüksek FES değerleri olduğu hesaplanmıştır.

5. SONUÇ

5.1. Türkiye'nin Biyoklimatik Koşullarının Analizi

Saat 07:00 ortalamalarına göre bütün soğuk dönem boyunca (ekim-nisan) Türkiye'nin tamamında 13°C 'den düşük FES değerleri hâkimdir. Mayıs ve eylül aylarında Anadolu'nun güneyi boyunca konforlu ($18^{\circ}\text{C}<\text{FES}<23^{\circ}\text{C}$) termal algılamalar sınırlı bir alanlarda ortaya çıkmakta, kara içlerindeki alçak alanlarda çok az serin termal ($13^{\circ}\text{C}<\text{FES}<18^{\circ}\text{C}$) algılamalarla karşılaşmaktadır. Sabah saatleri dikkate alındığında Türkiye'de en uygun biyoklimatik koşulların haziran, temmuz ve ağustos aylarında ortaya çıktığı görülmektedir. Yaz ayları sabah saatlerinde Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin güneyinde sıcak termal algılamalar ortaya çıksa da 1500-2000 m'ye kadar yükseltisi olan alanlarda çok az sıcak ($23^{\circ}\text{C}<\text{FES}<29^{\circ}\text{C}$), konforlu ve çok az serin termal algılamalar ortaya çıkmaktadır.

Saat 14:00 FES değerlerinin Türkiye'de alansal dağılışı incelendiğinde, kış aylarında (aralık, ocak ve şubat) soğuk baskısının dağılmadığı, bütün ülkede varlığını hissettirdiği anlaşılmaktadır. Kasım ve mart aylarında Türkiye'nin büyük bir bölümünde düşük termal algılamalar varlığını korurken, Anadolu'nun güneyi ve Ege kıyıları boyunca çok az serin ($13^{\circ}\text{C}<\text{FES}<18^{\circ}\text{C}$) termal algılamaların kendine yer edindikleri gözlenmektedir. Nisanda Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Akdeniz-Ege kıyıları boyunca konforlu ($18^{\circ}\text{C}<\text{FES}<23^{\circ}\text{C}$) koşullar oluşurken, Anadolu'da kara içlerinde de çok az serin termal algılamalar bulunmaktadır. Ekim ve mayıs aylarında, kara içlerinde 1000 m'ye kadar yükseltisi olan alanlar konforlu koşullara sahiptir. Anadolu'nun güneyinde çok az sıcak ($23^{\circ}\text{C}<\text{FES}<29^{\circ}\text{C}$) termal algılamalar görülürken, 1000-2000 m arasında ise çok az serin termal algılamalar kendilerini

göstermektedir. Haziran, saat 14:00 ortalamaları bakımından termal stressiz alanların geniş yer bulduğu bir diğer aydır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi, kıyı bölgeleri ve kara içlerinde 500-1000 m'ye kadar yükseltisi olan alanlarda sıcak stresinin çeşitli dereceleri ortaya çıkarken buraların dışında kalan geniş alanlarda biyoklimatik koşulların insan faaliyetleri açısından uygun olduğu anlaşılmaktadır. 3000 m'den yüksek dağlarda ise haziran saat 14:00'te bile serin koşullar bulunmaktadır. Yaz mevsiminin iki sıcak ayı temmuz ve ağustosta, termal konfor açısından uygun alanların, Anadolu'nun kuzeydoğusu ve 2500 m'den daha yüksek alanlarda ortaya çıkabildiği, bu alanlar dışında, sıcak stresinin var olduğu anlaşılmaktadır.

Saat 21:00 Türkiye'nin biyoklimatik koşulları incelendiğinde, saat 07:00'de olduğu gibi kasım, aralık, ocak, şubat, mart ve nisan aylarında FES değerlerinin 13°C'nin altında kaldığı görülmektedir. Mayıs ve ekim ayında Türkiye'nin büyük bir bölümü soğuk stresinin çeşitli dereceleriyle mücadele ederken Türkiye'nin güneyi ve Ege kıyılarında 200 m'ye kadar olan alanlarda çok az serin ($13^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 18^{\circ}\text{C}$) termal algılamaların varlığı dikkat çekmektedir. Haziran ve eylülde Güneydoğu Anadolu Bölgesinin güneyi ve Akdeniz-Ege kıyıları boyunca konforlu ($18^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 23^{\circ}\text{C}$) termal algılamalar oluşurken kara içlerinde ve Marmara Bölgesinde de çok az serin termal algılamalar bulunmaktadır. Temmuz ve ağustos saat 21:00 FES değerleri bakımından biyoklimatik koşulların en uygun olduğu aylardır. Çok az sıcak ($23^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 29^{\circ}\text{C}$) ve konforlu termal algılamalar kendilerine Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve kıyılarda yer bulurken Anadolu'da kara içlerinde 1000-1500 m'ye kadar çok az serin termal algılamalar gözlenmektedir. Yüksek plato ve dağlarda soğuk stresinin çeşitli dereceleri en sıcak ayların akşamlarında bile görülebilmektedir.

Türkiye’de termal algılama düzeylerinin aylık alansal dağılımı incelendiğinde, Kasım, aralık, ocak, şubat ve mart ayları boyunca Türkiye’nin tamamında soğuk stresinin çeşitli seviyelerinin ortaya çıktığı gözlenmektedir. Nisan ve ekim aylarında yine Türkiye’nin büyük bir bölümünde soğuk stresi oluşurken Anadolu yarımadasının güneyi boyunca çok az serin ($13^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 18^{\circ}\text{C}$) ve konforlu ($18^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 23^{\circ}\text{C}$) termal algılamaların oluşmaya başladığı gözlenmektedir. Mayıs ayında Türkiye’nin 0-1000 m arasındaki alanlarında çok az serin ve konforlu termal algılamaların hâkimiyeti olduğu 1000 m’den daha yüksek alanlarda soğuk stresinin şiddetlendiği gözlenmektedir. Haziran ve eylül ayında 200-1000 m arasında yükseltisi olan geniş alanlarda konforlu termal algılamalar bulunurken, enleme bağlı olarak 200 m’nin altında sıcak stresi, 1000 m’nin üzerinde ise soğuk stresi oluşmaktadır. Aylık ortalamalar dikkate alındığında, insan faaliyetleri açısından en uygun koşullar temmuz ve ağustos aylarında oluşmaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve güney kıyılarında 200 m’ye kadar yükseltisi olan alanlarda ortaya çıkan sıcak ($29^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 35^{\circ}\text{C}$) ve çok sıcak ($35^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 41^{\circ}\text{C}$) termal algılamaların yarattığı stresler dışında, geniş alanlarda uygun ($13^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 29^{\circ}\text{C}$) biyoklimatik koşulların ortaya çıktığı gözlenmektedir. Temmuz ve ağustosta bile Anadolu’nun kuzeydoğusu ve 3000 m’den yüksek dağlarında soğuk stresi oluşabilmektedir.

FES değerleri ile enlem, yükselti ve denizellik arasında ters bir orantı bulunmaktadır. Enlem, yükselti ve denizellik değerleri arttıkça, FES değerleri düşmektedir. Bu üç etkinin gün içinde ve yıl içinde şiddetinin değişmesi Türkiye’nin biyoklimatik koşullarını oldukça çeşitlendirmektedir. Bu üç etkinin bileşimini somutlaştırmak için uç örneklerin verilmesinde yarar vardır. Gerek gün içinde (07:00 ve 21:00) gerek yıl içinde (ekim-nisan arası) solar radyasyonun azaldığı sürede

Türkiye’de en yüksek FES değerlerine sahip alanlar denizelliğin en yüksek olduğu Akdeniz kıyısında ortaya çıkmaktadır, en düşük değerlerin olduğu alan ise Büyük Ağrı Dağı Zirvesi olarak şekillenmektedir. Bunun tersine hem gün içinde (saat 14:00) hem de yıl içinde (mayıs-eylül sarası) solar radyasyonun arttığı zamanlarda en yüksek FES değerleri Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinin güneyinde yer alan alçak karasal alanlar, en düşük FES değerleri ise atmosferindeki nem oranı daha yüksek ve daha kuzeyde olan Kaçkar Dağları’nın zirveleri olarak karşımıza çıkmaktadır.

FES değerleri ile iklimle bağlı olarak gelişen diğer coğrafi özellikler arasında önemli bir ilişkinin bulunduğu gözlenmektedir. Çevrelerine göre daha olumlu termal konfor koşullarına sahip kıyı ovaları ve alçak alanların genellikle yerleşme açısından da tercih edildiği gözlenmektedir. Yerleşme ve nüfus yoğunluğunu belirleyen pek çok farklı doğal, beşeri faktör bulunmasına rağmen, biyoklimatik koşulları da önemli payı olduğu anlaşılmaktadır. Türkiye’de nüfusun dağılışı ile FES değerleri arasında güçlü bir nedensellik ilişkisinin varlığından bahsetmek mümkündür. Isı stresinin daha yaygın olarak gözlemlendiği alanlar yerine, kışın soğuk stresinin, yazın ise sıcak stresin daha az olduğu kıyı bölgeleri ve ovaların tercih edildiği gözlenmektedir. Bunların yanı sıra nispeten daha olumsuz FES değerlerine sahip olan Türkiye’nin doğusu, kuzeydoğusu ve güneydoğusu yerine, batısı güneybatısı ve kuzeybatısı daha fazla nüfusa sahiptir. Bu durumun oluşmasında diğer bütün nedenlerin yanında biyoklimatik koşulların da payı bulunmaktadır.

İklim konusunda önemli göstergelerden bir diğeri buzullardır. Türkiye’nin güncel buzul alanlarının genellikle 2900-3000 m’den daha yüksek uygun bakı ve topoğrafya koşullarına sahip dağlık sahalar olduğu gözlenmektedir. Güncel buzul

oluşumunun devam edebilmesi için akümülyasyon oranının ablasyon oranından daha yüksek olması gerekmektedir. Bunun temel koşulu, kışın düşen karın, yaz sıcaklarından korunarak ertesi yıla devretmesidir. FES değerlerinin özellikle yaz aylarında en düşük seyrettiği alanların da bu alanlar olduğu gözlenmektedir. Türkiye'nin ortalama FES değerleri haritasında soğuk stresinin baskın olduğu alanlar ile güncel buzul alanlarının neredeyse birebir örtüştüğü gözlenmektedir. Nitel bir bulgu olan bu durumun nicel araştırmalarla desteklenmesi önemli sonuçlar ortaya çıkarabilecektir.

İklimin bir diğer göstergesi doğal bitki örtüsüdür. İnsan biyoklimatolojisi ile bitki biyoklimatolojisi çok farklı olmasına rağmen Türkiye'nin FES değerleri ile doğal bitki örtüsü dağılımı arasında da önemli benzerlikler bulunduğu gözlenmektedir. Özellikle karasallık ve bitki örtüsü arasındaki ilişkinin bir benzerinin FES değerlerinde görmek olasıdır. Sıcak dönemde karasal alanların çok daha yüksek FES değerlerine sahip olması, orman üst sınırının karasal alanlarda daha yüksek olmasıyla birebir örtüşmektedir. Bunun yanı sıra FES değerleri, tıpkı doğal bitki örtüsü türlerinde olduğu gibi, kısa mesafelerde farklılaşmaktadır. Türkiye'nin insan ve bitki biyoklimatolojisinin analitik bir tarzda ve nicel veriler kullanılarak incelenmesi somut karşılaştırmayı olanaklı kılacaktır.

5.2. Şehirleşmenin Biyoklimatik Koşullar Üzerine Etkisi

Arazi kullanım ve özellikle şehirleşmenin biyoklimatik koşullar üzerine etkisinin irdelendiği Ankara ölçeğinde yıl boyunca çok farklı biyoklimatik koşulların ortaya çıktığı gözlenmektedir. Arazi kullanıma göre ortalama 3°C-9°C arasında değişimler yaşanmasına rağmen Ankara şehir merkezinde kasım, aralık, ocak, şubat

ve mart aylarında akşam saatlerinden, bir sonraki günün sabahına kadar aşırı soğuk ($-10^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 0^{\circ}\text{C}$) algılamalar ortaya çıkmaktadır. Ocak ayında saat 10:00-11:00'e kadar olan bu süre, mart ve kasım ayında 07:00-08:00 civarına gerilemektedir. Ocak ayı öğle saatlerinde çok soğuk ($0^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 4^{\circ}\text{C}$) hissedilirken, aralık ve şubat öğle saatlerinde önce çok soğuk termal algılamalar oluşmakta, sonrasında soğuk ($4^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 8^{\circ}\text{C}$) termal algılamalar da ortaya çıkmaktadır. Kasım ve mart aylarında ise öğle saatlerinin serin ($8^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 13^{\circ}\text{C}$) termal algılamalara sahip olduğu gözlenmektedir. Her ne kadar nisan ve ekim geceleri sabaha kadar çok soğuk hissedilse de 07:00'den itibaren FES değerlerinin yükseldiği 10:00-18:00 arasında çok az serin ($13^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 18^{\circ}\text{C}$) termal algılamaların hâkim olduğu gözlenmektedir. Sıcak dönemin iki ayı, mayıs ve eylül aylarında gece ve sabah saatlerinde soğuk stresleri bulunurken, saat 06:00'dan itibaren konforlu ($13^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 18^{\circ}\text{C}$), çok az sıcak ($23^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 29^{\circ}\text{C}$) ve sıcak ($29^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 35^{\circ}\text{C}$) termal algılamaların saat 18:00'e değin birbiri ardına ortaya çıktığı hesaplanmıştır. Haziran ayından itibaren özellikle öğle saatlerinde sıcak stresinin hâkim olduğu gözlenmektedir. Temmuz ve ağustos aylarında 11:00-16:00 arasında çok sıcak ($35^{\circ}\text{C} < \text{FES} < 41^{\circ}\text{C}$) termal algılamalar varlığını hissettirmektedir. Temmuz sonu, ağustos başında, özellikle öğle saatlerinde ise aşırı sıcak termal algılamaların ($\text{FES} > 41^{\circ}\text{C}$) varlığı dikkat çekmektedir. Buna rağmen yaz gecelerinin serin ve çok az serin düzeylerde FES değerlerine sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Ankara şehir merkezinde şehrsel fonksiyon alanlarındaki yüksek bina yoğunluklu arazi kullanıma sahip yerlerin neredeyse günün tamamında kırsal alanlardan daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Kent ormanlarıyla karşılaştırıldığında ise soğuk dönemde 20:00'den ertesi gün saat 10:00'a, sıcak

dönemde ise 21:00'den ertesi gün saat 08:00'e değin daha yüksek FES değerleri olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Oluşan ısı adasının falezleri batı ve güneyde daha hafif eğimli iken doğu ve kuzeyde görece daha dik eğimlidir. Yapıların yoğunluğuna bağlı olarak şehirlerde enerji transferi (radyasyon, kondüksiyon, konveksiyon), termal koşullar (albedo oranları, termal iletkenlik, özgül ısı kapasitesi), nem koşulları (buharlaşma, yağış, yüzeysel akış) ve hava sirkülasyonları değişmektedir. Bunların sonucunda biyoklimatik koşullar da doğal malzeme ve örüntüye sahip alanlarda farklı şekillenmektedir. Eşit oranda enerjiye verdikleri tepkiler değişmektedir. Ankara şehir merkezinde gelen solar radyasyon aynı olmasına rağmen yüksek bina yoğunluklu alanların gece boyunca daha yüksek FES değerleri olduğu gözlenmektedir.

