

# METEOROLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

ISSN 1301 - 1103

TMMOB METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI YAYIN ORGANI • YIL 1999 • SAYI: 1



# TMMOB METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI YAYIN ORGANI

YIL 1999 • SAYI: 1

ISSN 1301 - 1103

**TMMOB  
METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ  
ODASI ADINA  
SAHİBİ ve SORUMLU  
YAZI İŞLERİ MÜDÜRÜ**

İsmail KÜÇÜK

## YAYIN KURULU

Eşref BATUR  
Meral ŞENOCAK  
Hamza ÖZGÜLER  
Gökhan YÜCEL  
Ömer KARACA  
Faruk ŞANLI  
Mustafa ÖZKAYA

## YÖNETİM YERİ

Sümer 1. Sokak No: 12/8 Kızılay-ANKARA  
TEL: (0.312) 231 55 35

*Meteoroloji Mühendisliği TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası Yayınıdır. Üç ayda bir yayınlanır. Odamızın amaç ilke ve yayın koşullarına uygun bilimsel ve teknik yazılar yayınlanır. Yayınlanan yazıların sorumluluğu yazarına aittir. Dergide yayınlanan yazılar kaynak gösterilmeden kullanılamaz.*

## ODAMIZIN HESAP NUMARALARI

Posta Çeki No:

TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası  
105616

## BANKA HESAP NO:

T.C. Ziraat Bankası  
304-40 2053

Yapı Kredi Bankası Anafartalar Şubesi  
1035019-9

Türkiye İş Bankası Yenişehir Şubesi  
4218-3419634

## DİZGİ ve TASARIM

P-YAYINCILIK

Tel: (0.312) 432 01 83-93 • Faks: (0.312) 432 54 22

**BASKI  
ARMONİ MATBAACILIK**  
Tel: (0.312) 232 19 15

## İÇİNDEKİLER

BU SAYIDA	2
TÜRKİYE'DE DÜNYA METEOROLOJİ GÜNÜ KUTLAMALARI İÇİN ÖNERİLER Mikdat KADIOĞLU	3
DÜNYA SU GÜNÜ VE ÜLKEMİZ İÇİN DÜŞÜNDÜRDÜKLERİ Zekai ŞEN	9
2000'LI YILLARA GİRERKEN ATMOSFER-ÇEVRE OLAYLARI VE SONUÇLARI Selahaattin İNCECİK, Sema TOPÇU, Yurdanur SEZGİNER ÜNAL	13
WMO-UNESCO V. ULUSLARARASI HİDROLOJİ KONFERANSI Hamza ÖZGÜLER	17
22 MART DÜNYA SU GÜNÜ Hamza ÖZGÜLER	21
HAZNE KAPASİTESİ TASARIMINDA RİSK ANALİZİ Eşref BATUR, Mikdat KADIOĞLU, Seyfettin AYDIN	26
BAĞIL NEM VE DOYMUŞ BUHAR BASINCI Çev: Mikdat KADIOĞLU	31
DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ TARAFINDAN YÜRÜTÜLEN ULUSLARARASI HİDROLOJİK FAALİYETLER Hamza ÖZGÜLER	33
A-SINIFI BUHARLAŞMA KAPLARINDAN YARARLANARAK BİTKİ SU TÜKETİMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ Mustafa ÖZGÜREL, Gülay PAMUK, Ayşegül AKINCI GÜZELİŞ	41
VERİ KALİTE KONTROL Çev: Eşref BATUR	47

## YAYIM KOŞULLARI:

Dergide aşağıdaki konularda çalışmalar ve tercüme yayınlanır. 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.

Dergiye gönderilecek yazılar, A4 kağıdının bir yüzüne daktilo (veya yazıcı) ile çift aralıklı olarak ve 10 sayfa geçmeyecek, kenarlardan 2.5 cm boşluk olacak şekilde ve ayrıca 3.5'lik diskete kayıtlı olarak gönderilmelidir.

Şekiller, tablolar ve resimler net olmalı. Yapılabiliyorsa şekiller aydınlatılmış kağıda 0.3-0.4 mm uçlu kalemle çizilmelidir.

Gönderilen eserler şu kısımlardan oluşturulmalıdır. Başlık, Yazarlar (Görevler ve yazışma adresleri), özet (150 kelimeyi geçmemelidir), Metin (Giriş, Materyal ve Metot, Bulgular, Tartışma, gerekirse Sonuç ve Öneriler), Kaynaklar.

Yazıların yayınlanabilmesi için daha önce başka bir dergide yayınlanmamış olması gerekir. Yazıların her türlü sorumluluğu yazarına aittir.

Yayınlanmayan yazılar geri gönderilmez.

Lisans, Master ve Doktora tezlerinin bir sayfa geçmeyecek olan özetleri yayınlanır.

Yayınlanan yazılarla ilgili eleştirilerinizin yayınlanmasını istiyorsanız Yayın Kurulu'na ulaştırınız.

## DERGİ REKLAM ÜCRETLERİ

Arka Kapak	125.000.000 - TL
Arka Kapak İç	75.000.000 - TL
Ön Kapak İç	100.000.000 - TL
Ön Kapak İç Karşısı	70.000.000 - TL
İç Sayfalar	30.000.000 - TL

**NOT:** Bütün fiyatlar tam sayfa üzerinden verilmiştir. Yarı sayfa reklamlarda ücretin %65'i alınır. Kapak sayfaları için reklamlar renkli baskı olarak yapılır. İç sayfalar için fiyatlar siyah-beyaz olarak verilmiştir. Bu sayfalar için renkli baskı isteminde ayrıca %50 ilave ücret istenir. Sürekli ilanlarda %15 indirim yapılır. (En az üç sayfa)

## BU SAYIDA,

1873 yılında kurulan Uluslararası Meteoroloji Teşkilatı (IMO) 1947 yılında Birleşmiş Milletler'in bir ihtisas teşekkülü olan Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) haline getirilmiştir. Uluslararası meteorolojik çalışmaların mana ve önemini belirtmek ve dünya çapında işbirliğini sağlamak amacıyla merkezi Cenevre'de olan ve 160 üyesi bulunan WMO her yılın 23 Mart gününü "Dünya Meteoroloji Günü" olarak ilan etmiştir. WMO'nun ana amacı karalardan, okyanuslardan, atmosferden ve uzaydan elde edilen bilgilerin yanında meteorolojik, hidrolojik ve jeofizik verileri toplamak, işlemek ve dünya ülkelerinin kullanımına sunmaktır. Ana konusu atmosfer ve iklim sistemidir. Ancak uzun vadede yedi ana programı yürütmektedir. Bu programlardan bir tanesi de "Hidroloji ve Su Kaynakları Programı (HWRP)" dir. Bu program, meteoroloji kaynaklı doğal afetlerin etkilerinin azaltılmasını, su kaynaklarının kalite ve miktarlarının korunmasını amaçlar.

Bilindiği gibi 1980'li yıllarda taşkın, fırtına ve kuraklık gibi meteorolojik karakterli doğal afetler sonucu 700.000'den fazla insan ölmüştür. 1990'lı yıllarda ise bu rakam daha da artmıştır. Bu yüzden Birleşmiş Milletler (BM) 1990-2000 dönemini doğal afetler için Uluslararası On Yıl (IDNDR) ilan etmiştir. Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 10 milyara ulaşacak olması meteorolojik karakterli doğal afetlerin insan hayatı üzerindeki etkisinin gittikçe artacağını göstermektedir. Bu nedenle BM tarafından bir çok bilimsel etkinlik düzenlenmiştir. 1992'de Brezilya'da gerçekleştirilen BM Çevre ve Kalkınma Konferansı ve yine aynı yıl İrlanda'da düzenlenen Uluslararası ve Çevre Konferansı, 1994'te Japonya'da düzenlenen Doğal Afetler Dünya Konferansı bu etkinliklerden sadece bir kaçıdır.

Türkiye'de meteorolojik karakterli doğal afetlere karşı, gelişmiş ülkelerde olduğu gibi erken uyarı yöntemi ile mücadele edilememesinden ve planlamalarda meteoroloji biliminden gerektiği şekilde yararlanılamamasından dolayı her yıl fırtınalar, seller, çığlar, yıldırımlar ve kuvvetli rüzgarlar gibi meteorolojik olaylar, gelişmiş ülkelere nazaran çok daha fazla insan ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu yüzden dünyadaki bu gelişmelere paralel olarak 1997 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü (İTÜMMB) ve TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası (MMO) işbirliği ile "Meteoroloji Karakterli Doğal Afetler" sempozyumu ve yine aynı yıl İTÜMMB tarafından "Ulusal Su Kaynaklarımız" adlı sempozyum düzenlenmiştir. 20 yıl aradan sonra 1998'de İTÜ İnşaat Fakültesi tarafından "II. Ulusal Hidroloji Kongresi"ni, İTÜMMB ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından düzenlenen "II. Ulusal Hidrometeoroloji Sempozyumu" takip etmiştir.

Bir ülkenin doğal kaynakları arasında geçmiş yıllarda adı bile geçmeyen su kaynakları gelişen endüstrileşme, nüfus artışı ve çevre kirliliği nedenleri ile son yıllarda özellikle 1970'lerin sonrasında enerji sorununa paralel olarak önemi gün geçtikçe hissedilmeye başlayan bir konu haline gelmiştir. Bunun sonucu olarak bazı ülkeler jeopolitik konumlarına ilave olarak hidropolitik konuma da sahip olmakta ve diğer ülkeler tarafından hidropolitik olarak algılanmaktadır. Ülkemiz için de hidropolitiklikten sıkça söz edilmektedir. Özellikle sınır aşan sular nedeniyle su sorunları uluslararası politik bir malzeme olarak kolaylıkla kullanılabilir. Böylece ülkeler kendi su kaynaklarını uluslararası kuruluşlar karşısında savunmak durumunda kalabilmektedir. Bu nedenle o ülkenin su konusunda uzman olan araştırmacı, mühendis, idareci ve politikacıların zaman zaman bir araya gelerek ülke su sorunları hakkında bilimsel, hukuki ve sosyal bakımdan görüş alışverişlerinde bulunmaları gerekmektedir. 22 Mart "Dünya Su Günü" ve 23 Mart "Dünya Meteoroloji Günü" işte böyle anlamlı günlerdir. Göl su seviye değişimlerinin güneş lekeleri gibi hayali nedenlere ve her türlü atmosfer değişiminin EL NINO olayına bağlandığı böyle bir zamanda bilimsel toplantı, sempozyum ve seminerlere her zamankinden daha fazla ihtiyaç vardır.

1992 yılında BM Genel Kurulu tarafından ilan edilen 22 Mart "Dünya Su Günü" ve WMO tarafından ilan edilen 23 Mart "Dünya Meteoroloji Günü" gibi günlerin anlamının yeteri kadar kavranması ve bir sonraki sayıda buluşmak dileğiyle.

YAYIN KURULU

## Türkiye’de Dünya Meteoroloji Günü Kutlamaları İçin Öneriler

Doç. Dr. Mikdat KADIOĞLU

Meteoroloji Mühendisliği Bölümü İstanbul Teknik Üniversitesi

17 yıldır 23 Mart günlerini, Dünya Meteoroloji Günü olarak kutlamaktayız. Resmi kutlamalarda genellikle Dünya Meteoroloji Eşiklatı'nın (WMO) belirlediği bir konu üzerinde durulmaktadır. Geçmiş yıllarda olduğu gibi bu yıl da bizler, bu gün vesilesi ile, meteoroloji bilimini kamuoyumuza tanıtmak ve sorunlarımızı dile getirmek amacı ile çeşitli etkinliklerde bulunacağız. Bu etkinliklerde WMO'nun belirlediği konuyu işlemek ile birlikte Türkiye'nin meteorolojik gerçekleri ve önceliklerinden birini ayrıntılı olarak ve erinlemesine tartışmamız gerekmektedir. Bu yazıda Dünya Meteoroloji Günü'nde ele alınabilecek ülkemize özgün konulardan sadece bir kaç tanıtılarak önerilecektir. Bunlar arasında suya-abuna dokunmak istemeyenlere, gerçekçilere, iyimserlere ve de aramsarlara yönelik değişik konular yer almaktadır. Seçim sizin!..

### “İSTİKBAL GÖKLERDEDİR”

Her yıl Dünya Meteoroloji Günü kutlamalarına bu gün her şeyimizi orçlu olduğumuz gazi ve şehitlerimize saygı duruşu ile başlarız. İana göre bu bir dakikalık saygı duruşları esnasında da Türkiye Cumhuriyeti'nin kurucusu Gazi Mustafa Kemal Atatürk ve onun silah arkadaşları karşısında bir vicdan muhasebesi yapılması gerekir. TÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri, özellikle son yıllarda, uluslararası dergilerde yaptığı çok sayıdaki yayınlarla, niversitede düzenlediği sempozyumlar, yaptığı araştırma projeleri e yetiştirdiği bilgili ve çağdaş genç mühendisler ile “Cumhuriyeti ükseltmek ve devam ettirmek” için üzerine düşen görevi fazlası ile erine getirir hale gelmiştir. Bölümümüzün ulaştığı bilimsel seviye e övünmekteyiz.

Bütün bunlar ile beraber ne bölümümüz ne de mezunlarımızın yurt çinde uzmanlıkları ilgili kurum ve kuruluşlarda henüz hak ettikleri eri tam olarak aldığını söyleyemeyiz. Bölümümüz kurum olarak

devletin ilgili birimlerinde temsil edilememekte, mezunlarımız ilgili özel ve kamu kurumlarında istihdam edilmemektedir ve özel ticari meteoroloji büroları kurulamamaktadır.

Meteorolojinin tarım, deniz, orman, sağlık, enerji, turizm, ulaştırma vb bir çok sektörde hayati önemi olduğu konusunda herkes hemfikirdir. Bununla beraber bütün bu sektörler çok değişik ve özel ihtiyaçlarını DMI'den ücretsiz olarak veya ucuz bir şekilde temin etmek istemektedir. DMI de asli görevleri yanında bütün bu özel istekleri döner sermaye gelirlerini arttırmak için karşılamaya çalışmaktadır. Sonuçta DMI sınırlı sayıdaki uzmanı ile her gecen gün gelişen ve bilinçlenen halkımızın özel ve yerel meteorolojik bilgi ve destek ihtiyacını karşılamaya çalışırken 500'den fazla meteoroloji istasyonunu eleman yokluğundan kapatmak zorunda kalmıştır. Türkiye'nin her tarafında tarlasına gübre atacak veya fidan dikecek çiftçi, dağa tırmanacak sporcu, sefere çıkacak denizci, tatile çıkacak astımlı, beton dökecek müteahhit genel hava durumu raporları ile yetinmek zorundadır.

Halkımızın yerel özel meteorolojik desteğe kavuşabilmesi, DMI'nin asli görevlerini daha iyi bir şekilde yerine getirebilmesi ve meteoroloji mühendislerinin istihdam sorununun çözülebilmesi için ülkemizde, gelişmiş ülkelerdekine benzer, yeni bir meteorolojik yapılanmaya gidilmelidir. Bu yapılanma şu üç madde de belirtilen şekilde olmalıdır:

I. DMI kendini sadece üç temel konu ile sınırlamalıdır. 1- Kurallarına uygun meteorolojik gözlemler yapmak; 2- Genel hava öngörülerini, tahminler ve ihbarlar yapmak; 3- Veri bankası oluşturmak, iklim etütleri yapmaktır.

II. Büyük sanayi kuruluşları, enerji ve askeri tesisler, sigorta şirketleri, resmi ve özel hava yolları, TV, radyo ve gazete gibi kitle iletişim kurumları, sağlık, ulaşım, tarım ve ormancılık işletmeleri ile birlikte araştırma ve planlama

kurum ve kuruluşlarında meteoroloji mühendisleri gerektiği şekilde istihdam edilmelidir.

III. Spor kulüpleri, armatör, çiftçi gibi özel girişimcilerin, endüstri ve diğer ihtiyaç gruplarının özel hava tahmini ve meteorolojik etütler ile ilgili isteklerini karşılayabilmek için Meteoroloji Mühendislerine de büro açarak ticari faaliyetlerde bulunma ve imza hakkı verilmelidir. Meteoroloji mühendislerinin, jeoloji, jeofizik ve diğer mühendislerin kendi dallarında yaptığı gibi, DMİ'den ücret karşılığında aldıkları verilere dayanarak özel hava tahminleri, danışmanlık, meteorolojik analiz ve etütler yapabilmesi için yasal düzenlemelerin derhal yapılması gerekir.

Türkiye gibi gelişmekte olan bir ülkede, sağlıklı ve hızlı bir ekonomik kalkınmaya yol gösterebilecek meteoroloji bilimine ve meteoroloji mühendisine, meteorolojinin günlük yaşam, ticaret ve endüstri ile içiçe girmiş olduğu gelişmiş ülkelerden daha fazla ihtiyaç vardır. Meteorolojik bilgi ve analize harcanacak olan her kuruş, özel girişimcilere ve dolayısı ile ülkemizin ekonomisine katlanarak geri dönecektir.

### 2. 23 MART: TÜRKİYE'DE METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİNİN BURUK GÜNÜ

Her yıl olduğu gibi bu yıl da 23 Mart, Dünya'da "Meteoroloji Günü" olarak kutlanıyor ama Türkiye'deki Meteoroloji Mühendisleri hiç bir zaman gerçek anlamda kutlayamadığı bugünü yine devletine küskün olarak ve buruk duygular ile karşılıyor: Hala Türkiye'de Meteoroloji Mühendisliğinin ne olduğu bilinmemektedir ve önemi yeterince ne halk ne de idarecilerimiz tarafından hakkı ile anlaşılacak değildir. Bu konuda dünyanın gelişmiş ülkeleri çok ileriye gitmişler, ancak ne yazık ki bizler, kendi meteorolojik yaşantımızı neredeyse hiç sayarak meteoroloji bilimini günlük yaşamımızda etkin olarak kullanmamaktayız.

Meteoroloji mühendisleri ülkenin değişik sektör, kurum ve kuruluşlarında istihdam edilmek üzere Türkiye'de sadece İTÜ'de bulunan tek bir bölümde yetiştirilmektedir. Her geçen gün meteoroloji mühendisinin insanlarımızın can, mal, çevre ve su kaynaklarımızı koruma ve geliştirmedeki önemli rolü de artmakta ve meteoroloji mühendislerine günümüzde giderek artan bir gereksinim duyulmaktadır. Bütün bunlara rağmen, Türkiye'de meteoroloji mühendislerinin büyük bir bölümü işsiz dolaşmaktadır.

Türkiye hala, milli savunmasını dahi tehlikeye sokacak şekilde, hava tahmininde aşırı bir şekilde yurt dışına bağımlı bir durumda bulunmaktadır. Ayrıca günümüzde Türkiye'nin hızla artan nüfusu, aşırı ve çarpık şehirleşmeler ile beraber son yıllarda ülkemizde

büyük mal ve can kayıplarına neden olan ağır kış şartları, fırtınalar, kuraklık, hortum, sel ve çığ, orman yangınları ve hava kirliliği gibi meteorolojik karakterli doğal afetler için acil olarak ekonomik ve işler çözümler de geliştirilememektedir.

Bu nedenlerden dolayı, en azından 23 Mart Dünya Meteoroloji Günü'nde, Dünyanın kullandığı meteorolojik bilgi ve teknolojik gelişmelerin ülkemizdeki kullanımı ve uygulanabilirliği gözden geçirilerek problemlerimize çözüm aranması gerekir. Meteoroloji Mühendisliği'ni tanıtmak, problemlerimiz hakkında bilgi vermek ve çözüm yolları ile ilgili görüşlerimizi kamuoyuna iletmeliyiz. Meteorolojinin toplumumuzda, sadece "hava durumu" olarak yerleşen yanlış imajının ve bu yanlış imajın özel sektör ve kamu yetkililerinin belleklerinde mezunlarımız için getirdiği yanlış sınırlamalardan da bir an önce kurtulmamız gerekir.

Her ne kadar, meteoroloji, ülkemizde hava tahmini ile özdeşleşmişse de artık meteorolojinin dünya atmosferini ve atmosferdeki olayları anlama ve tahmin etmenin yanında, bu olayların insanlar açısından doğuracağı sonuçları da ortaya koyması günümüzde büyük önem kazanmıştır. Öyleki meteoroloji bilimi sokağa çıkmak isteyen insandan, uçağını kaldırmak isteyen pilota kadar, hayatın her safhasında insanlara sürekli ve hayati önem taşıyan hizmetler sunar. Bugün hava tahminleri yanında meteoroloji mühendisleri, günümüzde toplumların sosyal ve ekonomik gelişmesinin ortaya koyduğu problemlere de çözüm aramaktadır. Artık meteoroloji bilim çevresi atmosferin kirlenmesinin dünya iklimini, tarım, orman ve su kaynaklarımızı nasıl etkileyeceği gibi toplum ve çevresel boyutu büyük olan problemler ile de ilgilenmektedir. Örneğin, hızla artan dünya nüfusunun ihtiyacını karşılamak üzere tüketilen fosil kaynaklı yakıtlar, atmosferde CO<sub>2</sub>'yi arttırmakta ve sonuçta dünya ikliminde tehlikeli değişiklikler ve yer yer asit yağmurları gibi bir çok problemi ortaya çıkarmaktadır. Her geçen gün, böylece, meteoroloji biliminin çevre korumadaki önemli rolü de artmaktadır.

Meteoroloji Mühendislerinin içinde bulunarak ilgilendiği atmosfer bilimleri konuları arasında belki de sayılmayacak kadar çeşitlilik vardır. Örneğin bir bölge veya yörenin iklimi ve ikliminde kısa ve uzun zamanlarda veya küçük ve büyük sahalar üzerinde meydana gelen değişiklikler; deniz ve göllerin su seviyelerinde meydana gelen değişimler; orman ve tarımın meteorolojik şartlara bağlı olması; tükenmeyecek kadar sürekli olan güneş ve rüzgar enerjilerinin potansiyellerinin belirlenmesi; uydu, kötü hava şartlarında elektromanyetik dalgaların radar sinyallerine ve haberleşmeye etkisi; spor karşılaşmalarının yapılabilmesi; psikolojik konfor ve insan sağlığı; yüksek katlı bina, köprü ve kulelerin tasarımlarındaki hesapların sağlıklı yapılması, yer secimi; yapıların içindeki yaz ve

ısı sıcaklıklarının konfora göre ayarlanması; suni yağmur mekanlarının bilimsel araştırılması meteorolojinin sayısız ilgi alanlarından sadece bazılarını ihtiva etmektedir.

Bütün bunlara rağmen, İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümünü mezunlarından beklenenden çok az bir kısmı günümüzde Devlet Meteoroloji İşleri (D.M.İ.)'nde meteoroloji gözlem ve analiz yapmak, Devlet Su İşleri (D.S.İ.) ve Elektrik İşleri Etüd İdaresi (E.İ.E.İ.)'nde hidrometeorolojik etütler yapmak üzere istihdam edilmiştir. Bununla birlikte Türkiye Elektrik Kurumu (T.E.K.)'de rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji çalışmalarında da sadece bir kaç kişi görev almaktadırlar.

Bunların yanında, gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de meteoroloji mühendisleri, büyük sanayi kuruluşları, enerji ve askeri tesisler, resmi ve özel hava yolları ile meydanlar, TV, radyo ve gazete gibi kitle iletişim kurumları, sağlık, ulaşım, tarım ve ormancılık işletmeleri ile bazı araştırma ve planlama örgütlerinde gerektiği şekilde istihdam edilmesi gerekirdi. Her ne kadar, son zamanlarda Çevre Bakanlığı ve Büyük Şehir Belediyelerinin çevre birimlerinde bir kaç tane de olsa meteoroloji mühendisi istihdam edilmişse de, bu beklenenin çok altındadır. Böylece, uzmanlıklarına gerçekte çok büyük ihtiyaç olduğu halde, meteoroloji mühendisliği mezunlarının büyük bir çoğunluğu işsiz bulunmaktadır.

Meteoroloji mühendisliği konusunda ülkemizdeki tek akademik birim olan bölümümüz, 1953'den beri bu konudaki uzman elemanları yetiştirmek ile birlikte Türkiye'nin meteorolojik ve atmosfer zenginliklerini de inceleyerek onları faydalı bilgiler halinde kuruluş ve kişilere sunmaya çalışmaktadır. Ancak geçmişteki üzüntü ve gelecekteki ümit ile belirtmek gerekir ki bu bilim dalı ülkemizde henüz haklı yerini alamamış ve meteorolojik hizmetler de istenen seviyeye ulaşamamıştır. Bunun değiştirilebilmesi için öncelikle gerek meteorolojiye gönül vermiş olanların, gerekse onunla ilgili olan bütün kuruluş ve kişilerin bu konuda birbirlerine destek vermeleri gerekir. Bu nedenlerden dolayı, yıllardır bu ülkede DMİ ile üniversitemiz arasında gerekli işbirliğinin kurulamamış olması büyük bir talihsizliktir.

Türkiye gibi gelişmekte olan bir ülkede, sağlıklı ve hızlı bir ekonomik kalkınmaya yol gösterebilecek meteoroloji bilimine, meteorolojinin günlük yaşam, ticaret ve endüstri ile içiçe girmiş olduğu gelişmiş ülkelerden, daha fazla ihtiyaç vardır. Meteorolojik bilgi ve analize harcanacak olan her kuruş, özel girişimcilere ve dolayısı ile ülke ekonomisine fazlası ile geri dönecek, ülkemizde daha sağlıklı bir çevre, toplum ve ekonomiye sahip olunacaktır. Meteoroloji, oldukça gelişmiş ve kompleks bir bilim dalıdır. Bu nedenle meteoroloji uygulamalarının uzmanlık gerektirdiği ve politik istismar kaldıramadığını herkese anlatabilmemiz gerekmektedir.

Türkiye'nin meteorolojik ve atmosfer zenginliklerini de inceleyerek onları faydalı bilgiler halinde kuruluş ve kişilere sunmaya çalışmalıyız. Ancak geçmişteki üzüntü ve gelecekteki ümit ile belirtmek gerekir ki bu bilim dalı ülkemizde henüz haklı yerini alamamış ve meteorolojik hizmetler de istenen seviyeye ulaşamamıştır. Bunun değiştirilebilmesi için öncelikle gerek meteorolojiye gönül vermiş olanların, gerekse onunla ilgili olan bütün kuruluş ve kişilerin bu konuda birbirlerine destek vermeleri gerekir.

Meteoroloji mühendisliğinin gerçekte ne olduğu ve uzmanlık alanlarında çalışabilmesi gerektiği konusunda halkı, ilgili ve yetkilileri bilgilendirmekte şu ana kadar hem üniversite hem de meteoroloji mühendisleri odası etkisiz ve yetersiz kalmıştır. Bu gerçek görüldükten sonra, meteoroloji mühendisliği camiası kendini tanıtmaya ve gerektiğinde en tabii haklarını korumaya yönelik etkili bir şekilde lobi yapabilmek için Reklam ve Halkla İlişkiler konusunda profesyonel kuruluşlardan da yararlanma yollarına gitmelidir.

### 3. TÜRK MEDYASINDAKİ METEOROLOJİK CAHİLLİK

Her zaman olağan dışı olduğu düşünülen hava durumları, El Niño ve La Niña gibi iklim olayları kamuoyumuzu sürekli olarak meşgul eder. Bir çok spor yazarı olup ta tek bir bilim yazarı veya editörü bulundurmamayan medyamız, kamuoyunu doğru dürüst bilgilendirememekte ve bu konuyu magazin malzemesi olarak kullanmayı tercih etmektedir.

Genellikle sele neden olan bir kaç şiddetli sağanak, iri taneli bir dolu yağışı, nehirlerin taşması, Haziran ayında bir yere kar yağması, yüksek sıcaklıkla birlikte nemin bunalıcılığı, 3-5 derecelik sıcaklık düşüşü veya artışı yaşanınca hemen bunların olağan olmadığı düşünülür. Türkiye El Niño ile tanışmadan önce, özellikle hava sıcaklıklarında alışılmadık dışında bir gidiş olduğunda medyanın aklına hemen "Havalar çıldırdı mı?" ve "Mevsimler değişiyor mu?" soruları geliyordu. Bundan sözlü ve yazılı basınımızda da "Mevsim Kayması" ve "Mevsimlerin Yer Değiştirmesi" olarak da sık sık bahsedilmektedir. Eskiden bir kaç şiddetli sağanak ve bunların sonucunda oluşan seller de sadece "İklim Değişikliğine" bağlanmaktaydı. Basınımız bir ara bütün bunlardan, El Niño'yu da sorumlu tuttu. Bunun içinde aslında kelime anlamıyla "bebek Hz. İsa" demek olan El Niño'nun adını da, "Perulu yaramaz ve şımarık çocuk" olarak değiştirmişlerdi. Bir çok doğal afet bazen de El Niño'nun gazabı olarak açıklandı. Ayrıca El Niño olayı sanki Doğu Pasifik'de oluşmuyormuş da, o yaramaz bir çocuk gibi oradan oraya hoplayıp zıplayarak dünyanın orasını burasını fırtınalarla gıdıkliyormuş gibi bir çok açıklamalar yapılıyor.

Gündelik, yerel hava ve El Niño gibi bölgesel iklim olayları ile iklim değişikliği gibi büyük bir küresel çevre sorunu arasında yanlış bir

şekilde ilişki kurulmaktadır. Hava şartları ile iklim ve El Niño gibi bir iklim olayı böylece birbirine karıştırılmamalıdır.

Türkiye'de hava şartlarının, astronomik mevsimlere uyması beklenmektedir. Halbuki astronomik mevsimler belirlenirken ne hava şartları ne de iklim göz önüne alınmıştır. Gelişmiş ülkelerde astronomik takvimlerin bu yanıltıcı yönü meteorolojik olaylara duyarlılığı fazla olan kimseleri "Meteoroloji Takvimleri" kullanmaya yöneltmektedir.

Ülkemizde hava sıcaklıklarının normallerinin üstünde veya altında bir müddet seyretmesi iklim değişikliğinin bir işareti olarak da yorumlanır. Halbuki hava şartları nadiren normallerinde seyreder ve "normal" kelimesinin meteorolojide ne anlamda kullanıldığının bilinmesi, bu konuda herhangi bir yorum yapmak için şarttır.

Ayrıca atmosferde "hava boşluğu" yoktur; "türbülans" vardır. Ozon tabakası "delinmemiş"; sadece stratosferik ozon gazında yer yer "seyrelmeler" oluşmuştur. Havanın "ısı" değil; "sıcaklığından" bahsedebiliriz. Türkiye üzerinde "Basra Alçak Basınç Merkezi" de yoktur, ters bir muson oluşu vardır... Sözün kısası meteoroloji, gerçekten eğitim ve uzmanlık isteyen zor bilim dallarından biridir.

Bu nedenlerden dolayı da, hemen hemen herkesi ilgilendiren hava durumu bilgilerinin, yazılı, sözlü ve görüntülü medyada kimin tarafından hazırlanacağı ve nasıl sunulacağı konusunda Türk medyasında doğru bir anlayış ve uygulama olmalıdır. TV yayıncılığına çok eskiden başlamış olan ABD'de TV istasyonları, 1950 yılından beri meteorolojist çalıştırmaya başlamıştır. Bugünün Türkiye'sinde ise, akla ve mantığa sığmaz bir şekilde, TV istasyonlarımızda görevli meteorolojist sayısı sadece 3; gazete ve radyolarda ise 0'dır. Türkiye'de meteorolojistlerin illa da kamera karşısına geçmesi şart değildir. Çeşitli kaynaklardan alınabilecek olan teknik meteoroloji bilgilerinin halka indirgenmesi için TV, radyo ve gazetelere gerekli olan açıklamalar, meteorolojik haritalar, ilginç istatistik bilgileri içeren tablolar ve grafikler mutlaka meteorolojistler tarafından hazırlanmalı ve yorumlanmalıdır.

#### 4. KÜRESEL ISINMA VE TÜRKİYE'DE YEREL GÜNDEM 21 UYGULAMALARI

Günümüzde tüm dünyada şehirleşme hareketleri kırsal kesimden olan göçler ile birlikte hızlanmakta, nüfus yoğunluğunun aşırı bir şekilde artması ve değişen yaşam standartları sonucu da daha çok sanayi üretimine ihtiyaç duyulmaktadır. Artan şehirleşme, özellikle sanayi ve yerleşim bölgelerinden çıkan sera gazları ile çevre ve atmosferin büyük miktarda kirlenmekte ve küresel ölçekte havanın ısınma eğilimi de giderek artmaktadır. Böylece, canlı küreden (biyosferden) yukarı atmosfere (stratosfere) kadar olan kısım başta olmak üzere, günümüzde dünya atmosferinin kirlenmesi giderek

artmaktadır. Bütün bunlar, doğayı tahrip ederek kentlerin iklimini değiştirmek ile birlikte su, kara ve havadaki yaşamı tümüyle tehdit eden çevre problemlerini de beraberinde getirmektedir.

