

SEYHAN HAVZASINDA İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TARIMSAL SU KULLANIMINA ETKİLERİ

Burak ŞEN ⁽¹⁾
Ziraat Y. Müh.

Sevilay TOPÇU ⁽²⁾
Prof. Dr.

Filippo GIORGI ⁽³⁾
Dr.

Xunqiang BI ⁽³⁾
Dr.

E.Galip KANIT⁽¹⁾
Mak. Müh.

Tayfun DALKILIÇ ⁽¹⁾
Meteor. Müh.

⁽¹⁾ Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

⁽²⁾ Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Adana, Türkiye

⁽³⁾ Uluslararası Teorik Fizik Merkezi-ICTP, Trieste, İtalya

ÖZET

Başta Birleşmiş Milletlere bağlı Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) son raporu olmak üzere iklim değişikliği konusunda yayınlanan birçok bilimsel makalede Akdeniz Bölgesi, dünyanın insan kaynaklı iklim değişikliğinden en çok etkilenecek bölgeleri arasında gösterilmektedir. Doğu Akdeniz'de yer alan Seyhan Havzası, toprak ve su kaynaklarının yanı sıra tarımsal üretimi, tarıma dayalı endüstrisi ve nüfus yoğunluğu gibi özellikleri yönünden hem Çukurova Yöresi hem de ülke ekonomisine önemli katkı yapan başlıca tarımsal üretim bölgelerinden biridir. Bölgede tarımsal üretimin sürdürülebilirliği için gelecekteki iklimin kestirilmesi ve olası etkilerinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada bölgesel iklim modeli RegCM3 kullanılarak Doğu Akdeniz Bölge'sinde yer alan Seyhan Havzası'nda 2071-2100 yılları arasındaki olası maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıklar ile yıllık toplam yağış ve bunlara bağlı olarak tarımsal su gereksinimi tahmin edilmiştir. RegCM3 modeli 1961-1990 yılları arası referans verileriyle ve küresel iklim modeli olan HadCM3H'in A2 senaryosu ve gelecek 2071-2100 dönemi için çalıştırılmıştır. Öngörülen iklim bilgileri doğrultusunda bölgedeki su kaynakları ve kullanımındaki değişimi kestirmede önemli iki faktör olan *Etkin (efektif) Yağış* (PE) ve *Referans Evapotranspirasyon* (ET_o) değerleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Seyhan Havzası'nda etkin yağışlarda ve dolayısıyla su kaynaklarında azalma buna karşın bitki su gereksiniminde artış olacağı öngörülmüştür.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, bölgesel iklim modelleri, sıcaklık, yağış, su kaynakları, Çukurova, referans bitki su tüketimi

AMAÇ VE KAPSAM

Sanayi devrimi ile büyük bir ivme kazanan sosyo-ekonomik ve politik gelişmelere ek olarak hızla artan dünya nüfusu, doğal kaynaklara olan talebin hızla artmasına neden olmuştur. Özellikle fosil yakıtların kullanılması, arazi kullanımındaki değişiklikler, ormansızlaşma, hızlı ve plansız kentleşme ve sanayi süreçleri gibi insan etkinlikleri sonucunda da atmosferdeki sera gazı birikimleri hızla artış göstermiştir. Bunun sonucunda yerkürede 19. Yüzyılın ortalarından günümüze ortalama yüzey sıcaklığı insan kaynaklı (1) ve doğal (2; 3) nedenlerle yaklaşık 0.3-0.6 °C artmıştır. Küresel olarak 20. yüzyılda sıcaklıklarda gözlenen ısınmanın, geçen 1000 yılın herhangi bir dönemindeki artıştan daha büyük olduğu ve Avrupa Kıtası'nda 20. Yüzyılda yıllık ortalama sıcaklıkların 0.8 °C yükseldiği belirlenmiştir. Sıcaklıklardaki en yüksek artış, Akdeniz'e kıyısı olan İspanya, İtalya ve Yunanistan gibi güney Avrupa ülkelerinde saptanmıştır. Sıcaklıklarda olduğu gibi iklim değişikliğinin küresel ve bölgesel ölçekte yağışları da etkilediği belirlenmiştir (1; 4; 5; 6; 7). Yağışlarda genel olarak artış eğilimi görülmekle birlikte, özellikle son 20-30 yılda orta enlemlerde gözlenen artışa karşın kuzey yarım küredeki subtropikal alanlarda azalma eğilimi saptanmıştır.

Küresel ölçekte olduğu gibi araştırmalar Türkiye'de de son 30-40 yılda iklimde değişiklik olduğunu göstermektedir. Türkeş, (2003) tarafından yapılan kapsamlı çalışmada yıllık, kış ve ilkbahar ortalama sıcaklıklarının, özellikle Türkiye'nin güney bölgelerinde artma eğilimi gösterdiği, buna karşın yaz ve özellikle sonbahar ortalama sıcaklıklarının, kuzeyde ve karasal iç bölgelerde azaldığı belirlenmiştir. Yağışlardaki önemli azalma eğilimleri ve kuraklık olayları ise kış mevsiminde daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. 1970'den itibaren, uzun süreli ortalamanın çok altındaki yağış koşullarına bağlı olarak 1973, 1974, 1983, 1989, 1990, 1996 ve 2001 yıllarında yaşanan şiddetli ve büyük çaplı kuraklıklar başta olmak üzere meteorolojik kuraklıkların bir sonucu olarak, Türkiye'de tarımsal ve hidrolojik kuraklıklar da ortaya çıkmıştır. Su açığı ve sıkıntısı, yalnızca tarım ve enerji üretimini değil sulamayı, içme suyunu, diğer hidrolojik sistemleri de içeren su kaynaklarının planlanması ve yönetimini de etkileyecektir (8 ve 9).

