

## KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SU KAYNAKLARI VE TARIMSAL SULAMAYA ETKİLERİ

Rıza KANBER<sup>1</sup>; Ruhi BAŞTUĞ<sup>2</sup>; Dursun BÜYÜKTAŞ<sup>3</sup>; Mustafa ÜNLÜ<sup>4</sup>; Burçak KAPUR<sup>5</sup>

### ÖZET

Bilim çevrelerinde yaklaşık yüz yıldır bilinmekte ve tartışılmakta olan küresel ısınma sorununun neden olduğu iklim değişikliği günümüzde, en büyük çevresel, sosyal ve ekonomik tehditlerden birisi olarak kabul edilmektedir.

İklim değişikliğinin etkileri şimdiden gözlenmekte ve gelecekte daha da belirgin hale geleceği kestirilmektedir. İklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin önlenme düzeyi, ülkelerin güncel katkılarıyla belirsizlikler taşımaktadır. Bu nedenle iklim değişiminin toplum üzerindeki olumlu veya olumsuz etkilerinin saptanmasına gerek vardır. Ancak, böylece gelecekte iklim değişikliği yüzünden ortaya çıkabilecek sorunlarla savaşılabilecek stratejilerin oluşturulması gerçekleştirilebilecektir.

Değişikliğin su kaynakları üzerindeki etkisi, yağış özelliklerinin değişmesinden kaynaklanmaktadır. Yağışlarda iklim nedeniyle meydana gelen değişimler, hidroloji ve su kaynakları için çok önemli sonuçlar doğurabilir niteliktedir. Türkiye’de yapılan çalışmalarda, aylık ortalama sıcaklıkların 2070’li yıllarda, 2-3 °C dolaylarında artacağı, Adana-Samsun hattının batısında kalan yörelerde her 10 yılda bir yoğun kuraklıkların yaşanacağı kestirilmektedir. Yağışın %25 azalacağı, kar erimeleri sonucu oluşan yüzey akışının şimdiye göre 2-3 ay önce meydana geleceği öngörülmektedir.

İklim değişikliği nedeniyle bir çok tarım ürününün üretim alanı, ekim/dikim zamanları değişecektir. Artan kış sıcaklıklarından dolayı, buğday Aşağı Seyhan Ovası (ASO)’nda ekilmeyecektir. Mısır bitkisiyle birlikte, Seyhan Havzası’nın daha kuzey kesimlerinde yazlık olarak yetiştirilecektir. ASO’nda meyve ve sebze gibi bitkiler yetiştirilecektir. Buğday, mısır ve pamuk gibi temel bitkilerde, sırasıyla, %6, 33 ve 18 verim azalışları görülecektir.

İklim değişikliği yüzünden, bölgenin temel bitki dokusunda önemli değişiklikler meydana gelecek, orman sınırı daha yukarılara çekilecektir. Mera alanları daralacak, sürü yetiştiriciliği kalkacak, ahır-ağıl yetiştiriciliğine dönüşecektir.

İklim değişikliği nedeniyle sıcaklıkların artması, su kaynaklarının azalması, suya olan istemi önemli ölçüde artıracaktır. Bu, aynı zamanda, nüfus artışı ve endüstriyel gelişme nedeniyle, çok önemli su stresine neden olacaktır. Anılan durum, Türkiye’de tarımdaki su kullanımının azaltılmasını zorunlu kılacaktır. Ayrıca, küresel ısınma nedeniyle topraklarda tuzluluk-alkalilik gibi sorunlar da ortaya çıkacak ve sürekli artacaktır.

**Anahtar Sözcükler:** İklim değişikliği, Su kaynakları, Tarım, Bitkisel verim

<sup>1</sup> Prof. Dr. Ç.Ü. Zir. Fak. Tar. Yap. ve Sul. Böl., Adana

<sup>2</sup> Prof. Dr. A.Ü. Zir. Fak. Tar. Yap. ve Sul. Böl., Antalya

<sup>3</sup> Doç.Dr. A.Ü. Zir. Fak. Tar. Yap. ve Sul. Böl., Antalya

<sup>4</sup> Doç.Dr. Ç.Ü. Zir. Fak. Tar. Yap. ve Sul. Böl., Adana

<sup>5</sup> Ar.Gör. Ç.Ü. Zir. Fak. Tar. Yap. ve Sul. Böl., Adana

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Genel Bilgiler

Atmosferde meydana gelen olayların uzun süreli etkisi iklim olarak tanımlanmaktadır. İklim, yerkürenin tarihi süresince değişme eğilimi göstermiştir. Değinilen değişim, 19. yüzyılın ortasına, sanayi devrimine dek doğal etkiler sonucunda meydana gelmiş; daha sonraki değişimlerde insan etkisinin önemli ölçüde payı olduğu saptanmıştır. Anılan tarihten sonra, küresel iklim değişimi ve buna bağlı olarak ortaya çıkan; örneğin, çevre kirliliği, çölleşme, erozyon, deniz kirliliği, hayvan ve bitki türlerinin yok olması ve toprakların bozulması gibi sorunlar, yoğun bir şekilde yaşanmaya başlanmıştır. Günümüzde tarım ve su kaynakları, konu edinilen sorunlardan, özellikle iklim değişikliğinden en fazla etkilenen kesimlerin başında gelmektedir.

Küresel ısınmanın en önemli nedeni sera gazları ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) salımlarıdır (emisyon). Bunlardan, özellikle  $\text{CO}_2$  salımı önemlidir. Atmosferdeki  $\text{CO}_2$  birikimleri, 1750 yılından beri yaklaşık % 30 oranında artmıştır. Endüstriyel dönemden önce yaklaşık 280 ppmv, 1999'da 370 ppmv olan  $\text{CO}_2$  birikiminin 21. yüzyılın sonuna dek 700 ppmv'ye ulaşacağı öngörülmektedir. Atmosferik  $\text{CO}_2$  in artmasına, anılan gazın antropojenik salımları neden olmuştur. Salımların, yaklaşık, %75'i fosil yakıtların kullanılması sonucunda ortaya çıkmıştır (IPCC, 1996). İnsan etkinlikleri sonucu oluşan ve atmosfere verilen sera gazı birikimlerindeki artışlar, yerküre'nin uzun dalgalı ısınım yoluyla soğuma etkinliğini zayıflatmakta ve onun pozitif ışımsal zorlama ile daha fazla ısınmasına neden olmaktadır. Atmosferin enerji dengesine yapılan bu olumlu (pozitif) katkı, sera etkisi olarak adlandırılır. Olay, yerküre atmosferindeki doğal sera gazları yardımıyla yüz milyonlarca yıldan beri çalışmakta olan bir etkinin, doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi anlamını taşımaktadır. Artan sera etkisinden kaynaklanan küresel ısınmanın büyüklüğü, her sera gazının artış miktarına, gazların ışımsal özelliklerine, atmosferik yaşam sürelerine ve öteki sera gazlarının birikimlerine bağlıdır (Kanber ark., 2007).

Küresel ısınmanın, su sağlama üzerinde önemli etkileri olacağı kesindir ve yağış değişkenliğinin artması, tarım sektöründe önemli sorunlar oluşturacaktır. Daha sıcak iklim hidrolojik döngüyü hızlandıracak, yağış ve evapotranspirasyonunun (ET) küresel miktarlarında artış olacaktır. Dağlardaki karın erimesinden oluşan yüzey akış gibi, yağışın zamansal dağılımı da tarihsel biçimlerinden farklılık gösterebilir. Bu değişikliklerin bazılarının halen gerçekleştiği açıktır, ancak bölgesel etkileri iyi bir biçimde bilinmemektedir. Hidrolojik belirsizlikler; özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, yağış ve sıcaklıktaki görece olarak küçük değişikliklerin hem yüzey akışı hem de ET'nin hacmi ve zamanlaması üzerinde oldukça büyük etkilere sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Kısaca, küresel ısınmanın görünümü sulamacıları ve bir bütün olarak toplumu önemli yeni belirsizlikler ve sorunlar ile karşı karşıya bırakmaktadır. Bu faktörlerin hepsi sadece giderek kötüleşen bir su istemi krizi yaratmıştır (Hoffman ve Evans, 2007).

İklimin karmaşıklığı ve doğal değişkenliği, insanın iklim üzerine yapmış olduğu etkinin kanıtlanmasını güçleştirmektedir. Bu nedenle araştırmacılar, kapsamlı bilgisayar modelleri kullanarak (GCM), gelecekte dünya sıcaklığının, ortalama olarak, 1.5-4.5 °C yükselebileceğini (troposfordeki insan kaynaklı  $\text{SO}_4$  aerosollerinin kısmen ısınma eğilimini azaltmasına karşın), sel ve kuraklık gibi iklim olaylarının sıklığını arttırabileceğini ve belirli düzeylerde bölgesel sıcaklık ve yağış dağılımını değiştirebileceğini kestirmişlerdir (IPCC, 1996).

Söz konusu bu kestirimlerin taşıdığı birçok belirsizliğe karşın iklim değişikliği, açıkça, insanların gönencini ve ekonomik düzeylerini önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca, iklim değişikliklerinin olumsuz etkilerinin önlenme düzeyi, ülkelerin güncel katkılarıyla belirsizlikler taşımaktadır (bugün yapılan önlem çalışmalarının ne kadar etkili olduğu belirsizdir-bilinmemektedir). Bu nedenle iklim değişiminin toplum üzerindeki olumlu/olumsuz etkilerinin saptanmasına gerek vardır. Ancak, böylece gelecekte iklim değişikliği yüzünden ortaya çıkacak sorunlarla savaşabilecek stratejilerin oluşturulması gerçekleştirilebilecektir (Mendelson ve ark., 1994). Bu bildiride küresel iklim değişikliğinin su kaynakları ve tarımsal sulama üzerinde oluşturacağı etkiler incelenecek ve söz konusu kaynakların tarımsal alanda etkin kullanımına ilişkin uyum sağlayıcı yaklaşım, teknik, önlem ve öneriler irdelenecektir.

## 1.2. Küresel İklim Sisteminin Korunmasına Yönelik Yapılan Çalışmalar

Küresel ısınma sorunu, bilim çevrelerinde yaklaşık yüz yıldır bilinmekte ve tartışılmaktadır. Atmosferin bileşimi ve değişiminin iklimi etkileyebileceği ilk kez 1896 yılında, Nobel ödülü sahibi İsveçli bilim adamı Arrhenius tarafından öngörülmüştür (Duygu, 2008). Ancak küresel ısınmanın olumsuz etkilerinin etraflıca tartışılması konusunda ilk uluslararası ciddi adım, 1979 yılında atılmıştır. Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (WMO) öncülüğünde düzenlenen Birinci Dünya İklim Konferansı'nda konunun önemi, dünya ülkelerinin dikkatine sunulmuştur. Bu konferansı izleyen uluslararası etkinlikler, artmakta olan CO<sub>2</sub> derişiminin, küresel iklim sistemi ve bölgesel iklimler ile atmosfer-okyanus-biyosfer ortak sistemi içerisindeki karbon döngüsü üzerine olan etkilerini ve bu etkilerin sosyo-ekonomik sonuçlarını araştırmak gerektiğini ortaya koymuştur. Çok sayıda bilim adamının katıldığı çalışma toplantıları, seminerler ve sempozyumlar, yalnızca 1979'daki düşünceleri kuvvetlendirmekle kalmamış, küresel ısınmanın ortaya çıkardığı tehdit konusunda dünyada örneği çok az görülen bilimsel bir uzlaşma ortamı oluşturmuştur.

Ardından 1985 ve 1987 yıllarında Villach'ta (Avusturya) ve 1988'de Toronto da düzenlenen toplantılar, dikkatleri ilk kez iklim değişikliği karşısında siyasal seçenekler geliştirilmesi konusu üzerinde toplamıştır. 1988 yılında düzenlenen Değişen Atmosfer konulu Toronto Konferansı'nda uluslararası bir hedef olarak, küresel CO<sub>2</sub> salımlarının 2005 yılına kadar % 20 azaltılması ve protokollerle geliştirilecek olan bir çerçeve iklim sözleşmesinin hazırlanması önerilmiştir. Aralık 1988 de Malta'nın girişimiyle, BM Genel Kurulu'nun İnsanoğlunun Bugünkü ve Gelecek Kuşaklar için Küresel İklimin Korunması konulu 43/53 sayılı kararı kabul edilmiştir. Küresel ısınmadan kaynaklanan iklim değişikliğinin önlenmesi konusunda küresel bir anlaşmaya yönelik sondan bir önceki adım, 29 Ekim-7 Kasım 1990 tarihleri arasında Cenevre'de yapılan İkinci Dünya İklim Konferansıdır. Hem konferans sonuç bildirisini, hem de Bakanlar Deklarasyonu; BM Çevre ve Kalkınma Konferansında imzaya açılmak üzere, bir iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi görüşmelerine ivedilikle başlanması açısından tarihsel bir önem taşımaktadır. Sera gazı salımlarını belirli bir düzeyde tutma ya da belirlenen bir yıla kadar istenen oranda azaltma girişimlerinin sonuncusu ve en önemlisi Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'dir. Haziran 1992'de Rio'da yapılan BM Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda imzaya açılan sözleşme, 21 Mart 1994'te yürürlüğe girmiş ve bu güne kadar yaklaşık 184 ülke tarafından imzalamıştır. Sözleşmenin son amacı atmosferdeki sera gazı birikimlerini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkileri önleyebilecek bir düzeyde durdurmak biçiminde tanımlanmıştır. Sözleşmenin ana çerçevesini oluşturan sera gazı salımlarıyla ilgili yükümlülükler ise gelişmiş ülkelerin insan kaynaklı 11 sera gazının salımlarını 2000 yılına kadar 1990 yılındaki düzeyine indirmeleri şeklinde yer almıştır. İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, uluslararası toplumun küresel iklim sistemini korumak için gerçekleştirmiş olduğu ilk önemli yasal adım olarak kabul edilmiştir. Taraflar Konferansının 28 Mart-7 Nisan 1995 tarihlerinde Berlin'de yapılan 1. Toplantısı ise özellikle gönüllü çevre kuruluşlarınca küresel ısınmayı önlemeye yönelik önemli ve aynı zamanda tarihsel bir fırsatın kaçırıldığı bir toplantı olarak nitelendirilmiştir. Bunun nedeni, Berlin Buyruğu'nun özellikle CO<sub>2</sub> salımlarını 2000 yılından sonra küresel ölçekte ve önemli ölçüde azaltan ve yasal bağlayıcılığı olan bir protokolü içermemiş olmasıdır. Berlin Konferansı'na katılan birçok ülke ve Avrupa Birliği (AB), gelişmiş ülkelerin sera gazı salımlarını azaltma yükümlülüklerini yeterli bulmayarak, Küçük Ada Devletleri Birliği'nin (AOSIS) protokol önerisini ya da benzer bir protokolün hazırlanmasını desteklemişlerdir. Ancak ne yazık ki Berlin Zirvesinde, dünya kamuoyunun ve bilim çevrelerinin büyük bir dikkatle izlediği OECD Üyesi ülkeler ve geçiş ekonomilerine sahip ülkelerin ulusal CO<sub>2</sub> salımlarını 2005 yılına kadar 1990'daki düzeyine göre % 20 azaltmalarını içeren AOSIS protokol önerisi veya başka protokoller üzerinde anlaşma sağlanamamıştır (DPT, 2000).

İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin 3. Taraflar Konferansı 1-10 Aralık 1997'de Japonya'nın Kyoto kentinde yapılmıştır. Dünya'nın çok önem verdiği bu toplantıda CO<sub>2</sub> ve öteki sera gazlarının salımlarını 1990'daki düzeylerinin altına indirmeyi amaçlayan bir protokolün ya da başka bir yasal düzenlemenin kabul edilmesi beklenmekteydi. Konferans öncesinde konuyla ilgili bir kaç seçenek bulunmaktaydı. Bunların en köktenci olanı, AOSIS'in Berlin'de savunduğu öneriydi. Diğer seçenek ise AB'nin CO<sub>2</sub> ve öteki sera gazı salımlarını 2010 yılına kadar 1990 düzeyinin % 15 altına indirilmesi önerisiydi. Öneriye göre bu hedefin % 7.5'i 2005'e kadar gerçekleştirilecekti. AB'nin bu hedefi birçok ülke tarafından desteklenmesine karşılık; ABD, Japonya, Avustralya ve

Kanada gibi bazı gelişmiş ülkeler salımlarını 1990'daki düzeyinin altına çekilmesi konusunda Rio'dan beri sağlanan ilerlemelere uymayan bir davranış sergilemişlerdir. Sonuç olarak, iklim değişikliğinin ve olası etkilerinin önlenmesi açısından Kyoto'dan beklenenler gerçekleşmemiş, küresel iklim sisteminin korunması için bilimsel olarak saptanmış gerekli azaltma oranları kabul edilmemiştir. Tüm bu hayal kırıklıklarına, eksiklik ve zayıflıklarına rağmen, Kyoto Konferansının en önemli çıktısı olan Kyoto Protokolü, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin hedeflenen amacına ulaşma yolunda önemli bir uluslararası adım olmuştur (DPT, 2000).

Kyoto Protokolü'nün geçerlik kazanabilmesi için protokolü onaylayan ülkelerin 1990 yılındaki sera gazı salımlarının, Dünyadaki toplam sera gazı salımının % 55'ini oluşturması ve onaylayan ülke sayısının da en az 55 olması gerekmektedir. Gerekli orana, Çin ve Rusya'nın da protokolü onaylamasıyla ulaşıldı ve protokol Şubat 2005'te yürürlüğe girdi. Daha sonra Avustralya'nın da protokolü onaylamasıyla, şu anda protokolü onaylamayan tek ülke olarak ABD kalmıştır (Tomanbay, 2008). Türkiye'nin Kyoto Protokolü'ne katılma kararı ise 5 Şubat 2009'da TBMM Genel Kurulu'nda kabul edilen 5836 sayılı yasanın 13 Mayıs 2009 tarih, ve 27227 sayılı Resmi Gazetede yayımlanması ile yasalaşmıştır (Bölgesel Çevre Merkezi, 2009).

Kyoto Protokolü, dünya sera gazı salımlarının 2008-2012 yılları arasında 1990 yılındaki miktarının % 5.2'si kadar azaltılmasını böylece 2012 yılında atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarının 8 milyar ton yerine 7.6 milyar ton olacağını öngörmekteydi. Ancak toplam salımın % 36'sından sorumlu ABD'nin taraf olmaması nedeniyle hedeflenen % 5.2 rakamına ulaşılamayacağı, azalmanın % 2 civarında olacağı belirtilmektedir (Kadioğlu, 2006).

Kyoto Protokolü'nün, sera gazı salımlarının azaltılmasını hükme bağladığı süre 2012'de dolacağından, bu tarihten sonrası için yeni bir sözleşme ve hedeflere gereksinim vardır. Bu yöndeki en önemli çalışma 2-14 Aralık 2007 tarihleri arasında Endonezya'nın Bali adasında Birleşmiş Milletler öncülüğünde gerçekleştirilen "Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı 2007" isimli ve 180 ülkeden temsilcinin katıldığı konferanstır. Konferansta, 2009 yılı sonuna kadar sonuçlandırmak üzere 2012 sonrasında Kyoto Protokolü'nün yerini dolduracak yeni bir uluslararası iklim değişikliği anlaşmasının yapılmasını sağlayacak yol haritası belirlenmiş ve karara bağlanmıştır. Bali Konferansında 2009 yılına kadar tartışmalara yön verecek uyum fonu, teknoloji transferi ve ormansızlaşma sonucu ortaya çıkacak sera gazları salım oranlarının azaltılması gibi konularda da önemli kararlar alınmıştır (Tomanbay, 2008).

## 2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Küresel iklim sistemi, yerküre atmosferinin oluşumundan beri, tüm zaman ve alan ölçeklerinde değişmiştir. Bu durum, iklimin kendi doğal özelliğidir ve doğrudan güneşteki, atmosferdeki veya yerküre/atmosfer birleşik sisteminin öteki bileşenlerindeki doğal değişikliklerle ilişkilidir. Ancak, 19. yüzyılın ortasında, iç ve dış etmenlerle ilişkili doğal değişime ek olarak, ilk kez insan eylemlerinin de küresel iklimi etkilediği, yeni bir döneme girilmiştir. Bu yüzden, günümüzde iklim değişikliği, atmosferdeki sera gazı birikimlerini arttıran insan etkinlikleri dikkate alınarak, tanımlanabilmektedir. İklim değişikliği, Birleşmiş Milletler **İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi**'nde, "Karşılaştırılabilir bir zaman diliminde gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan ya da dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik" biçiminde tanımlanmıştır (İDÖİKR, 2000).

İklim değişikliği günümüzde, en büyük çevresel, sosyal ve ekonomik tehditlerden birisi olarak kabul edilmektedir. Değişikliğin etkileri şimdiden gözlenmekte ve gelecekte daha da belirgin hale geleceği kestirilmektedir. İklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin önlenme düzeyi, ülkelerin güncel katkılarıyla belirsizlikler taşımaktadır. Bu nedenle iklim değişiminin toplum üzerindeki olumlu/olumsuz etkilerinin saptanmasına gerek vardır. Ancak, böylece gelecekte iklim değişikliği yüzünden ortaya çıkabilecek sorunlarla savaşabilecek stratejilerin oluşturulması gerçekleştirilebilecektir.