Şehir ısı adasının en zayıf olduğu dönem, oluşumunun ilk saatleridir. Zayıflığının temel gerekçelerinden biri yüksek bina yoğunluğuna sahip alanların bile kendi içinde 1°C-3°C farklı termal algılama değerleri olmasıdır. Soğuk birer çekirdek gibi hareket eden yeşil alanların varlığıyla, şehir ısı adası birden fazla zirvesi olan ve düzgün bir geometriye sahip olmayan bir şekil olarak oluşmaktadır. Gece boyu soğuma devam ettikçe şehir kendi içinde homojen bir yapıya kavuşmakta, FES değerlerindeki dağınıklık ortadan kalkmaktadır. Şehir içi yeşil alanların yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlarla benzer FES değerleri almalarıyla şehir ısı adası daha kompakt bir şekle bürünmektedir. Saat 06:00-07:00'de şehir ısı adasının gerek şekli ve gerekse falezleri belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır.

Şehir içindeki yeşil alanlar gece saatlerinde şehir dokusuyla benzer tepkileri verirken gündüzleri kırsal alanlar gibi tepki vermektedirler. Cebeci ve Emek'te yapay malzemenin ve şehirleşme etkisinin anlaşılması için Gar İstasyonu önemli bir ölçüt

sunmaktadır. Şehirleşmenin etkisi olmasaydı Cebeci ve Emek'te Gar'a yakın termal algılama değerleri oluşacağı açıktır. Yükseltisi kır istasyonlarından daha fazla olan (59 m) Gar gündüz boyunca kır ve şehir içi orman istasyonlarından daha düşük FES değerleri ortaya koymaktadır. Güneş battıktan sonra enerji transferinin kısa dalga radyasyondan daha çok uzun dalga radyasyonu, konveksiyon ve kondüksiyonla gerçekleştiği koşullarda soğuk dönemde iki saat, sıcak dönemde dört saat içinde yüksek bina yoğunluğuna sahip alanların verdiği tepkilere kavuşmaktadır. Kırsal karakterlerinin gece boyunca şehirleşmeye evirildiği gözlenmektedir. Şehir içi yeşil alanların melez bir etkileme, etkilenme süreci içinde olduğu dikkat çekmektedir.

Şehir ormanı içindeki açıklık alanların termal konfor koşullarını asıl belirleyen uzun dalga radyasyonu ile ısı transferidir. Bunun kanıtlarını AOÇ'nin FES değerlerinin gün içindeki eğiliminden görmek olasıdır. Güneş gökyüzünde olduğu sürece termal algılama değerleri çevresindeki kırsal alanlardan ve çoğu zaman yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlardan yüksektir. Yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlardan kışın 1°C-2°C, kırsal alanlardan 0,5°C-1,5°C daha yüksek FES değerleri bulunmaktadır. Yazın ise yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlardan 1,5°C-3,5°C, kırsal alanlardan ise 3,5°C-6,5°C daha yüksek FES değerlerine sahip olabilmektedir. Ağaçların oluşturduğu örtü, uzun dalga radyasyonun daha fazla yüzeyi kullanarak akışını sağlamaktadır. Daha fazla radyasyon akışı da ortalama radyan sıcaklığın yükselmesini beraberinde getirmektedir. Öğle saatlerinde AOÇ'deki ortalama radyan sıcaklık çevresinden 15°C daha fazla olabilmektedir. Kısa dalga radyasyonun azalmaya başladığı saatlerde (soğuk dönemde 15:00'ten, sıcak dönemde 18:00'den sonra) AOÇ'nin bir süre daha yüksek FES değerlerini koruyabildiği gözlenmektedir. Güneş battıktan, radyasyon kaynağı ortadan kalktıktan

kısa bir süre, FES değerlerindeki en yüksek düşüş oranlarının ortaya çıktığı gözlenmektedir.

Özellikle soğuk dönemde soğuma oranlarının arazi kullanımı farkı gözetmediği düşünülebilir. Saat 00:00-09:00 arasında yüksek bina yoğunluğu bulunan alanlar ile kırsal alanlar arasındaki $0,3^{\circ}\text{C}$ civarında bir FES farkı oluşmaktadır. Bu fark oldukça önemsizmiş gibi gözükmemektedir. Şehirle kır arasındaki, termal algılama farkının güneş battıktan bir iki saat içinde geliştiği bu süre sırasında kırsal alanlardaki FES değeri azalma oranının şehirden (yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlardan) 4°C - 6°C daha fazla olduğu hesaplanmıştır.

Soğuk dönemde güneşin doğuşuyla birlikte şehrin üzerinde bir ısı obruğu, kır üzerinde bir sıcak ada oluşmaya başlar. Öğleye kadar belli belirsiz olan adalar öğleden sonra daha da belirginleşir ve falezler daha dikleşir. Güneşin batmasına yakın bir saatte (soğuk dönemde 16:00; sıcak dönemde 18:00 civarı) kır ve şehir arasındaki en yüksek FES farkları oluşur. Bunun temel nedeni yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlarda gökyüzü görüş oranlarının kırsal alanlardan çok daha düşük olmasıdır. Çevredeki binalar şehir kanyonlarının içine net radyasyon gelişini engeller ve bu alanlar açık kırsal alanlardan çok daha hızlı soğuma oranlarına sahiptir. Gökyüzü görüş oranı daha yüksek olan kır alanları ve şehir ormanı içi açık alanlarda soğuma, yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlardan daha hızlı gerçekleşmektedir. Bu durum ısı obruğunun güçlenerek zirveye ulaşmasına neden olur. Güneş battıktan sonra FES değerlerindeki düşüş kır istasyonlarında daha fazla olduğu için şehir ve kır arasında bir eşitlik yaşanır. Biyoklimatik koşulların sadece topografyaya bağlı olarak şekillendiği statik bir durum ortaya çıkar. Bu soğuk dönemde 17:00-18:00, sıcak dönemde 19:00-20:00 arasında bu homojen dağılımın

oluştugu gözlenmektedir. Bir sonraki aşamada kırsal alanlardaki termal algılama değeri daha fazla oranda düştüğü için sıcak adanın tohumları atılmaktadır.

Kasım, aralık, ocak ve şubat gibi yılın soğuk aylarında yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlarda gündüz saatlerinde oluşan ısı obruğu çok belirgin değildir. Çoğunlukla kır alanlarıyla, orman içi açık alanlarla $0,1^{\circ}\text{C}$ - $0,5^{\circ}\text{C}$ arasında fark oluşmaktadır. Yaz aylarında 3°C - 5°C 'ye kadar çıkan farkın, bu denli az olmasının gerekçelerinden biri şehirdeki antropojenik ısıdır. Kış ayları boyunca binalar çevrelerindeki atmosferi ısıtmaktadırlar. Dolayısıyla bina duvar, pencere ve bacalarından atmosfere salınan ısı, FES değerlerinin de yükselmesine yol açmaktadır. Bu durum şehir ısı obruğu oluşumunu engelleyici, geciktirici bir rol oynamaktadır.

Kır alanları ve uzun dalga radyasyon akışının gerçekleşemeyeceği daha az yüzeyden oluşan (yüzey alanı görece daha az olan) alanların FES değerleri görece çabuk yükselmesine rağmen, yüzey alanı fazla alanlar kadar yükselememektedir. FES değerleri görece daha düşük seviyelerde kaldığı için güneş battıktan sonra FES değerlerindeki düşüş de az olmaktadır. Dolayısıyla daha az yüzey alanına sahip alanlarda en yüksek FES değeri ile en alçak FES değeri arasındaki genlik daha dardır. Gerek yıl içinde gerek gün içinde en yüksek FES farkına arazi kullanımın orman içi açık alanlar (AOÇ) ve yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlar (Cebeci) olduğu anlaşılmaktadır. FES farkının en az olduğu alanlar ise şehir içi yeşil alanlar (Gar) ve kırsal alanlardır (Yenikent, Şeker).

Yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlarda özellikle gündüzleri homojen bir dağılım gözlenmemektedir. Uzun dalga radyasyon akışının daha yüksek oranlarda ortaya çıktığı engebeliliğe ve yüzey alanına sahip olan Cebeci'nin gündüzleri

Emek'ten daha yüksek FES değerleri bulunmaktadır. Örüntüsü daha az karmaşık olan, engebeliliği ve yüzey alanı Cebeci'ye oranla daha az olan Emek'in havalandırması da Cebeci'ye göre çok daha hızlıdır. Emek en fazla rüzgâr alan istasyonlardan biriyken, Cebeci en az rüzgâr alan istasyondur. Dolayısıyla yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlarda da şehirleşmenin daha yüksek FES değerlerine yol açtığı görülmektedir. Gece bu farklar ortadan kalsa da özellikle sıcak yaz gündüz saatlerinin Emek'te çok daha serin geçerken, Cebeci'de sıcaklık stresi artmaktadır.

Şehir ısı adasının soğuk dönemde 13, sıcak dönemde ise 11 saat boyunca varlığını koruduğu hesaplanmıştır. En güçlü olduğu aylar kasım, ekim ve mayıstır. En etkisiz olduğu ayların kış ayları olması dikkat çekicidir. En zayıf olduğu ocağı, aralık ve şubat izlemektedir. Enerjinin daha az olduğu dönemde şehir ısı adasının da zayıfladığı dikkat çekmektedir.

Yılın büyük bir bölümünde soğuk baskısının hatırı sayılır düzeylerde olduğu Ankara'da biyoklimatik koşullar, şehirleşme olmaksızın yaşamaya uygun değildir. Şehirleşme beraberinde enerji transferinin, termal, nem ve rüzgâr koşullarının değişimini getirmiştir. Hâlihazırdaki durumuyla yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlardaki değişimler yılın büyük bir bölümüne hâkim olan soğuk baskılarını azaltan bir karakterdedirler. Dolayısıyla termal koşulların yükseltilmesi, insan yaşamına uygun hale getirilmesi için şehirlerde kırlardan daha az enerji harcanmaktadır. Buna rağmen özellikle temmuz sonu ve ağustos başında aşırı sıcakların en yoğun olarak yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlarda ortaya çıktığı gözlenmektedir. İnsanların soğuktan korunmak için yaptıkları binaların, birer ısı kapanına dönüşme riski bulunmaktadır. Bu tip durumlarda şehir içi yeşil alanlar birer soğutucu görevi görmekte ve şehir iklimini yumuşatmaktadır.

Park alanları ve şehir ormanlarının bir takım maliyetlerini bulunmaktadır. Ağaçların mesken olarak kullanılabilecek araziler üzerinde bulunması, kimi ağaç türlerinin alerjik reaksiyonlara yol açabilmesi, yaprak ya da meyvelerin düşmesine bağlı olarak ortaya çıkan kirlilik ilk akla gelen maliyetler arasındadır. Bunların dışında çeşitli sebeplerle (ağaç devrilmesi, kök çatlatması, vb.) mülke de zarar verebilmektedirler. Yukarıda sayılan önemsiz maliyetlerin yanı sıra ağaçların şehirlere sağladığı faydalar ise devasa boyutlardadır. Şehir mikroklima alanları olarak ormanlar, terleme ve örtü katmanı yoluyla hava sıcaklığı, radyasyon Emilimi, ısı depolama miktarı, rüzgar hızı, nispi nem, türbülans, yüzey albedosu, yüzey engebeliliği ve sonuç olarak atmosfer sınır katmanı (karışım katmanı) yüksekliğini etkilemektedir. Sonuç olarak şehir ormanlarının iklim ve çevreye etkileri şu şekilde sıralanabilir.

1. Ağaçların şehir iklimine en önemli etkilerinden biri karbon kapağı olarak, atmosferdeki CO₂'i soğurmaları ve hapsetmeleridir. Ciddi bir sera etkisi olan bu gazın kapanlanması hava sıcaklığının düzenlenmesinde önemli bir etkidir.
2. Terleme yoluyla atmosfere sürekli su buharı kazandıran ağaçlar, nem oranını düzenleyerek hava koşullarının daha ılıman olmasını sağlarlar. Ayrıca yüzeylerden buharlaşmayı önemli ölçüde düzenledikleri için şehir atmosferinde daha ılıman koşulların ortaya çıkmasını sağlarlar.
3. Güneşten gelen kısa dalga radyasyonun yüzeyler tarafından soğurulmasını azaltmaktadırlar. Bunun yanı sıra uzun dalga radyasyon akışına izin verdikleri için ısınma soğuma geçişlerini yumuşatmaktadırlar. Şehir ısı adası etkisinin oluşturan faktörlerden bir diğeri de radyasyon transferinde yapay yüzeylerin oynadığı roldür. Şehir ormanları ve yeşil alanlar bu radyasyon transferinin yumuşatarak ısı adası

etkisini iyileştirmektedirler.

4. Soğuk dönemde özellikle sert rüzgârları keserek atmosfere düzenli olarak nem enjekte etmekte ve sıcak dönemde gölgelik alanlar oluşturarak hava durumlarında ekstremlerin ortadan kalkmasını ve daha ılıman koşulların ortaya çıkmasını sağlamaktadırlar. Bu özellikleri ile ısıtma ve soğutma sistemlerine harcanan enerjinin tasarrufunu sağlamaktadır. Enerji tasarrufundan dolayı atmosfere salınan emisyon ve sera gazı oranları da azalmaktadır.
5. Sağanak yağışlarda ortaya çıkan yüzey akışlarını engelleyerek, yol açtıkları selleri ve hasarları azaltır.
6. Vahşi yaşam ve türler için habitat oluşturur.
7. Gayrimenkullerin değerini artırır.
8. Mahremiyet alanı artırır.
9. Toprak erozyonunu engellemektedir.
10. Gölge ve serin alanlar oluşturmaktadır.
11. Havadaki kirletici ve emisyonları soğurarak hava kalitesini artırmaktadır.
12. Gürültüyü yutarak, ses kirliliğini azaltmaktadır.
13. Taban suyuna karışan atık ve kirleticileri filtre ederek yeraltı suyunun kalitesini yükseltmektedir.
14. Estetik görünümüleriyle insanların psikolojik açıdan rahatlamasını sağlayan bir manzara sağlamaktadır.
15. Rekreasyon alanlarının kullanımını ve bu alanların sağladığı dinlenme koşullarını artırır, daha işlevsel kullanımına olanak verir.

