

Sayı (Number): 2



İklim Değişikliğinin Türkiye Su Kaynaklarına Etkisi

Zekâi ŞEN ve Ahmet ÖZTOPAL

Ocak (January) 2017
İstanbul - Türkiye

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KÜLLİYESİ
TURKISH WATER FOUNDATION
CLIMATE CHANGE FACULTY

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BÜLTENİ : SAYI 2

İklim Değişikliğinin Türkiye Su Kaynaklarına Etkisi

Zekâi ŞEN ve Ahmet ÖZTOPAL

©2017 SU VAKFI

Tüm yayın hakları anlaşmalı olarak Su Vakfı'na aittir.
Kaynak gösterilerek alıntı yapılabilir, izinsiz çoğaltılamaz, basılamaz.

Basıma Hazırlayan :
Muhiddin YENİGÜN



SU VAKFI

Libadiye Cad. Doğanay Sokak No:6 Kat:4 Üsküdar İstanbul
Tel: (216) 412 3383 - Faks: (216) 412 3390
suvakfi@suvakfi.org.tr - www.suvakfi.org.tr

İklim Değişikliğinin Türkiye Su Kaynaklarına Etkisi

Zekâi Şen

Su Vakfı, Libadiye Cad. Doğanay Sok. No:6 Kat 4 Üsküdar İstanbul
zekaisensu@gmail.com

Ahmet Öztopal

İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi.
oztopal@itu.edu.tr

ÖZET

Su, ülkemiz için birçok anlamlar ifade etmesine karşılık, bir kurak bölge veya çöl bölgesi ülkeleri için daha değişik anlamlar içermektedir. Ülkemiz için ilk önemli anlam, Türkiye'de şimdilik artan nüfusa bile yetecek miktarda su bulunması ve bunun yurt içinde su sıkıntısı çekmeden sürdürülebilirliğinin elden bırakılmamasıdır. Hâlbuki çöl bölgesi ülkelerinde ise, zaten her zaman var olan su sıkıntısının en aza indirilmesi veya başka ülkelerden su transferinin yapılmasına varıncaya kadar birtakım önlemlerin alınması yolunda çalışmaların gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir. Bu yazıda, Su Vakfı tarafından İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi – İSKİ'ye yapılmış olan “İklim Değişikliği ve Türkiye Su Kaynaklarına Etkisi” isimli projeden (Şen ve diğerleri, 2010) alınmış kısa bir kısımdan bahsedilecektir. Bu çalışmada elde edilen iklim değişikliği modellemesi sonuçları %100 yerli olan ve Su Vakfı tarafından geliştirilmiş bir yazılım vasıtası ile elde edilmiştir. Yabancı yazılımların birçoğunun çarpık sonuçlar verdiği yapılan çalışmalar sırasında anlaşılmıştır. Yapılan bu çalışma neticesinde, ortalama olarak değişik senaryolara göre, Türkiye üzerine düşen yağış miktarlarının şimdiye kadar söylenen yıllık 500 milyar metre küp civarında kaldığı görülmektedir.

1. GİRİŞ

Türkiye'nin su bakımından durumunu, içinde yaşayan vatandaşların kendi görüşlerine göre değerlendirmeleri sonucunda, sanki ülkemiz su sıkıntısı çekmeyecek bir ülke olarak algılanmaktadır. Böyle olmadığında da suç, son yıllarda ortaya çıkan kuraklık veya iklim değişikliğine yüklenmektedir. Bilimsel bilgisi yeterli olmayan topluluklarda, sürekli suçlanarak sorgulanan taşkın ve kuraklık gibi uç doğal olaylar ve iklim değişikliği gibi yapay olaylar olmaktadır. Bunların günah keçisi olarak ortaya sürülmesi, sağduyulu bir davranış biçimi olabilir ama bilimsel bilgi ve günümüz teknoloji çözümleri önümüzde dururken kendimizi günah keçisi olarak görmememiz sağır, kör veya dilsiz olduğumuzu peşinen kabul etmek demektir. Çünkü su kaynaklarının ortaya çıkışında her ne kadar doğal olaylar ve özellikle yağışlar rol oynuyorsa da, bulunulan yerin yüzey şekilleri, sosyoekonomik dokusu ve bilinçli olarak sorgulaması, en az doğal olaylar kadar önemlidir. Yıllar boyunca ölçüm yapılmamış olsa bile, doğal olayların, o yörede yaşayan insanların akıllarına işlemesi ve hava hareketleri ile bunların sonucunda iklim ve yağış dokusunun ne şekilde olacağı hakkında onları eğitmesi söz konusudur. Yani doğa olaylarının akıllıca gözlemlenmesi kişileri eğitir. O yörenin akıllı ve ilave olarak da ileri yaşlarda olan kişilerine, su ile ilgili gerek yerüstü ve gerekse yeraltı olaylarının sağduyulu, akılcı çıkarımlarını yaptırır. İşte bunların bilimsel bilgi, yöntem ve modellerle işlenmesi, o yörenin veya ülkenin yerel ve ulusal modellerinin yazılarak hizmete sunulmasını da sağlar. Ezberci bilgi topluluklarında, modası geçmiş yaklaşım, formül ve algoritmalarla hep geçmiş düşünülür. Eldeki ölçüm verilerinden bile hep geçmiş tahmin edilir ve bunun gelecekte en azından ortalamalarda aynen olacağı inancına, hatta imanına ulaşılır. Bu çok tehlikeli bir oyundur ve belki de bi-

