

Gülay PAMUK MENGÜ¹
Süer ANAÇ²
Emrah ÖZÇAKAL³

¹ Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar
ve Sulama Bölümü, Bornova-İZMİR
e-posta: gulay.pamuk@ege.edu.tr

² Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar
ve Sulama Bölümü, Bornova-İZMİR

³ Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar
ve Sulama Bölümü, Bornova-İZMİR

Kuraklık Yönetim Stratejileri

Drought management strategies

Alınış (Received): 14.04.2010 Kabul tarihi (Accepted): 07.01.2011

Anahtar Sözcükler:

Kuraklık, kriz yönetimi, risk yönetimi

Key Words:

Drought, crisis management, risk
management

ÖZET

Kuraklık, dünyada etkili olan doğal afetlerin karakteristik özellikleri ve etki derecelerine göre yapılan değerlendirmede ilk sırada yer almakta, kuraklık olgusu son yılların en önemli gündem maddesini oluşturmaktadır. Ülkemiz kuraklık yönetim stratejilerinde, kriz yönetimi (reaktif) anlayışı benimsenmektedir. Kuraklık gerçekleşmeden yapılması gereken çalışmaları içeren risk yönetimi (proaktif) ile kuraklığın etkilerini azaltmak, kuraklık olgusu kendini hissettirdikten sonra uygulanan kriz yönetimi anlayışına oranla daha başarılıdır. Bu nedenle ülke bazında kuraklık ile mücadele amacına yönelik planlar geliştirilmeli, kriz yönetimi yerine risk yönetimi uygulanmalıdır. Bu çalışmada, kuraklık olgusu ve kuraklık yönetim stratejileri ana hatları ile ele alınmıştır.

ABSTRACT

Drought ranks at the first among natural disasters around the world. There are no sufficient legal regulations on the matter in Turkey and the strategies of crisis management (reactive) is adopted drought management The effects of drought could be more effectively reduced by risk management (proactive), which includes the studies to be carried out before the slowly-developing drought takes place. Therefore, proactive management strategies should be preferred instead of reactive management measures. In this paper, major drought management strategies have been investigated.

GİRİŞ

Kuraklık, etkilediği bölgedeki hava, su ve toprak üzerinde çok olumsuz etkiler bırakan, yavaş yavaş gelişen önemli bir doğal afettir.

Yarı kurak bir iklim kuşağında bulunan Türkiye’de yağışların alansal ve zamansal dağılımı düzensizdir. Mevcut su kaynaklarımız, hızla artan nüfus ve sanayinin ihtiyaçlarını karşılayamamakta, yüzey sulama yöntemleri ile tarımsal üretimde suyun büyük kısmı bilinçsizce kullanılmakta; içme, kullanma ve sulama suyumuzun kalitesi artan sanayi ve diğer çevre kirlilikleri sonucunda giderek düşmektedir. Tüm bu olumsuzluklara, küresel iklim değişikliği de eklenirse, ülkemizde kuraklığın şiddetinin gün geçtikçe daha çok hissedileceği açık bir şekilde görülmektedir (Kadioğlu, 2008).

Kuraklığın artması ile çok büyük boyutlarda su kısıtlılığının yaşanması, su kaynaklarının paylaşımı ve yönetimini daha da sorunlu duruma getirecektir. Kuraklık yavaş gelişen kronik bir doğal afettir ve günümüzde yaşanan kurak dönemler, ülkemizin ileride karşı karşıya kalacağı tehlikenin boyutlarını göstermesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Avrupa havzalarında gerçekleştirilen çalışmalar, sıcaklık, yağış ve akışların önemli ölçüde değişeceğini göstermektedir (Limbrick et al. 2000; Mimikou et al. 2000; Middelkoop et al. 2001; Bergström et al. 2001). Ülkemizin de içinde bulunduğu Güney Avrupa ve Akdeniz kuşağında yıllık ortalama sıcaklık değerlerinde 3.0-3.5 °C'lik artış, yıllık toplam yağış miktarında ise %15-30 oranında azalma beklenmektedir (Houghton et al. 2001; Christensen et al. 2007).

Özkuş ve ark (2008), farklı emisyon senaryoları altında Gediz ve Büyük Menderes havzalarında 2030, 2050 ve 2100 yıllarında sırasıyla, sıcaklık değerlerinde 1.2 °C, 2 °C ve 4.4 °C'lik artışlar; yağış değerlerinde ise %5.8, %10.2 ve %23.8'e ulaşan azalmaların öngörüldüğünü ifade etmişlerdir. Durdu (2010), Büyük Menderes havzasında son 45 yıllık dönem içerisinde iklim değişiminin su kaynakları üzerinde oluşturduğu etkileri incelemiştir. Söz konusu çalışmada, anılan dönemde sıcaklığın 1 °C yükseldiği görülmüştür. Yağış deseninin konumsal dağılımı; yağış miktarının 1970'lerde yükselme eğilimi izlediğini, 1980'li yıllarda ortalamanın altına düşmeye başladığını, istatistiksel anlamda önemli azalmanın ise 1990'lı yıllarda başladığını göstermiştir. Yağış ve sıcaklık değerlerindeki değişimlerin, bölgelerin mevcut su potansiyellerinde önemli azalmalara neden olacağı, suya dayalı sektörlerde su kıtlığı ya da su stresi yaşanacağı öngörülmektedir. Bu yüzden, Türkiye'de kuraklık olayının yaşanma sürecinde su kullanımını ne şekilde yönetelim mantığından çok, kuraklığa hazırlık yönetimi benimsenmelidir.

