

## Klimatolojik Uygulamalarda ArcGIS Kullanımı (\*)

SERHAT SENSOY 1, [ssensoy@dmi.gov.tr](mailto:ssensoy@dmi.gov.tr)

Yusuf ULUPINAR 1, Mesut DEMİRCAN 1, İzzet BALTA 1, A.Tolga TAŞTEKİN 2, İlker ALAN 2

1. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

2. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Araştırma Şube Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

### Özet

Coğrafi Bilgi Sistemi, yazılım, donanım, veri ve insanı birleştirerek etkileşimli haritalar üzerinde; coğrafi bilgileri ve onlara ilişkilendirilmiş veri tablolarını görüntüleme, inceleme, sorgulama ve analiz etmeye imkan tanıyan komple bir sistemdir. İklim, bir yerde uzun bir zaman periyodu içinde her gün gerçekleşen hava olaylarının toplamını ve ortalamasını ifade eder. Eğer bu günün hava durumunu bilir ve bunun geçmişle farkını ortaya koyabilirsek, gelecek planlarımızı yapabiliriz (Obasi G.O.P, 2001).

Son yıllarda neredeyse her gün bir gazete veya dergi almıyoruz ki içinde küresel ısınma ve iklim değişikliği ile ilgili bir haber olmasın. Öte yandan ekstrem iklim olaylarının toplum üzerine güçlü etkisi vardır ve ortalamalardaki küçük değişiklikler ekstremelerin görülme olasılığında büyük değişikliklere sebep olur. Bu nedenle günümüzde klimatolojik uygulamalarda veri analizi ve bu analizlerin son kullanıcıya kaliteli bir şekilde sunulması çok önemli hale gelmiştir. Bu kapsamda Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2006 yılından bu yana Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımlarını (ArcGIS) kullanmaya başlamıştır.

Klimatolojik uygulamalarda ArcGIS kullandığımız alanlar şunlardır: Aylık, mevsimlik ve yıllık sıcaklık analizleri, ısıtma ve soğutma gün dereceleri analizleri, iklim indisleri görüntüleme çalışmaları, Türkiye İklim Atlasının güncellenmesi çalışmaları, çeşitli İklim sınıflandırma yöntemlerine göre Türkiye'nin iklim sınıflandırmaları, tematik haritalarla istasyon sınıflandırma ve sorgulama çalışmaları. Yukarıda saydığımız ArcGIS uygulama alanları her geçen gün genişleyerek devam etmektedir. Bu şekilde kullanıcılara yaşadıkları yerin iklimi hakkında daha kaliteli ve kolay anlaşılabilir bilgiler sunulmaktadır.

**Anahtar sözcükler:** İklim görüntüleme, iklim atlası, iklim indisi, heating and cooling degree-days.

### Abstract

*GIS is the complicated system which combine hardware, software and human and give possibility to analyze, monitoring and interrogating geographic and spreadsheet data over thematic map. Weather is the state of the atmosphere, over a brief period of time. For example, we speak of today's weather or the weather this week. Climate represents composite of day-to-day weather over a longer period of time. In other word, climate is the average state of the atmosphere. If we know the status of the climate today and the differences between this and the recent past, we can begin to plan for the future. (Obasi G.O.P, 2001).*

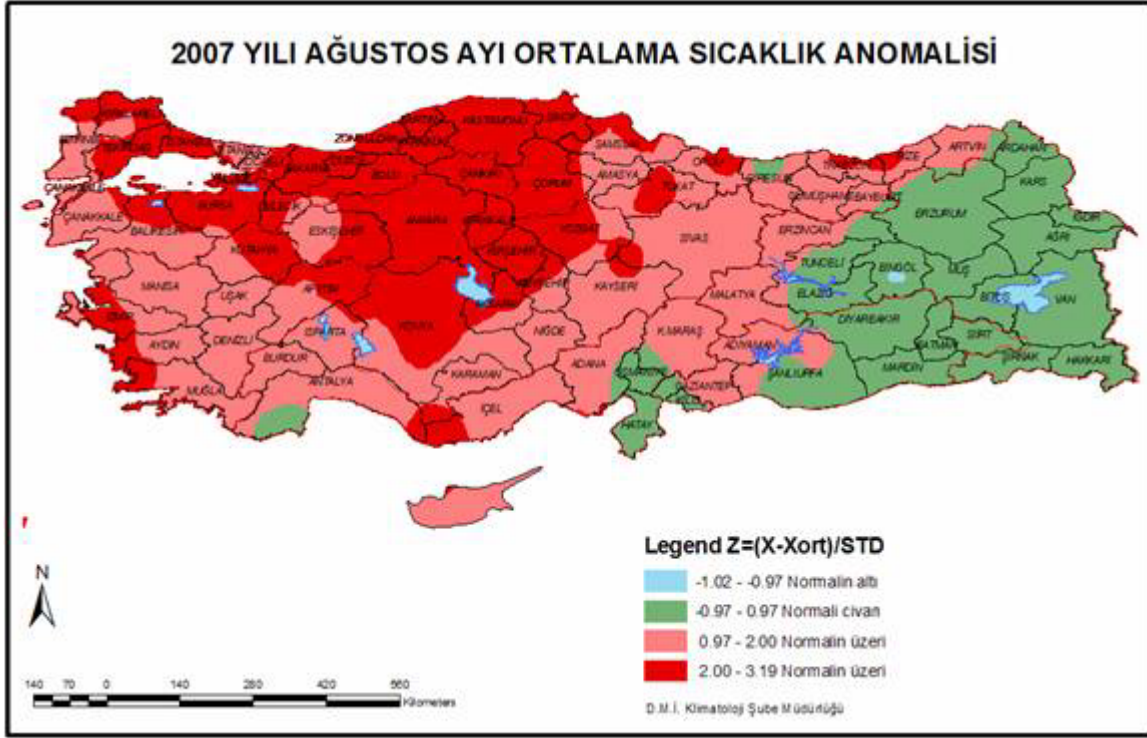
*It is difficult to pick up a newspaper nowadays without reading something about global warming. It's also hard to pick up a professional climate journal without realizing that some of the best scientific minds in the world are working on climate change detection and attribution. On the other hand, extreme climate events usually have strong impacts on society and a small change in the mean condition can cause a large change in the likelihood of an extreme. It is essential that nowadays climatological data analyze and qualified monitoring is very important. TSMS has been used GIS software since 2006. Area that used ArcGIS are follows: Monthly, seasonal and annual temperature analyses, heating and cooling degree days analyse, Monitoring of climate index, update of climate atlas of Turkey, climate classification, station classification and query. These ArcGIS applications have been improving day by day and giving qualified information to end-users.*

**Keywords:** Climate monitoring, climate atlas, climate indices, heating and cooling degree-days.

(\*)Bu çalışma, 18-19 Ekim 2007 tarihinde ODTU, Ankara'da gerçekleştirilen "12. ESRI kullanıcıları Grubu toplantısı"nda poster olarak sergilenmiş ve üçüncülük ödülü almıştır.