Gezegeneğimizin ısınma trendine girdiğine işaret olarak, her iki yarım kürede de buzulların eriyerek kutuplara doğru çekildiği, yüksek dağların tepelerindeki buzulların ve kar örtüsünün azaldığı, deniz su seviyelerinin yükseldiği, sıcak havayı seven bazı (tropikal) bitkilerin kutuplara doğru yayıldığı, havadaki kimyasal kirleticilere karşı hassas olan narın kuş türlerinde azalmalar olduğu ve ağaçlardaki yaş halkalarının daha hızlı bir büyüme gösterdiği sayılmaktadır. Ayrıca, son 1400 yılın dünyanın en sıcak yılları olarak kabul edilen 1990, 1995 ve 1997'nin de ardi sıra gelmiş ve sıcaklık rekorlarının böyle kısa bir süre içinde peş peşe kırılmış olması bir ısınma trendine girdiğimizin açık işareti olarak görülmektedir.

Küresel iklim değişimi probleminin çözümüne katkıda bulunmak için onu sadece ekstrem hava olaylarında hatırlayarak spekülasyonlarda bulunmak yeterli değildir. Günümüzde iklim değişikliği toplumların en az kalkınma, açlık, sağlık kadar dünyanın üzerinde durması gereken çevre sorunlarının başında gelmektedir. Bu ne denle, 21. Yüzyıla girmek üzere olduğumuz bu günlerde kalkınma çabaları ile çevreyi yitirme endişeleri "Sürdürülebilir Kalkınma" kavramını ortaya çıkartmıştır. Haziran 1992'de Birleşmiş Milletler Kalkınma ve Çevre Uluslararası Konferansı (UNCED) adında bir Dünya Zirvesi de gerçekleştirilmiştir. Bu zirve sonucunda imzaya açılan beş temel belgeden biri olan (Local Agenda 21) Gündem 21'i de Türkiye kabul etmiştir.

Artık Dünya, Gündem 21 ile gelecek yüzyıla hazırlanmalıdır. Gündem 21, Rio Deklarasyonu'nda yer alan ilkelerin bir uygulama belgesidir. 1990'lı yıllardan 2000'li yıllara kadar uzanan dönemde ve devamında çevre ve ekonomiyi etkileyen tüm alanlarda, hükümetlerin, kalkındırma örgütlerinin, Birleşmiş Milletler kuruluşlarının ve bağımsız sektörlerin yapması gereken faaliyetleri tanımlayan bir eylem planıdır. Gündem 21, hükümetlerden bireylere kadar herkesin "Sürdürülebilir Kalkınma" anlayışı içinde çalışmasını öngörmektedir. Gündem 21'in 28. Paragrafı da yerel yönetimlere yükümlülük ve ödevler verilmektedir. Rio Toplantısı'ndan sonra Dünya'nın pek çok bölgesinde kentler Gündem 21'i yerel düzeyde gerçekleştirmek üzere harekete geçmiştir. Daha sonraları Avrupa Kentleri 1994'de imzaladıkları Aalborg Sözleşmesi ile belediyeler Yerel Gündem 21'i hazırlayacaklarını ve sürdürülebilir kentler yaratacaklarını tekrarlamıştır. Bu Kyoto'da da tartışmasız kabul görmüştür. Böylece, "Küresel Düşün, Yerel Hareket Et" felsefesi, ister küçük ister büyük olsun, yurtdışında bir çok yerel yönetim, belde ve belediye tarafından hayata geçirilmiştir. Yerel Gündem 21

ırdı çevre hareketinin ülkemizde de bir an önce yaygınlaşması gerekiyor.

## 5. TÜRKİYE İÇİN GELECEKTEKİ EN BÜYÜK PROBLEM: DENİZ SU SEVİYELERİNDE YÜKSELME

Küresel ısınmanın sonucu ısınarak (termal olarak) genişleyen deniz suları ile birlikte kutup ve dağ buzullarındaki erime nedeniyle yükselen deniz suyu seviyeleri, kıyılarımızı, Van Gölü civarında olduğu gibi, olumsuz bir şekilde etkileyecektir. Küresel ısınma ile birlikte deniz seviyelerindeki yükselme de, önümüzdeki yüzyılın sonuna kadar 65 - 100 cm'ye ulaşabilecektir.

Türkiye nüfusunun büyük bir çoğunluğu deniz kıyılarında veya deniz kıyılarına yakın yerlerde yaşamaktadır. Kıyılarda biriken bu büyük nüfus özellikle deniz su seviyesi yükseldiğinde kıyı ve nehirlerin ağzındaki koylardaki ekolojik sistemi tehdit eder. Denizlere yakın alçak araziler de su yükseldiğinde sular altında kalır.

Okyanus, deniz ve kıyı sularının ısınması bir çok doğa sistemini de etkileyecektir. Su sıcaklığı arttıkça bir çok canlı türü ya artan sıcaklıklara uyum gösterecek veya daha soğuk sulara göç edecek. Fakat duyarlı organizmalar hızlı ısınmanın olduğu yerlerde kitleler halinde ölecektir. Değişen sıcaklıklar deniz hayatını ve dolayısı ile balıkçılığı da etkileyecektir.

Deniz su seviyesinin yılda bir kaç mm yükselmesi, büyük bir tehlikeymiş gibi görünmezse de, çok önemli bir değerdir. Bruun kuralına göre deniz su seviyesindeki yükselme sahilde erozyona neden olur. Deniz su seviyesi yükseldiğinde yakın kıyının dip profili de değişir. Bu değişim yükselen su seviyesinin neden olduğu kıyı erozyonundan oluşan sedimentin (süründü maddelerinin) dipte birikmesi ile oluşur. Diğer bir deyişle deniz seviyesi ne kadar yükselirse kıyılarda taban da o kadar yükselir. Aynı şekilde deniz seviyesi ne kadar yükselirse onun 100 katı kadar bir uzunluktaki sahil erozyona uğrar. Örneğin ABD'nin Atlantik Okyanusu kıyılarında deniz su seviye yükselmesi yılda 4 mm'dir. Böylece 10 yılda deniz su seviyesi 4 cm yükselirken kaybedilen sahil 4 m'dir (Hannah, 1992). Akdeniz kıyılarında yapılan yüzlerce arkeolojik çalışmalar sonucunda Akdeniz su seviyesi son 2000 yıldır 40 cm yükselmiştir (yükselme hızı 0.2 mm/yıl'dır).

Hangi senaryoya bakılırsa bakılsın ozon ve iklim değişikliğinden Türkiye, tamamen olumsuz bir şekilde etkilenecektir. Bu olumsuzluklar da daha çok deniz suyu seviyesindeki yükselme, tatlı su sıkıntısı ile beraber Türkiye'nin, turizm ve tarım sektöründe de büyük kayıplara neden olabilecektir.

Böylece diğer Akdeniz ülkeleri gibi Türkiye için de en büyük problem, deniz seviyesindeki yükselmeler olacaktır. Türkiye'deki en riskli yerler Seyhan, Ceyhan, Göksü, Patara, Eşençayı, Fethiye, Büyük

Menderes, Küçük Menderes, Bakırçay ve Gediz gibi bazı Akdeniz deltaları sayılabilir. Kıyı şeridindeki yerleşim alanları yükselen deniz suyu ile kaplanırsa veya bunu önlemek için ekonomik boyutu çok büyük olacak setler inşa edilmesi gerekebilir. Benzer şekilde turistik plajlar ve yat limanları yükselen deniz suyu ile kullanılamaz hale gelebilecektir. Tuzlu deniz suyu, nehirler ve yer altı suları gibi, tatlı su kaynaklarını da yok edebilir. Ayrıca kıyı şeridinde ve deltadaki tarım alanları da kullanılamaz hale gelebilecektir. Kıyılardaki konut ve balık üretim kaybı da olabilecektir.

Deniz tuzları, toprağın tuzu haline dönüştüğünde büyük problemlere neden olurlar. Tarım alanları tuzlu su girişiyle, önceleri büyük verim kayıplarına uğrarken sonraları da tamamen kullanılmaz hale gelirler. Ayrıca tuzlu su girişi probleminin, çoğu zaman kısa bir süre içinde çözülmemesi de problemin önemini daha da arttırmaktadır. Tuzlu su ile mücadelede temel amaç, bitki köklerini sularken tuzlu suyun köklerin seviyesine ulaşmasını önlemektir. Artan yağışlar kıyı alanlarındaki tuzları eriterek de biyolojik sistemlere zarar verebilir. Düşük yerel yağış miktarları ise, tuzlu deniz suyunun kara içlerine doğru girişini artırır. Aynı zamanda artan frekans ve fırtına şiddeti kıyı şehirlerini, deltaları ve ovaları ciddi bir şekilde etkiler.

## 6. EL NIÑO-LA NIÑA'IN TÜRKİYE EKONOMİSİ İÇİN ÖNEMİ

Okyanuslarda bölgesel su akıntılarındaki değişimler, El Niño ve La Niña gibi küresel olarak dünya iklimini etkileyebilen olaylara neden olabilmektedir.

Türkiye'de, dünya iklimini etkileyen bu olaylarının ekonomik ve ekolojik yönü çoğu kez göz ardı edilmektedir. Bu olayların önceden kestirilmesi ve anlaşılmasının sadece bir ülke değil dünya ekolojisi ve ekonomisinde büyük önemi vardır. El Niño ile La Niña olayları bir birleri ardı sıra ortaya çıkar.

El Niño yılları Peru balıkçılığı için oldukça zararlı olmaktadır da, bölgenin bol yağışlar almasına neden olur. El Niño'nun aksine La Niña yılları ise balıkçılık için uygun şartlar oluştururken bölgede kuraklığa neden olduğundan bu sefer de çiftçiler büyük ekonomik kayıplara uğrarlar. Çiftçilerin ekonomik kayıplarını en aza indirmek için El Niño ve La Niña yıllarının önceden tahmin edilmesi büyük önem taşır. Böylece bölge çiftçileri El Niño yıllarında bol suya kavuşacağı için piriç; La Niña yıllarında ise kuraklığa daha dayanıklı olan pamuk ekimine zamanında karar verebilmektedirler.

Türkiye gibi tropiklerin dışındaki bir çok ülke (ABD, Japonya) için de El Niño yıllarının tahmini tarım alanlarının planlanması, su kaynaklarının yönetimi, tahıl, petrol ve doğal gaz stoklarının belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır. İşte bu nedenledir ki



ABD'nin NASA, Ulusal Meteoroloji Servisi ve benzeri bir çok kamu kuruluşu El Niño'yu gözetleme, belirleme ve tahmin etmek için önemli çalışmalar yapmaktadır. Pasifik Okyanusu kıyılarında gözlenen El Niño ve La Niña olayları, dünyanın herhangi bir bölgesinde meydana gelen iklimsel değişimlerin diğer bölgeler üzerinde de ne denli etkili olabileceğinin en önemli kanıtlarından biridir.

## **7. TÜRKİYE'DE UNUTULMUŞ BAŞKA BİR KONU: ASKERİ METEOROLOJİ**

Meteorolojik gözlem ve tahminler, savaşlardaki stratejik önemlerinden dolayı, savaşan ülkelerce gizli tutulur. Tarih boyunca meteorolojistlerin ve meteorolojik şartların savaşların kaderinde oynadığı role bakıldığında, savaş anlarında meteorolojik bilgi ve hava tahminin taktik ve stratejik bir öneme sahip olduğu görülür. Savaşan ülkeler, bu nedenlerden dolayı, savaş anında meteorolojik bilgi ve hava tahminlerini gizli tutar. Böylece barışta tüm ülkeler arasında yapılan meteorolojik bilgi alışverişi savaş anında kesintiye

uğrar. Bu durumda her ülke kendi yaptığı gözlemlere, barış anında yaptığı bilimsel çalışmalara göre ve geliştirdiği yöntemler ile hava tahmini yapmak ve tüm bunları göz önünde tutarak askeri operasyonlara karar vermek zorundadır. Bütün bunlara ilaveten, hava deneni ele avuçta sığmaz şeyin, özellikle körfez savaşının hafızalarda olduğu, günümüzde askeri operasyonlarda bir silah olarak kullanılmasına yönelik çalışmalar da giderek artmaktadır.

Ülkemiz silahlı kuvvetleri, bu göreceli silahı her zaman göz önüne almalı, ve gereken önemi vermelidir. Bu nedenle, özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde, düşman kuvvetlerini bozmak ve dost kuvvetlere yardımcı olmak amacıyla II. Dünya ve Vietnam Savaşlarında yapılan hava modifikasyonu çalışmaları ülkemizde de bilinmelidir. Daha sonra da Yağış Arttırımı, Fırtına Kuvvetlendirme, Kuraklık, Uzaydan Gözlem, Sis ve Bulut Yok etmek, Düşman Hava Şartlarını Tespit Etmek ve İyonosfere Müdahale ederek Haberleşmeyi Kontrol etmek üzerine şu anda yapılmakta olan ve 21. yüzyılda yapılması planlanan çalışmalar üzerinde durmalıyız. ◀◀

# Dünya Su Günü ve Ülkemiz İçin üşündürdükleri

Prof. Dr. Zekai ŞEN

Meteoroloji Mühendisliği Bölümü İstanbul Teknik Üniversitesi

Her yılın 22 Mart tarihi Dünya Su Günü olarak kutlanmaktadır. Su meteoroloji bilgileri veya meteoroloji su bilimi (hidroloji) olmadan lüştünülemeyeceği için 23 Mart günleri de anlamlı bir şekilde Dünya Meteoroloji Günü olarak kutlanmaktadır. Sözü fazla uzatmadan Dünya Su gününün ülkemiz açısından önce kısaca aşağıdaki birinci paragrafta şu mesajı vermek istiyorum.

Ülkemiz su kaynakları (yüzeysel, yeraltı, yağış, kar, jeotermal) bakımından doğal bir laboratuvar halindedir. Canlı ve ahenkli olan su kaynakların, su çevrimi aracılığı ile birbirleri arasında dengeleri vardır. Ne yazık ki, böyle bir laboratuvarın işlenerek ülke çıkarına aydalar sağlaması beklenen değişik bilim dalları arasında sağlıklı bir dayanışma ve ahenk bulunmamaktadır. Hidrolog, meteorolog, su bilimcisi, ziraatçı, hidrojeolog, ormancı, çevre, vb. su ile ilgili olan disiplinlerin arasında ülkemizde etkileşim çok zayıftır ve hatta hiç ahenk yoktur. Su bilimi (hidroloji) Türkiye üniversite ve araştırma kurumlarında üvey evlat muamelesi görmektedir. Ancak İTÜ Meteoroloji Mühendisliği bölümünden yıllar önce mezun olmuş kişiler kendi gayretleri ile bugün için Türkiye Cumhuriyeti'nde en yetkili hidrologlar haline gelerek DSİ, EİEİ, DMİ ve özel şirketlerde başarı ile çalışmaktadır. Maalesef bugün bile İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümünde su ile ilgili (Hidrometeoroloji veya Hidroloji) bilim dalının gelişmesine engeller konulmaktadır. Bu konuda mezunlar büyük mesafeler kat ederek uluslararası meteoroloji standartları seviyesine gelebilmişler ve bölümde su konularının gelişmesi için isteklerini her türlü platformlarda söylemişlerdir. Bu yılki Dünya Su Gününde hidroloji, hidrometeoroloji, kar hidrolojisi, tarımsal meteoroloji gibi su ile doğrudan ilgili ve ülkenin çok ihtiyacı olan konuların Türkiye üniversitelerinde ve özellikle İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümünde gelişerek dünya bilim ve uygulama seviyesini yakalaması ve ülkeye yararlı olması bakımından temenni ederim. Yirmibirinci yüzyıla girerken insanın doğal ve yapay ihtiyaçlarının

miktar, kalite ve çeşitliliğinde misli görülmemiş şekilde artışlar olmaktadır. Bunun değişik nedenleri arasında nüfus artışı, sanayileşme, israf artışı, teknoloji ve doğal kaynakların yeryüzünde eşit dağılmaması, atmosfer ve çevre kirliliğinin artması gibi özellikle insan faaliyetleri ile ilgili istenen ve istenmeyen olaylar gelmektedir. İhtiyaç maddeleri arasında asla vazgeçilemeyecek ve her türlü canlı hayatın devamlılığı için gerekli olan su bugün her aile, toplum, şehir ve ülkenin gündeminde liste başında yer almaktadır. Suyun miktar olarak sınırlı olması, yapay yöntemlerle elde edilememesi, çevre kirliliği sebebi ile kirlenmeye müsait olması gibi sebepler dolayısı ile refah seviyesi ve nüfus artışı sonucunda kişi başına düşen su talebinin gün gittikçe artması suyu önemli bir ticaret ve politika malzemesi haline getirmiştir. Böylece bir ülkenin yerleşim merkezleri arasında suyun bir yerden başka bir yere taşınması gibi sorunlar ve bunun kökeninde de su kaynaklarına sahip olma gibi hakların ileriye sürülerek tartışılması ve belirli uzlaşmalar ile ortaklaşa kullanılması veya satın alınma ilkelerine varılmaktadır.

Dünyada bulunan suların %97'si tuzlu olduğundan içme ve tarım amaçları için kullanılamaz durumdadır. Geriye kalan %3'lük kısım ise 35 milyon kilometreküpük tatlı sudur. Maalesef bu suda dünya sathına üniform olarak dağılmamıştır. Eğer böyle olsa idi yeryüzünün her nokasında 70 cm derinlikte tatlı su bulunacaktı. Belki de bu ideal durumda su talebi ile hiçbir sorun bulunmayacak ve ancak su kirlenmesi ile sorunların doğması karşımıza çıkacaktı. Üniform olmayan dağılışı sonunda bu tatlı su miktarının büyük bir kısmı kutup bölgelerindeki buzullarda veya çok derin jeolojik tabakalarda ulaşılması teknolojik olarak çok pahalı olan derinliklerde yeraltı suyu olarak hapis edilmiştir. Bugün içi devamlı olarak kullanılabilir ve doğa su çevrimine katkıda bulunan miktar sadece binde 3 civarındadır. Bunun ise 100 trilyon metreküp bir temiz su hacmine eşit olacağı anlaşılıştır. İte bu kaynağın temiz tutulması ve

kirlenmemesi gerekmektedir. Ne yazık ki insan faaliyetleri sonunda bugün için bu miktarda devamlı olarak kirlenmektedir. Bu miktar su çevrimine iştirak ettiğinden yenilenebilir mahiyettedir. Bu yenilenebilme özelliği güneş ışınımının dünyaya varması süresinde hep var olacaktır.

Tatlı su kaynaklarının yeryüzünde üniform olarak dağılımı olmaması birçok bölgesel ve kişisel sorunların doğmasına ve suyu gerekli yerlere taşımak için insan faaliyetlerine bir çerçeve veren planlama ve gerekli inşaatların yapılması gibi etkinlikler ortaya çıkmaktadır. Suyun üniform dağılmamasının değişik sebepleri su çevriminin dünyanın değişik yerlerinde farklı ölçekte ve hızlarda ortaya çıkmasına bağlıdır. Örneğin çöl bölgelerinde yerel su çevrimlerinin yılın sadece soğuk mevsimlerinde yağışa geçebilir faaliyet göstermelerine karşılık nemli bölgelerde hemen her mevsimde yağışa geçebilmesi bu ayrıcalığı ortaya çıkarmaktadır. Genel olarak insanoğlu istediği yerde istediği miktarda suya sahip olamaz. Bu gayesi için su zengin olan yerlerden ihtiyaç noktalarına suyu taşıması gereklidir. Su çevriminin işleyişine göre dünyanın bazı bölgeleri dünya ortalamasının üzerinde yağışlar sonucunda su kaynağı rezervlerini arttırırken bazı yerlerinde ise bunun tam aksi cereyan etmektedir. Örneğin Latin Amerikadaki Atacama çölü dünyanın en kurak bölgesi özelliğini taşımaktadır. Bu çölün Şili'de bulunan kısmındaki Arica deniz seviyesinde devamlı olarak yıllık yağış ölçülmektedir. Benzer durum Afrikadaki büyük sahra çölü içinde geçerlidir. Buna karşılık mesela Hawaii'deki Kauai adasında bir yılda 11.5 m yağış ölçülmektedir. Bütün bunlara karşılık yine Latin Amerika'daki sadece Amazon su toplama havzasında yıllık gözlenen yüzeysel akış miktarı dünya toplamının %20'sini teşkil etmektedir. Halbuki bu miktarlar Avrupada %7 Avustralya'da ise %1 mertebesindedir. Afrikadaki yüzeysel akışın %0'luk kısmı sadece Kongo akarsu havzasından temin edilmektedir.

Yağışların zaman içindeki dağılımları da üniform olmayıp dünyanın birçok yerinde yağışların %100'e varan kısımları belirgin yoğun yağışlı mevsimlerde olmaktadır. Mesela Hindistan'ın Cheerapunji bölgesine bir monsoon devresinde 10.5 metreden daha fazla yağış düşmektedir. Türkiye'nin büyük bir kısmı ve bilhassa güney doğu Anadolu ve Akdeniz kısımları Mayıs-Eylül ayları zarfında hemen hiç yağış almamaktadır. Tatlı suyun kıtalar arası dağılımında büyük farklılıklar vardır. İlgi çekici nokta Latin Amerika'da en kurak bölgelerin olmasına karşılık ortalama olarak bu kara parçasında kişi başına düşen tatlı su miktarı 35000 metreküp ile dünyanın en zengin bölgesini teşkil etmektedir Kutup bölgeleri az nüfus ve çok fazla su kaynağının bulunması dolayısıyla kişi başına en fazla tatlı suyun düştüğü yerleri teşkil ederler. Buradan da insanların ileriki tarihlerde zorda kalmaları halinde buradaki tatlı su kaynaklarından yararlanmayı düşünecekleri kaçınılmaz bir gerek olarak karşımıza

çıkılmaktadır. Buradaki tatlı su kaynağı Asya kıtasının takriben yirmi katı kadardır.

Bütün bunlardan çıkan sonuç şudur ki insanlığın uzun vadede su sorunlarını çözebilmesi için mutlaka uluslararası ortaklaşa hareket etmeye ihtiyacı olacaktır. Böyle bir ortak çalışma için her ülkenin dünya su kaynakları hakkında da bilgilendirilmiş ve kendi ülkesini küresel ölçekte inceleyerek bilimsel hukuki ve adil çözümlere ulaşabilmesi için su evriminin ve ekolojik dengenin göz önünde tutulması erecektir.

Benzer olarak ülkeler arasında doğal su taşınımını sağlayan nehir, ırmak ve hatta derelerin nasıl kullanılacağına sorunları giderek fazlaşmaktadır. İşte bu gibi doğal su taşınımına sahne olan ülkeler arasında yerel ve uluslararası boyutlara varan su sorunlarının ortaya çıkardığı 'hidropolitik' konulara birçok ülke gün geçtikçe daha da önem vermektedir. Özellikle de su varlığının komşularına göre daha fazla olduğu sanılan bazı ülkelerin jeopolitikliğine ilave olarak hidropolitik önemliliği de ortaya çıkmıştır. Bu tür sorunların uluslararası platformlarda tartışılması sonucunda arasında yapay taşınımın sağlanması için 'barış su yolu' denilen boru hatlarının projelendirilerek bölge ülkelerinin dikkatine getirilmesi de uluslararası diplomatik faaliyetlerin artmasına meydan vermiştir.

Ülkemizin sınır aşan sularının bulunması nedeni ile jeopolitik olduğu kadar hidropolitik konuma da sahip olduğu son yıllarda hissedilir derecede anlaşılmıştır. Bu yazıda kısaca Türkiye'nin hidropolitikliği üzerinde durularak sorunların bilimsel ilkeleri de içerecek şekilde yaklaşılmasına ışık tutabilecek bazı gerçeklere değinilecektir.

Bir ülkenin doğal kaynakları arasında geçmiş tarihlerde adı bile geçmeyen su kaynakları gelişen endüstrileşme, nüfus artışı ve çevre kirlenmesi nedenleri ile son yıllarda önemi gittikçe artan gündemden düşmeyen bir konu haline gelmektedir. Bunun sonucu olarak bazı ülkeler jeopolitik konularına ilave olarak hidropolitik konuma da sahip hale gelmektedir veya diğer ülkeler tarafından hidropolitik olarak algılanmaktadır. Ülkemiz için böyle bir durum dünya gündeminde sıkça sözü edilen bir duruma gelmektedir. Özellikle sınır aşan suların bulunması yani bir akarsu havzasının iki veya daha fazla ülke tarafından kullanılması durumlarında su sorunları uluslararası politik bir malzeme olarak kolaylıkla kullanılabilir hale getirilebilmektedir. Böylece ülkeler kendi su kaynaklarını uluslararası kuruluşlar karşısında savunmak durumunda kalabilmektedirler. Bunun içinde o ülkenin su konusunda uzman olan araştırmacı, mühendis, idareci ve politikacılarının zaman zaman bir araya gelerek ülke su sorunları hakkında bilimsel, hukuki ve sosyal bakımlarından görüş alışverişlerinde bulunmaları gerekmektedir.

Son yapılan tahminlere göre her yıl takriben yarım milyon

kilometreküp su okyanuslardan buharlaşarak su çevrimine katkıda bulunarak yağışlar sonunda bu yeryüzünde 1.4 metre kadar bir su tabakası oluşturur. Bu miktarın yaklaşık olarak % 90'ı yani 450000 kilometreküp kadar kısmı doğrudan doğruya atmosferden yağış şeklinde okyanuslara dönüşür. Ancak 50000 kilometreküp kadarlık bir kısım karalar üzerine düşer. Yıllık olarak yerel atmosfer yağışları olarak 70000 kilometreküplük yağışlarda buna ilave edilirse toplam 120000 kilometre küplük bir su yıllık olarak karalar üzerine düşmektedir. Bu miktar ise karala üzerinde 1 metre kadar bir su derinliğinin oluşmasına sebep olur. Bunun takriben 50000 kilometreküplük bir kısmı (%35) yüzeysel, yeraltı ve buzul akışları halinde okyanuslara geri döner. Sonuçta yeryüzünde 1.13 metrelik bir su derinliği meydana getirecek şekilde 580000 kilometreküplük bir yağış düşer. Buna eşdeğer miktarda her sene ortalama olarak okyanus ve yeryüzelerinden olan buharlaşma kainatta su dengesinin olduğunu ortaya çıkarmıştır. Böylece su çevriminin kapalı bir sistem şeklinde çalıştığı anlaşılır. Dünya atmosferinden kaçarak uzayın derinliklerine geçebilecek su buharının olmadığı şimdilik eldeki verilerden anlaşılmaktadır. Juvenil su denilen ve yerin derinliklerinden magmatik, tektonik ve jeotermal olarak su çevrimine katkıda bulunabilecek su miktarlarında ihmal edilebilecek seviyede olduğu anlaşılmaktadır.

Tatlı su sorunları hayatın hemen hemen her safhasında etkinliğini gösterir. Bunlar arasında insan ve ekolojik sistemin sağlığı için temiz tatlı suya ihtiyaç olduğu gibi tarım ve sulama ile ilgili olarak beslenme sorunları ve enerji üretimi sorunları da gelmektedir. Bu sorunların hepsinin altında su yetersizliği yatmaktadır. Doğal olarak nüfus artışı ve ekonomik gelişmenin gittikçe büyümesi sonucunda insanoğlunun suya olan talebi de daha fazla artacaktır. Günümüzde bile bu ihtiyaçların karşılanması için doğadaki su çevriminin insan eli ile değiştirilmesi yoluna son yüz yıl içinde fazlaca gidilmiştir. Bunlar arasında çok büyük su kütlelerinin bölgeler arası nakli, kurak sürelerde kullanılmak üzere milyonlarca metreküp suyu sulak zamanlarda depolayan biriktirme haznelerinin inşası, bulutların sağılarak bir miktar da olsa suni yağışın ortaya çıkarılması, nehirlerin tüm olarak yataklarından saptırılarak ihtiyaç bölgelerine yönlendirilmeleri, suyun derin akiferlerden kuvvetli dalgiç tulum balar yardımı ile yüzeye çıkarılması, kutuplardaki buzulların kullanım yerlerine yakın noktalara nakledildikten sonra eritilip kullanıma sunulması ve sonsuz kaynak teşkil eden deniz ve okyanus sularının arıtma tesisleri vasıtası ile tatıllaştırılması gelir.

Insanoğlunun karşılaştığı su sorunları suyun daha esnek ve kontrollü kullanılması, karşılıklı haklara saygılı kalınması ile birçok sorunların çözülmesi mümkündür. Su işletmesi yöntemlerinin kullanılması için gerekli verilerin toplanarak plan ve projelerin yapılması ile daha etkin su kaynakları işletilmesi ile suyun en iyi kullanılması temin

edilebilir. Sınır aşan sulara sahip olan ülkeler komşuları ile su konularını tartışarak ve karşılıklı hakları gözeterek sorunların çözümlenmesi araştırılmalıdır. Yukarıda belirtilen genel ilke ve uygulamaların ışığı altında tarafımızdan önerilen bazı ölçüler şunlardır.

(a) Su kaynakları için verilerin toplanarak ortak kullanıma sunulması: Bilgisayarların uzaktan algılama yöntemlerinin ve coğrafya bilgi sistemlerinin insanlara hizmet verebildiği bu günlerde bile maalesef sorunlarımızı çözmekten aciz kalmaktayız. Bunun en önemli sebebi insanlar, topluluklar ve ülkeler arasında iletişim, bilgi ve veri alış verişlerinin zorluğudur. Bugün kişiler arasında bile mevcut veriler gerekli ve karşılıklı anlaşmayı temin edebilecek bilimsel ortaklaşa çalışmaların bile yapılamamasını üzüntü ile izlemekteyiz. Bir nehre komşu olan ülkeler arasında veri alış veriş olmadığı müddetçe su ile ilgili kullanım, kalite, taşkın ve enerji sorunların ortak çözümünün araştırılarak ortaya konup kararlaştırılması yapılamaz.

(b) Halk arasında bir şeyin değersiz olduğunu ifade edebilmek için " sudan ucuz" tabiri kullanılmaktadır. Belki yıllar boyu bu söz geçerliliğini korumuştur ama günümüzde ve gelecekte bunun tam aksinin geçerli olacağı şimdiden anlaşılmaya başlamıştır. Bir litre suyun endüstri, ev ve tarım için gerekli kullanım yerine uygun kalitede gelebilmesi için bunun geçtiği merhaleler arasında baraj etüd, plan, proje, inşaat, işletme ve bakımı ile suyun tasfiye tesisine alınarak katı maddelerinden arındırıldıktan sonra klor, aktif karbon ve ozon gibi kimyasal maddelerle muamele edilerek kullanılabilir ve sağlığa uygun kaliteli hale getirilmesi ve kullanım yerine nakli için birçok işlemler yapılır. Bu işlemlerin herbiri ekonomi açısından sorumlu olan tüzel kişi veya devlet kurumlarına bir maliyet yüklemektedir. Buna rağmen bugün için dünyanın birçok yerinde hükümetler siyasi nedenlerle fazla su parası almamaktadırlar.

Suyu kullanma hakkı ya bir nehre komşu olan arazi sahiplerine, veya bunu ilk kullanana veyahutta su kullanımı bir çeşit sertifika ve ruhsatlara bağlanabilir. Suyun kıt olduğu yerlerde hükümet müdahalesi görülmektedir. Ayrıca bazı noktalar zaten gelecekte arz ve talebi sorun olmaya yüz tutmuş olan su haklarının hakçı bir şekilde tesbitinden sonra tatbik edilmesini engeller mahiyettedir. Ancak yerel, ulusal, uluslararası ve adet haline gelmiş birtakım kuralların tartışılarak esnek ve herkesin ortak çıkarına kullanılabilir bir şekle dönüştürülmesinde sayısız faydalar vardır. Bu davranış şekli ile çıkması muhtemel olan gerginliklerin

zaman içinde ve bölgesel bazda en aza indirilmesi mümkün olacaktır.

(c) Özellikle 1970'lerin sonrasında ortaya çıkmış olan enerji sorunu ve bunun en iyi biçimde kullanılmasının arzusuna paralel olarak enerji gibi keskin ve ani bir şekilde hissedilememiş olmasına rağmen su sorununun da başlangıcı bu yıllara dayanmaktadır. Enerji sorununun çıkması ile dünyanın değişik ülkelerinde rüzgar, güneş ve hidrojen enerjileri gibi yenilenebilir kaynakların araştırılarak maliyetleri düşürülüp enerji kullanım devresine sokulması için araştırma ve çalışmalar yapılmıştır. Bu konuda da önemli ilerlemeler kayıt edilmiştir. Ancak su sorunu sürüncemede bırakılmış ve bunun sonucunda da gerginlik her ne kadar başlangıçta sezilenememiş ise de gittikçe sorun kendisini yerleşim bölgeleri, ulusal ve uluslararası boyutlarda göstermeye başlamıştır.

(d) Su hayati bir maddedir. Su kaynaklarını diğer kaynaklardan farklı algılamak ve yorumlamak gerekir. Canlıların bilhassa insan ve hayvanların bu kaynaklardan içmelerine ve bir ölçüye kadar kullanmalarına asla engel olunamaz.

