



Firat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi
Firat University Journal of Social Science
Cilt: 15, Sayı: 2, Sayfa:1-16, ELAZIĞ-2005

ANKARA'DA ŞEHİR VE KIRSAL SICAKLIK FARKLARINDAKİ DEĞİŞİKLİKLER (1970-2002)

*Variation in Urban and Rural Temperatures Differences in Ankara
(1970-2002)*

İhsan ÇİÇEK

*Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara.
cicek@humanity.ankara.edu.tr.*

ÖZET

Bu çalışmada şehirleşmenin sıcaklık üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla şehir özelliği taşıyan Ankara Meteoroloji İstasyonu (AMİ) ve kırsal özellikler taşıyan Esenboğa Meteoroloji İstasyonlarının (EMİ) 1970-2002 yılları arasına ait saatlik verileri incelenmiştir. Buna göre gündüz saatlik sıcaklık farklarında azalma, akşam sıcaklık farklarında artma eğilimleri saptanmıştır. Aylık ortalama sıcaklık farkları incelendiğinde ılıman kuşak şehirlerinde olduğu gibi Ankara'da da yaz ve sonbahar mevsimlerinde şehir ısı adalarının geliştiği saptanmıştır. Bununla birlikte kış aylarında da şehir ısı adası gelişmektedir. Bunda Ankara'nın jeomorfolojisi ve buna bağlı olarak gelişen çanak terselmelerinin önemli etkisi vardır. Saatlik sıcaklık farklarının sıklık dağılımlarında bütün sıklıklarda pozitif tarafa yönelimler saptanmıştır. Bu durum sıcaklık farklarında şehirleşme etkisini kanıtlayan önemli bir bulgudur.

Anahtar Kelimeler: Ankara, şehir iklimi, şehir ısı adası, sıcaklık farklılığı.

ABSTRACT

In this study, effects of urbanization on the temperature have been investigated. For this purpose, hourly temperatures recorded by Ankara Meteorology Station (AMİ) which is located in the city and by Esenboğa Meteorology Station (EMİ) which is located in a rural area near Ankara in the period of 1970-2002 have been analyzed. These analyses show that day time temperature differences decreased and night temperature differences have increased in time. From the analysis of monthly temperature differences it was observed that the urban heat islands form in summer and autumn seasons, in Ankara as in temperature latitude cities. Urban heat islands are also seen in winter months. On this, geomorphology of Ankara and valley inversion plays important roles. In this distribution of temperature differences, a positive variation was observed. This is proof of urbanization on temperature differences.

Key Words: Ankara, urban climate, urban heat island, temperature differences.

GİRİŞ

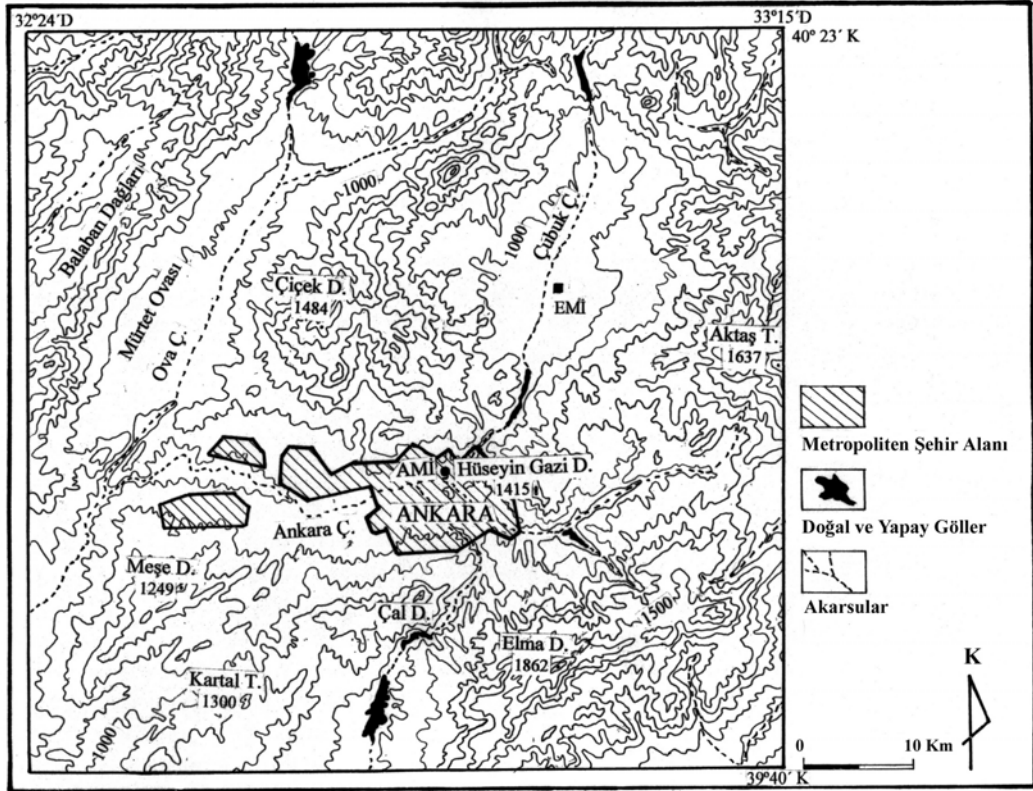
Şehirleşmeden en çok etkilenen iklim elemanı sıcaklıktır. Şehirleşme sonucunda sıcaklıklarda belirgin bir artış görülmektedir. Şehir ile kırsal alanlar arasında sıcaklık farklılığı ($\Delta T_{(ş-k)}$) sinoptik koşullara bağlı olarak gelişir. $\Delta T_{(ş-k)}$ açık ve sakin hava koşullarında büyürken, bulutlu ve rüzgarlı havalarda kaybolmaktadır. $\Delta T_{(ş-k)}$ gelişiminde farklı topografik özellikler, yerel iklim, ışınım akısı ve türbülans değişimleri gibi farklılıklar önemlidir. Şehir ve çevresindeki kırsal alanlar arasındaki yüzey sıcaklık farklılığı şehir ısı adası (ŞIA) olarak tanımlanır (Landsberg 1981). ŞIA, şehirlerin doğal yüzey yapısının değiştirilip asfalt ve çimento ile kaplanması, yeşil alanların ve yüzey neminin azalması, binalardan kaynaklanan kanyon etkisinin bir sonucudur (Chandler 1965, Landsberg 1981). Bu etki genellikle pozitifdir. ŞIA gündüz ve gece görülmekle birlikte genellikle geceleri daha yoğun olarak oluşur.