Küresel ve bölgesel ölçekte son yüzyılda iklimde gözlenen değişiklikler insanlığın yerküre ve dolayısıyla da kendi geleceği ile ilgili kaygılanmasına neden olmuştur. Geleceğe dönük alınacak önlemlerin belirlenebilmesi için öncelikle gelecekteki iklimin kestirilmesi ve daha sonra bu değişikliklerin olası etkilerinin öngörülmesi gerekir. Bu amaçla karmaşık sistemlerin kendi içindeki ve diğer sistemlerle etkileşimlerinin belirlenmesinde kullanılan benzeşim (simülasyon) modellerinden yararlanılmaktadır. Sayısal hava tahmin modelleri 10 güne kadar kabul edilebilir nitelikte simülasyonlar yapabilmektedirler. Uzun dönemde tahminler için küresel dolaşım modelleri GCM'ler kullanılabilir ancak çözünürlükleri çok düşüktür (200 km~150-350). Anılan modellerin yerine hem yerel etkileri içine alan, hem de daha uzun dönemlerde iklimi kestirme işlevini görebilen bölgesel iklim modellerinin çözünürlükleri sayısal hava tahminlerine yakındır. Bu modellerden biri olan RegCM dünyanın değişik iklimsel özelliklerine sahip bölgelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. (10).

Küresel iklim modeli sonuçlarına göre hemen, hemen tüm kara alanlarının, özellikle soğuk mevsimde yüksek kuzey enlemlerindeki karaların daha hızlı ısınabileceği öngörülmektedir. Model hesaplamaları iklim ısındığında buharlaşmanın artacağını, küresel ortalama yağış miktarında ve şiddetli yağış olaylarının sıklığında bir artış olacağını göstermektedir. Buna karşılık, bazı alanlarda yağış artışı olurken, başka alanlarda yağış azalışları yaşanacağı, hatta yağışlarda artış olan kara alanlarında artan buharlaşma yüzünden akışlarda ve toprak neminde

azalışlar olabileceği öngörülmektedir. Ülkemizin de yer aldığı Avrupa'nın güneyindeki Akdeniz ülkelerinde yağışlarda azalma (4; 11 ve 12) beklenmektedir. İngiltere'de Hadley Merkezinde geliştirilen iklim modellerine (13) ve diğer model (1) sonuçlarına göre, özellikle Doğu Akdeniz havzası ve Orta Doğu için, yağışlarda, su kaynaklarında ve akımlarda gelecek yüzyıl için önemli azalmalar beklenmektedir. Çeşitli küresel dolaşım modellerine göre Türkiye üzerindeki yıllık ortalama sıcaklıklarda 2050 yılına kadar sadece sera gazlarındaki artışlar dikkate alındığında 1-3 °C arasında, sera gazlarındaki ve sülfat parçacıklarındaki değişimler birlikte dikkate alındığında ise 1-2 °C arasında bir artış olacağı öngörülmektedir. Atmosferdeki CO₂ gazı birikimini azaltmak için hiç önlemin alınmadığını kabul eden senaryoya göre, 2080'li yıllara kadar Türkiye üzerindeki yıllık ortalama sıcaklıklarda yaklaşık 3-4 °C artış olması beklenmektedir (1 ve 7). Aynı koşullar için Türkiye akarsularının yıllık akımlarında yaklaşık % 20-50 azalma öngörülmektedir. Salımların kontrol edilmediği senaryo ile CO₂ birikimlerini 750 ve 550 ppm'de durduran senaryoya göre Türkiye ve Orta Doğu bölgesi, dünyanın su stresinde artış beklenen stresli ya da su sıkıntısı çeken alanları arasında değerlendirilmiştir (1, 7 ve 13;). Hydro-BEAM modeli ile iklim değişikliğinin Seyhan Havzasının hidrolojik özellikleri üzerine etkilerinin incelendiği çalışma sonucunda yağışların ortalama 147 mm, su toplama havzasından Seyhan nehrine akışın ise 98 mm azalacağı bunun sonucunda bitki su tüketiminin 49 mm düşeceği belirlenmiştir (14). Seyhan Havzası'nda iklim değişikliğinin yer altı suyu kaynaklarında düşük beslenmeye bağlı olarak azalmaya neden olacağı ve buna ek olarak denizden tuzlu su girişiminin kara içine doğru 10 kilometreye ulaşacağı tahmin edilmektedir (15)