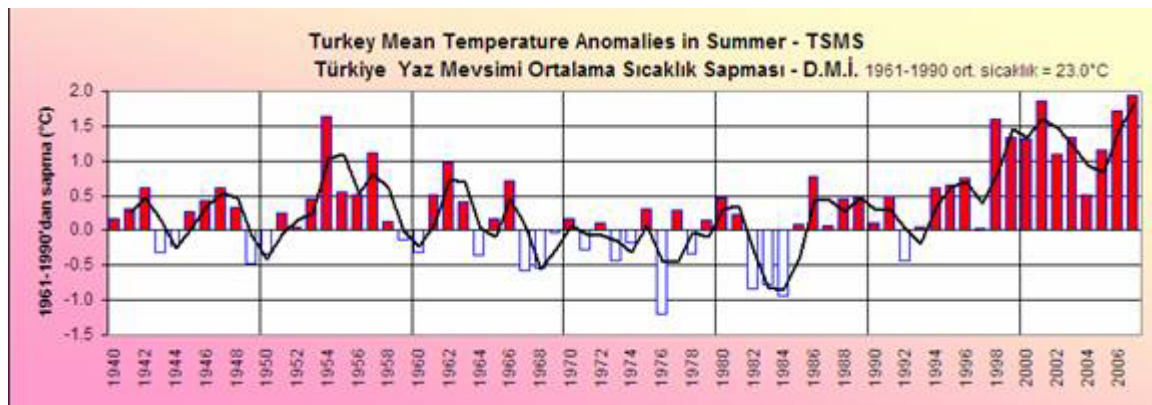
## 1. Aylık, mevsimlik ve yıllık sıcaklık analizleri

Aylık, mevsimlik ve yıllık sıcaklık analizlerinde bu periyotlara ait gerçek zamanlı veriler kullanıcılar ArcGIS yardımıyla haritalanarak sunulmaktadır. Ayrıca bu periyotlardaki verilerin uzun yıllardan farkları hesaplanmakta ve haritalanmaktadır. Anomali (normalden sapma) hesabında Z dağılımı kullanılmaktadır.  $Z=(X-X_{ort})/St.Sapma$  formülüne göre  $Z < -0.97$  olan istasyonlar normalin altında,  $Z -0.97- 0.97$  arası ise normal civarı,  $Z > 0.97$  ise normalin üstünde sıcaklıklara sahip olmuş demektir. Hesaplamalar Excel’de yapılmakta daha sonra haritalama için personel geodatabase’e çekilmektedir.



Şekil 1. 2007 yılı Ağustos ayı ortalama sıcaklık anomalisi haritası

Yukarıdaki haritaya göre 2007 yılı Ağustos ayında genel olarak ülkemizde Doğu ve Güney Doğu Anadolu Bölgeleri ile Hatay, Osmaniye, Kilis, Giresun ve Antalya’da mevsim normalleri civarında ortalama sıcaklıklar gerçekleşirken; ülkemizin geriye kalan büyük bir kesiminde mevsim normallerinin üzerinde sıcaklıklar gerçekleşmiştir. Bingöl’de ise normallerinin altında sıcaklıklar gerçekleşmiştir.



Şekil 2. Türkiye yaz mevsimi ortalama sıcaklık sapması

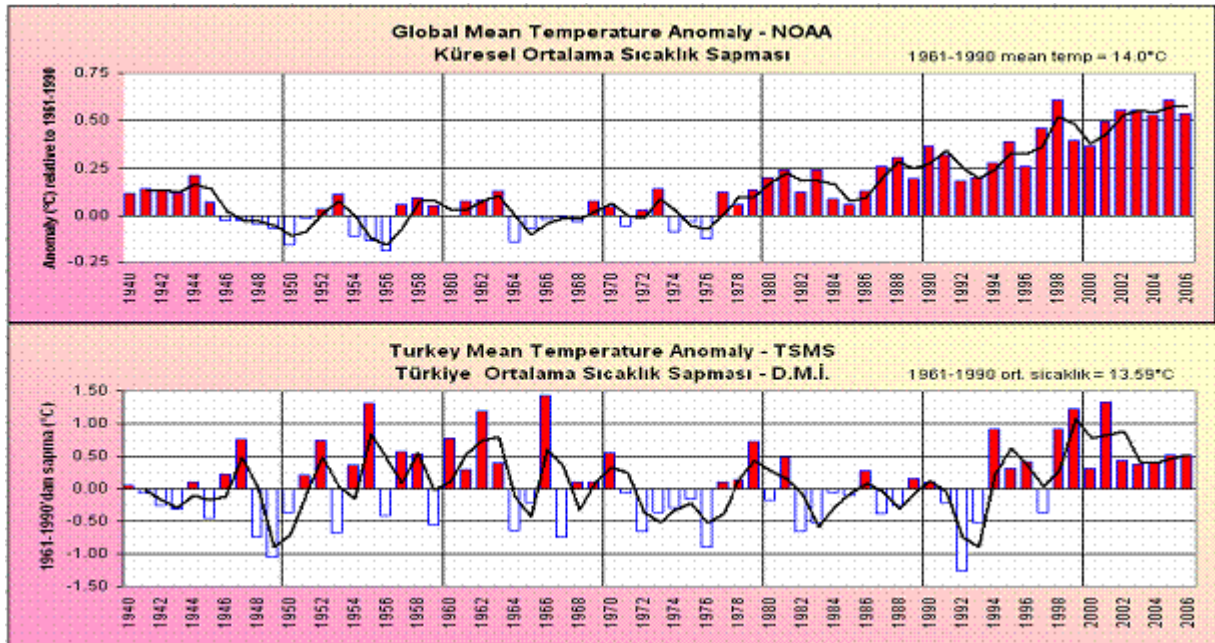
Türkiye'nin 1961-1990 periyodundaki yaz mevsimi ortalama sıcaklığı 23.0°C’dir. 2007 yılı yaz mevsimi ortalama sıcaklığı 24.9°C gerçekleşmiştir. Bu sonuçla 2007 yılı yaz mevsimi 1.9°C’lik anomali ile 1940 yılından bu yana gerçekleşen **en sıcak yaz** olmuştur.



**Şekil 3.** 2007 yılı yaz mevsimi ortalama sıcaklık anomalisi haritası

Genel olarak 2007 Yılı Yaz Mevsiminde yurdumuzun büyük bir bölümünde ortalama sıcaklıklar mevsim normallerinin üzerinde seyrederken; Doğu ve Güneydoğu Anadolu'nun doğusunda ise mevsim normalleri civarında ortalama sıcaklıklar kaydedilmiştir. Bingöl'de ise mevsim normallerinin altında ortalama sıcaklıklar gerçekleşmiştir.