### 2.1. İklim Değişikliğinin Nedenleri

Güneşten gelen kısa dalga radyasyonu, yeryüzünde ve atmosferde uzun dalga radyasyonu olarak tutulur; atmosfer ve okyanus dolaşımıyla yeryüzünde dağılır ve yer radyasyonu olarak

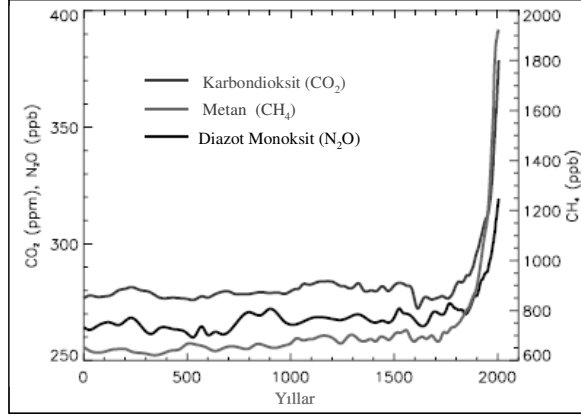
atmosfere geri verilir. Bunun bir bölümü, bulutlarca ve atmosferdeki sera gazlarınca soğurularak atmosferden tekrar geri salınır. Bu sayede yerküre yüzeyi ve alt atmosfer ısınır. Yerküre'nin beklenenden daha fazla ısınmasını sağlayan ve ısı dengesini düzenleyen bu sürece doğal sera etkisi denilmektedir (Türkeş ve ark., 2000). Günümüzde, sözü edilen küresel *iklim değişikliği* ise, atmosfere salınan sera gazı birikimlerindeki hızlı artışın doğal sera etkisini kuvvetlendirmesi sonucunda yerküre'nin ortalama yüzey sıcaklığındaki artışı ve iklimde oluşan değişiklikleri tanımlamaktadır. Fosil ve biyokütle yakıtlarının kullanılması, insan kaynaklı sera gazı salımlarının en büyük kaynağını oluşturmaktadır. Çimento üretimi, karbondioksit, tarımsal işlevler ve katı atık depolama sahaları, metan gazı; gübre kullanımı ve naylon üretimi, diazot monoksit; buzdolabı ile soğutucular ise florine gazı salmaktadır. Arazi kullanımındaki değişiklikler de iklim sistemini önemli ölçüde etkilemektedir. Tarım amaçlı kullanım için arazi açılması, koyu renkli yüzeyi genişleterek güneş radyasyonunun emilmesine neden olmaktadır. Ayrıca, çayır-meraların açılması, ormanların tahrip edilmesi, CO<sub>2</sub> yutak alanlarını azaltarak, salımları artırmaktadır. Enerji santrallerinin çalışması, orman yangınlarının ve anız yakılmasının sonucu ortaya çıkan dumanlardan üretilen sülfür dioksit gazı da iklimin değişmesini etkilemektedir. Çölleşme, atmosfere geçen toz miktarını artırdığından, güneşten gelen enerjiyi azaltarak, küresel ısınmayı yavaşlatmaktadır. Şehirleşme, şehir ısı adalarının, oluşmasına yol açarak sera etkisini kuvvetlendirmekte ve yerkürenin ısınmasına neden olmaktadır.

Öte yandan güneş ışınımındaki değişimler ve volkanik etkinlikler gibi doğal süreçler de iklimi, normal gidişinin dışına çıkarmaktadır. Güneş üzerindeki patlamalar sonucu oluşan kara lekeler, güneşten gelen kozmik ışınların yoğunluğunu etkilemektedir. Büyük yanardağ patlamaları, sülfat parçacıklarının bulunduğu yerlerden stratosfere büyük miktarda sülfür gazı bırakmalarına neden olmaktadır. Bu stratosferik parçacıklar, birkaç yıl varlıklarını sürdürürler ve güneş ışınlarını yansıtarak iklimin soğumasını sağlarlar. İklim üzerindeki volkanik etkiler kısa ömürlüdür.

#### **2.1.1. Sera Gazları ve Derişimlerdeki Zamansal Değişimler**

Temel sera gazları, daha önce sıralandığı gibi, su buharı (H<sub>2</sub>O), karbondioksit (CO<sub>2</sub>), kloroflorokarbonlar (CFCs) ve halonlar, metan (CH<sub>4</sub>), diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O) ve ozon olarak (O<sub>3</sub>) bilinmektedir. Sera gazlarını, karbonmonoksit (CO) ve nitrik oksit (NO) sera gazlarını dolaylı, ozon ve metan hem doğrudan hem de dolaylı olarak etkilemektedir. Bununla birlikte, atmosferde uzun bir yaşam süresi olan CO<sub>2</sub> üretimi, sera etkisinde birinci derecede önemlidir (Türkeş ve ark., 2000).

Sera gazlarının atmosferdeki birikimleri, antropojenik etkinliklerden dolayı artmaktadır. Genel olarak bakıldığında sera gazı emisyonlarındaki değinilen artış, özellikle 1750'li yıllardan sonra, net olarak gözlemlenmektedir (Şekil 1, Çizelge 1). En önemli sera gazı olan CO<sub>2</sub>'nin atmosferdeki miktarı, 1957 yılından beri düzenli olarak ölçülmektedir. CO<sub>2</sub> salımlarındaki insan kaynaklı artışların şimdiki hızıyla sürdürülmesi durumunda, CO<sub>2</sub> birikiminin 21. yüzyılın sonuna kadar 700 ppmv'ye ulaşacağı öngörülmektedir (IPCC, 1996).



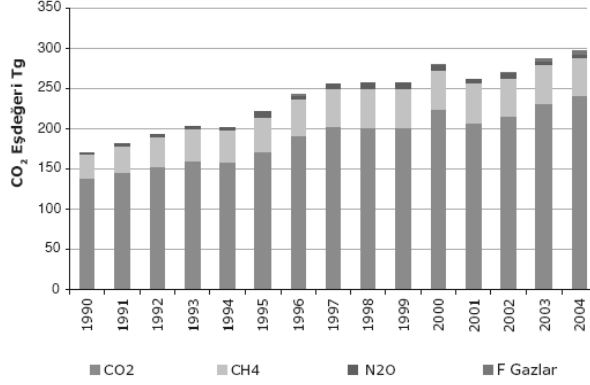
**Şekil 1. En Önemli ve En Uzun Yaşam Süreli Sera Gazlarının 2000 Yıllık Seyri (Foster Ve Ark., 2007)**

Karbondioksitten sonra en önemli gazlar, kloroflorokarbonlar, metan ve diazotmonoksit olarak belirtilmektedir. Kloroflorokarbon bileşenlerinin salımı, tümüyle insan kaynaklıdır. Bunlar, CFC-11 (CFC13), CFC-12 (CCl2F2), CFC-113 (C2Cl3F3), ve CCl4 bileşenleridir ve çözücüler (solvent), soğutma sistemlerinde, spreyler ve köpük üretiminde kullanılmaktadır. Metan (CH<sub>4</sub>) oksijensiz çevrede mikrobik etkinliklerle ile üretilir. Islak alanlarda, petrol ve gaz çıkarılmasında, organik çürümelerle, akarsu havzaları, pirinç üretimi, geniş getiren hayvanların fermentasyonları sonucu üretilir. Diazotmonoksit küresel derişimi, 2000 yılında, 320 ppvb olarak ölçülmüştür. Atmosferdeki yaşam ömrü 150 yıldır. İnsan kaynaklı olarak katı yakıt ve azotlu gübre kullanımı, diazotmonoksitin derişimini artırmaktadır (Çelik ve ark, 2008).

**Çizelge 1. Sera Gazlarının Değişim Oranları ve Kaynakları (Foster Ve Ark., 2007)**

Sera Gazları	Yoğunluk 1750 yılı	Yoğunluk 2005 yılı	Değişim (%)	Doğal ve Yapay Kaynaklar
Karbondioksit	280 ppm	379 ppm	35	Organik çürüme, orman yangınları, volkanlar, fosil yakıtların yanması, ormanların tahrip edilmesi, yanlış toprak kullanımı.
Metan	0.71 ppm	1.78 ppm	150	Islak alanlar, organik çürüme, termitler, doğal gaz ve petrol çıkartılması, pirinç üretimi.
Diazotmonoksit	270 ppb	319 ppb	18	Ormanlar, yeşil alanlar, okyanuslar, toprak işleme, gübreleme, fosil yakıtların yanması.
Kloroflorakarbon (CFCs)	0	868 ppt	-	Soğutucular, spreyler, kimyasal çözücüler.
Ozon	-	Atmosferde enlemlere ve yükseltiye bağlı olarak değişmektedir.	Stratosfer tabakasında azalmakta, yeryüzüne yakın yerlerde artmaktadır.	Güneş ışınlarının doğrudan oksijen molekülleri üzerine etkisi ile doğal olarak gerçekleşmektedir.

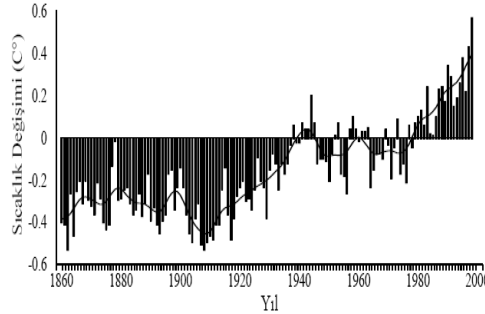
Türkiye'de ise, 1990-2004 yılları arası dönemde nüfus artışı ve sanayileşme sonucu sera gazı salımları, sürekli artmıştır. Ülkedeki arazi kullanım değişikliği ve ormancılık dışındaki toplam sera gazı emisyonu, değinilen dönemde, 170.1 Tg'den 296.6 Tg CO<sub>2</sub> eq'ye yükselmiştir (Şekil 2) (TUİK, 2006).



Şekil 2. 1990-2004 Yılları Arasında Sera Gazı Emisyonları (TÜİK, 2006)

### 2.1.2. Sıcaklık Artışının Zamansal Değişimi

Yeryüzü ve su kütlelerinin ortalama sıcaklığı, 1861'den beri artmaktadır. Bu artış 20. yüzyıl boyunca 0.8 °C dolayındadır (IPCC, 2001). Yerkürede, 1861'den günümüze değin, 1990'lı yıllar en sıcak on yıllık dönem ve 1998 ise aygıtsal ölçüm sürecinin en sıcak yılı olarak kayda geçmiştir. 1950-1993 arasında her 10 yılda ortalama günlük-gececik maksimum yeryüzeyi hava sıcaklıkları, 0.2 °C artmıştır. Değinilen artış, günlük maksimum sıcaklığın 10 yıllık artışlarından 0.1°C daha fazladır. Bir çok orta ve yüksek enlemlerde donsuz mevsimlerin uzaması, artan sıcaklığın sonucu olarak görülmektedir. Söz konusu dönemdeki su kütleleri sıcaklığı, ortalama yer yüzeyi sıcaklığının yarısı kadardır (IPCC, 2001). 1860 ile 1980 ve 1980 ile 2000 yılları arasındaki dönemlerde gerçekleşen küresel sıcaklık artışının aynı, 0.4 °C olması, açıkça, son yıllarda artan insan eylemlerinin iklim üzerindeki olumsuz etkilerini göstermektedir (Şekil 3). Son yıllarda endüstrinin olağan üstü gelişmesi ve fosil yakıt kullanımının artışı, CO<sub>2</sub> salımlarını artırarak; geçmişin 120 yıllık döneminde meydana gelen artış, günümüzün son 20 yılında oluşan sıcaklık artışına eşdeğer hale getirmiştir (IPCC, 2001). Açıklanan nedenlerle Türkiye, küresel ısınmanın potansiyel etkileri açısından risk grubu ülkeler arasındadır. Türkiye'de gözlenen değişikliklerin en göze çarpan özelliği, yaz sıcaklıklarındaki artışlardır. Yaz sıcaklıkları, çoğunlukla, Türkiye'nin batı ve güney batı bölgelerinde artış göstermektedir. Bunun yanısıra, son 50 yıl içinde kış mevsiminde Türkiye'nin batı illerine düşen yağış miktarı, önemli ölçüde azalmıştır (Karaca ve ark., 2000; Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007). Son 70 yılda 70 istasyonda kaydedilen verilere göre, Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklıkların artma eğiliminde olduğu; özellikle Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerindeki sıcaklıkların, her 10 yılda, 0.07-0.34 derece arasında arttığı belirtilmektedir (ATO, 2005). Mann-Kendall trend analizi kullanılarak yapılan bir çalışmada 1930-2003 dönemleri arasında Çukurova bölgesinde yıllık ortalama sıcaklıklarda önemli düzeyde artış saptanmıştır (Kapur ve ark. 2007).



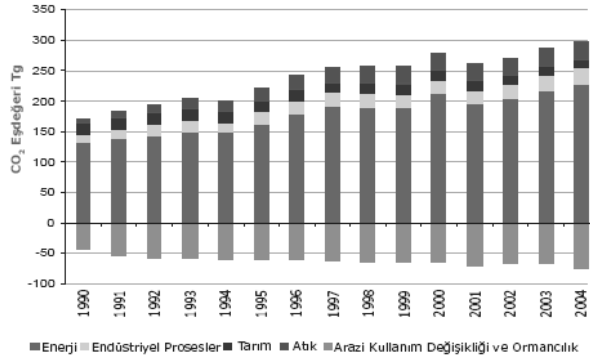
Şekil 3. 1961-1990 Dönemi Ortalamalarından Farklara Göre Hesaplanan Küresel Yıllık Ortalama Yüzey Sıcaklığı Anomalilerinin 1860-1998 Dönemindeki Değişimleri. CRU/UEA (1999) (Türkeş Ve Ark., 2000).

### 2.1.3. Sera Gazı Salımları ve Tarımın Katkısı

Son yıllarda, küresel antropojenik etkilerle atmosfere %77 karbondioksit, %15 metan, %7 diazotmonoksit ve %1 kloroflorokarbonlar salındığı saptanmıştır. Dünya'da sera etkisi yaratan çevre sorunlarının %51.8'i enerji sektöründen, %14.7'si sanayi işlevlerinden, %13.8'i tarımdan, %12.2'si arazi kullanım değişikliklerinden, %3.2'si atıklardan ve %4.3'ü ise diğer kaynakların yarattığı salımlardan kaynaklanmaktadır (WRI, 2005). Bu durumda tarım, sera gazlarının salınımına neden olan 3. en büyük sektördür.

Tarımsal kaynaklı salımların, %1.4 karbondioksit (tarımsal enerji kullanımından), %5.2 diazotmonoksit (tarım topraklarından) ve %5.4' metan ve diazotmonoksit (hayvancılık ve gübrelemeden) oluşmaktadır. Çeltik tarımı %1.5 ve diğer uygulamalar, %1.7 metan ve diazotmonoksit salınımlarına neden olmaktadır (WRI, 2005).

Türkiye, 355 MtCO<sub>2</sub> değeri ile küresel karbondioksit salınımının %1.1'ini üretmekte ve bu konuda 22. sırada yer almaktadır (WRI, 2005). 2004 yılında toplam salımlar içerisinde en büyük payı, % 81.5 ile CO<sub>2</sub> almıştır. Bunu, % 15.6 ile CH<sub>4</sub>, %1.9 ile N<sub>2</sub>O ve %1 ile F gazları izlemiştir. Türkiye'de 2003 yılında kişi başına düşen CO<sub>2</sub> miktarı, 4.1 tondur. Buna karşı, Avrupa Birliğine üye 15 ülkenin kişi başına düşen CO<sub>2</sub> miktarı 10.9 ton dolayındadır (İDBUB, 2008). Türkiye'de, arazi kullanım değişikliği ve ormancılık dışındaki toplam sera gazı salımları, 1990–2004 yılları arasında 170.1 Mt'dan 296.6 MtCO<sub>2</sub> eşdeğerine yükselmiştir. Aynı dönemde, enerji sektöründen kaynaklanan sera gazı salımları, 132.1 Tg'den 227.4 TgCO<sub>2</sub> eşdeğerine ulaşmıştır. Enerji sektörü, %76.7 ile en büyük paya sahiptir. Bunu, %9.3 ve %8.9'luk paylarla atık yönetme ve sanayi sektörleri izlemiştir (Şekil 4). Türkiyede tarım, en az sera gazı salımı yapan sektörlerden biridir. 1990'lı yılların ortalarında Türkiye'de yaşanan sabit nüfus artışı ve sanayileşme nedeniyle sera gazı salımları, 1990–2004 yılları arasında sabit artış göstermiştir. Bununla birlikte, enerji sektöründen kaynaklanan salımların, kişi başına düşen toplam sera gazı salımları içerisindeki payı, arazi kullanım değişikliği ve ormancılık dışında, aynı dönem içerisinde, %78'den %76.7'ye gerilemiştir. Bu düşüş, elektrik üretimi ve evsel tüketimin kömürden doğal gaza kayması, seçeneysel yakıt kaynaklarının kullanılmaya başlanması ve ulaştırma sektöründe yeni teknoloji motorlara geçilmesi ve eski ve kirletici araçların trafikten çekilmesi, gibi nedenlerden kaynaklanmıştır (İDBUB, 2008).



Şekil 4. Sera Gazı Emisyonların 1990-2004 Yılları Arasında Sektörlere Göre Dağılımı ve Yutak Kapasitesi (TÜİK, 2006)

### 2.2. İklim Değişikliğinin Etkileri

Kara ve su ekosistemleri ile sosyo-ekonomik sistemler (tarım, ormancılık, balıkçılık ve su kaynakları), insanın kalkınması ve esenliği için yaşamsal öneme sahiptir ve iklim değişikliklerine karşı önemli düzeyde duyarlıdır. Günümüzde ve gelecekte iklim değişikliğinden dolayı, dünyanın bazı bölgelerinde kasırgalar, kuvvetli yağışlar ve seller-taşkınlar gibi doğal afetlerin şiddet ve sıklığında artışlar olacak; bazı bölgelerde ise uzun süreli ve şiddetli kuraklıklar ve bunlarla ilişkili olarak çölleşme olayları görülecektir. Bu olaylar, tüm ekosistemleri olumsuz yönde etkileyecektir.



Küresel ısınma sonucu, özellikle, su kaynaklarında azalma, orman yangınları ve kuraklık ile bunlara bağlı ekolojik bozulmalar olacaktır. Akarsu havzalarındaki yıllık akımlarda meydana gelecek azalma sonucunda kentlerde su sıkıntıları başlayacak; tarımsal ve kentsel su gereksinimi artacaktır. İklim değişikliği nedeniyle su kaynaklarındaki azalma, tarımsal üretim üzerinde olumsuz etki yapacaktır. Kurak ve yarı kurak alanların genişlemesine ek olarak, yıllık ortalama sıcaklığın artması, çölleşmeyi, tuzlanmayı ve erozyonu arttıracaktır. Mevsimlik kar ve kar örtüsünün kapladığı alan azalacak, karla örtülü dönem kısılacaktır. Kar erimesinden kaynaklanan akış zamanı ve hacmindeki değişiklik, su kaynakları, tarım, ulaştırma ve enerji sektörlerini olumsuz etkileyecektir. Bunlara ek olarak, küresel ısınma, buzulların erimesi, deniz düzeyinin yükselmesi, iklim kuşaklarının kayması gibi değişikliklere de neden olacaktır (Türkeş ve ark., 2000).

### 2.3. Türkiye için İklim Değişikliği ile İlgili Senaryoların Sonuçları

IPCC'nin A2 salım senaryosuna dayalı RegCM3 bölgesel iklim modeli kullanılarak gerçekleştirilen geleceğe yönelik kestirimler Türkiye'de, 2071-2100 dönemleri için kış aylarında tahmin edilen sıcaklık artışının ülkenin doğu kesiminde daha yüksek olacağını göstermektedir (Şekil 5). Yaz mevsiminde bu durumun tersine dönerek, özellikle Ege bölgesi olmak üzere ülkenin batı kesiminde 6 °C, ortalama sıcaklığın ise 2-3°C daha yüksek seyredeceği tahmin edilmektedir (Önol ve Semazzi, 2006).

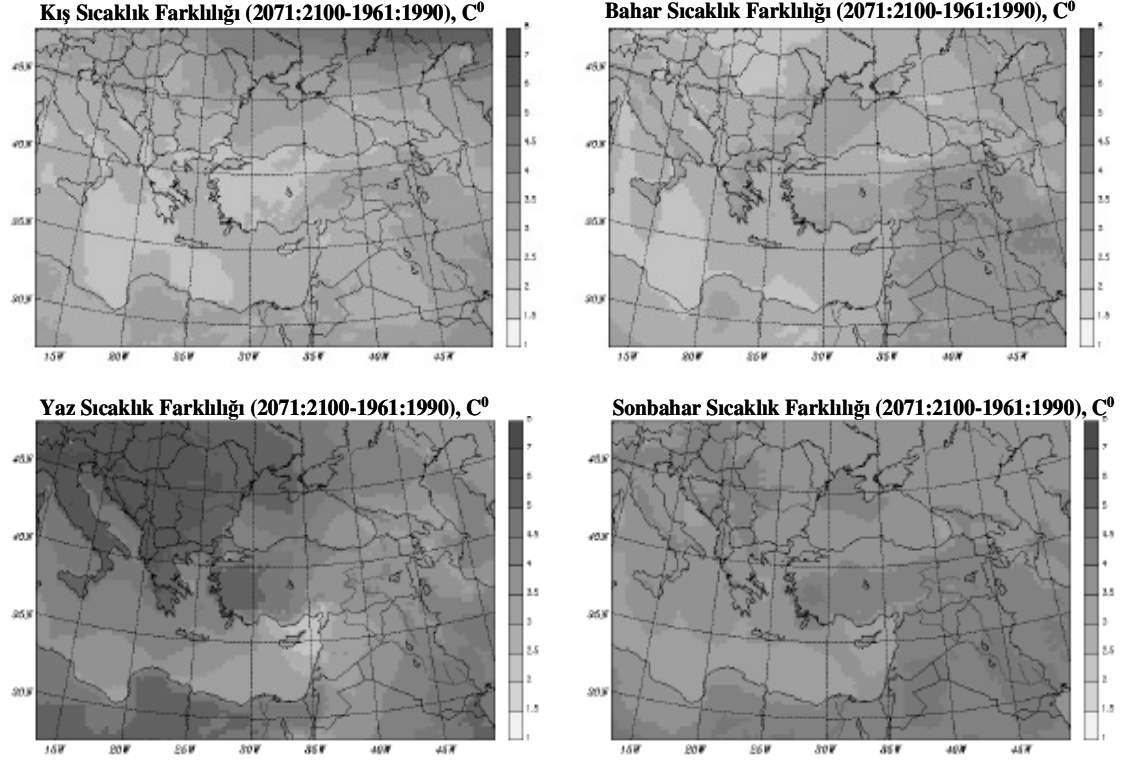
SRES A1 senaryosuna göre, ECHAM4 ve HadCM3 küresel sirkülasyon modelleriyle elde edilen sonuçlar, halen 100 yılda bir oluşan kuraklığın 2070'li yıllarda Adana-Samsun hattının batısında kalan bölgelerde 40 yıldan daha az bir sürede hatta bazı yerlerde 10 yılda bir gerçekleşeceğini göstermektedir (Kundzewicz ve ark., 2007).

Genel olarak, yağış Türkiye'nin Ege ve Akdeniz kıyılarında azalmakta, Karadeniz kıyılarında ise artmaktadır. İç Anadolu'da yağış açısından çok az veya hiçbir değişiklik görülmektedir. En şiddetli (mutlak) azalma güney batı kıyılarında gözlemlenirken, Kafkasya kıyı bölgelerinin ise oldukça fazla yağış alması beklenir. Bu gözlemler, hem kış hem de ilkbahar toplamı için geçerlidir. Yaz mevsiminde Türkiye'ye düşen yağış miktarında çok büyük bir değişiklik olmayacaktır. Türkiye'nin tamamında sonbaharda toplam yağış miktarında çok az bir artış beklenmektedir. Sonbahardaki yağışın Fırat-Dicle havzasında biraz artacağı beklenmektedir (Şekil 6) (Önol, ve Semazzi, 2006).