Sürdürülebilir ve güvenli şehirler yaratılması açısından, biyoklimatik koşulların göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Biyoklimatik açıdan kaliteli,

konforlu şehirler yaratılmasının en ucuz, en kolay, en hızlı yolu ise planlı ağaçlandırma ve yeşil alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun dışında şehirlerin mümkün olan her şekilde yeşillendirilmesi, yeşil şehirler haline getirilmesi, her şeyden çok insan sağlığı ve konforuna hizmet edecektir. Bunların yanı sıra şehirlerin biyoklimatik koşullarının güvenilir, bilimsel veri ve analiz yöntemleriyle ele alınması önemli bir çalışma alanı oluşturmaktadır.

“Türkiye’nin Biyoklimatik Koşulların Analizi ve Şehirleşmenin Biyoklimatik Koşullara Etkisinin Ankara Ölçeğinde İncelenmesi” başlıklı bu çalışmada elde edilen bulgular pek çok farklı olasılık ortaya çıkarmaktadır. Hali hazırda ortaya konan bulguların analizi, çeşitli büyüklüklerde araştırma soru ve sorunları ortaya atmaktadır. Bunların yanı sıra gerçekleştirilen çalışma sonunda yerleşmelerin planlama ve düzenlemesi açısından alt yapı oluşturacak somut değerler ortaya konulmaktadır. Ayrıca ısı kaybı ya da yüklenmesine bağlı olarak gelişen sağlık risklerinin oluşabileceği dönem ve alanların belirlenmesinde de katkıda bulunmaktadır.

SÖZLÜK

Adyabatik: Latince geçilmezlik anlamında sözcük. Bir sistemin çevresiyle ısı transferi yapmadan işlemesi durumudur. Eğer bir hava kütesinin basıncı azaltılırsa, genişleyecek ve ısı enerjisi açığa çıkacak bu da sıcaklığında azalmayla sonuçlanacaktır. Tersine basıncı arttırılırsa, moleküller birbirine yaklaşarak iç ısı enerjisi yaratacak ve sıcaklığı artacaktır. Atmosferdeki adyabatik ısınma ve soğuma süreçleri lapse rate ile açıklanır. Atmosferik koşullara bağlı olarak çok çeşitli değerlere sahip olmasına karşın serbest atmosferde 100 m’de nemli adyabatığe göre 0,3°C, kuru adyabatığe göre 1°C civarında sıcaklığın düştüğü hesaplanmıştır. Anlaşılması, açıklanması ve kullanımı kolay olduğu için genel olarak lapse rate 0,5°C/100 m olarak kabul edilmektedir.

Albedo: Aklık. Latince beyazlık anlamında sözcüktür. Cisimlerin güneşten gelen radyasyonu yansıtma oranıdır.

Antropojenik ısı: İnsan kaynaklı ısıdır (Eski Yunancada anthrōpos (insan) ve genesis (köken) kelimelerin birleşmesiyle oluşmaktadır). Bina ve araçlardan atmosfere bırakılan ısıdır.

Atmosferik radyasyon Atmosferin (Eski Yunancada atmos (buhar) ve sphaira küre kelimelerin birleşmesiyle oluşur) yaydığı ya da atmosfer aracılığıyla yayılan uzun dalga (kızılötesi) radyasyonudur (ışın).

Atmosferik sınır katmanı: Gezegensel sınır katmanı olarak da bilinmektedir. Temas halinde bulunduğu yüzeyler tarafından kontrol edilen atmosferin en alt katmanı. Bu katmanda rüzgâr hızı, sıcaklık ve nem çok hızlı salınımlar (türbülanslar) sergileyebilmekte ve güçlü dikey karışımlar ortaya çıkabilmektedir. Atmosferik

durağanlığa bağılı olarak kalınlığı 30 m ile 3 km arasında değişebilmektedir. Bu katmanın üzerinde serbest atmosfer bulunmaktadır.

Ayrosöl: Eski Yunancada Aero (hava) ve sol (çözelti) kelimelerinin birleşmesiyle oluşur. Gazların içindeki sabit katı ya da sıvı parçacıklara ayrosöl denilmektedir. Klimatolojide ayrosöller atmosferdeki katı parçacıklar olarak tanımlanmaktadır.

Biyoklimatoloji: Eski Yunanca bios (yaşam, canlı), klino (yer, kuşak, aslında yamaç, eğim) ve logia (çalışma, bilim) kelimelerinin birleşmesiyle oluşur. Canlılar ile iklim arasındaki etkileşimi inceleyen çok disiplinli bilim dalıdır.

Denizellik: Atmosferdeki süregen nem oranından dolayı günlük ve yıllık sıcaklık farklarının yüksek olmamasıdır.

Gizli ısı: Maddenin fazları arasında geçişte, sıcaklığında değişim olmaksızın ısı soğurma ya da bırakma işlemidir. Buharlaşma, erime ve sublimasyon.

Gökyüzü görüş faktörü: Genellikle şehir geometrisini açıklamak için kullanılan terimdir. Düz bir yüzeye gelen radyasyonun, ortalama gelen radyasyona oranıdır. Sıfır ile bir arasında değişmektedir. Sıfıra yakın değerler engelleri, bire yakın değerler serbest alanları işaret etmektedir.

Hissedilir ısı: Maddenin fazları arasında geçiş sırasında sıcaklığın da değişimiyle ısı soğurma ya da bırakma durumudur. Buharlaşma (evoprasyon), erime (füzyon) ve sublimasyon.

Karasallık: Atmosferdeki nemin istikrarsızlığından dolayı gün ve yıl içinde ortaya çıkan sıcaklık farklarının yüksek olmasıdır.

Kırsal sınır katmanı: Sınır katmanı kırsal alanlarda şehirlerden daha alçak irtifalarda ortaya çıkmaktadır. şehirlerin çevresindeki kırsal alanlarda bu durum daha belirgin bir şekilde gözlenmektedir. Bakınız atmosferik sınır katmanı.

Kısa dalga radyasyon: Dalga boyu 0,4 -4 mikron arasındaki radyasyon.

Kondüksiyon: Kondüksiyon maddenin tamamının hareketi olmaksızın, sadece belli bir bölümündeki moleküler tahrik sonucu ısının taşınmasıdır (transferi).

Konfor dizini: İnsan ve meteorolojik parametreler arasındaki ilişkinin niceliksel olarak açıklanmasını sağlayan dizinlerin genel adıdır. Isı yüklenmesi ya da açığını değerlendirmek için kullanılan ölçeklerdir.

Konveksiyon: Taşınım. Atmosferdeki dikey yönlü hareketler. Atmosferik özelliklerin dikey olarak taşınması ve karışmasına neden olmaktadır.

Korelasyon: İki değişken arasındaki ilişkinin yönünün ve gücünü gösteren istatistikî analiz yöntemidir.

Lapse rate: Latince labi (kayma) ratus (sabit, hesaplama) kelimelerinden oluşmaktadır. Meteorolojik elemanların yükseltiye bağlı olarak değişim oranı. Başka bir değişken belirtilmediğinde kastedilen sıcaklığın yüksekliğe bağlı olarak değişimidir.

Net radyasyon: Yüzeylerin soğurduğu radyan enerjinin, yansıttığı enerjiye olan oranıdır (farkı).

Radyasyon: Latince radius (ışın) kelimesinden gelmektedir. Enerji yüklü parçacıklarının ya da dalgaların bir ortam ya da uzay boyunca yol alma sürecidir.

Regresyon: Bir bağımlı ve bir veya birden fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkinin gücünü ve yönünü gösteren istatistikî analiz yöntemidir.

Sera gazı etkisi: Atmosferde moleküler yapıları gereği uzun dalga radyasyon akışını sağlayan gazlar (su buharı, metan, karbondioksit, ozon, vb.) bulunmaktadır. Uzun dalga radyasyonun engellenmeden kaçışına izin veren diğer gazların aksine sera

gazları olarak isimlendirirler. Yüzeylerden bırakılan uzun dalga radyasyonu moleküler yapıları içinde soğurup bırakarak atmosferde ısınmaya yol açarlar.

Serbest Atmosfer: Gezegenel sınır katmanının üzerindeki atmosfer parçasıdır. Türbülansın hiç olmadığı ya da aralıklarla türbülansın olduğu atmosfer katmanıdır. Bu katmanda rüzgârlar geostrafiğe yakındır (izobarlara paraleldir). Yüzeylere sürtünme olmaksızın havanın ideal bir akışkan olarak hareket ettiği bölümdür.

Sınır Katmanı: Akışkanlar dinamiğinde, akışkan ve üzerinden geçtiği nesne arasındaki viskozitenin etkisinin belirginleştiği katmandır. Atmosferde günlük ısı, nem ya da momentum transferiyle yüzeyden etkilenmediği sınıra kadar olan hava katmanıdır.

Solar konstant: Güneşten gelen radyasyon oranı yıl içinde farklılık göstermesine rağmen atmosfer yüzeyine ortalama 1.366 kW/m^2 (saniyede $1,96 \text{ kalori/cm}^2$) civarındadır. Ocak ayında 1.412 kW/m^2 , temmuz ayında 1.321 kW/m^2 olarak ölçülmektedir.

Solar radyasyon: Güneş tarafından yansıtılan radyasyon toplamıdır.

Sublimasyon: Katı halden sıvılaşma olmaksızın gaz faza geçme ya da tersinden gazdan direk olarak katı hale geçme olayı.

Şehir engebeliliği: Şehirde binaların yüksekliği ve aralarındaki mesafenin oluşturduğu profildir.

Şehir ısı adası: Şehirlerin çevrelerindeki kırsal alanlardan daha sıcak olması durumudur. İzoterm haritalarından şehirlerin bulunduğu alanda eğrilerin sıklaştığı ve şehir merkezine doğru yüksek değerler aldığı gözlenmektedir. Bu durum için, topoğrafya haritalarından yola çıkılarak ısı adası terimi kullanılmaktadır.

Şehir ısı falezi: Kır ve şehir geçişinde sıcaklık farklılıkları nedeniyle izoterm haritalarında eğrilerin, sıklaşarak diklik oluşturması durumuna verilen isimdir. Kır ile şehir arasındaki termal ayrımın olduğu sınırı işaret eden, sıcaklık profilinde de belirgin yükselişin görüldüğü alandır.

Şehir ısı obruğu: Şehirlerin, çevrelerindeki kırsal alanlardan daha geç ısınmaları nedeniyle özellikle sabah saatlerinde daha soğuk olmaları durumudur. Soğuk ada ya da soğuk çekirdekli ısı adası da denilmektedir. İzoterm haritalarında sıcaklıkların düştüğü ve termal profillerde belirgin bir çukur olarak görülmelerinden dolayı ısı çukuru, ısı obruğu olarak anılmaktadırlar. Şehir içindeki yeşil alanlar da (orman ve park alanları) birer ısı obruğu görevi görmektedir.

Şehir iklimi: Şehirler ve şehirleşme nedeniyle değişen iklimdir. Şehirleşme enerji transferi (radyasyon, kondüksiyon, konveksiyon, gizli ısı transferi), termal koşullar (albedo oranları, termal iletkenlik, özgül ısı kapasitesi), nem koşulları (buharlaşma, yağış, yüzeysel akış) ve hava sirkülasyonlarını değiştirmektedir. Bunlara bağlı olarak şehirler, çevrelerine göre farklı iklim özelliklerine sahiptir.

Şehir ormanı: Şehrin içinde ya da banliyölerinde bulunan ormanlardır.

Şehir örtü katmanı: Şehrin tabanı ile çatı seviyesinin hemen üzerinden geçen sınır arasındaki hava katmandır.

Şehir sınır katmanı: Çatı seviyesinden başlayarak şehir etkisini yok olduğu yüksekliklere (1-1,5 km) kadar olan atmosfer katmanıdır.

Şehir termal tüyü: Şehirdeki yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlardaki farklı enerji transferinden dolayı yükselen sıcak havanın rüzgâr yönüne bağlı olarak, atmosferik sınır katmanı içinde kırsal alanlara doğru yönelmesi durumudur.

Ultraviole radyasyon: 10-4000 angstorm arasındaki elektromanyetik radyasyondur. Güneş spektrumunun görünen radyasyonlardan kısa, x ışınlarından uzun dalga boyundaki bölümüdür.

Uzak bağlantı: Uzak bağlantı paterni terimi, birbirine komşu ya da komşu olmayan iki veya daha fazla alan arasında tekrarlanan ve süregelen sirkülasyon anomalilerinin istatistiksel olarak pozitif-negatif korelasyonunu ifade etmektedir. Uzak bağlantı paternleri, coğrafi olarak, sabit hareket merkezleri (kutupları) olan, atmosferik sirkülasyonların düşük-frekanslı (veya uzun dönemli) bir tarzda doğal olarak değişimiyle de meydana gelebilmektedir

Uzun dalga radyasyon: Dalga boyu 4 mikrondan daha uzun olan radyasyondur.

KAYNAKLAR

Ahmed K. S., (2003), "Comfort in urban spaces: defining the boundaries of outdoor thermal comfort for the tropical urban environments", **Energy and Buildings**, C. 35, s. 103-110.

Akman, Y., (1990), **İklim ve Biyoiklim: Biyoiklim Metotları ve Türkiye İklimleri**, Palme Yayın Dağıtım, Ankara.

Ali-Toudert F. ve Mayer, H., (2006), Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate, **Building and Environment** C. 41, s. 94-108.

Ardel, A., (1973), **Klimatoloji**, İstanbul Üniversitesi Yayınları, No: 146, İstanbul.

ASHRAE 55-2004 **ASHRAE Standard 55-2004**-Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.

Atılgan, İ. ve Ataer, Ö., E., (2009), "Isıl Konfor Analizinin Uygulanması", **IX. Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi Bildiri Kitabı**, s. 571-581.

Auliciems, A., (1997), Comfort, Clothing and Health. İçinde **Applied Climatology: Principles and Practice**, R. D. Thompson ve Allen Perry (ed.), s. 155-174, Routledge, New York.

Barry, G., R. ve Carleton, M., A., (2001), **Synoptic and Dynamic Climatology**, Routledge, London.

Bedford, T., (1948), **Environmental warmth and its measurement**, Medical Research Council, War Memorandum, No: 17.

Birleşmiş Milletler, Ekonomik ve Sosyal İşler Departmanı Nüfus Bölümü (2010), **World Urbanization Prospects: 2009 Revision**. New York.

Brazel A. J. ve D. Q. (2005), "Urban Climatology", İçinde: **Encyclopedia of World Climatology**, Oliver, E., J., Springer, Dordrecht. s. 766-779.

Büttner K (1938), **Physikalische Bioklimatologie**. Akademische Verlagsgesellschaft Leipzig.

Çelik, N. ve Bayazıt, Y. (2008), İnsan Vücudunun Modellenmesinde Kişisel Değişikliklerin Termo-Regülasyon Üzerindeki Etkileri, **Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi**, C. 28, S.1, s. 17-22.