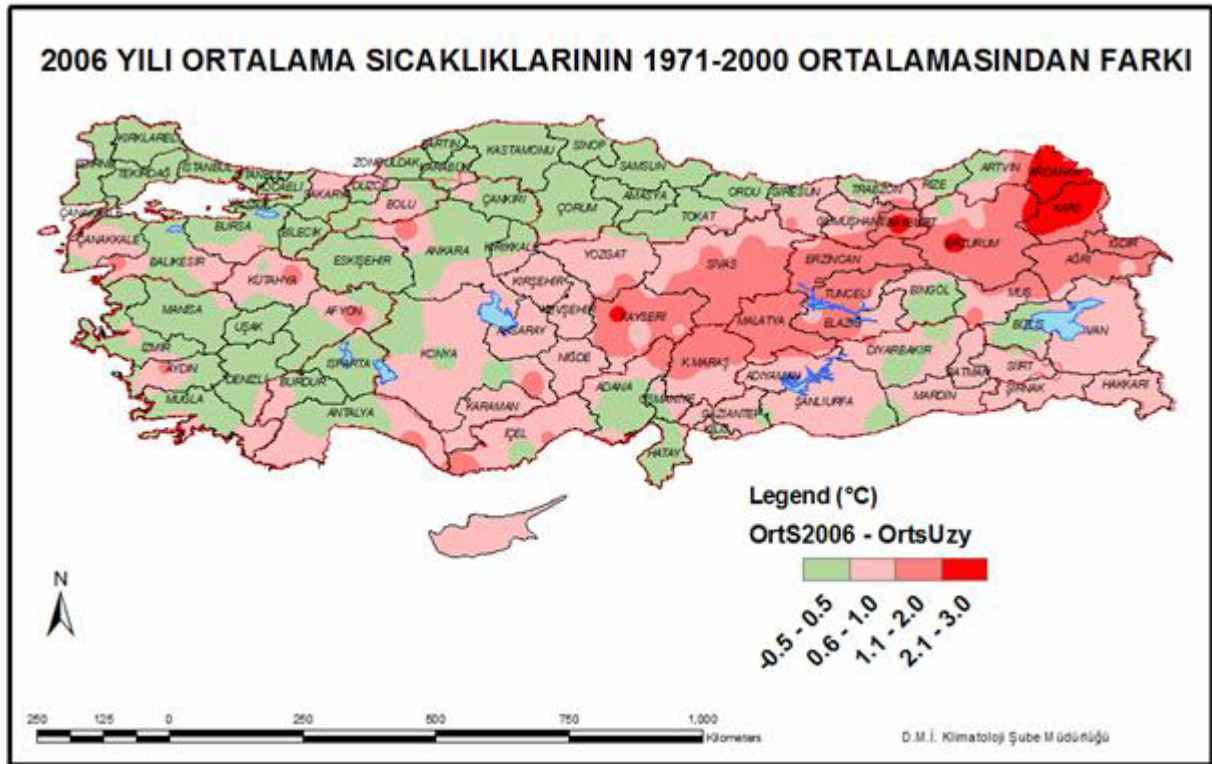
### 2006 Yılı İklim Verilerinin Değerlendirmesi



**Şekil 4.** Küresel ve Türkiye ortalama sıcaklık sapması (Sensoy, S. 2007)

Aletsel kayıtların başladığı 1861 yılından bu yana dünyada en sıcak yıl  $0.58^{\circ}\text{C}$ 'lik anomali ile 1998 yılı olmuştur. 2006 yılı küresel ortalama yüzey sıcaklığı, 1961-1990 ortalamalarının  $0.54^{\circ}\text{C}$  (NOAA'ya göre) üzerinde gerçekleşerek 2006 yılını en sıcak altıncı yıl yapmıştır. Türkiye'de ise 1994-2006 yılları arası ortalama sıcaklıklar 1997 yılı hariç 1961-1990 ortalamalarının üzerinde gerçekleşmiştir. En sıcak yıl  $1.2^{\circ}\text{C}$ 'lik anomali ile 2001 yılı olmuştur. 2006 yılı ortalama sıcaklığı  $14.1^{\circ}\text{C}$  ile 1961-1990 ortalaması olan  $13.59^{\circ}\text{C}$ 'nin  $0.51^{\circ}\text{C}$  üzerinde gerçekleşmiştir.





Şekil 5. 2006 yılı ortalama sıcaklık anomalisi haritası (Sensoy, S., 2007)

2006 yılı ortalama sıcaklıkları, Doğu Anadolu'da belirgin olmak üzere Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu'nun doğusu, Akdeniz, Aydın, Çanakkale, Kütahya, Afyon, Düzce ve Bolu'da normallerinin üzerinde gerçekleşirken; Marmara, Ege'nin iç kesimleri, Orta Karadeniz, Doğu Karadeniz kıyıları, Antalya, Adana, Hatay, Diyarbakır, Bingöl ve Bitlis'te normalleri civarında gerçekleşmiştir.

## 2. Isıtma ve Soğutma Gün Dereceleri (Heating and Cooling Degree Days – HDD, CDD):

Gün derece, 24 saatlik periyodun ne kadarının sıcak ve ne kadarının soğuk geçtiğini ölçmeye yarayan bir birimdir. Isıtma yada soğutma gün dereceleri toplamının bilinmesi, binaların ısıtılması yada soğutulması için gerekli olan enerji gereksiniminin hesaplanması açısından önemlidir.

Belirli bir zamanda (gün, ay, yıl) dış ortam ve oda sıcaklığını hesaba katarak soğukun şiddetini açıklar. Birçok ülke gün derecenin hesabı için farklı tanımlar kullanır. Karşılaştırılabilir ve ortak bir kullanım oluşturmak için Avrupa Topluluğu İstatistik Ofisi (Eurostat) HDD'nin hesabı için aşağıdaki metodu önermektedir.

**HDD = (18 °C - T<sub>m</sub>) x d** eğer T<sub>m</sub> ≤ 15 °C (ısıtma eşiği), **HDD = 0** eğer T<sub>m</sub> > 15 °C  
Burada; T<sub>m</sub>= Günlük ortalama sıcaklık, d= Gün sayısıdır.

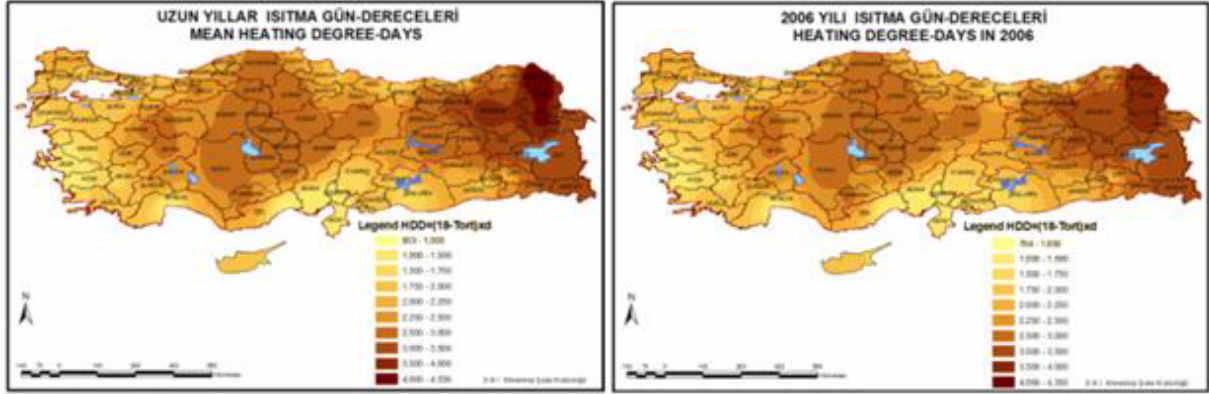
### Soğutma Gün Dereceleri (Cooling Degree Days – CDD):

Belirli bir zamanda (gün, ay, yıl) dış ortam sıcaklığını hesaba katarak sıcaklığın şiddetini açıklar. Resmi olarak belirlenmiş bir eşik sıcaklık olmamakla birlikte inşaat sektörü enerji yönetim pratiklerinde eşik sıcaklık 22°C olarak alınır. Buna göre:

**CDD = (T<sub>m</sub> - 22) x d** eğer T<sub>m</sub> ≥ 22°C (soğutma eşiği), **CDD = 0** eğer T<sub>m</sub> < 22°C  
Burada; T<sub>m</sub>= Günlük ortalama sıcaklık, d= Gün sayısıdır

Bu çalışmada 130 istasyon verisi kullanılarak Türkiye'nin 2006 yılı ısıtma ve soğutma gün dereceleri her ay için hesaplanmış, yıllık ısıtma ve soğutma toplamları uzun yıllık toplamlarla kıyaslanmıştır. Buna göre bulunan sonuçlar aşağıdaki gibidir:

