

**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI
2014-YL-008**

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE BAĞLI TOPRAK NEMİNDEKİ
DEĞİŞİMİN AYDIN'DA ÖRNEK BİR ALANDA PAMUK
BİTKİSİNDE SWAP MODELİ İLE SİMULASYONU**

Yıldırım KAYAM

**Tez Danışmanı:
Prof. Dr. Gönül AYDIN**

AYDIN

ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi Yıldırım KAYAM tarafından hazırlanan İklim Değişikliğine Bağlı Toprak Nemindeki Değişimin Aydın'da Örnek Bir Alanda Pamuk Bitkisinde SWAP Modeli ile Simulasyonu başlıklı tez, (13/01/2014) tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan	: Prof. Dr. Gönül AYDIN	ADÜ. Ziraat Fak.
Üye	: Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN	ÇKÜ. Orman Müh.Fak.
Üye	: Yrd. Doç. Dr. ..Levent ATATANIR	ADÜ Ziraat Fak.

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu Yüksek Lisans tezi, Enstitü Yönetim KurulununSayılı kararıyla tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN
Enstitü Müdürü

**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN**

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

03/02/2014

Yıldırım KAYAM

ÖZET

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE BAĞLI TOPRAK NEMİNDEKİ DEĞİŞİMİN AYDIN'DA ÖRNEK BİR ALANDA PAMUK BİTKİSİNDE SWAP MODELİ İLE SİMULASYONU

Yıldırım KAYAM

Yüksek Lisans Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gönül AYDIN
2014, 54 sayfa

Bu çalışma, küresel ısınmadan kaynaklanan iklim değişikliğinin çevreye olan etkilerinden birisi olan tarımsal alanlardaki toprak nemi üzerine odaklanmıştır. Olası iklim değişikliği senaryoları arasında öncelikli olarak belirtilen A1B iklim projeksiyonuna dayalı olarak, Akdeniz havzasında oluşabilecek iklimsel değişiklikler, Aydın yöresindeki tarımsal alanlardaki toprak nemi ile ilişkilendirilmiştir. Yağış ve sıcaklık başta olmak üzere iklim rejiminin değişmesi, toprakta depolanan nemde ve yerüstü/yer altı su kaynaklarında önemli değişmelere neden olacaktır. Bu çalışmada, iklim senaryoları ve öngörüler ışığında Akdeniz havzasında oluşabilecek değişmelerin toprak nemi üzerindeki etkileri agrohidrolojik bir model ile simüle edilmiş, daha sonra gelecekte öngörülen olası değişmelere göre söz konusu model çalıştırılarak senaryo analizleri yapılmıştır. Çalışmada SWAP modeli kullanılmış ve modelin gerektirdiği toprak, iklim ve bitkiye ilişkin veri seti hazırlanarak, yazlık ürün yetiştirme dönemi boyunca Aydın yöresinde yer alan toprak tipi ve katmanlarına göre toprak nem değişimleri tahmin edilmiştir. Senaryo analizlerinden elde edilen sonuçlara göre, sıcaklık artışı ile birlikte topraktan olan buharlaşma ve bitkiden olan terlemenin potansiyel olarak önemli oranda artacağı ve bu talebi karşılamak üzere, yüksek taban suyu olan yörede kapilar yükselme ile bitki kök bölgesine doğru hızlı bir su hareketi olacağı tahmin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aydın, iklim değişikliği, toprak nemi, SWAP model

ABSTRACT

SIMULATION OF SOIL MOISTURE RANGING DUE TO CLIMATE CHANGE FOR A SAMPLE COTTON PLOT IN AYDIN BY SWAP MODEL

Yıldırım KAYAM

M.Sc. Thesis, Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Gönül AYDIN

2014, 54 pages

This study has focused on soil moisture of agricultural lands which affected by environmental effects of climate change due to global warming. The climate change, especially rainfall and temperature, may cause significant changes on the surface and ground water resources and amount of moisture stored in soil. In this context, this study targeted to study effects of climate change on soil moisture and likely climate changes that may occur in the Mediterranean basin. According to the possible changes foreseen in the future, some climate change scenario analyses were performed by an agro hydrological model. SWAP model was used with the data set of soil-climate and vegetation. During the summer cultivation period in the province of Aydın, the soil moisture was monitored according to soil properties of the layers in a selected area on an alluvial soil. Then, soil moisture balance on the basis of point measurements were simulated based on the soil conditions at a plot in selected area. According to the results from scenario analysis, it was estimated that the evaporation from soil and transpiration from plants will increase potentially and there will be a water movement upward from high water table to the root zone to meet this increasing demand.

Keywords: Aydın, climate change, soil moisture, SWAP model

ÖNSÖZ

Küresel ısınmadan kaynaklanan iklim değişikliği, gelecek yüzyılda doğal yaşamı, ekonomiyi ve insan faaliyetlerini etkileyecek en önemli olayların başında gelmektedir. İklim değişikliğinden en çok etkilenecek sektörlerden birisinin de doğal etkilere açık olan tarım ve tarımsal çevre olacağı yadsınamaz bir gerçektir. Özellikle, sıcaklık ve yağışlardaki değişmelerin, toprak, bitki ve atmosfer bileşik sistemindeki su döngüsüne etki ederek, tarımsal verimliliğin ve ürün deseninin değişmesi sonucunu doğuracağı bilimadamları tarafından öngörülmektedir. Bu çalışmada, üzerinde bitki bulunan tarımsal bir alanda toprak neminin iklimsel parametrelerdeki değişime bağlı olarak nasıl değişeceği fiziksel bir model kullanılarak analiz edilmeye çalışılmıştır. Tarımsal çevrenin unsurları olan toprak ve su kaynakları üzerinde iklim değişikliğinin etkilerini araştıran çalışmaların çoğalmasının, gelecekte bu değişimin olumsuz etkileri ile başa çıkabilmemize olanak sağlayacağını düşünmekteyim. Bu çalışmada bana büyük destek veren danışmanım Prof. Dr. Gönül AYDIN'a, arazi çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen Yar. Doç. Dr. Levent ATATANIR'a ve bu süreçte gösterdikleri sabır ve anlayış nedeniyle eşim Mine ve oğlum Altar'a teşekkür çok teşekkür ederim.

Yıldırım KAYAM

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	iii
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI	v
ÖZET.....	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ	xi
SİMGELER DİZİNİ.....	xv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ / KURAMSAL TEMELLER	3
2.1. İklim Değişikliği ve Toprak Nemi	3
2.2. Modelleme Çalışmaları	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM	11
3.1. Materyal	11
3.1.1. Araştırma Alanının Coğrafi Konumu.....	11
3.1.2. Araştırma Yerinin Toprak Özellikleri	12
3.1.3. Araştırma Yerinin İklim Özellikleri.....	12
3.1.4. Araştırmada Kullanılan Bitki ve özellikleri	13
3.2. Yöntem.....	14
3.2.1. Öngörülere dayalı İklimsel Senaryolar.....	14
3.2.2. Modelin Gerektirdiği Verilerin Toplanması.....	15
3.2.3. Araştırma Alanında Yürütülen Çalışmalar.....	16
3.2.3.1. Sulama Uygulamaları.....	16
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	25
4.1. Deneme Alanına İlişkin Toprak Özellikleri	25
4.2. Toprak Nem Durumu ve Modelin Geçerliliği	25
4.3. Taban Suyu Düzeyleri.....	29
4.4. Alt Akımlardaki Değişmeler	30
4.5. İklimsel Analizler.....	34
4.5.1. Maksimum ve Minimum Sıcaklıklar.....	34
4.5.2. Referans Evapotranspirasyon ve Atmosferin Buharlaşma Talebi.....	35
4.6. Tahmin edilen Gerçek Evapotranspirasyonlar	40

4.7. Değerlendirmeler.....	41
5. SONUÇ	43
KAYNAKLAR.....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	49

SİMGELER DİZİNİ

ECHAM-4	Hamburg kaynaklı İklimsel Model
GHG	Green House Gases
GAP	Güneydoğu Anadolu Projesi
GDD	Growing Degree Days
HadCM3	Hadley Centre Coupled Model, version 3
MIKE-SHE	Entegre hidrolojik bir model
PRECIS	Providing REgional Climates for Impact Studies
SEM	South Europe and Mediterranean
SN	Solma Noktası
SWAP	Soil-Water-Atmosphere-Plant
TK	Tarla Kapasitesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

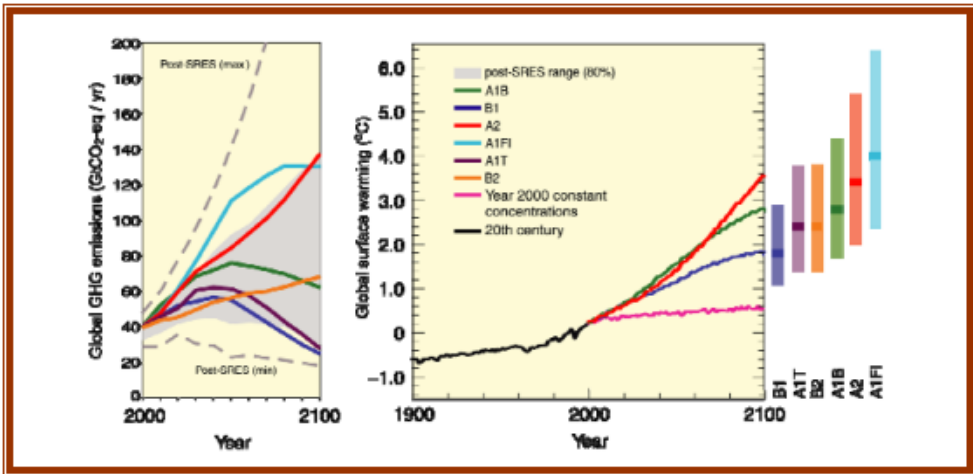
Şekil 1.1 GHG Emisyonları için 2000'den 2100'e senaryolar ve yüzey sıcaklıkları için projeksiyonlar	1
Şekil 3.1 Araştırma alanının coğrafi konumu	11
Şekil 4.1 Ölçülen toprak nemlerine dayalı ve SWAP modeli ile elde edilen toprak nem değişimleri	26
Şekil 4.2 Ölçüme dayalı ve modelle tahmin edilen toprak nem değerleri arasındaki ilişki	27
Şekil 4.3 Farklı senaryolara dayalı toprak nem değişimleri	28
Şekil 4.4 Ölçülen ve senaryolara göre azaltılması öngörülen taban suyu düzeyleri	30
Şekil 4.5 Ölçülen toprak nemlerine dayalı günlük ve birikimli alt akımlara ilişkin model çıktısı.....	31
Şekil 4.6 Senaryo 1'e dayalı günlük ve birikimli alt akımlara ilişkin model çıktısı.....	32
Şekil 4.7 Senaryo 2'ye dayalı günlük ve birikimli alt akımlara ilişkin model çıktısı.....	32
Şekil 4.8 Senaryo 3a'ya dayalı günlük ve birikimli alt akımlara ilişkin model çıktısı.....	33
Şekil 4.9 Senaryo 3b'ye dayalı günlük ve birikimli alt akımlara ilişkin model çıktısı.....	33
Şekil 4.10 A1B iklim projeksiyonuna dayalı olarak Aydın yöresinde sıcaklık öngörülleri.....	34
Şekil 4.11 İklimsel senaryolara dayalı günlük ET değişimleri.....	36
Şekil 4.12 Pamuk gelişme döneminde hesaplanmış referans ET değerleri.....	37
Şekil 4.13 İklimsel senaryolara göre pamuk gelişme dönemi boyunca atmosferin toplam buharlaşma talebindeki değişimler	39
Şekil 4.14 İklimsel senaryolara ilişkin atmosferik buhar basıncı açıkları.....	39
Şekil 4.15 Ölçülen ve iklimsel senaryolara göre atmosferik buharlaşma talebindeki günlük farklılıklar	40
Şekil 4.16 Pamuk gelişme dönemi boyunca model tarafından tahmin edilen buharlaşma ve terleme değerleri	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Araştırmanın yürütüldüğü 2012 yılı pamuk gelişme dönemine ait iklim verileri	14
Çizelge 3.2 A1B projeksiyonuna göre minimum etki olasılıklı öngörüler	15
Çizelge 3.3 A1B projeksiyonuna göre orta etki olasılıklı öngörüler	15
Çizelge 3.4 A1B projeksiyonuna göre maksimum etki olasılıklı öngörüler	15
Çizelge 3.5 Denemede uygulanan ve senaryolarda öngörülen sulama miktarları	17
Çizelge 3.6 Deneme alanı topraklarında bünye sınıfına ilişkin hidrolik parametreler	22
Çizelge 3.7 Pamuk bitkisi gelişme dönemlerine dayalı elde edilen gözlemler, ölçümler ve veriler	24
Çizelge 3.8 Deneme alanında ölçülen taban suyu düzeyleri	24
Çizelge 4.1 Deneme alanına ilişkin fiziksel toprak özellikleri	25
Çizelge 4.2 Farklı senaryolar için SWAP modeli su dengesi bileşenleri	29

1. GİRİŞ

Küresel ısınmadan kaynaklanan iklim değişikliğinin, başta yağış ve sıcaklık olmak üzere, küresel ve bölgesel düzeylerde bütün iklimsel parametreleri doğal değişkenliğin ötesinde etkileyeceği ve yeryüzünde binlerce yıldır hüküm süren iklimi ve dolayısıyla hayatı değiştireceği bilim insanları tarafından dile getirilmektedir. 2007 yılında dördüncüsü yapılan Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli bünyesinde yayınlanan Bölgesel İklim Projeksiyonları çerçevesinde (Şekil 1.1), Avrupa ve Akdeniz Bölgesi İklim Projeksiyonlarına ayrılan bölümde uzmanlar tarafından bazı öngörüler yapılmış ve yayınlanmıştır. Buna göre; Avrupa’da yıllık ortalama sıcaklıkların, küresel ortalamadan daha fazla artacağı, Kuzey Avrupa’da ısınmanın daha çok kış mevsiminde, Akdeniz bölgesinde ise yazın oluşacağı bildirilmiştir. Yapılan öngörüler dikkate alındığında, yıllık yağışların muhtemelen kuzey Avrupa’nın çoğu yerinde artacağı, Akdeniz bölgesinde ise azalacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca, Akdeniz bölgesinde yağışlı günlerin sayısında da bir azalmanın olacağı ve yaz mevsiminde oluşacak kuraklık riskinin artacağı farklı senaryolarda dile getirilmiştir. (IPCC, 2007a).



Şekil 1.1. GHG emisyonları için 2000’den 2100’e senaryolar ve yüzey sıcaklıkları için projeksiyonlar (IPCC, 2007b)

Büyük Menderes Havzasının da içerisinde yer aldığı Akdeniz iklim kuşağında oluşacak iklim değişiklikleri sonucunda, özellikle yaz aylarındaki sıcaklık artışı ile birlikte kış yağışlarındaki azalma ve kuraklık riskinin, tarımsal üretimi doğrudan etkileyeceği tahmin edilmektedir. Bütün bu iklimsel değişimin öncelikle su kaynakları üzerindeki etkileri, farklı yöntem ve teknikler kullanılarak dünyada ve Türkiye’de tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Ancak, iklim değişikliğinin topraktaki etkileri üzerinde yapılan çalışmaların nispeten daha az sayıda ve sera etkisini artıran CO₂ salınımı ile organik ve inorganik karbon döngüsüne yönelik olduğu dikkati çekmektedir. Buna karşın, gerek toprakta karbon döngüsünde birinci derecede etkisi olan organik maddenin parçalanması ile atmosfere taşınan CO₂ miktarı, gerekse bitkisel verimliliğe ve üretim desenine etkisinin oldukça fazla olduğu bilinen toprak nem konusu, hala üzerinde çalışılması gereken en önemli konular arasında yer almaktadır.

İklim değişiklikleri sonucunda gerçekleşmesi olası sıcaklık artışı ve yağış azalması, toprak nem içeriğini doğrudan etkileyen parametrelerdir. Bitki gelişim periyodunda bitki için gerekli nemin toprakta yeterli miktarda bulunması verim açısından çok önemlidir. Bu nedenle, ülkemizin yılda birden fazla ürün alınan ve yoğun tarım yapılan Büyük Menderes Havzasında yer alan Aydın yöresinde iklim değişikliğinin toprak nem rejimleri üzerine etkilerinin araştırılması büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, olası bölgesel iklim değişikliği senaryolarına dayalı olarak, Aydın yöresinde örnek bir alanda yağışlar ve sulama uygulamaları ile toprakta depolanan nemdeki değişimler fiziksel bir model kullanılarak incelenmiş ve önemli sonuçlara ulaşılmıştır. Bu amaçla, olası iklim değişikliği senaryolarına göre toprak nem dengesi ve evapotranspirasyon, toprak ve bitki özellikleri kullanılarak noktasal düzeyde ve amaçlar doğrultusunda analiz edilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ / KURAMSAL TEMELLER

Konu ile ilgili yapılmış çalışmalar, iklim değişikliği ve toprak nemi modelleme çalışmaları olmak üzere ayrı olarak değerlendirilmiştir.

2.1. İklim Değişikliği ve Toprak Nemi

Kömüşçü (1998), Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki toprak nemi için iklim değişiminin sonuçlarını incelemiştir. Çalışmada, Willmot (1997) tarafından orijinal Thornthwait su dengesi modelinin bilgisayar uygulamalı versiyonu kullanılmıştır. Modelin gerektirdiği veriler; yağış, sıcaklık, toprak-su tutma kapasitesi, ısı indeksi ve istasyonun enlemi olup, potansiyel ve gerçek evapotranspirasyon, toprak nem eksikliği veya fazlalığını çıktı olarak sunmaktadır. Senaryolar; +2 ve +4 °C sıcaklık artışı ile -%20, -%10, %0, +%10, +%20 yağış değişikliklerinin kombinasyonlarını içermiştir. Bu çalışmaya göre, GAP bölgesindeki tarımsal alanlarda öngörülen iklim değişikliğinin toprak neminin elverişliliği üzerinde gerek zamanlama, gerekse miktar olarak büyük etkisinin olduğunu belirtmiştir. Araştırma sonucuna göre, hemen bütün bölgede yetişme dönemi boyunca toprak neminde azalmalar olduğu ve özellikle bölgenin güney ve orta kısımlarında topraktaki nem açığının daha şiddetli olduğu ortaya çıkmıştır. Isınma senaryolarına dayanarak, % 20 daha fazla yağış durumunun bile toprak nemleri üzerindeki etkisinin sınırlı olduğu, bir başka değişle öngörülen sıcaklık artışlarının evapotranspirasyonu önemli ölçüde artırdığı ve bunun da yaz aylarında toprakta nem açığını artırdığını bildirmiştir.

Robock ve ark. (2000), toprak neminin dünyadaki iklim sisteminin, özellikle su döngüsü açısından en önemli bileşenlerinden biri olduğunu belirtmişlerdir. Toprak neminin bu denli önemli olmasına karşın, dünyada çok az lokasyonda uzun dönemli ve düzenli olarak ölçüldüğünü bildirmişlerdir. Toprakta depolanmış suyun miktarı, tarım için son derece önem arz etmekte olup, gerçek buharlaşma hızı, yeraltı suyunun dolumu ve akış dinamiği üzerinde büyük bir etkisi bulunmaktadır. Toprak nem içerikleri, küresel iklim modelleri tarafından doğrudan simule edilmiş olsa bile, çok kaba bir yersel çözünürlükle yalnızca olası değişimlerin yönünün gösterildiğini belirtmişlerdir.