KURAKLIK

Kuraklık, genel olarak, yağışların kaydedilen normal seviyelerinin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu toprak ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesi şeklinde tanımlanmaktadır. Kuraklığın başlangıç ve bitişinin belirsiz olması, kümülatif olarak artması, aynı anda birden fazla kaynağa etkisi ve ekonomik boyutunun yüksek olması onu diğer afetlerden ayıran en önemli özellikleridir. Herhangi bir bölgede kuraklık; frekans, şiddet, süre ve etki alanı gibi etmenlere bağlı olarak tanımlanmaktadır (Kömüşçü ve ark. 2002).

Kuraklık tüm iklim kuşaklarında görülebilir, ancak alanın kuraklığa karşı duyarlılığı ve etki derecesi

bölgeden bölgeye önemli farklılıklar yaratabilir. Öte yandan, kuraklığın tanımı farklı iklim bölgeleri için değişiklikler göstermektedir. Örneğin; Bali'de yağışsız geçen 6 gün veya daha fazla süre, Libya'da yıllık toplam yağışın 180 mm den düşük olması, İngiltere'de günlük toplam yağışın 0.25 mm den düşük olduğu ardışık 15 gün kuraklık olgusunun yaşandığını gösterir (Anonim, 2006). Türkiye'de ise benzer bir tanım yapmak zor olmakla birlikte, yıllık toplam yağış miktarı 400 mm nin altında olan bölgeler, kurak bölge olarak bilinmektedir (Kadioğlu, 2008).

Kuraklığın, meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyo ekonomik olmak üzere dört çeşidi vardır (Wilhite and Glantz, 1985; Anonymous 2006). Kuraklık meteorolojik kuraklık olarak başlar, tarımsal ve hidrolojik kuraklık olarak gelişir, sosyo ekonomik kuraklık olarak devam eder.

Meteorolojik kuraklık, yağış esaslıdır ve uzun bir süre yağışın normal değerlerinin altına düşmesi olarak tanımlanmaktadır. Toprakta bitkinin ihtiyacını karşılayacak miktarda su bulunmaması olarak ifade edilen tarımsal kuraklık, hiçbir zaman yağış azlığı olarak tanımlanmamaktadır. Bir bölgede yağış az bile olsa, bitki kök bölgesi içerisindeki toprakta bitkinin gelişmesini sürdürebilecek kadar su varsa tarımsal kuraklıktan söz edilemez. Hidrolojik kuraklık, nehir, göl ve yeraltı su kaynaklarında azalan su miktarı olarak tanımlanabilir. Yağmur suları ve kar seviyelerindeki azalma ile akarsu, dere ve rezervuarlardaki su eksikliği arasında bir zaman farkı olması nedeniyle hidrolojik ölçümler kuraklığın ilk göstergelerinden değildir. Meteorolojik kuraklık sona erdikten uzun bir süre sonra hidrolojik kuraklık varlığını sürdürebilir. Kuraklığın sosyo ekonomik tanımı meteorolojik, hidrolojik, ve tarımsal kuraklıkla bağlantılı bazı ekonomik ürünlerin arz ve talepleri ile ilgilidir. Yağışlardaki azalmanın sonucu olarak gelişen ve üretimin ihtiyacı karşılayamadığı durumlarda sosyo ekonomik kuraklık yaşanmaktadır (Dracup et al, 1980; Sırdaş, 2002).

KURAKLIK YÖNETİMİ

Kuraklık yönetiminde başlıca iki ana yaklaşım vardır. Bunlardan birincisi, kuraklık olgusu ortaya çıktıktan sonra yapılan çalışmaları içine alan **kriz (reaktif)** yönetimi yaklaşımıdır. İkincisi ise genellikle hissedilmeden yavaş gelişen bir süreç olan, kuraklık gerçekleşmeden uygulanan etkinlikleri içeren **risk (proaktif)** yönetimidir (Anaç, 2008).

Kriz (Reaktif) Yönetimi

Kuraklık gibi doğal afetlere karşı toplumumuz rasyonel davranmamaktadır. Kriz ortaya çıktığında harekete geçerek, zararın hafifletilebilmesine yönelik

çalışmaların ön plana çıkarıldığı durum kriz yönetimidir (Kadioğlu, 2008).

Kuraklık çeşitli yaşam ve üretim süreçlerini olumsuz yönde etkilemeye başladığında baraj gölet gibi **yeni fiziksel yatırımlar** programa alınarak yerüstü su kaynaklarında depolanacak su miktarının artırılması, yer altı sularından yararlanmak için yeni kuyuların açılması ilk akla gelen önlemlerdir. Havzalardaki yer altı ve yerüstü su kaynakları sınırlıdır. Ayrıca ekolojik nedenlerle bir havzada mevcut su kaynaklarının tümünü kullanmak mümkün değildir. Havza su kaynaklarının kullanımında sınıra ulaşılmış ise, bu durumda **havzalararası su transferi** yapılabilir. Mevcut kaynaklara ek yeni kaynak yaratılarak su arzının artırılmasında bir diğer yöntem, deniz suyu ve diğer tuzlu marjinal suların arıtılarak (**desalinizasyon**) tatlı su elde edilmesidir. Gerek havzalararası su transferi gerekse tuzlu suların arıtılarak tatlı su sağlanması, özenli faydama-raf analizlerinin yapılmasını gerektiren, çok pahalı ve önemli çevresel sorunlar yaratan yöntemlerdir. Kriz yönetiminde başvurulan bir diğer yol, **bulut tohumlama** ile yağmur bulutlarından meydana gelen yağışı arttırmaktır. Yüzyıllardır dünyanın kurak bölgelerinde içme-kullanma ve sulama suyu miktarının artırılması amacı ile uygulanan bir diğer yöntem ise **su hasadı** yöntemidir.