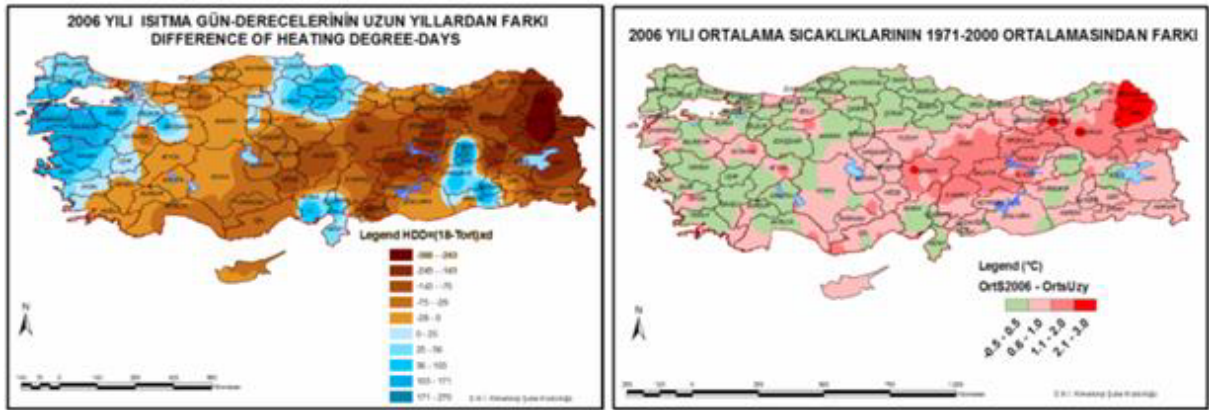
## 2.1. 2006 Yılı Isıtma Gün-Dereceleri Değerlendirmesi



Şekil 6. Uzun yıllar ve 2006 yılı ısıtma gün dereceleri

2006 yılında normalin üzerinde sıcaklıklar nedeniyle ısıtma gereksinimleri azalmıştır.

Uzun yıllık ısıtma gün derecesi alt sınırı 803 iken 2006'da 704'e; üst sınır ise 4536'dan 4350'ye düşmüştür.



Şekil 7. 2006 yılı ısıtma gün dereceleri ve ortalama sıcaklıklarının uzun yıllardan farkı

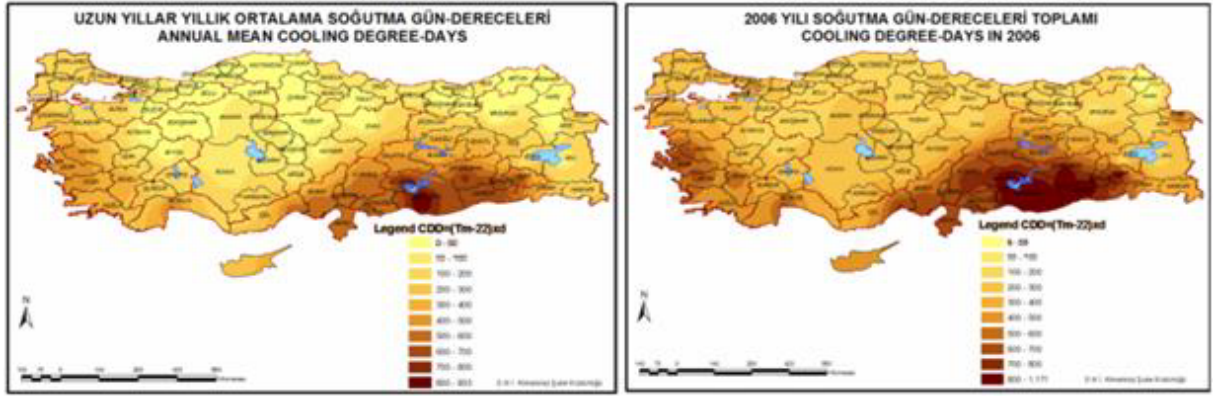
2006 yılında Marmara, Ege, Orta Karadeniz, Adana, Hatay, Bingöl, Diyarbakır ve Batman'da ısıtma gereksinimleri artarken; normalin üzerinde sıcaklıklar nedeniyle özellikle Doğu Anadolu'da olmak üzere ülkemizin geri kalan bölümlerinde ısıtma gereksinimleri azalmıştır. Bu azalış artan sıcaklıklarla ters orantılıdır. Çünkü 2006 yılı ortalama sıcaklıkları Doğu Anadolu'da belirgin olmak üzere Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu'nun doğusu ve Akdeniz'de normallerinin üzerinde gerçekleşmiştir (Sensoy, 2007). Bu yüzden 2006 yılı ısıtma gün-dereceleri fark haritası, ortalama sıcaklık fark haritası ile uyumluluk göstermektedir.



Şekil 8. Türkiye ortalama sıcaklık anomali

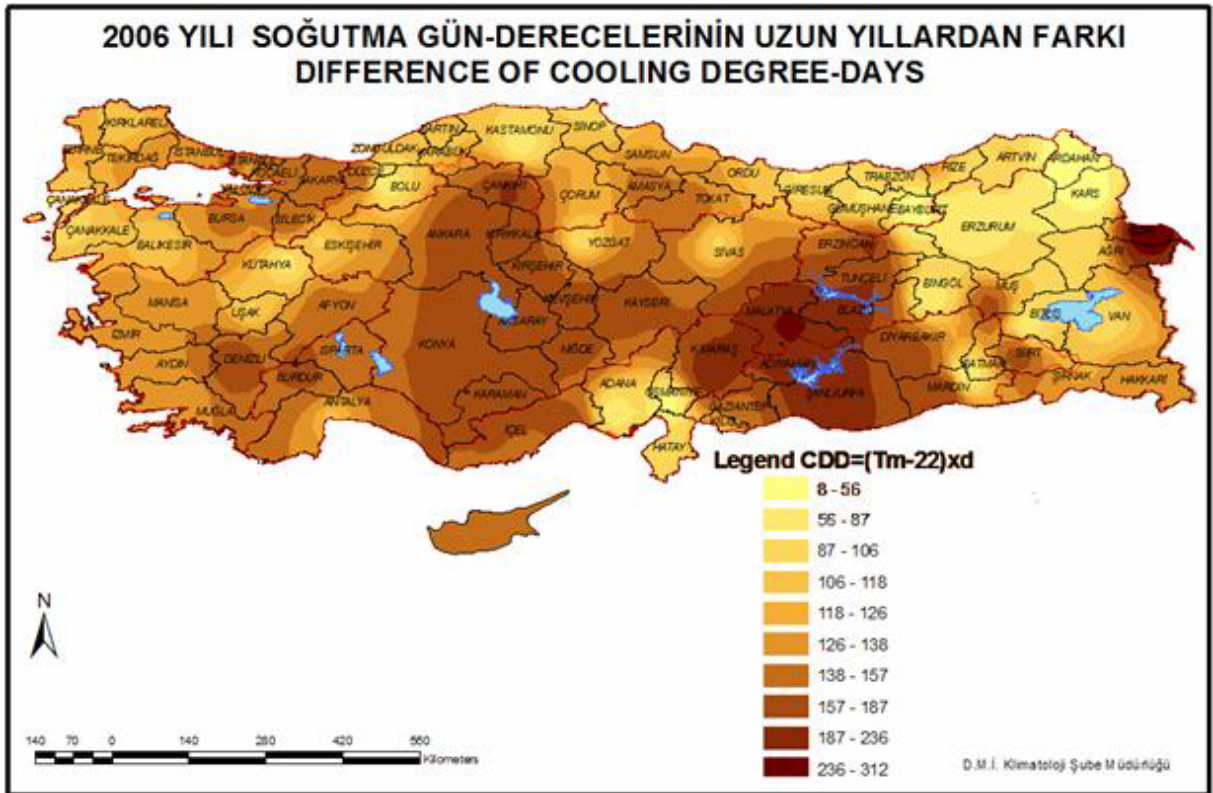
Türkiye'de 1994-2006 yılları arası ortalama sıcaklıklar 1997 yılı hariç 1961-1990 ortalaması olan 13.59°C'nin üzerinde gerçekleşmiştir (Sensoy, 2007).