Türkiye iklimindeki kısa ve uzun vadeli olası değişimlerin tahminine yönelik gerçek gözlem değerleri ve bölgesel iklim modelleri kullanılarak yapılan çalışmalar yok denecek kadar azdır. Son birkaç yıldır İstanbul Teknik Üniversitesi bünyesinde genel dolaşım modellerinin ölçek boyutu ile yerel ölçek arasındaki boşluğu ortadan kaldıracak istatistiksel ve dinamik ölçek küçültme çalışmaları yapılmakta (16; 17; 18) ve bu çalışmalarda bölgesel iklim modeli olarak RegCM3 ve MM5 modelleri kullanılmaktadır. Seyhan Nehir Havzası'nda iklim değişikliği ve olası etkileri küresel iklim modellerinden MRI ve CCSR' nin bölgesel iklim modeli T42 kullanılarak indirgenmesi yöntemiyle kestirilmiştir. Bu çalışmada bölgesel iklim modeli RegCM3 kullanılarak Doğu Akdeniz Bölge'sinde yer alan Seyhan Havzası'nda 2071-2100 periyodu için olası maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıklar, yıllık toplam ve etkin yağışlarla ve bunlara bağlı olarak referans bitki su tüketiminin tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırma, Türkiye'nin güneyinde Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Seyhan Nehir Havzası'nda yapılmıştır. Çakıt suyu, Eğlence çayı, Zamantı ve Göksu ırmakları gibi ana akarsu kollarına sahip Seyhan Nehri 6.3 km³ yıl⁻¹ su kapasitesine sahiptir. Toplam 21 750 km² drenaj alanına sahip havzada yükselti ve eğim kuzeyden güneye doğru azalmaktadır. Aşağı kesimlerinde yer alan verimli tarım arazilerinin yaklaşık % 70'inde sulu tarım yapılan havzada buğday üretimi kış yağışlarına; mısır, pamuk ve sebzelerin yanı sıra narenciye üretimi ise sulamaya bağlıdır.

Bu çalışmada kullanılan RegCM3 simülasyonları, Avrupa Birliği tarafından desteklenen PRUDENCE Projesi kapsamında batıda İspanya doğuda Türkiye'nin doğusunun sınırladığı domain için ICTP-Trieste (International Center for Theoretical Physics – ICTP) tarafından gerçekleştirilmiştir. Model verifikasyonu ile ilgili ayrıntılar Giorgi ve ark. tarafından yapılan

çalışmada (19) verilmiştir. RegCM3 te yanal ve sınır koşulları küresel iklim modeli, HadAM3H'tan sağlanmıştır. HadAM3H küresel modeli yatay çözünürlüğü 2.5°, boylamda 3.75° olan HadAM3'ün anılan çözünürlüklerinin 2 kat iyileştirilmesi sonucunda elde edilmiştir. RegCM3 modeli 20 km yatay çözünürlükte çalıştırılmış ve bu nedenle modelin 50 km çözünürlükte kullanılan tüm fiziksel parametreleri aynı tutularak, topografya ve arazi kullanım özellikleri iyileştirilmiştir (19; 20 ve 21). Model gelecek koşullarını temsilen IPCC nin CO₂ gazı salımının küresel boyutta 4 kat artacağını ve bunun sonucunda konsantrasyonun 2100 yılı itibarıyla 850 ppm değerine yükseleceğini öngören A2 senaryo koşulunda HadAM3H dan elde edilen yanal ve sınır koşulları altında referans çalışmasındaki gibi çift yuvalanmış olarak yani 50 ve 20 km de çalıştırılarak 2071-2100 periyodu için simülasyon yapılmıştır.

Seyhan Havzasının iklimi geçmiş (1961-1990) ve gelecek (2071-2100) 30 yıllık bir dönem için kestirilmiştir. Geçmiş dönem yani 1961-1990 periyodu, referans simülasyonu olarak kabul edilmiştir. Bu döneme ilişkin iklim verileri (yıllık ortalama maksimum, ve minimum ile günlük ortalama sıcaklıklar, yağış) Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır. Gözlem verisi eksiklikleri eksiklik süresine bağlı olarak farklı yöntemler izlenerek giderilmiştir. RegCM3 modelinin A2 Senaryo Verisi (A2) ve Referans Verisi (RF) kullanılarak oluşturulmasından elde edilen sonuçların karşılaştırılması amacıyla, çalışma alanındaki her bir grid için farklar bulunmuş ve bu farkların istatistiksel anlamda önemliliği f ve t testleri yardımıyla sınanmıştır. Daha sonra kestirilen ve referans arasındaki fark değişiklikler olarak haritalanmıştır.

RegCM3 modelinin Avrupa kıtası ve Türkiye'yi kapsayan domain içinden Seyhan havzası için model sonuçlarından veriler alınarak, bu dosyalardan farklı formatta yeni dosyalar elde edilmiştir. Bu amaçla FORTRAN programlama dilinde bir kod yazılmış ve kod aracılığıyla 25 elemanlı 133 X 238'lik bir matris şeklindeki model çıktı dosyasından çalışma alanı matrisi seçilmiştir. Buradaki değerlerden toplam yağış, yüzey akışı ve konvektif yağış parametrelerinin yıllık toplamları, diğer parametrelerin ise yıllık ortalamaları 1500 ayrı metin dosyaları (1990_yy_25.txt) formatında yazdırılmıştır. Böylece model sonuçları Excel veya Word gibi yazı editörlerince okunabilecek formatlara dönüştürülmüştür.

