

METEOROLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

ISSN 1301-1103

TMMOB METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI YAYIN ORGANI YIL 2001 SAYI: 1

SU

**TMMOB
METEOROLOJİ
MÜHENDİSLERİ ODASI
YAYINI**

**YIL 2001 • SAYI 1
ISSN 1301-1103**

**TMMOB
Meteoroloji Mühendisleri Odası Adına
Sahibi ve Sorumlu Yazı İşleri Müdürü**

Çetin GÜL

Yayın Kurulu

**İsmail KÜÇÜK
Hamza ÖZGÜLER
Ömer KARACA
Meral ŞENOCAK
Murat DURAK
Eşref BATUR**

Yönetim Yeri

Sümer 1 Sok No. 12/8 Kızılay- ANKARA

Tel (0312) 2315535

<http://www.metmuhoda.org.tr>

Meteoroloji Mühendisliği TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası Yayınıdır. Üç ayda bir yayınlanır. Odamızın amaç ve ilkelerine uygun bilimsel ve teknik çalışmalar yayınlanır. Dergide yayınlanan yazılar kaynak gösterilmeden kullanılamaz.

Odamızın Hesap Numaraları

Posta Çeki No:

**TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası
105616**

Banka Hesapları

**Ziraat Bankası Kızılay Şubesi
217624**

**Yapı Kredi Bankası Anafartalar Şubesi
1035019-9**

**Türkiye İş Bankası Yenişehir Şubesi
4218-3419634**

**Vakıfbank Ankara Şubesi
2054789**

Baskı

Armoni Matbaacılık

(0312) 2321915

İÇİNDEKİLER

Sorularla; Kuraklık Nedir? Ne Değildir? Çözümleri Nelerdir?	3
Kuraklık Gerçeği ve Çözüm Önerileri	14
Bulut Tohumlama Kuraklığa Çare midir?	16
İçtiğimiz Sular ve Biz	19
Su ve Sağlık	21
Sulakalanlar: Değeri Geç Anlaşılan Hazinelerimiz	24
Göl Kirlenmesi	32
Türkiye Açısından Sınır-Aşan Sular	34
Güneydoğu Anadolu Projesinde Su Ve Toprak Kaynakları Gelişimi	40
Hidro-Politik Açıdan Güneydoğu Anadolu Projesi	43
Tarımda Su Kullanımı ve Neden Olduğu Sorunlar	50
Yeraltısu, Kalitesi ve Sağlık	52
Yeraltı Sularının Kirlenmesi ve Arıtım Yöntemleri	57
Su, Enerji ve Kıbrıs	61
Dünya Su Günü	63

YAYIM KOŞULLARI

Meteoroloji, Klimatoloji, Hidroloji, Çevre, Şehir Meteorolojisi, Hava Kirliliği, Enerji (Hidro-Elektrik, Güneş, Rüzgar, Nükleer), Uzaktan Algılama (Hidroloji ve Meteoroloji konularında), Meteorolojik Doğal Afetler, Oşinografi, Açık Kanal Hidroloji, Tarımsal Meteoroloji, İstatistik, Genel Matematik, Genel Fizik, Bilgisayar Uygulamaları konularındaki çalışmalar ve tercüme dergimizde yayınlanır.

Dergiye gönderilecek yazılar, A4 kağıdının bir yüzüne çift aralıklı olarak ve 10 sayfayı geçmeyecek, kenarlardan 2,5 cm boşluk kalacak şekilde ve ayrıca Word de yazılmış (tablolar Excel de ayrıca verilecektir) olarak 3,5'lik diskette gönderilecektir. Şekiller tablolar ve resimler net olmalıdır.

Gönderilen eserler şu kısımlardan oluşmalıdır. Başlık, Yazarlar (Görevler ve yazışma adresleri). Metin (Giriş, Materyal ve Metot, Bulgular, Tartışma), Kaynaklar.

Makalelerin yayınlanabilmesi için daha önce başka hiç bir degede yayınlanmamış olması gerekir. Makalelerin her türlü sorumluluğu yazarına aittir.

Yayınlanmayan makaleler geri gönderilmez.

Lisans, Master ve Doktora tezlerinin iki sayfayı geçmeyen özetleri yayınlanır.

Yayınlanan makalelerle ilgili eleştirilerinizin yayınlanmasını istiyorsanız lütfen yayın kuruluna iletiniz.

İLK SÖZ YERİNE

Konuların kapsamlı olarak ele alınabilmesi amacıyla, dergilerimizi konulu çıkarmaya özen gösteriyoruz. Son günlerde suyun daha fazla tartışılır bir noktaya gelmesi su konusunu ikinci kez özel sayı olarak yayınlamamıza gerekçe oluşturdu. Gerçekte tartışılan, yaşamın temel maddesi olan suyun herkese sağlıklı bir şekilde nasıl sunulacağı değil nasıl ticari hale getirileceğidir.

Su ile ilgili yayınları izlediğimizde hep "hızlı nüfus artışı ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak su tüketimi artmaktadır" diye başlar ve devam eder. Fakat teknolojik gelişme ile su kaynaklarının kirlenildiği ve suyun kullanımındaki eşitsizliklerin yaşandığı göz ardı edilmemelidir.

Uzun yıllardır uygulanan sosyo-ekonomik programlar bölgesel göçlerle birlikte nüfusun belli yerlerde yığılmasına neden olmuştur. Sonucunda su havzaları yok edilerek su kaynaklarının yok edilmesi/kirlenmesi gerçeğini çok belirgin olarak önce Marmara bölgesinde yaşadık. Bu bölgede çok büyük bir su pazarı oluştu. Kontrolsüz bir şekilde şişelere doldurulan mikroplu sular pazarlara sürülmeye başlandı. Su istasyonlarında ve şişelenerek pazarlanan suların yüzde doksanınin mikroplu olduğunun ortaya konmasına rağmen pazarın büyüklüğünden dolayı su satışlarını kontrol altına alabilecek bir yapılanma hala kurulabilmiş değildir. Oysa olması gereken herkesin çeşmesinden sağlıklı suyun akmasını sağlayabilmektir. Her şeyden tasarruf edebiliyoruz fakat içeceğimiz sudan kirlide olsa tasarruf edemiyoruz.

Son yıllarda sürekli su savaşlarından söz edilmektedir. Su savaşları nasıl olacak ve sonuçları nereye varacak diye birazcık düşünmek gerekmez mi?

Bu konulardaki sorulara yanıt ararken, DTÖ ve GATS görüşmelerine de bakmak gerekiyor. GATS müzakerelerinin yürütüldüğü onbir ana başlıktan bir tanesi "Su iletim sistemleri"nin özelleştirilmesidir. Bolivya' da su hizmetleri özelleştirildikten sonra (bu işi Fransız şirketleri almıştı) halkın kullandığı suyun fiyatı bir anda iki kat arttı. Halk bu duruma isyan etti. Aylarca eylemler yaptılar ve sokak çatışmaları yaşandı. Sonucunda şirket Bolivya'yı terk etmek zorunda kaldı. Bolivya'yı terk eden şirket, Bolivya hükümetinden tahkim yasalarına göre ilerideki yıllarda kazanmayı planladığı parayı alabilmek için uluslararası mahkemelere başvuruda bulundu. Benzer uygulamaların ülkemizde başlaması için bütün koşullar hazırlanmış durumdadır.

Öncelikle sınır aşan sular olarak Fırat ve Dicle deki (bütün havzalar için geçerlidir) su hizmetleri şirket eliyle yürütülmesi konusunda talepler olur mu? Bu hizmetler şirketlere verilirse (bu alandaki hizmetlere özellikle uluslararası şirketler talip olabilirler) silahların kullanılacağı savaşlara gerek kalır mı?

Gün geçmesin ki halka ait olan doğal zenginliklerimiz ticari amaçlar doğrultusunda kullanılmasın yada yok edilmesi konusunda çalışmalar yapılmasın. Çıkarılan imar afları, ilan edilen çoğu serbest bölgeler, son günlerde gündemden düşmeyen endüstri bölgeler yasa tasarısı su havzalarını yok etmeye yönelik çalışmalardır. Özellikle endüstri bölgeleri yasa tasarısı ile su havzaları üzerindeki baskılar daha da artacak ve su kaynaklarımızın kirlenmesi/kirlenmesi hızlanacaktır.

Birleşmiş Milletler Su'nun kullanımına ilişkin değerlendirmelerinde, gelir durumu düşük olan ülkelerin su ile ilgili sorunlardan daha fazla etkilendiği tespitini yapmaktadır. Ülkemizde de gelir durumu her geçen gün azaldığı için olsa gerek, kendi kendine yeten bir ülke olmamıza rağmen (ülkemiz su zengini değildir) su konusunda yaşadığımız sorunlar artmaktadır.

Su kaynaklarının iklim değişikliğine bağlı olarak değiştiği gerçeğini BM Rio Deklarasyonunda vurgulamaktadır. Ülkemiz komşuları ile su konusunda sorunlar yaşamakta ve Fırat'dan saniyede 500 m³ suyun bırakılması taahhüt edilmiş durumdadır. Oysa kuraklığın yaşandığı zamanlarda bu suyun bırakılması mümkün değildir. Bu konudaki gerçeği çalışmaların ortaya konabilmesi için bölgenin klimatolojik özelliklerinin belirlenmesi gerekir. Ülkemizde bu konulardaki çalışmalar için gerekli olan ölçüm ağı yeterli değildir. İklim ve hidrometeorolojik çalışmalar yapılmadan belirlenecek olan bütün kriterler yanlışlıklar içerecektir.

Son günlerde etkisini hissettiren kuraklık geçen yıllardan devam eden bir sürecin devamıdır. Bu konuda hazırlıksız yakalanmış durumdayız. Bu yaşanan durumdan ders alınarak tekrarı konusunda ve önümüzdeki süreci en az zararla atlatabilmek için gerekenleri artık yapalım.

Bir taraftan kuraklık var derken ülkemizin hidrometeorolojik özelliklerini tekrardan hatırlayalım ve sellere teslim olmayalım. Kuraklık ve taşkınların birer olağan meteorolojik olay olduğunu unutmayarak bu olayları afete çevirmemek için gerekenleri yapalım.

Bir sonraki sayımız Rüzgar enerjisinde buluşmak üzere..

Yayın Kurulu Adına
İsmail KÜÇÜK

SORULARLA; KURAKLIK NEDİR? NE DEĞİLDİR? ÇÖZÜMLERİ NELERDİR?

*Meteoroloji Mühendisleri Odası
Araştırma Komisyonu*

Kuraklık Ne Değildir?

Literatürde kuraklığın tek bir tanımı yoktur. Kuraklığın tanımı değişik disiplinler için farklıdır. Meteorologlar kuraklık kelimesi ile belli bir dönemin ortalamasına göre azalan yağış miktarını, su bilimcileri nehir, göl, baraj ve yer altı kaynaklarında azalan su miktarını, tarımcılar ise ürün için gerektiği zaman toprak nemin yetersiz olduğunu, ekonomistler ise toplumun üretim ve tüketim faaliyetlerini etkileyen su azlığını kastederler.

Diğer bir deyişle, en basit ve genel anlamda kuraklık, arz ve talep ilişkisinde su sıkıntısıdır. 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 de yağışların azlığı kuraklığın ilk işaretidir. Tarımsal kuraklık, meteorolojik kuraklıktan hemen sonra oluşur. Böylece, tarım kuraklık tarafından etkilenen ilk ekonomik sektör olur. Yağışların akışa geçerek nehir ve göllerin su seviyelerini etkilemesi belli bir zaman alır. Bu nedenle, hidrolojik gözlemler kuraklığın ilk işaretlerinden sayılmaz. İçme ve kullanma su sıkıntıları ile birlikte tarımsal ve hidrolojik kuraklığın sonuçları zamanla sosyo-ekonomik kuraklık olarak kendini gösterir.

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 tanımla yapıp "kuraklık var" demek ile görevli ve/veya sorumlu bir kurum ya da kuruluş Türkiye'de mevcut değildir. Bu konu ile ilgili olabilecek mevcut kurumlarımız da sel, fırtına, çığ gibi diğer meteoroloji karakterli afetlere sahip çıkmamıştır. T.C. tarihinde meteoroloji ile ilgili kurum ve politikalarda meteoroloji mühendislerinin hiçbir zaman söz sahibi olamamış olması, diğer bir deyişle bu işlerin ehline teslim edilmemiş olması, Türkiye'de bu tür risk ve afetlerin sahiplenilmesi yerine tümüyle inkar edilme yoluna gidilmesine neden olmuştur.

Özet olarak kuraklık, yağış ve akış değerlerinin uzun yıllar ortalamasının oldukça çok altında seyretmesidir. İnsan nüfusunun ve artan gereksinimlerinin (Enerji-İçme kullanma suyu ve Tarımsal Sulama) artmasına paralel olarak mevcut suyun yetersiz kalmasıdır. Elbette ki bir doğa kanunudur. Atmosfer hareketliliği, meteorolojik sistem ve hidrolojik çevrim içinde bazı bölgelerin kimi zaman ıslak kimi zaman kurak periyodlar yaşaması doğaldır. Önemli olan yarı kurak iklim kuşağında bulunan ülkemizde kuraklığı gözlemlemek, önemsemek ve önlem almaktır.

Kuraklık Olağan Bir Meteorolojik Olay, Fakat Bir Doğal Afettir;

Dünya var olduğundan beri nasıl ki yer çekimi kuvveti mevcutsa kuraklık da mevcuttur. Bugün hiç kimse "nereden çıktı bu yerçekimi kuvveti" demediği gibi kuraklığı da şaşkınlıkla karşılamamalıdır. Normal iklim şartlarında iklimin değişken karakteri, yer yer ve zaman zaman kuraklıklara neden olmakta ve bu da, Türkiye tarımını ve su kaynaklarını olumsuz şekilde etkilemektedir. İnsanlık tarihi kuraklıklar ile doludur.

Ayrıca, nasıl ki deprem kuşağında bulunan ülkemizde deprem normal bir olaymış gibi kabullenip ona karşı önlemler almaya çalışmakta ve onunla birlikte yaşamayı öğrenmemiz gerektiğini anladıysak, yarı kurak bir iklim kuşağında bulunan ülkemiz de kuraklığın olağan bir meteorolojik olay ve doğal bir afet olarak kabul edip gereklerini yapmalıyız.

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

Bu tablodan görüldüğü gibi doğal afetlerin büyük bir kısmı ve en önemli üçü hava şartları ile çok yakından ilişkilidir. Örneğin, orman yangınları,

tarımsal zararlılar, tarımsal ve hidrolojik kuraklık, çölleşme, göl ve deniz su seviye yükselmeleri, çığ ve seller vb. hava şartları ile yakından ilişkisi olan doğal afetlerdir. Yağışlar, şiddetli yerel fırtınalar, tropikal fırtınalar, fırtına kabarması, şiddetli kış şartları, kırağı, don vb. ise hava şartları tarafından direk olarak oluşturulan afetlerdir. Meteorolojik şartlar ile doğrudan ve dolaylı olarak ilişkili olan doğal afetlerin tümü, meteorolojik afetler veya meteoroloji karakterli doğal afet olarak adlandırılır.

Gelişmiş ülkelerde kuraklık, fırtına, sel, çığ vb uyarılar, meteorolojinin topluma sağladığı en önemli ve hayati hizmetlerinden biridir. Ülkemizde uzun yıllardan beri meteoroloji mühendisleri bu önemli görevlerini gelişmiş ülkelerdeki meslektaşları gibi en iyi şekilde yaparak ülkelere hizmet etmek ve kuraklık gibi meteorolojik afetlerden dolayı ortaya çıkan/çıkaracak can ve mal kayıplarını en aza indirgenmesine katkıda bulunmak istemektedirler.

Bu nedenlerden dolayı ülkemizdeki siyasi iradenin, yıllarca süre gelen yanlış uygulamalarından vazgeçerek, artık meteoroloji camiasında meteoroloji mühendislerine yeterince fırsat vermesi ve yıllardır özlenen bilimsel ortamın doğmasına katkıda bulunması gerekiyor.

Kuraklığın Tek Nedeni Yağışın Az Olması mıdır?

Meteorolojik kuraklığın tek nedeni belli bir zaman dilimi içinde yeterli miktarda ya da hiç yağmur yağmamasıdır. Yağmur yağmamasının nedeni de, kışın Türkiye'de yağışlara neden olan siklonik cephe sistemlerinin yüksek basınç merkezleri nedeniyle Türkiye'ye sokulamamasıdır. Diğer bir deyişle, Anadolu, Ege veya Ak deniz civarında etkili olan antisiklonlar, batıdan gelen yağış sistemlerini bloke ederek ve onları kuzeye doğru yönlendirerek onların

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.

Karakter ve Etkilerinin Değerlendirilmesi

Önem Sırası	Afet	Etkili Etkilediği		Toplam				
		Afetin Şiddeti	Olduğu Süre	Toplam Alan	Toplam Can Kaybı	Ekonomik Kayıp	Sosyal Etkisi	Etkisinin 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 değişimleri	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	Çığ	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	Sağanak yağışlar	4	5	2	4	4	5	5
22	Yıldırım çarpması	4	5	2	4	4	5	5
23	Kar tipisi	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 rüzgarlar	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

Türkiye üzerinden geçmesini engelleyip halk arasında "güzel hava" denilen güneşli ve kurak hava şartlarına neden olurlar. Yüksek basınç nedeniyle yörüngeleri değişen siklonlardan beklenen yağışların alınmaması 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.)

Yağışların ülke genelinde 1999 yılı başından beri çok azaldığı, bunun bölgelere göre çok değişiklik gösterdiği bundan en çok enerji üretiminde sahip olduğu önem açısından Fırat havzasının, Tarımsal üretim açısından taşıdığı öneme göre de en çok Seyhan Havzasının etkileneceği çok belirgindir. **Kuraklığın belirgin nedeni yağışın azlığı olmakla beraber suyu bilinçli kullanamamak sağlıklı işletmemektir.**

Şehirleşme Yağışın Azalmasına Neden Olur mu?

Bulut ve yağış fiziği bilim dalı, yağış oluşumunu açıklarken ne ağaçlardan ne de otlardan bahseder. Ayrıca kışın Türkiye'de görülen yağış da, Türkiye üzerinde oluşmamaktadır. Çarpık şehirleşme ile su havzaları yok edilerek su kaynakları doğrudan yok edilmektedir. Bu durum karşısında kullanılacak sular kullanılamaz duruma gelmekte ve o bölgede doğrudan su azlığı oluşmaktadır. **Sonuç olarak su havzalarının yok edilmesi su kaynaklarının yok edilmesine/ kirletilmesine neden olduğundan su azalmasına ve dolayısıyla su eksikliğinin oluşmasına neden olmaktadır.**

Şehirlerin yağış üzerine etkisi;

Gerçekten şehirler kendi ve çevresinin aldığı yağışı değiştiriyor mu? Eğer değiştiriyorsa, şehirsal aktivitelerin bugünden çok daha fazla olacağı ileri ki yıllarda, şehirlerin yağış üzerindeki etkileri nasıl olacaktır? Bu sorulara tüm dünyada bilimsel çalışmalar ile cevap aranmıştır ve artık şehirleşmeden dolayı yerleşim bölgelerinin yüzeylerinde oluşan pürüzlülük ve artan sosyo-ekonomik etkinlikler sonucu atmosfere salınan kirleticilerin, şehirlerin içinde ve rüzgar yönündeki kırsalda yağış artışına sebep olduğu bilinmektedir (Tablo 2'ye bakınız).

Lutgens ve Tarbuck, (1989)'a göre şehirsal bir kompleksin, bulunduğu bölgenin yağışını özetle şu nedenlerden dolayı etkiler:

1. Şehirlerin oluşturduğu ısı adaları, termal olarak düşey hava akımlarına ve bunlar da atmosferin kararsızlığının artmasına neden olur.

2. Fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere salınan su buharı ve partiküller kirleticiler, bulutlardaki su buharı için yoğunlaşma ve aşırı soğumuş sıvı su damlacıkları için de donma çekirdeği görevi görür.

Tablo 2. Şehirler tarafından oluşturulan ortalama iklim değişimleri, (Landsberg, 1973'a ve 1970; Changnon, 1973; Lutgens ve Tarbuck, 1989).

Element	Kırsal Alanla Karşılaştırma
Partikül	10 defa daha çok
Sıcaklık	
Yıllık ortalama	0.5-1.5 °C yüksek
Kış	1-2 °C yüksek
Isıtma derece günler	%10 az
Güneş radyasyonu	%15-30 düşük
Ultraviyole, kış	%30 düşük
Ultraviyole, yaz	%5 düşük
Yağış	%5-15 fazla
Oraj Frekansı	%16 fazla
Kış	%5 fazla
Yaz	%29 fazla
Bağıl Nem	%6 düşük
Kış	%2 düşük
Yaz	%8 düşük
Bulutluluk (frekansı)	%5-10 fazla
Sis (frekansı)	%60 fazla
Kış	%100 fazla
Yaz	%30 fazla
Rüzgar Hızı	%25 düşük
Sakinlik	%5-20 fazla

Böylece şehirlerdeki endüstriyel aktivitelerden dolayı atmosfere salınan çok sayıdaki yoğunlaşma ve donma çekirdekleri bulutların mikro fiziksel yapısını değiştirir.

3. Pürüzlü şehir yüzeyleri atmosferin aşağı seviyelerinde konverjansa neden olur ve yukarı hava hareketlerini artırır. Ayrıca, pürüzlü şehir yüzeyleri, hava (cephesel siklon gibi) sistemlerinin hareketlerini engelleyerek onlar için frenleyici etki yaparlar. Böylece yağış getirecek bir meteorolojik olay ortaya çıkınca, şehir üzerinden ayrılmakta olan bulut daha yavaş bir şekilde şehri terk edebildiği için daha fazla yağış bırakır.

Bütün bunlar ve diğer nedenlerden dolayı şehirlerin sahip olduğu iklim şartları kırsal alana göre farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıkları göstermek için şehir ikliminin kırsal alanla karşılaştırması Tablo 2'de verilmiştir.

Bu tablodan da görülebileceği gibi şehirsal ve kırsal alanlara düşen yağışları birbirleriyle karşılaştıran birçok çalışma, şehir üzerine düşen yağış miktarının, en yakın kırsal kesime düşen yağış miktarından %10 daha fazla olduğunu göstermiştir, (Changnon, 1970). Daha sonraki araştırmalar ise şehirlerden dolayı yağış miktarları, şehir merkezlerinin hakim rüzgar yönündeki bölgelerde arttırdığını göstermiştir, (Changnon ve ark., 1971; Changnon, 1973, 1992; Oliver, 1973).

Şehirlerin rüzgar atındaki yerlerde hava kirliliğinin yağışa muhtemel etkisi, 1960 yılında Stanley Changnon tarafından ortaya konmuştur. Bu çalışmaya göre 1925'ten beri, ABD'de Chicago'nun büyük endüstriyel komplekslerinin rüzgar altında 48 km'lik bir uzaklıkta bulunan Indiana eyaletinin LaPorte

şehrinde, yağmurlu, gökgürültülü ve dolu yağışlı gün sayısında ve toplam yağışta önemli bir artış olmuştur. Bu sonucu varılırken 1930'lerden sonra Chicago'da gözlenen sisli günlerin sayısı ve atmosferik kirliliğin ölçümü ile LaPorte'nin aldığı yağış miktarının çok iyi bir uyum göstermesi önemli bir rol oynamıştır, (Changnon, 1968).

LaPorte'nin bu özelliği tespit edildiğinden beri, yağış üzerindeki şehirlerin kompleks etkisi konusunda yapılan çalışmalar, genellikle, şehirlerin rüzgar altı alanlarında yağışın artışına neden olduğunu doğruladı. Sekiz ABD şehrini içeren bir araştırmada % 9'dan % 27'ye varan bir oranda, şehirlerde kırsal kesimlere göre daha fazla yağışa rastlandı. Bunlarla beraber, şimşek, yıldırım ve dolu fırtınalarının sayısında da artışlar gözlemlendi.

Daha geniş imkanlar ile ikinci bir şehirselleme yağış araştırması ABD, St. Louis, Missouri'de gerçekleştirildi. METROMEX (Metropolitan Meteorological Experiment) olarak bilinen bu büyük program, çok değişik türde ölçüm ve değişik araştırma grupları içeriyordu. Seneler süren bu çalışma, St. Louis şehiri ve endüstriyel kompleksinin, yağış dağılımını ve şehir merkezindeki rüzgar hızını büyük ölçüde değiştirdiğini göstermiştir.

Bütün bu çalışmaların sonuçları, şehirlerin rüzgar altı alanlarındaki ortalama yağışta % 10 civarında bir artış olduğu gösterilmiştir. Daha sonraki araştırmalar ise, şehirlerin yağış miktarlarını arttırmalarının en büyük nedeninin şehir merkezlerindeki zayıf rüzgarlar olduğunu göstermiştir.

Örneğin, İstanbul'da da şehirleşme ile yıldan yıla bina yoğunluğu ve dolayısıyla sürtünme artmaktadır. Böylece rüzgar şiddetinde beklendiği gibi İstanbul'da bir azalma gözlenmektedir. Rüzgar şiddetinde azalma Florya ve Göztepe Meteoroloji istasyonlarında 2 ve 10 m yükseklikte ölçülen rüzgar kayıtlarından Ok (1994) tarafından belirlenmiştir. Bu şekilde rüzgarın sakinleşmesi sonucu, yağış getiren sistemler, birazda şehrin oluşturduğu pürüzlülükten dolayı, şehir üzerinde kırsal kesime nazaran daha fazla kalarak şehir merkezlerinin daha fazla yağış almasına neden olmaktadır.

İstanbul'un rüzgar altına rastgelen kısmı Anadolu yakasının da, daha fazla yağış aldığı Kadioğlu (1995) tarafından gösterilmiştir. Örneğin, Florya'da ortalama yıllık yağışlı günlerin sayısı % 30 iken, şehir merkezinden yaklaşık olarak 50 km uzakta olan ve rüzgar altında bulunan Şile'de % 43' dür. Şüphesiz bunda, topoğrafya gibi birçok faktör rol oynuyorsa da, Chicago'nun hava kirliliği tarafından etkilenen La Porte gibi, Şile'nin batısındaki İstanbul düşünürsek, şehir merkezinin oluşturduğu hava kirliliği Şile'yi kısmen etkilemektedir.

Ayrıca şehirlerdeki hizmet diğer sektörlerdeki üretim ve diğer ekonomik etkinliklerin başladığı Pazartesi

gününden itibaren atmosferde yoğunlaşma ve donma çekirdeği görevi görebilecek kirleticilerin salınmaya başlanması hafta içindeki yağış miktarının hafta sonundaki yağış miktarına göre farkedilir bir fazlalığa sahip olmasına neden olduğu da ortaya çıkmıştır. St. Louis ve Paris için yapılan çalışmalarda (Dettwiller, 1974; Landsberg, 1973), hafta içinde Pazartesi'den Cumaya doğru gidildikçe yağışta bir yükselme olduğu gözlenmiştir.

Tarihimizde Ciddi Kuraklıklar Ne Zaman Yaşanmış?

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.

Örneğin, 1915, 1930 lu yıllarda ve 1970-1974 arası Türkiye ciddi bir kuraklık tehlikesi geçirmiştir. Ciddi bir boyuttaydı. 1988 -1989 yılları, Güneydoğu Anadolu Bölgesi için en kurak yıllardan olmuştur. Keban barajı girişinde Fırat'ın debisi kurak yıllarda 50 m³/sn'ye düşmüştü.

Kuraklık İklim Değişikliğine Bağlı Olarak mı Yaşanmaktadır?

Her kuraklığı, küresel iklim değişikliğine bağlamak da 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.

Associated Press'e göre 1900'lu yıllara damgasını vuran en önemli 15 meteorolojik afet ABD Meteoroloji Örgütüncü şöyle sıralanmaktadır:

1. 1907 yılında Çin'de etkili olan kuraklık ve sonucunda yaşanan açlık nedeniyle 24 milyon insanın öldüğü hesaplanmıştır. 1928-30, 1936 ve 1941-42 yıllarında da kuraklıktan dolayı milyonlarca Çinli hayatını kaybetmiştir.

2. 1921-22 yıllarında Ukranya ve Rusya'nın Volga bölgesini etkileyen kuraklık sonucu 250,000 ile 5 milyon arasında insan kaybı olduğu hesaplanmaktadır.

3. 1965-67 yılları arasında Hindistan'da hüküm süren kuraklık 1.5 milyon insanın ölümüne yol açmıştı. 1900 yılında Hindistan da yaşanan kuraklıkta ise 250,000 ile 3 milyon insan hayatını kaybetmiştir.

4. Çin'de Yangtze nehrinin 1931 yılında taşması ve bunun sonucunda ortaya çıkan açlık nedeniyle 3.7 milyon kişi ölmüştü.

5. Afrika'nın Sahel bölgesinde 1972-75 yılları arasında yaşanan kuraklık 600,000 insan kaybı ile sonuçlanmıştır.

6. 1970'de Bangladeş'i etkileyen bir tropikal siklon, kuvvetli rüzgar ve deniz kabarması nedeniyle 300,000 ile 500,000 arasında insan kaybına neden olduğu hesaplandı.

7. 1991'de Bangladeş'i etkileyen başka bir tropikal siklon 138,000 kişiyi öldürttü.

8. 1971'de Vietnam'da görülen bölgesel seller 100,000 insan kaybına neden olmuştu.

9. 1998'de Orta Amerika'yı etkileyen Hurikayn Mitch 1978'den sonra bölgeyi etkileyen en büyük fırtınaydı. Bu fırtına 11,000 kişinin ölümünden sorumluydu.

10. 1954 yılında yaşanan Büyük İran Selinde 10,000'den daha fazla insan kaybı olmuştu.

11. 1991 yılında Filipinleri etkileyen Thelma Tayfunu 6,000 ölüme neden olmuştu.

12. 1958 yılında Japonya'yı etkileyen Vera Tayfunu 5,000 ölümlle sonuçlanmıştı.

13. 1952'de Londra'da 4,000 ölüme neden olan hava kirliliği olayı yaşanmıştı.

14. 1972'de İran'da etkili olan kar tipisinde 4,000 kayıp verilmişti.

15. 1965 yılında Hollanda ve İngiltere dahil olmak üzere Kuzey Avrupa'yı etkilen şiddetli kış fırtınalarında 2,000 hayat kaybedilmişti.

Bu listeden görülebileceği gibi küresel iklim değişimi problemi 1980'li yıllardan beri konuşulmaktadır ama en önemli meteorolojik afetler daha önceki zaman diliminde yaşanmıştır. Yine yukarıdaki listeye göre son yıllarda etkili olan en şiddetli hava olaylarının tropikal siklonlar ve onların neden olduğu seller ile ilişkili olduğu görülmektedir.

Bununla birlikte küresel ısınma ve iklim değişimi, ülkemizde sürüp giden kuraklıkların sayı ve şiddet bakımından artırarak daha fazla tehlikeler oluşturacaklardır.

Kuraklık Dünya Dışı Nedenlere Bağlı mıdır?

Dünya dışı etkiler ile kuraklık Türkiye'de 10-15 yıllık periyotlar ile tekrarlanır gibi açıklamalar da bilimsel temelden yoksundur. İklim elemanlarındaki değişimler, kuraklığa da neden olur. Bu nedenle iklim elemanlarındaki değişimlere neden olan etkenleri kuralığı etkileyen etkenler olarak ta göz önüne alabiliriz. İklim elemanlarında ki değişimlerde sürekli dile getirilen hipotezlerden biri de, güneşin bir yıldız olduğu ve dışarıya verdiği enerjinin zamana

göre değiştiğidir. Bu değişimin etkisinden kolayca anlaşılıyor ki, güneş radyasyonunun artması atmosferin ısınmasına ve azalması da soğumasına neden olacak ve dolayısı ile yeryüzündeki yağışı da değiştirecektir, (Lutgens ve Tarbuck, 1989).

İklim değişimi ve kuraklık için birkaç öneri de, 'güneş lekeleri' üzerine getirilmiştir. Güneşin yüzeyi konusunda en çok bilinen ve kara leke gibi görülen lekeler 'güneş lekeleri' olarak adlandırılır. Herhangi bir merkezi olmamasına rağmen güneş lekelerinin, güneş yüzeyinden başlayarak daha da iç kısımlara doğru giden magnetik fırtınalar olduğu bilinmektedir. Diğer radyasyon aktiviteleri ile beraber azalan veya çoğalan güneş lekelerinde 11 yıllık salınım düzenli olarak görülür, (Lutgens ve Tarbuck, 1989; Newhall, 1988; Burroughs, 1992).

Güneş lekeleri ve meteor sağanakları gibi atmosfer dışı etkenlerin dünya atmosferi ile birlikte hava şartlarını da etkilediği çok eskiden beri iddia edilip gelmektedir. Hatta bazı çalışmalarda hidro-meteorolojik gözlemler ile 11 yıllık salınımlar gösteren güneş lekelerinin sayısı arasında ilişkiler (korelasyonlar) ortaya konulmuştur (Newhall, 1988; Burroughs, 1992). Uzun vadeli hava tahminleri yapmak, su kaynaklarının akılcı yönetimi ve kullanılması için bu parametrelerin de göz önünde bulundurulması teklif edilmiştir. Yapılan çalışmaların bazılarında, yağış ve nehir-akışlarındaki artış ile birlikte güneş lekelerinin sayısı ve meteor sağanakları (meteor-toz-gün veya meteor-toz-ay sayıları) ile yağış arasındaki ilişkiyi fiziksel esaslara göre açıklayamamaktadır.

Özellikle güneş lekeleri ile yağıştaki değişimler arasındaki ilişkiyi doğrulama açısından yapılan teşebbüsler, bir çok meteorolojist tarafından uygun görülmedi. 1970'li yılların sonuna kadar bu konuda 1000 den fazla makale yayınlandı. Ancak bu araştırmalara hep kuşku ile bakıldı. 1978'lerin sonunda Avustralya'dan Barrie Pittock bütün bu çalışmaların özetleyerek şu sonuca vardı: "İklim veya hava ile güneş lekeleri arasındaki ilişkilerin inandırıcılığı çok az veya hiç yoktur", (Burroughs, 1992).

Yağmur Bombası Kuraklığa Çare midir?

Günümüzde suni yağmur ("yağmur bombası") da henüz kuraklığa bir çare değildir. Suni yağmur yağdırılabileceği düşüncesi ile dünyanın çeşitli yerlerinde uzun yıllar denemeler yapılmıştır. Bu konudaki bilimsel çalışmalar devam etmektedir.

Kuraklı üç gün içinde ortaya çıkmadı ki üç günlük yağışlar ile ortadan kaybolsun! Yağmur bombasını kuraklığı oluşturan olayların süresine bağlı olarak da değerlendirmek gerekir. Bu anlamda yağmur bombası kuraklığa çare değildir.

Kuraklığın Olumsuzluklarından En Az Etkilenmek İçin Neler Yapılmalı?

Öncelikle ulusal enerji politikamız gözden geçirilmeli ve kullanılmayan hidrolik potansiyelden yararlanmanın yolları araştırılmalıdır. Buna göre önlemler derhal hayata geçirilmelidir. Tarımsal sıkıntı ve içme suyu yüzey suları yeterli gelmezse yer altı suyuna hidrojeolojik faaliyetlere gerekli bilimsel çalışmalar kapsamında izin verilmelidir. Bu konuda yapılacak yanlışlıklar yer altı su rezervlerinin olumsuz etkilenmesine neden olabilir. Bu konularda ki bütün çalışmalar ve işlemler hidrolojik döngü içerisinde bilimsel esaslara göre yapılmalıdır.

Genel olarak da meteoroloji bilimi ilgili sektörlerde kurumsallaştırılarak, en küçük bir dereler ölçülerek yerel anlamda bilimsel kriterler ölçüsünde halka hizmet verir hale getirilmelidir. Büyük projelerde de meteoroloji mühendisliğinin inceliklerinden yararlanmak ve meteoroloji mühendisi tahsis etmek ve uzmanlığından yararlanmak gereklidir.

Meteorolojik kuraklıkla mücadele yolları kısaca şöyle sıralanabilir:

1. Yavaş gelişmesi nedeniyle kuraklık, ülkemizde de değişik indeksler ile, sürekli olarak takip edilmelidir. Su toplama havzalarından hangisinde ne kadar kuraklık geliştiğini bilmek barajların işletilmesinde ve ekilecek bitki türünün seçiminde kritik rol oynar. Dolayısıyla, kuraklığın gelişimi, günlük/aylık olarak takip edilerek, kurak ve nemli alanların ve bunların şiddetinin yerel dağılımı hakkında doğru ve zamanında bilgi sahibi olunması için, ülkemizde bir kuraklık izleme ve erken uyarı sistemi kurulmalıdır.

2. Türkiye'nin bazı bölgelerinde, yoğunlaşan nüfus ve sanayinin ulaştığı tatlı su talebinin karşılanması artık mümkün olamamaktadır. Bu yüzden yetersiz olan su kaynaklarının normal ve kuraklık zamanlarında en iyi şekilde kullanımı ve yönetimi, bir zorunluluk haline gelmiştir. Artan su ihtiyacının karşılanması, sahip olunan su kaynaklarının optimal bir şekilde kullanımı ve işletilmesi, bölgedeki yağışın karakteristik özellikleri ile birlikte mevcut kuraklığın alansal dağılımının bilinmesi ve sürekli takip edilmesi ile sağlanabilir. Bunun için, büyük şehir belediyelerinin su idarelerinde artık Meteoroloji Mühendislerinin de hizmet verebilmesi için gerekli olan mevzuat değişiklikleri bir an önce yapılmalıdır.

3. Gelişmiş ülkelerdeki gibi artık ülkemizde de, gerektiğinde DMİ ya da Ulusal Kuraklık Merkezi tarafından 2-aşamalı ve yerel olarak kuraklık ihbarları (sırasıyla "Kuraklık Gözetleme ve Kuraklık Uyarısı") ile insanlarımızı bilgilendirme yoluna gidilebilmesi için gerekli organizasyon ve hazırlıkların bir an önce yapılması gerekmektedir.

4. Yüksek basınç kuşağının kuzeye kayması ile ülkemizde hakim olabilecek tropikal iklime benzer bir

iklim, düzensiz, ani ve şiddetli yağışlar seller, heyelan ve erozyonu artırır. Daha kuru hava, daha sık, uzun süreli kuraklıklara neden olabilecektir. Artacak olan sıcaklıklar ile birlikte, kar yağışları azalacak ve dolayısı ile ilkbahar aylarında da ülkemizde kuraklıklar görülebilecektir. Kuraklığın, böylece yakın gelecekte ülkemizdeki yağışlar ve dolayısı ile yüzey ve yeraltı suları üzerinde daha sık etkili olması beklenmeli ve buna göre çözümler geliştirilmelidir.

5. Küresel ısınma ile birlikte alt tropiklerdeki yüksek basınç kuşağının kuzeye doğru Türkiye üzerine kayması beklenmektedir. Böylece, Türkiye'nin büyük bir kısmı oldukça kuru ve sıcak bir iklimin etkisine girecektir. Bu nedenle, su kaynaklarının planlama ve yönetim çalışmalarında küresel iklim değişikliğinin olası etkilerinin değerlendirilmesi zorunlu hale gelmiştir. Amerika Birleşik Devletleri ile Meksika arasında yapılan anlaşmaya benzer bir şekilde Türkiye'den Suriye ve Irak'a verilen veya verilmesi teklif edilen su miktarı, değişen iklim şartlarına bağlanmalı ve ayarlanmalıdır.

6. Tarım için bir çok yerde sulama gereği ortaya çıkacaktır. Geleneksel tarım ürünleri yerine daha sıcak ve kuru iklim şartlarına uygun tarım ürünlerine geçiş de bir zorunluluk haline alabilecektir. Ayrıca suyun fazla olduğu yerlerden, kuraklığın hüküm sürdüğü bölgelere taşınması gerekecektir. Bunun için "Küresel İklim Değişiminin Su Kaynaklarına Olası Etkileri" üzerine ülkemizde de gerekli bilimsel çalışmaların yapılabilmesi için bilim insanlarımızın teşvik edilerek özendirilmesi gerekmektedir.

7. Türkiye genelinde, yağışlar azalınca GAP alanı başta olmak üzere tüm nehirlerin taşıdığı su miktarı düşecektir. Nehirlerle daha az beslenen baraj göllerinin su seviyesi de önemli ölçüde azalınca, hidroelektrik enerji üretimi de aksayabilir. Ülkemizde de artık bu sektörlerdeki planlama ve geliştirme çalışmalarında mutlaka meteoroloji biliminden de uzman seviyesinde yararlanılmalıdır.

8. Modern Hava Durumu programları ile çiftçilerin mevcut kuraklık şartları hakkında fikir sahibi olabilmesi için özellikle yağışlar, o günün normal değerleri ile karşılaştırılarak verilmeli. Ayrıca sıcaklıklar da normal değerleri ile karşılaştırılmalıdır.

9. Ülkemizdeki özellikle meteorolojik ölçüm ağı klimatolojik özelliklerin belirlenmesi için yeterli değildir. Bu konudaki eksiklikler bir an önce giderilmelidir.

10. Ülkemizde ki yapısal eksiklikler giderilene kadar, acilen ve şimdiden "Su ve Enerji Tasarrufu Kampanyaları" düzenlenmelidir.

Kuraklığa Bağlı Olarak Bizleri Bekleyen Sorunlar Nelerdir?

1999 su yılı başlangıcından beri yağış ve akımlar ortalamaların çok altında gerçekleşmiştir. Diğer bir

deyişle Türkiye'de son üç senedir kuraklık meteoroloji camiasının ve çiftçinin hep gündemindeydi.

Geleceğe ilişkin bir şeyler söylemek için, mevsimsel iklim tahminlerine bakmak gerekiyor. Yalnız kuraklık etkisini 2001 yılında da sürdürecektir. Çünkü özellikle enerji üretimindeki barajların Aktif Hacimleri sadece 1/8 kadar doludur. Maksimum yağışlar bile olsa bunu 8/8 oranında doldurmak çok zordur kış mevsimi çok az yağışlı geçmiştir. Yağmurlar yağsa da Mart Nisan mayıs ayında yağabilir. Haziran dan sonra doyurucu yağış beklemek zordur. 7/8'lik su hacimine 3 ayda ulaşmak çok zor görünmektedir.

Enerji üretimini tarımsal üretimi etkileyip önemli sosyo-ekonomik sıkıntılara neden olabilecektir. Özellikle başta hükümet elektrik ve su fiyatlarını artırabilir, tarım ve gıda ürünlerinde dış bağımlılık ile birlikte fiyatlar da artabilecektir.

Özetle, bizi elektrik ve su sıkıntısı ile birlikte zamlar beklemektedir. Tarım sektöründeki kayıplar da iç göçü arttırarak büyük şehirlerde olan nüfus yığılmasını da arttırabilecektir. Kuraklık ile birlikte aynı zamanda orman yangınları mevsimi erken başlayarak, orman yangınlarının sayısını da arttırma olabilecektir.

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 dahil bir çok uluslararası, ulusal ve yerel su kaynağının paylaşımını ve yönetimini daha da zorlaşacaktır. Bütün bunlar, ülkemizin ileride karşılaşılabileceği tehlikenin boyutlarını göstermesi açısından son derece önemlidir.

Türkiye'de kuraklık gibi meteoroloji karakterli doğal afetler de sık sık birer felakete dönüşerek gelişmiş ülkelere nazaran çok daha fazla insan ve ekonomik kayıplara neden olmak ile birlikte, geçerli çözümler de geliştirilememektedir. Şu an yaşanan kuraklıkta da durumumuz farklı değil.

Kuraklıkla İlgili Ulusal Bir Program Var mı?

Her konuda olduğu gibi bu konuda da ulusal bir politikamız yoktur ve hiç bir zaman olmadı. 77 yıllık Cumhuriyet tarihimizde ciddi bir teknik birikim ve bürokrasi tecrübesi yoktur. Diğer bir deyişle, şimdiye kadar olmadı, böyle giderse de yakın bir gelecekte de olması mümkün görünmüyor.

Örneğin, 1988 -1989 yılları, Güneydoğu Anadolu Bölgesi için en kurak yıllardan olmuştur. Keban barajı girişinde Fırat'ın debisi kurak yıllarda 50 m³/sn'ye

düşmesine rağmen, Keban ve Karakaya baraj göllerinden verilen ilave sularla komşumuz ülkelere yapılan anlaşmalardaki 500 m³/sn'lik debiyi sağlayabilmek için mevcut depolardan 269 m³/sn lik bir ilave su ile bu verilen söz yerine getirilmeye çalışılmaktadır.

Kuraklık Politikası Geliştirilebilir mi?

Bu konudaki ilk adım meteoroloji bilimine saygı duyularak atılabilir. Türkiye'de neredeyse herkes doğuştan meteoroloji uzmanı gibi konuşabilmekte ve tüm meteoroloji kadrolarında uzmanmış gibi çalışabilmektedir. Bilim ahlakına ve ülke çıkarlarına da aykırı olarak meteoroloji uzmanı gibi davranılmasından ve konuşulmasından artık vazgeçilmelidir.

Uzun yıllardan beri DMİ'de de diğer kamu kurum ve kuruluşlarında olduğu gibi hizmete girişlerde ve nakillerde partiden kartvizit getirme alışagelmış bir uygulama olmuştur. Sınav adı altında yapılan yöntemler, kayırcılığı meşrulaştıran uygulamalar haline gelmiştir. Hizmete almalar, keyfi olmuş ve kadroları parti yandaşları için kullanılmıştır. Böylece ehliyet, liyakat gibi kavramlar bir kenara itilmiştir. Atamalar ve yükseltmeler geçekte objektif kurallara bağlanmamış ve herkes gördüğü eğitime ve mesleğine uygun görevlerde çalışmamaktadır.

Geçmişte yaşanan kuraklıklardan dersler alınmadı. Gelişmiş ve gelişmemiş bir çok ülkede olduğu gibi ülkemizde kuraklık takibi, uyarısı ve mücadele yöntemlerini hala neden geliştiremedik? Bu soruların yanıtını bulmadan Türkiye'de kuraklığa çözüm getirilemez. Herhangi bir grubun çıkarı ve politik kaygılar gözetilmeden Ülkemizde ki hava ve su ile ilgili kurum ve kuruluşlar sorgulanmalı ve çağımızın gereğine göre yeniden yapılandırılmalıdır.

Kuraklıkla İlgili Nasıl Bir Yapılanma Olmalıdır?

Dün deprem konseyi, bugün su konseyi, yarın da hava konseyi... Böyle giderse Türkiye Konseyler ülkesine dönecek. Dünyada kuraklıkla su konseyi kurarak mücadele eden başka bir ülke var mı? Dünya'da bizden başka, yağın yağışı bir kamu kurumu, akışa geçen yağışı ise başka bir kamu kurumu ölçen kaç ülke var? Türkiye'de de Hidrolojik ve Meteorolojik Hizmetler, bağımsız ve kurumlar üstü bir "Hidrometeoroloji Enstitüsü"nde toplanmalıdır. "Ulusal Kuraklık Merkezi" kurulmalı ya da Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü çağın gereğine ve ülkenin ihtiyaçlarına uygun bir şekilde bu ve diğer meteoroloji karakterli afetler konusunda görevlendirilerek yeniden yapılandırılmalıdır.

Özetle, başta kuraklık olmak üzere Meteoroloji ile ilgili sektörlerde ciddi bir meteoroloji birimi laboratuvarı ve meteoroloji mühendisi yoktur. Köy Hizmetleri

genel müdürlüğü, İller Bankası Genel müdürlüğü, Afet işleri genel Müdürlüğü, Karayolları Genel Müdürlüğü, Orman Bakanlığı, Enerji Bakanlığı, Çevre Bakanlığı ve Tarım Bakanlığı'nın hiç birinde ciddi bir meteoroloji birimi ayrıca, çoğu kurumda meteoroloji mühendisi yoktur. Meteoroloji mühendisliği önemsenmeli ve kurumsallaştırılmalıdır.

Geleceğe İlişkin Neler Söylenbilir?

Sanayileşme ile beraber insanın bilinçsiz davranışı ve yaşam tarzıyla doğayı tahrip etmesi sonucu dünya atmosferinin bileşimindeki gazlarda büyük değişiklikler ortaya çıkmıştır. Bu değişimler, dünya üzerindeki tüm canlı yaşamı için tehlike oluşturmaktadır. Uluslararası toplumun bu konudaki duyarlılığı son yıllarda oldukça artmıştır. Böylece Ozon Tabakasının Korunması ve İklim Değişikliği Sözleşmeleri gibi hükümetler arası sözleşmeler imzaya açılmıştır. Haziran 1992'de Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansında (UNCED) imzaya açılan İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinde, diğer Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) üyeleri gibi, Türkiye de gelişmiş ülkeler arasında gösterilmiştir. Gelişmekte olan bir ülke olarak Türkiye, sözleşmeden doğan yükümlükleri yerine getiremeyeceği kaygısıyla, bu sözleşmeyi henüz imzalamamıştır.

Bu sözleşmelerin yükümlükleri tüm ülkeler tarafından eksiksiz yerine getirilmesi ve artık dünya atmosferine gaz salınımlarının tümüyle durdurulması durumunda bile, şimdiye kadar atmosferde biriken CFC (kloroflorokarbon) ve sera gazlarının 2100 yılına kadar etkili olabileceği hesaplanmaktadır. Bu nedenle, bu iki problem ve onların olası sosyo-ekonomik etkileri günümüzde ayrıntılı olarak incelenerek araştırılmaktadır. Son zamanlarda dünyanın yüzeye yakın seviyedeki hava sıcaklığı artan bir hızla yükselmektedir. Sadece son 100 yılda sıcaklıklar 0.6 °C artmış ve artmaya da devam etmektedir. Bu sıcaklık artışının ne kadar büyük olduğu, 15,000 ila 50,000 yılları öncesi buzul çağından sonra sadece 5 °C'lik bir sıcaklık artışı olması gerçeği göz önüne alınırsa görülebilir.

İklim değişimine karşı hangi strateji takip edilirse edilsin yakın gelecekte görülecek olan iklim değişiminin kötü etkileri artık önlenemez. Her türlü durumda, gelecek 40 yıl içindeki her 10 yılda 0.1 °C'den daha fazla olan bir miktarda küresel ısınmanın devam edeceği tahmin edilmektedir. Küresel ısınma ile birlikte deniz seviyelerindeki yükselme de, önümüzdeki yüzyılın sonuna kadar 65 - 100 cm'ye ulaşabilecektir.

Türkiye genelinden seçilen bir kaç ilin sıcaklık ve yağış verilerinden elde ettiğimiz ilk sonuçlarımıza göre, Türkiye'de gece sıcaklıklarında önemli artışlar gözlenmektedir; gündüz sıcaklıkları ve yağışta ise henüz önemli bir değişiklik olmamıştır. Bu ilk bulgularımız ABD, Çin ve eski Sovyetler Birliği'nde

incelenen toplam 747 meteoroloji istasyonunun sonuçlarına benzerdir. Türkiye'de sıcaklıklardaki bu değişimler 1955-1960 yılları arasında başlamıştır.

Dünyanın diğer bölgelerine benzer şekilde, bu ozon miktarlarında ve iklimdeki değişimin Türkiye'de çevre, toplum ve ekonomiye etkisinin daha çok olumsuz yönde olacağı beklenmektedir. Küresel ısınma ile birlikte alt Tropiklerdeki yüksek basınç kuşağının kuzeye doğru Türkiye üzerine kayması beklenmektedir. Böylece Türkiye'nin büyük bir kısmı oldukça kuru ve sıcak bir iklimin etkisine girecektir.

ABD'de tarım ve orman alanlarında 2 milyar dolarlık zarara neden olduğu hesaplanan ve orta enlemlerle beraber Türkiye üzerinde sürekli olarak artan troposferik ozon, bitkilerde fotosentez işlemini yavaşlatarak, ormanlarımızı etkileyecek ve tarımsal ürünlerimizde rekolte düşüşlerine neden olabilecektir. Yüksek basınç kuşağının kuzeye kayması ile ülkemizde hakim olabilecek tropikal iklime benzer bir iklim, düzensiz, ani ve şiddetli yağışlar seller, heyelan ve erozyonu arttırır.

Orman Yangınlarında Artış Olur mu?