limsellik adı altında bilimsizliktir. Çünkü su bilimi, geçmişi değil, geleceği öngörmeye yarayan yaklaşım ve yöntemlerle sürdürülebilirliğini koruyabilir. Bugün birçok yerde sürdürülebilir kalkınmadan söz edilmektedir ve bu sıklıkla yine ezberci bir zihniyetle yapılmaktadır. Hâlbuki su sorunları, her olaydan bir ders çıkarılarak, sürekli yeni fikir ve düşüncelerle donatılmış bilimsel bilgilere gereklilik gösterir. Bunun bir sıkıntısı da dünyanın bir yeri için su kaynakları ile ilgili olarak geliştirilen bir yaklaşımın, ezberci biçimde, sanki her yerde geçerliymişçesine kullanılması taklitçiliğidir. Su olayları Türkiye içinde bile farklılıklar gösterir. Örneğin Karadeniz, özellikle de Doğu Karadeniz su olayları ile mesela Güneydoğu veya İç Anadolu su olayları tamı tamına örtüşmez. İşte bu noktada, bilim altlıklı su kaynakları çözümlerine giderek su temini, hidroelektrik enerji üretimi, tarım, gıda, ormancılık, balıkçılık vb. alanlarda sürdürülebilirliğin sağlanması mümkündür. Aksi takdirde sadece yağışlardan umut beklenir veya bugün için uygulanmasında hiçbir pratik faydası olmayan ama bilimsel sanılan yöntemlerden (yağmur bombası gibi) medet umulur. Böylece bu bilimsel olmayan yaklaşımlar, milyonlarca dolar heba edilerek, o topluluk veya ülkenin su ile ilgili kamu kuruluşlarının bile içine kadar girer. Türkiye gibi belirli bir aydınlanma sürecinden geçmiş olan ülkelerin su konularında, artık su biliminden ve ona komşu olan dallardan azami istifade ederek halkı, tarımcısı, araştırmacısı ve politikacısı için ülke içinde ulusal çözümlerin çıkarılmasına çalışılmalıdır. Su konusunda ulusal addedilebilecek bu yaklaşımlar başka ülkeler tarafından da bilinirse, bu takdirde uluslararası bir hüviyet de kazanır.

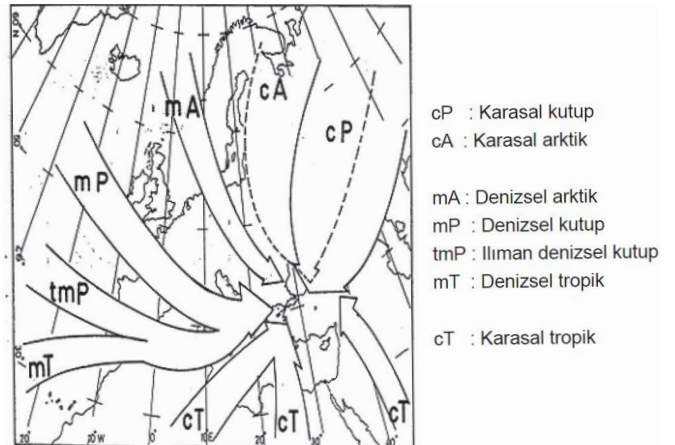
Şimdi Türkiye'nin coğrafi olarak bir su içinde olduğunu düşünelim ve deniz, nehir, göl, yeraltı suyu ve kar bakımından genel durumuna bir göz atalım.

2. TÜRKİYE SU KAYNAKLARINI ETKİLEYEN İKLİM YAPISI

Türkiye 36° - 42° Kuzey enlemleri ve 26°- 45° Doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Kuzey yarıkürenin alt tropikal bölgesinde bulunan Türkiye, su kaynakları bakımından sürekli akan akarsuları, irili ufaklı iç gölleri ve üç tarafı denizlerle sarılı olan bir ülkedir. Su kaynaklarının meydana gelmesinde bölge meteorolojisi yanında Avrupa, Asya ve Afrika kıtalarının karasal etkilerinin de rolü vardır. Dünya standartlarına göre çok yağışlı olmayan bölgemizde coğrafik, topoğrafik ve değişik hava akımlarının etkisi ile yerel yağışların bazı bölgelerde diğerlerinden fazla olduğu da bir gerçektir. Topoğrafik özellikleri dolayısı ile Türkiye'nin iç kısımlarında karasal iklim türleri hüküm sürmektedir. Bütün bunlara rağmen ülkemizde su kaynakları ancak yetecek miktardadır. Bunların kirlenmeye karşı korunmaları, düzenli ve en iyi biçimde planlanarak işletmeye alınmaları bugünden yapılmaz ise, yarınki nesillerin daha da fazla su sorunları ile karşılaşması mümkündür (Şen, 2002).

Türkiye üzerindeki meteorolojik şartları kontrol eden hava kütlelerine bakılacak olursa, Şekil 1'den de görüldüğü üzere ülkemiz; karasal kutup (cP), karasal arktik (cA), denizsel arktik (mA), denizsel kutup (mP), ılıman denizsel kutup (tmP), denizsel tropik (mT) ve karasal tropik (cT) hava kütleleri etkisi altındadır. Ülkemizin meteorolojisi ve iklimi, yağışlar ve akışları ile su kaynakları bu hava kütlelerinden etkilenmektedir. Türkiye, Asya kıtasına doğudan geniş bir biçimde yapışık ve batıya doğru üç tarafı denizlerle çevrili bir yarım ada şeklindedir. Avrupa yakasında da doğuya doğru uzanan oldukça küçük Trakya yarım adası vardır. Türkiye genel konumu bakımından ekvator-tropik ve kuzey kutbu bölgeleri arasında yer alan orta enlemlerde ve hava hareketleri bakımından alt tropikal iklim kuşağı içindedir. Böylece tropik ve kutup bölgelerinin arasındaki ge-

çişi temin eden bir bölge konumunda olduğundan, meteorolojik olayların tropikal ve kutup bölgeleri kadar kararlı olduğu söylenemez. Burası yaz ve kış mevsimleri arasında yukarıda sayılan deniz ve kara kaynaklı hava hareketlerinin zaman zaman sokulduğu bir bölgededir. Kış aylarında kuzeyli olan denizsel ve karasal kutuplardan kaynaklanan hava akımları, Türkiye'ye kadar sokulduğundan kış mevsimlerinde genel olarak soğuk, buharlaşma az ve yağışlar fazladır. Yaz aylarında ise güneyli denizsel ve karasal tropik hava hareketleri ülkemize sokularak ülkemizi sıcak, buharlaşmanın ve dolayısı ile nemliliğin fazla ve yağışların az olduğu genel bir iklim yapısına büründürür. Kuzeyli ve güneyli bu hava hareketleri ülkemize her yıl aynı miktarlarda sokulamadıklarından, yağış ve diğer meteorolojik büyüklüklerin miktarlarında da yıllık salınımlar fazla olur. Bazı yıllarda güneyli hava hareketleri ülkemize daha fazla ve art arda sokulduklarından kuraklık belirtileri görülür. Bazı yıllarda da bu hava akımları, kuzeylilerin ülkemize sokulması ile yaz aylarında bile havaların en azından serin ve yağışlı geçmesine sebep olur. İşte bu tür dengesizlikler sebebi ile ülkemizde yağışın bol olduğu yıllarda akış sularının toplanarak, yağışın az olduğu yıllarda kullanma ve sulama suyu olarak biriktirilmesi için barajların yapılması gereklidir. Bu konuda son 50 yıl içinde ülkemizde yapılan baraj sayısı oldukça fazladır.



