



Ege Coğrafya Dergisi, 8 (1995), 75-92, İzmir
Aegean Geographical Journal, 8 (1995), 75-92, İzmir—TÜRKİYE

TÜRKİYE'DE KENTLEŞMENİN SICAKLIK KOŞULLARI ÜZERİNE ETKİSİ

Ecmel TEMUÇİN

ABSTRACT

Urbanization Effects in Surface Air Temperature in Türkiye

The purpose of this study is to determine the urbanization effect of cities in Türkiye. The populations within city limit boundaries were used as a measure of urbanization. 10 stations were identified as having complete records going back to 1930 and 2 with records going back to 1938. Correlation and linear regression coefficients were used as a measure of association between temperature and time. For maximum, minimum and diurnal temperature range, correlation and linear regression coefficients were calculated for all stations and seasons of year. The statistical significance of the trends were judged using variance analysis (f-distributions test).

Meteorological stations located in an urban environment in Türkiye statistically significant decreasing trends (at the 99% level) have been determined in the mean both season and annual diurnal temperature range between 1930-1992. Urbanization decreases the daily temperature range is in all seasons but is most apparent during summer and spring. In contrast, the trends of mean season and annual minimum temperatures have been increasing between 1930-1992. Maximum temperatures show negativ trends but they are not statistically significant. Heat island impact during the period 1930-1992 for cities is largest for diurnal temperature range ($-0.017^{\circ}\text{C yr}^{-1}$ / $-0.031^{\circ}\text{C yr}^{-1}$ for annual temperatures) and daily minima ($+0.002^{\circ}\text{C yr}^{-1}$ / $+0.023^{\circ}\text{C yr}^{-1}$ for annual temperatures), while the impact on the daily maxima is an order of magnitude smaller. The results indicate that urban effects on temperature are detectable even for small cities with populations about 50 000 in Türkiye. The results

showed that the minimum temperature is more strongly affected by urbanization than the maximum. Possible explanations of observed increase in the minimum temperatures is greenhouse effect such as changes in aerosol loading and carbon dioxide. The increase of the minima with respect to the maxima cause the decreasing diurnal temperature range.

Giriş

İlk çağlardan beri kentlerdeki iklim koşullarının kırsal alanlardan daha farklı özelliklere sahip olduğu bilinmektedir. Kentlerin yayılış alanı, biçimi, nüfusu, sanayi faaliyetleri ve kentin yer aldığı makroklimatik kuşak, kentleşmenin yarattığı iklimik değişikliklerin ölçüsü ve şiddetini belirlemektedir. Ayrıca, iklim koşullarında zaman içinde görülen doğal değişimler, antropolojik nedenlere bağlı iklimik değişikliklerin etkisini artırmakta veya azaltmaktadır.

Kentleşmenin yarattığı iklimik değişimlerden en önemlisi sıcaklık koşulları üzerinde gözlenir. Bilindiği gibi, yeryüzünde sıcaklığın zaman ve mekan içinde dağılımı esas olarak atmosfer sirkülasyonunda meydana gelen değişimlerle açıklanabilir. Ancak 1900'lu yılların başından itibaren sayıca artan ve hızla genişleyen kentsel alanlar sıcaklığın yatay ve dikey yöndeki dağılımını etkilemekte ve bu durum değerlerin zaman içinde gösterdiği değişimlere yansımaktadır. Yapılan çalışmalar, A.B.D'de nüfusu 10.000'nin altındaki yerleşmelerde dahi kentleşmenin etkisi ile sıcaklık koşullarının değiştiğini ortaya çıkarmıştır. Nitekim sözkonusu yerleşmelerin yıllık ortalama sıcaklıkları nüfusu 2.000'nin altındaki yerleşmelere oranla 0.1°C yükselmiştir (KARL ve diğerleri, 1986). Kuzey Amerika'da 1941 ile 1980 yılları arasında kentsel ortamda yer alan meteoroloji istasyonlarının sıcaklık değerleri, kırsal alanda yer alan istasyonlara oranla her on yıllık dönemde yaklaşık 0.12°C 'lik bir artış göstermiştir (KUKLA ve diğerleri, 1988). Kentsel alanlar ile kırsal alanlar arasında iklim koşulları bakımından görülen farklılıkları yaratan nedenler ise;

1) Kentlerde sıcaklığın artmasına yol açan faktörlerin başında kentin yüzeyini oluşturan maddelerin fiziksel özelliklerinin doğal yüzeylerden farklı oluşu gelmektedir. Genellikle kentin yüzeyini örten beton, asfalt, tuğla ve taş gibi maddelerin albedo değerleri doğal yüzeylere oranla daha az, ısı geçirgenlikleri ve ısı kapasiteleri daha fazladır. Bu durum güneşten gelen enerjinin kentlerde depolanmasına yol açmaktadır.

2) Kentlerde yüzeyi oluşturan çatı ve kaldırımların geçirimsiz olması akışa geçen su miktarını arttırmakta, drenaj sistemleri ile akışa geçen su ortamdaki uzaklaştırılmaktadır. Sonuç olarak, kentlerde biriken ısı enerjisinin buharlaşma yoluyla harcanması azalmaktadır.

3) Yüksek ve yoğun binalarla kaplı kentlerde sürtünme kuvvetinin artması, rüzgâr hızının azalmasına yol açmakta, böylece kentlerde biriken ısı ortamı çevreye dağılması engellenmektedir.

4) Kentlerin enerji bilançosu üzerinde etkili olan bir diğer faktör atmosferin bileşiminde meydana gelen değişimlerdir. Fosil yakıtların kullanımına bağlı olarak kentler üzerinde konsantrasyonu artan karbondioksit, metan, diazot monoksit gazlarının yanısıra atmosferde asılı halde bulunan küçük partiküller (aerosoller), güneş radyasyonunun bazı dalga boylarını soğurmaları, bazı dalga boylarını yansıtması nedeniyle yerel olarak enerji bilançosu, dolayısıyla sıcaklık koşulları üzerinde önemli değişimlere yol açmaktadır. Nitekim bazı kentlerde hava kirliliğinin güneş radyasyonunun yere kadar ulaşabilen kısmını %15-20 kadar azalttığı belirlenmiştir. Kaybolan % 15-20'lik enerjinin bir kısmı kent üzerindeki atmosfer tabakası tarafından soğurulmakta, sonuçta kent üzerinde yer alan hava tabakasının çevresine oranla sıcaklığı yükselmektedir (MÜEZZİNOĞLU,1987). Yapılan araştırmalar, havadaki nem oranı ve sıcaklığın arttığı mevsimlerde SO₂ gazının sülfat aerosollere dönüşümünün hızlandığını ve fotokimyasal reaksiyonlarla "smog" oluşum sürecinin arttığını göstermektedir. Bu nedenle yaz aylarında görüş uzaklığı azalırken, "smog" oluşumu kent üzerindeki hava tabakasının sıcaklığının çevresine oranla artışına yol açmaktadır.

5) Yoğun nüfus ile endüstriyel faaliyetlerin yer aldığı kentsel alanlarda, güneşten gelen enerjiye ek olarak, binaların ısıtılması-soğutulması, sanayi faaliyetleri ve taşıtların kullanımı sırasında açığa çıkan enerji, kentsel ortamlarda ısının artmasına yol açmaktadır. Yapılan çalışmalar, A.B.D'de nüfusu bir milyonu geçen kentlerde bir yılda harcanan toplam enerjinin, o kentin güneşten aldığı yıllık enerjinin % 10-15'ne eşit bir değere ulaştığını göstermektedir (LANDSBERG, 1981).