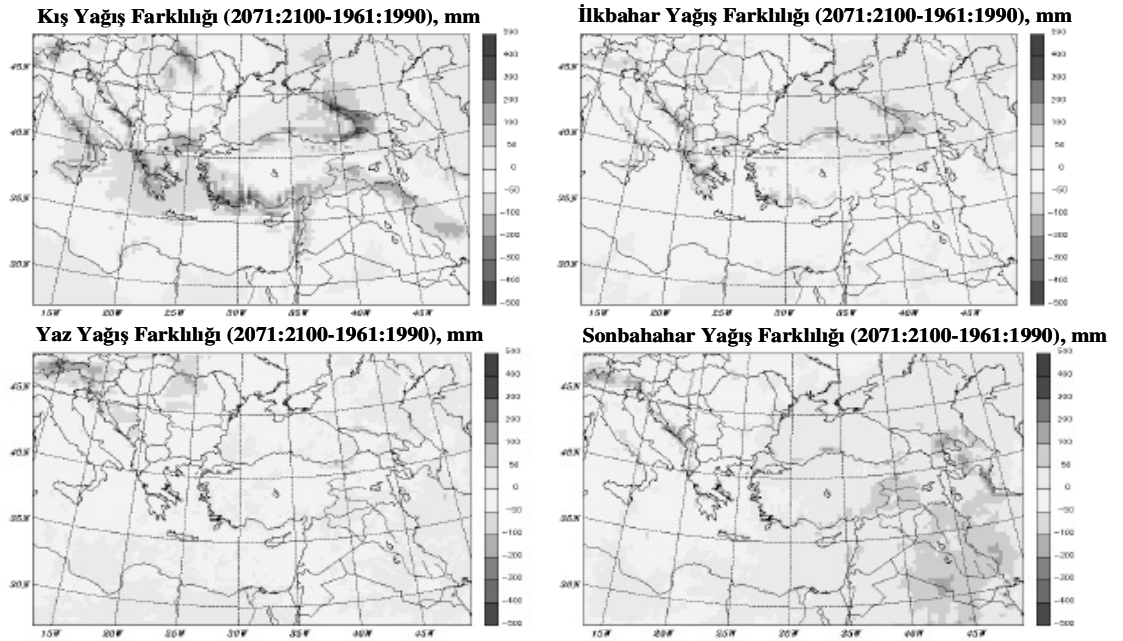
## 3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SU KAYNAKLARI VE TARIMSAL SULAMAYA ETKİLERİ

### 3.1. Türkiye ve Dünya'daki Su Kaynaklarının Mevcut Durumu

Türkiye'deki 25 su toplama havzasından yıllık ortalama 643 mm yağış sonucu, 501 km<sup>3</sup> su gelmektedir. Buharlaştırma, derine süzülme kayıpları sonunda, 158 km<sup>3</sup> su, denizlere ve göllere boşalır. Günümüz teknik ve ekonomik koşullarında, farklı amaçlar için kullanılacak toplam su miktarı, yaklaşık, 112 milyar m<sup>3</sup> dolayındadır. Bunun 95 milyar m<sup>3</sup> kadarı yurtiçi akarsulardan, 3 km<sup>3</sup> komşu ülkelerden ve 14 km<sup>3</sup> ise yeraltı suyundan sağlanmaktadır (DSİ, 2009; Kanber ve Ünlü, 2006).



Şekil 5. Türkiye'ye ilişkin İklim Değişikliği kestirimleri:  
Dört Mevsime göre Sıcaklıktaki Değişiklikler



Şekil 6. Türkiye'ye ilişkin İklim Değişikliği Kestirimleri:  
Mevsimlere Göre Yağıştaki Değişiklikler

Su kaynaklarının, 2008 yılına göre, %41'i (46 km<sup>3</sup>) tüketilmektedir. Bunun %74'ü sulama, %15'i kentsel tüketim ve %11'i ise endüstride kullanılmaktadır.

Türkiye'de kişi başına düşen su miktarı, 1600 km<sup>3</sup>/yıl kadardır. Bu, Türkiye'nin su zengini değil; su azlığı çeken ülkeler sınıfına girdiğini göstermektedir. Nüfus artışı, endüstriyel gelişme, su tüketim alışkanlıklarının sürdürülmesi, su kaynaklarının kirletilmesi ve iklim değişikliği gibi nedenlerle, kişi başına düşen su miktarının daha da azalacağı beklenmektedir. Türkiye'nin gelecek kuşaklara sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için su kaynaklarının çok iyi korunup, akılcı kullanması gerekmektedir.

Dünyadaki toplam su miktarı 1.4 milyar km<sup>3</sup> kadardır. Bunun önemlice bir bölümü, %97.5'i tuzludur. Tatlı suyun %68.7'si, kutuplarda donmuş halde bulunmakta; %30.1'inin ise yeraltı su kaynaklarını oluşturmaktadır. Bu suyun önemli bir bölümünün ekonomik kullanım derinliğinde olmadığı saptanmıştır (UNESCO, 2006). Tatlı suların ancak %0.3'ü yerüstü su kaynaklarında, göllerde, akarsularda, barajlarda ve göletlerde bulunmaktadır. Dünyamızda 1.4 milyar insan yeterli içme suyundan yoksundur. 2.3 milyar kişi sağlıklı suya hasrettir ve yılda 7 milyon kişi su ile ilgili hastalıklardan ölmektedir. Dünyada kişi başına su tüketimi yılda ortalama 800 m<sup>3</sup> dolayındadır.

### 3.2. İklim Değişikliğinin Su Kaynakları ve Su Tüketimi Üzerine Etkileri

İklim değişikliği, hidrolojik çevrim, su kaynakları, onların yerel-bölgesel-küresel yönetimi ve dağıtımını üzerine önemli ölçüde etki etmektedir. Anılan etkilerin çok yavaş ve uzun yıllar süresince ortaya çıkacağı kestirilmektedir. Ancak, bunun zararlı uyarılarını, insanlık bugünden duyumsar hale gelmiştir. Örneğin, dünyanın değişik yerlerinde su kaynaklarının alan ve zaman davranışlarında önceden yaşanmamış değişimler görülmektedir. Yıl boyunca nehir, çay, ırmak ve dere akışlarında bir çok değişiklikler meydana gelmektedir. Nehir akış rejimleri değişmekte, sel, kuraklık gibi doğal afetlerin olma sıklığı artmaktadır. Nehir akışlarında zaman içinde ileriye ve geriye doğru kaymalar meydana gelmektedir. Ayrıca, dere akışları önemli ölçüde değişmekte, yeraltı suyu beslenmesi, bölgesel yağış rejimlerine bağlı olarak, artmakta veya azalmaktadır.

Sonuç olarak, su kaynaklarının miktar ve niteliği, gün geçtikçe kötüye gitmektedir. Bazı ülkelerde kişisel istemin düşmesine karşın, mevcut kaynaklar üzerindeki baskı artmaktadır. Buna bağlı olarak, su yönetiminin hedefleri ve süreçleri de değişmektedir.

Küresel ısınmanın sonuçlarına karşı duyulan kaygılar, suyun kara, deniz ve hava arasındaki çevrim hareketinde meydana gelen değişmelerin, ekonomide, toplumda ve çevrede önemli ve geniş çaplı etkileri olmasından kaynaklanmaktadır. Örneğin pek çok kara ve su ekosisteminin özellikleri, belirgin bir biçimde suyun varlığından etkilenmektedir (Şen, 2005).

Su, insan yaşamının ve pek çok etkinliğinin ayrılmaz bir parçasıdır. Bunun en çarpıcı örneği, tarımsal ekinliliklerde görülür. Ancak endüstri, elektrik üretimi, ulaşım ve atıksu yönetimi gibi alanlarda da su, yaşamsal öneme sahiptir. Öte yandan, temiz suyun bulunması, ekonomik kalkınmayı da olumlu yönde etkiler.

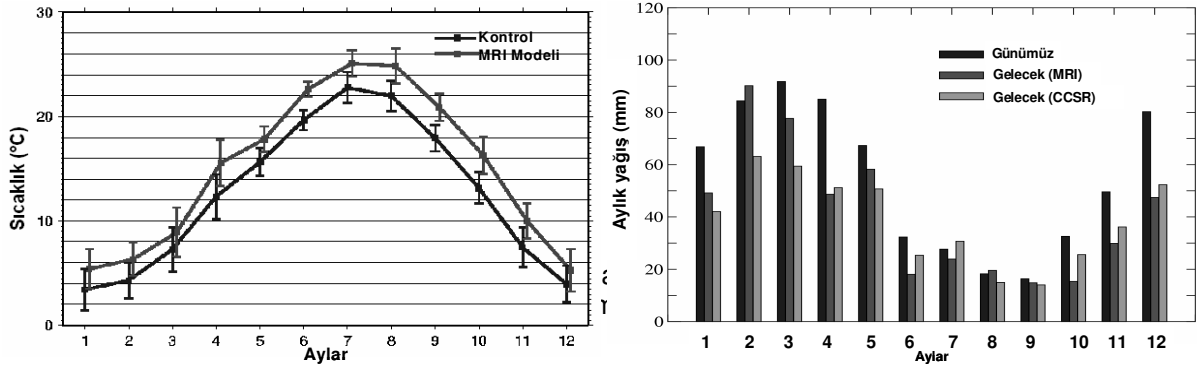
İklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkisi, yağış özelliklerinin değişmesinden kaynaklanmaktadır. Yağışlar, yer ve zaman ölçeğinde, su dengesindeki değişkenliğin belli başlı kaynağıdır. Yağışlarda iklim nedeniyle meydana gelen değişmeler, hidroloji ve su kaynakları için çok önemli sonuçlar doğurabilir. Belli bir su havzasında zaman içinde meydana gelen hidrolojik değişkenlik, günlük, mevsimlik, yıllık ve onyıllık döngüler içinde yağışlarda görülen değişkenlikten etkilenmektedir. Örneğin, sel sıklığı, yıldan yıla yağış şiddetlerinde gözlenen değişmelerden ve kısa süreli yağış miktarlarında meydana gelen farklılıklardan (sağnak yağış gibi) kaynaklanmaktadır. Ayrıca, sağnak yağış sıklığının, genel olarak, küresel ısınma ile birlikte artacağına ilişkin kuvvetli kanıtlar bulunmaktadır. Kuraklık sıklığı, yine, yağışların mevsimsel dağılımındaki değişmelerden ileri gelmektedir. Artan sıcaklıklar, kar yağışlarının azalmasına neden olur. Bu olay, yağışların çok küçük bir kısmının kar şeklinde düştüğü alanlarda, artık hiç kar yağmayacağı anlamına gelir. Kar yağışının azalması veya tümünden kesilmesinin, hidrolojik çevrimler için çok önemli sonuçlar doğuracağı açıktır.

İklim değişikliği, dünya üzerinde yağış dağılımını da değiştirir. Bilindiği gibi, yağışlar, dünyanın farklı yörelerinde ve mevsimlerde değişik dağılım gösterirler. Örneğin, kuzey yarım kürenin orta ve

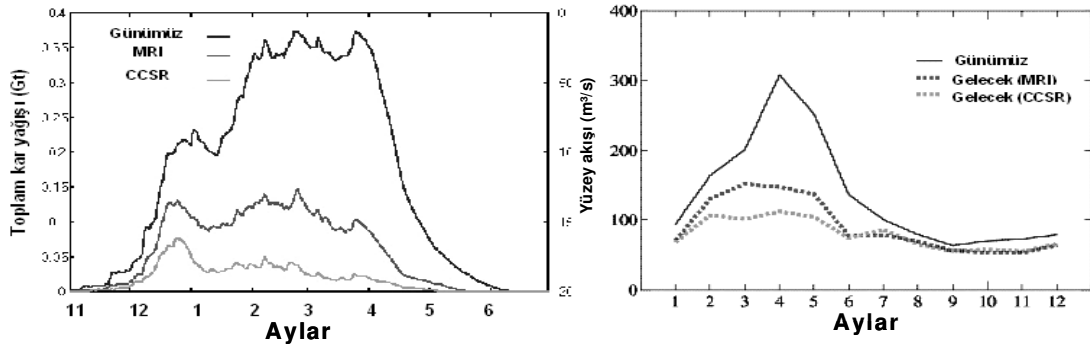
yüksek enlemlerinde yağışlar, sonbahar ve kışın artarken, her iki yarıkürede, tropik ve alt-tropikal bölgelerde, azalır. İklim değişikliği ile birlikte, kara üzerinde gözlenecek en büyük yağış değişimlerinin, kutba yakın bölgelerde, bazı ekvatoryal kesimlerde ve Güneydoğu Asya'da meydana geleceği kestirilmektedir. Benzer şekilde, IPCC (1995) tarafından yapılan kestirimlerde, Güney Avrupa ve aynı enlemlere giren Türkiye'de kışın aylık sıcaklıkların 20°C, yazın ise 2-30°C arasında artacağı buna karşı kış yağışlarının %0-10 artacağı, yazın ise %5-10 oranında azalacağı buna bağlı olarak, toprak su kapsamının da %15-25 arasında azalacağı belirlenmiştir.

İklim değişikliğinin su kaynakları üzerine etkisi konusunda, ülkemizde çalışmalar henüz yeni başlamış sayılabilir. Bazı çalışmalar, Türkiye genelinde değil; havza bazında gerçekleştirilmiştir. Değerlenen çalışmalardan birisi ICCAP projesidir (Kanber ve ark., 2007). İngilizce adının baş harfleri ile (Impact of Climatic Change on Agricultural Production in Arid Areas) adlandırılan ICCAP projesi, kurak alanlarda küresel ısınmanın neden olduğu iklim değişikliğinin, tarımsal üretim sistemleri üzerine etkisini araştıran, çok uluslu bir bilimsel projedir. Proje, TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) ile RIHN (Research Institute for Humanity and Nature, Japonya) tarafından 2002 yılında 5 yıl süre ile desteklenmiştir. Araştırmada, çalışma alanındaki iklim değişikliğinin tarımsal üretim sistemleri üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinin kapsam ve yöntemi belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmada SRES A2 senaryosu seçilerek MRI ve CCSR adlı iki bölgesel iklim modeli, TERC-RAMS, Pseud Warming yöntemi ile çalıştırılmış ve 2070'li yıllarda Seyhan Havzası için aylık yağış dağılımı, miktarı ve sıcaklık değerleri elde edilmiştir. MRI modeline göre sıcaklığın +2.0 °C artacağı, yağışın 159 mm azalacağı; CCSR modeline göre ise sıcaklığın +2,7 °C artacağı, yağışın 161 mm (%25) azalacağı öngörülmektedir (Şekil 7). Yağışlardaki azalmanın Ocak, Nisan, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında daha fazla olacağı kestirilmiştir (Kimura, 2005; Kimura ve ark., 2006).



Şekil 7. Seyhan Havzası'nda Farklı Modellere Göre Sıcaklık Ve Yağış Değişimleri



Şekil 8. Seyhan Havzası'nda Kar Yağışı (Sol) ve Baraja Gelen Yüzey Akışının (Sağ) Kestirimi

## Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi

Şimdiki durumda genellikle, Nisan ayında gelen pik akım, MRI ve CCSR modellerine göre, Şubat veya Mart aylarında gelecektir. Sonuçlar, iklim değişikliğinin Seyhan Havzası su kaynakları genelinde bir azalmaya neden olacağını göstermektedir. Yüzeysu kaynakları, kar depolaması ve yeraltısuyu potansiyelinde %30'a varan önemli azalışların gerçekleşeceği kestirilmiştir (Ekmekçi, 2008; Tezcan ve ark., 2007).

İklim değişiminin, Aşağı Seyhan Sulama sistemi üzerine olan etkisi de araştırılmıştır. Bu bağlamda, nehirdeki akış miktarı, gerçekleşen su çekimi, su sağlama ve su istemi gibi konular üzerinde durulmuştur. Çalışma, Çizelge 2'de özetlenen senaryolar üzerine oturtulmuştur. Senaryolar, arazi ve su kullanımına göre yatırımların, düşük (Senaryo 1) ve yoğun olduğu koşullara (Senaryo 2) göre, oluşturulmuştur.

**Çizelge 2. Yönetim/Uygulama Senaryoları**

Uygulama	Yukarı Havza	Aşağı Havza
1- Geçerli/Mevcut Koşullar	Mevcut koşullar geçerli	Mevcut koşullar geçerli
2- Düşük Yatırım Durumu (Senaryo-1)	* Buğday üretim alanlarının azalması * Arpa ve çayır-mera alanlarının artması * Su tarım alanlarının çok az artması	* Azalan buğday verimi * Artan sulama gereksinimi * Geleneksel bitkilerin değişmesi * ASO 4. aşma sulamasının bitirilmesi
3-Yüksek Yatırım Durumu (Senaryo-2)	* Yağış koşullarında yetişen buğday alanları azalacak * Karlı bitkilere ilişkin sulanan alanlar artacak - Sert kabuklular (ceviz, antepfıstığı), zeytin, meyveler,	* Buğday verimi ve üretim alanları azalacak * Karlı bitkilere ilişkin sulanan alanlar artacak - Karpuz/kavun, meyveler, vd., maksimum kar, * Yeraltı suyu kullanımı artacak * ASO 4 aşama sulamasının tamamlanmaması

Nehirlerden gerçekleştirilen su çekimi ile varolan akış arasındaki oran su stresini göstermektedir. Bu oranın 0.4'ü aştığı bir bölgede yüksek su stresinin olduğu; yani suya aşırı bir istemin bulunduğu varsayılmaktadır. Şimdiki koşullarda Seyhan Nehri için, anılan değer, 0.4 dolayındadır. Gelecek dönemde Senaryo 1'e göre bu değer, 0.6-0.8 arasında; Senaryo 2'ye göre ise 0.6-1.2 arasında olacağı kestirilmiştir. Çalışmada Seyhan Barajı'nın doluluk oranı da, iklim değişimi sürecinde irdelenmiştir. Barajdaki su miktarına göre, gelecekte barajın doluluk oranı, Senaryo 1'e göre şimdikinden daha az ve bazı durumlarda boş; Senaryo 2'ye göre ise sıklıkla boş olacağı belirlenmiştir.

Potansiyel evapotranspirasyonda %14'lük bir artışa karşın gerçek evapotranspirasyonda ise yağışın azalmasına bağlı olarak %17'lik bir azalış saptanmıştır. Bitkileri doğal ve tarımsal su gereksinimlerinin artmasına karşılık, su potansiyelinde beklenen azalış, gelecekte su kaynaklarının daha etkin yönetiminin zorunlu olacağını göstermektedir.

Su sağlamanın, su istemine oranının göstergesi olan güvenilirlik katsayısı ise şimdiki durumda, yaklaşık 1.0 eşittir. Bu durum, barajın su istemini karşıladığını göstermektedir. Ancak, gelecekte Senaryo 1'e göre güvenilirliğin; MRI'de 1.0'den 0.9'a doğru ve CCSR'de 1.0'den 0.8'e doğru değişeceği, Senaryo 2'ye göre ise MRI'de 1.0 den 0.7'ye doğru ve CCSR'de 1.0'den 0.5'e doğru azalacağı kestirilmiştir.

Bu sonuçlara göre, küresel ısınmanın nehir akımlarını azaltacağı; bunun bir sonucu olarak, akışa göre su çekim oranının artacağı, gelecekte Senaryo 1'e göre su kaynakları sisteminde sağlanan suyun, istemi karşılamanın olası olacağı, buna karşılık Senaryo 2'ye göre küresel ısınma ve yukarı havzadaki su istemlerindeki artışın, su kıtlığı yaratacağı öngörülmektedir (Fujihara ve ark., 2007; TBMM, 2007).

Aşağı Seyhan Ovası yeraltısuyu kaynakları, iklim değişikliklerinden önemli oranda etkilenmektedir. Aşağı Seyhan Ovası akiferi için model tarafından hesaplanan yeraltısuyu bütçesi bileşenlerindeki değişimlerden, yeraltısuyu kaynaklarının iklim değişikliklerine karşı yüksek derecede duyarlı oldukları anlaşılmıştır. Bu nedenle iklim değişikliğinin, yeraltısuyu potansiyelinde de önemli azalmalara neden olacağı beklenmektedir. Ovadaki akifer, kuzeyden yeraltı suyu akışı ile ova üzerine düşen yağışlardan beslenmektedir. Heriki kaynaktan yağış eksikliği nedeniyle görülecek düşme, Seyhan Ovası yeraltı su miktarının azalmasına neden olacaktır. Öte yandan, yüzey su potansiyelindeki azalma, yeraltı su kaynaklarının sulama amacıyla kullanımını artıracaktır. Bunun sonucu olarak, daha çok su çekimi yapılacağından yeraltısuyu düzeyinde önemli düşmeler ve tuzlu su girişleri meydana gelecektir. Sistemin yeraltısuyu modeli, tuzlu su girişim uzunluğunun yeraltı suyu düzeyindeki düşüme karşı duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır. Gelecekte yeraltı suyunun kuyularla çekiminde %50 oranında meydana gelecek artışın, 2080 yılı sonunda tuzlu su kamasının kara içine doğru 10 km kadar ilerlemesine neden olacağını göstermektedir. Depolamadaki azalma, doğal olarak yeraltısuyu kalitesinde de bozulmaya neden olacaktır. Aşağı Seyhan Ovası'nın kıyı kesimlerinde yeraltısuyunun tuzluluğu deniz tuzluluğunun %25'ine ulaşabilecektir (Fujihara ve ark., 2007).

Türkiye'de bir başka çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi SUMER tarafından yapılmıştır (Özkul ve ark., 2008). Konu edinilen çalışmada, iklim değişikliğinin Büyük Menderes ve Gediz Nehir Havzalarına olası etkileri ele alınmıştır. Bu amaçla önce hidrolojik sistemlerin yağış, sıcaklık ve akım değişkenleri incelenmiş; daha sonra iklim değişikliği senaryoları üretilerek, yağış ve sıcaklık değişimlerinin kestirimleri yapılmıştır. Anılan kestirimsel sonuçlar, Gediz ve Büyük Menderes havzalarında evapotranspirasyon ve akım süreçlerinin kestiriminde kullanılmıştır. Açıklanan çalışmalarda, çok sayıda küresel iklim modelinden yararlanılmıştır. Bu amaçla NCAR-CRU tarafından geliştirilen MAGIC/SCENGEN modeli, MAGIC modelinde yer alan B2-MESSAGE ve A2-ASF salın senaryoları altında çalıştırılmıştır.