Kayam ve ark. (2002a) tarafından yürütülen istatistiksel bir çalışmada, Ege Bölgesinde 1970-1999 yıllarını kapsayan dönemdeki sıcaklık ve yağışlardaki değişimin buğday üretimi üzerindeki etkilerini incelenmiştir. Bu çalışmada, aylık yağışlarda % 5 ve % 10'luk azalmalar ile aylık ortalama sıcaklıklarda +1 °C ve +2 °C'lik artışları içeren dört farklı iklim senaryosu hazırlanmış ve analiz edilmiştir. Buna göre, Nisan ve Mayıs aylarında yağın yağışlarda miktarsal olarak % 5 azalma olduğunda, buğday verimlerinde ortalama 13.1 kg/ha ve %10'luk bir azalma olduğunda ise 22.9 kg/ha'lık bir verim azalması meydana gelmiştir. Yapılan iklim değişikliği senaryolarının analizinde, Growing Degree Days (GDD veya derece gün) yönteminden yararlanılarak sıcaklıklardaki +1 °C ve +2 °C'lik artışlar GDD değerlerini sırasıyla % 14 ve % 26 kadar yükselttiği ve buğday verimleri üzerindeki asıl etkinin, yetiştirme döneminin kısalması ve daha erken hasat tarihi şeklinde olduğu saptanmıştır.

Kayam ve ark. (2006) tarafından yürütülen ve Ege Bölgesinde pamukta uzun dönemli istatistiksel verilerin, araştırma sonuçları ile entegre edilerek yeniden analiz edildiği bir çalışmada, iklim, agroteknoloji, toprak ve sosyoekonomik faktörlerin etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada, 4 farklı ilde 29 yıllık veriler ile bölgede yürütülen pamuk denemelerine ilişkin 1027 adet parsel sonuçları, iklimin ve toprak koşulları ile çeşit özellikleri de dikkate alınarak pamuk verimleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bölgede en iyi pamuk üretimi için uygulanması gereken ekim-hasat tarihleri, sulama sayısı ve gübreleme gibi diğer yönetim uygulamalarının da yer aldığı çalışmada, bir bitki-toprak nemi simülasyon modeli oluşturulmuş ve incelenen lokasyonlarda 30 yıllık toprak nem bütçesi, evapotranspirasyon, yüzey akış, lateral akış, derine sızma, kapılar yükselme ve yağış parametreleri ile toprağa ilişkin bileşenler dikkate alınarak hesaplanmıştır. Modelde, 1969-1970 ile 1989-1999 aralığında toprak nem dengesi zaman serileri ile simüle edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, bir pamuk tarlasındaki mevsimlik su dengesi, bir önceki kış yağışlarından etkilenmekte ve özellikle kurak bir yılı takip eden yağışlı bir yılda bu etki açık olarak görülmektedir. Ayrıca, kışlık yağış rejiminin, temmuz ve ağustos aylarında sulanan pamuğun veriminin yüksek veya düşük olması üzerinde de önemli etkisi bulunduğu ortaya çıkmıştır. Bu modelin, olası iklim değişikliğinin toprak nem dengesi ve bu dengenin beklenen pamuk verimleri üzerindeki etkilerini incelemeye de kullanılabileceği açıklanmıştır.

Şen, (2006), İklim değişiminin toprak nemi üzerindeki lokal etkilerinin, yalnızca iklim değişiminin derecesi ile değil, aynı zamanda toprak özellikleri ile de farklılık göstereceğini bildirmiştir. Toprağın su tutma kapasitesi, toprak nem rejimindeki olası değişimleri doğrudan etkileyecektir. Su tutma kapasitesinin düşük oluşu, bu tür toprakların iklim değişimine karşı duyarlılığını ve kırılabilirliğini artırmaktadır. İklim değişikliği de aynı zamanda suyla doyma ve çatlama gibi olaylarla toprakların su tutma özelliklerini etkileyebilmektedir.

IDKK (2006), İklim Değişikliğinin Etkilerinin Araştırılması Çalışma Grubu tarafından yazılan çalışma raporunda, “Duyarlılık analizleri, İklim Değişikliğinin Etkileri ve Uyum Önlemleri” değerlendirilmiştir. Özellikle sıcaklık ve yağıştaki değişmelerin Türkiye üzerindeki olası etkileri ele alınarak, yıllık ortalama sıcaklıkların 2050 yılına kadar, yalnız 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 öngörüldüğü bildirilmiştir.

IPCC (2007a), Küresel ısınma kaynaklı iklim değişikliğinin Türkiye için en önemli etkisi, çoğu bölgelerde yağışın azalması ile ortaya çıkacak olan kuraklık ve su kaynaklarında azalma şeklinde olacağı bilim adamları tarafından bildirilmektedir. Dördüncüsü yapılan Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)’nin sonuçları 2007 Nisan ayı itibarıyla yayınlanmış bulunmaktadır. Buna göre, Güney Avrupa ve Akdeniz bölgesinde (SEM) önümüzdeki 25-30 yıl içerisinde yağışların mevsimlere göre % 6 ile % 53 arasında azalabileceği öngörülmektedir. Olası iklim değişikliği senaryoları arasında bölgemiz açısından da dikkate alınan A1B senaryosu altında simule edilen Güney Avrupa ve Akdeniz alanı için ve 1980-1999 aralığından 2080-2099 aralığına kadar yıllık ortalama ısınmanın 2.0 °C’den 5.1 °C’ye kadar değişeceği öngörülmektedir. Bu durumun, en çok su kaynaklarını ve rezervlerini etkileyeceği tahmin edilmiştir. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli Dördüncü Değerlendirme Raporunda belirtildiği üzere; “nüfus artışı ve ekonomik gelişmenin sonucu olarak suya olan talebin artacağı kesin olmakla birlikte, iklimsel değişim evsel ve endüstriyel su talebi üzerinde büyük bir etki yaparak, tarımda sulama için ayrılan su miktarı üzerinde olumsuz etkiye sahip olacaktır” denmektedir.

Demir ve ark. (2007), Türkiye’de iklim değişikliğinin etkilerinin değerlendirilmesine yönelik araştırmalara katkı sağlamak amacıyla, Türkiye ve

Akdeniz bölgesi için gelecek iklim öngörülerini elde etmek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Ölçek küçültmek için Hadley İklim Araştırma Merkezi tarafından geliştirilen PRECIS Bölgesel İklim Modeli kullanılmıştır. 1961-1990 dönemi ortalamalarına göre yıllık ve mevsimlik değişimler değerlendirilmiştir. Buna göre, ortalama sıcaklıklarda Türkiye’de ve Ege bölgesini içeren kısımda 2071-2080 yılları için 4-5 °C artış öngörülmektedir.

Kanber ve ark. (2007), kurak alanlarda küresel ısınmanın neden olduğu iklim değişiminin tarımsal üretim sistemleri üzerine etkilerini araştıran bir projeyi Seyhan havzasında yürütmüşlerdir. Türkiye ve Japonya arasında ortak olarak yürütülen bu proje sonuçlarına göre, tarımın iklim değişikliğini de kapsayan doğal sistemler ve insan etkinlikleri ile etkileşim içerisinde olduğu saptanmıştır. Anılan etkileşimin, hem çok karmaşık hem de sistemlerde oluşacak aksaklıklar sonucu birçok sorunun ortaya çıkmasına eğilimli olduğu anlaşılmıştır. Örneğin, 2070-2100 yıllarında yağışın önemli oranlarda azalacağı; kar yağışlarının miktar ve erime zamanlarının değişeceği; buğday, mısır gibi kimi temel ürünlerin ekim/dikim zamanlarının ve daha önemlisi ekiliş yörelerinin değişeceği kestirilmiştir. Bölgesel model sonuçlarına göre, söz konusu dönemde Seyhan havzasında aylık ortalama sıcaklıkların 3°C artacağı; yıllık yağış miktarında ise %25’lik bir azalma olacağı saptanmıştır. Potansiyel evapotranspirasyonda %14’lük bir artış, buna karşı gerçek evapotranspirasyonda ise, yağışın azalmasına bağlı olarak, %17’lik bir azalışın olacağı kestirilmiştir.

Aydın ve ark. (2008), Japonya’da geliştirilen bir bölgesel iklim modelinin öngörülerine dayalı olarak Türkiye’nin Akdeniz iklimine sahip bölgesindeki çıplak topraktan olan buharlaşma miktarındaki değişimleri tahmin etmek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Referans evapotranspirasyonu ve topraktan olan buharlaşmayı hesaplamak için gerekli bölgesel iklim modeline ilişkin günlük veriler, 1994-2003 ve 2070-2079 periyodları için elde edilmiştir. Çıplak topraktan olan potansiyel buharlaşma (Ep) sıfır yüzey direnci ile Penman-Monteith eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. Toprakta olan gerçek buharlaşmanın simülasyonu, çıplak bir toprağın yüzey katmanındaki toprak su potansiyelini tahmin etmek için Aydın (2005) modeli (Aydın ve Uygur (2006) modeli ile kombine bir şekilde) kullanılarak yürütülmüştür. Bölgesel iklim modeli ile tahmin edilen ve 2070’lerde Akdeniz bölgesinde % 46 civarındaki yağış azalmasına dayalı olarak çıplak topraktan olan buharlaşmanın 50 mm kadar düşmesi (% 16.5 azalma) ile gelecekte toprak neminin de azalacağı öngörülmüştür.

Várallyay (2010), öngörülen iklim değişiminin potansiyel sonuçlarını, toprak suyu yönetimine, toprak nem rejimine ve toprak degradasyon sürecine olan etkilerini temel alarak incelemiştir. Yapılan analizlere dayanarak ortaya çıkan sonuçlar, sürdürülebilir toprak nem olasılıkları ve bu olasılıklara göre akılcı bir şekilde alınacak nem korunumu önlemleriyle ilgili olarak sunulmuştur. Söz konusu önlemler; su kullanım etkinliğinin artırılması, buharlaşmanın, yüzey akışın, derine sızma ve infiltrasyon kayıplarının azaltılması, toprakta su depolama kapasitesinin ve toprakların elverişli nem aralıklarının artırılması olarak özetlenmiştir.

İklim değişikliğinin etkileri kapsamında, Türkiye’de tarım sektöründeki etkilere yönelik çalışmaların büyük bölümü yerel ölçekli olmakla birlikte, az sayıda makro ölçekli çalışmalar da yapılmıştır. Yerel düzeydeki çalışmalardan birinde, Trakya Bölgesi’nde (Kırklareli), Buğday bitkisinin karbondioksit ve meteorolojik faktörlerdeki değişimden nasıl etkilenebileceği araştırılmıştır (Çaldağ ve Şaylan, 2005). Araştırmada, bir bitki-iklim modeli kullanılarak iklim değişikliğinin buğday bitkisi üzerine etkileri çalışılmıştır. Kadioğlu ve arkadaşlarının çalışması (2004), iklim değişikliğinin Türkiye’nin su kaynaklarına potansiyel etkilerini içermektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğünce hazırlanmış olan Türkiye’nin 1971-2000 ve 2007 kuraklık haritaları incelendiğinde sıcaklık artışlarına paralel olarak Türkiye’de ciddi anlamda bir kuraklık tehlikesinin bulunduğu ortaya çıkmaktadır. Orta Anadolu ve Ege Bölgesinin de bu kuraklıktan belirgin olarak payını alacağı beklenmektedir (Uğurlu ve Örcen, 2007).

2.2. Modelleme Çalışmaları

Bastiaansen ve ark. (1996) tarafından, Hindistan-Haryana’da yürütölen bir ortak çalışmada, model yaklaşımları ile bölgesel su yönetimi analizi yapılarak sonuçları yayınlanmıştır. Haryana bölgesinde son yirmi yıl içinde sulanan alanlarda meydana gelen hızlı artışın, bölgesel su ve tuz bilançosuna ilişkin dengeleri bozduğu belirlenmiştir. Hisar yöresindeki tarla denemeleri, söz konusu dengesizliğin, alternatif su yönetim uygulamaları ile durdurulabilir olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada su ve tuz dengesi, kısa süreli nem ve eriyik iletim modeli olan SWAP ile analiz edilmiş ve model simölasyonları, Haryana’daki bütün tarımsal iklim bölgeleri için gerçekleştirilmiştir. Buna göre, kanal suyu dağıtımı üzerinde su yöneticilerine rehber olmak için SWAP modeli bünyesinde bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, toplam

kullanılabilir su kaynaklarının yeterli olduğu, ancak eyalet düzeyinde yeniden dağıtımının yapılması gerektiği saptanmıştır.

Kite ve Droogers (2000) tarafından kaleme alınan bir derleme, gerçek buharlaşma ve terlemeyi tahmin etmek için 8 farklı yöntemi içeren ve farklı araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen araştırmaya genel bir bakış sağlamaktadır. Araştırma, nispeten daha geleneksel yöntemler ile yeni geliştirilen yöntemleri karşılaştırmak için 1998 yaz boyunca Türkiye'nin batısında (Menemen) yürütülmüştür. Denemede SWAP modeli, 1998 yılında 9 aylık bir periyotta bir pamuk tarlası için ve farklı ürünlerin bulunduğu bir vadi tabanı için çalıştırılmıştır. Pamuk tarlası için, toprak, taban suyu, bitki faktörü ve sulama uygulamaları ile ilgili ayrıntılı veriler SWAP modelinde girdi olarak kullanılmıştır. SWAP modeli, yukarıda belirtilen dönemde, toprak nemi ve bitki gelişimine uygun olarak farklı buharlaşma (E) ve terleme (T) oranları tahmin etmiş ve bu değerler Haziran ayında 8 yöntemin ortalamasının altında, bitki gelişiminin tam olduğu Ağustos ayında ise ortalamaya çok yakın olarak saptanmıştır.

Droogers (2000), farklı ölçeklerde suyun verimliliğini değerlendirmek amacıyla iki adet havza ölçekli model (WSBM-SLURP) ve bir adet ayrıntılı tarla ölçekli model (SWAP) olarak, Türkiye ve İran'dan iki farklı havzayı karşılaştırmıştır. Ele alınan iki havzanın, iklim ve su yönetimi açısından tamamen farklı yapıya sahip olduğu vurgulanmıştır. Bu çalışmada, su ve tuz dengesi ile ürün verimini ortaya koyan koşulları oluşturmak amacıyla ayrıntılı tarla ölçekli SWAP modeli kullanılmıştır. Havza ölçeğinde su verimlilik değerleri, İran için $0,45 \text{ kg.m}^{-3}$ ve Türkiye için ise $0,17 \text{ kg.m}^{-3}$ bulunmuştur.

Kayam ve ark. (2002b) tarafından Gediz Havzası Entegre Araştırma Projesi bünyesinde 1998 yılında yürütülen bir çalışmada, sulanan bir alanda topraktaki su dengesine ilişkin bütün bileşenleri analiz etmek amacıyla tek boyutlu bir model (SWAP) kullanılmıştır. Beş farklı ürün ve dört farklı toprak tipi bileşimini içeren alanın, toprak- su dengesi açısından incelendiği çalışmada, kuraklık öncesi dönemde aşırı sulamalar nedeniyle derine sızmaların ve alt akımların meydana geldiği; kurak dönemde ise bu akımın negatif yönde olduğu ve kılcak yükselmelerin bitki kök bölgesine katkıda bulunduğu ortaya konulmuştur.

Droogers ve Van Dam (2002), California, Sacramento havzasında yürütülen ve su kaynakları, gıda ve çevrenin iklim değişikliğine adaptasyonu konulu çalışmada, tarla ölçeğinde SWAP modeli ile analizler ve öngörüler gerçekleştirmişlerdir.

SWAP modeli için en önemli toprak verilerinin su tutma ve hidrolik iletkenlik gibi toprak hidrolik fonksiyonları olduğu belirtilmiş ve çalışmada bu verilere ulaşmak için pedo-transfer fonksiyonları kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, çeltik verimlerinde A2 iklim senaryosuna göre %50 artış ve B2 senaryosuna göre ise %20 artış beklenebileceğini ortaya koymuştur. Araştırmacılar, bu artışların atmosferdeki CO₂ düzeylerinin artmasından ileri gelebileceğini belirtmişlerdir.

Droogers ve Aerts (2005), iklim değişikliği ve iklim değişkenliğine karşı Gıda güvenliği ve çevre kalitesini geliştirmek için adaptasyon stratejilerini, ADAPT projesi kapsamında dünyadaki yedi farklı havza için araştırmışlardır. Bu yedi havza için, su kaynakları ile ilgili olarak çiftlik ölçekli su yönetim modelleri ile havza ölçekli alansal modeller arasındaki bağlantıyı mümkün olduğunca kurmaya çalışan bir modelleme çerçevesi kullanılmıştır. İklim değişimi öngörülleri, yerel koşullara indirgenmiş ve bu ölçeklendirmede adCM3 ve ECHAM4 Genel Dolaşım Modellerinin yanı sıra yedi havza için farklı ayarlama faktörlerine gereksinim duyulmuştur. Havzaya aktarılmış tarla ölçekli adaptasyon çalışmaları, SWAP modeli ile gerçekleştirilmiş ve böylece tüm veri kaynakları, yaklaşımlar ve varsayımlar bu havzalar için benzerlik göstermiştir.

Tezcan ve ark. (2008), Seyhan Havzasının su kaynakları üzerinde iklim değişiminin etkilerini incelemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Seyhan havzasında, iklim değişiminin su kaynakları üzerindeki etkileri, havza ölçeğinde fiziksel hidrolojik modeller kullanılarak değerlendirilmiştir. Buna göre, Yukarı Seyhan havzasının hidrolojisi, MIKE-SHE modeli ile incelenmiş ve yalnızca yüzey akımlar değil, aynı zamanda toprakta doymun olmayan katmanlar ve doymun koşullar da simüle edilmiştir. Oluşturulan alansal toprak haritaları, toprak tipini ve etkili porozite, su tutulma, doymun hidrolik iletkenlik ve Richards eşitliğinin çözümlenmesi için gereken Van Genuchten (1980) parametreleri gibi bazı model parametrelerini tanımlamak amacıyla yeniden düzenlenmiştir.

Korkmaz ve ark.(2009), Ege bölgesinde Menemen Sol Sahil Sulama Sisteminin sekonder ve tersiyer kanal düzeyinde su dağıtım performansını ve agro-hidrolojik su dengesini 2005-2006 yılları için değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada, tarla düzeyinde su dengesine ilişkin bütün bileşenlerin analiz edilmesi amacıyla tek boyutlu fiziksel bir model olan SWAP benzeşim modeli uygulanmıştır. Bu amaçla belirlenen alanlardaki örnek parsellerde ekimden-hasada kadar olan üretim dönemi boyunca, giren ve çıkan akımlar simüle edilmiş ve toprakta dönemsel su dengesi

bileşenleri elde edilmiştir. Buna göre, Menemen Sol Sahil sulama şebekesinde incelemeye alınan tersiyerlerdeki örnek tarlalarda sulama sezonu sonunda topraktaki depolanan nemlerde bir azalmadan bahsetmek mümkün olmuştur. Bölgede kış yağışlarıyla toprakta depolanan nem, özellikle pamuk bitkisinde yetiştirme döneminin başından ilk sulamaya kadar (Temmuz) su gereksinimini karşılar, son sulama tarihinden sonra (Ağustos sonu) hasada kadar olan dönemde ise 26 – 82 mm arasında bir eksiklik göstermektedir. Uygulanan sulama sularına karşılık, toprakta depolanan nemde oluşan farklılıklar, her tarlanın toprak özelliklerine, taban suyu düzeyine, ekiliş tarihine ve diğer parametrelerin farklı olmasına dayandırılmıştır.