İklim parametrelerindeki değişimlerin belirlenmesi amacıyla model önce Referans verileriyle 1961-1990 periyodu, daha sonra da A2 senaryo verileriyle 2071-2100 periyodu için oluşturulmuştur. Her iki periyotta da 30'ar yıllık koşturmadan elde edilen model simülasyon verileri arasındaki fark, istatistiksel olarak iki örnekleme ortalamasının karşılaştırılması şeklinde değerlendirilmiştir (22). Buna göre iki örnekleme grubunun bağımsızlığı F testi ile, iki ortalama arasındaki farkın anlamlılığı student t testi uygulanarak hesaplanmıştır.

Öngörülen iklim bilgileri doğrultusunda bölgedeki su kaynakları ve kullanımındaki değişimi kestirmede önemli iki faktör olan *Etkin (efektif) Yağış (PE)* ve *Referans Evapotranspirasyon (ETo)* değerleri belirlenmiştir. *Referans Evapotranspirasyon* değeri için Hargreaves ve Samani'nin çayır örtüsünden kaldırılan su buharı miktarının kestiriminde kullanılan yaklaşımdan yararlanılmıştır (23). Yağışın yüzeyel akış, derine sızma ve buharlaşma yoluyla kaybolan kısmı dışındaki toprak tarafından tutulan ve bitkiye faydalı olan kısmı olarak adlandırılan Yıllık toplam yağış miktarının %80 lik kısmı *Etkili (Efektif) Yağış* olarak kabul edilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Ayrıntılı olarak Giorgi ve ark. 2004a da verildiği üzere modelin uygulanabilirliğinin belirlenmesinin ardından, model tüm domain için yukarıda yöntem bölümünde anlatıldığı şekilde kodlar yazılarak yeni dosyalar oluşturulmuştur. Şekil 1’de tüm Türkiye’deki ortalama günlük sıcaklıklar ve yıllık yağışlarda kestirilen değişimler (A2-RF) gösterilmektedir. Türkiye geneline bakıldığında Marmara Bölgesi ve Karadeniz kıyı şeridi dışında bölgelerde sıcaklık artışlarının 4 °C den daha büyük olduğu görülmektedir. Isınmanın ülkenin doğusuna gidildikçe artacağı saptanmıştır. Seyhan Havzası’nda ise 2071-2100 periyodunda ortalama günlük sıcaklıklarda 3.2 °C ile 4.6 °C arasında artış tahmin edilmektedir. Havzada yükseltinin yaklaşık 500 m civarında olduğu istasyonlarda 4 °C nin üzerinde, yükseltinin yaklaşık 500 m altında olan bölgeler içinse 3-4 °C arasında bir sıcaklık artışı olacağı belirlenmiştir. Bu sonuçların istatistiksel değerlendirmesinde çift yönlü F testine göre % 2 önem düzeyinde A2 ve RF değerlerinin varyanslarının birbirine eşit olduğu, seçilen student t testine göre de tüm grid noktalarındaki bu sıcaklık artışlarının % 0.1 önem düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ortalama maksimum sıcaklıkların A2 senaryosu uyarınca 2071-2100 periyodunda RF değerlerine göre 3.2 °C ile 4.6 °C arasında artacağı tahmin edilmiştir (Şekil 2). Şekil 2’den de görüleceği gibi yükseltinin daha fazla olduğu (yaklaşık 300 m) istasyonlarda 4 °C nin üzerinde, yükseltinin yaklaşık 500 m altında olan bölgeler için ise 3.2 ile 4 °C arasında sıcaklık artışı olabileceği belirlenmiştir. Havza alanı içindeki tüm grid noktalarında bu sıcaklık artışları % 0.1 önem düzeyinde istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Krichak ve arkadaşları tarafından RegCM modeli ile farklı parametrisasyon koşullarında yapılan çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir (24). Aynı periyot için (2071-2100) ortalama minimum değerlerde 3.2 °C ile 4.6 °C arasında artış öngörülmektedir (Şekil 2). Beklenen sıcaklık artışlarının havzanın kuzey kesimlerinde 4-4.5 °C, güney kesimlerinde ise 3-4 °C olacağı saptanmıştır. Anılan sıcaklık artışları havzadaki tüm grid noktalarında % 0.1 önem düzeyinde önemli çıkmaktadır. Model simülasyon sonuçları 2071-2100 döneminin yıllık toplam yağışlarında Karadeniz kıyılarında artış gösterirken, Akdeniz ve Ege Bölgeleri dışında 100 mm ve altında bir azalma öngörmektedir. Ege ve Akdeniz Kıyılarında ise yıllık toplam yağışlarda 300 mm’ye varan düşmeler tahmin edilmektedir. Seyhan Havzasında kestirilen değişim 15 ile 254 mm arasında olmuştur. Havza değerleri ile yapılan istatistiksel analiz sonucunda tüm alanda yağışlarda belirlenen azalma anlamlı bulunmuştur (Şekil 1).