Çiçek, İ., (2003), “Ankara’da Şehirleşmenin Biyoklimatik Koşullar Üzerine Etkisi” **Prof. Dr. Sırrı Erinç Anısına Klimatoloji Çalıştayı** 2002 11-13 Nisan 2002 Ege Üni. Ed. Fak. Yay No:121 s.145-157.

Deniz, A., Toros H., Şaylan, L., Şen O., ve Baloğlu, M., 2003. “Marmara bölgesinde bunalıcı sıcaklık analizi”, **III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu**, 19-21 Mart, İTÜ, İstanbul.

Driscoll, D.M. (1992): **Thermal Comfort Indexes**. Current Uses and Abuses. Nat. Weather Digest, 17, (4), 33-38.

Epstein, Y. and Moran, D. S., 2006. “Thermal Comfort and the Heat Stress Indices”. **Industrial Health**, 44, 388–398.

Erinç, S., (1984), **Klimatoloji ve Metotları**, İstanbul Üniversitesi Yayınları No. 3278, İstanbul.

Erol, O., (1993), **Genel Klimatoloji**, Gazi Büro Kitapevi, Ankara.

Fairbridge W. R. ve Oliver E. J., (2005), Lapse rate, İçinde **Encyclopedia of World Climatology**, John E. Oliver (editor), Springer, Dordrecht s. 448-450.

Fanger P. O., (1972), **Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering**. McGrawHill.

Gagge, A.P., Stolwijk, J.A.J., and Nishi, Y. 1971. “An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response”, **ASHRAE Transactions**. C.77, s.247-262.

Gates, D., M., (1963), “The energy environment in which we live”, **American Scientist**, C. 51, S.3, s. 327-348.

Givoni, B. (1976): **Man, Climate and Architecture**. Appl. Sci. Publishers, London, 483.

Gonzalez, R. R. , Nishi, Y. ve Gagge A. P., (1974), "Experimental Evaluation Of Standard Effective Temperature A New Biometeorological Index Of Man's Thermal Discomfort" **International Journal of Biometeorology**, C. 18, S. 1, s. 1-15.

Goward, S. N., (2005), Albedo and Reflectivity, İçinde: **Encyclopedia of World Climatology**, Oliver, E., J., Springer, Dordrecht. s.32-35.

Gulyas Â., Ungera J. ve Matzarakis A, (2006), “Assessment of the microclimatic and human comfort conditions in a complex urban environment: Modelling and measurements”, **Building and Environment**, C. 41, s. 1713-1722.

Hartz D. A., Brazel A. J. ve Heisler G. M., (2006), “A case study in resort climatology of Phoenix, Arizona, USA”, **Int J Biometeorol.**, (2006) 51:73–83.

Hatzaki, M., Flocas, H., A., Asimakopoulos, D., N. ve Maheras, P., (2007), “The eastern Mediterranean teleconnection pattern: identification and definition”, **International Journal of Climatology**, C. 27, s. 727-737.

Heisler G.M. ve Wang Y., (2002), Applications of a human thermal comfort model”, **Fourth Symposium on the Urban Environment**, 20–24 May 2002, Norfolk, VA (American Meteorological Society) s. 70–71.

Houghton FC, Yaglou CP., (1923), “Determining equal comfort lines”. **Journal of American Society of Heat Ventilation Engineers**, C. 29, s. 165–76.

Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., et al., eds., 2001. **Climate Change, 2001: the scientific basis**, Contribution of Working Group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.

Howard, L. (1833). **The Climate of London**. London: Harvey and Darton.

Höppe, P. (1984): **Die Energiebilanz des Menschen**. Wiss. Mitt. Meteorol. Inst. Uni München, 49.

Höppe, P. R. ve Hermann A.J. S., (1991), “Problems in the assessment of the bioclimate for vacationists at the seaside”, **Int J Biometeorol**, C. 35, s. 107-110.

Höppe, P., (1999), "The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment", **Int J Biometeorol.** C.43 s. 71–75.

Ibamato K. and Y. Nishi, (1968), **Thermal Sensation Analysis and Its Application to Air Conditioning**, Bulletin of Faculty of Eng. Hokkaido Univ., Japan.

ISO 7726: 2002. Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities.

ISO/DIS 11079, (2004), **Ergonomics of the thermal environment** ± Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects. International Standards Organization.

Jendritzky, G, Menz, G, Schirmer, H, Schmidt-Kessen, W (1990), **Methodik zur raumbezogenen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen 16 (Fortgeschriebenes Klima-Michel-Modell)**. Beiträge d. Akad. f. Raumforschung und Landesplanung Bd. 114, Hannover.

Jendritzky, G, Nübler, W (1981), "A model analysing the urban thermal environment in physiologically significant terms", **Arch. Meteor. Geophys. Bioclimatol. Serial B C.** 29, s. 313-326.

Jendritzky, G, Sönning, W, Swantes, HJ (1979), **Ein objektives Bewertungsverfahren zur Beschreibung des thermischen Milieus in der Stadt- und Landschaftsplanung ("Klima-Michel-Modell")**. Beiträge d. Akad. f. Raumforschung und Landesplanung Bd. 28, Hannover.

Jendritzky, G, Tinz, B (2000), "Human Bioclimate Maps as Basis for Climate Impact Research" İçinde, de Dear R, Kalma J, Oke T, Auliciems A (eds.), **Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millenium. Selected Papers from the Conference ICB-ICUC'99** (Sydney, 8-12 Nov. 1999). WMO, Geneva, WCASP-50, s. 79-83.

Jendritzky, G, Tinz, B (2000), Human Bioclimate Maps as Basis for Climate Impact Research. In, de Dear R, Kalma J, Oke T, Auliciems A (eds.), **Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millenium. Selected Papers from the Conference ICB-ICUC'99** (Sydney, 8-12 Nov. 1999). WMO, Geneva, WCASP-50, s. 79-83.

Jendritzky, Gerd Abdel Maarouf, Henning Staiger, (2001), "Looking for a Universal Thermal Climate Index UTCI for Outdoor Applications", **Windsor-Conference on Thermal Standards**, April 5-8, 2001, Windsor, UK.

Johansson, E. (2006), Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco, **Building and Environment**, C. 41, s. 1326-1338.

Knez I. ve Thorsson S, (2006), "Influences of culture and environmental attitude on thermal, emotional and perceptual evaluations of a public square", **Int J Biometeorol.**, C. 50, s. 258-268.

Landsberg, H.E. (1972): **The Assessment of Human Bioclimate, a Limited Review of Physical Parameters**. World Meteorological Organization, Technical Note No. 123, WMO-No. 331, Geneva

Li P.W. ve Chan S.T., (2000), "Application of a weather stress index for alerting the public to stressful weather in Hong Kong", **Meteorol. Appl.** 7, 369–375.

Lin T. P., Matzarakis A. ve Hwang R. L., (2010), Shading effect on long-term outdoor thermal comfort, **Building and Environment** C. 45 s. 213-221.

Maarouf, A.R. ve Munn R.E. (2005), "Bioclimatology", İçinde **Encyclopedia of World Climatology**, Oliver, E., J., Springer, Dordrecht. s.158-165.

Matzarakis A., De Rocco M. ve Najjar G., (2009), "Thermal bioclimate in Strasbourg - the 2003 heat wave", **Theor Appl Climatol**, C. 98 s. 209-220.

Matzarakis A., Mayer H., (1996). **Another Kind Of Environmental Stress: Thermal Stress**. WHO News, 18, 7-10.

Matzarakis, A., Rutz, F. ve Mayer, H., (2010). Modelling Radiation Fluxes In Simple And Complex Environments – Basics Of The Rayman Model. **Int J Biometeorol**, C. 54, s. 131-139.

Matzarakis, A., Rutz, F., Mayer, H., (2007). Modelling Radiation Fluxes In Simple And Complex Environments - Application Of The Rayman Model. **Int J Biometeorol**, C. 51, s. 323-334.

Mayer H (1993), "Urban bioclimatology", **Experientia** C. 49, s. 957-963.

Mayer H, Matzarakis A (1997), “The urban heat island seen from the angle of human-biometeorology”, In: **Proceedings of the International Symposium on Monitoring and Management of the Urban Heat Island**, Fujisawa, s. 84-95.

Mayer H, Matzarakis A (1998), “Human-biometeorological assessment of urban microclimates’ thermal component”, In: **Proceedings 2nd Japanese-German Meeting “Klimaanalyse für die Stadtplanung”**. Research Centre for Urban Safety and Security, Kobe University. Special rep. 1, s. 155-168.

Mayer H., Matzarakis A. ve Linser S (1997) Thermischer Wirkungskomplex der Waldatmosphäre. **Ann Meteorol.**, C. 33, s.34-39.

McIntyre, D.A., (1980), **Indoor Climate**, Applied Science, London.

Missenard, A. (1931) Température effective d'une atmosphère, Chaleur et Industrie XII, C. 137, s. 491–498.

Nastos P.T. ve Matzarakis A., (2006), “Weather impacts on respiratory infections in Athens, Greece”, **Int J Biometeorol**, C. 50 s. 358-369.

Oke, T., R., (1997), Urban Climates and Global Environmental Change, İçinde: **Applied Climatology: Principles and Practice**, R. D. Thompson ve Allen Perry (ed.), s. 273-287, Routledge, New York.

Oke, T.R., (1981), Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. **Journal of Climate**, C.1, s. 237-254.

Oke, T.R., (1998), Observing weather and climate. Proceedings of the Technical Conference on Meteorology and the Environment. **Instruments and Methods of Observation**, Instruments and Observing Methods Report No. 70, WMO/TD-No. 877, WMO, Geneva, s. 1-8.

Olgyay, V. (1973) **Design with Climate, Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism**, Princeton University Press, New Jersey.

Oliveira S, Andrade H, Alcoforado M. J., (2008), The assessment of the bioclimatic comfort in different outdoor open spaces of Lisbon. **Proceedings of the 18th International Congress of Biometeorology**, Tokyo, 22-26 September 2008.

Oliveira S. ve Andrade H., (2007), An initial assessment of the bioclimatic comfort in an outdoor public space in Lisbon, **Int J Biometeorol** C. 52 s. 69-84.

Parsons, K.C. (2003): **Human thermal environments: the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort and performance.** Taylor & Francis, London, New York.

Pedhazur, E. J., (1982). **Multiple regression in behavioral research: Explanation and prediction.** Holt, Rinehart and Winston, New York.

Schroeder D. V., (2000), **An Introduction to Thermal Physics**, Addison–Wesley, San Francisco.

Shimomura A. R., Prata-Leonardo M. M., Anésia B. F., (2009) Physiological Equivalent Temperature Index Applied To Wind Tunnel Erosion Technique Pictures For The Assessment Of Pedestrian Thermal Comfort, **The seventh International Conference on Urban Climate**, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan.

Sibbons, J.L.H., (1966)., “Assessment of thermal stress from energy balance consideration”, **J. Appl. Physiol.**, C.21, s. 1207-1217.

Spagnolo, J. ve de Dear R., (2003), A” field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia”, **Building and Environment** C. 38, s. 721-738.

Steadman RG (1979) The assessment of sultriness. Part I. A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. **J Appl Meteorol** 18:861–873.

Steadman, R.G. (1984), “A Universal Scale of Apparent Temperature”, **J. Clim. Appl. Meteor.**, C. 23, s. 1674-1687.

Steadman, R.G., (1971), “Indices of windchill of clothed persons”, **J Appl Meteorol**, C. 10, s. 674–683.

Svensson, Marie K. & Eliasson Ingegärd, (2002), “Diurnal air temperatures in built-up areas in relation to urban planning”, **Landscape and Urban Planning**, C. 61, s. 37-54.

Thom, E. C, (1959), “The discomfort Index”. **Weatherwise**, C. 12, s. 57–60

Thorsson, S., Tsuyoshi H., Fredrik L., Ingegärd E. ve En-Mi L., (2007); "Thermal Comfort and Outdoor Activity in Japanese Urban Public Places", **Environment and Behavior**, C. 39, s. 660-684.

Topay, M., Yılmaz, B. (2004) "**Biyoklimatik Konfora Sahip Alanların Belirlenmesinde CBS'den Yararlanma Olanakları: Muğla İli Örneği**", Proceedings of 3th GIS Days in Turkey, September 6-9 2004, Turkey. p: 425-434.

Toy S. ve Yılmaz, S., (2009)., "Thermal sensation of people performing recreational activities in shadowy environment: a case study from Turkey", **Theor Appl Climatol** DOI 10.1007/s00704-009-0220-z.

Tseliou, A., Tsiros, I. X., Lykoudis S., Nikolopoulou, M., (2010), "An evaluation of three biometeorological indices for human thermal comfort in urban outdoor areas under real climatic conditions", **Building and Environment**, C. 45, s. 1346-1352.

Tunç, M., Çamdalı, U. ve Çıkrıkçı S., (2004) Tıpta Biyofizi Uygulaması, **Mühendis ve Makina**, C. 1, s. 534.

VDI, 1998. VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 3787, **Part I: Environmental Meteorology, Methods for The Human Biometeorological Evaluation Of Climate And Air Quality For The Urban And Regional Planning At Regional Level. Part I: Climate**. Beuth, Berlin.

Vernon, H. M. ve Warner, C. G., (1932), "The influence of humidity of the air on capacity for work at high temperatures", **J. Hyg. (Camb.)** C. 32, s. 431-450.

Wan K. K. W., Wong S.L., Yang Liu, Lam, Joseph C. (2009), "An analysis of the bioclimates in different climates and implications for the built environment in China", **Building and Environment**, C. 45 S. 5, s.1312-1318.

Wang Y (2003) **An Analysis of an Expert System Used to Predict Human Thermal Comfort in Outdoor Urban Settings**, PhD Dissertation, State University of New York, College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, NY.

Widmaier, E.P., Raff, H. and Strang, K.T., (2006). **Vander's Human Physiology**, 10th edition, McGraw-Hill Co. New York, USA, 2006.

Winslow, C.-E. A., L. P. Herrington ve Gagge A. P., (1937). "Physiological Reactions Of The Human Body To Various Atmospheric Humidity", **Am. J. Epidemiol.** C. 26, s.103-115.

Zhang, H., Huizenga, C. Arens, E. and Yu T., (2001), Considering Individual Physiological Differences in a Human Thermal Model, **J. Thermal Biology** 26, 401-408.

EKLER

Ek 1. Çalışmada kullanılan istasyonların saat 07:00 FES değerleri (1975-2008).