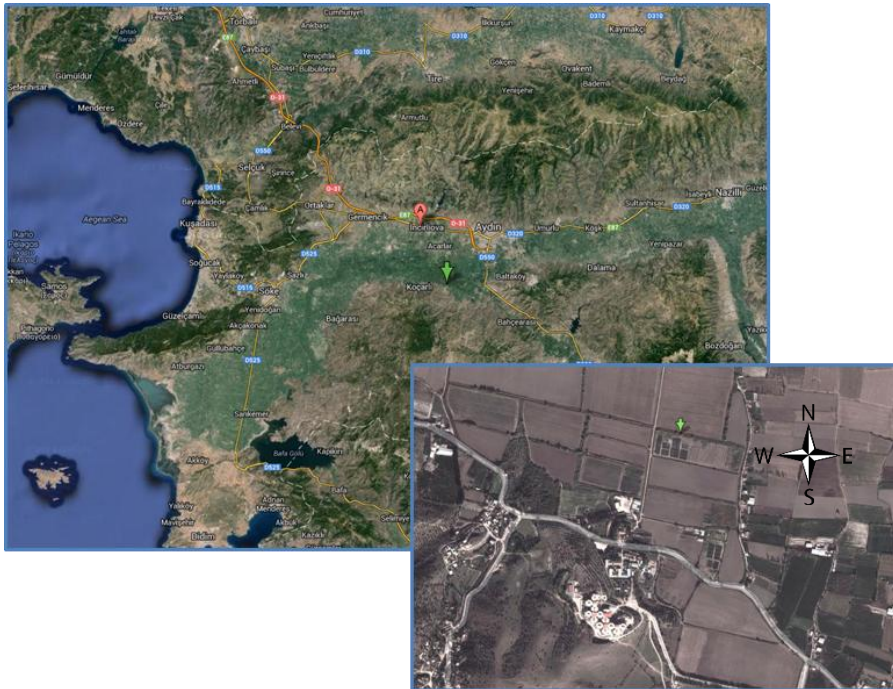
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmanın yürütüldüğü alana ilişkin 8 adet bozulmuş ve 4 adet bozulmamış fiziksel toprak örneği horizon esasına göre alınmış olup, gözlem parselinde Claudia çeşidi pamuk tohumu kullanılmıştır. Çalışma alanına ait iklim verileri Adnan Menderes Üniversitesi Meteoroloji İstasyonundan sağlanmış ve toprak nem dengesi analizlerinde SWAP modeli ve bilgisayar programı kullanılmıştır. Araştırma da kullanılan materyallere ilişkin ayrıntılı bilgiler aşağıda sunulmuştur.

3.1.1. Araştırma Yerinin Coğrafi Konumu

Araştırma, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Alanında kurulan pamuk ekili deneme parselinde yürütülmüştür. Deneme alanı Şekil 3.1’de görüldüğü gibi Büyük Menderes Nehrinin aktivitesi sonucu oluşmuş alüviyal topraklar üzerinde yer almakta olup, ova topraklarının genel özelliklerini temsil etmektedir.



Şekil 3.1 Araştırma alanının coğrafi konumu (Google Map'ten alınmıştır.)

3.1.2. Araştırma Yerinin Toprak Özellikleri

Aydın ili, B. Menderes Nehrinin aktivitesi sonucu oluşmuş alüviyal toprakları kapsayan geniş tarım arazilerine sahiptir. Büyük Menderes grabeni içerisinde yer alan bu topraklar Kuyucak ilçesi sınırlarından başlayarak batıya doğru uzanmakta ve kuzey-güney doğrultusunda yaklaşık 10 km'lik bir vadi tabanında yayılış göstermektedir. İl toprakları ana fizyografik üniteler bazında değerlendirildiğinde ilde en geniş alanı, toprak oluşum faktörlerinin etkisinde çok kısa süre kalmış veya şiddetli erozyona uğramış alanlar ile yeni birikmeye uğramış alanlarda çok yaygın şekilde gözlenen Entisol toprak ordosunun oluşturduğu gözlenmektedir.

Bölgede mevcut Entisoller daha çok fluvent ve orthent'lerdir. Psammentler ile Aquent ler ise çok az yayılım göstermektedir. Fluventler B. Menderes Nehrinin alüviyal depozitleri üzerinde gelişmiş olup, düz ve düze yakın topografya üzerinde yer almaktadırlar. Menderes oluğu üzerinde yer alan Aydın ve Söke ovalarında alüviyal ana materyale sahip olan bu alt ordo hakim durumdadır. Bunlar dışında yüksek dağların eğiminin azaldığı etek arazilerde ve büyük akarsuların yan kollarını izleyen taban arazilerde çok küçük alanlar halinde fluventlere rastlanır. Fluventler, Aydın ilinin tarımsal potansiyeli en yüksek olan arazilerini oluşturmaktadırlar. Sulandıklarında verim düzeyleri daha da artış göstermektedir. Üretimi sınırlayıcı faktörleri genellikle yüksek taban suyunun varlığı, tuzluluk ve alkalilik olup, kolüviyal kökenli olanlarda ise yer yer taşlılık ve toprak derinliğinin yetersiz oluşudur.

3.1.3. Araştırma Yerinin İklim Özellikleri

Çalışma alanının içerisinde yer aldığı Aydın ilinde Akdeniz iklimi hakimdir. Alt bölgeler arasında belirgin bir farklılık görülmeyen ilde, yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlıdır. İldeki dağların denize dikey inmesi, deniz rüzgarlarının çok içerilere kadar girebilmelerini sağlar. Bu nedenle Akdeniz Bölgesindeki sıcaklar kadar bunaltıcı sıcaklar görülmez. İlde en yüksek sıcaklık Temmuz, en düşük sıcaklık ise Ocak aylarında görülmektedir. Yıllık sıcaklık ortalaması 17.6 °C'dir. Araştırma alanının çok yıllık yağış ortalaması 619.8 mm olup, en fazla yağış verisi Aralık ayında ölçülmüştür.

Son yıllarda tüm Ege bölgesi genelinde gözlemlendiği gibi araştırma yöresinde de her geçen gün yağışlarda bir azalma görülmektedir. Kış mevsiminde sağanak

şeklindeki yoğun yağışlar, taşkınlara ve toprak aşınımına neden olabilmektedir. İl'e belirli aralıklarla kar yağdığı da görülmektedir. Yıllık ortalama rüzgar hızı 1.8 m/sn olup, ortalama nispi nem içeriği % 62 ve buharlaşma ise 1468,9 mm'dir (DMİ, 2012).

Araştırmada kullanılan modelin gereksinim duyduğu meteorolojik veriler; maksimum ve minimum sıcaklık, solar radyasyon, ortalama nispi nem, rüzgar hızı ve yağış verileri olup, Çizelge 3.2'de aylara göre verilmiştir.

Çizelge 3.1. Araştırmanın yürütüldüğü 2012 yılı pamuk gelişme dönemine ait iklim verileri (ADU Meteoroloji istasyonu)

AYLAR	Maksimum Sıcaklık (°C)	Minimum Sıcaklık (°C)	Solar Radyasyon (KJ/m ² /gün)	Nispi Nem (%)	Rüzgar hızı (m/s)	Toplam Yağış (mm)
Mayıs	27.74	13.17	14440	73.4	0.83	43.6
Haziran	35.33	17.33	10641	55.3	1.02	2.4
Temmuz	37.15	20.44	22075	50.7	1.22	3.2
Ağustos	36.19	18.07	26002	45.3	1.03	-
Eylül	32.07	14.28	21530	62.1	0.77	-
Ekim (15 gün)	29.71	13.22	16110	71.1	0.52	6.4

3.1.4. Araştırmada Kullanılan Bitki ve Özellikleri

Araştırmada, Claudia pamuk çeşidi kullanılmıştır. Bu çeşide özgü özellikler aşağıda verilmiştir;

Caludia pamuk çeşidinin verim potansiyeli çok yüksek olup, vejetasyon süresi orta - geç sınıftadır. Hızlı çimlenme ve sürme gücüne sahip olduğu için, ekim sonrası oluşabilecek çökerten (erime) hastalığına toleransı son derece yüksektir. Olumsuz çevre ve yetiştirme koşullarından doğacak verim kayıplarını telafi etme yeteneği yüksek bulunmuştur. Meyve dalları kısa olup, ana gövdeye yakın koza bağlar. Kozası orta büyüklükte ve koza açımı kuvvetlidir. Çırcır randımanı % 45 - 47'dir. Su kaynaklı stres koşullarına dayanıklılığı yüksektir. 1 kg'da yaklaşık 12.000 adet tohum bulunur. Elyaf kalitesi oldukça yüksektir (Anonim, 2013).

3.2. Yöntem

3.2.1. Öngörülere Dayalı İklimsel Senaryolar

Çalışmada, ülkelerin ekonomik gelişmelerine dayalı sera gazı emisyonlarına bağlı olarak oluşturulan iklim değişimi senaryoları çerçevesinde, IPCC 2007 raporlarında öncelikli olarak belirtilen *A1B'e dayalı bölgesel iklim projeksiyonu* temel alınmıştır. Buna göre Çizelge 3.2, 3.3 ve 3.4'te gösterildiği şekliyle ve 1980-1999 aralığından 2080-2099 aralığına kadar Güney Avrupa - Akdeniz bölgesi öngörülerine dayanılarak oluşturulmuştur. Negatif işaretli değerler % azalma olarak ifade edilmiştir. Olası iklim değişimi senaryolarında yağış ve sıcaklık öngörülleri, yöre için henüz ölçek küçültücü bir model bulunmaması nedeniyle aylık olarak çalışılmıştır (IPCC, 2007b).

Çizelge 3.2. A1B projeksiyonuna göre minimum etki olasılıklı öngörüler (Senaryo 1)

Mevsimler ve Aylar	Sıcaklıkta değişimler ($^{\circ}\text{C}$)	Yağışta değişimler (%)
Kış (Aralık-Ocak-Şubat)	1,7	6
İlkbahar (Mart-Nisan-Mayıs)	2,0	-2
Yaz (Haziran-Tem.-Ağustos)	2,7	-3
Sonbahar (Eylül-Ekim-Kasım)	2,3	-2

Çizelge 3.3. A1B projeksiyonuna göre orta etki olasılıklı öngörüler (Senaryo 2)

Mevsimler ve Aylar	Sıcaklıkta değişimler ($^{\circ}\text{C}$)	Yağışta değişimler (%)
Kış (Aralık-Ocak-Şubat)	2,6	-6
İlkbahar (Mart-Nisan-Mayıs)	3,2	-16
Yaz (Haziran-Tem.-Ağustos)	4,1	-24
Sonbahar (Eylül-Ekim-Kasım)	3,3	-12

Çizelge 3.4 A1B projeksiyonuna göre maksimum etki olasılıklı öngörüler (Senaryo 3)

Mevsimler ve Aylar	Sıcaklıkta değişimler ($^{\circ}\text{C}$)	Yağışta değişimler (%)
Kış (Aralık-Ocak-Şubat)	4,6	-16
İlkbahar (Mart-Nisan-Mayıs)	4,5	-24
Yaz (Haziran-Tem.-Ağustos)	6,5	-53
Sonbahar (Eylül-Ekim-Kasım)	5,2	-29

3.2.2. Modelin Gerektirdiği Verilerin Toplanması

3.2.2.1. Toprak veri setinin elde edilmesi

Araştırma alanına ilişkin özelliklerin belirlenmesi: Aluviyal toprakların genel özelliklerini temsil eden deneme alanında ve bölgedeki ana ürünlerden pamuk ekili deneme parselinde toprak profili açılmış ve genetik horizon esasına göre toprak örnekleri alınmıştır.

Toprak örneklerinde yapılan laboratuvar analiz yöntemleri : Deneme alanı topraklarından horizon esasına göre alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinde yapılan analizler ve yöntemleri aşağıda belirtilmiştir.

- Toprak bünyesi: Bouyoucos (1962), tarafından bildirildiği şekilde hidrometre yöntemine göre toprak örneklerinin % kum, silt ve kil içerikleri ve tekstür sınıfları belirlenmiştir.
- Hacim ağırlığı (gr/cm^3): 100 cm^3 çelik silindirele alınan bozulmamış toprak örnekleri 105°C de etüvde kurutulduktan sonra fırın kuru ağırlığın toplam hacime bölünmesiyle hesaplanmıştır (Tüzüner, 1990).
- TK ve SN (%): Tarla kapasitesi su içerikleri bozulmamış toprak örneklerinde $1/3 \text{ atm. basınçta}$, solma noktası ise bozulmuş örneklerde 15 atm. basınçta yapılmıştır (Tüzüner, 1990).
- Toprak Hidrolik Özellikleri: Doymun ve doymun olmayan koşullarda hidrolik iletkenlik ve farklı hidrolik yüklerde toprak nem düzeyleri gibi hidrolik özellikler pedotransfer fonksiyonları kullanılarak modelleme yolu ile tahmin edilmiştir (Van Genuchten, 1980).

Nem izlemelerinin yürütülmesi: Deneme parselinde her sulama öncesi ve yaklaşık on günlük aralıklarla nem izlemesi ve taban suyu gözlemleri yapılmıştır. Toprak nem düzeyleri; araziden horizon esasına göre alınan toprak örneklerinde nemli toprak ağırlığından 105°C 'de etüvde kurutulmuş toprak ağırlığının çıkarılmasından, gravimetrik olarak saptanmıştır. Taban suyu düzeyleri ise, gözlem alanının yakınına çakılmış olan bir taban suyu gözlem kuyusu (piyozometre) ile elde edilmiştir.

3.2.2.2. Bitki veri setinin elde edilmesi

Yetiştirme dönemi uzunluğu: Pamukta ekim tarihinden ilk hasat tarihine kadar olan uzunluk (gün) olarak,

Bitki boyu: İlk kotiledon yaprak boğumundan büyüme noktasına kadar olan yükseklik (m) olarak,

Toprağı kaplama oranı: Pamuk gelişme dönemlerine (FAO, 1998) göre toprağı gölgeleme oranı esas alınarak belirlenmiştir.

Bitki kök gelişimi: Deneme alanından seçilen örnek bitkilerin kök gelişimi kesit alınarak gözlenmiştir.

3.2.2.3. İklim veri setinin elde edilmesi

Araştırmanın yürütüldüğü alana ait 2012 yılı iklim verileri (maksimum ve minimum sıcaklık, solar radyasyon, nispi nem, rüzgar hızı ve yağış), pamuk gelişme dönemi olan Mayıs – Ekim ayları arasındaki dönem için Adnan Menderes Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde yer alan meteoroloji istasyonundan günlük olarak elde edilmiştir.

3.2.3. Araştırma Alanında Yürütülen Çalışmalar

Deneme parseline 1 Mayıs 2012 tarihi itibarıyla pamuk ekimi yapılmış ve gübreleme, çapalama ve sulama uygulamaları yörede yaygın teknikler kullanılarak yürütülmüştür. Sulamalar, yüzey sulama yöntemi ile çiftçi uygulamaları ve bitki gözlemleri dikkate alınarak, toprak nem durumuna göre farklı miktarlarda uygulanmıştır. Pamuk kozalarının %50'si açığında hasat işlemleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.1. Sulama Uygulamaları

2012 yılında yürütülen denemeye ilişkin sulamalar, yörede bulunan çiftçilerin uygulama zamanları dikkate alınarak ve sulama miktarları, topraktaki eksik nemin tarla kapasitesine getirilmesi yoluyla yapılmıştır. Senaryo analizlerinde ise, sulamalar yine elverişli nem düzeyleri temel alınarak ve yürütülen denemeye uygun olarak simüle edilmiştir. Ancak modelde, Senaryo 2 ve Senaryo 3a için toprakta nem eksikliğinin bulunmadığı haziran ayında birinci sulamaya yer

verilmemiş, taban suyunun bulunmadığı ve serbest drenaj koşullarının olduğu varsayılan senaryo 3b’de ise ilk sulama miktarı, eksilen nem değişiminden dolayı diğerlerinden farklılaşmıştır. Deneme parseline uygulanan ve senaryolarda öngörülen sulama miktarları Çizelge 3.6’da sunulmuştur.

Çizelge 3.5. Deneme parseline uygulanan ve senaryolarda öngörülen sulama miktarları (mm)

Sulamalar	Senaryo 0 (Ölçülen)	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3a	Senaryo 3b
1.Sulama	60	60	-	-	-
2.Sulama	60	60	60	60	70
3.Sulama	100	100	100	100	100
Toplam	220	220	160	160	170

3.2.3.2. Agrohidrolojik Analizler

Çalışma alanında toprak neminin simülasyonu ve olası iklim değişikliğinin toprak nemi üzerindeki etkilerini inceleyecek olan agrohidrolojik analizler, SWAP modeli kullanılarak yapılmıştır. Model, toprak-bitki-atmosfer bileşik sisteminde su döngüsünü simüle etmek amacıyla kullanılmıştır. Burada bulunan yaklaşımlar, bu çalışmanın esasını oluşturmuş ve elde edilen sonuçlar olası iklim değişikliğinin toprak nem değişimi ve rejimi üzerindeki etkilerini yorumlama da kullanılmıştır. Modele ve modeli oluşturan alt programlara ilişkin temel bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

3.2.3.3. Simulasyon modelinin tanıtımı

SWAP (Soil Water Atmosphere and Plant) modeli, sulama ve drenajı da içeren farklı tiplerdeki sınırlılık koşulları altında, üzerinde bitki bulunan bir topraktaki su ve çözelti dengesini ele alan bir simulasyon modelidir. Bu model, SWATRE ve SWACOP gibi agrohidrolojik modellere ve bunlara kaynak olan diğer ilgili modellere dayanılarak Wageningen Agricultural University ve DLO Winand Staring Centre’de çalışan araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir (Kroes ve ark. 2009).

SWAP, toprak-atmosfer-bitki döngüsü içinde su, çözelti ve ısı transferini bilgisayar ortamında canlandırmayı amaçlar. Bu bilgisayar programı, toprak suyu

hareketi, eriyik transferi, toprak ısı akısı, topraktan buharlaşma, bitkiden olan terleme ve bitki gelişimi konuları üzerinde, günlük akışlardan mevsimsel döngülere kadar işletilebilen ayrıntılı alt-modelleri içermektedir. Program tarafından kullanılan alt modeller; meteoroloji alt modeli [METEO], bitki alt modeli [CROP], toprak alt modeli [SOIL], sulama alt modeli [IRRIGATION] ve zamanlama alt modeli [TIMER] olarak tanımlanmıştır. Bu alt modellerin dayandığı temel prensipler ve topraktaki su hareketi ile ilgili bazı önemli eşitlikler aşağıda başlıklar halinde sunulmuştur (Kayam, 1999).