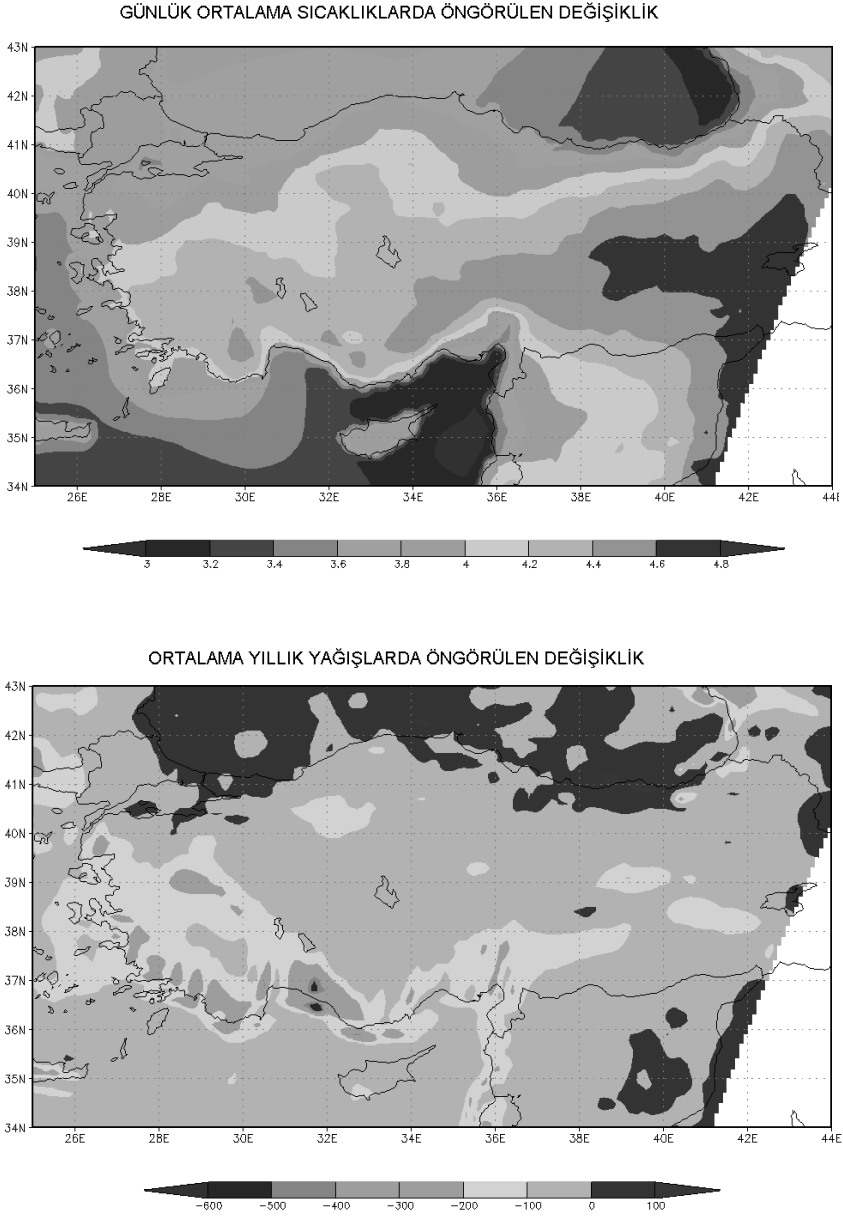
Şekil 3’te Seyhan Havzası’nda etkin yağışta ve referans bitki su tüketiminde beklenen olası değişim haritalanmıştır. Ortalama etkin yağışın 2071-2100 periyodunda RF değerlerine göre 23.8 mm ile 189.9 mm arasında azalacağı tahmin edilmiştir. En büyük azalış özellikle havzanın orta kesimlerinde görülürken, tüm havzadaki toplam etkin yağıştaki azalma miktarının yıllık $21.4 \cdot 10^6$ ton olması tahmin edilmiştir. Ortalama referans evapotranspirasyon A2 senaryosu uyarınca 2071-2100 periyodunda RF değerlerine göre 24.3 mm ile 163.7 mm arasında artacağı tahmin edilmiştir. Havzanın orta ve güney kesimlerinde anılan artış daha belirgin haldedir. Tüm havzadaki referans bitki su tüketimi artışının yıllık $27 \cdot 10^6$ ton’luk bir hacme ulaşacağı beklenmektedir. Havzada küresel iklim modeliyle yapılan diğer çalışmalarda da yağış ve dolayısıyla su kaynaklarında azalma, potansiyel bitki su tüketiminde ise artış olacağı belirtilmiştir (14, 15) Sonuç olarak etkin yağışlardaki $21.4 \cdot 10^6$ tonluk bir eksilmeye ek olarak, gelecekte, geçmişe kıyasla referans bitki su tüketiminde $27 \cdot 10^6$ ton’luk bir artışın olacağı dikkate alındığında, havzada yaklaşık $48.4 \cdot 10^6$ ton civarında fazladan su kaynağına gereksinim

duyulması kuvvetle muhtemeldir. Anılan değer, yani ek su kaynağı gereksinimi, grid bazında minimum 66.3 mm ile maksimum 325.8 mm arasında değişmektedir.