- **Yeni Fiziksel Yatırımlar Yapmak**

Su rejimini düzenleyecek baraj ve gölet sayısı yeni yatırımlar ile arttırılmaya çalışılır. Ayrıca, yeni kuyular açılarak su kaynaklarının miktarı arttırılır. Suyu yerinde kullanmayıp, kaynağı zengin olan bölgeler veya havzalardan diğerlerine aktarımı da diğer bir seçenek olarak düşünülebilir. Ancak, belirtilen projelerin gerçekleştirilmesi için çok büyük yatırımlara gereksinim vardır. Bu tür yatırımlara ayrılan ödeneklerin son yıllarda oransal olarak azalma eğilimi göstermesi, söz konusu projelerin gerçekleştirilmesi için çok uzun yıllar beklemeyi gerektirmektedir.

- **Havzalararası ve Ülkelerarası Su Transferi**

Su sıkıntısı çekmeyen bir bölgeden su kısıtlılığı yaşayan diğer bir ülke veya havzaya büyük miktarda suyun büyük masraflarla taşınması, son zamanlarda su sıkıntısı içinde olan bölgelerin sorununu çözmeye bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Suyun Ortadoğu' da bazı bölgelere taşınması da son 20 yıldır çok fazla tartışılan konular arasındadır. 1987 yılındaki barış suyu projesine göre önce Seyhan ve Ceyhan'dan daha sonra da Manavgat'tan Ortadoğu'ya su verilmesi için projeler üretilmiştir. Türkiye Manavgat'a 150 milyon dolarlık pompaj ve arıtma ünitelerini inşa etmiş durumdadır (Ariyoric, 2003). Ancak politik belirsizlik ve

ekonomik nedenlerle proje henüz hayata geçirilmemiştir. Tatlı su kaynaklarından suyun borularla taşınmasının yanında, diğer önemli bir seçenek son yıllarda gerçekleştirilen suyun büyük balonlarla denizden taşınmasıdır. Bu yöntemde su, özellikle bu amaç için tasarlanmış esnek dev balonlarla kıyı bölgelerden deniz aracılığı ile suyu kıt olan bölgenin kıyısına kadar taşınabilmektedir. Bu dev balonların kapasitesi 100 bin m³ kadardır. Tatlı suyun yoğunluğu, deniz suyuna oranla daha az olduğundan su dolu balonlar deniz suyunda yüzebilmekte, suyun iletiildiği yerde pompa ile boşaltılmaktadır. 1996 yılından bu yana 2000 m³ lük balonlar aracılığı ile su, Yunanistan'ın bir bölgesinden diğer bir bölgesine taşınmaktadır. Yöntemin uygulanabilirliği halen araştırma aşamasındadır (Alghariani, 2003; Konukçu, 2007).

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Derebucak Prof. Dr. Y. Muslu barajı, Gembos derivasyonu, Mavi, Zamantı ve Hışılalık tünelleri ile sulama amaçlı havzalararası su transferi; Melen ve Gerede sistemi, Gördes barajı gibi projelerle içme ve kullanma suyu teminine yönelik havzalararası su transferi projelerini gerçekleştirmektedir. Örneğin, Göksu nehrinden Bağbaşı barajı ve Mavi tünel aracılığı ile, su sıkıntısı çeken Konya kapalı havzasına yılda ortalama 414 milyon m³ su iletilecektir (Özlü, 2007). Havzalar veya ülkeler arası su transferinin en olumsuz yönü, su sıkıntısı çeken havza/ülkenin sorununu çözmek adına doğal hidrolojik dengenin bozulma riskidir.

- **Deniz ve Tuzlu Marjinal Suların Tuzsuzlaştırılması**

Deniz suyu yüksek oranda tuz içermektedir. Elektriksel iletkenlik değeri yaklaşık olarak 55 dS/m dir. Tuz konsantrasyonu azaltılmadan bitkiler ve hayvanlar tarafından kullanılamaz. Deniz suyunun veya yüksek tuzlu su kaynaklarının tuzsuzlaştırılması (desalinizasyonu) 50 yıldan daha uzun bir süredir gerçekleştirilmektedir. Bu yolla artırılmış suyun %10'u Suudi Arabistan'dadır. Günümüzde 120'den fazla ülkede artırma üniteleri aktif durumdadır. Dünyada günlük olarak 20 milyon m³ deniz suyu, 10 milyon m³ diğer tuzlu sular tuzsuzlaştırılmaktadır. Bu rakam yılda toplam 11 milyar m³ tuzlu suya karşılık gelmektedir. Deniz suyunun arıtılmasında damıtma ve ters ozmos yöntemi en yaygın kullanılan yöntemlerdendir (Semiat, 2000). Tuzsuzlaştırma teknikleri birbirleriyle karşılaştırıldığında damıtma üniteleri diğerlerine göre daha kaliteli su ürettiği için avantajlıdır. Damıtma yöntemiyle elde edilen suların tuz konsantrasyonları 5-50 mg/L (ppm) iken ters ozmos yöntemiyle elde edilen suların tuz konsantrasyonları 250-500 mg/L'dir. (Mohsen and Al-Joyyousi, 1999; Semiat, 2000). Bunlara