İstasyon adı	Aylar											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Adana	0	1,4	6,9	14,5	22,1	28,4	31,4	30,9	24,6	16,3	7,3	1,8
Adapazarı	-2,4	-2,5	1,2	8,5	15,2	20,8	22,7	21,5	15,3	9	2,7	-0,3
Adıyaman	-4,7	-2,7	3,1	11,1	19	26,6	31,2	29,4	21,6	13	3,5	-2,4
Afyon	-9,4	-8,9	-4,3	3,8	10,9	15,8	17,7	16,4	10,4	3	-4,3	-7,3
Ağrı	-20,1	-17,9	-9,7	2,9	10,8	16,9	20,2	18,5	11,5	3	-6,5	-15,1
Akhisar	-4,1	-3,9	-0,5	7,9	15,3	20,7	21,8	20,1	14,7	7,4	0,4	-2,1
Alanya	3,2	3,1	7,6	15,1	22,5	28,8	31,3	29,6	24	16,2	8,6	4,8
Ankara	-9	-8,2	-3,1	5,3	12,1	16,7	18,8	17,3	11,4	4,2	-3,5	-6,9
Antakya	-1,3	0,4	5,7	12,2	18,2	23	26,1	26,1	21,4	14	5	0,3
Aydın	-1,8	-1,6	2,3	9,3	17,1	23,9	26,9	23,9	16,3	9,4	2,5	-0,2
Balıkesir	-4,9	-4,8	-1,1	7,6	14,7	20,6	21,9	20,4	14,5	7,2	0	-3,1
Bandırma	-3,9	-4,2	-1,2	5,9	12,2	17,9	19,3	18,4	13,5	7,5	1,3	-1,9
Bilecik	-6,3	-6,2	-1,7	6,8	13,8	19	20,5	18,9	13,6	6,7	-0,6	-4,3
Bodrum	2,4	1,9	4,8	11	17,9	23,5	26	24,8	18,9	13	7,1	4,1
Bolu	-8	-7,6	-3,5	4,6	11,2	15,3	17,6	15,9	10,4	2,9	-3	-6,1
Burdur	-7,2	-7,1	-2,3	5,8	14,2	19,9	22,3	20,4	13,5	5,5	-2	-5,2
Bursa	-3,7	-3,7	-0,2	7,7	15,2	21,5	23,7	21,8	15,1	7,5	0,9	-1,8
Cizre	-2,2	0,2	6	13,9	21,2	30,7	35,1	32,3	24,1	15	5,6	-0,2
Çanakkale	-2,8	-3,1	-0,9	5,9	12,6	18,4	20,2	18,9	13,6	7,2	2,5	-0,7
Çankırı	-8,9	-8,5	-2,4	7,4	16	21,6	23,9	21,1	13,4	5	-3,9	-6,7
Çorum	-9,1	-8,9	-3	6,8	14,7	19,6	20,8	19,1	12,8	4,1	-4,1	-7
Dikili	-1,6	-1,6	1,3	8,3	15,7	22,3	24,8	22,3	15,7	9,3	3,3	0,5
Diyarbakır	-7,9	-5,8	0,8	10,2	17,5	24,4	29,9	27,6	19,2	10,1	0,1	-5,7
Edirne	-6,5	-6,2	-2,4	5,8	13,5	19,5	21,1	18,4	11,9	4,8	-0,6	-4,5
Elazığ	-9,5	-7,9	-1,7	7,6	15,4	21,8	26,1	24,1	16,4	7,8	-1,3	-6,6
Erzincan	-12,4	-9,9	-2,6	6,9	14,2	19,1	22,7	21,8	14,9	6,2	-3,2	-9,3
Erzurum	-20,2	-18,5	-10,3	0	7,1	12,6	15,3	14,2	8,4	-0,5	-9,1	-16,4
Eskişehir	-9,3	-8,5	-4,5	4,4	10,6	15,6	17,1	15,3	10,5	3	-3,8	-7,2
Florya (İstanbul)	-2,2	-3	0	7	14,1	20,5	22,8	21,5	15,8	9,5	3,5	0,1
Gaziantep	-5,6	-3,7	2,2	10,5	18,4	24,2	27,8	26,4	20,1	12,1	2,3	-3,5
Giresun	0,2	0,9	5	11,5	17,8	23,6	26,2	25,9	20,1	13,9	6,9	2,4
Göztepe (İstanbul)	-1,8	-2,6	0,4	7,6	14,3	20,7	22,8	21,5	15,8	9,1	3,6	0,4
Hakkâri	-12,5	-9,8	-2,5	6,5	15	22,7	28,1	26,9	20,4	9,7	-0,9	-8,7
Hopa	-1,6	-0,9	3,2	10	17,1	22,4	24,6	23	16,3	10,4	4,5	0,5
Iğdır	-12,3	-8,5	-0,5	10,2	17,7	22,8	27,1	25,4	17,3	7,8	-2	-8,7
Isparta	-8,2	-8,1	-3,3	5,3	14	19,8	23	21,2	13,6	4,4	-3,6	-6,8
İnebolu	-2,6	-3,2	-0,2	6,4	12,7	17,7	19,4	17,2	12	7,1	2,3	-0,8

Ek 1.'in devamı.

İskenderun	3,2	4,7	9,4	16	22,5	27,6	29,5	29,7	26,1	18,4	10,2	4,9
İzmir	-0,3	-0,5	2,5	9,6	16,7	23,5	25,6	23,4	17,3	10,6	4,5	1,4
İzmit	-1,3	-1,8	1,7	8,4	14,9	20,3	22,6	21,6	16,5	10,4	3,8	0,6
Kahramanmaraş	-4	-1,7	5	12,7	19,8	25,1	28,6	27,6	22,2	14,7	4,4	-1,8
Kars	-21,3	-19,2	-10,6	-0,4	6,2	11,2	14	13,1	6,3	-1,1	-9,3	-17,2
Kastamonu	-9,3	-9	-4	4,6	12,5	17,9	19,2	16,3	10,1	3,2	-4,4	-7,6
Kayseri	-12,4	-10,9	-4,1	5,5	13,2	18,9	21,5	20,5	12,5	2,8	-5,9	-10,2
Kırşehir	-10,1	-9,5	-4,2	4,4	10,9	15,2	17	15,7	9,9	3,2	-4,4	-8,1
Konya	-9,9	-9,5	-3,5	6,1	13,1	17,9	19,4	18	12,7	4,8	-4,6	-8,3
Kütahya	-8,8	-8,5	-4	3,9	11,3	16,4	18,3	16,8	10,5	3,2	-3,7	-6,6
Lüleburgaz	-5	-5,1	-1,3	7	15,9	22,3	23,8	21,1	13,7	6,2	0,7	-2,8
Malatya	-8,1	-5,8	1	10,5	17,9	24	27,4	26,3	19,6	10,9	0,6	-5,4
Manisa	-2,6	-2,5	1,1	9,3	16,8	23,4	24,9	22,6	16,3	9	1,9	-0,6
Mardin	-6	-4,7	0,5	8,4	15,2	21,1	27	26,4	20,2	12	2,9	-3,6
Mersin	1,2	2,4	7,7	15,3	21,5	27,4	30,8	30,1	24,4	16,3	8	2,8
Merzifon	-6,7	-6,1	0,2	9,8	16,7	21,6	22,6	21,2	15,9	8	-0,4	-4,6
Muğla	-4,6	-4,6	-1,2	6,1	13	18,4	20,8	19,6	13,9	7	-0,3	-2,9
Niğde	-11,3	-10,2	-4,8	3,6	10,7	15,4	17,2	15,7	9,8	2,6	-4,7	-9,2
Rize	-1,3	-0,3	4	11,5	18,6	24,2	26,6	25,3	18,9	12,4	5,3	0,6
Samsun	-1,5	-1,3	2,2	9	15,7	21,9	24,5	23,4	17	10,8	4,6	0,5
Sarıyer	-2,2	-2,8	-0,1	7,1	14	20,5	22,3	20,9	15,5	9,2	3,4	0
Siirt	-5,2	-2,8	3,6	12,2	20,2	28,9	33,1	31,2	23,3	13,3	3,8	-2,8
Silifke	0,6	1,3	6,1	13,2	21	27,1	29,3	27,6	21	14,9	7,6	2,3
Sinop	-1,1	-1,6	1,1	6,5	12,6	18,5	21,6	21,3	16,3	10,5	4,7	1
Sivas	-12,8	-11	-3,4	5,4	12,1	17	20	18,6	13,2	5,2	-4,2	-9,8
Şanlıurfa	-2,9	-1,1	4,8	12,9	21,2	28	32,1	30,4	23,9	15,3	5,3	-1
Tekirdağ	-3,7	-4,1	-0,9	7	14,6	20,6	22,6	20,3	14,3	7,7	2,1	-1,6
Trabzon	-0,9	-0,3	3,3	10,2	16,4	20,5	22,6	20,7	16	10,8	5,2	1,2
Uşak	-7,2	-7,2	-2,8	5,7	13,4	19	20,9	19,2	12,7	4,9	-2,3	-5,3
Van	-12,7	-11,1	-4,6	4,8	12,4	19,1	23,7	21	14,1	5,2	-3,3	-9,3
Yozgat	-11,5	-10,7	-5,2	3,5	10,6	14,7	15,6	15	9,7	2,7	-5	-9,2
Zonguldak	-2	-2,5	0,8	7,7	14,4	19,9	22,4	20,2	14,7	8,9	3,4	0,1

Ek 2. Çalışmada kullanılan istasyonların saat 14:00 FES değerleri (1975-2008).

İstasyon adı	Aylar											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Adana	12,8	14,9	19,2	25,1	31,8	36,8	40,2	40,9	38,5	32,2	21,5	14,2
Adapazarı	5,5	7,4	12,4	19	25,4	31,4	33,6	33,5	29,2	21,2	13,4	7,3
Adıyaman	4,7	6,9	12,6	19,3	28	37,6	44,3	44,2	37,1	25,4	13,9	6,6
Afyon	-0,4	2	7,8	13,9	20	26,3	31,8	31,9	25,7	17,1	8,2	1,4
Ağrı	-10,5	-7,3	-1,1	8,8	15,6	23,4	31,4	32,3	24,3	13,7	3	-6,7
Akhisar	7,3	8,7	13,7	20,6	28,8	36,2	39,5	39,5	33,6	23,6	14,6	8,6
Alanya	13,9	15	17,9	22,1	27,9	33,6	37,7	38,5	35,5	29,1	20,6	15,5
Ankara	-0,2	2,8	8,9	15,5	21,7	28,2	33,3	33,4	27,5	18,2	9	1,8
Antakya	8,5	11,1	15,8	20,6	26,4	30,5	33,7	34,6	33,2	27,8	17,2	9,9
Aydın	10,7	12,9	17,6	23,2	31,4	39	42,8	41,7	36,6	28,5	18,3	11,8
Balıkesir	4,6	6,8	12,6	19	25,9	31,3	35,5	35,5	29,4	20,8	13,1	5,8
Bandırma	3,1	4,1	7,9	14,2	19,1	25,9	28,2	27,8	22,5	16,1	9,9	4,7
Bilecik	1,3	3,4	8,5	14,9	20,7	26,5	30,4	30,4	24,8	17,4	9,1	2,7
Bodrum	10,4	11	14,4	18,8	25,9	33,3	37,7	37,7	32,3	24,7	16,5	11,8
Bolu	1,8	4	8,9	15,3	20,8	25,6	29,6	29,9	24,7	17,7	9,7	3,2
Burdur	2,5	4,7	9,7	15,4	22,9	30,2	35,8	36,2	30	20,3	10,5	3,8
Bursa	5,1	6,8	11,2	17,5	23,7	30,9	34,2	34,2	28,6	20,6	12,7	6,8
Cizre	7,9	10,5	16,1	23,6	33,6	44,4	50,8	49,9	42,8	30,2	17,5	9,9
Çanakkale	3,7	4,5	7,8	13,5	20,1	28,2	32,5	32	25,3	17,2	10,2	5,4
Çankırı	0,6	3,8	10,2	17,5	24,5	30,3	36,1	36,3	29,7	19,8	9	2,4
Çorum	0,2	2,7	8,7	15,8	22	27,7	32,1	32,3	26,6	17,7	8,6	1,6
Dikili	8,7	9,7	13,1	17,5	22,7	29	33,5	33,2	28,3	21,4	14,7	10
Diyarbakır	2,4	5,4	11,8	18,5	27,3	37,6	45	44,2	36,7	24,2	12,6	4,7
Edirne	2,7	6	11,5	18,7	26,8	33,5	36,8	36,4	30,3	19,7	10,6	4
Elazığ	-2,2	0,4	7,4	15,1	22	31,4	38,9	38,6	31	19,1	8	0,1
Erzincan	-2,3	0,2	7,2	15	22,1	29,4	36,3	36,8	30,2	18,8	7,9	-0,2
Erzurum	-10,8	-8,5	-2,3	6,6	13,1	19,5	26,6	27,7	20,2	10,6	0,5	-7,9
Eskişehir	-1,5	2,3	8,1	15,3	20,6	26,3	30,6	31,3	26,5	16,4	7,4	0,2
Florya (İstanbul)	3,8	4,7	8,5	15,1	20,8	28,1	31,1	31	25,5	17,8	10,7	5,4
Gaziantep	5	7,3	13,2	19,6	28,2	36,4	42,6	42,6	36,4	25,6	14,2	6,7
Giresun	6,5	7	10	15,2	19,9	26,7	30,6	30,9	25,7	18,7	12,5	8,2
Göztepe (İstanbul)	4,1	5,2	8,8	15,3	20,6	27,7	30,8	30,2	25	17,6	10,9	5,8
Hakkâri	-5,4	-3,1	2,7	10	17,7	27	34,6	34,5	26,8	15,3	4,8	-3,1
Hopa	4,9	6,4	10,2	15,9	21,1	27,2	30,8	31,1	25,9	19	11,9	6,3
Iğdır	-2,2	1,9	10,1	18,7	25,4	33,1	39,1	38,9	32,3	20,1	9,3	0,3
Isparta	1,9	3,5	8,4	13,9	20,6	28,3	33,9	34,2	28,2	19	9,8	3,3
İnebolu	3,7	4,2	7,1	11,7	17,7	23,6	28,1	28,5	22,6	16	9,8	5,5
İskenderun	11,3	12,9	16,6	20,7	26,4	30,7	34	35,4	33,5	27,9	18,5	12,7
İzmir	8,2	9,7	13,7	19,4	26	33,5	37	36,4	30,9	23,1	14,9	9,6
İzmit	6,1	7,3	10,9	17,3	23,9	30,6	33,8	33,6	28,1	19,8	12,6	7,6

Ek 2.'nin devamı.

