

**Kadioğlu, M., 2008: Kuraklık Kıranı Risk Yönetimi; Kadioğlu, M. ve Özdamar, E., (editörler), "Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri"; s. 277-300, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, Ankara.**

## **Kuraklık kıranı risk yönetimi**

**Prof. Dr. Mikdat KADIOĞLU**

İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Mühendisliđi ve Afet Yönetim Uyg-Ar Merkezi Öğretim Üyesi, 34469, Maslak, İstanbul. kadioglu@itu.edu.tr

## **Özet**

Kuraklık, Türkiye’de en zararlı ve en az anlaşılan doğal afetlerden biridir. İklimin doğal bir parçasıdır, fakat rastgele ve seyrek bir şekilde oluştuğu düşünülür. Bazen tek bir mevsim sürse ve sadece küçük bir alanı etkilese de, eski iklim kayıtları kuraklığın bazen yıllarca devam ettiğini ve kilometrelerce kare alanı etkileyebildiğini göstermektedir. Böylece kuraklık dünyada binlerce ölüme ve milyonlarca dolar zarara sebep olmaktadır. Kuraklık risk yönetimi, zarar azaltma programlarının ve su kaynakları ile ilgili politikaların önemli bir parçasıdır. Kuraklığa hazırlıklı olmak, kuraklığı önlemek ve kuraklık zararlarını azaltmayı vurgulamak yerine ülkemizde kuraklık şu anda daha çok reaktif, kriz yönetimi yaklaşımlarla yönetilmektedir. Son zamanlarda kuraklıkla ilişkili afetlerin önemi algılsa da doğal afetler ile ilgili araştırmacılar ve kamu yetkililerince yeterli ilgi gösterilmemektedir.

Su kaynakları su talebini karşılayacak kadar yeterli olmadığında kuraklık ortaya çıkar. Kuraklığın etkileri, çevresel, ekonomik, tarımsal kullanımdan gelecek taleplere bağlı olarak değerlendirilir. Bu nedenle geçmiş kuraklıkların etkilerini kestirmek zordur. Bu problem, kuraklığın doğasından kaynaklanmaktadır çünkü kuraklık, yavaşça ortaya çıkan ve sonlanan bir olaydır. Diğer bir deyişle, kolayca tanımlanabilen ve göze çarpan kısa-vadeli yapısal etkiler yaratmamaktadır. Kuraklık, ikincil etkileri, daha tanımlanabilir olan birincil etkilerine göre daha büyük olan tek doğal afet olabilir. Olayın kendisi bittikten sonra bile etkileri hissedilmeye devam eder çünkü ikincil etkiler ekonomiler, ekosistemler ve insanların geçimiyle ilişkili olarak katlanarak artar.

Gözlemsel kanıt ve deneyim, kritik durumların mevcut olduğunu gösterir. İklimsel değişkenlik ve değişim, sosyo-ekonomik gelişmenin baskısı artmasıyla birlikte, kurumsal deneyimlerimizin ötesinde olan kuraklık etkilerine sebep olacaktır ve su kullanıcıları arasındaki çatışmaları belirgin bir şekilde kötüleştirecektir. Etkili su yönetimi için stratejiler geliştirmek, sürdürülebilir kalkınma, ekonomik ve çevresel esenlik için önemlidir. Bu nedenlerden dolayı, bu makalede kuraklık risk yönetimi Terkos örneği ile beraber ana hatları ile bu makalede ele alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kuraklık, Kuraklık Risk Yönetimi, Kuraklık Zararlarını Azaltma, Kuraklık Müdahale Planı.

## **Risk Management for Drought**

### **Abstract**

Drought is among the most damaging and least understood of all natural hazards in Turkey. It is a normal part of climate, yet it is perceived as infrequent and random. Although some droughts last a single season and affect only small areas, the paleoclimate record shows that droughts have sometimes continued for decades and have impacted thousands of square kilometers. Droughts have caused thousands of deaths and hundreds of billions of dollars in damage. Drought risk management is an important component of disaster reduction programs and public water resources policy. Yet, rather than emphasizing drought preparedness and mitigation, our country currently manage drought through reactive, crisis-driven approaches. Although recent drought-related disasters have contributed to a sense of urgency, drought has not received commensurate attention within the natural hazards research community.

Given that a drought occurs when water supply is insufficient to meet water demand, drought impacts are evaluated relative to the demand from environmental, economic, agricultural, and cultural uses. Therefore, the impacts of past droughts have been difficult to estimate. This problem results from the nature of drought, which is a phenomenon with slow onset and demise that does not create readily-identified and discrete short-term structural impacts. Drought may be the only natural hazard in which the secondary impacts can be greater than the more identifiable primary impacts, such as crop damage. Impacts continue to be felt long past the event itself as secondary effects cascade through economies, ecosystems, and livelihoods.

Empirical evidence and experience show that critical conditions already exist. Climate variability and change, together with increasing development pressures, will result in drought impacts that are beyond our institutional experience and will significantly exacerbate conflicts among water users. Developing strategies for effective drought management is critical for sustainable development and for economic and environmental well-being.

**Key Words:** Drought, Drought Risk Management, Drought Mitigation, Drought Response Plan

### **1. Giriş**

Yiyecek gıda ve içecek su kalmadığında diğer bütün sosyo-ekonomik kaygılar anlamsız kalır. Bu nedenle sürdürülebilir gelişmeyi, “gelecek nesillerin ihtiyaçlarından fedakârlık etmemelerini sağlayacak şekilde günümüz ihtiyaçlarının karşılanması, sosyal maliyetler de dikkate alınarak zamanında önlemlerin alınması ve uyum çalışmalarının yapılması” şeklinde temel hedef olarak gündeme getirmeliyiz. Bu bakış açısı ile günümüzde hükümetler tarafından

acil olarak ele alınması gereken kuraklık risk yönetimi geliştirilmeli, çevre kirliliği önlenmeli ve doğal kaynaklar korunmalıdır.

Kuraklık, iklimin su kaynaklarını, tarımı ve tüm canlıları etkilemesinin bir yoludur. Aynı zamanda kuraklık, en kapsamlı sosyo-ekonomik zararlara neden olan, yavaş gelişen en sinsi ve en tehlikeli doğal afettir. Kuraklık, yer çekimi gibi bir doğa kanunudur. Nasıl ki suyun çoğu (sel) ölümcül ise suyun azı da (kuraklık) ölümcüldür. Deprem gibi kuraklık da, çeşitli büyüklüklerde oluşabilen bir doğal afettir. Her kuraklığı, küresel iklim değişikliğine bağlamak doğru değildir. Aslında sürekli olarak “iklim” ile “hava şartları” arasında bağlantı kurmak, bu tür meteorolojik afetler sanki sadece “iklim değişince” oluşmuş gibi kamuoyunda yanlış bir kanı uyandırmakta ve gerçek çözümleri de geciktirmektedir.

Bugünkü küresel iklim değişimi problemi 1980'li yıllarda ortaya çıktığına göre, günümüzdeki her kuraklığı bu probleme bağlarsak 1980 öncesinde oluşan kuraklıkları nasıl açıklayabiliriz? Kuraklığı betonlaşmaya ve/veya yeşilin yok edilmesine bağlamak da popülist bir yaklaşımdır. Türkiye'de "betonlaşmanın" 1950 yıllarından sonra başladığını kabul edersek örneğin, 1928-30 yıllarındaki kuraklığı nasıl açıklarız? Artık şehirleşmeden dolayı yerleşim bölgelerinin yüzeylerinde oluşan pürüzlülüğün ve artan sosyo-ekonomik etkinlikler sonucu atmosfere salınan kirleticilerin, şehirlerin içinde ve şehirlerin hâkim rüzgâr yönündeki kırsalda yağış artışına neden olduğu bilinmektedir. Kuraklığın nedeni, “Türkiye yeşile hasret, bu yüzden yağmur yağmıyor” gibi kulağa hoş gelen ama biliminde yeri olmayan demeç ve nutuklar ile de açıklanamaz.

"Periyodik bir kuraklık dönemi veya Türkiye'de 10-15 yılda bir kuraklık yaşanır ve buna göre de şu yıldan itibaren kuraklık Türkiye'yi terk edecek" gibi açıklamalar da bilimsel temelden tamamen yoksundur. Dünyanın hiçbir yeri için böyle bir bilimsel bulgu ve tahminden söz edilmez. İnsanlar her zaman doğada bu tür düzenler arayıp durmuştur. Bu nedenle, sürekli olarak “Türkiye’de sık sık 8 yılda bir hafif kuraklık, 12 yılda bir kuvvetli kuraklık veya 18 yılda bir şiddetli kuraklık olur” gibi demeçler de verilir. Ama bu gerçekte bir “istatistiksel yalan”dır! Gerçekte hava bu tür bir periyodiklik bilmez. Yani, “hadi 8 yıl oldu şimdi hafif kuraklık yapma zamanıdır” gibi hava da bir hafıza yoktur. Diğer bir deyişle, yağış zaman serilerine uygulanan Fourier Analizi sonucu elde edilen periyotların tekrarlanacağına yönelik hiçbir garanti yoktur.

Maalesef, yarı kurak bir iklim kuşağında bulunan Türkiye’de ise sahipsiz afetlerin başında kuraklık gelmektedir. Çünkü 1959 yılında çıkan 7269 sayılı Umumi Afetler Kanununa göre Türkiye’de kuraklık afet dahi sayılmamakta ve afet istatistiklerinde hiç yer almamaktadır.

Hâlbuki depremle beraber Dünyada etkili olan 31 çeşit doğal afet arasında kuraklık ilk sırada sayılmaktadır (Tablo 1). Bu tabloda Bryant (1993), 31 adet doğal afeti, afetlerin şiddetini, oluşum sürelerini ve etkilerini esas alarak yaptığı değerlendirmeler ile önem sırasına göre dizmiştir.

Tablo 1. Dünyadaki doğal afetlerin karakteristik özellikleri ve çeşitli etkilerinin puanlanmasına göre önem sıraları (Bryant, 1993). Buradaki puanlamada ve önem sırasında ölçek 1’den (en büyük veya önemliden) 5’e (en küçük veya önemsiz) kadar değişmektedir.

Önem sırası	Afet	Afetin şiddeti	Karakter ve Etkilerinin Değerlendirilmesi					
			Etkili olduğu süre	Etkilediği toplam alan	Toplam can kaybı	Toplam ekonomik kayıp	Sosyal Etkisinin etkisi kalıcılığı	
1.	Kuraklık	1	1	1	1	1	1	1
2.	Tropikal siklon	1	2	2	2	2	2	1
3.	Bölgesel sel ve taşkınlar	2	2	2	1	1	1	2
4.	Deprem	1	5	1	2	1	1	2
5.	Volkan	1	4	4	2	2	2	1
6.	Orta enlem fırtınaları	1	3	2	2	2	2	2
7.	Tsunami	2	4	1	2	2	2	3
8.	Orman ve çalı yangınları	3	3	3	3	3	3	3
9.	Toprak şişmesi	5	1	1	5	4	5	3
10.	Deniz seviye deęiş.	5	1	1	5	3	5	1
11.	Icebergs	4	1	1	4	4	5	5
12.	Toz fırtınaları	3	3	2	5	4	5	4
13.	Heyelan	4	2	2	4	4	4	5
14.	Kıyı erozyonları	5	2	2	5	4	4	4
15.	Çiğ	2	5	5	3	4	3	5
16.	Creep&solifluction	5	1	2	5	4	5	4
17.	Tornado	2	5	3	4	4	4	5
18.	Kar fırtınası	4	3	3	5	4	4	5
19.	Kıyı buzları	5	4	1	5	4	5	4
20.	Ani seller	3	5	4	4	4	4	5
21.	Saęanak yağışlar	4	5	2	4	4	5	5
22.	Yıldırım çarpması	4	5	2	4	4	5	5
23.	Kar tipi	4	3	4	4	4	5	5
24.	Okyanus dalgaları	4	4	2	4	4	5	5
25.	Dolu fırtınası	4	5	4	5	3	5	5
26.	Donan yağmur	4	4	5	5	4	4	5
27.	Kuvvetli rüzgârlar	5	4	3	5	5	5	5
28.	Toprak çökmesi	4	3	5	5	4	4	5
29.	Çamur ve dağ döküntüsü akışı	4	4	5	4	4	5	5
30.	Air-supported flows	4	5	5	4	5	5	5
31.	Kaya düşmesi	5	5	5	5	5	5	5

Gerçekte ülkemizde yağışların yersel ve zamansal dağılımı düzensizdir (Şekil 4). Şehirlerimizin su kaynakları hızla artan nüfusu ve sanayinin ihtiyacını karşılayamıyor. Vahşi sulama ile tarımsal üretimde suyun büyük bir kısmını israf ediyoruz. İçme, kullanma ve sulama suyumuzun kalitesi artan sanayi ve diğer çevre kirlilikleri neticesinde giderek düşüyor. Bütün bunlara bir de küresel iklim değişimi eklenirse ülkemiz kuraklığın şiddetini çok daha fazla hissediyoruz ve hissetmeye de devam edeceğiz. Diğer bir deyişle, kuraklığın artması ile şehir ve ülke sınırlarını aşan nehirlerin kullanımı dâhil birçok uluslararası, ulusal ve yerel su kaynağının paylaşımını ve yönetimini daha da zorlaştırmaktadır. Bugün yaşanan kuraklık,

ülkemin ileride karşılaşılabileceği tehlikenin boyutlarını göstermesi açısından son derece önemlidir. Çünkü kuraklık yavaş gelişen, sinsi ve kronik bir afettir.

İnsanlık tarihi kuraklıklar ile doludur. Yarı kurak iklim bölgesinde yer alan Türkiye'de de kuraklık, normal ve bilinen atmosferik sistemler tarafından geçmişte hep oluşturulmuş ve gelecekte de (küresel iklim değişimi ile birlikte sayı ve şiddet bakımından) artarak daha fazla tehlikeler oluşturacaklardır.

Eskiden beri yıkıcı kuraklıklar Dünya üzerinde görülmektedir. Örneğin, 1789 Fransız Devrimi, 1917 Bolşevik Devrimi, vb. ile birlikte Türklerin ana yurdu Orta Asya'dan M.Ö. 375 yılında göç etmelerinin belli başlı nedenleri arasında iklim değişikliğine bağlı olarak bölgede ortaya çıkan kuraklık, salgın hastalıklar ve kıtlık olduğu hatırlanmalıdır. Ayrıca, 1900'lu yıllara damgasını vuran en önemli 15 meteorolojik afetten ilk 6'sını kuraklıklar oluşturmuştur.

Benzer şekilde, Türk ve Anadolu tarihi de kuraklıklar ile doludur. Kuraklık gibi şiddetli hava olayları ve doğal afetler, ya savaşların kaderini değiştiren ya da salgın hastalıklara, kıtlıklara ve isyanlara neden olan olaylar olarak tarih kitaplarında yer almıştır. Bazı tarihçiler, doğal afetleri bir halk için felaketken, diğer bir halk için "fırsat anları" olarak yararlı olabildiğine işaret ederek onlardan askeri faaliyetlerle bağlantılı olarak söz etmişlerdir.

