

**DOSYA/DERLEME**

# GÖZLENEN İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİ VE KURAKLIK: NEDENLERİ VE GELECEĞİ

Murat TÜRKEŞ\*

## 1. GİRİŞ

İklim değişikliği, "iklimin ortalama durumunda ya da onun değişkenliğinde onlarca yıl ya da daha uzun yıllar boyunca süren istatistiksel olarak anlamlı değişimler" olarak tanımlanabilir. İklim değişikliği, doğal iç süreçler ve dış zorlama etmenleri ile atmosferin bileşimindeki ya da arazi kullanımındaki sürekli antropojen (insan kaynaklı) değişiklikler nedeniyle oluşabilir. Konuyla ilgili bilinmesi gereken başka bir önemli kavram ise, 'iklim değişkenliği' ya da 'değişebilirliktir.' İklimsel değişkenlik, "tüm zaman ve alan ölçeklerinde iklimin ortalama durumundaki ve standart sapmalar ile uç olayların oluşumu gibi öteki istatistiklerindeki değişimlerdir." İklimsel değişebilirlik, iklim sistemi içerisindeki doğal iç süreçlere (içsel değişebilirlik) ya da doğal kaynaklı dış zorlama etmenlerindeki değişimlere (dışsal değişebilirlik) bağlı olarak oluşabilir.

İç süreç ve etmenler, doğrudan iklim sisteminin içerisinde gelişir. İklim değişikliğinin potansiyel 'iç' nedenleri, atmosferin bileşimindeki ve yerkürenin yüzey özelliklerindeki doğal ya da insan kaynaklı önemli değişiklikleri içerir. Örneğin, insan etkinlikleri sonucunda atmosfere salınan sera gazları ve aerosol'ler (çeşitli uçucu küçük parçacıklar) ile volkanik püskürmeler, etki süreleri değişmekle birlikte, iklim değişikliklerine neden olabilecek başlıca içsel süreç ve etmenlerdir. Dış süreç ve etmenlerin neden olduğu değişiklikler ise, iklim sisteminin dışında gelişir. İklim değişikliğinin potansiyel 'dış' nedenleri, temel olarak Yer kabuğundaki levha hareketlerini, güneş

etkinliklerindeki ve Yerküre ile güneş arasındaki astronomik ilişkilerdeki değişiklikleri içerir. Bu astronomik ilişkiler, Milankovitch döngüleri olarak da adlandırılan bir dizi dönemsel değişiklikleri içermekte ve uzun dönemli iklim değişikliklerinin açıklanması açısından önemli kanıtlar sunabilmektedir. Küresel iklimi etkileyebilecek olan başlıca astronomik ilişkiler, Yerküre'nin yörüngesindeki şekil değişiklikleri (daha yuvarlak ya da daha eliptik biçimli oluşunu) ile Yerküre'nin eksen eğikliğindeki ve presesyonundaki (dönüş ekseninin yönündeki) değişiklikleri içerir. Sözü edilen bu değişiklikler, Kuvaterner'deki buzul çağlarında olduğu gibi, Yerküre'nin jeolojik geçmişindeki iklim değişikliklerinin oluşmasında ve denetiminde önemli bir görev üstlenmiş olmalıdır. Ancak, iklim değişikliğinin bilinen 'dış' nedenlerinin, kısa süreli iklim değişikliklerini, özellikle iklimsel değişkenlikleri açıklamaması olanaksızdır.

Jeolojik zamanlardaki iklim değişikliklerine ilişkin bilimsel kanıtlar, jeoloji, jeomorfoloji, paleoklimatoloji, paleocoğrafya, paleontoloji ve paleoekoloji araştırmaları ile elde edilir. Etkileri jeomorfolojik ve klimatolojik olarak en iyi bilinen en son ve en önemli doğal iklim değişiklikleri ise, yaklaşık 2 milyon yıl sürmüş olan 4. Zamandaki (Kuvaterner) buzul ve buzul arası dönemlerde oluşmuştur. Kuvaterner'deki iklim değişiklikleri, günümüzde buzullardan alınan örnekler, deniz ve göllerde biriken ince çökelti katmanları, karstik mağaralardaki kalsiyum karbonat birikimleri ve ağaç halkaları gibi çeşitli dolaylı kayıtlar yardımıyla, kendisinden çok daha uzun sürmüş olan önceki jeolojik dönemlerdekilere göre, daha doğru ve ayrıntılı olarak açıklanabiliyor.

İklimdeki değişiklikler, buzul ve buzularası dönemler arasında, dünyanın çeşitli bölgelerinde ortalama

\*Prof. Dr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen - Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü

sıcaklıklarda oluşan büyük değişiklikler şeklinde ortaya çıktığı gibi, yağış değişimlerini de içermektedir. Bugünkü bilgilerimize göre, Yerküre'nin 4,6 milyar yıllık çok uzun jeolojik tarihi boyunca iklim sisteminde milyonlarca yıldan on yıllara kadar tüm zaman ölçeklerinde doğal etmenler ve süreçlerle birçok değişiklik olmuştur. Jeolojik devirlerdeki iklim değişiklikleri, özellikle buzul hareketleri ve deniz seviyesindeki değişimler yoluyla yalnızca dünya coğrafyasını değiştirmekle kalmamış, ekolojik sistemlerde de kalıcı değişiklikler oluşturmuştur.

Ancak 19. yüzyılın ortalarından beri, iklimdeki doğal değişebilirliğe ek olarak, ilk kez insan etkinliklerinin de iklimi etkilediği yeni bir döneme girildi. Bu yüzden, günümüzde iklim değişikliği, sera gazı birikimlerini arttıran insan etkinlikleri dikkate alınarak da tanımlanabiliyor. Örneğin, iklim değişikliği, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (BM İDÇS), "karşılaştırılabilir bir zaman döneminde gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan ya da dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik" biçiminde tanımlanmıştır.

Makalenin amacı, iklim sisteminin temel özelliklerini, iklim değişikliğinin fiziksel bilim temelini, kuvvetlenen sera etkisi ve insan kaynaklı iklim değişikliğini, yaklaşık son 100 yılda dünyada ve Türkiye'de gözlenen iklimsel değişimleri, gelecek 100 yıl için yapılan küresel iklim öngörülerini ve iklim değişikliğinin başlıca sonuçlarını değerlendirmek ve açıklamaktır.

## 2. DOĞAL SERA ETKİSİ

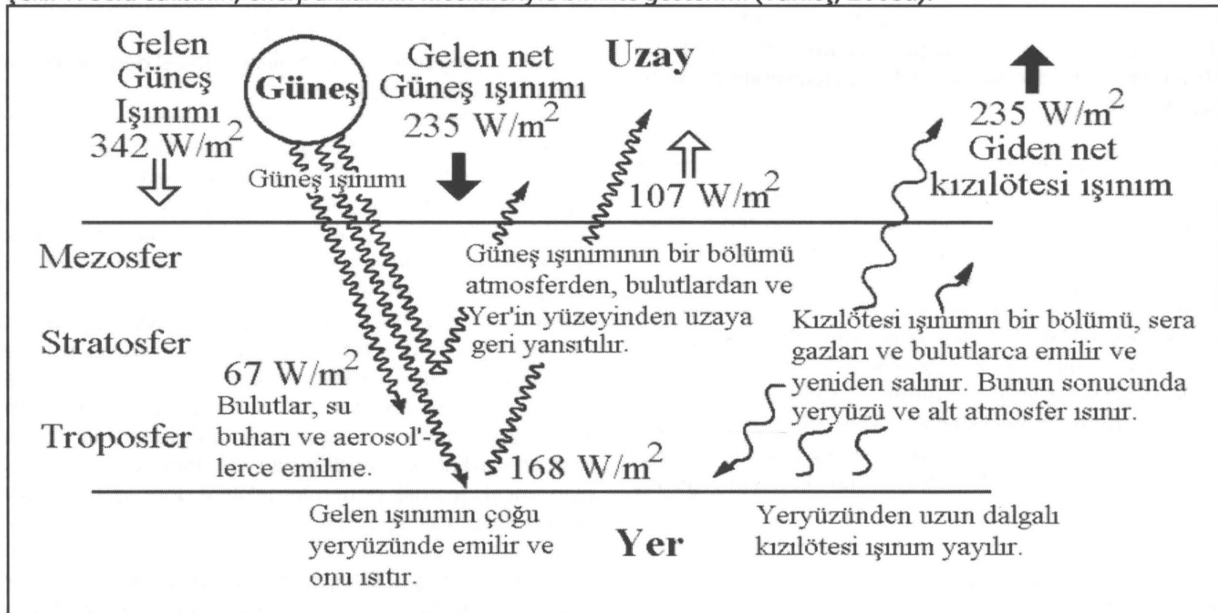
Yeryüzündeki tüm yaşam biçimleri için vazgeçilmez bir ortam olan atmosfer, temel olarak birçok gazın karışımından oluşur. Atmosferdeki azot (%78,08) ve

