

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İklim Değişikliğinin Tarımsal Kapasiteye Etkisi

Hatice AKMAZ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak, 2025

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAYI

İklim Değişikliğinin Tarımsal Kapasiteye Etkisi

Hatice AKMAZ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu Yüksek Lisans Tezi ../.../2025 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Değerlendirilmiş ve Oy Birliği / Oy Çokluğu ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Prof. Dr. B. Zeynep ZAİMOĞLU (Danışman)
: Prof. Dr. Fuat BUDAK
: Doç Dr Fatma Elçin ERKUT
: Doç. Dr. Rozelin AYDIN

Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Tez No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IV
1. GİRİŞ	1
2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TARIMSAL ÜRETİM VE SU YÖNETİMİNE ETKİLERİ:	
MODELLER VE UYGULAMALAR.....	3
2.1. Tarımda İklimin Önemi	4
2.2. Tarım ve İklim Değişikliği Modelleri.....	4
2.2.1. Mevcut Durum.....	5
2.3. Türkiye'nin İklim Değişikliği ile Mücadeledeki Politika ve Hukuki Çerçevesi: Tarımsal Yaklaşım ve Kanunlardaki Vurgular	7
2.3.1. Türkiye'nin Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi	8
2.3.2. Küresel – Bölgesel İklim Modelleri ve İklim Senaryoları.....	10
2.4. Tarımda İklim Model Kullanımı	11
3. MATERYAL VE METOT	13
3.1. Materyal	13
3.1.1. Buğday Bitkisi	13
3.1.2. Çalışma Alanı ve Özellikleri	14
3.1.3. İklimsel Özellikler	14
3.2. Metod (CROPWAT Bitki Büyüme Modeli).....	15
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	17
4.1. Sıcaklık ve yağış parametrelerinin değerlendirilmesi	17
4.1.1. Minimum Sıcaklık	17
4.1.2. Maksimum Sıcaklık.....	18
4.1.3. Yağış.....	19
4.1.4. Efektif Yağış.....	20
4.1.5. Evapotranspirasyon (ET _o) Bulguları	21
4.1.6. Buğday Bitkisine Göre Aktüel Su Kullanımı	22
4.1.7. Aktüel Sulama Gereksinimi.....	23
4.1.8. Toplam Brüt Sulama.....	24
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	25
5.1. Sonuçlar	25
5.1.1. Bitki Su Tüketimi ve Sulama İhtiyacı	25
5.1.2. İklim Değişikliğinin Verim Üzerine Etkisi.....	25

5.1.3. Su Yönetimi ve Planlama	25
5.1.4. Evapotranspirasyon (ET _o) Değerleri:	25
5.1.5. Minimum ve Maksimum Sıcaklık Değerleri:	26
5.1.6. Yağış Miktarı ve Rejimi:	26
5.2.Öneriler	26
5.2.1. Sulama Sistemlerinin Geliştirilmesi	26
5.2.2. İklim Uyumlu Tarım Stratejileri.....	26
5.2.3. Erken Uyarı Sistemleri ve Risk Yönetimi	27
5.2.4. Politika Desteği ve Yatırımlar	27
KAYNAKLAR	29
ÖZGEÇMİŞ	35



İklim Değişikliğinin Tarımsal Kapasiteye Etkisi

Hatice AKMAZ

Danışman: Prof. Dr. B. Zeynep ZAIMOĞLU

İkinci Danışman: Doç. Dr. Burak ŞEN

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZ

Bu çalışma, Akdeniz Bölgesi Adana İlinde buğday bitkisi için CROPWAT yazılımı kullanılarak bitki su tüketimi ve sulama yönetimi teorik veriler üzerinden değerlendirilmiş ve meteorolojik veriler kullanılarak günlük evapotranspirasyon (mm(toplam)) hesaplamaları yapılmıştır. Elde edilen çıktılar, Adana koşullarında buğday bitkisinde yürütülen bir arazi denemesinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve CROPWAT programı kullanılarak teorik olarak elde edilen sonuçların uygunluk gösterdiği “CROPWAT Modelinin Çıktıları” başlığı altında belirlenmiştir. Ayrıca, çalışmada iklim modeli verileri kullanılarak gelecekteki dönemler için bitki su tüketimi ve sulama yönetimi değerlendirilmiş; analizler, artan sıcaklık ve azalan yağışın etkisiyle bitki su ihtiyacında ve sulama suyu gereksiniminde belirgin bir artış olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, tarımsal üretim süreçlerinde sulama stratejilerinin yeniden düzenlenmesinin önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, Tarım, Cropwat Model, Bitki Büyüme Modeli, Türkiye

