

# Hava, İklim, Şiddetli Hava Olayları ve Küresel Isınma(\*)

*Dr. Murat Türkeş*

## GİRİŞ

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO), 1999 yılının Dünya Meteoroloji Günü için, hava ve iklimin insan sağlığı üzerindeki etkisini vurgulayan, 'Hava, İklim ve Sağlık' konusunu seçmiştir. Şüphesiz, 'hava ve iklim', tüm ulusal meteoroloji kuruluşlarının ana hizmet ve uygulama alanını oluşturmaktadır; çok doğal olarak odak noktasında da, insan, onun etkinlikleri, refahı ve sağlığı bulunmaktadır. Hava ve iklim, insan etkinliklerini, insanın refahını ve sağlığını çok değişik yollardan etkiler. Gerçekte, iklim, insanoğlunun yaşama gereksinimlerini karşılayan kaynağın kendisidir. İnsanoğlu, yüzyıllar boyunca, barınaklarını, yiyecek ve enerji üretimlerini genel olarak iklim ve çevre koşullarıyla uyumlu bir yaşam tarzı yaratmak için düzenlemiş ve kendisini bu kaynağa uyarlamıştır. İklimsel değişebilirlik ve iklimdeki olası değişiklikler, salgın hastalık koşullarındaki ve hastalık yapıcı oluşumlardaki değişiklikler üzerinde önemli bir rol oynayabildiği gibi, gelmekte olan başka 'sürprizlerin' habercisi de olabilir. Ayrıca, geçtiğimiz son birkaç yılda dünyanın pek çok yerinde ve Türkiye'de oluşan doğal afetlerin insan yaşamı ve etkinlikleri ile ekosistemler üzerindeki olumsuz ve yıkıcı etkileri dikkate alındığında da, 1999 yılı için ne kadar uygun bir seçim yapıldığı kolaylıkla anlaşılabilir.

Bu çalışmada, çoğu kez birbirine karıştırıldığı görülen, hava, iklim, şiddetli hava olayları ve iklim değişikliği ile onların etkilerine ilişkin bazı önemli noktaları, popüler bilim kapsamında vermek amaçlanmıştır. Odak noktası, bilinen klimatolojik bilgileri ortaya koymak değildir; dinleyicilerin konuya değişik açılardan bakmalarını ve farklı düşüncelerini sağlamaktır.

## BÖLÜM I: HAVA VE İKLİM ÜZERİNE DÜŞÜNCELER

### Hava ve İklim

Ulusal meteoroloji kuruluşlarında, güneşlenme, bulutluluk, hava, deniz yüzeyi ve toprak sıcaklığı, yağmur, kar, dolu, şimşek ve fırtına gibi iklim elemanları ve atmosfer olayları, iklim bilimsel (klimatolojik) amaçlar için düzenli olarak kaydedilir. İklim bilimcilere göre, atmosferdeki değişebilen süreçlere bağlı olan hava, yeryüzünün herhangi bir yerindeki ve herhangi bir andaki atmosferik olayların tümüdür. İnsan etkinliklerinin çok büyük bir bölümü, hava olaylarına bağlıdır ve ondan etkilenir. Bu yüzden, hava olaylarının kısa süreli öngörülerinin yapılması, insan yaşamı için önemli kabul edilmektedir. Bu da, atmosfere (hava küreye) ilişkin bilgilerin oldukça kesin bir doğrulukla bilinmesine bağlıdır.

Tüm atmosfer olayları, süreçleri ve iklim, belirli bir zaman süresi ile tanımlanabilmektedir: Bir rüzgar hamlesi (rüzgar hızındaki ani artışlar) birkaç saniye sürebilir; bir kümülüs bulutu, birkaç saat içinde gelişip yok olabilir; alçak basınçlar (siklonlar) ve onlara bağlı kötü hava koşulları, birkaç günden on güne kadar etkili olabilir; yüksek basınçlara (antisiklonlara) bağlı iyi hava devreleri, haftalar ve kuraklık olayları aylarca sürebilir. Buzulların eriyip geri çekilmesine yol açan sıcaklık değişimleri, onlarca/yüzlerce; buzul ve buzul arası çağlar binlerce yıl sürebilir.

Hava olaylarından yalnız birini tanımlamak ve anlamak için gerekli olan gözlem süresi, bu hava durumunun ya da sürecinin kendine özgü oluşum zamanı kadar olmalıdır. Pencereden dışarıya bir bakış, bize, havanın o anda yağışlı (ya da güneşli) olup olmadığı hakkında genel bir düşünce verebilir. Buna karşılık, onun nemli bir yaz ya da kurak bir kış olup olmadığını söylemez. Bu yüzden iklim, "Yeryüzünün herhangi bir yerinde uzun yıllar boyunca yaşanan ya da gözlenen tüm hava koşullarının ortalama durumu" olarak tanımlanmaktadır. Şüphesiz, iklim tanımı, aşırı olayları, sıklık

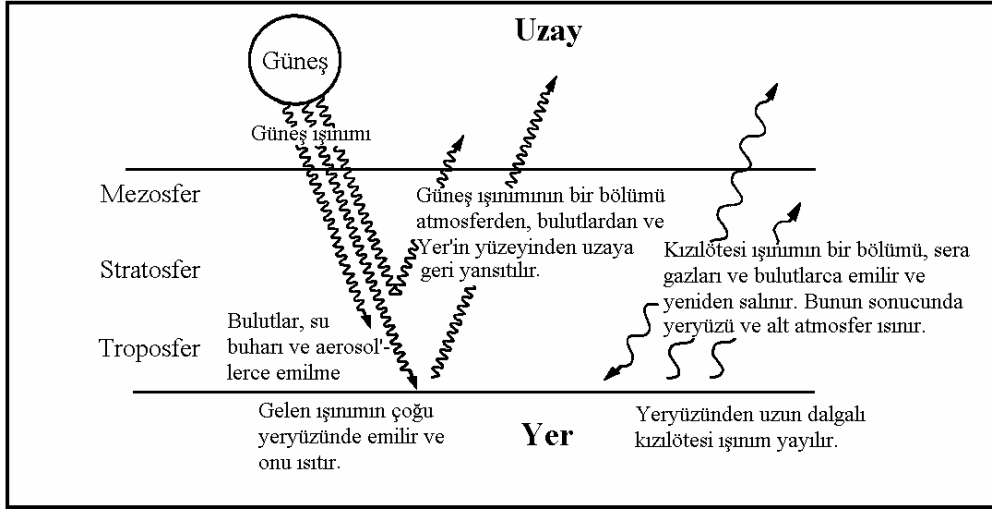
dağılımlarını, olasılıkları ve değişkenliği de içermek zorundadır. Bu yüzden son yıllarda iklimi tanımlarken, 'hava olaylarının ya da koşullarının ortalama durumu' yerine, "Hava olaylarının, atmosferik süreçlerin ve iklim elemanlarının değişkenlikleri, uç oluşumları ve ortalama değerleri gibi uzun süreli istatistiklerle karakterize edilen sentezi (bireşimi)" yaklaşımı seçilmektedir (Türkeş, 1997).

Yukarıda verilen tanımlardan anlaşılacağı gibi, bir bölgenin iklimi, birkaç saniyeden (şimşek, gök gürültüsü, sağanak yağış, vb.) birkaç haftaya (yüksek basınç kuşakları) uzanan bir zaman ölçeğine sahip olan havadan farklıdır. Başka sözlerle, hava ve iklim arasındaki en önemli ayrım, 'zaman'dır: Kısa süreli atmosfer koşulları ve süreçleri, hava olarak nitelendirilir. Bunların uzun süreli olanları, iklimdeki gibi dönemsel bir doğaya sahiptir.

Hava sıcaklığında gözlenen günlük dönemselliği, Yerküre'nin kendi eksenini üzerindeki dönüşü oluşturmaktadır. Ayrıntıya girmeden söylemek gerekirse, Dünya'nın bu günlük hareketi sonucunda, herhangi bir günde Yerküre'nin Güneş'e bakan yüzünde gündüz, Güneş'i görmeyen yüzünde gece yaşanır. Gene çok genel olarak ve sadeleştirerek açıklamak gerekirse, Güneş'in ufuk düzleminde yüksekliğine ve ışınların yeryüzüne geliş açısına bağlı olarak, hava sıcaklığı gün doğumundan yerel saatle öğleden sonra 14-15 dolaylarına kadar artar; daha sonra düşmeye başlar ve gün doğumuna kadar en düşük değerine ulaşır.

Sıcaklığın günlük değişimi, ortalama saatlik değerlerde herhangi bir günün saatlik değerlerindeki değişime göre daha düzenlidir. Sıcaklığın bir günden öteki güne olan değişiminin büyüklüğü, kış mevsiminde yaza göre daha belirgindir. Bu yüzden, aylık ortalama saatlik sıcaklık değerleri ile herhangi bir günün saatlik sıcaklıkları arasındaki fark, kışın yaza göre daha büyüktür. Daha ender olmakla birlikte, bazı yıllarda yazın da buna benzer önemli farklar oluşabilir.

Sıcaklığın günlük ve aylık değişimi ise, uzun süreli ortalama değerlerde kaybolur. Bu nedenle, uzun süreli ortalama değerlere bakarak, örneğin Ankara'nın Ocak ayı ortalama sıcaklığının yaklaşık 0 C° olduğunu kabul etmek, yanlış olmasa bile, çok doğru bir değerlendirme de değildir. Ankara'nın Ocak ayı hava sıcaklığı, kışın Türkiye'de birbiri ardınca etkili olan tropikal kuşaktan kaynaklanan sıcak hava akımları ile polar kuşaktan gelen soğuk hava akımları nedeniyle önemli bir değişkenlik göstermektedir. Bu durum, günlük ortalama değerlerde, genel atmosfer dolaşımına bağlı hava koşulları nedeniyle, günler arası (bir günden bir başka güne) yüksek genlikli bir sıcaklık oynamasına ya da değişkenliğine yol açar. Ankara'nın Ocak ayı günlük ortalama sıcaklıkları ve buna bağlı olarak da herhangi bir yılın Ocak ayı ortalaması, Ocak ayının uzun süreli ortalama sıcaklığından genellikle oldukça farklıdır. Bu yüzden, Ankara'nın uzun süreli sıcaklık kayıtları incelendiğinde, Ocak ayı ortalama hava sıcaklığının, bu ayda etkili olan hava olaylarına bağlı olarak, yaklaşık - 7 ile + 5 C° arasında değiştiği görülür. Örneğin, bu değer Ocak 1995'te yaklaşık 3 C° olarak gerçekleşmiştir. Ankara'nın Ocak ayı sıcaklığı örneğinden de anlaşılacağı gibi, ortalama iklim elemanları, gerçekte kaydedilmiş gözlem değerleri değildir, salt birer istatistiktir. Bu yüzden, bir bölgenin, yörenin ya da çevrenin iklimini, örneğin sıcaklık koşullarını anlayabilmek için, uzun süreli aylık, mevsimlik ve yıllık ortalamaların yanı sıra, günlük ortalama, en düşük ve en yüksek değerleri de incelemek gerekir. Ayrıca, değişkenlik iklimin doğasında bulunduğu göre, sıcaklığın ve genel olarak da tüm iklim elemanlarının alan ve zamandaki değişimlerini ortaya koymak yararlı bir yaklaşım olmaktadır. Bu aynı zamanda, bugünkü gerçek ve gelecekteki olası değişiklikleri anlamamıza da yardımcı olacaktır.