Toprakta Suyun Hareketi

Toprak profilindeki su hareketini tanımlamak için, SWAP modelinde yer alan Richards denkleminin kullanılmaktadır. Richards denkleminin sayısal çözümü, Belmans (1983) tarafından tanımlandığı şekliyle farklı durumlara uyarlanmıştır. Özellikle, doymuş ve doymuş olmayan toprak katmanlarındaki değişen su kapasitesinin doğrusal olmayan eğimi minimize edilerek su dengesine ilişkin hataların azaltılması ve toprak yüzeyinde oluşan akımların daha doğru hesaplanması amacıyla modifiye edilerek modelde kullanılmaktadır.

Buna göre;

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = C(h) \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial \left[K(h) \left(\frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) \right]}{\partial z} - S_a(z)$$

Eşitlikte;

θ = hacimsel su içeriği, ($cm^3 cm^{-3}$),

t = zaman, (d : gün),

C = toprak suyu yayınelirliği (kapasitesi), ($d\theta/dh$) (cm^{-1}),

h = toprak suyu basınç(matrik) yükü, (cm),

K = hidrolik iletkenlik, ($cm d^{-1}$),

z = dikey koordinat, (yukarıya doğru pozitif) (cm),

S_a = bitki kökleri tarafından alınan toprak suyu, ($cm^3 cm^{-3} d^{-1}$) olarak tanımlanmıştır.

Bu çalışmada, model içinde bu denklemle ilgili toprak hidrolik fonksiyonları, Van Genuchten ve Mualem'e ait analitik ifadeler veya tablo değerleri yoluyla tanımlanmıştır.

Van Genuchten (1980) tarafından geliştirilen analitik fonksiyon;

$$\theta(h) = \theta_{res} + \frac{\theta_{sat} - \theta_{res}}{(1 + |\alpha h|^n)^m} \quad m = 1 - \frac{1}{n}$$

$$K = K_{sat} \cdot S_e^\lambda \left[1 - \left(S_e^{\frac{1}{m}} \right)^m \right]^2 \quad S_e = \frac{\theta - \theta_{res}}{\theta_{sat} - \theta_{res}}$$

olarak ifade edilir. Burada;

- θ_{sat} : Doygun nem içeriği, ($cm^3 cm^{-3}$),
- θ_{res} : Çok kuru toprak koşullarında kalıcı nem içeriği, ($cm^3 cm^{-3}$),
- α, n, m : Ampirik faktörler, (cm^{-1}), (-), (-)
- K_{sat} : doygun koşullarda hidrolik iletkenlik, ($cm d^{-1}$),
- λ : $\partial K / \partial h$ 'ye bağlı parametre (eğim),
- S_e : Göreceli doygunluktur.

Toprak Heterojenliği

Araştırmada SWAP modeli, tarla koşullarını benzeştirmek amacıyla kullanılmıştır. SWAP modelinde, tarla düzeyinde toprak heterojenliği ele alınmaktadır. Kullanıcı, model içerisinde çok sayıda ölçüt faktörleri sağlayabilme olanağına sahiptir. Bu faktörler; buharlaşma, toprak profilinin geometrisi, toprağın fiziksel parametreleri, köklenme derinliği, histeresis, tercihli akış, toprak yarıklarından geçen akım ve başlangıç nem durumu gibi faktörlerdir.

Günlük Evapotranspirasyon

SWAP, günlük evapotranspirasyonu hesaplamak için iki aşamalı bir yaklaşım sunmaktadır. İlk aşama, orijinal Penman-Monteith'e göre potansiyel transpirasyonun hesaplanmasını gerektirmektedir. İkinci aşamada ise, gerçek evapotranspirasyon oranı, su ve tuz stresine bağlı olarak kök su alımındaki azalma ile maksimum buharlaşmaya bağlı azalmaları kullanarak elde edilmektedir. Potansiyel evapotranspirasyon oranının, potansiyel transpirasyon ve potansiyel evaporasyon oranlarına ayrılması, hem yaprak alan indeksi hem de toprağı kaplama oranı üzerine dayandırılmıştır.

Bitki gelişimi

SWAP, üç farklı bitki gelişim modeli içermektedir; (a) detaylı bitki modeli (WOFOST), (b) aynı modele uyarlanmış çim simülasyonu ve (c) basit bitki modeli. Bu çalışmada basit bitki modeli kullanılmıştır. Basit bitki modelinde, kullanıcı, sıcaklık tarafından kontrol edilen ve zaman içinde doğrusal olan gelişme aşamalarının bir fonksiyonu olarak, yaprak alanı indeksini veya toprağı kaplama alanını, bitki yüksekliğini ve köklenme derinliği belirtilmiştir.

Sulama ve Drenaj

SWAP modelinde sulama, birçok kritere bağlı olarak programlanmaktadır. Programlama seçeneği, alternatif sulama stratejilerinin değerlendirilmesine olanak tanıyacaktır. Zamanlama kriterleri; izin verilebilir günlük stres, kök bölgesindeki elverişli nemde ve toplam kullanılabilir nemde izin verilen azalmalar ve kritik basınç yükü ya da belirli bir derinlikteki su içeriğindeki değişimleri kapsamaktadır. Tarla drenajı ise, linear akış – yer altı su seviyesi ilişkisi, tablo akış değerleri ile yer altı su ilişkisi veya Hooghoudt (1940) ve Ernst (1956, 1962)'e ait drenaj eşitlikleri yoluyla hesaplanabilmektedir (Van Dam ve ark. 1997). Çalışmada tarlaya verilen sulama uygulamaları, modelde girdi olarak kullanılmış, geleceğe dönük senaryo analizlerinde ise seçilen kritere ve uygulamalara göre sulama önerileri değerlendirilmiştir.

3.2.3.4. Simülasyon modelinde kullanılan parametreler

Toprak koşulları ile ilgili veri ve değişkenler

SWAP modeli, toprakta suyun hareketini veya akışını tanımlamada, toprak yüzeyinde göllenmeden başlayarak, topraktan olan buharlaşmayı, bitkiden olan terlemeyi, toprağın sahip olduğu taneciklerin özellikleri ile bağlantılı olarak katmanlar arasındaki su akışını ve başlangıç koşullarını simüle edebilmek için farklı denklemler ve parametrelere gereksinim duymaktadır. Araştırmanın yürütüldüğü toprak koşulları için bu parametreler ve katsayılar aşağıda bölümler halinde özetlemiştir.

Birinci bölümde, toprak yüzeyinde yağışlarla olan göllenme durumuna ilişkin değerler yer almaktadır. Yürütülen deneme alanı için bu değerler;

- yüzeyde göllenen su katmanının maksimum yüksekliği için 10 cm;

- göllenen su katmanının drene olmaya başladığı gün sayısı için yılın 150. günü ve
- göllenen su katmanının değişim aralığı ise 1 cm olarak alınmıştır.

İkinci bölümde; topraktan olan buharlaşmaya ilişkin parametreler bulunmaktadır. SWAP buharlaşmayı simüle edebilmek amacıyla iki farklı seçenek sunmaktadır. Bunlardan biri, referans evapotranspirasyondan buharlaşmayı ayıracak bir sabite [0.5...1.5], diğeri ise bitki gelişimi boyunca azalan buharlaşmayı tanımlayan iki farklı model önermektedir. Bu modeller, Black (1969) ve Boesten/Stroosnijder (1986) olup, araştırmada ikinci model ve ilgili parametreleri seçilmiştir. Boesten/Stroosnijder ampirik eşitliği, toplam potansiyel buharlaşmanın zamana göre değişimini esas almaktadır. Buna göre seçilen parametreler olan toprak buharlaşma katsayısı $\beta = 0.35$ cm/d ve modelin yeniden başlatılmasını sağlayan minimum yağış değeri ise 0.5 cm/d olarak modelde kullanılmıştır.

Üçüncü bölüm, Richards denkleminin sayısal çözümü için gerekli parametreleri içermektedir. Bu parametreler ve verilen değerler aşağıda sunulmuştur:

DTMIN = 1.0E-4 İzin verilen zaman aralığının minimum değeri [d: 1.0E-8,0.1]
DTMAX = 0.2 İzin verilen zaman aralığının maksimum değeri [d: 0.01-0.5]
SWNUMS = 2 Eşitliğin hidrolik iletkenlikle açık çözümü için seçenek [1 veya 2]
THETOL = 0.01 Tekrarlama işlemi durdurma kriteri

Dördüncü bölüm, toprak profilinin geometrisi ile ilgili olup, toprak katmanlarının ve kompartmanlarının sayısını belirtmektedir. Kompartmanlar, toprak yüzeyinden toprak matriksi içerisine olan infiltrasyonu doğru olarak modelleyebilmek amacıyla 1-10 cm kalınlığında sıralanmış toprak katmanlarını ifade etmektedir. Toprak yüzeyinin dinamik koşulları ve ince toprak katmanlarının düşük depolama kapasitesi nedeniyle, nem içeriği hızlı olarak değişmektedir. Bu nedenle üst katmanda kompartmanların kalınlığının 1 cm veya daha az alınması önerilmiştir. Daha alt katmanlarda ise 10 cm'ye kadar kalınlık artabilmektedir. Araştırmada kullanılan modülde incelenen derinliğe bağlı olarak toprak katmanları 4 adet ve kompartmanları ise 20 adet alınmıştır. Toprak yüzeyine yakın yerlerde toprak kompartmanları önerildiği şekilde küçük değerler almıştır.

Beşinci bölümde, toprak katmanlarının kum, kil ve silt yüzdesi durumu yukarıdaki bölümde (Çizelge 3.1) gösterildiği gibi verilmiştir.

Altıncı ve Yedinci bölümlerde gösterilen, histeresis, geniş alanlar için ölçekleme prosedürü ile büzülen/ çatlayan kil bünye içindeki su hareketi ihmal edilmiştir.

Sekizinci bölümde ise, başlangıç nem durumu, kapılar yükselmenin etkisini göstermesi açısından “*her noktadaki basınç yükünün başlangıç yeraltı su tablasıyla dengeli olarak hesaplanması*” seçeneği seçilmiştir.

Pedotransfer fonksiyonları ile ilgili veriler

SWAP modelinde yukarıda sözü edilen toprak hidrolik fonksiyonlarına (Van Genuchten-Mualem) ilişkin tanımlayıcı parametreler, deneme parseline ait bünye sınıfı ve hacim ağırlığı gibi temel fiziksel özellikler kullanılarak elde edilmiş ve Çizelge 3.7’de sunulmuştur. Söz konusu tanımlayıcı parametreler, Wösten ve ark. (2001) tarafından bünye sınıflarına göre verilen ana değerler temel alınarak (bir bilgisayar programı yardımı ile) hesaplanmıştır.

Çizelge 3.6. Deneme alanındaki toprak bünye sınıfına ilişkin hidrolik parametreler

Katmanlar	θ_{res}	θ_{sat}	α	n	λ	K_{sat}
Katman 1 (SL)	0.02	0.406	0.054	1.269	-2.212	61.549
Katman 2 (SL)	0.02	0.404	0.059	1.244	-2.242	31.908
Katman 3 (L)	0.07	0.367	0.043	1.137	-3.467	12.758
Katman 4 (SCL)	0.06	0.383	0.055	1.161	-3.100	17.749

Burada;

θ_{res}	<i>Kalıcı nem içeriği [0.....0.4 cm³/cm³]</i>
θ_{sat}	<i>Doymun nem içeriği [0.....0.95 cm³/cm³]</i>
K_{sat}	<i>Doymun hidrolik iletkenlik [0.011000 cm/gün]</i>
α	<i>Ana kuruma eğrisi alfa katsayısı [0.00011.0/cm]</i>
λ	<i>Hidrolik İletk. Fonksiyonundaki sabite [-25 25, -]</i>
n	<i>n parametresi [1 5, -]</i>

Bitki gelişimi ile ilgili veriler

SWAP modelinde yer alan iki farklı bitki modülünden “*Basit Bitki Modülü*” kullanılmıştır. Bitki ile ilgili birçok veri, 0 – 2 arasında değişen bitki gelişme dönemlerinin bir fonksiyonu olarak belirtilmiştir (Çizelge 6). Bitki ile ilgili modülde, veriler bölümler halinde girilmiştir.

Birinci bölümde; bitki gelişme periyodu, ekim ve hasat tarihlerini içeren 1 Mayıs – 15 Ekim 2012 döneminde 168 gün olarak belirtilmiştir.

İkinci Bölümde; ışığın kırılma katsayıları, bitki örtüsü içine nüfuz eden ve doğrudan gelen solar radyasyonda azalma miktarı olarak tanımlanmıştır. Pamuk bitkisinin görülebilir ışığı engelleme katsayısı (K_{dir}); 0.60 ve doğrudan görülebilir ışığı engelleme katsayısı (K_{dif}) ise; 0.75 olarak alınmıştır.

Üçüncü bölümde; bitkilerin yaprak alanı veya toprağı kaplama oranı gelişme dönemlerine göre seçenekli olarak sunulmuş, bu araştırmada ise toprağı kaplama oranı kullanılmıştır. Gözlenen kaplama oranları Çizelge 3.8’de verilmiştir.

Dördüncü bölümde; gelişme dönemlerine bağılı olarak gözlenen bitki boyları bir parametre olarak girilmiştir.

Beşinci bölümde ise; gelişme aşamalarına bağılı olarak bitki köklenme derinlikleri belirtilmiştir.

Altıncı bölümde; bitki verim tepki etmeni katsayıları, bölgede yürütülen bir çalışma olmaması nedeniyle pamuk için FAO 33 numaralı yayından alınarak, deneme süresince bitki gelişme dönemlerine göre uyarlanmıştır.

Yedinci bölüm, aşırı nemli ve aşırı kuru koşullar altında köklerin su alımındaki azalmayı tanımlayan parametreleri içermektedir. Bu parametreler (100 -10000 cm), literatürden (Taylor ve Ashcroft, 1972; Van Dam and Feddes, 2000) ve Ege bölgesinde daha önce yapılan çalışmalardan (Droogers at all, 2000) alınarak modülde kullanılmıştır.

Sekizinci bölüm, köklerin su alımında ortamdaki tuz konsantrasyonunun fonksiyonunu tanımlamaktadır. Deneme alanında tuzluluk sorunu bulunmaması nedeniyle bu bölüm parametreleri işleme alınmamıştır.

Dokuzuncu bölümde; yağışın ve buharlaşmanın engellenme (*interception*) durumu dikkate alınmış ve çoğu tarımsal ürünler için Von-Hoyningen ve Braden tarafından önerilen 0.25 katsayısı kullanılmıştır.

Çizelge 3.7 Pamuk gelişme dönemlerine dayalı gözlemler, ölçümler ve veriler

Tarih	Bitki Gelişme Dönemleri (0 – 2.0)	Kaplama Oranı (%)	Bitki Yüksekliği (cm)	Kök Gelişimi (cm)	Verim tepki etmeni (ky)
01.05.2012	0.00	0.00	0.00	0.00	-
19.06.2012	0.60	0.10	10.00	8.00	0.20
16.07.2012	0.90	0.35	50.00	10.00	0.20
08.08.2012	1.20	0.65	86.00	20.00	0.50
27.08.2012	1.40	0.90	96.00	25.00	0.75
13.09.2012	1.60	0.97	101.00	45.00	0.75
15.10.2012	2.00	0.93	105.00	60.00	0.25

Alt Sınırlılık Koşulları ve Taban suyu düzeyleri

SWAP modeli, doygun koşullara sahip sığ toprak katmanı ile derin yeraltı suyu varlığı arasında farklı seçenekler sunmaktadır. Bu seçenekler, alt katmanlarda basınç yükünü ve akım yönü (\pm) ve miktarlarını tahmin etmede kullanılmaktadır. Ayrıca, önceden tanımlanmış yeraltı su düzeyleri, serbest drenaj ve serbest yanal akımlar gibi farklı seçenekleri de sunmaktadır. Araştırmada, taban su düzeyleri belirli aralıklarla ölçülmüş ve modele veri olarak girilmiştir (Çizelge 3.9). Çalışmada serbest drenaj seçeneği, yalnızca Senaryo 3 için uygulanmıştır.

Çizelge 3.8. Deneme alanında ölçülen taban suyu derinlikleri

Tarih	Taban suyu düzeyleri (cm)
01.05.2012	-120
19.06.2012	-120
16.07.2012	-100
08.08.2012	-100
13.09.2012	-140

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Deneme Alanına İlişkin Toprak Özellikleri

İklim özellikleri ve toprak profili dikkate alındığında Xerofluvent büyük grubunda yer alan deneme alanı toprakları, 0-90 cm toprak profili boyunca horizon esasına göre dört farklı katman içermekte olup, hafif ve orta hafif bir bünyeye sahiptir. 0-90 cm’de toplam yararışlı nem, 170.6 mm olarak bulunmuştur. Hacim ağırlığı değerleri ise, 1.47 ile 1.65 gr/cm³ arasında değişmektedir. Araştırma alanında açılan toprak profilinden alınan toprak örneklerinin fiziksel özellikleri derinlikler bazında Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Deneme alanına ilişkin fiziksel toprak özellikleri

Derinlikler (cm) ve Katmanlar	Parçacık Büyüklük Dağılımı ve Bünye Sınıfı				Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)	Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	Elverişli Nem (mm)
	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Bünye				
0 – 15 (Ap)	64.7	13.2	22.1	SL	12.69	6.67	1.47	13.3
15 – 33 (C1)	64.7	13.3	22.0	SL	12.92	6.45	1.49	20.2
33 – 68 (C2)	46.8	25.2	28.0	L	18.40	9.90	1.65	81.8
68 – 92 (C3)	52.6	23.3	24.1	SCL	20.46	9.55	1.59	55.3

4.2. Toprak Nem durumu ve Modelin Geçerliliği

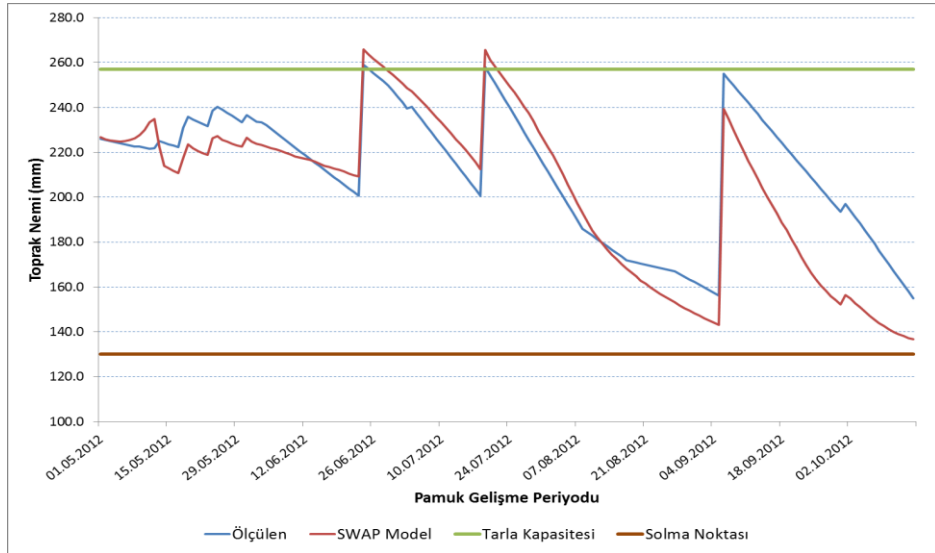
Aydın iklim ve toprak koşullarında 2012 yılı pamuk yetiştirme döneminde yürütülen denemede, toprak nemleri düzenli aralıklarla ve sulamalar öncesi gravimetrik olarak ölçülmüştür. Ölçülen nemler, toprak nem bütçesi tekniği kullanılarak günlük olarak hesaplanmış ve Şekil 4.1’de görüldüğü gibi grafiklendirilmiştir. Eğrinin yukarı doğru olan (pozitif) artışları, yağışlar ve sulama uygulamalarını göstermektedir. Denemede uygulanan sulamalar, çiftçi uygulamaları ve bitki gelişim durumu dikkate alınarak yapılmıştır. İlk iki sulama, Çizelge 3.6’da belirtildiği şekliyle bitki kök gelişimine dayalı olarak toplam elverişli nem kapasitesinin (TAW) yaklaşık yarısı kadar (RAW) hesaplanmış ve üçüncü sulama ise yine 0-90 cm derinlikteki toplam elverişli nemin % 80’i tüketildiğinde uygulanmıştır.