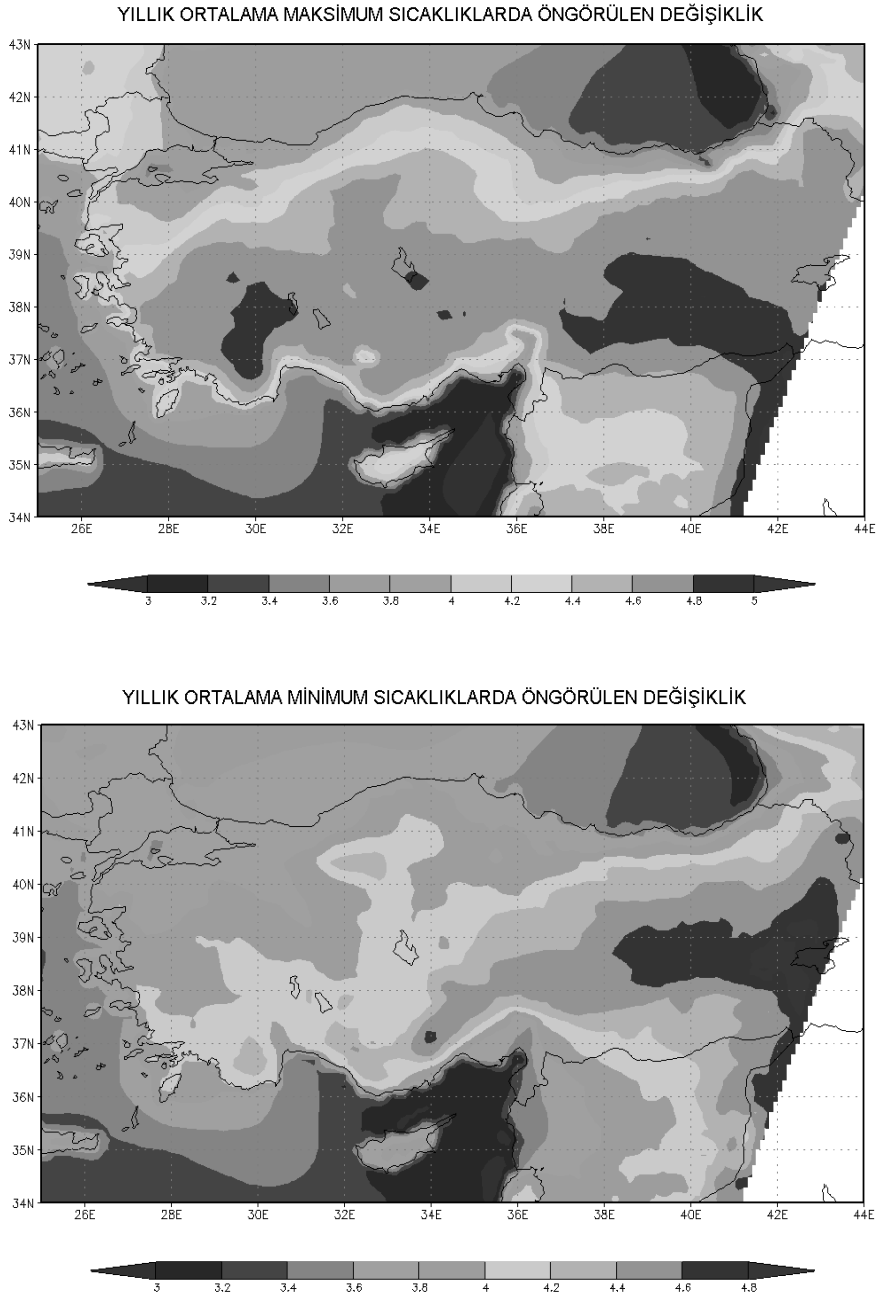
SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma Seyhan Havzasında gelecekte sıcaklıkların artacağını ve yağışların ise azalacağını göstermiştir. Artan sıcaklıklar buharlaşmanın artmasına ve bitkilerin su gereksiniminin yükselmesine neden olacaktır. Bununla birlikte yağış miktarında azalma kuraklığa neden olurken aynı zamanda yağışların şiddetinin artması da sel ve taşkınlara neden olabilecektir. Etkin yağışlardaki azalma ise yüzey ve yeraltı su kaynaklarının beslenmesini güçleştirerek su kaynaklarında su eksikliğine neden olacaktır. Sıcaklıkların artması ve kış yağışlarının yeterince toprak nemi oluşturamaması nedeniyle tarımsal üretim alanlarında sulama suyuna olan talep artacaktır. Bu durum da su kaynakları üzerinde ek bir baskı oluşturacaktır. Azalan yağışların yanı sıra artan su tüketiminin karşılanabilmesi için havzada yaklaşık $48.4 \cdot 10^6$ ton civarında fazladan su kaynağına gereksinim duyulacaktır. Seyhan Havzası'nın tarımsal potansiyeli ve tarıma dayalı endüstrisi nedeniyle ülke ekonomisindeki öneminin gelecekte de süreceği öngörülmektedir. Havzada su kaynaklarından çekilen suyun yaklaşık % 75'i tarımda kullanılmaktadır. Ancak tarım, en büyük su kullanıcısı olmasına karşın suyu en düşük randımanla kullanan bir sektördür. Havzanın büyük bölümünde yapılan sulu tarımda sulama randımanı % 40'ın altındadır (25). Su kaynaklarında azalma olurken, nüfusun dolayısıyla tarımsal ürünlere olan talebin artacağı göz önüne alınarak, var olan kaynakların rasyonel ve etkin bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla küresel ölçekte olduğu gibi ülke ve havza bazında iklim değişikliğinin olası olumsuz etkilerinin belirlenecek yeni uyum stratejileri ile en aza indirgenmesi gerekir.