Yukarıda sayılan faktörlerin etkisiyle çevrelerine oranla sıcaklık değerleri yükselen kentsel alanlar, yerden birkaç yüz metreye kadar etkili olan bir tür "ısı adaları" oluşturmaktadır. Kentler üzerinde oluşan antropojenik ısı adalarının özellikleri, başta kentin aldığı radyasyon miktarı, buharlaşma şiddeti, ventilasyon gibi meteorolojik koşullar olmak üzere, kenti oluşturan yapıların yüksekliği, şekli ve yayılış alanı, topografik özellikler, kentin nüfusu ve sanayi faaliyetlerinin türü gibi birçok faktöre bağlıdır. Örneğin soğuk iklim kuşağında veya orta enlemlerde kış mevsiminde daha sık meydana gelen sıcaklık terselmesi olayı, kentler üzerinde oluşan ısı adalarının büyümesine neden olmaktadır (KARL ve diğerleri, 1988).

Kentsel alanlar ile kırsal alanlar arasında görülen sıcaklık farkları gün içinde ve mevsimlere bağlı olarak bazı değişimler göstermektedir. Yapılan çalışmalar kentsel ile kırsal alanlar arasındaki sıcaklık farkının geceleri ve yaz aylarında maksimum düzeye ulaştığını göstermektedir. Kentsel ve kırsal yerleşmelerde yer alan istasyonların sıcaklık koşullarını karşılaştıran bir çalışmada, kent ile kırsal alanlar arasında sıcaklık farklarının Mayıs ile Ağustos ayları arasındaki sıcak dönemde arttığı, özellikle Aralık ayı başta olmak üzere, kış aylarında minimum düzeye indiği ifade edilmektedir (KUKLA ve diğerleri 1986).

Veriler ve Yöntem

Bu çalışmada, sıcaklık gözlemleri kullanılacak meteoroloji istasyonlarının seçiminde kent nüfusları dikkate alınmıştır. Bilindiği gibi Türkiye'de nüfus kriterine göre kent ile kırsal alanların ayrımında 3.000, 5.000 ve 10.000 gibi nüfus miktarları kullanılmaktadır. Ancak günümüzde genel eğilim 10.000 + nüfus kriterinin kullanılması yönündedir. Türkiye'de kentleşme hareketleri incelendiğinde, kentleşmenin 1950'li yıllara kadar durağan, bu tarihten sonra hızlı gelişme gösterdiği görülmektedir. Bu nedenle, 1950'li yıllardan itibaren nüfusları 10.000'i geçen kentlerde yer alan meteoroloji istasyonlarına ait sıcaklık gözlemlerinin kullanılması uygun görülmüştür. Sözkonusu istasyonlar arasından;

- Yeri zaman içinde değişmemiş olanlar
- Sıcaklık rasatları uzun (en az 50 yıl) ve kesintisiz olanlar
- Farklı termik rejim tipine sahip olanlardan, Göztepe (İstanbul), Ankara, İzmir, Adana, Konya, Manisa, Kütahya, Uşak, Afyon, Bolu ve Kastamonu örnek istasyon olarak seçilmiştir. Bu istasyonlara ait günlük maksimum ve minimum sıcaklık rasatları Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün dijital arşivinden sağlanmış, hazırlanan bir bilgisayar programıyla günlük minimum, maksimum sıcaklıklar ile günlük maksimum ve minimum sıcaklıklar arasındaki farkın (günlük amplitüd) mevsimlik ve yıllık ortalamaları hesaplanmıştır.

Kentleşmenin sıcaklık koşulları üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacı ile yapılan çalışmalarda iki farklı yöntem izlenmektedir. Bunlardan ilkinde, birbirine yakın kentsel ve kırsal yerleşmeler seçilerek, iki istasyonunun sıcaklık gözlemleri karşılaştırılmaktadır. Ancak bu yöntemde kırsal alanların kentleşmeden etkilenmediği kabul edilmekte ve iki istasyon arasındaki enlem, karasallık derecesi, yükseklik, yerşekilleri ve bitki örtüsü gibi iklim etmenleri gözardı edilmektedir. İkinci yaklaşımda ise kentlerde yer alan istasyonların sıcaklık değerlerinin zaman içindeki değişimleri incelenmektedir.

Türkiye'de nüfusu 2.000'nin altındaki yerleşmelerde yer alan meteoroloji istasyonlarının sayısının az olması ve ayrıca rasat sürelerinin çok kısa olması nedeniyle, bu çalışmada ikinci yöntem tercih edilerek, seçilen istasyonların mevsimlik ve yıllık ortalama maksimum, minimum ve günlük sıcaklık farklarının zamana bağlı olarak genel eğilimi (trend), diğer bir anlatımla zaman ile sıcaklık değerleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Trend devresi olarak 1930-1992 yılları arası alınmış ancak trend devresi başlatılırken maksimum, minimum veya orta bir değerle başlatılıp, başlatılan değere benzer bir değerle bitirilmesine dikkat edilmiştir. Yıllık ve mevsimlik ortalama sıcaklık değerlerine doğrusal (linear) regresyon analizi uygulanarak, korelasyon, determinasyon katsayıları, trend doğrusu denklemleri ve regresyon katsayısı (regresyon doğrusunun eğimi, °C) hesaplanmıştır. Yapılan işlemler sırasında zaman (yıllar) bağımsız değişken (x), sıcaklık değerleri bağımlı değişken (y) olarak alınmıştır. Korelasyon katsayısının anlamlılığı varyans analizine göre (F-testi) göre % 1 seviyesinde

belirlenmiş, korelasyon katsayısının sıfırdan anlamlı şekilde farklı olduğu değerlerin yanına (*) işareti konulmuştur (ÇİZELGE : 1-2-3).

Yıllık ve Mevsimlik Ortalama Minimum Sıcaklıklar

Seçilen tüm istasyonlarda 1930 ile 1992 yılları arasında yıllık ve mevsimlik ortalama minimum sıcaklıklara ait trendler pozitif değerler göstermektedir (ŞEKİL:1). Bu sonuç, 1931-1992 yılları arasında karşılık gelen dönemde, kentlerde yer alan meteoroloji istasyonlarına ait günlük minimum sıcaklıkların arttığını ifade etmektedir.

Çizelge 1'den görüleceği gibi, yıllık ortalama minimum sıcaklıklar ile zaman arasındaki ilişkileri yansıtan korelasyon katsayıları + 0.046 ile + 0.65 arasında değişmektedir. Korelasyon katsayılarının istatistiki olarak anlamlılığının (mânidarlığı) saptanması amacı ile uygulanan varyans analizi (F-testi) sonucunda, Göztepe, İzmir, Adana, Sivas, Manisa, Afyon ve Bolu istasyonlarda yıllık ortalama minimum sıcaklıkların zaman içinde değiştiği ve korelasyon katsayıların pozitif olması nedeniyle bu değişimin artış yönünde olduğunu görülmektedir. Regresyon katsayılarından anlaşılacağı üzere, zaman içinde yıllık ortalama minimum sıcaklıklarda en kuvvetli artış eğilimine sırasıyla Adana (+ 0.027°C/yıl), Manisa (+ 0.023 °C/ yıl), Sivas (+ 0.023°C/yıl) ve İzmir (+ 0.017°C/ yıl) gibi kentlerde rastlanmaktadır .

Mevsimlik ortalama minimum sıcaklıklara ait korelasyon katsayıları dikkate alındığında, yıl içinde minimum sıcaklıklarda artış eğiliminin en yüksek olduğu dönemin, Ankara dışında tüm istasyonlarda, yaz mevsimine rastladığı görülmektedir (ÇİZİLGE:1). Bu mevsimde ortalama minimum sıcaklıklara ilişkin korelasyon katsayıları + 0.049 ile + 0.653 arasında değişmektedir. Yaz mevsiminde minimum sıcaklık değerlerinin önemli ölçüde artış gösterdiği kentlerin başında Adana, Sivas, Manisa ve İzmir gelmektedir.