Şekil 1. Sera etkisinin şematik gösterimi (WHO, 1996'ya göre Türkeş ve arkadaşları, 2000).

## BÖLÜM II. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

### İKLİM SİSTEMİNDEKİ DEĞİŞİKLİKLERİ YÖNLENDİREN KUVVETLER

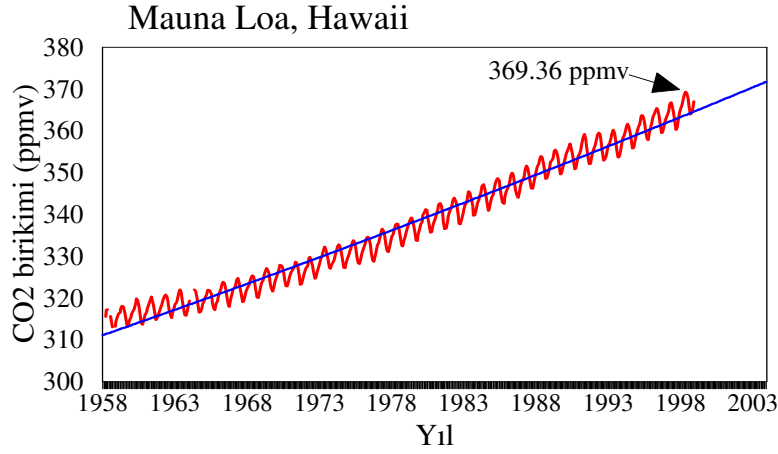
#### Sera Etkisi

Yeryüzündeki tüm yaşam biçimleri için vazgeçilmez bir ortam olan atmosfer, birçok gazın karışımından oluşmaktadır. Atmosferi oluşturan ana gazlar, azot (% 78.08), oksijen (% 20.95) ve argondur (0.93). Daha küçük bir tutara sahip olmakla birlikte, dördüncü önemli gaz karbondioksittir (% 0.03). Atmosferdeki birikimleri çok az olan çok sayıdaki öteki gazlar ise, atmosferin kalan bölümünü oluşturur.

İklim sistemi için önemli olan doğal etmenlerin başında sera etkisi gelmektedir. Bitki seraları kısa dalgalı güneş ışınımını geçirmekte, buna karşılık uzun dalgalı yer (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 oluşturmaktadır. Atmosfer de benzer bir davranış sergilemektedir. Sera etkisi sadeleştirilerek açıklanabilir: Bulutsuz ve açık bir havada, kısa dalgalı güneş ışınımının önemli bir bölümü atmosferi geçerek yeryüzüne ulaşır ve orada emilir. Ancak, Yerküre'nin sıcak yüzeyinden salınan uzun dalgalı yer ışınımının bir bölümü, uzaya kaçmadan önce atmosferin yukarı seviyelerinde bulunan çok sayıdaki ışınımsal olarak etkin eser gazlar (sera gazları) tarafından emilir ve sonra tekrar salınır. Doğal sera gazlarının en önemlileri, başta en büyük katkıyı sağlayan su buharı (H<sub>2</sub>O) olmak üzere, karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O) ve troposfer ile stratosferde (troposferin üzerindeki atmosfer bölümü) bulunan ozon (O<sub>3</sub>) gazlarıdır. Ortalama koşullarda, uzaya kaçan uzun dalgalı yer ışınımı gelen Güneş ışınımı ile dengede olduğu için, Yerküre/atmosfer birleşik sistemi, sera gazlarının bulunmadığı bir ortamda olabileceğinden daha sıcak olacaktır. 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 bu doğal süreç *sera etkisi* olarak adlandırılmaktadır (Şekil 1).

Ortalama koşullarda, Yerküre/atmosfer sistemine giren kısa dalgalı güneş enerjisi ile geri salınan uzun dalgalı yer ışınımı dengededir. Güneş ışınımı ile yer ışınımı arasındaki bu dengeyi ya da enerjinin atmosferdeki ve atmosfer ile kara ve deniz arasındaki dağılımını değiştiren herhangi bir

etmen, iklimi de etkileyebilir. Yerküre/atmosfer sisteminin enerji dengesindeki herhangi bir değişiklik *ışınmsal zorlama* olarak adlandırılmaktadır.



**Şekil 2.** 1958-1998 döneminde Mauna Loa (Hawaii) Gözlemevi'nde ölçülen aylık ortalama atmosferik CO<sub>2</sub> birikimindeki değişimler ve bu değişimlere uydurulan üstel regresyon eğrisi (Türkeş, 2000a).

**Çizelge 1.** İnsan etkinliklerinden etkilenen önemli sera gazlarına ilişkin özet bilgiler (Türkeş, 2000a). (IPCC (1996)'ya ve Mauna Loa'nın aylık ortalama CO<sub>2</sub> verilerine (Climate Change, 1999) dayanan hesaplamalarımıza göre)

Sera gazları (atmosferik birikim)	CO <sub>2</sub> (ppmv)	CH <sub>4</sub> (ppbv)	N <sub>2</sub> O (ppbv)	CFC11 (pptv)
Sanayi öncesi(1750-1800)	~280	~700	~275	0
Günümüzde	~368 <sup>(1)</sup>	1720 <sup>(2)</sup>	312 <sup>(2)</sup>	268 <sup>(3)</sup>
Yıllık değişim (birikim)	~1.3 <sup>(4)</sup>	10	0.8	0
Yıllık değişim (yüzde)	0.4 <sup>(4)</sup>	0.6 <sup>(5)</sup>	0.25 <sup>(5)</sup>	0
Atmosferik ömrü (yıl)	50-200 <sup>(6)</sup>	12	120	50

ppmv = hacim olarak milyonda kısım; ppbv = hacim olarak milyarda kısım; pptv = hacim olarak trilyonda kısım.

<sup>(1)</sup> 1998 yılı ortalaması;

<sup>(2)</sup> 1994 yılı verisi;

<sup>(3)</sup> 1992-1993 verilerinden tahmini olarak;

<sup>(4)</sup> 1958-1998 dönemindeki Mauna Loa ölçümlerine göre;

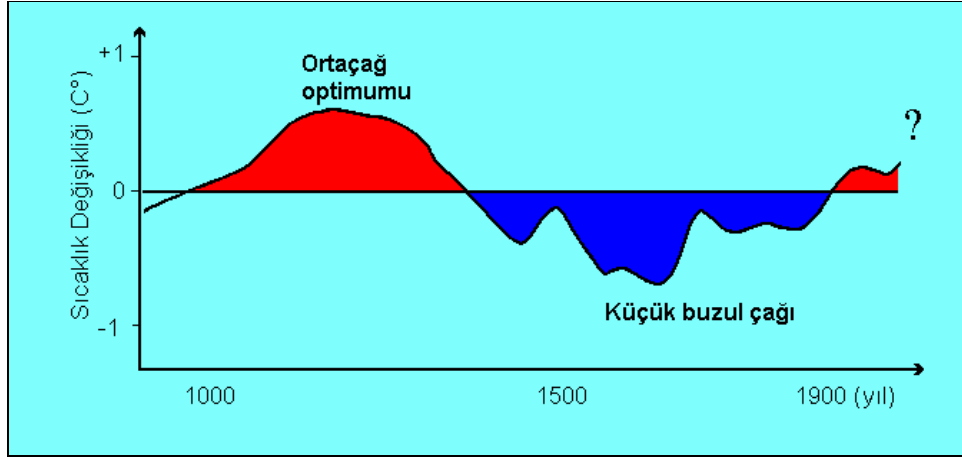
<sup>(5)</sup> CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O'nun büyüme oranları, 1984'ten sonraki dönemin ortalamasına dayanmaktadır;

<sup>(6)</sup> Okyanuslar ve biyosfer gibi yutaklarca ve çeşitli yutak süreçlerince farklı oranlarda emilmesi ve bu süreçlerin karmaşık olması nedeniyle, CO<sub>2</sub>'nin atmosferik ömrü için tek bir değer verilememektedir.

### Sera Gazı Birikimlerindeki Değişimlerin Boyutları

Atmosferdeki antropojen (insan kaynaklı) sera gazı birikimlerinde sanayi devriminden beri gözlenen artış sürmektedir (Çizelge 1). Özellikle atmosferdeki birikimi ve yaşam süresi dikkate alındığında, bu sera gazları arasında CO<sub>2</sub> öne çıkmaktadır. Bu yüzden, Mauna Loa (Hawaii) Gözlemevi'ndeki atmosferik karbondioksit izleme programı, küresel ısınma çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Mauna Loa ölçümleri, Yerküre atmosferindeki aylık ortalama CO<sub>2</sub> birikiminin hızlı bir biçimde arttığını göstermektedir (Şekil 2). CO<sub>2</sub> emisyonlarındaki (salımlarındaki) insan kaynaklı artışların şimdiki hızıyla sürdürülmesi durumunda, sanayi öncesi dönemde yaklaşık 280 ppmv,

1998’de 368 ppmv olan CO<sub>2</sub> birikiminin 21. yüzyılın sonuna kadar 500 ppmv’ye ulaşacağı öngörülmektedir (IPCC, 1996). Sera gazı birikimindeki bu artışlar, Yerküre'nin uzun dalgalı ısınım yoluyla soğuma etkinliğini zayıflatarak, Yerküre'yi daha fazla ısıtma eğilimindeki bir pozitif ısınım sal zorlamanın oluşmasını sağlamaktadır. Yer/atmosfer sisteminin enerji dengesine yapılan bu pozitif katkı, **kuvvetlenen sera etkisi** olarak adlandırılır. Bu ise, Yerküre atmosferindeki doğal sera gazları (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O ve O<sub>3</sub>) yardımıyla yüz milyonlarca yıldan beri çalışmakta olan bir etkinin, bir başka sözle doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi anlamını taşımaktadır. Kuvvetlenen sera etkisinden kaynaklanabilecek bir küresel ısınmanın büyüklüğü, her sera gazının birikimindeki artışın boyutuna, bu gazların ısınım sal özelliklerine, atmosferik yaşam sürelerine ve atmosferdeki varlıklarını sürmekte olan öteki sera gazlarının birikimlerine bağlıdır.



Şekil 3. Kuzey yarımkürede geçen bin yıllık dönemdeki yıllık ortalama sıcaklık değişimleri.

## İKLİM SİSTEMİNDEKİ UZUN SÜRELİ DEĞİŞİMLER

### Geçmişteki Sıcaklık Değişimleri

Çok genel bir yaklaşımla, iklim değişikliği, “Nedeni ne olursa olsun iklim koşullarındaki büyük ölçekli (küresel) ve önemli yerel etkileri bulunan, uzun süreli ve yavaş gelişen değişiklikler” biçiminde tanımlanabilir (Türkeş, 1997). İklimdeki değişiklikler, buzul ve buzularası çağlar arasında, dünyanın çeşitli bölgelerinde ortalama sıcaklıklarda oluşan büyük değişiklikler şeklinde ortaya çıktığı gibi, yağış değişimlerini de içermektedir. Bugünkü bilgilerimize göre, Yerküre'nin çok uzun jeolojik tarihi boyunca iklim sisteminde doğal yollarla 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.