oksijen (%20,95) molekülleri, temiz ve kuru hava hacminin %99'unu oluşturur. Kalan yaklaşık %1'lik kuru hava bölümü, etkisiz bir gaz olan argon (%0,93) ile nicelikleri çok küçük olan eser gazlardan oluşur. Atmosferdeki birikimi çok küçük olmakla birlikte, önemli bir sera gazı olan karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ), %0,0377 oranı ile dördüncü sırada yer alır. Doğal sera gazlarının en önemlileri, başta en büyük katkıyı sağlayan su buharı ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ve  $\text{CO}_2$  olmak üzere, metan ( $\text{CH}_4$ ), diazotmonoksit ( $\text{N}_2\text{O}$ ) ve ozon ( $\text{O}_3$ ) gazlarıdır.

İklim sistemi için önemli olan doğal etmenlerin başında sera etkisi gelir. Bitki seraları kısa dalgali güneş ışınımını geçirmekte, buna karşılık uzun dalgali yer (kıvı ötesi ya da termik) ışınımının büyük bölümünün kaçmasına engel olmaktadır. Sera içinde tutulan termik ışınım seranın ısınmasını sağlayarak, hassas ya da ticari değeri bulunan bitkiler için uygun bir yetiştirme ortamı oluşturur. Atmosfer de benzer bir davranış sergiler: Bulutsuz ve açık bir havada, kısa dalgali güneş ışınımının önemli bir bölümü atmosferi geçerek yeryüzüne ulaşır ve orada emilir (Şekil 1). Ancak, Yerküre'nin yüzeyinden salınan kıvı ötesi ışınımının bir bölümü, uzaya kaçmadan önce çoğunluğu alt atmosferde (troposfer) bulunan ışımsal olarak etkin sera gazları emilir ve sonra tekrar salınır.

Enerji akılarının nicelikleri dikkate alındığında, gelen güneş ışınımının ( $342 \text{ Wm}^{-2}$ ) yaklaşık %31'i ( $107 \text{ Wm}^{-2}$ ) yüzeyden, atmosferdeki aerosol'lerden ve bulut tepelerinden yansıyarak uzaya geri döndüğü görülür (Şekil 2). Bu yüzden, Yerküre'nin ortalama albedosu yaklaşık %31 ve sisteme giren güneş ışınımı net olarak %69'dur ( $235 \text{ Wm}^{-2}$ ). Gelen net güneş ışınımının, yaklaşık üçte ikisi ( $168 \text{ Wm}^{-2}$ ) yüzey ve üçte biri ( $67 \text{ Wm}^{-2}$ ) atmosferce emilir. Güneş enerjisinin Yer-atmosfer birleşik sisteminde tutulan

Şekil 1. Sera etkisinin, enerji akılarının nicelikleriyle birlikte gösterimi (Türkeş, 2003a).



bu %69'luk bölümü, iklim sistemini oluşturan ana bileşenlerce (atmosfer, hidrosfer, litosfer ve biyosfer) emilir ve onların ısınmasını sağlar. Sonuç olarak, güneş ışınımının net girdisi ( $235 \text{ Wm}^{-2}$ ), kızılötesi yer ışınımının net çıktısı ( $235 \text{ Wm}^{-2}$ ) ile dengelenir (Şekil 1). Yeryüzü, sera etkisi sayesinde, bu sürecin bulunmadığı ortam koşullarına göre yaklaşık  $33^\circ\text{C}$  daha sıcaktır. "Atmosferdeki gazların gelen güneş ışınımına karşı geçirgen, buna karşılık geri salınan uzun dalgalı yer ışınımına karşı çok daha az geçirgen olması nedeniyle, Yerküre'nin beklenenden daha fazla ısınmasını sağlayan ve ısı dengesini düzenleyen doğal süreç" sera etkisi olarak adlandırılır (Türkeş, 2003a).

Yerküre/atmosfer sistemine giren kısa dalgalı güneş enerjisi ile geri salınan uzun dalgalı yer ışınımı ortalama koşullarda dengededir. Güneş ışınımı ile yer ışınımı arasındaki bu dengeyi ya da enerjinin atmosferdeki ve atmosfer ile kara ve okyanus arasındaki dağılımını değiştiren herhangi bir etmen, iklimi de etkiler. Yerküre/atmosfer sisteminin enerji dengesindeki bu değişiklikler, ışımsal zorlama olarak adlandırılır. İDÇS ve Kyoto Protokolü'nce denetlenen sera gazları ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , hidrofluorokarbonlar (HFC'ler), perfluorokarbonlar (PFC'ler) ve sülfür heksafluorid ( $\text{SF}_6$ ), en önemli ışımsal zorlama etmenleridir. Ayrıca, aerosoller, güneş ışınımı ve albedo değişiklikleri ve stratosferdeki ozon tabakasının incelmeye neden olan klorofluorokarbonlar (CFC'ler) gibi başka ışımsal zorlama etmenleri de vardır.

### 3. KUVVETLENEN SERA ETKİSİ VE KÜRESEL ISINMA

Atmosferdeki insan kaynaklı sera gazı birikimlerinde sanayi devriminden beri gözlenen artış sürmektedir. Özellikle atmosferdeki birikiminin büyüklüğü, artış hızı, 50-200 yıl arasında değişen yaşam süresi ve kızılötesi yer ışınımının büyük bölümünü emme özelliği dikkate alındığında,  $\text{CO}_2$ 'nin önemi daha iyi anlaşılır. 1958 yılından beri yapılmakta olan Mauna Loa ölçümlerine göre, Yerküre

atmosferindeki  $\text{CO}_2$  birikimi çok hızlı bir biçimde artmaktadır (Şekil 2). Yayımlanan son ölçüm sonuçları (Keeling ve Whorf, 2005) çözümlendiğinde, sanayi öncesinde yaklaşık 280 ppm ve 1958 yılında yaklaşık 315 ppm olan atmosferdeki yıllık ortalama  $\text{CO}_2$  birikiminin, 2004'te 377.4 ppm'e ulaştığı görülür (Şekil 2). Atmosferdeki  $\text{CO}_2$  birikiminin günümüzdeki düzeyi geçmiş 420,000 yıllık kayıttaki doğal  $\text{CO}_2$  birikimi değişimlerinin (yaklaşık 180-300 ppm arasında değişiyor) çok üzerindedir (Şekil 3). Sera gazı birikimindeki bu artışlar, Yerküre'nin uzun dalgalı ışınım yoluyla soğuma etkinliğini zayıflatarak, onu daha fazla ısıtma eğilimindeki bir pozitif ışımsal zorlamanın oluşmasını sağlar. Bu yüzden, "Yerküre/atmosfer ortak sisteminin enerji dengesine yapılan pozitif katkı", kuvvetlenen sera etkisi olarak adlandırılır (Türkeş, 2003a). Bu ise, Yerküre atmosferindeki doğal sera gazları (su buharı,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  ve  $\text{O}_3$ ) yardımıyla yüz milyonlarca yıldan beri çalışmakta olan doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi anlamını taşır.