Yukarıda belirtilen genel hava hareketlerinin dışında, ülkemizdeki su kaynaklarının beslenme kaynağı olan yağışların bazı yörelerde bölgesel ve yerel etkilerden fazlaca etkilendiği de bilinmektedir. Mesela, ülkemizde en fazla yağış alan yerlere örnek olarak Doğu Karadeniz ve özellikle de Rize ile güneybatı Akdeniz ile Antalya ve çevresi gelmektedir. Rize aşağı yukarı yılda ortalama olarak 2000 mm civarı ve Antalya ise 1000 mm'nin üzerinde yağış almaktadır. Bu iki bölgede yağışların fazla olmasının sebebi buralarda Doğu Karadeniz ile Batı Toros dağlarının bulunmasıdır. Zaten bu dağların denize bakan yamaçları yağışları fazlaca alır. İç kısımlara bakan yamaçlarda ise yağış çok azdır. Bunun sebepleri Erinç (1996) tarafından ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Buradan ülkemizde özellikle Karadeniz ve Akdeniz'e bakan dağların yamaçlarında yağışların fazla olduğu anlaşılır. Ege bölgesinde ise dağlar denize dik olarak yerleştiğinden, Ege sahillerinde böyle bir durum söz konusu değildir. Bu sahillerden çok uzun mesafeler boyunca içerilere doğru sokulan hava kütleleri yağışlarını oldukça geniş alanlara az şiddetli miktarlarda bırakır.

Marmara, ülkemizde yukarıda sayılanların dışında yine oldukça iyi yağış alan bir bölgemizdir. Burada, özellikle Bursa civarında Uludağ etkisi ile yağışlar en fazladır. Çanakkale ve İstanbul boğazları vasıtası ile kış aylarında Akdeniz iklimi Karadeniz'e kadar geçebilme imkânı bulduğundan, Trakya Karadeniz sahilleri Anadolu Karadeniz sahilleri kadar yağış almaz. Buralarda ortalama yıllık yağış miktarları yine Türkiye yıllık yağış ortalamaları yakınlarında ve 650 mm kadardır. Türkiye'de en az yağış alan yerler etrafları dağlarla çevrilmiş olan ve denizlerden uzak bölgelerdir. Bunlar arasında Malatya ve Iğdır ovaları başta gelmektedir. Buralar Güneydoğu Anadolu bölgesinden bile daha az yağış alırlar.

Özellikle yaz aylarında görülen yağışların bir türüne de, karasal yörelerde ve daha ziyade İç Anadolu ile Doğu Anadolu'nun batı kısımlarında, yazın yeryüzünün fazlaca ısınması sonucunda yükselen nemli havanın yoğunlaşarak yağmur şeklinde düşmesiyle rastlanılır. Bunlar düşey sıcaklık farkından dolayı meydana gelen konvektif yağışlar şeklindedir. Konya yöresinde bu tür yağışlar sıkça yaz günlerinde öğlenden sonra meydana geldikleri için bunlara yerel olarak "kırkikindi" yağışları adı verilmiştir.

3. TÜRKİYE SU KAYNAKLARI VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Bugün birçok insanımız, ülkemizde mevcut olan tatlı su kaynaklarının sınırsız olduğunu düşünerek kullanmaktadır. Hâlbuki, ülkemizde kişi başına düşen su miktarı 70 milyonluk nüfus göz önünde tutularak 3000 m³/yıl/kişi'dir. Kullanılabilir suyun kişi başına bir yılda düştüğü miktar ise 1700 m³ civarındadır. Bir ülkenin su zengini sayılması için kişi başına bir yılda 10000 m³ su düşmelidir. Bu bakımdan ülkemiz dünya standartlarına göre bir su fakiridir (Şen, 2002). Türkiye alt tropikal bölgede bulunması sebebi ile yağış ve akışlar ekvatora yakın diğer ülkelere göre göreceli olarak fazladır. Ancak, bu su kaynakları akıllıca ve en iyi biçimde işlenerek kullanım için dağıtılmazsa, ülkemizin su fakirliği daha da artarak, insanların yakın gelecekte bunun sıkıntısına düşeceği de bir gerçektir. Türkiye'de yüzey ve yeraltı suları ana iki kaynak olarak karşımıza çıkmaktadır. Yüzey suları ile sürekli envanterler yapılarak ne kadar olduğu yaklaşık bir biçimde hesap edilmiştir. Buna göre basit bir hesaplama, Türkiye yıllık ortalama yağış miktarı bölgelere ve yağış rejimine göre değişkenlik göstermesine karşılık 650 mm ve yüzölçümü de yaklaşık 780000 km² olarak düşünüldüğünde, bu iki sayının çarpımı atmosferden yağmur olarak ülkemize yine yaklaşık 500×10⁹ m³ suyun düştüğü sonucunu verir. Akış katsayısı 0,35 olarak alınırsa 0,35×500×10⁹≈190×10⁹

m³ kadar su akışa geçer. Bugün için yıllık tüketilebilir miktar aşağı yukarı 100×10⁹ m³tür ve bunun sadece 30×10⁹ m³ kadarı fiilen kullanılmaktadır. Yüzey akışına geçmeyen kayıplar arasında 275×10⁹ m³ kadarlık bir kısmı toprak ve su yüzeyinden buharlaşma ve bitkilerden terleme ile atmosfere geri verilirken, 40×10⁹ m³lük bir kısmı da sızarak yeraltı su haznelerini beslemektedir. Bugün için Türkiye su kaynaklarının miktarları, Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1 Türkiye su kaynağı miktarları