(e) Sınır aşan bir akarsuyun kullanımında doğal mecrasının geçtiği memleketler halklarının ve hayvanlarının zaruri ihtiyaçlarının dikkate alınması gerekir. Zaruri ihtiyaçlardan insanların içme suyu ile bir miktar kullanma suyu ihtiyaçları kastedilmektedir.

(f) Sulama ihtiyaçlarının karşılanmasında ise su toplama havzasındaki insanların tartışılmaz bir imtiyazının olması gereklidir. Zira yağmurlar, kar erimeleri ve suların toplanması sırasında meydana gelen zahmet ve afetlere bu bölgenin insanları maruz kalmakta, nehirlerde akmakta olan suların bedelini bu bölgenin ahalisi ödemektedir. Külfeti çekmeye doğal olarak mecburi olanların nimeti başkaları ile paylaşmaya zorlanması adil bir davranış olamaz.

(g) Menba tarafında oturanların akarsudan istifade ederken suların kirlenmemesi için azami derecede dikkat etmeleri gereklidir. Bu gereği yerine getirmeleri için karşılıklı anlaşmalar tesis edilerek varılan sonuçların anlaşılması üzerine mutlaka uygulamaya geçilmelidir.

(h) Suyun kullanılmasında imtiyazlı olsun olmasın herkezin suyu israf etmeden iktisatlı davranması gereklidir. Sulamada

suyun fazla kullanılması arazinin çoraklaşmasına sebep olur. Suyu israf eden böylece bizzat kendi fiili neticesinde cezaya uğramış olmaktadır. Sulama suyunun gereğinden fazla kullanılması ayrıca, tarla ihtiyacından arta kalan suyun gübre ve zirai ilaç artıkları ile kirlenmiş bir halde akarsuya geri dönmesine veya yeraltı sularına karışarak kirlenmesine de neden olur.

Bütün bunlara ilave olarak ülkemizin sınır aşan suları ile ilgili olarak vardığımız sonuçları aşağıdaki gibi özetleyebiliriz.

(a) Sınır aşan sularımızdan Dicle ve Fırat nehirlerinin sularının kullanılması konusu Suriye ve Irak tarafından ihtilaf konusu haline getirilmiş bulunmaktadır.

(b) Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) Fırat ve Dicle sularını en iyi şekilde değerlendirilmesi için gerekli barajları ihtiva etmekte olup Türkiye'ye faydalı olduğu kadar Suriye ve Irak'a da faydalı olmaktadır. GAP olmasaydı Suriye ve Irak'ın kendi depolama imkanları ile şimdiye kadar suyu sürekli olarak temin etmeleri mümkün olmazdı. Suriye ve Irak sel felaketlerinden de kurtulamazlardı.

(b) GAP olmasaydı yaz aylarında suyu 70-80 m<sup>3</sup>/sn'ye hatta daha az debiye bile düşebilecek olan Fırat nehrinden saniyede 500 m<sup>3</sup>lük su miktarını alamazdı. Türkiye'nin bu kadar suyu bu ülkelere vermesine ne hukuki nede ahlaki bir gerek vardır.

(c) GAP'ın Dicle barajları olmasaydı bu nehir saniye'de 13.000 m<sup>3</sup>e kadar yükselen akımları ile büyük taşkınlara sebep olmaya devam ederdi. Türkiye bu barajlar vasıtası ile ancak 7 milyar m<sup>3</sup>lük kısmından yararlanmaktadır geri kalan su miktarı düzenlenmiş olarak Irak'a akmaktadır.

(d) Meteorolojik açıdan GAP bu suları düzenleyerek depolaması sayesinde gelecekte bölgenin iklimi daha nemli hale gelecek ve dolayısı ile de yağışların artmasına sebep olacaktır. Bunun bir başka faydası da yağışların artması ile bölge yeraltı sularının beslenmesine katkıdır.

(e) Yukarıdaki bütün konularda çıkabilecek sorunların mümkün olduğunca geniş şekilde duyurularak kendine öz bilim ve ihtisas sahiplerinin haberdar edilerek bilgilendirilmeleri sağlanmalı ve böylece meselelerin çözümlerine katkıda bulunmaları için azami gayret sarf edilmelidir. ◀◀

# 2000'li Yıllara Girerken Atmosfer-Çevre Olayları ve Sonuçları

Selahattin İNCECİK

Sema TOPÇU

Yurdanur SEZGİNER ÜNAL

Meteoroloji Mühendisliği Bölümü İstanbul Teknik Üniversitesi

## GİRİŞ

1.yüzyıla girerken atmosfer - çevre ilişkileri ve bunların sonuçları iderek artan bir önemde günlük yaşamımıza yön veren bir mekanizma haline gelmiştir. Dünya Meteoroloji Organizasyonu her yıl 23 Mart gününü bir konu üzerinde odaklamak suretiyle kutlamaktadır. Her ne kadar bu konular arasında doğrudan bir bağlantı bulunmamakla beraber dünyadaki yaşam üzerine etkisi önem taşımaktadır. 1999 yılı için seçilen tema Hava-İklim ve Sağlık'tır.

Gerçekte hava ve iklimin insan sağlığına olan etkisi uzun zamandır tartışılmaktadır. Hipokrat, 2500 yıl önce, iklimdeki bölgesel değişiklikler ve insan sağlığı ilişkisini ortaya çıkarmıştır. Bir başka sonuç da hava değişimlerinin insanın fiziksel ve ruhsal sağlığı üzerindeki etkileri ile ilgili çeşitli inanışların olmasıdır.

Uzun süreli hava paternlerindeki düzensizliğin artması, yer, okyanus ve atmosfer sisteminde meydana gelen periyodik olaylarda da bazı değişikliklerin gözlenmesine neden olmaktadır. El Nino'nun son otuz yılda daha sık ve şiddetli oluşması iklim değişiminin bir göstergesi olarak kabul edilebilir. İklim değişiminin insan sağlığı üzerine etkileri oldukça karmaşık bir konudur ve klimatoloji, meteoroloji, coğrafya, epidemiyoloji (salgın hastalıklar), psikoloji ve antropoloji gibi pek çok disiplini ilgilendirmektedir. 1997-1998 yıllarında El Nino olayının neden olduğu Endonezya'daki orman yangınları sonucunda meydana gelen hava kirliliği insan sağlığını önemli şekilde etkilemiştir. Papua Yeni Gine'de meydana gelen kuraklık ise yüzyıllardır şiddetli açlığa neden olmuştur. Ayrıca aşırı yağış alan bölgelerde sıtma ve ateşli humma gibi salgın hastalıklarda meydana gelen artış El Nino ve La Nina yıllarına karşı gelmektedir. Bunun yanı sıra deniz yüzey sıcaklıklarındaki lokal artışların kolera salgınlarına neden olduğuna dair pek çok örnek bulunmaktadır (World Climate News,1999).

Atmosferin kompozisyonunda meydana gelen değişiklikler ile ortaya çıkan küresel ısınma, dünya iklimini tehdit eden bilimsel olarak kanıtlanmış bir problemdir. Küresel ısınma ile birlikte dünyada yaşanan sel olaylarında önemli artışlar görülmektedir. 1990-1996 yılları arasında meydana gelen 22 sel olayının herbirinde en az bin insan kaybı olmuş, bir milyar doları aşan zararlar meydana gelmiştir. Jeolojik çağlarda yanardağ patlamaları atmosferin gaz kompozisyonundaki ilk değişikliklerin sebebi olurken, daha sonraları özellikle endüstri devrimini takibeden yıllarda, küresel ısınma insan aktiviteleri sonucu büyük boyutlara ulaşmıştır. CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, ozon gibi sera gazlarının miktarlarındaki değişiklik küresel iklim değişiminin en önemli sebebidir. Bunun dışında yaşanan en çarpıcı süreçlerden biri de stratosferik ozondaki değişikliklerdir. İlk defa 1970'li yılların ortalarında görülen ozon azalması, 1985 yılında Viyana Sözleşmesi ve ardından 1987'de yapılarak 1989 yılında yürürlüğe giren Montreal Protokolü uyarınca kontrol altına alınmaya çalışılmaktadır.

## ATMOSFERDE CO<sub>2</sub> SEVİYELERİ VE KÜRESEL ISINMA

Güneşin kısa dalgaboylu ışınımı yeryüzeyi tarafından absorblanır. Isınan yeryüzeyinin uzun dalgaboylu ışınım olarak yayınladığı enerji atmosferdeki sera gazları tarafından absorblanır ve tekrar yeryüzeyine doğru yayınlanır. Bu durum yere yakın atmosferin sıcaklığının artmasına neden olur. Atmosfer sıcaklığını arttıran sera etkisi bugün atmosferde karşılaşılan önemli süreçlerden birisidir. Gerçekte sera etkisi tamamen doğal bir olaydır. Yer atmosferi adeta bir seranın cam panelleri gibi çalışarak, güneşin radyant enerjisinin bir kısmını tutar ve uzaya kaçışını önler. En büyük paya sahip olan CO<sub>2</sub> in yanısıra CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, CFCs ve NMVOCs atmosferdeki en önemli sera gazlarıdır. Gerçekte sera etkisi, dünyamızı canlıların yaşayabileceği bir ortam haline getirmiştir. Sera etkisi olmasaydı, yüzey sıcaklığı 33°C daha az olacaktı. Günümüzde

yaşanan problem ise sera etkisinin insan kaynaklı emisyonlarca daha da artırılarak küresel ısınmaya sebep olmasıdır.

Atmosferde CO<sub>2</sub> miktarı fosil yakıtların kullanımıyla sürekli bir artış göstermektedir. Bu artışın en önemli kısmı ise son 150 yıl içerisinde. Bunun bir göstergesi olarak 1880'li yıllarda atmosferde CO<sub>2</sub> seviyesi 275 ppm iken 1997'de 362 ppm değerine çıkmıştır. Çeşitli değerlendirmelere göre fosil yakıtların kullanımında bir değişiklik olmadığı takdirde 2050'li yıllarda atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarının 400 ppm'i aşacağı tahmin edilmektedir. Bu durumu destekleyen en önemli kanıt ise dünya nüfusu ile giderek artan enerji kullanımınıdır. 1940'lı yıllarda 3 milyara yaklaşan dünya nüfusu bugün 6 milyara ulaşmıştır. Bunun yanısıra 60 yıllık bu süre içerisinde dünya nüfusu iki kat artarken enerji kullanımının 4 kat arttığı belirlenmiştir. Bu durum özellikle Avrupa ülkeleri için büyük öneme sahiptir. Örneğin Avrupa'da tüketilen enerjinin önümüzdeki 1997 ve 2020 yılları arasında %20 oranında artış göstereceği tahmin edilmekte ve buna bağlı olarak da karbondioksit seviyelerinin %14 oranında artış göstereceği hesaplanmaktadır (EC, 1997). Şüphesiz bu durumun en belirgin sonuçlarından biri iklim değişimidir. İklim değişimi gelecekte yer küremizi çeşitli yönleriyle etkileyerek yaşama yön verecek olgular içerisinde en ön planda yer almaktadır. Bu nedenle dünya ülkeleri gelecekte iklimin ne olacağı konusunda bilimsel çalışmaların ışığında çeşitli senaryoları gündeme getirmektedir. Bu senaryoların hareket noktası çoğunlukla CO<sub>2</sub> ve iklim ilişkisine yani atmosferde artan sera etkisi sonucu küresel ısınmaya dayanır. Bunların yanısıra şüphesiz yer kürenin doğal yapısı içerisinde CO<sub>2</sub>'in kuyu mekanizmaları da yer almaktadır. 1995'te İklim Değişimi Üzerinde Hükümetlerarası Panel'in (IPCC, 1995) çalışmalarına göre, eğer fosil yakıtlar konusunda önlem alınmadığı takdirde önümüzdeki yüzyıl içerisinde atmosfer sıcaklığının 1.5 ile 4.0 °C arasında artacağı tahmin edilmektedir. Bunun bir sonucu olarak daha sıcak bir atmosfer daha fazla nem içerecek, bu ise daha fazla bulut oluşumu demek olacağından daha fazla yağış oluşumu söz konusu olabilecektir. Yağış miktarının artması şüphesiz nehirleri de etkileyecektir. Bu durum aynı zamanda buzulların erimesine ve deniz seviyesinin yükselmesine yol açacaktır. Kıyı yükseklikleri deniz seviyesinin fazlaca üzerinde olmayan başta Kuzey Batı Avrupa ülkeleri olmak üzere çeşitli ülkelerin büyük zararlar görmesine yol açacaktır. Sonuç olarak dünya üzerindeki iklim bölgeleri değişecek, beklenmeyen kuraklıklar, beklenmeyen aşırı yağışlar ve taşkınlar görülecektir. Orta enlemlerde yer alan ülkemizde de beklenmedik iklim olaylarının görülmesi halen tartışılan senaryolardan biridir.

Enerji üretiminde, endüstride, ulaşımda ve ısınma amaçlı yoğun bir şekilde kullanılan fosil yakıtlar bu senaryoların hareket noktasını

oluşturmaktadır. Özellikle enerji üretiminde fosil yakıtların sebep olduğu CO<sub>2</sub> emisyonları 20.yüzyılın sonunda 21 milyar tonu aşmıştır. Bu değer %15'inden Batı Avrupa ülkeleri sorumlu tutulmaktadır (Enviro, 1992). 2000 ve 2010 yılları için yapılan projeksiyonlara göre Avrupa ülkelerinin payı sırasıyla %15 ve %13'e düşmektedir. Oysa Çin tek başına dünya emisyonlarına önemli seviyede katkı yapmakta ve bu katkı giderek de artmaktadır (OECD, 1993). Türkiye'nin global CO<sub>2</sub> emisyonlarına katkısı ise 1990 yılında %0.66 olurken yapılan projeksiyonlara göre 2000 yılında %0.98 ve 2010 yılında %1.4 olacağı öngörülmektedir.

Bina ısıtmasına dayalı olarak global CO<sub>2</sub> emisyonları 1990 yılında sadece 1.9 Gt dur. Bu değer 2010 yılında 1.9-2.9 Gt, 2020 yılında 1.9-3.3 Gt'a çıkacağı tahmin edilmektedir. 1990 yılındaki emisyonların %75'inin gelişmekte olan ülkelerdeki enerji kullanımına ait olduğu tahmin edilirken, 2050 yılından itibaren bu tür emisyonların genel emisyonların %50'sine düşeceği tahmin edilmektedir. Endüstriyel faaliyetler sebebiyle meydana gelen CO<sub>2</sub> emisyonları ise Avrupa Birliği ülkelerinde 558 milyon ton civarındayken ülkemizde 40 milyon ton civarındadır.

Ulaşım sektörünün katkısı da azımsanmayacak seviyededir. Örneğin günümüzde dünyadaki araç sayısı 600 milyonu aşmaktadır. Bu sayının 220 milyonu Avrupa ülkelerinde bulunmaktadır. Yapılan hesaplamalara göre 2010 yılında dünyadaki tüm araçların sayısının 800 milyona ulaşacağı tahmin edilmektedir. Ülkemizde ise yaklaşık 4 milyon civarında olan tüm motorlu araç sayısı Avrupa ülkeleri ile kıyaslandığında henüz düşük sayılarda kalmaktadır. Bu nedenle bu sektörde kullanılan yakıt için metanol, etanol gibi türlere yer verilmesi, hidrojen ve elektriğin bu sektörde yer bulabilmesi, solar hücreli araç yapımına geçilmesi konusunda araştırma-geliştirme faaliyetlerinin artırılması gerekmektedir. Bu arada en kısa zamanda otoyollarda hız limitlerinin düşürülmesi sağlanmalıdır. Sadece bu yaptırım benzinli araçlarda tasarruf yapılmasının yanısıra kaza risklerinin azalmasına, araçlarda yıpranmanın gecikmesine yol açacaktır. Bu nedenle araç kullanımının azaltılması gibi önerilerin çevre için sonuçlarının ne kadar etkili olduğu araştırılmalıdır.

Şüphesiz enerji üretimi en yüksek oranda sera gazlarını içermektedir. Bu nedenlerle CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması için sürdürülen stratejilerden biri de enerji temini için uzun vadede etkili olabilecek, rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, vb. alternatif kaynaklara yönelmektir. Bununla beraber onlarca yıldır bu yenilenebilir enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmasına karşın fosil yakıtlar hala hakimiyetini sürdürmektedir.

Sonuç olarak, iklim değişiminin ekosistem üzerindeki büyük etkilerini hissetmemek mümkün değildir. İklim değişimine bağlı olan çeşitli riskler de söz konusudur. Yani değişim nasıl meydana gelecektir,

nceden ne kadar doğrulukla tahmin edilebilecektir şeklinde ortaya çıkan sorular yanıt bulmalıdır. İşte bu nedenle iklim değişiminin olası sonuçlarına karşı ülkeler tarafından alınacak tedbirler, çözüm önerimleri ve bunların hızla yaşama geçirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla küresel değişim sürecinin ve ekonomik gelişimin çevreye etkilerinin anlaşılması ve değerlendirilmesi için dünya gözlem isteminin geliştirilmesinde bilim ve teknoloji önemli bir rol oynayacaktır (EC,1999).

### STRATOSFERİK OZON

Gezegeneğimizdeki yaşam üzerinde önemli rol oynayan ozon, stratosferin termal yapısını belirlemenin yanısıra, güneşin 320 nm'den daha kısa dalgaboyundaki ultraviyole ışınlarını absorblayarak adeta bir zırh gibi canlıları güneşin zararlı ışınlarından korur. Stratosferdeki ozon tüm atmosferdeki ozonun % 90'ını oluşturur. Maksimum ozon konsantrasyonu ise stratosferde 19-23 km yüksekler arasında bulunur.

Özellikle yukarı atmosferde meydana gelen fotokimyasal ve kimyasal reaksiyonlar sonucu sürekli yeni ozon molekülleri oluşurken, bu moleküller oksijen, azot, hidrojen, klor ve brom içeren doğal bileşikler tarafından yok edilmektedir. Azot, toprak ve silyanlardan; hidrojen, atmosferdeki su buharından; klor ise metil klorid ve metil bromid şeklinde okyanuslardan kaynaklanmaktadır. Ancak şehirleşmenin ve endüstrileşmenin sonucu olarak atmosfere klor ve brom içeren kimyasallar (kloroflorokarbon) ilave edildiğinde söz konusu doğal denge bozulmaya başlamıştır. Stratosferik ozon konsantrasyonunda azalma ve bunun sonucu olarak da UV'nin zararlı ışınlarının yeryüzeyindeki canlıları etkilemesi problemi çok ciddi şekilde dünyanın gündeminde yerini almıştır.

280-320 nm dalgaboyu aralığındaki UV-B radyasyon gözde katarakt oluşumuna, cilt kanselerine, genetik DNA yapısında, bağışıklık sisteminde ve bitkilerdeki fotosentez olayında olumsuz etkilere neden olmaktadır. Diğer taraftan, yeryüzeyine ulaşan UV-B ışınının artması, CO<sub>2</sub> için önemli bir kuyu mekanizması oluşturan deniz fitoplanktonlarını etkileyerek atmosferden CO<sub>2</sub>'in deniz planktonları tarafından derin deniz tabakalarına taşınımını yavaşlatmaktadır. Dolayısıyla stratosferik seviyelerde ozon miktarındaki azalma sera etkisinin artmasına neden olarak global ısınmaya katkıda bulunmaktadır.

Ozon deliğinin oluşumu, klor kimyası ve kutupsal stratosferik bulutlarla ozonun kimyasal etkileşimiyle açıklanmaktadır. Kutupsal stratosferik bulutlar, optik olarak çok ince bulutlardır ve kış aylarında gözlenirler. Bu bulutlar NO<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, ClO gibi bileşiklerin aerosoller üzerinde yoğunlaşması ile aşırı soğumuş su veya buzdan oluşurlar. Oluşumunda düşük stratosferik sıcaklıklar etkili

olduğundan kutup bölgelerinde gözlenirler. Bahar aylarında, bu bulutlardan açığa çıkan kimyasallar ozon ile zincirleme reaksiyona girerek ozonun bozulmasına neden olurlar. Gözlemler, kutupsal stratosferik bulutların yok olması ile o bölgelerde ozon deliğinin kapladığı alanlarda artış göstermektedir. Ayrıca güney yarımküre kutup bölgesi dinamiği de ozon azalmasını desteklemektedir. 66°S enlemi civarında oluşan polar vorteks, tropiklerden kutup bölgesine hava girişini engelleyerek yukarı stratosferin sıcaklığının azalmasına sebep olur. Stratosferik seviyede oluşan soğuma aşağı stratosferin yukarı troposfer ile hava alışverişine neden olurken, troposferin ozonca daha az zengin olan havası stratosferik seviyeye taşınarak ozon tabakasının bu seviyelerde azalmasına neden olur. Arktik'lerde kutupsal vorteks kuzey yarımküredeki kara deniz dağılımı nedeniyle kapalı değildir ve daha zayıftır.

Antarktika'da Halley Körfezinde ilk kez 1985 yılında ozon tabakasında bir azalmanın olduğu belirlenmiştir. Bu gelişmelerin sonrasında atmosfer kimyasıyla ilgili araştırmalar sonucunda klor ve brom bileşiklerinin ozondaki azalmada anahtar rol oynadığı tesbit edilmiştir.

Bir başka ilginç sonuç da ozon tabakasını inceltiren CFC'ler gibi maddelerin atmosferin radyatif dengesini değiştirerek son 25 yıl içerisinde, stratosferin yaklaşık 1°C kadar soğumasına yol açmasıdır.

Montreal Protokolü ise CFC'lerin kullanımının dondurulmasını, 1990 yılı başından itibaren de 2000 yılına kadar %50 oranında azaltılmasını önermiştir. 1988 yılında dünya üzerindeki tüm istasyonlardan ve uydulardan alınan veriler analiz edildiğinde stratosferik ozon azalmasının sadece Antarktika'da olmayıp aynı zamanda Arktik bölgede de önemli bir azalmanın olduğu ve giderek orta enlemlerde de bu sorunun ortaya çıktığı belirlenmiştir. Türkiye, ozon tabakasını inceltiren maddelerin emisyonlarının tüketimini kontrol altına almak için Aralık 1991'de bu protokol'e katılmıştır.

1990'lı yıllarda Antarktika'da elde edilen bulguların ilginç sonuçlarından biri, stratosferik ozonun 20°N ve 20°S arasındaki ekvatorial kuşak dışında tüm enlemlerde hızla azalmaya devam ettiği, son 25 yılda kış-ilkbahar döneminde ozondaki azalmanın yaz mevsimindekine göre iki kat daha fazla olduğudur. Global ozon azalması, son 15 yılda, %5 civarında iken aynı süre içerisinde tropikler dışındaki azalmanın Kuzey Yarımkürede %6.5 ve Güney Yarımkürede %9.5 civarında olduğu saptanmıştır.

Arktik bölgede ise en büyük ozon kayıpları 1993 ve 1995 yıllarında meydana gelmiştir. Orta ve yüksek enlemlerde ozon seviyeleri normal değerlerin % 10-20 aşağısındadır. 1995 yılının Ocak-Mart dönemi esnasında Orta Enlemlerde Doğu Avrupa'dan Uzak Doğuya



kadar bulunan alan üzerinde azalmanın %25'e kadar ve Sibirya üzerinde ise %35'e ulaştığı belirlenmiştir.

Antarktika üzerinde (70°S den kutba doğru) en şiddetli ozon azalması son 15 yılın ilkbaharında, 1957-1978 yılları arasındaki ozon miktarına göre %35 daha azdır. 1980 yılı öncesinde ozon deliğinin varlığına dair bir çalışma bilimsel yazında yoktur. Ozon deliği, ozonun 220-200 m atm-cm'nin altındaki değerlerin kapladığı alan olarak tanımlanmaktadır. Ozon deliğinin ilk kez 1984 yılında 10 milyon km<sup>2</sup>'yi aştığı ve 1989'a kadar 20 milyon km<sup>2</sup>'nin altında kaldığı bilinmektedir. Son sekiz yılda ozon deliğinin kapladığı alan 20 milyon km<sup>2</sup>'yi zaman zaman aşmış, 1993 ve 1997 yıllarında birkaç gün için bu alan 24 milyon km<sup>2</sup>'ye ulaşmıştır. Bu alan Avrupa kıtasının 2.5 katına karşı gelmektedir. Son beş yıl içerisinde ise ozonun %70 azalmaya karşı gelen 100 m atm-cm seviyelerine düştüğü gözlenmiştir (Bojkov R.D. ile kişisel görüşme,1998; WMO,1999).

Stratosferik ozonun azalmasının tersine bir süreç troposferde (10-12 km ye kadar) meydana gelmektedir. Özellikle şehir atmosferinde yanma ürünleri etkisiyle ozon konsantrasyon değerlerinde lokal olarak artışlar görülmektedir. Artış miktarı son 100 yılda iki katını çıkmıştır. Troposferik ozonun 1970'li yıllara gelinceye kadar zehirli olarak nitelenmediği görülmektedir. Bu tarihlerden sonra gerek sağlık

etkileri gerekse de tarım ürünleri üzerinde önemli zararları belirlenen bu oluşumun önüne geçmek için yoğun araştırmalara başlanmıştır. Ülkelerin hava kalitesi standartlarını yenilemesi ve ozonun oluşumunda rol oynayan azotoksit emisyonlarını kontrol etmeye çalışması günümüzde troposferik ozon konusunda gelinen son noktadır. Troposferik ozon artışının stratosferik ozonun azalışı ile bir ilgisi görülmemektedir. Ancak atmosferdeki bu değişiklikler yer-atmosfer sistemindeki radyasyon dengesini etkilemektedir.

## KAYNAKLAR

- Climate Research,1995, The climate system: the atmosphere as a corridor. Dutch National Research.
- EC, 1997, European Commissions, RTD info, 13.
- EC, 1999, European Commissions, RTD info, 21. Enviro, 1992, Enviro Magazine of Transboundary Pollution, 13.
- IPCC, 1995, Greenhouse gas inventory reporting instructions, IPCC/OECD joint programme, Vol 1.
- OECD, 1993, Environmental Data Compendium, Paris.
- WMO, 1999, World Meteorological Organization Report on Stratospheric Ozone. World Climate News, 1999, WMO No:14. ◀◀

# WMO-UNESCO V. Uluslararası Hidroloji ve Su Kaynakları Konferansı

Hamza ÖZGÜLER

*DSİ Etüd ve Plan Dairesi Başkanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü*

## ÖZET

Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) ve Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Teşkilatı (UNESCO)'nın ortaklaşa düzenlediği V. Uluslararası Hidroloji Konferansı, İsviçre'nin Cenevre kentinde 8-12 Şubat 1999 tarihleri arasında gerçekleşmiştir. Bu konferansa, WMO ve UNESCO üyesi 57 ülkeden 119 delege ile 20 uluslararası organizasyondan ve hükümet dışı kuruluşlardan 20 temsilci katılmış bulunmaktadır. Bu konferansın esas amacı, yaklaşan küresel su krizine ortak çözümler bulmak amacıyla, birer Birleşmiş Milletler (BM) kuruluşu olan WMO ve UNESCO'nun işbirliği içinde olmasını sağlamaktır.

V. Uluslararası Hidroloji Konferansı, WMO ve UNESCO tarafından ortaklaşa düzenlenen ve altı yılda bir yapılan konferanslar serisinin beşincisidir. Üçüncüsü 1987'de Cenevre'de, dördüncüsü ise 1993'de Paris'te yapılmıştır. Küresel olarak hükümetlerarası düzeyde yapılan bu konferanslar, 1973 yılında WMO ve UNESCO arasında hidroloji alanında yapılan uzun vadeli işbirliği anlaşması çerçevesinde gerçekleşmektedir. Bu uygulamanın esas amacı, geçmişte yapılan faaliyetlerin değerlendirilmesi ve her iki kuruluş tarafından sürdürülen hidrolojik programların uzun vadeli planlanmasında yeralacak önceliklerin eşgüdümü olarak kararlaştırılması olmuştur.

## KONFERANS HAKKINDA GENEL BİLGİ

Konferans, WMO Genel Sekreteri Prof. G.O.P. Obasi ile UNESCO Genel Direktörü Federico Mayor'un açılış konuşmalarıyla başlamıştır. Mayor konuşmasında, dünyamızın gerçekte bir su krizi yaşamakta olduğunu belirterek, son 25 yıl içinde kişi başına düşen su miktarının üçte bir oranında azaldığını ve kurak bölgelerde su kaynaklarının eskisine göre daha kıt olduğunu ifade etmiştir. Suyun dünya gündeminde öncelikli bir konu olarak ortaya çıktığını belirten Mayor, silahlanmaya ayrılan milyarlarca dolarlık yatırım kaynaklarının suya, çevreye ve insanların yaşam koşullarının iyileştirilmesine ayrılması gerektiğine işaret etmiştir. Mayor konuşmasında ayrıca, gezegenimizdeki tatlısu kaynaklarının korunması konusunda güçlü bir kamuoyu ve politik desteğe gereksinim bulunduğunu vurgulamıştır.

Prof. Obasi ise, su yönetiminde günümüzde kullanılan mevcut yaklaşımların sürdürülebilir nitelikte olmadığını belirtmiş; halihazırdaki nüfus artış hızı, kirlilik gözlemleri, tuzlanma ve

yeraltısu seviyelerindeki düşüşleri gözönüne alarak önümüzdeki 30 yıl için yapılan en iyimser tahminlerin bile su kıtlığı çekecek ülkelerin sayısında hızlı bir artış olacağını gösterdiğini fade etmiştir. Prof. Obasi, Rio'daki Dünya zirvesini ve Dublin Konferansı'nın 4 prensibini hatırlatarak, su sorununun küresel nitelikli olduğunu ve bu nedenle su kaynakları yönetiminde bütüncül yaklaşımlara gereksinim bulunduğunu belirtmiştir.

Konferans'da, BM çatısı altındaki bu iki kuruluşun su konusu ile ilgili geleceğe dönük planları delegelerin görüşüne sunulmuştur. Konferans'da ayrıca, hidrolojik süreçlerin daha iyi anlaşılması, çevresel hususlar, doğal etkilerle ve insani müdahaleler sonucu meydana gelen afetlerin etkilerinin azaltılması için uygulanması gereken yaklaşımlar ele alınmıştır. Eğitim ve teknoloji transferi programlarına ise özel bir önem verilmiştir. Bu hususlarla ilgili çalışmalar oluşturulan "Çalışma Grupları" tarafından ayrıntılı olarak ele alınmış ve sonuç raporlar Konferans Genel Kurulu'nun görüşüne sunulmuştur. Çalışma Grupları tarafından ele alınan

konular ve ulaşılan sonuçlar "Grup Çalışmaları" başlığı altında verilmiştir.

Konferans boyunca yapılan değerlendirmeler sonucunda, dünyanın karşı karşıya bulunduğu su sorununun ciddiyeti üzerinde fikirbirliğine varılmış ve iki BM kuruluşunun bu sorunun giderilmesi yönünde faaliyetlerini yoğunlaştırmaları gerektiği hususunda görüşbirliği oluşmuştur. Bu kapsamda, WMO ve UNESCO'dan aşağıdaki konulara yoğunluk vermeleri katılımcılar tarafından dile getirilmiştir:

- Gelişmekte olan ülkelerin gereksinim duydukları temel hidrolojik bilgilerin temininde ve geliştirilmesinde destek sağlanması,
- Bilim dünyasında gündemdeki hidrolojik konulara akademisyenler tarafından daha çok önem verilmesinin teşvik edilmesi,
- Politik mekanizmaların ve karar odaklarının daha sağlıklı karar vermelerini kolaylaştırmak amacıyla teknik bilgileri yorumlayarak ilgili makamlara aktarma sorumluluğuna sahip su uzmanlarının ve su kaynaklarını yöneten mühendislerin eğitiminde kullanılmak üzere mevcut olanakların geliştirilmesi.

Konferans sonucunda alınan kararlar, ulaşılan sonuçlar ve toplantı sırasında sunulan görüş ve öneriler 4-26 Mayıs 1999'da yine Genevre'de toplanacak olan WMO'nun 13. Genel Kongresi'ne ve ayrıca 16 Ekim-8 Kasım 1999'da yapılacak olan UNESCO Genel Konferansı'nın 30. Oturumuna sunulacaktır.

### KONFERANS GÜNDEMİNİN ANA HATLARI

Konferans boyunca, UNESCO-Uluslararası Hidroloji Programı (IHP) ve WMO-Hidroloji ve Su Kaynakları Programı (HWR) kapsamında yürütülen faaliyetler ile sözkonusu kuruluşlarca IV. Uluslararası Hidroloji Konferansı (1993 - Paris)'ndan bu yana gerçekleştirilen çalışmalar ağırlıklı ele alınmıştır. Ayrıca, hidroloji ve su kaynakları konusunda WMO ve UNESCO tarafından gelecekte ortaklaşa olarak gerçekleştirilmesi öngörülen projeler ile ortak işbirliği olanakları ve öncelikleri tartışılmış; su kaynakları konusunda gerçekleştirilen diğer uluslararası kuruluşların faaliyetleri görüşülerek, bazı davetli isimler tarafından yapılan bilimsel sunumlara yer verilmiştir.