Kahramanmaraş	7	9,7	15,1	21,8	29,5	35,8	41,5	42	37,4	28,1	16,4	9,2
Kars	-11	-8,3	-1,7	7,2	12,7	18,7	25,2	26	19,5	10,3	0,4	-7,9
Kastamonu	-0,6	2,5	8,5	15,3	21,3	26,8	31,3	31,1	24,8	16,4	7	0,6
Kayseri	-0,7	1,9	8,2	14,8	20,8	28	33,9	34,2	27,7	18,4	8,9	1,3
Kırşehir	-0,8	1,1	7,1	13,9	19,8	25,9	31,4	31,8	26,1	17	7,8	1
Konya	-0,2	2	8,2	15,2	21,4	28	33,2	33,5	27,5	18,2	8,7	1,4
Kütahya	0,5	2,9	8,6	14,6	20,9	26,8	31,4	32	26,2	17,7	9	1,9
Lüleburgaz	4,5	6,6	11,5	18,7	27,2	34,2	37,5	36,8	30,7	20,6	11,9	5,7
Malatya	1,3	4,2	10,4	17,7	25	33	39,7	39,7	32,9	21,5	10,6	2,9
Manisa	7,6	9,6	14,9	21,6	30,2	37,6	41,6	41,1	35,2	25	15,1	8,8
Mardin	-0,2	1,8	7,6	14,4	22,4	32,9	39,8	39,1	31,7	19,7	9,2	2
Mersin	11,7	13,1	16,2	19,9	24,8	29,9	34,2	35	32,5	27,1	19	13,3
Merzifon	2,3	4,6	10,7	17,6	23,3	28,4	31,2	31,7	26,9	18,9	10,1	3,8
Muğla	6,4	7,7	12,1	17,4	24,8	32,7	38,1	38	31,9	22,8	13,3	7,5
Niğde	-1,4	0,6	6,8	13,5	19,7	26,2	31,8	32,2	26,2	16,9	7,7	0,7
Rize	6,9	7,7	10,4	15,5	20,4	26,9	30,7	31,1	26,1	19,3	13	8,3
Samsun	4,8	5,7	8,6	13,4	18,6	24,5	28,1	28,8	23,4	17,5	11,6	6,6
Sarıyer	3,4	4,3	7,6	13,5	18,4	25,1	27,5	27	22,2	16,1	10	5,2
Siirt	3,3	6,1	11,4	17,9	25,8	36,1	43,2	42,7	35,4	23,1	12,3	5,3
Silifke	10,6	12,1	16,8	22,3	29,4	34,8	38,4	38,7	35,4	28,5	18,5	12,1
Sinop	3,7	4	6,4	11,1	16,5	22,6	26,4	27,3	21,7	15,7	9,9	5,7
Sivas	-3,1	-1,2	5,6	13,6	19,4	25,2	31	32,2	26,2	17	6,8	-1,1
Şanlıurfa	7,7	10	15,9	22,5	31,9	40,5	46,5	46,1	39,3	28,4	16,9	9,4
Tekirdağ	2,8	4,1	7,5	13,8	19,6	26,2	29,6	29,5	24,1	16,8	9,8	4,6
Trabzon	5,9	6,1	8,2	13,7	18,6	24,9	28,8	29,1	23,9	17,6	11,6	7,3
Uşak	3	4,5	9,6	15,1	21,7	28,8	34,1	34,4	28	19,2	10,5	4,6
Van	-3,4	-1,7	2,7	9,6	15,8	22,5	28,7	28,8	22,4	13,7	4,8	-1,1
Yozgat	-3,1	-1	5	11,8	17,8	23	27,7	28,5	23	14,6	5,4	-1,4
Zonguldak	3,8	4,2	7,1	12,5	17,8	23,6	26,7	26,6	21,7	15,9	10,1	5,7

Ek 3. Çalışmada kullanılan istasyonların saat 21:00 FES değerleri (1975-2008).

İstasyon adı	Aylar											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Adana	2,4	3,5	7	11,3	15,3	19,3	22,8	23,1	20,3	15,2	8,4	3,9
Adapazarı	-0,9	-0,7	1,5	6,1	10,5	15	17,2	17	13,5	9,4	4,6	1
Adıyaman	-3	-1,7	2,8	8,3	13,7	19,9	25,7	25,1	18,9	11,9	4,1	-0,8
Afyon	-7,5	-6,2	-2,1	3,1	8,2	12,5	15,6	15,4	11	5,3	-1,1	-5,6
Ağrı	-19,2	-17,6	-10,7	-0,9	4,5	9,4	14,3	14,6	9,5	2	-6,2	-14,3
Akhisar	-1,5	-0,8	2,4	7,7	12,8	17,9	20,2	19,8	15,5	10	3,8	0,2
Alanya	4,7	4,8	7,2	10,8	15	19,3	22,6	22,9	19,7	14,8	9,5	6,3
Ankara	-7	-5,6	-1	4,6	9,2	13,3	17,1	16,8	11,9	6	-0,7	-5
Antakya	1,3	2,8	6,3	10,1	13,8	17,5	20,2	20,7	18,8	14,1	7,2	2,6
Aydın	1,1	2,2	4,9	8,9	13,9	19,2	22,5	20,9	16,6	11,8	6,1	2,5
Balıkesir	-2,7	-1,9	1,4	6,3	10,8	15,8	19,1	18,9	14,3	9,4	3,1	-1,1
Bandırma	-2,7	-2,6	-0,2	4,7	9,3	14,4	16,7	16,6	13,1	8,3	3	-0,7
Bilecik	-5	-4,3	-0,8	4,2	8,6	12,5	14,7	14,6	10,9	6,7	1,3	-3,1
Bodrum	3,4	3,4	5,6	9,1	13,9	18,8	21,9	21,6	17,8	13,3	8,3	5
Bolu	-6,1	-5,2	-2,1	3,2	7,5	11,2	13,7	13,6	9,6	5,2	-0,3	-4,1
Burdur	-5,3	-4,5	-0,9	3,9	9,1	14,2	17,8	17,5	12,8	7	0,5	-3,7
Bursa	-2	-1,4	1,2	6,1	10,8	15,7	18	17,8	13,7	8,8	3,4	-0,1
Cizre	-0,3	1,5	6	11,1	17,2	25,4	30,3	28,8	22,2	14,5	6,5	1,5
Çanakkale	-1,6	-1,6	0,7	5,3	10,4	15,8	18,6	18,3	14,3	9	3,9	0,4
Çankırı	-7	-5,9	-1,1	4,9	9,5	13,6	17,1	16,8	11,6	5,7	-1,3	-4,9
Çorum	-7,6	-6,6	-2,6	3,3	7,3	11	13,6	13,8	9,7	4,3	-1,8	-5,7
Dikili	0,4	0,7	3,5	8,2	13	18	20,6	19,9	16	11	5,6	2,2
Diyarbakır	-6,3	-4,6	0,8	6,3	11,2	18,5	24,9	23,7	17	9,3	0,9	-4,3
Edirne	-4,6	-3,3	0,5	6	11,5	16,1	18,4	17,8	13,5	7,5	1,6	-3
Elazığ	-8,5	-7,3	-1,8	4,5	9,6	15,4	20,4	19,9	13,9	6,8	-0,9	-6
Erzincan	-10,5	-9	-3	3,8	8,5	13,1	17,4	17,3	11,9	4,9	-2,3	-7,7
Erzurum	-19	-17,6	-10,8	-2,7	2,3	6,9	11,7	11,9	6,6	-0,3	-8,3	-15,5
Eskişehir	-7,7	-6,1	-2,2	3,7	7,8	11,7	13,9	13,7	10,4	4,4	-1,1	-5,9
Florya (İstanbul)	-1,7	-2,1	-0,2	4,4	9,2	14,3	16,8	16,8	13,2	8,9	4	0,4
Gaziantep	-3,9	-2,7	1,4	6,4	11,7	17	21,2	20,8	16	9,4	2,2	-2,2
Giresun	0,7	0,3	2	5,9	10,2	15	18,2	18,4	14,9	10,9	6,3	2,8
Göztepe (İstanbul)	-1,2	-1,6	0,3	5	9,5	14,6	16,9	17	13,2	8,8	4,3	0,8
Hakkâri	-12,2	-10,7	-5,5	1,2	7,3	13,8	18,7	18,6	13,8	6,1	-2,2	-8,9
Hopa	-1	-0,9	1,2	5,2	9,2	13,6	16,7	17	12,7	8,4	3,8	0,8
İğdır	-10,9	-7,8	-0,8	6,6	10,7	15,2	19,4	18,6	13,1	5,7	-2	-7,8
Isparta	-6,1	-5,2	-1,7	3,1	8,2	12,9	16,5	16,1	11,2	5,6	-0,7	-4,7
İnebolu	-2,2	-2,6	-0,8	3	7,3	11,9	14,9	14,9	11	6,8	2,7	-0,4
İskenderun	4,6	5,4	8,6	12,3	16,1	19,5	22,9	23,9	21,4	16,5	10,4	6,1
İzmir	1,2	1,4	4,4	8,7	13,9	19,1	22,3	21,7	17,2	12,1	6,3	2,8
İzmit	-0,4	-0,3	1,8	6,7	11	15,6	17,8	17,7	14,4	10,2	5,2	1,7

Ek 3.'ün devamı.

Kahramanmaraş	-1,8	-0,6	3,8	8,6	13,4	18	21,6	21,7	18,5	12,5	5	0,2
Kars	-19,4	-17,3	-10,4	-2,3	2,5	6,1	9,9	10,1	6,2	-0,5	-8,1	-15,3
Kastamonu	-8	-6,8	-3	2,8	7,3	11	14,1	13,8	9,2	3,8	-2,6	-6,4
Kayseri	-10,2	-8,1	-2,7	3,2	7,6	11,9	15,9	15,4	10,2	4,1	-3,1	-8,1
Kırşehir	-8,1	-7,1	-2,6	3,4	7,8	12,2	16,1	16	11	4,9	-1,8	-6,2
Konya	-8,1	-7	-2,4	3,2	7,9	12,4	16,2	15,7	11	4,8	-2,1	-6,4
Kütahya	-7	-6,2	-2,3	3	7,6	11,5	14	13,9	9,8	4,9	-0,9	-5,2
Lüleburgaz	-3,3	-3	0	5,1	10,5	15,4	17,6	17,1	13,1	7,9	2,2	-1,8
Malatya	-6,9	-5,4	-0,1	6,2	11,2	16,4	21,3	21	15,8	8,6	0,5	-4,7
Manisa	-0,5	0,4	3,7	8,4	13,8	19,2	22,2	21,5	16,9	11,4	5,1	1,2
Mardin	-5,3	-4,2	0,3	6,4	12,5	19,2	24,8	24	18,4	11,2	2,8	-3,1
Mersin	3,3	4,3	7,5	11,6	15,7	19,6	23,3	24	20,5	15,4	9,1	4,9
Merzifon	-5,7	-4,8	-0,7	4,5	8,3	11,6	13,9	14,2	10,8	6,4	0,7	-3,7
Muğla	-1,9	-1,6	1,3	5,4	10,8	16,1	19,6	19,1	14,8	9,1	3	-0,4
Niğde	-9	-7,8	-2,7	3,3	8	12,5	16,2	16	11	4,6	-2,2	-7,1
Rize	-0,9	-1	1,2	5,4	9,8	14,2	17,6	17,9	13,9	9,7	4,5	1
Samsun	-0,8	-0,9	0,9	4,6	9,3	14	17,2	17,6	13,9	9,7	4,8	1,3
Sarıyer	-1,7	-2	-0,1	4,3	8,6	13,7	16	16,3	13	8,8	4,1	0,6
Siirt	-4,2	-2,9	1,4	7,3	12,6	19,2	24,7	24	18,3	11	3,2	-2
Silifke	2,2	3	6,4	10,6	15,1	19,5	23	23,2	19,4	14,4	8,2	3,8
Sinop	-0,8	-1,5	-0,2	3,4	8,1	13,2	16,5	17	13,4	9,3	5	1,5
Sivas	-10,9	-9,6	-4,2	2,4	7	10,5	13,5	13,8	10	4,4	-2,6	-8
Şanlıurfa	-1,4	-0,3	4,1	9,3	15,4	21,8	27,3	26,4	20,2	13,4	5,4	0,2
Tekirdağ	-2,6	-2,6	0,2	5	9,9	14,7	17,3	17,2	13,3	8,4	3,3	-0,6
Trabzon	0,1	-0,2	1,6	5,6	9,8	14,4	17,8	17,9	14,3	9,9	5,3	2
Uşak	-5,5	-4,8	-1	3,7	8,9	13,4	17	16,9	12,2	6,3	-0,1	-3,8
Van	-12,3	-11,3	-6,5	0,2	5,4	10,7	15,2	14,8	9,5	2,8	-4,1	-9,3
Yozgat	-10,3	-9,4	-5,2	0,7	5,3	9,1	12	12,2	7,9	2,3	-4	-8,1
Zonguldak	-1,3	-1,7	0,2	4,4	8,5	13,1	15,5	15,5	11,9	8,1	3,9	0,6

Ek 4. Çalışmada kullanılan istasyonların aylık ortalama FES değerleri (1975-2008).