$\Delta T_{(ş-k)}$ Ankara şehri, Ankara Çayı ve kollarının oluşturduğu Ankara ovası üzerinde kurulmuştur. 850-900 metre ortalama yükseltiye sahip Ankara Ovası doğu, kuzey ve güney yönlerinden kapalı, batıya açıktır. Çevresindeki dağların ortalama yükseltisi ise 1250-1500 metre arasında değişmektedir. Şehir ilk kurulduğu yıllarda ovanın doğu kenarında kaleyi çevrelemektedir. Bu durum koşulların uygun olduğu dönemlerde şehirlerin etrafa yayılması, uygun olmadığı dönemlerde kaleye çekilmesi olayının bir örneğidir (Erol 1976). Cumhuriyetin ilk yıllarında Ankara'ya gelenler daha çok ova tabanı ve alçak sekiler üzerine yerleşmişleridir. Resmi ve büyük sosyal yapıların yönelimi de bu yöndedir. 1950'li yıllarda sonra yaşanan hızlı nüfus artışı sonucunda ova tabanından yüksek sekilere, yamaçlara hatta şehirleşme açısından uygun olmayan kayalık alanlara doğru yayılmıştır (Erol 1973). Bu hızlı nüfus artışı sonucunda yerleşmeye uygun olmayan alanlar gecekondu ile dolmuştur (Şekil 1).

Thornthwaite tarafından yapılan iklim sınıflamasına göre Ankara yazları şiddetli su açığı bulunan, birinci dereceden mezotermal, deniz etkisine yakın, yarı kurak ($D B'_1 s_2 b'_3$) bir iklim tipine sahiptir (Çiçek 1996). Yine Ankara ve çevresinde yıllık ortalama sıcaklıklar yılın 3 ayında 20.0 °C üzerinde, 4 ayında 10.0-20.0 °C arasında, 5 ayında ise 10.0 °C altındadır (Çiçek 2000).

Ankara ve yakın çevresini kış mevsiminde cephe geçişleriyle aralanan antisiklonik koşullar etkilemektedir. Antisiklonik koşulların hakim olduğu dönemlerde açık gökyüzü, sakin koşullar ve yağışsız bir hava durumu yaşanır. Bu koşullar sıklıkla sıcaklık terselmesine sebep olur. Antisiklonik koşullar ŞIA gelişimine uygun koşullar yaratmaktadır. Cephesel faaliyetler ise yağışlı, rüzgarlı hava durumlarına neden olur. Bu durum ŞIA büyüklüğünü etkilemektedir. Yaz mevsiminde ise hakim olan Azor yüksek

basıncı sıcak, sakın ve kurak koşullar yaratmaktadır. Bu atmosferik koşullar şehir kanyonları ve yüzey örtüsündeki farklı ısınma davranışlarına neden olarak ŞIA gelişiminde etkili olur.



Şekil 1: Ankara şehri ve yakın çevresinin topografya haritası.

İlk nüfus sayımı 1927'de yapılan Türkiye'de yıllık nüfus artış hızı II. Dünya Savaşı yılları ve 2000 yılı dışında daima % 2'nin üzerinde gerçekleşmiştir. Bu hızlı nüfus artışı sonucunda 1927'de 13.348.270 olan nüfus 2000 yılında 67.803.927 kişiye ulaşmıştır. Hızlı nüfus artışı ve 1950'li yıllarda artan sanayileşme sonucunda şehirlere hızlı bir göç yaşanmış ve şehir nüfusu hızla artmıştır. 1950 yılında % 23 olan şehir nüfusu ilk defa 1985 yılında köy nüfusunu geçmiştir. Şehir nüfusunun oranı 1990 yılında % 59 iken 2000 yılında % 64.9 ulaşmıştır. Ankara'da, Türkiye'ye benzer bir nüfus artışı yaşanmıştır. Cumhuriyet kurulduğunda ve başşehir ilan edildiğinde 74.553 (1927 sayımı) nüfusu sahip Ankara'nın hızlı bir şehirleşme sonucunda nüfusu artmış ve nüfus 2000 yılında 3.203.362 kişiye ulaşmıştır. 1950 yılına kadar yavaş bir artış gösteren Ankara nüfusu bu tarihten

sonra hızla artmıştır. Ankara’da yıllık nüfus artış hızı 1927 - 2000 döneminde % 5’in üzerinde gerçekleşmiştir. Bu oran aynı dönemdeki Türkiye ortalamasından yaklaşık 2 kat fazladır. 1990 ile 2000 yılları arasında ise Türkiye’de nüfus artış hızı % 2 iken Ankara şehrinde nüfus artış oranı % 8.8 olmuştur. Bu İstanbul’dan sonra ülkenin en hızlı nüfus artış oranıdır.

Şehir klimatolojisi üzerine ilk yayını Luke Howard 1818 yılında yayınlamıştır (Landsberg 1981) Şehir çalışması ile ilgili çalışmalar 1960-1970’li yıllarda yoğunlaşmış ve ABD’inde St Louis şehrinde “Metropolitan Meteorological Experiment (METROMEX)” isimli proje geliştirilerek büyük metropoliten alanların atmosfer üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu projenin sonuçlarının pek çoğu Journal Applied Meteorology isimli dergide yayımlanmıştır. Şehir klimatolojisi hakkında bu dönemde yapılan çalışmalar Chandler (1970) ve Oke (1974) tarafından bibliyografik olarak derlenmiş ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından yayımlanmıştır.

Türkiye’de şehirleşmenin sıcaklık üzerine etkisini inceleyen çalışmalarda (Karaca ve diğerleri 1995a, Karaca ve diğerleri 1995b, Tayanç ve Toros 1997, Karaca ve Tayanç 1998) şehirleşme sonucunda ŞIA gelişimine ait ilginç sonuçlar elde edilmiştir. Karaca ve Tayanç (1998), 54 istasyon üzerinde yaptıkları çalışmada ülkemizdeki şehir sıcaklıklarındaki artışın % 99 anlamlılık düzeyinde ortalama sıcaklıklarda $0.24\text{ }^{\circ}\text{C}$ 40 yıl⁻¹ ve minimum sıcaklıklarda $0.48\text{ }^{\circ}\text{C}$ 40 yıl⁻¹ olduğunu saptamışlardır.

Karaca ve diğerleri (1995a), İstanbul ve Ankara’da şehirleşmenin sıcaklık üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında Ankara’da şehir, kasaba ve kırsal özellikler taşıyan 5 istasyonu ele alarak bu istasyonlardaki uzun yıllık sıcaklık eğilimlerini incelemişlerdir. Bu çalışmada hem kırsal hem de şehir istasyonlarının sıcaklıklarında bir azalma eğilimi gözlemlenmiştir. Yine bu çalışmada şehir ile kırsal alan sıcaklık farkları arasında anlamlı bir eğilim saptanamamıştır. Araştırmacılar İstanbul’daki pek çok istasyonda da saptanan bu özelliği, Ortadoğu ve Doğu Akdeniz’de görülen anlamlı sıcaklık azalması ve Ankara’nın nispeten planlı şehirleşmesi ile ilişkilendirmişlerdir.