Daha kuru hava, daha sık, uzun süreli kuraklıklara neden olabilecektir. Böylece kuş cenneti ve benzeri milli parklar tahrip olabilecek, kuşların göç yolları ve konaklama yerleri değişebilecektir. Kuru kesimlerde yüksek sıcaklıklar ile birlikte orman yangınları ve tarımsal hastalık ve böcek zararlarında büyük artışlar görülmesi beklenmektedir. Ayrıca tarım için bir çok yerde sulama gereği ortaya çıkacaktır. Geleneksel tarım ürünleri yerine daha sıcak ve kuru iklim şartlarına uygun tarım ürünlerine geçiş bir zorunluluk halini alabilecektir.

IPCC hesaplamalarına göre, 2030 yılına kadar Türkiye'de yaz aylarında sıcaklıklar 2 ila 3 °C artarken, yağışlar %5 ile %15 ve toprak nemi % 15 ile % 25 azalacaktır. Böylece, Karadeniz ve Marmara Bölgelerimizde 2-3 ay; Akdeniz ve Ege Bölgelerimizde 5-8 ay olan yangın sezonları büyük ölçüde uzayabilecektir.

Bu nedenlerden dolayı, şu anda dünyada bir çok meteoroloji ve orman teşkilatı değişen iklimin ormanları nasıl etkileyeceği konusunda da yoğun çalışmalar yapmaktadır. Orman teşkilatımızın da Türkiye'de yürütülmeye çalışılan Ulusal İklim Programını aktif bir biçimde desteklemesi ve üniversite ile bu konuda da yakın işbirliğine girmesi gerekir.

Yukarıda kısaca değinildiği şekilde ileri ülkelerde olduğu gibi, bizde de Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğümüzden ve dış kaynaklardan alınan meteorolojik bilgilerin konusunun uzmanı meteoroloji mühendislerince özel olarak orman yangınlarına yönelik düzenlendikten sonra yorumlanması gerekir. Türkiye'de normal hava tahmin raporları ile birlikte,

Orman Yangını Bültenleri de ulusal ve yerel basında verilmelidir.

Yine meteoroloji verilerini ve hava tahminlerini yerel şartlara göre yorumlayabilecek, yangın indekslerini hesaplayıp gerektiğinde de orman yangınları için yetkilileri uyarabilecek, yangın anında yangın söndürme faaliyetlerine yerinde, aktif olarak meteorolojik destek verebilecek meteoroloji mühendislerine, orman genel müdürlüğünde çalışma imkanı verilmelidir.

Unutmayalım ki, Orman (ve Ziraat) Mühendisliği Bölümlerinde okutulan meteoroloji derslerinin, veya Meteoroloji Mühendisliği Bölümünde okutulan Tarım ve Orman derslerinin, esas amacı, bu disiplinler arasında yapılması gereken çalışmalarda bir araya gelen uzmanların birbirleri ile anlaşabilmeleri ve ortak hareket edebilmelerine imkan sağlamaktır. Ancak böyle bir işbirliği sonucu yüksek standartlarda disiplinler arası bilimsel çalışmalar yapılabilir ve güç birliğinden sonuçta ülkemiz yararlı çıkar.

Ormanlıkta ve orman yangınlarında meteorolojinin çok önemli bir yeri vardır. Ormanların yangından korunması ve orman yangınlarıyla mücadele konularındaki bilimsel çalışmalara katılmak üzere Orman Bakanlığı ve Orman Genel Müdürlüğünde konusunun uzmanı meteoroloji mühendisleri istihdam edilmelidir.

Yüksek Sıcaklığın İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi Nelerdir?

Yüksek hava sıcaklıklarını insanlar, nemin etkisi ile meteorolojinin gölgede ölçtüğünden çok daha fazla hissederler. Hava sıcaklıkları 40.6°C ve daha yüksek olduğu günlerdeki hava şartları "Sıcak Hava Dalgası" olarak adlandırılır. Sıcak hava dalgası en az iki gün süreceği belirlendiğinde de insanlar için de halka "Sıcak Hava Dalgası" ihbarı yapılmalıdır. **Kuraklıkta beraber sıcak hava dalgalarında büyük artışlar yaşanabilir.**

Sıcak Hava Dalgası havadaki neme bağlı olarak, canlılar için doğal bir soğuma mekanizması olan terin vücuttan olan buharlaşmasını yavaşlatır. Bu durumda insan, vücut sıcaklığını 37°C tutmakta zorlanır ve bunalmaya başlar. Sıcak ve nemli hava sadece insanları bunaltmaz; bazı yeni sağlık problemleri ile birlikte mevcut sağlık problemlerini de şiddetlendirir ve hatta ölümlere sebep olur. Örneğin, ABD'de 1936-1975 yılları arasında 20,000 kişi hayatını sıcak hava dalgalarından dolayı kaybetmiştir. ABD'de iklimin yaygın bir şekilde kullanıldığı son yıllarda ise yılda ortalama 175 kişi hayatını kaybetmektedir. Ülkemizde de, özellikle de kıyılarına yaz aylarında hakim olan nemli ve sıcak hava da bunaltıcıdır ve psikolojik rahatsızlıklar, astım, beyin kanamaları ve kalp krizleri başta olmak üzere, özellikle çocuk, yaşlı, hasta ve kilolu, insanlarımızda bir çok sağlık problemlerine neden olabilir.

Aşırı Yüksek Hava Sıcaklığı, bazen meteoroloji raporlarında, "Bu hafta sonu hava sıcaklıkları mevsim normallerinin şu kadar derece üstünde veya altında seyredecektir" şeklinde bir ifade kullanılır. Meteoroloji raporlarında "normalin üzerinde" veya "normalin altında" gibi ifadeler iklim değişikliğini belirtmek için değil, sadece kıyas yapmak amacı ile kullanılır. Hava sıcaklıkları genellikle mevsim normali adı verilen değerden büyük ya da küçüktür. Diğer bir deyişle, hava sıcaklıkları normal denen ortalama değerde nadiren gözlenir. Hava sıcaklıkları normal değerinden 6°C ve daha yüksek olduğunda "ekstrem" veya "aşırı yüksek hava sıcaklığı" olarak adlandırılabilir.

Hissedilen Hava Sıcaklığı Nasıl Belirlenir?

Tablo.3 de, değişik sıcaklık ve nem bileşimlerinde canlıların hissedeceği sıcaklıkları ve oluşabilecek tehlikeleri göstermektedir. Bir veya bir kaç gün sonrası için tahmin edilen günün en yüksek hava sıcaklığı ile öğleden sonra olması tahmin edilen bağıl nem miktarı kullanılarak Tablo 3 yardımı ile hissedilen sıcaklık belirlenebilir. Örneğin, İstanbul'da bir gün sonraki günün en yüksek sıcaklığının 32°C ve öğleden sonra bağıl nemin %70 olacağı bilindiğinde, Tablo 3'deki sıcaklık kolonundan 32°C'nin bulunduğu satır ile %70 nem değerinin bulunduğu kolona karşılık gelen değer (41°C) insanların bir gün sonra hissedeceği hava sıcaklığını verir.

Tablodan tespit edilen hissedilen sıcaklıkların kategorisine göre insan sağlığı için oluşabilecek tehlikeler.

KATEGORİ	OLASI SAĞLIK SORUNLARI
I	Isı veya güneş çarpması, termal şok an meselesi
II	Güneş çarpması, ısı krampları veya ısı bitkinliği. Fiziksel etkinlik ve bu şartlarda etkilene sürelerine bağlı olarak şiddetli termal stres ile birlikte ısı çarpması.
III	Fiziksel etkinlik ve bu şartlardan etkilene sürelerine bağlı olarak kuvvetli termal stres ile birlikte güneş çarpması, ısı krampları ve ısı yorgunlukları muhtemel
IV	Fiziksel etkinlik ve bu şartlardan etkilene sürelerine bağlı olarak oluşan termal stresten dolayı halsizlik, sinirlilik, dolaşım ve solunum sisteminde birçok rahatsızlık

Ülkemizde Yapılması Gerekenler:

1. Sıcak hava dalgasından dolayı görülen ölümler önlenmelidir. Bunun için "Sıcak Hava Dalgası" veya "Bunaltıcı Günlerde" medya aracılığı ile halka ulaştırılan hava durumuna ilave olarak insanların nemden dolayı gerçekte hissedeceği hava sıcaklıklarının da bildirilmesi gerekir. Özellikle yazın açık havada yapılan işlerde çalışan işçiler, yaşlı ve hastaların sağlığını korumak için tehlikeli olan bunaltıcı gün ve saatlerinin önceden belirlenmesi, "Meteorolojik İhbarlar" ve "Hava Durumu" programları ile de halka gerektiğinde duyurulması gerekir. Gelişmiş ülkelerdeki gibi ülkemizde de gerektiğinde 2-aşamalı ve yerel ihbarlar (sırasıyla "Sıcak Hava Dalgası Gözetleme" ve "Sıcak Hava Dalgası Uyarısı") ile insanlarımız önceden bilgilendirilebilmesi için DMİ Genel Müdürlüğü artık üstüne düşen görevi yapmalıdır.

Tablo 3: Sıcaklık-Nem Tablosu

Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)																			Kategori		
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95			
50	45	48	53	58	63	69	76	83	91	99											I	
49	44	47	51	55	61	66	72	79	86	94												
48	43	46	49	53	58	63	68	75	81	88	96											
47	42	45	48	51	55	60	65	70	76	83	90	98										
46	41	43	46	49	53	57	62	67	72	78	85	91	99									
45	41	43	45	48	52	56	60	65	70	76	82	88	96									
44	40	42	44	46	49	53	57	61	66	71	77	83	89	96								
43	39	40	42	44	47	50	54	58	62	67	72	77	83	90	97							
42	38	39	41	43	45	48	51	54	58	62	67	72	78	83	90	96						
41	37	38	39	41	43	45	48	51	55	59	63	67	72	78	83	89	96					
40	36	37	38	39	41	43	46	48	51	55	59	63	67	72	77	83	88	95				
39	35	36	37	38	39	41	43	46	48	51	55	58	62	67	71	76	81	87	93			
38	35	35	36	37	38	40	42	44	47	50	53	56	60	64	68	73	78	83	89			
37	34	34	35	36	37	38	40	42	44	46	49	52	56	59	63	67	72	76	81			
36	33	33	34	34	35	36	38	39	41	43	46	48	51	55	58	62	66	70	74			
35	32	32	33	33	34	35	36	37	39	41	43	45	48	50	53	57	60	64	68			
34	31	31	32	32	32	33	34	35	37	38	40	42	44	46	49	52	55	58	61			
33	31	31	31	31	32	32	33	34	36	37	39	40	42	45	47	49	52	55	58			
32	30	30	30	30	31	31	32	33	34	35	36	38	39	41	43	45	47	50	53		II	
31	29	29	29	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	40	41	43	45	47			
30	28	28	28	28	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	39	41	42			
29	27	27	27	27	28	28	28	28	29	30	30	31	32	32	33	34	36	37	38			
28	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28	29	29	30	30	31	32	32	33	34		III	
27	26	26	26	26	26	27	27	27	27	28	28	28	29	29	30	30	31	31	32			
26	25	25	25	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28	28	28	29			
25	25	25	25	25	25	26	26	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	27			IV

2. Halkın medyadan aldığı bunalıcılık ile ilgili bilgilerin ne anlama geldiği ve ne tür tedbirleri alması gerektiği ile birlikte ısı krampları, ısı bitkinlikler ve ısı çarpmalarında ilk yardım konusunda broşür ve benzeri yollar ile sürekli olarak bilgilendirilmesi ve eğitilmesi gerekir.

3. Yerel yönetimler, ısı dalgalarında sağlıklı tehlikeye girebilecek olan yaşlı ve kimsesiz kişileri önceden belirleyerek günün tehlikeli zamanlarında onları klimalı spor salonları ve büyük alışveriş merkezleri gibi yerlere taşımak için planlar yapmalı ve taşınması mümkün olmayan yüksek sağlık riski taşıyanlara da klima dağıtılması için gerekli önlemleri almalıdır.

4. Özellikle turistik bölgelerimize gelişmiş ülkelerden gelen özellikle yaşlı turistlerin kendi ülkelerinde sürekli takip ettiği bu tür bilgileri bizden de talep ettiği/edeceği unutulmamalıdır.

5. Ayrıca Türkiye'de klima pazarı hızlı bir şekilde gelişmektedir. Türkiye'nin her bir şehrindeki klima ihtiyacı belirlenerek halkın doğru büyüklükteki klimayı satın alması sağlanmalıdır. Aksi takdirde ekonomik kayıplar ile birlikte bunalıcı günlerde bir anda ve çok fazla miktarda tüketilecek olan elektrik enerjisi, elektrik şebekelerinde önemli bir yüklenme problemine ve arızalara yol açacaktır. Bu konudaki bilimsel çalışmalar, bir an önce ve uzmanlarına yaptırılmalıdır.

Meteoroloji Mühendisi ve Su Yönetimi

Küresel iklim değişikliği ile birlikte kuraklık kelimesini bundan sonra belki de çok daha sık duyacağız. Küresel

ısınma, kuraklık, susuzluk, enerji kesintileri, katlık ve açlık. İnsanlığın yüzleştiği en büyük doğal afet.

Kentlerimize yeter miktarda su temini için kısa ve uzun vadeli projeler sürekli olarak önerilmekte ve bu öneriler yoğun bir şekilde tartışılmaktadır. Meteoroloji mühendisliği su temini ve su kaynaklarının kullanımı ile çok yakından ilgili bir disiplindir. Bu tartışmalara katkıda bulunmak amacıyla, su rezervlerindeki suyun artırılması ve su kaynaklarının geliştirilmesine yönelik olarak dünyanın çeşitli yerlerinde yapılan bilimsel çalışmaların bir kağı ve Türkiye'de su yönetiminde görülen eksiklikler;

Bilindiği gibi, kullandığımız suyu hidrolojik çevrimin değişik kısımlarından (atmosferden, yeryüzünden ve yeraltından) sağlayabiliriz. Temel soru şudur: bu kaynaklardan ekolojik denge yok edilmeden nasıl daha fazla su temin edilebilir? Dünyanın değişik yerlerinde kullanılan ve/veya tartışılan bazı yöntemler şöyledir:

Suni Yağmur: Su buharı, buz kristalleri ve bulut damlacıkları olarak havada bulunan su yağış (yağmur, kar ve dolu vb.) olarak yer yüzeyine inince kullanılabilir. İçlerindeki meteorolojik şartların uygun olmadığı hallerde bulutlar yağış bırakamaz. Bu tür bulutlara müdahale edilerek suni yağmur yağdırılabileceği düşüncesi ile dünyanın çeşitli yerlerinde uzun yıllar denemeler yapılmıştır. Bazı durumlarda suni yağmur yağdırmanın mümkün olduğu belirtilmiş ise de, bugüne kadar yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar çok çelişkili bulunduğundan bu uygulama büyük ölçüde terk edilmiştir.

Havadaki Nemi Yoğunlaştırmak: Havadaki suyu sızdırıp alabilmek için teklif edilen ikinci bir yol, nemli

havayı soğutup içindeki suyu bir yüzey üzerinde toplamaktır. Bu işlem nem alıcı cihazlar ile havadaki nemi suya dönüştürür. Tropiklerdeki küçük adalar için önerilen bu yöntem henüz denenmemiştir.

Havaya Aşırı Partikül Salmamak: Bulutlar toz gibi yabancı parçacıklar ile aşırı bir şekilde tohumlandığı zaman, normalde yağış bırakabilecekleri halde, yağışa geçemezler. Geniş alanlara yayılmış tarlalarda hasattan sonra kalan ekin artıklarının (anız) yakıldığı zamanlarda, bulutlar duman ile aşırı bir şekilde tohumlanır. Günlerce sürebilen anız yangınlarının ve benzeri yangınların olduğu bölgelerin genellikle doğu kıyılarında yağışların önemli ölçüde azaldığı bir çok araştırmacı tarafından belirlenmiştir. Bu nedenle, İstanbul'daki yaz yağışlarının azalmaması için, Trakya'da gelişmiş anız yakılmamalıdır. Anız yakma işlemi aynı zamanda toprak nemini de yok eder. Böylece yüzeysel akış ile su rezervlerine ulaşan su miktarı azalmakta ve yağış anında da bulutların geri beslenmesi yetersiz kaldığından yağışlar daha kısa sürebilmektedir.

Yağış olarak yer yüzeyine inen suyun bir kısmı bitki örtüsüne tutulur, bir kısmı yüzeyde akararak denizlerde ve Terkos gibi doğal, Darlık Barajı gibi 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:

Suyun Yüzeysel Akışını Arttırmak: Su toplama havzalarında suyun tutulmaksızın ve süratle su rezervlerine ulaşabilmesi gerekir. Bu nedenle su havzaları ya tamamen ağaçsızlandırılır ya da daha az su tutan türden ağaçlar ile değiştirilir. Bu yöntemle yüzeysel su akışında ABD'de Colorado Eyaletinde %22, Kuzey Carolina'da %11 artış elde edilmiştir. Arizona'da (ABD) su havzalarındaki çalılıkların sökülüp yerlerine çim ekilmesi ile yüzey akışında 300 mm'ye kadar varan artışlar sağlanmıştır.

Suyun Hava ile Temasını Kesmek: Sıcak aylarda açık göl yüzeylerinden buharlaşma yoluyla gerçekleşen büyük su kayıplarını azaltarak önemli su kazancı sağlamak da mümkündür. Bunun için naylon örtü veya bazı kimyasal maddeler ile su yüzeyinin hava ile olan temasının kesilmesi en yaygın olarak önerilen bir yöntemdir. Örneğin, Güney Galler'de (İngiltere) 800 hektarlık bir rezervuarda, kimyasal maddeler yardımıyla, buharlaşma kaynaklı su kaybında %20'lik bir azalma sağlandığı bildirilmektedir.

Rüzgar Perdelerini Kullanmak: Göllerin etrafına rüzgar perdeleri konmak suretiyle göl üzerindeki rüzgarı ve dolayısıyla da buharlaşmayı azaltmak mümkündür.

Rezervuarların Yüzeyini Soğutmak: Su rezervlerinin daha soğuk olan yüksek yerlerde oluşturulması veya göllerin derin kısımlarındaki nispeten daha soğuk olan suyun yüzeye pompalanarak su yüzeyindeki buharlaşmanın azaltılabildiği de

literatürde yer almaktadır. Örneğin su yüzeyinin sıcaklığını 10 °C düşürebilirsenez su yüzeyinden buharlaşma ile olan su kaybını yarı yarıya azaltmış olursunuz.

Suyu Yeraltında Depolama: Bunlara ilaveten, Yerebatan Sarayında (sarnıç) olduğu gibi, su rezervlerinin yeraltında inşa edilmesiyle de buharlaşmanın neden olduğu büyük su kayıpları önenebilir.

Yeraltı Suyunu Ölçülü Kullanma: Yağış olarak yeryüzüne ulaşan suların bir kısmı da yeraltına sızar. Bu suların bir kısmı yeraltı suyunun hareketi ile yer yüzeyindeki açık göllere ulaşırken bir kısmı da yeraltında depolanmaktadır. Günümüzde İstanbul'da artan su ihtiyacını yeraltından kuyular ile su çıkartarak karşılama eğilimi giderek artmaktadır. Denetimsiz açılan kuyuların böylesine çoğalması, taban suyu düzeyinin hızla azalmasına yol açar. Bunun örnekleri İstanbul'da kontrolsüz açılan kuyularda yaşanmıştır. Meksiko ve Bangkok şehir örneklerinde görüldüğü gibi, zemin çökmeleri ve akabinde ki yapısal hasar ve taşkınların artma tehlikesini beraberinde getireceği gözden uzak tutulmamalıdır.

Su kaynaklarının geliştirilmesi için yapılabilecek çalışmalardan birkaçı yukarıda kısım özetlenmiştir. Bu çalışmaların bazıları bizim için çok pahalıdır; bazılarının ise pratikte uygulaması ya yoktur veya çok tartışmalıdır. İstanbul ve diğer kentlerimizin su kaynaklarının geliştirilmesi için yukarıdaki yöntemlerin incelenmesi ve uzmanları tarafından enine-boyuna tartışılması gerekir.

Su Tahmini ve Yönetimi: Dünyanın tüm modern ülke ve kentlerinde, su rezervlerinde ki mevcut suyun en verimli bir şekilde kullanılabilmesi, suyun planlı olarak şehir şebekesine veya satrallara verilmesi ve kuraklığa karşı zamanında önlem alınabilmesi için:

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

Türkiye'nin Eksiği: Dünyadaki emsalleri gibi, büyük şehir belediyelerimiz başta olmak üzere, yerel yönetimler su kaynaklarını bilimsel esaslara göre yönetmelidir. Bunun için gerekli olan, hidro-meteorolojik gözlem şebekeleri geliştirilerek, uzman meteoroloji personelinin ve bilimsel meteorolojik çalışmalardan yararlanma yollarına mutlaka gidilmelidir.¹

**KURAKLIK ÜZERİNDE YOĞUNLAŞIRKEN
TAŞKINLARI UNUTMAYALIM!**

KURAKLIK GERÇEĞİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Levent ŞAYLAN - Barış ÇALDAĞ
İ.T.Ü. Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü

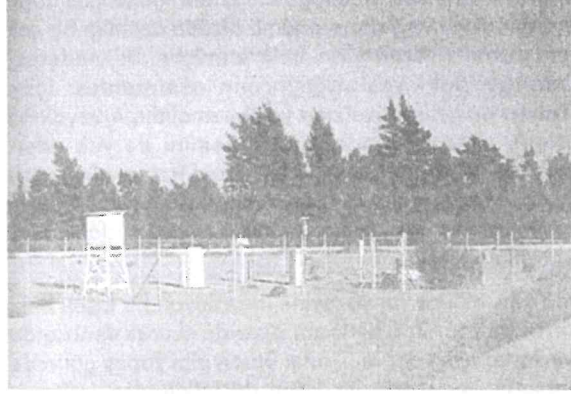
Günlük meteorolojik koşulların uzun vadeli eğilimlerini bir bütün halinde inceleyen iklim bilimi üzerinde çalışan araştırmacılar, son yıllarda küresel ölçekli bir sıcaklık artışına dikkat çekmektedirler. Bu artışın devamının, orta ve uzun vadede küresel kuraklık gibi son derece önemli bir sonucu doğuracağı da yine araştırmacılar tarafından öngörülmektedir. Kuraklık, çağlar boyunca çeşitli doğal nedenlerle ortaya çıkmış ve yine doğal kaynaklı olarak ortadan kalkmıştır. Belirli bir bölge için kuraklık genel olarak su kazancını temsil eden yağış ile evapotranspirasyon arasındaki dengenin bozulmasıdır. Bu doğal afet, yeryüzeyi üzerinde bulunan her iklim bölgesinde gerçekleşebilmekte, afetin ortaya koyduğu sonuçlar ise, yine bu iklim bölgelerinin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bu bakımdan kuraklık günümüzde çeşitli sınıflandırmalara tabi tutulma özelliğini kazanmıştır. Söz gelimi meteorolojik kuraklık, orta ve uzun vadede düşük seyreden yağışlarla gerçekleşmekte iken; tarımsal kuraklık, gelişmesini sürdüren bir bitkinin suya özellikle ihtiyaç duyduğu dönemlerde toprakta yeterli miktarda su bulunmaması ile kendini hissettirmektedir. Yüzey ve yeraltısularında bir azalma olması da Hidrolojik kuraklık olarak değerlendirilmektedir.

Kuraklığın etkileri de benzer şekilde sınıflandırılabilir. Örneğin tarımsal faaliyetlerin yürütüldüğü bir bölgedeki düşük yağışlar nedeniyle azalan tarımsal üretim, ekonomik "kuraklığa" işaret edecek, bunun sonucunda meydana gelebilecek göç olayları ise beraberinde sosyal "kuraklığı" getirecektir.

Meteorolojik açıdan bakıldığında kuraklık, kuvvetli yüksek basınç sistemlerinin belirli bir bölgede uzun bir periyod boyunca var olması ile ortaya çıkmaktadır. Bunun sürekli bulunduğu bölgeler Dünya üzerindeki çöllere karşılık gelmektedir.

Günümüzde yüksek kapasiteli bilgisayar sistemleri altında çalışan genel sirkülasyon modelleri (GCM'ler), özellikle küresel kuraklığın tahmininde önemli adımların atılmasını sağlamıştır. Ancak kuraklık, hüküm sürdüğü bölgeye has coğrafi özelliklerle de yakından ilgilidir.

Geride bıraktığımız yüzyıl boyunca süratle artan ve bu artışı devam ettiren endüstriyel faaliyetler, temelde doğal olduğu düşünülen kuraklık hadisesi üzerinde insan faktörünün oynadığı rolün de artık dikkate alınması gerektiğini düşündürmektedir. Atmosferik sera etkisi, bu durumu açıklayan önemli bir etkidir. Herhangi bir önlem alınmaması durumunda önümüzdeki 30 yıllık dönemde başta CO₂ olmak üzere uzun dalga boylu radyasyon absorblayıcı gazların atmosferik konsantrasyonlarının bugünkünün iki katına çıkacağı tahmin edilmektedir.



Son derece yavaş gelişen bir süreç olması nedeniyle, sürekli izlenmemesi durumunda kuraklığın farkına geç varılmakta ve içinde bulunulan konumun getirdiği zararların telafi edilmesi için çok zaman kaybedilmiş olmaktadır. Bu nedenle, mevcut ya da muhtemel kuraklığın sürekli olarak takip edildiği inceleme merkezleri kurulmalıdır. Bu merkezlerde istihdam edilecek araştırmacılar da her biri kendi alanında uzmanlaşmış kişiler arasından seçilmelidir. Farklı disiplinlere mensup araştırmacıların ortak çalışmaları kuraklığa yönelik araştırmalarda özellikle önemlidir; çünkü tecrübeler, yaşanmış kuraklık hadiselerinin hiçbirinin tek bir kaynağa dayandırılmayacağını göstermiştir.

Yukarıda da belirtildiği gibi kuraklık, dolayısıyla tarımsal üretim azalışı olayı genellikle artan atmosferik CO₂ konsantrasyonu ile bağdaştırılmaktadır. Ayrıca küresel ısınma neticesinde, bugüne kadar tarıma kapalı bazı soğuk iklim bölgelerinin elverişli duruma geçmesi de sözkonusudur. Bu nedenle, yapılacak çalışmalar tüm olasılıkların değerlendirildiği hassas araştırmaları kapsamalıdır. Örneğin görünüşte kuraklıkla pek bağdaşmayan sel felaketlerinin, birçok durumda kuraklığın sonucu olduğu dikkate alınmalıdır (kurak dönem nedeniyle toprak yüzeyindeki bitki örtüsünün yok olması, olası bir yağışta suyu tutacak faktörün de ortadan kalkması anlamına gelmektedir). Gerekli adımların bölgesel ölçekte atılmasına Dünyada özellikle gelişmiş ülkelerde uzun zaman önce başlanmıştır. Bu alanda yapılan çalışmalar, beklenen kuraklık olaylarının tahmin edilmesinin ve bunlara yönelik önlemlerin önerilmesinin yanı sıra, kuraklığın

halen hüküm sürmekte olduğu bölgelerdeki olumsuz etkilerin azaltılması amacını da kapsamaktadır.

Araştırmacılar, uluslararası toplantılardan çıkan kararların gelecekteki kuraklığı engellemeye yetmeyeceğini, alınmış kararların uygulanmasında dahi önemli eksikliklerle karşılaşıldığını görmekte ve bu nedenle kuraklığın artık engel olunamaz bir doğal felaket olduğu temel düşüncesinden hareket etmektedirler. Bu nedenle, yapılan çalışmaların oldukça büyük bir oranını mevcut su kaynaklarının niteliğinin ve niceliğinin korunması oluşturmaktadır. Birçok ülkede kullanılabilir suyun az olduğu dönemlerde endüstriyel faaliyetler, ekosistemlerin sürekliliği dikkate alınarak düzenlenmektedir. Bu amaçla su kaynaklarından çekilen ve doğaya kirli şekilde geri verilen su oranları sınırlanmaktadır. Böylece doğal hayat tahribatının minimuma indirgenmesi yoluyla kuraklık başlamadan engellenebilecektir. Güncel araştırma ve çalışmalar, iş ve finans çevrelerinin çalışma verimliliğinin kurak koşullar dikkate alınarak düzenlenmesini dahi kapsayacak çeşitliliğe ulaşmıştır. Kuraklık yönetimi çalışmalarının daha dolaysız hizmet ettiği bir sektör olan tarımda ise, bitkilerin kuraklıktan etkilenme durumları araştırma konusu haline gelmiştir. Bu alanda yapılan ayrıntılı çalışmalar arasında kuraklığın daimi olacağı kabulüne yönelik stratejilerin geliştirilmesi, tarımcılardan alınan vergilerin kuraklık dikkate alınarak belirlenmesi, tarım girdi fiyatlarının kuraklığa göre karara bağlanması ve sulhu tarımın mecburi hale geldiği bölgelerde araştırmaların artırılması sayılabilir.

Kuraklık tahminine hizmet eden çalışmaların belki de en çok kullanılanları kuraklık indeksleridir. Bu kavram, çok sayıda ve çeşitlilikte meteorolojik verinin karşılıklı etkileşimlerinin işaret ettiği muhtemel durumun ortaya konması şeklinde tanımlanabilir. Başlıca kuraklık indeksleri arasında normalin yüzdesi, standart yağış indeksi, yüzeyin toplam su içeriği indeksi ve Palmer Kuraklık İndeksi sayılabilir. Günümüzde birçok alana hizmet eden uydu görüntüleri de kuraklık öngörüsüne hizmet eden çalışmalara modern birer kaynak olma özelliğine sahiptir.

Ülkemiz kuraklık ile gelecekte daha ciddi boyutta karşı karşıya kalırsa, bu problemin çözümü ile ilgili seçeneklere sahip olmalıdır. Zira içinde bulunduğumuz yüzyıl, sadece günün problemlerini değil, gelecekte belki de hiç gerçekleşmeyebilecek hadiselerle yönelik senaryoların çözümlerinin de arandığı ve ilgili planların yapıldığı bir yüzyıldır. Geleceği bugünden tam olarak kestirmek mümkün değildir. Buna karşın, gelecekte olabilecekler tahmin edilerek, yapılabileceklerin şimdiden düşünülmesi mümkündür. Yetkililere kuraklık ile ilgili yapılacak erken uyarılar, meydana gelebilecek kayıpları engelleyebilecektir. Bu uyarılar kısa, orta ve uzun vadeli olacak şekilde tasarlanmalıdır. Kuraklığın izlenmesi son derece önemlidir.

Son olarak vurgulanması gereken, ana hatlarıyla değinilen bu çözüm tiplerinin ülkemizde de hayata geçirilmesini sağlayacak adımların zaman kaybetmeden atılmasıdır. Özellikle endüstriyel faaliyetler ve nüfustaki artış eğilimi, su kullanımını arttırdığından, (atmosferik koşulların elverişsizliği söz konusu olmasa dahi) küresel anlamda ciddi bir kuraklık tehlikesi zaten pek de uzak olmayan bir gelecekte kendini hissettirebilir. Yapılan çalışmalar, beklenen kuraklık olaylarının tahmin edilmesinin ve bunlara yönelik önlemlerin önerilmesinin yanı sıra, kuraklığın halen hüküm sürmekte olduğu bölgelerdeki olumsuz etkilerin azaltılması amacını da kapsamaktadır.



Şimdiye kadar ele alınan sorunlara yönelik çözüm önerilerinin arzulan yeterlilikte hayata geçirilebilmesi, işleyişinin adım adım takip edileceği ve gerekli görülen noktalarda zaman kaybetmeden uzmanların devreye gireceği bütünleşik bir sistemin varlığını zorunlu kılmaktadır. Türkiye'nin kullanılabilir su potansiyelindeki değişimin takibi için; yağışın oluşumu ve düşmesi, toprakta depolanması, derine sızması, yüzey akışa geçmesi, buharlaşması, su depolama tesislerinde biriktirilmesi, sulama sistemlerinin işletimi ve ilgili konularının bir merkez tarafından takip ve tesbit edilmesi yerinde olacaktır. Dünyada özellikle gelişmiş ülkelerde bu konuda atılmış önemli adımlar vardır. Bu noktada, ülkemiz için bir **Ulusal Kuraklık İzleme ve Uyarı Merkezi'nin (UKİUM)** kurulması önerilmektedir.

Türkiye'de kuraklıkla ilgili bir UKİUM'un kurulmasında büyük fayda vardır. Ülkemizde konuyla ilgili yetişmiş çok sayıda araştırmacı, birikimlerini UKİUM gibi çok disiplinli ve ortak bir platformda karşılıklı olarak değerlendirerek sonuca gidebilirler.⁴

KAYNAKLAR

1. <http://www.drought.noaa.gov/>
2. Şaylan, L., M. Durak ve O. Şen, 1997, Kuraklık ve Etkileri, Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler Sempozyumu, 7-9 Ekim 1997, Ankara, 433-444.
3. Wilhite, D. H. ve H. Glantz, 1985, Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International*, 1985, 10 (3), 111-120.

BULUT TOHUMLAMA KURAKLIĞA ÇARE MİDİR?

Doç. Dr. Mikdat Kadioğlu
TMMOB Meteoroloji Müh. Odası Marmara Bölge Temsilcisi

17 Şubat 2001, Cumartesi Hürriyet Gazetesinin "Yağmur bombası atılacak" başlıklı haberine göre Türk Hava Kurumu (THK), uçaklarına "yağmur bombası" atma sistemi takılacak ve gümüş iyodürü (Agl) bulutlara fırlatılıp yağmur yağdırılarak Türkiye'de kuraklıkla mücadele edilecek. Bu projenin maliyetinin de 1 milyon 100 bin dolar olarak hesaplanmakta olduğu bildiriliyor.

Havayı da kontrol altına almak çok uzun yıllardır insanlığın en büyük rüyalarından biridir. Bu nedenle asırlardır yağmur yağdırdığını ve/ya havayı kontrol edebildiğini iddia eden kişiler veya şirketler sık sık ortaya çıkmıştır. Bunlar ellerindeki teknoloji ile sel, don ve buzlanmayı önlemek ile birlikte havaalanlarındaki kötü hava şartlarını da ortadan kaldıracabileceklerini, yağışı arttıracabileceklerini ve hatta yağışı istenilen bölgeye yönlendirebileceklerini iddia ederler. Bu kişi veya şirketler bu işin uzmanı olan üniversite ve şahıslar ile hiç bir zaman temas kurmaz, daha çok konunun uzmanı olmayan bürokratları etkilemeye çalışırlar. Bunda başarılı olanlar da bulut tohumlama vb. işlemleri, başarıları veya başarısızlıkları yoğun bir şekilde tartışılan bir ortam içinde, çok yüksek meblağlar kazanana kadar devam ettirirler.

Anlaşılan ülkemizde son üç yıldır yaşanan kuraklık ve su sıkıntısını gidermek için belirlenen projelerden biri de "Yapay Yağış" olmuştur. Ancak, başta ABD olmak üzere hiçbir ülkenin kuraklığa çare olarak bu yöntemi kullanmadığı da bilinen bir gerçektir. Hatta yapay yağış firmalarının bazıları da bulut tohumlama ile "yağmurların artırılarak barajların doldurulamayacağı" söylerler.

Bununla birlikte, haberde bahsedildiği gibi, sadece THK uçaklarına Gümüş Iyodür fişegi atan jenatörlerin yerleştirilmesi, yurtdışından satın alınan bu fişeklerin rasgele bulutların içine atılması ile olumlu her hangi bir şeyin elde edilmesi bir yana, doğru dürüst bir "bulut tohumlama deneyi" bile yapılamaz. Korkarım bu gerçek de zamanla anlaşılacak bu iş tamamen Amerikan firmalarına ihale edilecektir.

Bulut tohumlamanın tarihçesi

Orta Asya'daki Türk boylarında yağmur yağdırma, bu konuda özel bir güce sahip olduğuna inanılan ve "yağmurcu" denilen Şamanların "Yada Taşı" denilen özel taşlar ile yaptığı bir işti. Günümüzün yağmurcularına göre her hangi bir anda dünya atmosferinin 10 trilyon ton su içerdiği hesaplanmaktadır ve bu "nehirlerdeki suyu" yer yüzeyine indirmenin yolu bulutları tohumlamaktır!

Gelişmiş ülkelerde hava modifikasyonu çalışmaları çok uzun yıllar önce başlamıştır. Bazı gelişmiş ülkelerde havaalanı pistlerindeki sisi kaldırmak için II. Dünya, Kore ve Vietnam savaşlarında ortaya çıkan teknolojilerin ve bilginin geliştirilerek kullanıldığı bilinmektedir. ABD'inde özellikle askeri alanda havayı silah olarak kullanabilmek için de bu tür çalışmalara hızla devam etmektedir. Uzun yıllardan beri Rusya'da da, roketler ile bulutlara aşırı miktarda gümüş iyodür enjekte etmek suretiyle, dolu önlemeye yönelik bilimsel çalışmaların hidrometeoroloji birimleri tarafından yapıldığı bilinmektedir. Örneğin, Arjantin Tarım Bakanlığı da dolu yağışını önlemek için bu teknolojiyi satın almıştır. Aşırı tohumlama ile bulutların dağıtılması sonucunda yağış ve sisi küçük alanlar üzerinde önlemek şuan mümkündür.

Aslında her şey 1946'nın sıcak bir Temmuz gününde başladı. Vincent Schaefer, GE buzdolabı geliştirme laboratuvarında çalışırken, soğuk ve sisli bir hava ile dolu olan buzdolabının içine kuru buz atınca su buharının buza dönüştüğünü tesadüfen gördü. Evet, insan böylece ilk kar fırtınasını yaratmıştı! Eğer bu olay buzdolabında olabiliyorsa, bulutta da olabilir ve yağmur yağdırılabilir.

Bu fikir bir yıl içinde ABD Deniz Kuvvetleri tarafından tayfunların (hurricane) gözüne uygulandı. Florida eyaletine yönelmiş olan dev tropikal fırtına (belki de kendiliğinden) ani bir dönüşle kuzeydoğuya yöneldi ve insanları hazırlıksız yakaladı. Askerler büyük eleştiri aldıkları bu deneyi bir daha 1960'ların başında ama bu sefer okyanusun ortasında denediler. Maalesef, yok etmek istedikleri fırtına bu kez de deneyden güçlenerek çıktı. Bünyesinde binlerce meteoroloji mühendisi çalıştıran ABD silahlı kuvvetleri, günümüzde de havaya hakim olmak ve gerektiğinde de onu silah olarak kullanabilmek için bu deneylerine hala devam ediyor (<http://www.ofcm.gov/fp-fy98/fedplan.htm>).

Bulut tohumlaması nasıl yapılır?

Yağmur yağdırmak için yapılan herhangi bir bulut tohumlama işleminde birinci problem tohumlamaya uygun bulutun bulunmasıdır (tohumlama bulutları oluşturmaz). Bulut tohumlama işlemindeki ikinci problem ise, yoğunlaşma çekirdeği olarak hizmet edecek olan kimyasal maddelerin bulut içindeki en uygun yere zamanında ve doğru miktarda ulaştırılmasıdır. Ayrıca iyi bir sonuç almak için, bulut soğuk olmalıdır.

Yani bulut tohumlamasında bulut partiküllerinin büyümesine neden olan buz kristali yöntemi kullanıldığı için, en azından bulutun bir parçası süper soğumuş olmalıdır (Pruppacher ve Klett, 1978).

Bulut tohumlanmasındaki ilk uygulamalarda, Vincent Schaefer ve Irving Langmuir (1940'lı yılların sonuna kadar) bulutları tohumlamak için uçaktan, ezilmiş kuru buz (katı CO₂) parçacıkları attılar. Bulutun içine atılan küçük parçacıklar, havayı yeni sıvı damlacıkların oluşabileceği sıcaklığa soğutur ve damlacıklar -40°C sıcaklığın altında donar. Sonra yeni oluşan bu buz kristalleri (sıvı damlacıkların kaybında) birikme ile yağış olarak düşecek kadar büyür (Rogers, 1979).

1947'de Bernard Vonnegut ise, gümüş iyodürün bulut tohumlama ajanı olarak kullandı. Gümüş iyodür, buz kristaline benzer bir kristal yapısına sahip olduğu için -4°C ve daha düşük sıcaklıklarda etkili bir buz çekirdeği olarak hizmet eder (Mason, 1971; Rogers, 1979). Gümüş iyodürü kullanmak, kuru buzdan daha kolaydır. Çünkü bir uçağın kanadından çıkan veya yeryüzeyindeki kaynaklardan çıkan yanıcı maddelerden buluta taşınabilir. Diğer maddeler (örneğin kurşun iyodür ve bakır sülfür) de etkili buz çekirdeği olmasına rağmen, gümüş iyodür bulut tohumlama işlemlerinde en yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bulut tohumlama işlemlerinde en zor iş, çekirdek olarak hizmet edecek küçük parçacıklarla bulutu doğru bir şekilde tohumlamaktır. Günümüzde bulut tohumlama ile ilgili çözülmesi gereken bir çok teknik problemler vardır (Pruppacher ve Klett, 1978; Mason, 1971). Bu problemlerin en büyüğü gümüş iyodür (AgI) gibi suni yoğunlaşma çekirdeklerinin (SYÇ), bulut içindeki en uygun yere ulaştırılmasıdır. SYÇ'ler bulut içine temelde iki farklı yolla ulaştırılır: (I) Havadan ve (II) Yerden. Havadan tohumlamada uçaklar SYÇ'leri bulutun (1) tepesinden içine (2) içine girerek (3) tabanından yukarı akımlar ile bulutun içine bırakabilirler.

Havadan tohumlamada uçaklar ile söz konusu çekirdekler, bulutun tepesinden, bulutun içine

girilerek veya tabanından bulutun içine bırakılabilir. Uçak ile tohumlamalar, nispeten ucuz fakat çoğu kez başarısızdır. Ayrıca uçakların yoğun hava trafiği yaşanan havalimanlarında kuleden izin alarak zamanında kalkıp uçuşunu gerçekleştirmesi de önemli bir problemdir. Yerden tohumlamada, Rusların yaygın olarak kullandığı havan topları ve roketler ile beraber Kızıldeniz'in etrafında yağmur dansı ettikleri renkli dumanlar çıkartan ateşe bezer bir işlevi olan yer jeneratörleri kullanılır. Bütün bunlardan roketler, en pahalı fakat en isabetli olan tohumlama yöntemidir.

Sıcaklığı -5°C'nin üzerinde olan sıcak bulutlar ise yağmur üretmek için tohumlandığında, küçük su damlaları ve higroskopik tuz parçacıkları bulut tabanına enjekte edilir. Bu partiküller düşey hareketle bulut içine taşındığında, çarpma ve yapışma işlemi ile de büyüyen büyük bulut damlacıkları meydana gelebilir. Fakat bu metodun kullanılmasıyla elde edilen sonuçlar da güvenilir bulunmamıştır.

Aslında yağış oluşumu mekanizması da henüz tam olarak anlaşılmış değildir: Yağış oluşumu Bergeron-Findeisen-Wegner ve Çarpışma-Birleşme olarak iki farklı yöntemle açıklanmaya çalışılmaktadır. Böylece 1947 yılından beri yapılan suni yağmur deneylerinden alınan belli başlı ders "anlamadığın şey ile uğraşma" şeklinde özetlenmektedir (Richard, 1982).

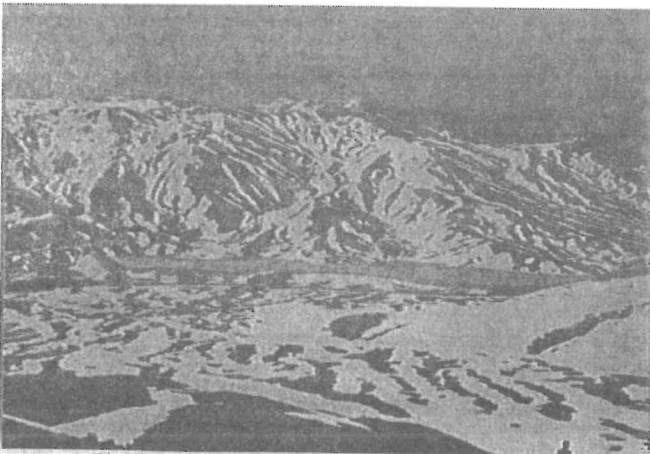
Türkiye'de "Bulut Tohumlama Deneyi" bile başarısız olacaktır

Söz konusu haberde belirtildiği şekilde değil "yağış arttırmak", bir "Bulut Tohumlama Deneyi" bile yapılamaz. Aşağıdaki nedenlerden dolayı, yanlış ve hatta aşırı tohumlama ile de normalde alınacak olan yağış bile azaltılabilecektir. Ayrıca proje sonuçlarının dayandığı hesapların da bilimsel bir esası olmayacaktır:

1. Bulut tohumlaması için öncelikle uygun atmosferik ve topografik şartların mevcut olması gerekir. Anlaşılan bu projeye başlamadan önce günün şartlarına uygun bilimsel bir fizibilite çalışması yapılmamış veya yapılmayacaktır (Dalmaz, 1975).

2. Öncelikle her bir bulutun tohumlamaya uygun olup olmadığı da tespit edilmelidir. Bunun için de bulutun tipi, sıcaklığı, nem içeriği, hızı ve içindeki bulut damlacıklarının büyüklüğünün dağılımı gibi bir çok parametrenin doğru bir şekilde belirlenip değerlendirilmesi gerekir. THK uçaklarında bulut içindeki sıvı su miktarı ve buz kristallerinin ölçebilmek için gerekli olan teçhizat ve bunları kullanabilecek uzman teknik elemanlar mevcut değildir.

3. Yapay yağış için yapılacak olan uçuşlar ile bulutların hedef bölgesine girmeden belli bir süre önce tohumlanması gerekir. Bunun için de yapay yağış deneyinin



gerçekleştirilecek olduğu bölgelerde meteoroloji radarı ve radar meteorolojisi uzmanları da bulunmalıdır. Türkiye’de henüz çalıştırılmayan bir adet meteoroloji radarı Ankara’da bulunmaktadır. Bu konuda deneyim sahibi radar meteorolojisi uzmanları da ülkemizde mevcut değildir.

4. Bulut tohumlama deneylerinde hedef ve kontrol alanlarının tespit edilmesi gerekir. Deneylerinin başarısına ancak hedef ve kontrol bölgelerindeki yağışlar karşılaştırılarak karar verilebilir. Türkiye’de ki yağış istasyonlarının yarısına yakınının kapalı olduğu bu günlerde yeterli ölçüm ağına sahip olduğumuz söylenemez. Halbuki hedef ve kontrol bölgelerinde yeterli sayıda yazıcı veya yazıcısız yağmur ölçerlerinin mutlaka bulunması gerekir.

5. Ayrıca, yapay yağış firmaları ve Dünya Meteoroloji Teşkilatı, yapay yağış operasyonlarının başarılı olup olmadığını değil, değerlendirmelerin inandırıcılığının bilimsel olarak bulunup bulunmadığını anlamak için yapay yağış deneylerinin en az 5 yıl devam etmesinin gerekliliğini belirtir. Yeterli uzman, teknoloji ve gözlem istasyonunun bulunmaması; doğru yöntemlerin kullanılması ve bu projenin 5 yıl sürme şansının düşük olması nedeniyle bu projenin başarısı konusunda bilimsel olmayan tamamen kişisel yorum ve değerlendirmeler için içine girecektir (Şen, 1995; Karaca, 1995). “Eğer bulutlar tohumlanmasaydı, ne kadar yağacaktı?” sorusuna da yanıt verilemeyecektir.

6. Yapay yağış deneylerinde gümüş iyodür çözeltisi sadece soğuk bulutlarda kullanılmalıdır. Halbuki söz konusu haberde yaz aylarında ve gerektiğinde sıcak bulutlarda kullanılması için organik maddelerin de satın alınması vb. öngörülmemektedir.

7. Bu günler Türkiye’nin büyük bir kısmı cephesel siklonların etkili olduğu yağış mevsimini geride bırakmaktadır. Yaz aylarında ki güzel hava cumuluslerinin tohumlanması, kırk ikinci yağışlarının da azalmasına yol açabilir. (ABD’nin Missouri ve Arkansas eyaletlerinde yapılan “Whitetop Cloud Seeding Experiment” deneyinin sonucuna bakınız.)

Sonuç ve Öneriler

Bulut tohumlama teknolojisi, Rusya dahil henüz hiç bir ülkede günlük hayatta yaygın ve rutin olarak kullanılmamaktadır. Özellikle meteoroloji biliminin Dünyada en ileri olduğu ABD’de yararı somut olarak ispatlanamayan bu işlemler, artık eyaletlerinin büyük bir çoğunluğu tarafından yasaklanmış bulunmaktadır. ABD’de her yıl ekonomiye 40 milyar dolar zarar veren kuraklıktan dolayı binlerce hektar orman da yangınlarda yok olurken, ABD’nin magazin gazetelerinde bile artık hava

modifikasyonu bir çözüm olarak önerilmemektedir. ABD tek tük de olsa bulut tohumlaması deney ve uygulamaları yapılan sayılı yerlerde kuraklıkla mücadele için bilimin ortaya koyduğu tüm geçer ve işler yöntemler de öncelikle uygulanmaktadır.

Şüphesiz istenildiği ve gerekli finansman sağlandığı takdirde Türk atmosfer bilimcileri de “bulut tohumlama deneyleri” yapabilir. Fakat, şu an Türk atmosfer bilimcilerin büyük ölçüde dışlandığı bu proje ile bilim de ithal edilemeyecektir. Sonunda yabancı şirket tarafından yıllar sürebilecek uygulamalar ile yeterli bilgi ve beceriye sahip Türk meteorolog veya pilotlarının da yetiştirilemediği ortaya çıkacaktır. Aynı zamanda, bu proje nedeniyle kuraklığın etkilerini azaltmak için yapılması gerekenler yapılmayacak ve bir dahaki kuraklıkta da yine bulut tohumlamasına mecbur kalacağız. Bu da çok pahalı, her seferinde yabancı firmalara bağımlılık gerektiren çıkmaz bir yoldur.

Böylece bu projenin tüm harcamaları ve bu proje nedeniyle uygulanamayan gerçek çözümler, uzun yıllar katlanarak artacak olan Türkiye’nin zararı olarak kabul edilmelidir. Bu projeyi ille de uygulamak isteyenler en azından, “hedef” ve “kontrol” bölgelerin ile birlikte uzmanların ve başarı değerlendirme yöntemlerinin doğru seçilmesi ve yeterli yağış gözlem istasyonlarının kurulmasından sonra, bu projenin ücretlendirilmesinin sadece “arttırılan yağış miktarı üzerinden” yapılmasını düşünmelidir.

Sonuçta kuraklığı önlemeyi teklif etmiyorum. Ama diğer doğal afetler gibi kuraklığın da getireceği riskleri minimize etmeyi bizim de başarabilmemiz için devlet, yerel yönetimler ve üniversite el ele çalışmalıyız. Gerçekten bu şekilde dünyada kuraklıkla nasıl mücadele edildiğini öğrenmek isterseniz <http://enso.unl.edu/ndmc/> adresindeki web sayfasına bakınız lütfen.

Aslında 1 milyon 100 bin dolar, yarı kurak iklim kuşağında yer alan ülkemizde kuraklığa karşı kısa ve uzun vadeli çözümler üretebilecek, örneğin, bir “Ulusal Kuraklık Merkezi”nin oluşturulmasına önemli bir katkı sağlayabilir... 4

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Dalmaz, M., *Investigation of Artificial Rainfall in Turkey*, TÜBİTAK, Project No. MAG-DE-19/A, 1975.
- Karaca, M., *Bulut Tohumlaması ve Olabilirliği*, *Meteoroloji Mühendisliği Dergisi*, 13-14, Şubat 1995.
- Mason, B.J., *The Physics of Clouds*. Oxford, Clarendon Press, 1971.
- Pruppacher, H.R., and J.D. Klett, *Microphysics of Clouds and Precipitation*. Reidel Publ. Co. 1978.
- Richard, A.K., *Cloud Seeding: One Success in 35 Years*. *Science*, 217, 519-521, 1982.
- Rogers, R.R., *A Short Course in Cloud Physics*. Pergamon Press, 1979.
- Şen, Z., *Sıklık-Çiğne-Oran Yöntemi ile Bulut Tohumlaması Değerlendirmesi ve İstanbul için Uygulaması*, *İstanbul ve Civarı Su Kaynakları Sempozyumu*, İSKİ-İTÜ 22-25 Mayıs, 1995 İstanbul. s. 51-57, 1995.