### AÇILIŞ OTURURUMUNDA VERİLEN BİLGİLERDEN ÖZETLER

Konferans'ın ilk günü, WMO ve UNESCO yetkililerince çeşitli sunumlar yapılmıştır. Aşağıda, konferans dökümanlarından ve sözkonusu sunumlardan derlenen bazı rakamsal bilgilere yer verilmiştir :

"BM nüfus projeksiyonları gözönünde bulundurularak ve mevcut

yenilenebilir su kaynakları sabit kabul ederek, 2025 yılına kadar 34 ülkenin "su baskısı" altına gireceği öngörülmektedir. Halihazırda 29 ülke orta ve ileri seviyelerde su kıtlığı sorununu yaşamaktadır. BM verilerine göre, su kıtlığı yaşayan ülkelerdeki nüfus 1990 yılında 132 milyon iken, 2025 yılında en iyimser nüfus artış oranı dikkate alındığında 653 milyon olacağı tahmin edilmektedir. Bu rakam, azami artış oranı dikkate alındığında ise 904 milyon olacaktır. Ayrıca, su kıtlığı çeken ülkelerde yaşayan nüfusun 2050 yılında 1.06 milyar ile 2.43 milyar arasında olacağı hesaplanmıştır. Bu rakamlar toplam dünya nüfusunun % 13'ü ile % 24'üne karşılık gelmektedir. Afrika ile Türkiye ve Orta Doğu ülkelerini de kapsayan Asya kıtasının batısı, artan su kıtlığı sorununa en çok hassas ülkelerin başında gelirken; potansiyel olarak etkilenecek bölgeler arasında Çin'in kuzeybatısı, Hindistan'ın batı ve güney bölgeleri,, Pakistan ve Meksika'nın büyük bir kısmı ile Amerika Birleşik Devletleri ve Güney Amerika'nın batı yakaları bulunmaktadır".

Konferans sırasında ayrıca, gelecek 10 yılda uluslararası hidrolojide yeni eğilimler ve su kaynaklarıyla ilgili geleceğe dönük yeni yaklaşımlar konusunda da bazı konulara değinilmiştir. DSİ Genel Müdürlüğü'nün esas itibarıyla hidrometeorolojik bir kuruluş olduğu gerçeği gözönünde bulundurularak, hidrolojide yakın gelecekte hangi gelişmelerin yaşanabileceği hususunda, konferans sırasında edinilen dökümanlardan derlenerek özetlenen bilgilere yer verilmesinin faydalı olacağı düşünülmüştür:

- Hidrometeorolojik gözlemlerde özelleştirme uygulamaları aratacak,
- Hidrolojik ve meteorolojik hizmetleri sunan kurumların sosyal ve ekonomik önemleri yükselecek,
- Hidrolojik ve meteorolojik verilerin ve bu verilerden elde edilen ara ürünlerin temini ile ilgilenen ticari kuruluşlar çoğalacak,
- Sözkonusu ticarileşme ve özelleşme eğilimi hidrometeorolojik kurumların geleneksel yapısının değişmesinde önemli bir etken olacak; bu eğilimler ilgili kurumların üzerindeki idari, sosyal ve ekonomik baskıyı artıracak,
- Hidrometeorolojik karakterli olayların tahminine dönük olarak üretilen bilgilere ulaşmak hem daha ucuz, hem de daha kolay olacak,
- Bilgi teknolojisi yaygınlaşarak daha ucuza temin edilirken, hidrolojik ve klimatolojik bilgi için karar verici mekanizmalar tarafından duyulan gereksinim artacak,
- İnsani yardım faaliyetleri için meteorolojik ve hidrolojik bilgilerin temin edilmesi hususu ulusal hidrometeorolojik

kurumların ve WMO'nun, önemi giderek artan bir görev alanı haline gelecek,

- Uluslararası politikada ortaya çıkmakta olan siyasi bloklar ve ekonomik bölgelerin oluşması paralelinde bölgesel ölçekte de yeni hidrometeorolojik merkezler ortaya çıkacak,
- Kuraklık gibi çevresel etkenlerden dolayı meydana gelen nüfus hareketleri önemli bir sorun oluşturacak,
- Enerji tüketiminde yıllık ortalama artışın % 2 – 3 civarında olması beklenirken, enerji üretiminin büyük ölçüde petrol, gaz ve kömüre dayanması sözkonusu olacak,
- Enerji üretimini ve tüketimini optimize edebilmek için hidrolojik ve meteorolojik verilerin kullanımı artacak; güneş ve rüzgar enerjisi teknolojileri yaygınlaşacak,
- Günümüzdeki koşullarda, dünya genelinde su kullanımının yılda % 1 oranında arttığı gerçeğinden hareketle, suyun fiyatlandırılması hususu insanların ve toplumların yaşantısında önemi giderek artan bir faktör olacak,
- Su kaynaklarının değerlendirilmesi, planlanması ve kullanımı konusunda çeşitli hizmet alanları tarafından duyulan bilgi gereksinimi artacak,
- Tatlısu kaynakları konusu ile ilgili olarak WMO faaliyetleri giderek yaygınlaşacak,
- Tarımsal meteoroloji ve tarımsal klimatolojiye olan ihtiyaç artacak; dolayısıyla bu konularla ilgili olarak verilen hidrolojik hizmetler gelişecek,
- Mevsimsel ve yıllık olarak iklim değişimleri tahminine olan gereksinim artacak,
- Sınıraşan sulardaki kirlilik probleminin yanısıra, "sınıraşan hava kirliliği" konusu gibi yeni gündeme gelen sorunla ilgili ulusal ve uluslararası faaliyetler yoğunlaşacak,
- Dünyada meydana gelen doğal afetlerin % 70'inin hidrometeorolojik karakterli olduğu olduğu gerçeğinden hareketle; dünya nüfusunun artması ile sözkonusu doğal afetlerin toplumlar üzerindeki etkisi de giderek artacak,
- Karmaşık yapıdaki hidrolojik sistemlerin modellenmesinde kullanılan yöntemlerde önemli gelişmeler sağlanacak,
- Uluslararası terminolojide "polar-orbiter" ve "geostationary" olarak ifade edilen uyduların yeni nesil modelleri işletilmeye başlayacak,
- Su kaynaklarının bölgesel ölçekte değerlendirilebilmesi için hidrolojik verilerin ülkelerarasında serbestçe ve karşılıksız olarak dolaşımına olan gereksinimin giderilmesi hususu, çözülmesi gereken bir sorun olarak kalmaya devam edecek,

- Verilerin gelişen teknoloji ile daha ucuz ve daha kolay yoldan değerlendirilmesi ile hidrometeorolojik hizmetler açısından merkeziyetçi yaklaşım son bulacak; bu gelişme sonucunda bölgesel ve hatta küresel ölçekte faaliyet gösteren uluslararası merkezlerin sayısında azalma olacak.

### GRUP ÇALIŞMALARI

Konferans'ın üçüncü günü (10/2/1999) grup çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla delegelerin 4 ayrı grup halinde toplanması sağlanmıştır. Verilen programa uygun olarak toplantı gündemindeki konular çalışma gruplarında ayrıntılı olarak görüşmeye açılmıştır.

Sözkonusu ana gündem konuları arasında; hidrolojik süreçlerin anlaşılması, verilerin toplanması ve değerlendirilmesi, çevresel sorunlar, doğal afetler, kurumsal ve politik hususlar, hidrolojide eğitim ve öğretim, teknoloji transferi gibi konular bulunmaktadır. Ayrıca, "World Hydrological Institute for Policy and Development (WHIPD)" isimli bir oluşum da gündeme getirilmiştir.

Grup çalışmaları sırasında görüşülen konular arasında, WMO tarafından yürütülen "World Hydrological Cycle Observing System (WHYCOS)" ile UNESCO'nun bir faaliyeti olan "Flow Regimes from International Experimental and Network Data (FRIEND)" arasında eşgüdüm sağlanması; Almanya'daki "Global Runoff Data Center (GRDC)" ve küresel iklim değişimi programları ile bağlantılı olarak tarihi taşkınlar için bir veri tabanı oluşturulması; WMO bünyesinde sanal ortamda eğitim vermek üzere "Virtual Training Library (VTL)" isimli projenin başlatılması ve bunun "Hydrological Operational Multipurpose System (HOMS)" ile ilişkilendirilmesi; gelişen teknolojilerden de yararlanarak WMO'nun HOMS programı ile UNESCO'nun hidrolojik yayınlarının daha etkin olarak sunulması gibi hususlar bulunmaktadır.

### DAVETLİ BİLDİLER

9 Şubat 1999 Salı günü bilimsel içerikli bir oturum gerçekleştirilmiştir. Bu oturumda, değişik ülkelerden ve diğer uluslararası kuruluşlardan davet edilen bilim adamları su kaynaklarıyla ilgili çeşitli konularda sunumlar yapmışlardır. Ele alınan konular arasında su krizi, küresel ölçekte bir hidrolojik bilgi tabanına olan gereksinim, şehirselleşen alanlardaki su sorunları, küresel iklim değişikliği ve El Nino/La Nina olayları bulunmaktadır.

### DiĞER ULUSLARARASI KURULUŞLAR TARAFINDAN SUNULAN BİLDİRİLER

Hidroloji alanında faaliyet gösteren diğer uluslararası kuruluşlardan

bazıları tarafından aşağıda konu başlıkları verilen sunumlar yapılmıştır :

- *The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands (ACSAD) – Water Resources Division, Objectives, Functions and Activities*
- *Briefing of Activities of the International Research and Training Center on Erosion and Sedimentation (IRTCES)*
- *River Niger in West Africa and the Role of the Niger Basin Authority (NBA)*

## SONUÇ

UNESCO ve WMO'nun, hidrolojik çalışmalarında şimdiden su ile ilgili hidropolitik hususları ele aldığı ve bu iki kuruluşun, sözkonusu

faaliyetlerini ileride BM'nin suya ilişkin tüm hususların görüşüldüğü bir platform şeklinde düzenleyecekleri anlaşılmaktadır. Su kaynaklarının ülkemiz ve içinde bulunduğumuz bölge için önemi dikkate alınacak olursa sözkonusu çalışmaların daha yakından izlenmesinin önemi ortaya çıkmaktadır. Bu çerçevede, ülkemizde farklı kuruluşlar tarafından üretilen hidrometeorolojik bilgilerin ve verilerin bir merkezde toplanmasını sağlayacak girişimler ve uygulamalara gereksinim vardır. Bu doğrultuda sağlanacak gelişmelerin, ülkemizin en çok ihtiyaç duyduğu ulusal su politikaların oluşturulması ve geliştirilmesine çok olumlu katkı sağlayacağı açıktır. Günümüzdeki koşullar dikkate alındığında, DSİ Genel Müdürlüğü'nün sözkonusu işlevi ileride daha kapsamlı olarak yerine getireceği ve ulusal hidrolojik bilgi ağının merkezi olacağı anlaşılmaktadır. ◀◀

# 22 Mart Dünya Su Günü

Hamza ÖZGÜLER

DSİ Etüd ve Plan Dairesi Başkanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü

## 1. GENEL BİLGİLER

### Dünya Su Günü

Birleşmiş Milletler Genel Kurulu, 1992 yılındaki oturumunda 22 Mart gününü Dünya Su Günü olarak ilan etmiştir. İlgili uluslararası organizasyonların işbirliği ile her yılın 22 Mart Dünya su Günü için değişik konular belirlenmektedir. 1997 yılı için tema "su kaynakları değerlendirilmesi" olarak belirlenmiş olup; aynı yıl yapılan Dünya Su Günü kutlamala faaliyetleri Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve UNESCO tarafından yürütülmüştür. UNICEF ve UN/DESA'nın katkılarıyla Dünya genelinde kutlamaları yapılan 1998 yılı için ise tema "görünmeyen gizli kaynak : yeraltısuyu".olmuştur. 1999 yılında ise tema, "Everyone lives downstream" orijinal başlığını taşımaktadır. Bu yıl ki kutlamalar, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve United Nations University'nin sorumluluğunda gerçekleşmektedir.

Yerkürenin bütün olarak tek, ancak çok karmaşık bir sistem olduğu gerçeği giderek daha iyi anlaşılmaktadır. Atmosfer, hidrosfer ve biyosfer gibi birbirini karşılıklı olarak etkileyen dinamik sistemler bütün dünyayı kapsamakta olup, bu sistemlerle insan toplulukları arasındaki bağlar çok güçlüdür. Bu etkileşimleri en iyi ifade eden madde SU'dur. Su, hidrolojik çevrim dediğimiz bir döngü içinde hareket etmekte olup, gezegenimizde süren değişik hayat şekilleri için en kritik bir maddedir; dolayısıyla su ekonomik ve sosyal kalkınma için büyük önem arz etmektedir.

### Hidrolojik Çevrim

Su, sıvı halden katı hale veya gaz haline ve sonra tekrar eski haline dönerek tabiatta sürekli hareketlilik gösterir. Diğer bir ifade ile su, kıta, okyanus ve atmosfer ortamları arasında dönüşüm halindedir. Bu dönüşüme küresel hidrolojik çevrim diyoruz.

Su, hidrolojik çevrim içerisinde, bulunduğu duruma göre değişik hızlara sahip olur. Diğer bir ifade ile hidrolojik çevrim sisteminin her bir elemanı farklı zaman dilimlerinde yenilenebilmektedir. Örneğin, bütün okyanusların yeniden dolup boşalması 2500 yıl, kutuplardaki buz dağlarının yenilenmesi 10 000 yıl, derinlerde

bulunan yeraltısuyunun ve dağlardaki buzulların ise 1500 yılda doğal dönüşümünü tamamladığı ifade edilmektedir. Diğer yandan göllerde bulunan sular 17 yılda ve nehirlerdeki sular ise 16 günde yenilenebilmektedir.

Bu nedenden dolayı nehirlerdeki su insanoğlu için büyük önem arz etmektedir. Dolayısıyla bir bölgedeki su kaynaklarını değerlendirmek açısından durgun (statik) özellikteki depolanmış sular ile yenilenebilir su kaynakları olmak üzere iki önemli kavram karşımıza çıkmaktadır. Statik su kaynağı çok uzun zaman içerisinde yenilenebilmekte olup aşırı tüketilmesi istenmeyen sonuçlar doğurmaktadır. Yenilenebilir su kaynakları ise genellikle bir yıllık periyot içerisinde yenilenen sular olup; bu kapsamda daha çok nehirler ve üst akiferlerden olan deşarj akışlar örnek verilebilir.

Suyun dönüşüm süreci içerisinde, nehir akışları sadece miktar olarak değil kalite olarak da kendini yenileyebilmekte ve zaman içerisinde tekrar kendi doğal temizliğine dönüşmektedir.

Gezeganimizdeki hayat bütünüyle hidrolojik çevrime dayanmaktadır. Hidrolojik çevrim içerisinde, yenilenebilir su kaynaklarını temsil eden nehir akışları bu çevrimin en önemli elemanı olarak yeryüzündeki ekolojiyi ve insanların ekonomik kalkınmasını temelden etkilemektedir. Nehir suları yeryüzünde su tüketimini karşılayan en önemli kaynak olarak sözkonusu bölge için su kaynakları açısından zenginliğin veya fakirliğin bir ölçüsü olmaktadır. Dolayısıyla nehir sularının zamansal ve uzaysal dağılımının bilinmesi ve değerlendirilmesi günümüzde çok önem kazanmıştır.

### Dünya Su Kaynakları Hakkında Genel Bilgiler

- Halihazırda, dünya nüfusunun % 76'sı, kişi başına yılda 5 000 m<sup>3</sup> su tüketmektedir. Bu miktarın, gelecek yüzyıldan başından itibaren daha da azalacağı bilinmektedir.
- Dünyada su kaynaklarının sabit miktarda olduğu gerçeğine rağmen, tarımsal alanların giderek büyümesi ve endüstriyel gelişme sonucunda nüfus hızındaki artışla birlikte doğal sistemler üzerindeki baskılar hızla artmaktadır. Bu nedenle,

"kullan ve at" felesefesi yerine, başta su kaynakları olmak üzere doğal kaynaklarla ilgili olarak daha akılcı yönetim politikalarının geliştirilmesine gereksinim duyulmuştur.

- Elde edilebilir su kaynaklarının talep edilen miktara oranı, su kaynaklarının yönetiminde önemli bir faktördür. Gelecekte olabilecek iklim değişikliğinin tahmini ile sulama alanlarının büyütülmesi, rezervuar inşaatı vs. gibi amaçlara yönelik planların gözden geçirilmesi gerekmektedir.
- Küresel iklim değişikliğinin hidrolojik sonuçlarının analizinde en önemli unsurlardan biri nehir debisindeki ekstrem (*max ve min*) değerlerdeki olası değişikliklerin tahminidir. Ampirik yöntemler ve model çalışmaları sonucunda, küresel ısınmanın, özellikle orta ve küçük ölçekli havzalarda ekstrem değerler üzerinde daha büyük değişikliklere neden olduğu hesaplanabilmektedir. Diğer ifade ile yıllık ortalama ve mevsimsel ortalamalar küresel iklim değişikliğinden daha az etkilenmektedir. Diğer taraftan, küresel ısınmanın etkisi ile, taşkın debilerinde yükselme beklenirken, şiddetli kuraklıkların daha sık görülmesi sözkonusu olacaktır. Her iki sonuç da, özellikle tarım alanlarında ve şehirlerde, önemli ölçüde ekonomik ve ekolojik sonuçlar doğurabilecek niteliktedir.
- Karbondioksit gazında yükselme, küresel ölçekte 0.5 C'lik sıcaklık artışına neden olmuştur. Bu artış, özellikle 1980'den sonra daha çok belirgindir. Hatta son 10-15 yıl içinde, dünyanın bazı bölgelerinde sıcaklıkta 1-2 C'lik yükselme tespit edilmiştir. Bu artış, yenilenebilir su kaynaklarında önemli artışlara, dolayısıyla suyun yıl içindeki zamansal dağılımının bozulmasına neden olmaktadır.
- Su içinde askı halinde bulunan maddelerin ana kaynağını başta toprak erozyonu olmak üzere su kütlesi içindeki biyolojik oluşumlar ve insani etkilerle oluşan maddeler oluşturmaktadır. Burada insani etkiler denince, ormanlık alanların yok edilmesi, baraj inşaatı, tarımsal faaliyetler, madencilik, vs anlaşılmalıdır.
- Nehirlerdeki doğal sediment yükü, insani etkilerle önemli derecede artmaktadır. Örneğin, bir barajın inşaatı ile, denize ulaşan sediment miktarında, doğal ortamdakine göre, % 10'luk bir azalma meydana gelebilmektedir. Bu azalma mansapta **nutrient** (*besleyici*) azalmasına da neden olmaktadır; bu durum sonuçta kimyasal gübre kullanımını artırmaktadır. Bu sonucun ortaya çıkması ile kıyılarda deniz ürünleri verimi düşmektedir.
- Tarımsal alanlardaki sulama uygulamaları, buharlaşmanın etkisi ile tuzlanmaya neden olmaktadır. Bu durum iki şekilde ortaya çıkmaktadır: Sulamadan dönen suların nehirlerde dönmesi veya yeraltısuyuna karışması ve su tablasının

yükselmesi ile yüzeydeki toprak tabakasında tuz birikimi.

- Sulama alanlarındaki hızla büyüme eğilimi, gelecek yüzyılda tatlısu kaynaklarındaki tuzluluk probleminin en çok tartışılacağını göstermektedir.
- Bir barajın inşaatı, sulama alanının büyütülmesi, havzalararası derivasyon çalışmaları, yeraltısuyundan aşırı kullanım gibi faaliyetler sonucunda havzanın hidrolojik karakteristikleri değişir. Bütün bu faaliyetler de sonuçta nehirlerde, göllerde ve toprakta tuzlanmaya neden olur.

Su kaynaklarının küresel ölçekteki genel durumu hakkında aşağıdaki diğer bazı rakamsal bilgiler ilave etmek mümkündür:

- Günümüzde dünya nüfusunun üçte biri önemli derecede su sıkıntısı çekmektedir. 2025 yılına kadar bu oranın, özellikle kalkınmakta olan ülkeleri kapsamak üzere üçte iki oranına yükseleceği tahmin edilmektedir.
- Dünya'da 1.3 milyar kişi su gereksinimini güvenilir olarak giderememekte, yılda 25 milyon kişi de suyla ilgili hastalıklar veya susuzluktan dolayı ölmektedir.
- Su kaynaklarından çekilen suyun % 70 kadarı sulamada kullanılmaktadır, ancak bu miktarın yarısı sızma ve buharlaşma yoluyla kullanılmamaktadır.
- 1900'lü yılların başından günümüze kadar dünya nüfusu 3 kat artarken; küresel ekonomik potansiyel 20, petrol ve kömür tüketimi 30 ve endüstriyel faaliyetler ise 50 kat artmıştır.
- Tarihte ilk baraj, milattan önce 3000 yıl önce Kral Menes Nil Nehri üzerinde yaptırılmıştır. Milattan önce 1750 yılında Hammurabi su ile ilgili olarak hazırlanan kanunu ilk uygulayan kişi olmuştur.
- Dünyadaki yerleşim alanlarının % 47'si nehir havzalarında bulunmakta olup yaklaşık 50 ülkenin sahip olduğu arazilerin ¾'ü bu nehir havzalarında yer alır.
- Dünya genelinde 300 kadar sınıraşan nitelikte nehir bulunmaktadır. Bunlardan 57'si Afrika'da, 48 tanesi ise Avrupa'dadır. Dünya nüfusunun yaklaşık %40 ı uluslararası nehir kıyıları boyunca yaşamlarını sürdürmektedir. Yaklaşık 2 milyar kişi su gereksinimini sözkonusu su kaynaklarından karşılamak durumundadır.

## 2. DÜNYA SU GÜNÜ'NÜN TEMASI: "Everyone lives downstream"

Aşağıdaki bölümde verilen bilgiler, WMO Genel Secreteri Godwin O.P.Obasi'nin Dünya Su Günü nedeniyle yayınlamış olduğu bildiriden kısa alıntılar yapılarak derlenmiştir. Burada verilen mesajla ilgili olarak açıklanan görüş ve yorumlar ise bir sonraki bölümde yeracaktır.

Geniş bir ölçekten bakıldığında hidrolojik çevrim bizi her zaman için bir başkasının akış aşağısında bırakmaktadır. Hidrolojik çevrim gözönüne alındığında, su kaynaklarını besleyen yağış, çeşitli insani etkilere maruz bulunan atmosferik süreçlerin bir sonucu olarak meydana gelmektedir. Sözkonusu etkiler arasında hava kirliliği, küresel iklim değişikliği ve yeryüzünde meydana gelen önemli değişiklikler bulunmaktadır. Bazı önemli nehirlerin kaynağı olması itibarıyla Avrupa'nın Su Kulesi olarak tanımlanan İsviçre bile, batı yönden gelen hava akımlarının çeşitli insani faaliyetler sonucu etkilenmesi ve bu hava akımlarının geçtiği arazilere Atlantik'ten getirdiği nevli havayı taşıması itibarıyla, diğer batı ülkelerinin mansabında kalmaktadır.

Bu durum, ülkelerdeki hidrolojik ve meteorolojik kurumların ve diğer kuruluşların bağlantılı olarak işbirliği içinde faaliyet göstermelerinin önemini ortaya çıkarmaktadır. Dolayısıyla, bu yılki Su Günü'nün temasının belirlenmesinde farklı disiplinler arasında konunun tartışılmasını; yerel, ulusal, bölgesel ve hatta küresel ölçekteki bir işbirliği ile etkili su yönetiminin önemi hususunda genel kamuoyu ve karar verici mekanizmaların bilgilendirilmesi amaçlanmaktadır.

### **Aynı akarsu havzasında yaşayan toplumlar arasında bir işbirliği olmalıdır**

Dünya Su Günü'nün bu yılki temasının belirlenmesinde en önemli ilham kaynağı şu olmuştur: Bir nehrin havzasında yaşayan insan toplulukları aynı suyu kullanmakta, ancak diğer taraftan da bu suyun genelde taşkın şeklinde ortaya çıkan zararlarından etkilenmektedirler. Diğer bir ifade ile, akış yukarısında yaşayan toplumlar suyu kalite ve miktar olarak etkilemektedirler ve bu su aşağı kesimlerdeki topluluklar tarafından bir veya birkaç kez kullanılmaktadır. Dolayısıyla, bu tema ile anlatılmak istenen şey sözkonusu toplumlar veya ülkeler arasındaki işbirliğine olan gereksinimdir.

Dünya'da suyun herhangi bir şekilde regüle edilmediği bir yer bulmak oldukça zordur. Aynı şekilde, yukarı-kıyıdaş kesimlerde yapılan uygulamalarda aşağıdaki alanların etkilenmediği durumlara hemen hemen hiç rastlanmaz. Dünya nüfusunun büyük bir çoğunluğu ovalarda veya kıyısız alanlarda yaşamakta olup, yerleşim alanlarının büyük bir çoğunluğunda yaşayan topluluklar dağlık bölgelerde veya daha iç kesimlerde yaşayan insan topluluklarına göre mansapta bulunmaktadır.

### **Sınıraşan sular konusu**

Uluslararası suları paylaşan ülkeler arasında çeşitli işbirliği örnekleri mevcuttur. Bunun ilk örneği, 1909 yılında imzalanan Kanada ile A.B.D arasında yapılan "Sınır Suları Anlaşması" dır. Bu anlaşma, iki ülke arasındaki paylaşımlı sularla ve suların kirliliği ilgili çeşitli anlaşmalara çerçeve oluşturmuştur. Diğer örnekler arasında, Ren Nehri Eylem Planı, Ganj Nehri ile ilgili olarak Hindistan ve Bangladeş

arasında yapılan anlaşmadır. Bu plan nehir sularının niteliği ve niceliğinin yanısıra çevresel konuları, taşıma ticareti, verilerin değişimini ve ortak araştırma faaliyetlerini kapsamaktadır. Sözkonusu plan, suyun kalitesini yükselterek suda evvelce bulunan canlı ortamın tekrar geri döndürülmesini ve adı geçen akarsuya mansap teşkil eden Kuzey Denizi'ne kirlilik akışını durdurmayı amaçlamaktadır. Diğer bir örnek de, Zambezi Nehir havzasındaki Güney Afrika Kalkınma Topluluğu (SADC) projesidir. Bu rojeye kapsamında yer alan ülkeler, bu bölgedeki su kaynaklarının sürdürülebilir olamayan bir şekilde geliştirilmesi sonucunda hem ekonomik üretim ve hem de sosyal gelişme bundan zarar görecektir. Bu anlaşma paylaşılan su kaynaklarının eşitçe kullanımını öngörmektedir. Ayrıca bütüncül nitelikte su kaynakları geliştirme planlarının yapılması da amaç edinilir.

Su kaynakları konusunda bölgesel işbirliğine ise çok az sayıda örnek bulunmaktadır. Veri ve bilgilerin toplanması, işlenmesi ve yayımı ile ilgili olarak WMO Ulusal Hidroloji Kurumları nezdinde çeşitli faaliyetlerde bulunmaktadır. Bütün bu faaliyetler bir nehir havzasının ileri ve çağdaş seviyedeki bütüncül yönetimi için önemli unsurlardır. Diğer bir ifade ile politik ve karar mekanizmaları için yüksek kalitede bilgileri üreten bilgi sistemleri ve gözlem faaliyetleri çok önem taşımaktadır.

### **Küresel değerlendirme**

Dünya geneline bakıldığında, su kaynaklarının paylaşılması konusunun gerek ülke sınırları içinde ve gerekse aynı nehir havzasını veya akiferi paylaşan ülkeler arasında anlaşmazlıkların ortaya çıktığı durumların sayısı oldukça fazladır. Artan nüfus karşısında artan talebin karşılanması amacıyla suyun çeşitli sektörlerde evsel, tarımsal ve endüstriyel kullanımları ile ilgili rekabetin daha da çoğaldığı günümüzde bu tür anlaşmazlıklar giderek şiddetlenmektedir. En son gerçekleştirilen WMO/UNESCO V. Uluslararası Hidroloji Konferansı'nda (Genevre, Şubat 1999) sözkonusu potansiyel durumdaki anlaşmazlıklara dikkat çekilmiş ve soruna ilgili ülkeler tarafından bütüncül, yani nehir havzasının bütününe kapsayacak şekilde, yaklaşılması gerektiği hususunda görüşbirliği oluşmuştur. Dolayısıyla, sınırlı miktardaki tatlısu kaynaklarının yönetiminde daha yakın bir işbirliği oluşmasına gereksinim vardır. Bu da ulusal ve bölgesel işbirliğine olumlu katkılar sağlayacaktır.

### **Bilgi ve Teknoloji Değişimi**

WMO açısından, hidrolojik bilgilerin toplanması ve paylaşımı konusunda, ulusal kuruluşlar arasında ve su kaynaklarını paylaşan ülkeler arasında bir işbirliğine olan gereksinimi vurgulamak hususu önem arz etmektedir. Şühesiz su kaynaklarının etkili yönetim uzlaşmaya dayalı olmalıdır. Ancak, su verilerini ve bilgilerini kullananların çeşitliliği ve niteliğinden dolayı ilgili taraflar arasında kabul edilebilecek kapsamlı bir değerlendirme yönteminin oluşması



hususunda bir sorun bulunmaktadır. Su kaynaklarının mevcut durumu ve zaman içerisindeki değişimleri ile ilgili bilgilerin temini ve gelişen teknolojilerden yararlanarak güvenilir donelerin toplanması ve bu donelerin ülkeler arasında değişimini sağlamak suretiyle; ulusal su kaynakları planlarının ve uluslararası anlaşmaların iyi formüle edilmesi ve uygulanması mümkün olabilmektedir. İlgili ülkeler arasında ortaklaşa belirlenmesi gereken sözkonusu hususlar arasında suyun miktarı; kirlilik, kuraklık ve taşkın gibi olaylarla ilgili istatistik değerleri ile su tüketimi patenleri bulunmaktadır.

Bu hususta gelişmekte olan ve kalkınmış bulunan ülkelerin deneyimlerinden yararlanılmadığı. Sözkonusu işbirliği sadece aynı bölgede yer alan ülkelerin ortak çıkarları gözetilerek kurulmamalı, aynı zamanda benzer sorunlara sahip olan farklı bölgeler arasında da işbirliğine gidilmeli. Bu da ancak bilgi ve teknoloji transferi ile gerçekleştirilebilir.

### 3. DÜNYA SU KAYNAKLARI VE ULUSAL SU POTANSİYELİMİZ

Enerji üretiminin yanısıra tarımsal, evsel ve endüstriyel kullanımları olan suyun ekonomik ve sosyal gelişmedeki yeri büyüktür. 1994 yılında gerçekleştirilen Dublin Konferansı'nın sonuç bildirisinde 4. Prensipten kabul edilen "suyun ekonomik bir meta olduğu", dolayısıyla suyun her bir damlasının boşa harcanmadan verimli bir şekilde kullanılması gerektiği ifade edilmektedir. Suyun sahip olduğu bu ekonomik değer olması nedeniyle, miktarı oldukça sınırlı olan su kaynaklarının kullanıcılar arasında bölüşümünün en uygun bir şekilde takdir edilmesi gerekir.

Yerküremizde bulunan suyun % 97.5'ü, okyanuslarda bulunan tuzlu suların oluşmakta olup; geriye kalan % 2.5 oranındaki, tatlısu olarak adlandırılan miktarın büyük bir kısmı ise kutuplarda (*Antartika ve Greenland*) buzul ve yeraltında fosil olarak bulunur. Ulaşabildiğimiz temiz su kaynakları göllerde, rezervuarlarda, nehirlerde ve derelerde bulunmakta olup, bu miktar yer küresindeki toplam tatlısu potansiyelinin % 0.26'sini oluşturur.

Kırsal kesimde tarımsal üretimi artırma yolları aranırken su, en önemli bir etken olarak karşımıza çıkıyor. Ayrıca, şehirlerdeki nüfusun giderek artmasından dolayı, içme suyu temini ve atıkların uzaklaştırılması konusu da çözülmesi gereken en önemli sorun olmaktadır. 1950 ve 1990 yılları arasında, dünya nüfusu 2.5 milyardan 5.3 milyara çıkarak hemen hemen iki misline katlanmıştır. Dünya nüfusunun 2025 yılında 8.3 milyar olması beklenmektedir. Dünya'da suya olan talep, yüzyılın başından beri yaklaşık 8 kat artmıştır. 2025 yılında, yıllık bazda elde edilebilir su miktarının, bugünkü 7300 m3 seviyesinden 4800 m3 seviyesine düşeceği tahmin edilmektedir.

Uzun vadede, yerküre üzerinde suyun elde edilebilirliğini sınırlayan temel etmenlerden bir tanesi, iklim değişikliği konusudur. Çünkü,

iklim değiştikçe yağışın uzaysal ve zamansal dağılımları da değişmektedir. WMO ve UNEP'in 1995 yılında ortaklaşa olarak düzenledikleri *İklim Değişikliği için Hükümetlerarası Panel (IPCC)*'nin raporunda, iklimdeki değişikliğin küresel hidrolojik çevrimi ve dolayısıyla bölgesel su kaynaklarını olumsuz yönde etkileyeceği belirtilmektedir. Toplam yağışın miktarında, yağışın frekans ve şiddetindeki değişimler; akışın rejim ve büyüklüğünün yanısıra taşkın ve kuraklıkların şiddetlerini de direkt olarak etkileyecektir.