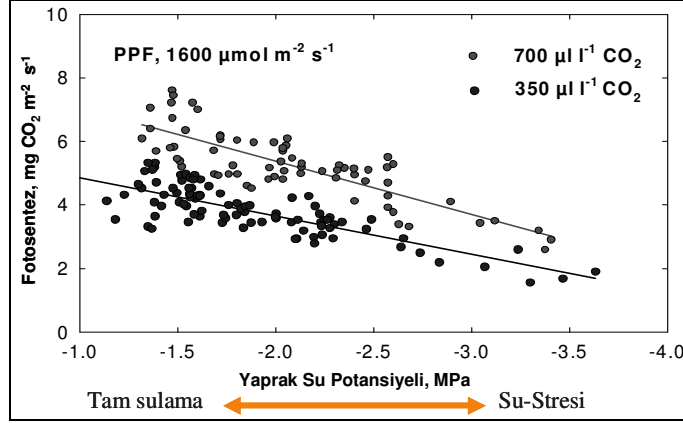
Araştırma sonuçlarına göre, B2-MESSAGE senaryosu ile 2030 yılı için yıllık ortalama sıcaklıkta 1.2 °C artış, yıllık ortalama yağışta %5 azalış; 2050 yılında sıcaklıkta 1.8 °C artış, yağışta %8 azalış olacağı kestirilmiştir. A2-ASF senaryosu ise 2030 yılı için yıllık ortalama sıcaklığın 1.2 °C artacağını, yıllık ortalama yağışın %5.8 azalacağını, 2050 yılında sıcaklığın 2,0 °C artacağını, yağışın %10.2 azalacağını öngörmüştür. B2 ve A2 senaryolarına göre, 2030 yılında yüzey sularının yaklaşık %20 azalacağı, 2050 ve 2100 yıllarında akımlardaki azalma oranının sırasıyla %35 ve %50'nin üzerine çıkacağı kestirilmiştir. Aynı B2 ve A2 senaryolarına göre hesaplanan potansiyel evapotranspirasyon (PET) değerleri ve bitki su gereksinimi değerlerinin 2030, 2050 ve 2100 yılları için sırasıyla, yaklaşık olarak, %10, %15 ve %30 oranlarında artacağı ancak, etkin yağış değerlerindeki düşüşler nedeniyle sulama suyu gereksinimlerinin daha da artabileceği belirlenmiştir.

Araştırma sonuçları, Büyük Menderes ve Gediz havzalarında iklim değişikliğinin, havzalarda daha şimdiden görülen su kıtlığı ve su özgülleme sorunlarını, kapsam ve boyut açısından, önemli ölçüde arttıracığını göstermiştir (Harmancıoğlu ve ark. 2007).

Günümüzde, Dünya nüfusunun üçte biri önemli ölçüde su stresi ile karşı karşıyadır. Artan su istemi, azalan su varlığı nedeniyle bu oranın daha da artacağı beklenmektedir (Fujihara ve ark., 2007). Örneğin, Avrupa'nın bir çok nehir havzası ve Akdeniz'deki pek çok nehir, su stresiyle karşı karşıya kalacaktır. Türkiye'de ise 2030 yılında, iç ve batı bölgelerinde % 40'ı aşan oranda su stresi yaşanacağı öngörülmektedir. Güneydoğu ve Doğu bölgelerinde ise bu oran % 20-40 dolaylarında gerçekleşecektir (Harmancıoğlu ve ark., 2007). Elde edilen sonuçlara göre, içme ve kullanma suyunda, tarımsal sulamada karşılaşılabilecek artışa karşılık su kaynaklarındaki bu azalma, gelecekte su kaynaklarının daha etkin yönetiminin zorunlu olacağını göstermektedir. Bu kapsamda, sektörler arası su dağılımı, su artırımı, istemin yönetimi, su kullanımının denetimi, gözlem ağının genişletilmesi, büyük hacimli yapay depolama yapılarının artırılması gibi konular, öncelikli olarak bugünden başlayarak planlanmalıdır (Kanber ve ark., 2007).

### 3.3. Bitkilerin Yüksek Sıcaklık ve Karbondioksit Koşullarındaki Tepkileri

İklim değişikliğini tetikleyen küresel ısınma, tarım sektörü için en önemli etmendir. Bu durum, tarım ve meteoroloji arasındaki yakın ve son derecede duyarlı ilişkiden kaynaklanmaktadır. Tarımsal işlevler, iklim olaylarına çok bağımlıdır. Yetiştirilen bitki türü, verim ve yetiştirme zamanı ve süresi, atmosferik koşullar tarafından belirlenir. Yağıştaki artış ve azalışlar, hava sıcaklığı ve hava nemi gibi kimi iklimsel olayların miktar ve dağılımlarındaki değişimler, bitkileri önemli ölçüde etkiler. Özellikle, CO<sub>2</sub> miktarı ile sıcaklık, iklim değişikliğinin sonuçları bakımından, bitki gelişimini etkileyerek ortamdaki uzaklaşmasına neden olan iki önemli ölçüttür.

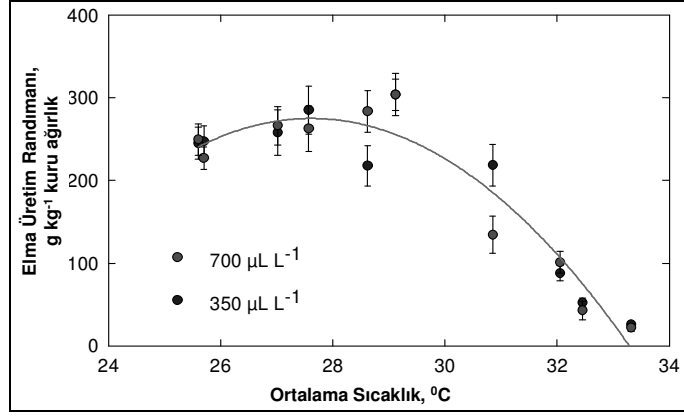


**Şekil 9. Farklı CO<sub>2</sub> Derişimleri ve Sulama Düzeylerinde, 1600 Mmol M<sup>2</sup>s<sup>-1</sup> Fotosentetik Foton Akışı (PPF) Koşullarında, Pamuk Bitkisinde Fotosentez Hızının Değişimi (Reddy ve Ark. 1997)**

Atmosferik CO<sub>2</sub> miktarının artması, bitki gelişimine farklı etki etmektedir. Zira, CO<sub>2</sub>, su ile birlikte özümleme için temel maddelerdir. Yüksek düzeydeki CO<sub>2</sub> oranının bitkinin büyümesini hızlandırdığı gösterilmiştir. Ancak, aşırı CO<sub>2</sub> oranlarında ise stomaların kapandığı ve bitki gelişmesinin ve bağılı olarak verimin düştüğü anlaşılmıştır (Şekil 9).

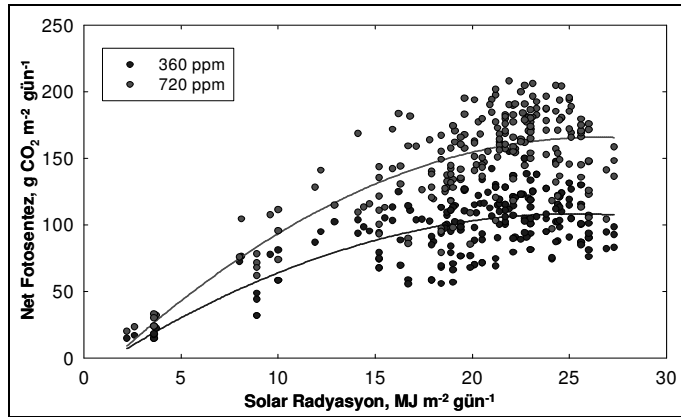
Şekil 9'da görüldüğü gibi, yüksek CO<sub>2</sub> derişimi ve tam sulama durumunda özümleme hızı, azalan CO<sub>2</sub> derişimindekinden oldukça yüksektir. Yaprak su potansiyelinin, başka bir deyişle kök bölgesi su düzeyinin düşmesi ile birlikte özümleme hızı düşmekte; değinilen eksiliş, azalan CO<sub>2</sub> derişiminde daha fazladır. Bu durum, CO<sub>2</sub> artışının, ürün miktarını, su eksikliğine bağılı olarak, düşürdüğünü göstermektedir. Öte yandan, artan CO<sub>2</sub> koşullarında gelişen bitkinin su gereksinimi artırmaktadır. O nedenle bir ölçüye dek artan CO<sub>2</sub> tarımsal bitkiler için yeterli su bulunması koşullarında, yararlı olmaktadır. İklim değişikliğinin orta ve yüksek enlemlerde yağış miktarını azaltacağı kestirildiğine göre, değinilen enlemlerde, CO<sub>2</sub> artışının, ürün miktarını su eksikliğine bağılı olarak düşüreceği beklenmektedir. Türkiye'nin de içinde bulunduğu bu enlemlerde, tahıllar, soya ve mısır bitkilerinin üretimlerinin %80 oranında azalabileceği rapor edilmiştir (Kadıoğlu, 2007).

Bir diğer atmosferik ölçüt, ışık soğurulmasını, özümleme hızını, su tüketimini, çimlenme ve çıkışı etkileyen sıcaklık ve solar radyasyon etmenleridir. Tek yıllık bitkilerin hemen tümü için uygun ekim/dikim zamanını belirleyen bir hava ve bağılı olarak bir toprak sıcaklık değeri vardır. Hava sıcaklığının belli sınırları aşması, bitkilerde solunumu artırmakta; gelişim dönemlerini değiştirmektedir. Örneğin, sıcaklık ile vegetatif gelişme arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu saptanmıştır. Ancak, generatif gelişme döneminde farklı bir durum söz konusudur. Şekil 10'da gösterildiği gibi, hava sıcaklığı attıkça, CO<sub>2</sub> derişimi ne olursa olsun, bitkisel gelişme azalmakta, örneğin, pamukta olduğu gibi, elma üretimi ve buna bağılı olarak, verim düşmektedir (Reddy ve ark. 2002).



Şekil 10. Farklı CO<sub>2</sub> Derişimlerinde Hava Sıcaklıklarının Pamuk Bitkisinde Elma Üretim Randımanına Etkisi (Reddy Ve Ark. 2002)

Yüksek CO<sub>2</sub> derişimlerinde, artan solar radyasyon koşullarında net fotosentez hızı artmaktadır. Zhaoa ve ark. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, pamuk bitkisinde, çevresel (360 ppm) ve artan (720 ppm) CO<sub>2</sub> derişimleri kullanılmıştır. Sonuçta, yüksek CO<sub>2</sub> derişiminde yaprak alanının, yaprak ve bitki net fotosentez hızlarının daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ancak, her iki CO<sub>2</sub> derişiminde de fotosentez hızının aynı solar radyasyon düzeyinde düşmeye başladığı belirlenmiştir (Şekil 11). Bu durumun, artan solar radyasyondan dolayı, hem daha küçük yaprak ve fotosentez alanlarından, Rubisco aktivitesinin azalmasından ileri geldiği açıklanmıştır (Reddy ve ark., 2005).



Şekil 11. Farklı CO<sub>2</sub> Derişimlerinde Solar Radyasyonun Pamuk Bitkisinde Net Fotosentez Hızına Etkisi (Reddy Ve Ark., 2005)

Dünya genelinde küresel ısınma sonucu ortaya çıkan iklim değışikliklerinden dolayı bir çok üründe verim düşüşleri olacağı rapor edilmiştir. Kadioğlu (2007), çok sayıda araştırmacı ve iklim modeline dayanarak dayanarak, Amerika Birleşik Devletleri'nde mısır veriminin %23.7-54.7, soya veriminin %34.6-59.7, kışık buğday veriminin ise %16-31 arasında azalacağını belirtmiştir. Bir çok ülkede, farklı modeller kullanılarak kestirimler yapılmaktadır. Bu çalışmalar sonucunda iklim değışikliklerinin, dünyanın farklı bölgelerinde, ayrımlı sonuçlar doğuracağı anlaşılmıştır. İklim değışiğinin tarıma, örneğin Avrupa'nın kuzeyinde olumlu, güneyinde ise olumsuz etkileri olacağı rapor edilmiştir. Aynı şekilde, ekvatorun güneyinde yeralan kurak alanlarda ve Japonya ile İzlanda'nın kuzeyindeki enlemlerde, iklim değışikliğinin tarımsal üretimi olumlu etkileyeceği saptanmıştır. Bunun tam karşısı olan görüşler de bulunmaktadır. Örneğin, herhangi bir iklim değışiminde Dünya buğday üretiminde %40'lara varan düşüşlerin olacağı savlanmaktadır. Benzer şekilde, Çin'de iklim değışikliğı sonucu, yer fıstığı, şeker pancarı, pamuk ve tütün üretiminin



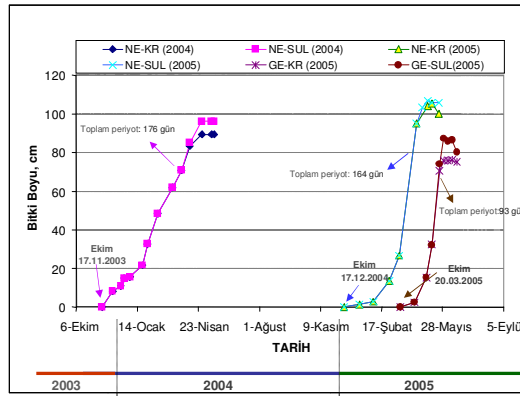
yaklaşık %15 azalacağı kestirilmiştir. Dünya soya, buğday ve pirinç üretimlerinin yaklaşık yarıya yakın bölümü, Amerika Birleşik Devletleri ve Çin'de yapılmaktadır. Anılan bitkilerin üretimlerinde görülecek azalmaların, dünyada tarım ürünlerinin fiyatlarını artıracığı beklenmektedir.

Küresel ısınma sonucu ortaya çıkan İklim değişikliğinin kimi tarım ürünlerinin verim ve gelişmelerine etkilerinin saptanması için çok sayıda çalışma yapılmış ve yapılmaktadır. Bu bağlamda, ICCAP projesi içerisinde, Seyhan havzasında, stratejik öneme sahip buğday bitkisine ilişkin yapılan araştırmalarda, bitkisel verimin artan sıcaklık ve azalan yağışlardan olumsuz etkileneceği saptanmıştır (Ünlü ve ark., 2007; Kapur ve ark. 2007). Buğday bitkisinden boy gelişimi ile ilgili olarak elde edilen sonuçlar, Şekil 12'de gösterilmiştir.

Şekil 12'de, artan hava sıcaklıklarının bitki büyüme süresinin ve boyunun kışalmasına neden olduğu görülmektedir. Örneğin, normal ekimlerde gelişme süresi, 176-164 gün arasında değiştiği halde geç ekimlerde, anılan süre %45 azalarak, 93 gün dolaylarında kalmıştır. Susuz koşullarda ise olgunluk daha kısa sürede gerçekleşmiştir. Buğdayda yaz aylarında sulama suyu gereksiniminin artması, sıcaklığın yükselmesi ile ilişkilendirilmektedir.

Buğday bitkisinin normal ekim koşullarında 2070'li yıllarda su dengesinde oluşacak değişiklikler Çizelge 3'de gösterilmiştir.

Çizelge 3'de hemen tüm öğelerin belli oranlarda azalacağı anlaşılmaktadır. Buna göre, yağışın, su tüketimi değerlerinin azalması, büyüme dönemi uzunluğunun kışalması, biyokütle ve verimin de düşeceğini göstermektedir. Bu yaklaşım içerisinde kış aylarında azalacak yağışlar nedeniyle havzada buğday ekiminin zorlaşacağı ve yetiştirme alanlarının havzanın orta ve kuzey kesimlerine kayacağı belirlenmiştir.



Şekil 12. Normal Ve Geç (2. Ürün) Ekilen Buğday Bitkisinde Susuz ve Sulanır Koşullarda Gelişme Durumu

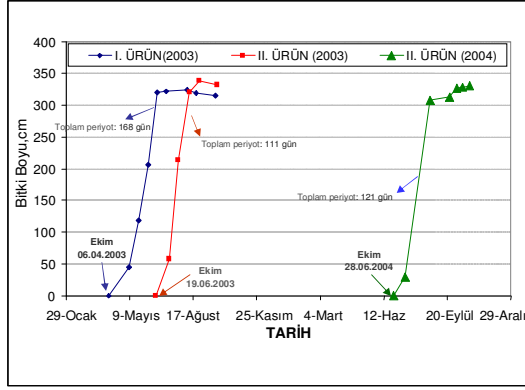
Çizelge 3. Normal Ekim Koşullarında Buğday Bitkisinde Su Dengesi Öğelerinin Değişimi

Öge	1994-2003 (Gözlenen)	2070-2079 (Kestirilen)	Fark, %
Yağış, mm	531.1±184.7	510.6±209.5	-4.0
Evapotranspirasyon, mm	373.9±30.6	333.0±24.2	-10.9
Sulama, mm	74.8±72.8	67.4±1.37	-9.9
Biyokütle, tonha <sup>-1</sup>	16.5±1.39	14.33±1.37	-13.1
Verim, tonha <sup>-1</sup>	5.11±0.73	4.83±0.7	-5.5
Toplam, gün	183.4±6.3	167.4±5.4	-8.7

İklim koşullarına bağlı olarak, tarımsal ürün çeşitliliğinin de değişeceği ve bundan dolayı buğday ve diğer ürünler için havzanın kuzey kesimlerine şimdiden sulama amaçlı yatırımların yapılmasının önemli ve gerekli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna karşı, gelecekte CO<sub>2</sub> derişiminin

artmasının, buğdayda net fotosentez hızını artırarak verimi olumlu yönde etkileyeceği beklenmektedir.

Benzer çalışma mısır bitkisinde yapılmıştır. Birinci ve ikinci ürün mısır bitkisinde, boy gelişimi, LAI ve biyokütle gibi kimi verim bileşenleri ile verim irdelenmiştir. Örnek olması bakımından, boy gelişimi ile ilgili sonuçlar, Şekil 13'de gösterilmiştir.



**Şekil 13. Normal Ve Geç (2. Ürün) Ekilen Mısır Bitkisinde Susuz ve Sulanır Koşullarda Gelişme Durumu**

Artan sıcaklıklar, büyüme dönemini %28-34 dolaylarında kısaltırken; bitki boy uzunluğuna herhangi bir etkisi olmamıştır. Ayrıca, sıcaklıktaki artışın dane gelişiminde azalmaya neden olduğu saptanmıştır. İkinci ürün mısır bitkisinde büyüme süresinin kısalması nedeniyle dane ağırlığının azalmasından dolayı verimde azalışlar meydana gelmiştir. Öte yandan, ortalama kuru madde üretiminde birinci ve ikinci ürün mısırda 1981-2010 yılları ile 2040-2060 yılları arası dönemlerde, sırasıyla, %11.7'lik ve %14.9'luk bir düşüş olacağı kestirilmiştir. Ayrıca, artan CO<sub>2</sub> derişiminin fotosentezi artıracığı; ancak, yüksek sıcaklıklarla beraber gelişme dönemini kısaltacağı ve toplam verimde düşmelere neden olacağı belirlenmiştir. Mısır bitkisinin normal gelişme koşullarında 2070'li yıllarda su dengesinde oluşacak değişiklikler Çizelge 4'de gösterilmiştir.

**Çizelge 4. Mısır Bitkisinde Su Dengesi Ögelerinin Değişimi**

Öge	1994-2003 (Gözlenen)	2070-2079 (Kestirilen)	Fark, %
Yağış, mm	47.5±23.8	24.9±18.0	-47.6
Evapotranspirasyon, mm	399.9±29.8	393.1±33.9	-1.7
Sulama, mm	371.1±49.4	383.3±44.2	+3.3
Biyokütle, tonha <sup>-1</sup>	27.5±1.53	20.6± 1.34	-25.1
Verim, tonha <sup>-1</sup>	15.19±1.29	10.48±1.0	-31.0
Toplam, gün	115.2±3.6	105.9±0.7	-8.1

Çizelge 4'de görüldüğü gibi, yağış miktarında %48'e varan, verimde ise %31 dolaylarında azalmalar beklenmektedir. Azalan yağışlar, mısır ekimini tehlikeye sokmaktadır. Yaz sıcaklıklarının artması, su kaynaklarının azalması nedeniyle, mısır bitkisinin havzanın orta ve yukarı kesimlerinde yetiştirileceği kestirilmektedir. O nedenle buğdayda olduğu gibi, şimdiden anılan alanlarda yeni su depolama yapıları ve sulama sistemlerinin planlanması için önlemler alınmalıdır.

Seyhan Havzası'nda pamuk bitkisinin iklim değişikliğine karşı gösterdiği tepki, Kapur ve ark. (2008) tarafından incelenmiştir. Yöre iklim istasyonlarından elde edilen sıcaklık ve yağış değerleri Mann-Kendall yaklaşımı ile analiz edilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Mann-Kendall Trend Analizi 1930-2003

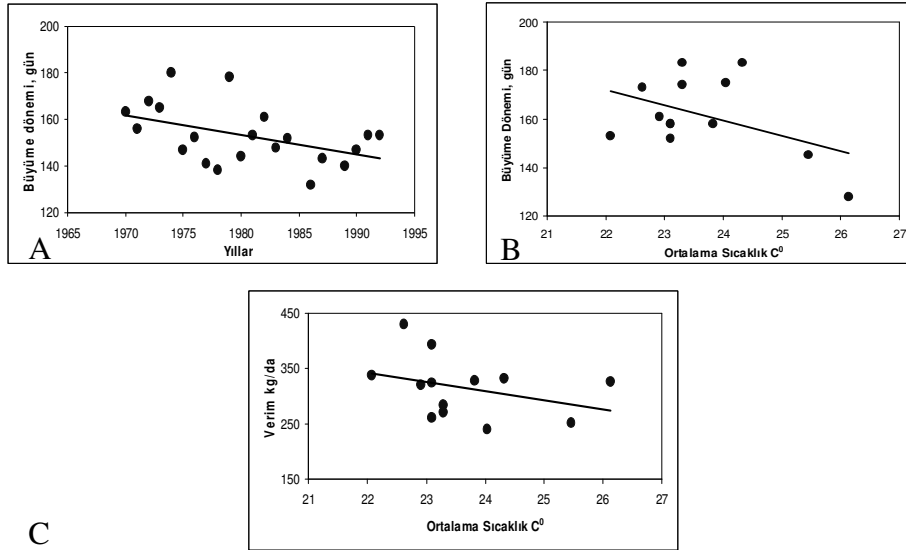
İklim Ögeleri	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Sıcaklık	1.273	1.710	<u>2.504</u>	<u>3.782</u>	<u>3.975</u>	<u>2.049</u>	<u>3.589</u>	<u>1.964</u>
Yağış	-0.914	1.578	0.352	0.00	0.179	0.372	0.00	-0.144

%5 önem düzeyinde  $-1.96 \geq Z \geq +1.96$

Çizelge 5'den anlaşıldığına göre,  $Z \geq +1.96$ 'dan büyük değerlere sahip Mayıs-Ekim döneminde aylık ortalama sıcaklıklar artmaktadır. Yağış değerlerinde ele alınan dönem için, istatistiksel anlamda, herhangi bir değişikliğin olmadığı saptanmıştır. Pamuk bitkisinin yıllara ve aylık ortalama değerlerine karşı büyüme dönemi uzunluklarında ve verimde dikkate değer azalmalar meydana gelmiştir (Şekil 14).