## 2.2. 2006 Yılı Soğutma Gün-Dereceleri Değerlendirmesi



Şekil 18. Uzun yıllar ve 2006 yılı soğutma gün dereceleri

Uzun yıllarda 800'ün üzerinde CDD gerektiren sadece Şanlıurfa iken 2006'da tüm Güneydoğu Anadolu'da bu değerin üzerinde soğutma gereksinimi olmuştur. Soğutma gün-derecesi üst sınırı 933'ten 1171'e çıkmıştır.



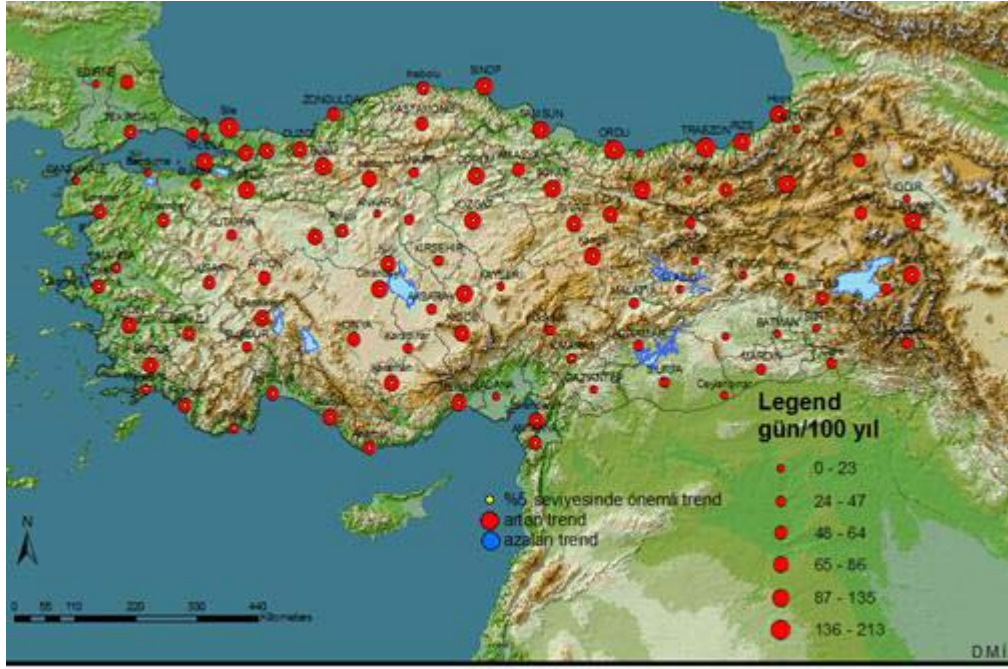
Şekil 19. 2006 yılı sıcaklıklarının uzun yıllardan farkı

2006 yılında normalin üzerinde sıcaklıklara paralel olarak özellikle Güney Doğu Anadolu, İç Anadolu ve Iğdır'da olmak üzere tüm Türkiye'de soğutma gereksinimleri artmıştır.



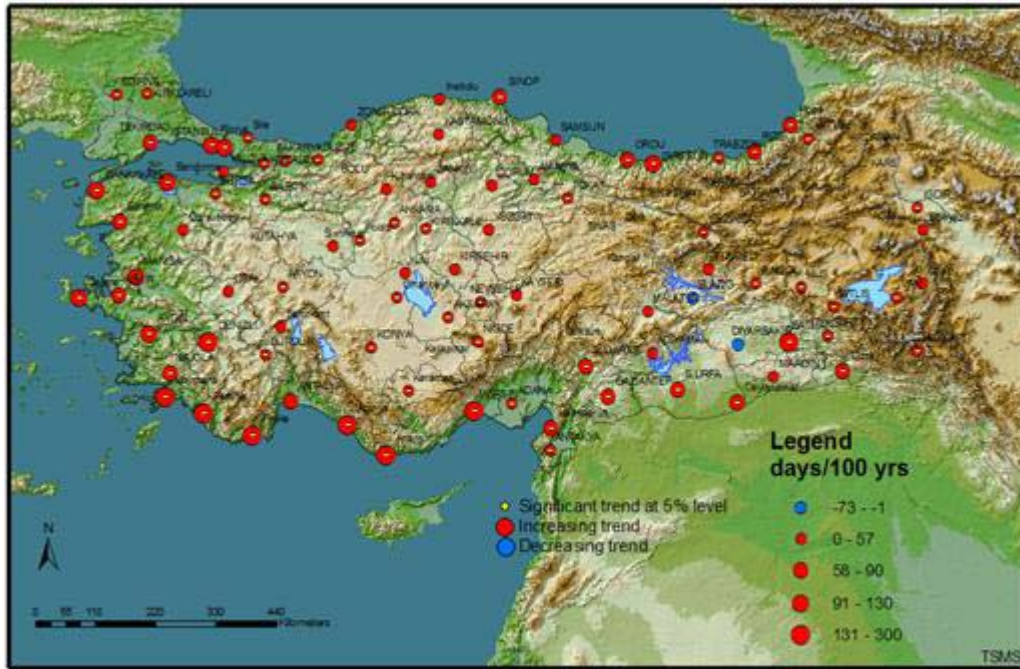
### 3. İklim indisleri görüntüleme çalışmaları.

İklim değişikliğini ortaya koyacak indis çalışması WMO ve CLIVAR ortak çalışma grubu tarafından yürütülmüş ve 27 adet indis üretecek RClimDex yazılımı gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada RClimDex yazılımı kullanılarak Türkiye'deki yaklaşık 100 istasyonun iklim indisleri üretilmiştir. Yazılımla ilgili bilgilere <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI> adresinden ulaşılabilir (Zhang, X., et al., 2005.). Görüntülemeye indis sonuçları Türkiye DEM katmanının üzerinde gösterilerek topografik etki gözlenmeye çalışılmıştır. Sonuçlar genel olarak gösteriyor ki; bölgedeki ısınma deseniyle büyük bir uyum içinde hem maksimum, hem de minimum sıcaklıklar artmaktadır. Donlu ve buzlu günler sayıları azalmaktadır. Fakat yağıştaki değişimde ise çok karışık paternler söz konusudur (Sensoy, S. ve ark, 2007).