İÇTİĞİMİZ SULAR VE BİZ

Nurullah ÖZBEY
THIES Service
Melbourne-Avustralya

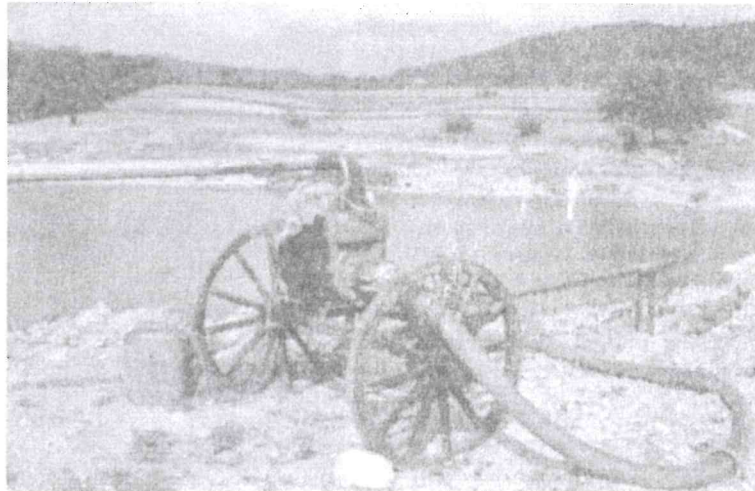
Dünya nüfusunun hızlı artışı ve nüfusun özellikle büyük şehirlerde yoğunlaşması, içme suyuna olan gereksinimi her geçen gün daha da fazla artırmaktadır. Öte yandan enerjiye olan ihtiyacı karşılamak üzere geliştirilen teknolojiler, (nükleer, termik santraller) insan sağlığına zararlı kimyasal maddelerin daha yaygın olarak kullanılarak atıkların rastgele çevreye bırakılması, yok edilen ormanlar, zaten sınırlı olan içilebilir su kaynaklarını daha da sınırlı hale getirmiştir. Bunun bunların sonucunda musluklarımızdan akan su, sağlığını berraklığın değil, kirliliğin - toplumsal siyasal- ve sonuç olarak da fiziksel kirliliğin simgesi olmuştur.

Yağmur olarak yeryüzüne dönen suyun musluklardan akıncaya kadar ki yolculuğunu şöyle bir hatırlayalım, bu yolculuğun nasıl bir yolculuk olması gerekirken insanların bunu ne hale getirdiğini görelim. Önce olması gerekenin üstüne konuşalım isterseniz. Bilindiği gibi yeryüzüne düşen su ırmaklar üzerinden içme suyu barajlarına taşınmaktadır. İçme suyu barajlarının toplama havzaları, insan ve tarım aktivitelerine kesinlikle kapalı olmalıdır. Bunun nedeni insan ve tarımsal aktivitelerin yaratacağı kirliliğin önlenmesidir. Özellikle sanayi atıkları ve tarımda kullanılan kimyasal maddelerin eriyik olarak nehirler üzerinden içme suyu barajlarına taşınmasını engellemek yaşamsal önem taşımaktadır. Bir yerleşim merkezine içme suyu sağlayan barajların kapasiteleri, bu barajlara giren suyun kullanıma verilmeden önce, 1-5 yıl arasında barajlarda bekletilmesini sağlayabilecek büyüklükte olmalıdır. Bu süre herhangi bir doğal kirlenmenin dezenfektasyonu için yeterli bir süredir. Örneğin ölen hayvan cesetlerinin suda yaratacağı kirlenme bu yolla ortadan kaldırılabılır. Ayrıca suyun şebekeye

verilmeden önce 1 ile 5 yıl arasında barajlarda tutulabilmesi, daha sonraki suni dezenfektasyona (klorlama vb gibi) ihtiyacı azaltacağından, içme suyunun daha ucuza mal edilmesini de sağlayacaktır. Ve nihayet içme suyunun içilebilir hale getirilebilmesi için ilaçlama ve düzenli numune analizlerinin ardından, temiz, herhangi bir kaynak tarafından kirlenmesi olanaksız, sağlam ve düzenli içme suyu şebekesi aracılığı ile musluklara taşınması gerekmektedir.

Kabaca özetlediğimiz bu süreç aslında kuyumcu özeni, bahçıvan sabrı ve ciddi mali yatırım gerekmektedir. Ancak temiz bir içme suyunun sağlanması, sağlıklı nesiller ve dolayısıyla çok küçük sağlık faturaları olarak yeniden topluma geri dönmesi anlamına gelir ki, bu hiç bir şeyle ölçülemeyecek kadar değerlidir.

Şimdi bunu duyan meslektaşlarımın, "bunlar güzel de ya "uygulama" diye mırıldandıklarını duyar gibiyim. Şu an yaşadığım şehir Melbourne de yukarıda saydıklarımın tümünü gerçekleştirebilmiş durumdadır. Şehire içme suyu sağlayan barajların su toplama havzalarının % 88 kesinlikle insan aktivitesine kapalı. Veri toplamakla görevli bizler dahi tel örgülerle çevrilmiş içme suyu havzalarına izinle girebiliyoruz. Geri kalan % 12 lik havzadan gelen su ayrıca özel bir dezenfektasyon sürecine tabi tutuluyor. Günlük su ihtiyacının (buharlaşma ile birlikte) 1000-1500 megalitre arasında değiştiği Melbourne'de, su işletme hakkını elinde bulunduran şirketler yasalar gereği düzenli numune analizleri yapmak zorundadırlar. Yaptıkları analizleri ve sonuçları da internetteki webpage'leri aracılığıyla yayınlamaya kamuoyu denetimine sunmaktadırlar. Şirketin internetteki webpage'in de şehrin içme suyu geçmişini okurken bir vurgu önemle dikkatimi çekmişti.1930'lardaki derin ekonomik bunalım Avustralya'yı da vurunca yatırımlar durur, işler yavaşlar, içme suyu sağlamakla görevli şirket, Melbourne Water, siyasiler tarafından büyük bir baskıya alınarak, içme suyu sağlayan



hazaları insanların kullanıma açmaya ve elde edilen geliri yatırımlarda kullanmaya zorlanır. Şirket, dönemi, içme suyu havzalarını korumak için kavga dönemi olarak adlandırmaktadır. Melbourne Water direnir ve içme suyu havzalarını korur. Bir başka deyişle her ne pahasına olursa olsun, siyasetçilerin, "onların akrabalarının", bir bilenlere yakın kimselerin, iş adamı kılığındaki şahısların, temiz gibi görünen sade vatandaşların kamu arazilerini, içme suyu havzalarını, parsellemesine, kirletmesine kimse izin vermemiştir. Kanunları hep birlikte yasalaştıran insanlar, onlara hep birlikte sıkı sıkıya sadık kalmışlar, çevreyi ve insani korumayı becerebilmişlerdir.

Gelelim Türkiye'ye. Hatırlayacağımız gibi 'önce ekmecek bozuldu sonra onu yiyen insanlar' diye bir sözümüz vardır. Ben bunu biraz daha değiştireceğim:

Tüm devlet arazileri gibi şehirlere içme suyu taşıyan akarsu havzaları da öyle yada böyle kullanıma açılmıştır. Nasıl olsa, günün birinde oyunu imar affı yasası karşılığında satacağını bilen vatandaş kendinden çok emin bir şekilde beğendiği bir yere arazi mafyasının da yardımıyla iki- üç katli gecekondusunu kondurur. Bunu yapan öyle çok da suca karışmış ahlaksız biri değil ama temizliğini ve dürüstlüğü yitirmiş "sade vatandaş". Onun oyunu satın almak isteyen temizliğini ve dürüstlüğü yitirmiş politikacı imar affını bir rüşvet olarak ona verir ve oyunu alır. Dikkat edilirse burada sanılanın tersine rüşveti veren siyasetçi, rüşveti alan "sade vatandaş". İçme suyu havzalarında oturan "sade vatandaş", kendi kirliliğini içme suyuna taşımış, kirlenen barağlardaki suyu içen vatandaş da hem fiziksel hem de ahlaksal kirliliğe maruz kaldığından o da aynı yola yönelmiştir. Örneğin zeytinliği satmak isteyen köylü amca; "deniz manzaralı zeytinlik" diye ilan verir olmuştur. Sizler de bilirsiniz ki zeytinlerin deniz görmesi onların kalitesini etkilemez ama, ilan, olası bir imar affında, alana ve dolayısıyla satana sınırsız olanakları hatırlatacak şekilde biçimlendirilmiştir. Hasili ahlaki ve fiziki kirlilik kanserli bir hücrenin çoğalması gibi çoğalmış ve vücudun her tarafını kaplamış, dolayısıyla pek çok büyük şehirde sınırlı içme suyu kaynakları bile insani aktiviteler nedeniyle kirlenmiştir. Sonuç da yalnız ekmecek değil içtiğimiz sular da kirlenmiş onu yiyen ve içenleri de kirlenmiştir.

Öte yandan değişen değer yargıları "önce insan" anlayışını bir tarafa bırakarak "önce kar" mantığını öne

çıkarmıştır. Dolayısıyla eğitim, sağlık, temiz bir çevre ve içme suyu gibi olaylara dolayısıyla insana yatırım durmuş, karlılığın olmadığı yere yatırım yapılmaz olmuştur. İçme suyu dağıtımını elinde bulunduran yerel yönetimler ve bu yönetimlerin Türkiye örneğindeki gibi içine düştükleri açmaz (yerel - merkezi yönetim çatışması gibileri) sorunu birkaç kez daha büyütüştür. Yerel yönetimlerdeki partizan uygulamalarda olduğu gibi, içme suyu sektörü belli çevrelere kaynak aktarımı için kullanılmaya başlanmıştır.

Yukarıdaki yazıda, içme suyunun yolculuğunun ne olması gerektiğini, içinde yaşadığım örneği ve Türkiye örneğini bir arada vermeye çalıştım. Melbourne'nin içme suyu hakkında bilgi almak isteyenler olabilir. Bu amaçla isteyenlerin <http://www.yvw.com.au> adresinden bilgiye ulaşabileceklerini bildirmek istiyorum.

Daha temiz bir çevre, birey ve toplum özlenir olmuştur. ⁴



SU ve SAĞLIK

Doç.Dr. Bilge Hapçıoğlu
Istanbul Üniv. İstanbul Tıp Fak.
Halk Sağlığı Anabilim Dalı

İnsan yaşamının sürdürülebilmesi için en gerekli maddelerin başında su gelmektedir. Vücut ağırlığının % 63 ' ü, kemiklerin % 25 ' i , yağ dokusunun % 45 ' i ve kanın % 90 ' ı sudan oluşmaktadır. Su insan vücudunda hücre ve dokuların yapılarının korunması,çeşitli fizyolojik fonksiyonların yerine getirilmesi, hücre ve dokuların beslenmesi için gerekli maddelerin taşınması, metabolizma artıklarının atılması ile vücut ısısının düzenlenmesi gibi işlevlerin sağlanmasında önemli rol oynamaktadır.Öte yandan çevre ve kişisel hijyen koşullarının sağlanmasında son derece gerekli bir maddedir.

İnsanın fizyolojik su ihtiyacı 19-20 C lik çevre sıcaklığında ve tam istirahat halinde iken 27.1 gr/kg dir .Ancak su ihtiyacı çevre ısısı arttıkça ve yapılan işin türüne göre 50 gr/kg ' a kadar çıkabilir. Kullanma suyu ihtiyacı ise günlük ortalama 150 lt/gün civarındadır. Kişi başına gerekli olan su miktarı bölgedeki sağlık kuruluşlarının, endüstri kuruluşlarının , yerel yönetimlerin ve okulların ihtiyaçlarının bölgede yaşayan kişi sayısına bölünmesi ile belirlenir. Bu nedenle gelişmiş ülkelerde bu miktar kişi başına 400-600 lt/gün e kadar çıkabilir. Dünyanın 3/4 ' ü sularla kaplı olmasına karşılık içme ve kullanma suyu özelliğindeki su miktarı çok azdır ve bu miktar sabittir. Bu nedenle dünya nüfusundaki artışlara bağlı olarak kişi başına düşen su miktarı azalmaktadır (1,2).

İçme ve kullanma suları ile kaynak sularının kullanıma sunulabilmesi için yeterli miktarda sağlanması,fiziksel ,kimyasal, biyolojik özelliklerinin uygun olması gerekir. Suların standart değerleri D.S.Ö ve Türkiye' de Gıda Maddeleri Tüzüğüne göre belirlenmiştir. Bu esaslara göre sular fiziksel özellikleri açısından daima renksiz, kokusuz, tortusuz ve berrak olmalıdır. Bu suların doğal olarak ihtiva edebilecekleri kimyasal

maddelerin değerleri hiç bir zaman belirlenen düzeylerin üzerine çıkmamalı ve hiç bir zaman nitrit, amonyak, zehirli maddeler bulundurmamalı, Sertlik derecesi kaynak suları için en fazla 10 Fr D, diğer içme ve kullanma suları için en fazla 50 Fr D , pH. 6.5 - 8.5 olmalıdır.

Radyoaktivite kontrolü gereken durumlarda radyoaktivite miktarı:

Alfa vericiler litrede en çok 1 Pikoküri

Beta vericiler litrede en çok 10 Pikoküri olmalıdır.(3)

İçme ve kullanma sularının mikrobiyolojik standartları Tablo 1 'de gösterilmiştir.

Tablo 1: İçme ve Kullanma Sularının Mikrobiyolojik Standartları

Suyun cinsi	Total Koliform	Fekal Koliform
Şebeke sistemi suları		
Dezenfekte edilen şebeke suları	0/100 ml	0/100 ml
Dezenfekte edilmeyen şebeke suları	3/100 ml	0/100 ml
Şebeke ile dağıtılmayan sular	10/ 100 ml	0/100 ml
Şişelenerek satışa sunulan sular	0/100 ml	0/100 ml
Acil ihtiyaçlar için kullanılan sular	0/100 ml	0/100 ml

Bilindiği gibi yeryüzündeki sular güneş enerjisi sayesinde sürekli bir döngü halindedir. İnsanlar gereksinimleri olan bu suyu bu döngüden alırlar ve kullandıktan sonra bu döngüye iade ederler. Bu süreç içerisinde suya karışan maddeler suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirerek su kirliliğini ortaya çıkarırlar. Suyun özelliklerindeki bu değişiklikler bir takım enfeksiyon hastalıklarının, kronik hastalıkların ve akut toksik olayların ortaya çıkmasına neden olduğu gibi suda yaşayan canlıları da etkileyerek ekolojik dengenin bozulmasına da neden olabilir.

D.S.Ö. sudan kaynaklanan enfeksiyon hastalıklarının dört ana başlık altında toplamaktadır.Birinci grupta hastalık etkenlerinin direkt olarak suya karışması ile oluşan hastalıklar yer almaktadır. Bunlar: Tifo, paratifo, kolera , enfeksiyöz hepatit, amipli ve basilli



dizanteri bakteriyel viral ve paraziter hastalıklardır. İkinci grupta suyun yetersiz olması sonucunda kişisel hijyen ve çevre hijyeninin yeterince sağlanamaması sonucu oluşan hastalıklar ; pediculosis, scabies, impetigo, konjunktivit vb. hastalıklardır. Üçüncü grupta suda yaşayan canlılar ile yolu ile ortaya çıkan şistosomiyazis, salmonella gibi hastalıklar yer almaktadır. Dördüncü grubu ise evrimlerinin bir kısmını suda geçiren canlılarla bulaşan hastalıklar oluşturmaktadır. Bunlar; malarya, tripanosomiyazis, onkoserkazyazis gibi hastalıklardır.

Su ile ilgili infeksiyon hastalıkları arasında en önemli grubu hastalık etkenlerinin doğrudan doğruya suya karışması, yani insanın suyu kirletmesi ve bu hastalık etkenleri ile kontamine olmuş suların kullanılması ile tekrar insana dönmesi ile oluşan hastalıklar teşkil etmektedir (4). Su dışkı ile temas ettiğinde veya kanalizasyon su kaynaklarına ulaştığında sudaki kirliliğin ve kontaminasyonun incelenmesinde patojen mikroorganizmaların belirlenmesi güç olduğundan indikatör mikroorganizmalar adı verilen bir takım başka saprofit mikroorganizmaların mevcudiyetini göstermek uygun olur. Bunlar içinde en fazla bilineni koliform grubudur (5). Gelişmiş ülkelerin hemen hepsinde içme ve kullanma sularında mikrobiyolojik su kirliliği sorunu tamamiyle çözüme kavuşmuş iken Türkiye'de hala en önemli sorunların başında yer almaktadır. Bu durumu vurgulamak amacı ile 1997 senesinde İstanbul' un çeşitli semtlerinde faaliyet gösteren ve İstanbul halkının büyük bir kısmının içme suyu ihtiyacını karşıladığı su istasyonlarında satışa sunulan sulardan aldığımız örneklerin % 91' inde koliform bakteri saptanmıştır. Bu da bize gerek su istasyonlarında gerekse dolun tesislerinde sanitasyon - hijyen kurallarına uyulmadığını D.S.Ö. ve Gıda maddeleri tüzüğüne uyulmadığını filtrasyon ve dezenfeksiyon konusunda aksaklıklar olduğunu göstermektedir. Bu konuda yapılan birçok çalışmadan da su istasyonlarının yeterince denetlenmediği, bir kısmının da ruhsatsız çalıştığı anlaşılmaktadır. Sadece su satış istasyonlarında satılan suların değil kuyu ve artezyen sularının, şehir şebeke sularının, akarsu göl ve deniz sularının da mikrobiyolojik olarak kirli olduğu zaman zaman yapılan çalışmalarda vurgulanmaktadır (6, 7, 8, 9, 10).

Sularda organik kirlilik göstergesi olarak bulunan ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen nitratlar azotlu organik bileşiklerin son parçalanma ürünüdür ve katı atıklar sıvı atıklar yolu ile sulara karışmaktadır. İnorganik nitrat bileşikleri ise zirai gübre olarak üretilmekte ve tarım arazilerinde bilinçsizce kullanılmakta, bu yolla da yeraltı sularına ve yüzeyel sulara geçmektedir. Bu suların içilmesi ile vücuda alınan nitrat nitritlere çevrilmekte ve amino asitlerle birleşerek ' nitrosamin ' adı verilen karsinojen etkisi

kantlanmış bir maddeye dönüşmektedir. Ayrıca nitrat tuzları ihtiva eden sular' süt çocuğu siyanozu ' veya 'methemoglobinemi ' adı verilen ve dudaklardan ,el ve ayak parmaklarından başlayarak bütün vücuda yayılan gri - mavi siyanozla beliren ve bazen ölümle sonuçlanan hastalığa neden olurlar (5,11).

Sularda doğal olarak bulunan bazı kimyasal maddelerin değerleri, toprağın morfolojik özelliklerine bağlı olarak bazı farklılaşmalar göstermekte ,toprak içindeki bazı minerallerin azalmasına ve artmasına bağlı olarak sudaki miktarlarda değişiklikler olmaktadır. Örneğin; Dünyanın bir çok bölgesinde ve Türkiye' de topraktaki, dolayısı ile sulardaki iyot eksikliği endemik guatra, fluor eksikliği diş çürüklerine, fazlalığı ise fluorosis' e neden olmaktadır. Kardiyovasküler sistem hastalıklarında hastalığın görülme sıklığı ile suların sertliği arasında negatif bir ilişki olduğu, sertlik derecesi çok düşük olan suların kalp damar hastalıklarına neden olduğu bilinmektedir. Radyoaktif maddelerin yoğun olarak bulunduğu bazı kaya ve toprak tipleri yeraltı ve yerüstü sularını da etkilemekte ve bu sular radyoaktif madde açısından tehlike oluşturabilecek düzeye gelmektedir. Bu maddelerden biri de radondur. Radonun sigaradan sonra akciğer kanserlerine neden olan ikinci etken olduğu çeşitli çalışmalarda vurgulanmaktadır (12, 13, 14, 15, 16).

İnsan dünyada var olduğundan itibaren daha iyi yaşam şartları için çevresini değiştirme çabası içinde olmuştur. Doğa ile insan arasında daima bir etkileşim olagelmıştır. İnsan doğa kaynaklarını fazla zorlamadığı sürece bu etkileşim dengeli olmuştur. Ancak son yıllarda insan akıl almaz bir yıkıcılığın etkisi altına girmiş bulunmaktadır.

Yaklaşık kırk yıldır tüm dünyada yaygın olarak kullanılan deterjanlar sıvı atıklarla sulara karışmaktadır. Birçok deterjan türü hiç bir değişikliğe uğramadan uzun süre sularda kalabilmektedir. D.S.Ö. tarafından düşük miktarlarda deterjanın toksik etkisinin bulunmadığı bildirilmesine rağmen suların organo-leptik özelliklerini bozmakta, sindirim bozukluklarına ve kontakt dermatitlere yol açtığı bilinmektedir. Öte yandan deterjanların neden olduğu diğer sağlık sorunlarının belirlenmesi ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Ayrıca dere ve göl sularında aşırı bitkilenmeye neden olarak sulardaki yaşam dengesini olumsuz yönde etkilemektedirler (17).

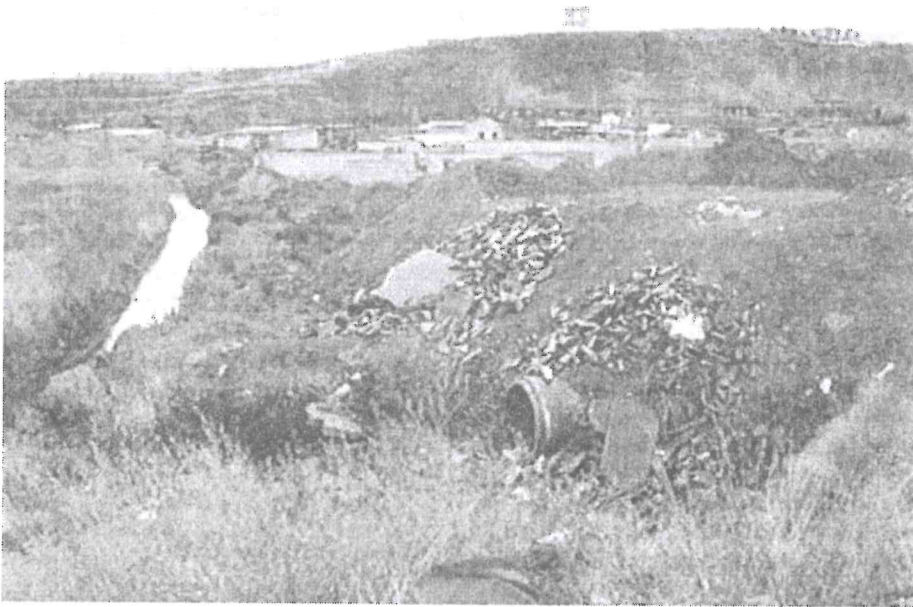
Pestisitler tarımsal etkinliklerde ve sağlığa yönelik tedbirlerde zararlıları ortadan kaldırmak amacı ile kullanılan kimyasal bileşiklerdir. Günümüzde organik ve inorganik karakterde olmak üzere yüzlerce bileşik değişik isimler altında satılmaktadır. Pestisitlerin en bilineni olan DDT nin mucidi 1948 yılında Nobel Bilim Ödülünü almış, ancak bu maddenin tüm canlıları akut ve kronik olarak zehirlediği anlaşıncı 1972 yılında A.B.D.' de üretimi yasaklanmıştır. Pestisitler bilinçsiz kullanıldığında toprağı yeraltı su kaynaklarını, yüzeyel

suları kirletmektedir. Bu suların içilmesi, kullanılması durumunda akut zehirlenmeler ölümler meydana geldiği gibi sinir sistemi ve karaciğerde önemli harabiyet, mutajenik değişiklikler ve kanserler ortaya çıkmaktadır (5).

Endüstri kuruluşlarının katı ve sıvı atıklarının geliştiği güzel çevreye bırakılması sonucu kirlenen sular, akut ve kronik zehirlenmeler ile kanserler başta olmak üzere bir çok hastalığa neden olmaktadır. Cıva ile kontamine olmuş suların içilmesi veya bu sularla yaşayan canlıların yenmesi sonucunda nörolojik bozukluklara, konjenital anomalilere ve ölüme yol açan Minamoto hastalığı, Kadmiyumun neden olduğu

prostat ve mesane kanserleri, arsenikli bileşiklerin organizmaya alınması ile görülen toksik olaylar ve akciğer kanserleri, sularda bulunan kimyasalların yapmış olduğu zararlardan ancak bir kaçıdır. Görülüyor ki insan yaşamı için en gerekli maddelerin başında gelen su , ne yazık ki günümüzde insan sayesinde yaşamı tehdit eden unsurlar arasında yer almaktadır. (5)

D.S.Ö.'e göre sağlık; sadece hastalık ve sakatlığın bulunmaması değil, aynı zamanda fiziksel , ruhsal, ve sosyal tam bir iyilik halidir. Bu da ancak insanın içinde bulunduğu fiziksel, biyolojik ve sosyal çevrenin insan ile uyumlu ve denge içinde olması ile mümkündür. 4



KAYNAKLAR

- 1- Topuzoğlu, İ.: Çevre ve İş Sağlığı, Hacettepe Üniversitesi Yayınları. Ankara, 1979
- 2- Velicangil, S.: Koruyucu ve Sosyal Tıp, Filiz Kitabevi 1980 İstanbul
- 3- WHO International Standards Drinking Water \ WHO Publication Geneva 1984s
- 4- Guidelines for Drinking Water Quality, Vol 1. Recommendations Second Edition, WHO Publications, Geneva 1993
- 5- Guidelines for Drinking Water Quality , Vol 2. Health Criteria and Other Supporting Information Second Edition , WHO Publication, 1993
- 6- Güngör, G., Hapçioğlu B., Güray, Ö.: İstanbul' un Bazı Bölgelerinde Bulunan Su İstasyonlarında Satışa Sunulan Suların Enterik Bakterilerin Araştırılması . Su Kongresi ve Sergisi 19-22 Haziran 1997 Kongre Kitabı S : 239-244
- 7- Öz, V. ve Arkadaşları İstanbul' da Kaynak Sularının Mikrobiyolojik Yönden Değerlendirilmesi . Sağlık ve Sosyal Yardım Vakfı Dergisi, Yıl 5 Sayı 4 1995
- 8- Öz, V., Köksal, S., Çelik, S., Erginöz, E., Erginöz, H., Kiremitçigil, A., Erel, C.: İstanbul' da İçme ve Kullanma Sularının Mikrobiyolojik Yönden Değerlendirilmesi. 5. Ulusal Enfeksiyon Hastalıkları Kongresi, 4 - 6 Eylül 1995 İstanbul Kongre Kitabı Türkiye Mikrobiyoloji Cemiyeti Yayını No: 23
- 9- Hapçioğlu , B. , Güray, Ö. , Güngör, G. : Ayrılık ve çevresinde Çevre Kirliliği Çevre Koruma Sayı 46 1993 S: 40-42
- 10- Hapçioğlu , B. , Güngör, G. , Güray, G. : Marmara Bölgesinde Yüzeysel Suların Kirlilik Değerleri . Trakya Üniv. Tıp Fak. Dergisi 8, 9, 10 (Birleşik Sayı) S 41- 48, 1991 1993
- 11- Hapçioğlu , B. , Güngör, G. , Demir, L. , Güray, G. : İçme Sularında Saptanan Kimyasal Bakteriolojik Kirliliklerin Halk Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi. Su Kongresi ve Su Sergisi 19-22 Haziran 1997 Kongre Kitabı S : 191-194
- 12- Hapçioğlu , B. : Ülkelerin Sağlık Planlamasında Tıbbi Coğrafyanın Yeri . Doktora Tezi 1987 İstanbul
- 13- Dişçi, R. , Hapçioğlu, B. , Demir, L. , Güray, Ö. : Kalp Damar Hastalıkları Ölümleri ile içme sularının sertlik dereceleri arasındaki ilişkinin incelenmesi. Trakya Üniv. Tıp Fak. Dergisi: 11 (1, 2, 3) 297 - 302, 1994
- 14- Hapçioğlu, B. , Dişçi, R. , Demir, L. , Başak, E. , Güray, Ö. , Özer, N. : Türkiye İçme Sularında Fluor' un Bölgesel Dağılımı . İ. Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi , Cilt :26, Sayı: 4, 222-223 , Aralık 1992
- 15- Bean, J. A. , Isacson, P. , Hahne, R. M/A, Kohler, J.: Drinking water and cancer in Iowa, II. Radioactivity in drinking water. American Journal of Epidemiology. 116: 924-932, 1982.
- 16- Cross, F.T., Harley, N.H. , Hofmann, W. :Health Effects and Risks From 222- Rn in Drinking Water. Health Phys. 48 : 649-670 1985.
- 17- Güray . Ö. , Hapçioğlu , B. : Deterjanların Sağlık Sorunları Yönünden Araştırılması. İst. Tıp Fak. Mecmuası 42: 58-67 1979.

SULAKALANLAR: Değeri Geç Anlaşılan Hazinelerimiz

Doç.Dr. Meryem Beklioğlu
ODTÜ Biyoloji Bölümü

Sulakalanlar yer kürede var olan en önemli ekosistemler olup kimyasal, biyolojik ve genetik doğal kaynaklar olarak değer kazanmaktadır. Sulakalanlar, önceleri sadece balık ve zengin doğal yaşamın korunması açısından önemsenmiş olmakla beraber, diğer önemli fonksiyonları son zamanlarda anlaşılmıştır. Bazılarına göre sulakalanlar hidrolojik ve kimyasal döngülerdeki vazgeçilmez rolden dolayı "yeryüzünün böbrekleri" dir. Bazıları ise sulakalanları, sahip oldukları çok zengin ve karmaşık besin ağı ilişkileri ve çok zengin biyolojik çeşitliliklerinden dolayı "biyolojik süpermarket" olarak kabul etmektedir. Sulakalanlar Antartika hariç bütün kıtalarda bulunur ve yeryüzünün toplam yüzey alanının %6'sını (yani 8.6 milyon km²) oluşturur. Sulakalanlar çok kurak bölgelerde tuz düzlükleri soğuk ve nemli bölgelerde ıslak çayırlar (fens) ve tundralar, nehir kenarlarında akarsu boyu sulakalanları (riparian wetland), ılıman, yarı tropikal ve tropikal bölgelerde kıyı şeritlerinde tuzlu su sazlıkları (marsh) ve mangrov (mangroves) sulakalanları olarak yer alırlar. Yeryüzünde var olan sulakalanların %56'sı tropikal ve yarı tropikal bölgelerdedir. Ülkemizde ise yaklaşık olarak 1240 km² alana ulaşan sulakalan vardır. Fakat yapılacak detaylı araştırmalar ile bu miktar artabilir.

İnsanlık Tarihi ve Sulakalanlar: İnsanlık tarihi, Mısır, Mezopotamya, Aztek gibi önemli uygarlıkların sulakalanlarda uyum içinde yaşayarak, bu kaynaklardan optimum yararlanma konusunda akıllıca örneklerle doludur. İspanyoların Güney Amerika'yı ele geçirmelerinden önce Aztekler sulakalanları kurutmadan (19. ve 20. yüzyılda tarım yapmak için yapılan kurutmaların tersine) yükseltilmiş platformlar oluşturarak tarım yapmışlardır. Böylece var olan suyu akıllıca kullanarak yılda çok sayıda ürün alabilmışlerdir. Geliştirilen bu yöntem ile çok sayıda sulakalanı kurutmadan koruyabilmışlerdir. Günümüzde halen doğrudan sulakalanlarda uyum içinde yaşayan kültürler vardır. Güney Irak'ta yaşayan Sulakalan Arapları (the Marsh Arabs) ve güney Sudan'da yaşayan Nuerler buna güzel örneklerdir.

Bu örnekler insanlık tarihin sulakalanların gerçek değerini anlayıp, bu ekosistemleri koruduğunu düşündürebilir fakat bu her zaman böyle olmamış ve özellikle endüstrü devrimi sonucu oluşan sanayi toplumlari, sulakalanları çok tehlikeli ve hatta şeytani yerler olarak görmüşlerdir. Doğanın insan tarafından denetim altına alınmasını ve sömürülmesini öngören felsefe sulakalanların yok edilmesini başlıca nedenlerini hazırlamıştır. Sulakalanlar tarım ve yerleşim alanları elde etmek için kurutulmuş, kıyı bölgelerlerdeki subasar ormanlar kesilmiş, kentleşme ve endüstrileşme, yol yapımı için doldurulmuş, sel kontrol için sedde ve kanallarla hidrolojileri değiştirilmiş, turba ve fosfat çıkarımı için yok edilmişlerdir. Bu bakış açısının izleri sanata da yansımıştır. Örneğin, Dante "İlahi Komedi" adlı kitabında günahkarların cezalarını çekeceği yerin cehennem üst bölgesinde yer alan bataklık tasvirini kullanarak uzun bir tanımlamasını yapmıştır. Ayrıca isminde bataklık bulunan çok sayıda korku filmi hepimiz hatırlarız (Swamp thing: dark genesis, Creature from Black Lagoon gibi). Sulakalan isimlerinin farklı dillerde içerdiği kötü anlamlar (Türkçe de "bataklık" kelimesi ve İngilizce de "swamp") bu ekosistemlere duyulan korkunun güzel örnekleridir. Özellikle 19. yüzyıl ve 20. yüzyılın son çeyreğine kadar, sulakalanların kurutulması gerekli olarak görülmüştür. 1970'lerde doğa korumacı yaklaşımlar ve artan bilimsel bilgi birikimi sulakalanların önemini anlaşılmasını ve bu ekosistemlerin korunmasına yönelik çalışmalarında hızlanmasını sağlamıştır.

Sulakalan Nedir

Sulakalan nedir? sorusuna doğrudan bir yanıt vermek pek kolay değildir. Çünkü "sulakalan" terimi belirlenirken, bilim yerine daha çok politikanın öne çıktığı ve çıkarlar önem kazandığından tanımlama da zorlaşmaktadır. 19. yüzyıl ve 20. yüzyılın son çeyreğine kadar, sulakalanların kurutulması gerekli görüldüğünden her hangi bir tanım yapılması önemsizdi. Sulakalanların sahip oldukları zenginliklerin ve küresel ekosistemde oynadıkları rollerin anlaşılması doğru tanımlama ihtiyacını da beraberinde getirdi. Hatta doğru sulakalan tanımlaması başka her hangi bir ekosistemin tanımlamasından çok daha önemli oldu.

Her hangi bir sulakalan tanımlaması genel olarak üç temel özelliği içermektedir;

1. Sulakalanlarda su vazgeçilmez öğedir. Su; ya yüzey suyu olarak ya da bitkilerin köklerinin bulunduğu toprak suyu olarak bulunabilir.
2. Sulakalanların toprak özelliği çok farklıdır.
3. Sulakalan bitkileri sucul ortamda yaşayan bitkilerdir (Hydrophytes) ve suyu tolere edemeyen bitkiler sulakalanlarda bulunmazlar.

Bir sulakalanda bu üç özelliklikten bir veya birden fazlası bulunabilir.

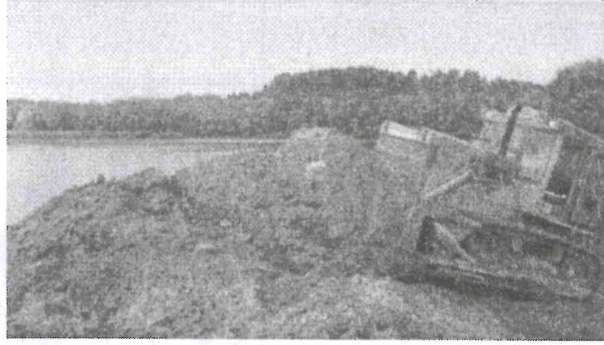
Bu üç özelliği içeren ve başka öğeleri de içine alan çok değişik sulakalan tanımlamaları yapılmıştır. Yaygın olarak kullanılan tanımlama ise Uluslararası Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği'nin (IUCN) özellikle sulu alanları açısından Uluslararası Öne Sahip Sulakalanlar Sözleşmesi diğer yaygın kullanılan isimle Ramsar Sözleşmesi'nin tanımlamasıdır. Bu Sözleşme'ye göre sulakalan: " Doğal ya da yapay; sürekli ya da geçici; durgun ya da akar, tatlı, acı ya da tuzlu; sulakalan, ıslak çayırlar, turbalık ya da sulakalan ve alçak gelgitte altı metreyi aşmayan deniz suyu alanları" olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca aynı Sözleşmenin diğer bir maddesinde "sulakalanlara bitişik nehir kıyısı ya da deniz kıyısı bölgeleri ve sulakalanların yanında yer alan ada ve alçak gelgitte altı metreyi aşan denizler"de sulakalan olarak tanımlanmıştır. Bu tanım ülkemiz de de yaygın olarak kabul görmektedir. Bu sulakalan tanımını yukarıda belirtilen bitki ve toprak yapısını ve su derinliğini doğrudan kapsamaz fakat bu tanımın yorumlanmasında bu özellikler göz önünde bulundurulur. Ramsar Sözleşmesi'ne göre, bir sulakalanın "ekolojik karakteri", o sulakalanın biyolojik, kimyasal ve fiziksel unsurlarının yapısı ve aralarındaki ilişkinin bütünüdür. Bu bütünlük ekosistemin her bir süreci, işlevi, niteliği ve değerinin birbirini etkilemesi sonucu ortaya çıkar.

Amerika Birleşik Devletleri (Fish & Wildlife Service, USA) ve Kanada (National Wetlands Working Group) gibi ülkeler kendi koşullarına uygun olarak belirledikleri ayrı tanımları yaygın olarak kullanmaktadırlar ve bu ülkelerin tanımlamalarında su derinliği önemli bir öğe olarak değerlendirilir. Türkiye'de geçerli olan RAMSAR sulakalan tanımı sulakalanların korunması için daha uygun olup, sulakalanları bağlı buldukları su sistemleriyle birlikte kabul eder.

Sulakalan Dinamiği

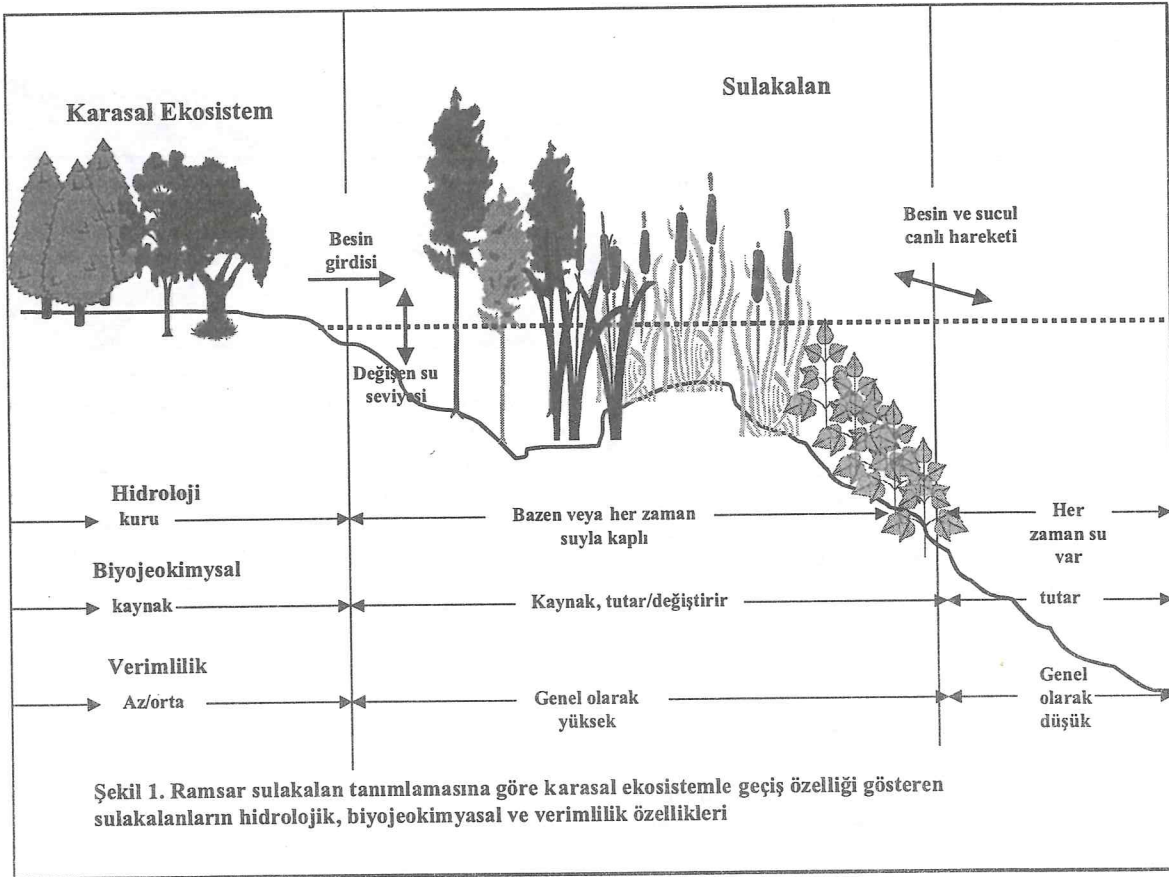
Ramsar sulakalan tanımlamasına göre; her zaman su içeren derin sucul sistemlerde sulakalan olarak kabul edilmektedir. Nehirler, göller, estuariler ve denizler her zaman derin su yüksekliğine sahip ekosistemlere güzel birer örnektir (Şekil 1). Sulakalanların dinamiğinde hidroloji, biyoekimya ve biyolojik yaşam üç önemli unsurdur. Sulakalanların bu özelliklerinin daha iyi tanıtılması, bu ekosistemlerin daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır.

• **Hidroloji:** Sulakalan hidrolojisi çok özel fizikokimyasal koşullar oluşturduğundan bu ekosistemler karasal ekosistemlerden çok farklıdır. Sulakalanın su seviyesindeki ritmik yükselme ve alçalmaya hidro-periyod denir. Sulakalanlardaki hidro-periyodun doğal ritminin korunması sulakalanın bütün ekolojik yapısının korunmasının garantisidir.



Deniz kıyı zonlarında bulunan sulakalanlardaki hidro-periyodu sıklıkla günlük değişimlere bağlı olan gelgit belirler. Gelgitden etkilenmeyen sulakalanlarda ise, hidro-periyod yağışlı mevsimlerde yüzey suyu miktarının havzanın yapısına göre değişmesi sonucu çok değişik hidro-periyod gösterir. Bu doğal farklı hidro-periyodların hepsi değişik sulakalanların ekolojik karakterinin vazgeçilmez ögesidir. Yağmur, yüzey su akışı, yeraltı suyu, gelgit ve nehir taşkını gibi hidrolojik döngüler sulakalanların hidro-periyodunun karakterini belirler. Sulakalanın su seviyesi, debisi ve taşkın zamanı ve sıklığı toprak biyokimyasal yapısını ve bu durumda ortamda yaşayan canlı gruplarını belirler. Mikroorganizmalardan, bitkilere ve sulu alanlara kadar çok zengin canlı gruplarının varlığı bir sulakalanın doğal hidro-periyodunun sonucudur. Sulakalanlar, süstü ve suiçi bitkileri ve subasar ormanlarıyla, sucul ekosistemlerin karasal ekosistemlere geçişinde hidrolojilerindeki en küçük değişiklik sahip oldukları bitki ve bitkilere bağlı yaşayan hayvan türlerinin olumsuz yönden etkilenmesine sebep olmaktadır. Hidroloji sulakalanın; besin tuzlarının yoğunluğu, sudaki ve sedimandaki oksijen miktarı, sediman tuzlanması, asitlik miktarı gibi çok önemli fiziksel ve kimyasal özelliklerini doğrudan belirler. Bu özelliklerde sulakalanın biyolojik yapısında belirleyicidir. Sulakalan bitkileri, ekolojik yapının en önemli ögesi olarak sulakalan hidrolojisini, turba birikimini, sediman ve besin tuzlarının tutulmasını, suyu gölgeleyerek buharlaşmayı azaltması gibi faktörlerle belirler.

• **Biyoekimya:** Kimyasal maddelerin, özellikle azot ve fosfor gibi besin tuzlarının, bir ekosisteme taşınımı ve bu ekosistemde değişikliklere uğraması işlemlerine biyoekimyasal döngü denir. Bu döngü çok sayıda iç içe geçmiş fiziksel, kimyasal ve biyolojik ilişkileri içerir. Sulakalanların kendine has hidrolojik yapısı biyoekimyasal döngüleri belirleyicidir. Bu işlemler sadece besin tuzlarının yapılarının değişimini belirlemekle kalmaz aynı zamanda bunların su, sediman ve atmosfer arası yer değişimlerini ve bitkilerin kullanımı sağlar. Sulakalanda oluşan oksijenli ve oksijensiz ortamlar azotun element halinde atmosfere uzaklaştırılması (denitrifikasyon) sağlarken fosforun bitkilerde birikmesi gibi özellikler en yaygın olarak bilinenleridir.



Sulakalanlar, inorganik azot ve fosforu bünyelerinde tutarken, ekosistemde üretilen organik maddeler diğer ekosistemlere taşınır. Hidrolojinin değiştirilmesi, yüksek erozyon, arıtılmamış evsel atıksular ve toksik kimyasal maddelerin sulakalanlara verilmesi doğal biyojeokimyasal döngüleri değiştirir.

• **Biyojik Yaşam:** Sulakalanlar fizyolojik açıdan çok zor ekosistemlerdir. Oksijensizlik (anoksik), değişen tuzluluk ve su seviyesindeki değişimler sulakalan canlılarının yaşadığı en önemli streslerdir. Fakat sulakalan bitki ve hayvanları evrimsel olarak geliştirdikleri özel yapısal, fizyolojik uyumları, karmaşık yaşam biçimleriyle bu streslerle başa çıkarlar. Bitkiler, sedimanda oluşan anoksik durum karşısında yapraklardan köklere oksijen taşıyan özel hücreleriyle hayatta kalırken, hayvanlar havadaki oksijeni soluyabilmeleri, yetkin dolaşım sistemleri, oksijenli ortamlara sığınma gibi özellikleriyle anoksik durumda yaşayabilirler. Tuz yoğunluğunda olan değişimle bitki ve hayvanlar geliştikleri özel dokularla vücut içi tuz yoğunluğunu sabit tutarlar.

Sulakalan Çeşitleri

Sulakalan sınıflandırılmaları yapılırken çeşitli değişkenler göz önünde bulundurulur ancak bu değişkenler her ülkeye göre farklılık göstermektedir. Yüzeysel su miktarı, besin tuzu girdisi, bitki örtüsü,

asitlik değeri (pH) ve turba biriktirme özelliği sınıflandırmada en çok kullanılan değişkenlerdir. Sulakalanlar genel olarak deniz kıyılarında yer alan Kıyusal Sulakalanlar ve denizden uzak karalarda yer alan İç Sulakalanlar olmak üzere iki grupta toplanabilirler. Her iki grupta da çok sayıda sulakalan çeşidi vardır. Bu gruplara ek olarak kayalık kıyıları, kıyı lagünleri, mercan adaları içeren Denizsel Sulakalanlar da eklenmelidir. Sulakalan çeşitlerinin uluslararası terminolojide kullanılan isimlerinin malasef bir çoğunun Türkçe karşılığı yoktur. Örneğin İngilizce de marsh ve swamp farklı sulakalanlar için kullanılırken, dilimizde sadece bu iki isim için sulakalan kelimesi kullanılmaktadır.

Kıyusal/Estuarin Sulakalanlar (Coastal Wetlands):

Bu grupta yer alan çok sayıda sulakalan yapısında değişken taşkın ve gelgit en önemli etmenlerdir. Deniz kıyısında yer alan sulakalandaki tuz yoğunluğu deniz suyuna yakın iken karalara doğru gidildikçe bu tuzluluk azalır fakat bu sistemler hala gelgitten etkilenebilir. Bu grupta deltalar, gelgit sulakalanları ve mangrove sulakalanları yer almaktadır.

• **Gelgit Tuzcul Sulakalanı (Tidal Salt Marshes):** Gelgit tuzcul sulakalanlar dünyada orta ve yüksek enlemlerde deniz kıyı şeritlerinde çok

yaygın olarak bulunmaktadır. Bu sulakalanlarda yaşayan bitki ve hayvan türleri değişen tuzluluk, su seviyesi, ve su sıcaklığına iyi uyum göstermişlerdir. Bu sulakalanın alt ve üst sınırı gelgitten etki alanıyla belirlenir. Burada gelgit ekosistemdeki sediman birikimi veya uzaklaştırılması, mineral ve organik madde girdisi ve çıktısı, toksik maddelerin uzaklaştırılması gibi fiziksel ve kimyasal değişimleri ve bu değişimlerin sonucunda da biyolojik yaşamı belirler. Bu sulakalanın verimliliği ve tür çeşitliliği özellikle su-tuz miktarıyla belirlenir. Gelgit tuzcul sulakalanları, çok zengin bitki, plankton, omurgasız, balık ve sokuşu türlerini barındırırlar.

- **Gelgit Tatlısu Sulakalanı (Tidal Freshwater Marshes):** Bu sulakalan, gelgit tuzcul sulakalanlarından daha iç bölgelerde bulunurlar fakat hala gelgitten etkisi altındadırlardır. Gelgit tatlısu sulakalanı, gelgit tuzcul sulakalanı ile iç bölgelerde bulunan tatlısu sulakalanları arasında geçiş ekosistemdir. Bu çeşit sulakalanlar gelgitten etkilenir ancak su tuzlu değildir ve çok verimlidir. Çok verimli olan bu ekosistemlerde, değişen tuzluluk stresi olmadığı için tür çeşitliliği çok yüksektir. Özellikle bitki, omurgasız, balık, ve sokuşu çeşitliliği çok yüksektir. Bu sulakalan özellikle anadromus balıkların (ergin halinde denizde yaşayan) üreme için kullandıkları alanlardır.

- **Mangrov Sulakalanı (Mangrove Wetlands):** Tropikal ve yarıtropikal bölgelerde gelgit tuzcul sulakalanların yerini mangrove sulakalanlar alır. Bu sulakalanda tuz yoğunluğuna uyum gösteren özellikle kırmızı ve siyah mangrove ağaçları yaygındır. Bu ağaçların su üstüne kadar çıkan kalın ve uzun kökleri (30 cm-100 cm) çok belirgin özellikleridir. Bu kök yapısı tuz atımını ve oksijen alınımını sağlarlar.

İç Sulakalanlar (Inland Wetlands):

İç sulakalanlar alan olarak kıyasal sulakalanlardan çok büyüktür.

- **Tatlısu Sulakalanı/Tatlısu Sazlıkları (Freshwater Marshes, USA; Freshwater Reedswamps, European):** Bu grup da çok çeşitli sulakalan bulunmaktadır. Bu sulakalanların 1) Saz, kamış, hasır otu, ayak otu gibi suüstü bitkilerinin bulunması; 2) sığ su ve 3) genel olarak çok az turba birikiminin olması gibi üç temel özelliği vardır. Çok geniş sazlık alanlara sahip sığ göller, geniş sazlık kıyı şerhiti olan derin göller ve yavaş akan akarsuların kıyı boyunca rastlanılır. Sazlık bölgelerin daha dış kısımda yer alan sulak çayırlar da (Wet Meadows) sulakalanlar sınıfındadır. Ülkemizdeki bir çok göl ve akarsu bu tip sulakalan sınıfındadır.

- **Akarsuboyu Sulakalanı (Riparian Wetland):** Nehir ve derelerin taşkın alanlarında, yağışlı dönemlerde nehirin yüksek debisiyle su ile kaplı olan ve kurak mevsimlerde ise yüzey suyu içermeyen

alanlardan oluşmaktadır. Çok zengin bitki türü içerirler ve bitkileri akarsuboyu sulakalanında büyümeleri taşkına karşı sahip oldukları doğal adaptasyonlarla mümkündür. Bitkiler, hemen akarsu kıyısında suda yaşama uyumu olan türlerden, sadece mevsimsel su baskınına uyum gösteren türlere kadar çok çeşitlilik gösterirler. Akarsuboyu sulakalanları, daha iç kısımlarda yer alan karasal ekosistemlere göre çok verimli bölgelerdir. Bu verimliliğin en önemli nedeni ise periyodik olarak nehir suyunun taşıdığı besinlerle gübrelenmesi sayesinde. Bu ekosistemle çok verimli olmalarından dolayı tarım ve yerleşim için kurutulmaya en çok maruz kalan sulakalanlardandır. Ancak kurutma ve seddeleme gibi yöntemlerle periyodik taşkınlar engellendiğinden zaman içinde organik toprak yanarak azalır ve tarımın verimliliği düşer. Ülkemizde bir çok nehir havzasında yaygın olarak bulunmakla birlikte, en çok kurutmaya maruz kalan sulakalanlar olduğu için hızla azalmaktadırlar.