Su kaynakları ülkelerin kalkınmasını sağlayan doğal kaynakların başında gelir. Ülkemizde sulanabilir toprak kaynaklarının büyüklüğü de gözönüne alındığında sınırlı miktardaki su kaynaklarımızın önemi daha iyi anlaşılacaktır. Türkiye'ye düşen yıllık yağış miktarı 500 milyar m3 civarındadır. Akışa geçen miktar ise 186 milyar m3 olup bunun ancak 95 milyar m3'ünü tüketebiliyoruz. Bu değerlere bakınca belki ilk anda ülkemizi su kaynakları bakımından zengin bir ülke sayabiliriz. Ancak, literatüre bakıldığında, bir ülkenin su zengini sayılabilmesi için kişi başına, yılda 10 000 m3 suya sahip olması gerekmektedir. Bizde ise kişi başına düşen su miktarı yılda yaklaşık 1 800 m3'dür. Bu nedenle ülkemiz su zengini bir ülke değildir.

### 4. ULUSAL SU POLİTİKAMIZ VE SINIRAŞAN SULARIMIZ

Bu yılki Dünya Su Günü'nün teması Birleşmiş Milletler'ce "everyone lives downstream" olarak belirlenmiştir. Yani, bu ifade ile hidrolojik çevrimin özelliğinden dolayı "herkesin her zaman mansapta bulunduğu" gerçeği vurgulanmaktadır. Diğer bir ifade ile, su kaynaklarının değerlendirilmesi ve yönetilmesi hususunda sorumlu ve olumlu yaklaşımlara gereksinim olduğu hususu hatırlatılmaktadır. Bu doğrultuda yapılacak bütün eylemler sadece dünyanın herhangi bir ülkesindeki iç sular için değil, aynı zaman uluslararası nehirlerin havzalarında yaşayan toplumların da faydasına olacağı belirtilmektedir.

Yukarıda belirtilen tema, sınır aşan nehir havzalarında, aşağı kıyıdaş ülkelerin haklarını savunan bir nitelikte olması nedeniyle ülkemiz açısından özellikle önem taşımaktadır. Bilindiği üzere, bulunduğu coğrafya itibarıyla ülkemiz, sınır aşan su sorunlarıyla uzun bir süreden beri iç içedir. Zira, Türkiye kurak ve yarı-kurak bir iklimin etkisinde olarak günümüzde önemli su sıkıntılarının yaşandığı Ortadoğu'da iki önemli nehir Fırat ve Dicle'nin membaında yer almaktadır.

Ulusal ve uluslararası nehirlerin etkili yönetimi ilgili taraflar arasında bir işbirliğini gerektirmektedir. Sayısı 300'den fazla olan dünyadaki paylaşımlı nehirler ve akiferler, önemli su problemlerinin mevcut olduğu veya olması beklendiği bölgelerde bulunmaktadır. Buna rağmen, üzerinde anlaşılan nehirler ve göller de bulunmaktadır.

Şühesiz su kaynaklarının etkili yönetim uzlaşmaya dayalı olmalıdır. Ancak, su verilerini ve bilgilerini kullananların çeşitliliği ve niteliğinden dolayı ilgili taraflar arasında kabul edilebilecek kapsamlı bir

değerlendirme yönteminin oluşması hususunda bir sorun bulunmaktadır. Bunun bir örneği de, Fırat ve Dicle Nehirleri konusunda ülkemizin güney komşuları Suriye ve Irak ile yaşadığı sorunlardır. Bu sorun, ulusal su politikamızın en önemli unsurunu oluşturmaktadır.

Fırat ve Dicle, buldukları konum itibarıyla, dünyanın başka bölgelerindeki sınıraşan suların farklı özellikler arz ederler. Genel olarak belirtmek gerekirse bu nehirler Ortadoğu gibi zaten sorunlu bir coğrafyada bulunmaktadır. Ayrıca, diğer bir husus, sözkonusu nehirler su kaynakları açısından fakir durumdaki ülkemizden doğup, bizden daha fakir olan Suriye'yi geçtikten sonra su kaynakları itibarıyla bizden daha zengin olan Irak gibi bir ülkenin topraklarına girerler.

Diğer bir husus da hemen hemen bütün Arap ülkelerinin aşığı kıyıdaş ülke olmaları ve hepsinin de su sıkıntısı içinde bulunmalarıdır. Bu nedenle, dünyanın diğer bölgelerindeki benzer sorunları yaşayan ülkelerin lehine hep mansap ülkelerinin haklarını savunarak, kendi aralarında kurdukları dayanışma ile sürekli lobi faaliyetleri yapmaktadırlar. Dünya kamuoyunda sergiledikleri önyargılı tutumun gereği olarak komşu ülkeler; Türkiye'nin, Fırat ve Dicle üzerindeki yaptığı depolama tesisleriyle Arap ülkelerinin suyunu kestiğini ve Ortadoğu'da hakimeyeti eline geçirmek istediği şeklinde propaganda faaliyetlerinde bulunmaktadır.

Su sorunu, aynı zamanda, Araplarla İsrail arasındaki barış sürecinin de temel faktörü olmuştur.

Yukarıda da ifade edildiği üzere Türkiye, ne su kaynakları açısından zengin bir ülke; ne de bulunduğu bölgede su kaynakları en zengin ülke konumundadır. Hernekadar, sahip olduğumuz su kaynakları birçok yakın komşu ülkelerdekinden daha fazla ise de; ülkemizin yakın gelecekte kendi su gereksinimlerini daha karşılayamayacak duruma gelmesi sözkonusudur.

Aşağıdaki tabloda da görüldüğü üzere, yılda kişi başına düşen su miktarı ( $m^3/yıl/kişi$ ) açısından Türkiye Irak'tan daha az bir potansiyele sahiptir. Bu bilgiler T.C. Dışişleri Bakanlığı verileridir. Tablo'da Suriye için verilen değer ise, ülkemiz için belirlenen değere oldukça yakındır.

Water-Rich Countries	10 000
Iraq	2 110
Turkey	1 830
Syria	1 420
Israel	300
Jordan	250
Palestine	100

Ülkemiz, bugün için ihtiyaçlarını rahatça karşılayabilen fakat gelecekte nüfus artışı, çevre kirlenmesi ve kuraklık gibi nedenlerle gittikçe su fakiri olabilecek ülke konumundadır.

Fırat Nehri'nde oluşan akışlara Türkiye'nin %90, Suriye'nin %10 ve

Irak'ın ise hiç katkısı yoktur. Buna rağmen, bu su kaynağından Suriye % 22, Irak ise % 43 oranında yararlanmak istemektedir. Fırat Nehri'nden bu üç ülkenin ihtiyaç olarak kullanmak istediği miktar yaklaşık 53 Milyar  $m^3$  iken, nehrin su potansiyeli 36 Milyar  $m^3$  düzeyinde bulunmaktadır.

Dicle nehri'ne gelince Türkiye bu nehrin sularının ancak %15'ini kullanmaktadır. Bu nehrin önemli büyük bir kısmı ise Irak tarafından kullanılmaktadır. Fırat'daki açığı kapatmak amacıyla Türkiye tarafından önerilen "Dicle'den Fırat'a su aktarım projesi" de Irak tarafından kabul görmemektedir.

Fırat ve Dicle nehirleri ile ilgili olarak sözkonusu ülkelerle yaşanan sorunların giderilmesi amacıyla Türkiye üçlü teknik komisyonlarda "üç aşamalı plan" diye isimlendirilen bir öneride bulunmuştur. Bu planda, bütün tarafların eşit, hakça ve makul olarak tatmin edilmesi amaçlanmaktadır. Sözkonusu plan, öncelikle, taraf ülkelerdeki su kaynaklarının ve daha sonra da toprak kaynaklarının ortaklaşa etüdünü ve üçüncü aşamada da su ve toprak kaynaklarının hakça ve makul olarak ilgili ülkeler arasında değerlendirilmesini öngörmektedir.

İlgili olduğumuz diğer sınır aşan su kaynakları arasında Aras, Çoruh, Meriç ve Asi nehirleri bulunmaktadır. Bu suların kullanımı konusunda da Türkiye ile ilgili ülkeler arasında bazı sorunlar yaşanmaktadır. Bulgaristan yaptığı barajlarla Meriç nehrinin, Suriye ise Asi nehrinin sularını tam kontrol altına almış bulunmaktadır. Diğer taraftan, Çoruh üzerinde Türkiye tarafınca yapılmakta olan ve yapılacak barajlardan dolayı, bu nehrin Karadeniz'e döküldüğü Batum'daki deltaya yeterli oranda sediment gitmeyeceğinden dolayı, bu deladaki yaşamın olumsuz etkileneceği yolunda Gürcistan tarafından bazı iddialar ve talepler sözkonusu olmaktadır.

## KAYNAKLAR

- "Guidelines for conducting water resources assessment" (M.Miloradov, P.Marjanovic)
- "Ortadoğu Su Sorunları ve Türkiye" (Özden BİLEN), TESAV Yayınları, 1996, Ankara
- "Water Issues Between Turkey, Syria and Iraq", T.C. Dışişleri Bakanlığı
- "Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world" (I.A. Shiklomanov)
- "World Water Resources" (I.A.Shiklomanov)
- "Water : A Looming Crisis", International Conference on World Water Resources at the Beginning of the 21<sup>st</sup> Century, 1998, Paris
- "On-Line News", (Television Trust for the Environment) (<http://nt.oneworld.org/cfdocs/tve/news/>)
- "Water-Nature's Magician" (Environment Canada/Environmental Citizenship) ◀◀

# Hazne Kapasitesi Tasarımında Risk Analizi

Eşref BATUR

Temelsu Uluslararası Müh. Hiz. A.Ş.

Mikdat KADIOĞLU

İstanbul Teknik Üniversitesi Uçak ve Uzay Bil. Fak. Met. Müh. Böl.

Seyfettin AYDIN

Temelsu Uluslararası Müh. Hiz. A.Ş.

## ÖZET

Verilecek kararlarda risk elemanını da işin içine katabilmek için, gözlenmiş akım serilerine dayanarak kurulan modeller ile türetilen sentetik serilerden bulunan hazne kapasitesi belirleme çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmada, Thomas-Fiering modeli, aylık akım verilerine uygulanarak çok sayıda sentetik seriler üretilmiş ve bu serilerin her birinden Ripple yönetimi ile hesaplanan hazne kapasitelerinin ihtimal yoğunluk fonksiyonu çizilerek belirli bir risk payı ile optimum hazne kapasitesi belirlenmiştir.

## SUMMARY

In order to take risk factor into account in reservoir design studies, reservoir capacity-yield procedures are carried out using streamflow data generated by stochastic models. In this study, first, monthly synthetic series are generated by Thomas-Fiering model. The cumulative probability density function (CPDF) of reservoir capacity values then determined from synthetic series by Ripple method, are plotted. Finally, optimum reservoir capacity is determined by means of the CPDF at a given risk.

## 1. GİRİŞ

Su kaynakları sistemlerinin planlanması ve işletilmesi sırasında verilecek kararlar, göz önüne alınan hidrolojik değişkenlere bağlıdır. Hazne işletme çalışmalarında ve hazne kapasitelerinin belirlenmesi çalışmalarında en önemli değişken, yüzeysel akıdır. Gözlenmiş akım serisinden faydalanarak belli bir risk ile optimum hazne veya kanal kapasitelerinin belirlenmesinde sentetik veriye ihtiyaç vardır. Çok parametrelili ve çok uzun süreli iç bağımlılıkları dikkate alan yöntemler ile sentetik akım verileri üretilebilir. Ancak akım serisinin yeterli uzunlukta olmadığı durumlarda az parametrelili modellerin kullanımı daha doğru sonuçlar verebilmektedir, (Bayazit, 1979).

Doğada su toplama alanlarından gelen sular, değişik oranlarda göllerde, su birikintilerinde ve akarsuların kendi yatakları içinde birikir. Yeterli miktarda tabii depolanmanın olmadığı durumda barajlarla oluşturulan suni göllerle su depolama yoluna gidilmektedir. Nehir akımları, değişken olduğundan ihtiyaç fazlası suların depolanması ile kurak zamanlarda nehrin debisinden daha büyük su miktarlarının çekilmesi mümkün olur. Bu haznelere biriktirme

hazneleri adı verilir. Bütün hazne projelerinde, biriktirme haznelerinin esas fonksiyonu su depolamak olduğundan en önemli fiziksel özellikleri biriktirme kapasiteleridir. Genel olarak biriktirme haznelerinin yapılmasındaki amaç, tabii depolanmanın kontrol altına alınması ve geliştirilmesidir.

Kurak mevsimin veya kurak devrenin başlangıcında haznenin dolu olduğu kabul edilirse akarsudan belli bir su miktarını sürekli olarak çekebilmek için yapılması gereken haznenin hacmini belirlemek amacı ile kullanılan yöntemler üç ana grubu altında sınıflandırılabilir; İlk gruptaki metotlar akımların diziliş sırası ile ilgili olan kritik süre (Critical Period Techniques) teknikleridir. Genel olarak ihtimal matris metotları (Probable Matrix Methods) olarak adlandırılan ikinci gruptaki metotlar ise Moran hazne teorisine dayanır. Üçüncü gruptaki metotların temelini ise sentetik veri türetme oluşturur. Dünyada en çok kullanılan metotlar ise Ripple metodu ve simülasyon analizidir, (McManon and Mein, 1978).

Hazne işletme çalışmalarında klasik yöntem, hazneyi sadece geçmişte gözlenmiş akış serileri ile işletmektedir. Bu serilerin

uzunluğu, genelde haznenin 50 yıllık ekonomik ömründen daha kısa olduğu gibi çoğu seride boşluklar bulunduğu ve boşlukların çeşitli yöntemler ile doldurulması gerektiği görülür. Kaldı ki eldeki mevcut akış serisi haznenin ekonomik ömrüne eşit uzunlukta olsa bile bu serinin haznenin işletilmeye başlanacağı tarihten itibaren aynı sıra ile tekrarlanacağı düşünülemez. Bu durumda sadece gözlenmiş akış verilerine dayanarak verilecek kararların güvenilir olmayacağı ve bir miktar risk taşıyacağı doğaldır. Ayrıca bu riskin düzeyini belirlemek de mümkün değildir (Bayazit, 1979). Ancak gözlenmiş akım verilerine uygun modellerle türetilen sentetik seriler ile hesaplanan kapasite değerlerinin ihtimal yoğunluk fonksiyonu çizilerek bu risk payı belirlenebilir. Bu makalenin temel amacı da budur.

Akış modelleri arasında parametre sayısının az olması nedeniyle en popüler olanlar Markov modelleri (otoregresiv süreçler, AR) olmuştur. Özellikle 1. ve 2. mertebeli Markov modelleri ve bunların parametreleri yıl boyunca periyodik olarak değişen tipi olan Thomas-Fiering tipi modeller oldukça geniş bir uygulama alanı bulmuştur, (Bayazit, 1979).

Hazne kapasitelerinin belirlenmesi çalışmalarında hazneye gelen akımların stokastik özelliklerini gözönüne alabilmek için gittikçe parametre sayısı artan ve karmaşık modeller kullanılmaktadır. Parametre sayısı arttıkça bu parametrelerin eldeki kısa süreli kayıtlardan yeterli güvenilirlikte tahmin edilmesi de zorlaşmaktadır. Günümüzde Türkiye'deki mevcut akış kayıtlarına bakılacak olursa en uzun akış gözlemlerinin 40-50 yıl kadar geriye uzadığı görülür. Bu da ancak bir kaç akarsuda gözlenen bir durum olup diğer akarsulardaki kayıtlar çok daha kısa ve yer yer boşluktur. Bu durum özellikle biriktirme hazneleri ile ilgili hidrolojik çalışmaları güçleştirmektedir. Bu yüzden hidrolojik çalışmalarda, eksik verilerin tamamlanması veya kısa süreli akım serilerinin uzatılması pratikte sıkça karşılaşılan problemlerden sadece bir kaçıdır. Akım verilerinin uzatılması her zaman korelasyon yöntemleri ile mümkün olmamaktadır. Bu da akım modellerin kullanımını zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmada, ilk olarak Thomas-Fiering modeli aylık akım verilerine uygulanarak gözlenmiş akım serilerine eşit uzunlukta 1000 adet sentetik seri türetilecek ve daha sonra ise bu serilerin her birinden Debi Toplam Çizgisi yöntemi ile hesaplanacak hazne kapasitelerinin ihtimal yoğunluk fonksiyonu çizilerek belirli risk oranlarında optimum hazne kapasiteleri belirlenecektir.

## 2. KULLANILAN VERİ

Hazne kapasitesi belirleme çalışmalarında uzun süreli ve günlük akım rasatlarına ihtiyaç vardır. Küçük biriktirme hazneleri için en

azından aylık akım verilerinin kullanılması gerekir, (Muslu, 1997). Ayrıca sentetik seriler üretmek için kullanılan Thomas-Fiering modelinin temeli aylık verilere dayanmaktadır. Bu yüzden bu çalışmada, Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından işletilen 919 numaralı Bolasan Akım (A) Gözlem (G) İstasyonunun (İ) 1941-1997 süresi aylık doğal akım verileri kullanılmıştır.

## 3. METOT

Çalışmanın ilk adımında üçüncü gruba ait stokastik modellerden birisi olan Thomas-Fiering modeli kullanılarak sentetik seriler türetilecektir. İkinci adımında ise türetilen bu sentetik seriler kullanılarak Debi Toplam Çizgisi yöntemi ile optimum hazne kapasitesi belirlenecektir.

### 3.1. Thomas-Fiering Modeli

Thomas-Fiering modeli, aylık akımların yapısındaki periyodikliği harmonik analiz yapmadan dikkate alır. En basit hali ile model, 12 adet lineer regresyon denkleminin oluşur. N yıllık gözlem mevcut ise N adet Ocak ve N adet Aralık akımları gözönünde tutularak Ocak ayının akışlarının Aralık ayı akışları üzerine regresyonu yapılır. Thomas-Fiering modelinin genel ifadesi (Starosolszky, 1987; Bayazit ve ark. 1997),

$$Q_{j+1} = \bar{Q}_{j+1} + b_j(Q_j - \bar{Q}_j) + Z_j S_{j+1} \sqrt{1 - r_j^2} \quad (1)$$

$Q_j$  = j. aydaki toplam akım (hm<sup>3</sup>),

$Q_{j+1}$  = (j+1). aydaki toplam akım (hm<sup>3</sup>),

$\bar{Q}_j$  = (j). aydaki toplam akım (hm<sup>3</sup>),

$\bar{Q}_{j+1}$  = (j+1). aydaki toplam akım (hm<sup>3</sup>),

$$b_j = r_j \frac{S_{j+1}}{S_j},$$

$b_j$  = j. ve (j+1). aylar arasındaki regresyon katsayısı,

$S_j$  = j. ayın standart sapması,

$S_{j+1}$  = (j+1). ayın standart sapması,

$r_j$  = j. ve (j+1). aylar arasındaki korelasyon katsayısı,

$Z_j$  = Ortalaması sıfır ve varyansı 1 olan normal dağılmış rasgele değişken.

Denk.(1)'den görüleceği üzere aylık akımların normal dağılıma uyması gerekir. Aylık akımlar normal dağılıma uymuyorsa iki alternatif söz konusudur:

i) akımlar  $Q = Q_i^{\theta}$  şeklinde bir dönüşümle normal dağılmış akım verilerine dönüştürülebilir (Bayazit ve ark, 1997).

ii)  $Z_j$ 'ye uygun bir dönüşüm uygulayarak akım verileri normal

dağılıma uygun hale getirilir. Aylık akımlar Gamma dağılımına uyuyorsa, Wilson ve Hilferty dönüşüm yöntemi, Log-normal dağılıma uyuyorsa moment transformasyon yöntemi kullanılabilir (McMahan ve Mein, 1978).

Bu modelin uygulanması için 919 numaralı AGİ'nin aylık doğal akımlarının istatistiklerinden aritmetik ortalama, standart sapma değişim ve çarpıklık katsayıları sırası ile aşağıda verilmiştir:

$$\bar{Q} = 72.2 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad S_Q = 42.51 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad C_{VQ} = 0.59 \quad C_{SQ} = 1.20$$

Aylık akımların çarpıklık katsayısı çok yüksek olduğundan normal dağıldıkları kabul edilemez. Akımları normal hale dönüştürmek için Bayazit ve ark, (1997) tarafından belirtilen  $Q = Q_i^{\theta}$  dönüşüm uygulanmıştır. Deneme yoluyla  $q=0.40$  için bu dönüşümün ( $Q = Q_i^{0.4}$ ) gözlenmiş akımların çarpıklık katsayısını sıfıra çok yaklaştırdığı görülmüştür. Dönüşüm uygulandıktan sonra yeni istatistikler ise

$$\bar{Q} = 4.67 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad S_Q = 1.37 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad C_{VQ} = 0.29 \quad C_{SQ} = -0.03$$

olarak bulunmuştur.

Thomas-Fiering modeli 919 numaralı AGİ'nin dönüştürülmüş aylık akımlarına uygulanırken her bir ay için ( $j = 1, 2, \dots, 12$ ) aşağıdaki parametreler hesaplanmıştır:

Ortalama:

$$\bar{Q}_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Q_{j,i} \quad (2)$$

Standart sapma:

$$S_j = \sqrt{\sum_{i=1}^N (Q_{j,i} - \bar{Q}_j)^2 / N} \quad (3)$$

Önceki ay ile olan korelasyon katsayıları (Beyazit ve ark., 1997):

$$r_j = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{j,i} - \bar{Q}_j)(Q_{j+1,i} - \bar{Q}_{j+1})}{\left\{ \left[ \sum_{i=1}^N (Q_{j,i} - \bar{Q}_j)^2 \right] \left[ \sum_{i=1}^N (Q_{j+1,i} - \bar{Q}_{j+1})^2 \right] \right\}^{1/2}} \quad (4)$$

Regresyon doğrularının eğimi:

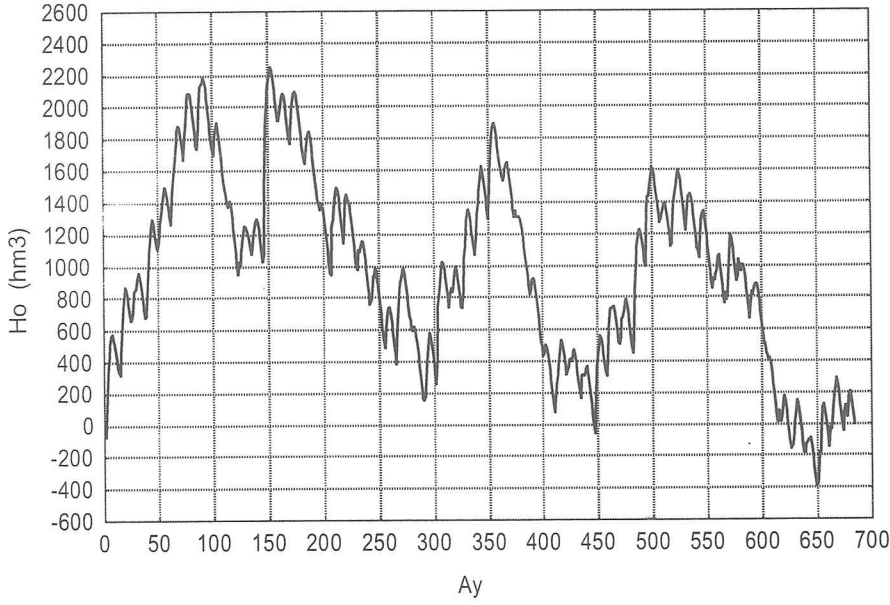
$$b_j = r_j \frac{S_{j+1}}{S_j} \quad (5)$$

Her bir ay için hesaplanan ortalama, standart sapma, çarpıklık katsayısı, değişim katsayısı ve ardışık aylar arasındaki korelasyon katsayıları Tablo 1'de verilmiştir. İstatistiklerin aydan aya değişmesi aylık akımlar arasında periyodik bir bileşenin olduğunu göstermektedir. Ortalama ( $\bar{Q}_j$ ), diğer aylara nazaran ilkbahar aylarında oldukça büyük değerler almaktadır. Değişim katsayısı ( $C_v$ ) ise kış aylarında yüksek değerler alırken yaz aylarında düşük değerler almaktadır. Korelasyon katsayılarının 0.36-0.90 arasında yüksek değerler alması aylık akımlar arasında kuvvetli bağımlılıklar bulunduğunu göstermektedir. Özellikle ilkbahar ve Yaz aylarında 0.76-0.90 arasında yüksek korelasyon değerleri gözlenirken Sonbahar ve Kış aylarında düşük değerler gözlenmektedir. Yıl içinde en büyük korelasyon, Haziran-Temmuz ( $r_{TH} = 0.90$ ) ayları arasında ve en düşük korelasyon ise Şubat-Mart ( $r_{MŞ} = 0.36$ ) ayları arasındadır.

Ortalaması sıfır ve varyansı 1 olan normal dağılım rasgele değişken ( $Z_j$ ) değerleri üretilerek Denk.(1) ile dönüşüm uygulanmış gözlenmiş akım serisi kullanılarak 57 yıllık 1000 adet sentetik aylık akım serisi türetilmiştir. Sentetik akım serileri türetilirken Bayazit ve ark, (1997) tarafından belirtildiği gibi şu noktaya dikkat edilmiştir. Türetilen akım

Tablo 1. Aylık İstatistik Büyüklükler

Ay	Ortalama ( $\bar{Q}_j$ ) ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	Standart Sapma ( $S_j$ ) ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	Çarpıklık Katsayısı, $C_s$ ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	Değişim Katsayısı ( $C_v$ )	Korelasyon Katsayısı ( $r_j$ )
OCAK	6.96	2.27	-0.13	0.33	$r_{OA} = 0.41$
ŞUBAT	6.68	1.54	-0.22	0.23	$r_{ŞO} = 0.45$
MART	6.81	1.11	-0.27	0.16	$r_{MŞ} = 0.36$
NİSAN	6.66	0.96	-0.12	0.14	$r_{NM} = 0.46$
MAYIS	6.02	0.92	-0.22	0.15	$r_{MN} = 0.73$
HAZİRAN	4.59	0.84	0.40	0.18	$r_{HM} = 0.87$
TEMMUZ	3.27	0.83	0.26	0.25	$r_{TH} = 0.90$
AĞUSTOS	2.12	1.13	-0.28	0.53	$r_{AT} = 0.87$
EYLÜL	1.54	1.11	-0.06	0.72	$r_{EA} = 0.87$
EKİM	2.00	1.36	-0.08	0.68	$r_{EE} = 0.41$
KASIM	3.29	2.03	0.23	0.62	$r_{KE} = 0.48$
ARALIK	6.16	2.37	0.17	0.38	$r_{AK} = 0.49$



Şekil 1. 919 Nolu Bulasan AGİ için Toplam Debi Çizgisi

değerleri bazen negatif olabilir. Böyle bir durumda o ay için pozitif bir değer elde edilmeye kadar negatif değeri kullanarak üretmeye devam edilmeli veya o ayın akışı sıfır alınmalıdır. Akımların logaritmik değerleri ile çalışılması halinde ise böyle bir durumdan kaçınılmış olur.

Su temin çalışmalarında sadece topoğrafik ve jeolojik açıdan değil aynı zamanda hidrolojik açıdan bakıldığında bir çok alternatif baraj yeri önerilebilir. Bu çalışmalarda hazne kapasitesini belirlemek için basit, ilkel dizayn teknikleri kullanılır. Bunlardan birisi de 'Toplam Debi Çizgisi' yöntemidir. Bu metoda 'Ripple' metodu da denilir.

### 3.2. Toplam Debi Çizgisi Yöntemi

Toplam akışın zamana göre değişimini gösteren eğriye Toplam Debi Çizgisi denir. Toplam debi çizgisinin ordinatları zamanla sürekli olarak arttığından eğriyi daha büyük ölçekli olarak çizilebilmek amacıyla,

$$H_o = \sum (Q_i - Q_{ort}) \Delta t_i \quad (6)$$

$H_o$  = Ardışık toplam akım,  $10^6 m^3$ .

$Q_i$  = Aylık toplam akım,  $10^6 m^3$ .

$Q_{ort}$  = Aylık ortalama çekilen su miktarı,  $10^6 m^3$ .

$\Delta t_i$  = 1 ay.

şeklinde hesaplanan, giren debilerin çekilen ortalama debiden olan farklarının toplamının zamana göre değişimi çizilebilir. Hazne

kapasitesi bu çizginin en yüksek ve en alçak noktaları arasındaki düşey uzaklık olarak hesaplanır, (Bayazit, 1995).

Akışaşağıya 919 sayılı AGİ'nin gözlenmiş akımlarının ortalamasına eşit ( $Q_{ort} = 72.2 \times 10^6 m^3$ ) miktarda su bırakıldığı kabul edilmiş ve denk. (6)' ile hesaplanan  $H_o$  değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 1'den, yıllık düzenleme yapıldığı düşünülerek  $H_o$  çizgisinin en yüksek ve en düşük değerler arasındaki düşey fark,  $2700 \times 10^6 m^3$  olarak okunur. Böylece,  $72.2 \times 10^6 m^3$  suyu sürekli çekebilmek için gerekli hazne hacmi  $2700 \times 10^6 m^3$  olarak hesaplanır.

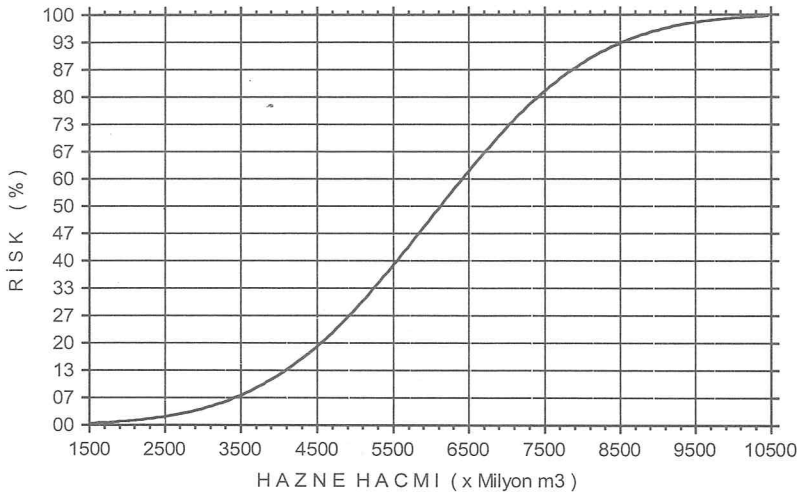
Her yöntemde olduğu gibi bu yöntemde de bazı kabuller vardır (McMahon and Mein, 1978); Denk.(6) ve Şekil 1'den görüleceği üzere çekilen su miktarı sabittir. Buharlaştırma

ve sediment kayıpları ihmal edilmekte, risk düşünülmemekte ve mevsimsel akım karakteristikleri gözönüne alınmamaktadır.

### 4. UYGULAMA

Gözlenmiş herhangi bir akım serisi yeteri kadar kurak ve sulak yılları temsil etmeyebilir. Kayıt süresi kısa olduğunda bu her zaman mümkündür. Bu yüzden sadece gözlenmiş akım serisine dayanarak hazne kapasitesi belirlemek doğru değildir. Çünkü hangi risk ile bu seçimin yapılacağı belli değildir. Aslında hazne kapasitesini belli bir ihtimal ile belirlemek en doğrusudur. Bunun için daha önce belirtildiği gibi 919 nolu AGİ'nin 1941-1997 süresi doğal akımları ile 57 yıllık aylık akım verileri kullanılarak Thomas-Fiering modeli ile 1000 adet 57 yıllık aylık ortalama akım serisi türetilmiş ve bu serilerin herbirinden Ripple metodu ile bir hazne kapasitesi hesaplanmıştır. Daha sonra bu hazne kapasitesi serisinin Şekil 2'de görüldüğü gibi ihtimal yoğunluk fonksiyonu çizilmiştir.

Şekil 2'den de görüldüğü gibi gözlenmiş akım serine göre hesaplanan  $2700 \times 10^6 m^3$  hazne kapasite değeri %3 risk (%97 güvenilirlik) ile seçilmiş olacaktı. Halbuki hazne için başlangıçta direkt olarak bu kapasite kabul edilmiş olsaydı bu seçimdeki risk oranı bilinmeyecekti. Bu makale, işte buradaki eksikliği gidererek istenilen risk ile en uygun hazne kapasitesinin nasıl belirlenebileceği sorusuna cevap vermektedir. Şekil 2'den çeşitli güvenilirlik oranlarında hazne kapasiteleri okunarak Tablo 2'de verilmiştir. Benzer şekilde Tablo 2'den görüldüğü gibi %95 risk (%5 güvenilirlik) ile  $8700 \times 10^6 m^3$  hazne kapasitesi, %80 risk (% 20 güvenilirlik) ile



Şekil 2. Hazne Kapasitesi Serisinin İhtimal Yoğunluk Fonksiyonu

7400x10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>, %50 risk (%50 güvenilirlik) ile 6100x10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> ve %5 risk (%95 güvenilirlik) ile 3100x10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> hazne kapasitesi seçilir.