1971 - 2004 yılları arası yaz günleri sayısı trendi (Tmax > 25°C)

Şekil 8. Türkiye 1971-2004 arası yaz günleri sayısı trendi

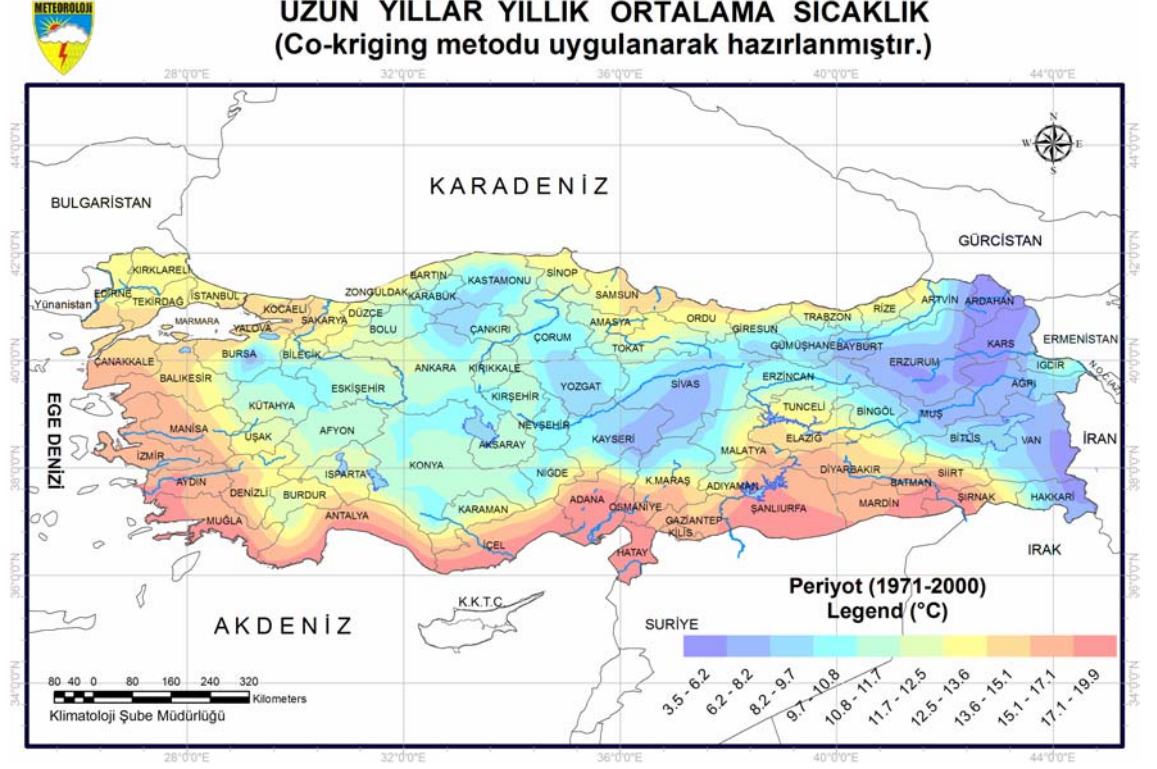


Trends in Number of Tropical Nights from 1971 to 2004 [Tn > 20°C]

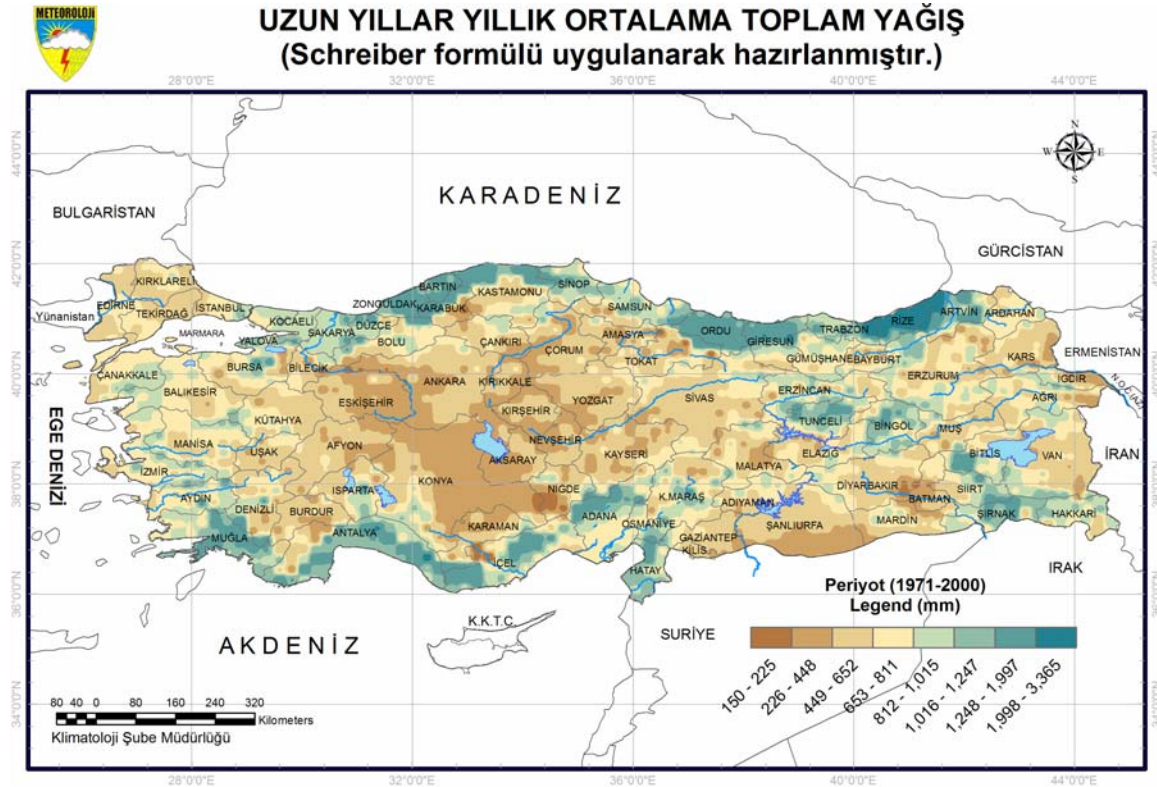
Şekil 9. Türkiye 1971-2004 arası tropik geceler sayısı trendi

#### 4. İklim Atlası Güncelleme Çalışmaları

Bu çalışmada Türkiye'nin 1971-2000 yılı iklim verileri ArcGIS yardımı ile haritalanacak ve kullanıcılara sunulacaktır. Bu şekilde her iklim parametresinin 12 aylık, 4 mevsimlik ve yıllık haritaları üretilerek yaklaşık 500 tematik harita kullanıcılara ulaştırılacaktır. Sıcaklık ve yağış verilerinin istasyon olmayan alanlara dağıtımı için Co-kriging ve Schreiber metotları uygulanmıştır.



Şekil 10. Türkiye 1971-2000 ortalama sıcaklık normali (Sensoy, S. ve ark, 2008)