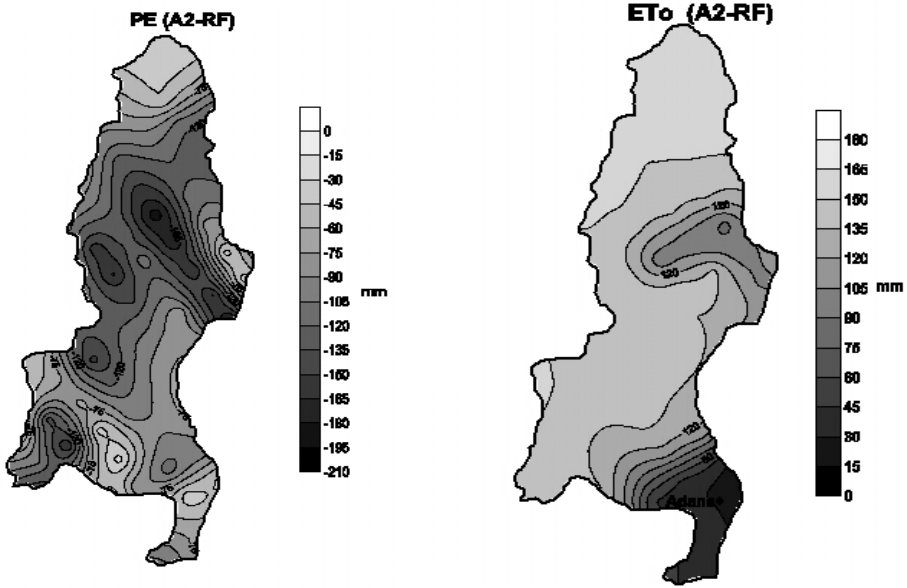
Uyum stratejileri genel olmakla birlikte yöreye özel olarak ta seçilebilir ve alınacak önlemler kısa, orta ve uzun vadede yarar sağlayacak şekilde planlanabilir. Bölgesel ölçekte alınabilecek başlıca ve etkin olabilecek uyum önlemleri arasında; arazi tesviyesi, drenaj, arazi toplulaştırması gibi fiziki alt yapı hizmetlerinin geliştirilmesi sayılabilir. Bununla birlikte, iletim kayıplarının en aza indirgenmesi, havza su yönetiminin iyileştirilmesi, fiyatlandırma ile üretimi destekleyici ve doğal kaynakların korunmasına önem veren tarım destek politikalarının geliştirilmesi, üst havzada su hasadının yapılarak düşen az miktardaki yağışın toprakta tutulması ve özellikle de çiftçilerin suyu tasarruflu kullanma konusunda bilinçlendirilmesi havza ölçeğinde uygulanabilecek önlemlerdir. Tarla bazında ise su tasarrufu sağlayan sulama yöntemlerinin (damla sulama gibi) kullanılması, kuraklığa dayanıklı bitki tür ve çeşitlerinin yaygınlaştırılması, minimum toprak işleme ve malçlama gibi toprak nemini koruyucu önlemlerin alınması gerekecektir. Sulamaya elverişli suların yanı sıra düşük kaliteli suların da uygun toprak amenajmanı ile birlikte kullanılması, yukarıda belirtilen önlemlerle birlikte, tarımsal üretimin iklim değişikliğinden etkilenmesini engelleyecek uyum stratejilerindedir.



Şekil 1. Ortalama günlük sıcaklıklar ve yıllık yağışlarda gelecekte öngörülen değişimler (A2-RF)



Şekil 2 Yıllık ortalama maksimum ve minimum sıcaklıklarda öngörülen değişiklikler



Şekil 3. Etkin yağışta ve referans bitki su tüketiminde tahmini değişim

KAYNAKLAR

1. IPCC, 2001. Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change. 398-400.
2. Soon, W.; Posmentier, E.S.; Baliunas, S., 2000. Climate hypersensitivity to solar forcing? Ann.Geophys.-Atm. Hydr. 18 (5), 583-588.
3. Landscheidt, T., 2000. Solar wind near Earth: Indicator of variations in global temperature. Proceedings of the 1st Solar and Space Weather Euroconference on the solar cycle and terrestrial climate, 497-500.
4. Schönweise, C.D., Rapp, J., 1997. Climate trend atlas of Europe based on observations 1891-1990.Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
5. Hulme, M., Osborne, T.J., Johns, T.C., 1998. Precipitation sensitivity to global warming: comparison of observations with HadCM2 simulations. Geophys. Res. 94, 1195-1210.
6. Osborn, T.J., Hulme, M., Jones, P.D., Basnett, T.A., 2000. Observed trends in the daily intensity of United Kingdom precipitation. Int. J. Climatol. 20, 347-364.
7. IPCC, 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report Climate Change 2007: Synthesis Report. Cambridge: Cambridge University Pres.