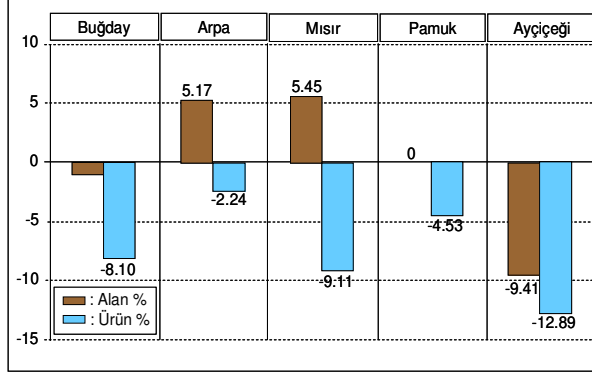
Şekil 14'de görüldüğü gibi, Çukurova yöresinde 30 yıllık bir dönemde, sıcaklık artışına bağlı olarak, pamuk büyüme döneminin kısaldığı, verimin düştüğü anlaşılmaktadır. Örneğin, büyüme dönemi, 1965 ile 1995 yılları arasında %25; sıcaklık artışlarına bağlı olarak, %10 kısalmıştır. Aynı dönemde, artan sıcaklıklar, kütlü verimini %18 azaltmıştır. Bu durumun, küresel ısınmanın bir sonucu olarak ortaya çıktığı söylenebilir ve yakın zamanlarda yüksek sıcaklıklar nedeniyle pamuk ekiliş alanlarının daha kuzeylere kayabileceği beklenilebilir.

Bir başka çalışma, Dellal ve ark. (2004 ve 2007) tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, Türkiye'de buğday, arpa, mısır, pamuk, ayçiçeği gibi 5 temel ürünün, 7 coğrafik bölgede, verimlilik, ekim alanı ve üretim deseninde ortaya çıkabilecek değişiklikler araştırılmıştır. Ayrıca, bunlara bağlı olarak, üretici ve tüketici refahları ve fiyatlarda meydana gelebilecek değişiklikler hesaplanmıştır. Bu amaçla Hadley Dolaşım Modeli (HadCM) ve 2050 yılı projeksiyonları kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, Türkiye genelinde verimlilikte % 2-13 arasında azalma olabileceği, bu durumun ekim alanı ve üretim desenini değiştireceği belirlenmiştir (Şekil 15). Verimlilikte düşmenin, üretim miktarını gerileteceği, bunun da fiyatlarda yükselme yaratarak, üretici refahını artıracığı, tüketici refahını ise azaltacağı bulunmuştur (Şekil 16).

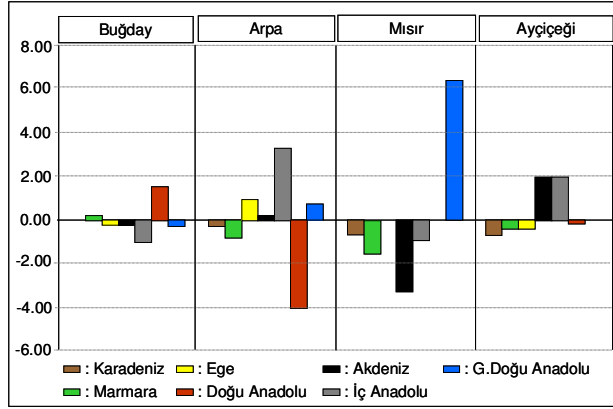


Şekil 14. Pamuk Bitkisinin Yıllara ve Aylık Ortalama Sıcaklık Değerlerine Göre Büyüme Dönemi Uzunluğu İle Verim Değişimleri (Şekillerden, A. Yıl-Büyüme Dönemi Uzunluğu, B. Ortalama Sıcaklık-Büyüme Dönemi Uzunluğu; ve C. Ortalama Sıcaklık-Verim İlişkilerini Göstermektedir)

Buna göre, buğday ve arpada % 7.58, mısır veriminde % 10.14, ayçiçeği veriminde % 6.35, pamuk veriminde % 2.19 verim azalması olacağı kestirilmektedir. Öte yandan, Doğu Anadolu da buğday, İç Anadolu da arpa, Güneydoğu Anadolu da mısır ve Akdeniz ve İç Anadolu bölgelerinde ise ayçiçeğinin ekiliş alanlarının artacağı kestirilmiştir.



Şekil 15. Türkiye için Ekilen Alan ve Bitkisel Üretim



Şekil 16. Farklı İklim Bölgelerinde Ürün Desenin Değişimi

### 3.4. İklim Değişikliği Sonucu Arazi Kullanımında Olabilecek Değişiklikler ve Olası Sonuçları

Türkiye, küresel ısınmanın özellikle su kaynaklarının zayıflaması, orman yangınları, kuraklık ve çölleşme ile bunlara bağlı ekolojik bozulmalar gibi öngörülen olumsuz yönlerinden etkilenecektir ve küresel ısınmanın potansiyel etkileri açısından risk grubu ülkeler arasındadır. Atmosferdeki sera gazı birikimlerinin artışına bağlı olarak önümüzdeki on yıllarda gerçekleşebilecek bir iklim değişikliği, Türkiye'de tarımsal üretim potansiyelini, bitki türlerini, dağılımlarını, yetiştirme dönemlerini değiştirebilir. Anılan değişimler, artma veya azalma biçiminde olabilir (Türkeş, ve ark., 2000).

İklim değişikliği ile birlikte, deniz düzeyinin yükselmesi, bir çok tarım alanının su altında kalmasına neden olacaktır. Su kaynaklarının azalması, ekim deseni oluşacak değişiklikler, köyden kente göçü özendirerek, geniş tarım alanları, kentsel yerleşime açılacaktır. Bu durum, bitki tür ve ekiliş alanlarını değiştirecektir. Bu bağlamda, ICCAP Projesinde Seyhan Havzasında iklim değişikliği nedeniyle bitki yayılımlarında oluşabilecek değişiklikler irdelenmiştir. İklim değişikliği karşısında, havzada, bitki örtüsünün önemli değişikliklere uğrayacağı kestirilmiştir (Yılmaz ve ark., 2004). Örneğin, havzanın alt kesiminde bulunan Pinus brutia ormanları, genel olarak, varlığını sürdürebilecek, ancak çok aşırı uygunsuz alanlarda (şiş, su tutma kapasitesi düşük ve eğimli topraklarda; taşlık-kayalık güney bakılarda) varlığını sürdürmesi kısmen tehlike altına girebilecektir. Maki örtüsü, varlığını sürdürecektir; ancak, sıcaklık artışı ve yağış azalışı nedeni ile bugün yaygın

olduğu yükseltelerden daha üst kesimlere doğru kayacaktır. Ayrıca, kapsadığı bitki bileşimi içerisinde nemi seven türler aleyhine değişiklik olabilecektir. 1200 m den sonra konifer ağırlıklı bitki örtüsünde çok önemli bir değişimin olmayacağı varsayılmaktadır. Yalnızca, Pinus brutia 1200 m'den yukarılara çıkabilecektir.

İklim değişikliği karşısında alınabilecek önlemlerin belirlenmesi için birbirinden farklı senaryolar geliştirilmiştir. Bunlar, Geçerli/Mevcut koşullar; Adaptasyon-1 (düşük yatırım durumu); Adaptasyon-2 (yüksek yatırım durumu) ve Adaptasyon-3 (son iki senaryonun birleşkesi) senaryolarıdır (Çizelge 6).

**Çizelge 6. Seyhan Havzasında İklim Değişikliğine Karşı Alınacak Önlemlerin Belirlenmesinde Kullanılan Senaryolar (Atik Ve Ark., 2007)**

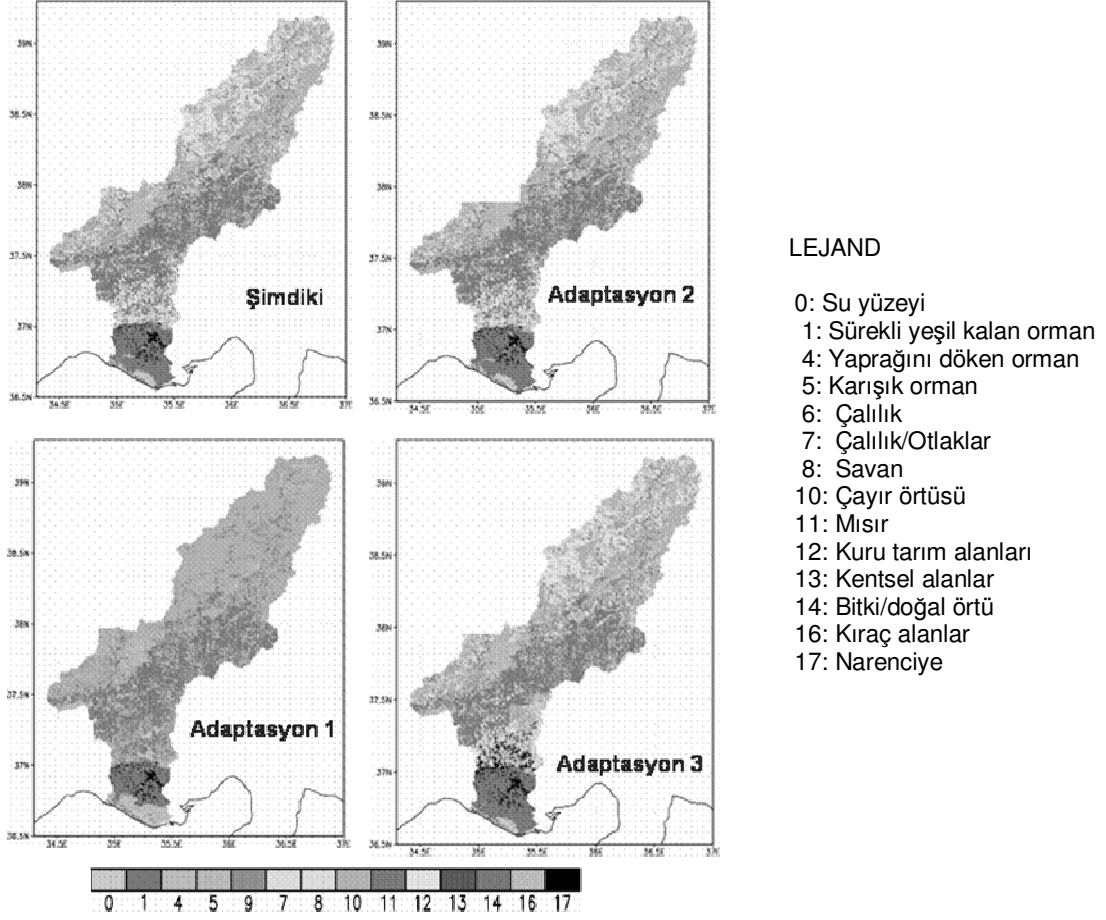
Ögeler	İlk Analiz Sonuçları		
	Adaptasyon: 1	Adaptasyon: 2	Adaptasyon-3
1. Doğal Örtü			
a) Orman	Bilinmiyor	Bilinmiyor	
b) Otlaklar	Bilinmiyor	Bilinmiyor	
c) Artan CO <sub>2</sub> etkisi	Normalize edilmiş vegetasyon indeksi farklarından (Nova uydusu)	Normalize edilmiş vegetasyon indeksi farklarından (Nova uydusu)	Normalize edilmiş vegetasyon indeksi farklarından (Nova uydusu)
2. Tarım alanları (Yağış Koşulları)			
a) Buğday ekilişleri	Kışlık buğday alanları otlaklara dönecek	Kışlık buğday alanlarınının 0.25'i sulanır bitkilere dönecek	
b) Ek baraj yapımı	YOK	VAR	Gerekli yerlerde
c) Artan CO <sub>2</sub> etkisi	Birleşik	Birleşik değil	
3. Tarım alanları (ASO)			
a) Bitki ve ekim deseni	0.22 narenciye; 0.50 pamuk, 0.07 sebze, 0.11 bostan, 0.10 meyve	0.22 narenciye, 0.39 pamuk, 0.05 sebze, 0.24 bostan, 0.10 meyve	
b) Yeraltı suyu kullanımı	Yok	Artacak	Kullanılacak
c) ASO-4. merhale	Sulanmayacak	Sulanacak	Sulanacak
d) Artan CO <sub>2</sub> etkisi	Büyüme mevsimi kısılacak	Büyüme mevsimi kısılacak	Büyüme mevsimi kısılacak

Adaptasyon-1 (uyum) senaryosunda, yukarı havzada, buğday üretim alanlarının azalması, arpa ve çayır-mera alanlarının artması ve sulı tarım alanlarının çok az artması öngörülmüş; aşağı havzada buğday veriminin azalacağı, sulama gereksiniminin artacağı, geleneksel bitki bileşiminin değişeceği ve Aşağı Seyhan Sulaması (ASO) 4. Aşama sulama yatırımlarının biteceği varsayılmıştır.

Adaptasyon-2 senaryosunda ise, yukarı havzada doğal yağış koşullarında yetişen buğday alanlarının azalacağı, karlı bitkilerin (ceviz, antep fıstığı, zeytin, meyveler) üretim alanlarının artacağı; aşağı havzada ise buğday verimi ve üretim alanlarının azalacağı, kavun-karpuz, meyve gibi bitkilerin sulama alanlarının ve ovada yeraltı suyu kullanımının artacağı; ASO 4. aşamanın tamamlanacağı öngörülmüştür. Tüm bu varsayımlar/senaryolar dikkate alındığında havzanın arazi kullanımında önemli değişikliklerin olacağı saptanmıştır (Şekil 17).

Şekil 17 incelendiğinde, özellikle yüksek yatırım durumunu öngören Adaptasyon\_2 (uyum) senaryosunda aşağı havzada yaşam alanı bulamayan çok sayıda bitkinin yukarı kesimlere kayacağı, havzanın orta ve yüksek kesimlerinde yaygın biçimde meyve-sebze tarımının uygulanacağı, özellikle sert çekirdekli meyvelerin geniş alanlarda yetiştirilebileceği anlaşılmaktadır. Ancak, değinilen bitkilerin hemen tümü sulanır koşullarda üretilecektir. O nedenle, yukarıda da değinildiği gibi, anılan kesimlerde şimdiden sulama yatırımlarına gidilmeli, belli yoğunlukta, su

depolama yapıları kurulmalıdır. Özellikle, kar erime zamanının değişeceği dikkate alınarak, erken gelecek yüzey akışlarının uzunca bir süre depolanması ile ilgili sorunların çözümlenmesine önem verilmelidir.



Şekil 17 İklim değişikliği sürecinde 2070-2100 yıllarında Seyhan Havza'sında farklı senaryolara göre arazi kullanım durumunun değişimi (Nakagawa ve ark., 2007).

#### 4. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TARIMSAL SU KULLANIMINA ETKİLERİNİ AZALTMA VE ALINABİLECEK ÖNLEMLER

İklim değişikliğinin getirdiği sakıncaları yönetmede; iklim değişikliğinin hızı ve büyüklüğünü azaltmak veya tersine döndürmek için sera gazları salımını azaltarak "etkileri hafifletme" ve sonuçlarını küçültme amacıyla iklim etkilerine "uyum sağlama" olmak üzere iki yol vardır (Venton, 2007). Bu stratejiler birbirlerini tamamlayıcı niteliklerde olabilirler. Uyum sağlama ve hafifletme kapasitesi ise sosyo ekonomik ve çevresel koşullara, bilgi ve teknoloji varlığına bağlıdır (IPCC, 2008).

##### 4.1. Etkileri Hafifletme

Etkileri hafifletme, atmosferdeki sera gazlarının düzeylerini azaltma yoluyla iklim değişiminin zararlı etkilerini sınırlamak için yapısal veya yapısal olmayan nitelikte, insan yapımı önlemleri tanımlamaktadır. Bu; gaz salımlarını azaltmak için uygun teknoloji geliştirmek ve/veya sera gazlarını kaynaklarında tutmak (salımlarını önlemek) aracılığı ile gerçekleştirilebilir. Enerjinin etkin kullanımı, yenilenebilir enerji kaynaklarının desteklenmesi ve karbon ticareti gibi önlemler, örnek olarak verilebilir (Venton, 2007). Şiddeti ve yayılımı büyük ölçüde belirsizlik gösteren anılan etkilerin

sınırlanması için araştırmalar yaparak hafifletmek; iklim değişikliğinin gelecekteki zararlarını azaltmada, maliyet açısından, en etkin ve en az riske sahip yaklaşımdır (Venton, 2007).

#### 4.1.1. Etkileri Hafifletme Seçenekleri

Yapılan çalışmalar, etkileri hafifletme önlemlerinin; gelecek yıllarda küresel salımlarda beklenen artışı dengeleme veya salımları şu anki düzeylerinin altına indirmede, büyük bir ekonomik potansiyele sahip olduğunu göstermiştir (Metz ve ark., 2008). Ancak, herhangi bir sektör için etkileri hafifletme potansiyelini sağlayan tek bir teknoloji yoktur. Çizelge 7, tarım sektörüne ilişkin seçilmiş önemli etki hafifletici teknolojiler, politikalar ve fırsatları göstermektedir.

**Çizelge 7. Tarım Sektöründe Önemli Etki Hafifletici Teknolojiler, Politikalar ve Fırsatlar (IPCC, 2008)**

Etki Azaltıcı Teknolojiler ve Uygulamalar		Çevresel Açıdan Etkin Görülen Politikalar, Önlemler ve Araçlar	Fırsatlar
Halen Mevcut Ticari Teknolojiler	2030 Yılından Önce Ticari Hale Gelecek Teknolojiler		
Toprağın karbon depolamasını artırmak için tarım ve mera arazilerinin yönetiminin iyileştirilmesi; işlenen turba toprakların ve bozulmuş arazilerin ıslah edilmesi; piriç yetiştirme tekniklerinin iyileştirilmesi ve CH <sub>4</sub> salımını azaltıcı çiftlik hayvanları ve gübre yönetimi; N <sub>2</sub> O salımını azaltmak için azotlu gübre uygulama tekniklerinin iyileştirilmesi; fosil yakıtlar yerine enerji bitkilerinin kullanımı; enerji etkinliğinin geliştirilmesi	Bitki verimlerinin yükseltilmesi	Arazi yönetimini iyileştirmek için parasal destek sağlanması; toprağın karbon içeriğinin devam ettirilmesi; gübre ve suyun etkin kullanılması	Sürdürülebilir gelişme ve iklim değişikliğinin zararlarını azaltma sinerjiyi artırabilir, böylece uygulamaya ilişkin engeller aşılabilir

#### 4.2. Uyum Sağlama

Hafifletici çabalar, küresel karbon salımını hemen sıfıra indirse bile, iklim değişikliğinin etkileri süreceğinden, önlem alınması zorunludur. Uyum sağlama, zararları azaltmak veya iklim değişikliğinin getireceği fırsatları avantaja dönüştürmek için onun gerçek ve potansiyel etkilerine karşı bir dizi tepkiyi tanımlamaktadır ve bu, yeni, kritik ve acil bir konudur (Venton, 2007).

##### 4.2.1. Uyum Sağlama Yaklaşımları ve Su

Su rejimlerinin değişmesi nedeniyle oluşacak zararları azaltmaya dönük uyum önlemleri, aslında, sürdürülebilir gelişme ve felaket riskini azaltmaya ilişkin uygulamalara benzer. Bu tür önlemleri almak; insanların halen alışamadıkları alanlarda, iklim değişikliği ile ilgili yeni risklerle karşılaşmaları ve sorunun ölçek düzeyi yüzünden zordur. Kestirilmesi zorlaşan yağış olayları, sıklaşan kuraklıklar ve eşi görülmemiş yoğunluktaki hava zararlarının, toplumlar için gerekli su miktarı ve niteliği ile suya ulaşılabilirliğe etkilerinin dikkate alınması gerekir. Toplum tabanlı uyum seçenekleri, koşullara ve yerel karar alma esaslarına bağlı olarak farklılık gösterir. Uyum önlemleri Çizelge 8'de verilen bazı kurumsal, eğitsel ve proje tasarımı değişikliklerini kapsar.

##### 4.2.2. Uyum Sağlama Seçenekleri

Toplumlar; hava ve iklimle ilgili taşkınlara, kuraklıklar ve fırtınalar gibi olayların yarattığı zararları azaltma ve uyum sağlama konusunda, uzun süreli kayıtlara sahiptir. Yine de, gelecek 20-30 yılda yürütülecek hafifletme önlemlerinin ötesinde, iklim değişikliği ve değişkenliğinin beklenen olumsuz etkilerini azaltmak için bölgesel ve yerel düzeyde ek uyum sağlama önlemleri gereklidir. Ancak, yalnızca uyum sağlamanın, iklim değişikliğinin beklenen tüm etkilerinin çaresi olması, özellikle de uzun dönemde boyutu artacak çoğu etkiler açısından beklenmemektedir (IPCC, 2008).