ek olarak ters ozmos ünitelerinde suyun bir ön temizlemeye tabi tutulması gerekmektedir. Ön temizleme iri partiküllerin ayrıştırılması veya membranda koagülasyona neden olabilecek maddelerin kimyasal yollarla uzaklaştırılmasını içermektedir. Ters ozmosun da damıtma tekniğine göre avantajları vardır. Suyun tuzsuzlaştırılması için ısıtılmasına gerek yoktur. Bu nedenle çevreye olan ısısal etki azdır. Öte yandan, ters ozmos ünitelerinde korozyonla ilgili daha az problem olmaktadır ve daha az enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Ters ozmos ayrıca pestisit ve bakteri gibi istenmeyen kirleticileri de ayrıştırmaktadır. Basit bir damıtma ünitesinde, kaynama noktası suyunkinden daha düşük olan kimyasallar buharlaşarak yoğunlaşmakta ve damıtılmış su içerisine geçebilmektedir. Son olarak aynı miktar su üreten bir ünite için ters ozmos yöntemi damıtma yöntemine göre daha az yüzey alanına ihtiyaç duymaktadır (Konukcu ve ark. 2007).

• Bulut Tohumlama

Bulut tohumlama yönteminin doğru bir şekilde uygulanabilmesi için öncelikle uygun atmosferik ve topografik koşulların sağlanmış olması gerekir. Bulut tohumlama işleminde yoğunlaşma çekirdeği olarak kullanılan kimyasal maddelerin, bulut içindeki en uygun yere, zamanında ve doğru miktarda ulaştırılması gerekir. Günümüzde bulut tohumlama ile ilgili çözümleri gereken birçok teknik sorun vardır. Bu sorunlar içerisinde en önemlisi, gümüş iyodür (AgI) gibi suni yoğunlaşma çekirdeklerinin, bulut içinde en uygun yere ulaştırılmasıdır. Yöntemin etkinliği değerlendirilirken, bulut tipi, sıcaklığı, nem içeriği ve damlacık büyüklüğünün dağılımı gibi faktörler göz önüne alınmalıdır. Doğru şartlar altında yapılan bulut tohumlama işlemi ile yağış miktarında %5–20 arasında bir artış sağlanmıştır (Anonymous, 2009).

• Su Hasadı

Yağış sularından maksimum fayda sağlayacak bir strateji geliştirmeyi amaçlayan su hasadı yöntemi, yağmur sularının ve yüzey akışa geçen suların toplanıp biriktirilmesi, bitkisel ve hayvansal üretim için gerekli olan suyun temini ile evsel tüketim için gerekli suyun sağlanması olarak tanımlanabilir. Dünyada su hasadı çok eski tarihlerden beri kullanılmaktadır (Anonymous, 1997; Herrman and Schmida, 1999; Valentin and Herbes, 1999; Scott and Silva-Ochoa, 2001; Jaber and Mohsen, 2001; Anonymous, 2001; Li et al. 2004). Ürdün'ün Muvvagar bölgesinde 15 yıl boyunca su hasadı yöntemlerinden biri olan mikro havza su hasadı ile hiç sulama yapılmaksızın badem ağacı yetiştirilmiştir. Yetonga'lı çiftçiler taştan örülmüş setler sayesinde yağmur sularının araziden akıp gitmesi

yerine, araziye yayılarak toprağa sızması ile ilk yıldan itibaren verimin %30–60 oranında arttığını gözlemlemiştirler (Reij, 1991). Öte yandan su hasadı sistemlerinin planlanmasına yönelik araştırmalar da yapılmaktadır (Sur et al.1999; Ojasvi et al. 1999; Panigrahi et al. 2001).

Yöntemin temel amacı; yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının yetersiz kaldığı veya geliştirilmesinin ekonomik olmadığı alanlarda güvenilir bir su temini sağlamaktır. Su hasadı yönteminde, yüzey akış ya da su toplama alanları olan çatı, avlu, cadde ve meydanlar, küçük toprak yüzeyler, eğimli alanlar ve mevsimlik akışları besleyen büyük havzalarda çalışılır. Su depolama ortamı ise yeraltında depolama ve toprak yüzeyinde depolama olarak ikiye ayrılır. Yeraltında depolamada toprak, sediment ve sarnıç kullanılırken, toprak yüzeyinde depolama ortamı olarak tank, rezervuar ve havuzlar kullanılmaktadır.