Suyun Türü	Miktarı
Yıllık ortalama yağış	643 mm/m ²
Yıllık yağış suyu	500 milyar m ³
Yıllık buharlaşma	275 milyar m ³
Yeraltı suyu beslenmesi	41 milyar m ³
Yıllık akış	193 milyar m ³
Kullanılabilir akış	98 milyar m ³
Yıllık kullanılabilir yeraltı suyu	14 milyar m ³
Toplam kullanılabilir su	112 milyar m ³
Yıllık kişi başı su miktarı	1500 m ³

Türkiye’de gün geçtikçe dünya genelindeki sıcaklık artması sonunda kuraklıklar daha da hüküm sürmeye başlamıştır. Bunun başlıca sebepleri arasında topografyanın çok engebeli olması, yağış ve kaynakların bölgelere göre düzensiz dağılımı, su kaynaklarının uzun vadede ortaklaşa en iyi kullanımı ve işletimi yerine, daha ziyade kısa vadeli, yerel ve diğer bölgelerden bağımsız bir şekilde gelişmesidir.

Yeraltı suyu kaynaklarının miktarı 12×10⁹ m³ civarındadır. Ancak yılda fiilen tüketilen miktar ise 6×10⁹ m³ kadardır. Maalesef, yeraltı sularının büyük bir kısmı denizlere boşalarak tuzlu su haline gelmektedir. Yeraltı suyu haznelerinin gerçeğe yakın hacimlerinin ve beslenme miktarlarının belirlenmesi için ayrıntılı ve değişik yerlerde hidrojeolojik etütlerin yapılması gereklidir. İklim değişikliğinin, ülkemiz açısından olumsuz olabilecek yönlerini aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

1. Özellikle güneydoğu bölgesinde etkisi fazlaca olabilecek iklim değişikliği dolayısı

ile buradaki su kaynaklarının hacimlerinde, kalitelerinde ve yenilenme sürelerinde azalmalar olacaktır.

2. İklim değişikliği sonucunda su ekolojisinde değişimler olabileceği gibi su ürünlerinde de azalmalar beklenmelidir. Balık üretiminde de azalmalar olabilecektir.

3. İklim değişikliği dolayısı ile ülkemizin genel olarak özellikle, 2040 sonrası daha kurak bir iklim etkisi altına girmesi sonucunda tarım hasatlarında azalmalar ve türlerinde de değişimler olabilecektir.

4. Özellikle, ülkemiz açısından önemli olan su kaynaklarından üretilen su enerjisinde (hidroelektrik) azalmalar beklenmelidir. Dünya literatürüne göre bunun, % 25’lere varması öngörülmektedir.

5. Daha uzun sıcak mevsimlerin etkisine girme ihtimali olan ülkemizde, piknik imkânlarının da azalması beklenmelidir.

6. Ülkemizde ortaya çıkabilecek kuraklıklar sebebi ile biriktirme haznelerine gelen taşınım maddesi (sedimentasyon) ve erozyon daha fazla olabilecektir.

7. Sahil şeritlerinde olabilecek deniz seviyesi yükselmesi dolayısı ile, özellikle kıyılara yakın ve yeraltı suyu ile beslenen yerleşim alanlarımızın su kaynakları kısıtlanacaktır. Bunun sebebi, her 1 metrelik deniz seviyesi yükselmesine karşılık, yaklaşık 40 metre kadar daha içerilere doğru deniz suyunun girerek tatlı su kaynaklarını tuzlandırmasıdır.

8. Kişi başına düşecek yıllık su miktarında ortaya çıkacak azalmalar sonucunda ülkemiz, daha da hissedilir bir şekilde, su fakiri ülkeler arasına girecektir.

9. İklim değişikliği, komşu ülkelerde de özellikle güney komşularımızda ve onların da komşularında daha şiddetli bir şekilde ortaya çıkacağından, Türkiye’nin yüzeysel suları (nehir akışları) daha kritik biçimde, uluslararası su sorunlarına yol açacak yönde azalacaktır.

10. Suyun azalması ile fazla su tüketimi isteyen tarım mahsullerinin yerine, daha az su sarfiyatına gerek duyan bitkilerin getirilmesi sonucunda, Türkiye tarımında bir değişiklik beklenebilecektir.

Şimdiki su kaynakları ile 50 yıl sonraki su kaynaklarının nasıl değişeceği Çizelge 2'de değişik ülkeler için verilmiştir. Frederick and Major (1997) tarafından verilen bu çizelge yazarlar tarafından değiştirilerek azalış oranları ilave edilmiştir.

Çizelge 2. Kişi başına yıllık m³ cinsinden su miktarlarının bugünkü ve 50 yıl sonraki durumları

Ülke	Bugünkü iklim	2050 yılı iklimi	Azalış oranı
Çin	2.500	1.630	0.652
Kıbrıs	1.280	820	0.640
Fransa	4.110	3.620	0.881
Haiti	1.700	650	0.387
Hindistan	1.900	1.050	0.553
Japonya	3.210	3.060	0.953
Kenya	540	170	0.315
Madagaskar	3.330	710	0.213
Meksika	4.270	2.100	0.492
Peru	1.860	880	0.473
Polonya	1.470	1.250	0.850
Suudi Arabistan	310	80	0.258
Güney Afrika	1.320	540	0.409
İspanya	3.310	3.090	0.933
Sri Lanka	2.500	1.520	0.608
Tayland	3.380	2.220	0.657
Togo	3.400	900	0.265
Türkiye	3.070	1.240	0.404
Ukrayna	4.050	3.480	0.859
İngiltere	2.650	2.430	0.917
Vietnam	6.880	2.970	0.432

4. TÜRKİYE COĞRAFİ BÖLGELERİ YAĞIŞ-AKIŞ MİKTARLARI

Coğrafi bölgeler esas alınmak sureti ile yapılan hesaplamalar daha önceden de belirtildiği üzere, tamamen Su Vakfı tarafından yazılmış olan bir iklim değişikliği yerli yazılımı kullanılarak (Şen ve diğerleri, 2010) ve iklim değişikliği senaryoları göz önünde tutularak yapılan hesaplamalar sonucunda gelecek 50 yıl içinde ortaya çıkabilecek yıllık ortalama yağışlar Çizelge 3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3'te ise Çizelge 2'deki ortalama yağışlardan yararlanarak ve her bir bölgenin yüzey alanı ile bu yağış miktarlarının çarpılması sonucunda, milyar metre küp (Mm³) cinsinden Türkiye üzerinde hiç kayıp (buharlaşma, tutma, sızma) olmadan ortaya çıkabilecek yağış hacimleri, 2000-2050 yılları için verilmiştir.