Minimum sıcaklıklara ait mevsimlik ortalamaların istatistiki olarak anlamlı ölçüde artış gösterdiği bir diğer mevsim ilkbahar'dır. Ankara, Kütahya ve Kastamonu hariç, seçilen istasyonların tümünde mevsimlik ortalama minimum sıcaklıklar incelenen dönem içinde, + 0.032°C/yıl (Adana) ile + 0.015°C/yıl (Afyon) artış göstermiştir. Sonbahar mevsiminde ise sadece Adana ve Manisa istasyonlarına ait gece sıcaklıklarındaki artış eğilimi önem taşımaktadır.

Yıllık ve Mevsimlik Ortalama Maksimum Sıcaklıklar

Türkiye'de seçilen istasyonların yıllık ortalama maksimum sıcaklıklarına ait trendler dikkate alındığında; İzmir ve Sivas istasyonları dışında tüm istasyonlarda değerlerin zaman içinde azalma gösterdiği görülmektedir (ŞEKİL:2). Konya, Afyon, Kastamonu ve Bolu istasyonlarında maksimum sıcaklıklarda görülen negatif trendler istatistiki olarak önemlidir. Örneğin Afyon ve Kastamonu istasyonlarında yıllık

ortalama maksimum sıcaklıklar yılda $-0.018^{\circ}\text{C}/\text{yıl}$, Bolu'da $-0.013^{\circ}\text{C}/\text{yıl}$ azalma göstermiştir (ÇİZELGE: 2).

Mevsimlik trendler incelendiğinde; istasyonlar arasında sonuçlar bakımından bazı farklılıkların bulunduğu görülür. Kış mevsiminde Göztepe ve Adana dışındaki tüm istasyonlarda maksimum sıcaklıklar azalma eğilimi göstermekte olup, sadece Konya, Afyon ve Kütahya'da negatif trendler istatistiki olarak önem taşımaktadır. İlkbahar mevsiminde, mevsimlik ortalama maksimum sıcaklıklar Adana, İzmir, Sivas ve Kütahya dışındaki istasyonlarda azalmaya devam etmiştir. Ancak bu mevsimdeki maksimum sıcaklıklarda görülen hem artış hem de azalış eğilimi istatistiki olarak önem taşımamaktadır. Yaz mevsiminde ise Kütahya ve Sivas istasyonları hariç diğer istasyonlarda negatif trendler görülmektedir. Örneğin Afyon ve Kastamonu'da bu azalma eğilimi yılda $0.018^{\circ}\text{C}/\text{yıl}$ olarak gerçekleşmiştir. Rasat süresi içinde sonbahar mevsimini oluşturan aylarda Afyon ve Kastamonu istasyonlarında istatistiki olarak önem taşımak üzere, tüm istasyonlarda maksimum sıcaklıkların trendleri azalma göstermiştir (ÇİZELGE: 2).

Günlük Sıcaklık Farklarının Mevsimlik ve Yıllık Ortalamaları

Türkiye'de seçilen istasyonların 1930 ile 1992 yılları arasındaki günlük sıcaklık farklarının yıllık ve mevsimlik ortalamalarına uygulanan regresyon analizi sonucunda, tüm istasyonlarda günlük sıcaklık farklarının azaldığı saptanmıştır. Yıllık ortalama günlük sıcaklık farklarına ilişkin korelasyon katsayıları 0.08 ile 0.75 arasında değişmekte olup, zaman ile değerler arasında oldukça anlamlı doğrusal bir ilişki söz konusudur (ŞEKİL: 3). Günlük amplitüdün en çok azaldığı istasyonların başında sırasıyla Manisa, Afyon, Adana, Sivas ve Bolu gelmektedir.

Günlük sıcaklık farklarındaki azalma eğilimi tüm istasyonlarda yıl boyunca devam etmektedir. Negatif trendlerin en kuvvetli olduğu dönem yaz mevsimidir. Nitekim bu mevsimde korelasyon katsayıları -0.23 ile -0.76 arasında değişmektedir (ÇİZELGE:3). Doğrusal trend değerlerine göre, yaz mevsiminde günlük sıcaklık farkları yılda $0.014^{\circ}\text{C}/\text{yıl}$ (Ankara) ile $-0.042^{\circ}\text{C}/\text{yıl}$ (Manisa) arasında azalma göstermiştir. Örneğin İzmir'de son 55 yıl (1938-1992) içinde yaz mevsiminde günlük sıcaklık farklarındaki azalmanın toplam değeri 1.82°C . Sivas'ta ise 63 yıllık dönem içinde -2.08°C 'dir.

Genel olarak geçiş mevsimleri olan ilkbahar ve sonbaharda günlük sıcaklık farklarındaki negatif trendler kış mevsimine göre daha kuvvetlidir. Manisa, Kütahya, Uşak Afyon ve Kastamonu gibi istasyonlarda sonbahar mevsimine ait regresyon katsayısının eğimindeki alçalma yaz mevsimine yakındır. Bu mevsimde incelenen istasyonlar içinde günlük amplitüd değerlerinin en çok azaldığı istasyonlar sırasıyla Manisa, Adana, ve Afyon'dur. Göztepe, Ankara, İzmir, Sivas, Konya ve Bolu'da ilkbahar mevsiminde görülen günlük amplitüd değerlerindeki azalma sonbahara oranla daha kuvvetlidir.

Sonuç

Türkiye'de 1990 nüfus sayımı sonuçlarına göre kent nüfusunun 50.000'i aştığı 12 kentte yer alan meteoroloji istasyonlarına ait günlük maksimum ve minimum sıcaklıklar ile günlük sıcaklık farklarının yıllık ve mevsimlik ortalamalarına uygulanan doğrusal regresyon analizi sonucunda, sıcaklık değerlerinin kentleşmenin etkisi ile zaman içinde bazı değişimler gösterdiği saptanmıştır. Bu değişimleri ve nedenlerini aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

- Yapılan istatistiki analizler, seçilen istasyonların tümünde yıllık ortalama minimum sıcaklıkların son 63 yıllık dönemde artış eğilimi içinde olduğunu göstermektedir. Pozitif trendler, özellikle yaz ve ilkbahar mevsimlerinde kuvvetlenmektedir. Diğer bir anlatımla, yaz ve ilkbahar mevsimlerini oluşturan aylarda, genellikle geceleri kaydedilen en düşük sıcaklık değerleri zaman içinde belirgin artışlar göstermiştir. Bu durum, güneşten gelen enerji miktarı ile yapı yoğunluğu arasındaki ilişkiye bağlanabilir. Nitekim kentlerin yüzeyini oluşturan asfalt, beton ve tuğla gibi yüzeylerin ısı geçirgenlik ve kapasiteleri doğal yüzeylere oranla daha fazladır. Özellikle güneşten gelen enerji miktarının arttığı yaz ve yaz mevsimine geçiş aylarında, kentlerin yüzeyini oluşturan söz konusu maddelerin gündüzleri güneşten gelen kısa dalgalı radyasyonu depolayıp, güneş battıktan sonraki saatlerde yavaş yavaş geri vermeleri, kentlerde ölçülen minimum sıcaklık değerlerinin çevrelerindeki kırsal alanlara göre önemli artışlar göstermesine neden olur.

- Yıllık ve mevsimlik ortalama maksimum sıcaklıklara ait korelasyon ve regresyon değerleri incelendiğinde; maksimum sıcaklıkların genel olarak negatif trendlere sahip olduğu görülür. Ancak Afyon, Bolu ve Kastamonu dışındaki istasyonların tümünde maksimum sıcaklıklarda görülen azalma eğilimi çok zayıf olup, korelasyon katsayılarına uygulanan (f) testi, çıkan sonuçların istatistiki olarak önem taşımadığını göstermektedir. Diğer bir anlatımla, incelenen istasyonlara ait günlük en yüksek sıcaklık değerleri zaman içinde önemli bir değişim göstermemiştir. Bu durum, Türkiye'de kentleşmenin gündüz sıcaklıklarını çok fazla etkilemediğini göstermektedir.