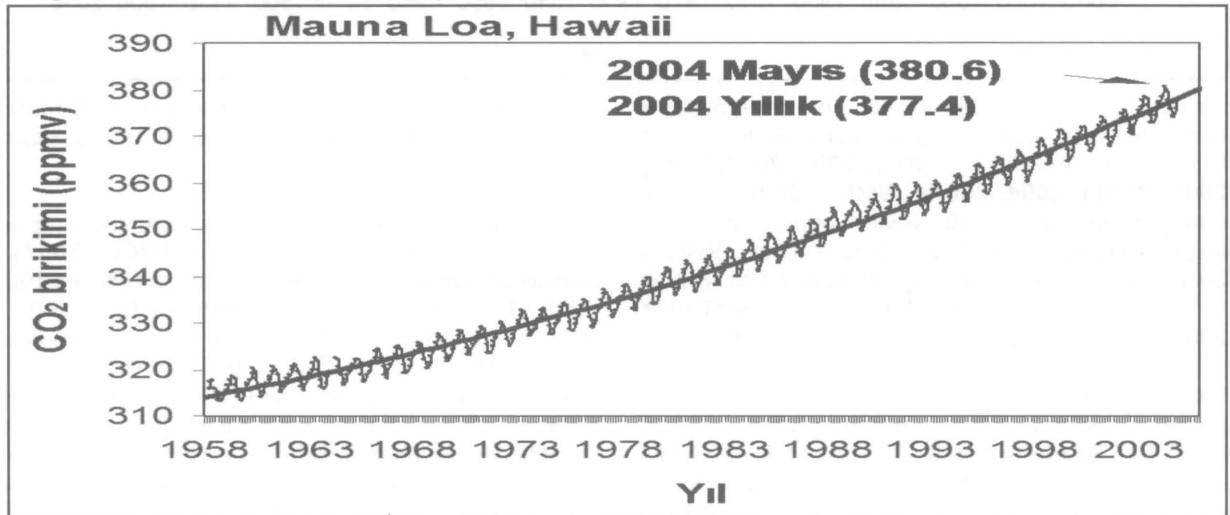
Küresel ısınma ise, "sanayi devriminden beri, özellikle fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma, tarımsal etkinlikler ve sanayi süreçleri gibi çeşitli insan etkinlikleri ile atmosfere salınan sera gazlarının atmosferdeki birikimindeki hızlı artışa bağlı olarak, şehirleşmenin de etkisiyle doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi sonucunda, yeryüzünde ve atmosferin alt katmanlarında (alt ve orta troposfer) saptanan sıcaklık artışı" olarak tanımlanabilir.

### 4. GÖZLENEN İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİ

#### 4.1. Dünyada Gözlenen İklim Değişiklikleri ve Değişkenliği

Temel olarak insan etkinlikleri sonucunda atmosferin bileşiminde ortaya çıkan önemli değişiklikler sonucunda, yüzey sıcaklıklarında 19. yüzyılın sonlarında başlayan

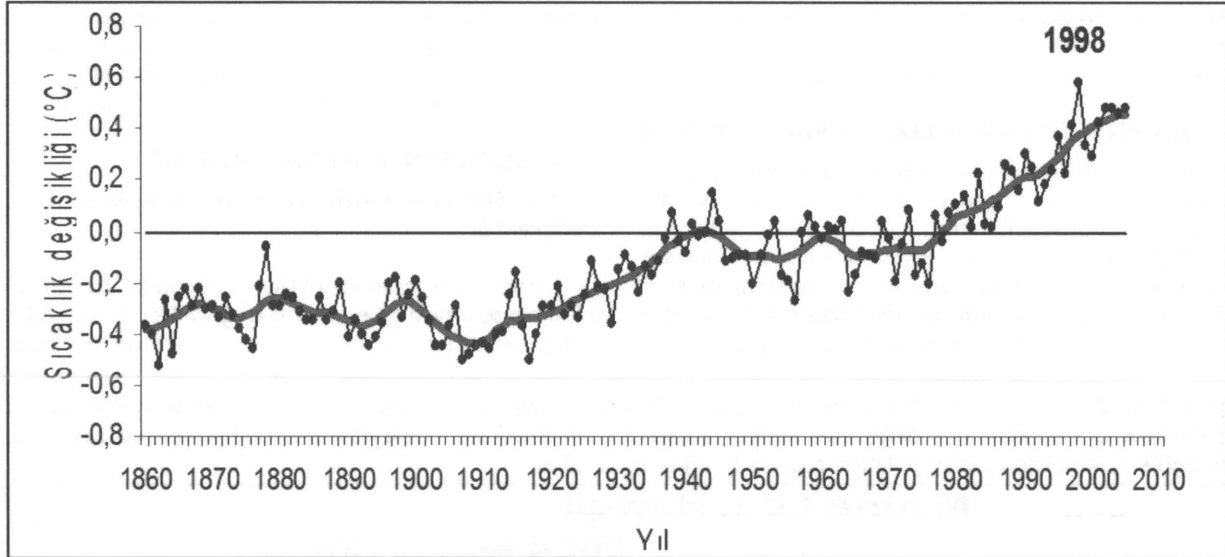
Şekil 2. 1958-2004 döneminde Mauna Loa (Hawaii) Gözlemevi'nde ölçülen (Keeling ve Whorf, 2005) aylık ortalama atmosferik  $\text{CO}_2$  birikimindeki değişimler. Aylık ortalama  $\text{CO}_2$  birikimi dizilerindeki yıllar arası değişimlere ve mevsimlik döngülere, ikinci dereceden polinom regresyon eğrisi uyduruldu.



Şekil 3. 1950 öncesi geçmiş 420,000 yıllık döneme ilişkin buz sondaj verileri (Vostok) ile 1950-1990 dönemi Law Dome ve Mauna Loa ölçümlerine göre atmosferdeki CO<sub>2</sub> birikimindeki uzun süreli değişimler ve IPCC IS92a senaryosuna göre 1990-2100 dönemine ilişkin CO<sub>2</sub> projeksiyonları.



Şekil 4. 1961-1990 dönemi ortalamalarından farklara göre hesaplanan, küresel yıllık ortalama yüzey sıcaklığı anomalilerinin 1860-2005 dönemindeki değişimleri (CRU/UEA'nın aylık ham verileri kullanılarak çizildi). Sıcaklık gözlem dizilerindeki yıllarası değişkenlik, 13 noktalı düşük geçirimli Binom süzgeci (-) ile düzgünleştirildi.

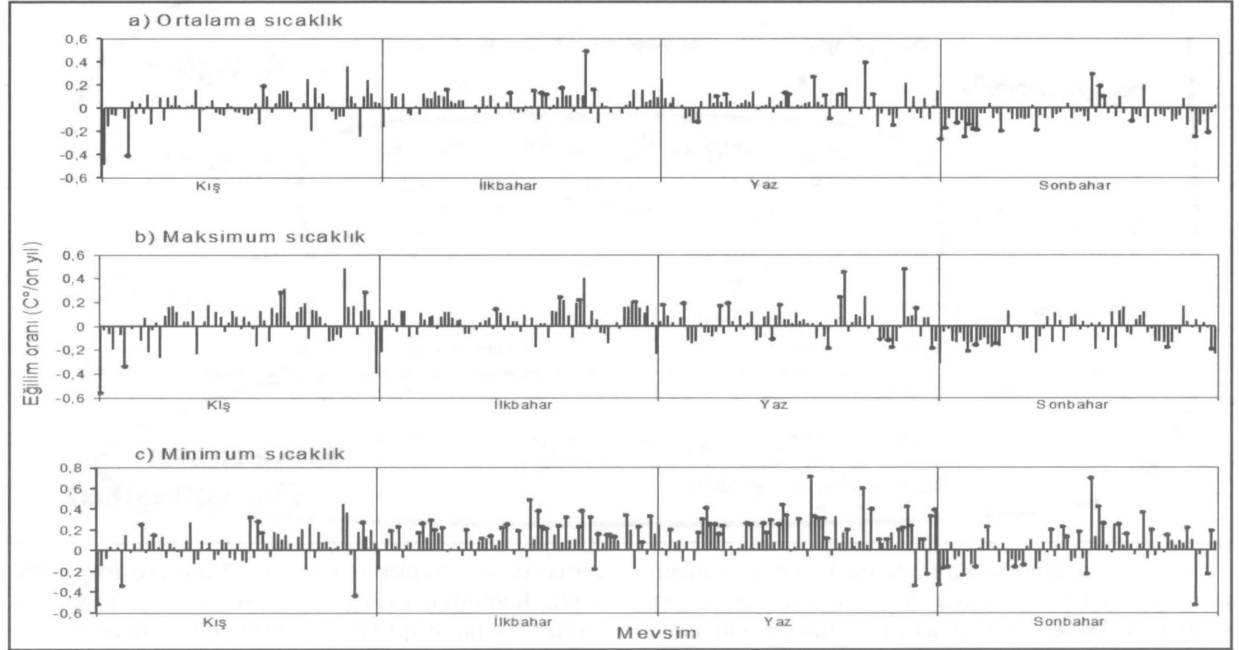


ısınma, 1980'li yıllarla birlikte daha da belirginleşerek, hemen her yıl bir önceki yıla göre daha sıcak olmak üzere, küresel sıcaklık rekorları kırdı (IPCC, 2001, 2007; Türkeş, 2001, 2003a, 2004, 2007a; WMO, 1999) ve küresel ortalama yüzey sıcaklığı, 20. yüzyılın başından günümüze değin yaklaşık olarak 0.7°C arttı. Küresel olarak, 1990'lı ve 2000'li yıllar aletli gözlem kayıtlarındaki en sıcak yıllar; 1998 ise, +0.58°C'lik anomali ile en sıcak yıl oldu (Türkeş, 2001; WMO, 1999) (Şekil 4). Benzer ısınma eğilimleri ve yüksek sıcaklık rekorları, Güney Yarımkürenin ve özellikle Kuzey Yarımkürenin yıllık ortalama sıcaklıklarında da gözleniyor. Küresel ölçüm sonuçlarına göre, 2005 yılı 0.485°C'lik bir anomali ile tüm kürenin (Şekil 4), 0.648°C ile de kuzey yarım kürenin en sıcak ikinci yılı oldu. Ayrıca, minimum (gece en düşük) hava sıcaklıklarında yaklaşık