- M.Ö. 1200 Hititler kuraklıktan dolayı Mısırdan yardım istedi
- 1564 Anadolu'da kıtlık
- 1565-67 Osmanlı Buğday ihracatını yasakladı
- 1585 Ocak ve Şubat aylarında İstanbul hiç yağış almadı
- 1586 Çorum'da açlık
- 1588 İstanbul'da kıtlık.
- 1591-1611 Küçük Buz Çağı ve Celali İsyanları
- 1660 İstanbul ve Anadolu'da kıtlık
- 1828 İstanbul'da kıtlık
- 1873 Balkanlarda isyanlar
- 1925-28 Anadolu'da kuraklık

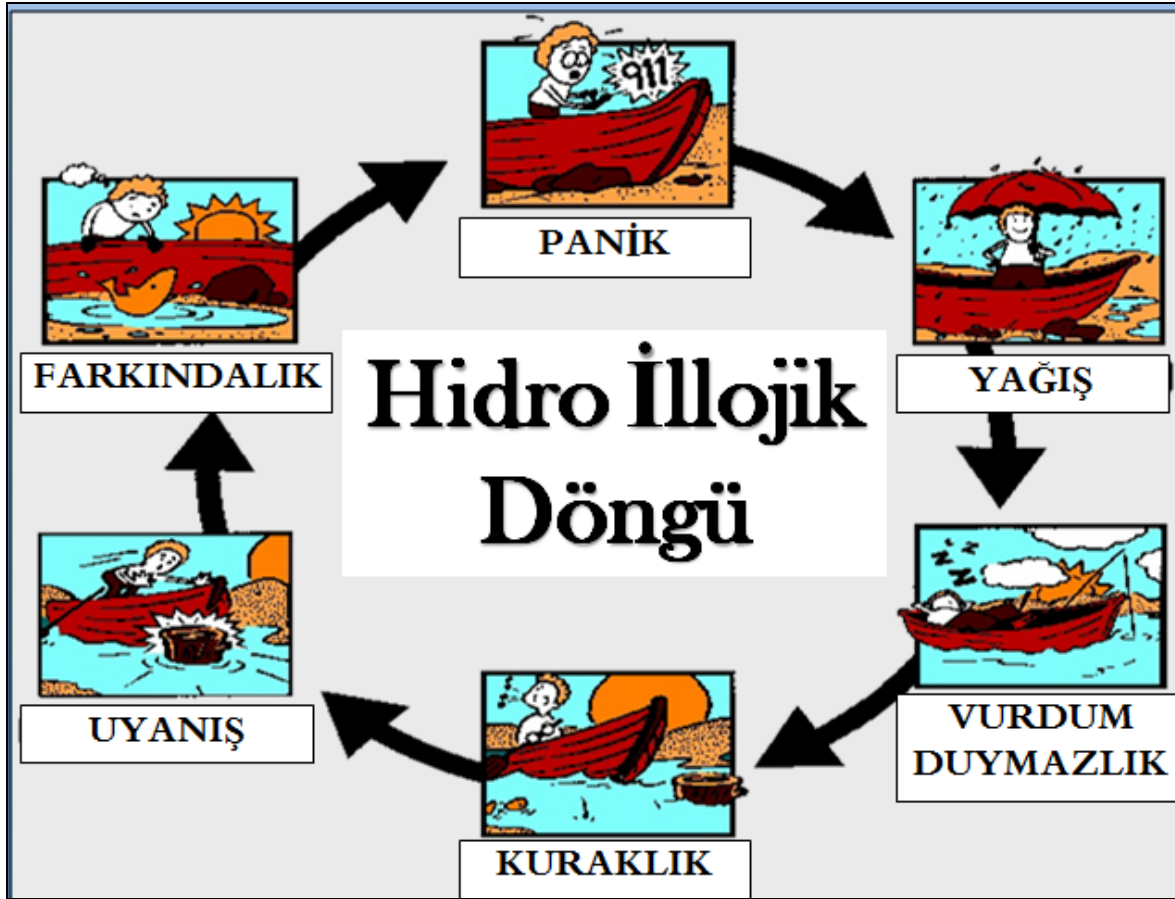
Çinliler binlerce yıllık tarihlerine ait arşivleri didik didik edip, meteorolojik afetlerden özellikle sellere ait olan bilgileri ortaya çıkartmalarına dair makaleler yayınlanmıştır. Benzeri bir ayrıntılı çalışmanın Osmanlı Arşivlerinin taranarak yapılması gerekir. Böyle bir çalışma yerleşim yerlerinin seçimi ve köprü vb su yapılarının inşasında da faydalar sağlayabilir.

Tarih Vakfı tarafından yayınlanan Elizabeth Zachariadou'nun 1999 yılında editörlüğünü yaptığı Osmanlı İmparatorluğu'nda Doğal Afetler adlı kitabın birinci bölümünde birçok Türkolog tarihçi Osmanlı İmparatorluğu tarihinde bilinen doğal afetlerden depremleri saptamış ve bu afetleri çeşitli sosyo-ekonomik yönleriyle incelemiştir. Bu kitabın "Seller ve Kuraklıklar" adlı İkinci Bölümünde üç makale yer almaktadır. İlk makalede Suraiya Faroqhi, 1688-89 yıllarında Edirne bölgesinde çayırları ve tarım ürünlerini tahrip eden selleri, tarım ürünlerinden alınan vergilere ait kayıtlara dayanarak incelemiştir. Faroqhi bu makalesinde Osmanlı arşivlerinde doğal afetlerle ilgili pek fazla belge olmadığını ve bunun nedenini de bir "muamma" olarak yorumlamaktadır. Yazar ayrıca, 17. ve 18. yüzyıllara ait belgeler incelendikçe özellikle orman yangınları ve kuraklıkların vermiş olduğu zararlar ile ilgili resmi

kayıtlara ulaşılabileceğini de ummaktadır. Faroqhi'ye göre çekirge zararlıları, Osmanlı uzmanları tarafından araştırılmış birkaç doğal afetten biridir.

Üçüncü makalede Gilles Veinstein, 1559-1560 yıllarında Karadeniz'in kuzeyinde (Kırım Hanı topraklarında) havaların çok soğuk ve yağışsız geçmesi sonucu hüküm süren büyük kuraklık ve kıtlığa karşı Osmanlı yetkililerin gösterdiği tepkileri ele almıştır. Yazarın "iklimden kaynaklanan bu felakete hiçbir çare bulunamamıştı" şeklindeki yorumu maalesef bugünkü Türkiye için de hala geçerlidir.

Böylece ülkemizde, değişik kuraklık endeksleri hazırlayıp, yeraltı suyu, akarsu ve göllerdeki su miktarını, toprak nemi ve uzun vadeli yağış tahminlerini bir elde toplayı değerlendirebilen her hangi bir kurum veya kuruluş yoktur. Dolayısıyla kuraklığın gelişimini, günlük/aylık olarak takip ederek, kurak ve nemli alanların ve bunların şiddetinin yerel dağılımı hakkında doğru ve zamanında bilgi sahibi olamıyoruz. Bunun bir sonucu olarak kuraklığı, su kaynaklarının azalması, göllerin kuruması gibi, görünür olan ciddi sonuçları ile ama çok geç kalarak fark edebiliyoruz.



**Şekil 1.** Kuraklık ile mücadelede risk yönetimi yerine kriz yönetimi uygulayanlar için ironik bir şekilde hidro ilojik döngü olarak tasvir edilen hidrolojik döngü.

Toplumun çok geniş bir kısmını ilgilendiren kuraklık karanı için yıllardır söylenmeye çalışılan özetle şudur: “Normal hava şartları diye bir şey yoktur. Meteorolojik kuraklık, normal ve bilinen atmosferik sistemler tarafından geçmişte hep oluşturulmuş ve gelecekte de oluşturulmaya devam edecektir. Kuraklık, meteorolojik kuraklık olarak başlar, tarımsal, hidrolojik kuraklık olarak gelişir ve sosyo-ekonomik kuraklık olarak devam eder. Kuraklığın etkileri en fazla, suya talebin en çok olduğu zamanlar hissedilir, ama o zaman da herhangi bir önlem almak için artık çok geçtir (Şekil 1). Türkiye’de köy, kasaba, şehir ve ülke bazında da artık bu günden itibaren kuraklık ile mücadele için acilen planlar geliştirilmeli ve su kaynaklarımız için kriz yönetimi yerine sürekli olarak risk yönetimi uygulanmalıdır.”

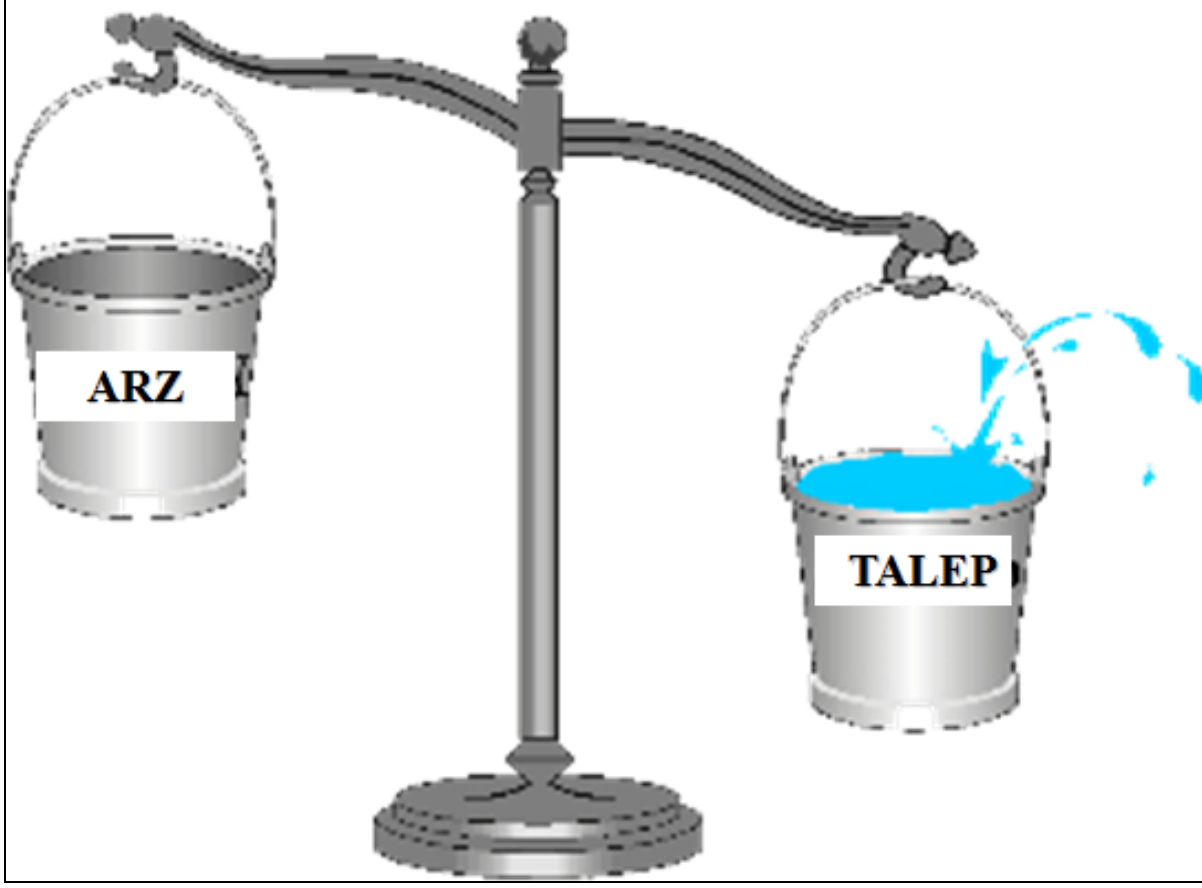
Bunun için de acilen yanlış olan “kriz yönetimi” mantığını terk edip, “Kuraklık Planları” gibi planlama vb. hazırlık ve zarar azaltma çalışmaları ile “risk yönetimine” geçmeliyiz. Çünkü kuraklığın etkileri, suya talebin en çok olduğu zamanlarda en fazla hissedilir, ama o zaman da herhangi bir önlem almak için artık çok geçtir. Yani, kıt olan su kaynaklarımızı da verimli kullanabilmek için merkezi ve yerel yönetimlerimiz de her yeni su yılının başında su bütçesini hazırlayıp gerektiğinde “Kuraklıkla Mücadele Planları”nı devreye sokmalıdır. Yoksa planlamadan yoksun bir çerçevede aşırı ve yanlış su tüketip su kaynaklarımızı verimli kullanamayarak büyük su (bütçe) açıkları ve su kıtlıkları ile çaresizce boğuşur dururuz.

## 2. Tanımlar

Literatürde kuraklığın tek bir tanımı yoktur. Kuraklığın tanımı her disiplin için farklıdır. En basit ve genel anlamda kuraklık, arz ve talep ilişkisinde su sıkıntısıdır (Şekil 2). Kuraklığı, “yağışların, normal seviyelerinin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu arazi ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesi” şeklinde de tanımlayanlar vardır. Kuraklık olayının sebebini araştırmak isteyenler yağış eksikliği ile kuraklık olayının etkilerini belirlemek isteyenler nehir ve barajlardaki su eksikliği ile birlikte tarım ürünlerindeki rekolte düşüşleri ile ilgilenmelidir. Sosyal bilimciler, politikacılar ve ekonomistler kuraklığın açlık, işsizlik, göç vb sosyo-ekonomik etkileri ile ilgilenmelidir.

Meteorolojik ölçümler, diğer bir deyişle yağışların azlığı kuraklığın ilk işaretidir. Tarımsal kuraklık, meteorolojik kuraklıktan sonra oluşur. Böylece, tarım kuraklık tarafından etkilenen ilk ekonomik sektör olur. Yağışların akışa geçerek nehir ve göllerin su seviyeleri etkilemesi belli bir zaman alır. Bu nedenle, hidrolojik gözlemler kuraklığın ilk işaretlerinden sayılamaz. İçme ve kullanma su sıkıntıları ile birlikte tarımsal ve hidrolojik kuraklığın sonuçları zamanla sosyo-ekonomik kuraklık olarak kendini gösterir.

Günümüzde olası bir kuraklığın ne kadar süreceğini ve buna bağımlı olarak da coğrafik dağılımını, boyutunu ve ciddiyetini doğru bir şekilde tahmin etmek mümkündür. Bunun için gerekli teknik elemanlar ile donatılmış teknik bir kurum olarak görülen ve yönetilen bir Meteoroloji Teşkilatına sahip olmamız gerekir. Ayrıca, Şekil 3’de verilen hidrolojik döngünün tüm elemanlarının bir arada değerlendirilebilmesi için Türkiye’de acilen hidrolojik ve meteorolojik hizmetler bir an önce tek bir çatı altında toplanmalıdır.

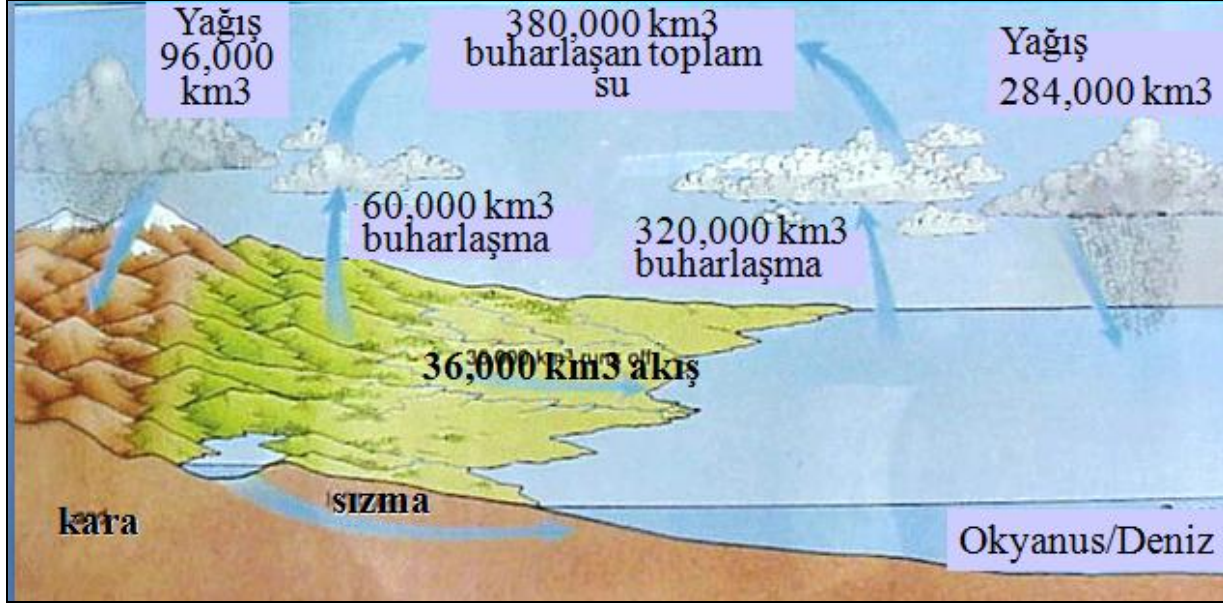


**Şekil 2.** Kuraklığın tanımı olarak kuraklığın su arz ve talep dengesi olarak şematik gösterimi.

**Meteorolojik Kuraklık:** Belli bir dönemin ortalamasına göre yağış miktarının az olması. Ya da belirli bir zaman periyoduna ait normallerden (genellikle en az 30 yıllık) meydana gelen sapma olarak tanımlanır. Bu tanımlamalar genellikle bölgeseldir ve bölgenin klimatolojisinin tam olarak anlaşılması temeline dayanır. Normal olarak meteorolojik ölçümler kuraklığı ifade etmede başta gelen göstergelerdir. Devam eden bir meteorolojik kuraklık hızlı bir şekilde kuvvetlenebilir veya aniden sona erebilir. Kuraklık periyotları genellikle, belirlenen eşik değerlerinin altında yağışlı olan günlerin sayısı olarak da tanımlanır.