İstasyon adı	Aylar											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Adana	5,1	6,6	11,0	17,0	23,1	28,2	31,5	31,6	27,8	21,2	12,4	6,6
Adapazarı	0,7	1,4	5,0	11,2	17,0	22,4	24,5	24,0	19,3	13,2	6,9	2,7
Adıyaman	-1,0	0,8	6,2	12,9	20,2	28,0	33,7	32,9	25,9	16,8	7,2	1,1
Afyon	-5,8	-4,4	0,5	6,9	13,0	18,2	21,7	21,2	15,7	8,5	0,9	-3,8
Ağrı	-16,6	-14,3	-7,2	3,6	10,3	16,6	22,0	21,8	15,1	6,2	-3,2	-12,0
Akhisar	0,6	1,3	5,2	12,1	19,0	24,9	27,2	26,5	21,3	13,7	6,3	2,2
Alanya	7,3	7,6	10,9	16,0	21,8	27,2	30,5	30,3	26,4	20,0	12,9	8,9
Ankara	-5,4	-3,7	1,6	8,5	14,3	19,4	23,1	22,5	16,9	9,5	1,6	-3,4
Antakya	2,8	4,8	9,3	14,3	19,5	23,7	26,7	27,1	24,5	18,6	9,8	4,3
Aydın	3,3	4,5	8,3	13,8	20,8	27,4	30,7	28,8	23,2	16,6	9,0	4,7
Balıkesir	-1,0	0,0	4,3	11,0	17,1	22,6	25,5	24,9	19,4	12,5	5,4	0,5
Bandırma	-1,2	-0,9	2,2	8,3	13,5	19,4	21,4	20,9	16,4	10,6	4,7	0,7
Bilecik	-3,3	-2,4	2,0	8,6	14,4	19,3	21,9	21,3	16,4	10,3	3,3	-1,6
Bodrum	5,4	5,4	8,3	13,0	19,2	25,2	28,5	28,0	23,0	17,0	10,6	7,0
Bolu	-4,1	-2,9	1,1	7,7	13,2	17,4	20,3	19,8	14,9	8,6	2,1	-2,3
Burdur	-3,3	-2,3	2,2	8,4	15,4	21,4	25,3	24,7	18,8	10,9	3,0	-1,7
Bursa	-0,2	0,6	4,1	10,4	16,6	22,7	25,3	24,6	19,1	12,3	5,7	1,6
Cizre	1,8	4,1	9,4	16,2	24,0	33,5	38,7	37,0	29,7	19,9	9,9	3,7
Çanakkale	-0,2	-0,1	2,5	8,2	14,4	20,8	23,8	23,1	17,7	11,1	5,5	1,7
Çankırı	-5,1	-3,5	2,2	9,9	16,7	21,8	25,7	24,7	18,2	10,2	1,3	-3,1
Çorum	-5,5	-4,3	1,0	8,6	14,7	19,4	22,2	21,7	16,4	8,7	0,9	-3,7
Dikili	2,5	2,9	6,0	11,3	17,1	23,1	26,3	25,1	20,0	13,9	7,9	4,2
Diyarbakır	-3,9	-1,7	4,5	11,7	18,7	26,8	33,3	31,8	24,3	14,5	4,5	-1,8
Edirne	-2,8	-1,2	3,2	10,2	17,3	23,0	25,4	24,2	18,6	10,7	3,9	-1,2
Elazığ	-6,7	-4,9	1,3	9,1	15,7	22,9	28,5	27,5	20,4	11,2	1,9	-4,2
Erzincan	-8,4	-6,2	0,5	8,6	14,9	20,5	25,5	25,3	19,0	10,0	0,8	-5,7
Erzurum	-16,7	-14,9	-7,8	1,3	7,5	13,0	17,9	17,9	11,7	3,3	-5,6	-13,3
Eskişehir	-6,2	-4,1	0,5	7,8	13,0	17,9	20,5	20,1	15,8	7,9	0,8	-4,3
Florya (İstanbul)	0,0	-0,1	2,8	8,8	14,7	21,0	23,6	23,1	18,2	12,1	6,1	2,0
Gaziantep	-1,5	0,3	5,6	12,2	19,4	25,9	30,5	29,9	24,2	15,7	6,2	0,3
Giresun	2,5	2,7	5,7	10,9	16,0	21,8	25,0	25,1	20,2	14,5	8,6	4,5
Göztepe (İstanbul)	0,4	0,3	3,2	9,3	14,8	21,0	23,5	22,9	18,0	11,8	6,3	2,3
Hakkâri	-10,0	-7,9	-1,8	5,9	13,3	21,2	27,1	26,7	20,3	10,4	0,6	-6,9
Hopa	0,8	1,5	4,9	10,4	15,8	21,1	24,0	23,7	18,3	12,6	6,7	2,5
İğdır	-8,5	-4,8	2,9	11,8	17,9	23,7	28,5	27,6	20,9	11,2	1,8	-5,4
Isparta	-4,1	-3,3	1,1	7,4	14,3	20,3	24,5	23,8	17,7	9,7	1,8	-2,7
İnebolu	-0,4	-0,5	2,0	7,0	12,6	17,7	20,8	20,2	15,2	10,0	4,9	1,4
İskenderun	6,4	7,7	11,5	16,3	21,7	25,9	28,8	29,7	27,0	20,9	13,0	7,9
İzmir	3,0	3,5	6,9	12,6	18,9	25,4	28,3	27,2	21,8	15,3	8,6	4,6

Ek 4.'ün devamı.

İzmit	1,5	1,7	4,8	10,8	16,6	22,2	24,7	24,3	19,7	13,5	7,2	3,3
Kahramanmaraş	0,4	2,5	8,0	14,4	20,9	26,3	30,6	30,4	26,0	18,4	8,6	2,5
Kars	-17,2	-14,9	-7,6	1,5	7,1	12,0	16,4	16,4	10,7	2,9	-5,7	-13,5
Kastamonu	-6,0	-4,4	0,5	7,6	13,7	18,6	21,5	20,4	14,7	7,8	0,0	-4,5
Kayseri	-7,8	-5,7	0,5	7,8	13,9	19,6	23,8	23,4	16,8	8,4	0,0	-5,7
Kırşehir	-6,3	-5,2	0,1	7,2	12,8	17,8	21,5	21,2	15,7	8,4	0,5	-4,4
Konya	-6,1	-4,8	0,8	8,2	14,1	19,4	22,9	22,4	17,1	9,3	0,7	-4,4
Kütahya	-5,1	-3,9	0,8	7,2	13,3	18,2	21,2	20,9	15,5	8,6	1,5	-3,3
Lüleburgaz	-1,3	-0,5	3,4	10,3	17,9	24,0	26,3	25,0	19,2	11,6	4,9	0,4
Malatya	-4,6	-2,3	3,8	11,5	18,0	24,5	29,5	29,0	22,8	13,7	3,9	-2,4
Manisa	1,5	2,5	6,6	13,1	20,3	26,7	29,6	28,4	22,8	15,1	7,4	3,1
Mardin	-3,8	-2,4	2,8	9,7	16,7	24,4	30,5	29,8	23,4	14,3	5,0	-1,6
Mersin	5,4	6,6	10,5	15,6	20,7	25,6	29,4	29,7	25,8	19,6	12,0	7,0
Merzifon	-3,4	-2,1	3,4	10,6	16,1	20,5	22,6	22,4	17,9	11,1	3,5	-1,5
Muğla	0,0	0,5	4,1	9,6	16,2	22,4	26,2	25,6	20,2	13,0	5,3	1,4
Niğde	-7,2	-5,8	-0,2	6,8	12,8	18,0	21,7	21,3	15,7	8,0	0,3	-5,2
Rize	1,6	2,1	5,2	10,8	16,3	21,8	25,0	24,8	19,6	13,8	7,6	3,3
Samsun	0,8	1,2	3,9	9,0	14,5	20,1	23,3	23,3	18,1	12,7	7,0	2,8
Sarıyer	-0,2	-0,2	2,5	8,3	13,7	19,8	21,9	21,4	16,9	11,4	5,8	1,9
Siirt	-2,0	0,1	5,5	12,5	19,5	28,1	33,7	32,6	25,7	15,8	6,4	0,2
Silifke	4,5	5,5	9,8	15,4	21,8	27,1	30,2	29,8	25,3	19,3	11,4	6,1
Sinop	0,6	0,3	2,4	7,0	12,4	18,1	21,5	21,9	17,1	11,8	6,5	2,7
Sivas	-8,9	-7,3	-0,7	7,1	12,8	17,6	21,5	21,5	16,5	8,9	0,0	-6,3
Şanlıurfa	1,1	2,9	8,3	14,9	22,8	30,1	35,3	34,3	27,8	19,0	9,2	2,9
Tekirdağ	-1,2	-0,9	2,3	8,6	14,7	20,5	23,2	22,3	17,2	11,0	5,1	0,8
Trabzon	1,7	1,9	4,4	9,8	14,9	19,9	23,1	22,6	18,1	12,8	7,4	3,5
Uşak	-3,2	-2,5	1,9	8,2	14,7	20,4	24,0	23,5	17,6	10,1	2,7	-1,5
Van	-9,5	-8,0	-2,8	4,9	11,2	17,4	22,5	21,5	15,3	7,2	-0,9	-6,6
Yozgat	-8,3	-7,0	-1,8	5,3	11,2	15,6	18,4	18,6	13,5	6,5	-1,2	-6,2
Zonguldak	0,2	0,0	2,7	8,2	13,6	18,9	21,5	20,8	16,1	11,0	5,8	2,1

Ek 5. Ankara 'daki istasyonların saatlik ortalama FES değerleri (2001-2010).

Ay	İstasyon	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
I	Aoç	-7,7	-8,0	-8,3	-8,5	-8,7	-9,0	-9,1	-9,2	-8,2	-4,5	-0,5	1,4	2,3	3,6	3,3	2,0	-0,6	-3,5	-5,0	-5,8	-6,4	-6,8	-7,2	-7,4
	Emek	-6,2	-6,5	-6,7	-6,9	-7,0	-7,2	-7,4	-7,5	-6,8	-4,2	-0,9	1,5	3,0	3,5	2,8	1,3	-1,2	-3,9	-4,7	-5,1	-5,4	-5,6	-5,9	-6,1
	Cebeci	-5,8	-6,0	-6,4	-6,6	-6,7	-7,0	-7,3	-7,4	-6,9	-3,8	0,5	4,0	5,7	6,2	4,5	3,1	-0,6	-3,3	-4,0	-4,4	-4,7	-5,0	-5,3	-5,5
	Yenikent	-7,9	-8,1	-8,3	-8,6	-8,7	-8,9	-9,1	-9,2	-8,4	-4,5	-0,6	1,5	2,7	2,7	1,6	-0,1	0,1	-3,8	-5,3	-6,0	-6,5	-7,0	-7,3	-7,6
	Şeker	-7,8	-8,1	-8,3	-8,6	-8,9	-9,0	-9,2	-9,3	-8,6	-4,9	-0,7	1,0	2,3	2,8	2,0	0,3	-2,2	-4,3	-5,6	-6,2	-6,5	-6,9	-7,1	-7,6
	Gar	-6,5	-6,8	-7,0	-7,2	-7,5	-7,7	-7,9	-8,1	-7,8	-6,5	-4,1	-1,9	0,0	1,0	0,8	-0,7	-3,0	-4,5	-5,0	-5,3	-5,7	-5,9	-6,2	-6,4
II	Aoç	-6,5	-7,0	-7,4	-7,5	-7,4	-7,8	-8,4	-8,5	-5,2	0,0	4,5	8,6	10,9	12,0	11,1	8,8	5,3	1,7	-1,6	-3,0	-4,1	-4,8	-5,3	-5,7
	Emek	-4,4	-4,7	-4,9	-5,1	-5,3	-5,6	-5,8	-5,8	-4,0	0,2	3,8	6,2	7,4	7,5	6,9	5,6	3,4	0,3	-1,8	-2,3	-2,8	-3,1	-3,5	-3,9
	Cebeci	-3,8	-4,1	-4,5	-4,7	-4,9	-5,2	-5,3	-5,4	-3,4	1,6	6,0	8,4	9,8	9,8	8,9	7,4	4,2	0,8	-0,9	-1,5	-1,9	-2,4	-2,8	-3,1
	Yenikent	-6,9	-7,3	-7,5	-7,8	-8,0	-8,2	-8,4	-8,4	-5,0	0,2	3,1	5,2	5,8	6,0	4,9	3,7	1,5	0,4	-2,9	-4,0	-4,6	-5,2	-5,9	-6,1
	Şeker	-6,2	-6,5	-7,0	-7,3	-7,7	-7,9	-8,1	-7,9	-4,7	0,3	3,2	5,4	6,3	6,7	6,1	4,9	2,4	-0,5	-2,4	-3,3	-4,0	-4,5	-5,1	-5,6
	Gar	-5,8	-6,1	-6,5	-6,8	-7,1	-7,4	-7,6	-7,7	-5,9	-3,5	-0,5	2,1	3,9	4,7	4,6	2,7	0,3	-1,7	-2,9	-3,4	-3,8	-4,3	-4,8	-5,1
III	Aoç	-1,8	-2,5	-3,1	-3,6	-4,0	-4,4	-4,9	-3,5	2,4	9,2	13,3	15,6	16,4	16,9	16,2	14,6	12,0	8,6	4,8	2,6	1,1	0,1	-0,6	-1,2
	Emek	-0,3	-0,8	-1,1	-1,5	-1,8	-2,1	-2,4	-1,0	3,1	7,5	10,6	12,4	13,4	13,6	13,3	11,9	9,9	7,2	4,0	2,7	1,9	1,2	0,6	0,2
	Cebeci	0,2	-0,3	-0,7	-1,1	-1,5	-1,8	-2,1	-1,2	4,2	9,9	13,2	14,9	15,7	15,9	15,3	13,8	11,3	7,7	4,7	3,6	2,8	2,1	1,4	0,8
	Yenikent	-3,0	-3,4	-3,9	-4,5	-4,9	-5,3	-5,6	-3,4	2,7	7,5	10,0	11,3	12,0	12,0	11,7	10,2	8,4	7,6	4,0	1,5	0,1	-0,8	-1,5	-2,2
	Şeker	-2,4	-3,0	-3,6	-4,2	-4,6	-5,0	-5,3	-3,2	3,0	7,2	10,3	12,0	12,8	13,1	12,8	11,5	9,3	6,5	3,9	1,8	0,4	-0,4	-1,1	-1,8
	Gar	-0,7	-1,1	-1,5	-2,0	-2,4	-2,7	-3,0	-2,2	1,1	4,2	7,4	9,4	10,3	10,8	10,7	9,7	8,1	5,7	3,2	2,3	1,6	1,0	0,3	-0,1
IV	Aoç	2,7	2,1	1,6	1,0	0,7	0,2	-0,3	1,2	7,8	14,7	19,6	22,8	24,3	24,9	25,3	24,4	22,3	18,9	14,6	10,2	7,2	5,6	4,5	3,6
	Emek	4,4	3,9	3,4	2,9	2,5	2,2	1,9	2,9	8,2	13,4	16,6	18,8	20,1	20,6	20,6	19,9	18,6	16,0	12,5	9,4	7,2	6,4	5,7	5,1
	Cebeci	4,8	4,1	3,5	3,0	2,5	2,0	1,6	2,4	9,2	14,9	19,1	21,1	22,0	22,1	21,5	21,3	20,0	16,7	12,8	9,9	7,8	6,8	6,2	5,5
	Yenikent	2,1	1,4	0,9	0,2	-0,3	-0,6	-0,9	0,8	7,0	12,7	15,9	16,9	17,7	18,4	18,4	17,9	16,4	13,7	13,4	9,4	6,3	4,8	3,9	3,0
	Şeker	2,3	1,7	1,1	0,4	-0,2	-0,6	-0,8	0,9	7,5	12,8	16,1	17,4	18,5	18,9	19,0	18,6	17,2	14,7	11,8	10,2	6,4	4,9	3,9	3,1
	Gar	4,1	3,5	3,1	2,6	2,3	1,9	1,7	3,1	7,2	10,6	13,2	15,2	16,2	16,9	17,0	16,8	16,1	13,5	10,8	8,1	6,8	6,1	5,3	4,7
V	Aoç	7,7	6,9	6,2	5,4	5,0	4,4	3,8	8,8	17,9	24,3	28,7	32,2	33,7	34,6	34,8	34,5	32,1	28,2	24,0	18,5	14,0	11,4	9,7	8,7
	Emek	10,0	9,4	8,9	8,3	7,8	7,3	7,0	10,9	18,0	22,3	25,1	27,5	29,1	29,6	30,0	29,8	28,3	25,4	21,9	17,8	14,0	12,4	11,6	10,8
	Cebeci	10,5	9,6	8,8	8,2	7,6	7,0	6,6	12,8	21,0	26,4	30,6	32,9	34,1	34,3	35,0	34,3	31,9	28,3	24,5	19,3	14,9	13,3	12,4	11,5
	Yenikent	7,4	6,7	5,8	5,1	4,5	3,9	3,6	9,3	16,5	21,9	24,0	24,8	26,5	27,4	28,0	27,7	25,8	23,3	22,7	17,7	13,9	11,1	9,8	8,7
	Şeker	8,0	7,1	6,1	5,2	4,6	3,9	3,5	8,3	16,5	22,0	25,1	26,8	27,7	27,9	28,0	27,7	26,5	24,1	20,5	18,9	13,7	11,2	9,9	9,0
	Gar	9,3	8,7	8,1	7,5	7,1	6,7	6,3	10,2	14,7	18,1	20,5	22,2	23,6	24,3	24,8	24,6	23,6	21,8	19,1	15,5	12,9	11,8	10,8	10,1
VI	Aoç	12,0	11,1	10,1	9,4	8,7	8,0	7,6	13,6	22,7	28,7	32,7	36,1	38,0	39,1	39,6	39,1	37,0	33,5	29,7	24,4	18,7	15,9	14,3	13,0
	Emek	14,1	13,4	12,8	12,2	11,6	11,2	11,0	16,8	21,6	27,3	30,2	32,6	34,5	35,4	35,8	35,3	33,6	31,2	27,8	23,8	18,9	16,9	15,9	14,9
	Cebeci	14,4	13,7	13,0	12,2	11,6	11,1	11,1	17,9	24,7	29,7	33,7	36,4	37,9	38,8	39,4	38,1	36,1	33,0	29,3	24,5	19,7	17,3	16,1	15,2
	Yenikent	11,8	11,1	10,3	9,5	8,8	8,2	8,2	15,2	22,1	26,4	29,0	30,0	32,0	33,5	34,5	33,8	32,1	29,5	25,5	24,2	19,0	15,5	13,9	12,8
	Şeker	12,5	11,6	10,6	9,6	8,9	8,2	7,8	13,8	21,2	27,2	30,1	31,8	32,8	33,5	33,6	33,1	31,9	28,9	25,1	22,2	18,7	16,0	14,4	13,4
	Gar	13,2	12,5	11,9	11,2	10,6	10,2	10,0	14,3	18,6	22,3	24,8	26,7	29,0	29,6	30,0	29,8	29,3	27,9	25,3	21,6	17,8	16,2	15,1	14,1

Ek 5'in devamı.