- **Turbalık (Peatlands):** Eski göl aynalarının zaman içinde parçalanabilen bitki ve diğer organik madde kalıntılarıyla dolması sonucu oluşur. Genel olarak su girdisi ve çıktısı olmayan ve asit seven yosunların baskın bitki türü olarak bulunduğu asidik turbalık (= Bog), ve su girsidi olan ve çeşitli otların ve sazların baskın bitki türü olarak bulunduğu bazik turbalık (fen, USA; Mire, European) en yaygın bulunan turbalık çeşitleridir. Bu turbalıkların isimleri en önemli özellikleri olan asitlik miktarına göre verilmiştir. Ülkemizde Bolu, Düzce ve Adapazarı civarlarında ve ayrıca alpin özelliği gösteren yüksek dağların tepelerinde turbalıklar vardır. Avrupa, Amerika ve Rusya'da turba çıkartılarak tarımda ve yakacak olarak kullanılması çok yaygındır.

Ayrıca subasar ormanlar, sulak çayırlar da iç sulakalanlar içinde yer alır. Değişik iklim kuşaklarına sahip ülkelerde bu çeşitlere ilave olarak çok sayıda farklı sulakalan tanımlaması yapılmıştır.

Sulakalanların Önemi

Ekoloji, ekosistemlerin değerini ölçmede son otuz yıldır yeni yaklaşımlar üretme çabası içindedir. Sulakalanlar dünyanın en önemli ekosistemleri olarak değerleri ölçülürken, bu ekosistemlerin sağladıkları "bedava hizmetler" temel alınmaktadır. Sulakalanların değeri ölçülürken kullanılan yaklaşımları iki grupta toplayabiliriz:

1. Ekosistemin ekolojik değerinin başka bir ekosisteme göre belirlenmesi çalışmasıdır. Ekolojik değerin ölçüsü, değerlendirme yapılan ekosistemin sahip olduğu tür zenginliği veya doğal yaşamın zenginliği burada temel alınır.

2. Ekosistemin ekonomik değerinin belirlenmesi ikinci ve son yıllarda sıkça kullanılan yaklaşımdır. Burada söz konusu ekosistemin değeri, bu ekosistemde yapılması planlanan ve ekosisteme

zarar veren aktivitenin ekonomik değerine göre görel olarak hesaplanır.

Son yıllarda yapılan değerlendirmelerde, dünyada var olan tüm ekosistemlerin ekonomik değeri 33 trilyon Amerikan Doları (33 x 10¹² USD) dir. Sulakalanların ekonomik değeri ise bu rakamın % 45'i yani 14.9 trilyon Amerikan Dolar (14.9 x 10¹² USD) olarak hesaplanmıştır. Sulakalanların bu bol sıfırlı inanılmaz para değerinin nedeni ise bu ekosistemleri bize sundukları aşağıda anlatılan "bedava hizmetler"den kaynaklanmaktadır.

Sulakalanların Görevleri

Eski medeniyetlerin nehir vadilerinde ve taşkın alanlarda veya diğer sulakalanların yakınında kurulması bir tesadüf değildir. Bu medeniyetler sulakalan kaynaklarını kullanarak var olabilmişlerdir. Endüstrü devrimi ile ilerleyen teknoloji bizim artık doğaya bağlı olmadığımızı düşündürebilir fakat son zamanlarda yanlış toprak ve su kaynakları kullanımının sonucu yaşanan sel baskınları, fırtına, heyelan gibi doğal felaketler bunun böyle olmadığı gösterir. Farkına varılması gereken gerçek ise, insanın hayatta kalabilmesi doğal ekosistemlere bağlıdır. Sulakalanların çok sayıda rolleri ve bunun insanlık için önemi son yıllarda daha iyi anlaşılmaktadır.

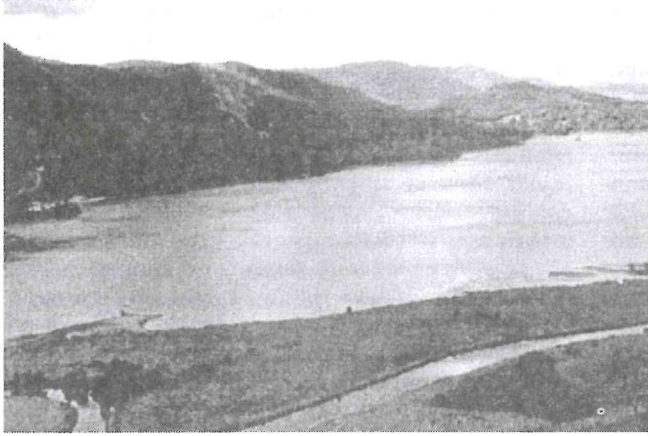
• Taşkın veya Sel Baskını Önlemesi:

Sulakalanlar fazla yağmur suyunu tutarak aşağı havzada sel baskınlarını önler. Fazla su ya sulakalan toprağında ya da yüzey suyu olarak ekosistemde tutularak çok pahalı mühendislik önlemlere olan ihtiyacı azaltılmaktadır. Sulakalan bitkileri sel suyu akışını yavaşlatarak aşağı havzada sel baskınını önlemede önemli rol oynarlar. Özellikle nehirlerin doğal parçası olan taşkın alanlarının kurutulmuş tarım veya yerleşime açılması sonucunda bu sulakalanların sel baskınını önleme kapasitelerinin kaybedilmesine sebep olmuştur. Ülkemizde dahil olmak üzere birçok ülkede sel baskınlarının neden olduğu ekonomik maliyet astronomik ölçülerdedir. Amerika'da yeni yapılan hesaplamalara göre 0.4 hektarlık bir alana sahip sulakalan, yaklaşık 6000 m³ sel suyu depolayabilmektedir. Bu rakamları bir örnek için kullandığımızda yine Amerika'da Charles Nehri'nin taşkın alanında olan sağlıklı 3800 ha sulakalanın sadece yıllık sel felaketini önlemekle sağladığı ekonomik değer 17 milyon Amerikan Doları (12 milyon USD/yıl) olarak hesaplanmıştır. Çin'de 1998 yılında yaşanan 230 milyon Çinliyi etkileyen çok büyük sel baskının maliyeti 32 milyon Amerikan Dolarıdır. Nehir ve göllerin etrafındaki doğal sulakalanların tarım veya yerleşime açmak için kurutulması, ormanların tarım alanına dönüştürülmesi ile artan erozyonla nehirlerin ve göllerin dolması sonucunda taşkın suyunu tutma kapasitelerinin azalması gibi insanların neden olduğu

arazi kullanımındaki değişiklikler yaşanan sel felaketlerinin başlıca nedenidir. Amerika'da Mississippi Nehri'nde son 150 yılda sel baskınına karşı koruma ve nehir trafiğini iyileştirmek için çok sayıda mühendislik çalışmaları yapılmış ve bu çalışmalar sonucu 6.9 milyon hektar sulakalan kurutulmuştur. Sulakalan kurularak sel baskını önlemek bir yana felaketin boyutunun arttığına Mississippi Nehri'nde 1927, 1973 ve 1993 yıllarında yaşanan öldürücü sel felaketleri ve neden oldukları inanılmaz maliyetler iyi örneklerdir (yıllara göre maliyet sırasıyla; 236 milyon, 425 milyon ve 12-16 milyar Amerikan Doları).

• **Yeraltı suyunu besler ve yeniler:** Yeraltı akiferleri dünyada sıvı olarak bulunan (buzullar dışında kalan) tatlısu kaynaklarının % 97'ni depolarlar. Yeraltı suyu dünya nüfüsünü 3/4' içme suyu sağlar. Örneğin Asya Kıtasında 1 milyardan fazla insan ve Avrupa Kıtasının içme suyu ihtiyacının % 45'i yeraltısu suyu kaynaklarından sağlanır. Sulakalanlar (turbalıklar hariç) yeraltı akiferlerini sahip oldukları geçirgen topraktan süzülen suyla beslerler. Akiferler ve sulakalanlar arası su hareketi akiferlerde depolan su miktarına bağlıdır. Akiferlerde su seviyesi düşünce sulakalan geçirgen toprağından süzülen su, akiferleri beslerken, akiferlerdeki su seviyesi yükselince akiferler sulakalanları beslerler. Nijerya'nın kuzeyinde yer alan sulakalanlar yeraltı suyunu besledikleri ve içme suyu ihtiyacını karşıladığı için yıllık değeri 4.8 milyon Amerikan Doları iken, Florida da bulunan (Amerika) 223.000 hektar sulakalan yine aynı nedenden 25 milyon Amerikan doları/yıl değerindedir. Yeraltı suyu sulu tarım içinde yazgeçilmez su kaynağıdır ve dünya yapılan sulu tarımın %17'si yeraltı su kaynaklarından elde edilen suya bağlıdır. Son yıllarda yeraltı sularının azalması yoğun sulu tarım yapan Hindistan, Çin, Amerika gibi ülkelerde önemli problemlere neden olmaktadır. Bu ülkelerin toplam yıllık kaybettiği yeraltı suyu miktarının Nil Nehri'nin bir yıllık akışına eşit olduğu düşünülmektedir. Ülkemize ait yeterli bilimsel veri olmamasına rağmen Konya havzasında yapılan yoğun sulu tarım bölgede yeraltı akiferlerinin su seviyesinde alarm verici düşüşler olduğu bilinmektedir. Havzadaki yoğun sulakalan tahribatı yeraltı akiferlerinde su seviyelerinin azalmasında diğer önemli etmendir.

• **Sediman ve besin tuzlarının tutulması ve aşağı havzaya taşınımını sağlar:** Sulakalanlarda su akışı yavaşladığı için suyla taşınan sediman ve besin tuzları (özellikle azot ve fosfor) bu ekosistemlerde kalır. Tarımdan, evsel ve endüstriyel atıksularla sulakalanlara gelen azot ve fosfor sulakalan bitkileri tarafından kullanılır, toprakda tutulur ve özellikle azot denitrifikasyonla atmosfere uzaklaştırılır. Sulakalanların besin tuzlarını tutma özelliği bu ekosistemleri yoğun tarım (aşırı inorganik gübre ve tarım ilaçları kullanılarak gerçekleştirilen



tarım) yapılan alanlardan daha verimli yapar. Bazı Afrika sulakalanlarında papürüs birincil üretim miktarı 100 ton/hektar, saz üretimi 30-70 ton/hektar gibi çok yüksek değerlerde iken, yoğun tarımla mısır üretimi 63 ton/yıl ve şeker kamışı üretimi ise 60 ton/yıl düzeylerinde kalmıştır. Sulakalanlardan besin tuzlarının taşınımında alıcı ortamların verimi için çok değerlidir. Bu duruma en güzel örnekler, nehirlerin aşırı su debisinde kullandığı taşkın alanları (nehir ekosisteminin doğal yapısının bir parçasıdır) ve kıyı deltalarıdır. Deltalar ve taşkın alanları yıllık olarak artan nehir sularıyla doğal olarak gübrelediklerinden dünyanın en verimli ekosistemleridir ve bunların değeri en iyi eski medeniyetler tarafından anlaşılmıştır. Zira yaşamını teknolojiye bağlayan modern insan, taşkın kapalı ve barajlar inşa ederek bu ekosistemlerde doğal su akışını engelleyerek çok büyük ekonomik kayıplara neden olmuştur ve hala olmaktadır. Bu duruma Mississippi ve Nil nehirlerinin taşkın alanları ve kıyısız deltaları güzel örnek oluşturur. Asuwan Barajı'nın yapılmasından sonra Nil Nehri'nin Akdeniz kıyısındaki deltasına taşıdığı sediman 17 yılda 12 kilometre küçülmüş ve besin tuzları taşınımı azaldığı içinde Akdeniz'deki sardalya üretimi azalmıştır. Tatlısu akış rejiminin baraj yapımı ile değiştirilmesiyle yeraltı akiferlerinde su seviyesinin düşmesi sonucunda deniz suyu akiferlere dolmaktadır. Mississippi Nehri deltasının bozulmasıyla 1989 yılında balıkçılıkdaki verim azalmasının zararı 264 milyon Amerikan Dolarıdır.

• **İklimsel değişimleri Önler:** Karalarda üretilen karbonun %40 sulakalanlarda tutulur. Sulakalanların yok edilmesi atmosfere aşırı miktarda CO2 verilmesine neden olmaktadır. CO2'nin küresel ısınmaya katkısının en az % 60 olduğu düşünülürse sulakalanların bozulmasıyla açığa çıkan gaz miktarı küresel ısınmayı artırmaktadır. Küresel ısınmanın bütün etkilerinin önümüzdeki 100 yıl içinde daha çok yaşanacağı düşünüldüğünde, kıyısız sulakalanların deniz seviyesindeki yükselmelere ve artan büyük dalgalara karşı engelleyici görevleri daha önemli olacaktır. Küresel ısınmayla dünyanın bazı bölgelerinde artan ve daha da artacak olan yağmur

sularının tutulmasında önemleri artarken, kuraklaşan bölgelerde ise sulakalanlar akiferleri besleme ve buharlaşmayı azaltma özellikleriyle suyun korunmasında çok önemli olacaklardır.

• **Su Kalitesinin iyileştirilmesi:**

Sulakalan toprağı ve bitkileri suda bulunan aşırı azot ve fosfordan ve hatta toksik kimyasal maddelerden arındırılmasında çok önemli rol oynarlar. Özellikle azot ve fosforun uzaklaştırılması ötrofikasyonun önlenmesinde çok önemlidir. Florida sulakalanlarında, evsel atıksularla gelen fosforun % 97'i ve azotun % 98'i sulakalanlarda uzaklaştırılır. Sulakalan bitkileri, tarımda kullanılan çeşitli pestisid ve herbisid ile endüstride ve madencilikte kullanılan zehirli kimyasalları tutarlar ve kimyasalların sudaki yoğunluklarını azaltırlar. Doğal sulakalanların bu amaç için kullanımı, sahip oldukları diğer ekolojik ve ekonomik faydaların ödüreceğinde atıksu arıtımı amaçlı için yapay sulakalanlar dünyanın bir çok ülkesinde yapılmakta ve etkin olarak kullanılmaktadır. Örneğin New York şehrinin atıksularının yapay sulakalanlarda temizlenmenin maliyeti 1.5 milyar Amerikan Doları iken, aynı işlemin geleneksel arıtma tesisleriyle yapıldığındaki maliyeti 3-8 milyar Amerikan Dolara çıkmakta ve böyle bir işletiminde yıllık işletim gideri ise 700 milyon Amerikan Dolarıdır. Özellikle ülkemiz gibi sıcak ılıman iklim kuşağındaki ülkeler için sulakalan bitkilerinin bu işlevi yapay sulakalanlarda kullanılarak ucuz arıtım yapılması önümüzdeki yıllarda vazgeçilmez olacaktır.

• **Biyoçeşitlilik rezervi:** Tatlısu sulakalanları dünyada var olan türlerin % 40'na ev sahipliği yapmaktadır. Sulakalanlar tek tek barındırdıkları endemik (sadece söz konusu ekosistemde bulunan türler) tür sayılarıyla çok önemlidirler. Örneğin Tanganyika Gölü (Afrika) barındırdığı 1470 hayvan türünün 632 tanesi endemiktir ve yine Amazon Nehir sisteminde 1800 endemik tür yaşamaktadır. Mercan kayalıkları denizsel sulakalanlar olarak denizlerin sadece % 0.2'sini kapladıkları halde tüm deniz türlerinin % 25'ine ev sahipliği yaparlar. Örneğin Avusturalya'daki Büyük Bariyer Mercan Kayalıkları 1500 balık ve 4000 kabuklu türünü barındırmaktadır. Sulakalanların biyoçeşitliliği gen kaynakları olarak da çok önemlidir. Örneğin pirinç yaygın bir sulakalan bitkisidir ve dünya nüfusunun yarısının vazgeçilemez besinidir. Ticari olarak üretilen pirinç çeşitlerinin zararlı böceklere ve hastalıklara karşı dayanma ömrü 5-10 yıldır. Sulakalanlarda bulunan doğal pirinç türlerinin korunması pirinç üretiminin geleceği açısından çok önemlidir. Sulakalan kaynaklarından balık dünyada 1 milyar insanın protein ihtiyacını karşılar ve tüketilen bu balık miktarının büyük bir kısmı kıyısız sulakalanlarda elde edilmektedir. Örneğin Avusturalya'da Moreton Körfezi'nin yakalanan balık miktarı açısından ekonomik değeri 4859 Amerikan Dolar/hektar olarak belirlenmiştir. Sulakalan

türlerinin tedavi amaçlı olarak tıpta kullanımı çok yaygındır. Tedavi amaçlı olarak 20000'den fazla bitki türü kullanılmakta ve bu türlerin büyük bir çoğunluğu sulakalan bitkileridir. Amfibiyanlar (çift yaşamlılar) sulakalan hayvan türleri içinde en fazla nesli tehlike de olan türlerdendir ve yeni yapılan araştırmalar kurbağaların derilerinde bulunan bazı kimyasalların antibiyotik, fungusid ve antiviral özellikleri olduğunu göstermektedir. Yine bir çok sulakalan bitki ve hayvan türü kozmetik sanayinin vazgeçilmez hammaddesidir. Ayrıca sulakalanların tür zenginliğinin tartışmasız diğer bir önemi ise estetik değeridir.

• **Rekrasyon/Turizm:** Sulakalanların doğal güzellikleri ve barındırdıkları tür çeşitliliğinin zenginliğinden dolayı turizm açısından önemli alanlardır. Olta balıkçılığı, dalma, kürekçilik, kuş gözleme gibi rekrasyon aktiviteleri için milyonlarca insan milyonlarca dolar harcamaktadır. Örneğin, Avustralya'daki Büyük Bariyer Mercan Kayalıkları'nı her yıl ortalama 1.6 milyon kişi ziyaret etmekte ve bu turizmden elde edilen gelir 1997 yılı için 540 milyon Amerikan Doları olarak hesaplanmıştır. Kuzey Amerika'da 60 milyon kişi sulakalanları sadece amatör olarak kuş gözlemek için gitmektedir. Ayrıca sulakalanlar halkın bilinçlendirilmesi ve özellikle okul çocuklarının doğa ve ekoloji konularında bilgilendirilmelerinde ideal yerlerdir ve batıda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Sulakalanların yukarıda listelenen önemlerine çok sayıda yenileri (arkolojik, antropolojik tarihsel ve dinsel gibi) eklenebilir.

Sulakalan Ekosistemlerini Tehdit Eden Unsurlar

Sulakalanları tehdit eden insan aktiviteleri kaynaklı değişiklikler sırasıyla şöyledir:

• **Kurutma, dip çamuru kazınması ve doldurma:** Ülkemizde ve dünyada en önemli sulakalan kaybı tarım ve yerleşim amaçlı doğrudan kurutma sonucudur. Sulakalanlar özellikle 1950'li yıllardan itibaren tarım arazisi açmak için yoğun olarak kurutulmuştur. Ülkemizde 20 yy. boyunca özellikle 1960'tan sonra, 1.300.000 ha sulakalan taşkın koruma ve doğrudan kurutmaya geridönüşü olmayacak şekilde kurutulduğu Doğal Hayatı Koruma Derneği'nce belirtilmektedir. Fakat DSİ ve Çevre Bakanlığı istatistikleri bu rakamın çok daha az 200.000-300.000 ha. olduğunu belirtmektedirler. Ülkemizde, RAMSAR kriterlerine uyan çok sayıda göl (Avlan, Amik, Hamam, Gavur, Suğla, Kestel, Simav Gölleri gibi), sulakalan, nehir taşkın alanı doğrudan kurutma ile geri dönüşü olmayacak şekilde yok edilmiştir. Sulakalanlar ayrıca doldurularak yok edilmektedir.

• **Hidrolojinin değiştirilmesi:** Sulakalanların doğal hidrolojileri özellikle taşkın koruma amaçlı

seddeleme çalışmaları ile değiştirilmektedir. Ayrıca işme, kullanma ve sulama suyu temini amaçlı aşırı su alınması, sulakalanı besleyen suların barajlarla tutulması veya yönlerinin değiştirilmesi gibi etkiler sulakalanların doğal su rejimini bozan en önemli tehditlerdir. Ülkemizde sulakalanları günümüzde de tehdit eden en önemli unsur doğal hidrolojinin değiştirilmesidir. Örneğin Beyşehir Gölü'nden sulama amaçlı aşırı su çekilmesi kurak koşullarla birleşince göl su seviyesinde 4 m düşüş yaşanmasına neden olmuş ve balıkçılık ve yaban hayatını bu durumdan ciddi zarar görmüştür. Yine Ereğli Sazlıkları'nı besleyen İvriz Çayı ve Karaman Deresi sularının tamamının barajlarda tutulması sonucunda, Akgöl tamamen kurumuş, göl çevresindeki sazlıklar ve çayırar kurumaya başlamıştır. Ereğli Sazlıkları bölgedeki artılmamış evsel ve sanayi atıksuyu depolamasına dönüştürülerek ölmeye terk edilmiştir. Akarsuların üzerinde baraj kurulması ya da suların yönlerinin değiştirilmesi, bu akarsuların aşağı havzalarında yer alan sulakalanlar üzerinde olumsuz etkileri vardır. Örneğin, Konya'nın doğusunda 20.000 ha Arapçayırı ve 10.000 ha Yarma Bataklığı'nın yok olması, tümüyle yüzlerce kilometre ötede gerçekleşen projelerin dolaylı sonuçlarıdır.

• **Su Kirliliği:** Sulakalanlar için diğer bir tehdit ise sanayi, tarım ve yerleşim alanlarının arıtılmamış atıksularının depolama yerleri olarak kullanılması. Tarımdan dönen sulama suyu ile birlikte aşırı miktarlarda azot, fosfor, zirai mücadele ilaçları sulakalanlara verilerek bu ekosistemlerin ötrofikleşmesine neden olmaktadır. Sulakalanların ötrofikleşmesiyle biyolojik çeşitlilikleride azalmakta ve bir çok sulakalanda zaman zaman toplu balık ölüm kayıtları yaşanmaktadır. Ülkemizde Kuş Gölü, Ulubat Gölü, Meriç Deltası, Ereğli Sazlıkları özellikle kirlenmeden en çok etkilenen sulakalanlardandır. Metal ve organik toksik maddelerin sulakalanlara aşırı miktarlarda verilmesi sulakalan bitkilerini öldürerek, bitkilere bağlı diğer canlılarında yok olmasına neden olmaktadır.

• **Turizm ve ikinci konut amaçlı yapılaşma:** Bu tehdit özellikle ülkemizde deniz kıyılarında yer alan sulakalanlar için önemlidir. Örneğin, Kızılırmak Deltası'ndaki Galerîç Ormanı ülkemizin nadir su basar ormanlarından biridir. Ancak bu su basar ormanda yapılaşmaya açılarak ikincil konutlar yapılmaktadır. Turizm amaçlı olarak açılan Bodrum Havaalanı da Güllük Sazlığı'nın üzerine inşa edilmiştir.

• **Yabancı tür aşılınması:** Yabancı tür aşılınmasında çeşitli balık türlerinin aşılınması en sık yapılan uygulamalardır. Sadece ekonomik amaçlarla yola çıkılarak ve sulakalanın ekolojisi ve doğal balık türlerinin biyolojisi ve ekolojisi incelenmeden yapıldığından geri dönüşü zor kayıplar dünyanın bir çok bölgesinde yaşanmaktadır. Viktorya Gölü'ne Nil levreği aşılınmasıyla 400 kadar

endemik türün yok olması üzerinde en çok çalışılan ve bilinen örnektir. Ülkemizde ise Eğirdir ve Beyşehir Göllerinde sudak (*Stizostedion lucioperca*) aşılmasıyla 11 balık türü Eğirdir Gölü'nde, 14 balık türü ise Beyşehir Gölü'nde yok olmuştur. Her iki gölde de balık üretimi çok düşük seviyelere düşmüştür.

Ayrıca yol yapımı sulakalanların su rejimini değiştirirerek ve sediman birikimini artırarak zarar verirken, yol yapımı için doğrudan sulakalanlar yok edilmektedir. Yüzey madenciliği sulakalanlara doğrudan zarar veren uğraşlar arasındadır. Kum, çakıl, fosfor, turba ve kömür çıkartılması en yaygın uğraşlardandır. Sulakalan hidrolojine zarar veren diğer bir uğraş ise yoğun olarak kuyu suyu çıkartılmasıyla sulakalan su seviyesinde aşırı düşüşlerin sonucu oluşan tahrirlerdir. Ülkemizde, sazlıkların yakılması, tahribi, kontrolsüz saz kesimi, yanlış ve aşırı avlanma sulakalanları tahrip eden önemli etmenlerdendir.

Türkiye'nin Sulakalanları

Türkiye, sulakalanlar bakımından Avrupa ve Ortadoğunun en zengin sulakalanlarına sahiptir. Ülkemizde toplam yüzölçümü 1,240 milyon hektar olan 250 civarında sulakalan mevcuttur. Bugüne kadar yapılan çalışmalar sonucunda ülkemizde uluslararası ölçütlere göre 81 sulakalanın uluslararası öneme sahip olduğu belirlenmiştir. Bunlardan 18'i "A" sınıfı (sulakalan bir defada 25.000'in üzerinde sokuşu barındırması) sulakalandır (Manyas, Seyfe, Ulubat, Eber, Tuz, Işıkli, Beyşehir, Eğirdir ve Akşehir Gölleri; Göksu, Meriç, Büyük Menderes, Seyhan ve Ceyhan ile Kızılırmak Deltaları; Sultan ve Ereğli Sazlıkları; Çamaltı Tuzlası). Bu 18 "A" sınıfı sulakalandan 9 tanesi RAMSAR alanıdır (Manyas, Ulubat, Seyfe ve Burdur Gölleri, Kızılırmak, Göksu ve Gediz Deltaları ile Akyatan Lagünü). Ancak ülkemizde sulakalan konusundaki çalışmalar yetersiz olduğundan bir çok sulakalanın gerçek ekolojik değerlerine ait verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılacak yeni çalışmalar ile bu sayıların artması beklenbilir.

Türkiye'de sulakalanlar, üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizin sahip olduğu değişik iklim, topoğrafya, yükselti, toprak yapısı ve geçirgenliğine bağlı olarak farklı özellikler gösterirler. Ülkemizde sulakalanları sahile yakın ve Anadolu Yaylasındaki sulakalanlar olmak üzere iki gruba ayırabiliriz. Bu iki grup iklim koşulları açısından çok farklılık gösterir. Sahile yakın sulakalanlar; yıl boyu su varlığı, bitki ve besin maddesi zenginliği ve uygun iklim koşullarından dolayı su kuşlarının barınma, beslenme ve korunması için çok uygundur. Özellikle Anadolu Yaylasındaki göllerin donmasından dolayı burada kışlayan kuşlar kıyılardaki sulakalanlarda barınmaktadır.

Türkiye'deki sulakalanların uluslararası önemi ülkemizin coğrafi konumundan kaynaklanmaktadır.



Batı Palearktık Bölgesindeki kuş göç yollarından en önemli ikisi Türkiye üzerinden geçmektedir.

- **Kuzeydoğu-Güney Göç Rotası (Çoruh Vadisi):** Doğu Karadeniz Bölgesinden sonbahar göçleri sırasında 200.000'den fazla yırtıcı kuş, Çoruh Nehri üzerinden Doğu Anadolu'ya yayılırlar. Bu bölgedeki en büyük yırtıcı kuş göç hareketidir.

- **Kuzeybatı-Güney Göç Rotası (Boğaziçi):** Bu rotadan sonbaharda 250.000 leylek, 50.000 yırtıcı kuş Anadolu'ya yayılır. Ayrıca çok sayıda ördek, kaz, kuğu, kırlangıç ve bazı ötücü kuşlar bu göçle Anadolu'ya ulaşırlar. Ülkemizdeki sulakalanlar kuşların bu büyük göçleri sırasında yoğun olarak kullanılmalarıyla çok önemlidirler.

Sulakalanların korumasına ve sınıflandırılmasına yönelik uluslararası bir çok sözleşme (RAMSAR, BONN gibi) sokuşlarını temel alarak yapılmaktadır. Sokuşlarının tür ve sayısına, nesli tehlike altında bulunan türlerin varlığı gibi kriterler kullanılmaktadır. Fakat sadece sokuşları açısından sulakalanların öneminin belirlenmesi bu ekosistemlerin yukarıda belirtilen önem ve görevleri düşünüldüğünde yetersiz kalmaktadır. Ülkemizdeki sulakalanların sokuşları dışında önemini belirleyen çalışmalar olmadığı için sulakalanlarımızın önemi sadece sokuşları açısından değerlendirilmiştir.

Ülkemizdeki sulakalanları tehdit eden unsurlar yukarıda tartışılmıştır.

Dünya'nın ve ülkemizin çevre sorunları açısından dönüm noktası yaşadığı son yıllarda insanoğlu aç gözlülüğünden sıyrılıp modernleşme ve endüstrileşme adına doğayla kopardığı bağlarını tekrar kurabileceğini umut edelim! ⁴

KAYNAKÇA:

- <http://ramsar.org>
- Mitsch, J. W. ve Gosselink, J.G. 1993. *Wetlands*. 2. baskı, John-Wiley & Sons, p:722
- RAMSAR, 2001. *Wetland Values and Functions*.
- Yazar, M. ve Magnin, G. 1997. *Türkiye'nin Önemli Kuş Alanları*. DHKD, sayfa:313
- Erdem, O. 1995. *Türkiye'nin Kuş Cennetleri*. Çevre Bakanlığı, Çevre Koruma Genel Müdürlüğü, sayfa:113.

GÖL KİRLENMESİ

Filiz Türkseven
Ziraat Yüksek Mühendisi

KHGM Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü

Göl Ortamındaki Fizikokimyasal Olaylar

Göllerin yakın çevresinde insan faaliyetlerinin kontrolsüz artması sonucunda 'göl kirlenmesi' gerçekleşebilmektedir. Bir gölün kirlenmesi, gölün drenaj alanında yaşayan nüfus yoğunluğuna, drenaj alanının göl alanına oranına ve gölün ortalama derinliğine bağlıdır.

Bir gölün potansiyel kirlilik yükü şöyle ifade edilir;

$$Y = (\text{kişi sayısı} / \text{drenaj alanı}) \times (\text{drenaj alanı} / \text{göl alanı}) \times (1 / \text{göl derinliği}) \times (\text{atık üretimi} / \text{kişi sayısı}) \times (1 - n)$$

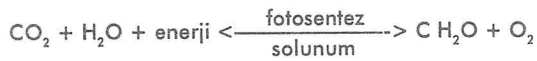
Y= atık miktarı olup brim zamandaki hacim olarak ifade edilir.

n= koruma tedbirleridir (atık devri, geri devir vs.)

Göl kirlenmesinde temel taşınım yolları akarsular, atmosfer ve eğer varsa direkt şarj sistemleridir. Akarsuların partikül yükü çözünmüş yükün yaklaşık 3-5 katıdır. Gölün drenaj alanındaki kayaç tipi, göl suyunun inorganik bileşimini belirleyen en önemli etkidir.

Organizmalar, abiyotik çevre ile sürekli ilişki içindedir. Biyosfer kimyasal değişimlere karşı çok hassastır. Göl ortamında yaşam güneş enerjisi ile sürmektedir. Güneş enerjisinin çok az bir kısmı alg fotosentezinde kullanılır ve organik madde olarak depolanır.

Dengeli bir göl sisteminde fotosentetik faaliyetler ve heteretrof organizmalar arasında, organik maddenin üretim ve tüketimi ile oksijen üretim ve tüketimi yönünden karşılıklı bir ilişki sürdürülür.



Fotosentez ve solunum arasındaki denge, göl sularının redoks durumunu düzenler. Su ortamında C,N,O,S,H,Fe,Mn gibi bazı elementler redoks

proseslerinde yer almaktadır. Fotosentetik olmayan organizmalar fotosentezin dengesiz ürünlerini ayrıştırarak dengenin kurulması yönünde davranırken, metabolik ihtiyaçları içinde enerji sağlarlar. Doğal sularda redoks reaksiyonları termodinamik koşullara göre gerçekleşir. Bir gölde fotosentezin organik ürünleri dibe çökerek indirgen (elektron verici) olarak davranır.

Göllerin Sınıflandırılması

Göller kirlenme durumlarına göre üç grupta incelemek mümkündür.

Oligotrofik Göller: Besin tuzları açısından fazla zengin değildir. Normal olarak derin, hipolimnionu geniş ve üretimi azdır. Oksijen tüm derinliklerde ve yıl boyunca vardır. Alg patlaması pek olmaz buna karşın alglerin tür sayısı çok olabilir. Görünümü berrak ve mavidir.

Mezotrofik Göller: Oligotrofik ve ötrofik göller arasında geçişi oluştururlar.

Ötrofik Göller: Besin tuzları yönünden çok zengindir. Askıda ve dipte çok miktarda organik madde vardır. Üretim çok, hipolimnionda çözünmüş oksijen bazı dönemlerde hiç yoktur. Göl çevresinde yosun ve bitki üretimi vardır. Alg patlaması olabilir.

Ötrofikasyon

Ötrofikasyon, su ortamında (özellikle göllerde) besin zenginleşmesi ve sonuçta aşırı miktarda organik madde üretim süreci için kullanılan bir terimdir. Ötrofikasyon doğal olarak devam eden bir süreç olmakla beraber, antropojenik etkilerle hızı artar. Böylece ötrofikasyon, yağmur suyu, kullanılmayan arazilerden gelen yüzey suları, kayaların aşınması ve bitki polenleri gibi nedenlerle oluşuyorsa 'doğal ötrofikasyon' dan söz edilebilir. Ancak çoğunlukla, insan aktiviteleri sonucu, örneğin arazi kullanımı, kanalizasyon, endüstriyel atık suların göl ve akarsu ortamına ulaşması gibi nedenlerle yapay olarak oluşabilmektedir.

Bir su kütleinin ötrofikasyonu, halk tarafından, aşırı alg büyümesi gözlenerek ve dolayısıyla kullanımının uygunsuz hale gelmesi sonucu belirlenebilir. Gerçekte olay çok daha karmaşıktır. Genellikle bir su kütleinin ötrofikasyonunda aşağıdaki olaylar gözlenebilir.

1. Su organizmaları ve bitki kütleindeki artış (bu olay çoğunlukla tür sayısında azalmayıda beraberinde getirir, sadece dayanıklı türler kalır)
2. Organizma tipinde değişim. Örneğin, yeşil alge ilaveten, mavi-yeşil alg üretmesi ve salmon, alabalık ve som gibi balıklarının yerine daha kaba ve dayanıklı balık türlerinin çoğalması.
3. Suyun ışık geçirgenliğinin azalması ve renk artışı.

4. Göl derinliği boyunca oksijen gradyanı aluşumu ve günlük oksijen derişimi ölçümlerinde max ve min değerler gözlenmesi.

5. Tabakalaşmanın olduğu dönemlerde derin bölgelerde oksijen derişiminin azalması.

6. Çözünmüş azot ve fosfor derişiminde artış.

Besin girdisi devam ettikçe yukarıda sıralanan değişikliklerin yoğunluğu artar ve sonuçta alg patlaması ile birlikte su estetik ve kullanım açısından uygunsuz hale gelir ve kimyasal değişikliklerde meydana gelir. Derinlerde çözünmüş oksijen yoksunluğu nedeniyle Fe ve Mn bileşikleri çözünerek suya geçer. Dibe çöken organik maddeler (ölü algler vb.) dipte ayrışarak H₂S gibi kötü kokulu gazların oluşumuna neden olur. Metan ve karbondioksit gibi gazlarında çıkışıyla su kalitesinin bozulması ile sonuçlanan olaylar gerçekleşir.

Gölün derin ve soğuk sularında yaşayan balıklar(alabalık ve beyaz balık gibi) hassas türler yok olur. Sığ sularda tutunmuş bitkiler büyümeye başlar, yüzen bitkiler gelişebilir. Göl kıyısındaki bitkiler silt ve bitki artıklarını çöktürerek sineklerin beslenip yumurtalarını bırakabilecekleri uygun ortamlar yaratırlar. Su birikintilerinin besin tutma özelliği tüm bu değişikliklerin gerçekleşmesinde önemli rol oynamaktadır.

Fosfor gölün derin kısımlarına biyojenik olarak geldiğinde, fosfor original haline yükseltgenir. Her bir P atomu için stokiometrik olarak 276 oksijen atomuna ihtiyaç vardır. Eğer göle giren fosfor atarsa, derinlerde bir oksijen kullanımı artışı oluşur. Bir gölde tolere edilebilecek fosfor yükü hipolimnetik oksijen tüketimine bağıdır. Fosfor tarımda, endüstride ve evsel atıkların içerdiği detarjan ve yüzey aktif maddelerin yapımında kullanımıyla akuatik sistemlerde son 30 yılda eksponensiyel bir artış göstermiştir. Fosforun karadan denize doğru akışındaki artış, nehir ve göllerdeki fosfor derişiminin artmasıyla sonuçlanmıştır.

Fosfatın sedimentteki ve sudaki dağılımı göldeki biyolojik üretim ile yakından ilişkili olup bu ilişki aşğıdaki gibidir. Çünkü katı fazın çözünürlüğu bazı fizikokimyasal olaylara bağıdır.

Sıvı Fazdaki Fosfor = Katı Fazdaki Fosfor
(Toplamın küçük bir kısmı) (Toplamın büyük bir kısmı)

Göllerin Yaşlanması

Göller sürekli besin tuzları aldıkları için, üretkenlikleri artar ve su kaliteleri bozulur. Sedimentasyon arttığında ötrofikasyonda artar, göl gittikçe sığlaşır ve sonuçta yok olur. Bu şekilde ötrofikasyonun hızlanması olayına 'göllerin yaşlanması' denir.

Bu olayın insanların araya girmesiyle ekolojik arđıştırma yoluyla artması nasıl olmaktadır? Bir göldeki ötrofikasyonla beraber olan değişimler, doğal

arđıştırma ile beraber olanlara paralel değildir. Bir göldeki gelişme, besin tuzu sıfır olduğu durumda oligotrofi yönünde olacaktır. Buna göre doğal ekolojik arđıştırma içinde ötrofik kademenin oligotrofik kademedden önce gelmesi gerekmektedir. Antropojenik etkiler bu sırayı tersine çevirmiştir.

Böylece kirlenme sonucunda, oligotrofik durumdan ötrofik duruma geçişte, kirlenme ve yağmur ile topraktan sürüklenme sonucu ortama gelen besin tuzları, ortamda düşük cins ve türlerin gelişmesine ve tür çeşitliliğinin azalmasına neden olmaktadır. Bir başka deyişle, besin tuzlarının ötrofik bir göle akımı, gölü düşük bir gelişmişlik durumunda tutmaktadır.



Bu bilgiler ışığında ülkemiz açısından bir değerlendirme yapılırsa, göllerimiz çoğunlukla tarımsal, kentsel ve endüstriyel atıkların tehdidi altındadır. Atıklar akarsularca veya direkt şarjlarla göl alanlarına ulaşmaktadır. Ancak çoğu gölümüz yöre için içme ve kullanma amaçlı su kaynağı olduğu gibi doğal hayatın sürdürülebilirliği ve pek çok canlı türünün barınağıdır. Göllerden üretilen sazlar kağıt endüstrisinde önemli bir kalemdir ve dolaylıda olsa ormanları sigortalamaktadır. Bunların yanında estetik ve turizm açısından da değerlidirler. Çoğu sulak alan gibi göllerde taşkın ve sellerin sigortasıdır. Protein açığı olan ülkemizde tatlı su ürünlerinin ve balıkçılığının önemi kaçınılmazdır. Pek çok tıbbi bitki ve salgınin göl ekosistemlerinden sağlandığı ve yörenin iklimini yumuşattığı ve klimatolojik şokları elemine ettiği düşünülürse kirlenmeye terk edilmeyecek kadar her ferdin gündelik yaşamını direkt olarak ilgilendirmektedir. ⁴

KAYNAKÇA

1. Monitoring Water Quality. Wolunteer Lake Monitoring: A methods Manual EPA U.S. Environmental Protection Agency. Washigton, D.C USA.
2. Wtershed Protection: Clean Lakes Case Study. EPA U.S. Environmental Protection Agency. Washigton, D.C USA.
3. HAKTANIR, K. ARCAK, S. Çevre Kirliliği. Ders Kitabı. AÜZFY. Yayın no:1503. Ders Kitabı:457. 1998. ANKARA.
4. KİŞLALIOĞLU, M. BERKES F. Ekoloji ve Çevre Bilimleri. Türkiye Çevre Sorunları Vakfı.
5. Issues in Ecology: Ecosystem Servises:Benefits Supplied to hUman Societies by Natural Ecosystems. Published by the Ecological Society Of America. Number 2 Spring 1997.

TÜRKİYE AÇISINDAN SINIR-AŞAN SULAR

Prof. Dr. Ünal ÖZİŞ
Doç. Dr. Türkay BARAN
İnş. Yük. Müh. Yalçın ÖZDEMİR
İnş. Yük. Müh. Okan FISTIKOĞLU
Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü

1. Giriş

Yeryüzünde pek çok akarsu, bir ülkede doğduktan sonra başka bir ülkeye/ülkelere geçmekte ve "sınır-aşan su" niteliğini taşımakta, bazıları yer yer iki ülke arasındaki sınır boyunca da akarak "sınır-oluşturan su" işlevini görmektedir. Yeryüzünde sınır-aşan akarsu havzalarının sayısı 200'ün üzerinde olup, kıta alanlarının yarıya yakın kısmını kaplamaktadır [Biswas 1994]; bu havzaların birçoğundan yararlanma amacıyla, çeşitli ülkeler arasında yapılmış 300 civarında anlaşma bulunmaktadır.

Akarsuyun bir bölümünün, kentsel veya sınıai ihtiyaçların karşılanması, özellikle de sulama amacıyla çevrilmesi, aşağı-kıyıdaş kesimler açısından suyun niceliğinde önemli eksilmelere yol açacağından, kıyıdaş ülkeler arasındaki sorunlar büyük boyutlar kazanmaktadır.

Ancak, enerji barajı haznelerinin akışların düzenlenmesindeki, rüsubatın tutulmasındaki, taşkınların kontrolündeki büyük katkısından aşağı-kıyıdaş ülkeler de önemli yararlar sağladığından, enerji amaçlı tesislerle ilgili anlaşmazlıkların çözümü daha kolay olabilmektedir.

Her baraj haznesi doğal koşullara kıyasla ek bir buharlaşma kaybı yaratacağından, bazı çevrelerce tartışılrsa da, su kaynağından etkin biçimde yararlanmanın ancak baraj haznelerindeki düzenlemeyle sağlanabileceği unutulmamalı, söz konusu buharlaşma kaybı bir tür işletme masrafı niteliğinde görülmelidir.

2. Uluslararası Su Hukuku

Sınır-aşan akarsuların geliştirilmesi hususunda, uluslararası hukuk açısından dört yaklaşım söz konusu olmuştur: (a) bir ülkenin kendi topraklarından kaynaklanan suları dilediği gibi kullanabileceği esasına dayanan "mutlak egemenlik" görüşü; (b) bir ülkede akan suların, o ülke toprağının ayrılmaz

bir parçası olduğu ve mabadaki ülkelerin bu suyun doğal nicelik ve niteliğini değiştirme hakkı olmadığı esasına dayanan "alansal bütünlük" görüşü; (c) mansap ülkelere belirgin zarar vermemek üzere, akarsuyun her bir ülkedeki yağış alanı, sağladığı debi, geçmiş ve mevcut kullanımı, gelişme ihtiyacı, sosyal ve ekonomik koşullar, su tasarrufu, diğer seçenekler, dengeleme olanakları gibi bir dizi etkenin dikkate alınarak su tahsisini öngören, diğer ülkelere önemli zarar vermeden "hakça ve makul yararlanma" görüşü; (d) ülkeler arasındaki sınırları gözetmeden, bir akarsudan "havza bütününde en iyi yararlanma" görüşü [Öziş 1994a,b,c; 1997a,b,c; Öziş, Türkman v.d. 1999, 2000].

Uzun yıllar iki zıt görüş, "mutlak egemenlik" ve "alansal bütünlük" çatışmıştır. Uzlaştırıcı öneri olarak Uluslararası Hukuk Derneği'nin (ILA) 1966 Helsinki kurallarıyla "hakça ve makul kullanım" ve "başkalarına önemli zarar vermeme" esasları tavsiye edilmiş; Birleşmiş Milletler Uluslararası Hukuk Komisyonu'nun (UN-ILC) 1970'lerde başlattığı çalışmalar sonucunda bu ilkelere dayanan bir taslak [Dışişleri Bakanlığı 1996], yıllar süren tartışmalardan sonra 1997'de genel kurulda oylanarak kabul edilmiştir.

1992'de Rio de Janeiro'da toplanan UNCED - Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansının "Gündem 21" deklarasyonu ile uluslararası önemi vurgulanan "sürdürülebilir kalkınma" esasının yaygınlaşması, 1996'da Marsiya'da kuruluşu açıklanan "World Water Council - Dünya Su Konseyi", aynı yıl Stockholm Su Sempozyumunda kurulan "Global Water Partnership - Küresel Su Ortaklığı" gibi kuruluşların da etkisiyle, sınır-aşan suları uluslararası tartışma konusu yapma eğilimi gözlenmektedir.

Birleşmiş Milletlerin, sınır-aşan veya sınır-oluşturan suları "uluslararası akarsu sistemleri" olarak tanımlayarak, kıyıdaş ülkelerin ötesinde, bu tür ülkelerle ekonomik anlaşmaları olan ülkelere de görüşmelere katılma kapısını aralayan, bu suların "hakça" (equitable) ve "makul" (reasonable) biçimde kullanılması ve "önemli zarara sebebiyet verilmemesi" (not to cause significant harm) esasını benimseyen bu kararında, hakça ve makul kullanım için yapılacak tahsislerin belirlenmesinde dikkate alınacak kriterler: (a) coğrafi, hidrografik, hidrolojik, iklimsel, ekolojik ve diğer doğal etkenler; (b) kıyıdaş ülkelerin sosyal ve ekonomik ihtiyaçları; (c) kıyıdaş ülkelerin her birinde bu akarsuya bağımlı nüfus; (d) bir ülkedeki kullanımların diğer ülkelere etkileri; (e) suyun mevcut ve tasarlanan kullanımları; (f) su kaynağının korunması, geliştirilmesi ve kullanımının ekonomisi ile bu doğrultuda yapılacak masraflar; (g) mevcut veya tasarlanmış belli bir kullanım için, aynı değerdeki seçeneklerin varlığı; olarak belirtilmiş; belli süre önceden haber verme ve izin alma gibi kısıtlayıcı bazı hükümler de getirmiştir.

Özellikle teknik çevrelerce önemli bir yaklaşım olarak görülmekte olan, devletler arasındaki sınırları gözetemeden "havza bütününde en iyi yararlanma" görüşü ise bu durumda arka planda kalmıştır. Söz konusu karar tasarısının Birleşmiş Milletlerdeki oylamasında, Türkiye iki ülkeyle (Çin, Fransa) birlikte red, birçok ülke çekimser oy kullanmış, birçok ülke oy kullanmamış, bazı maddeler ise üye devletlerin ancak üçte bir kadarının olumlu oyuyla kabul edilmiştir. Bu tür kararların bağlayıcılığı tartışılrsa da, Türkiye'nin sınır-aşan akarsu havzalarındaki su ve toprak kaynaklarını geliştirme ve yönetme çalışmalarında, gecikmelere ve kısıtlamalara yol açabilecek bir baskı unsuru olarak kullanılabilmesi gözönünde tutulmalıdır [Öziş, Türkman v.d. 1999, 2000].

3. Nüfus ve Su Kaynakları

Dünya akarsularının her yıl yenilenen toplam su potansiyeli günümüzde kişi (N) başına 7.000 m³/N/yıl gibi bir değere karşı gelmekte olup, insan yaşamının sürdürülebilmesi için gerekli asgari suyun 100 m³/N/yıl oluşuna kıyasla çok büyük görünse de, gerek ülkelere göre çok değişken dağılımı, gerekse elverişli iklim ve toprak koşullarına sahip yörelerdeki büyük sulama suyu ihtiyaçları dikkate alındığında, dünyanın özellikle belli bölgelerinde suyun 21. yüzyılın en stratejik maddelerinden biri haline geleceği görülmektedir.

Dünya ülkeleri arasında, 10.000 m³/N/yıl'ın üzerinde potansiyele sahip devletler bulunduğu gibi, daha bugünden 1.000 m³/N/yıl değerinin altına düşmüş pek çok devlet bulunmaktadır. Ancak, bu potansiyelin hesabında, o ülkenin topraklarından kaynaklanan suların yanısıra, yukarı-kıyıdaş ülkelerden geçen suların da dikkate alınması sebebiyle, bu tür istatistikler yanıltıcı olabilmektedir.

Bir örnek olarak Türkiye, Suriye ve Irak ele alınırsa, Türkiye'nin kendi topraklarından kaynaklanan su potansiyeli 185 milyar m³/yıl veya 2.900 m³/N/yıl mertebesindedir. Suriye'nin kendi topraklarından kaynaklanan su potansiyeli 7 milyar m³/yıl veya 500 m³/N/yıl civarında olmasına karşılık, Türkiye'den Fırat ve Afrin, Lübnan'dan Asi havzalarından gelen 30 milyar m³/yıl da eklendiği takdirde, 3.000 m³/N/yıl mertebesini bulmaktadır. Irak'ın kendi topraklarından kaynaklanan su potansiyeli 25 milyar m³/yıl veya 1.400 m³/N/yıl civarında olmasına karşılık, Türkiye'den ve Suriye'den Fırat, Türkiye'den ve İran'dan Dicle havzalarından gelen 70 milyar m³/yıl da eklendiği takdirde, 5.200 m³/N/yıl mertebesini bulmaktadır.

Bu değerlerden hareketle, üç ülkenin kişi başına su potansiyelinin aynı mertebede bulunduğunu iddia etmek, yukarı-kıyıdaş ülkenin kendi topraklarından kaynaklanan suyu aşağı-kıyıdaş ülkenin kullanımına bıraktığı anlamına da gelebileceğinden, hatalı ve sakıncalıdır [Öziş 1997a,b, 2000].

Ayrıca, kişi başına su potansiyeli dünya ortalamasının yarısının altında kalan Türkiye'nin, bazı komşu ülkelere kıyasla su varlığı büyük görünse de, bu potansiyelin gerek ülke içinde alansal, gerekse zamansal dağılımındaki büyük dengesizlikler, Türkiye'nin su kaynaklarının geliştirilmesinde belirli güçlükler ve sınırlamalar da getirmekte; bu potansiyelin ancak üçte ikisi kadarının ekonomik olarak değerlendirilmesi söz konusu olmaktadır.

Türkiye'den boru hatları [Duna 1988; Yavuz 1997; Aydın 1998] veya deniz yoluyla [Cran 1993] su iletimi önerilerinin yanısıra, Atatürk barajından diğer Yakınoğu ülkelerine doğrudan su iletimi konusunda da öneriler yapılmaktadır [Wachtel 1993].

4. Türkiye'nin Sınır-Aşan Suları

4.1. Türkiye Genelinde Durum

Türkiye'nin güneydoğu, doğu ve kuzeybatı kesimlerinde: (a) Fırat-Dicle ve doğrudan sınırı aşan kolları; (b) Asi ırmağı ve Afrin kolu; (c) Aras havzası; Van havzasında Özalp yakınında Kotur kolu; (d) Çoruh ırmağı; (e) Meriç ve kolları; (f) Tekil küçük akarsular; olmak üzere birçok "sınır-aşan" akarsu yer almaktadır [Öziş 1997a,b,c; Avcı, Yanık 1997; Yanık 1997].

Bu havzaların Türkiye'de kapladığı alanlar Fırat-Dicle'de 127.304 + 57.614, Asi'de 7.796, Aras'da 27.548, Kotur'da 832, Çoruh'ta 19.872, Meriç'te 14.560, İstranca uç derelerinde yaklaşık 400 olmak üzere, toplam 256.000 km² mertebesine ulaşmakta, dolayısıyla Türkiye yüzölçümünün yaklaşık üçte birini kaplamaktadır.