2. VERİ VE METODOLOJİ

Bu çalışmada Ankara’da şehirleşmenin sıcaklık üzerindeki uzun yıllık etkisini ortaya koymak için Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’ne ait rasat süreleri uzun ve kesintisiz olan iki istasyon seçilmiştir. Bu istasyonlardan biri uzun yıllardır şehirleşme alanı içinde kalmış olması sebebiyle şehir özelliklerini pek çok yönüyle yansıtacağı düşünülen Ankara Meteoroloji İstasyonu (AMİ), diğeri ise kırsal özellikler taşıyan Esenboğa Meteoroloji İstasyonudur (EMİ). AMİ, Ankara ovasının kuzeyinde $39^{\circ} 38'$

kuzey enlemi ve 32° 41' doğu boylamında, 891 metre yükseklikte yer alıp, 1926 yılından beri gözlem yapmaktadır. 949 metre yükseklikte, 40° 07' kuzey enlemi ile 33° 00' doğu boylamında bulunan EMİ ise Ankara Ovası'nın kuzeyindeki Çubuk Ovası'nda kurulu olan Esenboğa Havalimanı'nda bulunmaktadır. Kırsal özelliklere sahip olan ve yöredeki doğal iklim eğilimlerini gösteren EMİ 1956 yılında gözlem yapmaya başlamıştır (Şekil:1).İki istasyon arasındaki 58 metrelik yükselti farkı değerlendirme yaparken yükselti farklılığı nedeniyle oluşacak etkileri ortadan kaldırmaktadır.

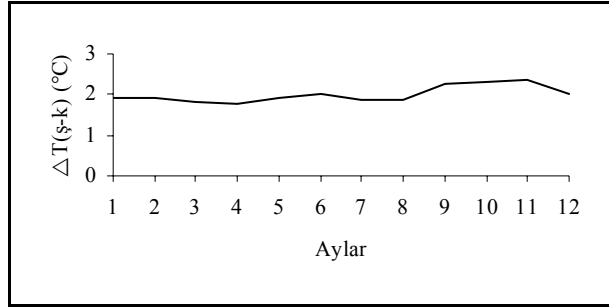
Bu çalışmada AMİ ve EMİ istasyonlarına ait 1970-2002 yılları arasındaki döneme ait saatlik sıcaklıklar kullanılmıştır. Ancak 1996 yılı Ağustos ayından 1999 yılı Ocak ayına kadar olan sürede her iki istasyonda da veri boşluğu bulunmaktadır. Her bir saatlik verinin yıllık ortalamaları hesaplanarak bunlara doğrusal regresyon analizi yapılmış ve bu serilerdeki eğilim analizleri yapılmıştır. Ayrıca saatlik $\Delta T_{(ş-k)}$ değerlerinin birer derecelik sınıf aralıkları ile yıllık ve mevsimlik sıklık dağılım analizleri yapılmıştır. Ancak sıklık dağılımları mevsimlik ve yıllık dağılımları incelenirken günün her saatinde ait veriler değerlendirilmemiş üçer saat aralıklarla (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 ve 21) günün 8 farklı dönemine ait grafikler çizilmiş ve yorumlamalar yapılmıştır. Bu saatlerin seçiminde şehir ve kırsal alanların farklı termal davranışları etkin olmuştur.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

3.1. Sıcaklık Farklılıklarının Özellikleri

$\Delta T_{(ş-k)}$ genliklerinin aylara ve mevsimlere dağılışı incelendiğinde büyük $\Delta T_{(ş-k)}$ değerlerinin yılın sıcak dönemi ile kış mevsimi başında toplandığı görülür. Aylık ortalama $\Delta T_{(ş-k)} \geq 2.0$ °C genlikler yılın 5 ayında görülmektedir. Bunlar haziran, eylül, ekim, kasım ve aralık aylarıdır (Şekil 2). Aynı durum mevsimlik sıcaklık farklarında da izlenmektedir. Ankara'da şehir ve kırsal alanlar arasındaki uzun yıllık ortalama sıcaklık farkı 2.01 °C'dir. En büyük $\Delta T_{(ş-k)}$ değerleri sonbahar ve kış mevsiminde tespit edilmiştir Ancak yaz ile kış arasında 0,05°C gibi çok küçük bir fark bulunmaktadır (Tablo 1). Ilıman kuşaktaki şehirlerde ŞIA mevsimlik değişimi incelendiğinde bunun sıklıkla yılın sıcak döneminde (yaz-sonbahar) oluştuğu tespit edilmiştir (Chadler 1965, Lee, 1979, Unwin 1980, Oke1982, Oke 1987). Bu durum antropojenik ısının ŞIA gelişiminde ilksel önem taşımadığı şeklinde yorumlanmıştır (Oke 1982, Oke 1987). Ankara'da ŞIA gelişimi ılıman kuşakta şehirlere büyük oranda benzemektedir. Ancak Ankara'da kış aylarında da büyük $\Delta T_{(ş-k)}$ değerlerinin saptanması yörede hüküm süren yarı karasal iklim koşulları ve jeomorfolojik özellikleri ile ilgilidir. Ankara'da kış aylarında ısınma amaçlı kullanılan ısı $\Delta T_{(ş-k)}$ genliği üzerinde etken olmaktadır. Havza jeomorfolojisinin bir sonucu olarak

soğuk dönemde açık ve sakin günlerde yaşanan terselme, antropojenik ısının yere yakın kısımda hapis olmasına neden olmaktadır. Bu durum Ankara'yı diğer ılıman kuşak şehirlerinden farklılaştırmaktadır.

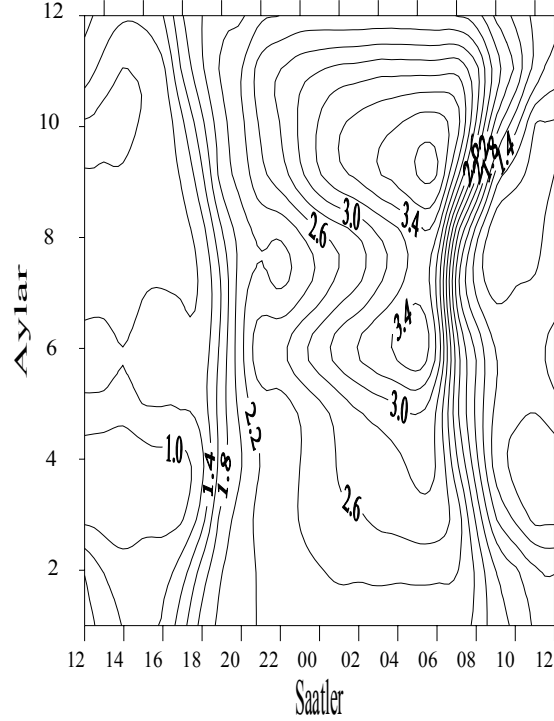


Şekil 2: $\Delta T_{(ş-k)}$ değerlerinin aylık değişimi

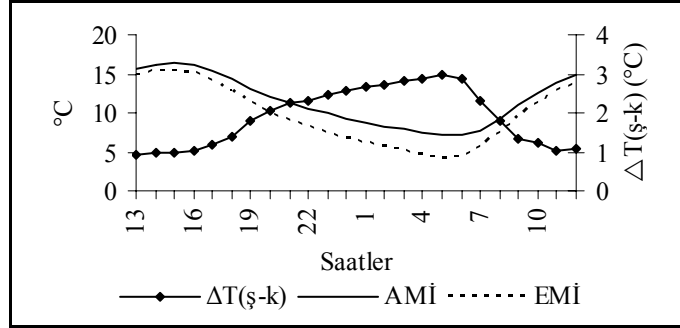
Tablo 1: $\Delta T_{(ş-k)}$ değerlerinin mevsimlik ve yıllık ortalamaları (1970-2002)

Mevsim	$\Delta T_{(ş-k)}$ °C
Kış	1,96
İlkbahar	1,84
Yaz	1,91
Sonbahar	2,31
Yıllık	2,01