her on yılda 0.2°C olarak gerçekleşen artış, maksimum (gündüz en yüksek) hava sıcaklıklarındaki artışın yaklaşık iki katı oldu.

IPCC'nin son değerlendirmeleri de, iklim sistemindeki ısınmanın kuvvetlendiğini gösteriyor (IPCC, 2007). Küresel ortalama yüzey sıcaklıkları için güncellenen 100 yıllık (1906-2005) doğrusal eğilimin büyüklüğü, 0.74°C'ye ulaşmıştır (0.74 ± 0.18°C). Doğrusal ısınma eğilimi, son 50 yıllık dönemde geçen 100 yıllık dönemin yaklaşık iki katı olmuştur (0.13°C/10 yıl). Kentsel ısı adasının etkisi, daha çok yerel düzeydedir ve sıcaklık değerleri üzerindeki etkilerinin (karalar üzerinde 0.006°C/10 yıl'dan daha küçük) göz ardı edilebilir düzeyde olduğu kabul edilmiştir. Temel olarak atmosferin alt ve orta

Şekil 5. Türkiye'deki 70 klimatoloji istasyonunun, mevsimlik ortalama (a), maksimum (b) ve minimum (c) sıcaklıklarındaki 10'ar yıllık doğrusal eğilim oranları (on yıl/°C) (Türkeş ve ark., 2002a). Ucu noktalı sütunlar, iki yanlı Student t dağılımına göre istatistiksel açıdan anlamlı eğilimleri gösterir.



troposfer katmanlarına karşılık gelen en alt 8 kilometrelik bölümündeki hava sıcaklıkları da, geçen 40 yıllık dönemde belirgin bir artış eğilimi gösterdi. Paleoiklim çalışmalarından elde edilen yeni bulgulara dayanan son değerlendirmelere göre (IPCC, 2007), geçen yarım yüzyıldaki ısınma, en azından önceki 1,300 yılıdakine göre olağandışıdır.

Öte yandan 20. yüzyılda, orta enlem ve kutupsal kar örtüsü, kutupsal kara ve deniz buzları ile orta enlemlerin dağ buzulları eriyerek alansal ve hacimsel olarak azalırken, gel-git ve deniz seviyesi ölçerlerinin gözlem kayıtlarına göre küresel ortalama deniz seviyesi, yaklaşık 0.17 m (0.12-0.22 m arasında) yükseldi ve okyanusların ısı içerikleri arttı (IPCC, 2001, 2007). Deniz seviyesi yükselmesinin belirlenmesinde karşılaşılan başlıca belirsizlik, dikey yerkabuğu hareketlerinin gel-git ve deniz düzeyi ölçümlerinin üzerindeki etkisidir. Yağışlar kuzey yarımkürenin orta ve yüksek enlem bölgelerinde her on yılda yaklaşık %0.5 ile %1 arasında artarken, subtropikal karaların (Akdeniz Havzası'nı da içerir) önemli bir bölümünde her on yılda yaklaşık %3 azaldı (IPCC, 2001). Türkiye'de ise özellikle kış toplam yağışlarında ve Akdeniz yağış rejiminin egemen olduğu bölgelerde belirgin bir azalma eğilimi, başka bir sözle 'kuraklaşma' gözlenir (Şekil 7).

#### 4.2. Türkiye'de Gözlenen Sıcaklık Değişiklikleri ve Eğilimleri

Dünyanın birçok bölgesi ile Avrupa ve Akdeniz havzasına komşu ülkelerin çoğunda olduğu gibi, Türkiye'nin pek çok kentinde de özellikle ilkbahar ve yaz

mevsimi gece en düşük hava sıcaklıkları, istatistiksel ve klimatolojik açıdan önemli bir ısınma eğilimi göstermektedir (Şekil 5c). Türkiye sıcaklıklarındaki uzun süreli değişimler, Türkiye'deki uzun süreli sıcaklık değişikliklerini ve eğilimlerini ortaya koyan yeni çalışmalara göre (Türkeş ve ark., 2002a, 2002b; Türkeş ve Sümer, 2004), aşağıdaki gibi özetlenebilir:

(1) Yıllık, kış ve ilkbahar ortalama sıcaklıkları, özellikle Türkiye'nin güney bölgelerinde artma eğilimi göstermesine karşın, yaz ve özellikle sonbahar ortalama sıcaklıkları, kuzeyde ve karasal iç bölgelerde azalmıştır.

(2) Gece en düşük hava sıcaklıklarında saptanan ısınma eğilimleri, Türkiye'nin pek çok kentinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

(3) Yaz mevsimi gece en düşük hava sıcaklıklarındaki ısınma, ilkbahar ve sonbahar gece sıcaklıklarının ısınma oranlarından genel olarak daha büyüktür. İlkbahar ve yaz gece sıcaklıklarındaki ısınma oranları ise, ilkbahar ve yaz gündüz en yüksek hava sıcaklıklarında bulunanlardan genel olarak daha kuvvetlidir.

(4) Türkiye'nin sıcaklık rejimindeki daha ılıman ve/ya da daha sıcak iklim koşullarına yönelik değişiklikler, ilkbahar ve yaz mevsimlerindeki istatistiksel olarak anlamlı gece ısınması ile çok yakından ilişkilidir.

(5) Gece en düşük hava sıcaklıklarındaki belirgin ısınmayla karşılaştırıldığında, gündüz en yüksek sıcaklıkların bazı istasyonlarda zayıf bir ısınma, bazılarında ise zayıf bir soğuma sergilediği görülür.