Önceki çizelgede verilen yağış değerleri göz önünde tutularak elde edilen yüzey akışlarının yıllık hacimleri ise Çizelge 4'te sunulmuştur.

Çizelge 2 Bölgeler arası yıllık yağış miktarları

Yıllar	Yağış (mm/yıl)							
	Akdeniz	İç Anadolu	Karadeniz	Doğu Anadolu	Güneydoğu Anadolu	Ege	Marmara	Türkiye
2001	496,25	582,08	650,10	532,19	460,11	568,82	604,65	556,32
2002	507,60	602,39	691,70	599,40	511,37	576,54	616,23	586,46
2003	500,88	602,43	703,44	612,37	509,25	576,84	620,51	589,39
2004	477,87	573,26	635,03	503,44	438,86	537,81	574,49	534,39
2005	448,50	536,61	612,59	498,80	433,83	511,10	550,94	513,20
2006	461,86	535,17	598,13	512,19	452,19	502,57	529,11	513,03
2007	479,54	572,23	655,55	548,48	474,05	537,53	579,68	549,58
2008	511,98	610,99	712,49	630,18	538,40	562,91	604,86	595,97
2009	450,75	533,61	605,40	497,20	427,14	518,72	553,38	512,31
2010	513,62	591,13	655,64	565,51	495,78	571,33	597,93	570,14
2011	608,81	702,15	767,73	643,47	571,47	667,38	699,64	665,81
2012	425,52	497,51	564,39	485,71	418,87	482,31	509,26	483,37
2013	416,08	481,93	553,84	488,52	420,06	467,08	495,73	474,75
2014	453,58	534,82	621,08	554,47	477,33	488,31	518,41	521,14
2015	460,47	545,48	621,99	534,19	452,88	519,89	553,01	526,84
2016	416,96	512,08	598,15	473,75	389,48	512,36	556,54	494,19
2017	354,10	442,58	519,31	407,89	331,21	439,64	480,74	425,07
2018	446,32	518,60	584,47	493,83	432,96	507,89	538,38	503,21
2019	539,63	618,39	701,18	645,46	565,23	564,52	591,93	603,76
2020	455,15	534,59	617,44	528,86	456,66	495,68	526,07	516,35
2021	571,67	647,67	723,72	648,72	577,56	604,38	629,77	629,07
2022	442,49	510,09	568,97	487,88	423,53	497,37	526,96	493,90
2023	478,32	564,97	642,00	539,93	457,12	546,75	582,45	544,51
2024	474,71	545,75	605,98	523,75	453,11	530,71	557,96	527,43
2025	520,40	617,24	699,06	597,05	507,04	584,18	621,14	592,30
2026	369,07	450,53	533,71	456,73	371,25	447,39	488,40	445,30
2027	474,58	564,08	637,56	531,44	460,83	521,82	553,34	534,81
2028	602,99	683,85	745,68	658,93	584,74	647,93	674,45	656,94
2029	463,76	559,03	647,01	552,98	472,29	524,56	567,49	541,02
2030	621,24	691,99	749,09	679,31	619,46	644,33	664,71	667,16
2031	397,76	482,73	561,64	456,94	390,68	451,32	485,27	460,90
2032	457,66	529,42	600,93	522,69	441,53	523,63	550,77	518,09
2033	509,66	602,25	673,06	546,32	469,38	592,84	631,67	575,03
2034	559,10	644,53	736,56	658,96	564,27	619,78	656,77	634,28
2035	491,20	604,76	713,64	594,95	492,36	576,42	625,55	585,56
2036	392,50	464,56	545,40	474,18	399,59	450,54	480,35	458,16
2037	515,87	611,82	707,80	609,26	519,17	592,64	638,93	599,36
2038	527,28	587,85	647,59	575,72	513,09	550,94	569,54	567,43
2039	425,35	494,50	550,52	468,66	406,85	488,49	516,55	478,70
2040	437,64	529,25	604,43	478,79	402,14	520,92	562,19	505,05
2041	448,47	501,36	545,08	453,49	401,49	524,49	551,43	489,40
2042	546,10	643,02	741,62	658,61	566,14	610,53	649,44	630,78
2043	545,35	632,31	707,81	618,94	537,45	604,19	638,55	612,09
2044	405,07	476,88	557,22	490,76	419,51	441,67	470,08	465,88
2045	513,47	598,02	671,84	569,40	490,45	595,46	633,09	581,67
2046	561,26	649,74	712,99	604,74	534,76	616,79	653,04	619,05
2047	563,78	686,12	790,30	657,70	555,16	640,06	689,13	654,61
2048	486,25	572,47	657,74	581,24	510,61	519,38	551,54	554,18
2049	533,61	630,51	718,88	616,06	531,05	614,72	658,14	614,71
2050	434,14	499,29	554,11	471,80	417,61	477,16	502,47	479,51