Şekil 3, geçen 1000 yıl boyunca kuzey yarımkürenin yıllık ortalama sıcaklık koşullarındaki değişimleri göstermektedir. Yerküre ile Güneş arasındaki etkileşimi oldukça iyi bir biçimde yansıtan sıcaklığın günlük ve aylık değişiminde olduğu gibi, bu eğrinin gidişi de, iklim sisteminin geçen 1000 yılda değişken ve düzensiz olduğunu göstermektedir. Bu 1000 yıl boyunca, genel olarak ortaçağa karşılık gelen belirgin bir sıcak dönem ile 14. ve 19. yüzyıllar arasında oluşan belirgin bir soğuk dönem (küçük buzul çağı) dikkat çekmektedir. Özellikle Avrupa’da etkili olan ‘küçük buzul çağı’, şiddetli soğuklara ve tarımda büyük ürün kayıplarına, bunlara bağlı olarak da açlığa ve salgın hastalıklara neden olmuştur. Bu değişimler, günlük hava ya da aylık ve yıllık iklim dalgalanmaları için geçerli olan nedenlerden çok, iklim sistemindeki çok sayıda kimyasal ve fiziksel süreçlere

bağlanabilir. Bu süreçler, Yerküre'nin sularını içeren havakürenin ve sukürenin yanı sıra, kaya oluşumları ve topraktan oluşan taşküre ile dağ buzulları, kutup buzul şapkası ve deniz buzlarından oluşan buz küreyi içermektedir. Hep birlikte Yer'i oluşturan bu kürelerin her biri, oldukça değişken bir davranış sergileyen iklim sistemini daha durağan yapma ve dengeli bir değişikliğe yönlendirme eğilimindedir. İklim sistemi, Güneş etkinlikleri ya da yanardağ püskürmeleri gibi dış ve iç süreçlerden etkilenmektedir. Bu tip süreçler, tek yönlü bir etki oluştururlar. Örneğin, atmosfere salınan yanardağ külleri hava sıcaklığını etkilemesine karşın, hava sıcaklığının yanardağlar üzerinde bir etkisi yoktur. Tepkileri ise, çoğunlukla iklim sisteminin bileşenlerinden olan iç süreçler yönlendirir. Örneğin: İklim soğuduğunda, yağışın daha fazla bir bölümü kar biçiminde düşer; bu da, daha önce karla kaplı olmayan yüzeylerden daha fazla güneş ışınımının yansımaya neden olur. Karla ve buzla örtülü kutup bölgeleri, bu yüzden çevrelerine göre daha soğuktur.

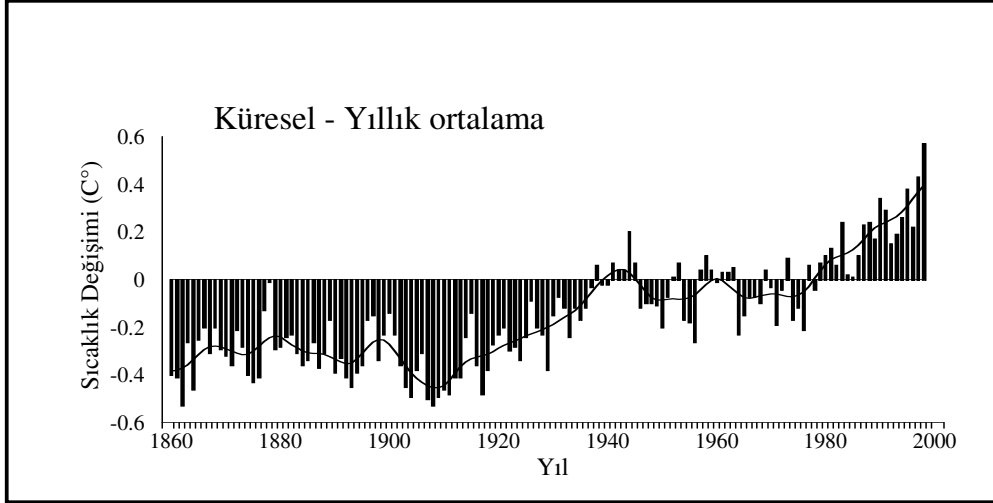
### **Günümüz İklimi Değişiyor mu?**

Toplumun ve bazı bilim çevrelerinin, aletli gözlemlerin yapıldığı geçen yaklaşık 150 yılda iklime ve onun değerlendirilmesine yönelik bakış açısının, genel olarak dört önermeye dayandırıldığı söylenebilir. Bunlar:

- İklimi değiştirmek için, oldukça önemli bir etkiye gerek vardır;
- Böyle çok büyük bir etki oluşamayacağına göre, iklim durağandır;
- Durağan olduğu için, iklim hesaplanabilir;
- Doğal iklim sistemindeki önemli olmayan insan müdahalesi, iklimin kararlılığını, durağan ve hesaplanabilir oluşunu hiçbir biçimde tehdit edemez.

Sonunda, tüm bu önermelerin asılsız ya da yanlış olduğu ortaya çıkmış bulunuyor. Gerçekte, iklim, doğası gereği kararsızdır, değişkendir. Ancak, iklimdeki değişkenliğin yüksek bir doğrulukla öngörülmesinin henüz olanaksız olduğunu belirtmek yararlı olacaktır. Bu yüzden, belki de burada söylenmesi gereken en önemli şey, iklim sisteminin, genel olarak tüm insan etkinliklerine, özel olarak fosil yakıt kullanımı ve arazi kullanımı değişikliklerine, çok duyarlı oluşudur. Bu açıdan bakıldığında, iklim değişikliği, insan oğlunun uzak geleceği için hiç de şüpheli bir tehdit değildir; tersine, milyonlarca yıldan beri süregelen sürecin bir parçasını oluşturan doğal bir olgudur.

İklim değişikliği, 1980'li yılların sonu ve 1990'lı yılların başından beri, küresel iklim sisteminde değişikliklere neden olabilecek doğal iç ve dış kuvvetlerin ve etmenlerin yanı sıra, sera gazı birikimlerini arttıran insan etkinlikleri de dikkate alınarak tanımlanmakta ve değerlendirilmektedir. Örneğin Birleşmiş Milletler (BM) İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde, "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. Ayrıca günümüzde, hızı ve büyüklüğü dışında, iklimin değişiyor oluşu konusunda da önemli bir şüphe bulunmamaktadır. Bu değerlendirme, örneğin, WMO ve BM Çevre Programı (UNEP) tarafından ortaklaşa yürütülen Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 1995 yılında tamamlanan İkinci Değerlendirme Raporu'nda, "bulgu dengesinin, küresel iklim üzerinde belirgin bir insan etkisinin bulunduğunu gösterdiği" ve "iklimin geçen yüzyıl boyunca değiştiği" biçiminde doğrulanmıştır. Yukarıdaki satırlarda da bir ölçüde değinildiği gibi, sanayi devriminden beri, iklimdeki doğal değişebilirliğe ek olarak, ilk kez insan etkinliklerinin de iklimi etkilediği yeni bir döneme girilmiştir.



**Şekil 4.** 1961-1990 dönemi ortalamalarından farklara göre hesaplanan küresel yıllık ortalama yüzey sıcaklığı anomalilerinin 1860-1998 dönemindeki değişimleri. Yıldan yıla değişimler, 13 noktalı binom süzgeci ile düzgünleştirilmiştir.

#### Küresel Sıcaklıklarda 1998 Yılında Gözlenen Değişiklikler

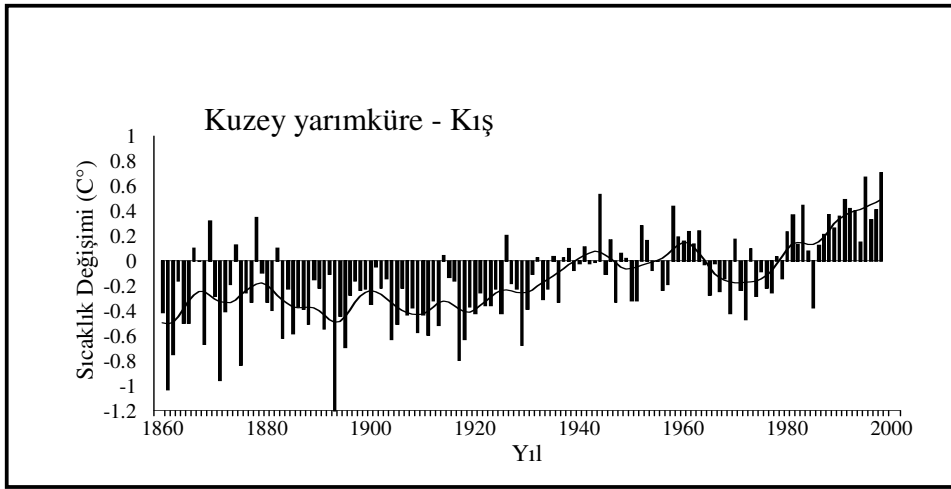
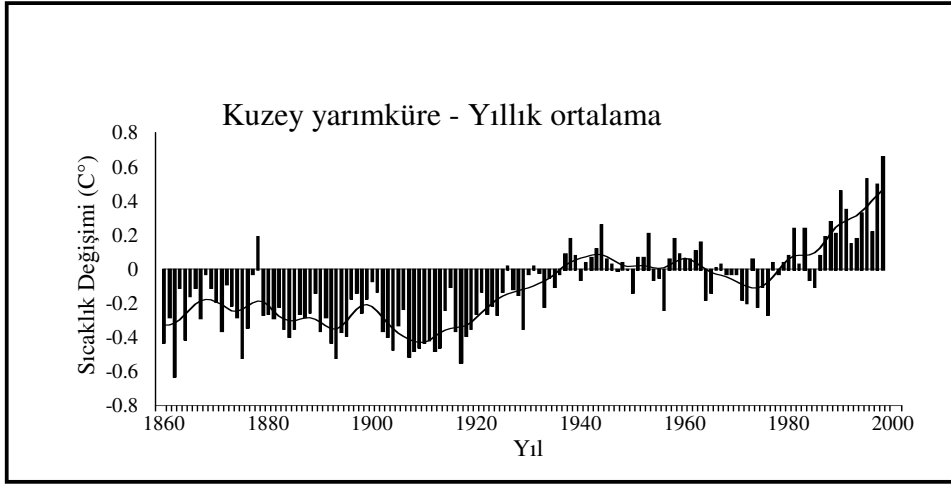
Atmosferdeki birikimleri artmaya devam eden sera gazları nedeniyle kuvvetlenen sera etkisinin oluşturduğu küresel ısınma, özellikle 1980'li yıllardan sonra daha da belirginleşmiş ve 1990'lı yıllarda en yüksek değerlerine ulaşmıştır (Şekil 4). 1998 yılı, hem kuzey ve güney yarımküreler için hem de küresel olarak hesaplanan yıllık ortalama yüzey sıcaklıkları dikkate alındığında, güvenilir aletli gözlemlerin başladığı 1860 yılından beri yaşanan en sıcak yıl olmuştur. Başka sözlerle, küresel ısınma 1998 yılında, hem küresel hem de yarımküresel olarak yeni bir yüksek sıcaklık rekoru daha kırmıştır. 1961-1990 klimatolojik normal (ortalaması) ile karşılaştırıldığında, ki bu dönemin kendisi de sıcak bir devreye karşılık gelmektedir, 1998'de Yerküre'nin yüzeye yakın yıllık ortalama sıcaklığının normalden  $0.57\text{ C}^\circ$  daha sıcak olduğu hesaplanmıştır (WMO, 1999). Bundan önceki en sıcak yıl ise, 1997 idi.