Risk (Proaktif) Yönetimi

Risk yönetimi; öncelikle uzun dönemli kuraklığa hazırlık politikaları ile eylem planlarının hazırlanması, kuraklık izleme merkezleri ve ağlarının kurulması, talep yönetimi ile suyun etkin ve akılcı kullanımını sağlayacak yöntemlerin uygulanmasını kapsar. Kuraklık yönetim planı, olası kuraklık riskleri ile karşılaşıldığında yaşanacak olan olumsuz etkiler ile su kısıntısının minimum düzeyde tutulmasına ve mümkün olan en kısa sürede kuraklık sorununun çözümüne yönelik olarak oluşturulmuş uygulamalı yönetimsel bir plandır. Söz konusu plan, zarar azaltmayı ve hazırlığı ön plana çıkarır, kurum ve kuruluşlar arasındaki koordinasyonu geliştirir, erken uyarı ve bütünleşik izleme ile erken uyarıyı kuvvetlendirir ve tüm paydaşların katılımını sağlar. Öte yandan, kuraklık ile mücadele planları, kuraklık şartlarının oluşup oluşmadığını saptamak, 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 (Kadioğlu, 2008).

Tarımsal kuraklık eylem planı; Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Çevre ve Orman Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve İçişleri Bakanlığı işbirliği içerisinde yürütülmekte; kısa, orta ve uzun vadede alınacak önlemler ile yapılacak işler planlanmakta ve uygulanmaktadır.

Alınan planlar ile ülkemizde gelecekte yaşanılması olası tarımsal kuraklığın etkilerinin azaltılması, kamu, halk, su kullanıcıları, çiftçiler ve STK'nın bilinçlendirilmesi, önlem alınması ve çözüm üretilmesi

amaçlanmaktadır. İllerde Vali Başkanlığında Tarımsal Kuraklık Kriz Merkezi görev yapmakta, her il Tarımsal Kuraklık Eylem Planını hazırlamaktadır (Anonim, 2007).

İklim değişimi ve kuraklık sonucunda ortaya çıkan su kıtlığında alınabilecek en önemli önlemler, su kaynaklarının etkin ve akılcı kullanımını amaçlayan ve **talep yönetimi** başlığı altında toplanan yöntemlerdir. Talep yönetimi, su tasarrufu ve su kullanım randımanlarının yükseltilmesi amacıyla yapılan uygulamaları içermektedir. Su tasarrufuna yönelik uygulamalar genellikle kentsel içme kullanma suyu sistemlerinde etkin sonuç verir. Su kullanım randımanlarını yükseltme uygulamaları, birim sudan elde edilen ürünü arttırmayı amaçlar, tarım ve endüstri sektörlerinde daha olumlu sonuçlar sağlar. Talep yönetimi çoğu yeni kavramlar olan aşağıdaki önlemleri içine alır.

• Entegre Su Kaynakları-Havza- Yönetimi

Entegre su kaynakları-havza- yönetimi; kentsel, endüstriyel, tarımsal kullanım yanında ekolojik dengelerin gözetildiği akılcı ve sürdürülebilir planlama ve karar alma süreçleridir. Bu süreç içerisinde, mevcut ve planlanmış su kaynakları projelerinin uzun vadeli olarak yönlendirilmesi ve değerlendirilmesi, mevcut su kaynaklarının verimli işletilmesi ve rehabilitasyonu, suyun meydana getireceği zararlardan korunma konularına yönelik etkinlikler yer almaktadır.

Su kaynakları yönetimi bir entegrasyonu gerektirir. Entegre yönetim de ise sektörel koordinasyon, çevresel devamlılık, kurumsal düzenlemeler, halk katılımı, finansman öğeleri birlikte değerlendirilmektedir. Böylece entegre yönetim ile su kaynaklarının ülkedeki sosyal ve ekonomik kalkınma etkinlikleri bütünlüğünden ayrılmadan koordineli bir şekilde yönetilmesinin amaçlandığı anlaşılmaktadır (Önder ve ark. 2005).

• Optimum Sulama Programlarının Uygulanması

Tarımsal amaçlı kullanılan suların daha etkin kullanılabilmesi için sulamaların bir programa dayalı olarak yapılması gerekmektedir. Ülkemizde mevcut koşullarda sulamalar programsız ve kontrolsüz yapılmaktadır. Dolayısıyla, sulama birlik veya kooperatiflerinin gerçek işletim programları uygulayarak su dağıtımını yapması ile su daha etkin kullanılacaktır. Ayrıca, her ilçeye meteoroloji istasyonu kurulmalı, bu bağlamda her işletme kendi meteorolojik verilerini kullanarak, sulama suyu gereksinimleri hesaplamalı ve sulama zaman planlamasına yönelmelidir.

Öte yandan, mevcut teknolojik bilgilerin ışığı altında, suyun daha etkin kullanımı ile randımanları yükselterek, insan yaşamında önemli bir değişiklik

meydana getirmeksizin, su kullanımı tarımda %10–15, endüstride %40–60, kentsel su dağıtım sistemlerinde %30 oranında azaltılabilir (Önder ve ark. 2005).

• Su Dağıtım Sistemlerinin Modernizasyonu ve Tarımda Etkin Su Kullanımı

Tüm sektörlerde su kayıplarını azaltmak ve özellikle yer altı sularının yasal ve kontrollü kullanımını sağlamak etkin su kullanımının temel ilkesidir. Bu amaçla, sulama ve kentsel su dağıtım sistemlerinin modernize edilmesi ve su kayıplarını en düşük düzeyde tutacak su dağıtım programlarının uygulanması gereklidir.