- Türkiye'de seçilen tür istasyonlarda, kentleşmeden en çok etkilenen sıcaklık değişkeninin günlük sıcaklık farkları olduğu saptanmıştır. Günlük amplitüd değerleri incelenen istasyonların tümünde negatif trendler göstermektedir. Yıl içinde günlük sıcaklık farklarının en çok azalma gösterdiği dönem ise yaz ve geçiş mevsimleridir. Günlük sıcaklık farklarındaki (günlük amplitüd) bu azalmanın nedeni olarak, genellikle geceleri ölçülen günlük minimum sıcaklıklarda zaman içinde görülen artış eğilimi gösterilebilir. Nitekim tüm istasyonlarda yaz ve ilkbahar mevsimlerinde günlük minimum sıcaklıklarda görülen artış eğilimine paralel

olarak, günlük amplitüd değerleri azalma göstermiştir. Ayrıca kentlerde kullanımı artan fosil yakıtlar ve endüstriyel faaliyetlere bağlı olarak atmosfere salınan CO₂, CH₄ ve N₂O gibi sera gazları ile konsantrasyonu artan aerosoller de kentlerdeki sıcaklık koşulları üzerinde önemli değişmelere yol açmaktadır. Yapılan çalışmalar, güneş radyasyonu ile aralarında meydana gelen kimyasal reaksiyonlar sonucunda özellikle yaz ve yaz mevsimine geçiş aylarında olmak üzere, sülfat, nitrat ve organik bileşiklerin atmosferdeki konsantrasyonunun arttığını göstermektedir. Güneşten gelen kısa dalgalı radyasyonu geri yansıtan bu tür bileşikler maksimum sıcaklıklarda azalmaya, geceleri ise uzun dalgalı radyasyonu soğurarak minimum sıcaklıklarda artışa neden olmaktadır (KARL ve diğerleri, 1986).

- Yapılan istatistiki analizler sonucu elde edilen trend değerleri, kentsel alanlarda minimum, maksimum ve günlük sıcaklık farklarının kentte yaşayan nüfus miktarının yanında birçok faktöre bağlı olduğunu göstermektedir. Nitekim, sadece kent nüfusu dikkate alındığında, Türkiye'de minimum sıcaklıklarda zaman içinde en fazla artışın, maksimum ve günlük sıcaklık farklarındaki en belirgin azalmanın İstanbul, Ankara, İzmir gibi üç büyük kentte beklenmesi gerekirdi. Ancak sıcaklık değişkenlerine ait regresyon katsayılarının eğimleri incelendiğinde, kentleşmeden en çok etkilenen istasyonların Adana, Manisa, Sivas, Afyon olduğu görülmektedir. Bu durum kentler üzerinde oluşan ısı adalarının kentte yaşayan nüfus miktarının yanı sıra, başta rasat parkının bulunduğu yerdeki yapı yoğunluğu, rüzgâr yönü, hızı, bulutluluk gibi meteorolojik koşullar ve yerçekimleri gibi birçok faktörden etkilendiğini göstermektedir.

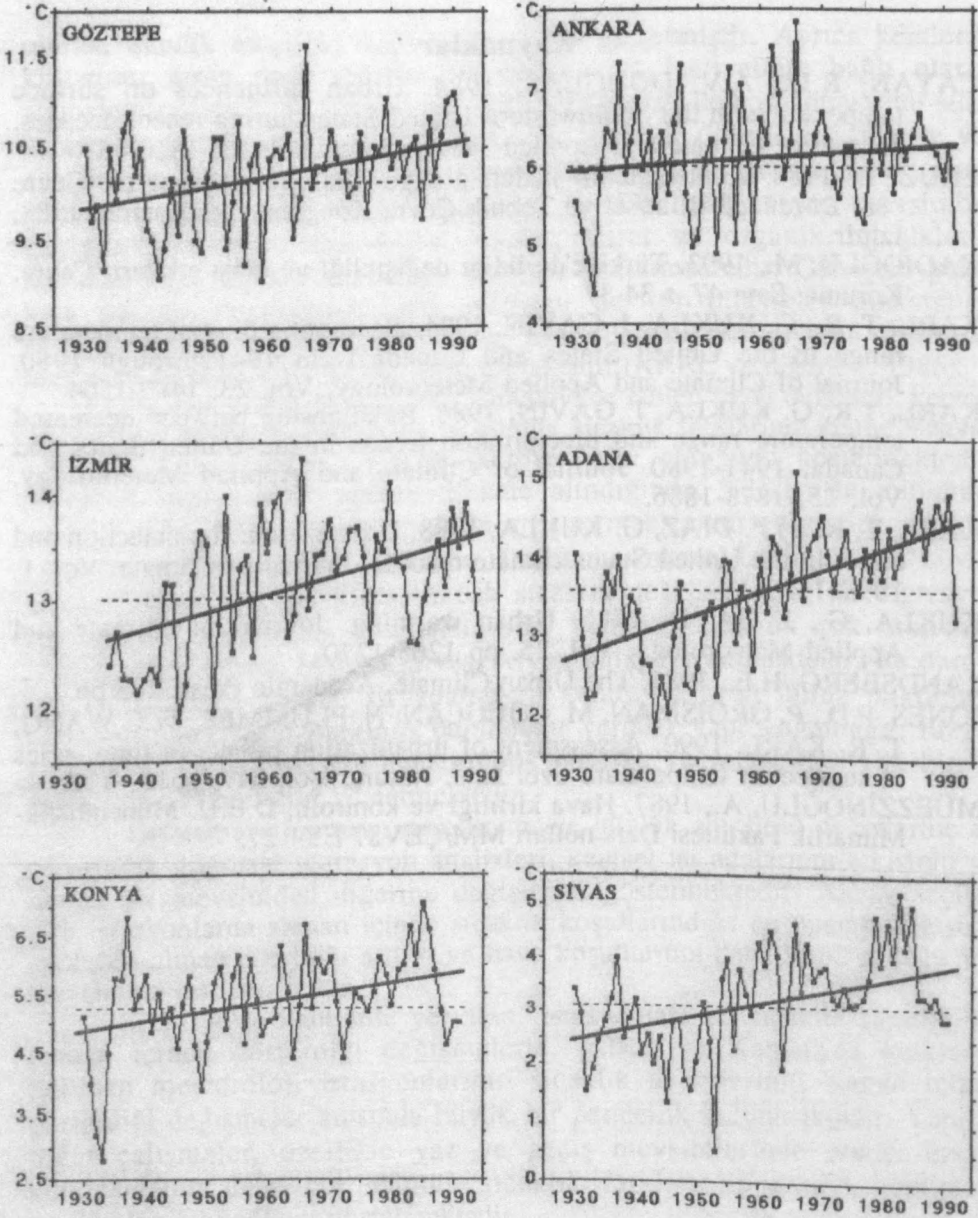
- Ortalama minimum, maksimum ve günlük amplitüd değerlerine ait mevsimlik doğrusal regresyon analizleri, kentsel ısı adalarının etkisinin yıl içinde bir mevsimden diğerine değiştiğini göstermektedir. Ancak seçilen tüm istasyonlarda zaman içinde sıcaklık koşullarındaki en önemli değişme, güneşten alınan enerjinin arttığı ve hava koşullarının daha stabil olduğu yaz mevsimine rastlamaktadır.

- Türkiye'de kentlerde yer alan istasyonlara ait sıcaklık rasatlarının zaman içinde gösterdiği değişmelerle, A.B.D ve Kanada'da kentlerde bulunan meteoroloji istasyonlarının sıcaklık değerlerinin zaman içinde gösterdiği değişmeler arasında büyük bir paralellik bulunmaktadır. Yapılan diğer çalışmalar, özellikle yaz ve geçiş mevsimlerinde olmak üzere, kentleşmenin daha çok günlük sıcaklık farkları ile günlük minimum sıcaklıkları etkilediğini göstermektedir.

- Regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan değerler, kentleşmenin yöresel veya bölgesel ölçekte olmak üzere sıcaklık koşullarında değişmelere yol açtığını ve kentler içinde yer alan meteoroloji istasyonlarının gözlemlerinin kullanıldığı çalışmalarda kentleşmenin etkisinin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

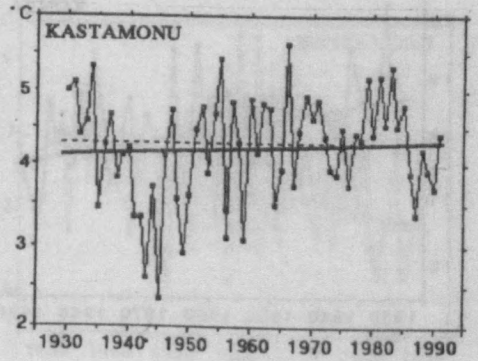
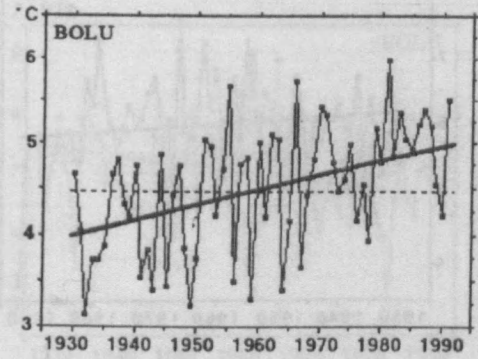
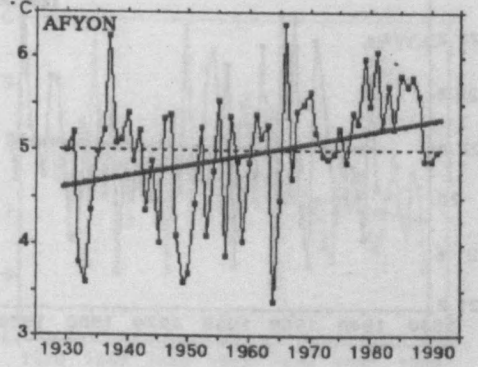
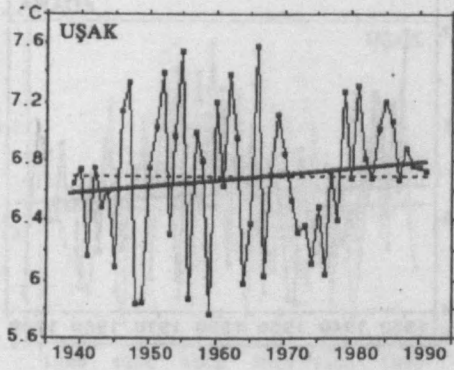
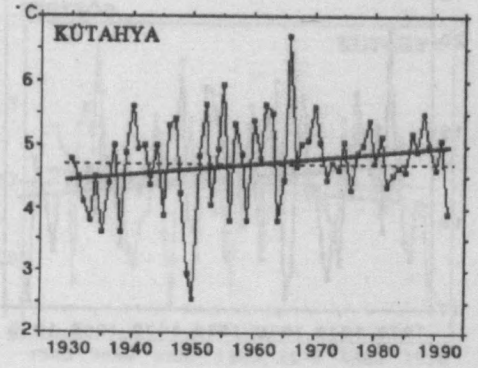
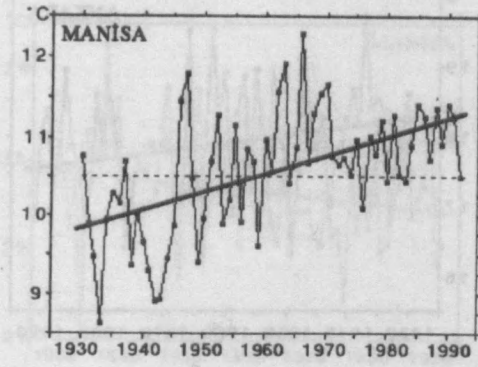
Kaynaklar

- CAYAN, R.D., A.V. DOUGLAS, 1984. Urban influences on surface temperatures in the Southwestern United States during recent decades. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, Vol. 23, 1520-1530
- ERUZ, E. 1988. Kentleşmenin neden olduğu ekolojik değişimler. *Çevre '88: Dördüncü Bilimsel ve Teknik Çevre Kongresi*, 5-9 Haziran 1988, İzmir.
- KADIOĞLU, M., 1993. Türkiye'de iklim değişikliği ve olası etkileri. *Çevre. Koruma*, Sayı 47, s 34-37
- KARL, T. R., G. KUKLA, J. GAVIN, 1984. Decreasing diurnal temperature range in the United States and Canada from 1941 through 1980. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, Vol. 23, 1489-1504.
- KARL, T.R, G. KUKLA, J. GAVIN, 1986. Relationship between decreased temperature range and precipitation trends in the United States and Canada, 1941-1980. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, Vol. 25, 1878-1886.
- KARL, T. R., H.F. DIAZ, G. KUKLA, 1988. Urbanization. Its detection and effect in the United States climate records. *Journal of Climate*. Vol. 1, 1099-1123.
- KUKLA, G., J. GAVIN 1986. Urban warming. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, Vol. 25, pp 1265-1270.
- LANDSBERG, H.E., 1981. *The Urban Climate*, Academic Press, 285 pp.
- JONES, P.D., P. GROISMAN, M. COUGLAN, N. PLUMMER, W.C WANG, T. R. KARL, 1990. Assessment of urbanization effects in time series of surface air temperature over land. *Nature*, Vol. 347, pp169-172
- MÜEZZİNOĞLU, A., 1987. Hava kirliliği ve kontrolü, D.E.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Ders notları MM/ÇEV87 EY 127.