Seçilen noktada ve istenen periyotta meydana gelen yağışın, uzun yıllar yağış ortalamalarına göre az yâda çok oluşunu mukayese ederek bir kuraklık sınıflandırması için “Normalleştirilmiş Yağış Endeksi” (NYE) endeksler de hesaplanabilir. NYE metodu, yağış eksikliğinin geriye doğru farklı zaman dilimleri (1, 3, 6, 9, 12, 24 ve 48 aylık) içerisindeki değişkenliğini dikkate alabilen bir kuraklık endeksidir. En az 30 yıl süreli periyotta aylık yağış dizileri hazırlanır. NYE değerlerinin normalize edilmesi sonucu seçilen zaman dilimi içerisinde kurak ve sulak dönemler tespit edilir.

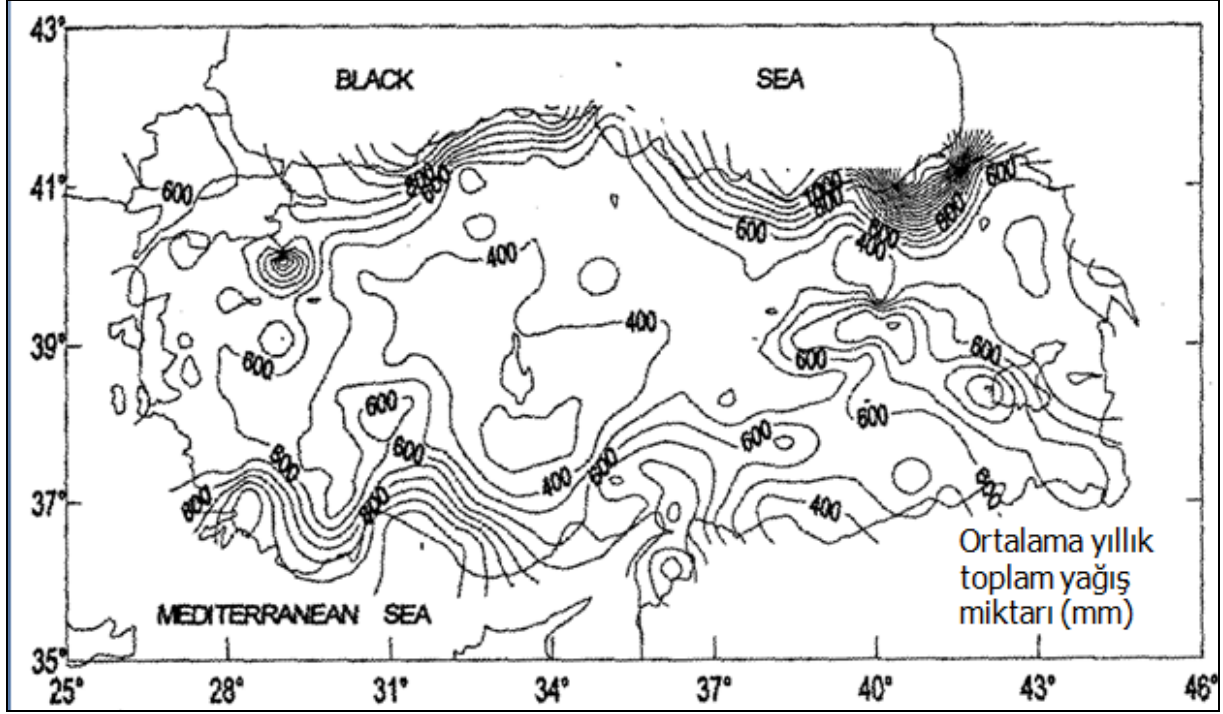




**Şekil 3.** Hidrolojik döngünün elemanları ve su miktarları.

Meteorolojik kuraklığın izlenmesi açısından yağıştaki eksikliğin farklı zaman dilimleri içinde ki değişim sayısal olarak ifade edilmesi gerekir. Yağış eksikliğinin farklı su kaynaklarına olan etkisinin ne kadar sürede hissedilebileceği mantığına göre, analizde 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman dilimleri seçilebilir. Örneğin aylık ve 3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme toprak nem düzeyine hemen etki ettiği halde yer altı sularına, nehirlere, göllere daha geç etki eder. 6, 9 ve 12 aylık zaman dilimlerindeki bir kuraklık durumu akarsu ve göllere, 24 aylık dilimdeki kuraklık ise yeraltı sularına etkisini izlemek bakımından tercih edilir.

Öte yandan, meteorolojik kuraklığın tanımı farklı iklim bölgeleri ve farklı su kaynakları için de değişiklikler gösterir. Örneğin, Suudi Arabistan'ın bazı bölgelerinde yağışsız geçen 2 yıldan veya daha fazla süre, Bali'de yağmursuz geçen 6 gün veya daha fazla süre, Libya'da yıllık toplam yağışın 180 mm'den düşük olması, ABD'de 48 saat içinde 2.5 mm'den daha az yağış ölçülmesi, İngiltere'de ise günlük toplam yağış miktarı 0.25 mm'den düşük olan 15 ardışık gün kuraklık olarak ifade edilir. Türkiye için böyle bir tanım vermek mümkün değildir, çünkü böyle bir tanımı yapıp "kuraklık var" demek ile resmen görevli ve/veya sorumlu bir kurum ya da kuruluş Türkiye'de mevcut değildir. Bununla birlikte Şekil 4'de görülen 400 mm ve daha düşük yıllık yağış miktarına sahip olan bölgeler ülkemizde kurak bölgeler olarak bilinir.



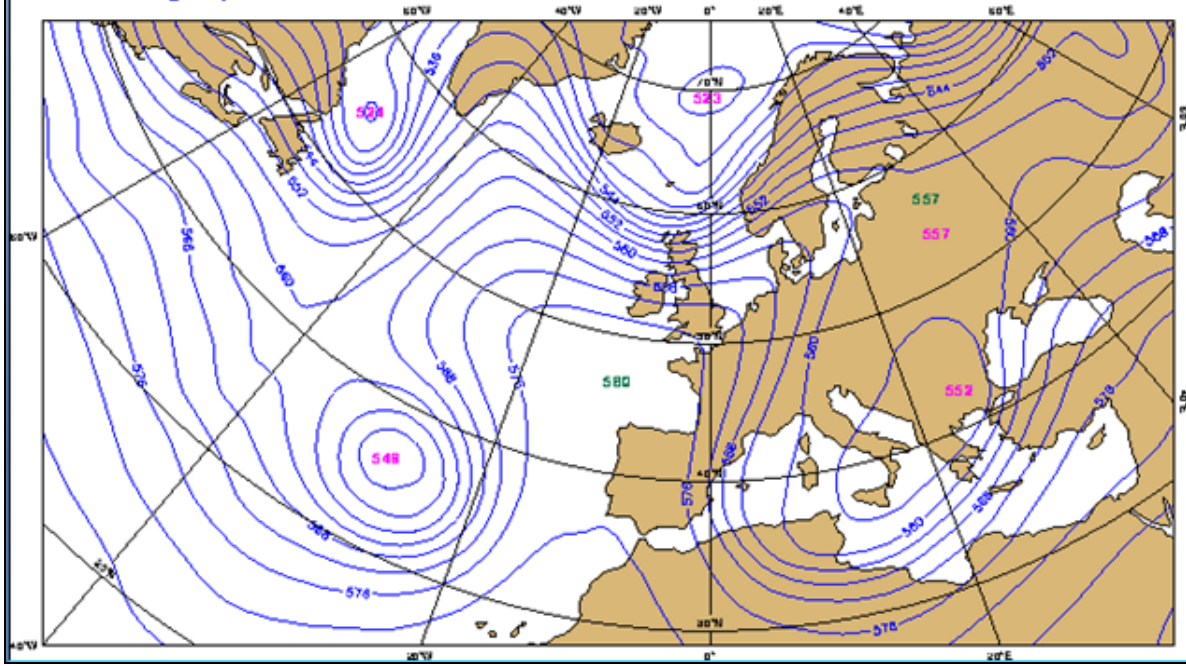
Şekil 4. Türkiye’de ortalama yıllık yağış miktarının yersel dağılımı (Kadıoğlu, 2001).

Meteorolojik kuraklığın nedeni belli bir zaman dilimi içinde yeterli miktarda ya da hiç yağmur yağmamasıdır. Yağmur yağmamasının nedeni de, genellikle kışın Türkiye’de Akdeniz iklimi görülen yerlerde yağışlara neden olan siklonik cephe sistemlerinin yüksek basınç merkezleri nedeniyle Türkiye’ye sokulamamasıdır (Şekil 5). Diğer bir deyişle, Anadolu civarında etkili olan antisiklonlar, batıdan gelen yağış sistemlerini bloke ederek ve onları kuzeye doğru yönlendirerek onların Türkiye üzerinden geçmesine engelleyip halk arasında yanlışlıkla “güzel hava” denilen güneşli ve kurak hava şartlarına neden olurlar. Yüksek basınç nedeniyle yörüngeleri değişen siklonlardan beklenen yağışların alınamaması sırasıyla meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyo ekonomik kuraklığa neden olur. (Dünyada kuraklığa neden olarak antisiklonlar ile birlikte soğuk su akıntıları, denizlere uzaklık ve dağlar da sayılabilir.)

Tarım, enerji gibi alanlarda etkili olan kuraklık olayı ile ilgili bir dizi tanımlama ve sınıflandırma çalışmaları da yapılmıştır.

**Tarımsal Kuraklık:** Toprakta bitkinin ihtiyacını karşılayacak miktarda suyun bulunmaması olarak tarif edilebilir. Yetiştirilen bitki için toprakta tutulan elverişli su miktarına da toprak nemi denir. Bitkiler gelişme dönemlerinde farklı miktarda suya ihtiyaç duyar. Böylece tarımsal kuraklık bitkinin kök bölgesinde, büyüüp gelişmesi için yeterli nem bulunmaması durumu olarak da ifade edilir. Büyüme periyodu boyunca, belirli bir bitkinin suya ihtiyaç duyduğu belirli bir kritik dönemde yeterli toprak nemi olmadığı zaman tarımsal kuraklık meydana gelir. Tarımsal kuraklık meteorolojik kuraklıktan sonra ve hidrolojik kuraklıktan önce ortaya çıkan tipik bir durumdur. Tarımsal kuraklık, toprağın derinlikleri doymuş halde

olsa bile ürün verimlerini ciddi oranda düşürebilir. Yüksek sıcaklıklar, düşük bağıl nem ve fön rüzgârları da yağış azlığının etkilerinin artmasına sebep olur.



**Şekil 5.** Türkiye dâhil olmak üzere Güney Avrupa ve Akdeniz’de kuraklığa neden olan 500 mb jeopotansiyel haritası üzerinde omega yüksek basınç merkezinin görülmesi (ECMWF).

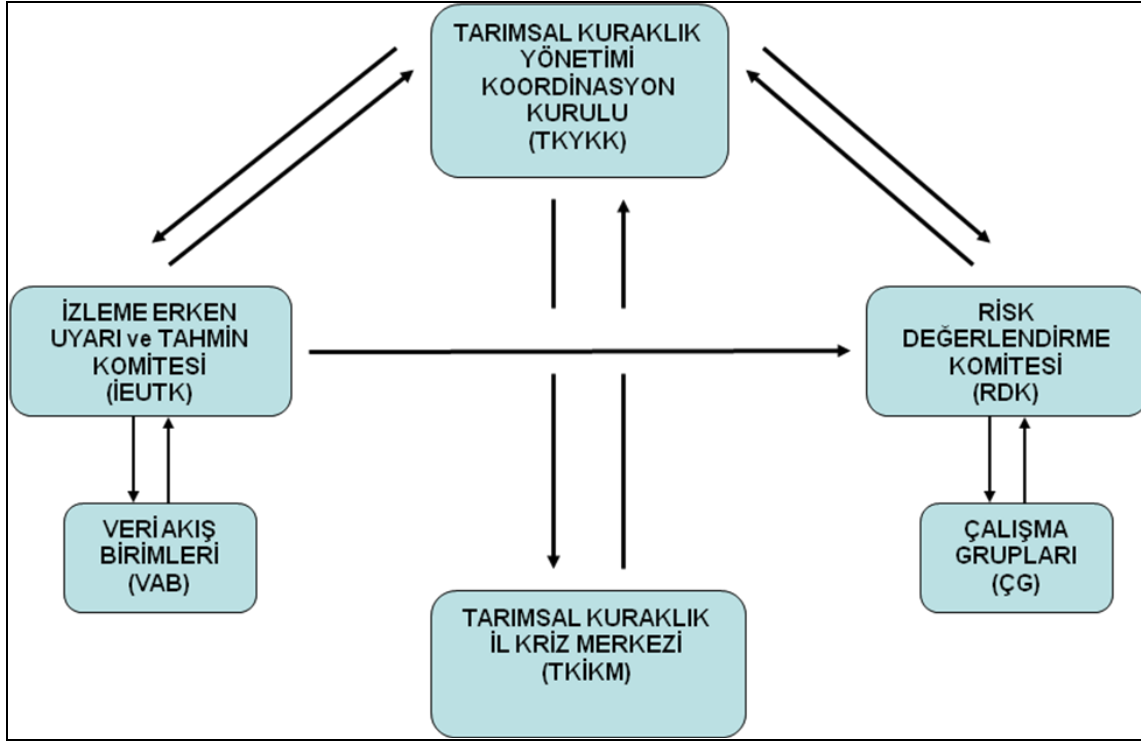
Kuraklık zamanla (yağış mevsiminin başlamasında gecikmeler, ürün büyüme mevsimi- yağış zamanının ilişkisi) ve yağışların tesirleri (yağış şiddeti, yağışlı gün sayısı) ile ilişkilidir. Yüksek sıcaklık, şiddetli rüzgâr ve düşük nem miktarı gibi diğer değişkenler de birçok bölgede kuraklıkta etkili olur.

Tarımda devamlılığı ve kararlılığı sağlayan, bunun yanında diğer tarımsal girdilerin etkinliğini arttıran ve birim alandan yüksek verim sağlayan önemli girdilerin başında sulama gelir. Sulamadan beklenen yararı sağlayabilmek için temel koşul, bitkinin ihtiyaç duyduğu miktardaki suyun yağışlarla karşılanamayan bölümünün, bitkinin kök bölgesine gereken zamanda ve gereken miktarda verilmesidir. Burada karşımıza optimum sulama kavramı çıkmaktadır. Optimum sulamada tamamen normal koşullar söz konusu olup; bitkiler, verim azalması olmayacak şekilde sulanmakta ve topraktaki nem miktarını tarla kapasitesine çıkaracak kadar sulama suyu uygulanmaktadır.

Bilindiği gibi ülkemizin birçok yerinde tarımsal sulama için su kaynakları kısıtlıdır. Ayrıca son yıllarda sulama alanları süratle genişlemiş olup buna bağlı olarak su talebi de artmıştır. Sulama ve drenaj sistemlerinin koşullara uygun olarak projelenmesi birincil önceliğe sahiptir. Koşullara en uygun sulama yönteminin seçilmesine sulama suyu, su kaynağı, toprak, topografya, iklim ve bitki özellikleri ile ekonomik, sosyal ve kültürel duruma ilişkin birçok faktör etkili olmaktadır. Belirtilen koşullarda suyun yüksek verimle (az kayıpla) iletilmesi, dağıtılması ve toprağa uygulanması ile etkin çalışan drenaj altyapılarının kurulması ve

işletilmesi, sahip olduğumuz su kaynaklarının randımanlı kullanımını sağlayan ana unsurlar arasında yer almaktadır.

Sulama projelerinin yetersizliği ve yanlış su yönetimi sonucunda su kayıpları artmaktadır. Böylece hem planlanandan daha küçük alanlar sulanmakta ve hem de aşırı su kayıpları, taban suyunu yükselterek drenaj ve çoraklık gibi çözümü güç sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Bu talebi karşılamak için hemen hemen tüm cazibeli yerüstü kaynakları, tesis yapılarak işletmeye alınmıştır. Ancak bu süreçte kuraklık nedeniyle yer üstü su kaynakları ya çok azalmış ya da kurummuştur. Yeraltı su kaynakları da çok fazla sayıda derin kuyu açılması ve aşırı su kullanımı nedeniyle büyük ölçüde rezerv kaybına uğramıştır.