Su kaynaklarının en büyük bölümü sulama amacıyla tarımda kullanılmaktadır. Ülkemizde tüm su tüketimi içinde sulamanın payı %73'tür. Türkiye tarımında sulama, tarımsal üretimin en önemli girdisini oluşturur. Ülke genelinde sulanan alanların %92'sinde yüzey sulama, %8'inde basınçlı sulama yöntemleri kullanılmaktadır (DSİ, 2010). Yüzey sulama yöntemlerinde tarla su uygulama randımanı %60 civarında olup, şebekedeki sızma, buharlaşma ve işletme kayıpları da ilave edilirse randıman yaklaşık %50 olmakta, bitkiye ihtiyacı olan 1 m³ suyu verebilmek için 2 m³ su kullanılmaktadır (Kanber ve ark. 2005). Yüzey sulama yöntemleri yerine yağmurlama ve damla sulama yöntemlerinin kullanılması durumunda randıman sırasıyla, %80 ve %90'a çıkabilmektedir. Bu durum %20 ile %30'luk su tasarrufu demektir (Aküzüm ve ark. 2010). Bu nedenle, suyun etkin kullanıldığı basınçlı sulama yöntemleri gibi sulama teknolojilerinin yaygınlaştırılması, büyük oranda su tasarrufu sağlamaları nedeniyle talep yönetiminin ve dolayısıyla kuraklık yönetim stratejilerinin en önemlilerinden birisini oluşturur. Ancak, tarımda yeni sulama teknolojilerinin kullanımı ile her zaman amaçlanan başarıya ulaşılama-maktadır. Yeni sulama teknolojileri tasarım ve işletim aşamalarında daha fazla bilgi gerektirirler. Basınçlı sulama sistemlerinden optimum yararın sağlanabilmesi ve sistemlerin sürdürülebilirliği için, teknoloji kullanımında kapasite geliştirme çalışmalarının yapılması zorunludur.

Talep yönetiminde az su tüketen bitkilere öncelik vermek; bu amaçla, iklim koşulları ve bölgesel özellikler göz önüne alınarak daha az su kullanımı ile yetiştirilen bitkilerin tarımsal destekleme ve sübvansiyon programlarına alınması önemli bir önlem olarak ele alınabilir.

• Marjinal Nitelikli Suların Kullanımı

Marjinal nitelikli suları, atık sular, drenaj ve tuzlu veya sodyumlu yeraltı suları olarak sınıflandırmak mümkündür. Arıtılmış atık suların sulamada yeniden

kullanımı, hem ek su kaynağı yaratır, hem de tatlı su kaynaklarının katma değeri daha yüksek kentsel ve endüstriyel kullanıma ayrılmasına olanak sağlar. Suyun kısıtlı olduğu yerlerde evsel ve endüstriyel atık sular, su kullanımı sırasında çok yüksek kaliteye ihtiyaç duymayan çayır, mera, yeşil alanlar ve tarım alanlarında kullanılabilir. Ancak atık suların kullanımının özellikle sağlığa uygunluk ve halk tercihi konusunda taşıdığı riskleri minimuma indirmek için uygun bitki, sulama yöntemi ve toprak bünyesinin seçilmesi ve üreticinin eğitilmesi gerekmektedir. Gerekli önlemler alındığında, içerdiği tuzun miktarı ve cinsine bağlı olarak, uygun sulama tekniği ve toprak koruyucu önlemler alındığı takdirde, drenaj suları sulama amaçlı kullanılabilir (Oster and Grattan, 2002). Drenaj suyu ve tatlı suyun birlikte kullanılmasında iki seçenek söz konusudur. Bunlardan birincisi karıştırarak kullanmak diğeri ise dönüşümlü olarak kullanmaktır. Tavsiye edilen yaklaşım dönüşümlü kullanmaktır. Dönüşümlü kullanma tekniği bir bitkinin tuzluluğa karşı hassas olmadığı bir dönemde veya ekim nöbeti içinde tuzluluğa daha toleranslı olan bitki için kullanımı ilkesine dayanmaktadır. Büyük sulama proje alanlarında rotasyonlu olarak drenaj suları kullanılabilir. Drenaj sularının birinci kez kullanımından sonra kullanımda, mutlaka bitki tuz toleransının da artırılması gerekmektedir. En son drene edilen su ise, buharlaştırma havuzları veya denize boşaltılabilir. Su stresi yaşayan bölgelerde bol miktarda tuzlu veya sodik yeraltı suyu kaynağı mevcuttur. Uygun yöntem ve gerekli olan önlemler alındığı takdirde bu suların faydalanılabilir. Damla sulama yöntemi, tuzların yapraklara ve bitki dokularına zarar vermesini de önlemede, belirli bir matrik potansiyelde sürekli aynı tuzluluğa sahip kök bölgesi sağlayabilmektedir (Tingu et al. 2003). Yıllık yağış miktarı 500 mm nin altında sodyum içeriğinin (RSC) 5 mmol/L'den fazla olduğunda özellikle orta bünyeli topraklar için jips gibi kimyasal ilave edilmelidir (Minhas et al. 2004).

Ülkemiz kentsel arıtma sistemlerinde yıllık olarak arıtılan su miktarı 2.5 milyar m³tür. Kentsel arıtma tesislerinin çok önemli bir bölümü, su kaynakları üzerinde büyük rekabetin söz konusu olduğu Ege, Marmara ve İç Anadolu bölgelerinde yoğunlaşmıştır.