Impact of Climate Change on Agricultural Capacity

Hatice AKMAZ

Advisor: Prof. Dr. B. Zeynep ZAIMOĞLU
İkinci Danışman: Assoc. Prof. Dr. Burak ŞEN

Department of Environmental Engineering

ABSTRACT

In this study, plant water consumption and irrigation management were evaluated using CROPWAT software for wheat crops in Adana Province of the Mediterranean Region based on theoretical data and daily evapotranspiration mm(toplam) calculations were made using meteorological data. The outputs obtained were compared with the results obtained from a field trial conducted in wheat plant under Adana conditions and it was determined under the title of “CROPWAT Model Outputs” that the results obtained theoretically using CROPWAT program were in compliance. In addition, the study evaluated crop water consumption and irrigation management for future periods using climate model data; the analysis revealed a significant increase in crop water demand and irrigation water requirement due to increasing temperature and decreasing precipitation. These results emphasize the importance of reorganizing irrigation strategies in agricultural production processes.

Keywords: Climate change, Agriculture, Cropwat Model, Plant Growth Model, Türkiye

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamda bana verdiği tüm destekleri için değerli hocam, danışmanım Prof. Dr. B. Zeynep ZAIMOĞLU'na ve ikinci danışman hocam Doç. Dr. Burak ŞEN'e teşekkür ederim. Hayatın her alanında bana olan desteklerini ve bana karşı güvenlerini esirgemeyen beni bugünlere getiren en büyük şansım olan aileme sonsuz teşekkürler.



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Yıllara Göre (1971-2000 & 2069-2098) Min. Sıcaklık (°C) Değerleri	17
Şekil 4.2. Yıllara Göre (1971-2000 & 2069-2098) Maks. Sıcaklık (°C) Değerleri	18
Şekil 4.3. Yıllara Göre (1971-2000 & 2069-2098) Yağış (mm/yıl) Değerleri.....	19
Şekil 4.4. Yıllara Göre (2069-2098 & 1971-2000) Yıllık Toplam Efektif Yağış (mm) Değerleri ..	20
Şekil 4.5. Yıllara Göre (2069-2098 & 1971-2000) ETo Değerleri mm(toplam)	21
Şekil 4.6. Yıllara Göre (2069-2098 & 1971-2000) Ürüne Göre Buğday Bitkisi Aktüel Su Kullanımı (mm) Değerleri.....	22
Şekil 4.7. Yıllara Göre (2069-2098 & 1971-2000) Aktüel Sulama Gereksinimi (mm) Değerleri...	23
Şekil 4.8. Yıllara Göre (2069-2098 & 1971-2000) Toplam Brüt Sulama (mm) Değerleri.....	24

1. GİRİŞ

İklim; geniş bölgelerde, çok uzun zaman içinde gerçekleşen ortalama hava durumu olup diğer bir ifadeyle meteorolojik parametrelerin ortalama değerleridir ve ekstrem (aşırı) hava olaylarını da içerir. İklim, bir bölgenin hava olayları bakımından karakterini belirler ve bunun sonucunda ortaya çıkan bitki örtüsünün ve canlı türlerinin belirlenmesinde en önemli etkidir. İklim değişikliği ise karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenen tabii iklim değişikliğine ilaveten, doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetleri sonucunda iklimde oluşan değişikliklerdir.

İklim değişikliği günümüzü niteleyen ve uluslararası gündemde kritik öneme sahip konulardan biridir. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli, iklim değişikliğini “doğal değişimlerle ya da insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan iklimsel değişiklikler” olarak tanımlamaktadır (Birpınar, 2021).