Benzer özellikler saatlik ortalama $\Delta T_{(ş-k)}$ değerlerinin aylara dağılışında da tespit edilmektedir. 3.0 °C den büyük $\Delta T_{(ş-k)}$ değerleri Mayıs ve Kasım ayları arasındaki 7 aylık döneme dağılmıştır (Şekil 3). Şekil 3, ŞIA dinamiği hakkında da önemli bilgiler sunmaktadır. $\Delta T_{(ş-k)}$ değerlerinin aylık değişimleri incelendiğinde gündüz saatlerinde düşük olan sıcaklık farklılığının özellikle güneşin batma saatlerinde hızla arttığı görülmektedir. Isı kapasitelerinin düşük olması nedeniyle kırsal alanlar hızla soğurken şehir alanlarının güneşten gelen enerji kesildikten sonra gün boyu emdikleri enerjiyi atmosfere yaymaları, bu farkın hızla artmasına neden olmaktadır. Bu fark bütün aylarda pozitif olarak saat 06'ya kadar büyüyerek devam etmektedir. Sabah saatlerinde ise güneş doğması ile ısı kapasitesi düşük kırsal alanların hızla ısınmaya başlaması $\Delta T_{(ş-k)}$ genliğinin azalmasına neden olmaktadır (Oke ve diğerleri 1972). Gündüz saatleri $\Delta T_{(ş-k)}$ genliğinin en az olduğu saatlerdir. Sabah saatlerinde eş yükselti eğrileri arasındaki sıkışıklık bu ısınmanın çok hızlı gerçekleştiğini göstermektedir. Şehir ve kırsal alanların farklı ısınma tablolarını gösteren bu özellik Şekil 4'de görülmektedir.

Şekil 3: Saatlik $\Delta T(\text{ş-k})$ değerlerinin aylık değişimi

Oke ve diğerleri (1972), şehir ve kırsal alanlar arasındaki soğuma oranları ve yer ışımasındaki farklılıkları ŞIA gelişiminin ana nedeni olarak belirlemiştir. Farklı yüzeyler arasındaki farklı soğuma oranları ŞIA genliği üzerinde etkili olmaktadır. ŞIA kırsal alanlardaki yer ışımasıyla enerji kaybı, açık gökyüzü ve az kirletilmiş atmosfer nedeniyle sabahın erken saatlerine kadar gelişmeye devam eder. Daha sonra ısınma şehir yüzeyleri üzerinde türbülanslı bir karışma seviyesi oluşumuna neden olur, böylece şehir ve kırsal alanlar arasındaki sıcaklık farkı akşam üzerine kadar azalmaya devam eder. Ankara'da gündüz saatlerinde şehir ve kırsal alanlar arasındaki sıcaklık farkı çok azken güneşin batması ile fark hızla artmaya başlar ve bu fark sabah saatlerine kadar daha da belirgin olur. Güneş doğmasıyla birlikte fark tekrar azalmaya başlar. Bunu $\Delta T(\text{ş-k})$ değerlerinin günlük gidişi de göstermektedir. Öğle saatlerinde $0,9^{\circ}\text{C}$ ye kadar düşen $\Delta T(\text{ş-k})$ genliği, saat 05:00 de $3,0^{\circ}\text{C}$ ye kadar çıkar (Şekil 4).