Deneme parseline ilişkin toprak özellikleri, bitki gelişimi ve iklimsel parametrelere ilişkin veriler kullanılarak çalıştırılan ve temel (baz) senaryo olarak adlandırılan model çıktısına dayalı toprak nem grafiği de aynı şekil üzerinde gösterilmiştir. Bu iki eğri incelendiğinde, ölçülerek hesaplanmış toprak nem değerleri ile modelin tahmin ettiği toprak nem değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür.

SWAP modelinde toprak nem değerlerinin elde edildiği nem bütçesi eşitliğine ilişkin parametreler aşağıda sunulmuştur:

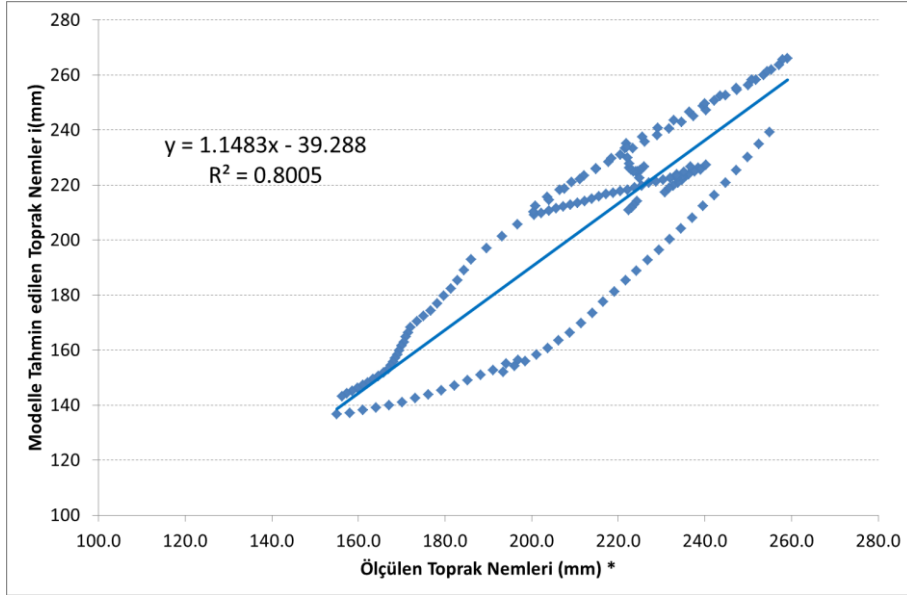
$$RAIN_{net} + IRR_{net} - RUO - TRA_{act} - EVS_{act} - FLUX_{lat} + FLUX_{bot} - DSTORE = 0$$

- $RAIN_{net}$: etkili yağış miktarı (mm)
 IRR_{net} : net sulama suyu (mm)
 RUO : kümülatif akışlar veya derine sızma (mm)
 TRA_{act} : gerçek transpirasyon (mm)
 EVS_{act} : gerçek evaporasyon (mm)
 $FLUX_{lat}$: lateral akımlar (mm)
 $FLUX_{bot}$: dikey akımlar (pozitif veya negatif) (mm)
 $DSTORE$: depolanan nemdeki değişimler (mm)



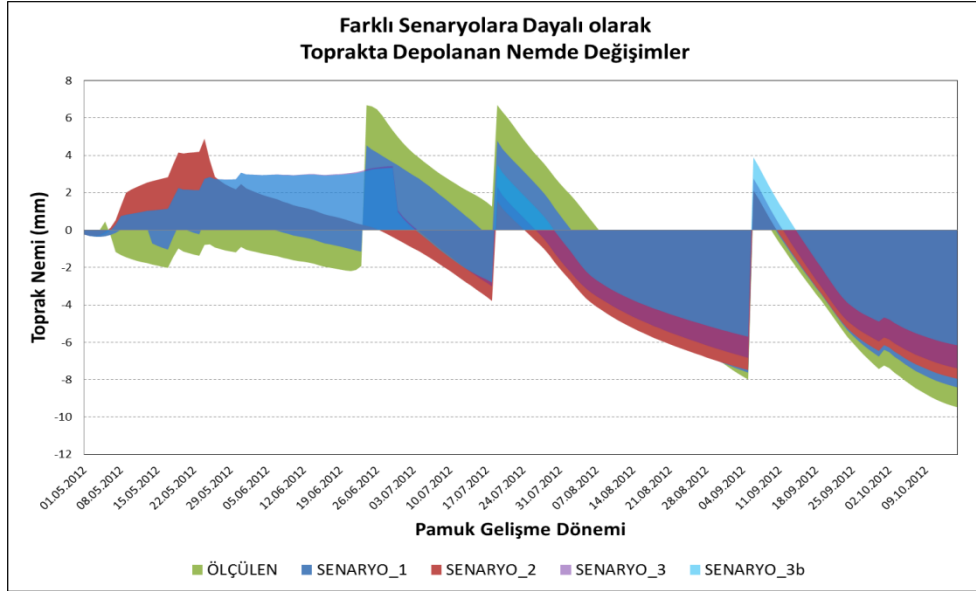
Şekil 4.1 Ölçülen toprak nemlerine dayalı ve SWAP modeli ile elde edilen toprak nem değişimleri

Yapılan ilişki analizinde regresyon eşitliği; $y = 1.1483x - 39.288$ olarak bulunmuştur. Ölçülen ve tahmin edilen değerler arasında % 80 oranında bir uyum olduğu, korelasyon katsayısının ($R=0.90$) yüksek olması ise, sözü edilen değerler arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Ölçüme dayalı ve modelle tahmin edilen toprak nem değerleri arasındaki ilişki

Elde edilen bu sonuca göre, Aydın iklim ve toprak koşullarında farklı senaryo analizleri yapabilmek ve iklimsel değişimin toprak nemi üzerindeki etkilerini öngörebilmek amacıyla SWAP modelinin kullanılabilirliği anlaşılmıştır. Model, öngörülen iklim senaryoları çerçevesinde çalıştırılmış ve toprak nem değişimleri Şekil 4.3'te ve toprak nemi bileşenlerine ilişkin değerler Çizelge 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Farklı Senaryolara dayalı toprak nem değişimleri

Elde edilen bilgilere göre 2012 yılında pamuk yetiştirme dönemi boyunca, yağış ve sulamalarla 0-90 cm toprak profiline 275 mm su girişi olmuş ve sezon içerisinde toplam 47 mm su kök bölgesinden uzaklaşmış olduğu belirlenmiştir. Yüzeysel akımın olmadığı deneme parselinde bitki yapraklarının engellemesinden ötürü 1.2 mm su toprağa ulaşamamış, ancak buna karşın buharlaşma ve terleme yoluyla 334.5 mm nem tüketilmiş, bir başka değişle atmosfere buhar halinde transfer olmuştur. Sezon sonu itibariyle toprak profiline depolanan nemde 94.5 mm'lik bir azalmanın olduğu model çıktılarından anlaşılmaktadır. Yürütülen denemeye ve diğer senaryolara ilişkin su dengesi bileşenleri, Çizelge 4.1'de dönemsel olarak sunulmuştur. Model çıktıları incelendiğinde; Senaryo 1'de iklim öngörülerine uygun olarak bir miktar azalma olmuş, sulama miktarı değişmemiş ve kök bölgesinden ise 40.2 mm su uzaklaşmıştır. Toprak profiline giren su miktarındaki azalma oranında evapotranspirasyon miktarı da azalmıştır. Senaryo 2 ve 3'te sulama sayısının azalması ve yağıştaki öngörülen azalmaya bağlı olarak, giren su miktarı değişmiş, bu durum kök bölgesinden çıkan yani derine süzülen su miktarında da azalmaya neden olmuştur. Model çıktıları incelendiğinde, senaryolara göre **giren akımlar** arasındaki farklar 6 mm ile 22 mm arasında iken, temel senaryoya göre **çıkan akımlarda** bu farklar 8 mm ile 55 mm arasında oluşmuştur. Bu durum, toprakta depolanan nemdeki değişimlere de yansımıştır.

Sezon başında 100 cm toprak profilinde toprak nemi değeri 226 mm olarak hesaplanmış ve diğer senaryo analizlerinde de bu başlangıç değeri esas alınmıştır.

Pamuk bitkisinin sulanan bir ürün olması nedeniyle toprak nemi, profile depolanan nem ile birlikte büyük oranda sulama uygulamalarına bağlı olarak değişmiştir. Ancak, yörede taban suyunun yüksek olması nedeniyle taban suyundan olan kapilar yükselme de bitki kök bölgesine sezon boyunca önemli derecede katkıda bulunduğu model çıktılarından anlaşılmaktadır. Bu katkılar ve alt akımlardaki değişimler, bölüm 4.3'te detaylı olarak incelenmiştir.

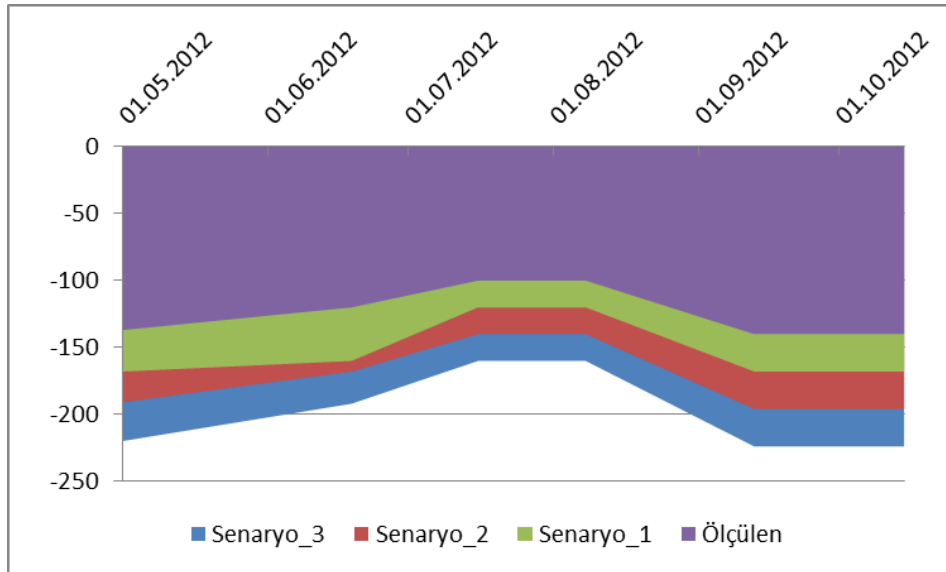
Çizelge 4.2. Farklı senaryolar için SWAP modeli su dengesi bileşenleri

	Senaryo 0	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3a	Senaryo 3b
Giren Akımlar (mm)					
Yağış	55.6	54.4	46.5	40.3	40.3
Sulama	220.0	220.0	160.0	170.0	230.1
Alt Akım	-47.0	-40.2	-6.8	-1.4	-64.0
Toplam	228.6	234.2	200.8	208.9	206.4
Çıkan Akımlar (mm)					
Kesilme	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1
Yüzey Akış	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Transpirasyon	260.1	250.3	225.0	214.3	237.2
Evaporasyon	74.4	76.3	68.2	65.9	74.8
Toplam	335.7	327.8	294.4	281.3	313.0
Depolanan nemde değişimler (mm)	-107.1	-93.6	-93.6	-72.4	-106.6

4.3. Taban Suyu Düzeyleri

Deneme parselinin bulunduğu alanda, taban suyu düzeyleri belirli günlerde ölçülmüş ve 100 cm ile 140 cm arasında değiştiği gözlenmiştir (Çizelge 3.9). Alanda, sulama sezonunda, toprak profiline infiltre olan ve 0-90 cm toprak katmanının nem tutma kapasitesini aşan suların derine sızarak taban suyu düzeyini yükselttiği anlaşılmaktadır. Derinliği 120 cm civarında olan taban suyundan, bitki kök bölgesine 20 mm ile 60 mm arasında önemli bir katkı olduğu, model çıktılarından da anlaşılmaktadır. Yapılan bu çalışmada, iklimsel senaryolara göre yağıştaki azalmaya bağlı olarak, taban suyu düzeylerinin sırasıyla %20, %40 ve %60 oranında azalması öngörülmüştür. Ölçüm günleri dışındaki değerler, SWAP modeli tarafından tahmin edilmiştir. Senaryo 1, 2 ve 3 için taban suyu düzeylerinin

alt ve üst sınırları sırasıyla 120-168 cm; 140-196 cm ve 160-224 cm olarak model tarafından hesaplanmıştır. Senaryolara göre azalan taban suyu düzeyleri dışında, Senaryo 3 için taban suyunun olmadığı (veya çok derinlerde olduğu) ve serbest drenajın gerçekleştiği bir diğer varsayım da Senaryo 3b olarak adlandırılarak incelenmiştir.

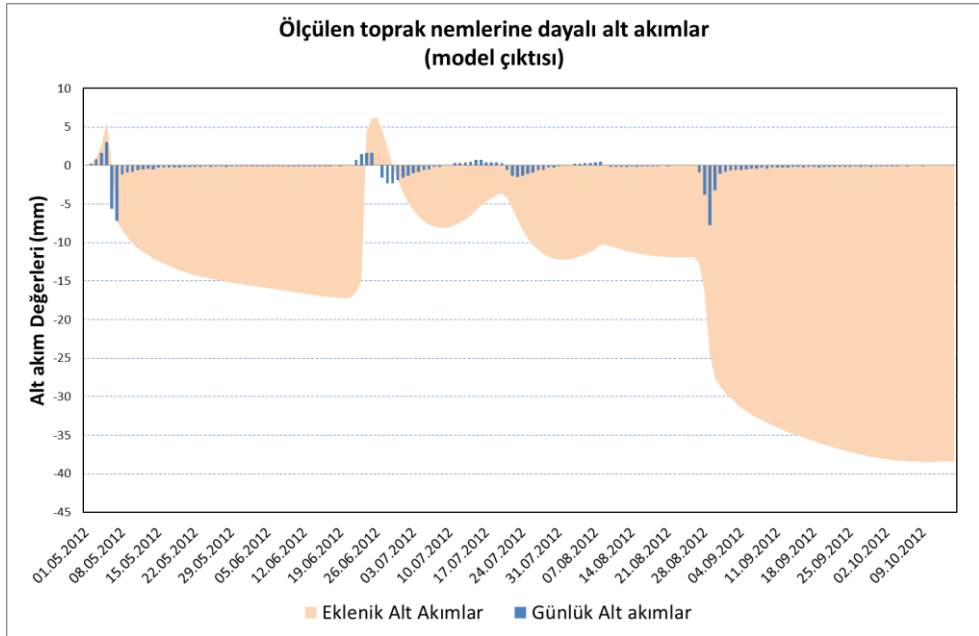


Şekil 4.4. Ölçülen ve senaryolara göre azaltılması öngörülen taban suyu düzeyleri

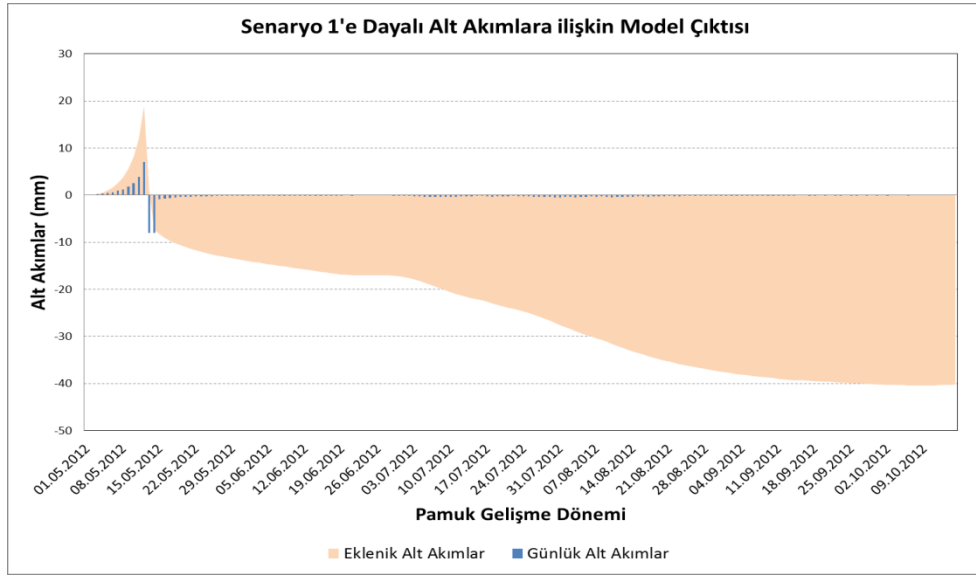
4.4. Alt akımdaki değişimler

Aydın Ovası iklim ve toprak koşullarında yer alan deneme alanında topraktaki su yüküne ve taban suyu düzeyine bağlı olarak alt akımlar dikey yönde yukarı ve aşağı hareket etme eğiliminde olmuşlardır. Buna göre alt akımlardaki değişimlere ilişkin model çıktıları, sezon boyunca ve birikimli olarak Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da grafiksel biçimde gösterilmiştir. *Ölçülen* ve *Temel Senaryoya* ilişkin alt akımlar incelendiğinde, yağışlar ve sulamalardan sonra oluşan su yükü nedeniyle aşağı doğru bir akımın oluştuğu, diğer günlerde ise taban suyundan kapilar yükselmenin etkisi ile yukarı doğru bir akımın mevcudiyeti Şekil 4.4'teki model çıktısından görülmektedir. Senaryo 1'e dayalı model çıktısında, yağışlı günler öncesi dışında toprak su hareketinde bir denge durumu olduğu dikkati çekmektedir. Senaryo 2'de ise, artan atmosferik buharlaşma talebinin etkisi ile özellikle sulamalar öncesinde önemli bir kapilar yükselme olması öngörülmektedir. Senaryo 3a'da yine sıcaklık artışından kaynaklanan

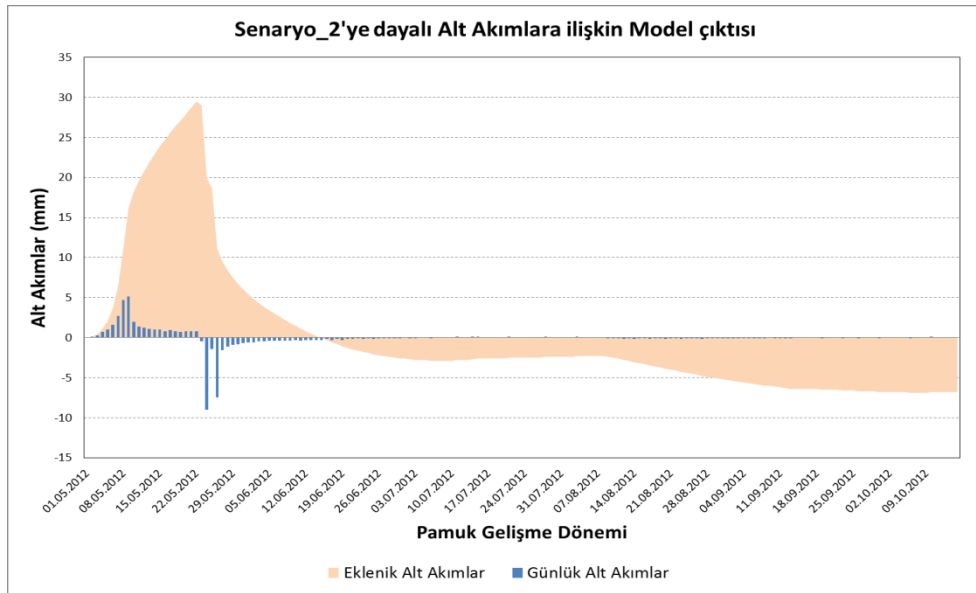
buharlaşma talebi nedeniyle Temmuz ayının başına kadar, yukarı doğru bir akım tahmin edilmiştir. Bu ise, kök bölgesinde oluşan nemlilik nedeniyle ilk sulamanın gecikmesi sonucunu doğurmuştur. Genel olarak bakıldığında, temel senaryo için kapilar yükselme ile kök bölgesine yaklaşık 18 mm nem sağlandığı hesaplanmıştır. Bu katkı *Senaryo 1* için 20 mm, *Senaryo 2* için 49 mm ve *Senaryo 3a* için ise yaklaşık 64 mm civarında olmuştur. Serbest Drenaj seçenekli senaryoda (*3b*) ise alt akımların yönü aşağı doğru olmuştur.