**Şekil 6.** Tarım ve Köyşleri Bakanlığının (TKB) oluşturduğu Tarımsal Kuraklık Yönetiminin şematik gösterimi.

İstatistikî verilere göre; ülkemizde “Tarım, En Önemli Su Kullanıcısıdır”. Su ve sulama olmadan, tarımsal üretimde artış sağlamak mümkün değil. Kullanılabilir su potansiyeli 112 milyar m<sup>3</sup>/yıl olan ülkemizde, bunun 95 milyar m<sup>3</sup>/yıl’ı yurt içinden doğan yüzey suları, 14 milyar m<sup>3</sup>/yıl’ı yeraltı suları ve 3 milyar m<sup>3</sup>/yıl’ı yurt dışından giriş yapan sulardır. 112 milyar m<sup>3</sup>/yıl olan kullanılabilir su potansiyelinin sadece 42 milyar m<sup>3</sup>/yıl’ını kullanabiliyoruz. Bu 42 milyar m<sup>3</sup>/yıl olan kullanabildiğimiz su varlığının 29,6 milyar m<sup>3</sup>/yıl’ını tarımda, 6,2 milyar m<sup>3</sup>/yıl’ını içme ve kullanmada, geriye kalan 4,3 milyar m<sup>3</sup>/yıl’ını da endüstride kullanıyoruz. Ülkemiz topraklarının 28 milyon Ha’lık kısmı tarım arazisi olarak değerlendirilmektedir. Bunun 16,7 milyon Ha’ı sulamaya elverişli iken sadece 5,1 milyon Ha’lık kısmı sulanabilmektedir.

6 Şubat 2007 tarihinde yapılan Tarım ve Köyişleri Bakanlığı (TKB), Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, İçişleri, Çevre ve Orman Bakanlarının ortak toplantısı sonra TKB, Tarımsal Kuraklık Yönetimi ile ilgili çalışmalara başladı ve Kuraklık Eylem Planı hazırladı. Bu planlar ile ülkemizde gelecekte yaşanılması muhtemel tarımsal kuraklığın etkilerinin azaltılması, Kamu, halk, su kullanıcıları, çiftçiler ve STK'nın bilinçlendirilmesi, tedbir alınması ve çözüm üretilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca tarımsal kuraklığa hazır olmak için, kısa, orta ve uzun vadede stratejiler belirleyerek tedbirler almaya başladı. Ayrıca Merkezde tarımsal kuraklık yönetimi koordinasyon kurulu, İzleme ve erken uyarı tahmin komitesi ve risk değerlendirme komitesi kurulmuştur. İllerde vali Başkanlığında Tarımsal Kuraklık Kriz Merkezi görev yapmaktadır. Her il Tarımsal Kuraklık Eylem Planını hazırlamaktadır (Şekil 6).

TKB'nin kuru tarım alanları için kuraklık eylem planı Tablo 2'de; sulu tarım alanları için kuraklık eylem planı aşamaları ve alınması tavsiye edilen önlemler Tablo 3'de TKB tarafından özetlenmiştir.

**Tablo 2.** TKB'nin kuru tarım alanlarında tarımsal kuraklık eylem planı.

<b>KURAKLIK EYLEMİ</b>	<b>NORMAL KOŞULLARDA</b>	İl Yıllık yağışı, uzun yıllar il yağış ortalamasına yakın veya üzerinde, yeraltı ve yerüstü su seviyeleri yeterli.
	<b>1. ADIM KURAKLIK ALARMI</b>	İl yıllık yağışı, uzun yıllar il yağış ortalamasından az, yeraltı ve yerüstü su seviyeleri düşme eğiliminde, Eylül-Ekim yağışları azalan seyirde. (TKYKK Kararı)
	<b>2. ADIM KURAKLIĞA HAZIRLANMA</b>	İl yıllık yağışı, uzun yıllar il yağış ortalamasından az yeraltı ve yerüstü su seviyeleri düşüyor. Eylül-Ekim-Kasım-Aralık yağışı kurak yıllara paralel. (TKYKK Kararı)
	<b>3. ADIM KISITLAMA</b>	İl yıllık yağışı, uzun yıllar il yağış ortalamasından az. Yeraltı ve yerüstü su seviyeleri düşüyor. Ekim-Kasım-Aralık-Ocak-Şubat-Mart yağışı en kurak yıla yaklaşıyor. (TKYKK Kararı).
	<b>4. ADIM ACİL EYLEM</b>	İl yıllık yağışı, uzun yıllar il yağış ortalamasından çok az, yeraltı ve yerüstü su seviyeleri düştü. Ekim-Kasım-Aralık-Ocak-Şubat-Mart-Nisan-Mayıs-Haziran yağış toplamları en kurak yıl düzeyinde. (TKYKK Kararı).

**Hidrolojik Kuraklık:** Nehir, göl ve yeraltı su kaynaklarında azalan su miktarı olarak tarif edilir. Hidrolojik kuraklık, uzun süre devam eden yağış eksikliği neticesinde ortaya çıkan yeryüzü ve yeraltı sularındaki azalma ve eksikliklerini ifade eder. Bu nedenle kuraklık, “su kaynaklarının (yağışlar, yeraltı ve yüzey suları) beklenen normal seviyelerin ve ortalamaların altında kalması olarak” da tanımlanabiliyor. Nehir akım ölçümleri ve göl, rezervuar, yeraltı su seviyesi ölçümleri ile takip edilebilir. Yağmur eksikliği ile akarsu, dere ve rezervuarlardaki su eksikliği arasında bir zaman aralığı olduğundan dolayı hidrolojik ölçümler kuraklığın ilk göstergelerinden değildir. Meteorolojik kuraklık sona erdikten uzun bir süre sonra dahi hidrolojik kuraklık varlığını sürdürebilir.

Örneğin, 1915, 1930’lu yıllarda ve 1970-1974 arası Türkiye ciddi bir kuraklık tehlikesi geçirmiştir. 1988 -1989 yılları, Güneydoğu Anadolu Bölgesi için en kurak yıllardan biri olmuştur. Keban barajı girişinde Fırat’ın debisi kurak yıllarda  $50 \text{ m}^3/\text{sn}$ ’ye düşmesine rağmen, Keban ve Karakaya baraj göllerinden verilen ilave sularla komşumuz ülkelerle yapılan yazısız anlaşmalardaki  $500 \text{ m}^3/\text{sn}$ ’lik debiyi sağlayabilmek için mevcut depolardan  $269 \text{ m}^3/\text{sn}$  lik bir ilave su ile bu verilen söz yerine getirilmeye çalışılmıştır. Keban barajında 23 Kasım 1989 ile su tutulmasının bittiği 13 Şubat 1990 tarihleri arasındaki 81 günlük süre boyunca sınırimızdan  $515.6 \text{ m}^3/\text{sn}$ ’lik su verilmiştir. Aynı yıllarda İstanbul’da da benzer büyük bir kuraklık yaşanmış.

Ülkemiz de tarımı açısından son derece önemli olan suyun bu sektörde verimliliğinin artırılması için sulama amacıyla hidrolojik tesisler yapılmaktadır. Ülkemizde ekonomik olarak sulama yapılabilecek olan 8,5 milyon ha tarım alanımızın bugün yaklaşık 5 milyon ha’ı sulanabilmektedir. Bu sulanabilir alanın 6.5 milyon ha’a çıkarılması hedeflenmektedir. Güney Doğu Anadolu Projesi (GAP) bu bakımdan ülkemiz için son derece önemli bir projedir. Türkiye genelinde yağışlar azalınca GAP alanı başta olmak üzere tüm nehirlerin taşıdığı su miktarı düşer. Nehirlerle daha az beslenen baraj göllerinin su seviyesi de önemli ölçüde azalarak hidroelektrik enerji üretimi aksar.

Sonuç olarak suyun kısıtlı, yağışların bazı bölgeler dışında miktar ve dağılımının düzensiz olduğu (Şekil 4), büyük şehirlerde ve tarımsal üretimde suyun kısıtlı bulunduğu, içme, kullanma ve sulama suyu kalitesinin gün geçtikçe artan sanayi ve diğer çevre kirlilikleri neticesinde düştüğü ve küresel ısınma düşünülürse, ülkemizin kuraklığın şiddetini çok yakın bir zamanda bugünkünden çok daha fazla hissedeceği açıkça görülmektedir. Hidrolojik kuraklığın artması ile şehir ve ülke sınırlarını aşan nehirlerin kullanımı dâhil birçok uluslararası, ulusal ve yerel su kaynağının paylaşımını ve yönetimini daha da zorlaşacaktır.

Hidroelektrik barajların işletilmesinde de, baraj göllerinin mümkün olduğu kadar dolu tutulması esastır. Bu da ancak kuraklığa karşı önceden planlar hazırlama, kuraklığın sürekli takibi ve zamanında hidro-meteorolojik ayarlamalar yapmak ile mümkündür.

**Tablo 3.** Sulu tarım alanlarında tarımsal kuraklık eylem planı.

<b>KURAKLIK EYLEMİ</b>	<b>NORMAL KOŞULLARDA</b>	Yıllık yağış, uzun yıllar il ortalamasının üzerinde veya yakın değerlerde, su stokları yeterli su kalitesi normal, akarsu akış debileri yeterli.
	<b>1. ADIM KURAKLIK ALARMI</b>	Yıllık yağış, uzun yıllar il ortalamasından az. Ekim-Kasım yağışı azalan seyirde. Akarsu baraj ve göletler ile yeraltı su seviyesi azalma eğiliminde. Su arzı talebin altında. (TKYKK Kararı)
	<b>2. ADIM KURAKLIĞA HAZIRLANMA</b>	Yıllık yağış, uzun yıllar il ortalamasından az. Ekim-Kasım-Aralık yağışı kurak yıllara paralel. Yeraltı ve yerüstü su kaynaklarında azalma. Su arzı talepten az. (TKYKK Kararı)
	<b>3. ADIM KISITLAMA</b>	Yıllık yağış, uzun yıllar il ortalamasından az. Ekim-Kasım-Aralık-Ocak-Şubat-Mart-Nisan yağışı en kurak yıla yakın. Yerüstü ve yeraltı su kaynaklarının seviyesi azaldı. Su arzı talebi karşılamıyor. (TKYKK Kararı)
	<b>4. ADIM ACİL EYLEM</b>	Yıllık yağış, uzun yıllar il ortalamasının çok altında, kurak yıllar seviyesinde. Kasım-Aralık-Ocak-Şubat-Mart-Nisan-Mayıs-Haziran yağışları en kurak yıllar düzeyinde, yerüstü ve yeraltı su kaynakları seviyesi yetersiz. Su arzı, talepten oldukça az. (TKYKK Kararı)

**Sosyo-ekonomik Kuraklık:** Toplumun üretim ve tüketim faaliyetlerini etkileyen su eksikliğidir. Kuraklığın sosyo-ekonomik tanımı meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklıkla bağlantılı bazı ekonomik ürünlerin arz ve talepleriyle ilgilidir. Sosyo-ekonomik kuraklık, yukarıda bahsedilen kuraklık tiplerinden farklı bir durum arz eder. Çünkü bu kuraklık yer ve zamana bağlı olarak ortaya çıkar. Su, gıda, balık ve hidroelektrik santralleri gibi birçok ekonomik ürünün temini hava şartlarına bağlıdır. İklimin doğal değişkenliği nedeniyle bazı yıllar su kaynakları yeterli olsa da sonraki yıllarda bu su kaynakları gerek insanların ve gerekse çevrenin ihtiyaçlarını karşılamaktan uzak olabilmektedir. Sosyo-ekonomik kuraklık yağışlardaki azalmanın sonucu olarak gelişen ve üretimin ihtiyacı karşılayamadığı durumlarda ortaya çıkar.

## 2. Küresel İklim Değişiminin Su Kaynaklarına Etkisi

İklimi yarı kurak olan ülkemizde yaşanan kuraklıktaki artışın birçok nedeni var. Bunların başında: İklim değişimi ile beraber yağışların olduğu yerler ile suya ihtiyacın bulunduğu yerlerin bir birinden çok farklı ve uzakta geliyor olası gelir. Ayrıca içme, kullanma ve sulama suyu kalitesi her gün geçtikçe artan sanayi ve diğer çevre kirlilikleri neticesinde düşüyor. Ve su havzaları korunamayıp tahrip ediliyor...

Özetle su kıtlığına neden olan aşağıdaki gibi belli başlı 5 faktör vardır:

1. İklim şartları (Türkiye için yarı kurak iklim)
2. Kuraklık (Kuru dönemlerin görülme sıklığı ve şiddeti)
3. Çölleşme ve ormansızlaşma
4. Su stresi (Yüksek nüfus, yoğun sanayi nedeniyle aşırı su talebi, kaçak yer altı kuyularının kullanımı)
5. Çevre tahribatı. Su havzalarının amaç dışı kullanımı, kirlilik ve küresel iklim değişimi

Bu nedenler alt alta geldiğinde susuzluğun nedeninin sadece kuraklık olmadığı gerçeği ortaya çıkar. Bazen bunların biri, çoğu kez de bunların birkaçı birden kuraklığa neden olur. Şuan da bunların 5'i de ülkemizin farklı yerlerinde farklı farklı ölçülerde etkili olmaktadır. Bu nedenle, kuraklığın tek bir nedeni ve çözümü yoktur. Problemi ve çözümü bir bütün olarak yapısal ve yapısal olmayan tüm yönleri ile ele almak zorundayız. Yani, kuraklık problemi sadece baraj yapmak, boru döşemek gibi "yapısal" önlemler ile çözülemez. Zaten ülkemizde birçok havzada baraj ve gölet yapılacak yer de kalmadı.

Ülkemizde küresel iklim değişimi sonucu artması beklenen problemler: (1) Kuraklık, (2) Ani seller ve (3) Deniz su seviyesinin yükselmesi gibi üç genel başlık altında toplanabilir. Kuraklık artması demek, daha az yağış, daha çok güneş, sıcak hava dalgalarının daha uzun süreli ve şiddetli geçmesi, daha fazla böcek ve haşere üremesi, susuzluk ve kıtlık yaşanması, daha sık ve uzun süreli orman yangınları anlamına gelir. Bu nedenlerden dolayı, günümüzde iklim değişikliği toplumların en az kalkınma, açlık, sağlık kadar dünyanın üzerinde durması gereken çevre sorunlarının başında gelmektedir.

Ülkemizin de içinde bulunduğu enlemlerde sıcaklıklarda artışların, yağışlarda ve toprak su içeriğinde azalmaların olacağı tahmin edilmektedir. Bütün bunlar yarı kurak olan ülkemizde kuraklığın etkilerinin gelecekte daha da fazla hissedebileceğini, suyun ülkemiz için önemini gelecekte daha da artacağını göstermektedir. Küresel İklim Modelleri ile yapılan projeksiyonlara göre 2030 yılında Türkiye'nin de büyük bir kısmı oldukça kuru ve sıcak bir iklimin etkisine girecektir (IPCC, 1990). Türkiye'de sıcaklıklar kışın 2 °C, yazın ise 2 ila 3 °C artacaktır. Yağışlar kışın az bir artış gösterirken yazın % 5 ila 15 azalacaktır. Bununla birlikte, şu an Türkiye'nin gece ve gündüz sıcaklıkları ile beraber yağış gözlemlerinin trend analizinde ise, Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de özellikle gece sıcaklıklarında istatistiksel anlamda önemli artışların olduğu belirlenmiştir (Kadıoğlu, 1993a,b, 1997; Karl, 1994). Ayrıca, yaz aylarında toprak neminin de % 15 ile % 25 arasında azalacağı tahmin edilmektedir.

Ülkemiz için su hem enerji, hem de tarımsal açıdan son derece önemlidir. Sulama ve enerji amaçlı ülkemizde çok sayıda su yapısı inşa edilmiş ve edilmektedir. Bu su yapılarının amaçlarına uygun faaliyet gösterebilmesi, ancak yeterli miktarda yağışın düşmesi ile



mümkündür. Ülkemizin büyük çoğunluğu yarı kurak iklim şartlarının etkisi altındadır. Bu nedenle hem su kaynakları, hem de genelde yağışa bağlı olan kuru tarım nedeniyle yağışın miktar ve dağılımında meydana gelebilecek değişiklikler ülkemizi ciddi bir şekilde etkileyecektir. Meteorolojik faktörlerdeki değişiklikler birbirinden bağımsız değildir. Sıcaklıktaki bir artış kendini buharlaşmada bir artma olarak hemen gösterecektir. Toprak su içeriğindeki azalma ve kuraklık beraberinde gelecektir.