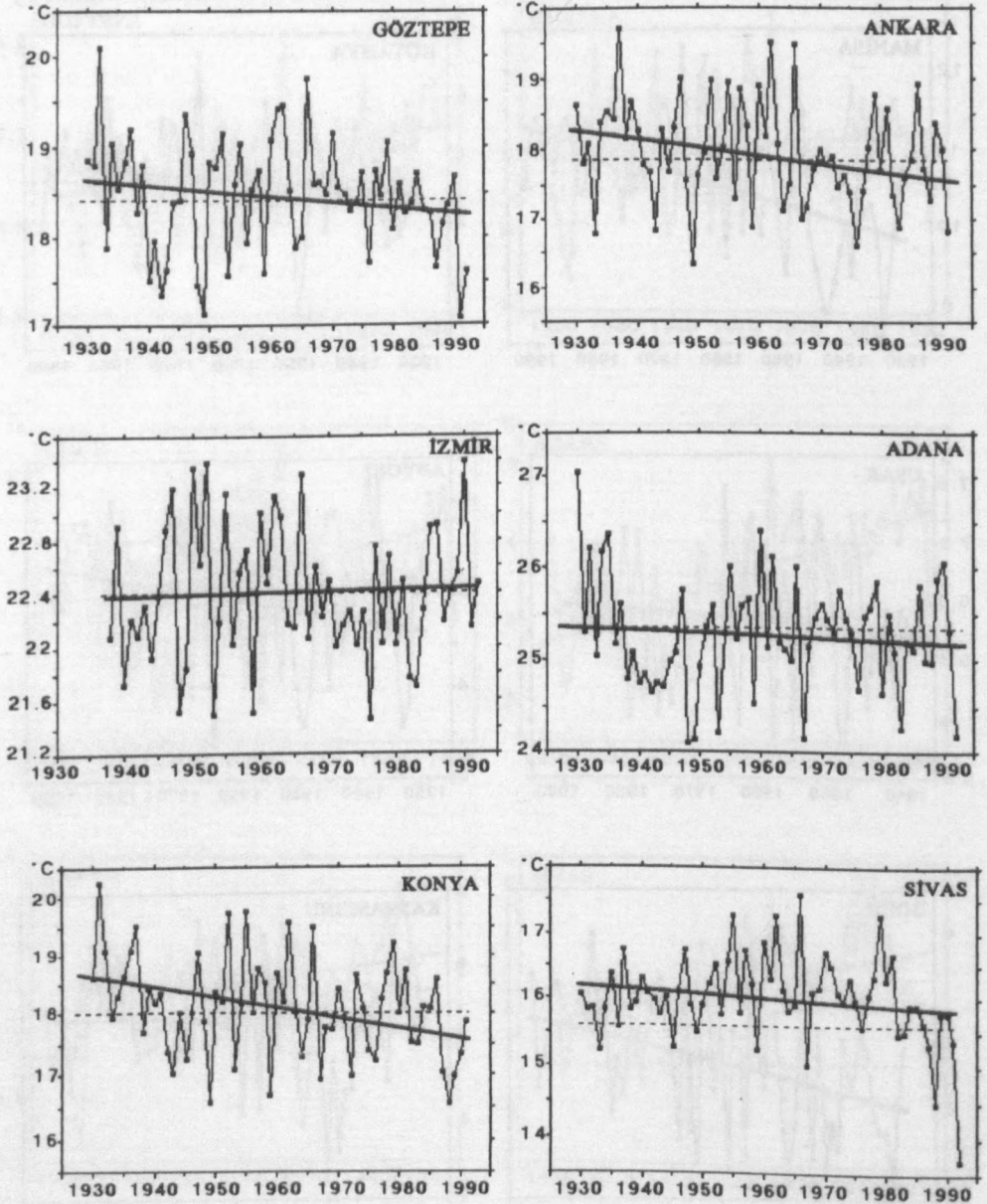


Şekil 1 : Türkiye'de seçilen bazı istasyonların yıllık ortalama minimum sıcaklıklarına ait zaman serileri. Kesik çizgiler 62 yıllık ortalamayı, kalın çizgi doğrusal trendi göstermektedir.

Türkiye'de Kentleşmenin Sıcaklık Koşulları Üzerine Etkisi

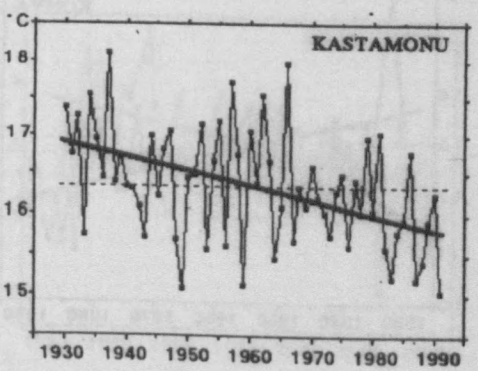
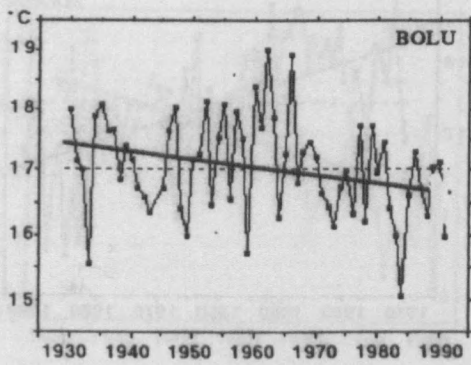
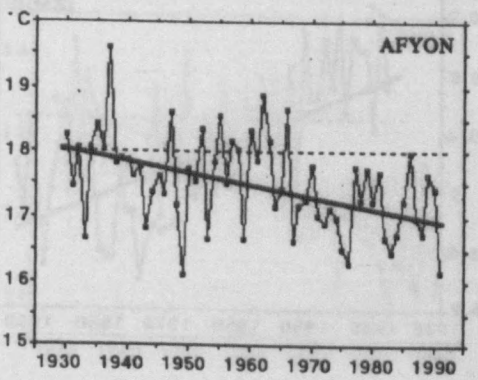
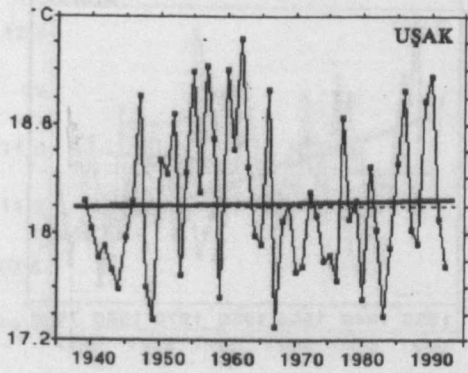
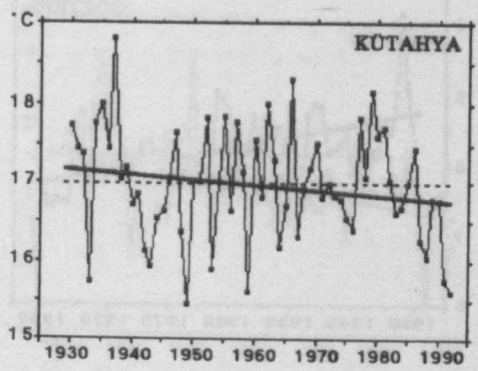
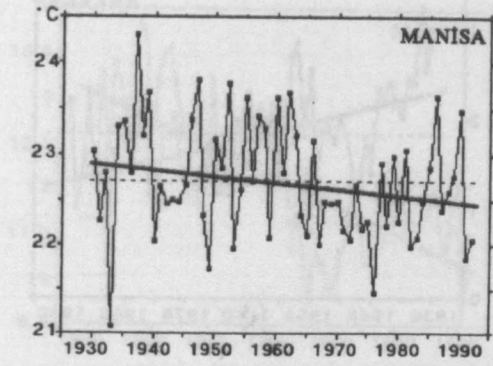