**Çizelge 8. Uyum Sağlama Önlemlerinin İçerdiği Değişiklikler (Venton, 2007)**

Uyum Sağlama Önlemlerinin İçerdiği Değişiklikler		
Kurumsal Değişiklikler	Eğitime İlişkin Değişiklikler	Proje Tasarımı Değişiklikleri
<p>-Yerel havza yönetimi: Yerel havzayı yönetme otoritesine sahip destekleyici kurumların evsel su kullanımı dahil tüm su kullanıcılarını ilgilendiren bu sorumluluğu uygun bir biçimde yürütmesinin sağlanması</p> <p>- Su hakları: Tüm kullanıcıların su kaynaklarına ulaşması için yasal hakların açıklanması.</p> <p>-Veri ve bilgi: Veri toplama, izleme ve ulusal bilgiye ulaşmada işbirliğinin geliştirilmesi</p>	<p>-Farkındalığın artırılması: Tahmin edilen iklim değişikliği ve yerel düzeydeki su kaynakları üzerinde oluşturacağı etkiler arasındaki bağlantılara ilişkin yerel anlayışın oluşturulması</p> <p>-Sağlık eğitimi: İklim ve suya ilişkin sağlık sorunlarında artışla ilgili bilgilendirme ve eğitim</p> <p>-Evsel su kullanımında tasarruf yapılması: Sağlanan temiz içme suyunun yeniden kullanımının (bahçe sulama vb.) özendirilmesi</p>	<p>-Yağmur suyunu tutmak için eş yükselti eğrilerine paralel arkların yapılması, arazide akan suyun oluşturduğu su yollarını tıkanmasıyla yüzey akışın azaltılması, taban suyu ve dolayısı ile içme suyu varlığının artırılması</p> <p>-Yağmur suyu hasadı ve tanklar: Toplumların sadece yer altı suyunu kullanmak yerine seçeneysel içme suyu kaynağı olarak yağmur suyunu depolaması</p> <p>-Küçük göletler: Çevredeki arazileri sulamak için bir su kaynağı sağlamak ve balık üretimi için seçenekler.</p> <p>-Seçeneysel ekim desenleri: Daha az su girdisi gerektiren ve böylece taban suyuna daha az etkiye bulunan kuraklığa dayanıklı bitkilerin kullanılması</p>

Çok sayıda uyum seçeneği vardır. Ancak iklim değişikliğinin zararlı etkilerini azaltmak için mevcut olanaklardan daha yoğun uyum gereklidir. Bu konudaki engeller, sınırlar ve maliyetler tam olarak bilinmemektedir. Planlanan bazı uyum önlemleri, halen sınırlı düzeyde uygulanmaktadır. Çizelge 9, su ve tarım sektörleri için planlanan uyum seçeneklerine ilişkin örnekleri göstermektedir (IPCC, 2008).

Uyum etkinliklerinin çoğu; ekonomik gelişme, yoksulluğun azaltılması gibi çoklu bir itici güce sahiptir ve genel gelişim, su kaynakları planlaması gibi sektörel, bölgesel ve yerel planlamayı destekleyici öğeler; kıyı koruması ve felaket riskini azaltma stratejiler ile iç içe geçmiş durumdadır (Parry ve ark.,2007). Uyum sağlama yeteneği; dinamik bir özellik taşır. Toplumların doğal ve insan yapısı, sermaye varlığı, sosyal ağlar ve haklar, insan sermayesi ve kurumlar, yönetim, ulusal gelir, sağlık ve teknoloji dahil, üretken varlığına ilişkin alt yapısından etkilenir. Toplumların bu yeteneği, aynı zamanda gelişme politikası ile birlikte çok yönlü iklimsel veya iklimsel olmayan streslerden de etkilenir (Parry ve ark.,2007).

Son çalışmalar, uyum sağlamanın yaşamsal ve yararlı olacağına ilişkin Birleşmiş Milletler (BM) İklim Konferansı Üçüncü Değerlendirme Raporu bulgularını doğrulamaktadır. Bununla birlikte, parasal ve teknolojik kavramaya ilişkin, davranışsal, politik, sosyal, kurumsal ve kültürel kısıtlayıcılar, uyum sağlamaya ilgili özelliklerin hem yerine getirilmesini ve hem de etkinliğini sınırlar. Uyum sağlama yeteneği yüksek toplumlar bile iklimsel değişiklik, değişkenlik ve aşırılıklarından zarar görebilir (IPCC, 2008).

**Çizelge 9. Su ve Tarım Sektörleri İçin Uyum Seçeneklerine İlişkin Örnekler (IPCC, 2008)**

Sektör	Uyum Sağlama Seçeneği/Strateji	Gerekli Politik Çerçeve	Gerçekleşmesinde Önemli Kısıtlar	Yaratabileceği Fırsatlar
Su	Yağmur suyu hasadının yaygınlaştırılması; su toplama ve muhafaza teknikleri; suyun yeniden kullanımı; tuzluluğun giderilmesi; su kullanım ve sulama randımanı	Ulusal su politikaları ve entegre su kaynakları yönetimi; suyla ilgili zararların yönetimi	Parasal, insan kaynaklarına ilişkin ve fiziksel engeller	Entegre su kaynakları yönetimi; diğer sektörlerle sinerji yaratma
Tarım	Ekim tarihleri ve bitki çeşitlerinde uyarlamalar; bitkilerde yöre değişimi; arazi yönetiminin iyileştirilmesi, (örneğin: ağaç dikimi sırasında erozyon kontrolü ve toprak koruma önlemleri)	Araştırma ve geliştirme politikaları; kurumsal reform; arazi ayrıcalıkları ve toprak reformu; eğitim; kapasite oluşturma; bitki sigortalaması; parasal teşvikler (örneğin: destekler ve vergi indirimleri)	Teknolojik ve mali kısıtlar; yeni çeşitlere ulaşım; pazarlar	Yüksek enlemlerde daha uzun büyüme mevsimi; "yeni" ürünlerden elde edilecek gelir



#### 4.3. Su Kaynakları ve Tarımsal Sulamaya İlişkin Uyum Sağlama Stratejileri

Tarımın, iklim değişikliği sürecinde diğer sektörlerle su paylaşımı konusunda yarışması nedeniyle uyum sağlama stratejileri, tekil çözümler olarak görülmemelidir. Bu stratejiler, önemli sistem değişikliklerine gidilmeksizin üretimin optimize edilmesine yönelik kısa erimli uyarlamalar ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini hafifletici daha köklü yapısal değişikliklerin yer alacağı uzun erimli uyum sağlama değişiklikleri biçiminde, ikiye ayrılırlar. Önerilen uyarlamalar; bitki yetiştirme yaklaşımlarında değişim ve daha uygun çeşitlerin (örneğin, yaz boyunca sıcak dalgaları ve kuraklığın zararını önlemek için geçici çeşitlerin; verim potansiyelinde artış sağlamak için büyüme mevsimi uzun çeşitlerin) kullanılması gibi uyarlamaları kapsarlar (Eisenreich, 2005). Ancak, büyüme mevsimi uzun bitkilerin kullanımı, mevsimlik sulama gereksinimini artırabilir (Rosenzweig ve Hillel, 1998). Yine; hızlı büyüyen bitkiler kullanıldığında, çiftçiler çoklu ekim yapma eğiliminde olabilirler ki, bu uygulama, su gereksinimini artırır (Eisenreich, 2005).

Korumalı toprak işleme, damla sulama ve sulama programlaması gibi uygulamalar; toprak suyunu koruyucu, 'kısa erimli uygulamalar' arasında sayılır. Sulama randımanının artırılması su gereksinimini azaltmak için çok önemli bir konudur. Bu, depolama yapıları ve dağıtım sistemlerindeki su kayıplarının azaltılması, sulama sistemlerinin bakımlarının uygun bir biçimde yapılması, sulama programlamasının optimizasyonu ve damla sulama gibi su artırımı sağlayan tekniklerin kullanılmasını içerir (Rosenzweig ve Hillel, 1998). Böyle stratejilerin geliştirilmesi; söz konusu uygulamaların, toprak suyunu korumanın ötesinde, çiftçilerin üretim maliyetlerinin azaltılmasına da katkı sağlaması nedeniyle, yaşamsal bir önem taşımaktadır.

Uzun erimli değişiklikler, üretimi kararlı hale getirmek ve verimdeki yıllık farklılıkları azaltmak için yeni iklimsel koşullara uyum sağlamak amacıyla arazi kullanımının değiştirilmesini kapsar. Bu; mevcut bitkilerin yerine verimliliği daha az fakat verimi daha kararlı bitkiler (örneğin; buğday yerine çayır mera-otlak gibi) yetiştirilerek başarılabılır. Su stresinin arttığı alanlarda; ayrıca, daha az su tüketen ve sıcaklığa dirençli bitkilerin kullanılması önerilir. Yerel toprak ve iklim koşullarına uygun üretim yapan çiftçilik sistemlerinin kullanılması, bu konudaki diğer önlemlerdir (Eisenreich, 2005).

##### 4.3.1. Su Kullanma Randımanının (WUE) Yükseltilmesi

Su kullanım randımanı, birim ağırlıkta ürünün alınması için harcanan su miktarını göstermektedir. Sulanır alanlarda suyun önemli bir bölümü, farklı evre ve araçlarla kaybolduğundan, su, etkin olarak kullanılamamaktadır. Dünya ölçeğinde iletim ve depolama kayıplarının % 30 civarında olduğu kestirilmektedir (Bos, 1985). Tarlaya verilen suyun bir kısmı yüzey akış ve drenajla kaybolarak, bitkisel üretimde kullanılamamaktadır.

Tarımsal sulamada, yüzey akış kayıpları büyük boyutlardadır. Yüzey akış, yüzeyde depolanan su miktarının ve infiltrasyon hızının artırılması ile azaltılabilir. Bu önlemler mekanik olarak toprak yüzeyinin düzenlenmesi (örneğin teraslama) ile olabileceği gibi bitki artıklarının toprak yüzeyinde bırakılması gibi tekniklerle de başarılabilmektedir.

Toprak yüzeyinden oluşan buharlaşmanın azaltılması ile WUE yükseltilebilir. Buharlaş kayıpları, sulama sayısı ve süresini kısaltarak veya suyu etkin kullanan damla yöntemi kullanarak; veya toprak yüzeyine ulaşan enerji miktarını azaltarak, düşürülebilir. WUE, drenajla kaybolan su miktarının azaltılması ile de artırılabilir. Ancak toprak tuzlanmasını önlemek ve sürdürülebilir bir tarım yapabilmek için belirli miktarda yıkama gereksiniminin dikkate alınması gerekir. Su kullanım randımanı, transpirasyon randımanının ( $e_w$ ) artırılması ile de yükseltilebilir. Transpirasyon randımanı, atmosferin ortalama doygunluk açığı ile verim veya istenen herhangi bir bitkisel özellik kullanılarak elde edilir (Wallace, 2000). Transpirasyon randımanı, ya verimin artırılması ya da doyma açının azaltılması ile yükseltilebilir. Verim, uygun bitki seçimi, (C3 veya C4 bitkileri) ile veya genetik olarak iyileştirilmiş bitki türlerinin artırılabilir. Atmosferin doygunluk açığı, bitki yetiştirilen mikroklimasını değiştirilerek azaltılabilir. Bunun için yüzeye gelen enerjinin, yüksek ağaç/bitki karışımı şeklinde yetiştiricilik yapılması gerekir.

##### 4.3.2 Sulama Sistemlerindeki Zorunlu Dönüşüm

Dünyada ve Türkiye'de su kaynaklarının büyük bir kısmı tarımda kullanılmaktadır. Su kaynaklarının tarımda kullanılan kısmının az gelişmiş ülkelerde % 86'lara çıkarken gelişmekte olan

ülkelerde ise % 40 civarında kaldığı, gelişmiş ülkelerde su kaynaklarının büyük bir kısmının endüstride kullanıldığı göze çarpmaktadır (Büyüktaş ve Baştuğ, 2007). Kuraklık sorununun yanı sıra nüfus artışı, diğer sektörlerin su kaynaklarına isteminin artması, su niteliğinin azalması gibi etmenler Türkiye’de tarımdaki su kullanımının azaltılmasını zorunlu kılacaktır. Nitekim, Devlet Su İşleri, 2030 yılına yönelik projeksiyonlarında su kaynaklarının % 65’ini tarımda, % 20’sini endüstride ve % 15’ini ise evsel tüketimde kullanmayı hedeflemektedir (Anonim, 2007).

Türkiye’de DSİ Genel Müdürlüğü tarafından yapılan sulama şebekelerinin çok büyük bir bölümü (%95.93), yüzey sulama yöntemlerine göre planlanmış, inşa edilmiş ve işletilmektedir. Geri kalan %3.38 kadarı yağmurlama ve %1 ise damla yöntemleri ile sulanmaktadır (Kanber ve ark., 2005). Oysa, yalnız toprak ve topografya özellikleri açısından, % 0-6 eğim grubu içerisinde yer alan 13.5 milyon hektar sulanabilir alanın % 63’ünde basınçlı sulama yöntemlerinin uygulanması gerektiği belirlenmiştir. İklim değişikliği, su kaynakları kısıtı, bitki özellikleri, ekonomik koşullar vb. etmenler de göz önüne alındığında bu oranın daha da artması, uygulanan sulama teknolojilerinin iyileştirilmesi ve mevcut su kaynakları potansiyeli ile daha geniş alanların sulamaya açılması zorunluluğu vardır (Yıldırım, 2008).

Yüzey sulamada (tava veya karık) tarla su uygulama randımanı % 60 dolaylarındadır. Sulama randımanları yağmurlama sulamada % 85’e, damla sulamada ise % 95’e kadar çıkabilmektedir. Salma sulama yönteminde, çiftlik randımanı % 65, iletim randımanı % 90 kabul edildiğinde, 1 hm<sup>3</sup> gerçek su gereksinimi için kuramsal olarak en az 1,71 hm<sup>3</sup> suya gerek vardır. Oysa uygulamada, 1 hm<sup>3</sup> gerçek gereksinim için ortalama 2 hm<sup>3</sup>’ün çok üzerinde su harcanmaktadır (Ertürk, 2007). Damla sulama yönteminde ise toprak yüzeyinin tümü ıslatılmadığından ve iletim sırasındaki kayıplar yok denecek kadar az olduğundan, salma sulama yönteminde 1,71 hm<sup>3</sup> su gerektiren bir alan, damla sulamayla 1 hm<sup>3</sup> su ile sulanabilmek ve salma sulamaya göre, en az %70 daha fazla alan sulanabilmektedir. Damla sulamada ıslatılan toprak yüzeyinin azalması, doğrudan buharlaşmayı da azaltır, yüzey akış olmaz ve derine sızma denetlenebilir (Hillel, 1987; Bucks ve ark., 1982). İsrail, ABD ve İspanya’da önemli su artırımları sağlanmaktadır (Postel, 2001). Yüzey sulama yöntemlerinde kayıpların azaltılması ve düşük basınçlı sulama (damla ve mikro yağmurlama) yöntemlerinin uygulanmasıyla yapılacak artırım, büyük ölçüde dokunulmamış yeni bir su kaynağı oluşturacaktır. Elde edilen ürünün nitelik ve miktarındaki artış ve enerji gereksiniminin görece düşük olduğu dikkate alındığında, düşük basınçlı sulama sistemlerine dönüşümün su kaynaklarının verimli kullanılması açısından daha doğru bir seçenek olarak değerlendirilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Açıklanan nedenlerle Ülkemizde, geleneksel olarak uygulanan yüzey sulama yöntemleri yerine, koşulların elverdiği her yerde, damla ve yağmurlama sulama gibi basınçlı sulama yöntemleri kullanılmalıdır. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı ile Ziraat Bankası’nın modern sulama sistemi kuran çiftçilere desteği, bu açıdan, olumlu bir gelişmedir (Baştuğ, 2007). Ancak bu desteklerin artırılarak sürdürülmesi gerekir.

### 4.3.3. Su İletim ve Dağıtım Sistemlerinin İyileştirilmesi

Su iletim randımanı, toprak kanallarda % 70, beton kaplı kanallarda % 85, kanaletlerde ise % 97 kadardır. Basınçlı boru hatlarında ise %100’e ulaşır. İletim ve dağıtım sistemlerindeki açık kanalların, kayıpları en aza indirgeyen kapalı boru sistemlerine dönüştürülmesi, hem su kayıplarını en aza indirme olanağı sağlar hem de gelecekte önem kazanacak olan su dağıtımında otomasyonu kolaylaştırır.

Ülkemizde sulama şebekelerinde DSİ tarafından, 1950-1965 döneminde açık kanal, 1965-1970 yılları arasında açık kanal ve kanalet, 1970-1987 yılları arasında önceki yıllarda uygulanan sistemlere ek olarak, alçak basınçlı borulu sulama şebekeleri uygulanmış; 1987’den sonra, gelişen boru teknolojilerine bağlı olarak, sistemlerde yüksek ve orta basınçlı sulamalar büyük yer tutmuştur. Ancak, 2003 yılına dek işletmedeki sulama projelerinde % 5 civarında olan borulu şebeke tipi, bu gün % 11 düzeyine ulaşmıştır (Anonim, 2007). Bu düzeyin hızla artırılması gerekmektedir. DSİ, bundan sonraki sulama sistemlerinde kapalı sisteme geçileceğini açıklamıştır.

#### 4.3.4. Sulamaya İlişkin Fiziki Altyapı Yatırımlarının Artırılması ve Su Aktarımı

Türkiye’de su rejimini düzeltmek amacıyla 683 adet baraj yapımı düşünülmektedir. Özellikle, tarımsal açıdan çok önemli olan, Batı Anadolu’daki barajları bir an önce tamamlamak gerekmektedir (Önder ve Önder, 2007; Yaşar ve Yıldız, 2009). Genel olarak, su kaynaklarımızın yerinde kullanılması, yaygın bir uygulamadır. Gerektiğinde havzalar arası su iletimi, bir seçenek olarak, düşünülmelidir. Ancak, baraj yapımlarının gerçekleşmesi ve havzalar arası su iletimi, çok büyük yatırımlar gerektirir. Su kaynaklarından daha fazla yararlanmak için fiziki yatırımların gerçekleşmesini hızlandırmanın güçlüğü nedeniyle suyun etkin şekilde kullanılması, daha akılcı bir yaklaşım sayılmaktadır.

Havza içi ve havzalar arası su aktarımı projelerinde karşılaşılan en büyük sorunlardan birisi, nehirlerde sediment yükünün artmasıdır. Değinen sorun, barajların ekonomik ömürlerinin kısalmasına da yol açmaktadır. Ayrıca, su aktarımı projelerinde, su hakları konusu da tartışmalara yol açmaktadır. Gelecekteki bu tür projelerde, su korunumu ve çevresel etik açısından, suyun akılcı ve yararlı kullanımını sağlayan bir standart geliştirilmesi gerekecektir (Bucks ve ark., 1990).

#### 4.3.5. Tuzlu, Marjinal, Atık Suların Sulamada Kullanım Olanakları

Küresel ısınma ile su kaynaklarının miktar olarak azalması, su niteliğinde de dikkate değer azalmalar meydana gelecektir. Bu, sulama amacıyla kötü nitelikli suların kullanımını gündeme getirecektir. Konuya ilişkin değerlendirme yapan Kanber ve ark. (2005), ülkemizde mevcut su kaynakları ile 8.5 milyon ha arazinin sulanabileceğini, gelişen teknolojiyle birlikte 26.5 milyon ha arazinin sulanabilir özellikte olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar gelecekte bu büyüklükteki arazinin sulanabilmesi için tatlı su kaynaklarının yeterli olmayacağını ve atık su kullanımının zorunlu olduğunu açıklamışlardır. Tuzlu ve atık su kullanımının birim hacim için maliyetleri (2-20 \$) yüksektir. Ancak, gerektiğinde uygulanabilecektir (Önder ve Önder, 2007). Bunun için, Maas ve Hoffman (1977)’nin verdiği tuzluluk eşik değerlerinin ve tuzluluğun oluşturabileceği verim azalmalarının, yeniden, gözden geçirilmesi gereklidir. Tuzlu suların sulamada kullanılması durumunda oluşabilecek verim azalmaları üzerinde yalnızca bitkinin değil, sulama yönteminin ve toprak bünyesinin de etkili olduğu bilinmektedir. Örneğin, Ayers ve Westcot (1985) tuzlu suyun karık yöntemiyle kullanılması durumunda, daha fazla verim azalmasına neden olduğunu rapor etmişlerdir.

Sudan daha fazla yararlanabilmenin bir yolu da suyun tekrar kullanmasıdır. Drenaj kanallarına, dere yataklarına ve nehirlere verilen atık ve drenaj sularının arıtılarak yeniden kullanımı sağlanabilir. İsrail, tarım alanlarının su gereksiniminin % 30’unu arıtılmış sulardan karşılamaktadır; bu rakamın 2025’te % 80’e ulaşması beklenmektedir (Postel, 2001).

Sulamada tuzlu drenaj sularının kullanımı büyük bir potansiyele sahiptir. Bu konuda farklı kullanım stratejileri geliştirilmiştir. Tuzlu ve iyi nitelikli suların ardışık kullanılmaları, tuzlu suların dayanıklı bitkilerde kullanılmaları, tuzlu suyun seyreltilmesi, tuzlu suyun buharlaştırılarak arıtılması, endüstride kullanılması gibi (Bucks ve ark., 1990).

Kanalizasyon suları yüksek oranda çözünemeyen tuzlar, karbonat, bor, nitrat, sodyum/kalsiyum oranı ve magnezyum içerebilir. Bu sular, ön işlemlerin ardından, çökeltme, filtrasyon, klorlama ve diğer dezenfeksiyon işlemlerinden de geçtikten sonra yağmurlama ve diğer bitkiyle temas halindeki yöntemlerde bile sulama amacıyla kullanılabilir. Bu konuda çeşitli ülkelerde uygulanan standartlar Ayers ve Westcot (1985)’de verilmiştir.

#### 4.3.6. Kısıntılı Sulama

Kısıntılı veya eksik sulama, bitkiye maksimum evapotranspirasyon ( $ET_m$ ) isteminden daha az su uygulanmasının planlandığı bir su yönetim yaklaşımıdır. Eksik sulama uygulamaları farklı yaklaşımlarla, yapılmaktadır. Bunlar, yöreye, iklime ve bitkiye göre değişmektedir Bucks ve ark., 1990; Kanber ve ark., 2005). Martin ve ark. (1988), suyun sınırlı olduğu koşullarda; gereğinden az su uygulayarak artırılan suyla, sulanan alanın genişletilmesi ile yaklaşık aynı net gelirin elde edildiğini göstermiştir. Kısıntılı sulama

uygulaması, bitki verimi ile ET arasındaki ilişkiyi ifade eden su-verim fonksiyonlarına gerek duyar (Stewart ve Hagan, 1973). Böyle bir su verim fonksiyonunun normalize edilmiş biçimi, Doorenbos ve Kassam (1979) tarafından verilmiştir.

Geleneksel kısıntılı sulama, bitkinin belirli bir düzeye kadar su stresine ve dolayısıyla verim azalmasına maruz bırakıldığı bir optimizasyon stratejisidir (Pereira ve ark., 2002). Geleneksel kısıntılı sulama yanında son yıllarda akademik düzeyde uygulamaları görülen yarı ıslatmalı sulama da (Kaman, 2007) kuraklık etkilerinin azaltılmasında bir önlem olarak düşünülebilir (Ayars ve ark., 2006; Büyüktaş ve ark., 2008).