Böylece Akdeniz Bölgesinde akıştaki mevsimsel salınımlar, hava sıcaklıklarına karşı çok duyarlı olduğu için çok yükselmiştir. Bu da baraj göllerinin su tutma kapasitesini etkilemektedir. Özellikle kar, su toplama havzalarının iklim değişimine gösterdiği reaksiyonu ortaya koyan en iyi faktördür. Bu faktör aynı zamanda havzanın orografik özelliklerine bağlıdır. Yüksek akış katsayıları birçok hidrolojik projenin yapılabilmesine de engel teşkil edecektir.

Hükümetler Arası İklim Değişimi Paneline (IPCC) göre 1990 iklim şartlarına göre Türkiye’de bir yılda kişi başına düşen su miktarı 3,070 metreküptür. Fakat bu suyun büyük bir kısmı suya ihtiyaç olan yerlerde bulunmamaktadır. İklim şartlarının değişmeyeceğini kabul etsek bile, sadece nüfusu artışı nedeniyle 2050 yılında Türkiye’de bir yılda kişi başına düşen su miktarı 1,240 metreküp olacaktır. Artan nüfusumuz ile beraber bir de küresel iklim değişimi sonucu daha kurak bir iklime sahip olacağımız göz önüne alındığında 2050 yılında Türkiye’de bir yılda kişi başına düşen su miktarı 700 ila 1,910 metreküp arasında olacaktır. Bu da şu an Kıbrıs adasında kişi başına düşen su miktarı kadardır. Diğer bir deyişle, değişen iklimi ve artan nüfusu ile Türkiye 2050 yılında iyice su fakiri bir ülke olabilecektir (Kadıoğlu, 2001). Bu nedenle küresel iklim değişimin su kaynaklarımız üzerine olası etkileri araştırılmalı, su kaynaklarımız meteorolojik şartları göz önüne alarak yönetilmeli ve sınırı aşan suların komşu ülkelere ile paylaşımında iklim faktörü de göz önünde bulundurulmalıdır.

Örneğin, ABD ile Meksika’nın sularını paylaştığı Colorado nehrini ele alalım. ABD’den doğup Meksika’dan denize dökülen bu nehrin sularının paylaşımı üzerine yapılan antlaşmada ABD, Meksika’ya vereceği suyun miktarını iklim şartlarına bağlamıştır. Kuraklığın şiddetine göre Colorado nehriyle Meksika’ya verilecek su miktarı azaltılacaktır. Yoksa şiddetli bir kuraklık durumunda saniyede 500 metreküp gibi baraj ve nehirde olmayan veya barajların işletilmesini tehlikeye sokabilecek sabit miktarda bir suyu bulup vermek gibi bir problemle karşı karşıya kalabiliriz. Örneğin, kurak gecen 2000 yılında Suriye’ye söz verilen saniyede 500 metre küp su yerine bazı aylarda saniyede sadece 160 metre küp su verilebilmiştir. Gelecek yıllarda kuraklık artarsa bu miktar zaman zaman daha da azalabilecektir.

Kışın Akdeniz havzasında dağlar mevsimsel olarak karla kaplanır. Dağlarda biriken karlar, kurak gecen yaz aylarında nehirlerle ve göllere su sağlayan doğal bir barajın gölünün suları gibi görev görür. Küresel ısınmadan dolayı, kışın akışta önemli bir artış olurken, yazın akış değerlerinde çok önemli düşüşler olur. Genellikle, düşüşler artışlardan daha fazladır. Sıcak ve kuru havalarda karın erimesiyle akışa geçmeden direkt olarak buharlaşarak (süblimasyon ile) havaya karışması daha fazladır. Karın buharlaşması Doğu Anadolu gibi yarı kurak bölgelerimizde son yıllarda çok sık gözlenmektedir. Bu durumda bazı yıllar mevsim normallerinde kar yağışlarına rağmen nehirlerimizdeki akışın ve baraj göllerimizdeki suyun seviyesinin yükselmemesine neden olur.

Önümüzdeki yıllarda ülkemizde kışın küçük artışa rağmen yağışta yazın büyük bir azalma olacak fakat daha da önemlisi buharlaşma artacak. Kar örtüsü daha da azalacak. Akımları sadece miktarı azalmayacak aynı zamanda pik zamanları değişecek. Kuraklığın sıklığı ve şiddeti artacak. Halen proje çalışmalarında 1500 m olarak kabul edilen ortalama kar sınırı değişecek. Mevcut su kaynaklarının gereksinim duyulan su miktarını karşılayamaması nedeniyle ortaya çıkan su baskısı, hem ulusal ve hem de bölgesel düzeyde artacak. Su temin sistemlerinde "belirsizlikler" yaşanacağından, yatırım projelerinin maliyeti artacak. Belirsizliklerden dolayı, su havzaları ve rezervuarların önemi giderek artacak. Suya olana talebin azaltılması amacıyla, suyun gerçekçi olarak fiyatlandırılmasına her zamankinden daha fazla gereksinim duyulacak.

## 1. Zarar Azaltma ve Kayıp Önleme

Maalesef millet olarak genellikle zorda kaldığımız zamanlar çareler aramaya başlıyoruz. Böylece, kuraklık gibi doğal afetlere karşı toplumumuz hiç de rasyonel davranmamaktadır. Kriz doğduğunda otomatik olarak harekete geçmekte ve tüm zamanımızı ve paramızı kayıplarımızın hafifletebilmesi için harcanmaktayız. Bunun adı "kriz yöntemi"dir. Kriz şartları ortadan kalkınca da, bir sonraki, örneğin, kuraklık için zaman ayırmak ve yatırımlar yapmak da gereksiz ve mantıksız görülmektedir. Çünkü tek başına uygulanan kriz yönetimi; tepkisel, eşgüdümsüz, hedef kitle yanlış, etkisiz, zamansız, güven vermez ve afetin felakete dönüşmesine neden olur. Bunun için ülkemizde kriz yönetiminden risk yönetimine geçerek afetlere müdahale ve iyileştirmeden daha çok afetin oluşmaması, zararlarının azaltılması, hazırlık, tahmin ve erken uyarı konularına önem verilmeli. Aksi takdirde kriz yönetimi ile yani su tamamen bittikten sonra yapacak fazla bir şeyimiz yok.

Hâlbuki tarih boyunca bu topraklarda yaşayanlar susuz kalma tehlikesine karşı yağmur suyunu depolayıp saklamak için özellikle kapalı sarnıçlara önem vermiş. Bizanslılar bununla da yetinmemiş ve bazı binaların kendi su ihtiyacını kendisi karşılaması için yan duvarlarını su geçirmez sıva ile sıvayıp sarnıç haline getirmiş. Aslında bu Anadolu'da da çok eskiden beri kullanılan bir yöntemdir. Arkeolojik kazılarda ortaya çıkan bazı yapılarda, eskiden yağmur suyunu biriktirmek amacıyla duvarın içine monte edilen künkler kanalıyla yağmur suyunun biriktirildiği anlaşılıyor. İstanbul'da tespit edilebilen 80 kadar irili ufaklı çok sayıda sarnıç var. Su tasarrufu Osmanlı döneminde de var: 18. yy. sonunda III. Mustafa su ve odun sarfiyatını önlemek amacıyla hamam yapımını yasaklayan bir ferman çıkarmış.

Osmanlı Bizans'tan kalan büyük sarnıçların içinde su olanlarını kullanmış. Bu sarnıçlardan bazılarının suyu içiliyormuş. Evliya Çelebi Zeyrek Kilise sarnıcının suyu için "pek lezizdir" diye yazıyor. Bugünün susuz şehirlerimizin birçoğunda sarnıçlardan yararlanmak mümkün. Suyu içilmez ama belediyeler bu sarnıçlardan bazılarını temizleyip, sızıntılarını giderip yeniden kullanılabilir hale getirebilir ve parkları, yolları bunlarla sulayabilir. Örneğin Ayasofya'nın altı su doluydu ve zamanında Prof. Dr. Semavi Eyice tarafından Eminönü Belediyesi'ne bu suyu cadde yıkama için kullanmaları önerilmişti."

Görüldüğü gibi su, İstanbul ve Anadolu için Roma ve Bizans dönemi de dâhil hep çözüm bekleyen bir problem olmuş. Roma, Bizans devrinde yapılan su kemerleri, sarnıçlar, İstanbul'a yüzlerce yıl yetti. 21. yüzyılın başına kadar İstanbul hiç bu kadar susuz kalmamıştı... Bu kadar

çok nüfus daha fazla su ihtiyacı demektir, mühendislik harikaları su kemerleri, bentler yüzyıllardır işe yaramıştı, çünkü kent bu kadar şok kalabalık değildi.

İstanbul, Ankara vb. büyük şehirlerimiz bugün kendi kendine yetemeyen, suyu, toprağı ve enerjisiyle başka coğrafyaları sömüren bir dev haline geldi. Yağmur suyunu mahallerde toplamak tek çözüm olamaz elbet. Kuraklıkla başa çıkmak için aynı zamanda su havzalarının korunması, yağmur suyunun toprakla buluşmasını engelleyecek uygulamalardan uzak durmak gerek. Çünkü bu tür uygulamalar yağmur suyunun toprağı sızmasını engelliyor ve yeraltı sularının beslenmesini de önüyor. Hâlbuki yağışlar azaldıkça su havzalarına olan ihtiyaç artacak. Zaten az olan suyun baraj havzalarına yönlendirilmesi için havzaların amaç dışı kullanımının önlenmesi gerek. Normalde bir kentin kendi suyunu kendi havzalarından karşılayabiliyor olması gerektir.

Bu nedenlerden dolayı bugün Türkiye'deki susuzluğun nedeni sadece kuraklığa bağlanamaz ve çözüm başka derelerden su getirmek ve onları da kurutmak da olamaz. Çözüm, her şeyde olduğu gibi yerleşim planlarını da doğanın taşıma kapasitelerini göz ardı etmeden yapmak. Kentlere olan yığılmaları önlemenin yolu dengeli bölgesel planlamanın ve arazi kullanım planlarının yapılması, kırsalda yaşayanların refahının artırılması ve onlara bu konuda destek olunması...

Bilindiğı gibi, kullandığımız suyu hidrolojik çevrimin değişik kısımlarından (atmosferden, yeryüzünden ve yeraltından) sağlayabiliriz. Temel soru şudur: bu kaynaklardan nasıl daha fazla su temin edilebilir? Yağış olarak yer yüzeyine inen suyun bir kısmı bitki örtüsüne tutulur, bir kısmı yüzeyde akararak denizlerde ve yapay göllerde toplanır. Bu suyun bir kısmı da bitkilerden terleme, toprak ve su yüzeylerinden de buharlaşma yoluyla tekrar atmosfere geri döner. Bu süreçlerin her birinde yapay ve doğal göllerde daha fazla suyun toplanması ve daha az su kaybedilmesi için tedbirler alınabilir. Alınan önlemlerden biri su tahmini ve yönetimidir.

Su tahmini ve yönetimi, dünyanın tüm modern kentlerinde, su rezervlerinde mevcut suyun en verimli bir şekilde kullanılabilmesi, suyun planlı olarak şehir şebekesine verilmesi ve kuraklığa karşı zamanında önlem alınabilmesi için:

- su havzaları ve çevrelerinin iklimi iyice bilinir ve değişimler sürekli takip edilir,
- su rezervlerinin klimatolojik su denge analizleri yapılır,
- kısa ve uzun vadeli meteorolojik tahmin ve bilgilere göre rezervuarlarındaki su seviyeleri sürekli olarak ve çok önceden belirlenir.

Farklı şehir veya bölgeler birbirlerine benzer coğrafya, iklim, nüfus gelişim vb. unsurları içermesine karşın kuraklık riskine karşı sergiledikleri duyarlılık ve hassasiyetleri birbirlerinden farklı olabilir. Bir bölgenin kuraklığa karşı hassasiyetini azaltan dolayısı ile maruz kalılabilecek olumsuz etkileri asgaride tutan en önemli faktörler, insanların musluğuna su temini sağlayabilecek alternatif su kaynaklarının ve bu kaynakların değerlendirilmesine olanak sağlayacak olan sağlam bir altyapının varlığıdır.

Bununla beraber, kuraklık tehlikesinin oluşturduğu can ve mal kaybı gibi riskleri hesaplayabilmek için çevre tahribatı ile birlikte sosyo-ekonomik etkilerin belirlenmesi gerekir.

Bu nedenle, kuraklığın etkilerini belirlerken Tarım ve Köy İşleri Bakanlığınca ekonomik, çevre ve sosyal olguların da tek tek dikkate alınması tavsiye edilmektedir.

Günümüzde mevcut tarımsal uygulamalar, tarımsal kimyasalların ve gübrelerin aşırı kullanımı da sulama veriminin düşük olması veya drenajın sağlanamaması gibi nedenlerden su kalitesi ve miktarı ile ilgili problemler yaşanmaktadır. Örneğin; nitrat seviyelerinin yüksek olması, yeraltı suyunda pestisit oluşumu, göl ve rezervuarların ötrofikasyonu, toprak tuzlanması, yeraltı suyu seviyesinin düşmesi ve akarsulardaki düşük akım oluşan problemler arasında sayılmaktadır.

Bireysel önlemler artık küçümsenmemeli. Tavsiye edilen küçük önlemleri milyonlarla çarpıp sağlanacak olan su tasarrufunu düşünün. Bir de bu tür önlemleri yaşam boyu milyonlarca insanın uyguladığında ortaya çıkacak su tasarrufunu ve ekonomik kazancı düşünün. Yoksa yazın içmek için ihtiyaç duyabileceğimiz su ile bugün araba yıkamak, ya da çim sulamak gibi büyük bir yanlış sürdürmeyi mi tercih edersiniz? Unutmayın, suyu ne kadar ekonomik kullanırsak, kuraklığın etkisi de o kadar az olur.

Su kaynaklarının korunmasına yönelik plan ve programlar, kuraklık riskini dikkate almaksızın mevcut su kaynaklarının boş yere ve savurganlık ölçüsünde tüketimleri kontrol etmek ve azalmak üzere hazırlanır ve uygulanır. Bu tür plan ve program çalışmaları; bilgi, eğitim, kampanya ve teşvikler yolu ile tüketicilerin su kullanımına yönelik yaklaşım ve davranışlarını değiştirmeye, su tasarruflarına ve uygulamalarda iyileştirmelere yol açarlar. Herhangi bir kuraklık riskinin bitiminde, kuraklık yönetimi ve su kaynaklarının korunması konu başlıkları topluma karmaşık ve yanlış mesajlar vermemek için birbirlerinden ayrı tutulmalı ve değerlendirilmelidir. Kuraklık riskinin ötelenmesi veya çözümlenmesi, hiçbir zaman toplumun su kaynaklarında boş yere su savurganlığına yönelmesi anlamına gelmemeli ve bu bilinç ve farkındalık topluma aşılmalıdır.

Su kaynaklarının ve su dağıtım şebekelerinin doğru ve düzgün bir şekilde kullanım ve yönetimleri bölgenin kuraklığa karşı olan hassasiyetini azaltacak ve olası kuraklık risklerine karşı daha hazırlıklı olunmasını temin edecektir. Tüm ilgili otoriteler alternatif su kaynaklarının azami düzeyde kullanılabilmesi ve bu imkânların geliştirilmesine destek ve önyak olmalıdır. Tüm toplum kesimleri tarafından da bilinmelidir ki; ciddi ve uzun süreçli bir kuraklık tüm şehrin normal su temin hizmetlerinin tamamen askıya alınmasına sebebiyet verecektir.

## **2. Hazırlık**

Kuraklık ile mücadele planları, kuraklık şartlarının oluşup oluşmadığını tespit edebilmek, kuraklığın ne kadar sürdüğü ve hangi aşamalarda hangi önlemlerin alınması gerektiğini belirleyebilmek için objektif standartlar ortaya koyar. Bu planlar, genellikle Kuraklık Gözetlemesi, Kuraklık Uyarısı ve Kuraklık Alarmı gibi üç aşamadan oluşur. Bir bölgedeki yağış miktarları, nehirlerdeki akışlara ve barajlardaki su seviyelerine göre sırasıyla bu aşamalara geçilir ve önceden belirlenmiş su kullanımı ve yönetimini düzenleyen çeşitli tedbirler yürürlüğe konulur.