İklim değişikliğinin kara ve deniz sıcaklıklarını yükseltmesi, yağış miktarını ve şeklini değiştirmesi neticesinde küresel ortalama deniz seviyesi artmakta ve kıyılardaki erozyon tehditleri de artmakta, hava ile ilişkili doğal afetlerin şiddetinde artışlar yaşanmaktadır. Değişen su seviyeleri, sıcaklığı ve debisi; gıda arzı, tarım, sağlık, sanayi, turizm ve ulaşım gibi birçok sektörün yanı sıra, ekosistem bütünlüğünü de etkilemektedir. Günümüzde dünyanın birçok bölgesinde toplumlar iklim değişikliğinin negatif etkilerine daha fazla maruz kalmaya başlamışlardır. İklim değişikliği son yüzyıl içinde dünyanın en büyük problemi olmaya devam etmektedir. ABD’nin Ulusal Atmosfer İdaresi tarafından hazırlanan raporda; iklim değişikliğindeki gelişmelerin kötü yönde ilerlemekte olduğu, senaryolara göre 2100 yılında denizlerdeki su seviyesinin yaklaşık 60 cm yükseleceği, dünyanın ortalama sıcaklığının ise 2010 yılında 15,6°C iken 2100 yılında 19,8°C olmasının beklendiği ifade edilmiştir (Birpınar, 2013). Aşırı iklim olayları, büyük ekonomik ve sosyal etkilere sebep olmaktadır. Altyapı (binalar, ulaştırma, enerji ve su temini) sektörü de bu bağlamda iklim değişikliğinden etkilenmekte ve bu durum yoğun nüfusa sahip yerler için ayrı bir risk teşkil etmektedir. İklim değişikliğinin etkileri ile deniz seviyesinde yükselme olduğunda, altyapının etkilenmesi konusu ayrı bir boyut kazanmaktadır. Dolayısıyla; ulaştırma, bölgesel kalkınma, sanayi, turizm ve enerji sektörleri dâhil olmak üzere, kara ve deniz alanlarına ilişkin planlama çalışmalarında daha stratejik ve uzun dönemli bir yaklaşım gerekli olmaktadır. Turizm sektörünün de muhtemelen dağlık bölgelerde azalan kar örtüsü ve Akdeniz Bölgesi’ndeki yüksek sıcaklıklardan negatif etkilenmesi kaçınılmazdır (Türkiye’nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2011-2023), Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.).

İklim değışikliği, tarım sektörünü çeşitli şekillerde etkileyerek verimliliği azaltmaktadır. Sıcaklık artışları, bitkilerin optimal büyüme aralıklarının dışına çıkmasına ve verim kayıplarına yol açabilir. Yağış düzenlerindeki değışiklikler ise kuraklık ve sel riskini artırarak tarımsal üretimi olumsuz etkilemektedir.

Ekstrem hava olaylarının artışı, tarımsal ürünlerde ansızın ve büyük kayıplara sebep olabilir, bu da çiftçilerin ekonomik durumunu sıkıntıya düşürür. Deniz seviyesinin yükselmesi ise kıyı bölgelerindeki tarım alanlarının tuzlanmasına yol açarak verimliliği düşürerek çiftçileri ek maliyetlerle karşı karşıya bırakmaktadır.

Bu etkiler, tarım sektöründe verimlilik kayıplarına, üretim maliyetlerinin artmasına ve fiyat dalgalanmalarına neden olur. Tarım sektörü, iklim değışikliğine uyum sağlamak için dayanıklı bitki türleri geliştirme, sulama sistemlerini iyileştirme ve toprak yönetimi tekniklerini optimize etme gibi stratejiler geliştirmek zorundadır. İklim değışikliğinin tarımsal etkilerini azaltmak ve uyum sağlamak için etkili politikalar ve uygulamalar geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Besin kaynağı açısından insanın yaşamında büyük bir öneme sahip olan buğday serin iklim tahılıdır. Üretim miktarı ve ekiliş alanı bakımından Türkiye’de ve Dünyada ilk sırada gelmektedir. Buğday dünya nüfusunun %40’nın temel besin ihtiyacını karşılamasının yanı sıra kalori ihtiyacının da %20’sini karşılamaktadır (Wiese, 1991).

Bu tez çalışmasında, CROPWAT modeli kullanılarak Adana bölgesinde buğday bitkisi için su tüketimi ve sulama yönetimi teorik olarak değerdendirilmiştir. Çalışmada kullanılan veriler, 2008-2010 yıllarına ait meteorolojik veriler olup, iklim değışikliğinin etkilerini incelemek için yeterli bir zaman aralığını temsil etmemektedir. Bunun yerine, gelecekteki olası senaryoların etkilerini analiz etmek için RCP 4.5 ve RCP 8.5 gibi küresel iklim senaryolarından elde edilen veriler modele entegre edilmiştir. Çalışma, birinci ve ikinci ürün buğday ifadelerinden ziyade, Adana bölgesindeki buğday tarımının mevcut ve gelecekteki koşullarda sulama gereksinimlerine odaklanmaktadır. CROPWAT modeli, bitki gelişimi tahmini yapmamakta, sadece referans evapotranspirasyon ve sulama suyu gereksinimlerini hesaplamaya yönelik bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada Adana İli buğday tarımının gelecek dönemlerde iklim değışikliğinin açısından muhtemel etkilenebilirliği çalışılmıştır. Çalışma sonuçlarının ileriki dönemlerde üretim faaliyetlerinde faydalı olması beklenmektedir. Bitki su tüketimi ve bitki su tüketimi hesaplamalarına yardımcı olmak için kullanılan bir model çalışmasıdır.