#### **4.3.7. Sulama Programlaması**

Sulanan alanlardan meydana gelen yüzey akışın ve derine sızan suyun yeniden sulamada kullanılmadığı durumlarda, geliştirilmiş sulama programlaması ile su artırımı sağlanabilir (Bouwer, 1988). Sulama programlaması sulama suyunun uygulanacağı zamanı ve miktarı planlama olarak tanımlanabilir. Bu amaçla kullanılacak çok sayıda yöntem bulunmaktadır (Hillel, 1987; Jackson, 1982). Her işletmenin toprak nemi algılayıcı araçlardan ve kendi otomatik iklim istasyonlarından sağladıkları verilerle sulama suyu gereksinimini hesaplayarak sulama programcılığına yönelmesi ile sulamada otomasyon gündeme gelecektir. Su dağıtımından sorumlu sulama birlikleri veya kooperatiflerinin gerçek işletim programları uygulamaları suyun daha etkin kullanılmasını sağlayacaktır.

#### **4.3.8. Su Hasadı, Küçük Rezervuarlar ve Yeraltı Suyunun Beslenmesi**

Su hasadı; insan, hayvan veya bitki kullanımı için belirli bir alandan (bir havzadan) yağışın yarattığı yüzey akışın biriktirilmesi olarak tanımlanabilir. Biriktirilen su ya hemen sulama amacıyla kullanılabilir, ya da toprak yüzeyindeki havuzlarda veya toprak altındaki sarnıçlar veya yüzlek akiferler gibi rezervuarlarda daha sonra kullanılmak üzere biriktirilir (Hillel, 2005). Bu amaçla topografyanın uygun olduğu yerlerde çiftlik içi göletler de yapılabilir. Yüzey akışının biriktirilmesi için toprağın plastik, kauçuk, metal levhalarla örtülmesi veya infiltrasyonu önleyici işlemlerin, örneğin toprağın sıkıştırılması, yüzeyin su geçirmez kimyasallarla kaplanması, parafin veya asfalt uygulanması, toprağın kil fraksiyonunu disperse edici sodyum ve diğer dispersantların uygulanması gibi, işlemlerin yapılması gerekir (Bucks ve ark., 1990). Bir başka uygulama ise su yayma sistemlerinin kullanılmasıdır. Bu sistemde, yüzey akışı, daha önce planlanmış, hendekler, karıklar aracılığı ile araziye yayılır. Bitkiler bu ark veya hendeklerin, şeritlerin üzerinde yetiştirirler. Seçilen bitkilerin kurağa dayanıklı olmalarına özen gösterilmelidir (Bouwer, 1988). Ayrıca, olanak bulunduğu akiferlerin beslenmesi, kar yağışının engeller, çitler, rüzgarkıranlar, yıllık ve çok yıllık bitki şeritleri kullanarak biriktirilmesi gibi, önlemlere de başvurulabilir (Bucks ve ark., 1990).

#### **4.3.9. Su Kaynakları ve Kuraklık Yönetimi**

İklim değişikliği nedeniyle azalan su kaynaklarının yönetimi, günümüzde farklı düşünce biçimlerinin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Sulanır alanlarda özellikle, suyun iletimi ve dağıtımında randıman, adalet ve uyumu sağlamak ilk koşul olma durumundadır. Zira, anılan koşullarda suya ve gübreye çok duyarlı yüksek verimli çeşitler üretilecek ve çiftçilerin kurumsal değişimden beklentileri farklı olacaktır (Bucks ve ark., 1990). Bu amaçla entegre su kaynakları yönetimi, belki de, en uygun yaklaşım olacaktır ve değişen yönetimin benimsenmesi, su yöneticilerinin iklim değişikliğine uyum sağlamasında büyük katkılar sağlayacaktır (Şen, 2005).

Entegre su yönetiminde, suyun etkin kullanımına ilişkin seçeneysel strateji, kurum ve uygulamaların değerlendirilmesi; birçok hedef ve amacın tanımlanması ve belirlenmesi gerekir (Önder ve ark., 2005). Bu bağlamda yeni geliştirilmiş modeller kullanılabilir (Heerman ve ark., 1984). Bunlar, çiftçilere verilecek suyu azaltıcı önlemlerin değerlendirilmesinde yararlı araçlar olabilirler (Bucks ve ark., 1990). Örneğin, gelişmiş ülkelerde ürün desenleri artık havzalar bazında, kurak ve yağışlı dönemler için, ana veseçeneysel ürünler olarak belirlenmeye başlanmıştır. Bu çalışmalarda önce havzaların jebiyokimyasal özellikleri, ardından yağmur başta olmak üzere atmosferik taşınımlar havza bazında incelenerek ürün desenleri

saptanmaktadır. Ülkemizde de bu tür çalışmalar için, suyun verimli kullanımı açısından Türkiye'deki 25 havzanın ayrıntılı havza bazında su kullanım kuralları oluşturulmalıdır (Yaşar ve Yıldız, 2009).

#### 4.3.10. Bitki Seçimi, Ekim Desenin Değiştirilmesi ve Ekili Alanın Sınırlanması

Sulanan alanlarda bitki su gereksinimini azaltmak için bitki deseni değiştirilebilir. Yazları sıcak, kışları ılıman iklimlerde yazlık bitkiler (yonca, pamuk, sorgum vb.) en aza indirilebilir ve kışlık bitkilere (sebze, çiçek vb.) ağırlık verilebilir. Yine, su tüketimi yüksek bitkiler yerine daha az su tüketen ve kurağa dayanıklı çeşitler seçilebilir (Bucks ve ark., 1990).

Su tüketimi daha az olan çeşitlerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması da su gereksinimini azaltabilir. Son yıllarda biyoteknolojideki gelişmeler; özel çevre koşullarına dayanıklı bitkilerin geliştirilmesi konusunda ümit vermektedir. Örneğin, soyada yaprak ve gövdede tüylenmenin artmasıyla kurağa dayanımın arttığı belirlenmiştir. Öte yandan; sorunlu araziler sulama dışı bırakılabilir. Yine; yağışı az olan yerlerde geleneksel sulu tarım yerine, gerekiyorsa tamamlayıcı sulamalarla kuru tarıma dönülebilir. Bu konuda yapılan bazı öngörüler, 21. yüzyılda sulanan alanların %10-30 kadarının kuru tarıma ve diğer kullanımlara dönüştürülebileceğini göstermektedir.

#### 4.3.11. Tuza ve Kuraklığa Dayanıklı Bitki Türlerinin Geliştirilmesi ile İlgili Seleksiyon Çalışmaları

Küresel ısınma nedeniyle topraklarda tuzluluk-alkalilik gibi sorunlar ortaya çıkacak ve sürekli artacaktır. Azalan su kaynakları yüzünden böylesi toprakların iyileştirilmesi, güç, pahalı ve ekonomik olmayacaktır. O nedenle ya bu konudaki düşüncelerin değişmesi, ya da tuza ve kuraklığa dayanıklı bitki tür ve genotiplerinin geliştirilmesini hedefleyen biyolojik yaklaşımlar giderek önem kazanacaktır. Bu bağlamda, toprak iyileştirilmesinde dikkate alınan, EC ve ESP gibi kavramların miktar olarak, değiştirilmesi gerekecektir.

Tuzluluk ve kuraklık, abiyotik stres etmeni olarak değerlendirmekte ve bitkilerde, karbon metabolizmasını ve elektron transport etkinliğini sınırlandırarak, benzer tepkilerin oluşmasına neden olmaktadır (Köşkeröğlu, 2006). Bitki büyüme, gelişim ve verimliliğini etkileyerek tarımsal üretim için ciddi bir tehlike oluşturmaktadır (Ercan, 2008). Tuza karşı dayanım ve direnci artırmak için ya doğal genetik varyasyonların seçilmesi ya da yeni genlerin bitkiye eklenmesi veya mevcut genlerin değiştirilmesi gibi işlemler yapılmaktadır (Yamaguchi ve Blumwald, 2005). Ancak, son yıllarda oldukça büyük kaynaklar aktarılmasına ve araştırmalar yoğunlaşmasına karşın tuza dayanıklılığı tarla denemeleri ile test edilmiş hatlar oldukça azdır (Ashraf ve Arkam, 2009).

#### 4.3.12. Ekonomik Olmayan Bitkilerin Su Kullanımının Azaltılması

Doğal bitki örtüsü, önemli miktarda su kullanır. Akarsu çevrelerindeki sucül bitkiler, tükettikleri suyu doğrudan akarsudan alırlar. Suyu seven bitkiler ve taşkın ovalarındaki derin köklü çalılar (Phreatophytes) büyük miktarda taban suyu kullanırlar. Anılan ovalardaki bu bitkiler, seyreltilerek veya yok edilerek su kullanımları azaltılabilir. Ancak, bunların yok edilmesi, çevresel ve yaban yaşamına ilişkin sorunlar yaratabilir. Bir yaklaşım, suyun kuyulardan pompalanarak başka bir yere saptırılmasıdır. Böylece, yer altı suyu düzeyi; kısa boylu ağaçlar ve çalıların öleceği, fakat büyük ağaçların yaşamını sürdürebileceği ve daha az suyun kullanılacağı bir düzeye düşmektedir. Üçüncü bir yaklaşım sızmayı azaltmak için mecran yüzeylerinin beton vb. ile kaplanması olabilir. Genel olarak, su kaynağını taban suyu bitkilerinden uzak tutmak, taban suyu bitkilerini sudan uzak tutmaktan daha akılcıdır (Bouwer, 1988).

#### 4.3.13. Suyun Buharlaştırma Yoluyla Kaybının Azaltılması

Göller, rezervuarlar, tanklar ve diğer su yüzeylerinden olan buharlaştırma, kimyasal filmler, köpük blokları, boş şişe ve kutular, kauçuk levhalar gibi yüzen cisimler kullanılarak % 60-100 oranında azaltılabilir. Küçük yapılarda suyun yüzlek, geniş rezervuarlar yerine derin, küçük yapılarda depolanması, büyük yapılarda ise bölmeli havuzlarla, su düzeyi düştükçe bir veya birkaç derin havuz dolu tutulacak biçimde havuzlar arası aktarım yapılarak başarılabılır (Bouwer, 1988).

Toprak yüzeyinden buharlaşma, korumalı toprak işleme teknikleri (toprak işlemesiz tarım, minimum toprak işleme, malçlama vb.) ile azaltılabilir (Bucks ve ark., 1990; Schwab ve ark., 1993). Yoğun sebze üretiminde plastik malçlar, mikro sulama yöntemleriyle birlikte kullanılarak buharlaşmanın hemen tümü önenebilir (Baştuğ, 1995). Ayrıca sulamaları, günün serin saatlerinde yapmak, rüzgarlı günlerde sulama yapmaktan kaçınmak da buharlaşmayı azaltabilir.

### 4.3.14. Su Kullanıcılarının Eğitimi

Araştırma ile gerçek sulama uygulamaları arasında her zaman bir boşluk vardır. İyi bir eğitim ve teknik yardım programları, sulama suyu kullanımı ve yönetimindeki bu boşluğu azaltabilir. Araştırma bulgularını tarla koşullarına aktarmak için gösteri programları gereklidir. Çoğu zaman sulamacılar, başarısını gözleriyle görmedikleri maliyetli projelere para yatırmak istemezler.

Üniversiteler ile birlikte kamu kuruluşları, yayım kurumları ve özel danışmanlar her türlü su korunumu önlemlerinin gösterisini yapabilirler. Öğretim ve eğitim; ileri teknolojinin benimsenmesindeki başarıda çok önemlidir. Kurumsal ve düzenlemeye dönük hedeflere uygun, öncelikli amaçların gerçekleşmesi için küçük ve büyük toprak sahipleri ile çiftçilere yönelik teknik yardım programları düzenlenmelidir (Bucks ve ark., 1990). Gelecekte su kaynaklarının daha kıt olacağı ve daha pahalı elde edileceği göz önüne alındığında, şimdiden su kullanan sektörlerdeki kişilerde bilinç oluşturulması yönünde eğitim çalışmalarına başlanması zorunludur. Çünkü, bir bireyin artırdığı su miktarı, bir diğeri için yaşamsal önem taşıyabilir (Önder ve Önder, 2007).

### 4.3.15. Su Politikaları ve Yasal Önlemler

Birçok ülkede uzun yıllar boyunca yürütülen su kaynakları geliştirme projelerinden kazanılan deneyimler, su kaynakları politikaları ve yasalar için iyi bir kurumsal düzenlemenin zorunlu, olduğunu göstermiştir. İyi bir kurumsal düzenlemenin bir plan ya da programa sahip olması ve bunun için de sağlam gerekçelere dayalı bir politikasının bulunması gerekir. Gerekçeler belirsiz olursa, ya da beklenen hedef ve amaçlarla uyumsuzsa, istenilen sonuçlar elde edilemez. Su yasası sistemi, değişiklik veya geliştirmeleri zorlayıcı olmaktan çok kolaylaştırıcı olmalıdır. Çoğu ülkede, su politika ve yasaları ya hiç yoktur veya güncelliğini yitirmiştir, ya da uygun değildir ve su kullanıcılarınca gerçek anlamda bilinmez (Bucks ve ark., 1990). Bu durum, kuşkusuz üründe önemli kayıplara yol açar ve çoğu zaman ayrılan fonların yanlış kullanılmasına neden olur.

Türkiye’de, su konusunda gerekli olan ayrıntılı yasalar hala çıkarılmamıştır. Özellikle yeraltı sularının çok dikkatli ve denetimli olarak kullanımına yönelik yasaların bir an önce çıkarılması ve uygulanması gerekmektedir. Türkiye’de kuyuların sayısı bilinmemektedir. Gelişmiş ülkelerde ise yeraltı suları olabildiğince dikkatli ve devletin denetiminde kullanılır. Türkiye’nin en az yağış alan bölgelerinden biri olan Konya Ovası’nın buğdaydan altı kat fazla su isteyen şeker pancarı tarımına açılması bu açıdan önemli bir hatadır (Yaşar ve Yıldız, 2009). Öte yandan, ülkemizde, sulanan alanlar ve bu alanlarda kullanılan sulama yöntemlerinin dağılımına ilişkin istatistiklerde eksikliklerdir. Bu eksikliklerin giderilmesi sulama alanında yapılacak çalışmaların sağlıklı verilere dayandırılmasını sağlayacaktır.

Sulama birliklerinde damla ve yağmurlama sulama yöntemlerini kullanan işletmeler, halen daha az sulama ücreti ödemektedirler. Bu uygulamanın yaygınlaştırılmasıyla, ülke genelinde sulama randımanı çok düşük olan sulama yöntemlerinden daha yüksek randımanlı yöntemlere doğru iyileşme sağlanabilecektir (Önder ve Önder, 2007). Ayrıca, sulama ücretlerinin birim alan ve bitkiye göre değiş, kullanılan su hacmine göre alınması, önemli düzeyde su artırımını sağlayacaktır.

### 4.3.16. Sanal Su Kullanımı

Su sıkıntısı çekilen ülkelerde su kaynaklarının daha verimli kullanılması ile ilgili olarak, son yıllarda sanal su kavramı ortaya atılmıştır. Sanal su, bir mal veya hizmeti üretmek için gerekli su hacmi olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım ilk kez, Allan (1993) tarafından Ortadoğu’daki su sorunlarına çözüm ararken,

kıt olan yerli su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltmanın bir aracı olarak ortaya atılmıştır. Dolayısı ile sanal su ithali alternatif bir su kaynağı olarak görülebilir.

Suyu kıt olan ülkeler, su gereksinimi fazla olan bitkileri yetiştirmek yerine, bu ürünleri ithal ederek su kaynaklarını daha verimli kullanabilirler. Böylece çok pahalı olan suyun doğrudan ithali yerine dolaylı olarak ithal edilmesi hem daha ucuza mal olabilecek hem de ülkenin kendi su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltacak ve suyun diğer sektörlerde kullanımına olanak sağlayacaktır.

Her yıl, yaklaşık olarak, 600 km<sup>3</sup> sanal su altı milyar insanı beslemek amacıyla hareket halindedir. Uluslararası küresel sanal su 1031 km<sup>3</sup>/yıl olup bu miktarın 695 km<sup>3</sup>/yıl'ı bitkisel, 336 km<sup>3</sup>/yıl'ı ise hayvansal kaynaklıdır. Yani, kullanılan suyun yaklaşık %20'si sanal su olarak başka ülkelere ihraç edilmektedir (Konukçu ve ark., 2007). Türkiye'nin sanal su ithali 0-5 Gm<sup>3</sup>/yıl olarak verilmektedir (Chapagain ve Hoekstra, 2004). Ancak, su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltmak amacıyla kullanılan sanal su kavramının, ülkenin temel gıda gereksiniminde dışa bağımlılığa yol açmayacak ve gıda güvenliğini tehlikeye atmayacak şekilde planlanması gerekmektedir.

## 5. GELECEK YILLARDA (50-100 YIL) YAPILABİLECEK ÇALIŞMALAR, ALINACAK ÖNLEMLER

İklim değişikliğinin olumludan çok olumsuz ekileri, insanlığı korkutmaktadır. Yapılan değerlendirmelere göre, iklimin bir miktar daha ısınması beklenmektedir. Ancak, ısınma ne kadar fazla olursa, sonuçları da o oranda tehlikeli olacaktır. Bu nedenle salımlardaki (emisyonlar) artışı azaltmak için alınacak her türlü önlem yaşamsal önem taşımaktadır. Unutulmaması gerekir ki insan uygarlığının ortaya çıkmasının en önemli nedeni, son birkaç bin yıl içindeki iklim sisteminin kısmen durağan olmasıdır (Samur, 2007).

Küresel ısınmayı önlemeye yönelik iklim ve çevre dostu politikalar ve önlemler, Türkes, (2007) tarafından özetlenmiştir: Tüm sektörlerde enerji verimliliğinin ve tasarrufunun artırılması; yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının (hidrolik, güneş, rüzgar, jeotermal, biyokütle, vb.) birincil enerji kaynakları içindeki payının artırılması; fosil yakıt yakma teknolojilerinin iyileştirilmesi ile birleşik ısı ve güç santrallerin yaygınlaştırılması; daha az CO<sub>2</sub> salan yakıtlara dönüşüm; ulaştırma ve kent içi trafik sistemlerinin, motorlu taşıtların daha az yakıt tüketmelerini sağlayabilecek biçimde düzenlenmesi ve kent içinde raylı toplu taşımacılığın, şehirlerarası yük ve yolcu taşımacılığında demiryollarının ve denizyollarının önemsenmesi ve uygulanması.

İklim değişikliğinin su kaynakları üzerine olan olası etkileri ayrıntılı biçimde araştırılmalı, su kaynaklarının yönetimi, iklim koşulları dikkate alınarak yapılmalı, sınır aşan sulardan komşu ülkelere ayrılacak paylar, iklim değişikliği dikkate alınarak saptanmalıdır. Örneğin, verilecek su miktarı, iklim koşullarına göre belirlenmeli ve elden geldiğince regüle edilmiş su verilmelidir. Yeni sulama yatırımları için şimdiden planlamalar yapılmalı, kaynakların bir kısmı bu amaca dönük olarak ayrılıp kullanılmalıdır.

Deniz yükselmesi sonucu sular altında kalma olasılığı bulunan veya taşkın altında kalabilecek yerler, daha güvenli alanlara taşınmalıdır.

Susuzluğa ve çevre kirliliğine dayanıklı yeni bitki türlerinin eldesi için biyoteknolojik çalışmalara şimdiden başlanması gerekir. Laboratuvar kurulması ve araştırmacı yetiştirilmesi için zaman geçirmeden gerekli planlamalar yapılmalıdır.

Bireysel olarak iklim değişimi konusunda halk, enerjiyi daha bilinçli ve verimli kullanmak ve israftan kaçınmak konusunda eğitilmelidir.

Toprakların üretkenlik kapasitesinin düşmesi ya da tümüyle yok olması çölleşme olarak tanımlanmaktadır. Küresel ısınmanın etkisiyle tarımında önemli verim kaybı yaşayacak Türkiye'nin tarım topraklarını kaybetmemesi, su kaynaklarını cömertçe kirlletmemesi gerekmektedir. Bu nedenle tarım

## Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi

toprakları üzerinde hızlı kentleşme ve sanayileşme yaşanmasına izin verilmemeli; anıla topraklar özenle korunmalıdır.

Türkiye’de, ormanların ve meraların tahrip edilmesinin önüne geçilmelidir. Önemli karbon yutakları olan bu alanların amaç dışı kullanılmaları hem verimli yüzey toprağının yok olmasına hem de yaratılan aşınım ile su kaynaklarının siltasyonla kirlenmelerine ve baraj göllerinin hızlı dolmasına yol açmaktadır. Yanlış arazi kullanımı, yağış suyunun toprağa sızmasını önlemekte yüzey akışa geçmesine neden olmaktadır. Böylece, yeraltı su kaynakları beslenememektedir. Değinen olumsuzlukları öneyecek bir ulusal program hazırlanmalı ve yürürlüğe koyulmalıdır.

Gelecekte daha kurak bir döneme girecek Türkiye’de toprak aşınımının denetimi ve suyun toprakta tutulması önem kazanmaktadır. Suyun toprakta tutulmasını sağlayan önlemler üzerinde durulmalı, örneğin anız yakılmasının önüne geçilmelidir. Barajlar, serin iklime sahip yerlerde ve derin vadiler içerisine yapılarak, buharlaşma kayıpları en aza indirilmelidir. Ayrıca, verimli tarım topraklarının baraj gölleri altında kalmamasına özen gösterilmelidir.

Su ve topraklarımıza sahip olan yetkin bir devlet kurumu yoktur. Bu boşluğu doldurmak ve iklim değişikliğinin yarattığı ciddi sorunların etkin biçimde çözümü için 1984 yılında kapatılan TOPRAKSU Genel Müdürlüğü, hiç zaman kaybedilmeden yeniden kurulmalıdır. Böylece, toprak ve su kaynaklarının yönetimi tek elde toplanarak, planlı ve etkin çalışma yapmak olanaklı hale gelebilir. İklim değişikliğine karşı alınacak uyum stratejileri daha kolay uygulanabilir.

## 6. SONUÇ

İklim değişimi, gündelik hayatımızın bir parçası olan önemli bir sorundur. Küresel iklim değişiminin, yukarıda özetlenenlerin dışında diğer etkileri de olacaktır. Örneğin, kış yağışlarının çok az artmasına karşı, yaz yağışlarında önemli azalmalar meydana gelecektir. Yağış azalması su kaynaklarını olumsuz etkileyecek ve kişi başına düşen su miktarı, nüfus artışının da etkisiyle, önemli ölçüde azalacaktır. Türkiye su yoksulu ülke haline gelecektir.