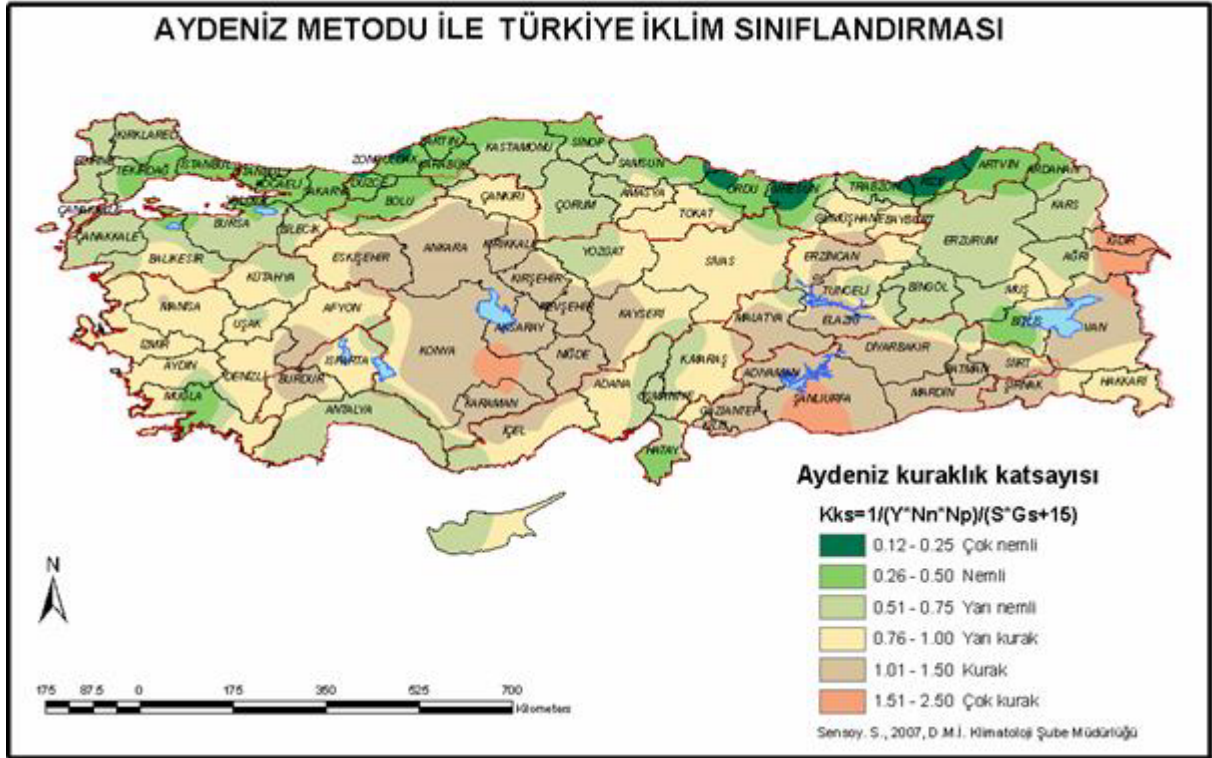


Şekil 11. Türkiye 1971-2000 ortalama toplam yağış (Sensoy, S. ve ark, 2008)

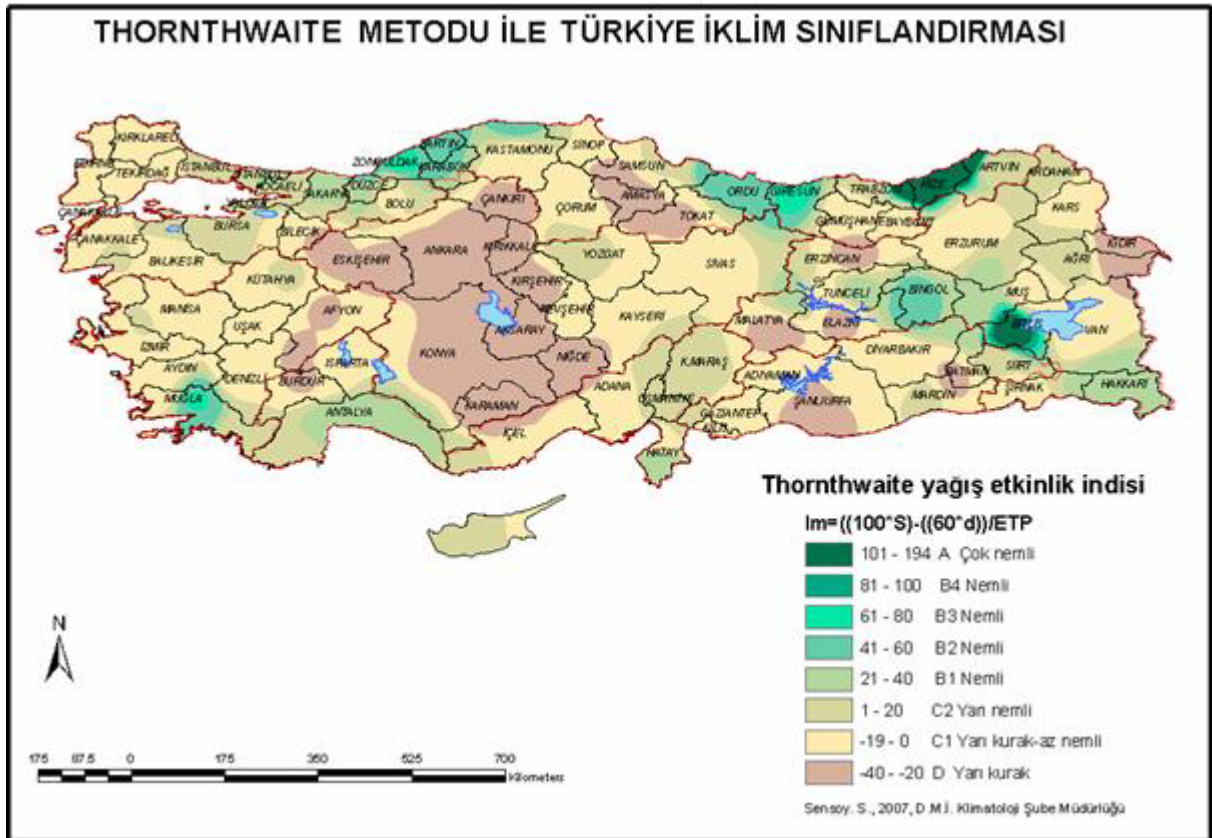


## 5. İklim sınıflandırmaları çalışmaları

Bu çalışmada Aydeniz, Erinc, De Martonne, Thornthwaite ve Trewartha yöntemlerine göre iklim indisleri üretilmiş ve üretilen indisler ArcGIS ile görüntülenmiştir.



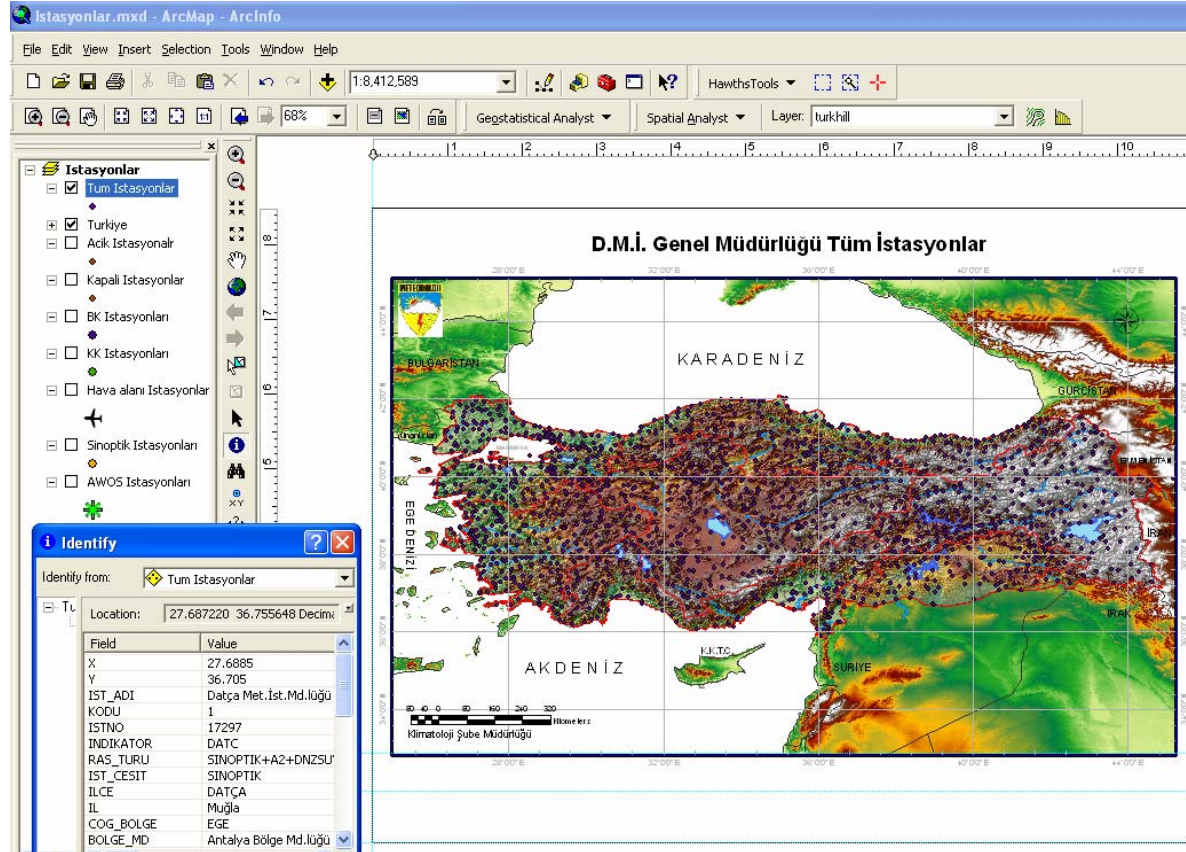
Şekil 12. Aydeniz Metoduna göre Türkiye iklimi (Sensoy, S. ve ark, 2008)