Bu havzaların Türkiye'deki ortalama su potansiyelleri ise, Fırat-Dicle'de 31,9 + 24,1; Asi'de 1,3; Aras'ta 3,7; Kotur'da 0,1; Çoruh'ta 6,1; Meriç'te 1,8; tekil küçük akarsularda yaklaşık 0,4 olmak üzere, toplam 70 milyar m³/yıl mertebesine ulaşmakta, dolayısıyla Türkiye'nin ortalama su potansiyelinin üçte birinden bir miktar fazlasına karşı gelmektedir [Baran 1987; Durnabaş 1987; D.S.İ. 1995; Özdemir 1995, 1998; Demirci 1996; Teker 1997; Öziş, Baran v.d. 1997; Sayar 1997; Baran, Sayar, Öziş 1997; Şen 1998; Pancarcı 1998; Kılınç 1998; Öziş, Özdemir v.d. 1998; Çakmakçoğlu 1999; Öziş, Baran, Demirci 1999a,b; Özdemir, Öziş 2000a,b; Öziş, Fıstıkoğlu Çanga 2000a,b].

4.2. Meriç Havzası

Türkiye'den kaynaklanan su potansiyeli Ergene'de 1,2, Tunca'da 0,4, Meriç doğu sahilinde 0,2; Bulgaristan'dan kaynaklanan su potansiyeli Tunca'da 0,6, Meriç ve Arda'da 5,1; Yunanistan'dan kaynaklanan su potansiyeli 0,5; dolayısıyla toplam su potansiyeli 8 milyar m³/yıl civarında olan Meriç havzasında, Türkiye'de 1.200.000 hektar arazi sulanabilir niteliktedir.

Türkiye'nin bu araziye etkin biçimde sulaması, kendi topraklarından kaynaklanan suların azlığı ve alan dağılımının getirdiği kısıtlamalar dolayısıyla, Meriç ana yatağından da su alınmasını gerekli kılmaktadır. Ancak Bulgaristan ve Yunanistan'daki çevirmeler sonucunda, ana yatakta her zaman yeterli su bulunmamaktadır. 1993'te Türkiye bedelini ödeyerek Bulgaristan'dan su almak durumunda kalmıştır.

Türkiye'nin Bulgaristan ve Yunanistan ile hassas ilişkileri, Meriç ve kollarının Bulgaristan için önemi, Arda'dan alınan suların Yunanistan'da kullanım alanları dikkate alındığında, aşağı-kıyıdaş Türkiye'nin Meriç havzasındaki durumu da Bulgaristan ve bir ölçüde Yunanistan ile daha geniş çerçeveli ilişkiler ışığında ele alınacak bir konu niteliğindedir; bu ülke barajlarının düzenleyemediği fazlalık kış akışlarını yatak-dışı haznelere biriktirme yoluna gitmek, ek külfete rağmen, sorunun fiziksel çözümüne bir ölçüde katkıda bulunabilecektir.

4.3. Tekil Küçük Akarsular

Istranca dağlarının kuzeydoğu yamaçlarından Karadeniz'e akan Kocadere/Rezve Türkiye'den doğduktan sonra, Bulgaristan ile sınır oluşturmakta; daha kuzeybatıda ise Türkiye'den doğup Bulgaristan'a geçen Mutlu/Velika deresi yer almaktadır. Türkiye'den kaynaklanan toplam su potansiyeli 0,1 milyar m³/yıl mertebesinde olan bu suların, Kırklareli-İstanbul yöresi su ihtiyacının karşılanmasında rol oynaması söz konusu olabileceğinden, Bulgaristan ile su ilişkilerinde, Meriç'in yanısıra dikkate alınmalarında yarar vardır.

Doğu Karadeniz havzasının doğusunda yer alan Sarp deresi, Türkiye ile Gürcistan arasında sınır oluşturan su niteliğindedir.

Dicle'nin bir kolu olmayan, Yüksekova yakınında Türkiye'den doğan, 0,1 milyar m³/yıl civarında su potansiyeli olan Baradost çayı da İran'a geçmekte ve Urumiye gölüne dökülmektedir.

Fırat'ın bir kolu olmamakla birlikte, Fırat'ın batısındaki sulardan Balık/Kuveyk çayının Türkiye'den kaynaklanan 0,2 milyar m³/yıl civarında bir su potansiyeli olup; bu çayın sularının Halep şehri su ihtiyacının karşılanmasında eşit oranda kullanılması hususunda 1921 yılında bir anlaşma yapılmıştır; ancak günümüzde Halep'e su Tabka barajı haznesinden sağlanmaktadır.

4.4. Çoruh Havzası

Hemen bütünüyle Türkiye'de aktıktan sonra Gürcistan'a geçen, Türkiye'den kaynaklanan su potansiyeli 6,1 milyar m³/yıl mertebesinde olan Çoruh üzerinde, 160.000 hektara yakın arazinin sulanması ve 10 milyar kWh/yıl elektrik enerjisi üretecek tesislerin kurulması öngörülmektedir.

Çoruh'un su potansiyeline kıyasla bu alanın sulanması aşağı-kıyıdaş ülke Gürcistan açısından bir sakınca yaratmayacağı gibi, baraj kademelerinin getireceği düzenlemelerin kurak dönem akışlarını arttırıcı, rüsubat tutucu, taşkın kontrolü sağlayıcı etkileri Gürcistan açısından da çok yararlı niteliktedir.

Gürcistan'daki bazı çevreler ise, baraj göllerinin rüsubatı tutmasıyla, Çoruh deltasının coğrafyasının değişmesinden endişe duymaktadır. Ayrıca, Aşağı Çoruh'a katılan bazı yanderelerde maden işletmelerinin yarattığı kirliliğin, çevreye olumsuz etkilerinin olmaması için gerekli önlemler alınmalıdır.

Çoruh havzasının hemen tamamı Türkiye'de kaldığı, öngörülen sulamaların geniş olmadığı, buna karşılık enerji amaçlı barajların düzenleyici etkisinden Gürcistan da büyük ölçüde yararlanacağından, çevre kirliliği dışında ciddi bir sorunla karşılaşılması beklenmeyen tek sınır-aşan su havzası görünümündedir.

4.5. Aras Havzası

Türkiye'den kaynaklanan su potansiyeli, Kura'da 0,9 , Aras'ta 1,6 , Kars çayında 0,6 , Sarısu'da 0,1 , Kotur'da 0,1 milyar m³/yıl mertebesinde olmak üzere, toplam 3,3 milyar m³/yıl olan Aras havzasında, Türkiye 480.000 hektar arazinin sulanmasını ve 2,3 milyar kWh/yıl enerji üretimini sağlayacak tesisler öngörmektedir. Tüm sulamaların gerçekleştirilmesinden sonra, Türkiye topraklarından kaynaklanan suyun hemen tamamını değerlendirmiş olmaktadır.

Sınır oluşturan kesimde, Türkiye ile SSCB arasında Arpaçay'ın sularının kıyıdaş iki ülke arasında eşit kullanımını öngören 1927 tarihli anlaşmanın doğrultusunda, İğdır ovasını sulayan Serdarabat bağlaması için suları düzenleyecek Arpaçay barajı 1970'li yılların sonlarında inşa edilmiştir.

Aras havzası, su kaynaklarının ötesinde, Gürcistan, Ermenistan, Nahçıvan, İran ve özellikle Azerbaycan ile siyasal ve ekonomik ilişkiler açısından büyük önem taşıyan bir akarsu olup, kullanımına geniş çerçeveli yaklaşımlar etkili olacaktır.

4.6. Ası Havzası

Ası havzasının toplam 2,8 milyar m³/yıl civarındaki su potansiyelinin 0,3 milyar m³/yıl kadarı Lübnan'dan, 1,2 milyar m³/yıl kadarı Suriye'den, 0,2 milyar m³/yıl Afrin'den Suriye'ye geçen sular dahil olmak üzere 1,3 milyar m³/yıl kadarı Türkiye'den kaynaklanmaktadır. Lübnan'da suyun pek az bir bölümünün kullanıldığı; Suriye'nin Ası üzerindeki Ghab sulama projesi ile kurak aylarda Türkiye'ye hemen hiç su bırakmadığı; Afrin kolu üzerinde de benzer projeler geliştirmekte olduğu ifade edilmektedir. Suriye Hatay ilini haritalarında kendi toprağı gibi göstermekte, Ası'yi de kendi akarsuyu gibi kabul etmekte, sularının kullanımını görmeye yanaşmamaktadır.

Su potansiyeli açısından Fırat'tan çok küçük olmakla birlikte, Türkiye'nin aşağı-kıyıdaş konumda olduğu Asi havzasının durumu ilkeler açısından özel önem taşımakta ve Suriye ile su görüşmelerinde tartışılacak birçok yönü bulunmaktadır. Kaldı ki Türkiye Asi havzasında 165.000 hektar arazinin sulanmasını öngörmektedir ve bunun tamamının Türkiye'den kaynaklanan sularla sulanması da pek mümkün değildir.

Elektrik İşleri Etüt İdaresince çalıştırılmakta olan, Asi Türkiye'ye girdikten sonraki Demirköprü (n.1907) ve Afrin Türkiye'ye tekrar girdikten sonraki Müşrifli (n.1906) akım gözlem istasyonlarında elde edilen gözlemler, özellikle eğilim ve sıçrama analizleriyle değerlendirilerek, yukarı-kıyıdaş ülkelerin su kullanımının etkileri nesnel biçimde değerlendirilmelidir.

Türkiye'ye ek külfet yüklenmeden, Türkiye'den Ortadoğu'ya hangi kaynaktan hangi nicelikte suyun hangi koşullarla verilebileceği ele alınırken, Asi havzasının durumu da kesinliğe kavuşturulmalıdır.

4.7. Fırat ve Dicle

Fırat-Dicle havzasının doğal akışları konusunda, Türkiye'den kaynaklanan sular için oldukça kapsamlı gözlemler bulunmakla birlikte, Suriye'den ve Irak'tan kaynaklanan sular için az sayıda bilgi bulunmakta ve akım gözlemlerinin sonuçları genellikle resmen açıklanmamaktadır.

Fırat havzasının su potansiyeli hakkında, çoğunlukla 30 milyar m³/yıl değerinin biraz altında veya birkaç milyar m³/yıl üstünde değişen değerlere rastlanılmaktadır: 29,0 [Shahin 1989], 29,5 [Kolars ve Mitchell 1991], 31,8 [Starr ve Stoll 1987; Beaumont 1992], 32 [Kutan 1996], 35 [Bilen 1996, 1997a, 2000], 35,6 [Akmandor, Pazarıcı, Köni 1994; Dışişleri Bakanlığı 1996], 29,5-35,4 [Öziş 1994a,b,c], 37 [Özdemir 1998; Öziş, Özdemir, v.d. 1998] milyar m³/yıl.

Bu çalışmalarda, Türkiye dışından kaynaklanan akışların 2 ila 5 milyar m³/yıl mertebesinde olduğu ifade edilmektedir: 2,0 [Kolars, Mitchell 1991], 3,2 [Kutan 1996], 3,4 [Bilen 1996, 1997a, 2000], 4,0 [Akmandor, Pazarıcı, Köni 1994; Dışişleri Bakanlığı 1996], 2-5 [Öziş 1994a,b,c; Özdemir 1998; Öziş, Özdemir, v.d. 1998] milyar m³/yıl. Bu değerlerden yalnız en sonuncusunda Irak'tan 1 milyar m³/yıl civarında su geldiği belirtilmiş olup, diğer bütün değerler Suriye'den katılan sular niteliğindedir.

Dicle havzasının toplam su potansiyeli hakkında, çoğunlukla 50 milyar m³/yıl değerinin birkaç milyar m³/yıl altında veya üstünde değişen değerlere rastlanılmaktadır: 42,2 [Starr ve Stoll 1987; Kutan 1996], 48,7 [Shahin 1989; Akmandor, Pazarıcı, Köni 1994; Dışişleri Bakanlığı 1996], 52,7 [Beaumont 1992; Bilen 1996, 1997a, 2000], 47-56 [Öziş 1994a,b], 58 [Özdemir 1998; Öziş, Özdemir, v.d.

1998], 60 [Özdemir 1995; Öziş, Özdemir, Baran 1997] milyar m³/yıl.

Bu çalışmaların bazılarında, Suriye ve Suudi Arabistan'dan kayda değer akış gelmediği, İran'dan kaynaklanan akışların da Irak'tan gelenlerin içinde olduğu düşünülerek, Türkiye dışından kaynaklanan akışlar olarak: 23,2 [Kutan 1996], 23,5 [Akmandor, Pazarıcı, Köni 1994; Dışişleri Bakanlığı 1996], 31,4 [Bilen 1996, 1997a], 26-35 [Öziş 1994a,b,c], 34 [Özdemir 1998; Öziş, Özdemir, v.d. 1998], 37 [Özdemir 1995] milyar m³/yıl gibi değerlere rastlanmaktadır.

Fırat-Dicle'nin, Türkiye'deki akım gözlem istasyonlarının kontrol etmediği kesimlerde belli bir su potansiyelinin varlığı, Suriye ve Irak'taki gözlem sonuçları güvenilir biçimde elde edilemediği, çeşitli yayınlarda çok farklı potansiyel değerlerinden sözedildiği gibi hususlar dikkate alınarak, yazar ve arkadaşlarının son çalışmalarında [Özdemir 1995, 1998; Öziş, Özdemir, Baran 1997; Öziş, Özdemir, v.d. 1998; Özdemir, Öziş 2000a,b] özel bir yaklaşım uygulanmıştır.

Bu çerçevede, Türkiyede bulunan akım gözlem istasyonlarındaki birim akış değerlerinden (l/s/km²) hareketle, bu değerler Fırat ve Dicle'nin çeşitli althavzalarına iklim ve topografya koşullarına göre uyarlanarak, Mezopotamya su potansiyelinin mertebesi kestirilmeğe çalışılmıştır. Bu kestirim sonuçlarının, Fırat-Dicle'nin su potansiyeli için önceki bölümde sözedilen çeşitli yayınlarda yer alan değerlerin üst sınırında bulunduğu görülmektedir.

Fırat-Dicle'nin Basra yakınlarında birleşerek, Şatt-el-arab olarak Körfeze aktığı, dolayısıyla aynı akarsu havzasının iki ana kolu olduğu da dikkate alındığında, Irak'ta su fazlası olan Dicle'den, Suriye'nin öne sürdüğü tüm sulamaları gerçekleştirilmesi halinde Irak'ta su eksiği olacak Fırat'a, mevcut Tartar gölü bağlantıları veya başka biçimde su aktarması kaçınılmaz olacaktır [Beaumont 1992; Bilen 2000; Kolars 1994; Öziş, v.d. 1999a,b; Özdemir 1995, 1998; Özdemir, Öziş 2000a,b].

Bu aktarmaların gerektireceği ek masrafların tartışılmasına girilmesi halinde, Türkiye barajlarının sağladığı ek faydaların da hesaba mutlaka katılması gereklidir. Türkiye'deki baraj hazneleri aşağı-kıyıdaş ülkelere taşkın kontrolü, rüsubat tutulması, düşük akışların artırılması gibi konularda büyük yararlar sağlayacak konumda olduklarından, Türkiye mansap ülkelere belli bir bedel dahi talep edebileceği gibi [Şamiloğlu 1996; Öziş, Şamiloğlu, v.d. 1997]; aşırı kurak yıllarda, Türkiye bazı sulamalarından vazgeçip, ek bedel karşılığında aşağı-kıyıdaş ülkelere su bırakabilir; aşırı sulak yıllarda, G.A.P. santrallerinden mansap ülkelere oldukça ucuz ikincil elektrik enerjisi iletilebilir.

Keban barajının düzenleyici etkisiyle [Çanga 1996] 1974'ten beri Suriye'deki Tabka barajı eteğindeki

santralda güvenilir üretim önemli ölçüde, ortalama 600 milyon kWh/yıl mertebesinde artmış olarak gerçekleşmektedir [Acer 1997].

Türkiye'nin Fırat-Dicle sularının tahsisi konusunda 1980'li yıllardan beri Suriye ve/veya Irak ile yapılan görüşmelerde sunduğu, yekdiğerine açık ortak çalışmalarla, ilk aşamada üç ülkede belli kesimlerdeki su kaynaklarının nicelik ve niteliğinin belirlenmesi, ikinci aşamada sulama ve drenaj açısından toprak kaynaklarının nicelik ve niteliğinin belirlenmesi, üçüncü aşamada elverişli bulunan toprakların eldeki su ile sulanabilmesini sağlayacak tesislerin projelendirilmesi esasına dayanan, "üç aşamalı planlama" [Tekeli 1990; Turan 1993; Dışişleri Bakanlığı 1996], hakça ve makul kullanımın temel felsefesine uygun olduğu gibi, havza bütününde en iyi yararlanma görüşünün de en iyi örneklerinden biri niteliğindedir; ancak yıllardır süregelen Türkiye, Suriye ve Irak arasındaki ikili ve üçlü görüşmeler, Türkiye'nin bütün iyi niyetli yaklaşımlarına rağmen sonuca ulaşmamıştır.

Bu arada yalnızca Temmuz 1987'de Suriye ile Türkiye arasında, dönemin Türkiye Başbakanının ülkenin siyasal istikrarına ve sınır güvenliğine de katkısı olacağı düşüncesiyle yaptığı anlaşmada (Ekonomik İşbirliği Protokolü, Madde 6), Atatürk barajı haznesinin dolması sırasında ve ilgili üç ülke arasında Fırat sularının nihai tahsisine kadar, Türkiye-Suriye sınırında aylık en az 500 m³/s ortalama su bırakılacağı, herhangi bir ayın ortalamasının 500 m³/s'nin altına düşmesi halinde, aradaki farkın ertesi ay telafi edileceği kararlaştırılmıştır. Aynı yıl Suriye ile Irak arasında da, Türkiyeden bırakılan suların % 42'sinin Suriye, % 58'inin Irak tarafından kullanılacağını öngören bir anlaşma yapılmıştır [Beschorner 1992; Gruen 1993].

Bu anlaşmayı öne sürerek, Türkiye'nin nasıl olsa en az 500 m³/s suyu bırakacağı, hatta bunun 700 m³/s olmasının gerektiği gibi istek ve iddialar karşısında, 500 m³/s değerinin "geçici" olduğu, nihai bir tahsis anlaşmasında uzun süre ortalamasının ancak 400-450 m³/s civarında bulunabileceği, olasılık koşullarına bağlı olarak zamanın önemli bir kısmında bunun da altında olabileceği gözden uzak tutulmamalıdır. Akışların yıllara ve mevsimlere göre değişimleri dikkate alınarak, hangi olasılıkla hangi nicelikte su verilebileceği hususunun, matematik modellerle veri üretimi ve olasılık hesaplarına dayanan sistem yaklaşımlarıyla belirlenmesi yerinde olacaktır [Öziş 1997a,b,c; Öziş, Türkman v.d. 1999, 2000].

Nitelik açısından da, Fırat'ta Türkiye'den Suriye'ye geçen suların toplam tuzluluğunun, sulamadan dönen sular karıştıktan sonra bile 700 ppm gibi sakınca yaratmayacak seviyede kalacağı beklenmektedir [Bilen 1994, 1997a,b, 2000].

5. Sonuç

Sınır-aşan akarsu havzaları Türkiye yüzölçümünün üçte birini kaplamakta; Türkiye'nin su potansiyeline katkıları üçte birden de fazla bulunmaktadır. Altı grupta ele alınabilecek bu havzalardan Fırat-Dicle, Aras, Çoruh, tekil küçük akarsularda Türkiye esas itibarıyla yukarı-kıyıdaş ülke konumunda, Asi ve Meriç'te aşağı-kıyıdaş ülke konumundadır.

Türkiye'nin sınır-aşan suları, gerek buldukları bölgede taşıdıkları önem, gerekse gösterdikleri çeşitlilik açısından, fevkalade ilgi çekici, üzerlerinde kamu kuruluşları, bilim ve siyaset mensuplarınca, başka ülkelerdeki durumlara da kıyaslamalar dahil, daha kapsamlı inceleme ve araştırma yapılması gereken akarsu havzalarıdır.

Teşekkür

Yazarlar Türkiye'nin sınır-aşan akarsu havzaları, özellikle Güneydoğu Anadolu Projesi konusundaki çalışmalarında destek ve yardımlarını gördüğü, Dokuz Eylül (DEÜ) ve Ege (EÜ) Üniversiteleri, Devlet Su İşleri (DSİ), Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE), Türkiye Elektrik Kurumu (TEK), Türkiye Elektrik A.Ş. (TEAŞ), Güneydoğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresi (GAP-BKİ), Birleşmiş Milletler çevre Programı (UNEP), Ata İnşaat A.Ş. ilgililerine; bu konudaki çalışmalarını dolayısıyla çoğunun isimleri ilgili yayınlar listesinde de yer alan çalışma arkadaşlarına ve eski öğrencilerine teşekkürlerini sunarlar. ¹

İLGİLİ YAYINLAR

- ACER, A. (1997): "Keban barajı haznesinde Fırat sularının düzenlenmesinin mansap kesimlere yararları", İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidroloji ve Su Yapıları Bilirne Projesi, n.153 (yön.: Ü. Öziş, Y. Özdemir).
- AKMANDOR, N.; PAZARCI, H.; KÖNİ, H. (1994): "Orta Doğu ülkelerinde su sorunu". Ankara, TESAV Toplumsal, Ekonomik, Siyasal Araştırmalar Vakfı, 100 s. + 4 hrt.
- AVCI, İ.; YANIK, B. (1997): "Sınır aşan ve sınır oluşturan su kaynaklarımız: potansiyel, su talepleri ve sorunları. İstanbul, Makina Mühendisleri Odası ve 15 Diğer Meslek Odası, İstanbul Şubeleri, "Su Kongresi ve Sergisi '97, İstanbul", s.7-15.
- AYDIN, A. (1998): "Manavgat su temin projesi. Ankara, "Yapı Dünyası", n.30, s.13-17.
- BARAN, T. (1987): "Türkiyenin Güneyindeki akarsu havzalarının brüt su kuvveti potansiyeli". İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidroloji ve Su Yapıları Yüksek Lisans Tezi, n. 15, (yön.: Ü. Öziş), 255 s.
- BARAN, T.; SAYAR, E.; ÖZİŞ, Ü. (1997): "Asi havzası su potansiyeli. Ankara, O.D.T.Ü.-D.A.Ü.-İ.T.Ü.-B.Ü., "İMG'97 - İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler III. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı", C.3, s.667-678.
- BEAUMONT, P. (1992): "Water - A resource under pressure. London, EC Commission Federal Trust for Education and Research. «The Middle East & Europe: An integrated commission approach» (ed.: G. Nonnenman).
- BESCHORNER, N. (1992): «Water and instability in the Middle-East». London, International Institute of Strategic Affairs, Adelphi paper n. 273.
- BISWAS, A.K. (ed.) (1994): «International waters of the Middle East from Euphrates-Tigris to Nile». Oxford, University Press, 221 s.
- BİLEN, Ö. (1994): "Prospects for technical cooperation in the Euphrates-Tigris basin. Oxford, University Press. «International waters of the Middle East from Euphrates-Tigris to Nile» (ed.: Biswas, A.K.), s.95-116.
- BİLEN, Ö. (1996): "Ortadoğu su sorunları ve Türkiye". Ankara, TESAV Toplumsal, Ekonomik, Siyasal Araştırmalar Vakfı, 180 s.
- BİLEN, Ö. (1997a): "Turkey and water issues in the Middle East". Ankara, Southeastern

- Anatolia Project Regional Development Administration, 223 s.
- BİLEN, Ö. (1997b): Türkiye'de Fırat nehri üzerindeki barajların aşağı kıyıdaş ülkelere etkileri. "Türkiye Mühendislik Haberleri", Y.42, n.391, s.27-30.
- BİLEN, Ö. (2000): "Orta-doğu su sorunları ve Türkiye". Ankara, TESAV Toplumsal, Ekonomik, Siyasal Araştırmalar Vakfı, Genişletilmiş 2. basım, 322 s.
- CRAN, J.A. (1993): The supply of water to Jordan, Israel, Gaza and Egypt from Turkey by Medusa bag. Urbana, University of Illinois & IWRA, "The International Symposium on Water Resources in the Middle East: Policy and Institutional Aspects", Add. Paper, 13 s.
- ÇAKMAKOĞLU, O. (1999): "Aras havzası su potansiyeli". İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidroloji ve Su Yapıları Bitirme Projesi, n.192 (yön.:T. Baran), 89 s.
- ÇANGA, R. (1996): Aşağı Fırat havzası akışlarının Keban-Karakaya-Atatürk barajlarıyla düzenlenmesi. İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidroloji ve Su Yapıları Bitirme Projesi, n.139 (yön.: Ü. Öziş, O. Fıstıkoğlu).
- D.S.İ. (1995): "Haritalı istatistik bülteni". Ankara, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, n.991-VIII-177, 513 s.
- DEMİRCİ, N. (1996): "Water potential and probability distributions of annual and monthly discharges in Tigris basin in Turkey". İzmir, Dokuz Eylül University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Civil Engineering Department, M.S.-Thesis in hydrology and water resources engineering, 129 s. (sup.: Ü. Öziş; T. Baran).
- DIŞİŞLERİ BAKANLIĞI (1996): "Orta-doğu'da su sorunu". Ankara, T.C. Dışişleri Bakanlığı, Bölgesel ve Sınırşan Sular Dairesi, 90 s.
- DUNA, C. (1988): Turkey's peace pipeline. Boulder, Westview, "The politics of scarcity: Water in the Middle East" (eds.: J.R. Starr, D.C. Stoll), s.119-124.
- DURNABAŞ, İ. (1987): "Türkiye'nin Kuzeyindeki akarsu havzalarının brüt su kuvveti potansiyeli". İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidroloji ve Su Yapıları Yüksek Lisans Tezi, n.16 (Yön.: Ü. Öziş), 305 s.
- GRUEN, G.E. (1993): Recent negotiations over the waters of the Euphrates and Tigris. Urbana, University of Illinois & IWRA, "The International Symposium on Water Resources in the Middle East: Policy and Institutional Aspects", s.100-107.
- KILINÇ, A. (1998): "Assessment of the water potential of Asi (Orontes) basin in Turkey". İzmir, Dokuz Eylül University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Civil Engineering Department, Master Thesis in Hydrology and Hydraulic Works (Adv.:T. Baran), 57 s.
- KOLARS, J. (1994): Problems of international river management : the case of the Euphrates. Oxford, University Press, "International waters of the Middle East from Euphrates-Tigris to Nile" (ed.:A.K. Biswas), s.44-94.
- KOLARS, J.E.; MITCHELL, W.A. (1991): "The Euphrates river and the Southeast Anatolia Development Project". Carbondale, Southern Illinois University, Water - The Middle East Imperative Series, 325 s.
- KUTAN, R. (1996): Water disputes in middle-eastern countries. Ankara, Aydınlar Ocağı, Panel series 17, "Water conflict in the Middle East", s.33-49.
- ÖZDEMİR, Y. (1995): "Dicle havzasının Irak'taki su potansiyelinin belirlenmesine bir yaklaşım". İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidroloji ve Su Yapıları Bitirme Projesi, n.133 (yön.: Ü. Öziş, T. Baran).
- ÖZDEMİR, Y. (1998): "Water potential of the Euphrates-Tigris basin in the Middle-East". İzmir, Dokuz Eylül University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Civil Engineering Department, Master thesis in hydrology and hydraulic works (sup.:Ü.Öziş). 185 s.
- ÖZDEMİR, Y.; ÖZİŞ, Ü. (2000a): Türkiye'de Aşağı Fırat'ın ve Dicle'nin güney kollarının uzun süreli akışları. "İnşaat Mühendisleri Odası, Teknik Dergi", C.11, n.1, s.2075-2100.
- ÖZDEMİR, Y.; ÖZİŞ, Ü. (2000b): Long-term discharges of Lower Euphrates' and Tigris' southern tributaries in Turkey. Ankara, "Chamber of Civil Engineers, Digest 2000", s.621-625.
- ÖZİŞ, Ü. (1994a): Uluslararası açıdan Güneydoğu Anadolu Projesi. Salihli, Celal Bayar Üniversitesi, "I. Ulusal İnşaat ve Çevre Sempozyumu", s.370-379.
- ÖZİŞ, Ü. (1994b): Uluslararası ilişkiler açısından Fırat ve Dicle sularının G.A.P. çerçevesinde kullanımı. İzmir, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, "Türkiye 6. Enerji Kongresi", c.5, s.17-31.
- ÖZİŞ, Ü. (1994c): La gestion des besoins et d'approvisionnement en eau dans le bassin Euphrate-Tigre. Cairo, International Water Resources Association, "IWRA VIII. World Congress on Water Resources", V.2, s.(T5-S2)1.1-1.13.
- ÖZİŞ, Ü. (1997a): Sınır-aşan sular ve Türkiye. İstanbul, Makina Mühendisleri Odası ve 15 Diğer Meslek Odası, İstanbul Şubeleri, "Su Kongresi ve Sergisi '97, İstanbul", s.17-30.
- ÖZİŞ, Ü. (1997b): Sınır-aşan sular ve Türkiye. Manisa, Celal Bayar Üniversitesi Yüksek Öğrenim Vakfı, n.1, "Sınır aşan sularımız", s.69-97.
- ÖZİŞ, Ü. (1997c): "Sınır-aşan akarsu sistemlerinin yönetim sorunları". Eskişehir, Devlet Su İşleri & Osmangazi Üniversitesi, Su Kaynakları Yönetimi Paneli, Özet, 8 s.
- ÖZİŞ, Ü. (2000): "Türkiye'nin sınır-aşan suları ve hidro-politik durum". İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü GAP Semineri, 16 s.
- ÖZİŞ, Ü.; BARAN, T.; DEMİRCİ, N. (1999a): Türkiye'de Dicle havzasındaki başlıca akım gözlem istasyonlarının aylık akışları. "İnşaat Mühendisleri Odası, Teknik Dergi", C.10, n.4, s.2029-2045.
- ÖZİŞ, Ü.; BARAN, T.; DEMİRCİ, N. (1999b): Monthly discharges at principal streamgaging stations of Tigris basin in Turkey. Ankara, "Chamber of Civil Engineers, Digest '99", s.613-616.
- ÖZİŞ, Ü.; BARAN, T.; DURNABAŞ, İ.; ÖZDEMİR, Y. (1997): Türkiye'nin su kaynakları potansiyeli. Ankara, "Meteoroloji Mühendisliği", Y.1997, n.2, s.40-45.
- ÖZİŞ, Ü.; FISTIKOĞLU, O.; ÇANGA, R. (2000a): Keban, Karakaya, Atatürk baraj yerindeki aylık akışlar. "İnşaat Mühendisleri Odası, Teknik Dergi", C.11, n.1, s.2101-2119.
- ÖZİŞ, Ü.; FISTIKOĞLU, O.; ÇANGA, R. (2000b): Monthly discharges at Keban, Karakaya, Atatürk dam sites. "Chamber of Civil Engineers, Digest 2000", p.627-630.
- ÖZİŞ, Ü.; ÖZDEMİR, Y.; BARAN, T. (1997): Dicle ve kollarının İran ve Irak'taki su potansiyelinin belirlenmesi. İzmir, İnşaat Mühendisleri Odası, "Türkiye İnşaat Mühendisliği 14. Teknik Kongresi", s.565-580.
- ÖZİŞ, Ü.; ÖZDEMİR, Y.; BARAN, T.; DEMİRCİ, N.; FISTIKOĞLU, O.; ÇANGA, R.; ÖZEN (SAF), B.; TARIYAN, Ş. (1998): Mezopotamya su potansiyelinin kestirimine bir yaklaşım. İstanbul, İ.T.Ü., "II. Ulusal Hidroloji Kongresi", s.9-20.
- ÖZİŞ, Ü.; ŞAMİLOĞLU, C.N.; ÖZDEMİR, Y.; BARAN, T. (1997): Türkiyedeki Fırat barajlarının mansap ülkelerle masraf paylaşımı. İzmir, İnşaat Mühendisleri Odası, "Türkiye İnşaat Mühendisliği 14. Teknik Kongresi", s.581-596.
- ÖZİŞ, Ü.; TÜRKMAN, F.; BARAN, T.; ÖZDEMİR, Y. (1999): "Güneydoğu Anadolu Projesi ve hidropolitik yönleri". İzmir, Mühendislik ve Diğer Meslek Odaları İzmir Şubeleri, "İzmir Su Kongresi", s.443-462.
- ÖZİŞ, Ü.; TÜRKMAN, F.; BARAN, T.; ÖZDEMİR, Y. (2000): Güneydoğu Anadolu Projesi ve hidropolitik yönleri. "Yapı Dünyası", n.50 (Mayıs 2000), s.37-47.
- PANCARCI, K. (1998): "Aras havzası akım gözlem istasyonlarının arasındaki ilişkiler". İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidroloji ve Su Yapıları Bitirme Projesi, n.172 (yön.:T. Baran), 81 s.
- SAYAR, E. (1997): "Asi havzası su potansiyeli". İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidroloji ve Su Yapıları Bitirme Projesi, n.156 (yön.:T. Baran), 44 s.
- SHAHIN, M. (1989): Review and assessment of water resources in the Arab region. "Water International", v.14, n.4, s.206-219.
- STARR, J.R.; STOLL, D.C. (1987): "U.S. Foreign policy on water resources in the Middle East". Washington D.C., The Center for Strategic & International Studies, 49 s.
- ŞAMİLOĞLU, C. (1996): "Sınırşan akarsularda ortak yarar sağlayan barajların Fırat örneğinde masraflarının paylaşımına bir yaklaşım". İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Ekonomisi Bitirme Projesi, n.19 (yön.: Ü. Öziş, Y. Özdemir).
- ŞEN, U. (1998): "Çoruh havzası su potansiyelinin belirlenmesi için ilk yaklaşım". İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidroloji ve Su Yapıları Bitirme Projesi, n.170 (yön.:T. Baran), 64 s.
- TEKELİ, S. (1990): Turkey seeks reconciliation for the water issue induced by the Southeastern Anatolia project (GAP). "Water International", v.15, n.4, s.206-216.
- TEKER, A. (1997): Türkiye su ve toprak kaynaklarının geliştirilmesinde Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün yeri. Ankara, "Meteoroloji Mühendisliği", Y.1997, n.2, s.12-15.
- TURAN, İ. (1993): Turkey and the Middle East : Problems and Solutions. "Water International", v.18, n.1, s.23-29.
- WACHTEL, B. (1993): The "peace canal" plan : a new model for the distribution and management of water resources and a catalyst for cooperation in the Middle East. Urbana, University of Illinois & IWRA, "The International Symposium on Water Resources in the Middle East: Policy and Institutional Aspects", s.137-146.
- YANIK, B. (1997): "Türkiye'deki sınırşan ve sınır oluşturan su kaynakları". İstanbul, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Yön.: İ. Avcı), 177 s.
- YAVUZ, H. (1997): The Manavgat project of Turkey: water, an economic good. "Water Resources Development", V.13, n.4, p.561-565.

GÜNEYDOĞU ANADOLU PROJESİNDE SU VE TOPRAK KAYNAKLARI GELİŞİMİ

Levent KUZUM
DSİ Proje ve İnşaat Dairesi Başkanlığı

Cumhuriyet döneminin en büyük yatırımlarından biri olarak kabul edilen GAP'ta, su ve toprak kaynaklarının geliştirilmesini kapsayan, tarım, enerji, hizmetler ve çevre sektörüne yönelik DSİ yatırımları 13 büyük proje biriminden oluşmaktadır. GAP içerisinde yer alan projelerin 7'si Fırat havzasında, 6'sı da Dicle havzasında yer almaktadır. Ayrıca bu projeler dışında GAP tamamlandığında kısmen büyük projelerin içinde kalacak olan *Münferit Projeler* de yer almaktadır. GAP'ta Dicle ve Fırat nehirleri ve kolları üzerinde 22 baraj ve 19 hidroelektrik santral yapılarak, 7500 MW kurulu güç ile yılda 27 milyar kWh enerji üretimi ve yaklaşık 1,7 milyon hektarlık brüt alanda sulama yapılması amaçlanmaktadır.

Fırat Havzasında	Dicle Havzasında
1. Karakaya Projesi	1. Dicle-Kralkızı Projesi
2. Aşağı Fırat Projesi	2. Batman Projesi
3. Sınır Fırat Projesi	3. Batman-Silvan Projesi
4. Suruç Yaylak Projesi	4. Garzan Projesi
5. Adıyaman-Kahta Projesi	5. İlisu Projesi
6. Adıyaman-Göksu-Araban Projesi	6. Cizre Projesi
7. Gaziantep Projesi	
Münferit Projeler	Münferit Projeler

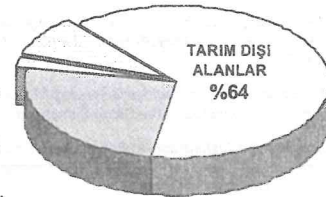
Mustafa Kemal Atatürk'ün direktifleri ile Fırat Nehri üzerindeki araştırmalar 1936 yılında başlamıştır. 1935 yılında kurulan EİE tarafından, 1936 yılında Fırat üzerinde Keban ve Kemaliye Akım Gözlem İstasyonları (AGİ) ve 1945 yılında Dicle üzerinde Diyarbakır AGİ açılmış, ileri yıllarda kullanılacak olan veriler toplanmaya başlanmıştır. 1954 yılında DSİ Genel Müdürlüğü'nün kurulmasıyla hızlandırılmış bir şekilde yürütülen etüt çalışmaları sonucunda, önemli havzalardan başlamak üzere tüm havzayı içine alan "Havza İstikşaf (Amenajman) Raporları" hazırlanmıştır. 1966 yılında gövde inşaatı temeli atılan ve 1974 yılında hizmete giren Keban Barajı 1330 MW gücündeki santrali ile 6 TWh/yıl enerji üretilip, 14 milyar m³ faydalı hacmi ile en önemli tesislerden biri olmuştur. Yapıldığı dönemde yükseklik

olarak dünyada 3. sırada yer alan Keban Barajı, Fırat Havzası'nın genel planlaması yapılmadan önce akışların düzenlenmesi açısından kilit niteliğindeki ilk büyük proje olarak 1950'li yıllarda tasarlanmış; 1960'lı yılların başında projelendirilmiş ve ortalarında inşaatına geçilmiştir.

Keban Barajı, Güneydoğu Anadolu Projesi olgunlaştırıldığında işletmede olduğu için GAP kapsamına alınmamıştır. Ancak GAP için iki açıdan çok önemlidir. Birincisi, Keban Barajı, Fırat nehrinin Türkiye'deki su toplama havzasının %70'ini kontrol etmektedir. Bu durum, mansabında yer alacak GAP barajlarına düzenli su sağlanması açısından önemlidir. İkincisi ve belki de daha önemlisi, Keban Barajının, 1930'lu yıllardan beri ülke insanının refah düzeyini yükseltmeyi amaçlayan çalışmaların ilk büyük meyvası olmasıdır. Keban'ın 1930'lu yıllarda başlayıp 1970'li yıllarda biten öyküsü GAP gibi dev bir projenin yapılabirlik güvencesi ve öncüsü olmuştur. Önceleri Aşağı Fırat Planlaması olarak ortaya çıkan ve Aşağı Fırat Projesi olarak telaffuz edilen çalışmalar, daha sonra Dicle Havzasının da dahil edilmesiyle, *Fırat ve Dicle Havzalarında Su ve Toprak Kaynaklarını Geliştirme Projesi* olarak isimlendirilmiş ve 1980'li yıllarda *Güneydoğu Anadolu Projesi* veya kısaca *GAP* adını almıştır.

Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) artık günümüzde, sadece su ve toprak kaynaklarının geliştirilmesi projesinden çok, bölgenin ekonomik ve sosyal hayatını büyük ölçüde etkileyici karakterde olan ve arkasından kentsel ve kırsal altyapı, tarımsal altyapı, ulaştırma, sanayi, eğitim, sağlık, konut gibi diğer sektörleri de gelişmeye yönlendirici karakterde bir entegre kalkınma projesi olarak nitelendirilmektedir. Proje, bölgede yer alan Gaziantep, Adıyaman, Şanlıurfa, Diyarbakır, Mardin, Siirt, Batman, Şırnak ve Kilis illerinin tamamını veya bir kısmını kapsamaktadır. Bu illerde 1997 yılında yapılan genel nüfus sayımı sonuçlarına göre Türkiye nüfusunun yaklaşık %10'unun yaşadığı belirlenmiştir.

EKONOMİK OLARAK SULANACAK TARIM ALANI %11
GAP
SULANMASI EKONOMİK OLMAYAN TARIM ALANI %25

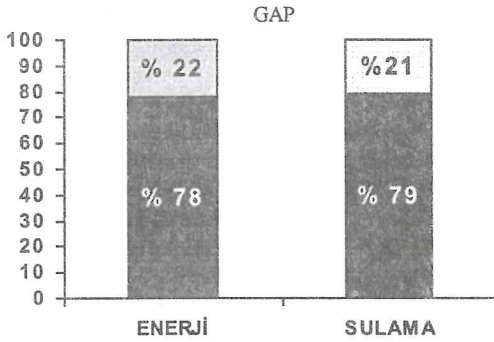


Türkiye'nin yüzölçümü 78 milyon hektar olup tarım arazileri bu alanın yaklaşık üçte biri, yani 28 milyon hektar mertebesinde. Yapılan etütlere göre ekonomik olarak sulanabilecek alan 8,5 milyon ha

olup, bu miktarın yaklaşık 2,6 milyon hektarı DSİ tarafından inşa edilmiş modern sulama şebekesine sahiptir. Ayrıca bunun yanında Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğüne inşa edilen küçük sulamalarla, halk sulamaları niteliğinde olan sulama sahaları da mevcuttur. Güneydoğu Anadolu Projesi kapsamında ekonomik olarak sulanabilir alan ise, yaklaşık 1,7 milyon hektar olup, yurdumuzdaki ekonomik olarak sulanabilir alanın %21'ini teşkil etmektedir.

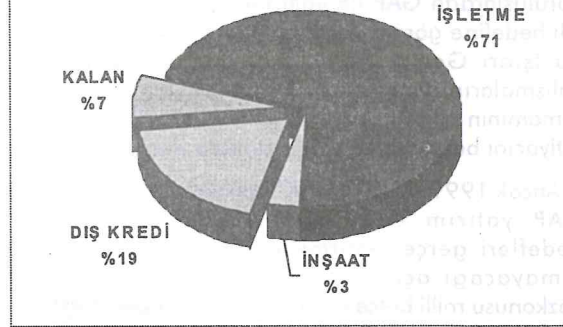
Ülkemizin ekonomik ve sosyal kalkınmasının sağlanması için endüstrileşme bir hedef olduğuna göre bu endüstrinin ve diğer kullanıcı kesimlerin ihtiyacı olan enerjinin, yerinde, zamanında ve güvenilir bir şekilde karşılanması gerekmektedir. Türkiye'nin etüt edilmiş bulunan 546 hidroelektrik santral projesi ile yıllık ortalama enerji potansiyeli 125 328 GWh mertebesindedir. Bu santralların toplam kurulu gücü 35310 MW olarak tespit edilmiştir. Bu santrallardan 125'i işletmede, 36'sı inşa halindedir. Türkiye hidroelektrik enerji potansiyelinin %22'si ise yaklaşık 27,3 milyar kWh üretimle, GAP bölgesi projeleri tarafından gerçekleştirilecektir.

GAP VE TÜRKİYE
ENERJİ VE SULAMA POTANSİYELİ



GAP'ta Enerji yatırımlarının %71'i işletme halindedir. Türkiye hidroelektrik potansiyelinin yaklaşık %30'unun işletme halinde olduğu düşünülürse GAP bölgesinde bu oran iki mislinden fazladır. Halen Türkiye'de kullanılan hidroelektrik enerjinin % 45'i GAP barajlarında elde edilmektedir. Karakaya Barajı, Atatürk Barajı, Birecik Barajı, Karkamış Barajı, Kralkızı Barajı ve Dicle Barajı elektrik üretmektedir. İnşaatı biten Batman Barajının da bu yıl sonunda üretime geçmesi planlanmaktadır. Sadece sulama amaçlı Hançaz Barajı ve Çamgazi Barajı tamamlanmıştır. Böylece GAP'ta 9 baraj ve 6 Hidroelektrik santral tamamlanmış, Kayacık Barajının ve Batman ile Şanlıurfa Hidroelektrik santrallarının inşaatına devam edilmektedir. Ayrıca münferit projelerden Çınar-Göksu Barajı, Derik-Dumluca Barajı, Hacıhıdır Barajı, Devegeçidi Barajı tamamlanmıştır. Ilısu ve Cizre Barajlarının dış kredili olarak yapılabilmesi için çalışmalar sürdürülmektedir.

GAP - ENERJİ PROJELERİ
(MW)



GAP Sulama projelerinin yaklaşık %12'si (210 bin hektar) işletmede, %9'unun (150 bin hektar) ise inşaatı devam etmektedir. Bu rakam ise Türkiye genelinde yaklaşık üçte birlik bir işletme/potansiyel oranının yarısından bile azdır. Güneydoğu Anadolu Projesi kapsamındaki enerji amaçlı baraj ve hidroelektrik santrali inşaatlarında, tarım sektörüne göre önemli bir ilerleme kaydedilmiştir. Bunun en önemli nedenlerinden biri ülkemizin her geçen gün artan elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanabilmesi için enerji projelerine bütün Türkiye'de olduğu gibi, toplam enerji potansiyelinin yaklaşık %22'sini oluşturan GAP'ta da önem verilmesidir. Bir diğer önemli neden de tarım sektörüne yönelik su ihtiyacının kaynağını oluşturmalarıdır. Sulama projelerinin kaynağı olarak öncelikle baraj inşaatlarının tamamlanması gerektiği açıktır. Atatürk, Çamgazi, Hançaz, Kralkızı-Dicle ve Batman Barajlarında su tutulmuştur. Atatürk barajından yaklaşık 880 000 hektar, Kralkızı-Dicle ve Batman Barajlarından yaklaşık 167 000 hektar, Çamgazi ve Hançaz barajlarından ise yaklaşık 15 000 hektar, Birecik Barajından 98 000 hektar olmak üzere toplam 1 160 000 hektar tarım alanının sulama suyu hazır durumdadır. Başka bir deyişle GAP sulama projelerinin %68'inin depolaması tamamlanmıştır. Öte yandan sulama projelerinin depolamaları artık hazır olduğu için bundan sonra tarım sektörü yatırımları doğrudan doğruya anakanal ve şebeke inşaatlarına yapılacaktır.

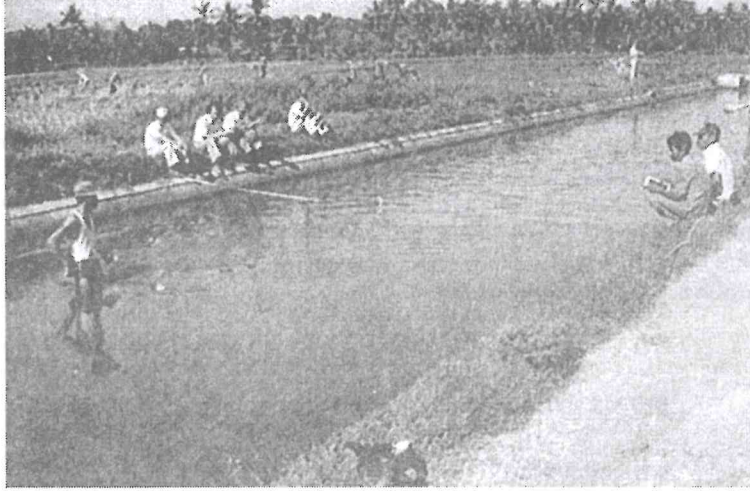
Güneydoğu Anadolu Projesinin entegre kalkınma projesi olması, GAP bölgesinin milli gelirden aldığı payın artırılmasını ve gelir seviyesi artışının sosyal-kültürel gelişmeyi de beraberinde getirmesini öngörmektedir. Gelir seviyesi artışını sağlayacak temel faktör ise tarım sektörü olacaktır. Önce tarımsal üretim ile başlayan süreç, daha sonra tarımsal sanayinin gelişmesi ile tamamlanacaktır. Enerji sektörü faydasını bütün Türkiye ile paylaşan GAP Bölgesi, tarım sektörü faydasının tamamına yakınından yararlanabilecektir. Gerek sosyal hareketlilik (iç ve dış göç, vb) immesinin azaltılması, gerek sosyal-kültürel gelişmenin sağlanarak bölgesel farklılıkların azaltılması için tarım sektörü yatırımları

biran önce gerçekleştirilmelidir. Bu nedenle GAP'ın en geç 2010 yılına kadar tamamlanması Bakanlar Kurulu'nca 1998 yılında kararlaştırılmış ve ilgili kuruluşlardan GAP ile ilgili tüm çalışmalarını 2010 yılı hedefine göre düzenlenmeleri istenmiştir. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü de bu doğrultuda çalışmalarını yapmış ve GAP'ın 2010 yılına kadar tamamının bitirilmesi hususunda yıllara göre ödenek ihtiyacını belirleyip ilgili Makamlara ilemiştir.

Ancak 1999, 2000 ve 2001 yılı yatırım bütçesinde, GAP yatırım ödeneklerinin bu hedefleri gerçekleştirmeye yeterli olmayacağı açıkça görülmüştür. Söz konusu milli bütçe yetersizlikleri ve GAP için Dünya Bankası veya Avrupa Konseyi Sosyal Kalkınma Fonu gibi kuruluşlardan da kredi temin edilmesinin mümkün olmaması nedeniyle, DSİ Genel Müdürlüğü, belirlenen hedeflere ulaşılabilmesi için ilave yatırım kaynaklarına yönelmiştir. Projelerin gerçekleştirilmesinde gecikme meydana gelmemesi ve projelerden beklenen faydanın sağlanabilmesi amacıyla uluslararası kredi sağlanmak suretiyle ihale edilmesi ve böylece projelerin planlandığı zamanda gerçekleştirilerek milli ekonomiye katkılarının sağlanması düşünülmektedir. Bu anlamda daha önce Birecik ve Karkamış Barajlarında olduğu gibi, Yaylak Ovası Sulaması İnşaatı'nın ve Bozova Pompaj Sulaması I. Kısım İnşaatı'nın %100 dış kredi temin etmek suretiyle gerçekleştirilmesi için teknik ve mali konuları içeren sözleşme müzakereleri tamamlanmış ve başlama aşamasına gelmiştir.

GAP'ın 2010 yılına kadar tamamlanması hedefine uygun olarak, benzer şekilde GAP'ta yaklaşık 781 000 ha sulama alanı inşaatı 3 proje paketi halinde gerçekleştirilecektir. Bu nedenle GAP I. Grup Proje Paketi için DSİ Genel Müdürlüğü, GAP tarım projelerinden su kaynakları (Atatürk Barajı ve Kralkızı-Dicle Barajları) tamamlanmış projeleri belirlemiş ve bu projelerin "hükümetlerarası ikili işbirliği çerçevesinde uluslararası kredi sağlamak suretiyle" gerçekleştirilmesi için Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı'nın uygun görüşünü almıştır. Yaklaşık 350 000 hektar tarım arazisini kapsayan sulama projeleri inşaatı için gerekli dış kredinin temini maksadıyla çeşitli hükümetlerle görüşme ve protokol yapılmış olup, halen İsrail, ABD ve Hollanda Hükümetleri ile anlaşma sağlanmıştır. Bu projelerin 2005-2006 yıllarına kadar peyder pey işletmeye alınması öngörülmektedir. Söz konusu ilave yatırım kaynaklarının sağlanmasıyla ve halen inşaatı devam eden projelerin tamamlanmasıyla 2006 yılında, GAP'ta tarım sektöründe fiziki gerçekleşme %12'den %40'a, enerji sektöründe de %71'den %92'ye çıkacaktır. 2010 yılında ise, Türkiye hidroelektrik

potansiyelinin %22'si, sulama potansiyelinin ise %21'ini oluşturan GAP tamamlandığında DSİ Genel Müdürlüğü'nün "Uzun Vadeli Yatırım Stratejisi (2030 Eylem Planı)"nda belirlenen hedefler doğrultusunda önemli bir aşama kaydedilmiş olacaktır. Bu aşama, hem halen Şanlıurfa-Harran Ovalarında yaşanmakta olan refah seviyesindeki artışı, Diyarbakır, Batman ve Adıyaman ovalarında da gözlemlememizi sağlayacak hem de Türkiye'nin su ve toprak kaynaklarının daha hızlı ve verimli geliştirilmesi için bir model oluşturacaktır.