Kuraklık planı bireysel vatandaşların, ulusal ve yerel yönetimlerin, kurum ve kuruluşların ve diğerlerinin kuraklık nedeniyle ortaya çıkabilecek olan problem ve etkilerinin zararlarını azaltmak için atılması gereken adımları tanımlar. Bu problemlerin aşılması için bireysel ve kurumsal önlemler tüm paydaşların katılımı ile beraber belirlenip uygulanmalıdır.

Kuraklık yönetim planı, ilgili tüm otoritelerin ve tarafların katımlı ve desteği ile oluşturulur, kuraklık ve akabinde su tasarrufu ve kısıtlamalarının etkin ve pratik bir şekilde çözümlenmelerine yönelik gerekli tüm plan, program ve prosedürleri içerir. Bu nedenle, ülkemizde ilk defa bir kent için Valilik koordinasyonunda Kocaeli Kuraklık Yönetim Planı 31 Mayıs 2005 tarihinde geliştirilmiştir. Kocaeli Kuraklık Yönetim Planı Alt Komisyonu kuraklığın yol açabileceği riskler, kuraklık aşamaları ve her aşamada alınabilecek aksiyonlar ve konunun Kocaeli bölgesi için kritik önem ve hassasiyeti göz önüne alarak Kocaeli bölgesinin karşılaşılabilecek kuraklık problemlerine yönelik çalışmaların ilgili otoritelerce bir plan ve program dâhilinde hayata geçirilmesi uygulamaya konması için bir plan hazırlanmıştır.

Kuraklık yönetim planı, “olası kuraklık riskleri ile karşılaşıldığında yaşanacak olan istenilmeyen etkilerin ve su kesintilerinin minimum seviyelerde tutulması ve mümkün olan en kısa süreçte kuraklık problemlerinin berterafına yönelik olarak oluşturulmuş uygulamalı yönetimsel bir plandır.”

Kocaeli Kuraklık Yönetim Planı aşağıdaki 5 adet temel prensip üzerine oturtulmuştur:

- i. Toplumun sağlığına ve güvenliğine yönelik kaliteli ve düzenli su temini ve tüketim ihtiyaçlarının öncelikle göz önünde bulundurulması.
  - ii. Ekonomik, sosyal, evsel ve endüstriyel aktivitelerinin kesilme ve bozulmalarının asgari düzeyde tutulması.
  - iii. Planın uygulanması süreçlerinde birey ve kuruluşlarla etkin iletişimi ve kampanyalar kurulması yolu ile toplumun bilinçlendirilmesi ve güvenin tesisi.
  - iv. Toplumun su tüketim ihtiyaçlarını, su kısıntılarının boyutunu ve kendine özgü bazı kesimlerin hassasiyetlerini de dikkate alarak, kuraklıktan dolayı yaşanacak sıkıntıların ve planın uygulama sorumluluklarının dengeli paylaşımı
  - v. Etkin, pratik ve esnek bir yapıya sahip kapsamlı, mantıklı ve koordineli bir planın varlığı
- şeklindedir.

Kuraklık planının içeriği ve aşamaları şehri değişik seviye ve büyüklüklerde karşılaşılabileceği kuraklık riskleri olası tüm senaryolar dikkate alınarak hazırlanmalıdır. Kuraklık yöntemi planı, sadece kuraklık riski ve akabinde yaşanabilecek sıkıntılara ve alınabilecek tedbir ve çözümlere yönelik oluşturulmalıdır. Geçici su kesintileri, altyapının zarar görmesi, su kıtlığı ve hastalıklar gibi sebeplerden dolayı yaşanabilecek zorunlu su kısıtlamaları ise bu planlar dâhilinde değildir.

Kuraklık yönetim planının ana aşamaları esas itibarı ile kuraklık kritik tanımlama ve temel yaklaşımlarını, bölgenin potansiyel su kaynaklarını ve bu kaynakların kullanım planlamalarının, birbirini takip eden kuraklık seviye alarm aşamalarının ve söz konusu alarm seviyelerinde ki kuraklığın boyutlarını tespit ve alınacak tedbirlere yönelik çözüm başlıklarını içerir. Nihai olarak da gerek su kaynağına gerekse de su tüketimine yönelik önlem ve ölçütler belirtilmeli, kuraklık aksiyon tabloları oluşturulmalı ve planın ekinde sunulmalıdır.

### Kuraklık Planlarının Yararları

1. Proaktif, zarar azaltmayı ve hazırlığı öne çıkartır
2. Kurum ve kuruluşlar içindeki ve birbirleri arasındaki koordinasyonu geliştirir
3. Erken uyarı ve bütünleşik izleme ile erken uyarıyı kuvvetlendirir
4. Tüm paydaşları katar

şeklinde özetlenebilir.

Olası herhangi kurak bir dönem için yapılacak çalışmalar üç ana çalışma grubunda toplanabilir;

- I. İzleme Birimi: Meteoroloji Mühendislerinden oluşur ve şu an ve gelecek için ne kadar suyun mevcut olduğunu izler.
- II. Etkileri İnceleme Birimi: Doğal kaynak yöneticilerinden oluşur. Tarım, belediyeler gibi çeşitli alanların ne kadar su eksikliğinden etkileneceğine karar verirler.
- III. Kuraklık Görev Gücü: Yüksek seviye resmi memurlardan oluşur, seçimle veya atama ile görev alırlar. Konu ile ilgili kanun yapma yetkileri vardır. Kuraklığın etkileri ve mevcut kaynaklar hakkında bilgi toplarlar.

### 3. Tahmin, İzleme, Uyarı ve Önlemler

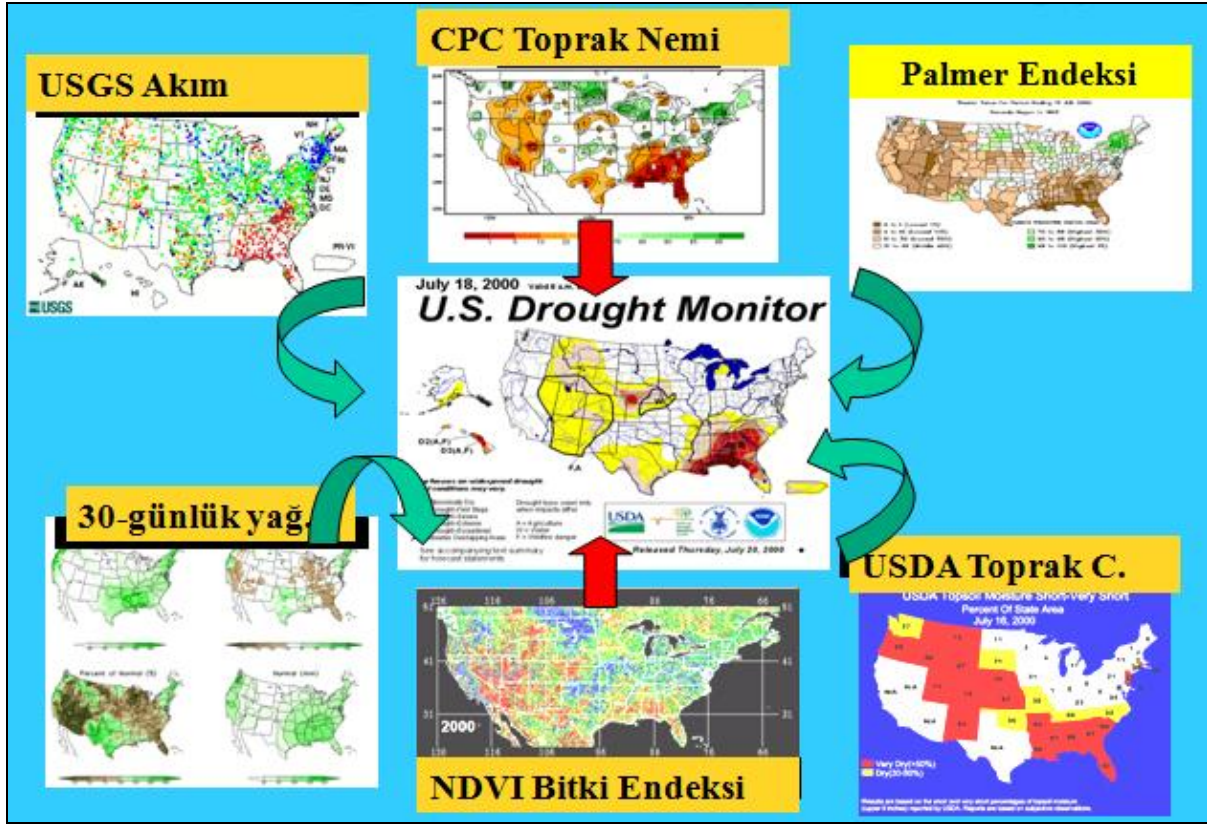
Kuraklık; normalin altında yağış, düşük toprak nemi, sıcak kuru hava gibi birçok faktörün bileşiminin bir sonucudur. Bunun için sıcaklık, yağış, yüzey akışı, toprak nemi gibi ana iklimsel ve hidrolojik değişkenler düzenli olarak izlenmeli ve normal değerlerden olan sapmalarının trendi gözlenmelidir. Kuraklık endeksleri formüle edilip limitleri tanımlandığında kuraklığı izlemek ve araştırmak için çok kullanışlı anahtar olacaktır.

Kuraklık olduğunu anlamak için aşağıdaki parametreler ölçülüp izlenmelidir:

- Yağış
- Dere ve Nehirlerdeki Akış
- Yer altı Su Seviyesi
- Kuraklık İndeksleri
- Reservoir seviyeleri

bir bütün olarak ve bir elden takip ederek anlayabiliriz (Şekil 7). Bu parametreler ile bütünleşik kuraklık haritası hazırlanmalı ve en az haftada bir yenilenip yaygın bir şekilde yayımlanmalıdır. ABD’de Nebraska Üniversitesinde bulunan Kuraklık Araştırma Merkezi tarafından her perşembe haftalık raporlarını yayınlıyorlar (Şekil 8). Yayınlanan bu haritalardaki şiddete göre her il ilçe kuraklık ile ilgili gerekli tedbirini alıyor. Risk planlarını devreye sokuyor.

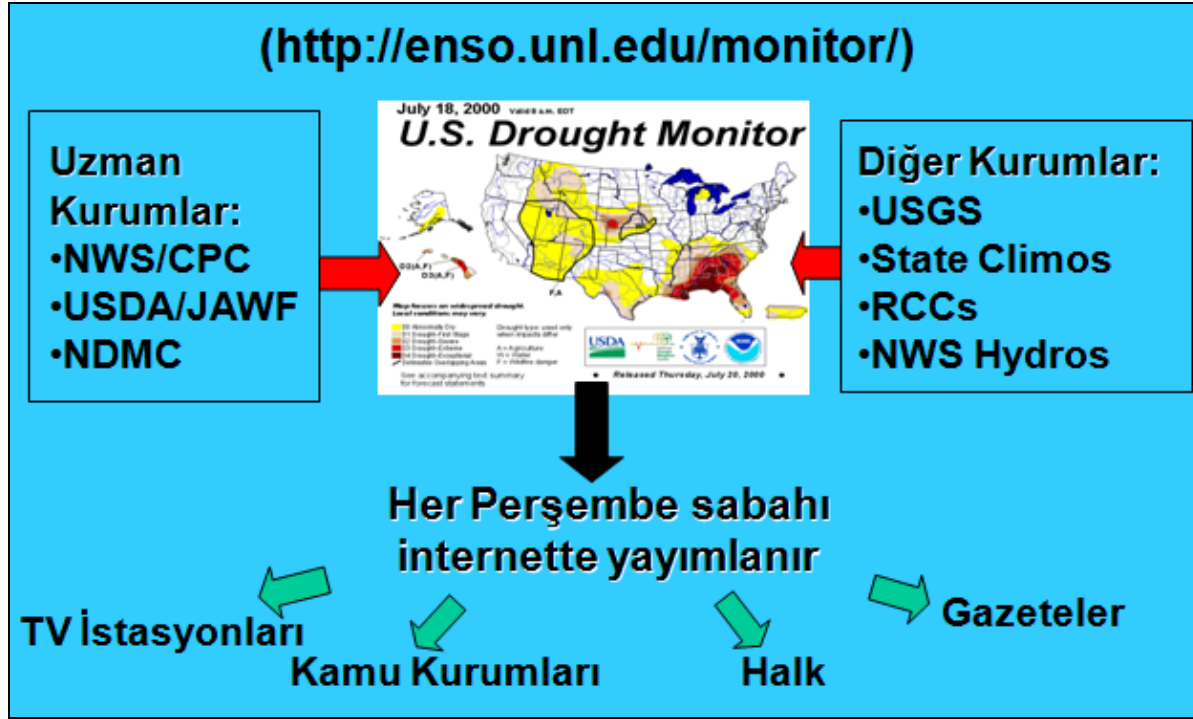
Kuraklık riski göz önüne alınarak bütün sektörlerin ve ilgili otoritelerin katılımı ile (Valilik, Büyükşehir Belediyesi, DSİ Şube Müdürlüğü, Su Müdürlüğü, Sanayi ve Ticaret Odaları, ilgili Mühendis Odaları, Sivil Toplum Örgüt ve Kuruluşları, Üniversiteler, Özel Sektör Kuruluşları,) “Kuraklık Yönetim Ekibi” oluşturulur. Bu ekip kuraklık riskine yönelik eşgüdümlü planlamalar, yazılı ve görsel basın aracılığı ile bölge halkının kuraklık risklerine yönelik farkındalık ve bilgilendirmeleri yapabilmektedir.



**Şekil 7.** ABD’de Nebraska Üniversitesi tarafından hazırlanan bütünleşik kuraklık haritasının hazırlanmasında kullanılan belli başlı parametreler (Wilhite ve Pulwarty, 2005)

Kuraklık yönetimi ve su kaynaklarının korunması konu başlıkları her ne kadar birbirlerine tamamlayacak şekilde tanımlansalar da, aralarında önemli ve dikkate değer bir fark vardır. Kuraklık yönetimi, kuraklığın negatif etkilerini azaltmak üzere hazırlanan plan ve aksiyonların hayata geçirilmesini gerektirir ve alternatif su kaynaklarına yönelim ve su tüketim taleplerinin geçici olarak kısıtlanmasını sağlayan önlemler de bu planın bir diğer önemli parçasıdır.

Kocaeli için hazırlanmış kuraklık yönetim planı, aşağıda açıklanan, 5 ana aşamadan oluşmaktadır. Her bir aşama birbirine takip eden ve hayati öneme sahiptir. Su tüketim ihtiyaçlarının ciddi miktarlarda değişimi veya su ihtiyacını karşılamada ki yetersizlikler topluma yönelik su kısıntı deklarasyonlarına yol açar. Her bir kuraklık aşaması alarm seviyesi ve buna bağlı yönetimsel alınabilecek tedbirler ekte tablolarla sunulmalıdır. Böylece kuraklık aşamaları şu şekilde tarif edilmektedir:



**Şekil 8.** Nebraska Üniversitesi tarafından hazırlanan bütünleşik kuraklık haritasına katkıda bulunan kuruluşlar ve bu haritanın dağıtımı.

**1. Aşama Kuraklığın İzlenmesi:** Kuraklık planının uygulanmasında ilk aşama olan kuraklığın izlenmesi ve gözlenmesi oldukça önem arz etmekte olup, bu aşamada mevcut su kaynakları bölgenin ihtiyaçlarını yeterli sayılabilecek düzeylerde ve fazla kısıtlamalar yaşanmadan karşılayabilmektedir ki, tüm su kaynakları ve onların imkânlarından bu aşamada faydalanabilmek mümkündür. Bu aşamada ileriye dönük hazırlıklı olmak üzere ilgili otoritelerin kararlılığı ile su tüketimlerinde %5 ile %10 oranların arasında su tasarrufuna yönelik kısıtlamalara gidilmesi uygun olacaktır. İlgili şehir otoriteleri yazılı ve görsel basın aracılığı ve kampanyalarla kamu kurum ve kuruluşlarının, iş yerlerinin ve konutların daha dikkatli su tüketilmelerine ve tasarruflarına teşvik ederler. Bu aşamada kuraklığa yönelik su kullanımının azaltılmasında esas ölçüt, insanların bu yöndeki isteklilikleri, kararlılıkları ve gönüllü olarak 1. aşamada çalışmalarına destek ve katılım vermeleridir. Kuraklığın izlenmesi aşamasına ilişkin detaylı aksiyon tablosu hazırlanmalıdır.