Bu makalede, Thomas-Fiering modelinin kullanılması ile akımların yıl boyunca değişen istatistiksel parametrelerini dikkate alınmış olmakta ve sentetik serilerden hesaplanan hazne kapasitelerinin ihtimal yoğunluk fonksiyonunun çizilmesi ile talebin olabirlik derecesi verilecek kararlarda işin içine katılmaktadır.

Tablo 2. Çeşitli Güvenilirlik Oranlarında Hazne Kapasiteleri

Güvenilirlik (%)	Hazne Kapasitesi (x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
5	8700
20	7400
50	6100
95	3100

## 5. SONUÇ

Hidrolojik açıdan sadece gözlenmiş akım serisine dayanarak hazne kapasite belirleme çalışmaları yapılmaktadır. Hazne kapasitesinin hangi risk ile seçildiği belli olmadığı için direkt gözlenmiş akım serisinden hazne kapasitesinin belirlenmesi hassas sonuçlar

vermez. Söz konusu riskin belirlenmesi amacıyla bu makalede, Thomas-Fiering modeli aylık akım verilerine uygulanarak gözlem süresine eşit 1000 adet sentetik seri türetilmiş ve bu serilerin herbirinden hesaplanan kapasite serisinin ihtimal yoğunluk fonksiyonu çizilerek belirli bir risk payı ile hazne kapasitesi belirlenmiştir. Bu çalışmada, DSİ tarafından işletilen 919 numaralı Bolasan Akım (A) Gözlem (G) İstasyonunun (İ) 1941-1997 süresi aylık doğal akım verileri kullanılarak gözlenmiş akımların ortalamasına eşit miktarda su bırakıldığı kabul edilmiş ve %95 güvenilirlik (%5 risk) ile en iyi hazne kapasitesinin 3.1x10<sup>9</sup>m<sup>3</sup> olması gerektiği belirlenmiştir.

Verilecek kararlarda risk elemanını da işin içine katabilmek için akımların gözlenmiş seriye dayanarak kurulan modeliyle türetilen sentetik serilerle hazne kapasitesi belirleme çalışmaları yapılmalıdır. Sentetik

serilerle yapılacak çalışmaların başlıca üstünlüğü, seçilen bir risk düzeyinde optimum kararın belirlenmesine olanak sağlamasıdır. Sentetik serilerle yapılacak çalışmalardaki başarı ise model parametrelerinin toplum parametrelerine oldukça yakın tahmin edilmelerine bağlıdır. Parametre tahminindeki hatayı azaltmak için az parametrelili modellerin kullanımı önerilmektedir.

**Teşekkür:** Bu çalışmada, fikirleri ile bize yardımcı olan İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi sayın Prof. Dr. Zekai Şen' e teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Bayazit, M., 1995: Hidroloji, İ.T.Ü., 242 s.
- Bayazit, M., Avcı, İ., Şen, Z., 1997: Hidroloji Uygulamaları, İ.T.Ü., 286 s.
- Bayazit, M., 1979: Sentetik Hidrolojiye Eleştirci Bir Bakış. Birinci Ulusal Hidroloji Kongresi, 12-24 Kasım 1979, İstanbul, 1-17.
- McMahon, T.A. and Mein, R.G., 1978: Reservoir Capacity and Yield. Elsevier Scientific Publishing Company, New York, U.S.A., 207 p.
- Muslu, Y., 1997: Hidroloji ve Meskün Bölge Drenajı. İ.T.Ü., 708 s.
- Starosolszky, Ö., 1987: Applied Surface Hydrology. Water Resources Publications, Colorado, U.S.A., 815 p. ◀◀

# Bağıl Nem ve Doymuş Buhar Basıncı

Steen M. Babin\*

\*Bu Yazı <http://fermi.jhuapl.edu/people/babin/vapor/index.html> Adresinden Alınıp Bazı Kısaltmalar ve İlaveler Yapılarak Doç. Dr. Mikdat KADIOĞLU Tarafından Türkçe'ye Çevrilmiştir.

18. y.y. sonlarına doğru bir çok kişi, buharlaşma işleminde suyun "çözülebilmesi" için ortamda hava olmasının gerekli olduğunu düşünüyordu. "Doymuş buhar basıncı" terimi de hava da "çözülebilecek" suyun, hava sıcaklığına göre değişen ve teorik olarak belirlenebilen, bir üst sınırı olduğu düşüncesinden doğmuştur. Aynı zamanda sıcak havada, soğuk havadakinden daha fazla su buharının çözülebileceği gibi yanlış bir düşünce de yaygındı. DeLuc ve Dalton'un 18. y.y. sonlarında yaptıkları çalışmalar ile bu düşünceleri çürütmüştür. 1802 yılında Dalton yayınladığı bir makalesinde bu konuları açıklığa kavuşturmuştur. Dalton, bir gazın (kısmi) basıncının ortamdaki diğer gazların varlığından bağımsız olduğunu gösterdi. Çünkü hava, genellikle boş alanlarda ("boşluklarda") bulunur ve havadaki her bir gaz ortamda yalnızmış gibi hareket eder. Gazların çoğu diğer bir gazın içinde sınırsız bir şekilde çözülebilir (Ostwald, 1891). Bir denge halinde, bir sıvı üzerindeki su buharının miktarı, sadece ve tamamen, sıvının sıcaklığına bağlıdır. John Dalton, havadaki su buharı basıncının havadan bağımsız olduğu sonucuna varmıştır (Brutsaert, 1991; Cardwell, 1968; Greenaway, 1966; Ostwald, 1981; Dalton, 1803).

Bütün bu bilimsel çalışmalara rağmen bugün bir çok kişi hala "doymuş" havanın, taşıyabileceği en yüksek su buharı miktarını taşıdığını ve sıcak havanın soğuk havadan daha fazla su buharı taşıyabileceğini düşünmektedir. Maalesef bu yanlış düşünceler bir çok ders kitabına da girmiştir. Bu meteorolojik bilgilerin yanlışlığı, matematiksel olmayan ve kolay anlaşılır bir şekilde Bohren (1987) tarafından da açıklanmıştır. Fakat, yanlış bir şekilde yerleşmiş bilgileri düzeltmek henüz mümkün olamamıştır.

Hava, ne su buharını "tutar" ne de su buharı hava içinde "çözülür". İşin gerçekte böyle olduğu, basit bir deney ile de gösterilebilir. İyi bir şekilde izole edilmiş kapalı bir kutu içine, birinde saf su ve diğerinde deniz suyu olan geniş ağızlı iki bardak koyalım. Bu bardakları, içlerindeki sıvıların aynı atmosferik sıcaklık ve basınca sahip olması için yan yana koyalım. Eğer hava su buharını "taşıyor" idiyse, bardaklardaki sıvıların ikisi de aynı doymuş buhar basıncına sahip

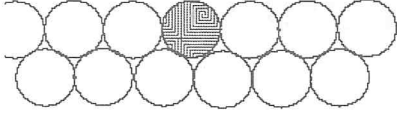
olmalıdır. Bununla birlikte, içinde deniz suyu bulunan bardaktaki tuzlu suyun üzerindeki doymuş buhar basıncı, saf suyun üzerindeki buhar basıncından daha düşüktür. Tuzlu sudaki tuz iyonları bazı su moleküllerinin yerini alarak suyun yüzeyinden buharlaşabilecek olan su moleküllerinin sayısını azaltır. Bu yüzden, suda tuz bulunması, saf suya nazaran, tuzlu sudan olan buharlaşmanın hızını azaltır. Bu, neden doymuş buhar basıncının tuzlu su üzerinde, saf su üzerindeki nazaran daha az olduğunu açıklamaktadır. Deneyde kutudaki sıvıların başlangıçta aynı hava içinde olmasının bu farklılıkta herhangi bir rol oynamadığına dikkat ediniz.

"Doymuş buhar basıncı" gerçekte yanlış bir isimlendirme ve yanlış kullanılan bir deyimdir. "Doyma", Dalton'dan önce literatüre yerleşmiş bir kelimedir. Bunun yerine gerçekte "denge buhar basıncı" deyimini kullanılmalıdır. Çünkü tanımından da anlaşılacağı üzere denge buhar basıncı, su hal değiştirirken oluşan su buharı basıncıdır. Sıvı suyun sıcaklığı ne kadar yüksek ise, sıvı su molekülleri o kadar çok enerjiktir. Diğer bir deyişle, su molekülleri ne kadar enerjiktir ise, su yüzeyinden o kadar kolay kaçabilirler. Bu, böylece buharlaşma miktarını ve dolayısı ile doymuş veya denge buhar basıncını artırır. Buradan görüldüğü gibi, su yüzeylerinin doymuş veya denge buhar basıncı miktarlarında hava sıcaklığının herhangi bir rolü yoktur. Su yüzeylerinin üzerindeki hava sadece suyun sıcaklığına bağlı olarak ısınır veya soğur. "Doyma", buharlaşma hızının yoğunlaşma hızına eşit olduğunda oluşur ve hava su yüzeyi ile dengededir.

Bağıl nem, çok yaygın olarak kullanılan bir meteorolojik değişkendir. İsminden de anlaşıldığı gibi bağıl nem, havadaki su buharının mutlak bir ölçüsü değildir. Bağıl nem, saf suyun düz yüzeyi üzerindeki doymaya ve dolayısı ile saf-düz su yüzeyinin sıcaklığına bağlıdır. Düz bir yüzey üzerinde, su moleküllerini su yüzeyinden kaçmaya zorlayan moleküllerin ısı enerjisine zıt olarak, komşu su moleküllerinden bir su molekülü üzerine uygulanan kuvvetler su molekülünü yerinde tutmaya çalışır. Aşağıda içi koyulaştırılmış dairenin en yakın dört komşuya sahip olduğuna dikkat ediniz.



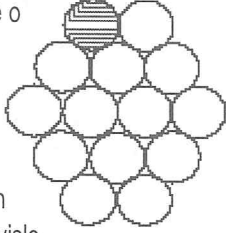
Bir küçük su damlacığı gibi su yüzeyleri eğri olduğunda, su moleküllerinin düz su yüzeyine nazaran sahip oldukları en yakın komşu su molekülünün sayısı daha azdır. Bulut içinde, damlacıklar mikrometrenin on binde biri kadar küçük olabilir ve sadece bir kaç düzine su molekülü içerirler. Aşağıdaki şekilde gösterilen koyu dairenin en yakın üç adet su molekülü ile komşu olduğuna dikkat ediniz.



mikrometrenin on binde biri kadar küçük olabilir ve sadece bir kaç düzine su molekülü içerirler. Aşağıdaki

Şüphesiz, sıvı su içinde moleküller üç boyutludur ve üç boyutlu hareketlerde bulunurlar. Bu yüzden yukarıdaki şekiller biraz yanıltıcı olabilir. Bu şekillerin, ortalama durumu göstererek olay hakkında size bir fikir verdiklerini unutmayınız. Yüzey gerilmesi üzerine eğriliğin bu etkisi, Lord Kelvin tarafından keşfedilmiştir. En yakın komşu su molekülü ne kadar az sayıda olursa su molekülünü, su yüzeyinde tutan çekim kuvvetleri de o

kadar az olur. Böyle bir durumda, bir su molekülü için kendisini damlacık içinde tutmak isteyen moleküller arası kuvvetlerden kaçmak daha kolaydır. Bağıl nem saf-düz su yüzeyine göre hesaplandığından, damlacık ile dengede olan havanın bağıl nemi damlanın eğriliğine (diğer bir deyişle damlanın büyüklüğüne) bağlı olarak % 100 çok daha büyüktür. Bu durum, bulut içinde sıkça oluşur ve "süper doyma" olarak adlandırılır. "Süper doyma" da yanlış kullanılan bir terimdir. Süper doyma, termodinamik olarak kararlı bir durumdur ve bu durumun hiç bir "süper" tarafı da yoktur. Sadece sıvı su ile buhar arasındaki denge şartları değişmiştir. Düz yüzeylere benzer bir şekilde, buharlaşma ve yoğunlaşma hızları eşit olduğunda ve hava su ile dengedeysen damlacık üzerinde "doyma" oluşur. Her ne kadar bu durum süper doyma olarak adlandırılırsa da, hava gerçekte su buharı miktarını taşımak veya tutmakta hiç zorlanmaz. Eğer temiz ve düzgün bir kapa saf su buharı koyarsanız, yoğunlaşma gerçekleşmeden önce kaptaki % 300'den daha yüksek değerde bağıl nem oluşturabilirsiniz. Atmosferde yoğunlaşma çekirdeği rolü oynayan (tuz, toz, vb. gibi) çeşitli partiküllerin bulunmasının çok büyük faydaları vardır. Yoğunlaşma çekirdekleri, sıvı bulut damlacıkları içinde eriyik olarak bulunur. Eriyikler yukarıda bahsedildiği gibi suyun denge buhar basıncını azaltır. Eriyik moleküllerin sıvı-buhar ara kesitinde bulunmasının anlamı buharlaşma için daha az su molekülünün mevcut olmasıdır. Bunun da böyle olması canlılar için büyük bir şanstır. Bunun aksi bir durum olsaydı, atmosferde çok daha fazla su buharı olurdu (diğer bir deyişle hava çok daha fazla nemli olurdu). Dünya atmosferinde, sadece bulut içinde bağıl nem nadiren % 101-102'yi geçer. Bulutların dışında ve yer yüzeyi yakınında, bağıl nem % 100'ü geçmez.



## Hatırlanması Gereken Noktalar

1. Bağıl nem, atmosferin su buharı içeriğinin mutlak bir ölçüsü değildir. Atmosferin nem içeriğini, karışma oranı, özgül nem veya çığ noktası sıcaklıkları daha iyi ifade ederler. Karışma oranı, birim kuru hava kütesinin içindeki su buharı kütesidir. Özgül nem, birim nemli hava kütesinin içindeki su buharı kütesidir. Çığ noktası sıcaklığı, basınç ve karışma oranı sabit tutularak, hava parselinin doyması için nemli havanın sıcaklığının düşürülmesi gereken sıcaklıktır.
2. Bağıl nem saf-düz su yüzeylerine göre hesaplandığından, bağıl nemin (örneğin, bulut içindeki buz kristallerine göre) % 100'den daha büyük olması mümkündür. Bununla birlikte, Dünya atmosferinde yoğunlaşma çekirdeklerinin (tuz, toz, vb. gibi) bulunmasından dolayı, yer yüzeyinde bağıl nem % 100'ü ve bulut içinde de % 102'yi geçmez.
3. Hava, molekülleri arasında büyük mesafeler olan gazlar karışımıdır. Bu nedenle hava büyük miktarda su buharı içerebilir. Su buharı havada "çözülmez" ve hava su buharını "tutmaz". Su buharı havada sadece "bulunur".
4. Bulut damlacıklarının ve havanın sıcaklıkları yaklaşık olarak aynı olmasından dolayı, bulut damlacıklarının denge buhar basıncı sadece hava sıcaklığına bağlıymış gibi yanlış bir düşünce de doğmuştur. Bulut damlacıklarının denge buhar basıncı, sadece bulut damlacıklarının sıcaklığına bağlıdır.
5. Bilim insanları çoğu kez on ya da yüz yıl kadar eski olan çalışmaları hiç dikkate almamaktadır.
6. İnsanlar edindikleri yanlış bilgileri düzeltmekte tutucu davranarak direnmektedir.

## KAYNAKLAR

- Adams, A.W., 1973: *A Textbook of Physical Chemistry*. Academic Press, New York, 1079 pp.
- Bohren, C.F., 1987: *Clouds in a Glass of Beer: Simple Experiments in Atmospheric Physics*. Wiley Pub., New York, 195 pp.
- Brutsaert, W., 1991: *Evaporation into Atmosphere: Theory, History, and Applications*. Kluwer Academic Publishers, Boston, 299 pp.
- Cardwell, D.S.L., ed., 1968: *John Dalton and Progress of Science*. Manchester University Press, Manchester, UK, 352 pp.
- Dalton, J., 1803: *Memoirs Manchester Phil. Soc.*, 5, 550.
- Greenaway, F., 1966: *John Dalton and the Atom*. Cornell University Press, Ithaca, NY, 244 p.
- Ostwald, W., 1891: *Solutions*. Longmans, Green, and Co., New York, NY, 316 pp.
- Rogers, R.R., and M.K. Yau, 1989: *A Short Course in Cloud Physics*. Pergamon Press, New York, 293. ◀◀

# DSİ Genel Müdürlüğü Tarafından Yürütülen Uluslararası Hidrolojik Faaliyetler

Hamza ÖZGÜLER

Etüd ve Plan Dairesi Başkanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü

## ÖZET

Ülkemizde yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının gözlenmesi, geliştirilmesi ve yönetimi konularında çeşitli faaliyetleri sürdüren DSİ Genel Müdürlüğü, su kaynaklarıyla ilgili uluslararası hidrolojik faaliyetlerin yürütülmesi ve temsili açısından da çok önemli rol üstlenmiş bulunmaktadır. Bu çerçevede DSİ Genel Müdürlüğü, WMO'nun "Water Resources and Hydrology Programme (WRH)" konulu faaliyeti kapsamında uluslararası hidrolojik programlarda ulusal temsilcilik faaliyetlerini yürütmektedir. Ayrıca, UNESCO bünyesindeki "International Hydrology Programme (IHP)" ile ilgili IHP Ulusal Komitesi başkanlık faaliyetleri de DSİ Genel Müdürlüğü tarafından sürdürülmektedir. Bunlara ilaveten, hükümetdışı (NGO) kuruluş olarak, "International Association of Hydrological Sciences (IAHS)" adı altında çeşitli bilimsel nitelikli çalışmaların ağırlıkta olduğu organizasyonun Türkiye ayağı DSİ Genel Müdürlüğü tarafından temsil edilmektedir.

Yukarıda adı geçen faaliyetlerin etkin ve uyumlu olarak yürütülmesi amacıyla, DSİ Genel Müdürlüğü Etüd ve Plan Dairesi Başkanlığı bünyesinde bir Uzmanlık birimi oluşturulmuştur. Bu makalede, sözkonusu faaliyetlerle ilgili tanıtıcı bilgiler verilmektedir.

## I. GİRİŞ

Hayatın ve medeniyetlerin kaynağı olan suyun, 21. yy'da gündemdeki ana konulardan biri olacağı çeşitli kaynaklarda ifade edilmektedir. Yüzyılın başından bugüne kadar dünya nüfusu iki misli artarken, suya olan toplam talebin 6-7 katına kadar çıktığı tespit edilmiştir (Biswas, 1992). Bu durum, önümüzdeki yüzyılda, bulunduğumuz coğrafya dahil dünyanın bir çok bölgesinde su sorunlarının giderek daha çok artacağını göstermektedir.

Dünya nüfusundaki hızlı artışın su kaynakları üzerindeki etkisi ile içme, sulama, enerji üretimi ve endüstriyel kullanım gibi amaçlar için daha fazla miktarda suyun temin edilmesi gerekmektedir. Ancak, su tüketiminin en çok tarımsal faaliyetlerde gerçekleştiği de bir gerçektir. IHP kapsamında Rusya'da yapılan bir çalışmaya (Shiklomanov, 1998) göre halihazırdaki toplam su tüketim miktarının %86'sının tarımsal uygulamalarda kullanıldığı belirtilerek, endüstri ve şehirsal faaliyetlerdeki büyüme trendinden dolayı, bu oranın gelecekte düşmesinin beklendiği ifade edilmektedir.

Ayrıca, nüfus artışının yanısıra dünya genelinde, ilerleyen teknoloji ile hayat tarzı da değişmekte olup, bunun direkt etkisi sonucunda

su kullanımında büyük artışlar olmaktadır. Yapılan araştırmalar, suya olan talebin nüfus artışına göre 3 kat fazla olduğunu göstermektedir.

Birleşmiş Millet (BM) Sürdürülebilir Kalkınma Komisyonu, yayınladığı bir bildiri de şu görüşü ifade etmektedir "Sınırlı bir kaynak olarak suya olan artan talep karşısında önlem alınmadığı takdirde, sosyo-ekonomik kalkınma açısından su, en belirleyici bir faktör olarak ortaya çıkacaktır. Bu nedenle, kalkınmakta olan ülkeler başta olmak üzere, çeşitli bölgelerde su kaynaklarıyla ilgili olarak yaşanan problemlere birinci önceliğin verilmesi gerekmektedir".

Su kaynakları, ülkelerin kalkınmasını sağlayan doğal kaynakların başında gelir. Ülkemizde sulanabilir toprak kaynaklarının büyüklüğü de gözönüne alındığında sınırlı miktardaki su kaynaklarımızın önemi daha iyi anlaşılmaktadır. DSİ Genel Müdürlüğünce yapılan değerlendirmelere göre Türkiye'ye düşen yıllık yağış miktarı 501 milyar m<sup>3</sup> civarındadır. Akışa geçen miktar ise 186 milyar m<sup>3</sup> olup bunun ancak 95 milyar m<sup>3</sup>'ü ekonomik yönden değerlendirilebileceği belirlenmiştir.

Dünyanın pek çok yerinde olduğu gibi ülkemizde de yer yer su kıtlığı sorunu gözlenmekte, ve bu sorun önemli sosyo-ekonomik sıkıntılara

yol açmaktadır. Dünya ortalamaları gözönüne alındığında, su kaynakları potansiyeli bakımından ülkemizin zengin bir ülke olmadığı görülmektedir. Pek de bolluk içinde olduğu söylenemez. Ayrıca, coğrafi bölgelerdeki iklim farklılıkları nedeniyle su kaynaklarımızı oluşturan yağışlar, ülke yüzeyinde eşit dağılmadığı gibi, mevsimlere göre de önemli farklılıklar göstermektedir.

## II. SU KAYNAKLARI İLE İLGİLİ ULUSLARARASI ORGANİZASYONLARIN ETKİNLİKLERİ VE KÜRESEL PROGRAMLAR

İyi kalitede tatlısu kaynaklarına olan gereksinimin giderilmesi, Uluslararası çevrelerce 21. yy'da insanlığın karşı karşıya kaldığı en büyük sorunlardan biri olarak kabul edilmektedir. 1992 yılında Rio de Janeiro (Brezilya)'da yapılan *Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (UNCED)*'nin 21. maddesinin tatlısu kaynakları ile ilgili 18. altbaşlığında ve yine 1992 yılında Dublin (İrlanda)'da gerçekleştirilen *Uluslararası Su ve Çevre Konferansı (ICWE)*'nin sonuç bildirgesinde, kalite ve miktar olarak suyun yerküre sistemi içindeki çevrimi ile ilgili bilgilerin, daha etkili su yönetiminde çok önemli olduğu vurgulanmıştır. Bilindiği üzere, suyun gözlenmesi, değerlendirilmesi ve yönetimi gibi kavramlar, sadece verilerin toplanmasını ve analizini değil aynı zamanda bu verilerin ve bu verilerden elde edilen değerlendirmelerin kullanıcılara, karar mekanizmalarına iletilmesini de kapsayacak şekilde güvenilir su kaynakları bilgi sistemlerinin varlığıyla yakından ilgili konulardır. ayrıca, su kaynaklarının değerlendirilmesi ile ilgili UNCED, ICWE ve WMO/UNESCO raporlarından anlaşıldığı üzere dünyanın çoğu ülkelerinde yukarıda bahsedilen standartlara uygun özellikle bilgi sistemleri ya hiç mevcut değil ya da olsa bile yeterince görevini yapmamaktadır.

Gezegimizdeki hayatı bütünüyle hidrolojik çevrime dayanmaktadır. Hidrolojik çevrimle hayat sürüp giderken, kuraklık ve taşkın gibi ekstrem olaylarla da zaman zaman yüz yüze kalmaktayız. Şehirleşme ve endüstri gibi çeşitli insani faaliyetler hidrolojik çevrim üzerinde, mevcut su kaynaklarının kalite ve miktarını etkileyerek, iklim değişikliği, çevre ve biyolojik farklılık gibi farklı boyutlarda olumsuz etkilerde bulunur. *Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (Rio de Janeiro, Brezilya, 1992)*, yayınlandığı sonuç bildirgesininin 18. Bölüm kapsamındaki 21. Madde'de, bu çevrimin iyi bilinmesinin su kaynaklarının etkili ve sürdürülebilir olarak yönetilebilmesi için gerekli olduğu ifade edilmiştir. Bu gerekçeyle, Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO), Dünya Bankası (WB)'in desteği ile 1993 yılında "*Dünya Hidrolojik Çevrim Gözlem Sistemi (WHYCOS)*" projesini geliştirmiştir.

Ancak, yine bilinen bir husus olduğu üzere, bilimsel dayanaklara

ve bulgulara sahip olunmadan sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleşmesi mümkün değildir. Diğer bir ifadeyle, su kaynaklarının geliştirilmesi sırasında bugün karşılaştığımız zorlukların giderilmesinde; eko-hidrolojik sorunların belirlenmesi, analizi ve çözümünde bilimsel çalışmalar ve bulguların önemi büyüktür. UNESCO bünyesinde faaliyet gösteren çeşitli programlar arasında IHP suyun hidrolojik çevrimini ve bu çevrim içinde önemli yer işgal eden su kaynakları sistemlerini konu edinerek, su kaynaklarının daha iyi geliştirilmesi ve yönetilmesi konularında uygulamacılara bilimsel destek sağlar. IHP, hidrolojik çevrimi konu edinmek suretiyle, dünyada yaşanan su sorunlarını çözümüne katkı sağlamayı amaçlayan ilk uluslararası çalışma olmuştur.

Su kaynakları ile ilgili çeşitli uygulamalar, küresel ve bölgesel ölçekteki sorunlar yukarıda sözü edilen hükümetlerarası kuruluşların çeşitli alanlardaki etkinliklerinin çalışma konusu olmaktadır. Bunlara ilaveten, hidroloji ve su kaynaklarıyla ilgili olarak hükümet dışı bilimsel çalışmalar yapan uluslararası hükümet dışı bir organizasyon olarak IAHS, hidrolojik bilimlerin gelişmesini sağlamak amacıyla 1922'den bu yana faaliyet göstermektedir.

### II. A. Uluslararası Hidroloji Programı (IHP)

Hükümetlerarası bir program olduğu için IHP'nin Ulusal Komitesi, ilgili ülkenin hükümeti tarafından oluşturulur. Ulusal komitenin olmadığı durumlarda, IHP ulusal faaliyetleri sözkonusu ülkenin tayin ettiği bir temsilcilik (*Focal Point*) tarafından yürütülür.

IHP'nin küresel ölçekteki faaliyetlerini ise UNESCO Genel Konferansı'nın bir organı olan IHP Hükümetlerarası Konseyi yürütür. Konsey, IHP'nin yürütülmesini denetlerken, öncelikleri belirlemekten ve ileriye dönük planlar yapmaktan da sorumludur. Konsey, UNESCO'nun 36 üye ülke temsilcisinden oluşmaktadır. Konsey üyeleri, UNESCO'nun 2 yılda bir yapılan genel konferanslarında 4 yıllığına seçilirler. Bu seçim yapılırken, üye ülkelerin coğrafik konumları ve bölgelere göre eşit dağılımları gibi kriterler dikkate alınır.

1997 Ekim ayında yapılan UNESCO Genel Konferansı'nda IHP Hükümetlerarası Konseyi üyeleri olarak, 1998-2002 dönemi için 30 ülke konsey üyesi olarak belirlenmiştir. Ülkemiz, bu dönemde konsey üyesi değildir.

IHP Ulusal Komiteleri, UNESCO Uluslararası Hidroloji Programı'nın üye ülke sınırları içinde uygulanmasını gerçekleştirerek, hidroloji ile ilgili konularda faaliyet gösteren kamu kuruluşlarının bu konulardaki etüd planlama, uygulama, araştırma, eğitim ve yayın hususlarında iş bölümü, iş birliği ve güç birliği esaslarını ve bu amaçla kurulmuş organların kuruluş fonksiyon görev, yetki ve aralarındaki ilişkileri ve çalışma düzenlerini sağlar.

UNESCO Hidroloji Komitesi, katılımcı kuruluşların belirledikleri birer temsilci, çalışma grupları başkanları ile UNESCO Türk Milli Komitesi Başkanı'ndan oluşmaktadır. Resmi temsilcilerden biri komite başkanlığını yürütür.

### IHP'nin gelişim Süreci

Uluslararası Hidroloji Programı (IHP), su kaynaklarının yönetiminde kullanılan yöntemlerin geliştirilmesine bilimsel ve teknolojik bir baz oluşturmayı amaçlar. IHP, bir taraftan araştırma, uygulama ve eğitim faaliyetleri arasındaki ilişkileri geliştirmeyi amaçlayan dinamik bir kavram oluştururken; diğer taraftan da su kaynakları ile ilgili uygulamalara dönük olarak eğitim ve bilimsel etkinlikleri ilerletmeye çalışmaktadır.

IHP, 1965-1974 yılları arasında "Uluslararası Hidroloji Onyılı" adı altında başladı. Daha sonra, belirli zamanlardaki ardışık süreleri kapsayan IHP safhalarına geçildi. Bu aşamalardan ilki olan IHP-I, araştırma ağırlıklı olarak 1975'den 1980'e kadar sürdü. Daha çok uygulamaya dönük olan IHP-II ise, 1981-1983 arasındaki yıllarda uygulandı. IHP-II ve IHP-III aşamalarının ana teması "Su Kaynakları Yönetiminin Bilimsel Temelleri" olarak belirlenmiştir. 1990 ve 1995 yılları arasında gerçekleştirilen IHP-IV için seçilen tema ise, "Hidroloji ve Su Kaynakları: Değişen Çevrede Sürdürülebilir Kalkınma" olmuştur.

IHP'nin, IHP-V adı altında içinde bulunduğumuz 1996-2001 periyodunu kapsayan beşinci aşamasının ana teması, "Hassas

Çevre Koşullarında Su Kaynaklarının Geliştirilmesi" olarak belirlenmiştir.

IHP-V'de genel çerçeve olarak sekiz adet konu başlığı bulunmaktadır:

- Küresel hidroloji ve biyokimsiyal süreçler
- Eko-hidrolojik süreçler
- Risk altındaki yeraltı suyu kaynakları
- İhtilafı durumlarda su kaynakları yönetimi için stratejiler
- Kurak ve yarı-kurak bölgelerde su kaynakları yönetimi
- Tropik bölgelerde hidroloji ve su yönetimi uygulamaları
- Şehirsel alanlarda su yönetimi
- Bilgi ve teknoloji transferi

Yukarıda belirtilen konu başlıklarının herbirinin altında değişik proje çalışmaları yürütülmektedir. Örnek olarak, birinci sıradaki başlık altında Proje 1.1 olarak yürütülen "Flow Regimes from International Experimental and Network Data Sets-FRIEND" projesi verilebilir. FRIEND, çeşitli hidrolojik koşullardaki akım rejimleri hakkında bilgiyi geliştirmeyi amaç edinmiş olup, IHP'nin üçüncü döneminde (1985-1989) 1985 yılında başlamış, IHP'nin dördüncü döneminde (1990-1995) devam etmiş, ve UNESCO üyesi ülkelerin talebiyle 1.1 proje numarası ile beşinci dönemde de (1996-2001) devam etmektedir.

Halen çalışan durumda altı FRIEND grubu vardır. Ülkemiz, 1993 yılından bu yana FRIEND/Alp ve Akdeniz Bölgesi (FRIEND-AMHY) grubundadır. Ülkemizi İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Fakültesi'nin temsil ettiği bu grupta çeşitli araştırmalar yapan 12 alt grup bulunmaktadır. Türkiye, Düşük Akımlar Altgrubu'nda faaliyet göstermektedir.