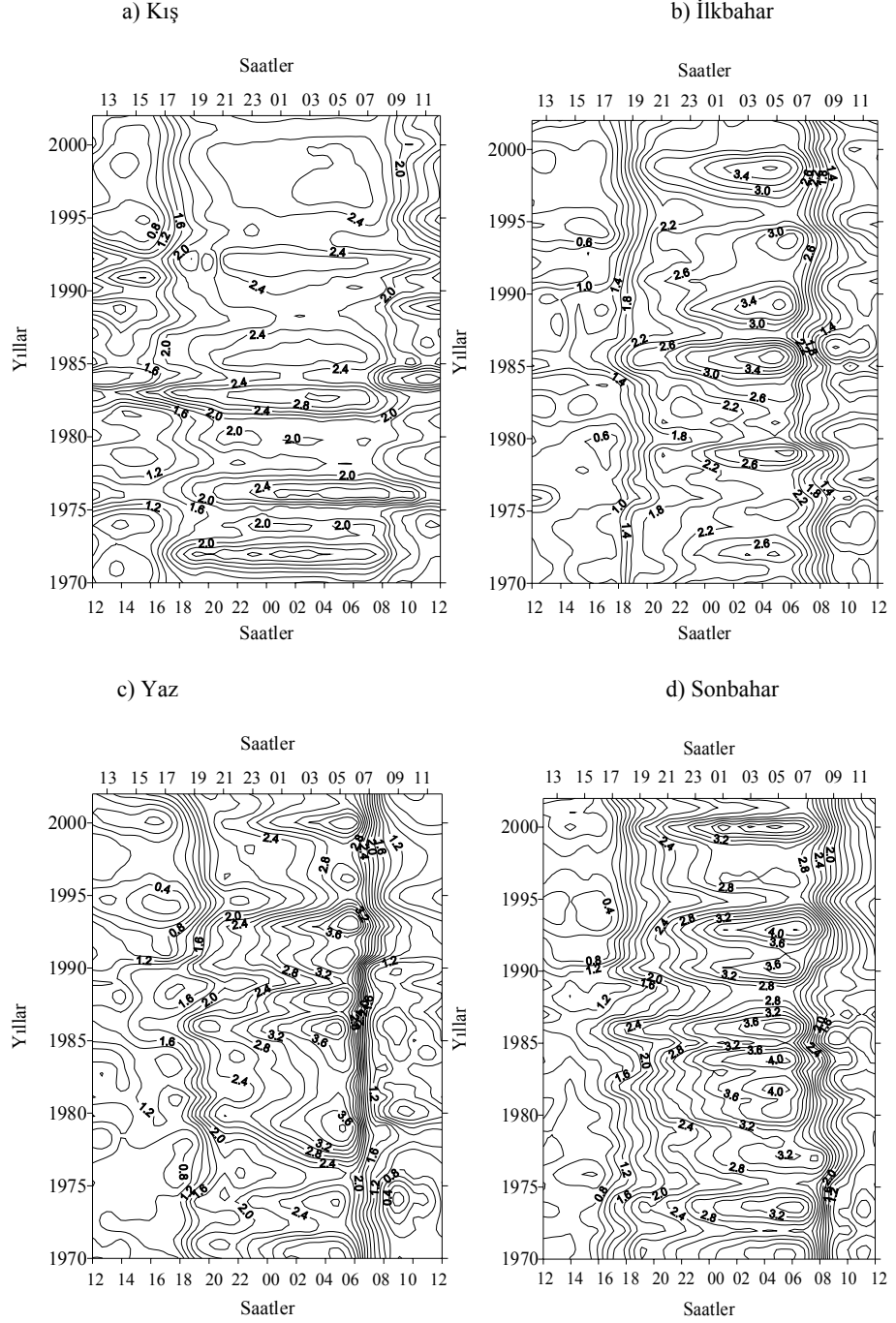


Şekil 4: Sıcaklıkların günlük değişimi

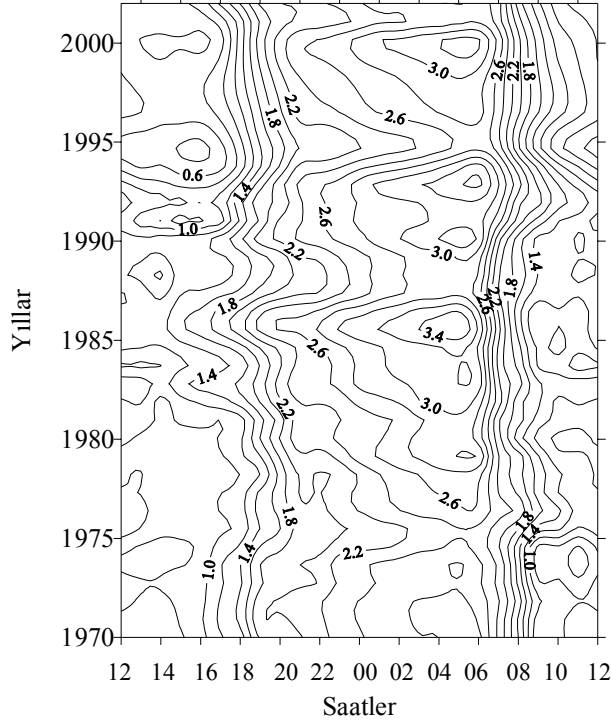
Uzun yıllık ortalama mevsimlik $\Delta T_{(ş-k)}$ değerlerinin yıllar arasındaki değişimleri incelendiğinde en farklı mevsimin kış mevsimi olduğu görülür (Şekil 5a). Kış mevsiminde diğer mevsimlerdeki kadar büyük $\Delta T_{(ş-k)}$ yaşanmamaktadır. Yine bu mevsimde akşam saatlerinde görülen büyük $\Delta T_{(ş-k)}$ değerleri gündüz saatlerinde de görülmektedir. Öğleden sonra yaşanan büyük $\Delta T_{(ş-k)}$ değerleri şehir atmosferine salınan antropojenik ısı ile ilgili iken, sabah saatlerinde yaşanan büyük $\Delta T_{(ş-k)}$ değerleri terselme ile ilgilidir (Şekil 5a). Yaz aylarında sabah saatlerinde kırsal alanların hızla ısınması $\Delta T_{(ş-k)}$ genliğinin kısa bir zaman aralığında azalmasına neden olmaktadır (Şekil 5c). Kış hariç diğer mevsimlerde büyük $\Delta T_{(ş-k)}$ genliklerine 1980'li yıllardan sonra rastlanması artan şehir etkisini yansıtmaktadır. Özellikle şehir merkezlerindeki az katlı binaların yıkılıp yüksek katlı binaların yapılması şehir kanyon etkisini artırmaktadır. Şehir kanyonları rüzgar hızını azaltmak, yerden yayılan uzun dalga boyundaki yer ışımasına engel olmak ve gün boyu ısınan yüzey alan büyüklüğünü arttırmak gibi çeşitli etkilerle $\Delta T_{(ş-k)}$ genliğinin büyümesine neden olur (Johnson ve diğerleri 1991, Oke ve diğerleri 1991, Runnals ve Oke 2000). Mevsimlik $\Delta T_{(ş-k)}$ değerlerinin yıllar arası değişiminde saptanan özellikler yıllık $\Delta T_{(ş-k)}$ değerlerinin dağılışında da tespit edilmektedir (Şekil 6).

3.2. Sıcaklık Farklarındaki Eğilimler

$\Delta T_{(ş-k)}$ değerlerinin doğrusal regresyon analizleri incelendiğinde gün içinde iki farklı eğilim olduğu görülür. Kış haricinde öğle saatlerinden akşam saatlerine kadar negatif eğilimler vardır (Tablo 2). Yani şehir ile kırsal alanlar arasında sıcaklık farkları azalmaktadır. Öğle saatlerinde şehirsal alanlarda görülen türbülanslı karışım seviyesi bu azalma eğilimi üzerinde etkili olmaktadır. Negatif eğilimlerin yaz ve sonbahar aylarında saat 19:00'a kadar görülmesi bu mevsimlerde güneşin geç batması ile ilgilidir. Günün diğer zamanlarında pozitif eğilimler vardır. İlkbahar mevsimi dışında en büyük pozitif eğilimler sabah saatlerinde görülmektedir. Bunda şehir alanlarında yüzey yapısının



Şekil 5: Mevsimlik $\Delta T(\text{ş-k})$ değerlerinin yıllar arası değişimi



Şekil 6: Yıllık $\Delta T(\text{ş-k})$ değerlerinin yıllar arası değişimi

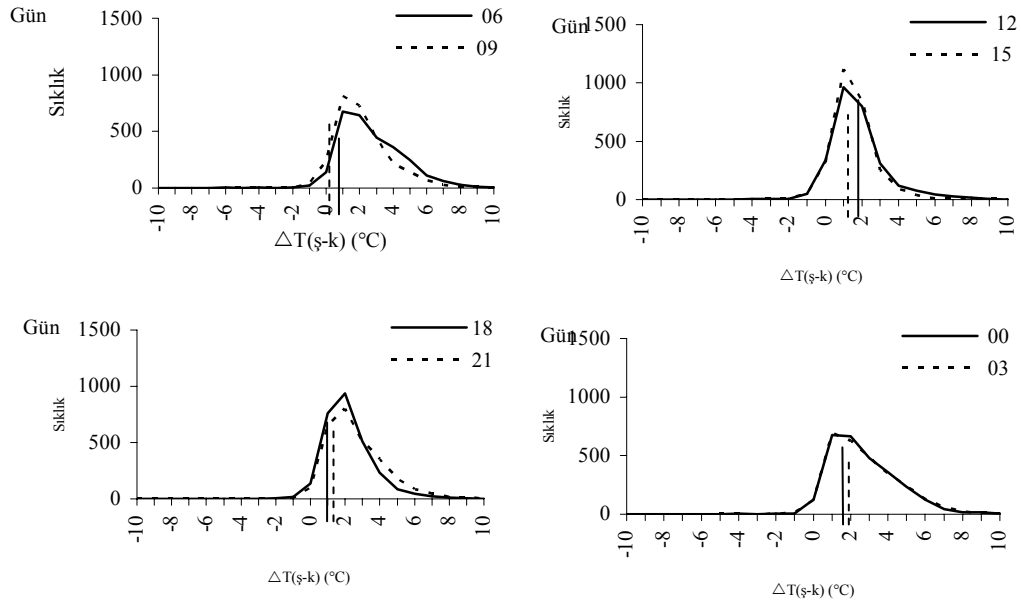
Tablo 2: Ankara'da sıcaklık farklarının doğrusal eğilimleri ($^{\circ}\text{C } 10 \text{ yıl}^{-1}$)