2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TARIMSAL ÜRETİM VE SU YÖNETİMİNE ETKİLERİ: MODELLER VE UYGULAMALAR

Bitki gelişim modelleri, tarım sektöründe iklim değişikliğinin etkilerini anlamak ve bu etkilerle başa çıkmak için kritik araçlardır. İklim değişikliği, yükselen sıcaklıklar, değişen yağış rejimleri ve ekstrem hava olayları yoluyla tarımsal verimlilik üzerinde doğrudan etkiler yaratmaktadır (Yetik ve Şen, 2022; Şen, 2023). Bu durum, su ve toprak kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini ve tarımsal üretimde adaptasyon stratejilerinin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır.

Son araştırmalar, iklim değişikliğinin özellikle Akdeniz iklimine sahip bölgelerdeki su kaynakları üzerindeki etkisini ortaya koymuştur. Örneğin, Çukurova Bölgesi'nde yapılan çalışmalar, sıcaklık artışları ve yağış azalmalarının buğday ve mısır gibi ürünlerin sulama suyu ihtiyacını önemli ölçüde artırdığını göstermektedir (Şen, 2023). CROPWAT modeli gibi araçlar, evapotranspirasyon (ET_c) ve sulama suyu gereksinimlerini simüle ederek, farklı iklim senaryoları altında gelecekteki su ihtiyaçlarını tahmin etmede etkili araçlar olarak öne çıkmaktadır (Yetik ve Şen, 2022; Umar ve Şen, 2023).

İklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki etkileri, Çukurova Bölgesi'nde yapılan çalışmalarla ayrıntılı olarak incelenmiştir. Yetik ve Şen (2022) tarafından yapılan bir araştırmada, CROPWAT modeli kullanılarak mısır üretiminde sulama suyu gereksinimlerinin RCP4.5 senaryosunda %7,37, RCP8.5 senaryosunda ise %20 oranında artış göstereceği öngörülmüştür. Umar ve Şen (2023) tarafından gerçekleştirilen benzer bir çalışmada ise pamuk üretimi için yapılan simülasyonlar, yalnızca doğal yağışa bağlı koşullarda %51'e varan verim kaybı olabileceğini ortaya koymuştur. Bu bulgular, iklim değişikliği senaryoları karşısında tarımsal yönetim stratejilerinin yeniden düzenlenmesi gerektiğini açıkça göstermektedir. Çukurova Bölgesi'nde yapılan çalışmalarda, iklim değişikliği senaryolarının tarımsal üretim üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. CROPWAT modeli kullanılarak gerçekleştirilen bir araştırmada, mısır üretiminde sulama suyu gereksinimlerinin RCP4.5 senaryosunda %7,37, RCP8.5 senaryosunda ise %20 oranında artış gösterdiği tespit edilmiştir (Yetik ve Şen, 2022). Benzer şekilde, pamuk üretimi üzerine yapılan simülasyon çalışmaları, yağmur beslemeli koşullarda %51'e varan verim kaybı olabileceğini ortaya koymuştur (Umar ve Şen, 2023). Bu bulgular, iklim değişikliği etkileri karşısında tarımsal yönetim stratejilerinin gözden geçirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

İklim değişikliği, tarımsal üretim ve gıda güvenliği için risk teşkil ederken, bitki gelişim modelleri bu etkileri analiz etmek ve azaltmak için güçlü araçlar sunmaktadır. Bu modeller, sadece iklim değişikliğine adaptasyon stratejilerinin geliştirilmesinde değil, aynı zamanda tarımsal sürdürülebilirliğin sağlanmasında da önemli bir rol oynamaktadır. Gelecekte, modelleme çalışmalarının artırılması ve bu modellerin yerel düzeydeki tarımsal uygulamalarla entegre edilmesi önerilmektedir.

2.1. Tarımda İklimin Önemi

İklim değişikliği, tarım sektörünü hem olumlu hem de olumsuz yönde etkileyen önemli bir çevresel faktördür. Türkiye özelinde yapılan çalışmalar, artan yağışın tarımsal gayrisafi yurt içi hasılaya olumlu etkileri olduğunu, ancak yükselen sıcaklıkların ve artan CO₂ emisyonlarının olumsuz etkiler yarattığını göstermektedir (Başoğlu ve Telatar, 2013; Zaimoğlu, 2019). İklim değişikliğinin toprak ve su rejimlerini etkileyerek toprak verimliliğinin azalmasına, çölleşmenin artmasına ve mahsullerde haşere ve hastalıkların yaygınlaşmasına neden olması beklenmektedir (Akalın, 2014). Küresel düzeyde, tarımsal üretim potansiyelinin 2080 yılına kadar %3.2 oranında azalacağı öngörülmektedir (Türkeş, 2020). Bu etkiler yalnızca mahsul verimini değil, aynı zamanda gıda güvenliğinin tüm boyutlarını - erişim, tüketim, sürdürülebilirlik ve mevcudiyet - derinden etkilemektedir (Türkeş, 2020).