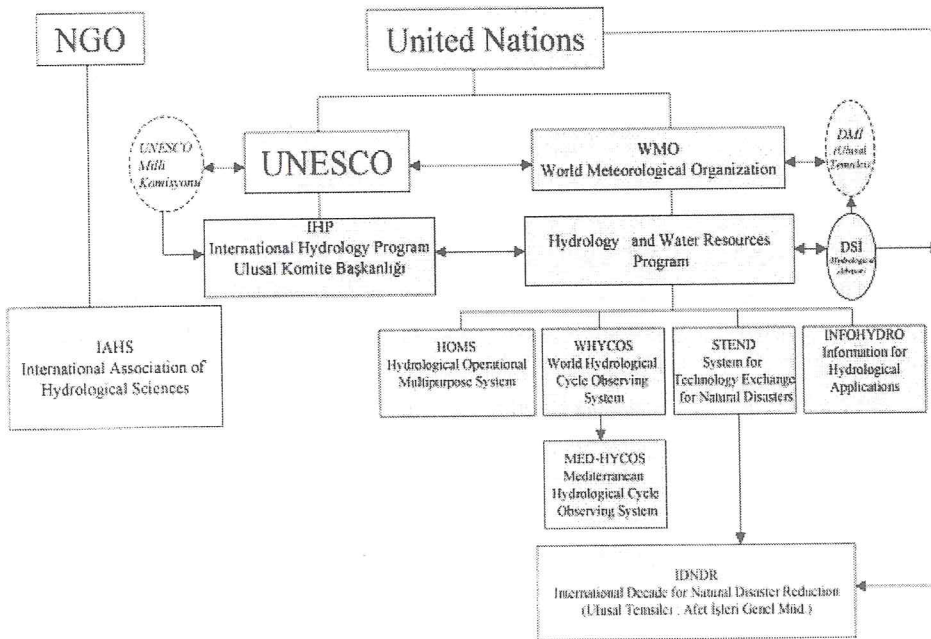
### IHP Altıncı Aşama

IHP'nin altıncı aşaması (IHP-VI), 2002-2007 periyodunu kapsamaktadır. IHP-VI döneminde gerçekleştirilecek projeler UNESCO'da yapılan Workshop sırasında 5 tane tema olarak aşağıdaki şekilde isimlendirilmiştir:

1. Küresel değişiklikler ve su kaynakları
2. Havza dinamikleri
3. Bölgesel perspektifler
4. Bilgi ve teknoloji transferi
5. Su ve toplum

IHP projelerine ülkemizden daha aktif bir

### DSİ Genel Müdürlüğü'nün İlgili Olduğu Uluslararası Hidrolojik Bağlantılar





etersiz olduğu vurgulanmaktadır. Bu nedenle, kara verme mekanizmalarına ve planlamacılara veri sağlamak amacıyla ulusal ve uluslararası ölçekte uyumlu hale getirilmiş hidro-meteorolojik bilgi sistemlerine gereksinimin olduğu kabul edilmiştir.

Yukarıda ifade edilen gerekçelerle, WMO tarafından, *Dünya Bankası*'nin desteğinde 1993 yılında başlatılan WHYCOS'un belli başlı öncelikli hedefleri şu şekilde sıralanabilir:

- Hidrolojik çevrimle ilgili parametrelerin birbirleriyle uyumlu olacak şekilde ve yüksek kalite standartlarında gözlenebilmesi amacıyla küresel bazda bir gözlem ağının kurularak, elde edilen verilerin 'real-time' olarak Internet üzerinden veya WMO'nun *Küresel Telekomünikasyon Sistemi (GTS)* ile ulusal ve bölgesel veri bankalarına iletilmesi,
- Ulusal hidrolojik kurumların, faaliyet alanlarında daha verimli ve etkin olabilmeleri; su kaynaklarıyla ilgili trend ve risk değerlendirmeleri konusunda çalışan uygulamacılara destek olunması; hidrolojik bilgilerin belirli bir standart düzeyinde üretilebilmesi; ve kurumların kurumsal kapasiteleri ve teknik donanımları açısından güçlendirilmesi,
- Hidrolojik kurumlar tarafından üretilen bilgilerin bilgi otoyolları üzerinden yayılması, vs.

WHYCOS, ortak standartlara sahip, ancak bölgesel öncelikleri karşılamak amacıyla ayrı ayrı geliştirilen ve "*Hydrological Cycle Observation System (HYCOS)*" adı verilen bölgesel elemanlardan oluşmaktadır. Bu alt elemanlardan ilk ikisi, Akdeniz için geliştirilen MED-HYCOS ve Orta Afrika'yı kapsayan SADC-HYCOS'dur.

WMO yayınlarında, hidro-meteorolojik bilgi ve verilerin sosyal ve ekonomik değerinin gerektiği kadar takdir edilememiş olması sonucunda çoğu ülkelere bu konuda faaliyet gösteren kurumların yeterli düzeyde desteklenmemesi gibi durumların ortaya çıktığı belirtilerek, bu urumun özellikle finans kaynaklarının az ve bütçe sınırlamalarının fazla olduğu gelişmekte olan ülkelerde hidrometeorolojik kurumların fonksiyonlarını yerine getirmelerini olumsuz olarak etkilediği ifade edilmektedir.

Hidro-meteorolojik verilerin toplanması ve yönetilmesindeki zorluklara, ülkemizde olduğu gibi, farklı amaçlar için kurulup ayrı ayrı işletilen gözlem ağlarının varlığı da eklenince içinden çıkılması çok zor durumlar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, verilerin toplanması, deolanması, işlenmesi ve kullanıcıya sunulması aşamalarında büyük sıkıntılar yaşanmaktadır.

WMO, WHYCOS ile su kaynaklarına bölgesel ölçekte yaklaşırken, ulusal ölçekte de hidro-meteorolojik hizmetlerin bir bütünlük içinde yürütülmesini önermektedir. Diğer bi ifade ile, su kaynakları ile ilgili

bütün uygulamaların tek bir kurumun çatısı altında toplanmasının en etkili bir düzenleme olduğu WMO'ca kabul edilen bir prensiptir. Bu temel prensibin amacı, verilerin toplandığı noktadan kullanıcıya engelsiz olarak akışının temin edilmesidir. Bunu başarmak için yapılan düzenlemelerin şekli ülkeden ülkeye göre değişiklikler göstermektedir.

### WHYCOS'un Ülkemiz Açısından Önemi

Ülkemizde değişik gözlem ağları ve değişik hidro-meteorolojik arşivler bulunmaktadır. Ulusal hidro-meteorolojik arşivler bulunmaktadır. Ulusal hidro-meteorolojik hizmetler Devlet Su İşleri (DSİ), Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİE), Devlet Meteoroloji İşleri (DMI) ve Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KHGM) gibi kurumlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu kurumlar, benzer özellikte veri üretirken, farklı özelliklerde veri bankalarına sahiptirler. Bu durum, hidro-meteorolojik hizmetler açısından, koordinasyonun veya işbirliği ortamının kurulmasını zorlaştırmaktadır.

Hidro-meteorolojik hizmetlerin bu şekilde dağınık olarak yürütülmesi sonucunda kaynak israfı, gözlemlerde standart uyumsuzluğu, gözlenen verilerin işlenmesi ve derlenmesinde uyumsuzluk ve verilerin tam kapasite ile kullanılmaması gibi sorunlar sözkonusu olmaktadır.

Giriş bölümünde de açıklandığı gibi WHYCOS projesinin amaçları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Hidrometeorolojik gözlem ağında modernizasyonun sağlanması,
- Kaliteli, kesintisiz ve güvenilir bir veri tabanının oluşturulması,
- Hidro-meteorolojik ve çevresel verilerin anlık (*real time*) olarak üye ülkelerin kullanımına sunulması,
- Bölgenin hidrometeorolojik panoraması ve çevresel değerlerindeki değişimin belirlenmesi.

MED-HYCOS Projesi'ne benzer projeler Kuzey Amerika ve Avrupa ülkelerinde yıllardır uygulanmakta olup, yakın gelecekte aynen meteorolojik verilerde olduğu gibi hidrometrik, meteorolojik ve çevresel verilerin gözlenmesi ve değerlendirilmesinde küreselleşme hedeflenmektedir.

MED-HYCOS Projesi, Türkiye'nin taraf olması sözkonusu olan "*Akdeniz Su Şartı*"nın uygulanması aşamasında veri tabanı oluşturacak nitelikte bir projedir.

MED-HYCOS Projesi'nde, Karadeniz'in hidrolojik yönden Akdeniz'in ayrılmaz bir parçası oluşu göz önüne alınarak Karadeniz'e kıyısı olan ülkelerin de projeye dahil edilmelerine karar verilmiştir.

Projeye katılan ülkeler, kendi belirleyecekleri akım gözlem

İstasyonlarının inşaatı, bakımı ve işletilmesinden sorumludur. İstasyonların elektronik aletlerle donanımı, bilgi iletişimini yapacak ekipman ve konu ile ilgili teknik personelin eğitimi Dünya Bankası ve projeyi destekleyen ülkelerce temin edilecek ve üye ülkelere hibe olarak verilecektir. Türkiye'nin bu bölgesel projede yer alması ile ulusal hidro-meteorolojik gözlem ağımızın modernizasyonuna maddi yönden ve özellikle teknik açıdan destek sağlanması beklenmektedir.

### MED-HYCOS Projesi'nde Son Durum

MED-HYCOS Projesi'ni gerçekleştirme programında 5 temel amaç belirlenmiştir.

- DCP gözlem ağının kurulması
- Bölgesel ölçekte bir veri bankasının kurulması ve işletilmesi
- Ulusal hidrolojik servislerin geliştirilmesi
- Bölgesel ölçekte bir işbirliğinin geliştirilebilmesi için iletişim altyapısının oluşturulması
- Bölgesel bilgisayar ağının kurulması

Listede sıralanan konulardan son husus, bütünüyle WMO'nun sorumluluğunda; diğer hedeflerin ise proje merkezi PRC (*Pilot Regional Centre*) tarafından üye ülkelerin katılımıyla oluşturulan Bölgesel Çalışma Grupları (RTF) tarafından gerçekleştirilmesi planlanmıştır.

Bölgesel gözlem ağının oluşturulması amacıyla ilk aşamada 30 adet DCP bölge ülkelere dağıtılmıştır. Proje fonundan yaklaşık 60000 Dolar değerinde 2 adet DCP hibe olarak ülkemize gönderilmiştir. DCP'lerin sayısının ilerideki günlerde artması beklenmektedir.

DCP'lerden biri Meriç Nehri üzerindeki 01-03 nolu AGI'nin olduğu yerde; diğeri ise Ceyhan Nehri üzerine bulunan 2004 nolu AGI'nin olduğu yerde konuşlandırılmış olup, her ikisi de aktif olarak çalışır durumdadır.

MED-HYCOS Projesi'nin ikinci aşaması bölgesel bazda bir veri tabanının oluşturulmasıdır. Bu aşama ile ilgili çalışmalar son şeklini almak üzeredir.

MED-HYCOS Projesi ile ilgili daha ayrıntılı bilgiler "[www.rio.net/medhycos](http://www.rio.net/medhycos)" adresinden edinilebilir.

## II.C. HOMS

### Genel Bilgiler

HOMS (*Hydrological Operational Multipurpose System*), Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından küresel ölçekte hidrolojik uygulamalarla ilgili teknolojilerin ülkelerarasında transferini gerçekleştirmek üzere kurulmuştur.

Sözkonusu teknoloji, hidrolojik aletler, teknik rehberlik yayınları, bilgisayar yazılımları ve diğer malzemeleri kapsamaktadır. HOMS sisteminde transferi yapılan elemanlar geliştirildikleri ülkelerde günvenilir bir şekilde kullanılan ve denenmiş olan ürünlerdir. Sözkonusu ürünler ayrı ayrı HMS elemanları şeklinde yaklaşık 400 başlık altında toplanmış olup, bu başlıklar konuları itibarıyla 16 bölüm halinde sınıflandırılmıştır.

WMO tarafından üye ülkelerin katkılarıyla sürdürülen HOMS Sistemi'ne dahil ülkelerin her birinde birer HOMS Ulusal Referans Merkezi (HNRC) bulunur. Bu merkez genelde hidrolojik kurumların bünyesinde yer almaktadır. Sözkonusu merkez, HOMS kapsamında ulusal düzeyde çalışılacak konuyu belirleyerek bu konuların gelişme aşamalarını izlemek, sistemin sunduğu imkanlardan yararlanmak isteyen kullanıcılara gerekli yardımları sağlamak, ülkedeki HOMS faaliyetlerinin eşgüdümünü sağlamak ve gelişmeleri ilgili yerlere duyurmakla yükümlüdür.

HOMS, 1981 yılında başlatılmıştır. Şimdiye kadar 3400'den fazla sayıda HOMS elemanının ülkelerarasında transferi gerçekleştirilmiştir. HOMS'daki bu gelişme artan bir ivme ile devam etmektedir. WMO kayıtlarına göre halen 123 ülke bu sistem içinde yer almaktadır.

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından yürütülen HOMS sistemiyle, dünyanın herhangi bir yerinde geliştirilen hidro-meteorolojik ürünlerden en uygun bir şekilde yararlanabilmemiz mümkün olduğu gibi, kendi bilgi ve birikimlerimizi bu sistemle tanıtmak ve geliştirme olanağı da sözkonusu olmaktadır. HOMS sistemi hakkında genel bilgiler "[www.wmo.ch/](http://www.wmo.ch/)" adresindeki İnternet sayfasında bulunmaktadır.

### Ülkemizde HOMS Ulusal Organizasyonu

HOMS konusunda şimdiye kadar ülkemizde herhangi bir düzenleme veya oluşumun gerçekleştirilememiş olması ve konunun DSİ Genel Müdürlüğü'ndeki hidro-meteorolojik çalışmaları ve Etüd ve Plan dairesi Başkanlığı'ndaki su kaynaklarıyla ilgili faaliyetleri çok yakından ilgilendirmesi nedeniyle, ülkemizdeki IHP (*International Hydrology Programme*) resmi temsilciliklerinin görüşü alınarak başlatılan HOMS Ulusal Referans Merkezi (HOMS-URM)'nin oluşturulması çalışmaları, WMO'nun 16.05.1997 tarih ve 23.629/H/NRC sayılı yazıları ekinde HOMS Başvuru Kitabı ve HOMS bilgisayar dosyalarının Genel Müdürlüğümüze ulaşması ile 1997 yılı içinde tamamlanmıştır.

HOMS gibi uluslararası bağlantılı konularda yapılacak çalışmalardan en fazla verimin alınabilmesi için ulusal düzeyde bir işbirliği ortamı ve zemininin oluşturulması gereği bilinmektedir. Bu nedenle, HOMS-URM ve bu merkezle temas halindeki ilgili kurum (EİE, DMİ, Köy

Hizmetleri, Afet İşleri ve İller Bankası Genel Müdürlükleri) ile üniversite ODTÜ, İTÜ, Gazi, Hacettepe, 9 Eylül ve Çukurova Üniversitesi Rektörlükleri) temsilciliklerinden oluşan ulusal bir işbirliği modeli oluşturulmuştur.

### HOMS Ulusal Referans Merkezi'nin Sorumlulukları

HOMS Ulusal Referans Merkezi'nin belli başlı sorumluluk alanları ve fonksiyonları, Dünya Meteoroloji Örgütü tarafından belirlendiği şekliyle, aşağıda sıralanmıştır:

- Ülke genelinde geliştirilen ve aktif olarak kullanılan hidrometeorolojik tekniklerin envanterini çıkarmak,
- Diğer ülkelerdeki HOMS merkezleri veya WMO Sekreteryası'nın talebi durumunda HOMS elemanlarının transferini gerçekleştirmek,
- Diğer ülkelerden temin edilen HOMS elemanlarının saklanması HOMS elemanlarının temin edilebilirliği konusunda ülkedeki potansiyel kullanıcıları bilgilendirmek,
- HOMS sistemine dahil edilecek konuların belirlenmesi, tanıtım formlarının WMO HOMS Merkezi'ne bildirmek ve bunlarla ilgili gelişmeleri izlemek,
- Kullanıcıların gereksinimlerini en iyi karşılayacak HOMS elemanlarının seçiminde danışmanlık yapmak,
- Dışarıdan transferi yapılan HOMS elemanlarının kullanımı ve uygulanması hakkında bilgileri ürünün geliştirildiği ülkeye bildirmek suretiyle sözkonusu ürünün gelişmesine katkıda bulunmak,
- HOMS elemanlarının kullanımı ve uygulamasında kullanıcılara yardım sağlamak,
- Genel olarak HOMS ile ilgili gerekli düzenlemelerin yapılması ve HOMS etkinliklerinin koordinasyonu.

### HOMS Kapsamında Değerlendirilmek Üzere WMO'ya Önerilen Konu Başlıkları

Aşağıda konu başlıkları verilen; DSİ Genel Müdürlüğü, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü ve 9 Eylül Üniversitesi'nce geliştirilen çalışmalar WMO'ya önerilmiştir. WMO, ikişer sayfa olarak tanıtımı yapılan bu projeleri için birer kod numarası vererek, en uygun süre içinde uluslararası standartlarda kullanıma hazır hale getirilmesi yönünden görüş bildirmiştir.

1. *Computation of flood hydrograph (FLOCOM)*
2. *Computation of cross-sections at flow measurement stations*
3. *Soil erosion estimation model (TURTEM)*
4. *The manual for groundwater related studies in DSI*
5. *The software to process of periodical discharge*

*measurements in mountainous areas (MUTEF)*

6. *A software for optimum network design*

7. *A software integrating GIS/USLE technologies*

### II.D. International Association of Hydrological Sciences (IAHS)

Hidrolojik Bilimlerde Uluslararası Birlik (IAHS), hidroloji ve su kaynaklarıyla ilgili olarak hükümet dışı bilimsel çalışmalar yapan uluslararası bir organizasyon olup, hidrolojik bilimlerin gelişmesini sağlamak amacıyla 1922'den bu yana faaliyet göstermektedir.

IAHS'de bilimsel nitelikli 6 uluslararası komisyon vardır:

- Yüzeysel Sular Komisyonu
- Yeraltısuyu Komisyonu
- Karasal Erozyon Komisyonu
- Kar ve Buzul Ortamlar Komisyonu
- Su Kalitesi Komisyonu
- Su Kaynakları Komisyonu

Bu komisyonlar daha çok, isimlerinden de anlaşıldığı üzere, hidrolojin ana temalarıyla ilgilemektedirler. Bu komisyonlara ilaveten, hidrolojideki değişik uygulama alanlarının bir kısmını veya hepsini birden ilgilendiren konularda 3 adet uluslararası komite bulunmaktadır:

- Uzaktan Algılama ve Veri Aktarma Komitesi
- Atmosfer-Toprak-Bitki İlişkileri Komitesi
- İzotop Komitesi

IAHS, değişik bilimsel yayın ve dökümanlar hazırlamaktadır. Bu yayınlardan bir çoğu, kâr amacı gözetmeksizin maliyetine satılmaktadır. Türkiye gibi gelişmekte olan veya az gelişmiş ülkeler grubundan araştırmacılar ve mühendislerin, bu yayınları %80 indirimle almaları mümkündür.

1972 yılından bu yana, IAHS'nin yayınları İngiltere'deki Hidroloji Enstitüsü tarafından basılmaktadır. IAHS ayrıca, 1924'den bu yana, "Re Books" adı altında broşürler yayınlamaktadır. IAHS kapsamında yapılan çalışmalar ve bulgular ise, 1956'dan bu yana iki ayda bir yayınlanan "Hydrological Science Journal"da yer almaktadır. IAHS'nin Internet'deki adresi: <http://www.wlu.ca/~wwwiahsindex.html> şeklindedir.

### IAHS'nin Ülkemizde Temsili

1970'li yıllarda üniversiteler, DSİ ve EİE gibi hidroloji alanında değişik uygulamalar gerçekleştiren kurumlardaki ilgililer ve akademisyenler kendi kurumlarında çalışan hidrologistleri toplayıp bir "Türkiye Hidroloji Omiyonu (THK)" adı altında cemiyet kurma girişiminde



bulundular. Gelişen koşulların gereği olarak daha sonra, "International Union of Geodesy and Geophysics (IUG)"nin Türkiye temsilcisi olarak "Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği (TUJJB)" oluşturularak, IAHS'nin Türkiye temsilciliği de bu kapsamda ele alınmıştır. Bu gelişmeler, "Türkiye Ulusal Hidroloji Komisyonu (TUHK)"nin kurulmasını sağlamıştır. Daha önce oluşturulan THK'nin üyelerinin hemen hepsi bu komisyona da üye oldular.

Bakanlar Kurulu'nun 16.09.1968 tarih ve 13002 sayılı yönetmeliği ile TUJJB'nin başkanlığı Harita Genel Komutanlığı'na, TUJJB'nin alt komisyonlarının başkanlıkları da ilgili üniversitelerin seçtiği öğretim görevilerine verildi. Daha sonraki yıllarda, bazı alt komisyonlarda yeterli ilerleme olmayınca çalışmaların daha ciddi yürütülmesi ve araştırmacılara mali destek temini amacıyla, Bakanlar Kurulu'ndan 14.11.1983 tarih ve 83/7396 sayılı yeni bir yönetmelik çıkartıldı. Bu yönetmeliğin yeniliği, alt komisyonların kuruculuk ve yürütücülük görevinin ilgili kurumun Genel Müdürlüklerine verilmesidir. Bu işlemin gayesi kurumları araştırma projesi geliştirme çalışmalarına çekmek, kendi çalışanlarına bulabilecekleri olanaklarla mali destek temin edebilme yolunu açmaktır. 1983 yönetmeliği gereği olarak, TUHK'un kurucu ve yürütücüsü olan kurum, DSİ Genel Müdürlüğü; üniversite temsilcisi ise ODTÜ'ün görevlendirecek bir öğretim görevlisi olarak düşünülmüştür.

Daha sonraki yıllarda, bütün zorlamalara rağmen bazı kanuni sıkıntılar nedeniyle araştırma projelerine ve araştırmacılara kurumlar tarafından mali kaynak bulunamayınca, TUJJB bu sefer 1988 yılında Maliye Bakanlığı'nan bir "mali işler yönergesi" çıkartarak projelere mali destek konusunda kurumların daha rahat hareket etmelerini sağladı. Ancak bu sefer de, "Devlet Planlama Teşkilatı (DPT)", kurumların yıllık bütçelerini belirlerken, araştırma projelerine ek kaynak vermeyip araştırmaların kurum bütçesi içinde yürütülmesini istemesi yüzünden, TUJJB'nin alt komisyonlarının çalışmaları, bağlı oldukları kurum yönetiminin diğer işlerden ayırabildiği mali olanakları araştırma çalışmalarına aktarabildiği ölçüde sınırlı oldu. Bugün bu durum devam etmektedir.

### III. ULUSLARARASI HİDROMETEOROLOJİK FAALİYETLERİN YÜRÜTÜLMESİNDE ULUSAL ETKİNLİĞİMİZİN ARTIRILMASI

Türkiye'de, yukarıda tanıtımı yapılan uluslararası hidrolojik etkinliklerin gerektiği düzeyde yürütülemeyişinin ve dolayısıyla hidrolojik tekniklerin geliştirilmesi ve uygulanmasında istenilen düzeyde olamayışımızın en önemli nedeni, dünyanın birçok ülkesinde başarılı örnekleri olmasına rağmen, bu tür etkinlikleri paralel ve kesintisiz yürütmek üzere şimdiye kadar ülkemizde bir kurumlaşmanın gerçekleşmemiş olmasıdır. Böyle bir kurumlaşmaya gidilmesi halinde hem uygulamaya dönük araştırma-geliştirme

çalışmaları ilerleyecek, hem de diğer ülke kuruluşları ile işbirliği olanakları gelişecektir. Ayrıca, bu yönde yapılacak girişimlerle, ülkemizin en çok gereksinim duyduğu ulusal su politikalarının oluşturulması ve geliştirilmesinin yanısıra bu politikaların su kaynaklarıyla ilgili uluslararası sistemlerle ilişkilendirilmesi gerçekleşecektir. Bu gibi faaliyetlerle ilgili gelişmeler ve çalışmalar hakkında bilgiler DSİ Genel Müdürlüğü'nün Internet adresi ([www.dsi.gov.tr](http://www.dsi.gov.tr))'ndeki ilgili sayfalardan edinilmesi sözkonusudur.

### IV. ÖNERİLER

- Ülkemizde hidro-meteorolojik hizmetlerin dağınık ve birbirinden kopuk bir şekilde yürütülmesi sonucu, hidro-meteoroloji alanında yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları ne yazık ki istenilen seviyenin çok gerisindedir. IHP ve WMO gibi bazı uluslararası kuruluşların yayınları ve dökümanları (IHP ve IAHS yayınları, HOMS Başvuru Kitabı gibi) incelendiğinde, herhangi bir uygulama veya tekniği geliştiren kurum olarak ülkemizin adı hemen hemen hiç geçmemektedir. Bu durum ülkemizde, bu alanda çalışan teknik kadronun ve potansiyel birikimin, uluslararası düzeyin çok altında olduğunu elbette göstermez. Bu durum, belki ülkemizdeki hidrometeorolojik hizmetlerin dağınık olarak yürütülmesi ile açıklanabilir.
- IHP'nin yeni döneminde projelere aktif olarak katılmak ve projelerin yönetiminde bulunmak yoluyla bilgi ve teknoloji transferinde yarar sağlanabilir.
- Hidroloji ve meteoroloji bilimleri, küresel çevrimin alt ve üst bileşenlerini temsil etmeleri ve birbirlerini tamamlayan birer bilim dalları olmaları nedeniyle hidro-meteorolojik hizmetlerin bir bütünlük içinde yürütülmesi gerekir. Zaten, WMO'ya üye ülkelerin çoğunda bu hizmetler aynı çatı altında yürütülmektedir. Ülkemizde de, ulusal ve uluslararası hidro-meteorolojik hizmetler açısından bu doğrultuda gerçekleştirilecek bir bütünleşme sürecinde, hidro-meteorolojik bilgilerin ve donelerin bir merkezde toplanması sağlanacak ve böylece koordinasyon eksikliği ortadan kalkacaktır. Günümüzdeki koşullarda, DSİ Genel Müdürlüğü'nün, sözkonusu koordinasyon işlevini ileride daha kapsamlı olarak yerine getireceği ve hidrolojik bilgi kaynağının merkezi olacağı görülmektedir.

### V. KAYNAKLAR

- Biswas, A. K., 1991, "Water Resources in the 21st Century", *Water International*.
- Shiklomanov, I. A., 1998, "World Water Resources: A New Appraisal and assessment for the 21st Century", UNESCO.
- WMO, UNESCO ve IAHS Yayınları. ◀◀

# A-Sınıfı Buharlaşma Kaplarından Yararlanarak Bitki Su Tüketiminin Değerlendirilmesi

Prof. Dr. Mustafa ÖZGÜREL

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi

Arş. Gör. Gülay PAMUK

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi

Met. Müh. Ayşegül AKINCI GÜZELİŞ

DMİ Meteoroloji Genel Müdürlüğü

## ÖZET

Buharlaşma, dünya hidroloji dengesinde ve bilançosunda önemli bir rol oynar. Bitki yüzeyinden meydana gelen terleme ve buharlaşmayı ifade eden bitki su tüketimi (evapotranspirasyon), toprak su dengesinin en önemli elemanıdır. Bu nedenle bitki su tüketimi yalnızca agronomistleri değil, meteorolojist hidrolojist ve sulama uzmanlarını da ilgilendirmektedir (Tier, 1996).

Bu çalışmada bitki su tüketiminin saptanmasında ucuz ve işletim kolaylığı nedeniyle yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri olan A-Sınıfı buharlaşma kabından (Class A-Pan) yararlanarak bitki su tüketiminin hesaplanması incelenecektir. Bu amaçla çalışmamızda ilk önce bitki su tüketimi ve A-Sınıfı buharlaşma kabı tanımlanmış, daha sonra ise İzmir Güzelyalı Meteoroloji İstasyonundan elde edilen veriler ışığında konuyla ilgili bir örnek verilmiştir.

## SUMMARY

Evaporation is the important component of the world hydrologic balance. It means that transpiration occurring from plant surface and evaporation; and play a major role in the soil water balance. Thus, evapotranspiration has attracted the attention not only of agronomist, but also of meteorologists, hydrologists and irrigation specialists.

In this study, Class A Pan was used to estimate evapotranspiration due to its low price and simplicity of use. For this purpose, in our studies first evapotranspiration and Class A pan were taken into account to give an example related to concerned topic.

## BUHARLAŞMA (Evaporasyon)

Su moleküllerinin gaz haline geçerek atmosfer içine yayılması yani difüzyonu olarak tanımlanan buharlaşma, su yüzeyinde ve zeminde (toprakta) gerçekleşir. Su yüzeyinden meydana gelen buharlaşma üzerinde, havanın nemlilik derecesinin, rüzgar şiddetinin, atmosfer basıncının ve sıcaklığın etkisi vardır. Bu esas faktörlerden başka; coğrafi enlem, suyun kalitesi ve derinliği de, buharlaşma üzerinde etkilidir (Akman, 1990).

Zeminden meydana gelen buharlaşma ise, serbest su yüzeyindeki buharlaşmadan daha farklı koşullar altında oluşur. Bunun şiddeti üzerinde ise, toprak su içeriği, kar örtüsü, bitki örtüsünün çeşidi, yeraltı su seviyesinin derinliği gibi faktörler rol oynar (Özgürel, 1982).

Çeşitli yüzeylerden, özellikle açık su yüzeyinden ve topraktan olan

buharlaşma (evaporasyon), hidrolojik çevrimde, dolayısıyla su kaynaklarından faydalanmada ve bu kaynakların gelişmesinde, ayrıca; barajların, su depolarının, havuz ve su kanallarının planlanmasında, pek çok su problemlerinin halledilmesinde gerekli olan önemli bir iklim elemanıdır (Ayman, 1985).

## TERLEME (Transpirasyon)

Bitkiler topraktan aldıkları suyu, hayatsal faaliyetleri için kullandıktan sonra, su buharı halinde atmosfere gönderirler. Bitki içindeki su dolaşımının bu son devresine terleme (transpirasyon) denir.

Bitkilerin terlemesi ile atmosfere dönen su buharının miktarı çok büyüktür ve genellikle, toprak yüzeyinden, doğrudan doğruya meydana gelen buharlaşmadan daha fazladır. Terleme, bitkinin

cinsine, fizyolojik devresine, topraktan faydalanılan su miktarına, rüzgar hızına, ışık ve sıcaklık derecesine, havanın nemliliğine göre değişir (Özgürel, 1982).

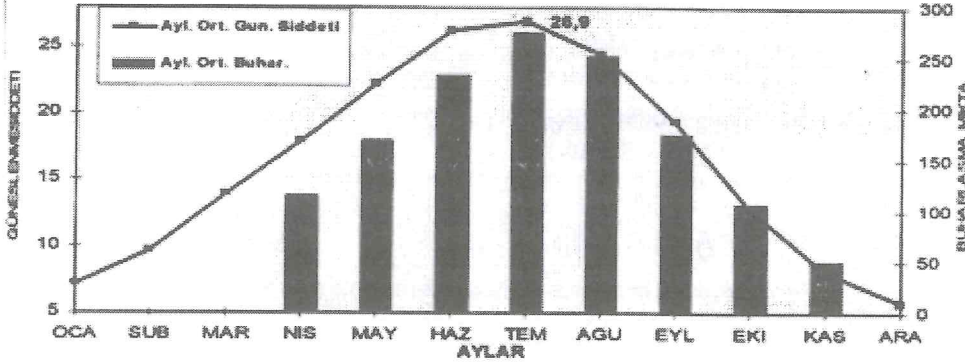
Terleme olayının buharlaşma olayından farkı ise, sadece canlı dokularda gerçekleşebilmesidir. Bu nedenle terlemeye, iklim parametrelerinden başka, bitki fizyolojisinde etki eder (Hess, 1996).

## BİTKİ SU TÜKETİMİ (Evapotranspirasyon)

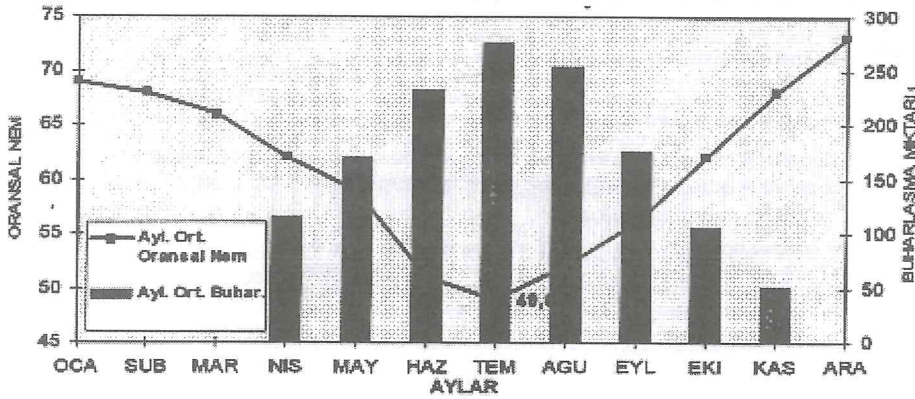
Bitki örtüsünden meydana gelen buharlaşma ve terlemeyi birbirinden ayırmak güç olduğundan dolayı bu iki kavram genellikle birleştirilir ve Bitki Su Tüketimi (Evapotranspirasyon) olarak isimlendirilir.

### Bitki Su Tüketimini Etkileyen Faktörler

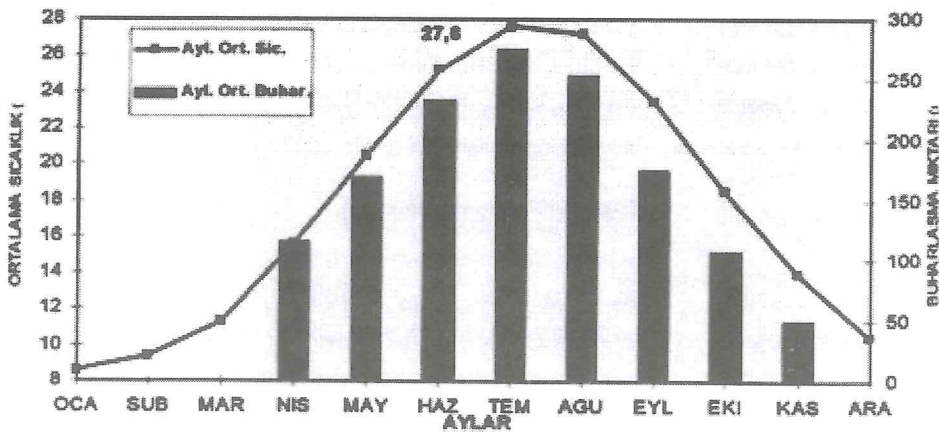
1. İKLİM: Buharlaşmanın olabilmesi için beş meteorolojik parametre önemlidir.