#### 4.3. Türkiye ve Bölgesinde Gözlenen Yağış Değişiklikleri ve Kuraklıklar

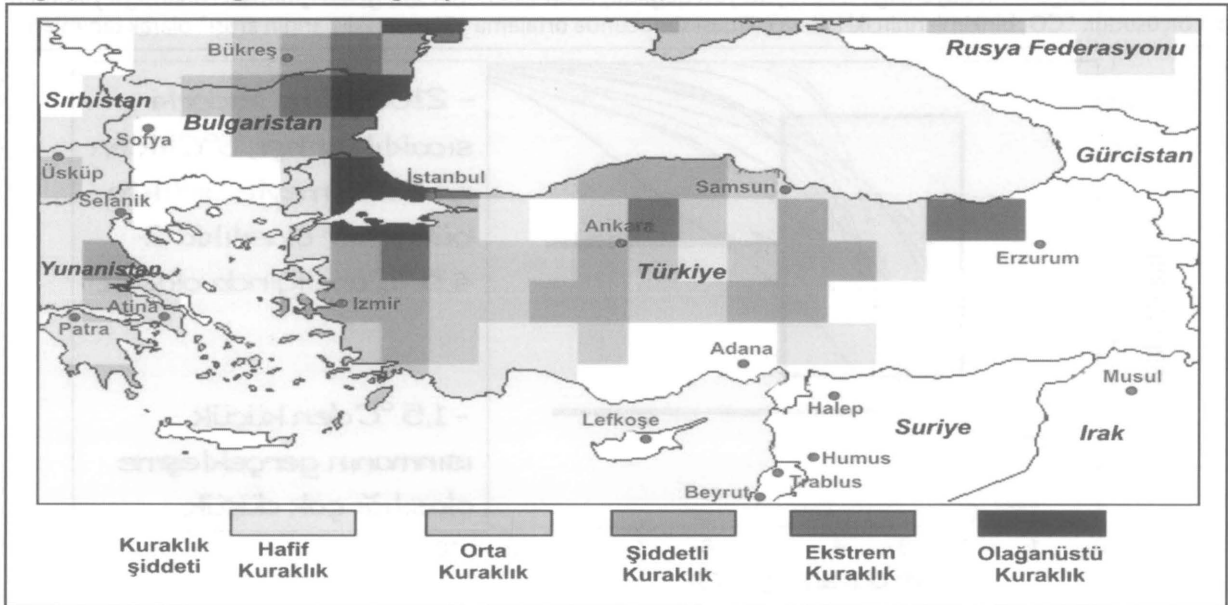
Çok kurak ile yarınemli arasındaki iklim kuşakları, iklimdeki kuvvetli değişimlerin etkilerine karşı açıktır. Bölgesel yağıştaki kısa süreli değişimler ve uzun dönemli dalgalanmalar, kurak ve yarıkurak arazilerin bilinen bir özelliğidir. Örneğin, Afrika'nın Sahra Bölgesi'ndeki yağış tutarı, 1960'lı yıllardan başlayarak önemli ölçüde azalmıştır (Şekil 6). Benzer kurak dönemler son jeolojik devirde (Kuvaterner) ve tarihsel geçmişte de oluşmasına karşın, Sahra'daki bu son kurak dönemin anakarasal ölçekteki bir kuraklığa daha fazla eğilimli olduğu kaydedilmiştir. Yağışlardaki uzun süreli azalma eğilimleri ve belirgin kurak koşullar, özellikle 1970'lerin başından başlayarak, subtropikal kuşağın ve Türkiye'yi de içerecek bir biçimde Akdeniz Havzası'nın önemli bir bölümünde de etkili olmuştur (Şekil 6). Sözü edilen bu kuraklaşma eğiliminden Türkiye'de en fazla, Ege, Akdeniz, Marmara ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri etkilenmiştir (Şekil 7). Türkiye'deki kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayıllı olanları, 1971-1974 dönemi ile 1983, 1984, 1989, 1990, 1996 ve 2001 yıllarında oluşmuştur (Türkeş, 1008, 1999, 2003b; Türkeş ve Erlat, 2005). Türkiye'nin birçok bölgesinde etkili olan bu kuraklık olaylarının ve su sıkıntısının, yalnız tarım ve enerji üretimi açısından değil, sulamayı, içme suyunu, öteki hidrolojik sistemleri ve etkinlikleri içeren su kaynakları yönetimi açısından da kritik bir noktaya ulaştığı gözlenmiştir. 2001 sonrası dönemde (Kasım 2001-Kasım 2006) genel olarak normal sınırlarında ve normalin biraz altında ya da üzerinde gerçekleşen yağışlar, ne yazık ki 2007 kış, ilkbahar ve yaz aylarında Türkiye'nin birçok yöresinde uzun süreli ortalamaların altında kalarak yeni bir meteorolojik kuraklık olayları dizisinin yaşanmasına ve bunlara bağlı olarak da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların

(örneğin, sırasıyla, tarımsal ürün kayıpları, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının zayıflaması ve yetersizliği, İstanbul ve özellikle Ankara gibi bazı büyük kentlerde içme suyu sıkıntısı ve su kesintilerinin yaşanması, vb.) oluşmasına neden oldu. Aralık 2006-Ağustos 2007 döneminde oluşan son kuraklık olayları, Türkiye'nin özellikle Marmara, Ege ve İç Anadolu bölgeleri ile Batı Akdeniz ve Batı-Orta Karadeniz bölümlerinde etkili oldu (Şekil 8) (Türkeş, 2007b).

Genel olarak Doğu Akdeniz Havzası'nın ve Türkiye'nin yıllık ve özellikle kış yağışlarında gözlenen önemli azalma eğilimleri, bu bölgede egemen olan cephesel orta enlem ve Akdeniz alçak basınçlarının sıklıklarında özellikle kışın gözlenen azalma ile yüksek basınç koşullarında gözlenen artışlarla bağlantılı olabilir. Türkiye yağışlarındaki değişkenliğin ve değişikliklerin atmosferik nedenlerine ilişkin yeni çalışmalara göre (Türkeş ve Erlat, 2003, 2005), Türkiye'deki şiddetli ve geniş alanlı kış kuraklıklarının önemli bir bölümü, Azorlar bölgesi üzerindeki subtropikal yüksek basınç ile Grönland ve İzlanda üzerindeki orta enlem alçak basıncı arasındaki geniş ölçekli atmosferik basınç dalgalanması olarak tanımlanan Kuzey Atlantik Salınımı'nın (NAO) kuvvetli pozitif indis evrelerine karşılık gelir.

Öte yandan, özellikle karasal yağış rejimine sahip iç bölgelerdeki bazı istasyonların ilkbahar ve yaz yağışları ile yıllık kuraklık indislerinde (Türkeş, 1998, 1999) ve Güneydoğu Anadolu'daki yaz ve kışın sonbahar yağışlarında (Türkeş ve ark., 2005) bir artış eğilimi, başka sözlerle daha nemli koşullara doğru bir gidiş gözlenmektedir. Yeni bir çalışmaya göre (Türkeş ve ark., 2007), Karadeniz yağış rejimi bölgesinde gözlenen azalma eğilimleri de oldukça önemlidir. Türkiye

Şekil 8. Aralık 2006-Ağustos 2007 dönemi 9 aylık kuraklık şiddet indisinin Balkanlar ve Türkiye üzerindeki coğrafi dağılışı (Global Drought Monitor'e göre yeniden düzenlendi).



yağışlarındaki uzun süreli değişimlere ilişkin bu yeni bulgu ile kuraklaşma eğilimlerinin giderek kuzey enlemlere doğru kaydığı belirlenen araştırmaların sonuçları ve öngörüler arasında benzerlik vardır.

## 5. ÖNGÖRÜLEN İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİ

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) Üçüncü Değerlendirme Raporu'nda (TAR) olduğu gibi, IPCC dördüncü Değerlendirme Raporu'nda da temel alınan tüm salım senaryoları ve projeksiyonları, atmosferdeki karbondioksit birikimlerinin, yüzey sıcaklıklarının ve deniz seviyesinin 21. yüzyıl süresince yükseleceğini; kara ve deniz buzlarının ve buzullarının alansal ve hacimsel olarak azalacağını öngörmektedir (IPCC, 2000, 2001, 2007).

### 5.1. Sıcaklık Öngörülleri

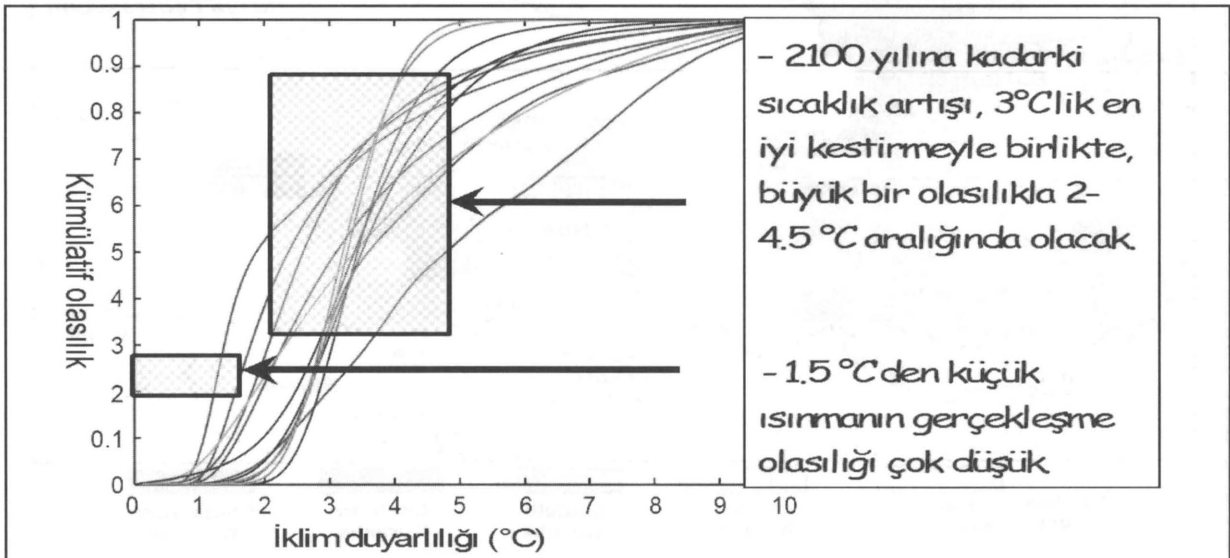
IPCC'nin Dördüncü Değerlendirme Raporu'nda (IPCC, 2007), gözlemlerden kaynaklanan kısıtlara karşın, iklim modellerinin ilk kez, iklim duyarlılığı için olabilir bir değerlendirme aralığı ürettiği ve iklim sisteminin ısınım salımlarına verdiği yanıtın anlaşılmasındaki güvenilirliği arttırdığı vurgulanıyor. Bu çerçevede, CO<sub>2</sub> birikimlerinin iki katına çıkması sonucunda, 2100 yılına kadar küresel ortalama yüzey sıcaklıklarındaki artışın, yaklaşık 3°C'lik en iyi kestirme değeriyle birlikte, olasılıkla 2-4.5°C aralığında olacağı öngörülmüyor (Şekil 9). Ayrıca, birçok SRES salım senaryosu (IPCC, 2000, 2007), gelecek 20 yıl için yaklaşık 0.2°C/10 yıl oranında bir ısınmanın olacağını öngörüyor. Öte yandan, tüm sera gazlarının ve aerosol'lerinin birikimleri 2000 yılı düzeylerinde tutulsa bile, en azından yaklaşık 0.1°C/10 yıl oranındaki bir ısınmanın olacağı da bekleniyor. Öngörülen ısınma oranları, 20. yüzyılda gözlenen değişikliklerden daha büyüktür ve eski iklim verilerine dayanarak, yüksek bir