Ay	İstasyon	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
VII	Aoç	15,7	14,7	13,7	12,8	12,1	11,3	10,4	15,1	23,4	30,4	34,5	38,1	40,6	41,9	42,9	42,8	41,1	38,7	35,0	29,2	22,9	19,6	18,0	16,8
	Emek	16,9	16,2	15,5	14,8	14,2	13,7	13,2	17,7	23,3	29,1	32,1	34,9	37,1	38,6	39,5	39,4	38,3	36,0	32,3	27,7	22,1	19,9	18,8	17,8
	Cebeci	17,5	16,6	15,7	15,0	14,2	13,6	13,1	18,7	25,4	30,6	34,5	38,6	40,8	42,0	43,2	42,7	41,4	38,5	34,2	28,9	22,8	20,4	19,5	18,3
	Yenikent	15,0	14,1	13,3	12,4	11,6	10,9	10,4	16,4	23,4	28,6	30,9	32,1	35,1	37,3	38,7	38,5	37,6	35,6	31,3	28,0	23,6	19,3	17,5	16,2
	Şeker	15,7	14,7	13,6	12,8	12,0	11,1	10,4	14,4	21,6	29,0	32,3	34,2	35,7	36,8	37,2	37,3	36,8	34,6	29,9	26,8	22,5	19,3	17,7	16,6
	Gar	16,3	15,4	14,7	14,0	13,4	12,8	12,4	15,9	20,7	24,9	27,9	30,1	31,7	32,9	33,5	33,7	33,6	32,8	30,1	25,5	21,3	19,6	18,3	17,3
VIII	Aoç	15,5	14,7	13,9	13,0	12,1	11,3	10,6	12,5	20,9	29,9	35,4	40,0	43,1	44,8	45,7	44,9	41,8	38,9	34,0	26,8	21,7	18,9	17,4	16,3
	Emek	17,8	17,1	16,5	15,8	15,2	14,7	14,3	15,3	22,2	28,2	32,1	35,3	37,6	39,1	39,9	40,2	39,1	36,3	32,1	26,3	22,2	20,5	19,4	18,6
	Cebeci	17,8	17,0	16,3	15,7	15,0	14,5	13,9	15,1	22,3	28,6	33,2	37,0	40,1	41,2	41,8	41,5	39,8	36,5	31,3	26,1	21,8	20,1	19,1	18,4
	Yenikent	16,0	15,1	14,2	13,4	12,6	12,0	11,4	13,8	22,0	27,7	32,0	33,4	36,3	38,6	40,2	40,3	38,9	35,9	33,6	26,9	22,6	19,6	18,0	16,9
	Şeker	16,1	15,2	14,3	13,4	12,7	11,9	11,1	12,2	20,2	28,9	32,5	35,1	36,7	37,7	38,4	38,6	38,0	36,0	31,9	29,2	22,2	19,3	18,0	17,0
	Gar	17,3	16,5	15,8	15,2	14,5	13,9	13,4	14,3	19,2	23,5	26,6	29,2	31,2	32,4	33,1	33,5	33,6	32,4	29,5	24,5	22,0	20,3	19,0	18,1
IX	Aoç	9,8	9,1	8,5	7,9	7,0	6,4	6,1	5,9	12,3	22,1	28,4	33,0	35,6	36,9	36,5	33,7	30,8	28,1	23,6	18,2	14,7	12,8	11,4	10,5
	Emek	12,5	11,9	11,4	10,8	10,4	9,9	9,5	9,3	15,1	21,3	25,4	29,0	31,2	32,4	32,5	31,8	29,9	26,9	21,6	17,3	15,5	14,6	13,7	13,0
	Cebeci	11,9	11,4	10,7	10,1	9,6	9,2	8,8	8,6	13,8	21,4	26,7	31,0	33,5	34,5	34,6	33,6	31,0	25,7	20,4	17,2	15,5	14,3	13,4	12,5
	Yenikent	10,0	9,2	8,5	7,8	7,3	6,7	6,2	6,1	13,4	20,0	25,0	26,9	29,5	31,1	31,4	30,7	28,5	30,3	21,6	17,4	14,6	12,8	11,6	10,7
	Şeker	10,2	9,4	8,6	7,8	7,1	6,5	6,0	5,8	12,9	22,0	26,4	29,5	31,3	32,1	32,2	31,6	30,0	26,9	25,0	18,2	14,4	12,9	11,9	11,0
	Gar	12,1	11,5	10,9	10,3	9,7	9,3	8,9	8,7	12,9	17,3	20,3	23,5	25,3	26,6	27,1	27,0	26,0	24,2	20,3	17,2	15,7	14,5	13,5	12,7
X	Aoç	3,5	3,0	2,5	2,0	1,3	0,9	0,8	0,6	2,8	9,1	15,4	21,2	24,4	25,1	24,3	22,5	19,3	15,7	12,9	8,9	6,9	5,6	4,7	4,0
	Emek	7,6	7,1	6,6	6,2	5,8	5,4	5,1	4,8	7,3	13,4	17,7	21,1	23,2	24,1	24,0	22,9	20,6	17,0	13,2	10,9	10,0	9,3	8,6	8,0
	Cebeci	7,7	7,2	6,6	6,2	5,7	5,4	5,0	4,8	6,4	13,4	19,2	23,1	25,3	25,8	25,4	23,8	19,9	15,1	13,0	11,2	10,2	9,4	8,7	8,1
	Yenikent	4,6	4,0	3,4	2,9	2,4	1,9	1,6	1,2	4,6	12,2	17,8	20,0	22,2	22,9	22,7	21,4	21,4	20,1	13,1	9,9	8,3	7,1	6,0	5,2
	Şeker	5,3	4,6	3,8	3,2	2,6	2,2	1,8	1,6	4,5	13,1	18,7	21,7	23,3	23,9	23,7	22,6	19,4	16,4	13,7	10,1	8,5	7,5	6,6	5,8
	Gar	7,3	6,7	6,2	5,6	5,2	4,8	4,5	4,2	5,9	9,9	12,2	15,0	17,7	19,0	19,2	18,7	14,8	13,6	12,2	11,0	9,9	9,1	8,3	7,7
XI	Aoç	-1,7	-2,1	-2,6	-2,9	-3,3	-3,6	-3,8	-3,8	-0,9	4,3	8,3	11,2	13,8	15,4	13,7	11,9	9,4	6,4	3,3	1,6	0,5	-0,2	-0,8	-1,3
	Emek	1,3	0,9	0,5	0,2	-0,1	-0,4	-0,6	-0,8	1,1	5,5	9,7	12,6	14,2	14,8	14,1	11,9	9,0	6,2	4,4	3,7	3,1	2,6	2,0	1,5
	Cebeci	0,8	0,3	-0,1	-0,5	-0,9	-1,1	-1,4	-1,6	0,2	4,9	10,4	14,7	16,7	16,6	15,0	12,2	8,8	6,3	4,8	3,8	3,1	2,4	1,8	1,1
	Yenikent	-2,3	-2,8	-3,2	-3,5	-3,8	-4,1	-4,5	-4,5	-1,3	4,2	8,9	11,9	13,6	13,6	12,5	10,4	11,2	6,2	3,0	1,4	0,3	-0,6	-1,4	-2,1
	Şeker	-1,2	-1,7	-2,3	-2,7	-3,0	-3,4	-3,5	-3,6	-1,1	3,7	8,8	11,4	13,0	13,2	12,6	10,7	7,6	5,6	3,2	1,9	1,1	0,5	-0,3	-0,9
	Gar	0,8	0,4	-0,1	-0,5	-0,9	-1,2	-1,4	-1,5	-0,6	1,3	4,0	7,0	9,4	10,5	10,1	8,0	5,9	5,0	4,1	3,4	2,7	2,1	1,5	1,1
XII	Aoç	-6,2	-6,5	-6,6	-6,8	-7,4	-7,5	-7,5	-7,6	-6,2	-3,1	0,9	3,5	4,5	4,6	4,6	3,7	1,0	-1,3	-3,2	-4,2	-4,8	-5,3	-5,8	-6,0
	Emek	-4,0	-4,2	-4,4	-4,6	-4,8	-4,9	-5,2	-5,2	-4,2	-1,7	1,6	3,8	5,4	5,8	5,1	3,4	0,7	-1,3	-2,1	-2,5	-2,9	-3,2	-3,5	-3,9
	Cebeci	-4,3	-4,6	-5,0	-5,3	-5,8	-5,0	-5,4	-5,4	-4,5	-1,1	2,1	4,9	6,8	6,8	4,6	2,8	0,1	-1,2	-1,8	-2,1	-2,7	-3,2	-3,8	-4,3
	Yenikent	-6,4	-6,7	-6,9	-7,2	-7,2	-7,5	-7,7	-7,7	-6,8	-3,1	0,8	3,4	4,5	4,8	3,5	1,9	1,8	-2,0	-3,6	-4,3	-5,2	-5,6	-6,0	-6,3
	Şeker	-5,4	-5,8	-6,0	-6,3	-6,5	-6,6	-6,8	-6,8	-6,0	-2,4	1,8	3,9	5,1	5,0	4,5	2,9	0,3	-1,3	-2,8	-3,4	-3,8	-4,3	-4,7	-5,1
	Gar	-6,0	-6,3	-6,4	-6,5	-6,7	-6,7	-6,9	-7,0	-6,5	-5,4	-3,1	-1,3	0,0	0,6	-0,1	-1,4	-3,2	-4,2	-4,6	-4,9	-5,1	-5,5	-5,7	-6,1

ÖZET

Türkiye'nin biyoklimatik koşulları, 1975-2008 dönemine ait 69 istasyon verisi kullanılarak enlem, yükselti ve denizellik özellikleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Aylık ortalama fizyolojik eşdeğer sıcaklıkların (FES) alansal dağılımında çoklu çizgisel regresyon modeli kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalara göre Türkiye'nin güneyi ve batısındaki kıyı kuşağı ile alçak alanların (vadi tabanları ve ovalar) FES'leri diğer alanlardan 5°C-25°C daha yüksektir. Kabaca kuzey güney yönlü uzanan dağ kütlelerinin FES'leri çevrelerindeki alçak alanlardan 10°C-30°C daha düşüktür. En yüksek FES değerleri, mayıs-eylül arasında güneydoğudaki alçak alanlarda, ekim-nisan arasında ise Akdeniz kıyısında görülmektedir. En düşük FES değerleri, sıcak dönemde, daha kuzeyde ve daha denizel olan Kaçkar Dağları zirvelerinde, soğuk dönemde, daha karasal ve daha yüksekte olan Büyük Ağı Dağı zirvesinde ortaya çıkmaktadır. Enlem, denizellik, yükselti arttıkça FES değerleri azalmaktadır. Yıllık ortalama FES değerleri, kuzeye doğru her 1° enlemde 1,3°C, 100 m'lik yükselti artışında 0,71°C azalmakta, denizden uzaklaştıkça her 100 km'de 1,08°C artmaktadır. Şehirleşmenin biyoklimatik koşullar üzerine etkisi Ankara ölçeğinde analiz edildiğinde, şehir içi yüksek bina yoğunluğuna sahip alanlar, günün büyük bir bölümünde diğer arazi dokusuna sahip alanlardan daha yüksek FES değerlerine sahiptir. Bu alanlar ile orman içi açık alanlar arasında 0,4°C-1,2°C, parklar arasında 2,2°C-3°C, banliyöler arasında 1,4°C-2,2°C, kırsal alanlar arasında 1,7°C-2,5°C günlük ortalama FES farkları bulunmaktadır. Farklar mayıs-eylül arası dönemde artmakta, ekim-nisan arası dönemde ise azalmaktadır. Şehrin değişik dokularında FES farkları gece saatlerinde gündüze göre daha belirgindir.

ABSTRACT

The bioclimatic conditions of Turkey have been carried out by the multi linear regression analysis of latitude, elevation and maritime parameters and monthly mean physiologically equivalent temperatures (PET) between 1975 and 2008. It is concluded that the coastal areas and lowlands (valleys and plains) has higher (5°C-25°C) PET values than the other parts of the country. The mountain ranges of the Anatolia Peninsula have lower (10°C-30°C) PET values than their lower environs. The highest PET values have been observed at the terrestrial lowlands which is located in the southeastern parts of the country during the warm period (from May to September) and at the Mediterranean Sea coast during the cool period (from October to April). While for the warm period the lowest PET values have been calculated at the Kaçkar Mountains where is located further north and more maritime, it's calculated at Great Ararat Mountains peak for the cool period. Furthermore, as a result it is found that when latitude, elevation and maritime values increase, the PET values of the location decrease. For the 1° increase of latitude value, the annual PET means decreases 1,3°C, for the 100 m the decreasing amount of the annual PET means is 0,71°C and for each 100 km from the coast the annual PET means increase 1,08°C. At the end of the analyses of impact of urbanization on the bioclimatic conditions it is concluded that the areas which have higher built density in urban have greater PET values than the other land use classes during the most of the day. These daily mean PET difference between these areas and the grasslands is 0.4°C-1.2°C, the parks is 2.2°C-3°C, suburban is 1.4°C -2.2°C, rural is 1.7°C -2.5°C. The differences increase during night and from May to September, and decrease during daytime and from October to April.