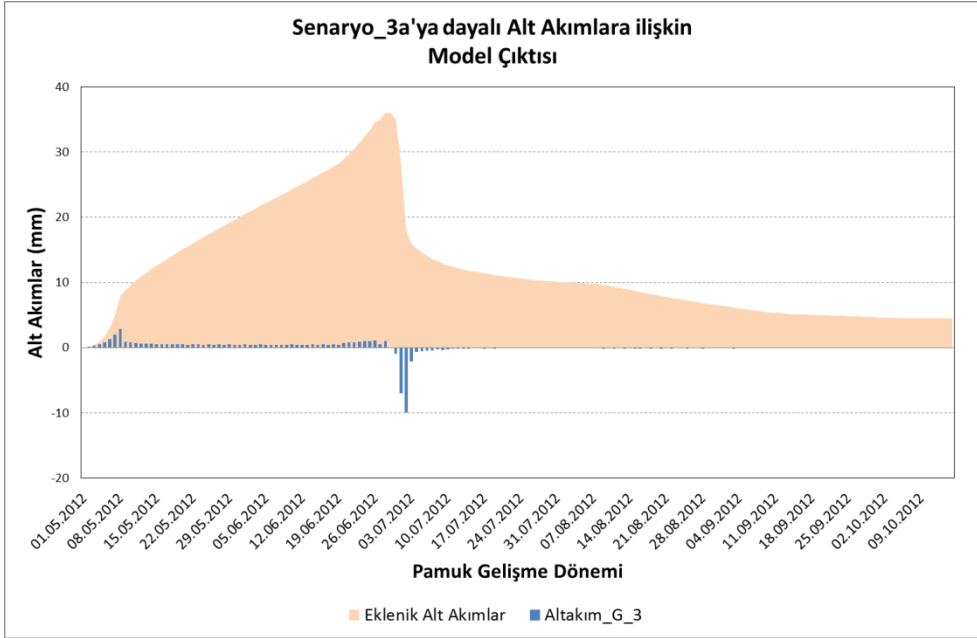
şekil 4.5 ölçülen toprak nemlerine dayalı günlük ve birikimli alt akımlara ilişkin model çıktısı



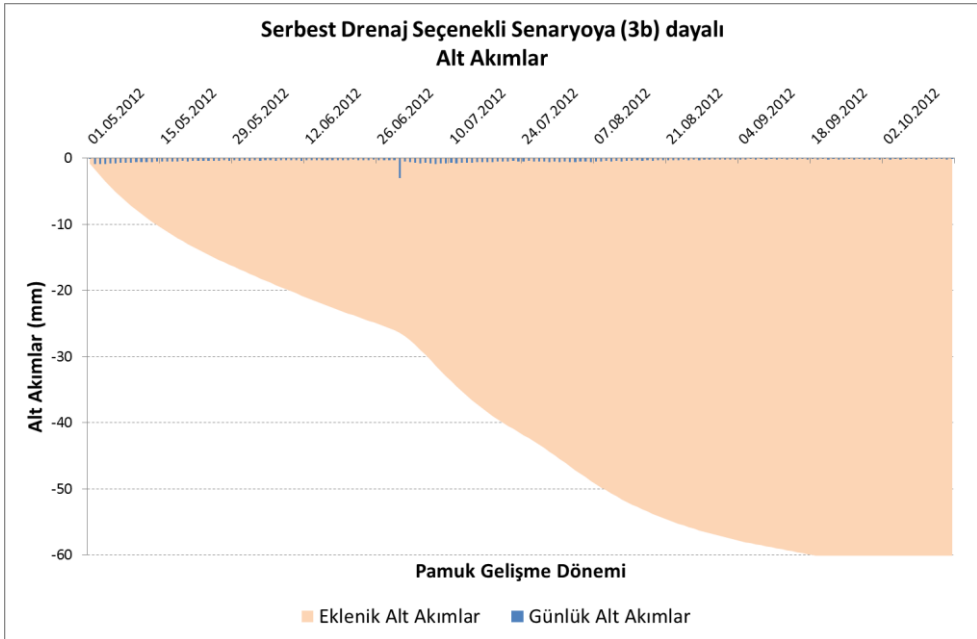
Şekil 4.6 Senaryo 1'e dayalı günlük ve birikimli alt akımlara ilişkin model çıktısı



Şekil 4.7 Senaryo 2'ye dayalı günlük ve birikimli alt akımlara ilişkin model çıktısı



Şekil 4.8 Senaryo 3a'ya dayalı günlük ve birikimli alt akımlara ilişkin model çıktısı



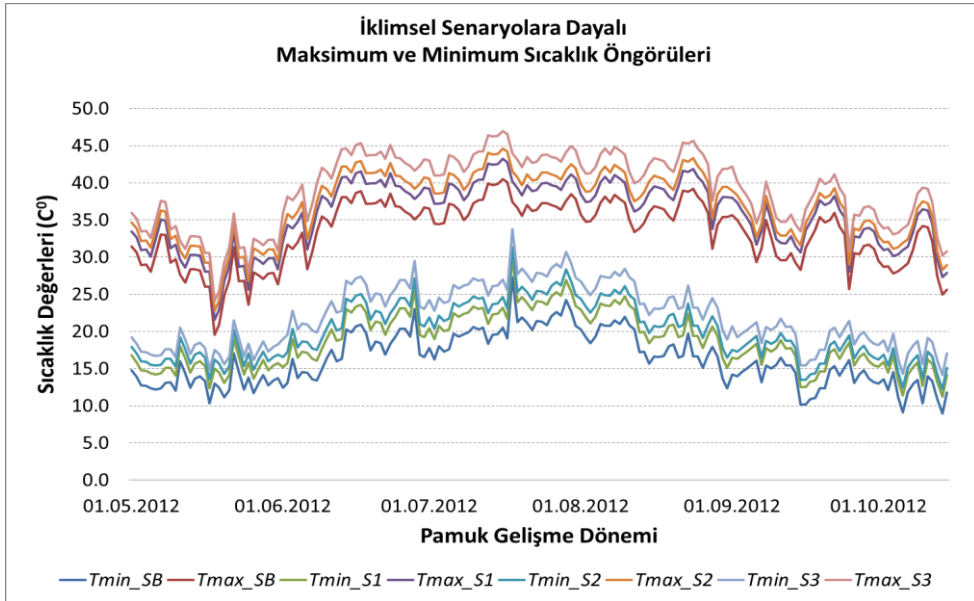
Şekil 4.9. Senaryo 3b'ya dayalı günlük ve birikimli alt akımlara ilişkin model çıktısı

4.5. İklimsel Analizler

SWAP modeli iklim, toprak ve bitki verilerine dayalı olarak, olası iklim değişikliği öngörülerini dikkate alınarak türetilen meteorolojik verilerle yeniden çalıştırılmıştır. İklim değişikliği öngörülerini, sıcaklık ve yağışta oluşacak değişimlere odaklanmıştır. Çalışmada iklim değişimi senaryolarını, IPCC 2007 raporlarında bildirilen ve olasılıkları en düşükten en yüksek karbon emisyon senaryolarına göre Akdeniz bölgesinde sıcaklık ve yağışta ortaya çıkacak mevsimsel değişimler temel alınarak belirlenmiştir. Buna göre iklim değişimi senaryolarını, IPCC raporlarında öncelikli olarak belirtilen - A1B Bölgesel İklim Projeksiyonu - temel alınarak ve 1980-1999 aralığından 2080-2099 aralığına kadar Güney Avrupa – Akdeniz bölgesi öngörülerine dayanılarak oluşturulmuştur.

4.5.1. Maksimum ve minimum Sıcaklıklar

Pamuk yetiştirme sezonu için öngörülen sıcaklıklar, denemenin yürütüldüğü 2012 yılına ait sıcaklık değerleri baz alınarak tahmin edilmiştir. İklimsel senaryolara dayalı günlük maksimum ve minimum sıcaklık öngörülerini Şekil 4.10'de gösterilmiştir.



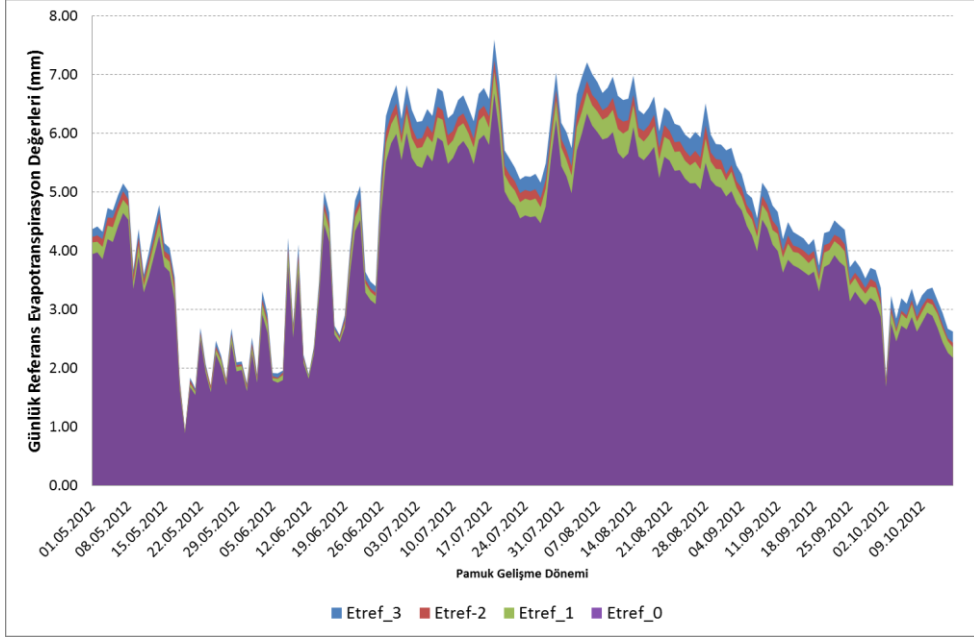
Şekil 4.10. A1B projeksiyonuna dayalı olarak Aydın yöresinde sıcaklık öngörülerini

A1B İklim Projeksiyonuna göre sıcaklık öngörütleri, mevsimsel olarak tahmin edilmiş ve buna göre Çizelge 3.3, 3.4 ve 3.5'te belirtildiği şekliyle ilkbahar döneminde **mayıs** ayı, yaz döneminde **haziran-temmuz-ağustos** ayları ile sonbahar dönemindeki **eylül-ekim** aylarına ilişkin sıcaklık tahminleri farklı olarak hesaplanmıştır. Şüphesiz iklim parametreleri açısından her yıl kendine özgü olup, ayrı olarak değerlendirilmesi gereklidir. Ancak çalışmada 2012 yılı günlük iklim değerlerinin uzun yılları temsil ettiği varsayılarak diğer iklim öngörütleri bu yıla dayandırılmıştır.

4.5.2. Referans Evapotranspirasyon ve Atmosferin Buharlaşma Talebi

4.5.2.1. Referans Evapotranspirasyon

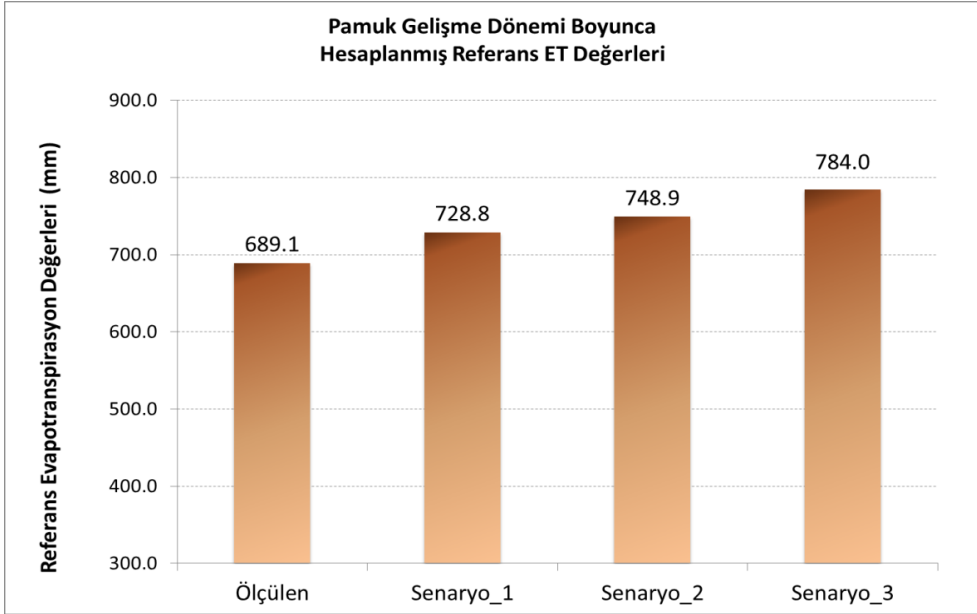
Referans Evapotranspirasyon terimi, su stresi çekilmeyen koşullarda toprağı tamamen kaplayan sağlıklı bir referans bitkisinin topraktan olan buharlaşma ve bitkiden olan terleme ile birlikte değerlendirilerek tükettiğı su miktarını ifade eden bir terimdir. Dünyada genel olarak yonca ve çim bitkileri referans bitki kabul edilmekte olup, çalışmada, çim bitkisi referans bitki olarak kabul edilmiştir. Referans Evapotranspirasyonu tahmin etmede birçok eşitlik olmasına karşın, bu çalışmada dünyada en çok kabul gören ve FAO tarafından modifiye edilmiş olan Penman-Monteith ET eşitliğı kullanılmıştır. Referans ET'nin günlük olarak tahmini, genel olarak iklimsel parametrelerin buharlaşma ve terlemeyi ne ölçüde etkilediğı konusunda bir fikir vermekte ve ayrıca, bitki katsayılarının kullanılması yoluyla farklı bitkilerin gerçekleştirdiğı potansiyel evapotranspirasyonun tahmin edilmesinde araştırmacılara yardımcı olmaktadır. İklim değışikliğı senaryoları temel alınarak, Aydın yöresine Referans ET'nin günlük değerleri ve değışimleri Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. İklimsel senaryolara dayalı günlük Referans ET değişimleri

Referans ET'nin hesaplanmasında iklimsel parametrelerden yalnızca maksimum ve minimum sıcaklıkların senaryolar baz alınarak değiştiği, rüzgar hızı, nispi nem, solar radyasyon gibi parametrelerin ise değişmediği varsayılmıştır. Ancak sıcaklık değişimleri, yalnızca buharlaşmayı ve terlemeyi etkileyen bir parametre olmayıp, aynı zamanda atmosferin taşıyabileceği nem miktarını ve dolayısıyla buhar basıncını da etkileyen bir parametre olması nedeniyle önem arz etmektedir. Şekil 4.11 incelendiğinde, sıcaklıkların arttığı Temmuz ve Ağustos aylarında, referans ET değerlerinin de baz yılına göre oldukça farklılaştığı dikkati çekmektedir.

Pamuk gelişme dönemi boyunca hesaplanmış toplam RefET değerleri, Şekil 4.12'de gösterilmiştir. Senaryolara göre hesaplanmış olan Ref ET değerlerinin, 2012 yılına göre oldukça farklı değerler aldığı görülmektedir. Buna göre, *Senaryo 1* için 39.7 mm, *Senaryo 2* için 59.8 ve *Senaryo 3* için ise 94.9 mm kadar farklılaşması, potansiyel tüketimin artış oranı hakkında bize bir fikir vermektedir.



Şekil 4.12. Pamuk gelişme döneminde hesaplanmış referans ET değerleri

4.5.2.2. Atmosferin olası buharlaşma talepleri

Atmosfer, bünyesinde belirli bir miktarda buhar halinde nem taşıyabilmektedir. Su buharı ise atmosferin toplam basıncına katkıda bulunan bir gaz olarak tanımlanmıştır. Doğal koşullarda bir su yüzeyinden veya su içeren bir yüzeyden buharlaşma yoluyla su molekülleri havaya karışmaktadır. Havanın taşıyabileceği nem kapasitesinin dolması ile veya başka bir değişle atmosferin doygun hale gelmesinden sonra ortamda bir denge oluşmakta ve ilave buharlaşma veya buhar halinde su kaybı olmamaktadır. Bu durum ise, doygun buhar basıncı olarak adlandırılmaktadır. Atmosferde bulunan nem miktarı, sıcaklıkla doğru orantılı olarak değişir. Daha yüksek sıcaklıklar, daha yüksek nem taşıma kapasitesi ve daha yüksek basınç anlamına gelmektedir. Gerçek buhar basıncı ise, havadaki mevcut su buharı tarafından uygulanan buhar basıncıdır. Havanın nem açısından doygun olmadığı koşullarda, gerçek buhar basıncı doygun buhar basıncından daha düşük olacaktır. Buna göre, doygun ve gerçek buhar basınçları arasındaki fark, buhar basıncı açığı olarak adlandırılır ve atmosferin buharlaşma kapasitesinin bir göstergesidir (FAO, 56).