İklim değişikliği ve tarım arasında çift yönlü bir ilişki vardır. İklim, tarımsal üretimi şekillendiren ana unsurdur; sıcaklık, yağış ve diğer meteorolojik değişkenler mahsul verimi ve üretim sistemlerini doğrudan etkiler (Aydinalp ve Cresser, 2008; Patil, 2021). Özellikle gelişmekte olan ülkeler, tarıma bağımlılıkları ve sınırlı uyum altyapıları nedeniyle iklim değişikliğinin etkilerine karşı daha savunmasızdır (Yohannes, 2015; Subbarao, 2017). Artan sıcaklıkların yüksek enlemlerde büyüme sezonlarını uzatarak olumlu etkiler yaratabileceği öne sürülürken, genel anlamda iklim değişikliği tarımsal üretimi azaltma eğilimindedir (Yohannes, 2015; Subbarao, 2017). Ayrıca, tarımsal faaliyetler fosil yakıt kullanımı, toprağın işlenmesi ve hayvan gübresinden kaynaklanan sera gazı emisyonları yoluyla iklim değişikliğine katkıda bulunmaktadır (Yohannes, 2015; Subbarao, 2017).

Araştırmalar, iklim değişikliğinin tarımsal üretime fiziksel etkilerini, özellikle bitkisel üretim ve hayvancılıkta verim değişikliklerini ve ekonomik sonuçlarını vurgulamaktadır (Aydinalp ve Cresser, 2008). Bunun yanında, organik tarım ve ağaçlandırma temelli tarımsal sistemler gibi uyum ve azaltım stratejileri, tarım sektörünün iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı dayanıklılığını artırmada önemli bir rol oynayabilir (Yohannes, 2015; Subbarao, 2017).

2.2. Tarım ve İklim Değişikliği Modelleri

İklim modelleri, tarım sektörünün iklim değişikliğine karşı kırılganlığını analiz etmek ve gelecekteki etkileri öngörmek için kullanılan kritik araçlardır. Bu modeller, iklim değişikliğinin uzun vadeli etkilerini simüle ederek tarımsal üretim süreçlerine ışık tutar ve tarımsal adaptasyon stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olur. Bitki büyüme modelleri, sayısal iklim modelleri ve çiftlik yönetim sistemlerini birleştiren araçlar, tarım alanında kullanılan önemli modeller arasındadır. Bu modeller, sıcaklık, yağış ve rüzgar gibi meteorolojik parametrelerin tarımsal üretim üzerindeki etkilerini analiz ederek üretim süreçlerinin daha verimli ve sürdürülebilir olmasını sağlamaktadır.

Örneğin, Community Land Model (CLM-Crop), tarımsal alanlardaki mısır, soya fasulyesi ve buğday gibi ürünleri içeren tarımsal faaliyetlerin brüt birincil üretkenliğini artırmak için

geliştirilmiştir (Drewniak ve ark., 2013). Benzer şekilde, AquaCrop ve DSSAT modelleri, bitki gelişim süreçlerini ve su tüketimini analiz etmek için kullanılan etkili araçlardır. Bu modeller, tarımsal su yönetiminde ve ekim stratejilerinin optimize edilmesinde temel rehberlerdir.

İklim modelleri, sıcaklık artışı, yağış rejimlerindeki değişim ve ekstrem hava olaylarının etkilerini öngörmek için tarım sektöründe yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu modeller, iklim değişikliği senaryolarına uygun tarımsal planlama yapılmasını ve su kaynaklarının daha etkin kullanımını mümkün kılar (Hird ve ark., 2017). Ayrıca, tarımsal üretim süreçleri üzerinde etkili olan biyogeo-kimyasal döngüler ve enerji dengelerinin analizi için güçlü araçlar sunmaktadır.

2.2.1. Mevcut Durum

Tarımdaki verim ile sıcaklık artışı ilişkisi çok önemlidir. Türkiye'nin de bir bölümünün içinde yer aldığı tropik ve subtropik ülkelerde verimlilikte bir azalma yaşanacağını ama orta ve yüksek enlemlerdeki ülkelerde verimlilikte artış olacağını öngörmektedir (Türkeş, 2008).

İklim Değişikliğine Neden Olan Etmenler

İklim değişikliğinin, küresel ve bölgesel kapsamda çeşitli etkileri ortaya çıkmakta ve bu etkilerin farklı ve daha güçlü şekillerde devam edeceği beklenmektedir. Tarım, temiz su kaynakları, enerji, insan sağlığı ve biyoçeşitlilik gibi alanlardaki etkilerle beraber küresel iklim değişikliğinin sosyal ve ekonomik yaşamda bir takım zincirleme etkilerinin yaşanmasında kaçınılmaz görünmektedir (Doğan ve Tüzer, 2011).