Saat	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Yıllık
01	0.20	0.19	0.08	0.08	0.14
02	0.18	0.21	0.09	0.06	0.14
03	0.20	0.18	0.08	0.04	0.13
04	0.20	0.20	0.12	0.06	0.14
05	0.17	0.19	0.19	0.04	0.15
06	0.19	0.20	0.34	0.08	0.20
07	0.17	0.22	0.33	0.09	0.20
08	0.20	0.06	0.15	0.08	0.12
09	0.25	0.12	0.22	0.28	0.22
10	0.14	0.01	0.05	0.09	0.07
11	0.17	0.04	0.04	0.13	0.10
12	0.07	-0.07	-0.07	-0.06	-0.03
13	0.06	-0.04	-0.11	-0.08	-0.04
14	0.04	-0.02	-0.07	-0.07	-0.03
15	0.00	-0.02	-0.12	-0.09	-0.06
16	0.00	-0.04	-0.18	-0.15	-0.09
17	0.04	-0.03	-0.17	-0.24	-0.10
18	0.13	0.12	-0.05	-0.10	0.03
19	0.16	0.12	-0.06	-0.07	0.04
20	0.18	0.21	0.03	0.02	0.11
21	0.18	0.23	0.04	0.04	0.12
22	0.21	0.22	0.11	0.08	0.15
23	0.19	0.17	0.03	0.03	0.10
24	0.19	0.19	0.09	0.07	0.14

değişmesi, kırsal alanlarda ise değişmemesi etkilidir. Değişen yüzey yapısının yüksek ısı kapasitesine sahip unsurlardan oluşması ve bu yüzeylerin toprağa olan sızmayı ve buharlaşmayı azaltması sabah saatlerindeki sıcaklık farklarının artmasına neden olmaktadır. Kış aylarında $\Delta T_{(ş-k)}$ değerlerinde negatif eğilimler görülmemesi, artan rüzgar hızı ve cephe koşulları ile ilgili olmalıdır. Artan rüzgar hızı ve cephesel koşullar şehirler üzerindeki şehir sınır tabakasının dağılmasına neden olmaktadır. Bu da şehir ve kırsal alanlar arasında sıcaklık farklılıklarını ortadan kaldırmaktadır. Şehirleşme etkisi ile saatlik sıcaklık farklarında sıklıkla $0.20 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot 10^{-1}$ gibi büyük sıcaklık eğilimleri saptanmıştır.

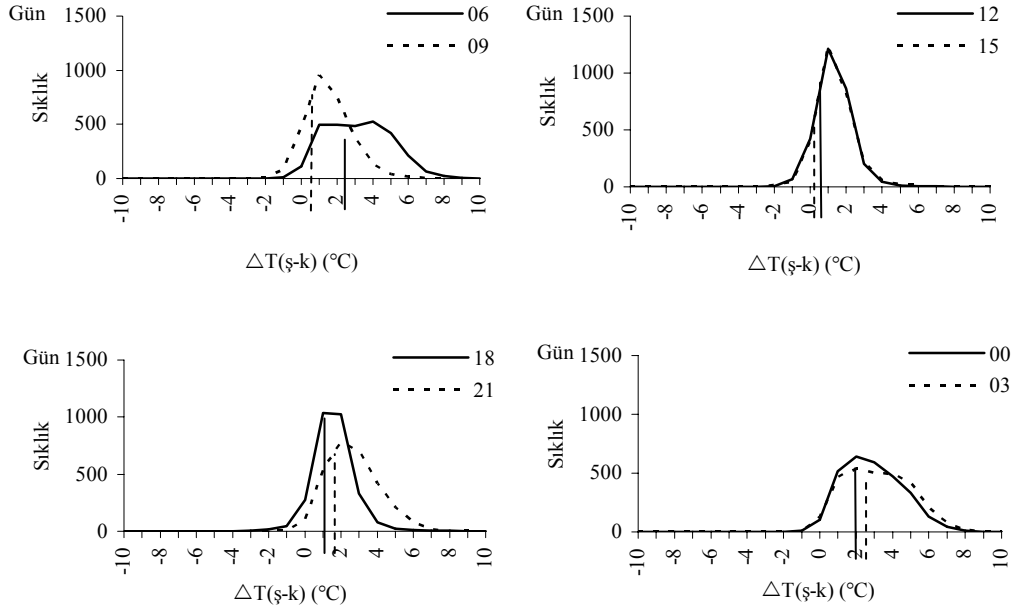
3.3. Sıcaklık Farklarının Sıklık Dağılımları

Sıcaklık farklarının mevsimlik sıklık dağılışı incelendiğinde gündüz saatlerinde 1-2 $^\circ\text{C}$ arasındaki sıcaklık farkları sıklığının yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 7,8,9,10).

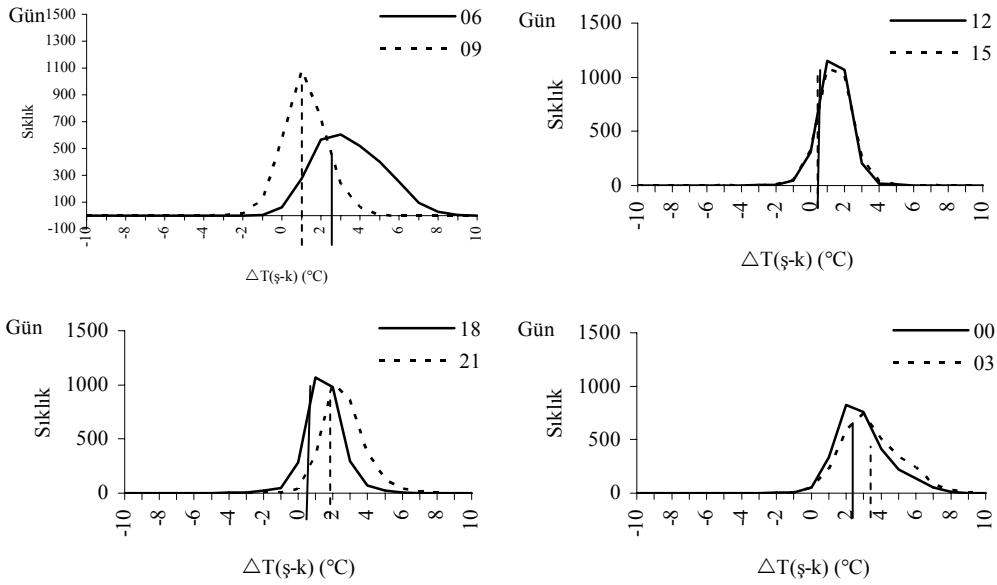


Şekil 7: Kış mevsiminde saatlik $\Delta T_{(ş-k)}$ değerlerinin sıklık dağılışı.
Dikiy çizgiler birikimli sıklığın % 50 olduğu sıcaklıkları göstermektedir.