Küresel hava sıcaklıklarındaki bu belirgin ısınmanın, fosil yakıt yakılması, çimento üretimi, ormansızlaşma ve arazi kullanımı değişiklikleri gibi çeşitli insan etkinlikleri sonucunda, atmosferdeki birikimleri sanayi devriminden beri artan sera gazlarının, doğal sera etkisini kuvvetlendirmesiyle oluştuğuna inanılmaktadır.

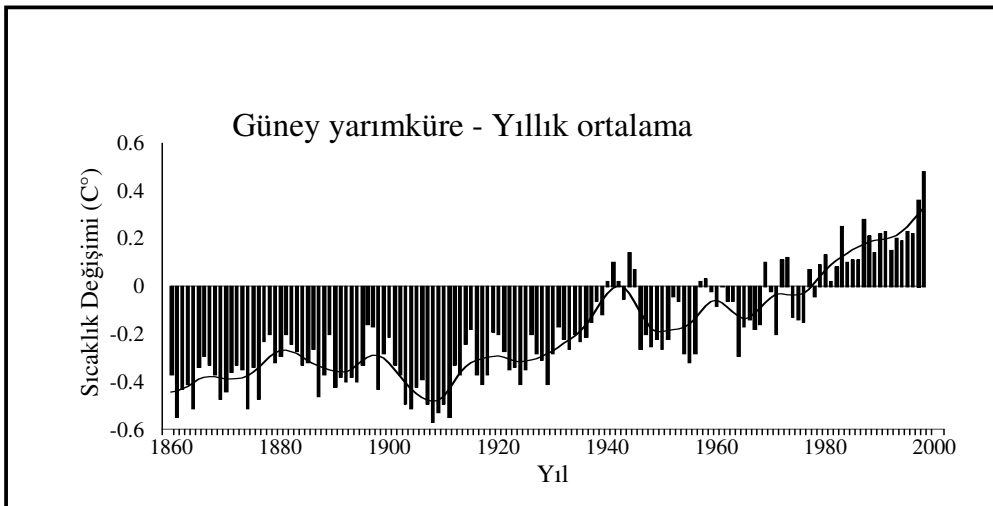
#### Küresel Sıcaklıklardaki Değişme Eğilimleri

Bu bölüm Türkeş (2000b)'den yararlanılarak hazırlanmıştır. İngiltere'deki East Anglia Üniversitesi Çevre Bilimleri Fakültesi'nin İklim Araştırma Birimi'nce yayınlanan aylık ortalama verilerin (CRU/UEA, 1999) çözümlenmesiyle gerçekleştirilen bu çalışmada, tüm dizilerde önemli ısınma eğilimleri bulunduğu ortaya konulmuştur.

Küresel sıcaklıklardaki uzun süreli eğilimleri ve değişim oranlarını incelemek için, küresel ve yarımküresel yıllık ve mevsimlik ortalama yüzey sıcaklığı anomalilerine (1961-1990 normalinden farklarına), en küçük kareler doğrusal regresyon yöntemi ve 13 noktalı binom süzgeci uygulanmıştır. Dizilerdeki uzun süreli ve 10'ar yıllık (her 10 yıldaki) ısınma oranları ise, 13 yıllık binom süzgecine göre hesaplanan doğrusal olmayan eğilimler temel alınarak verilmiştir. Türkeş (2000b)'e göre, 1860'dan 1998'e kadar yıl yıl ve zaman dizisi yöntemleri ile incelenen küresel sıcaklık anomalisi dizileri için aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:



Şekil 5. Kuzey yarımkürenin yıllık (üstte) ve kış mevsimi (altta) ortalama yüzey sıcaklığı anomalilerindeki değişimler (açıklamalar Şekil 4'teki gibidir).



Şekil 6. Güney yarımkürenin yıllık ortalama yüzey sıcaklığı anomalilerindeki değişimler (açıklamalar Şekil 4'teki gibidir).



- (a) 1998'de normalden  $0.57\text{ C}^\circ$  daha sıcak olan küresel ortalama yüzey sıcaklığı, uzun süreli kayıttaki en sıcak yıldır;
- (b) İkinci en sıcak yıl, 1997'dir ve en sıcak 10 yılın yedisi 1990'larda oluşmuştur;
- (c) 1998 yılı, küresel yıllık ortalama sıcaklığın 1961-1990 normalinden yüksek olduğu 20'inci ardışık yıldır;
- (d) Küresel yıllık ortalama sıcaklık, 1900'dan 1998 yılına kadar yaklaşık  $0.7\text{ C}^\circ$  artmıştır. Sıcaklık artış oranı, her 10 yılda yaklaşık  $0.07\text{ C}^\circ$  olmuştur (Şekil 4);
- (e) Küresel yıllık ve mevsimlik ortalama sıcaklıklar, 1979-1998 döneminde, bundan önceki herhangi bir 20 yıllık dönemdekinden daha yüksek bir hızla artmıştır;
- (f) 20 yüzyılın son bölümünde, birkaç ender La Niña olayı (tropikal orta ve doğu Pasifik'teki soğuk koşullar) dışında, çoğunlukla kuvvetli El Niño olayları (tropikal orta ve doğu Pasifik'teki sıcak koşullar) etkili olmuştur. Özellikle 1997 ve 1998 yıllarındaki rekor düzeydeki yüksek sıcaklıkların oluşmasında, 1997/98 kuvvetli El Niño olayının katkısının önemli olduğu kabul edilmektedir.

Kuzey ve güney yarımkürelerin ortalama yüzey sıcaklıklarındaki değişimler ise, aşağıda verilmiştir:

- (a) 1998'de kuzey yarımkürenin yıllık ortalama yüzey sıcaklığı normalden  $0.66\text{ C}^\circ$ , ilkbahar sıcaklığı  $0.64\text{ C}^\circ$ , yaz sıcaklığı  $0.55\text{ C}^\circ$ , sonbahar sıcaklığı  $0.49\text{ C}^\circ$  ve kış sıcaklığı  $0.71\text{ C}^\circ$  daha sıcaktır;
- (b) 1998'de kuzey yarımkürede sıcaklık anomalisinin en yüksek olduğu mevsim kıştır;
- (c) 1998'in yıllık ve mevsimlik sıcaklık anomalileri, sonbahar dışında, uzun süreli kayıtlarda o yıla kadar rastlanan en yüksek (sıcak) değerlerdir. Başka sözlerle, güney yarımkürenin yüksek sıcaklık rekorları da, sonbahar dışında, 1998 yılında kırılmıştır;
- (d) Kuzey yarımkürede ortalama sıcaklıklar, her 10 yılda yıllık sıcaklıklarda yaklaşık  $0.07\text{ C}^\circ$ , kış sıcaklıklarında ise  $0.074\text{ C}^\circ$  artış eğilimi göstermiştir (Şekil 5);
- (e) Güney yarımkürede, uzun süreli kayıttaki en sıcak yıl,  $+0.48\text{ C}^\circ$ 'lik anomali değeri ile, yine 1998'dir. Bundan önceki en sıcak yıl ise 1997 idi;
- (f) Güney yarımkürede de yıllık ortalama sıcaklıklar, geçen yüzyılda yaklaşık  $0.65\text{ C}^\circ$  artmış, 10'ar yıllık artış oranı ise  $0.066\text{ C}^\circ$  olmuştur (Şekil 6);
- (g) Küresel ortalama sıcaklıklarda olduğu gibi, kuzey ve güney yarımkürelerde de yıllık ve mevsimlik ortalama sıcaklıklar, son 20 yılda bundan önceki herhangi bir 20 yıllık dönemdekinden daha yüksek bir hızla artmıştır.

### **Deniz ve Kıta Buzullarındaki Değişiklikler**

1978'den beri sürdürülmekte olan uydu gözlemleri, Arktik deniz buzunun alansal yayılışında her 10 yılda ortalama % 2.7 oranında bir azalma olduğunu göstermiştir (Parkinson ve arkadaşları, 2000). 1998 yılına kadar olan dönemdeki en büyük azalma oranı, Okhotsk ve Japon denizleri ile Kara ve Barents denizlerinde oluşmuştur. Aynı dönemde, Bering Denizi'nde ise, deniz buzunun kapladığı alanda bir artış gözlenmiştir. Kuzey yarım kürede Alpin dağ buzullarında da, hem alansal (buzulların geri çekilmesi) hem de hacimsel bir azalmanın varlığı, geçen yüzyılın başından beri sürmektedir.

Ayrıca, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Deniz Kuvvetleri nükleer deniz altılarının elde ettiği 'sonar' verilerine göre, Arktik (Kuzey Buz) Denizi'ndeki deniz buzlarının kalınlıklarında da, geçen 20-30 yıllık dönemde belirgin bir azalma olmuştur. Gözlenen incelleme yaklaşık 2 m ile 3 m arasında değişmektedir. Deniz buzu örtüsündeki incelleme, Kuzey Buz Denizi'nin Avrasya yönündeki doğu bölümünde, Alaska ve Kanada takımadaları yönündeki batı bölümünden daha fazladır.

Arktik buzul örtüsünün (deniz buzu ve buzul kalkanı) coğrafi yayılışındaki ve kalınlığındaki azalmanın, deniz seviyesinin yükselmesi, genel okyanus ve atmosfer dolaşımının değişmesi, vb. gibi

insan yaşamını, ekolojik ortamı ve iklim sistemini doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyebilecek başka birincil ve ikincil etmenlere de neden olabileceği beklenmelidir.

### **Küresel Deniz Seviyesindeki Değişiklikler**

Gel-git ve deniz seviyesi ölçüm kayıtlarına göre, küresel ortalama deniz seviyesi 19. yüzyılın sonundan günümüze kadar geçen yüzyıl süresince yaklaşık 10-25 cm kadar yükselmiştir (IPCC, 1996). Deniz seviyesi yükselmesinin belirlenmesinde karşılaşılan ana belirsizlik, düşey yönlü yerkabuğu hareketlerinin gel-git ölçerleriyle yapılan deniz seviyesi ölçümlerinin üzerindeki etkisidir. Uzun süreli düşey arazi hareketlerinin etkileri giderildiğinde, okyanus sularının hacminin artmakta olduğu ve deniz seviyesinde yukarıda verilen oranlar arasında bir artışa yol açtığı bulunmuştur.