Güneydoğu Anadolu Projesi'nde, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nce yürütülmekte olan "Su ve Toprak Kaynakları Gelişimi"ni özetleyen bu bildiri vesilesiyle bir kez daha vurgulamak gerekir ki; tarım sektöründe sulama altyapısı daha verimli, daha kaliteli ve yüksek gelir getirici bitki üretimini sağlayarak sosyo-ekonomik gelişmeyi yaratacak bir "vasıta"dır. Bu altyapının arazi toplulaştırması (veya düzenlemesi), tarla içi hizmetler gibi diğer altyapı hizmetleriyle ve çiftçi eğitimi ve teşkilatlandırılması gibi üstyapı hizmetleri (sulama birlikleri, çiftçi bilgi bankası, bankacılık hizmetleri vd.) ile paralel bir şekilde devamının ve sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir. GAP'ta tarım sektöründe söz konusu altyapı ve üstyapı hizmetlerinin gerçekleştirilmesi ve çiftçi katılımının sağlanmasıyla; çok yakın bir gelecekte hem bölge halkı, hem de ülkemiz bu bereketli toprakların Dicle ve Fırat nehirlerinin suları vasıtasıyla sunacağı refahı mutlaka yaşayacaktır. Özetlenen amaca ulaşmak için, tüm ülkemizde sulu tarım hedefine yönelik alt ve üstyapı iyileştirmeleri ve bunun için gerekli yasal düzenlemeler bir an önce gerçekleştirilmeli ve böylece ülkemiz insanların mevcut doğal kaynaklardan realist ve sürdürülebilir bir şekilde faydalanma hakkı en kısa zamanda sağlanmalıdır.⁴

KAYNAKÇA

Volkan F., Ataç A., Kuzum L., 1998, GAP 98, DSİ Yayını, Ankara

HİDRO-POLİTİK AÇIDAN GÜNEYDOĞU ANADOLU PROJESİ

Prof. Dr. Ünal ÖZİŞ
Prof. Dr. Ferhat TÜRKMAN
Doç. Dr. Türkay BARAN
İnş. Yük. Müh. Yalçın ÖZDEMİR
İnş. Müh. Yıldırım DALKILIÇ
Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü

1. Giriş

Büyük Atatürk'ün direktifiyle 1935'de kurulan Elektrik İşleri Etüt İdaresi (E.İ.E.) sistemli akış ölçümlerine 1936'da Fırat üzerinde Kemaliye ve Keban, 1945'te Dicle üzerinde Diyarbakır ve Botan kolu üzerinde Billoris gibi akım gözlem istasyonlarıyla başlamıştır.

Günümüze kadar geçen yarım yüzyılı aşkın sürede, etüt ve planlama alanında her yönetim Fırat-Dicle havzası projelerine özen göstermiş; son çeyrek yüzyıllık sürede ise, G.A.P.'a hemen bütün yönetimlerce öncelik tanınmıştır.

Elektrik İşleri Etüt İdaresi 1958'de iştikşafî bir rapor [E.İ.E., 1958] hazırlamış, kilit düzenleme haznesi Keban barajı, Fırat havzasının genel planlaması yapılmadan önce ilk büyük tesis olarak 1950'li yıllarda tasarlanmıştır; 1960'lı yılların başlarında projelendirilmiş ve ortalarında inşaatına geçilmiş, 1974'te hizmete girmiştir. 1965 yılında, Keban projesinin inşaat önceliği önemli tartışmaların da konusu olmuştur.

1954'te kurulmuş olan Devlet Su İşleri (D.S.İ), Fırat [D.S.İ. 1967] ve Dicle [D.S.İ. 1968] iştikşaf raporlarını hazırladıktan sonra, dört firmanın işbirliği ile D.S.İ. için 1970'te Aşağı Fırat yapılabirlik raporu [Electrowatt, vd. 1970] hazırlanmıştır.

Petrol bunalımı sonrasında bu yapılabirlik raporunda öngörülen tesislerde değişiklikler olmuş, özellikle Gököy-Orta Karababa yerine tek Yüksek Karababa (Atatürk Barajı)'nın yapımı yoluna gidilmiştir [D.S.İ. 1978; Harmancıoğlu, Öziş 1978, 1981, 1983; Öziş, Harmancıoğlu 1994].

Devlet Su İşleri 1980'de Türkiye'de Aşağı Fırat ile Batı ve Orta Dicle havzasında, özellikle sulama ve enerji amaçlı bütün projeleri G.A.P. (Güneydoğu Anadolu Projesi) kapsamında biraraya getirmiştir [D.S.İ. 1980].

2. Güneydoğu Anadolu Projesi

Fırat-Dicle su kaynaklarının Türkiye'deki geliştirilmesinin belkemiği niteliğindeki Güneydoğu Anadolu Projesi, sulama ve hidroelektrik enerji üretimi amaçlarına yönelik olarak dünyanın en önemli su kaynaklarını geliştirme planlarından biridir [D.S.İ. 1980; Öziş 1982a,b,c, 1983a,b, 1986a,b,c, 1991, 1992, 1993, 1994a,b,c, 1995a,b, 1997c, 1998, 2000; Harmancıoğlu 1985,1993; Uşşay 1987; Özbek 1989; Avcı 1991; Türkman 1993, 1994, 1995, 1998; Ünver 1994, 1997a,b, 1998; Kuzum, Boz 1997; Altınbilek 1997]. Bu proje kapsadığı yörneğin sosyal ve ekonomik gelişmesinin de başlıca itici gücü niteliğindedir. Türkiye'de Aşağı Fırat ile Batı ve Orta Dicle'yi kapsayan G.A.P.'a, Doğu Dicle'nin de dahil edilmesi yönünde eğilimler bulunmaktadır [Öziş 1992].

Bu kapsamda inşa edilecek, Aşağı Fırat'ta 18, Batı ve Orta Dicle'de 12, Doğu Dicle'de 30 olmak üzere toplam 60 su kuvveti tesisinde, Aşağı Fırat'ta 20 milyar kWh/yıl, Batı ve Orta Dicle'de 8 milyar kWh/yıl, Doğu Dicle'de 9 milyar kWh/yıl, dolayısıyla toplam 37 milyar kWh/yıl elektrik enerjisi üretilecektir.

Güneydoğu Anadolu Projesi, 2/3'ü Aşağı Fırat, 1/3'ü Batı ve Orta Dicle'de olmak üzere, toplam 1.800.000 hektar tarımsal arazinin sulanmasını da öngörmektedir. Ayrıca, bazı kentlerin ve sanayi merkezlerinin su ihtiyacı da karşılanacaktır.

Aşağı Fırat'ta 53, Batı ve Orta Dicle'de 15, Doğu Dicle'de 22, dolayısıyla toplam 90 baraj sulama ve/veya enerji üretimi için gerekli düzenleme haznelerini oluşturacaktır.

Ayrıca Karakaya barajının akışyukarisinde, Yukarı Fırat havzasının son kademesi olarak yer alan, 207 m yüksekliğindeki Keban barajı, eteğindeki 1360 MW gücündeki santralda 6 milyar kWh/yıl enerji ürettiği gibi, yaklaşık üçte ikisi kullanılan, 25 milyar m³'e varan faydalı hazne hacmiyle düzenleme açısından kilit tesis niteliğini taşımaktadır.

Güneydoğu Anadolu Projesi : (a) gövde dolgu hacmi 84 milyon m³, hazne hacmi 48 milyar m³, santral kurulu gücü 2400 MW, ortalama enerji üretimi 9 milyar kWh/yıl, sulayacağı alan 0,9 milyon hektar olan Atatürk kaya dolgu barajı; (b) herbirinin uzunluğu 26,4 km, iç çapı 7,6 m, toplam iletim debisi 330 m³/s olan Şanlıurfa ikiz tünelleri; (c) yüksekliği 173 m, beton hacmi 2,6 milyar m³, santral kurulu gücü 1800 MW, ortalama enerji üretimi 8 milyar kWh/yıl olan Karakaya planda kemerli ağırlık barajı; gibi teknik açıdan uluslararası önem taşıyan boyutları olan tesislere sahip bulunmaktadır.

3. Karakaya Barajı ve Santrali

Fırat üstünde, temelden 173 m, talvegden 158 m yüksekliğinde, planda kemerli beton ağırlık barajı niteliğinde olan Karakaya barajının kret uzunluğu 462

m, gövde beton hacmi 2 milyon m³'dür. Bu özellikleriyle, 1988'de hizmete giren planda kemerli beton ağırlık Karakaya barajı, o tarihte kendi türünde dünyanın dördüncü en yüksek ve beşinci en büyük gövde hacimli barajı olmuştur.

Baraj sırtında, 10 adet 14 m x 14 m boyutlu radyal kapağı bulunan, 17.000 m³/s kapasiteli dolu savağı yer almaktadır. İnşa süresindeki çevirme tünellerinin içte olanı, 800 m³/s kapasiteli bir dip savak biçimine dönüştürülmüştür. Etekteki santrale su alma yapıları baraj gövdesinde bulunmaktadır. Gövde üzerindeki 6 ayrı su alma ağzından derlenen su, her türbine, baraj gövdesi içinde düşey kesimi 7,0, yatay kesimi 6,0 m iç çaplı cebri borularla iletilmektedir.

Karakaya Barajı eteğinde, dolusavak düşüm yatağının altında tertiplenmiş olan kuvvet santrali, ortalama 144,5 m faydalı düşü ve herbiri 233 m³/s debi ile, 6x300=1800 MW gücündedir. Yıllık ortalama enerji üretimi 7,4 milyar kWh mertebesindedir. Atatürk barajı eteğindeki santraldan sonra, Karakaya Türkiye'nin ikinci en güçlü hidroelektrik santrali olup, dünyanın önde gelen birkaç düzine santrali arasında yer alacak niteliktedir. Santral binasının uzunluğu 184 m, genişliği 81 m, temelden yüksekliği 60 m olup, 600.000 m³ beton kullanılmıştır [D.S.İ. 1980; Özel, Büke 1985; Öziş, Özel 1989; Öziş 1992].

4. Atatürk Barajı ve Santrali

Fırat üstünde, temelden genelde 169 m, bir kesimde 184 m, talvegden 166 m yüksekliğinde, planda kemerli, merkezi kil çekirdekli kaya dolgu baraj niteliğinde olan Atatürk barajının krete uzunluğu, esas gövdede 1664 m, sol sahildeki dolu savakta 154 m, sağ sahildeki su alma yapısında 200 m, dolayısıyla toplam 2 km mertebesinde, gövde dolgu hacmi 84,5 milyon m³'tür. Sol sahilde, baraj gövdesinin uzantısında yer alan 16800 m³/s kapasiteli dolusavağı, herbiri 17 m yükseklik ve 16 m genişlikte 6 adet radyal kapakla donatılmış olup, daha alt seviyede 2 adet 5 m x 8 m boyutlu radyal kapakla donatılmış, 2000 m³/s kapasiteli ikinci bir dolusavağı da vardır. Toplam yüksekliği 56 m olan dolusavağın ve düşüm yatağının inşasında kullanılan beton hacmi 1 milyon m³'tür.

Bu özellikleriyle, gövdesinin inşaatı 1990'da tamamlanmış olan Atatürk barajı o tarihte mevcut dolgu barajlar arasında dünyada dördüncü en büyük gövde hacmine, 13. en büyük yüksekliğe (Türkiye'de üçüncü), 48,7 milyar m³ toplam göl hacmiyle de 20. en büyük baraj haznesine sahip olmuştur.

İnşa sırasındaki 8 m iç çaplı 3 adet çevirme tüneli, herbiri 500 m³/s kapasiteli dipsavak biçimine dönüştürülmüştür. Sağ sahilde, temelden yüksekliği 71 m olan, beton ağırlık barajı niteliğindeki su alma yapısı, 530.000 m³ beton hacminde olup, 8 cebri boru için ayrı su girişlerini kapsamaktadır. Su alma yapısından santrale, en içteki 6,6 m, en dıştaki 7,25 m arasında değişen çaplı, 8 adet cebri boruyla su iletilmektedir.

Atatürk barajı eteğinde, sağ sahilde tertiplenmiş olan, Türkiye'nin en güçlü, dünyanın önde gelen birkaç düzine hidroelektrik santrali arasında yer alan kuvvet santrali, ortalama 151,2 m faydalı düşü ve herbiri 218,5 m³/s debi ile, 8 x 300 = 2400 MW gücündedir. Yıllık ortalama enerji üretimi, 8,9 milyar kWh mertebesinde olup, Atatürk baraj gölünden yapılacak sulamaların gelişmesine göre, belirli miktarda azalacaktır.

Santral binasının uzunluğu 258 m, genişliği 49 m, temelden yüksekliği 55 m olup, 340.000 m³ beton kullanılmıştır [D.S.İ. 1980, 1983; Öziş, Basmacı, Harmancıoğlu 1990, 1992a,b; Öziş 1992, 1994d].

5. Şanlıurfa İkiz Tünelleri

Atatürk barajı haznesinden 328 m³/s suyu Şanlıurfa-Mardin-Ceylanpınar sulama ana kanalına iletecek olan Şanlıurfa tünelleri, eksenleri arasında 40 m uzaklık ile birbirine paralel, herbiri 7,62 m iç çaplı ve 26,4 km uzunluğunda, iki tünelden oluşmaktadır. Dünyanın en uzun su tüneli niteliğini taşıyan, boyuna eğimi %0,63 mertebesinde bulunan Şanlıurfa tünellerinin, 500 m aralıklı bağlantı tünelleri ile ulaşım tünelleri de dikkate alındığında, toplam tünel uzunluğu 57,8 km'yi bulmaktadır.

Kalkerli veya killi marn'da açılan, ortalama kazı çapı 9,0 m, toplam kazı miktarı 3,5 milyon m³ civarında bulunan, 0,40-0,95 m kalınlığında betonarme kaplamalı Şanlıurfa tünellerinde 1,2 milyon m³ civarında beton kullanılmıştır. Çoğunluğu yumuşak kayada döner başlı oyma makinası, sert kayada ise delgi ve patlatma yöntemiyle kazılan Şanlıurfa tünellerinde, kazı kesiti telkafes, püskürtme beton ve kaya bulonları ile tahkim edilmiş olup, 300.000 t püskürtme betonu, 4600 t kaya bulonu kullanılmıştır [D.S.İ. 1980; Kurt 1992; Tanrıverdi 1992].

6. Birecik Barajı ve Santrali

Fırat yatağından 53 m, temelden 63 m yüksekliğindeki Birecik barajı, esas itibarıyla merkezi kil çekirdekli, toprak (kum ve çakıl) dolgu türündedir. Ortada sağ sahile yakın kısımda, üzerinde dolu savak ve su alma yapılarının, eteğinde santralin yer aldığı, beton ağırlık barajı türünde bir kesimi de bulunmaktadır.

Toplam dolgu hacmi 9,8 milyon m³, beton hacmi 1,6 milyon m³, krete uzunluğu 2,5 km olan Birecik barajının dolusavağı 10 adet radyal kapakla teşhiz edilmiş olup, 17.350 m³/s kapasitelidir. Birecik barajı eteğindeki kuvvet santrali 6x112 = 672 MW gücünde olup, yılda ortalama 2,5 milyar kWh enerji üretecek; membadaki sulamaların gelişmesi sonrasında bu değer azalacaktır [D.S.İ. 1980; Verbund Plan-Temelsu 1984; E.İ.E. 1985a].

7. Karkamış Barajı ve Santrali

Fırat yatağından 20,4 m, temelden 40 m yüksekliğindeki Karkamış barajı, esas itibarıyla merkezi kil çekirdekli, toprak (kum ve çakıl) dolgu türünde olup, ortasında dev bir hareketli bağlama niteliğindeki dolusavak ve uzantısında yatay eksenli boru türbinlerini kapsayan nehir içi santralının oluşturduğu bir kesimi de bulunmaktadır. Karkamış barajı etek santrali $6 \times 30 = 180$ MW gücünde olup, yılda ortalama 650 milyon kWh enerji üretecek; membadaki sulamaların gelişmesinden sonra bu değer azalacaktır.

Toplam dolgu hacmi 2,0 milyon m³, beton hacmi 0,4 milyon m³, kret uzunluğu 1,7 km olan Karkamış barajının dolusavağı 16 adet radyal kapakla teçhiz edilmiş olup, 17.400 m³/s kapasitelidir [D.S.İ. 1980; Verbund Plan-Temelsu 1984; E.İ.E. 1985a].

8. Dicle Havzasındaki Tesisler

Dicle yatağından 112 m, temelden 130 m yüksekliğindeki Kralkızı barajı, merkezi kil çekirdekli, bölgeyi kaya dolgu türündedir. Toplam dolgu hacmi 12,7 milyon m³, kret uzunluğu 1 km olan Kralkızı barajının, sağ sahilde uzantısında yer alan dolusavağı 4 adet radyal kapakla teçhiz edilmiş olup, 5400 m³/s taşkın debisini kontrol edecek kapasitededir. Kralkızı barajı eteğinde, sol sahildeki kuvvet santrali $2 \times 45 = 90$ MW gücünde olup, yılda ortalama 142 milyon kWh üretecektir.

Dicle yatağından 78 m, temelden 83 m yüksekliğindeki Dicle barajı, merkezi kil çekirdekli kaya dolgu türündedir. Toplam dolgu hacmi 2,5 milyon m³, kret uzunluğu 0,3 km olan Dicle barajının, sağ sahilde yer alan dolusavağı 3 adet radyal kapakla teçhiz edilmiş olup, 5000 m³/s proje debisini kontrol edecek kapasitededir. Dicle barajı eteğindeki kuvvet santrali $2 \times 55 = 110$ MW gücünde olup, yılda ortalama 298 milyon kWh enerji üretecektir. Dicle barajı haznesinden alınacak suyla, toplam 126.080 ha arazi sulanacaktır.

Batman çayının önemli kollarından ikisinin birleşim yerinde, yataktan 167 m yüksekliğindeki, toplam dolgu hacmi 13 milyon m³ olan, kaya dolgu Silvan barajı, Dicle sol sahilindeki 250.000 ha'ı kapsayan sulamalar için ana düzenleme tesisi olduğu gibi, eteğindeki 150 MW gücündeki santralda yılda ortalama 623 milyon kWh enerji üretilmektedir. Batman yatağından 73 m, temelden 90 m yüksekliğindeki Batman barajı merkezi kil çekirdekli, bölgeyi toprak ve kaya dolgu türündedir. Toplam dolgu hacmi 5,3 milyon m³, kret uzunluğu 0,5 km olan, 38.000 ha alanı sulayacak Batman barajının, sol sahilde uzantısında yer alan dolusavağı 6 adet radyal kapakla teçhiz edilmiş olup, 8.210 m³/s taşkın debisini kontrol edecek kapasitededir.

Garzan yatağından 83 m, temelden 85 m yüksekliğindeki, toplam dolgu hacmi 1,6 milyon m³ olan, kaya dolgu Garzan barajının eteğinde, 90 MW gücünde ve yılda ortalama 315 milyon kWh enerji üretecek santrali yeracaktır. Garzan barajından alınacak suyla, her iki sahilde toplam 60.000 ha alan sulanacaktır.

Dicle yatağından 130 m, temelden 135 m yüksekliğindeki Ilisu barajı, merkezi kil çekirdekli, bölgeyi toprak ve kaya dolgu türünde olup, toplam dolgu hacmi 43,8 milyon m³, kret uzunluğu 1,8 km'dir. Sağ sahilde yer alan dolusavağı 8 adet radyal kapakla teçhiz edilmiş olup, 18.000 m³/s taşkın debisini kontrol edecek kapasitededir. Ilisu barajı eteğindeki kuvvet santrali $6 \times 200 = 1200$ MW gücünde olup, yılda ortalama 3,8 milyar kWh enerji üretecektir. Sulamaların tam gelişmesinden sonra bu üretim 3,0 milyar kWh civarında olacaktır.

Dicle yatağından 46 m, temelden 51 m yüksekliğindeki Cizre barajı, merkezi kil çekirdekli, bölgeyi toprak ve kaya dolgu türünde olup, toplam dolgu hacmi 3,3 milyon m³, kret uzunluğu 0,7 km'dir. Sol sahilde yer alan dolusavağı 8 adet radyal kapakla teçhiz edilmiş olup, 18.715 m³/s taşkın debisini kontrol edecek kapasitededir. Cizre barajı eteğindeki kuvvet santrali $3 \times 80 = 240$ MW gücünde olup yılda ortalama 1,2 milyar kWh enerji üretecektir. Sulamaların tam gelişmesinden sonra bu üretim 1,0 milyar kWh civarında olacaktır.

Dicle havzasındaki bu başlıca sulama ve enerji amaçlı tesislerin ötesinde Batı ve Orta Dicle'de, özellikle Dicle'nin Botan, Bitlis, Büyük Zap, Hezil gibi doğu kolları üzerinde de esas itibarıyla enerji amaçlı pek çok tesis öngörülmektedir [Temel Mühendislik 1977; D.S.İ. 1980; E.İ.E. 1985b; Öziş 1992].

9. Fırat-Dicle Havzasının Su Potansiyeli

Sınır-aşan akarsu sistemi niteliğindeki Fırat ve Dicle'nin [Dışışleri 1996; Bilen 1996, 1997a,b, 2000; Yanık 1997; Avcı, Yanık 1997; Kibaroglu 1997; Öziş 1996, 1997a,b,d; Yılmaz, Kadılar 1997] doğal akışları konusunda, Türkiye'den kaynaklanan sular için oldukça kapsamlı gözlemler bulunmakla birlikte, Suriye'den ve Irak'tan kaynaklanan sular için az sayıda bilgi bulunmakta [Özdemir 1995, 1998; Dalkılıç 1997; Çınar 1997; Çınar, Türkman 1997; Öziş, Özdemir, Baran 1997; Öziş, Özdemir, v.d. 1998; Özdemir, Öziş 2000a,b] ve akım gözlemlerinin sonuçları genellikle resmen açıklanmamaktadır.

Fırat havzasının su potansiyeli hakkında, 29 ila 37 milyar m³/yıl arasında değişen değerlere rastlanılmakta; Türkiye dışından kaynaklanan akışların, Suudi Arabistan'dan kayda değer akış gelmediği, Irak'tan pek az katkı olduğu, esas itibarıyla Suriye'den kaynaklanan; 2 ila 5 milyar m³/yıl

mertebesinde olduğu ifade edilmektedir. Dicle havzasının toplam su potansiyeli hakkında, 42 ila 58 milyar m³/yıl arasında değişen değerlere rastlanılmakta; Suriye ve Suudi Arabistan'dan kayda değer akış gelmediği, İran'dan kaynaklanan akışların da Irak'tan gelenlerin içinde olduğu düşünüldükçe, Türkiye dışından kaynaklanan akışlar olarak 23 ila 37 milyar m³/yıl gibi değerlere rastlanmaktadır [Baran, Demirci, Öziş 1995; Öziş, Özdemir v.d. 1998; Öziş, Baran, Demirci 1999a,b].

Atatürk baraj yerini temsil eden, Fırat'ın Türkiye'den kaynaklanan akışlarının altıda beşine karşı gelen 870 m³/s mertebesinde ortalaması olan, Dutluca akım gözlem istasyonundaki doğal akışların, Temmuz-Şubat süresindeki 8 ay boyunca ortalamasının oldukça altında, 300 ila 550 m³/s civarında olduğu; Ağustos ve Eylül gibi aylarda çok kez bunun da altına, 170 m³/s mertebelerine kadar dahi indiği belirlenmiştir [Fıstıkoğlu, Saf 1994; Çanga 1996; Öziş, Fıstıkoğlu, Çanga 2000a,b].

Mevsimler ve yıllar arası büyük değişiklikler gösteren bu akışların, su potansiyelinden etkin biçimde yararlanılabilmesi için, baraj hazneleriyle düzenlenmesi zorunlu olmaktadır. Türkiye'deki baraj haznelerinin toplam faydalı hacmi Fırat'ta 60-70 milyar m³; dolayısıyla Türkiye'deki yıllık akışların iki katı; Dicle'de 20 milyar m³; dolayısıyla Türkiye'deki yıllık akış mertebesinde dir.

Mansap ülkelerde, özellikle Fırat'ta, bu çapta düzenleme hacmi yaratmak mümkün olmadığı gibi, birim buharlaşma değerleri de Türkiye'den çok yüksektir. Bu ülkelerdeki haznelerin toplam faydalı düzenleme hacimleri, büyük kısmı Suriye'de olmak üzere Fırat'ta 15 milyar m³, hemen tamamı Irak'ta olmak üzere Dicle'de 20 milyar m³ civarındadır.

Türkiye'deki baraj haznelerinden yıllık ortalama buharlaşma kayıpları Fırat'ta 4,5 milyar m³/yıl, Dicle'de 1,5 milyar m³/yıl; mansap ülkelerde Fırat'ta 2,5 milyar m³/yıl, Dicle'de 4,5 milyar m³/yıl civarında olacaktır [Öziş 1994a,b,c].

Bu durumda, Türkiye'deki baraj hazneleri mansap ülkelere de, rüsubat tutulması, taşkınların etkin kontrolü, kurak dönem akışlarının arttırılması açılarından önemli yararlar sağlamaktadır [Acer 1997; Şamiloğlu 1996; Öziş, Şamiloğlu vd. 1997]. Dolayısıyla, Türkiye'deki baraj haznelerinden buharlaşmayla eksilen suların tümüyle Türkiye'nin hesabına kaydedilmemesi gerektiği gibi, yersiz bir su kaybı olarak da görülmemelidir.

Fırat'ın 37 km³/yıl mertebesindeki su potansiyeli karşısında, enerji üretimi ve bazı kentlerle sanayi merkezlerinin su ihtiyacının karşılanmasının ötesinde, Fırat sularının Türkiyenin hakça, makul, ekonomik açıdan tutarlı nitelikteki sulamaları [Ünver 1997a,b; D.S.İ. 1995; Altınbilek 1997] (300.000 ha Yukarı Fırat'ta, 1.100.000 ha Aşağı Fırat'ta) ile Suriyenin iddia ettiği azami sulamaları (800.000 ha; ancak özellikle

toprak kalitesi açısından bunun 300-400.000 ha civarında kalması sözkonusudur) yapması halinde, Irak'a Fırat'ta pek su kalmayacaktır.

Dicle'nin 58 km³/yıl mertebesindeki su potansiyeli ile de, Türkiye'de 650.000 hektar, Irak'ta 3.500.000 hektar (bir bölümü Fırat boyunca olmak üzere) tarımsal arazi sulanabilecektir. İlke olarak, su potansiyelinin sınırlı oluşu dikkate alınarak, sulama işlerinin etkili yönetimi, özellikle su tasarruf eden modern yöntemlere ağırlık verilmesi [Ünver, Voron, 1993; Ünver, Voron, Aküzüm 1993; Çongar 1994; Altınbilek, Akçakoca, 1997; Kulga, Çakmak 1997] gerekmektedir.

Bu durumda, "su savaşları" senaryolarına yol açacağı öne sürülen "ortadoğu su bunalımı"nın Mezopotamya ile ilgili kısmının, bölgedeki diğer anlaşmazlıklara kıyasla talihsiz biçimde abartılmış bir sorun niteliğine sokulduğu gözlenebilir.

Ancak, aşağı-kıyıdaş ülkeler Suriye ve Irak'ın ötesinde, Ortadoğu'da özellikle Şeria havzasındaki su kısıtlılığının etkisiyle, bölge dışı ülke ve çevrelerin de tırmandırmakta olduğu Fırat-Dicle sularının tahsisi konusunda, Türkiye'nin Fırat'ta geçici olarak bıraktığı 500 m³/s değerini daha da arttırmasına yönelik baskılar karşısında, Fırat-Dicle akışlarının birlikte ele alınması zorunluluğu vardır.

10. Türkiye-Suriye-Irak İlişkileri

Fırat-Dicle'nin Basra yakınlarında birleşerek, Şatt-el-arab olarak Körfeze aktığı, dolayısıyla aynı akarsu havzasının iki ana kolu olduğu da dikkate alındığında, Irak'ta su fazlası olan Dicle'den, Suriye'nin öne sürdüğü tüm sulamaları gerçekleştirilmesi halinde Irak'ta su eksiği olacak Fırat'a, mevcut Tartar gölü bağlantıları veya başka biçimde su aktarması kaçınılmaz olacaktır [Beaumont 1992; Kolars 1994; Bilen 1994, 1996, 1997a, 2000; Öziş 1994a,b,c, 1997a,b,c, 2000].

Bu aktarmaların gerektireceği ek masrafların tartışılmasına girilmesi halinde, Türkiye barajlarının sağladığı ek faydaların da hesaba mutlaka katılması gereklidir [Şamiloğlu 1996; Öziş, Şamiloğlu v.d. 1997]. Türkiye'deki baraj hazneleri aşağı-kıyıdaş ülkelere taşkın kontrolü, rüsubat tutulması, düşük akışların arttırılması gibi konularda büyük yararlar sağlayacak konumda olduklarından, Türkiye mansap ülkelere belli bir bedel dahi talep edebileceği gibi; aşırı kurak yıllarda, Türkiye bazı sulamalarından vazgeçip, ek bedel karşılığında aşağı-kıyıdaş ülkelere su bırakabilir; aşırı sulak yıllarda, G.A.P. santrallerinden mansap ülkelere oldukça ucuz elektrik enerjisi iletebilir [Öziş 1994a,b,c, 1997a,b,c].

Kıyıdaş ülkelerin ilgilerinin yanısıra, Ortadoğu'da gerçekten önemli su sıkıntısı sorunlarıyla karşılaşan Şeria havzasının ivmesiyle, genellikle Fırat, Dicle, Nil havzalarını da kapsayan, "su savaşları"na yol açabilecek "kriz" senaryoları ile barış için alınacak

önlemler konusunda çalışmalar ve yayınlar 1980'li ve 1990'lı yıllarda yaygınlaşmağa başlamış, GAP projeleri siyasal açıdan da uluslararası ön plana gelmiştir [Naff ve Matson 1984; Starr ve Stoll 1987, 1988; Şahin 1989; Bilen 1994, 1996, 1997a,b; 2000; Kolars, Mitchell 1991; Gruen 1991; Karadamur, Hadid 1992; University of Waterloo 1992; University of Illinois 1993; Şen 1993; Bulloch, Darwish 1993; Wakil 1993a,b; Kliot 1994; Biswas 1994; Wolf 1994; Akmandor, Pazarcı, Köni 1994; Bağış 1994, 1997; Ünver 1994, 1997a,b, 1998; Öziş 1994a,b,c; 1995; 1997a,b,c,d; 1998; 2000; Aydınlar Ocağı 1996; Kutan 1996; Yanık 1997; Avcı ve Yanık 1997; Altınbilek 1997; Çınar 1997; Çınar ve Türkman 1997; Dalkılıç 1997; Öziş, Baran, v.d 1997a,b; Öziş, Özdemir, Baran 1997; Özdemir 1998; Öziş, Özdemir, v.d. 1998] (bu konudaki daha ayrıntılı yayın listeleri, belirtilen yayınların kaynakçalarında ve toplantı zabıtlarında bulunabilir).

Bunların ötesinde, suyu ve su haklarını, şişelemeden de önce alım-satımı yapılabilen bir meta olarak ele alan yaklaşımlardan, İslam hukukuna göre suyun ticari bir meta olamayacağı ve ihtiyacı olana verilmesinin icabettiği hususuna dikkat çekilmesine kadar değişik görüşler, Türkiye'nin yapacağı masrafların karşılığını istemesinin ötesinde, doğal kaynak olarak suyun kendisi için de bir bedel istemesi konusunu tartışmaya açık tutmaktadır.

Türkiye'nin Fırat-Dicle sularının tahsisi konusunda 1980'li yıllardan beri Suriye ve/veya Irak ile yapılan görüşmelerde sunduğu, yekdiğerine açık ortak çalışmalarla, ilk aşamada üç ülkede belli kesimlerdeki su kaynaklarının nicelik ve niteliğinin belirlenmesi, ikinci aşamada sulama ve drenaj açısından toprak kaynaklarının nicelik ve niteliğinin belirlenmesi, üçüncü aşamada elverişli bulunan toprakların eldeki su ile sulanabilmesini sağlayacak tesislerin projelendirilmesi esasına dayanan, "üç aşamalı planlama", hakça ve makul kullanımın temel felsefesine uygun olduğu gibi, havza bütününde en iyi yararlanma görüşünün de en iyi örneklerinden biri niteliğindedir; ancak yıllardır süregelen Türkiye, Suriye ve Irak arasındaki ikili ve üçlü görüşmeler, Türkiye'nin bütün iyi niyetli yaklaşımlarına rağmen [Tekeli 1990; Turan 1993; Bilen 1994, 1996, 1997a,b; Dışişleri Bakanlığı 1996; Bağış 1997] sonuca ulaşmamıştır.

Atatürk barajında su tutulmağa başlandığında, teknik nedenlerden ötürü dip savağın bir ay kadar kapalı kalması gerektiği hususu, komşu ülkelere önceden bildirilmiş, eksikliği peşinen telafi amacıyla 23 Kasım 1989'dan sonra 830 m³/s mertebesinde su bırakılmağa başlanmış; 13 Ocak 1990'da dip savak kapatılıp, su tutulmağa başlanmıştır. 14 Ocak 1990 ve sonraki günlerde pek çok Arap dünyası ve diğer ülkeler yayın organlarında, "Türkler Fırat'ın suyunu kesti" tarzında, hasmane yaklaşım ve yorumlar yer almıştır. Teknik sakınca kalmayıp, 12 Şubat 1990'da Türkiye yeniden 500 m³/s bırakmağa devam

ettikten sonra da, "su savaşları" senaryolarını öne çıkaran yayınların arkası tam kesilmemiştir.

Ayrıca, su kaynakları ve drenaj olanakları kısıtlı bölgelerde, su tasarrufu sağlayacak yöntemler uygulanmasının, geniş ölçüde tarımsal sulama yapma çabaları yerine, bu ürünlerin ithal edilmesinin daha akılcı ve ekonomik olacağı hususu da giderek ön plana çıkmaktadır. Irak'ta sulama alanlarının aşırı genişletilmesi yerine, G.A.P.'taki tarımsal üretim artışı sonucu Türkiye'den petrol karşılığında ithal edilmesinin daha uygun olacağı buna bir örnek olarak düşünülebilir. Bütün bu çerçevede, Türkiye'de Fırat-Dicle su kaynaklarının geliştirilmesi hususu, esasında yararlı işbirliği yönleri bunalım yaratabilecek endişelerden çok daha ağır basan özelliklere sahip bulunmaktadır.

11. Sonuç

Türkiye'nin önerdiği üç aşamalı planın uygulanmasının makul ve hakça kullanımın belirlenmesi için temel bir adım olduğu, G.A.P. çerçevesinde önerilen tesisler ve su kullanımının da buna uygun bulunduğu, hidrolojik süreçlerin matematik modellenmesine ve olasılık dağılımlarına dayalı hesaplar olgunlaştırılarak, nihai tahsis anlaşmasının uzun süreli ortalamasının 500 m³/s değerini dahi bulamayacağı, belli zaman dilimlerinde bunun da çok altına düşeceği bilinmelidir.

Ayrıca, Türkiyedeki büyük baraj haznelerinin akışları düzenlemelerinden ötürü, mansap ülkeler açısından da etkin taşkın kontrolü, rüsubat tutulması, düşük akışların artırılması çerçevesinde, Türkiye mansap ülkelere belli bir bedel dahi talep edebilir.

Fırat'ın ortalama su potansiyelinin beşte dördünden, Dicle'nin ise beşte ikisinden fazlası Türkiye'den kaynaklanmaktadır. Fırat-Dicle havzasında G.A.P.'in ve Yukarı Fırat'ın bütün tesislerinin gerçekleştirilmesinden sonra, Türkiye'den kaynaklanan suların ortalama koşullarda Fırat'ta % 45'i, Dicle'de % 65'i komşu mansap ülkelere akmağa devam edecektir. Ancak, herhangi bir su tahsisi anlaşması yapıldığında, akışların stokastik değişimleri dikkate alınarak, tahsis edilecek suyun niceliği olasılık koşullarına bağlı biçimde kademelendirilmelidir.

Bu çerçevede, Şeria (Jordan) nehri havzasında, İsrail, Filistin, Suriye ve Ürdün'ün su ihtiyacının karşılanmasında, bu akarsuyun 1,5-2 milyar m³/yıl potansiyeline ek olarak, havza dışından 2 milyar m³/yıl daha su sağlanmasının olanakları araştırılır, "su savaşları" senaryolarından söz edilirken Fırat ve Dicle su potansiyeli konusunda, Fırat'ta 37-29=8; Diclede 58-42=16; dolayısıyla toplam 24 milyar m³/yıl farkı giderecek çalışmaların bir an önce yapılması, yabancı ülkelere saklı tutulan akış bilgilerinin maskelenmeden açıklanması, Ortadoğu'da "hakça ve makul" nitelikte kalıcı barış koşullarının oluşturulmasında en önemli katkılardan

biri olacaktır [Öziş, Özdemir v.d. 1998; Öziş, Türkman, v.d 1999,2000;Öziş, 2000].

Teşekkür

Yazarlar, Güneydoğu Anadolu Projesi konusundaki çalışmalarında destek ve yardımlarını gördüğü Dokuz Eylül (D.E.Ü.) ve Ege (E.Ü.) Üniversiteleri, Devlet Su İşleri (D.S.İ.), Elektrik İşleri Etüt İdaresi (E.İ.E.), Türkiye Elektrik Kurumu (T.E.K.), Türkiye Elektrik A.Ş. (TEAŞ), Güneydoğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresi (G.A.P.B.K.İ.), Dışişleri Bakanlığı, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP), Ata İnşaat A.Ş. ilgililerine, bu konudaki çalışmaları dolayısıyla çoğunun isimleri ilgili yayınlar listesinde de yer alan çalışma arkadaşlarına ve eski öğrencilerine teşekkürlerini sunarlar.

İLGİLİ YAYINLAR

- ACER, A. (1997): "Keban barajı hazinesinde Fırat sularının düzenlenmesinin mansap kesimlere yararları". İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidroloji ve Su Yapıları Bitirme Projesi, n.153 (Yön.: Ü. Öziş & Y. Özdemir).
- AKMANDOR, N.; PAZARCI, H.; KÖNİ, H. (1994): "Orta Doğu ülkelerinde su sorunu". Ankara, TESAV Toplumsal, Ekonomik, Siyasal Araştırmalar Vakfı, 100 s. + 4 hrt.
- ALTINBILEK, D. (1997): "Water and land resources development in Southeastern Turkey". "Water Resources Development", V.13, n.3, p.311-332.
- ALTINBILEK, D.; AKÇAKOCA, H. (1997): "Innovative approaches in water resources development in the Southeastern Anatolia Project". "Water Resources Development", V.13, n.4, s.485-503.
- AVCI, İ. (1991): "Güneydoğu Anadolu Projesinin tarihsel gelişimi. İstanbul, İnşaat Mühendisleri Odası, "Türkiye İnşaat Mühendisliği XI. Teknik Kongresi", C.II, s.790-806.
- AVCI, İ.; YANIK, B. (1997): "Sınıraşan ve sınır oluşturan su kaynaklarımız: potansiyel, su talepleri ve sorunları. İstanbul, Makina Mühendisleri Odası ve 15 Diğer Meslek Odası, İstanbul Şubeleri, "Su Kongresi ve Sergisi '97, İstanbul", s.7-15.
- AYDINLAR OCAĞI (1996): "Water conflict in the Middle East". Ankara, Aydınlar Ocağı, Panel series 17, 72 s.
- BAGIŞ, A.İ. (ed.) (1994): "Water as an element of cooperation and development in the Middle East". Ankara, Ayna, Hacettepe University & Friedrich-Naumann-Founda-tion, 446 s.
- BAGIŞ, A. İ. (1997): "Turkey's hyropolitics of the Euphrates-Tigris basin". "Water Resources Development", V.13, n.4, s. 567-581.
- BARAN, T.; DEMİRCİ, N.; ÖZİŞ, Ü. (1995): "Dicle havzasının Cizre akım gözlem istasyonunda su potansiyeli. İstanbul, Boğaziçi Üniversitesi, "İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler, II. Teknik Kongre Bildiriler Kitabı", s.233-242.
- BEAUMONT, P. (1992): "Water - A resource under pressure. London, EC Commission Federal Trust for Education and Research. "The Middle East & Europe: An integrated commission approach" (ed.: Nonneman, G.).
- BISWAS, A.K. (ed.) (1994): "International waters of the Middle East from Euphrates-Tigris to Nile". Oxford, University Press, 221 s.
- BİLEN, Ö. (1994): "Prospects for technical cooperation in the Euphrates-Tigris basin. Oxford, University Press, "International waters of the Middle East from Euphrates-Tigris to Nile" (ed.: Biswas, A.K.), s.95-116.
- BİLEN, Ö. (1996): "Ortadoğu su sorunları ve Türkiye". Ankara, TESAV Toplumsal, Ekonomik, Siyasal Araştırmalar Vakfı, 180 s.
- BİLEN, Ö. (1997a): "Turkey and water issues in the Middle East". Ankara, Southeastern Anatolia Project Regional Development Administration, 223 s.
- BİLEN, Ö. (1997b): "Türkiye'de Fırat nehri üzerindeki barajların aşağı kıyıdaş ülkelere etkileri". "Türkiye Mühendislik Haberleri", Y.42, n.391, s.27-30.
- BİLEN, Ö. (2000): "Ortadoğu su sorunları ve Türkiye". Ankara, TESAV Toplumsal, Ekonomik, Siyasal Araştırmalar Vakfı, genişletilmiş 2. Basım, 322 s.
- BULLOCH, J.; DARWISH, A. (1993): "Water wars - coming conflicts in the Middle-East". London, Gollancz, 224 s. & (çev.: M. HARMANCI) (1994): "Su savaşları - Ortadoğuda beklenen çalışma". İstanbul, Altın Kitaplar, 176 s.
- ÇANGA, R. (1996): "Aşağı Fırat havzası akışlarının Keban-Karakaya-Atatürk barajlarıyla düzenlenmesi". İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidroloji ve Su Yapıları Bitirme Projesi, n.139 (Yön.: Ü. Öziş & Ö. Fistiköglü).
- ÇINAR, T.C. (1997): "Information and data research on Internet, concerning Euphrates and Tigris rivers within the specific area of Syria and Iraq with an added study portfolio of Turkey's position in the region". İzmir, Dokuz Eylül University, Faculty of Engineering, Civil Engineering Department, Graduation Project on Hydrology and Hydraulic Works, n.155 (sup.: T. Baran & F. Türkman), 277 s.
- ÇINAR, T.C.; TÜRKMAN, F. (1997): "Sınır aşan Fırat ve Dicle nehirleri hakkında yayın taraması. İzmir, İnşaat Mühendisleri Odası, "Türkiye İnşaat Mühendisliği 14. Teknik Kongresi", s.553-564.
- ÇONGAR, B. (1994): "Harran-Ceylanpınar ovalarında yıllık yeraltısu bilançolarının GAP projesi uygulanması ile değişimi. İstanbul, İstanbul Teknik Üniversitesi, "2. Erguvanlı Mühendislik Jeolojisi Kollokyumu", Bildiri, 7 s.
- DALKILIÇ, H.Y. (1997): "G.A.P. üstünde yayın taraması". İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidroloji ve Su Yapıları Diploma Çalışması, n.154 (yön: F. Türkman).
- DIŞİŞLERİ BAKANLIĞI (1996): "Orta-Doğu'da su sorunu". Ankara, T.C. Dışişleri Bakanlığı, Bölgesel ve Sınıraşan Sular Dairesi, 99 s.
- D.S.İ. (ÖMERBEYOĞLU, O., V.D) (1967): "Fırat havzası iştikşaf raporu". Ankara, Devlet Su İşleri Etüt ve Plan Dairesi, n.12-46A. "Aşağı Fırat Projesi iştikşaf raporu", n.12-41, Ankara, 1966.
- D.S.İ. (İNCELEME, T., V.D) (1968): "Dicle havzası iştikşaf raporu". Diyarbakır, Devlet Su İşleri X. Bölge Müdürlüğü.
- D.S.İ. (MELİKOĞLU, O., ŞAHCİHAN, S., TEKDAL, İ., ÇETİNBASA, Y., YÜKSEL, M.) (1978): "Yüksek Karababa barajı ve HES Özet Planlama Raporu". Ankara, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.
- D.S.İ. (S. UŞKAY; E. TAŞKAPILIOĞLU; N. GÜRKAN; Y. PALALI; H. TOPRAKOĞLU; A. ABİDOĞLU; B. KÖKNEL) (1980): "Güneydoğu Anadolu Projesi". Ankara, Devlet Su İşleri Etüt ve Plan Dairesi.
- D.S.İ (1983): "Atatürk Barajı Özel Sayısı (çeşitli yazılar). Ankara, "DSİ Bülteni", n.269.
- D.S.İ. (1995): "Haritalı İstatistik Bülteni". Ankara, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, n.991-VIII-177, 513 s.
- E.İ.E. (1958): "Data on Euphrates and Tigris rivers basin development plan". Ankara, Elektrik İşleri Etüt İdaresi.
- E.İ.E. (1985a): "Birecik ve Karkamış baraj ve hidroelektrik santral projeleri". Ankara, Elektrik İşleri Etüt İdaresi.
- E.İ.E. (1985b): "İlisu ve Cizre baraj ve hidroelektrik santral projeleri". Ankara, Elektrik İşleri Etüt İdaresi.
- ELECTROWATT - Tipton and Kalmbach - Societe Generale pour l'Industrie - Gizbil (1970): "Lower Fırat project feasibility report". Ankara, Devlet Su İşleri, 8 cilt.
- FİSTİKOĞLU, O.; SAF, B. (1994): "Water potential of Euphrates basin in Turkey". İzmir, Dokuz Eylül University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Civil Engineering Department, Course workshop report on transboundary river systems in "Water Resources Economics" (Lect.: Ü. Öziş & F. Türkman).
- GRUEN, G.E. (1991,rev.1992): "The water crisis: the next Middle-East conflict", Los Angeles, Simon Wiesenthal Center.
- HARMANCIOĞLU, N. (1985): "Impact of economic factors on development of the Lower Euphrates basins in Turkey. Las Vegas, Bureau of Reclamation, "Water Power 85", Sec. 44, n.2.
- HARMANCIOĞLU, N. (1993): "Large scale exploitation of water resources: case of the Southeastern Anatolia Project in Turkey. New Delhi, Indian National Institute of Hydrology & Louisiana State University, "International Conference on Hydrology and Water Resources".
- HARMANCIOĞLU, N.; ÖZİŞ, Ü. (1978): "Enerji bedellerinin değişimine Aşağı Fırat planlamasının duyarlılığı. Ankara, "DSİ Teknik Bülteni", n.42, s.3-13.
- HARMANCIOĞLU, N.; ÖZİŞ, Ü. (1981): "Enerji Bıhranı ve Atatürk Barajı. İzmir, Ege Üniversitesi, "İnşaat Fakültesi Dergisi", Atatürk'ün Yüzcüncü Doğum Yılı Özel Sayısı, s.451-474.
- HARMANCIOĞLU, N.; ÖZİŞ, Ü. (1983): "Dynamics of water resources development: Lower Euphrates case in Turkey. İstanbul, NATO Workshop, "Application of System Analysis on Water Resources Development" (ed.: M. Bayazit), R.8, 12 s.
- KARADAMUR, S.E.; HADİD, B. (1992): "Hydraulic structures on Euphrates river. Cairo, Nile Research Institute, "International Conference on Protection and Development of the Nile and Other Major Rivers", Proceedings, v.2/2, s.8-1-1 İla 14.
- KİBAROĞLU, A. (1997): "Fırat-Dicle havzasında su sorununa kapsamlı bir bakış. Manisa, Celal Bayar Üniversitesi Yüksek Öğretim Vakfı, n.1, "Sınır aşan sularımız", s.3-23.
- KLIOT, N. (1994): "Water resources and conflict in the Middle East". London, Routledge, 368 s.
- KOLARS, J. (1994): "Problems of international river management: the case of the Euphrates. Oxford, University Press, "International waters of the Middle East from Euphrates-Tigris to Nile" (ed.: Biswas, A.K.), s.44-94.
- KOLARS, J.E.; MITCHELL, W.A. (1991): "The Euphrates river and the Southeast Anatolia Development Project". Carbondale, Southern Illinois University, Water - The Middle East Imperative Series, 325 s.
- KULGA, D.; ÇAKMAK, C. (1997): "Toward sustainable water management in the Southeastern Anatolia Project (G.A.P.)". "Water Resources Development", V.13, n.4, s.541-546.
- KURT, C. (1992): "Şanlıurfa tunnel system. Trondheim, "Hydropower 92", 6 s.
- KUTAN, R. (1996): "Water disputes in middle-eastern countries. Ankara, Aydınlar Ocağı, Panel series 17, "Water conflict in the Middle East", s.33-49.
- KUZUM, L.; BOZ, B. (1997): "GAP'ta D.S.İ. faaliyetleri". İstanbul, Makina Mühendisleri Odası ve 15 Diğer Meslek Odası, "Su Kongresi ve Sergisi '97, İstanbul", s.31-42.
- NAFF, T.; MATSON, R. (eds.) (1984): "Water in the Middle East: conflict or cooperation". Boulder, Westview.
- ÖZBEK, T. (1989): "Das Südost-Anatolien-Projekt-GAP. Berlin Technische Universität, "V. Internationales Weiterbildungsprogramm, Berlin '89", H.16, s.307-317.
- ÖZDEMİR, Y. (1995): "Dicle havzasının Irak'taki su potansiyelinin belirlenmesine bir yaklaşım". İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidroloji ve Su Yapıları Bitirme Projesi, n.133 (Yön.: Ü. Öziş & T. Baran).
- ÖZDEMİR, Y. (1998): "Water potential of the Euphrates-Tigris basin in the Middle-East". İzmir, Dokuz Eylül University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Civil Engineering Department, Master thesis in hydrology and hydraulic works (Adv.: Ü. Öziş).
- ÖZDEMİR, Y., ÖZİŞ, Ü. (2000a): "Türkiye'de Aşağı Fırat'ın ve Dicle'nin güney kollarının uzun süreli akışları. İnşaat Mühendisleri Odası, Teknik Dergi, C.11, n.1, s.2075-2100.
- ÖZDEMİR, Y., ÖZİŞ, Ü. (2000b): "Long-term discharges of Lower Euphrates' and Tigris' southern tributaries in Turkey, Ankara, Chamber of Civil Engineers, "Digest 2000", p.621-625.
- ÖZEL, İ., BÜKE, M. (1985): "Türkiye enerji sisteminin temel direği: Karakaya barajı hidroelektrik santrali inşaatı. Ankara, "D.S.İ. Aylık Haber Bülteni", n.284, İç kapak