Grafik 1: Güzelyalı/İzmir Meteoroloji İstasyonuna Ait Buharlaşma ve Güneşlenme Şiddeti



Grafik 2: Güzelyalı/İzmir Meteoroloji İstasyonuna Ait Buharlaşma ve Oransal Nem



Grafik 3: Güzelyalı/İzmir Meteoroloji İstasyonuna Ait Buharlaşma ve Ortalama Sıcaklık

a) *Güneşlenme Süresi*: Güneşlenme süresinin uzun olması, güneş enerjisinin etki süresini de uzatacağından, bitki su tüketimini artırır.

b) *Solar Radyasyon*: Güneşten gelen ışınların, atmosferde emilen ve geri yansıyanları dışında, yeryüzüne ulaşan miktardır. Radyasyon miktarı arttıkça, gerek bitki, gerekse toprak yüzeyi tarafından emilen radyasyon miktarı artar. Dolayısıyla terleme ve buharlaşma oranında artar.

c) *Bağıl Nem*: Bitki yakınındaki hava nemi arttıkça, terleme ve buharlaşma azalır. Böylece bitki su tüketiminde azalır.

d) *Sıcaklık*: Havanın sıcaklığı arttıkça, bitki su tüketiminde artar. Sıcaklık aynı zamanda bitki gelişiminde etkiler. Bitki geliştikçe, kullandığı su miktarı da artar. Buharlaşmanın günlük ve yıllık değişimi sıcaklığın gidişine bağlıdır; sıcaklık arttıkça, buharlaşma kuvvetle artar.

e) *Rüzgar*: Bitki üzerindeki rüzgar hızının fazla veya rüzgarın esme süresinin uzun olması, terleme ve buharlaşmayı artırır. Bunun nedeni, bitkiyi çevreleyen havadaki nemin rüzgar tarafından taşınması, yerini kuru havaya bırakmasıdır. Bu nedenle buharlaşmaya neden olan ısı transferi hızlanır (Erol, 1984, Güngör ve ark., 1996).

Çalışmamızda kullandığımız, İzmir Meteoroloji Bölge Müdürlüğü Güzelyalı Meteoroloji İstasyonuna ait, A-Sınıfı buharlaşma kabında (Class A-Pan) alınmış 1987-1996 yıllarına ilişkin aylık ortalama buharlaşma miktarlarının; aynı istasyona ait, aylık ortalama güneşlenme şiddeti ile ilişkisi Grafik-1'de; aylık ortalama bağıl nem ile ilişkisi Grafik-2'de; aylık ortalama sıcaklık ile ilişkisi ise Grafik-3'de gösterilmiştir.

Grafikler incelendiğinde; sıcaklık ve güneşlenme şiddetinin maximuma eriştiği ve nispi nemin ise minimuma eriştiği aylarda (Temmuz-Ağustos) buharlaşmanın maximum değerini aldığı görülmektedir. Sıcaklık ve güneşlenme şiddeti değerinin azaldığı, bağıl nem değerinin arttığı aylarda ise, buharlaşma miktarı da minimum değerine erişmektedir.

**2. BİTKİ:** Terleme olayı bitki yapraklarından meydana geldiği için gerçek transpirasyon;

- Toplam yaprak yüzeyine,
- Bitki boyuna,
- Hava türbülansını etkileyen aerodinamik sürüklenmeye,
- Yaprakların pürüzlülüğüne bağlıdır.

**3. TOPRAK:** Bitkiler arasındaki, ekilmemiş toprak yüzeyinden meydana gelen buharlaşma, bitki ile örtülü olan toprak alanına ve yüzeyin nem derecesine bağlıdır.

Sulama projelerinin planlanmasında, bitkiler tarafından tüketilen su miktarının, göz önüne alınması gerekir. Su tüketiminin hesaplanmasında kullanılan yöntemlerden birisi de, su tüketimi ile buharlaşma arasındaki basit oranın kullanılmasıdır.

Bu oranın bulunması üç aşamada gerçekleştirilir:

- En uygun sulama programının elde edilmesi,
- En uygun sulama programındaki  $ET/ET_0$  oranının belirlenmesi,
- Elde edilen oranın tarla denemeleri ile doğruluğunun denetlenmesi.

Bitki su tüketimi, günlük, aylık ve mevsimlik olmak üzere değişik zaman aralıkları için belirlenmektedir. Bitki su tüketiminin en çok olduğu aya ilişkin değerler, sulama sistemi kapasitesinin saptanmasında; günlük bitki su tüketimi değerleri, sulama zamanı ve sulama aralığının belirlenmesinde; mevsimlik bitki su tüketimi değerleri ise depolanması gereken sulama suyu hesaplarında kullanılmaktadır. Uygulamada bitki su tüketimi değerlerinin elde edilmesinde yaygın olarak kullanılan eşitlikler aşağıda verilmiştir.

$$ET = k_c \cdot ET_p$$

$ET$  = Bitki su tüketimi (mm/gün)

$k_c$  = Bitki katsayısı

$ET_p$  = Potansiyel bitki su tüketimi (mm/gün)

Potansiyel bitki su tüketimi ( $ET_p$ ), toprakta bitki için yeterli suyun bulunduğu koşullarda, toprak ve bitki yüzeyinden buharlaşma ve terleme yoluyla atmosfere verilen en yüksek su miktarı veya toprak ve bitki yüzeyindeki buhar basıncı, doymuş buhar basıncına eşit olduğundan meydana gelen bitki su tüketimidir.

Potansiyel bitki su tüketimi değerleri, bitki cinsi ve bitki gelişme devresinin fonksiyonu olan bitki katsayıları ile düzeltilerek bitki su tüketimi değerleri elde edilmektedir.

$$ET = k_c \cdot ET_0$$

$ET$  = Bitki su tüketimi (mm/gün)

$k_c$  = Bitki katsayısı

$ET_0$  = Referans bitki su tüketimi (mm/gün)

Potansiyel bitki su tüketimi tanımındaki karışıklık nedeniyle, son yıllarda referans bitki su tüketimi ( $ET_0$ ) kavramı kullanılmaya başlanmıştır. Burada önce, belirli koşulları taşıyan referans bir bitki alınmakta ve bu bitkiye ait su tüketiminin tahmininde kullanılacak ampirik eşitlikler geliştirilmektedir. Daha sonra, bu eşitliklerin diğer bitkilere uygulanabilmesi için, bitki cinsi ve bitki gelişme devresinin fonksiyonu olan bitki katsayısı ile düzeltilmektedir.

Bu konuda kullanılan diğer bir kavramda sınırlı hava koşulları altında, toprak su içeriğine bağlı olan gerçek bitki su tüketimidir ( $ET_a$ )

Bitki su tüketimini etkileyen faktörler şunlardır (Hess, 1996):

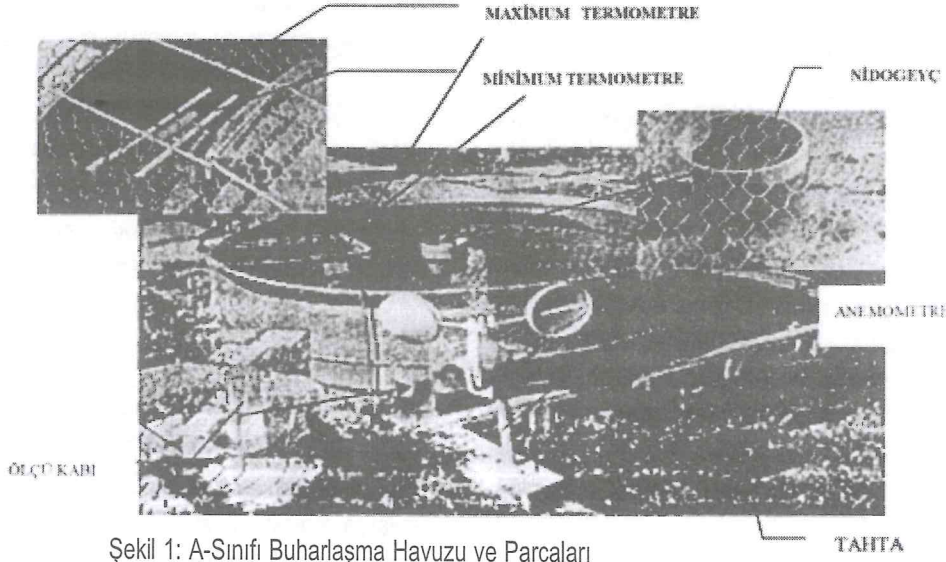
<u>ET</u>	<u>ETKİ</u>	<u>FAKTÖR</u>
( $ET_0$ )	İklim	Güneşlenme Süresi Sıcaklık Rüzgar Nem
( $ET_p$ )	Bitki cinsi Gelişme aşaması	Yaprak alanı Yüzeyin örtülü olup olmaması Pürüzlülük
( $ET_a$ )	Toprak cinsi Toprak su içeriği	Su miktarı Toprak yüzeyinden olan buharlaşma Stoma direnci

## BİTKİ SU TÜKETİMİ ÖLÇÜLMESİ

Bitki su tüketiminin saptanmasında kullanılan yöntemler; doğrudan ölçme yöntemleri ve iklim verilerinden tahmin yöntemleri olmak üzere iki grupta incelenebilir.

### 1. Doğrudan Ölçme Yöntemleri:

- Tank ve lizimetrelerle ölçüm (Evapotranspirometreler, lizimetreler),



Şekil 1: A-Sınıfı Buharlaşma Havuzu ve Parçaları

- Tarla deneme parselleri ile ölçme,
- Toprakta nem azalmasının denetimi yöntemi ile ölçme,
- Havzaya giren ve çıkan akışın ölçülmesi

## 2. İklim Verilerinden Tahmin Yöntemi:

Bu yöntemler ile referans bitki su tüketimi bulunmakta; elde edilen değer bitki katsayısı ile düzeltilerek, bitki su tüketimi değerine ulaşılmaktadır.

Çayır bitkileri (8-10 cm. yüksekliğinde, yeknesak boylu, etkili olarak büyüyen, alanı tam örten) esas alınarak, iklim verilerine dayalı referans bitki su tüketiminin tahmininde yaygın olarak kullanılan yöntemler şunlardır (Güngör ve ark., 1996):

- Blaney-Criddle yöntemi,
- Penman yöntemi,
- Solar radyasyon yöntemi,
- A-Sınıfı buharlaşma kabı yöntemi.

## BUHARLAŞMA KABİ

WMO (Dünya Meteoroloji Örgütü) farklı şekil, boyut, materyal, renk, yüzeyin altında/üstünde vb. özelliklere sahip 27 farklı standart tip buharlaşma kabı belirlemiştir.

Açık bir su yüzeyinde meydana gelen değişikliği ölçmek amacıyla kullanılır. Buharlaşma kapları radyasyon, rüzgar hızı, sıcaklık ve nemin toplu etkilerinin saptanmasını mümkün kılar. İşletimi kolay olan bu kaplar, aynı zamanda ucuzdur. Bu nedenle dünyada yaygın şekilde kullanılmaktadır.

A-Sınıfı buharlaşma kabı, yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil-1). Herhangi bir lokal standartın yokluğunda FAO (Birleşmiş Milletler

Gıda ve Tarım Teşkilatı) 10 gün veya daha fazla periyotlar için bitki su tüketimini tayin etmek amacıyla A-Sınıfı buharlaşma kabını önermiştir.

A-Sınıfı buharlaşma kabı; 0.8mm kalınlığında, galvanizli demir veya manel metalden yapılmış üstü açık silindir şeklindedir. Bu silindirin çapı 121 cm, yüksekliği ise 25.4 cm.'dir.

Ayrıca kabın içinde su seviyesini gösteren Nidogeyç ve Hukgeyç, su sıcaklığını ölçmek için termometreler ve kabın hemen yanında, 30 cm yükseklikteki rüzgarı ölçmek için anemometre bulunmaktadır.

## YERLEŞTİRİLMESİ VE İŞLETİMİ

Buharlaşma kabının yerleştirileceği yerde aranacak özellikler:

- Çıplak alan, yol ve ekilmemiş alanlardan uzak olmalıdır,
- Yağış ölççeğine ve su kaynağına yakın olmalıdır,
- Toprak seviyesinde olmalıdır,
- Ağaç, bina vb. engeller yüksekliklerinin 4 katı büyüklüğünden daha yakın olmamalıdır. (2.5 m. uzunluğundaki bir bitkinin yaratmış olduğu bir siper, nemli bölgede buharlaşma miktarını %10 civarında azaltır),
- Buharlaşma kabı, 20 m x 20m boyutunda bir alana yerleştirilmelidir,
- Su seviyesini etkileyebilecek canlıların geçmesine engel olmak amacıyla etrafı tel kafesle çevrilmelidir. Bu tel kafes buharlaşma kabından kuşların veya diğer hayvanların su içmesini engellemek amacıyla kullanılır. Eğer engellemezse buharlaşma %10-15 oranında azalabilir.

Buharlaşma kabının yerleştirileceği yerin, ekili alana benzer koşullara sahip olması gerekmektedir.

Ölçümlerin yapıldığı alan belilendikten sonra kap, ahşap bir iskele üzerine tam yatay olarak ve altındaki hava hareketini engellemeyecek şekilde yerleştirilmelidir.

## ÖLÇÜMLER

Buharlaşma miktarı, buharlaşma havuzu içinde bulunan Hukgeyç ve Nidogeç aletleriyle ölçülür.

Hukgeyç aleti, taksimatlı mil, mili aşağı yukarı hareket ettiren tırtıllı somun, tırtıllı somuna bağlı verniyer taksimatlı iskala, üç ayak çengel ve mesnetten meydana gelir. Mil üzerindeki taksimat 0 mm.'den başlar ve 150mm.'de sona erer.

Su seviyesi ölçümleri, bu aletle, direkt su seviyesinin okunmasını mümkün kılar. Ölçüm günlük veya haftalık yapılır. Su seviyesindeki değişiklik bir önceki günün okumalarından saptanır.

Su seviyesi 7.5 cm.'nin altına düştüğü zamana, buharlaşma kabı kenardan itibaren 5 cm. kalacak şekilde yeniden doldurulur ve yeni su seviyesi kaydedilir.

Nidogeç aleti ile ise, tam tersi işlemle buharlaşma miktarı bulunur. Bu alet 10.5 cm. çapında ve 23.5 cm uzunluğunda bir metal boru; bu borunun tam ortasında su seviyesini gösteren 18.5 cm. uzunluğunda pirinç çubuk ve bunların üzerinde bulunduğu üçgen bir madeni tabladan oluşur.

Ölçümde, 2 lt.'lik ölçü kapları kullanılır. Önce Nidogeç milinin ucuna kadar su doldurulur. Buharlaşma nedeniyle havuzdaki su seviyesi düşer. Havuza ölçü kabıyla nidogeç milinin ucuna kadar tekrar su konur. Konan su miktarı mm cinsinden buharlaşmayı gösterir.

Buharlaşma kaplarından gerçekleşen buharlaşmaya çok sayıda etmen etki eder. Bunların başlıcaları, kabın biçimi ve boyutlarındaki değişme, su derinliği, kabın alüminyum renginde, beyaz veya boyasız oluşu ve kabın bulunduğu yere bağlı olarak; çevre alanının çıplak, kısa yeşil otlarla örtülü oluşu veya çakıllarla kaplı bulunmasıdır. Ayrıca, kabın temizliği, yosun savaşımlı, buharlaşan suyun ölçümünde kullanılan yöntemler de buharlaşmaya etki eder. Yine, buharlaşma kabının göl veya su biriktirme yapılarının yakınlarında kurulmuş bulunması da, hakim rüzgar yönü nedeniyle, okumalarda farklılıklara neden olabilir.

## BİTKİ SU TÜKETİMİNİN HESAPLANMASI

A-Sınıfı buharlaşma kabından yararlanarak referans bitki su tüketimi aşağıdaki eşitlik ile ifade edilmektedir:

$$ET_o = k_p \cdot E_{pan}$$

$ET_o$  = Referans bitki su tüketimi (mm/gün)

$k_p$  = Buharlaşma kabı katsayısı

$E_{pan}$  = Buharlaşma kabında olan buharlaşma miktarını (mm/gün) göstermektedir

2m. Yükseklikteki rüzgar hızı, $U_2$ (km/gün)	A KOŞULU (Kap çevresinde kısa boylu yeşil bitki örtüsü var)				B KOŞULU (Kap çevresinde ekilmemiş arazi var)			
	Bitki örtüsünün rüzgar tarafındaki uzunluğu (m)	Ortalama bağıl nem(%)			Ekilmemiş arazinin rüzgar tarafındaki uzunluğu(m)	Ortalama bağıl nem(%)		
		<40	40-70	>70		<40	40-70	>70
<175	1	0.55	0.65	0.75	1	0.70	0.80	0.85
	10	0.65	0.75	0.85	10	0.60	0.70	0.80
	100	0.75	0.80	0.85	100	0.55	0.65	0.75
	1000	0.75	0.85	0.85	1000	0.50	0.60	0.70
175-425	1	0.50	0.60	0.65	1	0.65	0.75	0.80
	10	0.60	0.70	0.75	10	0.55	0.65	0.70
	100	0.65	0.75	0.80	100	0.50	0.60	0.65
	1000	0.70	0.80	0.80	1000	0.45	0.55	0.60
425-700	1	0.45	0.60	0.60	1	0.60	0.65	0.70
	10	0.55	0.60	0.65	10	0.50	0.55	0.65
	100	0.60	0.65	0.70	100	0.45	0.45	0.60
	1000	0.65	0.70	0.75	1000	0.40	0.45	0.55
>700	1	0.40	0.45	0.50	1	0.50	0.60	0.65
	10	0.45	0.55	0.50	10	0.45	0.50	0.55
	100	0.50	0.60	0.65	100	0.40	0.45	0.50
	1000	0.55	0.60	0.65	1000	0.35	0.40	0.45

Tablo 1: A-Sınıfı Buharlaşma Kabı İçin  $k_p$  Katsayıları

$k_p$  için buharlaşma kabının bulunduğu zeminin çeşidi, rüzgar hızı, bağıl nem değerlerinin hesaba katıldığı Doorenbos ve Pruitt'in 1977'de hazırladığı tablo kullanılmaktadır (Yıldırım ve Madanoğlu, 1985).

Buharlaşma kabından olan buharlaşmaya etki eden iklim eleman ve faktörlerinin tamamı, aynı zamanda bitki su tüketimini de benzer biçimde etkiler.

Buharlaşma kabından meydana gelen buharlaşma;

- Renk,
- Buharlaşma kabında ısı depolama,
- Stomaların kapalı olduğu gece saatlerinde buharlaşma miktarlarındaki farklılıklar,
- Rüzgar profilindeki farklılıklar nedeniyle, genellikle, referans bitki su tüketiminden 1.5-2 kat daha yüksektir. Bununla beraber, buharlaşma kabı katsayısı ( $k_p$ ) türetmek için, lizimetre içinde referans bitki gelişmesine karşı kalibre edilebilir.

$$k_p = ET/E_{pan}; \text{ Bu yüzden } ET = E_{pan} \cdot k_p \text{ 'dir}$$

A-Sınıfı buharlaşma kabı için pan katsayıları, 0.40-0.85 arasında değişir.  $k_p$  değeri genellikle;

- Bağıl nem değerinin düşük olduğu yerde daha düşük,
- Rüzgar hızının yüksek oluşu yerde daha düşük olur.

Güzelyalı Meteoroloji İstasyonundan elde edilen buharlaşma değerlerinden yararlanarak, referans bitki su tüketiminin bulunmasına ait bir örnek aşağıda verilmiştir. Temmuz ayı buharlaşmanın en yüksek olduğu ay olması nedeniyle seçilmiştir.

Örnek

İzmir Güzelyalı Meteoroloji İstasyonundan 1996 yılı Temmuz ayına ilişkin değerler,

- Günlük ortalama buharlaşma miktarı (A-Sınıfı) 9.4 mm/gün
- 10 m. yükseklikte 24 saatlik ortalama rüzgar hızı 3.5 m/sn
- Temmuz ayı ortalama bağıl nem değeri %49.1
- Buharlaşma kabı çevresinde kısa boylu yeşil bitki örtüsü bulunmaktadır.
- Bitki örtüsünün rüzgar tarafındaki uzunluğu 10 m.

Bu veriler ışığında referans bitki su tüketiminin ( $ET_o$ ) bulunması:

- Ortalama rüzgar hızının 2 m. yükseklikteki eşdeğeri hesaplanır,

$$U_2 = U_z \left( \frac{2}{Z} \right)^{0.2}$$

$U_2$  = 2 m. yükseklikteki rüzgar hızı (m/sn)

$U_z$  = z m. yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı (m/sn)

Z = Rüzgar hızının ölçüldüğü yükseklik (m)

$$U_2 = 3.5 \left( \frac{2}{10} \right)^{0.2}$$

$$= 2.537 \text{ m/sn} \times 86.4$$

$$= 219.2 \text{ km/gün}$$

$$\text{Rüzgar Hızı} = 219.2 \text{ km/gün}$$

$$\text{Bağıl Nem} = \%49.1$$

Bitki Örtüsünün rüzgar tarafındaki uzunluğu 10 m. ise;

$$k_p = 0.70$$

$k_p$  katsayısı, verilen koşullar için Tablo 1'den bulunmuştur.

$$ET_o \text{ (Günlük)} = k_p \cdot E_p$$

$$= 0.70 \times 9.4$$

$$= 6.58 \text{ mm/gün}$$

$$ET_o \text{ (Aylık)} = 6.58 \times 31$$

$$= 203.98 \text{ mm/ay}$$

A-Sınıfı (Class-A) buharlaşma kabından elde edilen değerler, kabın yerleştirme ve kullanma standartlarına uyulduğunda evapotranspirasyonun önemli bir göstergesi olarak kullanılmakta, hatta evapotranspirasyonla ilişkili en önemli ve tek iklimsel etmen sayılmaktadır.

## KAYNAKLAR

Akman, Y., 1990, İklim ve Biyoiklim, s. 55-58, Ankara.

Ayman, B. 1985, Buharlaşma Tahmin Yöntemleri ve Bu Yöntemlerin Çeşitli Bölgelere Uygulanması, s. 1-2, DMİ Genel Müdürlüğü Yayınları, ANKARA.

Erol, O., 1984, Genel Klimatoloji, s. 182-184, Ankara.

Güngör, Y., Erözel, A. Z., Yıldırım, O., 1996, Sulama, s. 61-75, A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara.

Hess, T., April-1996, Soil, Plant, Water Relationships, Granfield University Silsoe Collage.

Özgürel, M., 1982, İklim Bilgisi ve Tarımsal Meteoroloji, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Teksir No: 17, Bornova-İzmir.

Yıldırım, O., Madanoğlu, K., 1985, A-Sınıfı Buharlaşma Kaplarının Bitki Su Tüketiminde Kullanılması, s. 6-9, Köy Hizmetleri Araştırma Ana Projesi. ◀◀

# Veri Kalite Kontrol

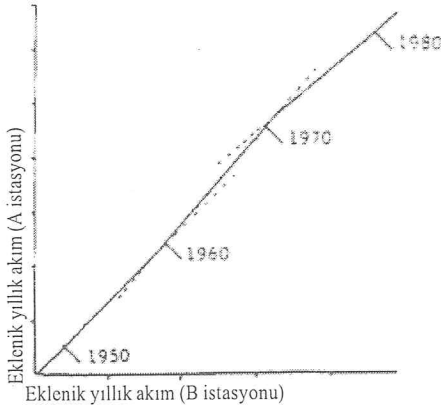
Çeviren  
Eşref BATUR

Temelsu Uluslararası Müh. Hiz. A.Ş.

Alansal gözlemlerin elle veya otomatik olarak yapılmasına bağlı olarak, hatalar değişik şekillerde ve değişik aşamalarda ortaya çıkar. Veri kalite kontrol ile ilgili metodlar, sistematik ve benzer hataların bulunması ile sınırlıdır. Elle yapılan dikkatli kontrol, bu hataların çoğunu ortaya çıkarabilir ve bilgisayar yardımıyla da hataların önemliliği belirlenebilir. Bir nehir seviye serisinin incelenmesi için bilgisayar ile yapılan işlemler aşağıdaki şu tip hataları belirlemek için programlanabilir:

- İstasyon için verilen üst limit değerinden daha büyük gözlemler,
- Veriye eşit ve ondan küçük gözlemler,
- Müsade edilen limitten daha büyük ardışık gözlemler arasındaki fark,

grafiklerin denetlenmesine dayanan kontrol, daima veri kalite kontrolünün önemli bir parçasıdır. Eğer akış özgül birimlerde verilirse, aynı hidrolojik rejimde bulunan iki istasyonda elde edilen hidrograflar karşılaştırılabilir ve hatalar belirlenebilir. Aynı periyotta kendisine en yakın olan istasyona göre bir istasyonun akış verilerinin kontrol edilmesi genellikle sistematik ve benzer hataları ortaya çıkarabilir. Örneğin aynı nehir boyunca yerleşmiş bulunan iki istasyon normal olarak havza artışı ile beraber artan akış miktarını



Şekil 1. Çift-Kütle Analizi

gösterecektir. Ancak ara havzadaki su depolaması da hesaba katılmalıdır.

Çift-kütle eğri analizi, söz konusu istasyon trendini diğer istasyonlarda gözlenen trend ile karşılaştırmak suretiyle bir istasyon kaydındaki tutarsızlığın belirlenmesi ve düzeltilmesi için grafik bir metottur. Söz konusu istasyonda kümülatif yıllık ve mevsimsel değerler, bu istasyona en yakın istasyon veya istasyon grubunda ölçülen verilere karşı çizilir. Çift kütle eğrisinin eğimindeki değişimler ve trendler, verinin işlenmesi ve toplanmasındaki sistematik hataları gösterir. Şekil 1 çift kütle analizi örneğini göstermektedir.

Modifiye çift-kütle eğri metodunda veriye, istasyon kayıtlarındaki homojensizliğin daha kolay belirlenmesi için basit bir dönüşüm uygulanır:

1. Ortalama yıllık değerler  $\bar{X}_A$  ve  $\bar{X}_B$ ,  $N$  yıllık ortak periyotta her iki istasyon için hesaplanır.

2. Her iki istasyonda, her yıl için rölatif değerler hesaplanır:

$$\bar{Y}_{Ai} = \bar{X}_{Ai} / \bar{X}_A \quad i = 1 \dots N$$

$$\bar{Y}_{Bi} = \bar{X}_{Bi} / \bar{X}_B$$

Bu rölatif değerlerin ortalaması 1'dir.

3. Her bir istasyon için ortalama değerden olan kümülatif sapmalar hesaplanır (Şekil 2).

$$V_{Ai} = \sum(Y_{Ai} - 1)$$

$$V_{Bi} = \sum(Y_{Bi} - 1)$$

4. İki değer arasındaki farklar hesaplanır:

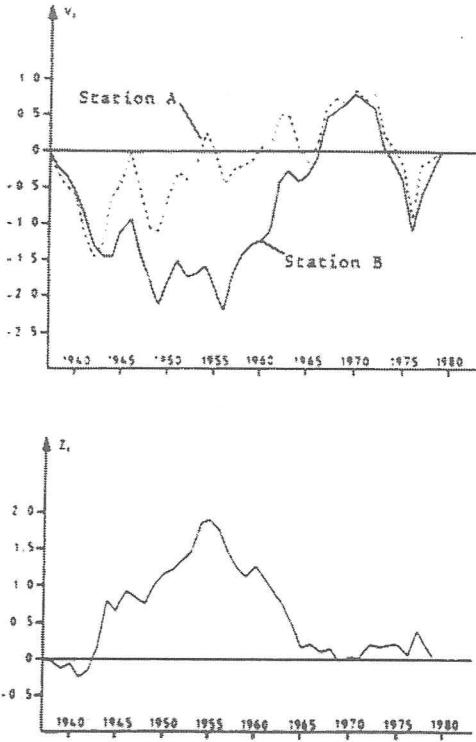
$$\bar{Z}_i = V_{Ai} - V_{Bi}$$

Bu işlem her yıl için tekrarlanır.

5. Farklar Şekil 2'de gösterildiği gibi zamanın bir fonksiyonu olarak çizilir.

Eğer iki seri birbirleri ile uyumlu (homojen) ise  $Z_i$  değerleri zaman ekseninde boyunca rastgele dağılmış olacaktır. Eğer serilerden biri homojen değilse,  $Z_i$  değerleri değişimin olduğu noktadan itibaren maximumu veya minimumu gösterecektir.





Şekil 2. Modifiye Çift-Kütle Analiz Örneği. Üstteki Şekil Ortalamadan Olan Kümülatif Sapmaları, Attaki Şekil İse  $Z_t$  Farklarını Göstermektedir.

### EKSİK VERİLERİN TAMAMLANMASI

Ölçüm aletinin yanlış çalışmasından veya gözlemcinin olmamasından dolayı akım veya seviye kayıtlarında sık sık boşluklar bulunur. Bazı durumlarda veri, basit ortalamalarla tamamlanabilir. Bazı durumlarda ise çok daha ileri istatistik metodlar kullanılmalıdır. Sabit bir periyot boyunca günlük bir değer eksik olduğu zaman eksik kısım bir önceki ve bir sonraki değerler arasında basit interpolasyon ile doldurulabilir. Örnek bir uygulama Tablo 1'de verilmiştir.

Çok daha karışık durumlar için oran metodu kullanılarak kayıtları tam olan mansap veya mambadaki akım istasyonlarının verilerinden faydalanılarak eksik veriler aşağıdaki gibi tamamlanabilir:

Tablo 1. Seviye interpolasyonu için örnek veriler

Ay	Gün	Seviye(cm)	Tamamlanmış Veri
11	7	312	
	8	312	
	9	EKSİK	312
	10	312	
	11	313	
	12	314	
	13	EKSİK	315
	14	316	

$$Y = \frac{(X_2 - X)Y_1 + (X - X_1)Y_2}{X_2 - X_1}$$

Burada,

Verisi Tam Olan Seri	Verisi Eksik Olan Seri
$X_1$	$Y_1$
$X$	$Y(?)$
$X_2$	$Y_2$

Bu yöntem gerçekte sadece iki gözleme dayanan lineer regresyonun bir uygulamasıdır. Tablo 2'de bu metodun kullanımını gösteren bir örnek verilmiştir.

Tablo 2. Oran Metodunun Kullanımını Gösteren Örnek

Ay	Gün	Mansaptaki İst. Ölçülen Veri	Membadaki İst. Ölçülen Veri
4	26	315	120
	27	312	EKSİK
	28	307	109
	29	306	105
	30	303	EKSİK

Nisan'ın 27'si için:

$$Y = \frac{(307 - 312)120 + (312 - 315)109}{307 - 315} = 116$$

Nisan'ın 30'u için:

$$Y = \frac{(306 - 303)109 + (309 - 307)105}{306 - 307} = 93$$

bulunur.

Şiddetli taşkınlar sırasında kaydedici aletler çalışmadığı durumda hidrografın pik akım değeri eksik olduğu zaman çok daha karışık bir durum meydana gelir. Böyle bir durumda hidrografın en uygun şekli,

- Önceki ve sonraki birkaç olaydaki hidrografın şekline göre,
- Piklerin gecikme zamanını dikkate alarak ve sözkonusu nehir üzerinde mansabdaki ve menbaadaki istasyonlarda elde edilen hidrograf ile eksik olan hidrograf karşılaştırılarak çizilebilir.

Hidrolojik ve meteorolojik olaylar arasındaki ilişkiler bazen lineer olmadığına dikkat edilmelidir. Başlangıçta ilişki, grafik olarak bulunabilir. Ancak daha geniş analizler genellikle modellemeyi gerektirir.

### KAYNAK

Balek, J., Bruen, M., Bilbrich, W. H., Jones, G., Lundquist, D., and Skotfeland E., 1994: Applied Hydrology for Technicians. International Hydrological Programme, IHP-IV Project E-12, Volume II, UNESCO, Paris. ◀◀



# AKIM ELEKTRONİK

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



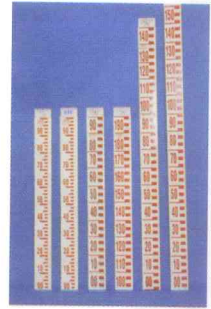
İmalatını Yaptığımız RASAT ALETLERİ



Elektronik LİMNİGRAF Seti  
(Elekt. Su Seviyesi Kayıtedici)



Elektronik PLÜVİOGRAF  
(Elektronik Yağış Ölçer)



Emaye EŞEL



Buharlaştırma 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