KAYNAKLAR

- Aküzüm, T. Selenay, M.F. Çakmak, B. 2010.** Sulama yönetimi ve sürdürülebilir su kullanımı, I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu, 27-29 Mayıs 2010, Kahramanmaraş.
- Alghariani, S.A. 2003.** Water transfer versus desalination in North Africa: sustainability and cost comparison, London.
- <http://www.soas.ac.uk/waterissues/occasionalpaper/OCC49.pdf>

Dolayısıyla, arıtılmış atık sular, önemli bir ek su kaynağı olarak değerlendirilebilir.

Adaptasyon Stratejileri

Küresel iklim değişimi, Türkiye'nin de içinde bulunduğu iklim kuşağında daha sıcak ve kurak koşulların ortaya çıkmasına yol açacaktır. Yeni iklim koşullarına adaptasyon, gelecek on yıllarda daha büyük önem kazanacaktır.

Sulama, iklimsel farklılık ve değişimlerde birincil önemde uyum mekanizması oluşturmaktadır. Bu nedenle, yeni sulama altyapı yatırımlarının büyük bir hızla artması, yeni yatırımların suyun daha etkin dağıtıldığı ve kayıpların en az düzeyde olduğu düşük ve yüksek basınçlı borulu su dağıtım şebekelerine yapılması beklenmelidir. Mevcut açık kanallı sulama şebekelerinin, rehabilitasyon süreçlerinde olanaklar ölçüsünde borulu şebekelere dönüştürülmesi hızlandırılmalıdır. Borulu su dağıtım sistemleri yanında, su tasarrufu sağlayan damla ve yağmurlama sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması ile sulamada otomasyon uygulanabilmektedir. Sulamada otomasyon %10'a kadar ek su tasarrufu sağlamaktadır. Suyun yetersiz olduğu koşullarda, tarımsal sulamada daha etkin su kullanımına yönelik inovatif yaklaşımların uygulamaya aktarılması gerekmektedir. Halen suyun kısıtlı olduğu gelişmiş ülkelerde kullanılan sulama programlama model ve ekipmanları ile her sulamada verilecek su miktarı ve sulama zamanlarının optimize edilmesi mümkündür. Ayrıca halen araştırma aşamasında olan kontrollü kısıtlı ve yarı ıslatmalı sulama, bitkilerin daha etkin su tüketimini teşvik eden inovatif yaklaşımlardır.

Tarımda bitki çeşitliliği ile riskleri azaltma, tarım sigortacılığı ve diğer finansal önlemler yeni koşullarda öneme üzerinde durulması gereken diğer adaptasyon mekanizmalarıdır. İnovatif gen teknolojisinin, sıcaklığa ve kuraklığa dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesini sağlayarak adaptasyonda çok önemli bir role sahip olması beklenmektedir. Gen teknolojisi çalışmaları ile %60-70 oranında daha az su tüketen çeşitlerin geliştirilmesi mümkün görülmektedir. Çalışmalar özellikle mısır ve çeltik bitkisinde yoğunlaşmaktadır.

- Anaç, S. 2008.** İklim değişimi ve kuraklık yönetiminde inovatif yaklaşımlar, 2007- 2011 A New Era and New Horizons, İstanbul Forum Enst. İstanbul.

- Anonymous, 1997.** Texas guide to rainwater harvesting, Texas Water Development Board. Texas.

- Anonymous, 2001.** Water harvesting in western and central Africa, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Accra, Ghana.