- + s. 20-28, 64-65.
- ÖZİŞ, Ü. (1982a): Aménagement de la basse Euphrate en Turquie. "Travaux", N.565, s.68-72.
- ÖZİŞ, Ü. (1982b): Ausbau des unteren Euphrat-Beckens in der Türkei. "Die Wasserwirtschaft", J.72, H.5, s.207-210.
- ÖZİŞ, Ü. (1982c): The development plan for the Lower Euphrates Basin in Turkey. "Natural Resources and Development", V.16, s.73-82.
- ÖZİŞ, Ü. (1983a): Ausbau des Westlichen Tigris Beckens in der Türkei. "Die Wasserwirtschaft", J.73, H.4, s.109-112.
- ÖZİŞ, Ü. (1983b): Development plan of the Western Tigris Basin in Turkey. "International Journal of Water Resources Development", V.1, N.4, s.343-352.
- ÖZİŞ, Ü. (1986a): Güneydoğu Anadolu Projesi, Aşağı Fırat havzası su kaynaklarının geliştirilmesi. İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Halka Açık Konferanslar Dizisi, ön baskı, 12 s.; & "Çarşamba Konferansları 1985-86", n.0900.BY.86-018, s. 162-169.
- ÖZİŞ, Ü. (1986b): Güneydoğu Anadolu Projesinin Uluslar arası boyutları. İzmir, W. E. C. Türk Millî Komitesi, Türkiye 4. Enerji Kongresi, Teknik Oturum Tebliğleri, c.1, s. 17-29.
- ÖZİŞ, Ü. (1986c): Hydropower Development in Turkey. Calcutta, Indian Journal of Power and River Valley Development, V. XXXVI, Nos. 11-12, (November-December 1986), s. 297-304.
- ÖZİŞ, Ü. (1991): Mühendislik ekonomisi açısından Güneydoğu Anadolu Projesi. İstanbul, İnşaat Mühendisleri Odası, Türkiye İnşaat Mühendisliği XI. Teknik Kongresi, C.II, s. 766-777.
- ÖZİŞ, Ü. (1992): "G.A.P. I: Güneydoğu Anadolu Projesi gelişme planı - Karakaya barajı ve santrali - Atatürk barajı ve santrali". İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, N.224, 64 s.
- ÖZİŞ, Ü. (1993): South-east Anatolian Project in Turkey. Urbana, International Water Resources Association & University of Illinois, "International Symposium on Water Resources in the Middle-East, Proceedings", p.279-284.
- ÖZİŞ, Ü. (1994a): Uluslararası açından Güneydoğu Anadolu Projesi. Salihi, Celal Bayar Üniversitesi, "1. Ulusal İnşaat ve Çevre Sempozyumu", s.370-379.
- ÖZİŞ, Ü. (1994b): Uluslararası ilişkiler açısından Fırat ve Dicle sulanının G.A.P. çerçevesinde kullanımı. İzmir, Dünya Enerji Konseyi Türk Millî Komitesi, "Türkiye 6. Enerji Kongresi", C.5, s.17-31.
- ÖZİŞ, Ü. (1994c): La gestion des bassins et d'approvisionnement en eau dans le bassin Euphrate-Tigre. Cairo, International Water Resources Association, "IWRA VIII. World Congress on Water Resources", V.2, s.(T5-S2)1.1-1.13.
- ÖZİŞ, Ü. (1994d): Le barrage Atatürk dans le contexte du projet d'Anatolie Sud-est. Ankara, "Liasion", n. 294, p.13-15.
- ÖZİŞ, Ü. (1995a): "Le projet d'Anatolie Sud-est et ses dimensions internationales". İzmir, Centre Culturel Français, Association Amicale Franco-Turque d'Ingénieurs, Sommaire de conférence, 8 s.
- ÖZİŞ, Ü. (1995b): Das Südost-Anatolien-Projekt (G.A.P.) im internationalen Masstab. İzmir, Detsches Kulturinstitut, Vortagskurzfassung, 8 s.
- ÖZİŞ, Ü. (1997a): Sınır-aşan sular ve Türkiye. İstanbul, Makina Mühendisleri Odası ve 15 Diğer Meslek Odası, İstanbul Şubeleri, "Su Kongresi ve Sergisi '97, İstanbul", s.17-30.
- ÖZİŞ, Ü. (1997b): Sınır-aşan sular ve Türkiye. Manisa, Celal Bayar Üniversitesi Yüksek Öğretim Vakfı, n.1, "Sınır aşan sularımız", s.69-97.
- ÖZİŞ, Ü. (1997c): "Güneydoğu Anadolu Projesinin tarihsel gelişimi". Eskişehir, Osman Gazi Üniversitesi - DSİ 3. Bölge Müdürlüğü, G.A.P. Paneli, Özet, 12 s. & Şanlıurfa, Devlet Su İşleri, Proje ve İnşaat Dairesi Semineri, G.A.P. Paneli, Özet, 12 s.
- ÖZİŞ, Ü. (1997d): "Sınır-aşan akarsu sistemlerinin yönetim sorunları". Eskişehir, Devlet Su İşleri - Osmangazi Üniversitesi, Su Kaynakları Yönetimi Paneli, Özet, 8 s.
- ÖZİŞ, Ü. (1998): "Güneydoğu Anadolu Projesi ve uluslararası yönleri". İzmir, Millî Kütüphane, Konferans özeti, 8 s.
- ÖZİŞ, Ü. (2000): "Türkiye açısından sınır aşan sular ve hidro-politik durum". İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, G.A.P. Semineri, 16 s.
- ÖZİŞ, Ü.; BARAN, T.; DURNABAŞ, İ.; ÖZDEMİR, Y. (1997a): Türkiye'nin su kaynakları potansiyeli. Ankara, "Meteoroloji Mühendisliği", Y.1997, n.2, s.40-45.
- ÖZİŞ, Ü.; BARAN, T.; DURNABAŞ, İ.; ŞEKER, Ş.; ÖZDEMİR, Ö. (1997b): Türkiye akarsularının su ve su kuvveti potansiyeli. Ankara, "Türkiye Mühendislik Haberleri", Y.42, n.391, s.17-26.
- ÖZİŞ, Ü.; BARAN, T.; DEMİRCİ, N. (1999a): Türkiye'de Dicle havzasındaki başlıca akım gözlem istasyonlarının aylık akışları. İnşaat Mühendisleri Odası, Teknik Dergi, C.10, n.4, s. 2029-2045.
- ÖZİŞ, Ü.; BARAN, T.; DEMİRCİ, N. (1999b): Monthly discharges at principal streamgaging stations and Tigris basin in Turkey. Ankara, Chamber of Civil Engineers, Digest '99, p. 613-616.
- ÖZİŞ, Ü.; BASMACI, E.; HARMANCIOĞLU, N. (1990): Atatürk nears completion. London, "Int. Water Power & Dam Construction", V.42, N.9, s.12-16.
- ÖZİŞ, Ü.; BASMACI, E.; HARMANCIOĞLU, N. (1992a): Atatürk hydro-power scheme on Euphrates. Vienna, Technical University, "7. International Seminar - Water Energy Plants", (Ed.: A. Königsberger, H.-B. Matthias, T. Varga), s.15-29.
- ÖZİŞ, Ü.; BASMACI, E.; HARMANCIOĞLU, N. (1992b): Wasserkraftanlage Atatürk am Euphrat. Wien, Technische Universität, "7. Internationales Seminar - Wasserkraftanlagen", (Red.: A. Königsberger, H.-B. Matthias, T. Varga), s.17-31.
- ÖZİŞ, Ü.; FİSTİKOĞLU, O.; ÇANGA, R. (2000a): Keban, Karakaya, Atatürk baraj yerlerinde aylık akışlar. Ankara, İnşaat Mühendisleri Odası, Teknik Dergi, C.11, n.1, s.2101-2119.
- ÖZİŞ, Ü.; FİSTİKOĞLU, O.; ÇANGA, R. (2000b): Monthly discharges at Keban, Karakaya, Atatürk dam sites. Ankara, Chamber of Civil Engineers, "Digest 2000", s.627-630.
- ÖZİŞ, Ü.; HARMANCIOĞLU, N. (1994): Mühendislik ekonomisi açısından Atatürk barajının planlaması. Ankara Devlet Su İşleri, 40. Kuruluş Yılı, Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı Bildirileri, c.3, s. 1269-1278.
- ÖZİŞ, Ü.; ÖZDEMİR, Y.; BARAN, T. (1997): Dicle ve kollarının İran ve Irak'taki su potansiyelinin belirlenmesi. İzmir, İnşaat Mühendisleri Odası, "Türkiye İnşaat Mühendisliği 14. Teknik Kongresi", s.565-580.
- ÖZİŞ, Ü.; ÖZDEMİR, Y.; BARAN, T.; DEMİRCİ, N.; FİSTİKOĞLU, O.; ÇANGA, R.; ÖZEN (SAF), B.; TARIYAN, Ş. (1998): Mezopotamya su potansiyelinin kestirime bir yaklaşım. İstanbul, İ.T.Ü., "11. Ulusal Hidroloji Kongresi", s.9-20.
- ÖZİŞ, Ü.; ÖZEL, İ. (1989): Karakaya dam and power plant. London, "Int. Water Power and Dam Construction", V.41, N.7, s.20-24.
- ÖZİŞ, Ü.; ŞAMİLOĞLU, C.N.; ÖZDEMİR, Y.; BARAN, T. (1997): Türkiye'deki Fırat barajlarının masraf ülkelerle masraf paylaşımı. İzmir, İnşaat Mühendisleri Odası, "Türkiye İnşaat Mühendisliği 14. Teknik Kongresi", s.591-596.
- ÖZİŞ, Ü.; TÜRKMAN, F.; BARAN, T.; ÖZDEMİR, Y. (1999): Güneydoğu Anadolu Projesi ve hidropolitik yönleri. İzmir, Mühendislik ve Diğer Meslek Odaları İzmir Şubeleri, "İzmir Su Kongresi", s. 443-462.
- ÖZİŞ, Ü.; TÜRKMAN, F.; BARAN, T.; ÖZDEMİR, Y. (2000): Güneydoğu Anadolu Projesi ve hidropolitik yönleri. "Yapı Dünyası", n.50(Mayıs 2000), s.37-47.
- ŞAHİN, M. (1989): Review and assessment of water resources in the Arab region. "Water International", v.14, n.4, s.206-219.
- STARR, J.R.; STOLL, D.C. (1987): "U.S. Foreign policy on water resources in the Middle East". Washington D.C., The Center for Strategic & International Studies, 49 s.
- STARR, J.R.; STOLL, D.C. (eds.) (1988): "The politics of scarcity: Water in the Middle East". Boulder, Westview, 198 s.
- ŞAMİLOĞLU, C. (1996): "Sınır aşan akarsularda ortak yarar sağlayan barajların Fırat örneğinde masraflarının paylaşımına bir yaklaşım". İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Ekonomisi Bilirne Projesi, n.19 (Yön.: Ü. Özış & Y. Özdemir).
- ŞEN, S. (ed.) (1993): "Su sorunu, Türkiye ve Ortadoğu". İstanbul, Bağlam, 534 s.
- TANRIVERDİ, İ. (1992): "Şanlıurfa tünelleri". Ankara, Devlet Su İşleri, 110 s. + Şekiller.
- TEKELİ, S. (1990): Turkey seeks reconciliation for the water issue induced by the Southeastern Anatolia project (GAP). "Water International", v.15, n.4, s.206-216.
- TEMELE MÜHENDİSLİK (1977): "Dicle-İlisu projesi yapılabillik raporu", Ankara, Elektrik İşleri Etüd İdaresi.
- TURAN, İ. (1993): Turkey and the Middle East: Problems and Solutions. "Water International", v.18, n.1, s.23-29.
- TÜRKMAN, F. (1993): The development plan of the trans-boundary Euphrates river. Crete, NATO, "Advanced Research Workshop on Climatic Ghanges Impact on Water Resources with Emphasis on Mediterranean Region".
- TÜRKMAN, F. (1994): G.A.P. Tarımsal üretim artışının ülke ekonomisine etkileri. Ankara, Devlet Su İşleri, 40. ıncı Kuruluş Yılı, Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı Bildirileri, c.3, s.169-177.
- TÜRKMAN, F. (1995): The development plan of the trans-boundary Euphrates-Tigris basin and enviromental considerations. Yaroslavl, NATO, ARW on Rehabilitation of Degraded Water Resources Systems.
- TÜRKMAN, F. (1998): The development plan of the trans-boundary Euphrates-Tigris basin and enviromental considerations. Dordrecht, Restoration of degraded rivers: Challenges, Issues and experiences, (Ed: D. P. Loucks), Kluwer, s.263-276.
- UNIVERSITY OF ILLINOIS (1993): "The International Symposium on Water Resources in the Middle East: Policy and Institutional Aspects, Proceedings". Urbana, University of Illinois & IWRA, 285 s. + Additional papers.
- UNIVERSITY OF WATERLOO (1992): "Conference on The Middle East Water Crisis: Creative Perspectives and Solutions". Waterloo, University's Centre on Foreign Policy and Federalism (bildirilerin bir bölümü "Water International"ın Mart 1993 sayısında yayınlamıştır).
- UŞKAY, S. (1987): Güneydoğu Anadolu Projesi D.S.İ. çalışmaları. Ankara, İnşaat Mühendisleri Odası, "IX. Teknik Kongre Bildiriler Kitabı", C.II, s.7-19.
- ÜNVER, O. (1994): Southeastern Anatolia Project (GAP) of Turkey: water resources development within the context of integrated regional socioeconomic development. Cairo, International Water Resources Association, "IWRA VIII. World Congress on Water Resources", v.2, s.(T5-S2)5.1-5.13.
- ÜNVER, O. (1997a): South-eastern Anatolia integrated development project (G.A.P.), Turkey; an overview of issues of sustainability. "Water Resources Development", V.13, n.2, s.187-208.
- ÜNVER, O. (1997b): Southeastern Anatolia Project (G.A.P.). "Water Resources Development", V.13, n.4, s.453-483.
- ÜNVER, O. (1998): "Speeches and presentation on Southeastern Anatolia Project (G.A.P.), delivered by İ.H.O. Ünver". Ankara, G.A.P. Regional Development Administration, 126 s.
- ÜNVER, O.; VORON, B. (1993): Improvement of canal regulation techniques: the South-eastern Anatolia Project -GAP. "Water International", v.18, n.3, s.157-165.
- ÜNVER, O.; VORON, B.; AKUZUM, T. (1993): Improvement of field water distribution and irrigation techniques : the Southeastern Anatolia Project - GAP. "Water International", v.18, n.3, s.166-178.
- VERBUND PLAN - Temelsu (1984): "Sınır Fırat, Birecik ve Karkamış baraj ve hidroelektrik santral projeleri yapılabillik raporu". Ankara, Elektrik İşleri Etüd İdaresi.
- WAKIL, M. (1993a): Analysis of future water needs for different sectors in Syria. "Water International", v.18, n.1, s.18-22.
- WAKIL, M. (1993b): Estimated future water balance of Euphrates River. Urbana, University of Illinois & IWRA, "The International Symposium on Water Resources in the Middle East: Policy and Institutional Aspects", Add. Paper, 7 s.
- WOLF, A.T. (1994): A hydropolitical history of the Nile, Jordan and Euphrates river basins. Oxford, University Press, "International waters of the Middle East from Euphrates-Tigris to Nile" (ed.: Biswas, A.K.), s.5-43.
- YANIK, B. (1997): "Türkiye'deki sınır aşan ve sınır oluşturan su kaynakları". İstanbul, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Yön.: İ. Avci), 177 s.
- YILMAZ, Ş.; KADILAR, R. (1997): Sınırı aşan sularımız. Manisa, Celal Bayar Üniversitesi Yüksek Öğretim Vakfı, n.1, "Sınır aşan sularımız", s.27-66.

TARIMDA SU KULLANIMI VE NEDEN OLDUĞU SORUNLAR

Filiz Türkseven
Ziraat Yüksek Mühendisi
KHGM Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü

Yaşamın vazgeçilmesi imkansız ögesidir su. Yaşam çemberini sürekli kılan döngüler vardır. Bu döngüler sayesinde doğa sürekli kendisini yeniler ve yaşamın hemen hemen her basamağında suyun rolü kaçınılmazdır. Su kendisinde hidrolojik bir döngü ile ekosistemlerde yürüyen organik, inorganik ve biyolojik olaylarda baş rolü oynamaktadır.

Bu etkin rolü nedeniyle ekosistemlerdeki su varlığını nicel ve nitel olarak etkileyen olaylar döngülerle ekosistemin tüm üyelerine yansımakta sonuçta insanda bu etkilerle yüz yüze gelmektedir.

Suyun niceliğini etkileyen olaylar suyun aşırı ve hesapsızca kullanılması sonucu ortaya çıkan olumsuzluklar ki bunlar plansız kentleşme, plansız ve hesapsız yapılan tarımsal sulama projeleri, bataklık ve sulak alanların kurutulması veya doldurulması tarıma veya arsa üretimine tahsis edilmesi gibi faaliyetlerdir.

Suyun niteliğini etkileyen olaylar ise her türlü kirleticilerdir. Bunlar kentsel ve evsel atıklar sanayi atıkları, petrol ve petrol ürünü türevleri, laboratuvar atıkları ve tarımsal drenaj sularının doğal sulara deşarj edilmesi gibi faaliyetlerdir.

Ekosistemler üzerine insan baskısı hızla artmaktadır. Günümüzde teknoloji ne kadar ilerlerse ilerlesin hala beslenme, barınma, giyinme ve hastalıklardan korunma ve ruh sağlığını sağaltan her türlü gereksinimin %90 ı doğal ekosistem servislerince sağlanmaktadır. Tatlı su kaynakları hızla tükenmekte veya geriye dönüşümsüz olarak kirlenmektedir.

Suyu çok kullanan sektörlerden biriside tarımdır. Sulama etkinliği tarımsal üretimi arttırmak için yapılması zorunlu bir işlemdir. Ancak uygulama ve yönetim hataları yapıldığında hem su varlığını heba eden hemde toprak üretkenliğini tehdit eden bir işlemdir.

Tüm dünyada su kullanımında öncelik sırası bellidir. En kaliteli su endüstriye, ikinci kalite içme ve evsel

kullanıma bunlardan artan kısımda tarıma ve sulamaya tahsis edilmektedir. Ancak ülkemizde en kaliteli su kaynaklarından sayılan yer altı suyu denetimsiz ve kaçak olarak tarımda kullanılmakta bu durum hem yer altı su varlığımızı hemde tarım arazilerini tehdit etmektedir.

Türkiye sulama teknikleri açısından dünyanın oldukça gerisinde kalmıştır. Halen sulamaya açılan alanlarda yüzey sulama yapıları tercih edilmekte drenaj hattı kurulmadan araziler sulamaya açılmaktadır. Bu iki tarafı keskin bir bıçaktır. Çiftçi eğitimi tam olmadığından sulama yanlış teknikte ve aşırı yapılmaktadır". Sonuçta hem fazla su tüketilmekte hemde siltasyon ve tuzlanma hızlanmaktadır. Bugün GAP'ta sulamaya açılan alanlarda hem yanlış ürünün devletce desteklenmesi hemde bilgisizlik sonucu 5000 Ha yakın alan tarımsal üretimin yapılamayacağı düzeyde tuzlanmıştır. Oysa Türkiye tatlı su kaynakları açısından zengin bir ülke değildir. Tarım toprakları varlığımızda doğal sınırlarına ulaşmış ve hızlandırılmış erozyon, ormansızlaşma, tarım dışı kullanım ve yanlış tarım teknikleri kullanma gibi nedenlerle giderek azalmaktadır.

Sulamada hem su tasarrufu sağlayan hemde ürüne ihtiyacı olan suyu toprak yapısınada zarar vermeden bitki kök bölgesine sağlayan basınçlı sulama sistemleri ve modern sulama teknikleri mevcuttur. Bu sistemlere geçişi hızlandırmak ve yüzey sulama yapılarını terk etmek ülkemiz su ve toprak kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından bir zorunluluktur.

Mevcut tekniklerle yapılan sulamada bitki kök bölgesinin sulanması için aşırı su kullanılmaktadır. Üstelik yüzey sulaması yapıldığı için kullanılan suyun büyük bölümü buharlaşma ile kaybolmakta ve buharlaşma sırasında oluşan kapilarite hareketi ile profildeki çözünabilir tuzlarda yüzeye taşınarak toprağı tuzlandırılmakta, çiftçide tuzdan ürünün zarar görmemesi için ikinci sulamada daha fazla su kullanmakta fazla suda daha derindeki tuzları yukarı taşımakta ve problem bir kartopu gibi giderek büyüyüp daha sonrada arazinin elden çıkmasına neden olmaktadır.

Drenaj sisteminin olduğu alanlarda aşırı sulama sonucu topraktaki besin tuzları ve toprak bünyesindeki suda çözünür elementler drenaj suyuna geçmektedir. Sulama havzası kapalı havza ise drenaj suları tekrar ana su kaynağına döndürülmekte buda suların azaldığı ve sulama ihtiyacının arttığı yaz döneminde hem kaynağın su kalitesini hemde toprağın yapısını bozmaktadır. Ürün artışını sağlamak için uygulanan aşırı gübre, hastalık ve zararlılara karşı bitkiye uygulanan tarım ilaçları sulama suları ile toprağa oradanda sulama ve drenaj suları ile su kaynaklarına hatta toprağın geçirgen olduğu alüvyial ovalarda yer altı sularına kadar ulaşmaktadır.

Yer altı sularının tarımda kullanıldığı alanlar çoğunlukla ikinci ürünün elde edilebildiği, tarımsal

potansiyelin yüksek olduğu ege ve akdeniz bölgeleri ile bazı mikro sulama alanlarıdır. Yine bu teknikte bilinçsiz ve yanlış tekniklerle sulama yapılması iç kısımlarda taban suyunun daha derinlere inmesine kıyı bölgelerinde de eksilen aküferin deniz suyu ile dolması sonucunu doğurmuştur. Oysa yer altı suları en nitelikli sular olup tarım dışı amaçlarla kullanılmalı yada rezerv olarak saklanmalıdır. Çünkü yer altı suları global ısınma sonucu çöllerleşme zonunda yer alan ülkemiz için ve kurak yıllarda baş vurulabilecek en güvenli kaynaklar olması açısından bir sigortadır.

Üretimde süreklilik esastır. Kaynakların sağlığı ve sağlıklı kullanımı geleceğimizin garantisidir. Bu nedenle tarımda önemli bir girdi olan su hem kısıtlı hemde mantıklı olarak diğer sistemlere zarar vermeden kullanılmalıdır.

Ülkemizde cumhuriyetle başlayan sulama yatırımlarının günümüzdeki durumuna bakılacak olursa tablonun yukarıda açıklanan vahim tabloyu desteklediğini görebiliriz.

1999 yılı verileri ile DSİ, KHGM ve halkın kendi imkanları ile sulamaya açtığı brüt sulanabilir arazi 4 530 125 ha olup bu toplam sulanabilir arazilerimizin (8.5 milyon ha) %53.3 ünü oluşturmaktadır.

Sulan alanların 2 202 562 ha DSİ tarafından inşaa edilerek işletmeye açılmıştır. Bu alanların 1 781 856 ha yerüstü, 420 706 ha ise yeraltı su kaynakları ile sulanmaktadır. İşletmeye açılan alanların 313 452 ha DSİ tarafından, 1 545 200 ha sulama birlikleri tarafından ve 343 910 ha da sulama kooperatifleri tarafından işletilmektedir.

Kağıt üzerinde sulamaya açılan bu alanların tamamının sulanamadığı gözlenmiş ve 1999 yılında yapılan bir değerlendirme çalışması ile rapor edilmiştir. Bu rapora göre; DSİ'ce sulamaya açılan 247 699 ha alanın 144 914 ha'nın çeşitli nedenlerle sulanamadığı bildirilmiştir. Sulanamama nedenleri 9 grup altında toplanmıştır. Sulanamayan alanların %6 sında su kaynağı yetersizliği nedeniyle, %9 da sulama tesisi eksikliği nedeniyle, %6 sında topoğrafya nedeniyle, %6 sında taban suyu yüksekliği, tuzluluk, sodyumluluk, gibi drenaj sorunları nedeniyle, %2 sinde bakım onarım yetersizliği nedeniyle, %15 inde nadas uygulaması yapılması nedeniyle, %29 da yağışların yetersiz olmasından dolayı, %23 ünde ekonomik ve sosyal nedenlerden dolayı arazinin boş bırakılmasından dolayı, %4 ünde ise çayır mer'a, su kirliliği, tarım arazilerinin yerleşime ve sanayiye tahsis edilmesinden dolayı sulamanın yapılamadığı tesbit edilmiştir.

Yine DSİ'ce sulamaya açılıp çeşitli kuruluşlara devredilen 1 889 110 ha arazinin %23 ünü oluşturan 436 578 ha alandada benzer nedenlerden dolayı sulamanın yapılamadığı tesbit edilmiştir.

Çeşitli kuruluşlarca devralınan ve sulanamayan alanlardaki dağılımda şöyledir. Sulanamayan arazilerin %4 ünde su kaynağı yetersizliğinden dolayı, %8 inde

drenaj problemlerinden dolayı, %1 inde bakım ve onarım yetersizliğinden dolayı, %5 inde arazi topoğrafyasının uygun olmamasından dolayı, % 30 da yağışların yetersizliğinden dolayı, %10 unda nadas uygulamaları nedeniyle, %14 ünde ekonomik ve sosyal nedenlerle arazilerin boş bırakılmasından dolayı, %19 unda ise çayır mer'a, su kirliliği, tarım arazilerinin yerleşime, sanayiye ve turizme tahsis edilmesinden dolayı tarım dışına çıkması nedeniyle sulama yapılamamaktadır.

Günümüze değin yapılan sulama projelerinin %95'i yüzey sulama yöntemi ile sulanmakta olup buda sulama randımanını zaten % 50 düşürdüğü biliniyorsa ve raporda belirtilen rakamlara göre DSİ'ce sulamaya açılan 2 202 562 ha alanın 581 492 ha hiç sulanamamakta ise, 968 791 ha da sulama oranı %50 ise ve geri kalanının büyük bir kısmında sulama randımanı düşük yöntem kullanıldığı biliniyorsa tarımsal amaçlı sulamadaki sorunlarımızda dağ gibi ortadadır.



Sulamanın yapılamama nedenlerine bakılacak olunursa, politik kaygılarla sulanması ekonomik olmayan alanların sulamaya açıldığı, sulamaya uygun ancak farklı geçim kaynaklarına sahip halkın bulunduğu veya kente göçün yoğun olduğu alanlara yatırım yapıldığı, su kaynaklarının ve uzun yıllar verilerinin yetersizliği ve sağlıksızlığından kaynaklanan su kaynağı yetersiz projelerin uygulandığı, sulamaya açılan bir bölgede nadas uygulaması gibi çiftçi eğitimi noksanlığı ve tesislerin çiftçilerce benimsenememesinden kaynaklanan tesis yıpranmaları göze çarpmaktadır. Kuşkusuz en kötüsü devletin yatırım yapıp sulamaya açtığı alanları tarım dışına çıkartıp başka sektörlere tahsis ederek, tarım dışına çıkarmasıdır. ¹

KAYNAKÇA

1. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllıkları 1998-1999. KHGM yayını.
2. ÖZÇELİK A. ve ark: Türkiye'de Sulama İşletmeciliğinin Gelişmesi Yönünde Şebekelerin Birlik ve Kooperatiflere Devri ile Su Fiyatlandırma Yöntemlerinin İyileştirilmesi Olanakları. TEAE. 1999. ANKARA.
3. GÜNGÖR Y., ERÖZEL Z.; Sulama. AÜZF yayını NO:1443, Ders kitabı: 424, 1996. ANKARA.
4. DSİGM; 1999 yılı DSİ'ce İşletilen ve Devredilen Sulama Tesisleri Değerlendirme Raporu, 2000. ANKARA

YERALTISUYU, KALİTESİ VE SAĞLIK

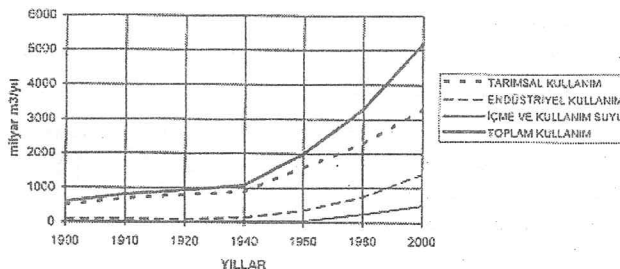
Serdar BAYARI
Nur ÖZYURT
Müfit Ş. DOĞDU
Alparslan ARIKAN

Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Hidrojeoloji Mühendisliği ABD

Giriş

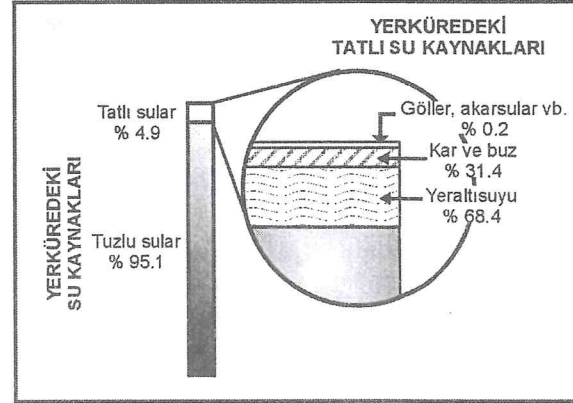
Günlük yaşantımızın vazgeçilmez bir parçası olan suyun bir gün tükenebileceği hemen hiç aklımıza gelmez. Denizler, atmosfer ve karalar arasında gerçekleşmekte olan hidrolojik çevrim içinde karasal su kaynaklarını kapsayan yüzey ve yeraltı suları sürekli olarak yenilenmektedir. Bununla birlikte, her yıl yenilenen su miktarının kabaca sabit kalmasına karşın, ihtiyaç duyulan su miktarı nüfus artışı, tarımsal ve endüstriyel üretimde su kullanımının yaygınlaşması vb. gibi nedenler ile her geçen yıl artmaktadır. Yapılan tahminler; 1990 yılında 5.29 milyar kişi düzeyinde olan dünya nüfusunun 2050 yılında 10.6 milyar kişiye ulaşacağını göstermektedir (Postel, 2000). Nüfus artışının yanısıra, yükselen yaşam standartları kişi başına su tüketim miktarının nüfustan daha hızlı bir biçimde artmasına neden olmaktadır. Tüm bu nedenlerle, 1950'den günümüze değin dünyadaki su kullanımı üç katına çıkmış, 5 trilyon m³/yıl düzeyine ulaşmıştır (Şekil 1).

Hidrolojik çevrimin atmosfer dışında kalan hidrosfer ve litosfer bölümlerinde bulunan toplam 1.3060.000.000 km³ düzeyindeki suyun % 95.1'i pratik olarak kullanılması mümkün olmayan deniz suyundan oluşmaktadır. Günümüzde mevcut ve yakın gelecek için öngörülen teknolojiler ile deniz suyunun tuzdan arıtılarak kullanıma kazandırılması pratik ve ekonomik bir seçenek olarak görünmemektedir. Diğer bir deyişle, gözle görülür bir gelecek içinde yüzey ve yeraltısularının



Şekil 1: Dünyada su kullanımının artışı (Postel, 2000).

kullanılabilir tek tatlı su kaynağını oluşturacakları anlaşılmaktadır. Yerkürede mevcut tüm suların %4.9'u düzeyindeki tatlı suların %68.4'ü yeraltısuyu, %0.2'si göl ve akarsular, geri kalan %31.4'ü ise kar ve buzlar'dan oluşmaktadır. Bu değerler doğrudan kullanılabilir en büyük su kaynağının yeraltısuyu olduğunu göstermektedir.



Şekil 2: Yerküredeki su kaynaklarının dağılımı (Postel, 2000).

Yeraltısuyu kaynakları (su taşıyan jeolojik birimler: akiferler) akarsu ve göller gibi yüzeysuyu kaynaklarına oranla daha fazla miktarda tatlı su içermelerinin yanısıra fiziksel ve kimyasal özelliklerinin zamanla fazla değişmemesi gibi endüstriyel ve tarımsal kullanım açısından önem taşıyan üstünlüklere de sahiptirler. Öte yandan, meteorolojik şartlardaki değişimlere gecikmeli tepki vermesi nedeniyle yeraltısuyu ardışık kurak yıllar süresince azalan ya da tükenen yüzey suyu kaynakları dışındaki başlıca su rezervini de oluşturmaktadır. Yeraltısuyunun yüzey suyuna karşı önemli üstünlüklerinden birisi de atmosferik kirlenmeden gecikmeli olarak etkilenmesidir. Örneğin, bir radyoaktif serpinti sonrası baraj, göl ve akarsu gibi tüm yüzey suyu kaynakları kullanılamaz duruma gelirken, özellikle derin kökenli yeraltısuları acil su rezervi olarak uzun yıllar boyunca kullanılabilirler.

Tüm üstünlüklerine karşın, yeraltısuyunun değeri ve önemi hakkında toplumsal bilinç hemen hiç bir ülkede yeterli düzeye ulaşmadığından, bu doğal kaynak miktar ve kalite açısından ciddi tehdit altında bulunmaktadır. Bugün, ülkemizde de hemen her alanda olduğu gibi yeraltısuyu kullanımı son derece plansız ve denetimsizdir. Bu durumun sonucu olarak da yeraltı suyu kaynaklarımız her geçen gün daha da azalmakta ve herşeyden önemlisi kirlenmektedir. Beslenme-çekim dengesine özen gösterilmediğinden geçtiğimiz 30 yıllık süre içinde ülkemizdeki pek çok ovada yeraltısuyu seviyelerinde 50 m' ye ulaşan azalmalar gerçekleşmiştir. Yeraltısuyu kaynaklarımızın aşırı tüketimi, getirilecek sınırlamalar ile yakın dönemde çözülebilecek bir

sorun olmakla birlikte, kirlenme orta ve uzun dönemde insan sağlığını tehdit edecek kadar ileri boyutlarda bir sorun olmaya adaydır. Bu kaynaktan sürekli olarak yararlanabilmek ancak yeraltısuyu rezervuarının kendisini yenilemesini sağlayacak şekilde dengeli bir biçimde kullanımının yanısıra kirlenmemesi ile mümkün olacaktır. Bu nedenle su kaynakları ile ilgili planlamalarda mevcut su miktarının yanı sıra su kalitesinin korunmasına etkiyen faktörler de dikkate alınmalıdır.

Yeraltısuyu Kirliliği

Yeraltıları, yüzey sularına oranla kirlenme etkilerinden bağıl olarak daha uzak ve korunaklıdır. Bu durum, yüzeyden itibaren süzülerek derinlere, yeraltısına doğru ilerlemekte olan suların içerdikleri fiziksel, kimyasal ve biyolojik bileşenlerin bir bölümünü tutulma ve filtrelene gibi süreçlerle içinden geçilen ortama bırakmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, ortamın direncinden dolayı yeraltındaki akış hızının oldukça yavaş olması bu süreçlerin daha etkili olmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte gerek doygun olmayan zonun ve gerekse yeraltısuyu içeren doygun zonun doğal arıtma kapasitesi sınırlı olup, her kirlenme bu kapasitenin bir kısmını doldurmakta, kirlenme derişiminin yüksek olması durumunda ise yeterli arıtma sağlanamamaktadır. Öte yandan, doygun olmayan zonda ya da akiferi oluşturan jeolojik malzeme üzerinde tutulan kirlenme ajanlarının bir bölümü ise zamanla suya karışarak kirlenme süresinin uzamasına neden olmaktadır. Kirlenmiş bir akiferin doğal süreçler ile temizlenmesi çoğunlukla onlarca yada yüzlerce yıllık bir zamana yayılabilmektedir.

Yeraltısuyu Kirliliği ve Sağlık

Yeraltısuyuna doğal ya da doğal olmayan yollarla karışan her türden fiziksel, kimyasal ve biyolojik katkı bileşenlerinin sudaki derişimleri kullanımı ya da insan sağlığını tehdit eder boyutlara ulaştığında "kirlenme" olarak kabul edilmektedir (Freeze and Cherry, 1979). Bununla birlikte yüzey ya da yeraltı sularında beklenen su kalite kriterleri kullanım amaçlarına ve uygulandıkları ülkelere göre farklılık göstermektedirler. Örneğin, Dünya Sağlık Örgütü uluslararası içme suyu standardına göre içme suyunda izin verilen en yüksek sülfat derişimi 200 mg/l iken aynı örgütün Avrupa ülkeleri için öngördüğü standartta bu değer 250 mg/l olarak verilmektedir. Öte yandan, kullanılabilir su bolluğu da kirlenme derişim sınırının belirlenmesinde etkili olabilmektedir. Hem miktar hem de kalite açısından su sıkıntısının yaşandığı ülkelerde kirlenme kalite sınır değerleri daha yüksek tutulmaktadır. Ülkemizde de içme sularında aranan fiziksel ve kimyasal özellikler çeşitli standartlar ve yönetmelikler ile belirlenmiştir (örğ. TS-266 İçme-Kullanma Suyu Standardı). Söz konusu standart ve yönetmeliklerin varlığına karşın, topluma sağlanan içme suyu kalitesinin düzenli olarak denetlenmesine yönelik uygulamalar ülkemizde henüz olması gereken düzeye

ulaşmamıştır. Çoğunlukla içme sularının içerdiği sağlık riskinin kontrol edilmesinden anlaşılan su ile taşınan mikrop içeriğinin kontrol edilmesi şeklinde olup, inorganik ve sentetik organik kimyasallardan kaynaklanabilecek riskler hemen her zaman göz ardı edilmektedir. Bu tür kontroller yalnızca büyük şehirlerde belirli düzeylerde yapılmaya çalışılmakta, bunların dışındaki yerleşimlerde ise denetimler çoğunlukla mikrobiyal unsurların varlığının araştırılması ile sınırlı kalmaktadır. Bu durumun başlıca nedeni, içme suyu analiz maliyetlerinin yüksekliğidir. Örneğin, ABD Çevre Koruma Örgütü'nün (EPA) içme suyu kalitesinin kontrol edilmesi amacıyla incelenmesini önerdiği fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik parametrelerin tek bir su örneği için analiz maliyeti 1700 ABD Doları dolayındadır. Üstelik bu analizlerin içme suyunu kullanan yerleşimin büyüklüğü ile artan zaman sıklığında tekrarlanması da gerekmektedir. Sağlık açısından içme suyu kalitesi denetim maliyetinin ne denli yüksek olduğu dikkate alındığında en akılcı yaklaşımın içmesuyu kaynaklarının korunmasına ağırlık vermek olduğu anlaşılmaktadır. Öte yandan, etkili bir koruma için korumayı gerekli kılan tehdit unsurlarının ve bu unsurların ne şekilde tehdit oluşturduklarının bilinmesi gerekmektedir. Tanımlanmayan bir tehdide karşılık önlem alınması mümkün değildir. Bu konuda da maalesef ulusal bilinç ve sorumluluk düzeyimiz oldukça düşük seviyelerdedir. Yazının bundan sonraki bölümlerinde diğer kullanım alanlarının yanısıra değerli bir içme suyu kaynağı olan yeraltısuyunun nasıl ve hangi yollarla kirlendiğine ilişkin örnekler verilerek ülkemizin içinde bulunduğu durum açıklanmaya çalışılacaktır.

Yeraltı Suyu Kirliliğinin Kaynakları

Yeraltısuyu kirliliğine neden olan kirlenme kaynakları çok çeşitlidir (Şekil 3). Fosseptik kuyulardan, katı atık depolama alanlarından, yüzey ve yeraltı depolama tanklarından, akaryakıt vb boru hatlarından sızma, nakliye sırasındaki dökülme, karayollarının tuzlanması önlem için tuzlanması, madencilik faaliyetleri, tarımsal amaçlı kimyasalların aşırı kullanımı, gibi süreçler yeraltısuyu kirliliğine neden olan başlıca kaynakları oluşturmaktadır. Kirliliğine neden olan faaliyetlerden bir kısmının kirlenme kaynağı olarak yeraltıları üzerindeki etkilerinin kolaylıkla öngörülebilmesine karşın, bir kısım diğer kirlenme kaynaklarının etkisi genellikle önemsenmemektedir. Örneğin; çöp depolama alanları ve septik kuyulardan sızmanın yeraltısuyunu kirlendiğinin bilinmesine karşın, tarımsal amaçlı kimyasal kullanımının, besiciliğin yada akaryakıt istasyonlarından sızmanın yeraltıları üzerindeki olumsuz etkileri çoğunlukla fazla dikkat çekmemektedir. Oysaki göz ardı edilen kirlenme kaynaklarının yeraltıları üzerindeki tehdidi giderek artmakta olup, yakın gelecekte birincil tehdit unsuru haline gelmeleri şaşırtıcı olmayacaktır. İleriki bölümlerde başlıca kirlenme kaynaklarının yeraltıları üzerindeki etkileri açıklanmaktadır.

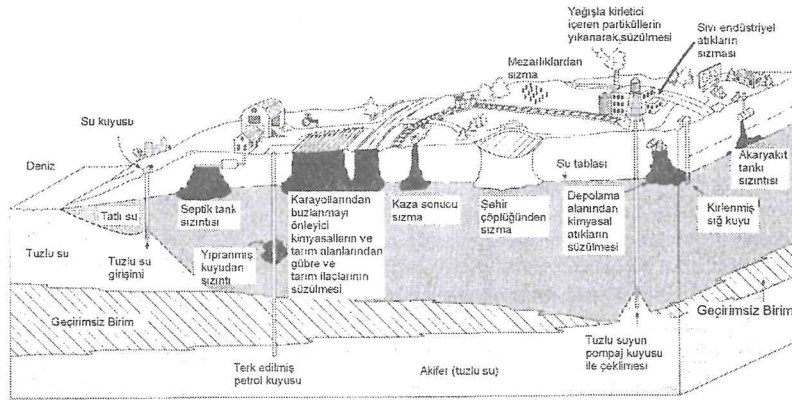
Yüzey ve Yeraltı Depolama Tankları ve Boru Hatlarından Sızıma

Petrol ürünleri ve sıvı kimyasalların depolanması amacıyla yüzey ve yeraltı tankları yaygın olarak kullanılmaktadır. Gözle izlenebilmeleri nedeniyle yüzey tanklarından oluşan akaryakıt yada kimyasal madde sızıntılarının belirlenmesi ve engellenmesi daha kolaydır. Buna karşın yaygın olarak akaryakıt istasyonlarında kullanılan yeraltı tanklarından ve petrol boru hatlarından sızıntı olup olmadığının anlaşılması ve eğer varsa sızıntı yerinin belirlenmesi oldukça güçtür. Periyodik olarak yapılacak basınç testleri, akışkan seviye ölçümleri ve akışkan giriş-çıkış miktar karşılaştırmaları ile bile küçük miktardaki sızıntıların belirlenmesi her zaman mümkün olmamaktadır. Tanklarından yada boru hatlarından sızan 1 litre akaryakıtın bir ailenin 3 yıllık su gereksinimine eşdeğer 1 milyon litre yeraltısuyu kirletebileceğinin bilinmesi tehdidin büyüklüğü hakkında yeterli fikir vermektedir. Suya göre düşük yoğunluğundan dolayı akaryakıtı yeraltısuyu üzerinde yüzerek hareket etmekte, yüzeye yakın kesimlerde ise buharlaşarak yeryüzeyine ulaşabilmektedir. Yeraltısuyundaki akaryakıt, suyun görüntü ve kokusunu bozmasının, içerdiği kimyasal türler nedeniyle zehirleyici ve kanserojen etkiye sahip olmasının yanı sıra toplandığı noktalarda da buharlaşma yoluyla patlama ve yangın riski yaratmaktadır. ABD’nde akaryakıt istasyonundaki tanklardan sızarak yeraltısuyu ile taşınan benzinin buharlaşarak yakın dolaydaki konutların bodrumlarında birikmesi sonucunda oluşan infilak ve yangın vakaları saptanmıştır. Benzer riskin, metro gibi yeraltı ulaşım sistemleri içinde geçerli olduğu anlaşılmaktadır. ABD’nde yüzyılın başından itibaren işletmeye açılan fakat daha sonra kapanan ve yerleri belirlenemeyen 300,000 dolayında istasyona ait akaryakıt tankları halen yeraltında olup, yeraltısuyu kirletmeye devam etmektedir. Bu nedenle, pek çok gelişmiş ülkede yaklaşık 15 yıl içinde paslanmaya başlayan çelik tanklar yerine sentetik malzemelerden yapılmış tankların kullanılmasına başlanmıştır. Ülkemizde, gömülü akaryakıt tanklarından kaynaklanabilecek yeraltısuyu kirliliğinin kontrolü konusunda sistematik önlemlerin alınması henüz gündeme dahi gelmemiştir.

Buzlanmaya Karşı Tuz Kullanımı

Kış aylarında güvenli karayolu ulaşımının sağlanabilmesi için yolların buzdandan arındırılmasının

gerekliliği tartışılmaz. Buzlanmayı önlemek için tuz (NaCl) kullanımı 1930’lu yıllardan itibaren yaygın olarak uygulanmaktadır. Bununla birlikte, tuzun çözünmesi ile oluşan tuzlu çözeltinin nihai durağı hemen her zaman yeraltısuyu olmaktadır. Tuzlu suyun içerdiği klorürün akifere ulaşması durumunda bu bileşenin ortamdaki uzaklaşmasını sağlayacak hemen hiç bir kimyasal süreç bulunmadığından yeraltısuyunda birikmesi kaçınılmaz bir sonuçtur. Klorür içeriği yüksek yeraltısuyunun ise ne içme ne de tarımsal vb amaçla kullanılması mümkün değildir. ABD’nde 1993 yılında alınan bir kararla, karayollarındaki buzlanmayı önleyici tuz kullanımını yeraltısuları açısından kirletici bir uygulama olarak kabul edilmiştir. Kalp ve dolaşım sistemi üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı yüksek düzeyde sodyum ve klorür içeren suların tüketilmesi arzu edilen bir durum değildir. Anılan amaçla tuz kullanımının ters etkilerinden birisi de yol kenarlarındaki bitki ve ağaçların kısa-orta vadede ölmesidir. Buzlanmayı önleyici tuz kullanımının neden olduğu kayıpların,



Şekil 3: Başlıca yeraltısuyu kirliliği kaynakları (Fet-

sağladığı faydalardan daha çok olduğunun fark edilmesiyle birlikte pek çok gelişmiş ülkede bu yöntem terk edilmeye başlanmıştır, tuz yerine daha az zararlı yada zararsız görünen kimyasalların kullanılması yoluna gidilmiştir. Söz konusu kimyasalların tuzdan daha pahalı olmaları, tuzun özellikle gelişmekte olan ülkelerde bir süre daha kullanılmaya devam edeceğini göstermektedir. Bu durumda akılcı çözüm, ancak çok gerekli durumlarda ve gereken düzeyde tuz kullanımı olmalıdır. Bu kapsamda, tuz kullanımının -10°C 'nin altındaki sıcaklıklarda işlevsiz olduğu ama, bu koşulların etkili olduğu pek çok yerde tuz kullanılmaksızın karayolu ulaşımının sağlanabildiği unutulmamalıdır. Buzlanmayı önleyici tuz yeraltısuyu üzerinde en büyük zararı depolandığı alanlarda vermektedir. Beton ve metal üzerindeki olumsuz etkilerinden ve ucuz bir madde olmasından dolayı buzla mücadele için hazırlanan tuz stokları açık arazide depolanmakta, bu durum da çözünürlüğü yüksek olan bu kimyasalın yağış suyu ile temas sonucunda hızla yeraltısuyuna karışmasına neden olmaktadır.

Çöp Depolama Alanlarından Süzülme

Oldukça yaygın bir uygulama olan evsel ya da endüstriyel atıkların yüzeyde depolanması yeraltısuyu kirliliğinin başlıca nedenlerinden birisidir. Yüzeyde depolanan atıkların içerdiği çözünmüş kimyasallar ya da yağış suyu ile çözünen katı kirleticiler süzülerek ve nihai olarak yeraltısuyuna ulaşırlar. Bu durum, depolama alanları çevresinde yeraltısuyunun kirlenmesine neden olduğu gibi depolama alanı altındaki jeolojik malzeme de kirletici türlerce zenginleşmektedir. Dolayısıyla depolama alanından kirletici süzülmesinin kesilmesinden yıllarca sonra bile jeolojik malzemece tutulan kimyasallar yeraltısuyunu kirletmeye devam etmektedir. ABD’nde yüzeyde arsenik depolamasının yapıldığı bir bölgede depolamanın durdurulmasından 40 yıl sonra bile yeraltısuyunda insan sağlığını tehdit eder düzeyde arsenik bulunduğu belirlenmiştir. Atık depolamasının yeraltısuyunu kirletme riskini azaltmak için özenle seçilmiş yerlerde, planlı depolama alanları oluşturulmalıdır. İyi planlanmış bir atık depolama alanında; doğal hidrojeolojik yapıdan kaynaklanan riskler en düşük düzeyde olmalı, depolama alanı tabandan ve yüzeyden etkin biçimde yalıtılmalı ve oluşacak sızıntıları toplayacak drenaj sistemi bulunmalıdır. Bu özellikleri barındıran depolama alanlarının ülkemizde ancak son yıllarda, yalnızca büyük şehirlerde uygulanmaya başlandığı gözlenmektedir. İrili ufaklı pek çok yerleşimde ise sorununun henüz farkına dahi varılmamıştır. Sorun, depolama alanı için uygun yer seçimi yapıp depolamaya başladıktan sonra da çözümlenmiş olmamaktadır. Söz konusu alanlarda depolamanın yeraltısuyu sistemi üzerindeki etkilerinin sürekli olarak gözlenmesi de gerekmektedir. Günümüzde, gelişmiş ülkelerde mezarlıklar da birer atık alanı olarak değerlendirilmeye başlanmış olup, yeraltısuyu sistemi üzerindeki kirletici etkilerinin dikkate değer düzeyde olduğu saptanmıştır.

Deniz Suyu Girişimi

Sahil akiferlerinden doğal beslenme dengesini bozacak biçimde aşırı su çekimi deniz suyunun karın iç kesimlerine doğru ilerleyerek yeraltısuyunu tuzlandırmasına neden olmaktadır. Deniz suyu ile kirlenmiş bir akiferin doğal beslenme ile tekrar eski kalitesine kavuşabilmesi için geçmesi gereken sürenin 300 ile 750 yıl arasında olduğu belirlenmiştir (Appelo and Postma, 1994). Deniz suyu girişimi yoluyla sahil akiferlerinin tuzlanması ülkemizdeki en yaygın ve önemli kirlilik sorunlarından birisidir. Tatil sitelerin inşa edilmesi amacıyla kıyı alanlarına yönelik özellikle bu yerleşimlerdeki peysaj amaçlı su gereksiniminin artmasına neden olmuş, bu durum da beraberinde yoğun ve kontrolsüz yeraltısuyu çekimine neden olmuştur. Bu yolla üretilen yeraltısuyuna hemen hiç bir zaman bedel ödenmemesi de tüketimin ve buna bağlı deniz suyu girişiminin, diğer bir deyişle

yeraltısuyu kirliliğinin artmasına neden olmuştur. Bu alanlarda, mevcut denetimsizliğin devam etmesi durumunda yakın gelecekte kirliliğin giderilmesi ekonomik ve pratik açıdan uygulanamaz boyutlara ulaşacaktır. Nitekim, günümüzde kıyıya yakın açılan kuyularda yeraltısuyu hızla tuzlanmakta, sorunun çözümü için yakın zamanda yeni kuyuların açılması ile sorun daha da derinleştirilmektedir.

Septik Kuyulardan ve Besi Çiftliklerinden Sızma

Kanalizasyon sisteminin olmadığı dağınık yerleşimlerden oluşan yörelerde evsel sıvı atıkların uzaklaştırılması için kullanılan başlıca yöntem septik çukurların kullanılmasıdır. Dağınık yerleşimlerde yeraltısuyu kirliliği açısından genellikle önemli bir sorun yaratmayan septik çukurlar, yerleşimin yoğunlaşması ile birlikte ciddi birer kirlilik kaynağı olmaya başlamaktadırlar. Septik çukurlar, özellikle su kaynaklarına yakın ve akış yukarı konumda inşa edildiklerinde su ile taşınan tifo, kolera, sarılık vb gibi pek çok hastalığın nedenidirler. Bu nedenle, gerek toplum sağlığı ve gerekse yeraltısularının kirlilikten korunması için septik çukurların kurallara uygun biçimde ve konumda inşa edilmesi gerekli olup, bu konuda ilgili toplum kesimlerinin hızla bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Öte yandan, yoğunlaşmaya başlayan yerleşimlerde septik çukur uygulamalarından vaz geçilerek, kirletici atıkları uygun ortamlara iletecek kanalizasyon şebekelerinin inşa edilmesi de öncelikli bir hedef olmalıdır.

Yeraltısuyu kirliliğinin önemli nedenlerinden birisi de besi çiftliklerinde üretilen hayvan dışıklarının düzensiz biçimde depolanması ya da yüzeye yayılmasıdır. Orta ölçekli bir besi çiftliğinde üretilen günlük hayvan dışkısı miktarı tonlarla ifade edilebilmekte olup, bu tür işletmelerin belirli alanlarda yoğunlaşması sorunu daha da büyütmektedir. İngiltere’de besi çiftliklerindeki hayvan dışıklarının yüzeye yayma ve suyla karıştırılarak tarımsal alanlarda sıvı gübre biçiminde kullanılmasının bir sonucu olarak günümüzde yeraltısularının önemli bir bölümünde nitrat kirliliği oluşmuş bulunmaktadır. Nitrat içeren yeraltısularının akarsular ve göllere ulaşması ile bu alanlarda sucul yaşam da olumsuz etkilenmiş ve bazı alanlarda yok olma noktasına gelmiştir. İçmesuyunun 40mg/l’nin üzerinde nitrat içermesi ciddi sağlık sorunlarının habercisidir. Bu düzeydeki nitrat kanın oksijen taşıma kapasitesinin engellenmesi yoluyla özellikle bebeklerde kalıcı gelişim bozukluğuna neden olabilmekte, uygun diğer organik kimyasalların var olması durumunda ise kanserojen nitroamin bileşiklerinin oluşmasına neden olmaktadır.