**2. Aşama Kuraklık Alarmı:** Bölgenin normal su tüketim ihtiyaçları karşılanamayacak ölçüde ve gereken mevcut su kaynaklarının yetersizliği söz konusu ise 2. aşama olan kuraklık alarmı aşamasına geçilir. Bu aşamada şehre temin edilen su miktarlarının %11 ile %20 arasındaki oranlarda tasarruflara ve kısıtlamalara gidilmesi gerekecektir. İlgili otoriteler, işyerlerine ve konutlara gönüllü bir şekilde su tüketim tasarrufunda bulunmalarına yine duyururlar, teşvik ederler ve yetersiz kalınması durumunda gereken su ihtiyacının karşılanamayacağını ve akabinde zorunlu su kısıtlamalarına gidileceğini belirtirler ve kısıtlamalara gidilir. Kuraklık alarmı aşamasına ilişkin detaylı aksiyon tablosu hazırlanmalıdır.



**3. Aşama Kuraklık Deklarasyonu:** İlgili bölge otoritelerince su kaynaklarının yetersizliği ve bunun sonucunda zorunlu su kısıtlamalarına gidildiği duyurulur ve %21 ile %30 oranlarında su tüketim miktarları kısıtlanarak gereken tasarruflara gidilir. İlgili otoritelerce bölge içerisinde kamuya açık ve ortak kullanımda olan noktalardan başlanarak yapılabilecek tüm olası su kesinti ve kısıtlamaları uygulamaya konulur. Toplum yazılı ve görsel basın aracılığı ve kampanyalarla düzenli ve doğru bir şekilde yaşanan kuraklık ve buna karşılık alınan önlem ve tedbirler hakkında bilgilendirilir. Gelebilecek tüm soru ve şikâyetler ilgili birim ve yetkililerce koordineli bir şekilde cevaplandırılır. Kuraklık deklarasyonu aşamasına ilişkin detaylı aksiyon tablosu hazırlanıp planın ekine konulmalıdır.

**4. Aşama Kuraklık Acil Durum:** Bölgenin minimum düzeyde de olsa asgari su tüketim ihtiyaçlarına cevap verebilecek ölçüde zorunlu su kısıtlamalarına gidildiği, su kaynaklarının ciddi bir şekilde korunmasına yönlendiği ve kuraklık yönetim ölçütlerinin mercek altına alındığı acil bir durumdur. İlgili otoritelerce bölgeye verilen su tüketimleri %31 ile %40 arasında tasarruflara gidilerek kısıtlanır ve bu kısıtlamalar esnasında bölgenin öncelikleri ve kritik ihtiyaçları dikkate alınır. İlgili otoritelerce topluma ve diğer üst düzey otoritelere de gereken bilgilendirme ve deklarasyonlarda bulunulmaya devam edilir. Yazılı ve görsel basın aracılığı ve kampanyalarla tüm toplum kesimleri bilgilendirilir ve diğer olası diğer su temin kaynaklarının devreye alınması zorunludur. Kuraklık acil durum aşamasına ait detaylı aksiyon tablosu hazırlanıp ekte verilmelidir.

**5. Aşama Tam Kuraklık:** Baraj Gölü havzalarında ve bölge içi diğer kaynaklarda kullanılabilir faydalı ham suyun tamamen tükendiği ve su arıtım, temin ve dağıtım hizmetlerinin yapılamadığı durumdur. İlgili otoritelerce mevcut depolarda ve boru hatları içerisinde kalan sular ile bölgesel diğer tüm kaynakların değerlendirilmesi zorunlu bir durumdur. Vilayet dışı bölgelerden de su temin desteği alınması söz konusudur. Toplumun ve ilgili makamların gelinen durum hakkında bölge otoritelerince bilgilendirilmesi ve bu yönde düzenli ve sağlıklı deklarasyonların yapılması gereklidir. Tam kuraklık riskine yönelik detaylı aksiyon tablosu ektedir.

Kuraklık yönetim planlarının oluşumunda su yılının eylül ayları başlangıç alınarak yapılması ve su tüketim planlamalarının, altyapı iyileştirme çalışmalarının ve diğer başkaca su kaynak kullanımının su yılı esas alınarak değerlendirilmesi gereklidir.

#### **4. Terkos Barajı için basit bir uygulama**

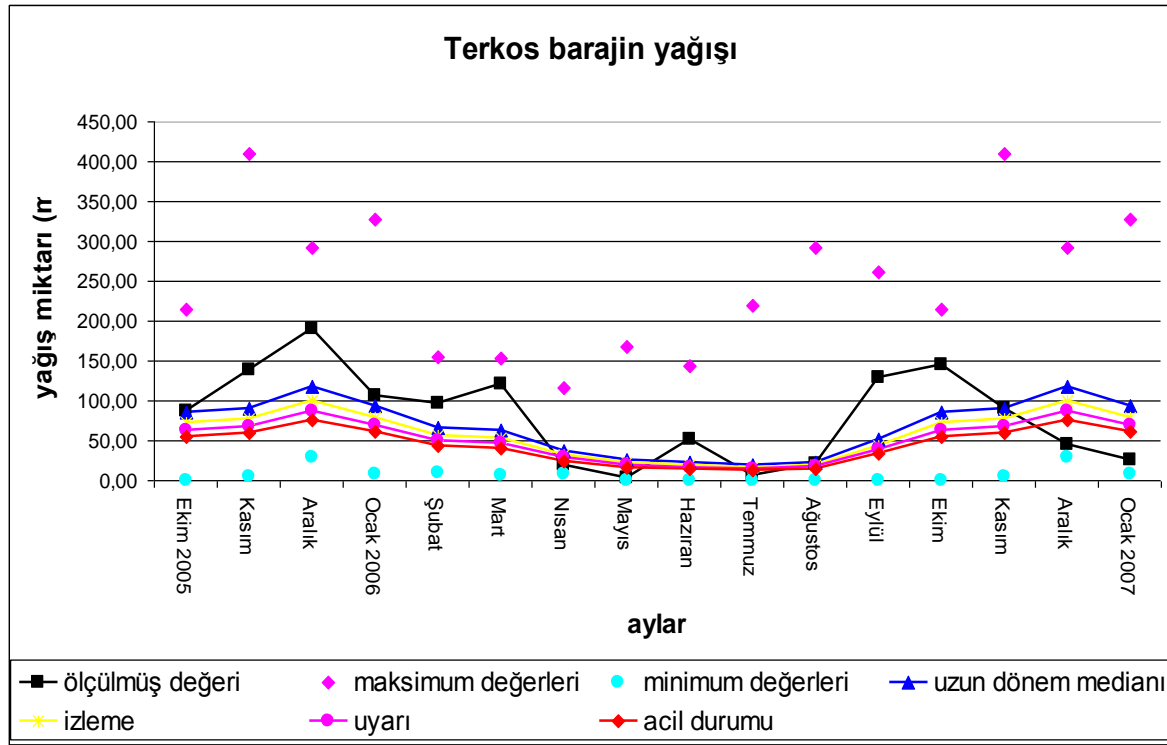
Terkos havzasına yönelik veri analizinde istasyon için uzun yıllar ortalama, mevsim normali, uzun dönem medyan hesaplanmıştır (Şekil 9).

**Tablo 4.** Değişik hidro-meteoroloji parametrelere göre tavsiye edilen kuraklık seviyeleri.

	İzleme	Uyarı	Acil Durum
<b>Yağış Eksikliği (12 aylık kuraklık süresince)</b>	Normal yağıştan %15 (eksik)	Normal yağıştan %25 (eksik)	Normal yağıştan %35 (eksik)
<b>Akımlar</b>	30-günlük ortalama akım bu zamanın %75'i boyunca düşük oldu	30-günlük ortalama akım bu zamanın %90'ı boyunca düşük oldu	30-günlük ortalama akım bu zamanın %95'i boyunca düşük oldu
<b>Yeraltı Su Seviyesi</b>	30-günlük ortalama seviye bu zamanın %75'i boyunca düşük oldu	30-günlük ortalama seviye bu zamanın %75'i boyunca düşük oldu	30-günlük ortalama seviye bu zamanın %95'i boyunca düşük oldu
<b>Toprak Nemi-Palmer Kuraklık Şiddet Endeksi</b>	Değer -2.00 ila - 2.99	Değer -3.00 ila - 3.99	Değer -4 veya daha az

**Tablo 5.** Hidro-meteoroloji parametrelerin durumuna göre tavsiye edilen kuraklık önlemleri.

<b>İzleme/Watch</b>	% 5 ila %15 arasında gönüllü su tasarrufu için çağrıda bulunulur.
<b>Uyarı/Warning</b>	% 15 ila %35 arasında bazı konularda gönüllü su tasarrufu, bazı konularda önemli kısıtlamalar getirilir.
<b>Acil/Emergency</b>	%35 ve üzerinde gereksiz su kullanımında zorunlu kısıtlama yaptırımları tümüyle yürürlüğe konulur.

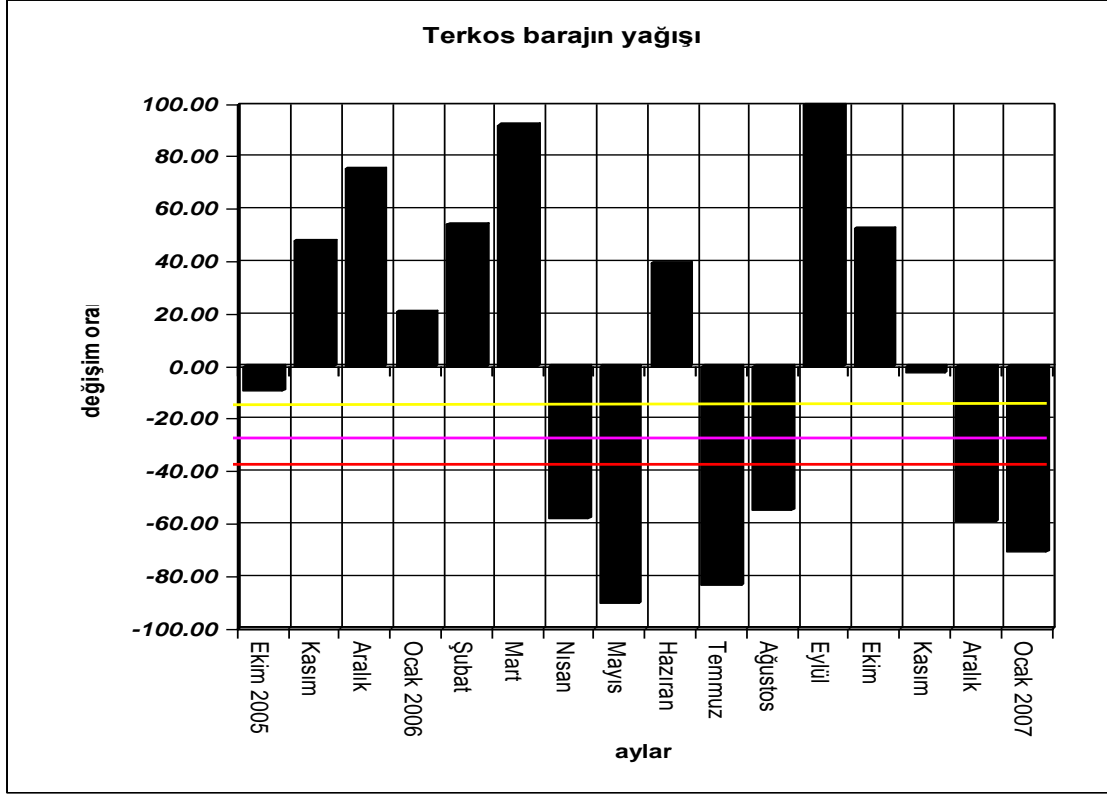


**Şekil 9.** Terkos'da yağışın için klimatolojik analizi.

Kuraklık İzleme aşamasının limiti, uzun dönem medyandan %15 oranla daha az miktarda yağışın olduğu durumlarda bildirecek şekilde hesaplandı (Tablo 4). Aynı şekilde Kuraklık Uyarı ve Acil Kuraklık Durumu aşamaları için ise uzun dönem medyandan %25 ve %35 yağış eksikliğinin yaşandığı dönemlere denk gelmektedir (Tablo 5). Kuraklık analizinin yapıldığı Ekim 2005 – Ocak 2007 arasındaki her ay için ölçülen yağış değerlerinin, mevsim normaline göre değişimi oranı hesaplandı.

Değişim orana göre yağın yağış miktarında mevsim normalinden %15 - %25 eksiklik mevcut ise kuraklık plana göre Kuraklık İzleme Aşaması, %25 - %35 eksiklik mevcutsa Kuraklık Uyarı ve %35 fazla eksiklik gözleendiğinde Acil Kuraklık aşama başlatılacaktır. Ayrıca her istasyonlar için her ayın maksimum ve minimum toplam yağış miktarları belirlenmiştir. Terkos barajının meteoroloji istasyonunda ölçülen verileri ve yapılan analizleri Tablo 6'da özetlenmiştir

Şekil 10'dan görüldüğü gibi ilk aylardaki yağış miktarı normal ve normalin üstünde olmasına rağmen Nisan ayından başlayarak yağış miktarında ciddi azalmalar gözlenmektedir. Kurak geçen ayların ardı ardına geçmesi kuraklığın büyüklüklerini ve zarar derecelerini artırmaktadır. Terkos barajı yağış miktarın değişimi kuraklık plana göre topluca değerlendirilmesi Tablo 6'da görülmektedir.



Şekil 10. Terkos barajının yağışı miktardaki değişim oranı.

Tablo 6. Terkos barajının kuraklık durumu.

	2006 su yılı												2007 su yılı			
	2005 yıl			2006 yıl									2007 yıl			
	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak
<b>Norma</b>																
<b>İzleme (%15)</b>																
<b>Uyarı (%25)</b>																
<b>acil (%35)</b>																

## 5. Sonuç ve Öneriler

Ülkemiz için su, hem enerji, hem de tarımsal açıdan son derece önemlidir. Sulama ve enerji üretme amaçlı ülkemizde çok sayıda su yapısı inşa edilmiş ve edilmektedir. Bu su yapılarının amaçlarına uygun faaliyet gösterebilmesi, ancak planlanırken düşünülen miktarda yağışın düşmesi ile mümkün. Bilindiği gibi buharlaşma, küresel ısınma ile artacak ve ülkemizde daha şiddetli ve uzun süreli kuraklıklar görülebilecek. Bu nedenle hem su kaynakları, hem de genelde yağışa bağlı olan kuru tarım ve hidro-elektrik enerji üretimini ciddi bir şekilde etkilenebilecek. Ayrıca hidrolojik döngüdeki değişimler, sulama ve su sağlama problemlerinin yanı sıra ani sel olaylarında da artışı beraberinde getirecektir.

Yerel yönetimlerin su bütçesi yapmaması, kuraklığı afet saymamamız, kuraklığı adam gibi izlemememiz, kuraklıkla kuraklık mücadele planları ile mücadele etmemiz, risk yönetimi yerine kriz yönetimi uyguluyor olmamız, su kullanımında doğru teknoloji kullanmamız ve uygulamalarda bulunmamız, çarpık şehirleşme yani belli yerlerde yoğunlaştırdığımız aşırı nüfus ve sanayi ile yarattığımız aşırı su talebi, şehir su şebekelerinden yüzde 50'lere varan su sızıntıları, su sıkıntısının tek çözümünün baraj yapmak ve boru döşemek olarak algılanması, su havzalarının amaç dışı kullanılması ve kirletilmesi ile birlikte yarı kurak bir ülke olan Türkiye'de küresel iklim değişiminin etkilerinin görülmeye başlanması. Özetle, çevre koruma, arazi kullanımı, kuraklık, vb. ülkemizde bilimsel ve bütünlük bir şekilde ele alınmamasından dolayı Türkiye'de kuraklık gelişmiş ülkelere nazaran daha büyük bir problemdir.