Buhar basıncı açığı genel olarak, aşağıdaki eşitliklerle hesaplanır.

$$e^0(T) = 0.6108 \exp \left[\frac{17.27T}{T + 237.3} \right]$$

$$e_a = \frac{e^0(T_{min}) \frac{RH_{max}}{100} + e^0(T_{max}) \frac{RH_{min}}{100}}{2}$$

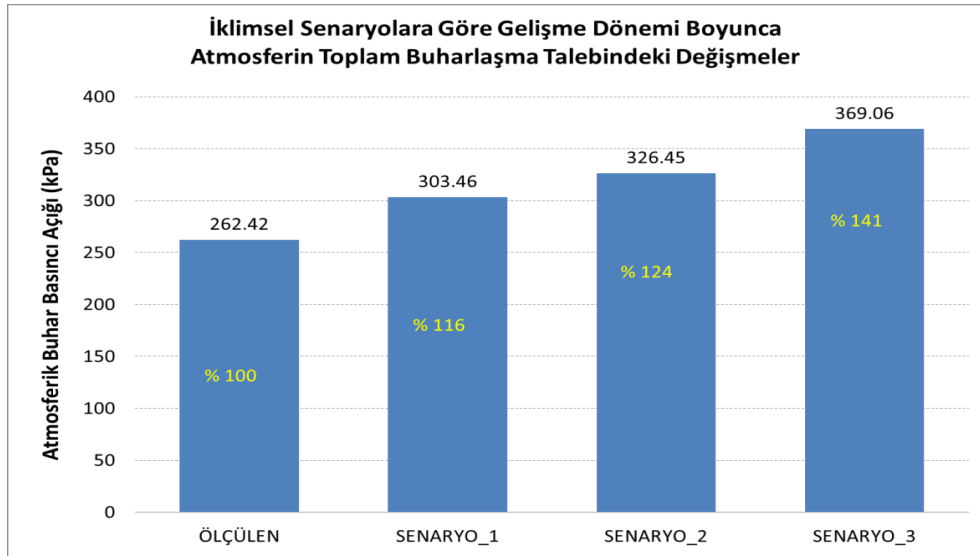
$$e_s = \frac{e^0(T_{max}) + e^0(T_{min})}{2}$$

$$\text{Buhar basıncı açığı} = (e_s - e_a)$$

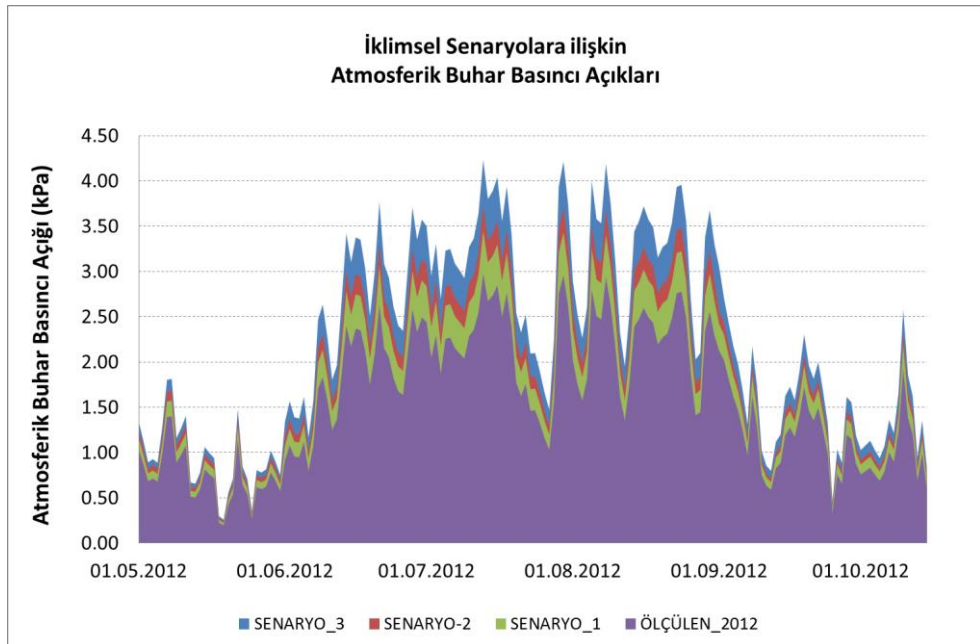
- $e^0(T)$: T hava sıcaklığında doygun buhar basıncı [kPa],
 T : hava sıcaklığı
 $\exp[]$: doğal logaritma tabanı üssü
 e_a : gerçek buhar basıncı [kPa],
 $e^0(T_{min})$: günlük minimum sıcaklıkta doygun buhar basıncı [kPa],
 $e^0(T_{max})$: günlük maksimum sıcaklıkta doygun buhar basıncı [kPa],
 RH_{max} : maksimum nispi nem [%],
 RH_{min} : minimum nispi nem [%]
 e_s : ortalama doygun buhar basıncı [kPa],

Yukarıdaki bilgiler ışığında iklimsel senaryolara göre pamuk gelişme dönemi boyunca hesaplanan atmosferin toplam ve günlük buharlaşma talebindeki değişimler Şekil 4.13, Şekil 4.14 ve Şekil 4.15’de sunulmuştur. Baz yıl olan 2012 yılı ile kıyaslandığında oluşturulan farklı senaryolara göre, atmosferin toplam buhar basıncı açığının sırasıyla %16, %24 ve % 41 oranında artacağı tahmin edilmiştir. Bu ise doğrudan atmosferin buharlaşma talebi anlamına gelmekte ve gelecekte oluşacak su talebi hakkında bilgi vermektedir. Gelecekte, topraktan olan buharlaşma ve bitkiden olan terlemenin yüksek oranda artacağı, bitki kök bölgesinde bulunan toprak neminin kısa sürede önemli miktarda azalacağı görülmektedir. Taban suyunun var olduğu ve düzeyinin de yüksek olduğu koşullarda, bitki kök bölgesine doğru hızlı bir su hareketi olacağı tahmin edilmektedir. Öngörülen bu yüksek buharlaşma koşulları, şüphesiz taban suyu düzeyinin düşmesine de neden olacaktır. Taban suyunun yüksek olduğu koşullarda, kapilar yükselme oranının yüksek olmasının beraberinde tuzlulaşma riskini de getireceği de unutulmamalıdır. Buna karşın, yüksek taban suyunun bulunmadığı koşullarda, bitkilerin gelişebilmesi için sulama suyu sağlama

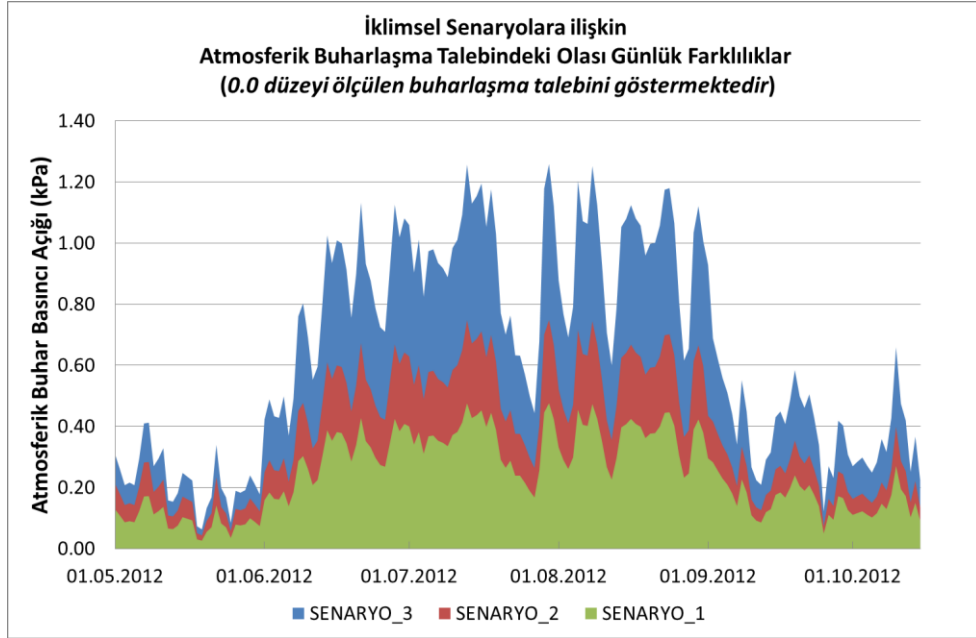
olanaklarının geliştirmesi ve daha çok sulama suyu sağlanması bir zorunluluk olduğu açık olarak görülmektedir.



şekil 4.13. İklimsel Senaryolara göre gelişme dönemi boyunca atmosferin toplam buharlaşma talebindeki değişmeler



şekil 4.14. İklimsel senaryolara ilişkin atmosferik buhar basıncı açıkları



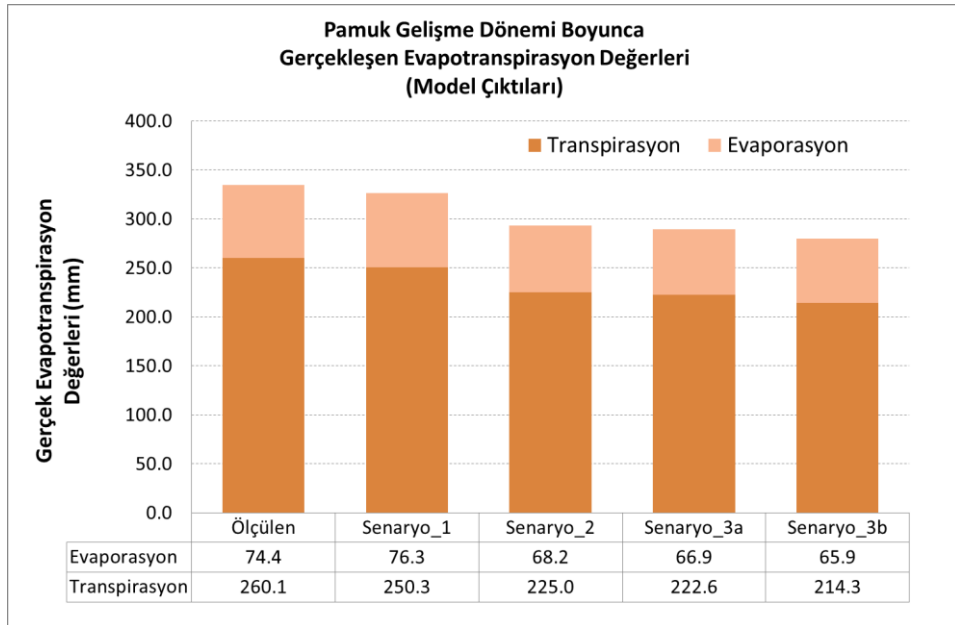
Şekil 4.15. Ölçülen atmosferik buharlaşma talebine karşılık iklimsel senaryolara ilişkin olası günlük farklılıklar

4.6. Tahmin edilen gerçek Evapotranspirasyonlar

SWAP, günlük evapotranspirasyonu hesaplamak için iki aşamalı bir yaklaşım sunmaktadır. İlk aşama, orijinal Penman-Monteith'e göre potansiyel transpirasyonun hesaplanmasını gerektirmektedir. İkinci aşamada ise, gerçek evapotranspirasyon oranı, su ve tuz stresine bağlı olarak kök su alımındaki azalma ile maksimum buharlaşmaya bağlı azalmaları kullanarak elde edilmektedir. Potansiyel evapotranspirasyon oranının, potansiyel transpirasyon ve potansiyel evaporasyon oranlarına ayrılması, hem yaprak alan indeksi hem de toprağı kaplama oranı üzerine dayandırılmıştır.

Yürütülen çalışmada, ölçülen verilere dayalı model sonucuna göre mevsimlik evapotranspirasyon değeri, 334.4 mm olarak hesaplanmış ve topraktan olan buharlaşma miktarı 74.4 mm; bitkiden olan terleme miktarı ise 260.0 mm olarak bulunmuştur (Şekil 4.16). Diğer senaryolar için toplam Evapotranspirasyon değerleri; *Senaryo 1* için 326.6 mm; *Senaryo 2* için 293.2 mm; *Senaryo 3a* için 289.5 mm ve *Senaryo 3b* için ise 280.2 mm olarak tahmin edilmiştir.

Çalışmada öngörülen iklim projeksiyonlarına dayalı olarak minimum, orta ve maksimum etki olasılıklı iklim değişikliğinin sonuçları, seçilen senaryo analizlerinde açık olarak görülmektedir. Atmosferin buharlaşma talebinin ve buna dayalı olarak potansiyel (referans) evapotranspirasyonun da artmasına karşın, toprak koşulları ve sulama uygulamaları dikkate alındığında topraktaki nem miktarının azalacağı ve böylece bitkiden olan terleme ile topraktan olan buharlaşmanın da azalacağı görülmektedir. Ayrıca, bu durumun oransal verimlere yansıtacağı ve diğer biyolojik parametrelerin değişmediği varsayıldığında verimlerde de azalmaların olacağı tahmin edilmektedir.



Şekil 4.16. Pamuk gelişme dönemi boyunca model tarafından tahmin edilen buharlaşma ve terleme değerleri

4.7. Değerlendirmeler

Bir alandan buhar halinde su kayıpları genel olarak, açık su yüzeyinden ve toprak yüzeyinden olan buharlaşma ile vejetasyondan olan terlemeyi içermektedir. Bir arazi üzerinden olan buharlaşma hızı ise esas olarak sıcaklık, radyasyon, nispi nem ve rüzgar hızı gibi meteorolojik değişkenler, arazinin sahip olduğu toprak ve bitki özellikleri ile toprak suyu miktarına bağlı bulunmaktadır. Öngörülen olası iklim değişimi, bütün bu faktörleri etkileme potansiyeline sahip olup, özellikle sıcaklık

ve yağış rejimindeki değişmelerin buharlaşmanın farklı bileşenlerini biraraya getirerek, topraktaki su dengesine önemli oranda etki edeceği tahmin edilmektedir.

İyi sulanmış veya su stresi çekilmeyen bir alandan olan buharlaşma üzerindeki en önemli meteorolojik değişkenler; güneş enerjisi veya net radyasyon, su buharı ile hava sıcaklığının bir fonksiyonu olan havanın oransal nemi ve yüzey üzerindeki havanın hareketi veya rüzgar durumu olarak sıralanabilir. Bu farklı meteorolojik değişkenlerin etki dereceleri, coğrafik olarak da değişebilmektedir. Kömüşçü (1998) tarafından yapılan çalışmada, öngörülen sıcaklık artışlarının buharlaşma ve terlemeyi önemli ölçüde artıracığı ve bunun da yaz aylarında toprakta büyük nem açığına neden olacağı anlaşılmıştır. Kanber ve ark. (2007) tarafından Seyhan havzasında yürütülen araştırmadan elde edilen bölgesel model sonuçlarına göre potansiyel evapotranspirasyonda (Etp) %14'lük bir artış ve gerçek evapotranspirasyonda (Eta) ise %17'lik azalmanın olacağı belirtilmiştir.

İklimsel değişimle paralel olarak potansiyel evapotranspirasyondaki artışların, özellikle yüksek sıcaklıklarda buhar basıncı açığındaki artışlarla büyük oranda ilişkili olduğu, IPCC raporlarında da belirtilmektedir (IPCC, 2001). Bu değerlendirme, araştırmada yapılan ve iklim değişimi öngörülerine göre atmosferin buhar basıncı açığının Şekil 4.15'te gösterildiği gibi yaz aylarında oldukça yüksek olacağı bulgusu ile eşleşmektedir.

İklim öngörülerine dayalı model çalışmaları, geleceğe dönük tahminlerde şüphesiz büyük kolaylık sağlamaktadır. Ancak, her yöreye özgü iklim ve toprak koşulları ile farklı bitki özelliklerine ilişkin veri kombinasyonlarını elde etmek ve modellerde kullanmanın güçlüğü, bu konuda çalışan bilim insanları tarafından dile getirilmektedir. Bu açıdan bakıldığında, araştırma da kullanılan SWAP modeli, dünyanın birçok yöresinde kullanılması ve güvenilir sonuçlara ulaşılması yönünden olumlu olmasına karşın, çok detaylı fiziksel verilere gereksinim duyması, kullanıcılar açısından olumsuz bir özellik olarak nitelendirilmekte, ancak, modelin hemen her aşamasında alternatif hesaplama yöntemlerini sunması bir avantaj olarak değerlendirilmektedir.

5. SONUÇ

Küresel ısınmadan kaynaklanan İklim değişiminin, en çok tarım sektörünü etkileyeceği yadsınamaz bir gerçektir. Sıcaklık artışı ve yağış azalmasının öngörüldüğü Ege Bölgesinde, tarımsal verimliliğin doğrudan etkileneceği düşünüldüğünde, iklim değişikliğinin toprak nemi üzerindeki etkilerini inceleyen proje sonuçlarının, gerek bölgesel ekonomiye ve gerekse kırsal kesimdeki sosyal refaha etkilerinin büyük olacağı tahmin edilmektedir. Kısa sürede değiştiremeyeceğimiz ve dünyanın büyük bir bölümünü etkileyecek olan olası iklim değişiminin sonuçları ile başa çıkabilmemiz, ancak onu, izleyebilmemiz ve eğer varsa alınabilecek önlemleri alabilmemize bağlı olacaktır.

Yukarıda sözü edilen nedenlerden dolayı, tarımsal üretimde birinci derecede rol oynayan toprak nem durumuna ilişkin bilgilerimizi artırmamız ve olası iklim değişikliği senaryolarına göre hazırlıklı olabilmemiz açısından, toprak-bitki-atmosfer bileşik sistemindeki su döngüsünü çok iyi bilmemiz gerekmektedir. Söz konusu bilgi, toprakta suyun hareketini, tutulma prensiplerini ve bitki ve atmosfer ile olan ilişkisini kapsamalıdır. Kök bölgesindeki toprak neminin, aşağı katmanlarla birlikte ele alınması da su akışına ilişkin fiziksel boyutu genişletecektir. Ancak, toprağın bütün bileşenlerini her yöre veya toprak tipi için ölçmek ve izlemek, zaman alıcı, masraflı ve birçok teknik donanım ve laboratuvar analizi gerektiren bir işlemler dizisidir. Ayrıca, yukarıda sözü edilen iklim değişikliği gibi geniş etki yaratan olaylar için de her toprak tipi veya yöreye göre gözlem ve incelemeler yapmak veya denemeler kurmak neredeyse olanaksız görülmektedir. Bu nedenle, iklim değişikliği, kuraklık veya baraj inşası gibi derin etki yaratan olaylarda farklı yöresel koşullar için deterministik modeller kullanmak çekici bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada, iklim değişikliğinden en çok etkilenecek yörelerden birisi olan Aydın ili ve çevresinde toprak nem dengesini dikkate alan bir model (SWAP) gerçek zamanlı olarak yürütülmüş ve geçerliliği test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, modelin Aydın yöresi iklim ve toprak koşulları için toprak nem dengesini simüle etmede başarılı olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Toprak nem dengesini oluşturan toprak ve bitki özellikleri ile atmosfere ilişkin parametreler kullanıldığında, geleceğe ilişkin olası iklim değişikliğinin toprak nem dengesi üzerindeki etkileri ve değişiminin kestirilebileceği ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlara göre, Aydın yöresinde özellikle sıcaklık artışı ile atmosferin buharlaşma

talebinde önemli artışlar olacağı ve bu durumun buharlaşma ve terlemeyi içeren bitki su tüketimlerini oldukça artıracacağı görülmüştür. Bitkiden olan terlemenin artması yanında, topraktan olan buharlaşmanın da artması, özellikle yüksek taban suyu olan yörede kapilar yükselme ile bitki kök bölgesine daha fazla nem akışının olacağı model çıktıları ile anlaşılmıştır. Topraktaki nem dengesinin, bitki gelişme dönemi boyunca topraktaki dikey su hareketine veya akımlara bağlı olduğu, ancak, bu durumun su sağlama olanakları ile uyumlu olmaması durumunda toprakta depolanan nemde ve tarımsal verimlilikte önemli azalmaların olacağı tahmin edilmektedir.