- Anonymous, 2006.** Understanding and defining drought, National Drought Mitigation Center, <http://drought.unl.edu/whatis/concept.htm>
- Anonymous, 2007.** Türkiye Tarımsal Kuraklık Eylem Planı, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Ankara.
- Anonymous, 2009.** Suni yağış, www.meteor.gov.tr/genel/sss.aspx=suniyagis
- Ariyörük, A. 2003.** Turkish water to Israel, Policy Watch No. 782 <http://www.washingtoninstitute.org/templateCO.php?CID=1660>
- Bergström, S. Carlsson, B. Gardelin, M. vd. 2001** Climate change impacts on runoff in Sweden-assessments by global climate models, dynamical downscaling and hydrological modeling, *Climate Research* 16(2):101-112.
- Christensen, J.H. Hewitson, B. Busuioac, A. vd. 2007.** Regional Climate Projections. In: S. Solomon; D. Qin, M. Manning vd. (eds.) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution Of Working Group I To The Fourth Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Dracup, J.A, K.S Lee, E.G Paulson. 1980.** On the definition of droughts. *Water Resources Research* 16(2):297-302.
- DSİ, 2010.** Tarım sektörü, <http://www.dsi.gov.tr/hizmet/tarim.htm>.
- Durdu, Ö.F. 2010.** Effects of climate change on water resources of the Büyük Menderes river basin, western Turkey, *Turk. J. Agric. For* (34):319-332.
- Herrmann, T, U. Schmida, 1999.** Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydrolic and enviromental aspects, *Urban Water* (1): 307-316.
- Houghton, J.T. Ding, Y. Griggs, D.J. (eds.) 2001.** *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution Of Working Group I To The Third Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change*, Cambridge University Press, New York.
- Jaber, JO, M.S. Mohsen, 2001.** Evaluation of non- conventional water resources supply in Jordan, *Desalination* (136):83-92.
- Kadioğlu, M. 2008.** Kuraklık risk yönetimi, Konya Kapalı Havzası Yeraltı Suyu ve Kuraklık Konferansı, 11-12 Eylül 2008, Konya.
- Kanber, R. Çullu, M.A. Kendirli, B. Antepli, S. Yılmaz, N. 2005.** Sulama, drenaj ve tuzluluk, Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi Bildirileri: 213-251, Ankara.
- Konukcu, F. A. İstanbulluoğlu, İ. Kocaman, S. Albut, E. Gezer. 2007.** Küresel su krizi: Bugünü, geleceği ve önlenibilme imkânları, Küresel Su Krizinin Boyutları, Türkiye ve Dünya Perspektifi, Sulama Sektörü Derneği, SUSED Yayın No:1.
- Kömüşçü, A.Ü, A. Erkan, E. Turgu. 2002.** Normalleştirilmiş yağış indeksi metodu ile Türkiye'de kuraklık oluşumunun coğrafik analizi, DMI Genel Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı Yayını, Ankara.
- Li, X.Y, Z.K Xie, X.K Yan. 2004.** Runoff characteristics of artificial catchment materials for rainwater harvesting in the semi arid regions of China, *Agricultural Water Management* (65):211-224.
- Limbrick, K.J. Whitehead, P.G. Butterfield, D. Reynard, N. 2000.** Assessing the potential impacts of various climate change scenarios on the hydrological regime of the River Kennet at Theale, Berkshire, south-central England, UK: an application and evaluation of the new semi-distributed model, *INCA, The Science of the Total Environment* 251/252: 539-555.
- Middelkoop, H. Daamen, K. Gellens, D. vd. 2001.** Impact of climate change on hydrological regimes and water resources management in the Rhine Basin, *Climatic Change* 49(1-2):105-128.
- Mimikou, M.A. Baltas, E. Varanou, E. Pantazis, K. 2000.** Regional impacts of climate change on water resources quantity and quality indicators, *Journal of Hydrology* 234:95-109.
- Minhas, P.S, D.R Sharma, C.P.S Chauhan. 2004.** Management of Saline and Alkali Waters for Irrigation, In: *Advances in Sodic Land Reclamation, Proceedings of the International Conference on Sustainable Management of Sodic Lands, February 9-14 2004, India.*
- Mohsen, M.S, O.R. Al-Jayyousi. 1999.** Brackish water desalination: an alternate for Water supply enhancement in Jordan, *Desalination* 124:163-174.
- Ojasvi, P.R, R.K Goyal, J.P.Gupta. 1999.** The micro-catchment water harvesting technique for the plantation of jujube (*Zizyphus mauritiana*) in an agroforestry system under arid conditions, *Agricultural Water Management* (41):139-147.
- Oster, J.D, R Grathan. 2002.** Drainage water reuse, *Irrigation Drain. Syst* 16:297-310.
- Önder, S. Kanber, R. Önder, D. Kapur, B. 2005.** Global iklim değişikliklerine bağlı olarak sulama yöntem ve işletim tekniklerinde gelecekte ortaya çıkabilecek değişiklikler, GAP IV. Tarım Kongresi 21-23 Eylül 2005, Şanlıurfa.
- Özlü, H. 2007.** Kuraklık ve su yönetimi, İklim Değişimi ve Su Ekonomisi Paneli, 17 Mayıs 2007, G.Ü. Bilim ve Teknoloji Stratejileri Araştırma ve Geliştirme Merkezi.
- Özkul, S. Fıstıkoğlu, O. Harmancıoğlu, N. 2008.** İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisinin Büyük Menderes ve Gediz havzaları örneğinde değerlendirilmesi, TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi (2):309-321, Ankara.
- Panigrahi, B, SN Panda, R Mull. 2001.** Simulation of harvesting potential in rainfed ricelands using water balance model, *Agricultural Systems* (69):165-182.
- Reij, C. 1991.** Indigeous soil and water conservation in Africa, London.
- Scott CA, P.Silva-Ochoa. 2001.** Collective action for water harvesting irrigation in the Lerma Chapala Basin-Mexico, *Water Policy* (3):555-572.
- Semiati, R. 2000.** Desalination: Present and future, *Water Int* 25: 54-65.
- Sırdaş, S. 2002.** Meteorolojik kuraklık modellenmesi ve Türkiye uygulaması, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), İstanbul.
- Sur, HS, A.Bhardwaj, PK Jirdal. 1999.** Some hydrological parameters for the design and operation of small earthen dams in Lower Shiwaliks of Northern India, *Agricultural Water Management* (42):111-121.
- Tingu, L, X Juan, L. Guangyong, M. Jiah Hua, W. Jianping, L. Zhinzhong, Z. Jianguo. 2003.** Effect of drip irrigation with saline water on water use efficiency and quality of watermelons, *Water Resource Management* 17:395-408.
- Valentin, C, JM Herbes. 1999.** Nigertiger bush as a natural water harvesting system, *Catena* (37): 231-256.
- Wilhite, D.A, M.H Glantz. 1985.** Understanding the drought phenomenon-the role of definitions, *Water International* 10: 111-120.