olasılıkla bunun en azından son 10,000 yıl boyunca bir benzeri gerçekleşmemiştir. Son küresel model benzeştirmelerine dayanarak, neredeyse tüm kara alanları, özellikle soğuk mevsimde yüksek kuzey enlemlerindeki karalar, daha hızlı ısınabilecektir. Bunlar arasında en dikkat çekici olanı, tüm modellere göre, Kuzey Amerika'nın kuzey bölgelerinde ve Orta Asya'nın kuzeyinde küresel ortalamayı %40'tan daha fazla aşan ısınmadır. Buna karşılık, yazın güney ve güneydoğu Asya ve kışın Güney Amerika için öngörülen ısınma oranı, küresel ortalamadaki artıştan daha küçüktür.

### 5.2. Küresel Isınmanın Ekstrem Sıcaklıklar Üzerindeki Etkileri

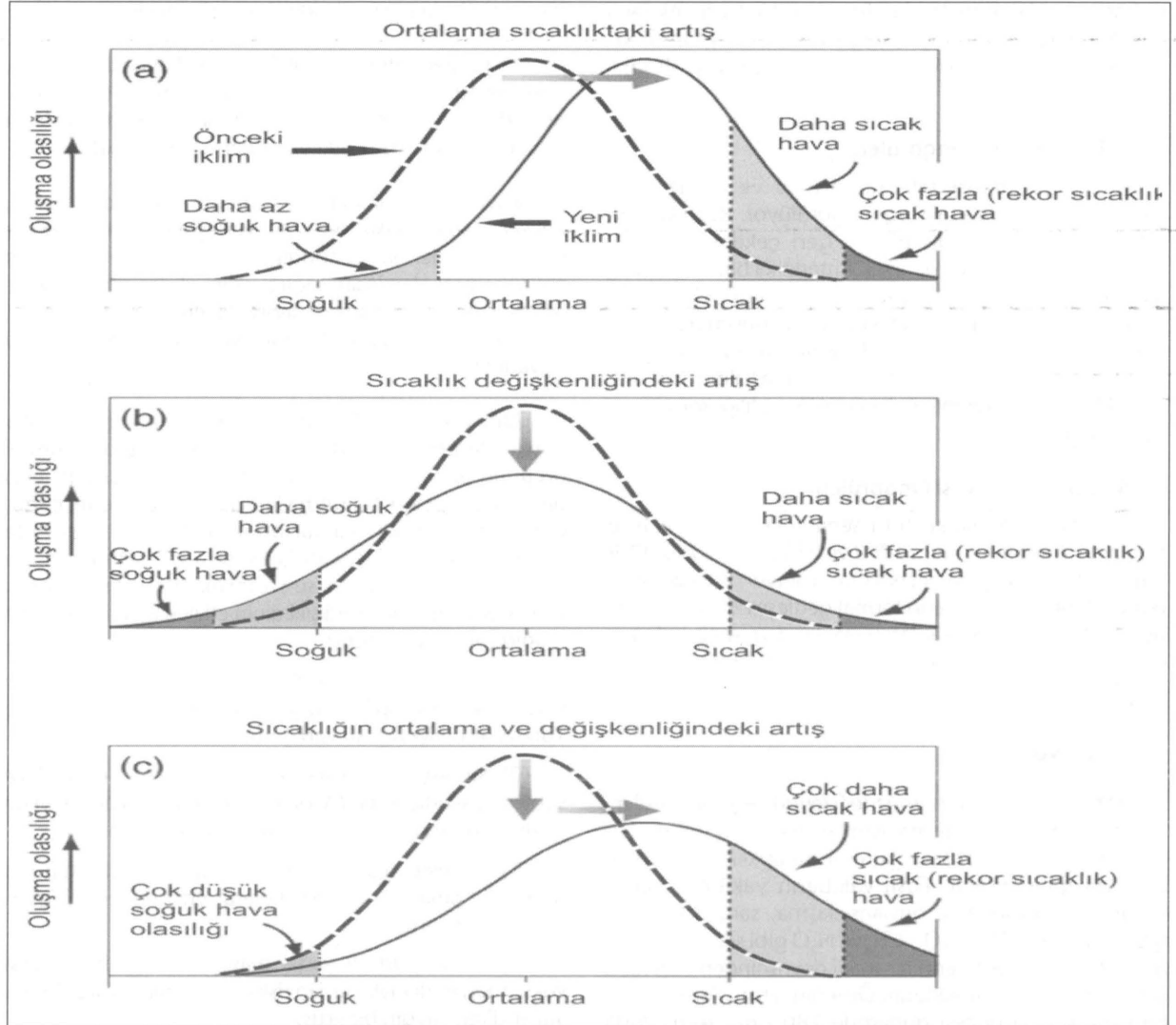
Kuvvetlenen sera etkisine bağlı olarak gelişen küresel iklim değişikliği sonucunda, gelecekte büyük olasılıkla daha sıcak günler ve daha şiddetli (daha geniş alanlı ve uzun süreli sıcak) sıcak hava dalgaları ile daha az soğuk ve daha az donlu günler hemen tüm kara alanlarında oluşabilecektir (Şekil 10). Ortalama sıcaklıklardaki artışlar, daha sıcak hava koşullarında ve rekor düzeydeki sıcak günlerde (sıcak hava dalgaları) ve daha az donlu günler ve daha az etkili ve kısa süreli soğuk hava dalgalarında artışlara neden olacaktır (Şekil 10a). Çeşitli iklim modelleri, kışın yüzey hava sıcaklıklarının günlük değişkenliğinde genel olarak bir azalış, buna karşın yazın özellikle kuzey yarımkürede günlük değişkenlikte bir artış olacağını gösteriyor. Sonuç olarak, aşırı sıcaklık koşullarındaki (sıcaklık ekstremleri) değişiklikler, tarımsal ve hayvansal ürün (tahıllar, sebze ve meyve, çiftlik hayvanları, vb.) kayıplarında bir artışla sonuçlanabilir; soğutma ve havalandırma için daha fazla enerji, ısınma içinse daha az enerji kullanımı gerçekleştirilebilir. Hayvan ve insanlarda salgın hastalık tehlikesinde ve ısı stresiyle ilişkili ölüm oranlarında belirgin artışlar ortaya çıkabilir.

Şekil 9. IPCC'nin temel aldığı çeşitli sera gazı salım senaryolarına göre, 2100 yılına kadar gerçekleşmesi öngörülen denge iklim duyarlılığı sonucunda yıllık ortalama yüzey sıcaklıklarındaki sıcaklık artışlarının büyüklüğü ve gerçekleşme olasılıkları. Denge iklim duyarlılığı, bir projeksiyon değildir; iklim sisteminin süregelen ısınım salımlarına yanıtının bir ölçüsüdür. "CO<sub>2</sub> birikimlerinin iki katına çıkması sonucunda ortalama yüzey sıcaklıklarının artışı" olarak tanımlanır.