Küresel deniz seviyesindeki bu yükselmenin önemli bir bölümünün, küresel ortalama sıcaklıkta aynı dönemde gözlenen artışla ilişkili olduğu öngörülmektedir. Yine aynı dönem boyunca, ortalama sıcaklıklardaki ısınma ve bunun sonucunda okyanuslarda oluşan termal genişleme, deniz seviyesinde gözlenen yükselmenin 2-7 cm'lik bölümüne karşılık gelirken; dağ buzullarındaki ve örtü buzullarındaki erime, yükselmenin 2-5 cm'sini oluşturmuştur (IPCC, 1996). Öteki etmenlerin katkısını belirlemek daha zordur. Yüzey ve yeraltı suyu birikimindeki değişiklikler, deniz seviyesinde geçen yüzyıl boyunca küçük bir değişikliğe neden olmuş olabilir.

### **Gelecekteki İklimsel Değişimleri**

İklim elemanlarının temel etkileşimleri iyi bilinmesine karşın, iklimdeki gelişmeler tam olarak öngörülememektedir. Bu durum daha çok, uzmanların genellikle hisse senetlerindeki güncel gelişmenin nasıl olduğunu çok iyi bildikleri, ama buna karşılık henüz ne geçmiş eğilimlerin kesin nedenlerini bildikleri ne de olayların gelecekteki gidişlerini herhangi bir doğruluk derecesinde öngörebildikleri bir yer olan borsa olayına benzemektedir. Burada, bunun bir kural dışı durumundan da söz edilebilir. Şöyle ki: Eğer tek bir neden, tüm öteki nedenlerin ortak etkisini belirgin olarak geride bırakırsa, ki bu ortalama değer tek bir değer yüzünden çok büyük ölçüde değiştiği anlamına gelir, o zaman böyle anlamlı bir anomali (sapma) tek bir nedene bağlanabilir. Tersine de olabilir: Eğer başka etkiler tarafından bastırılmayan bir sapmayı yaratan bir neden ortaya çıkarsa, değişen ya da bozulan değer, belirsizlik alanının daha da altında öngörülebilir.

Tüm hava öngörülleri bu ilkeye dayanarak yapılır. Meteorologlar, sayısal hava öngörülerine ve deneyimlerine dayanarak, gelecek birkaç günün hava durumunu belirleyecek olan etmenleri (değişkenleri ve süreçleri) sistematik olarak ele alırlar. Alçak ve yüksek basınç merkezleri, bu basınç merkezlerinin konumu ve hareket yönleri/hızları, soğuk ve sıcak cephele, bulut ve yağış kuşakları/alanları, rüzgar yönü ve hızı, basınçtaki değişim, sıcaklık ve nem koşulları vb. atmosferik süreçler ve değişkenler sürekli olarak izlenir ve değerlendirilir. Örneğin, etkin bir alçak basınç merkezinin yaklaşması, yağış oluşabileceğinin ya da rüzgarın sertleşeceğinin ve fırtınaya dönüşebileceğinin bir göstergesi olarak kabul edilir. Tersine, bir yüksek basınç merkezinin bir yerde bir ya da birkaç hafta kalma eğiliminde olması, çoğu zaman orada yağışsız, sakin ve kararlı hava koşullarının egemen olabileceği öngörüsüne temel olacaktır. Ancak, birkaç haftalık bir süre için egemen olması olası bir havanın nedenleri, bu gün için önceden bilinemediğinden, uzun vadeli hava öngörülleri henüz istenilen doğrulukta ve uzunlukta değildir. Hava öngörülerinin doğruluğu, 5-7 günden sonra azalmaktadır. Benzer sorunlar, iklim öngörülleri için de söz konusudur. İklim elemanlarının nasıl bir karşılıklı etkileşim içinde bulduklarını bilmelerine ve konuya ilişkin özel bilgilerle donanımlı olmalarına karşın, çoğu kez iklim bilimciler de sonucu öngöremezler.

1980'li yıllardan başlayarak, çeşitli yüzey ve atmosfer değişkenlerini ve insan etkinlikleri sonucunda atmosferdeki birikimleri giderek artma eğilimine giren sera gazlarındaki ve uçucu küçük parçacıklardaki (özellikle sülfat parçacıklarındaki) değişimler ile onlara ilişkin değişik senaryoları dikkate alan birçok iklim modeli geliştirilmiştir.

### **IPCC'nin Küresel Sıcaklık Öngörülleri**

IPCC'nin değişik sera gazı emisyon (salım) senaryoları için çalıştırılan iklim modelleri, iklimdeki değişikliğin gelecekte de süreceğini göstermektedir.

IPCC'nin İkinci Değerlendirme Raporu'na göre (IPCC, 1996):

- Sera gazlarının yanı sıra aerosollerdeki artışların gelecekteki etkilerini de içeren, orta vadeli salım senaryosu için, küresel ortalama yüzey sıcaklığında 2100 yılına kadar 1990'a oranla yaklaşık 2 C° artış öngörülmektedir. Düşük ve yüksek kestirme değerleri de dikkate alındığında, küresel ortalama sıcaklıkta 2100 yılına kadar 1 ile 3.5 C° arasında bir artış olması beklenmektedir. Bu öngörülere göre, küresel ortalama sıcaklıklar, küresel iklim sisteminin korunması açısından en olumlu ya da en iyimser koşullar gerçekleşse bile, her 10 yılda en az yaklaşık 0.1 C° kadar artacaktır.
- En iyi kestirme değerlerine göre, küresel ortalama deniz seviyesinde 2100 yılına kadar yaklaşık 50 cm yükselme öngörülmektedir. Deniz seviyesi yükselmesinin en iyi kestirmesi, esas olarak okyanusların termal genişlemesi ile dağ buzullarının ve örtü buzullarının (kutuplardaki deniz ve kara buzullarının) erimesinden kaynaklanan pozitif katkılara dayanılarak geliştirilmiştir. Düşük ve yüksek kestirmelere göre, deniz seviyesinde 2100 yılına kadar beklenen yükselme, 15 cm ile 95 cm arasında olacaktır.

### **Hadley Centre İkinci İklim Modeli'ne göre İklim Değişikliğinin Türkiye İklimi, Bitki Kütlesi, Su Kaynakları ve Besin Temini Üzerindeki Etkileri**

Bu bölümde iklim değişikliğinin Türkiye'nin sıcaklık ve yağış koşulları, bitki biyokütlesi, su kaynakları ve besin temini üzerindeki etkileri, Hadley Centre'in yeni model sonuçlarına göre (UKMO/DETR, 1999) değerlendirilmiştir. Hadley Centre İkinci İklim Modeli olarak adlandırılan bu model, IPCC'nin 'en iyi kestirme' değerine yakın bir iklim duyarlılığına sahiptir. Hadley Centre bu model çalışmasını, atmosferdeki CO<sub>2</sub> birikimlerini 750 ppmv ve 550 ppmv'de durduran CO<sub>2</sub> salımları senaryolarına göre çalıştırmıştır. Bu modelde, öteki sera gazlarındaki ya da aerosol'lerdeki artışları dikkate alınmamıştır. Ayrıca, sözü edilen bu çalışmada CO<sub>2</sub> ve öteki sera gazlarındaki artışlar için herhangi bir önlemin alınmadığını kabul eden salımların kontrol edilmediği (azaltılmadığı) senaryoya dayalı model sonuçları, durdurma senaryolarının kullanıldığı model sonuçlarıyla bir karşılaştırma yapılabilir diye aynı raporda verilmiştir (UKMO/DETR, 1999). Bu yeni model sonuçlarının Türkiye için yapılan değerlendirmesi aşağıda özetlenmiştir:

#### **2080'li yıllara kadar Türkiye üzerindeki sıcaklık değişiklikleri:**

- Salımların kontrol edilmediği senaryoya göre, 2080'li yıllara kadar Türkiye üzerindeki yıllık ortalama sıcaklıklarda (1961-1990 normaliyile karşılaştırıldığında) yaklaşık 3-4 C° artış;
- CO<sub>2</sub> birikimlerini 750 ppmv'de durdurmaya öngören senaryoya göre, yıllık ortalama sıcaklıklarda yaklaşık 2-3 C° artış;
- CO<sub>2</sub> birikimlerini 550 ppmv'de durduran senaryoya göre, yıllık ortalama sıcaklıklarda yaklaşık 1-2 C° artış.

#### **2080'li yıllara kadar Türkiye üzerindeki yağış değişiklikleri:**

- Salımların kontrol edilmediği senaryoya göre, 2080'li yıllara kadar Türkiye üzerindeki yıllık ortalama yağışlarda yaklaşık 0 ile -1 mm/gün değişiklik (azalma);
- CO<sub>2</sub> birikimlerini 750 ve 550 ppmv'de durdurmaya öngören her iki senaryoya göre, 2080'li yıllara kadar Türkiye üzerindeki yıllık ortalama yağışlarda yaklaşık 0 ile -0.5 mm/gün değişiklik (azalma).

### **2080’li yıllara kadar Türkiye üzerindeki vejetasyon biyokütle değişiklikleri:**

- Salımların kontrol edilmediği senaryo ile CO<sub>2</sub> birikimlerini 750 ve 550 ppmv’de durdurma senaryolarına göre, Türkiye üzerindeki vejetasyon biyokütlesinde (kgC/m<sup>2</sup>) 2080’li yıllara kadar iklim değişikliği nedeniyle önemli bir değişiklik öngörülmemiştir.

### **2080’li yıllara kadar Türkiye üzerindeki önemli akarsu havzalarındaki yıllık akım değişiklikleri:**

- Salımların kontrol edilmediği senaryo altında, Türkiye akarsularının yıllık akımlarında yaklaşık % 20-50 azalma;
- CO<sub>2</sub> birikimlerini 750 ppmv’de durduran senaryo altında, Türkiye akarsularının yıllık akımlarında yaklaşık % 5-25 azalma;
- CO<sub>2</sub> birikimlerini 550 ppmv’de durduran senaryo altında, Türkiye akarsularının yıllık akımlarında yaklaşık % 0-15 azalma.

### **2080’li yıllara kadar iklim değişikliği nedeniyle Türkiye üzerindeki su stresi:**

- Salımların kontrol edilmediği senaryo ile CO<sub>2</sub> birikimlerini 750 ve 550 ppmv’de durduran sera gazı salımları senaryolarına göre, Türkiye ve Orta Doğu bölgesi, dünyanın su stresinde artış beklenen stresli ya da su sıkıntısı çeken alanları arasında değerlendirilmiştir.

UKMO/DETR Raporu’nda kullanılan su kaynakları stresi yaklaşımının göstergesi, ulusal toplam su çekilmesinin ya da kullanımının yukarı havza ülkelerinden alınan akımları da içeren ulusal toplam yıllık ortalama akıma oranı şeklinde tanımlanmaktadır. Bu tanım, Birleşmiş Milletler Dünya Tatlı Su Kaynaklarının Geniş Açılı Değerlendirilmesi çalışması için yapılan hesaplamalarda da kullanılmıştır.