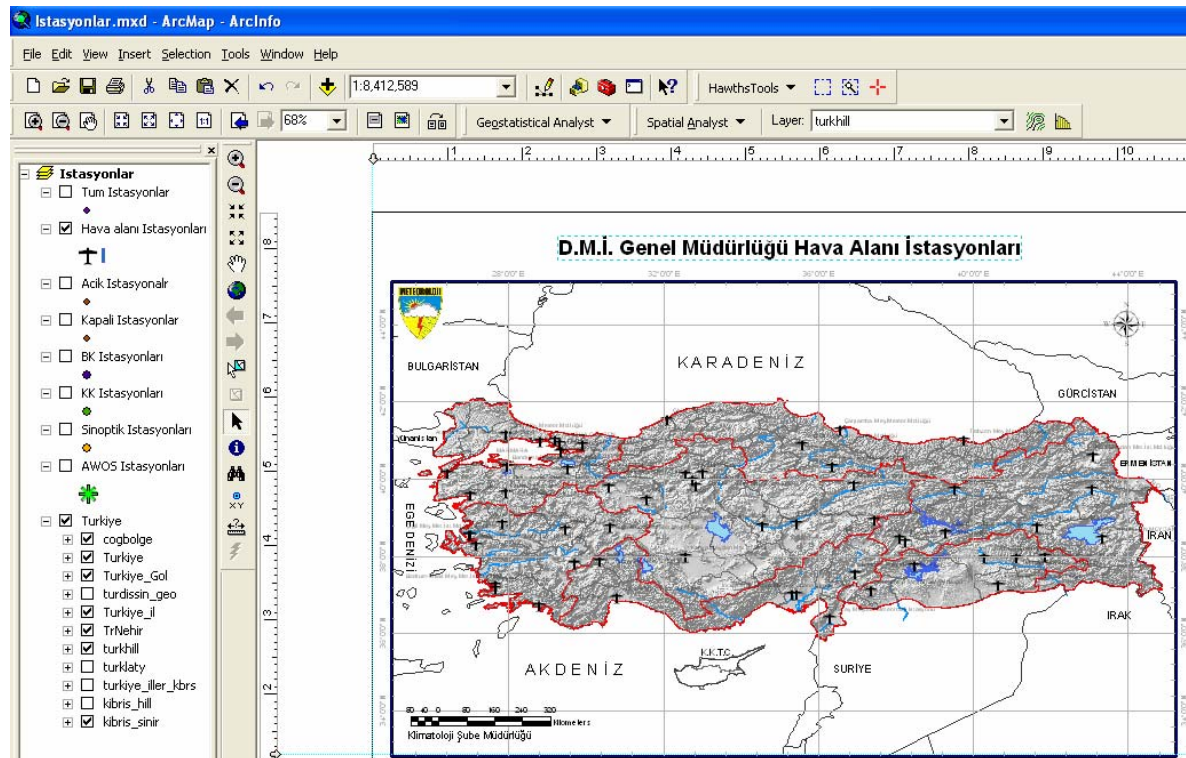
Şekil 13. Thornthwaite Metoduna göre Türkiye iklimi (Sensoy, S. ve ark, 2008)

## 6. İstasyon sınıflandırma ve sorgulama çalışmaları.

İstasyonlara ait metadata bilgileri ArcGIS ortamına alınmıştır. Bu şekilde istasyonları tiplerine göre sorgulamak ve diğer katmanlarla birlikte (DEM, bölge, il, göl v.b.) görüntülemek mümkün hale gelmiştir. Aşağıdaki sorgulamada tüm istasyonlar Türkiye DEM (sayısal yükselti modeli) üzerinde görüntülenmiş ve sol alt köşede Datça'ya ait metadata bilgileri gösterilmiştir.



Şekil 14. ArcGIS'te tüm istasyonlar



Şekil 15. ArcGIS'te hava alanı istasyonları



## Sonuç ve öneriler

Klimatolojik uygulamalarda ArcGIS kullanımı, ürünlerin kalitesini ve izlenebilirliğini artırmıştır. Bu sayede son kullanıcılar yaşadıkları sıcaklıkların uzun yılların üzerinde mi veya altında mı olduğunu rahatlıkla izleyebilmektedirler. Enerji sektörünün ihtiyacı olan ısıtma ve soğutma gün dereceleri analizi önemli bir açığı kapatmıştır. Yine iklim sınıflandırmaları konusunda kurumumuza gelen bilgi isteği talepleri, yapılan sınıflandırma çalışmaları ile karşılanmış ve otomatik gözlenir hale gelmiştir. İklim atlasının güncellenebilmesi çalışmasında da gerçek koordinat sistemine göre çalışan, sayısal yükselti haritalarını altlık olarak kullanabilen, denizler, göller, nehirler gibi diğer katmanları projeye eklemeye imkan tanıyan ve değişik enterpolasyon metotları (IDW, Kriging) ve scriptler kullanmaya elverişli ArcGIS yazılımı seçilmiştir. Parametrelerin istasyon olmayan coğrafi alanlara dağıtılması için Co-kriging ve Schreiber metotları uygulanmıştır fakat uygun metot arayışları devam etmektedir. ArcGIS'in "Geostatistical analiz" kısmındaki yetenekleri tam olarak kullanabilmek için bu konuda eğitim alınması iyi olacaktır.

## Referanslar:

- Obasi, G.O.P, 2001 WMO-No 920, WMO Statement On The Status Of The Global Climate in 2001. Geneva, Switzerland
- Sensoy, S., 2007: 2006 Yılı İklim Verilerinin Değerlendirmesi, DMI web sitesi  
<http://www.meteoroloji.gov.tr/2006/zirai/urunler/2006iklimdegerlendirmesi.pdf>
- Sensoy, S., T. C. Peterson, L. V. Alexander, X. Zhang, 2007: Enhancing Middle East Climate Change Monitoring and Indexes DOI:10.1175/BAMS-88-8-1249
- Sensoy, S., M. Demircan, İ. Alan, 2007: Trends In Turkey Climate Extreme Indices From 1971 to 2004, presented in IUGG Conference Perugia, Italy
- Sensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, U., Balta, İ., 2008, Türkiye İklim atlası (Basılmamış yayın)
- Sensoy, S., Ulupınar, U., İklim sınıflandırmaları, 2008, DMI web sitesi  
<http://www.dmi.gov.tr/iklim/iklim.aspx>
- Zhang, X., et al., 2005, Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003, J. Geophys. Res., 110, D22104, doi: 10.1029/2005JD006181.