Bundan sonraki çalışmalar, farklı toprak tiplerini ve farklı ürünleri içeren geniş alanlarda bu tür model çalışmalarının yapılmasına yönelmelidir. Geleceğe dönük iklimsel öngörüler ışığında toprak nem durumu, bitki su gereksinimi ve olası ürün desenlerinin belirlenmesine yönelik araştırma faaliyetleri, olası iklim değişikliğinin etkilerini değerlendirebilmemize ve tarımsal açıdan hazırlıklı olmamıza olanak sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2013 [http://www.karadastarim.com/bayer-bitki-koruma/pamuk-tohumlari / Claudia](http://www.karadastarim.com/bayer-bitki-koruma/pamuk-tohumlari/Claudia) .
- Aydın, M., Yano, T. Evrendilek, F., and Uygur, V. 2008. Implications of Climate Change for Evaporation from Bare Soils in a Mediterranean Environment, *Environmental Monitoring and Assessment*, Volume 140, Numbers 1-3, 123-130, DOI: 10.1007/s10661-007-9854-4,
- Bastiaansen, W. G. M., Singh, R., Kumar, S. Schakel, J. K., Jhorar, R. K., 1996. Analysis and Recommendations for Integrated on-farm Water Management in Haryana, India: A Model Approach, 118, DLO Winand Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research, Wageningen, Netherlands,
- Belmans, C., Wesseling J.G. and Feddes R.A., 1983. Simulation of the Water Balance of Acropped Soil: SWATRE. *Journal of Hydrology*, 63, 271-286.
- Black, T.A., W.R. Gardner and G.W. Thurtell, 1969. The prediction of evaporation, drainage, and soil water storage for a bare soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 33, 655-660.
- Boesten, J.J.T.I. and L. Stroosnijder, 1986. Simple model for daily evaporation from fallow tilled soil under spring conditions in a temperate climate. *Neth. J. Agric. Sci.*, 34, 75-90.
- Bouyocous, G. J. 1962. Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analyses of Soils, *Soil Agr. Journal*, 54, pp: 464-465.
- Çaldağ, B. and Şaylan, L. 2005. Sensitivity Analysis of the CERES-Wheat model for Variations in CO₂ and Meteorological Factors in Northwest of Turkey, *Int. J. Environ. Poll.* 23, 3, 300-313.
- Demir, İ., Kılıç, G., Coşkun, M. 2007. Türkiye ve Bölgesi için PRECİS Bölgesel İklim Modeli Çalışmaları, I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi – TİKDEK, İTÜ, İstanbul, sayfa 252-261.
- DMİ, 2012. Devlet Meteoroloji İşleri, www.dmi.gov.tr Ankara.
- Droogers, P. 2000. Simulation Models to Assess Water Productivity at Different Scales, International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

- Droogers, P., Aerts, J. 2005. Adaptation Strategies to Climate Change and Climate Variability: A Comparative Study Between Seven Contrasting River Basins, *Physics and Chemistry of the Earth*, 30 339–346.
- Droogers, P., Van Dam, J.C 2002. Field Scale Adaptation Strategies to Climate Change to Sustain Food Security: A Modeling Approach Across Seven Contrasting Basins, *IWMI Working Paper*, International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- FAO, 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for Computing Crop Water Requirements - FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- IDKK, 2006. The Working Group on the Impact of Climate Change, Updated Report, Ankara,
- IPCC, 2001. Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press.
- IPCC, 2007a. Climate Change, Synthesis Report, Valencia, Spain.
- IPCC, 2007b. Regional Climate Projections, Europe and Mediterranean Region (Chapter 11): Fourth assessment Report, pages 848-940.
- Kanber R., Kapur, B., Ünlü, M., Tekin S., Koç, D. 2007. İklim Değişiminin Tarımsal Üretim Sistemleri Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesine Yönelik Yeni Bir Yaklaşım: ICCAP Projesi, TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, Ankara, sayfa 83-94.
- Kayam, Y. 1999. Swap 2.0 - Toprak-Su-Atmosfer-Bitki Sistemi İçinde Su Döngüsü, Eriyik Transferi ve Bitki Gelişimi Simulasyonu, Türkçe Kullanım Rehberi, Köy Hiz. Araş.Ens. Menemen, İzmir.
- Kayam, Y., Ozsoy, Ü., Lomas, J., Öden, O., Mandel, M., Gurbuz M. 2002a. The Impact of Climatic Change on Wheat Production of Aegean Region in Turkey: The Effect of Reduction of Rainfall and the Increase of Temperature on Wheat Yields. CLIMAGRImed Workshop, www.fao.org/sd/climagrimes, FAO, Rome, Italy.
- Kayam, Y., Beyazgül, M., Droogers, P. 2002b. A Model Approach to Evaluate Irrigation System Water Balance; An Example from Gediz Basin, *International Journal of Water*, Volume 2, No. 2/3, Oxford, UK.

- Kayam, Y., Mandel, M., Lomas, J. 2006. "The interpretation of the Simulated Soil Moisture Balance"; The Impact of Climate, Agrotechnology, Soil and Socio-economic Factors on Cotton Yields - Turkish-Israel Joint Research Project Final Report, Menemen-İzmir, Chapter pages 58-61.
- Kite G., Droogers, P. 2000. Comparing Estimates of Actual Evapotranspiration from Satellites, Hydrological Models, and Field Data: A Case Study from Western Turkey. International Water Management Institute, Research Report 42. Colombo, Sri Lanka.
- Korkmaz N., Kayam, Y., Gündüz, M., Acar, C.O., Şen, S., Bilir, Z.L., Avcı, M., Aşık, Ş., Ünal, B. 2009. Menemen Sol Sahil Sulamasında Tersiyer Kanal ve Tarla Düzeyinde Su Dağıtım Performansının Değerlendirilmesi, Menemen Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Yayınları, Sonuç Raporu, Yayın No: 246.
- Kömüscü, A.Ü. 1998. Implications of Climate Change for Soil Moisture Availability in Turkey's Southeastern Anatolia Project Region, Drought Network News, University of Nebraska – Lincoln DigitalCommons@University of Nebraska – Lincoln.
- Kroes, J.G., van Dam, J.C., Groenendijk, P., Hendriks R.F.A. and Jacobs, C.M.J. 2009. SWAP Version 3.2. Theory Description and User Manual. Alterra-report 1649, 262 pp, Alterra, Research Institute, Wageningen, The Netherlands.
- Robock, A., Vinnikov, K.Y., Srinivasan, G., Entin, J.K., Hollinger, S.E., Speranskaya, N.A., Liu, S., Namkhai, A., 2000. The Global Soil Moisture Data Bank. Bull. Amer. Met. Soc., **81**, 1281-1299.
- Şen, Z. 2006. İklim Değişikliği ve Su Kaynaklarına Etkisi, 22 Mart Dünya Su Günü; "İklim Değişikliğinin Su ve Enerji Kaynaklarımıza Etkisi" Paneli, www.dunyasugunu.org/2005/Zekai_Sen.doc
- Taylor, S.A., and G.M. Ashcroft, 1972. Physical Edaphology. Freeman and Co., San Francisco, California, p. 434-435.
- Tezcan, L., Ekmekci, M., Atilla, O., Gurkan, D., Yalcinkaya, O., Namkhai, O., Soylu, M.E., Donma, S., Yilmazer, D., Akyatan, A., Pelen, N., Topaloglu, F. and Irvem, A. 2008. Assessment of Climate Change Impacts on Water Resources of Seyhan River Basin, International Research Center for Karst Water Resources - Hacettepe University (UKAM), Ankara.

- Tüzüner, A., 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (Mülga), Ankara.
- Uğurlu, Ö., Örcen, İ., 2007. Küresel Isınmanın Türkiye'nin Enerji Kaynaklarına Olası Etkileri, TMMOB Türkiye VI. Enerji Sempozyumu- Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye Gerçeği, Ankara.
- Van Dam, J.C., and R.A. Feddes, 2000. Simulation of infiltration, evaporation and shallow groundwater levels with the Richards' equation. *J. of Hydrol.*, 233, 72-85.
- Van Dam, J.C., J. Huygen, J.G. Wesseling, R.A. Feddes, P. Kabat, P.E.V. van Walsum, P. Groenendijk and C.A. van Diepen, 1997. Theory of SWAP version 2.0. Simulation of water flow, solute transport and plant growth in the Soil-Water-Atmosphere-Plant environment.
- Van Genuchten, M.Th., 1980. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44, 892-898.
- Von Hoyningen-Hüne, J., 1983. Die Interception des Niederschlags in landwirtschaftlichen Beständen. *Schriftenreihe des DVWK* 57, 1-53.
- Varallyay, G. 2010. The Impact of Climate Change on Soils and on Their Water Management, *Agronomy Research (Special Issue II)*, pages; 385–396.
- Wageningen University and Alterra. Technical Document 45.
- Wösten, J.H.M., G.J. Veerman, W.J.M. de Groot, and J. Stolte, 2001. Water retention and hydraulic conductivity functions of top- and subsoils in The Netherlands: The Staring series. Alterra report 153, Wageningen, The Netherlands, 86 p. (in Dutch).

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Yıldırım KAYAM
Doğum Yeri ve Tarihi : Yozgat, 27/10/1964

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : E.Ü. Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü
Yüksek Lisans Öğrenimi : E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Makaleler

-SCI

Beyazgül, M., Kayam, Y., Engelsman, F. 2000. Estimation methods for crop water requirements in the Gediz Basin of Western Turkey. Journal of Hydrology, Volum 229. Page19-26, Amsterdam

Droogers, P., Bastiaanssen, Beyazgül, M., Kayam, Y., Kite, G.W., Murray-Rust, H., 2000. Distributed Agro-hydrological Modeling of an Irrigation System in Western Turkey, Agricultural Water Management, Volum 43, Page:183-202, Netherlands.

Kayam, Y., Beyazgül, M., and Droogers, P., 2002. A Model Approach To Evaluate Irrigation System Water Balance; An example From the Gediz Basin, Turkey, International Journal of Water, Volume 2, No. 2/3, 2002, Oxford, UK.

-Diğer

Beyazgül, M., Kayam, Y., Gündüz, M., 2002. Plastik Malçlama Tekniği ile Erken Ekimin Pamukta Su Tasarrufuna, Verime ve Kalite Üzerine Etkileri. Köy Hizmetleri Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı, Yayın No: 119, 2001, Ankara

Kayam, Y., Beyazgöl, M., 2001. Infrared Termometre Tekniğinin Pamuk Sulamasında Kullanılma Olanakları, Köy Hizmetleri Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı, Yayın No 117, Ankara.

Kayam, Y., Beyazgöl, M., 2003. Sulama Programlamasında Kullanılan Yöntemler ve Teknolojiler, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü TAYEK Bildirileri, Yayın No: 113, 02-04 Eylül 2003, Menemen, İzmir

Kayam, Y., N.Korkmaz, 2004. Bitki İçsel Su Düzeyini ve Yaprak Yüzey Sıcaklığını Ölçen Tekniklerin Pamuk Sulamasında Kullanılması, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Yayın No:142 Menemen/İzmir.

Kayam, Y., Beyazgöl, M.,2004. Tuzlu - Alkali Toprakların Islahı, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü TAYEK Bildirileri, Yayın No: 117, 07-09 Eylül 2004, Menemen, İzmir

Kayam, Y., S.Şen, 2008. Toprak, Bitki ve Su İlişkileri, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü TAYEK Bildirileri, Yayın No: 132, 24-26 Haziran 2008, Menemen, İzmir

Öden, O., M.Gurbuz, D.Kahraman, U.Özsoy, Y.Kayam, J.Lomas, M.Mandel, 2002. The Impact of Climate, Agrotechnology, Soil and Socio-Economic Factors on Wheat Yields, Turkish-Israel Joint Research Project Final Report, Menemen / İzmir

Öden, O., M.Gurbuz, D.Kahraman, U.Özsoy, Y.Kayam, J.Lomas, M.Mandel, 2006. The Impact of Climate, Agrotechnology, Soil and Socio-Economic Factors on Cotton Yields, Turkish-Israel Joint Research Project Final Report, Menemen / İzmir

b) Bildiriler

-Uluslararası

Gurbuz, M., Lomas, J., Öden, O., Mandel, M.,Özsoy, Ü., Kayam, Y.(2002). Nitrogen Management Options for Optimum Wheat Production and the Avoidance of the Leaching in Aegean Region in Turkey, International Symposium on

Sustainable Use and Management of Soil in Arid and Semi arid Regions, Held in Cartagena, Murcia, Spain, 22-26 Sep.2002, Vol:2, pg:183-185

Göçmez, S., Y. Kayam, Z.L. Bilir, Constructed Wetlands for Municipal Waste Water Treatment; Case Study of Çakırbeyli Village. Uluslararası Sürdürülebilir Su ve Atıksu Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Cilt 2, Sayfa; 1026-1034, 26-28 Ekim 2010, Konya.

Kahraman, D., J.Lomas, O.Öden, M.Mandel, M.Gürbüz, Ü.Özsoy, Y.Kayam, 2002. Analysis of Some Management Practices and Climate on Wheat Performance in the Aegean Region of Turkey. International Symposium on Sustainable Use and Management of Soil in Arid and Semi-arid Regions, Held in Cartagena, , 22-26 Sep.2002, Vol:2, page:286-288. Murcia, Spain

-Ulusal

Girgin, A., Y.Kayam, 2002. Denizli- Sarayköy ve Aydın-Söke Ovalarında Bazı Toprak Sorunları, Tav Suyu ve Yıkama Suyu Uygulamaları. Su Havzalarında Toprak ve Su Kaynaklarının Korunması, Geliştirilmesi ve Yönetimi Sempozyumu, M. Kemal Üniversitesi, 18-20 Eylül 2002, sayfa:668-673, Antakya/Hatay.

Girgin, A., Y.Kayam, 2002. Aşağı Büyük Menderes Havzası Nazilli Sulama Şebekesinde Su Kalitesi ve Bor Sorunu. Su Havzalarında Toprak ve Su Kaynaklarının Korunması, Geliştirilmesi ve Yönetimi Sempozyumu, M. Kemal Üniversitesi, 18-20 Eylül 2002, sayfa:618-622, Antakya/Hatay.

Kayam, Y., N. Korkmaz, 2009. Pamuk Sulama Programlarının Oluşturulmasında Infrared Termometre ve Basınç Odası Tekniklerinin Kullanımı. III. Ulusal Kar Kongresi, 17-19 Şubat 2009, Erzurum.

Kayam, Y., Beyazgül, M., 2002. Gediz Havzasında Küçük Ölçekli Sulama Yapılarının Rolü, Fiziksel ve Yönetim Karakteristikleri, Su Havzalarında Toprak ve Su Kaynaklarının Korunması, Geliştirilmesi ve Yönetimi Sempozyumu, M. Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 18-20 Eylül 2002, Antakya - Hatay

Kayam, Y., K. Üner, C.O. Acar, S. Şen, 2009. Türkiye’de Kuraklık Yönetimi Uygulamaları; Karşılaşılan Sorunlar ve Etkin Bir Kuraklık Risk Yönetimi İçin

Yaklaşımlar. 1. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu. 16-18 Haziran 2009, Konya.

Özsoy, Ü., Öden, O., Kayam, Y., Lomas, J., Mandel, M., Gürbüz, M., Kahraman, D. (2003). Ege Bölgesinde Uzun Yıllara Ait İklimsel Faktörlerin Pamuk Verimine Etkisi. Ege Üniversitesi, Pamukta Eğitim Semineri, Bornova, İzmir. Sayfa: 357-367

c) Katıldığı Projeler

Yüzeyaltı Damla Sulama ile Sulanan Pamuk ve Mısırın Sulama Programının Ulaştırılması, TAGEM - 100201D01, 2011.

Sulama Yönetimi ve Tarımsal Karar-Destek Sistemleri için Katılımcı, Çok Düzeyli, Yeryüzü Gözlem Destekli Araçlar (PLEIADeS – AB 6. Çerçeve Projesi), 2008-2010

Ege Bölgesinde Tesis Edilen Yapay Sulak Alanların İzlenmesi ve Performanslarının Değerlendirilmesi TAGEM - 050201D03, 2005-2011

Yüzeyaltı Akışlı Yapay Sulak Alanlarda Bitki Materyali Olarak Kullanılan *Vetiveria zizanioides* ve *Phragmites australis*'in Evsel Atık Suların Arıtılmasında Etkinliğinin Saptanması, TAGEM – 05270D02, 2005-2011

Yüzeyaltı Akışlı Yapay Sulak Alanlarda Kullanılan Farklı Dolgu Malzemelerinin Evsel Atık Suların Arıtılmasında Etkinliğinin Saptanması, TAGEM – 05270D01, 2005-2011.

Menemen Sol Sahil Sulamasında Tersiyer Kanal ve Tarla Düzeyinde Su Dağıtım Performansının Değerlendirilmesi, TAGEM – 04210D01, 2004-2010

Göllendirmeli ve Ardışık Göllendirmeli Karık İşletim Biçimlerinin Pamuk Bitkisinde Karşılaştırılması, TAGEM - 04220D01, 2004-2008

Mediterranean Component of CLIMAGRI Project on Climate and Agriculture; Tarımda İklim Risk Analizi için Arazi Değerlendirme Sistemlerinin Geliştirilmesi, FAO-UCEA-MTSKAE-THAEM, 2004-2006

Integrated Water Management Support Methodologies, WatManSup-Hollanda Projesi, 2006-2007

Turkish-Israel Joint Research Project; The Impact of Climate, Agrotechnology, Soil and Socio-Economic Factors on Cotton Yields, MRI -ARTC-MASHAV, 2002-2006

Bitki İçsel Su Düzeyini ve Yaprak Yüzey Sıcaklığını Ölçen Tekniklerin Pamuk Sulamasında Kullanılması, KHGM – 00260D01, 2000-2004

Turkish-Israel Joint Research Project; The Impact of Climate, Agrotechnology, Soil and Socio-Economic Factors on Wheat Yields, MRI- ARTC-MASHAV, 1999-2002

Farklı Gelişme Devrelerinde Uygulanan Sulamanın Ana Ürün Ayçiçeğinde Verim ve Kalite Üzerine Etkileri, ETAE – KHGM, 1996-2000

Plastik Malçlama Tekniği ile Erken Ekimin Pamukta Su Tasarrufuna, Verime ve Kalite Üzerine Etkileri, KHGM – 95220D01, 1995-2000

Infrared Termometre Tekniğinin Pamuk Sulamasında Kullanılma Olanakları, KHGM – 95260D01, 1995-2000

Gediz Basin Project; Irrigation on Basin Context, IWMI – KHGM, 1997-1999

Ege Bölgesinde Buğday Su Tüketiminin ve Sulama Programının saptanması, KHGM – 93220D01, 1993-1999

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl :

..... - 2013 European Commission Joint Research Center / Italy

2013 - 2011 Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi

2011 - 2004 Menemen Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü

2004 – 1991 Köy Hizmetleri Menemen Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

1991 – 1990 İzmir Tarım İl Müdürlüğü

1990 – 1988 Mardin Tarım İl Müdürlüğü

İLETİŞİM

E-posta Adresi : yildirim.kayam@jrc.ec.europa.eu

: ykayam@gmail.com

Tarih : 03.02.2014