Bu sınıf aralığındaki değerlerin sıklığı akşam üzeri % 40'a kadar çıkar. Gündüz saatlerinde grafiğin dar bir sıcaklık bandında dağılması ve sivri şekle sahip olması gündüz saatlerinde şehir ve kırsal alanlar arasındaki sıcaklık farkının az olduğunu kanıtlamaktadır. Akşam saatlerinde ise pozitif sıcaklık farklarının sıklığı artar. Bu da

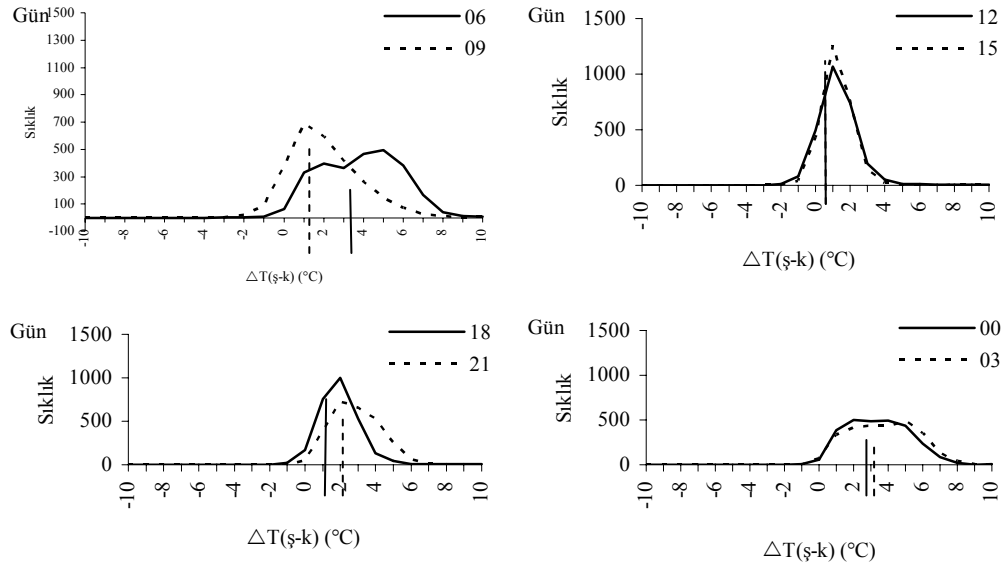


Şekil 8: İlkbahar mevsiminde saatlik $\Delta T(\text{ş-k})$ değerlerinin sıklık dağılımları. Dikey çizgiler birikimli sıklığın % 50 olduğu sıcaklıkları göstermektedir.



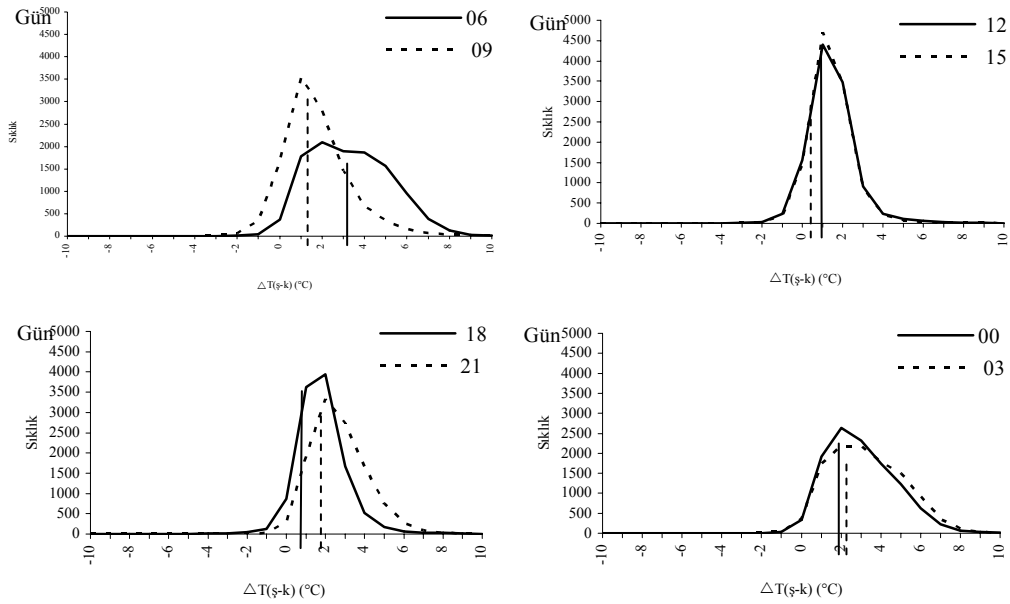
Şekil 9: Yaz mevsiminde saatlik $\Delta T(\text{ş-k})$ değerlerinin sıklık dağılımları. Dikey çizgiler birikimli sıklığın % 50 olduğu sıcaklıkları göstermektedir.

grafikleri basık bir hale getirmektedir. Bu durum özellikle sonbahar mevsiminde çok belirgin olarak görülmektedir (Şekil 10). Örneğin sonbahar mevsiminde sabah saat 06:00'daki en yüksek sıklığa 5-6 °C arasındaki $\Delta T_{(ş-k)}$ değerleri sahiptir. Bu sınıftaki $\Delta T_{(ş-k)}$ değerinin sıklığı %18.13'tür. Hiçbir mevsimde -2 °C' den düşük $\Delta T_{(ş-k)}$ değerinin sıklığı %1'in üzerine çıkmaz. Oysa %1'den yüksek sıklığa sahip pozitif sıcaklık farkı 8 °C'ye kadar çıkar. Tüm mevsimler ve yıllık $\Delta T_{(ş-k)}$ değerlerinin sıklık analizleri incelendiğinde günün her saatinde sıklıkların sıcak tarafta yığıldığı görülür. Gündüz saatlerinde sıklık 1-2 °C sağa kaymışken, gece saatlerinde bu 2-4 °C arasında değişmektedir. Bu da Ankara'da belirgin bir ŞIA geliştiğinin kanıtıdır. Bu durum şehirlerde insan aktiviteleri sonucunda yayılan antropojenik ısı yanında şehrsel alanların güneş battıktan sonra daha geç soğuması ile ilgilidir. Kış mevsiminde gündüz saatleri ile akşam saatlerinde görülen $\Delta T_{(ş-k)}$ değerlerinin büyüklükleri arasında çok büyük farklılıklar yoktur (Şekil 7). Bu durum kış mevsimini diğer mevsimlerden ayırmaktadır. Soğuk mevsimde binalardan yayılan antropojenik ısı yayılımı ŞIA gelişiminde termal iletkenlik ve şehir geometrisi kadar önemli bir role sahiptir. Gündüz saatlerinde şehir alanlarının kısa dalga enerjiiyi daha fazla absorbe etmesi buna karşılık kuru kırsal alanlardaki düşük albedo gündüz pozitif sıcaklık anomalisine neden olmaktadır (Jauregui 1997).



Şekil 10: Sonbahar mevsiminde saatlik $\Delta T_{(ş-k)}$ değerlerinin sıklık dağılımları. Dikey çizgiler birikimli sıklığın % 50 olduğu sıcaklıkları göstermektedir.

Sıcaklık farklarının yıllık en yüksek frekansları incelendiğinde gündüz saatleri ile akşam saatleri arasında 1°C lik bir sıcaklık oynaması görülür.Yine akşam saatlerinde sıklık değerlerinin düşmesi ve pozitif tarafa doğru yayılması Ankara'daki ŞIA gelişimi kanıtlayan bir faktördür (Şekil 11).



Şekil 11: Saatlik $\Delta T(\text{ş-k})$ değerlerinin yıllık sıklık dağılımları. Dikey çizgiler birikimli sıklığın % 50 olduğu sıcaklıkları göstermektedir.