Kar örtüsü azalacak, kar erime zamanı değişerek daha erken zamana kayacaktır. Bunun sonucu olarak yeni su depolama yapıları ve sulama sistemlerine gerek duyulacaktır. Bu yatırımlar için dünyada 200 milyar US dolar dolaylarında bütçeye gerek olacağı düşünülürse Türkiye için çok önemli bir miktarın bu amaç için ayrılacağı kuşkusuzdur.

Anadolu yarım adası, yüksek basınç kuşağının kuzeye kayması nedeniyle daha sık ve uzun süreli kuraklıklarla karşı karşıya kalacaktır. Bitki su ve kentsel su tüketimleri artacaktır. Kurak dönemlerde yeraltı sularının aşırı kullanılması, deniz sularının bu alanlara girmesine ve su niteliğinin geri döndürülemez biçimde bozulmasına neden olacaktır.

Türkiye’de, küresel ısınma nedeniyle yağış azalacak, sıcaklığın ve dolayısıyla kuraklığın artmasına bağlı olarak arazi kullanım şekli ve tarım yöntemleri ile su kaynaklarının kullanımı ve su niteliği değişecektir. Geniş tarım alanları, kullanılacak kötü nitelikli sulama suları nedeniyle tuzluluk-sodyumluluk sorunları ile karşılaşacaktır. Sulama sularının büyük bölümü, en az 2-3 kez kullanılacaktır.

Ülkemizde tarımsal üretim planlaması yapılar hale gelecektir. Su eksikliği, artan hava sıcaklıkları nedeniyle sulamaya açılan bölgelerde yetiştirilecek bitki türü, merkezi bir otorite tarafından planlanacaktır. Çok ve nitelikli su kullanan bitki türlerinin üretimi, izne bağlı olacaktır. Su fiyatları çok yükselecek, ülkeler arası savaşlar çıkabilecektir. Su kaynağına sahip olan ülkeler, önemli stratejik üstünlükler kazanacaklardır.



## Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi

### KAYNAKLAR

- Allan, J. A., 1993. 'Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible' In: Priorities for water resources allocation and management, ODA, London, 13-26.
- Anonim, 2007. Tarımsal Kuraklık ve Bilinçli Sulama. Su Dünyası. Devlet Su İşleri Vakfı, Sayı: 47, s.17-32.
- Ashraf, M., Arkam, N.A. 2009. Improving Salinity Tolerance of Plants through Conventional Breeding and Genetic Engineering: An Analytical Comparison. *Biotechnology Advances*, 27, 744-752.
- Atik, M., Tamai, S., Altan, T., Ando, M., Sano, J., Atmaca, M., Aktoklu, E., Kaplan, K., Artar, M., Güzelmansur, A., Çiçinoğlu, A., Büyükaşık, Y., 2007. Possible scenario for the vegetation change in Seyhan River Basin and role of land uses anthropozoic pressures. The Final Report of ICCAP project. Research Institute for Humidity and Nature, ICCAP publication 10, Kyoto, s. 111-118
- ATO., 2005. Küresel ısınma kışkacında Türkiye raporu [Online]. Ankara Ticaret Odası, <http://www.atonet.org.tr/yeni/index.php?p=303&l=1>
- Ayars, J. E., Christen E. W., Soppe, R. W., Meyer, W.S., 2006. The Resource Potential of in-situ Shallow Groundwater Use in Irrigated Agriculture: A Review. *Irrigation Science*, 24 (3), 147-160.
- Ayers, R.S., Westcot, D.W., 1985. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No: 29, Rome.
- Baştuğ, R., 1995. Tarımda Su Muhafazası. Tarımda Su Yönetimi ve Çiftçi Katılımı Sempozyumu. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, s. 343-356.
- Baştuğ, R., 2007. Küresel İklim Değişiminin Ülkemiz Tarımı ve Tarımda Su Kullanımı Üzerinde Oluşturacağı Etkiler. Tarımın Sesi. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Antalya Şubesi Yayın Organı, Eylül , Sayı:15, s.4-7.
- Bos, M.G., 1985. Summary of ICID definitions on irrigation efficiency. *ICID Bull.* 34, 1.
- Bouwer, H., 1988. Water Conservation. *Agric. Water Management* 14: 233-241.
- Bölgesel Çevre Merkezi., 2009. REC Türkiye. Türkiye'nin Kyoto Protokolü'ne Katılım Kararı (<http://www.rec.org.tr>) (12.10.2009).
- Bucks, D. A., Nakayama, F. S., Warrick, A. W., 1982. Principles, Practices and Potentialities of Trickle (Drip) Irrigation. *Advances in Irrigation*, Vol 1 (Ed. D. Hille). Academic Press, New York, p.219-298.
- Bucks, D.A., Sammis, T.W., Dickey G.L., 1990. Irrigation for Arid Areas, Chapter 14, Management of Farm Irrigation Systems (Ed. Hoffman et. al.). An ASAE Monograph, ASAE, St. Joseph, MI 49085-9659, USA. s. 499-548.
- Büyükaşık, D., Baştuğ, R., 2007. Küresel Isınmanın Tarım ve Su Kullanımına Etkileri. Antalya Su Sempozyumu, 8 Aralık 2007, Antalya, 133-138.
- Büyükaşık, D., Baştuğ, R., Hakkören, F., Büyükaşık, K., Tezcan, N.Y., Aydınşakir, K., 2008. Yüksek Tabansuyu Koşullarında Bitki Katsayılarının ve Toprak Profilineki Tuz Dinamiğinin İncelenmesi. T ÜBİTAK-TOVAG, Araştırma Sonuç Raporu, 34 s.
- Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y., 2004. Water Footprints of Nations. Vol:1, Main Report, UNESCO-IHE, Value of Water Research Report Series No: 16.
- CRU/UEA., 1999. <http://www.cru.uea.uk>., Climatic Research Unit, University of East Anglia, UK
- Çelik S., Bacanlı H., Görgeç H., 2008. Küresel İklim Değişikliği ve İnsan Sağlığına Etkileri. 31 s. <http://www.dmi.gov.tr/files/genel/saglik/iklimdegisikligi/kureseliklimdegisikligietkileri.pdf>
- Çevre ve Orman Bakanlığı., 2007. İklim değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi.
- Dellal, İ, McCarty, B., Butt, T., 2007. İklim Değişikliği ve Tarım: Türkiye için Öngörüler. Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkiler Konferansı, 18-20 Ekim, 2007. Konya Büyükşehir Belediyesi, Bildiriler kitabı, Konya, s. 81-86
- Dellal, İ., Butt, T., McCarty, B., Dyke, P., 2004. Economic impact of climate change on Turkish Agriculture. Int. Conf. On Climatic Change, 1-3 September, Ankara.
- Doorenbos, J., Kassam, A. H., 1979. Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper No: 33, Rome.
- DPT., 2000. İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu. DPT: 2532-OİK: 548, Ankara, s. 123.
- DSİ Genel Müdürlüğü., 2009. <http://www.dsi.gov.tr/topraksu.htm>. (09.10.2009)
- Duygu, E., 2008. Çevresel Mahşerin Dört Atlısı: Küresel Isınma ve İklim Değişimi, Kuraklaşma, Erozyon, Çölleşme. Tarım ve Mühendislik (TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Yayın Organı), Sayı 83, 35-40.
- Eisenreich, S.J. (Ed.). 2005. Climate Change and the European Water Dimension. A Report to the European Water Directors-EU Report No.21553. , JRC, ISPRA ITALY, 143-150.
- Ekmekçi, M., 2008. Jeolojik geçmişten günümüze iklim değişiklikleri: küresel iklim değişimi ve Türkiye. TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu. 13-14 Mart, 2008, Ankara, s. 7-26
- Ercan, O., 2008. Effect of Drought and Salt Stresses on Antioxidant Defens System and Pyhsiology of Lentil (Lens culinars M.) Seedlings, Master Thesis, METU, Biology Dept. 126 s.
- Ertürk, O., 2007. Gelecek Nesillerin Kusur İstenmeyen Mirası: Su. I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi-TİKDEK 2007, 11-13 Nisan, İTÜ, İstanbul, s. 161-167.

## Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi

- Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Bernsten, T., Betts, R., Fahey, D.W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D.C., Myhre, G., Nganga, J., Prinn, R., Raga, G., Schulz, M., Van Dorland, R., 2007: Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Fujihara, Y., Tanaka, T., Nagano, T., Watanabe, T., Kojiri, T., 2007. Assessing the impact of climate change on the water resources of the Seyhan River Basin-Turkey. Int. Cong., River Basin Management. Vol.I, March 2007, Antalya-Türkiye.
- Harmancıoğlu, N., Fıstıkoğlu, O., Barbaros, F., 2007. Hidrolojik verilerin yönetiminde entegre yaklaşımlar. II. Ulusal Hidroloji Kongresi, İTÜ, 22-24 Haziran 2007. İstanbul.
- Heerman, D.F., Bunchlester, B.W., Duke, H.R., 1984. An Integrated Water-Energy Management System-Implementation. Trans. of ASAE 19(2):284-287.
- Hillel, D., 2005. Water harvesting. In Encyclopedia of Soils in the Environment. D. Hillel, J.H. Hatfield, D.S. Powlson, C. Rosenzweig, K.M. Scow, M.J. Singer, and D.L. Sparks, Eds., vol. 4. Elsevier/Academic Press, pp. 264-270.
- Hillel, D., 1987. The Efficient Use of Water in Irrigation, World Bank Technical Paper No: 64. The World Bank, Washington, 34-72.
- Hoffman G.J., Evans, R. G., 2007. Introduction, Chapter 1, in Design and Operation of Farm Irrigation Systems (Eds. Hoffman, G. J., R. G. Evans, M.E. Jensen, D.L. Martin and R.L. Elliot) Amer. Soc. of Agricultural and Biological Engineers, 1-32.
- IPCC., 1996. Climate Change 1995: The Science of Climate Change. J.T. Houghton, L. G. Meira Filho, B. A. Callender, N.Harris, A. Kattenberg, and K. Maskell. (eds.). Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge. 572 s
- IPCC., 2001. Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change. s. 398-400.
- IPCC., 2008. Climate Change 2007: Syntesis Report. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Ed. by The Core Writing Team; Pachauri, R.K. and Reisinger, A., Published by IPCC. 104, s. 36-56
- İDBUB., 2008. İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi. Kordinasyon Çevre ve Orman Bakanlığı ( Apak G., Ubay B., eds). 284 s
- İDÖİKR., 2000. İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyon Raporu. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. DPT 2532, ölil 548. s.123
- Jackson, R.D., 1982. Canopy Temperature and Crop Water Stress. Advances in Irrigation, Vol 1 (Ed. By D. Hillel). Academic Pres, New York, 43-85.
- Kadioğlu, M., 2006. Küresel İklim Değişimi ve Türkiye. Özgür Üniversite Forumu, Sayı 31, 15-25.
- Kadioğlu, M., 2007. Küresel iklim değişimi ve Türkiye: Bildiğiniz havaların sonu. Güncel Yayıncılık. 2. Baskı. İstanbul, 382 s.
- Kaman, H., 2007. Geleneksel Kısıntılı ve Yarı İslatmalı Sulama Uygulamalarına Bazı Mısır Çeşitlerinin Verim Tepkileri. Ç.Ü. Fen. Bil. Enst., Doktora tezi, 127 s. Adana.
- Kanber, R., Çullu, M. A., Kendirli, B., Antepli, S., Yılmaz, N., 2005. Sulama, Drenaj ve Tuzluluk. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, 3-7 Ocak 2005, Ankara, s. 213-251.
- Kanber, R., Ünlü, M., 2006. Country Survey on Water Use for Agriculture and Rural Development of Turkey: Country Profile. FAO, AQUASTAT Report. Rome, 27s.
- Kanber, R., Kapur, B., Ünlü, M., Koç, D.L., Tekin, S., 2007. İklim Değişiminin Tarımsal Üretim Sistemleri Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesine Yönelik Yeni Bir Yaklaşım: ICCAP Projesi. Ölçü Dergisi, 2007, Eylül sayısı, s. 44-49
- Kapur B., Kanber, R., Özfıdaner M., Ünlü M., Tekin S., Koç L., 2008. Climate Change Effects On Cotton Production in The Seyhan River Basin, Southern Turkey. ICAC Recorder, Volume XXVI, No:1, March 2008. s. 3-8
- Kapur, B., Topaloğlu, F., Özfıdaner, M., Koç, M., 2007. Çukurova bölgesinde Küresel İklim Değişikliği ve Buğday Verimliliği Üzerine Etkilerine Genel Bir Bakış. Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkiler Konferansı, 18-20 Ekim, 2007. Konya Büyükşehir Belediyesi, Bildiriler Kitabı, Konya, s. 35-45
- Karaca, M., Deniz, A., Tayanc, M., 2000. "Cyclone Track Variability over Turkey in Association with Regional Climate", Int. J. of Climatology, No: 20.
- Kimura F., 2007. Downscaling of the global warming projections to Turkey. The final report of ICCAP, The Research Project on the Impact of Climate Changes on Agricultural Production System in Arid Areas (ICCAP), Research Institute for Humanity and Nature, The Scientific and Technological Research Council of Turkey, ICCAP Publication 10: 21-32.
- Kimura, F., 2005: Trend in precipitation during the next 80 years in Turkey estimated by pseudo warming experiment. In: Research Team for the ICCAP Project (ed.), The Progress Report of ICCAP, Research Institute for Humanity and Nature, Kyoto, Japan, 11-12
- Kimura, F., Kitoh, A., Sumi, A., Asanuma, J., Tatagai, A., 2006. An assessment for downscaling methods for global warming in Turkey, The Advance Report of the Research Project on the Impact of Climate Changes on Agricultural Production System in Arid Areas, 11-14.
- Konukçu, F., İstanbulluoğlu, A., Kocaman, İ., 2007. Küresel Su Krizi, Geleceği, Alınacak Önlemler: Yenilenemeyen Su Kaynaklarının Opsiyonu. I.Türkiye İklim Değişikliği Kongresi – TİKDEK 2007, 11-13 Nisan 2007, İTÜ, İstanbul, s. 436-446
- Köşkeroğlu, S., 2006. Tuz ve Su Stresi Altındaki Mısır (Zea mays L.) Bitkisinde Prolin Birikim Düzeyleri ve Stres Parametrelerinin Araştırılması, Y.L Tezi, Muğla Üniv., Fen Bil. Enst., Biyoloji ABD, 120 s.

## Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi

- Kundzewicz, Z.W., Mata, L.J., Arnell, N.W., Döll, P., Kabat, P., Jiménez, B., Miller, K.A., Oki, T., Sen, Z., Shiklomanov, I.A., 2007: Freshwater resources and their management. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 173-210.
- Küçük, F., 2006. Su Kaynakları ve Kullanımına İlişkin Politikalar. Özgür Üniversite Forumu, Sayı 31, 68-82.
- Maas, E.V., Hoffman, G.J., 1977. Crop Salt Tolerance- current assessment. J.Irrigation Drainage Div., ASCE 103(IR2), 115-134.
- Martin, D.L., Gilley, J.R., Suppala, R.J., 1989. Evaluation of Irrigation Planning Decisions. J. Irrig. Drain. Eng. 115: 58-77
- Mendelsohn, R., Nordhaus, W.D., Shaw, D., 1994. The impact of global warming on agriculture: A ricardian analysis. American Economic Review 84(4): 753-771.
- Metz, B., Davidson, O., Bosch, P., Dave, R., Meyer, L., 2008. Climate Change 2007- Mitigation of Climate Change Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 851 pp.
- Nakagawa, H., Kobata, T., Yano, T., Barutçular, C., Koç, M., Tanaka, K., Nagano, T., Fujihara, Y., Hoshikawa, K., Kume, T., Watanabe, T., 2007. Predicting the impact of global warming on wheat production in Adana. The Final Report of ICCAP project. Research Institute for Humanity and Nature, ICCAP publication 10, Kyoto, s. 163-168
- Önder, D., Önder, S., 2007. İklim Değişikliğinin Ülkemiz Su Kaynaklarına ve Tarımsal Su Kullanımına Etkileri. I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi Bildirileri, 11-13 Nisan 2007, İTÜ, İstanbul, s. 402-410.
- Önder, S., Kanber, R., Önder, D., Kapur B., 2005. Global İklim Değişimlerine Bağlı Olarak Sulama Yöntem ve İşletim Tekniklerinde Gelecekte Ortaya Çıkabilecek Değişiklikler. GAP IV. Tarım Kongresi Bildirileri, 21-23 Eylül, Şanlıurfa, s.1128-1135.
- Önol, B., Semazzi, F., 2006. "Regional Impact on Climate Change on Water Resources over Eastern Mediterranean: Euphrates-Tigris Basin", 18th Conference on Climate Variability and Change, The 86th AMS Meeting, USA.
- Özkul, S., Fıstıkoğlu, O., Harmancıoğlu, N., 2008. İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisinin Büyük Menderes Ve Gediz Havzaları Örneğinde Değerlendirilmesi. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, Ankara, s. 309-322
- Parry, M., Canziani, O., Palutikof, J., van der Linden, P., Hanson, C., (Eds.), Climate Change 2007- Impacts, Adoption and Vulnerability Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, UK; 976 pp.
- Pereira, L.S., Oweis, T., Zairi, A., 2002. Irrigation Water Management under Water Scarcity. Agric. Water Manag., 57, 175-206.
- Postel, S., 2001. Growing More Food With Less Water. Scientific American, February.
- Reddy, K. R., Hodges, H. F., McKinnon, J. M., 1997. A comparison of scenarios for the effect of global climate change on cotton growth and yield. Australian Journal of Plant Physiology 24, pages 707-713.
- Reddy, K. R., Hodges, H.F., McKinnon, J. M., 2002. Impacts of Climate Change on Cotton Production: a South-central Assessment. Final Report submitted to National Institute of Global Environmental Change, Tulane University, New Orleans, June 2002, pages 46.
- Reddy, V.R., Anbumozhi, V., Reddy, K.R., 2005. (Keynote Address). Achieving food security and mitigating global environmental change: Is there a role for crop models in decision making? International Agricultural Engineering Conference, 6-9 December 2005, Bangkok, Thailand. p. 1-8.
- Rosenzweig, C., Hillel, D., 1998. Climate Change and the Global Harvest. Potential Impacts of the Greenhouse Effect on Agriculture. Oxford University Press, Oxford.
- Samur, H., 2007. Küresel İklim Değişiminin Etkileri ve Uluslararası Alandaki Mücadele Stratejileri. Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkiler Konferansı, 18-20 Ekim, 2007. Konya Büyükşehir Belediyesi, Bildiriler Kitabı, Konya, s. 245-259
- Schwab, G. O., Fangmeier, D. D., Eliot, W. J., Frevert, R. K., 1993. Soil and Water Conservation Engineering. John Wiley and Sons. Inc. New York.
- Stewart, J. I., Hagan, R. M., 1973. Functions to Predict Effects of Water Deficits. J. Irrig. Drain. Div. 99: 421-439.
- Şen, Z., 2005. İklim Değişikliği ve Su Kaynaklarına Etkisi. Dünya Su günü-İklim Değişikliğinin Su ve Enerji Kaynaklarına Etkisi Paneli, İstanbul, 26 s.
- TBMM., 2007., Küresel ısınmanın etkileri ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi konusunda kurulan Meclis Araştırma Komisyonu raporu. Ankara, 535 s
- Tezcan, L., Ekmekçi, M., Atilla, Ö., Gürkan, D., Yalçınkaya, O., Otgonbayar, N., Saylu, M.E., Donma, S., Yılmaz, D., Akyatan, A., Pelen, N., Topaloğlu, F., İrvem, A., 2007. Seyhan nehri havzasında tarım güvenliği için su kaynakları sistemlerinin iklim değişikliğine karşı duyarlılıklarının araştırılması. ICCAP Projesi Türk Grubu Sonuç Raporları, Kyoto, s. 1-24
- Tomanbay, M., 2008. Dünyada Su ve Küresel Isınma Sorunu. Ara Kitap, İstanbul, ss. 272.
- TÜİK., 2006. Ulusal SG Emisyonları Envanter Raporu, Ankara.
- Türkeş, M., 2001. Hava, İklim, Şiddetli Hava Olayları ve Küresel Isınma. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Teknik Sunumlar, Seminerler Dizisi: 1: 187-205, Ankara.

## Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi

- Türkeş, M., 2007. Küresel İklim Değişikliği Nedir? Temel Kavramlar, Nedenleri, Gözlenen ve Öngörülen Değişiklikler. I.Türkiye İklim Değişikliği Kongresi – TİKDEK 2007, 11-13 Nisan 2007, İTÜ, İstanbul, s. 38-53.
- Türkeş, M., Sümer, U. M., Çetiner, G., 2000. 'Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri', Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, ÇKÖK Gn Md., Ankara. 7-24
- UNESCO., 2006. Water: A shared Responsibility. The United Nations World Water Development. Report 2. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, New York, 584s.
- Ünlü, M., Koç, M., Barutçular, C., Koç, L., Kapur, B., Tekin, S., Kanber, R., 2007. Effect of Climate Change for Evapotranspiration and Crop Growth under the Çukurova Condition, Turkey. ICCAP Workshop, Jan. 30-31, 2007. Kyoto.
- Venton, C. C., 2007. Climate Change and Water Resources, Environmental Resources Manangement, Water Aid Publications, W1GOER, May 2007.
- Wallace, J.S., 2000. Increasing Agricultural Water Use Efficiency to Meet Future Food Production. Agriculture, Ecosystems and Environment, 82, 105-119.
- World Resources Institute., 2005. Navigating the Numbers: Greenhouse Gas Data, 2005. Washington, D.C., s.12.
- Yamaguchi, T., Blumwald, E., 2005. Developing Salt Tolerant Crop Plants: Challenges and Opportunities. Trends in Plant Science, 10(12), 625-620.
- Yaşar, D., Yıldız, D., 2009. Küresel Isıtılan Dünya ve Su. Truva Yayınları, İstanbul. 159 s.
- Yıldırım, O., 2008. Sulama Sistemlerinin Tasarımı. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yay. No: 1565, Ders Kitabı: 518, s. 5-6.
- Yılmaz, T., Alphan, H., İzçankurtaran, Y., 2004. Forest Stand Structure Along an Altitudinal Gradient In The ICCAP Area. ICCAP Cappadocia Workshop, 21-23 Nov 2004, Ürgüp-TURKEY
- Zhao D., Reddy K. R., Kakania V. G., Mohammeda A. R., Readb J. J., Gao W., 2004. Leaf and canopy photosynthetic characteristics of cotton (*Gossypium hirsutum*) under elevated CO<sub>2</sub> concentration and UV-B radiation. Journal of Plant Physiology Volume 161, Issue 5, Pages 581-590.