### **2080’li yıllara kadar Türkiye’nin tarımsal ürün üretimindeki değişiklikler:**

- Salımların kontrol edilmediği senaryoya göre, 2080’li yıllara kadar Türkiye’nin tarımsal ürün üretiminde yaklaşık % 0 ile -2.5 arasında bir azalma;
- CO<sub>2</sub> birikimlerini 750 ve 550 ppmv’de durdurmaya sağlayan salım senaryolarına göre, 2080’li yıllara kadar Türkiye’nin tarımsal ürün üretiminde yaklaşık % 0-2.5 arasında bir artış.

Bunların dışında, çeşitli iklim modelleri (ECSN, 1995; UKMO, 1995), Doğu Akdeniz Havzası’nı ve Türkiye’yi de içeren subtropikal kuşağın önemli bir bölümünde, gelecekte, özellikle kış yağışlarının azalacağını öngörmektedir. Bu yüzden, Akdeniz ikliminin uzun süreli yaz kuraklığına ek olarak, geçen 20 yıldaki kuraklık olayları ve özellikle kış yağışlarındaki uzun süreli azalma eğilimleri, Türkiye’nin doğal (su kaynaklarını içerir) ve sosyoekonomik sistemlerinin, ortalama iklim ve iklimsel değişkenlik için öngörülen değişikliklere karşı daha akılcı yönetimini gerekli kılmaktadır (Türkeş, 1998a).

Öte yandan, günümüzün ya da 50-100 yıl sonrasının iklimini ortaya koymaya yönelik bu model çalışmalarında, bazı belirsizlikler bulunmaktadır. Bunların bazıları, deneysel çalışmalarda kullanılan donanım ve veriye ilişkin teknik, bazıları ise iklim sistemini kavrama düzeyinden kaynaklanan bilimsel belirsizliklerdir. İklimdeki değişiklikleri ya da geleceğin iklimini öngörmek için geliştirilen bir iklim modelinin olanakları, olasılıkları ve sınırları, ancak iklim bilim yönteminin geniş açılı yaklaşımıyla incelenerek istenen düzeyde tanımlanabilir. Birkaç yıldan binlerce yıllara dek süren dönemlerdeki olayları anlayabilmek için, Güneş ışınımından yüzey özelliklerine ve yer ışınımına, dağ buzullarından oldukça derinlerdeki deniz akıntılarına kadar iklim sistemini oluşturan tüm bileşenler arasındaki karmaşık kimyasal ve fiziksel süreçler incelenmektedir.

### BÖLÜM III: ŞİDDETLİ HAVA ÜZERİNE DÜŞÜNCELER

#### Şiddetli Hava Olayları Değişen İklimin Bir Uyarısı mı?

Öncelikle konuya şöyle bir genel kabul yaparak girmek yararlı olacaktır: Taşkın, sel, fırtına, kuraklık ve çığ olayları gibi afetlerin, mutlaka iklim değişikliği ile ya da yine son yıllarda çok 'moda' olan El Niño ile ilişkili olması gerekemeyebilir. Böyle bir kabulün yapılması, yöntemsel nedenler, belirsizlikler ile hava ve iklimin karmaşık yapısı ve değişkenliği dikkate alındığında, tüm şiddetli hava olaylarını bilimsel temellere ve bulgulara dayandırarak iklim değişikliğine bağlamanın çoğu zaman olanaksız oluşu ile ilgilidir. Bu durum, en azından bu gün için doğrudur. Bilim ve teknikteki gelişmeler, bu bağlantıların gelecekte daha sağlıklı olarak kurulmasını kolaylaştıracaktır. Bu yüzden, son yıllarda üzerinde çok durulan şiddetli hava olayları, örneğin, 1992'deki Andrew ve 1998'deki Mitch kasırgaları, 1993 Mississippi-Missouri ve 1998 Batı Karadeniz taşkınları da, doğrudan iklim değişikliğine dayandırılmayabilir. Burada sözü edilen her olayda oluşan rekor can ve mal kayıpları, bu bölgelerdeki insan etkinliklerinin yaygınlığı ve ekonomik değer ya da zenginlik gibi başka koşullarla da açıklanabilir. Bize göre burada önemli olan, bu dört ekstrem hava durumu devresinin, gerçekte değişen bir iklimin ilk sonuçları olup olmadığı değil; ama, doğrudan bir bağlantı kurulamıyor olmasına karşın bu olasılığın da göz ardı edilemeyeceği gerçeğidir. Örneğin, 25 Ekim-3 Kasım günlerinde Orta Amerika ülkelerinde etkili olan ve yaklaşık 10,000 insanın ölümünden, binlercesinin kaybolmasından ve on binlercesinin evsiz kalmasından sorumlu olan Mitch kasırgasının da, iklim değişikliğinin bir sonucu olması gerekmemektedir. Bugün için bilinen, kuvvetlenen sera etkisine bağlı iklim değişikliğinin bu tür meteorolojik afetlerin etkisini ve sıklığını arttırabilecek ya da onların bugüne kadar görülmedikleri bölgelerde oluşmalarına yol açabilecek oluşudur (Türkeş, 1999). Bunlara, iklim değişikliği sonucunda, iklimin kendi doğal değişkenliğinin de değişebileceği öngörüsü ve bu öngörüye ilişkin bazı bulgular eklenebilir.

Neredeyse tüm şiddetli hava olaylarının birer afete dönüşmesi, topoğrafik koşulların, yanlış yerleşme ve yanlış arazi kullanımı uygulamaları gibi yerel ya da bölgesel coğrafya etmenlerinin yanı sıra, temel olarak insan sistemlerinin 'olası' yerel hava tiplerine karşı hazırlıklı olma ve önlemler almadaki başarısızlığının doğal bir sonucudur. Bu büyük tehlike, günümüzde dramatik olarak şiddetlenmektedir. İnsanın doğal iklim sistemi üzerindeki müdahalesi, küresel iklim değişikliğini, toplumun bu gelişmeye gerektiği kadar hızlı uyum göstermeyebileceği ölçüde hızlandırabilir.

Bu kayıpları önlemek ya da en azından azaltmak, devletlerin, politikacıların, karar vericilerin ve yurttaşların görevidir. Özellikle sera gazı salımlarının önemli ölçüde azaltılması açısından, toplu taşımacılık, enerji tasarrufu ve verimliliği, fosil yakma teknolojilerinin geliştirilmesi ve yenilenebilir enerjiler gibi uygulanabilir öneriler konusunda bir sıkıntı bulunduğu söylenemez. Bu konu, kuvvetli bir uluslararası iradeyi ve uygulamayı beklemektedir. Bilindiği gibi, karbondioksit ve öteki sera gazı salımlarını küresel olarak azaltmaya yönelik uluslararası çabaların odak noktası, Haziran 1992 Rio Doruğu'nda imzaya açılan BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'dir. Sözleşme, Aralık 1997'de Japonya'nın Kyoto kentinde yapılan 3. Taraflar Konferansı'nda kabul edilen Kyoto Protokolü ile, göreceli de olsa kuvvetlendirilmiştir (Türkeş, 2000a).

Çağdaş toplumların sorumluluk tanımına göre, kayıp ve hasarlarla ilgilenmek sosyal devletin ve sigorta kuruluşlarının görevidir. Bu yüzden, son yıllarda sigortacılık sektörü, 1980'li ve 1990'lı yıllarda dünyaya egemen olmaya başlayan kamu mallarının ve hizmetlerinin özelleştirilmesi eğiliminin de etkisiyle, fırtına, sel, taşkın, çığ ve dolu vb. şiddetli hava afetlerinden kaynaklanan zararlar konusunda yakından ilgilenmektedir. Genel olarak, bu görev sorumluluğu, olası bir korumanın sınırlarına ilişkin açık bir göstergesi içermelidir. Bunlar, daha hızlı ve köktenci küresel iklim değişiklikleri ile daha uç ya da şiddetli hava tiplerini karşılamaktadır. Bu olaylar, tek başına bireylere, ailelere ve şirketlere tehdit oluşturan hasarlara neden olmakla kalmaz, tüm kentler ve ekonominin tüm kolları, küresel ölçekte ise tüm devletler ve sosyal sistemler için bir tehlike oluşturabilir.

### **Batı Karadeniz Taşkın Afeti: İklim Değişikliği mi? Yoksa Şiddetli Hava Olayları ile İnsan Yerleşmelerindeki Yanlılığın ve Afet Yönetimi Eksikliğinin Ortak Sonucu mu?**

Şiddetli hava olaylarının ve iklim değişikliğinin toplum üzerindeki etkisi nedir? Ya da daha özel olarak belirtmek gerekirse: Hangi hasarlar oluşabilir ve etkiler nasıl önlenabilir? Ondan kaçınmak olası mıdır?

Bu soruları yanıtlamaya yönelik herhangi bir girişimde bulunmadan önce, gereksinim duyulan bilgi konusunda mutlaka açık ve donanımlı olmak gerekiyor. Bu bölüm esas olarak, şiddetli hava olaylarıyla ilgilendiğinden, önce temel kayıp ve hasar mekanizmalarına yönelmek yararlı olacaktır. Bu amaçla, önce bu tip şiddetli hava olaylarının etki alanlarını (hedeflerini) ve sıklıklarını belirleyen etmenleri tanımlamak; sonra bu kayıpların nedenleri dikkate alınarak, olaylardan sonraki gözlemler üzerinde odaklanmak uygun bir yaklaşım olabilir. Bu çalışmada incelenen temel ilişkiyi daha somut bir biçimde ortaya koyabilmek için, şiddetli hava olayları açısından yakın geçmişteki en önemli olaylarından biri olan, Mayıs 1998'deki Batı Karadeniz taşkını seçilmiştir (Türkeş, 1998b). Konuya geçmeden önce, bir hatırlatma yapmanın yararlı olacağını düşünmekteyiz: Mayıs 1998 boyunca etkili olan şiddetli ve sürekli yağışlar sonucunda, 21 Mayıs'ta Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölümü'nde taşkın ve sel olayları oluşmuştu. Can ve büyük mal kayıplarına neden olan taşkınlar, özellikle Zonguldak, Bartın, Karabük ve Bolu'da etkili oldu. Hükümet olaydan sonra yaptığı değerlendirmede, bu afette yaklaşık 2 milyon yurttaşın etkilendiğini, yaklaşık 20 kişinin hayatını kaybettiğini ve taşkınların ve sellerin neden olduğu toplam hasarın yaklaşık 1 milyar ABD \$ olduğunu açıkladı.