4. Tartışma

Ankara'da şehir ve kırsal alanlar arasındaki yıllık ortalama sıcaklık farkı 2.01 °C'dir. Yıllık ortalama görülen pozitif fark tüm aylarda da saptanmıştır. Bu durum Ankara şehir alanının çevresine göre daha sıcak ortamlar yarattığını göstermektedir. Yani şehirleşme sonucunda Ankara'da çevresine göre mikro iklim alanları gelişmektedir. Bu farklılık özellikle küresel iklim değişiklikleri çerçevesinde yapılan çalışmalarda dikkate alınmak zorundadır. Küresel ısınmaya bağlı olarak ülkemizde de sıcaklık eğilimlerinde değişiklikler olmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalarda İç Anadolu Bölgesi'nin geneli ve Ankara'da sıcaklıklarda genellikle azalma eğilimleri saptanmıştır (Türkeş ve diğerleri 1995 Kadioğlu 1997, Türkeş ve diğerleri 2002). Bu durum Doğu Akdeniz Havzasındaki genel soğuma eğilimi ile ilişkilendirilmiştir. Ancak şehirleşmenin oluşturduğu bu fark eğilimin yönünü ve anlamlılık düzeyini etkileyecek büyüklüktedir. Bu nedenle sıcaklık eğilimleri ile ilgili çalışmalarda şehirleşme etkisi muhakkak göz önüne alınmalıdır.

Ankara'da ŞIA diğer ılıman kuşak şehirlerinde olduğu gibi yaz ve sonbahar mevsimlerinde oluşmaktadır. Ancak Ankara'da çanak morfolojisinin sonucu olarak oluşan terselmeler kış mevsiminde de büyük ŞIA değerlerinin görülmesine neden olmaktadır. Kış mevsimi diğer mevsimlerden ayrılan özelliklere sahiptir. Diğer mevsimlerde gündüz ve akşam saatlerinde büyük $\Delta T_{(ş-k)}$ genliği bulunmasına rağmen kış mevsiminde bu genlik çok büyük değildir. Bunda kış aylarında ısınma amaçlı kullanılan ve şehir atmosferine salınan enerji ile terselmenin etkisi vardır. Özellikle antropojenik enerji gündüz saatlerinde de diğer mevsimlere göre yüksek $\Delta T_{(ş-k)}$ değerlerinin görülmesine neden olmaktadır. Kış aylarında gündüz saatlerinde de büyük $\Delta T_{(ş-k)}$ değerlerinin görülmesi aylık ortalamaların yüksek çıkmasına neden olmaktadır.

$\Delta T_{(ş-k)}$ değerlerinde en büyük eğilimler ilkbahar mevsimi hariç sabah saatlerinde yaşanmaktadır. Gündüz saatlerinde de genellikle negatif eğilimler vardır. Bu gündüz saatlerinde ısınan şehir yüzeylerinin yarattığı türbülanslı karışım seviyesi ile ilgilidir.

Kaynakça

- Chandler, T. J. 1965 *The Cclimate of London*, Hutchinson, 292 p.
- Chandler, T. J. 1970 *Selected Bibliography on Urban Climate*, WMO Pub. No: 276, T.P. 155.
- Çiçek, İ. 1996 "Thorntwaite Metoduna Göre Türkiye'de İklim Tipleri" *Ank.Üniv., DTC Fak., Coğ. Araş. Der.*, 12:33-71.
- Çiçek, İ. 2000 "Türkiye'de Termik Dönemlerin Yayılışı ve Süreleri" *Ank. Üniv. DTC Fak., Fakülte Der.*, C:40:1-2:189-212.
- Erol, O. 1973 *Ankara Şehri Çevresinin Jeomorfolojik Ana Birimleri*. A.Ü. D.T.C.F. Yay. No: 240, Coğ. Araş. Enst. Yay. No:16.
- Erol, O. 1976 "Ankara Şehrinin Gelişiminde Doğal Koşulların Etkisi" *50. Yıl Konferansları*, A.Ü. D:T.C.F. Yay. No: 257.
- Jauregui, E. 1997 "Heat Island Development in Mexico City". *Atmospheric Environment*, 31, 22, 3821-3831
- Johnson, G.T., Oke, T.R., Lyons, T.J., Steyn, D.G., Watson, I.D., Voogt, J.A., 1991 "Simulation of Surface Urban Heat Islands Under "Ideal" Conditions at Night Part 1: Theory and Tests Against Field Data" *Boundary-Layer Meteorology*, 56:275-294
- Kadioğlu, M. 1997 "Trends in Surface Air Temperature Data Over Turkey" *Int. J. Climatol*, 17:511-520.
- Karaca, M., Tayanç, M., Toros, M. 1995a "Effects of Urbanization on Climate of Istanbul and Ankara" *Atmospheric Environment*, 29, 23, 3411-3421.

Karaca, M., Antepioğlu, Ü., Karsan, H. 1995b "Detection of Urban Heat Island in Istanbul, Turkey" *Il Nuovo Cimento*, 18, 1, 49-55.

Karaca, M., Tayanç, M. 1998 "Urbanization Effects on the Regional Climate in Turkey" *Proceedings of Second European Climate Conference*, 18-23 October 1998 Vienna.

Landsberg, H. E. 1981 *The Urban Climate*, Academic Press, 275 pp.

Lee, D. D. 1979 "Contrasts in Warming and Cooling Rates at an Urban and a Rural Site" *Weather*, 34, 60-66.

Oke, T. R. Yap, D., Maxwell, G. B, 1972 "Comparison of Urban/Rural Cooling Rates at Night" *Proceedings Int. Symp. On Environment and Second Conf. On Biometeor, American Meteor Soc*, Boston 17-21.

Oke, T. R. 1974 *Review of urban climatology 1968-1973*. WMO Tech Note No 134

Oke, T. R.1982 "The Energetic Basis of the Urban Heat Island" *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108: 455, 1-24.

Oke, T. R.1987 *Boundary Layer Climates*, Routledge New York 435 p.

Oke, T. R., Johnson, G. T., Steyn, D. G., Watson, I. D. 1991 "Simulation of Surface Urban Heat Islands Under "Ideal" Conditions at Night Part 2: Diagnosis of Causation" *Boundary-Layer Meteorology*, 56:339-358.

Runnals, K. E., Oke, T. R. 2000 "Dynamics and Controls of the Near-Surface Heat Island of Vancouver, British Columbia" *Physical Geography*, 21:4, 283-304.

Tayanç, M., Toros, H. 1997 "Urbanization Effects on Regional Climate Change in the Case of Four Large Cities of Turkey" *Climatic Change*, 35, 501-524.

Türkeş, M., Sümer, U., M., Kılıç, G. 1995 "Variations and Trends in Annual Mean Air Temperatures in Turkey With Respect to Climatic Variability" *Int. J. Climatol* , 15:557-569

Türkeş, M., Sümer, U. M., Demir, İ. 2002 "Re-Evaluation of Trends and Changes in Mean, Maximum and Minimum Temperatures of Turkey for the Period 1929–1999" *Int. J. Climatol*, 22: 947–977.

Unwin, D. J. 1980 "The Synoptic Climatology of Birmingham's Urban Heat Island" 1965-

74. *Weather*, 35, 43-50.