Yoğunlaşan nüfus ve sanayi, iklim değişimi, kuraklık, kirlilik ve su havzalarındaki yapılaşma nedeniyle ülkemizde su kalitesi, arz ve talebi değişmekte. Ülkemizde kuraklık, geçmişte olduğu gibi gelecekte de büyük problemlere neden olabilecek. Bunun için yerel yönetimler su bütçelerini hazırlanmalı, kuraklığı meteorolojik, hidrolojik, tarımsal ve sosyo-ekonomik yönü ile izlemeli ve gerektiğinde erken uyarı ile su tasarrufu, vb. önlemlerin gecikmeden yürürlüğe girmesini sağlamalı. Bunun için de her su yılının başı 1 Ekim'de yürürlüğe girmek üzere bireysel vatandaşların, ulusal ve yerel yönetimlerin, kurum ve kuruluşların ve diğerlerinin kuraklık nedeniyle ortaya çıkabilecek olan problem ve etkilerinin zararlarını azaltmak için atılması gereken adımları tanımlayan "Kuraklıkla Mücadele Planları" hazırlayıp uygulanmalı. Böylece su kullanımında, zarar azaltma ve hazırlığı öne çıkartan; kurum ve kuruluşlar içindeki ve birbirleri arasındaki koordinasyonu geliştiren; erken uyarı ve bütünlük izleme ile zamanında önlem alınması sağlayan ve tüm paydaşlar sürece katan proaktif bir yapı oluşturulmalıdır. Ayrıca, içme ve sulama suyu, sınırı aşan sular, ekolojik göçler, çölleşme, yok olan yaban hayatı, meralar, tarım alanları ve tarımsal üretim, azalan hidroelektrik üretimi gibi büyük problemler ile karşı karşıya olan ülkemizde de kuraklık, afet mevzuatına dâhil edilmelidir.

Çünkü uzak yerlerden su getirme projeleri kısa vadede problemi çözerse de uzun vadede çözüm değildir ve başka problemlere neden olur. Bu nedenle, azalan su varlığımız havzalar arasında projelerle taşınmamalı, doğal bütünlük bozulmamalı su yerinde değerlendirilmeli. Su havzalarımızın planlaması yapılarak suyu daha az tüketen bitkilerin yetiştirilmesine dikkat edilmeli. Tarımda vahşi sulama ve büyük yağmurlama sistemleri yerine damla sulama gibi mikro sulama sistemlerinin kullanımı teşvik edilmeli. Rüzgârlı ve yağışlı havalarda birlikte gündüz sulama yasaklanmalı. Bitkilerin su ihtiyacını doğru belirleyebilmek için her ilçeye en

az bir tane “tarımsal meteoroloji istasyonu” kurulmalı. Drenaj suları doğal arıtımla yeniden kazanılmalı. Su kullanım planlaması doğal varlıkların su ihtiyacını da gözetmeli. Sanayinin suya olan gereksinimini en aza indirecek teknolojiler desteklenmeli. Sürdürülebilir üretim ve tüketim teşvik edilmeli. Suyun sanayide kullanımında kapalı su devre sistemleri geliştirilmeli, buna rağmen çıkacak atık sular da arıtımla geri kazanılmalı. Kentlerde su kullanımında bütün tasarruf önlemleri alınmalı, şebeke su kayıpları engellenmeli. Ayrıca ülkemizde denetimsiz açılan kuyuların, taban suyu düzeyinin hızla azalmasına yol açacağı, zemin çökmeleri ve akabinde yapısal hasar ve taşkınların artma tehlikesini beraberinde getireceği gözden uzak tutulmamalı. Bütün bunlar için de acilen bir Su Çerçeve Yasası çıkartılmalıdır.

Türkiye yarı kurak bir ülkedir. Ayrıca kuraklık sosyo-ekonomik etkileri, kalıcılığı ve çözüm bulmadaki zorluk nedeniyle dünyadaki en tehlikeli doğal afet olarak kabul edilmektedir. Kuraklık şehirlerde kullanma suyu kıtlığının yanı sıra, tarımsal ürün ve hidro elektrik üretiminde de büyük düşüslere yol açabilir. Bu nedenle, su havzalarının ve tarım alanlarının korunması büyük önem arz etmektedir. Ayrıca kuraklık, ülke içinde şehir sınırlarını aşan sular ile beraber ülke sınırlarını aşan sularda da büyük sıkıntılara yol açabilecektir.

Sonuç olarak suyun kısıtlı, yağışların bazı bölgeler dışında miktar ve dağılımının düzensiz olduğu, büyük şehirlerde ve tarımsal üretimde suyun kısıtlı bulunduğu, içme, kullanma ve sulama suyu kalitesinin gün geçtikçe artan sanayi ve diğer çevre kirlilikleri neticesinde düştüğü ve küresel ısınma düşünülürse, ülkemizin kuraklığın şiddetini çok yakın bir zamanda bugünkünden çok daha fazla hissedeceği açıkça görülmekte.

Suyun yönetimine, kuraklık planlarına, suyun yeniden kullanımıyla ilgili sistemlerin geliştirilmesi ve sulama tekniklerinin iyileştirilmesine yönelik çabalar yoğunluk kazanmalı. Akdeniz havzasındaki su kaynaklarıyla ilgili bölgesel değişiklikleri belirlemek üzere, bölgesel çalışmalara gereksinim var. Bu nedenle, su kaynakları yatırımlarının ve tesislerin planlanması ve işletilmesinde iklim değişiminin söz konusu etkilerinin de göz önünde bulundurulmalı.

Yarı kurak bir iklim kuşağında yer alan ülkemizin kuraklığın şiddetini yakın bir gelecekte bugünkünden çok daha fazla hissedebileceği açıktır. Suyun artan önemi göz önünde bulundurularak, ilerideki yıllarda, suyun yönetimine, kuraklık planlarına, suyun yeniden kullanımıyla ilgili sistemlerin geliştirilmesi ve sulama tekniklerinin iyileştirilmesi çabaları yoğunluk kazanmalıdır.

Çünkü küresel iklim değişimi sonucunda, ülkemizde şuan yağışların alansal dağılımı, şiddeti ve süresi değişmekte. Bunun sonucunda, ülkemizde buharlaşma artmakta, yağış düzeni değişmekte, toprak nemi ve kar örtüsü azalmakta, şiddetli yağışların sıklığı artmakta, akışlar ve akifer beslenmesinde azalmalar olmakta, şehirlerde ani seller ve kıyasal alanlarda deniz suyu girişi artmakta ve barajlarda daha fazla buharlaşmayla kayıplar olmaktadır.

Bu nedenle, artık su kaynakları yatırımlarının ve tesislerin planlanması ve işletilmesinde iklim değişiminin söz konusu etkilerinin de göz önünde bulundurulmalı. Ayrıca su kaynaklarımız meteorolojik şartları göz önüne alarak yönetilmeli, su havzaları korunarak su havzalarından bir çakıl taşı dahi verilmemeli, şehirler planlanırken su kaynakları dikkate alınmalı ve ülke sınırı aşan suların komşu ülkelere ile paylaşımında iklim faktörü de mutlaka göz önünde bulundurulmalı.

Ayrıca, suyun kısıtlı, yağışların bazı bölgeler dışında miktar ve dağılımının düzensiz olduğu, büyük şehirlerde ve tarımsal üretimde suyun kısıtlı bulunduğu, içme, kullanma ve sulama suyu kalitesinin gün geçtikçe artan sanayi ve diğer çevre kirlilikleri neticesinde düştüğü ve küresel ısınma düşünülürse, ülkemizin kuraklığın şiddetini çok yakın bir zamanda bugünkünden çok daha fazla hissedeceği açıkça görülmektedir. Kuraklığın artması ile şehir ve ülke sınırlarını aşan nehirlerin kullanımı dâhil birçok uluslararası, ulusal ve yerel su kaynağının paylaşımını ve yönetimini daha da zorlaşacaktır. Bütün bunlar, ülkemizin ileride karşılaşılabileceği tehlikenin boyutlarını göstermesi açısından son derece önemlidir.

## Kaynaklar

**Andreadis, K. M., and D. P. Lettenmaier**, 2006: Trends in 20th century drought over the continental United States. *Geophysical Research Letters* 33, L10403, doi: 10.1029/2006GL025711.

**Bigford, T.E.**, 1991: Sea-level rise, nearshore fisheries, and the fishing industry. *Coast. Mgmt.*, 19, 417-437.

**Changnon, A.C.**, 1992: Inadvertent Weather Modification in Urban Areas; Lessons for Global Climate Change, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 73 (5), 619-26.

**Christensen, N.S., A.W. Wood, N. Voisin, D.P. Lettenmaier, and R.N. Palmer**, 2004: The effects of climate change on the hydrology and water resources of the Colorado River Basin. *Climatic Change* 62: 337-363.

**Crutzen, P.J. and E.F. Stoermer**, 2000: The "Anthropocene". IGBP Newsletter.

**Diodato, D.M., D.A. Wilhite, and D.I. Nelson**, 2007: Managing drought in the United States: A roadmap for science and public policy. *EOS* 88 (9).

**EPA**, 2002: Greenhouse Gases and Global Warming Potential Values, Excerpt from the Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2000. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Atmospheric Programs.

**Giorgi, F. and Francisco, R.**, 2000: Evaluating uncertainties in the prediction of regional climate. *Geophysical Research Letters*, 27(9), 1295-1298.

**Hannah, J. (Eds.)**, 1992: Sea Level Changes: Determination and Effects, American Geophysical Union, Washington, D.C..

**Hsu, K. J.**, 1983: "*The Mediterranean was a Desert*", Princeton University Press,

**IIDD**, 2001: "*Septième conférence des parties de la Convention Cadre sur les Changements Climatiques*", 2001, L'Institut International du Développement Durable (IIDD)

**IPCC** (Intergovernmental Panel on Climate Change), 1990: Climate Change: The IPCC Scientific Assessment; J.T. Houghton, G.J. Jenkins, J.J. Ephraums, Eds.; Cambridge University Press, Cambridge.

**IPCC** (Intergovernmental Panel on Climate Change), 1995: Climate Change 1995: The Science of Climate Change; J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell, Eds.; Cambridge University Press, Cambridge.

**IPCC**, 2001: "*Third Assessment Report on Climatic Change*"

**IPCC**, 2001a, Climate Change 2001: The Scientific Basis Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change J. T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden and D. Xiaosu (Eds.) Cambridge University Press, UK. pp 944.

- IPCC**, 2001b, Climate Change 2001: *Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Third Assess. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) [James J. McCarthy, Osvaldo, F., Canziani, Neil A. Leary, David J. Dokken and Kasey S. White (Eds.)] Cambridge Uni. Press UK, pp 1000.
- JMA**, 1999: "*Climate Monitoring Report*", Japan.
- Kadıoğlu, M.** (Editör), **2001**: Kuraklık Kıranı. Güncel Yayıncılık, İstanbul, 128.s. (ISBN 975-8621-05-X).
- Kadıoğlu, M. ve Şaylan, L.**, 2004: Küresel İklim Değişimi ve Su Kaynaklarımız. İstanbul ve Su Sempozyumu, TMMOB Mimarlar Odası 8-9 Ocak 2004, İstanbul.
- Kadıoğlu, M.**, 1993a: Türkiye'de İklim Değişikliği ve Olası Etkileri. Çevre Koruma, 47, 34-37.
- Kadıoğlu, M.**, 1993b: GAP Bölgesinde Beklenen İklim Değişiklikleri. TMMOB GAP'ta Teknik Hizmetler Sempozyumu, 10-12 Kasım 1993, Ankara. 327-343.
- Kadıoğlu, M.**, 1997: Trends in Surface Air Temperature Data Over Turkey. Int. Journal of Climatology, 17, 511-520.
- Kadıoğlu, M.**, 2001: "*Küresel İklim Değişimi ve Türkiye: Bildiğiniz Havaaların Sonu*", Güncel Yayıncılık, İstanbul, 2001.
- Kadıoğlu, M.**, 2006: Afetler Konusunda Kamuoyunun Bilinçlendirilmesi ve Eğitim; Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E., eds., 2. baskı, "Afet Yönetiminin Temel İlkeleri" içinde; s. 67-80, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 1, Ankara.
- Kadıoğlu, M.**, 2006: Kurum ve Kuruluşlar için Afet Acil Yardım Planı; Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E., eds., 2. baskı, "Afet Yönetiminin Temel İlkeleri" içinde; s. 101-108, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 1, Ankara.
- Kadıoğlu, M., İ. Gürkaynak, H.A., Poydak**, 2004: KIZILAY ile Güvenli Yaşamı Öğreniyorum – Öğrenci Kitabı, Türkiye Kızılay Derneği, Ankara, ISBN-975-92079-1-5.
- Kadıoğlu, M., İskender, H.**, 2001: Acil Durumlarda Basın ve Halkla İlişkilerin İlkeleri, İTÜ Afet Yönetim Merkezi-İTÜ Press Yayınları, İstanbul.
- Kadıoğlu, M., Şen, Z., and Batur, E.**, 1998: The greatest soda-water lake in the world and how it is influenced by climatic change, Ann. Geophysicae, 15, 1489-1497.
- Karl, T.**, 1992: Nighttime Warming Trend Identified, Science News, 140 (1), 4.
- Kung, E.C.**, 1988: Climate Dynamics Course Notes, Dept. of Atmospheric Science, University of Missouri.
- Nicholls, R.**, 2001: "*Impacts of global warming*", Middlesex University, London
- Özgüler, H.**, 2002: Küresel iklim değişimi ve su kaynaklarımız üzerindeki olası etkileri, **DSİ** Bülteni, Sayı: 491-492 (Mayıs - Haziran 2002).
- Palutikof, J.**, 2001: "*Climates of the Mediterranean: Present and Future Patterns*", Climatic Research Unit, University of East Anglia, Norwich, UK
- Prieto, M.**, 2001: "*Driving Forces Affecting The Hydrological Regime in Mediterranean Areas*", CEDEX, Ministerio De Medio Ambiente, Spain
- Pulwarty, R.**, 2003: Climate and water in the West: Science, information and decision-making. *Water Resources* (update) 124: 4-12.
- Rasmusson E.M. and J.M. Wallace**, 1983: Meteorological Aspects of the El Niño/Southern Oscillation. Science, (222), pp. 1195-1202.
- Riebsame, W., S. Changnon, and T. Karl**, 1991: Drought and Natural Resources Management in United States. Boulder, CO: Westview Press.
- Seval Sözen ve Filiz Piroğlu, 1999**: Acil Durum Yöneticileri için Zarar Azaltma Yöntemleri, İTÜ Afet Yönetim Merkezi Yayınları, İTÜ Press.



- Şaylan, L.**, 1993, Toprak su içeriğinin ve bitkisel üretimin simülasyonunda SIMWASER modelinin kullanımı, Topraksu dergisi, 2, 26-31.
- Şaylan, L.**, 1994, Bitki gelişimi modelleri, Hasad Dergisi, İstanbul, 106, 18-20.
- Şaylan, L.**, 1995, İklim değişiminin dünya tarımına etkileri, Hasad Dergisi, 106, 18-20.
- Şener, S.M., Tezer, A., Kadioğlu, M., Helvacıoğlu, İ., Trabzon, L., 2002:** Ulusal Acil Durum Yönetimi Modeli, İTÜ Afet Yönetim Merkezi Yayınları, İTÜ Press, İstanbul.
- TMMOB MMO**, 1999: Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler ve Meteorolojik Önlemler Raporu, TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası, s. 61.
- Türkoğlu, H., Yiğiter, R., 2001:** Acil Durum Planlaması, İTÜ Afet Yönetim Merkezi Yayınları, İTÜ Press, İstanbul.
- Western Governors Association**, 2006: Creating a Drought Early Warning System for the 21st Century: The National Integrated Drought Information System. Denver: Western Governors Association.
- Wilhite, D., and R. Pulwarty**, 2005: Drought, crises and water management. In Drought and Water Crises: Science, Technology and Management, D. Wilhite (ed), 289-298. Taylor and Francis Press.
- Wilhite, D., M. Sivakumar, and D. Wood**, 2000: Proceedings of an Expert Group Meeting held September 5-7, 2000, Lisbon, Portugal. World Meteorological Organization Report.
- WMO**, 1987: The Global Climate System: Autumn 1984-Spring 1986. Climate System Monitoring. CSM R84/86.
- WMO**, 2002: "*The Statement for the World Meteorological Day*".