İklim değişikliğinin ilk etkileri sıcaklık artışları ve yağış rejiminde meydana gelen dalgalanmalar olarak ortaya çıkmaktadır. Sıcaklık artışı ve yağış rejimindeki bu dalgalanmalar kuraklık, sel ve fırtına gibi iklim kaynaklı doğal afetlerin sıklığını ve şiddetini artırarak ciddi ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Nitekim 1980-2012 döneminde yaşanan doğal afetlerin yaklaşık %87'si iklim kaynaklı doğal afetlerdir. Bu doğal afetlerin %44'ü fırtına; %41'i sel ve %15'i ise kuraklık kaynaklıdır. Yaşanan bu doğal afetlerin aynı dönemde neden olduğu ekonomik kayıp ise yaklaşık 2,8 trilyon dolardır. Yıllık bazda incelendiğinde bu rakamın 85 milyar dolara tekabül ettiği görülmektedir. İklim değişikliğinin neden olduğu bu ekonomik kayıpların 2050 sonrasında yıllık ortalama 1 trilyon dolar civarında olacağı öngörülmektedir (Başoğlu, 2014).

Ekonomiler için önemli olan tarım, turizm ve enerji sektörleri iklim değişikliğinin etkilerine yoğun bir şekilde maruz kalmaktadır. Bu sektörlerden tarım ve turizm doğrudan, enerji ise dolaylı olarak iklime bağlıdır. Bazı bölgelerde ılıman bir iklim değişikliğinin tarım ve turizm üzerinde başlangıçta olumlu etkisi beklense de küresel ölçekte net etkisi olumsuz yönde olmaktadır. Bu bağlamda, iklim değişikliğinin sektörlere olan etkileri ele alınmaktadır (Başoğlu, 2014).

Farklı koşullara göre adapte edilen ürün çeşitleri, ilaçlama, gübreleme ve sulama sistemleri gibi konulardaki gelişmelere rağmen tarımsal üretimde iklim koşulları hâlâ en önemli role sahip

etmemidir. İklim değışikliğı karşısında kırılğan olan tarım sektörünü etkileyen başlıca iklimsel faktörler şunlardır:

- Sıcaklık, yağış, CO₂ seviyesi ve ekstrem hava olayları bitkilerde verimi, hasat zamanını ve meralar açısından otlatma verimini değıştirmektedir.
- Kuraklık ya da aşırı yağışlar sık ve şiddetli gerçekleştiğinde tarımsal kayıplar artmaktadır. Bu sebeplerle üretim miktarında görülecek değışimler tarımsal ürün fiyatlarını etkilemektedir.
- Sıcaklık artışıyla, hayvanlarda ısı üretimi ve ısının kullanılması arasındaki denge bozulabilmektedir. Bu da ölüm oranı, yem tüketim oranı, canlı ağırlık artışı ve süt üretimi üzerinde birtakım etkiler yaratabilmektedir.
- Sıcaklık artışları, buharlaşmayı artırarak sulama suyu talebini yükseltmekte ve mevcut su kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır. Bunun yanı sıra, sıcaklık artışları kar yağışlarının zamanını ve süresini kısaltarak, yaz döneminde kullanılabilir su miktarında azalmaya yol açmaktadır.
- İklim değışikliğı nedeniyle deniz suyu seviyesinin yükselmesi, sahil şeridinde bulunan tarım alanlarının sel ve tuzlu su baskınlarına maruz bırakmaktadır. Bu durum söz konusu alanlarda verimliliğı azaltabilmektedir.
- Artan fırtına ve sel olayları tarıma elverişli toprakların erozyon nedeniyle zarar görmesine sebep olabilmektedir.

Yüksek sıcaklıklar ve kuraklık, orman yangını riskinin artmasına, zararlı haşerelerin türemesine ve tarım alanlarının çölleşmesine neden olabilmektedir (Başoğlu, 2014).

İklim değışikliğı nedeniyle tarımsal verimlilikte ve üretimde yaşanacak kayıplar, gıda fiyatlarının yanında tarım sektörü ile ilişkili olan diğğer sektörlerde de maliyet artışlarına neden olabilecektir (IPCC, 2014).

IPCC 2014 raporuna göre CO₂'nin ürün verimliliğı üzerindeki olumlu etkisi dikkate alınmadığında, 2050 yılına kadar iklim değışikliğı nedeniyle küresel gıda fiyatlarında %84'e (%3-84) varan oranlarda fiyat artışları yaşanabilecektir.