Tarımsal Amaçlı İlaç ve Gübre Kullanımı

Daha verimli ürün yetiştirme amacıyla tarım ilacı ve gübre kullanımının yaygınlaşmasına bağlı olarak

bu kimyasalların yeraltısuyuna geçişi de hızlanmıştır. Potasyum ve azot bileşikleri içeren gübrelerin yanısıra özellikle bölgeler ve zararlı ot mücadelesinde kullanılan tarımsal kimyasalların hemen tümü sağlığa zararlı bileşikler içermektedirler. Öte yandan, bu bileşiklerin bir bölümü kimyasal açıdan oldukça dayanıklı olup, onlarca yıl bozunmadan toprakta ve suda barınabilmektedirler (örge: DDT). Tarım ilaçlarının bu kalıcı zararlı etkilerinin sınırlandırılması amacıyla son yıllarda daha kolay bozunabilen kimyasalların kullanılmasına karşın bunlar da sağlığa zararlı yan ürünler (arsenik, civa vb) içermektedirler. Tarım ilaçlarının bir çoğu kimyasal özellikleri nedeni ile ince taneli jeolojik malzeme yüzeylerine tutunmaktadır. Bu durum kısa dönemde yeraltısuyuna ulaşan kimyasal madde miktarını azaltmasına karşın, ilaç ya da gübre kullanımına son verilmesinden yıllar sonra bile söz konusu kimyasalların yavaş yavaş yeraltısuyuna geçmesine neden olmaktadır. Tarım ilaçları ve gübreden kaynaklanan yeraltısuyu kirliliği büyük oranda bu kimyasalların bilinçsizce ve gereğinden çok fazla miktarda kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle, ilaç kullanımından sonra gereğinden fazla sulama yapılması kullanılan kimyasalların etkisini azalttığı gibi, yeraltısuyuna geçiş hızlarını da artırmaktadır. Bu tür kirliliğin mümkün olan en alt düzeye indirilebilmesi için gözetim altında, kontrollü biçimde kullanılmalarının sağlanması, gereksiz durumlarda kullanılmalarının ise engellenmesi gerekmektedir.

Atmosferik Kirleticilerin Süzülmesi

Otomobil egsoz emisyonları, fabrika dumanları, açık yakma işlemleri, döküm ve diğer endüstriyel süreçler atmosferik kirlenmenin başlıca kaynaklarıdır. Atmosferik kirleticiler hem soluduğumuz havada, hem de içtiğimiz suda karşımıza çıkabilirler. Bu tür kirlenme atmosfer ile sınırlı olmayıp, yayılan gazların yağışla çözünmesi sonucu oluşan asidik bileşikler kısa zamanda yeryüze ulaşarak yeraltısuyuna sızmaktadır. Diğer yandan, yağış suyu ile temas sonucu çözünen partikül şeklindeki kirleticiler de benzer bir süreçten geçerek kurşun, asbest, antimon vb elementleri içeren kimyasalların yeraltısuyuna taşınmasına neden olmaktadır.

Endüstriyel Atıklar Yoluyla Kirlenme

Endüstriyel atıklar yeraltısuyunun başlıca kirlilik kaynaklarından birisidir. Endüstriyel atıkların imhası ya da arıtılması üretim maliyeti üzerine önemli bir yük getirdiğinden, günümüzde pek çok işletme arıtmadan kaçınmakta ya da mümkün olan en sınırlı düzeydeki arıtma ile yetinmektedir. Arıtma maliyeti nedeniyle yasal zorunluluklar nedeniyle kurulmuş olsalar bile arıtma tesislerinin gereken biçimde ve

sıklıkta kullanılmadıkları da gözlenmektedir. Sıvı atıkların doğrudan yeryüzeyine ya da yakın akarsulara boşaltılmasıyla yeraltısuyuna ulaşan kirleticilerin bir kısmı su ile taşınmakta, diğer bir kısmı ise jeolojik malzeme üzerinde tutulup zamanla serbest bırakılarak kirliliğin uzun süreye yayılmasına neden olmaktadır. Endüstriyel atıkların yeraltısuyu üzerindeki olumsuz etkilerinin saptanmasından sonra bu tür tesislere arıtma zorunluluğu getirilmiş olmakla birlikte geçmişte gerçekleşen kirlilik halen etkili biçimde devam etmektedir. Günümüzde, anılan türden kirliliğin giderilmesine yönelik mühendislik uygulamaları başta ABD olmak üzere pek çok gelişmiş ülkede önemli bir iş kolu haline gelmiştir. Endüstriyel faaliyetlere bağlı yeraltısuyu kirliliğinin diğer türlerinden birisi de maden işletmelerinin drenaj suyundan kaynaklanmaktadır. Yüzey ya da yeraltında olsun tüm maden işletmelerinde bir biçimde drenaj sorunlarıyla karşılaşmakta ve bu sular çoğunlukla kontrolsüz biçimde civar akarsulara boşaltılmaktadır. Genellikle akarsuların yaz aylarında yeraltısuyunu beslemesi nedeniyle taşınan kirleticiler nihai olarak yeraltısuyuna aktarılmaktadır. Bu kapsamda, temiz ve zararsız bir enerji türü olarak tanımlanan jeotermal akışkanlarında yüksek miktarda metalik kirleticiler içerdikleri ve civar akarsulara boşaltıldıklarında yüzey ve yeraltısularını kirlittiklerinn de bilinmesi yararlı olacaktır.

Sonuç

Değerli bir yaşamsal kaynak olan yeraltısuları günlük yaşantımızda olumsuz etkileri bilinen ve bilinmeyen pek çok faaliyet sonucunda sürekli olarak kirlenmektedir. Yerküredeki en büyük tatlı su kaynağını oluşturan yeraltısularının korunması en az bu rezervleri planlı kullanmak kadar önemlidir. Yeraltısuyu kirliliğini önleme çabalarının getireceği maliyetin bu kaynakların temizlenmesi için gereken harcamalardan her zaman daha düşük olacağı unutulmamalıdır. İçinde bulunduğumuz yüzyılın su savaşlarına sahne olacağına iddia edildiği bir dönemde artan su talebinin karşılanmasına yönelik politikaların mevcut ve gelecekteki su kalitesinin korunmasını sağlayacak biçimde şekillendirilmesi gerekmektedir. Doğal bir kaynak olan yeraltısuyu toplumun ortak malı olup, bu değerlin korunması konusunda tüm bireyler üzerlerine düşen sorumluluğu yerine getirmelidirler. Yeraltısuyu kaynaklarının gerektiği biçimde korunabilmesi için ise bu kaynakları tehdit eden unsurların bilinmesi ve toplumun diğer kesimlerine anlatılması gerekmektedir.⁴

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Appelo, C.A.J. and Postma, D., 1994, *Geochemistry, Groundwater and Pollution*, Published by A.A. Balkema, Printed in Netherlands, ISBN 90-5410-1059, 536 p., Netherlands.
- Fetter, C.W., 1992, *Contaminant Hydrogeology*, Prentice Hall, New York, 458s.
- Postel, S., 2000, *Son Vaha, Su Sıkıntısıyla Karşı Karşıya*, (çev: F. Şebnem Sözer, TÜBİTAK-TEMA VAKFI yayınları, ISBN 975-403-188-6, Ankara, 218s.

YERALTI SULARININ KİRLENMESİ VE ARITIM YÖNTEMLERİ

Yrd. Doç. Dr. Ayşegül Latifoğlu
Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

Giriş

Kullanımı çok eski tarihlere dayanan yeraltı suları, içme ve kullanma suyu kaynağı olarak günümüzde de önemini korumaya devam etmektedir. Bir takım yörelerde, nüfusun yüksek oranlarda yeraltı suyuna bağımlı olması bu kaynağın kullanılabilir özelliklerde olmasını zorunlu hale getirmektedir. Ancak, evsel, tarımsal ve endüstriyel aktiviteler alıcı ortamlardan biri olan yeraltı sularının kirlenmelerine neden olmaktadır. Genelde, yeraltı sularının kirlenmesi, aktiviteler sonucunda oluşan kirliliğin sızıntı suları ile yeraltı sularına taşınması sonucunda oluşmaktadır. Ülkemizde evsel atıklardan oluşan sızıntı sularının yeraltı suyuna karışması en büyük kirlilik nedenlerinden biridir. Yetersiz kanalizasyon tesisleri, fosseptik çukurlar ve düzensiz çöp depolama sahaları bu kirliliği oluşturan başlıca kaynaklardır. Son yıllarda ürün verimini arttırmak amacı ile kullanılan tarım ilaçları ve doğal/yapay gübreler yeraltı sularımızda önemli kirlenme kaynağı oluşturmuşlardır.

Kirlenmiş yeraltı suları, renk, koku ve tat problemleri oluşturmakla birlikte insan sağlığına zararlı olabilecek unsurlar da içermektedirler. Bu unsurlar zehirli-kanser yapıcı kimyasal maddeler ve/veya hastalık yapıcı özellikleri olan mikroorganizmalardır. Bunların yanısıra suyun içindeki uçucu ve yanıcı nitelikli kirlleticilerin su dağıtım sistemlerindeki birikimleri patlamalara ve soluma sonucu oluşan hastalıklara neden olabilmektedirler. Kirlenmiş yeraltı suları etkileşim içinde buldukları yüzey sularında kirlenmelerine neden olabilmekte, bunun sonucu olarak su yatağı üzerinde kaygan ve yapışkan oluşumlar ve balık ölümleri görülebilmektedir.

Herhangi bir kirleticinin yeraltı suyuna ulaşması kirleticinin miktarına, özelliklerine, doygun olmayan bölgenin (su tablası üzerindeki bölge) kimyasal ve biyolojik özelliklerine, yağış miktarına, toprak malzemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlıdır.

Genel olarak geçirgenliği fazla olan toprak malzeme daha yüksek miktarlarda kirleticinin yeraltı suyuna ulaşmasına neden olmaktadır. Yağışların ardından, doygun olmayan bölgede geçici olarak hareketsiz olan kirleticiler aşağılara doğru harekete geçerler ve sürekli veya uzun dönemli kirlilik kaynağı oluştururlar.

Günümüzde, yeraltı sularının kirliliği, çözülmesi zorunlu aynı zamanda güç problemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Kirliliğin arıtılması ve kaynağında kontrol edilmesi ile ilgili olarak halihazırda çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Kullanılan bütün yöntemlerde öncelikli yaklaşımlar öncelikle kirleticili kaynağın uzaklaştırılması, ayrılması veya arıtılması doğrultusunda olmaktadır. Bu yöntemlerin etkinleştirilmesi ile ilgili olarak bilim adamları ve mühendislerin çalışmaları devam etmektedir.

Yeraltı Suyu Kirliliğine Neden Olan Kaynaklar

Suyun hidrolojik çevrimi sırasındaki çeşitli çevresel etkileşimler yeraltı suyunda kalite değişimlerine neden olmaktadır. Bu etkileşimler doğal veya insan kaynaklı olabilmekte ve kontrol edilemediği durumlarda su kalitesinde olumsuz etkilenmeler oluşmaktadır. Yeraltı sularının kalitesi genellikle kontrolsüz atık bertarafı ve uygun olmayan arazi kullanımları sonucu bozulmaktadır. Yeraltı sularındaki kalite bozulmasının yani başka bir deyişle kirliliğin kaynağı üç ana grupta toplanabilmektedir (EPA,1990):

1. Arazi yüzeyinden kaynaklanan kirlilik problemleri

Kontrolsüz olarak arazinin yüzeyinde biriktirilen katı ve sıvı atıkların içerdikleri çözünbilir materyeller sızıntı yolu ile yeraltı sularına karışabilmektedirler. Bu atıklara örnek olarak endüstriyel atıklar, çöpler ve hayvan dışkılarının yüzeyde oluşturdukları yığılmalar verilebilir. Ayrıca, atıksu arıtım tesislerinden kaynaklanan çamurun araziye yayılması ile birlikte içeriğinde bulunabilen parçalanmamış organikler, inorganikler, azot, fosfor, ağır metaller, bakteri ve virüsler suya karışabilirler. Kış aylarında yolların donmaya karşı tuzlanması, sızıntı sularının yeraltı sularına tuz yüklemesine neden olabilmektedirler. Tanker, tren ve uçak kazaları sonucunda araziye dökülen yakıtların yüksek miktarlardaki zehirli madde içerikleri suya karışabilmektedir. Tarımsal aktiviteler sırasında yüksek miktarlarda kullanılan gübrenin yeraltısuyunda nitrat (Maticic 1997), haşere ilaçlarının da zehirli madde derişimlerini (Clark ve arkadaşları,1985) arttırdığı görülmektedir. Kirlilik kaynağının küçük bir kısmını teşkil etmekle birlikte, asid yağmurları ve taşıtların emisyonlarından kaynaklanan partiküllerin toprağa düşmesiyle de yeraltı suları kirlenebilmektedir.

2. Su tablası üzerinden kaynaklanan kirlilik problemleri

Özel kurumlar ve belediyeler tarafından kanalizasyon bertarafı için yaygın bir şekilde kullanılan foseptik çukurlar, yeraltı suyu kirliliğini oluşturan önemli unsurlardan biridir. Bir takım bölgelerde foseptik çukurlardan sızan suların bölgenin topografik ve jeolojik özelliklerine bağlı olarak uzun mesafelere yayılması mümkündür. Genelde etkileri biyolojik kirlilik olarak görülmektedir. Septik tankların yanısıra, yeraltı depolama tankları ve onlara bağlı borulardan oluşan sızıntılar yeraltı suyu kirlilik problemleri yaratmaktadır. Depolanan malzemenin cinsine bağlı olarak kimyasal kirlilik oluşturmaktadır. Örneğin yakıt tanklarının delinmesi sonucu oluşan kirlilik yüzeyde birikme özelliği nedeni ile evlerin bodrum katlarına sızabilmekte, kanalizasyon tesislerinde, kuyularda, kötü koku, patlama ve yangınlara neden olabilmektedir.

3. Su tablası aşağısından kaynaklanan kirlilik problemleri

Terkedilmiş maden sahalarındaki katı ve sıvı atıklarla doldurulmuş su ile dolu çukurların herhangi bir yeraltı suyuna bağlantısı olduğu durumda kirlilik oluşmaktadır. Böyle bir kirlilik suda yüksek konsantrasyonlarda çözünmüş katı madde, demir, sülfat, ağır metaller ve siyanür kirliliği oluşturabilmektedir. Tarımsal aktivitelerde kullanılan dikey konumdaki drenaj kanalları ve kuyuların drenaj sularını derinlere yönlendirmesi sonucu tarımsal kökenli kimyasallar ve bakteriler yeraltı su ortamına karışırlar. Ayrıca, endüstriyel kaynaklı atıkların derin kuyu-enjeksiyon yöntemleri ile bertaraf edilmesi sırasında 10-1000 metre derinliklere uzanan atık drenajı sırasında yeraltı suyuna kirlilik taşınabilmektedir.

Kirleticilerin Yüzeyaltı Fiziksel-Kimyasal Etkileşimleri

Kirleticilerin sızıntı suları ile yüzey altındaki taşınımını çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkileşimler kontrol etmektedir. Kirleticinin taşınım sırasındaki fiziksel etkileşimi, kütle taşınım mekanizmaları olan adveksiyon, dispersiyon ve difüzyon teorileri ile açıklanmaktadır. Adveksiyon, kirleticinin kimyasal veya biyolojik işlemlerin etkisi olmadan ortalama yeraltı suyu akış hızı ile taşınmasıdır. Akifer içerisinde farklı boyutlardaki toprak gözenekleri nedeni ile kirleticinin farklı hız ve akış yolları oluşturması hidrodinamik dispersiyona neden olmaktadır. Difüzyon kirletici moleküllerinin bağımsız olarak gelişigüzel hareketler ve çarpışmalar sonucunda oluşturduğu ancak net hareket yönünün yüksek kirlilik konsantrasyonundan düşük konsantrasyona doğru olduğu difüzyon taşınımıdır. Kirleticilerin taşınım sırasındaki kimyasal etkileşimlere örnek olarak

adsorpsiyon, hidroliz, kimyasal çökeltme, kompleksleşme reaksiyonları verilebilir. Kirleticilerin toprak yüzeyine adsorbe olmaları kirlilik taşınımına etki eden en önemli unsurlardan biridir. Organik kirleticilerin adsorpsiyonu, kirletici ile toprak partikülleri yüzeyindeki doğal organikler arasında hidrofobik bağların oluşması ile gerçekleşmektedir. Bu bağlanma sonucu organik kirleticiler yüzeyde tutularak ortamdaki taşınımı engellenmektedir. Hidroliz reaksiyonları, suda çözünmüş kirleticilerin direkt olarak su molekülleri ile reaksiyona girerek parçalanmasına neden olmaktadır. Örneğin, halojenli bileşikler hidroliz reaksiyonları sonucu alkol veya alkenleri oluştururlar. Çökeltme reaksiyonları, belli bir pH değeri için, kirleticilerin sudaki konsantrasyonlarının doygunluk sınırlarının üzerine ulaştığında oluşmaktadır. Bu reaksiyon ile kirletici, su içerisinde veya toprak yüzeyinde çökeltmektedir. Örneğin, metal iyonlarının toprak yüzeyinde çökeltmesi ile bu kirleticilerin sudaki taşınımı engellenmiş olur. Aynı zamanda, metal kirleticiler inorganik veya organik ligantlarla reaksiyona girerek suda çözünürlüğü yüksek kompleksler oluşturabilirler. Metal iyonlarının kompleks oluşturma potansiyelleri sırası ile $Fe(III) > Hg > Cu > Pb > Ni > Zn > Cd > Fe(II) > Mn > Ca > Mg$ 'dir. Metal iyonları ile kompleks oluşturabilen inorganik ligantlar ise; OH^- , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , S^{2-} , F^- , PO_4^{3-} , CN^- ve polifosfatlardır. İnorganiklere göre daha kuvvetli kompleksler oluşturabilen organik ligantlar için aminler, pyridinler, phenoller (sentetik organik ligantlar) ve humik materyeller (doğal organik ligant) örnek olarak verilebilir. Kompleksleşme sonucu sudaki serbest iyon miktarının azalması ile adsorplanma veya çökeltme reaksiyonları azalmaktadır. Kompleksleşme reaksiyonları sonucu sudaki hareketliliği artan kirleticiler, yeraltısuyunun yüzeye pompalanması ile ortamdaki uzaklaştırılırlar. Ayrıca, yapılan araştırmalar kompleksleşen metallerin mikroorganizmalara daha az toksik etkisi olduğunu göstermiştir (Reuter ve arkadaşları, 1979). Biyolojik etkileşimler, kirleticilerin toprak altında yaşayan mikroorganizmalar tarafından bozunması olarak açıklanabilir. Kirleticilerin biyolojik olarak bozunması mikroorganizmaların aktivitelerini sürdürebilecekleri uygun çevresel koşullar altında kirletici özellikleri ve miktarlarına bağlı olarak gerçekleşmektedir.

Yeraltı Suyu Kirliliğinin Arıtımı

Kirlenmiş bir yeraltı suyunun iyileştirilmesi için önerilebilecek yaklaşımlar aşağıda sıralanmıştır:

- 1) Kirli yeraltı suyuna yeryüzüne çıkarıldıktan sonra arıtım uygulanması.
- 2) Kirli yeraltı suyuna yerinde arıtım uygulanması.
- 3) Kirlilik kaynağının ortadan kaldırılması.

Genel olarak yukarıda önerilen yöntemler içerisinde kirlilik kaynağının ortadan kaldırılması, izole edilmesi veya arıtılması sağlıklı bir yeraltı

rehabilitasyonu için zorunludur. Kirlilik kaynağının ortadan kaldırılması, yeraltı su kalitesinin doğal etkileşimlerle bile iyileşmesini sağlayabilecektir. Ancak kirlenmiş akiferin doğal olarak temizlenmesi onlarca yıl alabilecek süreçler içerisinde gerçekleşebilmektedir. Bu nedenle, rehabilitasyon işlemini hızlandırmak amacı ile kirli suyun yerüstüne çıkarılması ve arıtılması veya yerinde temizlenme sürecini hızlandırıcı işlemler uygulanması önerilmektedir.

1.Yeraltı suyunun yeryüzünde toplanması ve arıtımı

Kirlenmiş olan yeraltı suyunun pompalanarak yüze çıkarılması ve çıkarılan suya arıtım uygulanması şeklinde gerçekleşmektedir. Bu kontrol yönteminin etkili ve ekonomik olması için arazinin hidrojeolojik yapısı, kirlenmiş özellikleri değerlendirilmelidir. Kirlenmişler kendi ve toprak özelliklerine bağlı olarak katı yüzeyde tutulabilirler. Başlangıçta çözünmüş kirlenmişlerin pompalama ile yeraltı suyundan alınması kirlenmiş derişimlerini düşürülmesine neden olsa bile pompalama sonrası çözünmenin devam etmesi sudaki kirlenmiş derişimini tekrardan yükseltir. Derişim yükselmesi denge konumuna ulaşana kadar devam eder. Kirli suyun pompalanması ve onu takiben arıtılması ile ilgili olarak pulsatil pompalama yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemde, değişken aralıklarla yapılan periyodik pompalama işlemi, yeraltı suyundaki kirlenmiş derişiminin denge konumuna ulaşmasını sağlar.

Yeryüzüne pompalanan kirli sular daha sonra fiziksel, kimyasal ve biyolojik sistemler kullanılarak arıtılırlar. Belli başlı fiziksel arıtım yöntemleri, adsorpsiyon, filtrasyon, ters osmoz, hava ve buhar soyuruculardır. Kimyasal çökelme, kimyasal yükseltgenme/indirgenme, iyon değişimi ve nötralizasyon genel olarak kullanılan kimyasal işlemlerdir. Biyolojik sistemlere örnek olarak aktif çamur, havalandırılmalı havuzlar, döner biyolojik diskler verilebilirler.

2.Yerinde Arıtım

Kirlenmiş yeraltı suyunun yeryüzüne çıkarılmadan yerinde arıtılmasıdır. Yerinde arıtım fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle gerçekleştirilmektedir.

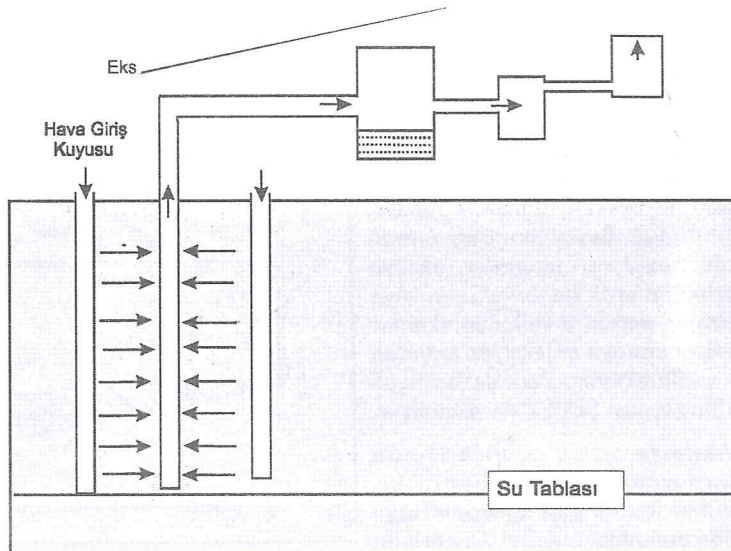
A.Fiziksel/Kimyasal Yöntemler

Bu yöntemlerin uygulanması ile organik ve inorganik kirlenmişlerin sudaki hareket kabiliyetleri engellenmekte veya hareket kabiliyeti kazandırılarak su ile birlikte uzaklaştırılması sağlanmakta, veya zehirleyici özelliği giderilmektedir. Sahanın fiziksel/

kimyasal yöntemlerle arıtılması kirlenmiş bölge içine açılan bir seri enjeksiyon kuyuları ile gerçekleştirilmektedir. Bu enjeksiyon kuyularından sahaya verilen kimyasallar, kirlenmişlerin hareket kabiliyetlerini isteğe göre olumlu veya olumsuz yönde etkiledikleri gibi zehirliliğini de azaltabilirler. Örneğin, enjekte edilen kostik kimyasallar suda çözünmüş ağır metalleri çöktürerek hareket kabiliyetlerini engellerler. Öte yandan, toprak yıkanması kirlenmişlere hareket kabiliyeti kazandıran yöntemlerden biridir. Toprak yıkanması, su veya çözücüler kullanılarak kirlenmişin suya alınmasıdır. Suda çözünebilir kirlenmişler için yıkayıcı olarak su kullanılmaktadır. Metaller ve organikler ise asit çözeltileri kullanılarak hareketlilik kazandırılmaktadır. Bunun yanında, vakum ekstraksiyon veya buharlaştırma yöntemleri yeraltı suyundan buharlaşan kirlenmişlerin yığıldığı doygun olmayan bölgenin temizlenmesi için kullanılmaktadır. Vakum ekstraksiyon sisteminin şeması Şekil 1'de verilmiştir. Buhar ekstraksiyonu için, hava giriş kuyuları ve perfore PVC kuyulardan oluşan ekstraksiyon kuyusu kirli bölgeyi tarıyacak şekilde yerleştirilirler. Ekstraksiyon kuyusu ile toplanan uçucu kirlenmişlere yüze aktif karbon arıtımı genelde uygulanan yöntemlerden biridir. Endüstriyel atıklardan kaynaklanan yüksek orandaki asidik ve bazik kirlenmeyi kontrol etmek amacı ile nötralizasyon işlemi uygulanır (Tolman ve arkadaşları, 1978). Bu işlem ile akifere kuyulardan seyreltik asit ve baz enjekte edilerek pH'ın istenen seviyelerde tutulması sağlanmaktadır. Suyun zehirleyici özelliklerini kontrol etmekte kullanılan yöntemlerden biri de hidroliz işlemidir. Esterler, karbamatlar, pestisidler hidroliz ile ayrışabilen kirlenmişlerdir (Wagner ve arkadaşları, 1986).

B. Biyolojik Yöntemler

Kirlenmiş yeraltı sularının yerinde biyolojik yöntemlerle arıtılması, yüze altında yaşayan



Şekil 1. Vakum Ekstraksiyon Sistemi.

mikroorganizmaların organik kirleticileri parçalaması sonucu oluşmaktadır. Biyolojik parçalanmanın etkinliği organik kirletici çeşitine bağlıdır. Ancak, çok sayıdaki organik kirleticinin biyolojik parçalanma özelliği olduğu bilinmektedir. Biyolojik parçalanma organik kirleticinin çeşitine bağlı olarak uygun mikroorganizmalar tarafından oksijenli veya oksijensiz ortamda gerçekleştirilmektedir. Biyoaktivite yeraltı suyunda ve su tablası üzerindeki doymun olmayan bölgede oluşmaktadır. Aktivitenin etkinliği birtakım çevresel koşullara bağlıdır. Bu çevresel koşulları belirleyen faktörler; çözülmüş oksijen miktarı, pH, sıcaklık, redoks potansiyeli, besinler, tuzluluk, toprağın nemi ve kirletici konsantrasyonudur. Mikroorganizmaların aktiviteleri için optimum çevresel faktörler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Mikroorganizma Aktivitesi için Optimum Çevresel Faktörler (Paul ve Clark, 1989).

Çevresel Faktörler	Optimum Seviyeler
Toprak suyu	25-85 % su tutma kapasitesi
Oksijen	0.2 mg/l'den fazla olmalıdır (Oksijenli ortamda ayrışma için) Hacim olarak %1'den az olmalıdır (Oksijensiz ortamda ayrışma için)
Redoks potansiyeli	Aerobik mikroorganizmalar için 50 millivolt'tan fazla olmalıdır Anaerobik mikroorganizmalar için 50 millivolt'tan az olmalıdır
pH	5.5-8.5
Besin	Yeterli azot, fosfor ve mineraller Önerilen karbon, fosfor ve azot oranı: C:N:P=120:10:1
Isı	15-45 °C

Yerinde biyolojik arıtım için iki tane yaklaşım uygulanmaktadır: Birinci yaklaşım sahanın kendi haline bırakılarak biyolojik aktivitenin oluşmasını sağlamaktır. Atığın pH ve zehirlilik değerleri mikroorganizmaları inhibe edecek seviyelerde olmadığı sürece çoğunlukla atıklar biyolojik olarak ayrışabilirler. Ancak bu ayrışma çok yavaş bir hızla oluşmaktadır. İkinci yaklaşım ise biyolojik aktivitenin dışardan ilaveler ile hızlandırılmasıdır. Bu ilaveler mikroorganizmalar için gerekli olan besin ve oksijen, bazende bakteri kültürüdür. Besin maddesi olarak fosfor, azot ve mineraller, oksijen kaynağı olarak ise saf oksijen veya hidrojen peroksid kullanılmaktadır. İlaveler sahaya enjeksiyon kuyuları ile verilmektedir. Yerinde biyolojik arıtım şeması Şekil 2'de verilmiştir.

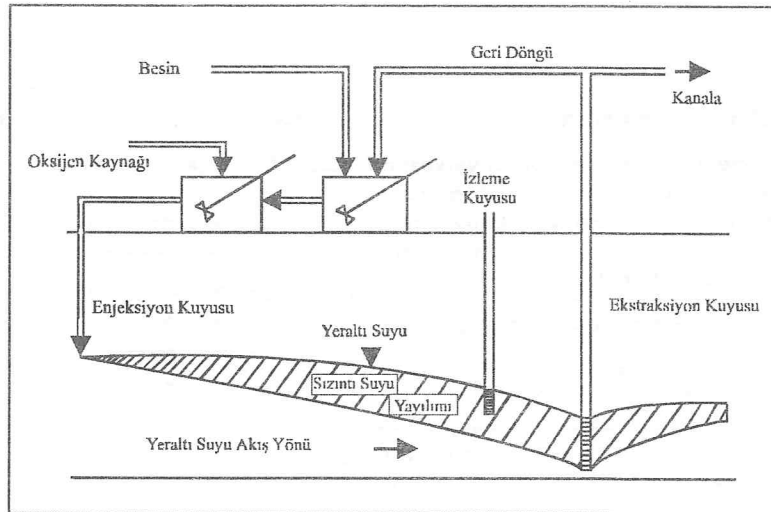
Akiferin içerisinde mikroorganizmaların büyük bir bölümü toprak partiküllerine bağlı halde bulunmaktadır. Kirleticinin,

besin ve oksijenin mikroorganizmalar tarafından kullanılabilmesi için bu elemanların suda aktif bölgeye taşınması (adveksiyon ve difüzyon mekanizmaları) gerekmektedir. Elemanların mikroorganizmalara taşınması suyun doymamış olduğu bölgede su filtrasyonu, doymuş bölgede ise advektif akış ile sağlanmaktadır. Akiferde kütle transferi toprağın geçirgenlik derecesine bağlıdır.

Kirlenmiş yeraltı suların ve toprağın biyolojik sistemler kullanılarak iyileştirilmesi ile ilgili çalışmalar çoğunlukla petrol ürünlerinin ayrışması amacı ile kullanılmıştır. Raymond ve arkadaşları (1986), yaptıkları çalışmada benzin ile kirlenmiş akiferlerin % 70 -80 oranında bu yöntem ile arıtıldıklarını göstermiştir. Genel olarak biyolojik arıtım sahada reaktör içinde olduğundan daha yavaş bir şekilde gerçekleşmektedir. ⁴

KAYNAKLAR

- Clark, R.M., Fronk, C.A. ve Lykins, B. W., "Removing Organic Contaminants from Water", Environ. Sci. Technol., Vol.22, No.10, 1988.
- EPA, *Ground Water Handbook: Ground Water and Contamination*, Vol. 1, EPA/625/6-90/016a, September, 1990.
- Maticic, B., "Agricultural Nitrate Threats to Groundwater in Slovenia", *Water Pollution IV, Modelling, Measuring and Prediction*, Editors: R. Rajar and C.A. Brebbia, Computational Mechanics Publications, USA, 1997.
- Paul, E.M., Clark, F.E., *Soil Microbiology and Biochemistry*, Academic Press Inc., San Diego, CA, 1989.
- Reuter, J.G., J.J. McCarthy, ve Carpenter E.J., "The Toxic Effect of Copper on *Oscillatoria Theibautii*", *Limnology and Oceanography*, v.24, no.3, pp.558-561, 1979.
- Raymond, R.L., Brown, R.A., Norris, R.D., ve O'Neill, E.T., *Stimulation of Bio-Oxidation Processes in Subterranean Formations*, U.S. Patent Office, 4,588,506, 1986.
- Tolman, A., Ballester, A., Beck, W. ve Emrich, G., *Guidance Manual for Minimizing Pollution From Waste Disposal Sites*, EPA-530/SW-86/032, 1978.
- Wagner, K., Boyer, K., Claff, R., Evans, M., Henry, S., Hodge, V., Mahmud, S., Samo, D., Scopina, E. ve Spooner, P., *Remedial Action Technology for Waste Disposal Sites*, Noyes Data Corporation, Park Ridge, NJ, 1986.



Şekil 2. Yerinde Biyolojik Arıtım Şeması

SU, ENERJİ ve KIBRIS

Assoc. Prof.Dr. Mustafa ALTUNÇ
Near East University

Giriş

Dünyamızda herşeyin bir limiti, bir sınırı vardır. Hayatın nedeni, canlıların ve yaşamın kaynağı olan güneş enerjisinin dahi bir sınırı vardır. İnsanların çevreye olumsuz etkileri sonucu global bir ısınma görülmesine rağmen sınırsız gibi düşünülen güneş enerjisinin dahi 10,000,000,000 yıllık bir ömrü olduğu hesaplanmaktadır.

Dünyamız ve üzerindeki atmosfer o kadar güzel bir mekanizmaya sahiptir ki bu mekanizma içerisinde yaşam için duyulan her ihtiyaç (Su ve Enerji dahil) rahatlıkla karşılanabilmektedir. Yeter ki bilinçli olalım ve bu potansiyeli iyi yönde kullanalım.

Yaşamın kaynağı güneş olduğundan ve bu güneşin insan hayatına göre sonsuz diyebileceğimiz bir süre daha bize enerji vereceği gerçeğinden hareketle , güneş enerjisi açısından şanslı bölge içerisinde yer alan Kıbrıs'ta Su ve Enerji sorununun çözümü hiç de zor değildir.Sadece bilinçli bir enerji dönüşümü gereklidir.

Gelişen teknoloji, su ve enerji kullanımını artırdığı oranda insanların çevreye verdiği zararlar sonucu doğadaki denge bozulmuştur. Buna rağmen çağımızın mesleği olan Meteoroloji ilmine, atmosfere ve çevreye verilebilecek ilgi bu sorunların aşılmasına vesile olacaktır.

Kuzey Kıbrıs'ta Yağış ve Su

Kuzey Kıbrıs'ta 1941-1970 dönemine ait yağış normali 402.8 mm / m²'dir. 1975 Sonrası ölçümlerine göre otuz yıllık bir süre henüz dolmamasına rağmen bu değerinde bir azalma olduğu görülmektedir. Ancak bu azalmanın yaşanan su sorunu ile kıyaslaması yapıldığında 10 % seviyesini aşmadığı görülmektedir.

1975-1993 Yağış ortalamasına göre Kuzey Kıbrıs'ta metrekareye 382.4 mm.'lik yağış düşmüştür. Her ne kadar da yağış normali için kabul

edilen otuz yıllık süre henüz dolmamışsa bile bu azalan değeri normal ile kıyasladığımız zaman metrekarede 20.4 mm.'lik yani 5.06 % 'lik bir azalma olduğu görülmektedir. Azalan değere göre yüzölçümü itibarıyla Kuzey Kıbrıs'a yaklaşık 1,282,952,000 ton (bir milyar iki yüz seksen iki milyon dokuz yüz elli iki bin metre küp) su düştüğü hesaplanmaktadır. Bu potansiyeli hidrolojik, hidrojeolojik ve hidrometeorolojik çalışmalar sonucunda olabildiğince kullanabilmek su sorunumuzu hafifletebilecektir.

Deniz Suyunun Arıtılması

Kuzey Kıbrıs'ta ortalama olarak ele aldığımız , metrekareye 382.4 mm.'lik yağışa karşılık serbest su yüzeyinden metrekarede 2226.5 mm.'lik buharlaşma olduğu belirlenmiştir. Bu değer, özellikle Nisan- Ekim arasındaki dönemde yağışın, gölet gibi açık havada biriktirilmesi yönteminin tehlikelerini ortaya koymaktadır. Bu durumda ,ya kuyular kanalıyla doğal akifere, ya "sarnıç" denilen kapalı, suni akiferlere aktarılmalı ya da akiferden su çekimi yerine toplanan su derhal kullanıma verilmelidir.



Kıbrıs'ın içinde bulunduğu coğrafik ve meteorolojik şartlar göz önüne alındığı zaman, dört bir yanı denizle çevrilmiş olmasının avantajı kullanılabilir. Doğal şartlarda ve açık havadaki buharlaşma, mini atmosfer modeli yapılarak deniz suyundaki buharlaşma yoğunlaştırılıp saf su üretimi sağlanabilir.

Kuzey Kıbrıs'ta , Meteoroloji Dairesi'nde bu sistem minyatür olarak gerçekleştirilmiş ve saf su yanında tuz üretiminin de gerçekleştirilebileceği kanıtlanmıştır. Bu maksat için tamamen doğal enerji kullanılmıştır. Hele, buhar basıncı, sıcaklık ve rüzgar parametrelerine, geliştirilebilecek bir model üzerinde hükmetme olanağı sağlanırsa , verim daha çok artırılacaktır.

Bulut Tohumlama (Cloud Seeding)

Atmosferdeki su , yağış olarak yere düşer, tekrar buharlaşma yoluyla atmosfere dağılır. Hidrolojik çevrim (circle) ile dünyadaki su bilançosu dengede kalır. Ancak, gerek insanların çevreyi kirletmesi, ormanları yok edişi ve gerekse global ısınma

nedeniyle atmosferin aldığı yara yağış rejiminde değişikliklere neden olmuştur. Bunun yanında, her türlü gerek olmasına rağmen, yoğunlaşma çekirdeği noksanlığı, yağışı getiremeyebilir. İşte bu gibi hallerde, buluta suni olarak yoğunlaşma çekirdeği (genellikle gümüş iyodür) enjekte edilerek, mikroskopik su buharı partiküllerinin enjekte edilen çekirdek etrafında birleşerek yağışa dönüşme işlemine Bulut Tohumlama (cloud seeding), halk diliyle Suni Yağmur denir.

Atmosferi ve meteorolojik parametreleri iyi tanıyan bilim adamları, hatta ticari şirketler, hava modifikasyonu işlemleri ile gereken dönüşümü sağlamaktadırlar. Bugün, birçok ülkede, "Dolu'nun Önlenmesi", "Sis'in dağıtılması", "Yağışın Artırılması" gibi hava modifikasyonu çalışmaları vardır.

Din, dil, ırk ayırımı yapmayan meteorolojik çalışmalarda sınır ayırımı da yapılmamaktadır. Bize göre bu çalışmanın devamında yarar görülmektedir.

Rüzgar ve Güneş Enerjisi

Güneşin sağladığı ve sağlayabileceği olanaklar o kadar çoktur ki bunları dile bir veya iki sayfa ile getirmek mümkün değildir. Ancak, güneş enerjisinin nimetlerinden yeterince faydalanamadığımız acı bir gerçektir. Güneş enerjisinin bir dönüşümü olan Rüzgar Enerjisi'ni de kullanmıyoruz. Hatta, bu konuda ölçüm (observation) noksanlığı olduğunu söyleyebiliriz.

Tüm dünyada rüzgar enerjisinden yararlanılırken ve rüzgardan elde edilen elektrik enerjisi, diğer kaynaklarla rekabet eder bir maliyete ulaşırken, Kıbrıs'ta bir rüzgar atlasının dahi çıkartılamaması üzüntü vericidir. Yıllar önce, kuyulardan su pompalamak için yel (rüzgar) değirmenleri ile kullanılan rüzgar enerjisi, bugün maalesef kullanılmamakta, yerine hazır elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Halbuki, gelişen teknolojiye rüzgar kuleleri sayesinde hem elektrik üretimi hem de uzaktan su çekimi yapılabilmektedir.

Bir ada ülkesi oluşumuz ve su ile enerji sorunumuzu bu çerçevede içinde çözümlenebileceğimiz gerçeğinden hareketle Yakın Doğu (Near East) Üniversitesi öncülüğünde " Kuzey Kıbrıs'ta Rüzgar Enerji Potansiyelini Belirleme " çalışmalarımız halen sürmektedir. Meteoroloji Dairesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Beykent Üniversitesi ve Süleyman Demirel Üniversitesi öğretim üyelerinden oluşturduğumuz bir ekip çalışması olan bu araştırmada ilginç değerler belirlenmektedir.

Yakın Doğu Üniversitesi'nde 1997-99 'da yapılan bir çalışmada metrekarede 10 metre yükseklikte 573 W/m²., 50 metre yükseklikte ise 1023 W/m².'lik bir enerji potansiyeli belirlenmiştir.

Kuşkusuz bu değer çok önemli olmamakla birlikte önemsiz de sayılmamaktadır. Kaldı ki, Kıbrıs'ın değişken termik yapısı ve meteorolojik sistemlere açık, rüzgar potansiyelinin daha kuvvetli olduğu bölgeler vardır ve bu bölgelerdeki çalışmalarımız devam etmektedir.

Rüzgar enerjisinden, en azından havalandırma, su pompalama gibi konularda yararlanabileceğimiz, hatta belirlenecek yüksek potansiyelli bölgelerde elektrik üretimi sağlanabileceğini söyleyebiliriz.



Sonuç

Bir ada ülkesi oluşumuzdan dolayı var olan bazı dezavantajlar yanında avantajlarını da göz önüne alarak kullanmalıyız. Dünyadaki petrolün 50-60 yıllık bir ömrü kalmıştır. Bu durumda enerjimizi tamamen güneşten ve onun türevlerinden almak zorunluluğundayız. Bu konuda da çok şanslı bir konumda yer almaktayız.

Atmosferi iyi tanımakla, meteoroloji ilmini iyi bilmekle, enerji dönüşümünü sağlamak mümkündür. Doğa ve çevre bizim dostumuzdur, onu ne kadar korursak, ne kadar iyi tanırsak bize faydası o kadar artar. Aksi ise zarar verir.¹

KAYNAKLAR

- 1- K.K.T.C. Meteoroloji Dairesi verileri.
- 2- Mustafa ALTUNÇ, "KKTC'de Su Sorunu ve Meteorolojik Çalışmalar", Kıbrıs Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, "2. Su Kongresi", 23-24 Şubat 1995, Sayfa 21-22.
- 3- Mustafa ALTUNÇ, " K.K.T.C.'deki Rüzgar Enerji Potansiyeli'nin İncelenmesi", Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Şubat 1995.
- 4- Mustafa ALTUNÇ and others,, "Wind Energy Potential and Prediction of Wind Speed", 1999.
- 5- Bulut Tohumlama Çalışmaları, Yakın Doğu Üniversitesi, Şubat-Mart 2000, Lefkoşa.
- 6- Mustafa ALTUNÇ, " A Study of Water Problems based on Meteorological Parameters", International Conference on Water Problems in the Mediterranean Countries, Near East University, 17-19 November 1997, Page 71-78.

DÜNYA SU GÜNÜ

22 Mart 2001

Hamza ÖZGÜLER
Meteoroloji Mühendisi

Dünya Su Günü (DSG)

Birleşmiş Milletler, 22 Mart 1993 tarihinde, dünyada su kaynaklarının giderek artan öneminden dolayı, 22 Mart gününün her yıl Dünya Su Günü (DSG) olarak kutlanmasını öngören bir karar tasarısını kabul etmiştir. DSG, 1994 yılından bu yana her yıl değişik temalarla kutlanmaktadır.

2001 Yılı Dünya Su Günü Teması

Birleşmiş Milletler, DSG'nün 2001 yılında "Su ve Sağlık" konulu tema ile kutlanmasını öngörmüş olup, bu günün kutlanmasıyla ilgili faaliyetleri yürütmek üzere Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nü lider kuruluş olarak seçmiştir. Söz konusu temanın bu yılki DSG'nün konusu olarak seçilmesindeki amaçlar şu şekilde ifade edilmektedir:

- İnsan sağlığı ile temiz su ve yeterli hijyen gibi konular arasındaki etkileşimlere işaret edilmesi,
- Özellikle su yönetimi konularıyla ilişkili olarak karar verme süreçlerine ilgili taraflardan daha fazla bir katılımın sağlanması,
- Kamu, özel sektör, sivil kuruluşlar ve sivil toplum örgütleri arasında her seviyede bir işbirliği ortamının kurulup geliştirilmesinin sağlanması,
- Yeterli temizlik koşullarından ve temiz içmesuyundan mahrum olan kadın ve çocukların durumlarının dünya kamuoyuna yansıtılması,
- Suyun tahsisi, kullanımı, atıksuyun atılması gibi konularda uygun karar verme mekanizmasının temini amacıyla su kaynaklarının değerlendirilmesinde bütüncül su yönetimi yaklaşımının uygulanmasının önemine işaret edilmesi.

Su ve Sağlık

Su, Dünya'nın en değerli kaynağından birisi iken, sağlık da insanın en değerli varlığı olarak kabul edilmiştir. Su hayat ve sağlık için temel gereksinimdir. İçme ve temizlik gibi gereksinimleri asgari düzeyde karşılayacak kadar suya sahip olunması temel insan haklarından sayılmaktadır.

Suyun ve sağlığın birbiriyle çok yakından ilişkili iki kavram oldukları bilinen bir gerçektir. Bu nedenle, suyun ve sağlığın birlikte değerlendirilerek, ikisinin aynı yaklaşımla korunması gerekmektedir.

Hasta olduğumuzda ilacımızı su ile almaktayız. Bu, esasında, su ve sağlık arasındaki yakın ilişkiyi gösteren en basit bir örnektir. Diğer yandan çeşitli sağlık





sorunları ve bulaşıcı hastalıklar sudan kaynaklanmakta ve su ile yayılmaktadır. Bu kapsamda, başta uyku hastalığı, sıtma, ishal, kansızlık (anemi), trahoma, kolera, tiroid, bulaşıcı hepatit A olmak üzere 25 değişik hastalığın su ile ilgili nedenlerden kaynaklanan hastalıklar olduğu bilinmektedir.

Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre Dünya üzerinde 1 milyarın üzerinde insan sağlıklı ve güvenilir koşullarda suya olan gereksinimlerini karşılayamamaktadır. Ayrıca, yine aynı kaynaklarda, Dünya üzerinde her yıl çoğu çocuk olmak üzere 2 milyondan fazla insanın su ile ilgili hastalıklar yüzünden öldüğü ifade edilmektedir. Ancak, su kalitesindeki iyileştirme çabaları sonucunda bu tür hastalıkların yayılmasının azaldığı bilinen bir gerçektir. Ayrıca, su kaynaklarının daha iyi planlanması ve yönetilmesi konularında sağlanan gelişmeler sözkonusu hastalıkların yayılmasını engelleyen bir etki yapmaktadır.

Nüfus artışı ve kimyasal maddelerin kullanımı ile içme suyu kaynakları hızla azalmakta ve kirlenmektedir. Öte yandan, Dünya'da yaşanan iklimsel değişiklik tatlı su kaynakları üzerinde olumsuz etkiye sahip bulunmaktadır. Bu etki hem suyu elde etmede, hem de su kalitesinde gözlenmektedir. Yağışın zamanı ve yoğunluğu, toprak kayması, sel, yeraltı suları ve erozyonu belirleyen en önemli faktörüdür. Sel, içme suyunun kirlenmesine yol açar. Selle birlikte insan ve hayvan artıkları ile tarımsal kimya ürünleri temiz suya karışır. Kaynaklarda su seviyesinin azalması, kirleticiler ve mikropların su yüzüne çıkmasına neden olur. Yiyecek arzı ve su kaynaklarının azalması, yiyecek sıkıntısı ve hijyen eksikliği nedeniyle sağlık sorunları yaratır. Günümüz iklim koşullarıyla tatlı su kaynakları, deniz seviyesinin

yükselmesinin de etkisi ile, birçok yönden kirlenmekte, tuzlu su ile karışmaktadır.

Sonuç

Yaşamsal önemi yüksek olan suyun insan ve toplum sağlığı ile çok yakından ilişkili olmasından dolayı, su kaynaklarının gözlenmesi ve değerlendirilmesi konusu hergeçen gün daha çok önem kazanmakta, su konusu dünya kamuoyunun ve uluslararası BM kuruluşlarının öncelikli gündem maddesi olmaktadır. Bu bağlamda, hidrolojik çevrim içinde suyun gözlenmesi ile ilgili olarak yeni teknik ve teknolojilerin geliştirilmesi çalışmaları hızlanmıştır. Bu alanda Birleşmiş Milletler (BM) bünyesindeki Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) yoğun bir çalışma içinde bulunmaktadır.

Dünya'da, bu alanda sağlanan gelişmeleri ülkemiz koşullarına en kısa süre içinde uyarlayabilmek için ülkemizdeki hidrometeorolojik kurumların başta WMO olmak üzere ilgili BM kuruluşları ile daha yakın işbirliği içinde olmalarında fayda vardır.

Ülkemiz ölçeğinde bir değerlendirme yapmak gerekirse, su kaynaklarımızın gözlenmesi ve değerlendirilmesi ile ilgili en etkin meslek disiplini olması nedeniyle Meteoroloji Mühendisliği'ne daha çok önemin verilmesinin gereği açıktır. Bu çerçevede, Hıfzısıhha Enstitüsü, Belediyeler, Sağlık Bakanlığı ve diğer ilgili kurum ve kuruluşlarda Meteoroloji Mühendislerinin istihdam edilmesinde yarar görülmektedir.

Bir yandan, artan çevre sorunlarının etkisi ile "su" ve "sağlık" konusu daha çok birbiriyle ilişkilendirilirken, diğer yandan dünyada "çevresel hidroloji" adı ile bir alt disiplin gelişmektedir. Bu konu, çevre ve toplum sağlığı mühendisliğinin yanısıra meteoroloji mühendisliği disiplinini de yakından ilgilendirir. Gereken bir ilgi alanıdır. ⁴

Türkiye'nin **T**'si... Türkiye'nin **R**'si...

TR.NET

TÜRKİYE'NİN İNTERNETİ



Ben dünyaya TR.NET'le bağlanıyorum.
Çünkü Türkiye'nin en deneyimli, en teknolojik
İnterneti TR.NET.

Artık Haber TR.NET, oyun, eğlence TR.NET,
alışveriş TR.NET, chat TR.NET.

Türkiye'nin ilk İnterneti TR.NET,
kurumlardan sonra şimdi de
herkesi dünyaya bağlıyor.

TR.NET İnternete noktayı koydu.

Aylık sınırsız
İnternet erişimi
\$ 7.5

Yıllık sınırsız
İnternet erişimi
\$ 75

www.tr.net

Tel: 0312 295 9595



AKIM ELEKTRONİK

Hidroloji, Hidro-Jeoloji ve Meteoroloji
Rasat Aletleri İmalat ve Tic.



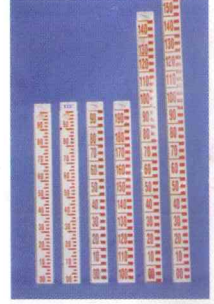
İmalatını Yaptığımız RASAT ALETLERİ



Elektronik LİMNİGRAF Seti
(Elekt. Su Seviyesi Kayıtedici)



Elektronik PLÜVİOGRAF
(Elektronik Yağış Ölçer)



Emaye EŞEL



Buharlaşma Leğeni

- 3 Yıl Garanti
- İmalattan Satış
- TSEK Belgeli



PLÜVİOMETRE

T. Özal Bulvarı No: 45/1 Tlf: (322) 234 10 17 - 234 54 44 • Fax: (322) 234 54 44 ADANA

Siparişlerinizi Fax., Tlf. veya Mektupla verebilirsiniz