Şekil 10. Daha az soğuk hava ve rekor düzeyde daha fazla sıcak hava (sıcak hava dalgaları) oluşumunu yol açan ortalama sıcaklık artışının (a), daha fazla soğuk ve sıcak hava oluşumuna neden olan, sıcaklığın değişimindeki artışın (b) ve çok düşük soğuk hava ve çok daha fazla rekor sıcak hava koşullarına (sıcak hava dalgaları) neden olan ortalama ve değişkenin birlikte artışı sonucunda (c), ekstrem sıcaklıklarda ortaya çıkabilecek etkilerin iki yanlı normal dağılım modeli üzerindeki şematik gösterimi. IPCC (2001)'ye göre yeniden çizildi ve düzenlendi.



Donlu günlerdeki azalma, soğuk havayla ilişkili hastalıklarda (örn., soğuk algınlığı, alt ve üst solunum yolu enfeksiyonları, vb.) ve ölümlerde azalmaya neden olabilir. Ayrıca, donlu günlerdeki azalma bazı ürünlerde risk artışına ve bazı ürünlerde zarar riskinde artışa neden olabileceken, başlangıçta küçük sıcaklık artışlarından ve atmosferik karbondioksit gübrelemesinden kaynaklanan tarımsal yararlar ılıman kuşak ülkelerinde GSYİH'de küçük artışlara yol açabilecektir.

### 5.3. Yağış Öngörülleri

Çok sayıda senaryoya dayanarak geliştirilen küresel model benzeştirmeleri, küresel ortalama su buharı birikimi ve yağış tutarının 21. yüzyıl süresince artacağını öngörüyor. 21. yüzyılın ikinci yarısına kadar, yağışlar, kışın orta ve yüksek kuzey enlemlerde ve Antarktika'da

artabilecektir. Alçak enlemlerdeki kara alanlarında, hem bölgesel artışlar hem de azalışlar bekleniyor. Ortalama yağışlar için bir artışın öngörüldüğü pek çok alanda, yıldan yıla yağış değişkenliği daha yüksek olabilecektir. Model hesaplamaları, daha sıcak iklim koşulları altında, buharlaşmanın artacağını, küresel ortalama yağış tutarında ve şiddetli yağış olaylarının sıklığında bir artış olacağını gösteriyor. Buna karşılık, bazı alanlarda yağış artışı olurken, başka alanlarda yağış azalışları yaşanacağı, hatta yağışlarda artış olan kara alanlarında artan buharlaşma yüzünden akışlarda ve toprak neminde azalışlar olabileceği öngörülmüştür.

Bazı kurak ve yarıkurak alanların daha da kuraklaşmasıyla birlikte, yağışlarda mevsimlik ve enlemsel kaymalar olabileceği de öngörülmüştür. Genel olarak, yağış

yüksek enlemlerde yaz ve kış mevsimlerinde artabilecektir. Yağışların, kışın, orta enlemler, tropikal Afrika ve Antarktika'da artacağı; yazın ise, güney ve doğu Asya'da artacağı öngörülmüyor. Avustralya, Orta Amerika ve güney Afrika'nın kış yağışlarında sürekli bir azalma bekleniyor. Hadley Centre'in iklim modellerine (UKMO/DETR, 1999) ve başka model sonuçlarına göre, özellikle Doğu Akdeniz havzası ve Orta Doğu için, yağışlarda, su kaynaklarında ve akımlarda gelecek yüzyıl için önemli azalmalar bekleniyor.

#### 5.4. Kar ve Buz Öngörülleri

Kuzey yarımküredeki kar örtüsü ve deniz buzu yayılışının daha da azalacağı öngörülmüyor. Buzulların ve buz şapkalarının geniş ölçekli geri çekilmesinin 21. yüzyılda da süreceği bekleniyor. Antarktika buz kalkanının, daha fazla yağış nedeniyle kütle kazanması beklenirken, akışlardaki artışın yağıştan fazla olacağı öngörüldüğü için, Grönland buz kalkanının kütle kaybetmesi bekleniyor. Bunların dışında, deniz seviyesinin altında kaldığı için, batı Antarktika buz kalkanının gelecekteki kararlılığı konusunda kaygılar bulunuyor.

#### 5.5. Deniz Seviyesi Öngörülleri

TAR'da temel alınan tüm senaryolara göre, küresel ortalama deniz düzeyinin, 1990 ve 2100 arasında 0.09 ile 0.88 metre kadar yükseleceği öngörülmüyor. Bu yükselme, temel olarak, okyanusların termal genleşmesi ile buzullar, buz şapkaları, buz kalkanları (Grönland ve Antarktika) ve deniz buzlarından olan kütle kayıplarıyla (erime) bağlantılı olacaktır.

### 6. SONUÇ

İklim Değişikliği günümüzde üzerinde en çok durulan, en çok bilimsel araştırma yapılan ve hükümetlerarası düzeyde en çok tartışılan küresel değişiklik konularının başında gelmektedir. Fosil yakıtların yakılması, arazi kullanımı değişiklikleri, ormansızlaşma, sanayi süreçleri gibi insan etkinlikleri, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O gibi sera gazlarının atmosferdeki birikimlerinin sanayi devriminden beri hızla artmasına neden olmaktadır. Örneğin, atmosferdeki CO<sub>2</sub> birikimi, sanayi öncesi dönemde 280 ppm iken, 2005 yılında yaklaşık 380 ppm'e ulaştı. 2005 yılındaki bu değer, geçmiş 650,000 yıllık kayıta 180-300 ppm arasında değişen doğal CO<sub>2</sub> birikiminin çok üzerindedir. Bu ise, Yerküre'nin enerji dengesini değiştirerek, yeryüzünün ve atmosferin yeryüzüne yakın katmanının daha fazla ısınmasına neden olmaktadır. İklim değişikliğinin başlıca sonuçları ve doğal ekosistemler, tarım ve su kaynakları üzerinde beklenen etkileri ise şöyle özetlenebilir:

İklim değişikliğinin potansiyel sonuçları ve etkileri, IPCC 3. ve 4. Değerlendirme Raporlarında dünyanın farklı bölgelerindeki sosyoekonomik sektörler, ekolojik sistemler ve insan sağlığı açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca IPCC, iklim değişikliğinin bölgesel projeksiyonlarıyla bağlantılı belirsizlikler yüzünden, iklim değişikliğinin bölgesel düzeydeki etkileri için niceliksel kestirimler sağlamak

yerine, bu doğal ve sosyal-ekonomik sistemlerin iklimdeki değişikliklere olan duyarlılığını ortaya koymuştur. Öte yandan, çoğu etki çalışmalarında, sistemlerin sıcaklıktaki küçük değişiklikleri, örneğin IPCC'nin Emisyon Senaryoları konulu Özel Raporu'ndaki (SRES) projeksiyonların 5.8°C olan üst sınırından daha düşük olan 3-4°C'lik bir ısınmayı, nasıl yanıtlayacağı ya da karşılayacağı incelenir.

Öngörülen iklim değişiklikleri, su kaynakları, tarım, doğal ekosistemler ve insan sağlığı üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkilere sahiptir. İklimdeki değişiklikler büyüdükçe, olumsuz etkilerin egemenliği de artar.

Sosyoekonomik sektörler (örneğin, tarım, ormancılık, balıkçılık, su kaynakları ve insan yerleşmeleri, vb.), kara ve su ekosistemleri ile insanoğlunun gelişimi ve refahı için çok yaşamsal olan insan sağlığı, iklim ekstremelerindeki ve iklimsel değişebilirlikteki değişikliklerde olduğu kadar, iklim değişikliğinin büyüklüğüne ve oranına karşı oldukça duyarlıdır.