2050 yılına dair yapılan tahminler sonucunda hem küresel ortalama sıcaklıkta hem de yağış dahil tüm meteorolojik parametrelerde farklılıklar olacağı bilinmektedir. Bu değışiklikler, dünyadaki tarımsal üretimin desenini açıkça etkileyecektir. Avrupa'daki üzümlerden Afrika'daki meralara ve Asya'daki pirince kadar, tüm üretim kalıpları ve geçim kaynaklarının farklılaşacağı ya da diğğer bir deyişle dönüşeceği öngörülmektedir. Bu koşullarda tarım sektörü için adaptasyon tüm dünyada hayati öneme sahiptir. Ayrıca, iklim değışikliğı ve etkilerine karşı küresel iş birliğinin, azaltım ve uyum politikalarının, insanlığın gıda güvenliği adına bölgesel değil küresel anlamda hayati olduğu asla unutulmaması gereken bir gerçekliktir (Zaimoğlu, 2019).

İklim değişikliğinin tarıma etkileri özetlenecek olursa;

- Daha sıcak ve az yağışlı iklim şartları,
- Ekstrem meteorolojik olaylarda artış,
- Su kaynaklarında azalma,
- Kuraklık şiddetinde artış,
- Su ve toprak kalitesinin bozulması,
- Ekosistemin bozulması ve biyolojik çeşitliliğin azalması,
- Ekolojik alanlarda kayma,
- Tarımsal üretimde ve kalitede azalma,
- Zararlılarda ve hastalıklarda artış,
- Gübreleme ve ilaçlama sorunları,

Sürdürülebilir gıda güvenliği sorunları olarak şu başlıklar öne çıkmaktadır:

- Güvenlik (doğa olayları, kuvvetli rüzgar ve siklonlar gibi iklim olaylarının etkisi),
- Memnuniyet (örneğin, tarım faaliyetlerini doğrudan etkileyen aşırı sıcak veya yağmur gibi koşullar),
- Konfor veya sağlık (insan sağlığı üzerinde doğrudan etkiler, deri kanseri riski veya sıcaklık kaynaklı sağlık sorunları gibi).

Bu başlıklar, iklim değişikliğinin gıda üretim süreçleri ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini daha kapsamlı bir şekilde ele almaktadır (Aydemir ve Şenerol, 2014).

2.3 Türkiye'nin İklim Değişikliği ile Mücadeledeki Politika ve Hukuki Çerçevesi: Tarımsal Yaklaşım ve Kanunlardaki Vurgular

Küresel sıcaklık yükselişinin 2°C'ye ulaşması ile, Türkiye'nin de içinde olduğu Akdeniz Havzası'nda beklenenler, iklim değişikliğinden kaynaklı etkilerin önlenmesi amacıyla aksiyon alınması gerektiğini gözler önüne sermektedir. IPCC Dördüncü Değerlendirme Raporu'nda, Akdeniz Havzası'nda genel sıcaklık artışının 1°'ile 2°C'ye ulaşacağı, kuraklığın geniş bölgelerde hissedileceği ve özellikle iç kesimlerde sıcak hava dalgalarının ve aşırı sıcak günlerin sayısının artacağı ifade edilmektedir. Türkiye'de ise yıllık ortalama sıcaklığın gelecek yıllarda 2,5°'ile 4°C artacağı, Ege ve Doğu Anadolu bölgelerinde bu artışın 4°C'yi, iç bölgelerde ise 5°C'yi bulacağı tahmin edilmektedir. IPCC Raporu ve yürütölen bir dizi ulusal ve uluslararası bilimsel model çalışmaları, Türkiye'nin yakın gelecekte daha sıcak, daha kurak ve yağışlar bakımından daha belirsiz bir iklim yapısına sahip olacağını ortaya koymuştur.

Türkiye’de iklim değişikliğinin; bilhassa su kaynaklarının azalması, taşkınların artması, orman yangınları, kuraklık, çölleşme ve bunlara bağlı ekolojik tahribata neden olacağı öngörülmektedir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2011). Türkiye’nin İklim Değişikliğine Uyum Kapasitesinin Geliştirilmesi Ortak Programı çerçevesinde gerçekleştirilen iklim öngörülleri, diğer çalışmaları destekleyecek şekilde sıcaklıklarda belirgin artışlar ile hemen hemen bütün ekonomik sektörleri, yerleşimleri ve iklime bağlı doğal afet risklerini temelden etkileyecek biçimde yağış düzeninin yani su döngüsünün değişeceğini öngörmektedir. Bu değişim öngörülleri yorumlandığında, Türkiye’de yağış ve sıcaklıklardaki değişimler su kaynakları, tarımsal üretim, insan sağlığı, doğal afet riskleri ile ekonomik büyümeyi etkileyecek ve su gibi üretimde temel girdiyi teşkil eden faktörlerin miktar ve kalitesini düzenleyen ekosistem hizmetleri için de risk teşkil edecektir.