Batı Karadeniz taşkın afeti, birbirinden ayrılması ve açık bir biçimde tanımlanması gereken iki temel elemanla karakterize olmaktadır. Bunlardan birincisi, bölgedeki meteorolojik olaylar zinciridir: Mayıs ayının ilk yarısında, kuzey Atlantik kaynaklı alçak basınçlar ile Akdeniz alçak basınçlarıyla bağlantılı birleşik cephesel fırtınalar, Doğu Akdeniz ve Karadeniz havzalarında etkili oldu. Bu birleşik şiddetli hava tipi göreceli olarak durağan olduğu için, ki bu hava durumu tipi yılın bu dönemi için olağan değildir, yıkıcı sağanak ve gökgürültülü sağanak yağışlarla kendisini gösteren şiddetli hava koşullarının Türkiye'nin büyük bölümünde ve bu arada Batı Karadeniz'de haftalarca etkili olmasına yol açmıştır. Kötü hava koşulları, 19-20 Mayıs'tan sonra daha da şiddetlenerek, Ege Bölgesi ve Batı Karadeniz Bölümü üzerinde aşırı ve yıkıcı yağışların oluşmasına neden olmuştur. Mayıs 1998'in ilk üç haftasında Batı Karadeniz Bölümü'nün pek çok yerinde ortalamanın üzerinde ekstrem yağış olarak gerçekleşen uzun süreli kuvvetli yağışlar ve bunlara bağlı seller sonucunda da, Kocaçay ve Filyos akarsularında büyük taşkınlar oluşmuştur. Mayıs ayı boyunca istasyonların çoğunda kaydedilen kuvvetli yağışların oluşma olasılığı, binde birden küçüktür (Çizelge 2). Şiddetli cephesel fırtına etkinliği için uygun olan basınç ve nem koşullarına ek olarak, topoğrafya ve arazi kullanımı tipleri gibi meteorolojik olmayan etmenler de taşkına büyük ölçüde katkıda bulunmuştur.

Bu olayın ikinci elemanı, şiddetli hava koşullarının doğurduğu olumsuz koşulların, orta ve uzun vadeli planlamalar olmaksızın hızlı bir kentsel ve bölgesel gelişmeyi yaşayan Batı Karadeniz Bölümü'ndeki insan yaşamı, yerleşmeler ve sosyoekonomik etkinlikler üzerindeki etkisidir. Taşkına eğilimli kuşakta (taşkın ovasında) yerleşme, tarım dışı ekonomik etkinlikler ve küçük sanayi kuruluşları, taşkın suyu koruma yapılarının yetersizliği ile kanalların ve yan derelerin ıslahındaki yetersizlikler, bölgedeki taşkın hasarını artırmış gözükmektedir. Etkin ve zamanında devreye giren taşkın uyarısını, şiddetli hava bir tehdit olarak ortaya çıktığı zaman alınacak önlemleri ve acil yardım akışını sağlayacak olan bir sistemin örgütlenmesini ve eşgüdümünü içeren bir afet yönetimi planının yokluğu da, taşkınların yıkıcı etkilerini artırır.

**Çizelge 2.** Seçilmiş istasyonların Mayıs 1998 yağış toplamları (mm), Mayıs ayı yağış toplamlarının uzun süreli ortalaması (mm) ve bu istasyonların Mayıs 1998 yağış toplamlarının, normal sıklık dağılımına göre yüzde cinsinden oluşma olasılıkları (Türkeş, 1998b).

İstasyon	Mayıs 1998 yağış toplamı (mm)	Mayıs ayı uzun süreli yağış ortalaması (mm)	Mayıs 1998 yağışının oluşma olasılığı
Zonguldak	229.9	56.2	p < 0.001
Bolu	157.0	59.3	p < 0.001
Bartın	219.7	53.8	p < 0.001
Düzce	176.1	61.7	p < 0.001

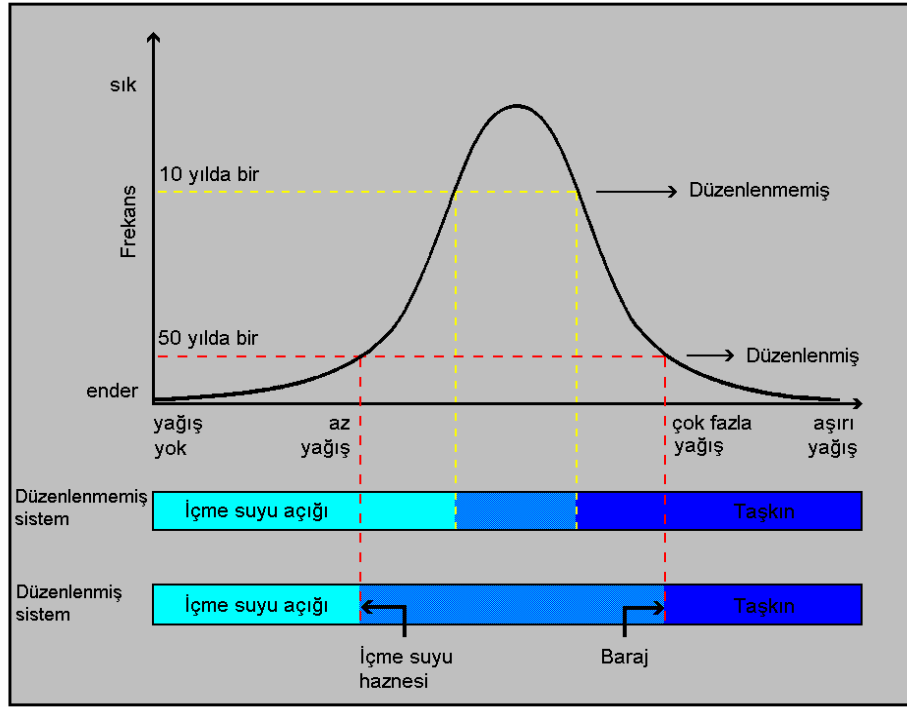
Bu noktada, her birine doyurucu bir yanıt bulmak zorunda olduğumuz şu iki soru ile karşı karşıya kalırız (Türkeş, 1998b):

**1) Batı Karadeniz'in Taşkınlara Daha Fazla Eğilimli Olmasında Yerel Coğrafyanın ve Meteorolojinin Rolü Nedir?** Batı Karadeniz Bölümü'nü şiddetli yağışların ve taşkın olaylarının yaşanmasına eğilimli yapan yerel coğrafya koşullarının ve meteorolojik etmenlerin en önemlileri şöyle özetlenebilir: Bir nem kaynağı olan Karadeniz'in kendisi; yıl boyunca kuzeybatılı ve kuzeyli basınç sistemlerine ve hava akımlarına açık olan yüksek Kuzey Anadolu Dağları; topoğrafyanın çeşitliliği ve yükseltinin kısa mesafelerde değişmesi (Türkeş, 1998c). Mayıs 1998 taşkınları daha yıkıcı yapan meteorolojik koşulların başında ise, orografik (dağlar boyunca yükselmeye zorlanan havanın bıraktığı) yağışlar ve yerel kararsızlık yağışlarıyla birlikte bölgede uzun süre etkili olma eğilimindeki cephesel alçak basın sistemleri gelmektedir. Ayrıca, bu mevsimdeki kar erimelerine bağlı olarak akarsu debilerinin yüksek oluşu, bölge akarsularındaki su düzeyinin yükselmesine neden olarak, taşkınların daha yıkıcı olmasına katkıda bulunmuş olabilir.

**2) Bu Taşkınlar Önceden Öngörülebilir mi? Önlenebilir mi?** Meteoroloji Genel Müdürlüğü, ki hidrolojiden sorumlu değildir, olağan hava ve deniz öngörülerinin yanı sıra, şiddetli hava olaylarına ilişkin hava ve deniz öngörülerini ve uyarıları yayınlamaktadır. Bu raporların tutarlılığı, ilk 5 gün için yüksektir. Bu uyarılar, radyo ve televizyon vb. tüm iletişim olanakları kullanılarak halka ve doğrudan ilgili kuruluşlara (örneğin, sivil savunmaya, valiliklere, kara, deniz ve hava ulaştırması ile ilgili bakanlıklara ve kuruluşlara) sürekli olarak duyurulmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 21 Mayıs'da oluşan taşkından önceki ilk şiddetli hava ve kuvvetli yağış uyarısını, 15 Mayıs 1998'de yapmıştır. Bu uyarıda, batıdan ve kuzeybatıdan gelen etkin cephesel alçak basınç sistemi ile bağlantılı sağanak ve gök gürültülü sağanak yağışlı havanın, 5 gün içerisinde, Ege, Marmara, Akdeniz, İç Anadolu ve olayın gerçekleştiği Batı Karadeniz'de etkili olacağı bildirilmiştir. Özellikle Türkiye'nin kuzey bölümlerinde kuvvetli sağanak ve gök gürültülü sağanak yağışların oluşacağını öngören, ikinci şiddetli hava uyarısı, 20 Mayıs'da yinelenmiştir.

Karadeniz Bölgesi gibi dağlık bir coğrafyada, yukarıda sözü edilen uzun süreli şiddetli hava olayları dikkate alındığında, bu taşkınların önlenebilmesinin henüz kolay olmadığı söylenebilir. Ancak, şunu da kabul etmek gerekir ki, taşkınları kontrol altına almak için gerekli olan hidro teknik alt yapı ve hidrolojik taşkın ve hava tahmin modelleri ile desteklenen mükemmel bir erken uyarı sistemi, bu tip taşkınların etkisini azaltabilir. Ne yazık ki Türkiye, henüz böyle bir taşkın uyarı sistemine sahip değildir.

Son olarak, şiddetli havaya ve onlara bağlı ekstrem yağışların oluşturduğu hasarın, esas olarak insan yapısı (antropojen) sistemlerin, her şeyden önce sistemlerin kendilerinin çoğunlukla dikkate alınması gereken bilimsel/teknik ve sosyoekonomik değişkenler açısından eksik ya da yanlış tasarlanmasından ve olası hava olaylarına karşı yeterli düzeyde uyum gösterememesinden kaynaklandığı söylenebilir. Bu yargıyı desteklemek her zaman kolay olmamakla birlikte, en azından bazı nedenler ve ilişkiler üzerinde durulabilir.

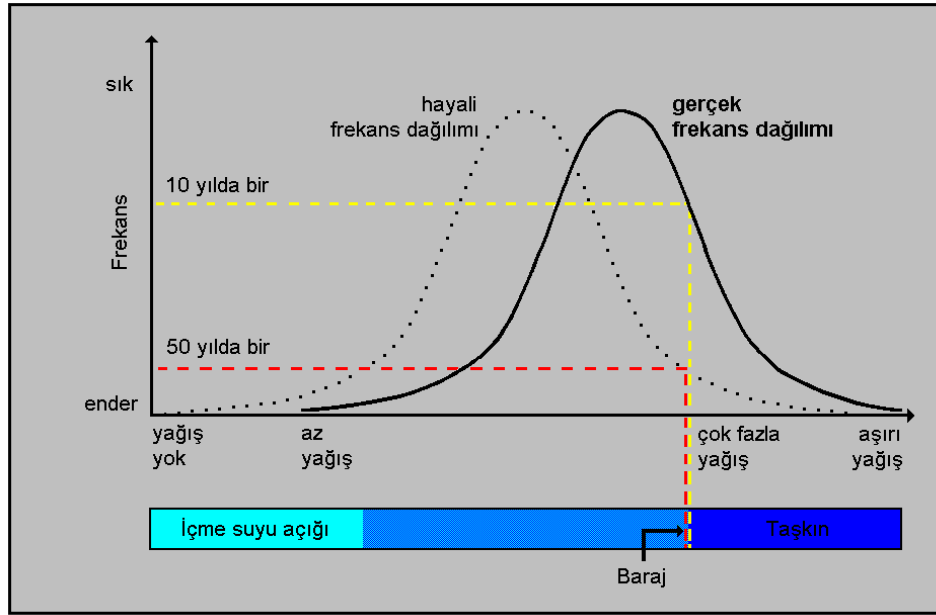


Şekil 7. Yeryüzünün herhangi bir yerinde 100 yılda gözlemlendiği kabul edilen belirli yağış düzeylerinin hayali sıklık dağılımına göre düzenlenmiş ve düzenlenmemiş sistemler.