8. Türkeş, M., 1998. Influence of geopotential heights, cyclone frequency and southern oscillation on rainfall variations in Turkey. *Int. J. Climatol.* 18: 649–680 (1998)
9. Türkeş, M., 1999. Vulnerability of Turkey to Desertification With Respect to Precipitation and Aridity Conditions. *Tr. J. of Engineering and Environmental Science*, 23:363-380
10. Giorgi F. ve Mearns L.O., 1999. Introduction to special section: Regional climate modeling Revisited, *J Geophys Res-Atmos*, 104, 6335-6352
11. Brunetti, M., Maugeri, M., Nanni, T., 2000. Variations of temperature and precipitation in Italy from 1866 to 1995. *Theor. Appl. Climatol.* 65, 165-174.
12. Brunetti, M., Maugeri, M., Nanni, T., 2001. Changes in total precipitation, rainy days and extreme events in northeastern Italy. *Int. J. Climatol.* 21, 861-871.
13. UKMO/DETR. 1999. Climate Change and Its Impacts, Stabilisation of CO2 in the Atmosphere, United Kingdom Meteorological Office and Department of the Environment, Transport and the Regions (UKMO/DETR), the Hadley Centre for Climate Prediction and Research, Bracknell.
14. Fujihara, Y.; Tanaka, K., Watanabe, T. and Kojiri, T., 2007. Potential impacts of climate change on hydrology and water resources of the Seyhan River Basin. The Final Report of ICCAP, ISBN 4-902325-09-8, 53-58.
15. Tezcan ve ark., 2007. Assessment of climate change impacts on water resources of Seyhan River Basin. The Final Report of ICCAP, ISBN 4-902325-09-8, 59-72.
16. Önel B., 2004. Dynamic Downscaling , Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ;
17. Tatlı H., 2004. Genel dolaşım model benzeşimlerinin istatistiksel ölçek küçültme yöntemleri: Türkiye üzerine çalışmalar, Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ.
18. Tatlı H, H.N. Dalfes, S.S. Montes, 2004: A statistical downscaling method for monthly total precipitation over Turkey. *Int. J. Climatol.*, 24,161-180.
19. Giorgi, F., X. Bi, and J. S. Pal 2004a. Mean, interannual variability and trends in a regional climate change experiment over Europe. Part I: Present day climate (1961–1990), *Clim. Dyn.*, 22, 733– 756.
20. Giorgi ve ark., 2004b; Giorgi, F., X. Bi, and J. S. Pal 2004b. Mean, interannual variability and trends in a regional climate change experiment over Europe. Part II: Future climate scenarios (2071– 2100), *Clim. Dyn.*, 23, 839– 858.
21. Pal, J. S Giorgi, F., Bi, X., Gao, X.. (2005), The ICTP RegCM3 and RegCNET: Regional climate modeling for the developing world, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, Pal ve ark., 2005
22. Sanders, H. D., 1995. *Statistics: A First Course*, 5th Edition, Mc Graw-Hill: New York.
23. Hargreaves G.H., Samani Z.A. 1985. Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature. ASAE Pap. No., 85-2517, ASAE, St. Joseph, MI.

24. Krichak, S.O.; Alpert, P., Bassat K., Kunin P., 2007. The surface climatology of the eastern Mediterranean region obtained in a three-member ensemble climate change simulation experiment. *Adv. Geosci.*, 12, 67-80.
25. DSI, 2006. . General Directorate of State Hydraulic Works. 52. Year, 1954-2006, <http://www.dsi.gov.tr>

IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON AGRICULTURAL WATER USE IN SEYHAN RIVER BASIN

Burak ŞEN ⁽¹⁾
Agric. Eng

Sevilay TOPÇU ⁽²⁾
Prof. Dr.

Filippo GIORGI ⁽³⁾
Dr.

Xunqiang BI ⁽³⁾
Dr.

E. Galip KANIT ⁽¹⁾
Mach. Eng.

Tayfun DALKILIÇ ⁽¹⁾
Met. Eng.

⁽¹⁾ State Meteorological Service General Directorate, Ankara, Türkiye

⁽²⁾ Çukurova University, Agricultural Faculty, Adana, Türkiye

⁽³⁾ International CENTER for Theoretical Physics -ICTP, Trieste, Italy

ABSTRACT

Mediterranean region is declared to be the most vulnerable region in the world regarding to man made climate change and its impacts in the IPCC reports and many other scientific papers. The Seyhan River Basin, located in southern Mediterranean Region, has an important agricultural potential not only for the region but also for the country considering the soil and water resources, agricultural industry and high population density. Hence, for a sustainable agricultural production in the Basin, future climate change and its possible effects have to be projected. The aim of this research is to predict future climate and its possible impact on water resources and agricultural water use in Seyhan River Basin Using regional climate model RegCM3 for the period 2071-2100. Climatic parameter such as annual daily mean, annual maximum and minimum temperatures as well as total annual precipitation were selected for the model simulation and comparison with the reference. The data from the period between 1961-1990 was considered as reference data, and A2 scenario conditions was used for the future climate projections. Effective rainfall and reference evapotranspiration were calculated for the whole basin. Considering the increases in temperatures in addition to decreases in effective rainfall amounts, the surface and ground water resources may suffer from high evaporation loss as well as low recharge rates. Thus irrigated agriculture may suffer under water limitations in the region or new water resources has to be developed.

Keywords: *Climate change, regional climate models, temperatures, precipitation, water resources, Çukurova, Evapotranspiration*