Çizelge 3 Bölgeler arası yıllık yağış hacmi miktarları

Yıllar	Yağış Hacmi (Mm ³ /yıl)							
	Akdeniz	İç Anadolu	Karadeniz	Doğu Anadolu	Güneydoğu Anadolu	Ege	Marmara	Türkiye
2001	61002,53	87894,71	93313,53	88043,04	27227,63	44937,07	40696,64	433648,14
2002	62397,68	90960,62	99284,86	99162,89	30260,68	45546,40	41476,13	457146,66
2003	61571,91	90967,60	100970,38	101307,50	30135,64	45570,64	41764,18	459430,40
2004	58743,25	86562,18	91149,67	83287,08	25969,86	42487,22	38666,57	416559,91
2005	55132,24	81027,41	87928,75	82519,45	25672,43	40377,25	37081,69	400035,51
2006	56775,19	80810,27	85853,38	84735,47	26758,52	39703,16	35612,46	399908,02
2007	58948,13	86406,68	94096,17	90739,15	28052,46	42464,82	39015,78	428398,07
2008	62936,27	92259,44	102268,01	104255,07	31860,12	44470,16	40710,53	464560,42
2009	55409,59	80574,51	86897,53	82255,44	25276,36	40978,61	37245,60	399348,55
2010	63138,01	89260,78	94109,00	93555,69	29338,34	45135,06	40244,43	444420,65
2011	74839,53	106024,87	110197,79	106452,94	33817,38	52723,32	47090,21	518998,08
2012	52307,95	75124,50	81011,13	80353,80	24786,95	38102,12	34275,93	376783,99
2013	51147,18	72772,04	79497,03	80818,78	24857,67	36899,04	33365,48	370066,86
2014	55757,65	80758,06	89147,67	91728,82	28246,28	38576,19	34892,23	406230,30
2015	56604,14	82367,51	89278,23	88373,65	26799,48	41071,53	37220,68	410674,12
2016	51255,16	77324,78	85856,98	78375,94	23047,82	40476,18	37458,16	385219,75
2017	43528,25	66829,15	74539,96	67479,21	19599,52	34731,43	32356,80	331338,54
2018	54864,31	78309,22	83893,24	81696,91	25620,55	40123,56	36235,93	392249,25
2019	66334,63	93377,41	100645,53	106782,05	33448,24	44597,30	39840,63	470634,10
2020	55950,75	80723,54	88625,26	87493,16	27023,05	39159,06	35407,77	402496,07
2021	70273,44	97798,53	103880,62	107322,04	34177,80	47746,23	42387,48	490361,22
2022	54393,90	77023,44	81668,86	80712,43	25062,76	39292,01	35467,41	384993,23
2023	58798,82	85310,35	92150,11	89324,48	27050,38	43193,57	39202,41	424442,59
2024	58355,17	82407,90	86980,43	86647,72	26813,33	41925,89	37554,27	411127,99
2025	63971,23	93203,75	100341,18	98773,47	30004,46	46149,85	41806,25	461698,34
2026	45368,07	68030,57	76606,89	75559,67	21969,18	35343,76	32871,96	347108,46
2027	58339,00	85176,24	91512,97	87919,57	27270,04	41223,51	37243,25	416882,16
2028	74123,35	103262,03	107032,02	109010,88	34602,51	51186,64	45394,71	512083,77
2029	57008,53	84412,87	92869,57	91481,98	27948,31	41440,28	38195,27	421721,36
2030	76367,50	104490,34	107521,47	112382,84	36656,91	50902,12	44739,29	520052,48
2031	48895,48	72891,69	80615,46	75593,51	23118,69	35654,43	32661,52	359274,34
2032	56258,66	79942,66	86255,56	86471,13	26127,95	41367,16	37070,08	403851,14
2033	62651,26	90939,46	96608,76	90380,50	27775,96	46834,47	42515,32	448232,32
2034	68728,44	97324,59	105724,06	109015,24	33391,37	48962,93	44204,82	494423,89
2035	60382,21	91319,13	102434,27	98425,52	29135,89	45537,26	42103,16	456440,17
2036	48249,34	70149,02	78285,13	78445,90	23646,18	35592,70	32330,35	357136,16
2037	63414,64	92384,77	101595,70	100793,65	30722,47	46818,71	43003,66	467198,31
2038	64816,68	88765,66	92953,60	95244,29	30362,57	43524,54	38333,18	442311,54
2039	52286,63	74669,70	79020,47	77532,97	24075,93	38590,85	34767,01	373149,58
2040	53798,12	79916,97	86757,86	79208,76	23797,09	41152,54	37838,78	393687,61
2041	55129,45	75704,73	78238,94	75023,64	23758,47	41435,00	37114,84	381488,86
2042	67130,09	97096,48	106450,58	108958,43	33501,71	48231,90	43711,02	491693,34
2043	67037,68	95478,62	101597,38	102394,89	31804,16	47731,21	42978,57	477121,33
2044	49794,40	72008,65	79981,72	81189,97	24824,68	34892,24	31638,96	363156,95
2045	63118,72	90301,47	96434,00	94198,58	29022,72	47041,01	42610,54	453414,52
2046	68994,59	98111,45	102340,79	100046,20	31644,72	48726,51	43953,35	482547,18
2047	69303,29	103603,63	113437,52	108807,48	32852,44	50564,88	46382,48	510266,36
2048	59773,72	86443,46	94410,50	96158,60	30215,81	41031,37	37122,01	431982,04
2049	65595,07	95206,92	103185,55	101917,90	31425,18	48562,89	44296,85	479165,43
2050	53367,95	75392,45	79534,85	78052,45	24712,47	37695,65	33819,04	373778,41