Şekil 1'in devamı

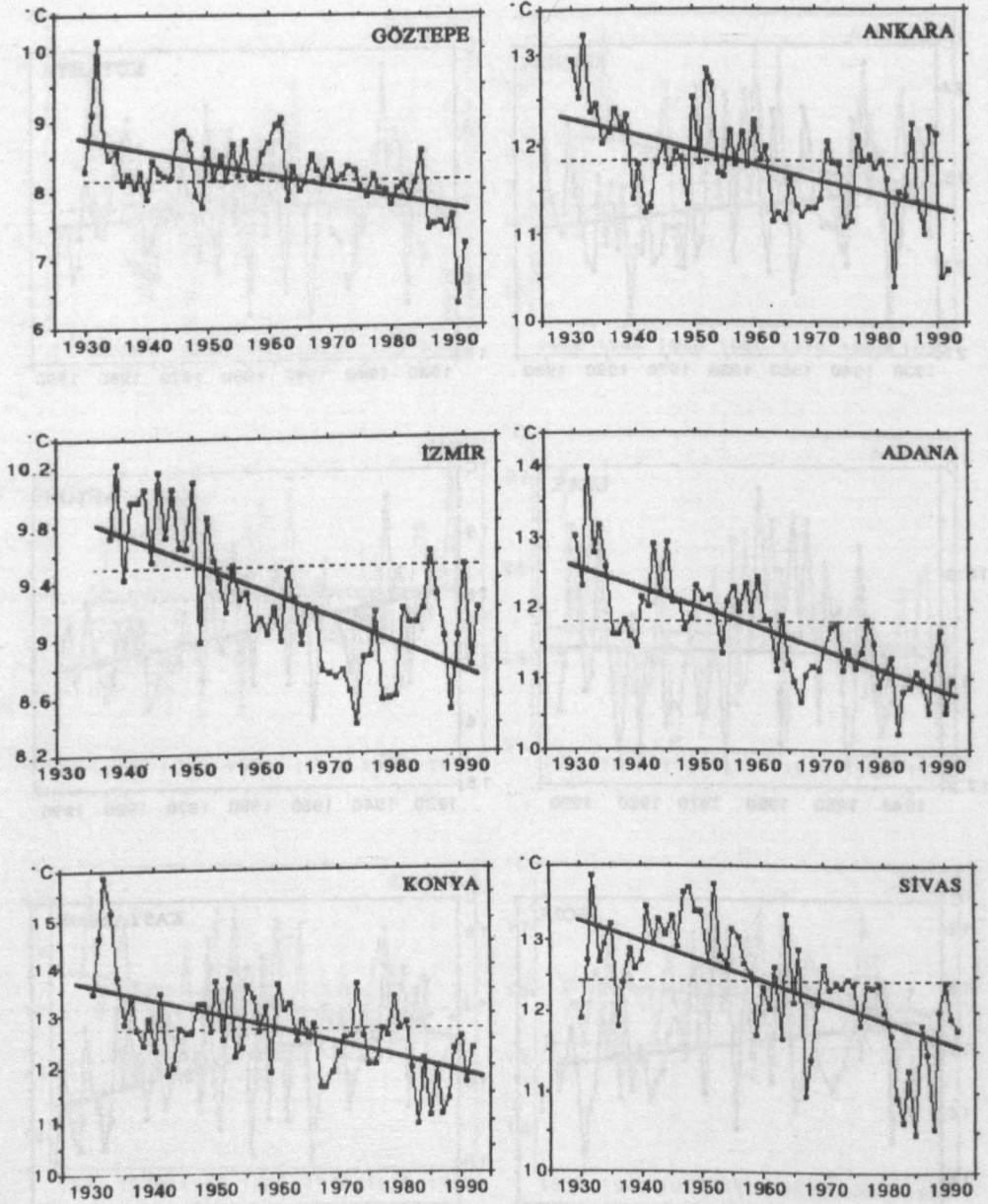


Şekil 2 : Türkiye'de seçilen bazı istasyonların yıllık ortalama maksimum sıcaklıklarına ait zaman serileri. Kesik çizgiler 62 yıllık ortalamayı, kalın çizgi doğrusal trendi göstermektedir.

Türkiye'de Kentleşmenin Sıcaklık Koşulları Üzerine Etkisi

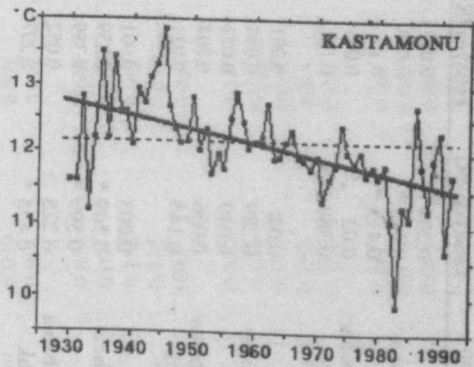
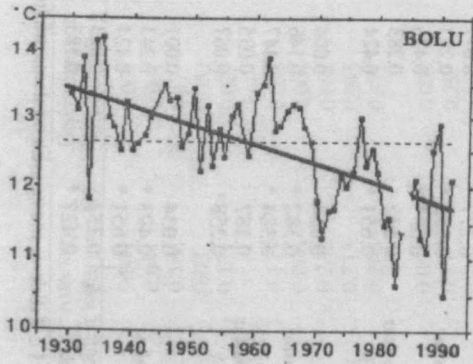
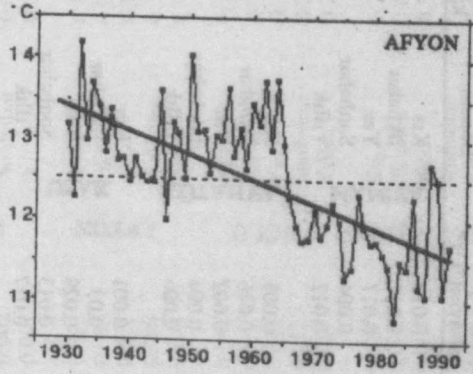
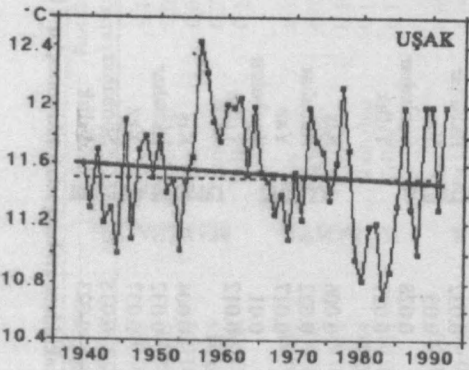
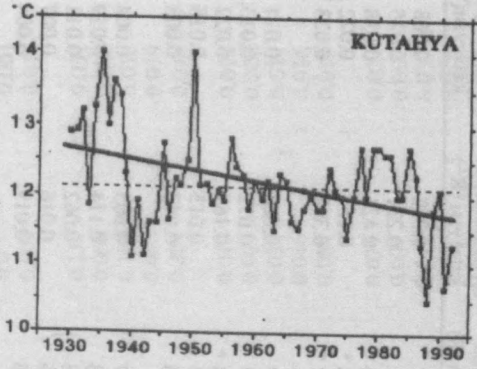
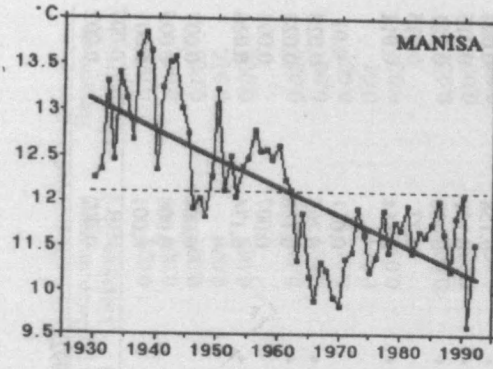


Şekil 2'nin devamı



Şekil 3 Türkiye'de seçilen bazı istasyonların günlük sıcaklık farklarının yıllık ortalamalarına ait zaman serileri. Kesik çizgiler 62 yıllık ortalamayı, kalın çizgi doğrusal trendi göstermektedir.

Türkiye'de Kentleşmenin Sıcaklık Koşulları Üzerine Etkisi



Şekil 3'ün devamı

Dönem	Korelasyon katsayısı (R)	Determinasyon katsayısı (R ²)	Regresyon katsayısı (°C)	Dönem	Korelasyon katsayısı (R)	Determinasyon katsayısı (R ²)	Regresyon katsayısı (°C)
GÖZTEPE	Kış	0.204	0.011	Kış	0.109	0.012	0.008
	İlkbahar	0.313 *	0.017	İlkbahar	0.481	0.231	0.025
	Yaz	0.413 *	0.017	Yaz	0.649 *	0.421	0.038
	Sonbahar	0.02	0.004	Sonbahar	0.388 *	0.15	0.022
Yıllık	0.388 *	0.151	Yıllık	0.552 *	0.305	0.023	
ANKARA	Kış	0.04	0.003	Kış	0.167	0.028	-0.014
	İlkbahar	0.289	0.016	İlkbahar	0.267	0.072	0.013
	Yaz	0.049	0.002	Yaz	0.408 *	0.167	0.022
	Sonbahar	0.066	0.004	Sonbahar	0.123	0.015	0.015
Yıllık	0.145	0.021	Yıllık	0.205	0.042	0.008	
İZMİR	Kış	0.003	0.001	Kış	0.067	0.005	-0.004
	İlkbahar	0.509 *	0.03	İlkbahar	0.338	0.114	0.019
	Yaz	0.599 *	0.029	Yaz	0.248	0.062	0.011
	Sonbahar	0.228	0.013	Sonbahar	0.126	0.016	0.007
Yıllık	0.455 *	0.207	Yıllık	0.138	0.019	0.004	
ADANA	Kış	0.277	0.018	Kış	0.095 *	0.158	-0.008
	İlkbahar	0.536 *	0.032	İlkbahar	0.316 *	0.131	0.015
	Yaz	0.653 *	0.03	Yaz	0.473 *	0.408	0.021
	Sonbahar	0.532 *	0.028	Sonbahar	0.28	0.27	0.015
Yıllık	0.651 *	0.424	Yıllık	0.307 *	0.464	0.011	
KONYA	Kış	0.064	0.006	Kış	0.106	0.011	0.01
	İlkbahar	0.382 *	0.022	İlkbahar	0.513 *	0.263	0.028
	Yaz	0.384 *	0.017	Yaz	0.443 *	0.196	0.023
	Sonbahar	0.187	0.035	Sonbahar	0.082	0.007	0.004
Yıllık	0.258 *	0.067	Yıllık	0.418 *	0.174	0.016	
SİVAS	Kış	0.034	0.004	Kış	0.088	0.008	0.007
	İlkbahar	0.493 *	0.032	İlkbahar	0.089	0.008	0.005
	Yaz	0.651 *	0.037	Yaz	0.017	0.001	0.001
	Sonbahar	0.251	0.015	Sonbahar	-0.131	0.017	-0.007
Yıllık	0.427 *	0.183	Yıllık	0.046	0.002	0.002	