İklim değişikliğinin, örneğin sıcaklıkta küçük artışlar olması durumunda, orta ve yüksek enlemlerde tarımsal üretimin artması ve kış ölümlerinin azalması gibi bazı olumlu sonuçları bulunmasına karşın, etkilerin çoğu, özellikle uç hava olaylarındaki bir artış karşısında olumsuzdur ve pek çok doğal sistem ve çoğu insan, bu değişikliklerden olumsuz olarak etkilenir. Model projeksiyonları, iklim değişikliğinin etkileri açısından özetle aşağıda verilenleri içerir:

(1) Su açığının bulunduğu birçok alanda, özellikle tropikal ve subtropikal bölgelerde (Akdeniz havzasını ve Türkiye'yi de içerir), su varlığında bir azalma;

(2) Sıcaklıktaki herhangi bir artış için, tropikal ve subtropikal bölgelerin (Akdeniz havzasını ve Türkiye'yi de içerir) çoğunda, tarımsal üretkenlikte bir azalma;

(3) Isı stresi ölümlerinden ve salgın hastalıklardan (malarya, bulaşıcı humma, kolera, vb.) etkilenen insan sayısında bir artış;

(4) Artan şiddetli yağış olayları ve deniz seviyesi yükselmesi nedeniyle, taşkın riskinde on milyonlarca insanı ilgilendiren yaygın bir artış;

(5) Özellikle buzullar, mercan resifleri ve atoller, mangrovlar, polar ve Alpin ekosistemler gibi bazı doğal sistemlerde önemli ve çoğu kez geriye dönüşü olmayan ya da onarılmaz hasarlar;

(6) Bazı hassas türlerin yok olma ve biyolojik çeşitliliğin kaybolma tehlikesinde bir artış.

Etkileri açısından bu kadar çok farklı ve önemli değişiklik öngörüsü, adaptasyonun (uyum), iklim değişikliğinin etkilerini en aza indirme çabalarını sürdürme ve tamamlama açısından gerekli ve yaşamsal bir strateji olduğunu gösterir. Sera gazı salımlarının bugünkü düzeyinde ya da üzerinde sürmesi, daha fazla ısınmaya ve büyük olasılıkla, iklim sisteminde 21. yüzyıl süresince 20. yüzyılda gözlenenenden daha büyük düzeylerde olabilecek birçok değişikliğe neden olacaktır. İnsan kaynaklı ısınma

ve deniz seviyesi yükselmesi, sera gazı birikimleri belirli bir düzeyde durdurulsa bile, iklim süreçleri ve geri beslemeleri ile bağlantılı zaman ölçeklerinin çok değişik ve uzun olması yüzünden, yüzyıllarca sürebilecektir. Bu da, toplumlar için olumsuz sonuçlar yaratarak, kalkınmanın önünde büyük bir engel oluşturacaktır. Bu yüzden, uluslararası toplum, insan kaynaklı sera gazı salımlarındaki artışla bağlantılı iklim riskini önlemeye yönelik önemli bir görevle karşı karşıya bulunuyor. Öngörülen iklim değişikliklerini ve bu değişikliklerin, sosyoekonomik sektörler, doğal ekosistemler ve insan sağlığı üzerindeki olası olumsuz etkilerini en aza indirmenin en önemli yolu, insan kaynaklı sera gazı salımlarını azaltmak ve yutakları çoğaltmaktır. Sera gazlarını azaltmaya ya da denetlemeye yönelik politikalar ve önlemler ise, sera gazı salımlarını azaltmak amacıyla uygulanmakta ve/ya da yakın bir gelecekte uygulanması olası bilimsel ve teknik/teknolojik yaklaşımlar ve önlemler ile makro politika araçlarını içerir.

#### KAYNAKLAR

**IPCC (2000)** Special Report on Emissions Scenarios – A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (Nakicenovic, et al., lead authors), Cambridge University Press, New York.

**IPCC (2001)** Climate Change 2001: The Scientific Basis - Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Eds.: J. T. Houghton et al., Cambridge University Press, Cambridge.

**IPCC (2007)** Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Summary for Policymakers -Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC Secretariat, WMO, Geneva.

**Kadioğlu, M (1997)** Trends in surface air temperature data over Turkey. *International Journal of Climatology* 17: 511-520.

**Keeling, CD, Whorf, TP (2005)** <http://cdiac.ornl.gov/ftp/trends/co2>.

**Türkeş, M (1998)** Influence of geopotential heights, cyclone frequency and southern oscillation on rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology* 18: 649-680.

**Türkeş, M (1999)** Vulnerability of Turkey to desertification with respect to precipitation and aridity conditions. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences* 23: 363-380.

**Türkeş, M (2001)** Hava, İklim, Şiddetli Hava Olayları ve Küresel Isınma. T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Teknik Sunumlar, Seminerler Dizisi 1: 187-205,.

**Türkeş, M (2003a)** Küresel İklim Değişikliği ve Gelecekteki İklimimiz. M. Türkeş, (ed.): 23 Mart Dünya Meteoroloji Günü Kutlaması Gelecekteki İklimimiz Paneli, Bildiriler Kitabı, 12-37, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 23 Mart 2003, Ankara.

**Türkeş, M (2003b)** Spatial and temporal variations in precipitation and aridity index series of Turkey. In:

Hans-Jürgen Bolle, (ed.): *Mediterranean Climate-Variability and Trends, Regional Climate Studies*. Springer Verlag, Heidelberg, pp. 181-213.

**Türkeş, M (2004)** Küresel İklim Değişikliği ve Olası Sonuçları. *Hava Kuvvetleri Dergisi* 348: 70-77.

**Türkeş, M (2007a)** Küresel İklim Değişikliği Nedir? Temel Kavramlar, Nedenleri, Gözlenen ve Öngörülen Değişiklikler. A. Öztopal ve Z. Şen, (eds.): I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 2007, Bildiriler Kitabı (CD-R), 38-53, İstanbul.

**Türkeş, M (2007b)** Türkiye'nin kuraklığa, çölleşmeye eğilimi ve iklim değişikliği açısından değerlendirilmesi. *Pankobirlik* 91: 38-47.

**Türkeş, M, Erlat, E (2003)** Precipitation changes and variability in Turkey linked to the North Atlantic Oscillation during the period 1930-2000. *International Journal of Climatology* 23: 1771-1796.

**Türkeş, M, Erlat, E (2005)** Climatological responses of winter precipitation in Turkey to variability of the North Atlantic oscillation during the period 1930-2001. *Theoretical and Applied Climatology* 81: 45-69.

**Türkeş, M, Koç, T, Sarış, F (2007)** Türkiye'nin yağış toplamı ve yoğunluğu dizilerindeki değişikliklerin ve eğilimlerin zamansal ve alansal çözümlemesi. *Coğrafya Bilimler Dergisi* 5: 57-74.

**Türkeş, M, Sümer, UM, Kılıç, G (1995)** Variations and trends in annual mean air temperatures in Turkey with respect to climatic variability. *International Journal of Climatology* 15: 557-569.

**Türkeş, M, Sümer, UM, Kılıç, G (1996)** Observed changes in maximum and minimum temperatures in Turkey. *International Journal of Climatology* 16: 463-477.

**Türkeş, M, Sümer, UM, Demir, İ (2002a)** Türkiye'nin günlük ortalama, maksimum ve minimum hava sıcakları ile sıcaklık genişliğindeki eğilimler ve değişiklikler. Prof. Dr. Sırrı Erinç Anısına Klimatoloji Çalıştayı 2002, Bildiriler Kitabı, 89-106. Ege Üniversitesi Coğrafya Bölümü, 11-13 Nisan 2002, İzmir.

**Türkeş, M, Sümer, UM, Demir, İ (2002b)** Re-evaluation of trends and changes in mean, maximum and minimum temperatures of Turkey for the period 1929-1999. *International Journal of Climatology* 22: 947-977.

**Türkeş, M, Sümer, UM (2004)** Spatial and temporal patterns of trends and variability in diurnal temperature ranges of Turkey. *Theoretical and Applied Climatology* 77: 195-227.

**Türkeş, M, Sümer, UM, Yıldırım, YE (2005)** GAP Bölgesi'nde gözlenen uzun süreli iklimsel değişimlerin ve eğilimlerin zaman dizisi çözümlemeleri. Ulusal Coğrafya Kongresi 2005 (Prof. Dr. İsmail Yalçınlar Anısına), 29-30 Eylül 2005, Bildiriler Kitabı, 373-384. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi, Beyazıt, İstanbul.

**UKMO/DETR (1999)** Climate Change and Its Impacts, Stabilisation of CO<sub>2</sub> in the Atmosphere, United Kingdom Meteorological Office and Department of the Environment, Transport and the Regions (UKMO/DETR), the Hadley Centre for Climate Prediction and Research, Bracknell.

**WMO (1999)** Statement on the Status of the Global Climate in 1998. WMO-No. 896, World Meteorological Organization, Geneva.