Çizelge 4 Bölgeler arası yıllık akış hacmi miktarları

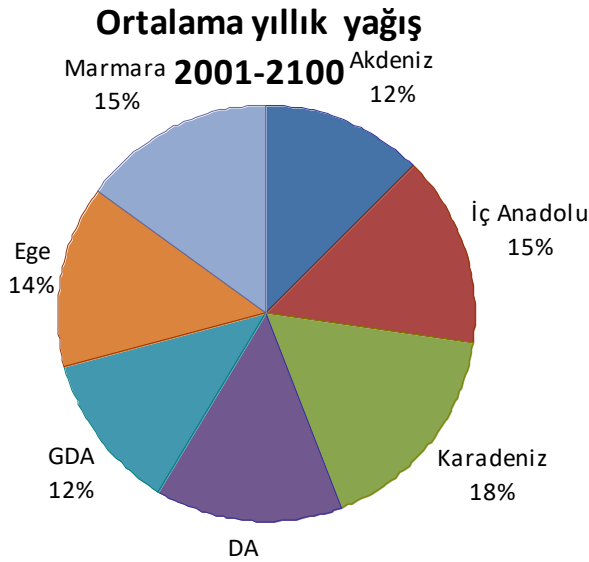
Yıllar	Akış Hacmi (Mm ³ /yıl)							
	Akdeniz	İç Anadolu	Karadeniz	Doğu Anadolu	Güneydoğu Anadolu	Ege	Marmara	Türkiye
2001	21350,88	30763,15	32659,74	30815,06	9529,67	15727,98	14243,82	151776,85
2002	21839,19	31836,22	34749,70	34707,01	10591,24	15941,24	14516,65	160001,33
2003	21550,17	31838,66	35339,63	35457,63	10547,47	15949,72	14617,46	160800,64
2004	20560,14	30296,76	31902,38	29150,48	9089,45	14870,53	13533,30	145795,97
2005	19296,28	28359,60	30775,06	28881,81	8985,35	14132,04	12978,59	140012,43
2006	19871,32	28283,59	30048,68	29657,41	9365,48	13896,11	12464,36	139967,81
2007	20631,85	30242,34	32933,66	31758,70	9818,36	14862,69	13655,52	149939,32
2008	22027,70	32290,81	35793,80	36489,27	11151,04	15564,55	14248,68	162596,15
2009	19393,36	28201,08	30414,14	28789,41	8846,73	14342,51	13035,96	139771,99
2010	22098,30	31241,27	32938,15	32744,49	10268,42	15797,27	14085,55	155547,23
2011	26193,83	37108,70	38569,23	37258,53	11836,08	18453,16	16481,57	181649,33
2012	18307,78	26293,57	28353,90	28123,83	8675,43	13335,74	11996,58	131874,40
2013	17901,51	25470,21	27823,96	28286,57	8700,19	12914,67	11677,92	129523,40
2014	19515,18	28265,32	31201,68	32105,09	9886,20	13501,67	12212,28	142180,60
2015	19811,45	28828,63	31247,38	30930,78	9379,82	14375,04	13027,24	143735,94
2016	17939,30	27063,67	30049,94	27431,58	8066,74	14166,66	13110,36	134826,91
2017	15234,89	23390,20	26088,99	23617,73	6859,83	12156,00	11324,88	115968,49
2018	19202,51	27408,23	29362,63	28593,92	8967,19	14043,25	12682,57	137287,24
2019	23217,12	32682,09	35225,94	37373,72	11706,88	15609,05	13944,22	164721,93
2020	19582,76	28253,24	31018,84	30622,61	9458,07	13705,67	12392,72	140873,63
2021	24595,70	34229,48	36358,22	37562,71	11962,23	16711,18	14835,62	171626,43
2022	19037,86	26958,21	28584,10	28249,35	8771,96	13752,20	12413,59	134747,63
2023	20579,59	29858,62	32252,54	31263,57	9467,63	15117,75	13720,84	148554,91
2024	20424,31	28842,77	30443,15	30326,70	9384,66	14674,06	13143,99	143894,80
2025	22389,93	32621,31	35119,41	34570,72	10501,56	16152,45	14632,19	161594,42
2026	15878,82	23810,70	26812,41	26445,88	7689,21	12370,32	11505,18	121487,96
2027	20418,65	29811,68	32029,54	30771,85	9544,52	14428,23	13035,14	145908,75
2028	25943,17	36141,71	37461,21	38153,81	12110,88	17915,32	15888,15	179229,32
2029	19952,99	29544,50	32504,35	32018,69	9781,91	14504,10	13368,35	147602,48
2030	26728,62	36571,62	37632,51	39334,00	12829,92	17815,74	15658,75	182018,37
2031	17113,42	25512,09	28215,41	26457,73	8091,54	12479,05	11431,53	125746,02
2032	19690,53	27979,93	30189,45	30264,90	9144,78	14478,51	12974,53	141347,90
2033	21927,94	31828,81	33813,07	31633,18	9721,59	16392,06	14880,36	156881,31
2034	24054,96	34063,61	37003,42	38155,33	11686,98	17137,02	15471,69	173048,36
2035	21133,77	31961,69	35851,99	34448,93	10197,56	15938,04	14736,11	159754,06
2036	16887,27	24552,16	27399,79	27456,06	8276,16	12457,45	11315,62	124997,66
2037	22195,12	32334,67	35558,50	35277,78	10752,86	16386,55	15051,28	163519,41
2038	22685,84	31067,98	32533,76	33335,50	10626,90	15233,59	13416,61	154809,04
2039	18300,32	26134,39	27657,17	27136,54	8426,58	13506,80	12168,45	130602,35
2040	18829,34	27970,94	30365,25	27723,07	8328,98	14403,39	13243,57	137790,66
2041	19295,31	26496,66	27383,63	26258,27	8315,46	14502,25	12990,20	133521,10
2042	23495,53	33983,77	37257,70	38135,45	11725,60	16881,17	15298,86	172092,67
2043	23463,19	33417,52	35559,08	35838,21	11131,45	16705,92	15042,50	166992,46
2044	17428,04	25203,03	27993,60	28416,49	8688,64	12212,28	11073,64	127104,93
2045	22091,55	31605,51	33751,90	32969,50	10157,95	16464,35	14913,69	158695,08
2046	24148,11	34339,01	35819,28	35016,17	11075,65	17054,28	15383,67	168891,51
2047	24256,15	36261,27	39703,13	38082,62	11498,35	17697,71	16233,87	178593,23
2048	20920,80	30255,21	33043,68	33655,51	10575,54	14360,98	12992,71	151193,71
2049	22958,27	33322,42	36114,94	35671,26	10998,81	16997,01	15503,90	167707,90
2050	18678,78	26387,36	27837,20	27318,36	8649,36	13193,48	11836,66	130822,44