ÇİZELGE 1 : Yıllık ve mevsimlik ortalama minimum sıcaklıklara ait bazı istatistiksel sonuçlar (1930-1992).

Türkiye'de Kentleşmenin Sıcaklık Koşulları Üzerine Etkisi

Dönem	Korelasyon katsayısı (R)	Determinasyon katsayısı (R ²)	Regresyon katsayısı (°C)	Dönem	Korelasyon katsayısı (R)	Determinasyon katsayısı (R ²)	Regresyon katsayısı (°C)
GÖZTEPE	Kış	0.031	0.002	Kış	0.146	0.021	-0.009
	İlkbahar	0.04	0.003	İlkbahar	0.031	0.001	-0.002
	Yaz	0.164	0.008	Yaz	0.053	0.001	-0.003
	Sonbahar	0.02	0.015	Sonbahar	0.276	0.076	-0.016
Yıllık	0.171	0.029	Yıllık	0.218	0.048	-0.008	
ANKARA	Kış	0.177	0.015	Kış	0.336 *	0.113	0.026
	İlkbahar	0.066	0.005	İlkbahar	0.039	0.001	0.003
	Yaz	0.232	0.012	Yaz	0.108	0.012	0.007
	Sonbahar	0.213	0.014	Sonbahar	0.155	0.024	-0.01
Yıllık	0.268	0.072	Yıllık	0.175	0.031	0.007	
İZMİR	Kış	0.054	0.003	Kış	0.069	0.005	-0.004
	İlkbahar	0.17	0.011	İlkbahar	0.094	0.008	0.007
	Yaz	0.111	0.005	Yaz	0.014	0.001	0.001
	Sonbahar	0.039	0.002	Sonbahar	0.001	0.0	-0.001
Yıllık	0.008	0.001	Yıllık	0.026	0.001	0.011	
ADANA	Kış	0.066	0.003	Kış	0.363 *	0.132	0.031
	İlkbahar	0.07	0.005	İlkbahar	0.078	0.006	0.006
	Yaz	0.258	0.011	Yaz	0.325 *	0.105	-0.018
	Sonbahar	0.125	0.016	Sonbahar	0.293 *	0.086	-0.019
Yıllık	0.07	0.005	Yıllık	0.45 *	0.203	-0.018	
KONYA	Kış	0.305 *	0.032	Kış	0.221	0.049	-0.018
	İlkbahar	0.169	0.013	İlkbahar	0.055	0.003	-0.005
	Yaz	0.237	0.012	Yaz	0.183	0.033	-0.01
	Sonbahar	0.182	0.033	Sonbahar	0.214	0.046	-0.016
Yıllık	0.358 *	0.128	Yıllık	0.289 *	0.084	-0.013	
SİVAS	Kış	0.287	0.083	Kış	0.267	0.071	-0.02
	İlkbahar	0.053	0.003	İlkbahar	0.096	0.009	-0.007
	Yaz	0.083	0.007	Yaz	0.339 *	0.115	-0.019
	Sonbahar	0.186	0.035	Sonbahar	0.373 *	0.139	-0.026
Yıllık	0.177	0.031	Yıllık	0.436 *	0.190	0.018	

ÇİZELGE 2 : Yıllık ve mevsimlik ortalama maksimum sıcaklıklara ait bazı istatistiksel sonuçlar (1930-1992).

Dönem	Korelasyon katsayısı (R)	Determinasyon katsayısı (R ²)	Regresyon katsayısı (°C)	Dönem	Korelasyon katsayısı (R)	Determinasyon katsayısı (R ²)	Regresyon katsayısı (°C)	
GÖZTEPE	Kış	0.362 *	0.131	MANİSA	Kış	0.383 *	0.146	
	İlkbahar	0.523 *	0.274		İlkbahar	0.511 *	0.261	0.015
	Yaz	0.549 *	0.302		Yaz	0.679 *	0.461	0.028
	Sonbahar	0.369 *	0.136		Sonbahar	0.642 *	0.412	0.042
Yıllık	0.588 *	0.346	Yıllık	0.732 *	0.536	0.039	0.031	
ANKARA	Kış	0.294 *	0.086	KÜTAHYA	Kış	0.338 *	0.114	
	İlkbahar	0.429 *	0.184		İlkbahar	0.197	0.039	0.015
	Yaz	0.421 *	0.177		Yaz	0.251	0.063	-0.01
	Sonbahar	0.315 *	0.099		Sonbahar	0.26	0.052	0.017
Yıllık	0.539 *	0.291	Yıllık	0.408 *	0.166	0.018	0.015	
İZMİR	Kış	0.129	0.017	UŞAK	Kış	0.155	0.024	
	İlkbahar	0.447 *	0.20		İlkbahar	0.205	0.042	0.009
	Yaz	0.746 *	0.557		Yaz	0.227	0.051	0.01
	Sonbahar	0.436 *	0.19		Sonbahar	0.222	0.049	0.011
Yıllık	0.681 *	0.463	Yıllık	0.08	0.006	0.002		
ADANA	Kış	0.271	0.073	AFYON	Kış	0.397 *	0.158	
	İlkbahar	0.512 *	0.262		İlkbahar	0.362 *	0.131	0.022
	Yaz	0.715 *	0.511		Yaz	0.639 *	0.408	0.021
	Sonbahar	0.629 *	0.395		Sonbahar	0.52 *	0.27	0.039
Yıllık	0.757 *	0.573	Yıllık	0.681 *	0.464	-0.035	-0.03	
KONYA	Kış	0.447 *	0.2	BOLU	Kış	0.489 *	0.248	
	İlkbahar	0.463 *	0.214		İlkbahar	0.415 *	0.172	0.028
	Yaz	0.532 *	0.283		Yaz	0.429 *	0.184	0.026
	Sonbahar	0.314 *	0.099		Sonbahar	0.333 *	0.111	0.033
Yıllık	0.581 *	0.338	Yıllık	0.64 *	0.41	-0.022	-0.028	
SIVAS	Kış	0.395 *	0.156	KASTAMONU	Kış	0.472 *	0.222	
	İlkbahar	0.468 *	0.219		İlkbahar	0.231 *	0.053	0.026
	Yaz	0.564 *	0.319		Yaz	0.29 *	0.084	0.012
	Sonbahar	0.397 *	0.157		Sonbahar	-0.342 *	0.117	-0.019
Yıllık	0.642 *	0.412	Yıllık	-0.54 *	0.292	-0.019	-0.02	

ÇİZELGE 3 : Yıllık ve mevsimlik ortalama günlük sıcaklık farklarına ait bazı istatistiksel sonuçlar (1930-1992).