### Hava, İklimsel Değişkenlik ve Su Kaynakları Yönetimi: Klimatolojik ve İstatistiksel Yaklaşım

Yukarıdaki soruların yanıtlarını bulmak için, yağışın her yıl ve yılın önemli bir bölümünde düştüğü, buna karşılık yıllararası ve yıl içinde belirgin bir değişim gösterdiği, yeryüzünün herhangi bir yerinde 100 yılda gözlemlendiği kabul edilen belirli yağış düzeylerinin hayali sıklık dağılımı kullanılabilir (Swiss Re, 1994) (Şekil 7). Bu sıklık dağılımına temel olan hayali gözlemlerin normal dağıldığı kabul edilirse, normal eğri (ya da çan eğrisi) simetrik olduğu için, gözlemlerin ortalaması normal eğrinin altında kalan alanı % 50'si sağda, % 50'si solda kalmak üzere iki eşit parçaya ayırır. Teorik olarak, gözlemlerin yaklaşık % 68'i düşey olarak çizilen kesikli sarı çizgiler arasında ve yaklaşık % 95'i düşey kesikli kırmızı çizgiler arasında kalır. Uç (en küçük ve en büyük) değerlerin normal eğri alanının en sağında ve en solunda yer aldığı ve oluşma olasılıklarının çok küçük olduğu söylenebilir. Risk yönetimi çalışmalarında bu uç noktalarda yer alan oluşumlar önem kazanmaktadır. Normal sıklık dağılımından yararlanarak, yağış çalışmalarının yanı sıra, su kaynakları yönetimi, sulama gereksinimleri, akarsu akım ve taşkın koşullarıyla ilgili gerekli bilgiler sağlanabilir ve öngörüler yapılabilir. Ayrıca, çeşitli yağış düzeylerinin, şiddetli yağışların ve kuraklık olaylarının olasılıklarını veren çeşitli haritalar üretilebilir. Ancak bu tip olasılık çalışmalarının doğru ve doyurucu bir düzeyde yapılabilmesi, oldukça uzun süreli bir gözlem dizisinin varlığını gerektirir. Bu süre, yağış için en az 40 yıl, sıcaklık için en az 30 yıl olmalıdır.





**Şekil 8.** Ekstrem hava olaylarının sıklığı ile klimatolojik sıklık arasında bir uyumsuzluk bulunması.

Ortalama koşullarda, 100 yıllık bir hayali yağış gözleminin sıklık dağılımına dayanarak, yağışın her 10 yılda bir o kentten geçen nehir aracılığı ile taşkına neden olduğu ve yine aynı sıklıkta bir içme suyu sıkıntısı (kuraklık) oluşturduğu kabul edilir. Uç yağış koşullarına (aşırı yağışlara ya da kuraklık olaylarına) hazırlıklı olmak ve karşı önlemleri almak için, sıklık dağılımlarından yararlanılabilir. Örneğin, bir baraj ve bir içme suyu haznesi (rezerv, gölet, vb.) kurarak, kentin su 50 yılda bir oluşabilecek olan bir su sıkıntısına ve taşkın olayına uyum gösterebilir yapmak olasıdır. Bu ölçümlerin teknik boyutları ya da özellikleri, bu güne kadar gözlenen sıklık dağılımıyla istatistiksel olarak saptanabilir. Bu nedenle, baraj, en kuvvetli (uzun süreli, yoğun ve şiddetli) yağışın su hacmine dayanacak kadar yüksek inşa edilir; genel olarak su kaynakları, özel olarak da içme suyu haznesi, uzun süreli ve şiddetli bir kuraklık olayına yetecek bir düzeyde planlanır.

Kapsamlı bir korumanın olabilmesi, ancak iki temel bileşenin varlığı ile olasıdır: Bunlardan birincisi, kullanılan tekniğin kalite düzeyinden kaynaklanan işlevsel emniyet ve bu tekniğin uygulanmasındaki uygunluk ve yeterlilik; ikincisi, gelecekteki ekstrem hava olaylarına bağlı olası yağışların, gerçek koşullardaki (ya da gerçekleşmiş) yağışların kabul edilen sıklık dağılımı ile uyuşup uyuşmayacağı olgusu ile karşılaştırılan kavramsal emniyet.

Olaylar yukarıda söylendiği gibi gelişmediğinde ve taşkınlar kabul edilenden daha sık olduğu zaman ne olabilir? Bu sorunun yanıtı, Şekil 8'nin yardımıyla sadeleştirilerek verilebilir. Bunun için, hayali ve gerçek sıklık dağılımı aynı şekil üzerinde gösterilmiştir. Bu düzenleme ya da uygulama yetersizliği, iki nedenle oluşmuş olabilir:

- 1) Ya geçmişte yapılan gözlemler doğru değildir (ya da iklim değişikliği araştırmacılarının çok sık karşılaştığı gibi, gözlemler doğru yapılmış, buna karşılık veri tabanı için gerekli olan bazı hesaplamalar ve düzenlemeler yanlış yapılmış, gözlemler kullanıcıların yararlandığı değişik veri ortamlarına yanlış aktarılmış olabilir);
- 2) Ya da şimdiki hava koşulları, iklim değişikliği yüzünden önceki hava koşullarından önemli düzeyde sapma göstermiştir. İlk söylenen, değişik bir olasılık olmasına karşılık,

birbirinden farklı istatistiksel kayıtların doğruluğu, kaydedilen olayların ya da ölçümlerin sıklığına bağlı olarak artabildiği için doğal kabul edilebilir.

Özel durumlarda, bu tip ayrımlara gidilmesi çoğunlukla çok zordur. Mississippi havzasında ya da örneğin Batı Karadeniz Bölümü'nde, kanallardaki, taşkın yataklarındaki, akarsu setlerindeki ve baraj ya da gölet duvarlarındaki teknik eksiklikler ve yetersizlikler, en az kavramsal hatalar kadar önemlidir. Bazı setler, ömürlerini doldurdıkları için aniden açılabilir. Bazıları, kötü niyetli kişilerce kasıtlı olarak yarılabılır. Bu durum, nehrin aşağı kesimlerini de etkileyebilir. Bazı setler ise, zamanla dayanıklılıklarını yitirirler; bu zayıflama, genellikle teknik güvenlikten kavramsal zayıflığa kadar uzanan geniş bir nedenler zinciriyle ilişkili olabilmektedir. Setler çoğunlukla, etkili ama uzun süreli olmayan bir taşkına dayanabilecek nitelikte inşa edilmiştir. Ancak, setlerin çok alçak yapılması ya da gelişmekte olan ülkelerin bazılarında olduğu gibi hiç bulunmaması ve yerleşmelerin taşkın yataklarında, hatta doğrudan akarsu kanalında yapıldığı gerçeği dikkate alındığında, taşkınların büyük çoğunluğunun oluşturdukları hasarların ve kayıpların olağan olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, geleneksel korumanın güvenilirliği, genellikle hava öngörülerinin doğruluğu ile doğru orantılıdır. Ancak, Batı Karadeniz taşkınları örneğinde olduğu gibi, bu her zaman yeterli olmayabilir. Çağdaş bir koruma kavramının güvenilirliği ise, doğru ve zamanında yapılan hava öngörülerinin yanı sıra, çok iyi çalışan bir erken uyarı sisteminin ve bir afet yönetimi kurumunun varlığını gerektirmektedir.

## KAYNAKLAR

- Climate Change. 1999. 'The pulse of the planet', Climate Change, special edition General Anzeiger, 5<sup>th</sup> World Climate Summit, Bonn, 6-7.
- CRU/UEA. 1999. <http://www.cru.uea.uk>, Climatic Research Unit, University of East Anglia, UK.
- ECSN. 1995. Climate of Europe: Recent Variation, Present State and Future Prospects, European Climate Support Network (ECSN), Nijkerk (the Netherlands).
- IPCC. 1996. Climate Change 1995, The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Houghton J, T., *et al.*, eds., WMO/UNEP. Cambridge University Press, New York.
- Parkinson, C. L., Rothrock, D. A. and Scambos, T. 2000. Climate Change in the Arctic and Antarctic: The Latest Observational Evidence on Changes in Sea Ice and Ice Shelves, US Global Change Research Program Seminar Series, February 28, 2000, Washington DC.
- Swiss Re. 1994. 'Global Warming: Element of Risk', Swiss Reinsurance Company, Zurich.
- Türkeş, M. 1997. 'Hava ve iklim kavramları üzerine', *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, **355**, 36-37, Ankara.
- Türkeş, M. 1998a. 'İklimsel değişebilirlik açısından Türkiye'de çölleşmeye eğilimli alanlar', DMİ/İTÜ II. Hidrometeoroloji Sempozyumu Bildiri Kitabı, 45-57, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Türkeş, M. 1998b. 'A Preliminary Assessment of the Western Black Sea Floods in May 1998, Turkey'. Unpublished Study, July 1998, State Meteorological Service, Ankara.
- Türkeş, M. 1998c. 'Karadeniz yağışları', *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, **364**, 58-59, Ankara.
- Türkeş, M. 1999. 'İklim değişikliği ve tropikal fırtınalar', *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, **376**, 85, Ankara.
- Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G. 2000. 'Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri', Çevre Bakanlığı Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Semineri (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), İstanbul. (Basımda)
- Türkeş, M. 2000a. 'Küresel ısınma, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü', 6. Uluslararası Kojenerasyon ve Çevre Konferansı ve Sergisi (25-26 Mayıs 2000 İstanbul) Bildiriler Kitabı, 147-162, Cogen Europe ve Cogen Association, İstanbul.

Türkeş, M. 2001. Hava, iklim, şiddetli hava olayları ve küresel ısınma. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Teknik Sunumlar, Seminerler Dizisi: 1: 187-205, Ankara.

- Türkeş, M. 2000b. 'Küresel ısınma: yeni rekorlara doğru', *Cumhuriyet Bilim Teknik Dergisi*, **673**, 20-21.
- UKMO. 1995. Modelling Climate Change 1860-2050, Report published coincide with the COP-I to the UN/FCCC, Berlin, March 27 to April 7 1995, UK Meteorological Office, the Hadley Centre for Climate Prediction and Research.
- 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.
- WHO. 1996. Climate Change and Human Health, McMichael, A. J., *et al.*, eds., An Assessment Prepared by a Task Group on behalf of the World Health Organization (WHO), the World Meteorological Organization (WMO) and the United Nations Environment Programme (UNEP), Geneva.
- WMO. 1999. WMO Statement on the Status of the Global Climate in 1998, WMO-No. **896**, World Meteorological Organization, Geneva.