5. TÜRKİYE GENELİ SU DURUMU

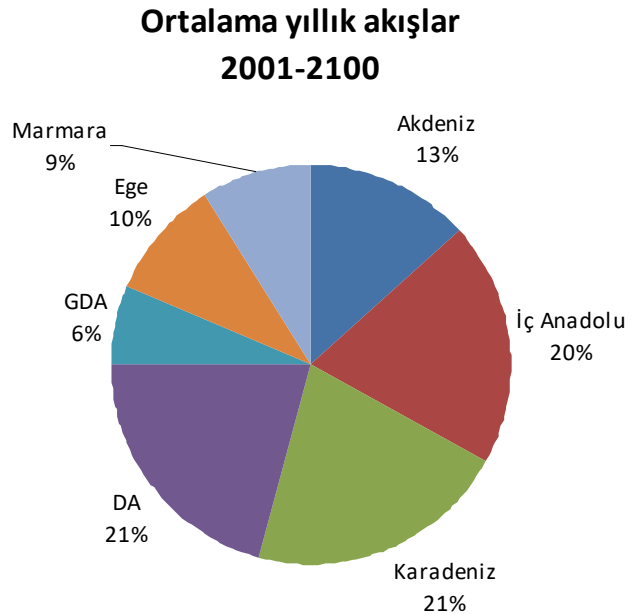
Önceki çizelgelerde belirtilen değerler esas alınarak Türkiye'nin 7 coğrafi bölgesindeki su miktarları Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5 Türkiye Su Miktarı

Alan	Yağış		Akış	Yağış		Akış	Yağış		Akış
	(mm/yıl)	(Mm ³ /yıl)	(Mm ³ /yıl)	(mm/yıl)	(Mm ³ /yıl)	(Mm ³ /yıl)	(mm/yıl)	(Mm ³ /yıl)	(Mm ³ /yıl)
	En küçük			Ortalama			En büyük		
Türkiye	393,64	306843,24	37588,30	538,36	419654,79	146879,17	691,30	538864,59	188602,61
Akdeniz	328,53	40385,43	4947,22	470,57	57846,08	20246,13	621,24	76367,50	26728,62
İç Anadolu	398,85	60226,59	7377,76	556,55	84039,06	29413,67	724,70	109429,32	38300,26
Karadeniz	471,28	67645,57	8286,58	635,90	91275,27	31946,34	804,43	115465,97	40413,09
Doğu A.	382,83	63333,73	7758,38	541,77	89628,66	31370,03	679,31	112382,84	39334,00
Güneydoğu	308,09	18231,75	2233,39	464,26	27472,96	9615,54	619,46	36656,91	12829,92
Ege	383,55	30300,35	3711,79	531,76	42009,02	14703,16	691,89	54659,52	19130,83
Marmara	409,98	27594,32	3380,30	567,73	38211,94	13374,18	740,24	49822,86	17438,00



Şekil 2 Coğrafi bölgeler arası yıllık ortalama yağış dağılımı (DA = Doğu Anadolu; CDA = Güneydoğu Anadolu)



Şekil 3 Coğrafi bölgeler arası yıllık ortalama akış dağılımı (DA = Doğu Anadolu; CDA = Güneydoğu Anadolu)

6. SONUÇLAR

Bu makalede, Su Vakfı tarafından İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi – İSKİ'ye yapılmış olan "İklim Değişikliği ve Türkiye Su Kaynaklarına Etkisi" isimli projeden (Şen ve diğerleri, 2010) alınmış kısa bir kısımdan bahsedilmiştir. Elde edilen genel sonuçlar aşağıdaki gibidir.

1) Ortalama olarak değişik senaryolara göre Türkiye üzerine düşen yağış miktarları şimdiye kadar söylenen yıllık 500 milyar metre küp civarında kalmaktadır.

Önceki çizelgelerden elde edilen yüzde yağış ve akış miktarlarının 2100 yılına kadar değişik bölgelerdeki miktarları Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterilmiştir.

2) Genel olarak ortalama akışlarda da fazlaca farklılıklar görülmemektedir. Bunun anlamı, iklim değişikliği sonucunda Türkiye'deki toplam su miktarında değişimin beklenmemesidir. Başka bir deyişle suyun miktarı yaklaşık olarak aynı kalmasına mukabil Güneydoğu, İç Anadolu ve Ege bölgelerinde azalmalar beklenirken özellikle Doğu Karadeniz ve Güneybatı Akdeniz bölgelerinde artışların olması beklenmektedir. Ayrıca yapılan çalışma sonunda kurak ve sulak sürelerin sıklık, süre ve şiddetleri değişmektedir. Yapılan çalışmada bunların değişik risk seviyelerindeki davranış biçim-

leri hesaplanmıştır. Bundan sonraki yıllarda iklim değışikliği ile mücadele ederek uyum sağlamak için yapılan bu risk çalışmalarına uyulması tavsiye edilmektedir.

3) Ancak kuraklık planlamalarında her zaman en düşük ve taşkın planlamalarında ise her zaman en yüksek miktarlar göz önünde tutulmalıdır.

7. KAYNAKLAR

- Erinç S. (1996). Klimatoloji ve Metodları , Alfa Basım, İstanbul.
- Şen, Z. (2002). Su Bilimi ve Yöntemleri. Su Vakfı, 200 sayfa.
- Şen Z, Uyumaz A., Öztopal A., Cebeci M., Küçükmehtemođlu M., Erdik T., Sırdaş S., Şahin A.D., Geymen A., Ceylan V., Ođuz S., Karsavran Y., (2010). İklim Değişikliğinin İstanbul Ve Türkiye Su Kaynakları Geleceđine Tesirleri Projesi Nihai Raporu. İSKİ Projesi, 552 sayfa.

SU VAKFI İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KÜLLİYESİNDE DAHA ÖNCE YAYINLANAN BÜLTENLER

SAYI 1	Atmosferdeki CO ₂ Seviyesi 400 ppm'i Aştı <i>Ahmet ÖZTOPAL</i>
2016 Aralık (December)	
TÜRKÇE	



SU VAKFI

Libadiye Cad. Doğanay Sokak No:6 Kat:4 Üsküdar İstanbul
Tel: (216) 412 3383 - Faks: (216) 412 3390
suvakfi@suvakfi.org.tr - www.suvakfi.org.tr