2.3.1. Türkiye’nin Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi (2050)

Ulusal İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı, Türkiye’de iklim değişikliğinden etkilenebilirlik alanlarını, teknik ve bilimsel çalışmaların desteklediği ve katılımcı süreçler ile kabul edilen beş önemli alana odaklanmıştır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2011; 2020). Bunlar:

- Su Kaynakları Yönetimi
- Tarım ve Gıda Güvencesi
- Ekosistem Hizmetleri, Biyolojik Çeşitlilik ve Ormancılık
- Doğal Afet Risk Yönetimi
- İnsan Sağlığıdır.

İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planında yer alan sektörel hedeflerden bazıları şunlardır:

- 2023 yılına kadar sanayi sektöründe sera gazı sınırlandırılmasına yönelik yeni teknolojilerin geliştirmesi ve kullanılması,
- Yenilenebilir enerji payının toplam enerji payı içerisindeki oranının artırılması,
- Kamu kuruluşlarının bina ve tesislerinde, yıllık enerji tüketiminin 2015 yılına kadar % 10 ve 2023 yılına kadar % 20 azaltılması,
- 2023 yılı itibariyle karayollarının yük taşımacılığındaki (2009 yılında ton-km olarak % 80,63 olan) payının %60’ın altına, yolcu taşımacılığındaki (2009 yılında yolcu-km olarak % 89,59 olan) payının % 72’ye düşürülmesi,
- 2023 yılına kadar vahşi depolama sahalarının %100’ünün kapatılması (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2011).

Türkiye'nin iklim değişikliği politikası, sanayileşme hamlesini 20. yy'da başlatan ülkemizin atmosferdeki sera gazı oranının artışında tarihsel bir sorumluluğu bulunmadığı, her bir ülkenin sera gazı emisyonlarına katkısına paralel olarak geliştirilecek “ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar” ilkesi çerçevesinde üzerine düşen görevi yapacağı yönündedir (WWF, n.d.).

Türkiye, doğrudan iklim değişikliği konusunu düzenleyen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne (BMİDÇS), Kyoto Protokolü'ne ve son olarak Paris Anlaşması'na taraftır. Türkiye ayrıca, doğrudan iklim değişikliği konusunu içermemekle birlikte iklim değişikliği ile mücadeleyle yakın ilgisi bulunan çevre odaklı bazı uluslararası antlaşmalara da Taraf durumdadır. Türkiye, iklim değişikliği ile mücadele bağlamındaki stratejilerini, politikalarını plan ve programlarını, verileri ve güncel durumunu Ulusal Bildirimler, Ulusal Sera Gazı Yıllık Envanteri Raporları ve İki Yıllık Raporlar vasıtası ile BMİDÇS Sekretaryasına iletmekle yükümlüdür. Bu çerçevede Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi (İDES) 2010-2020, İklim Değişikliği Eylem Planı (İDEP) 2011-2023, Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2011-2023), İklim Değişikliği Ulusal İletişim Stratejisi ve Eylem Planı (2020) üst politika belgeleri hazırlanmış ve uygulanmaktadır. Ayrıca, Yedinci İklim Değişikliği Ulusal Bildirimi 26 Aralık 2018 tarihinde, Dördüncü İklim Değişikliği İki Yıllık Raporu 27/12/2019'da Sekretaryaya sunulmuştur. Her yıl, yıllık Sera Gazı Emisyon Envanteri raporlaması Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) koordinasyonunda yapılmakta ve Sözleşme Sekretaryasına sunulmaktadır. Türkiye Ekim 2015'te sunduğu “Niyet Edilen Ulusal Katkı Beyanı” (INDC) ile ilk kez resmi olarak sayılandırılmış sera gazı azaltım vaadinde bulunmuştur. INDC'de sanayi, ulaştırma, bina, tarım, enerji, atık ve ormancılık sektörlerinde önemli alanlarda ihtiyaçlara cevap verecek birçok hedefin yer aldığı görülmektedir. Küresel sıcaklık artışının Endüstri Öncesi Döneme göre 2° C'nin oldukça altında tutulmasını ve iklim değişikliğinin etki ve risklerini önemli ölçüde düşürebileceğini dikkate alarak sıcaklık artışının 1.5° C'de sınırlandırılması yönünde çaba harcanmasını amaçlayan Paris Anlaşmasına henüz taraf olan Türkiye, ülkenin kalkınma önceliklerini ve özel koşullarını göz önüne alarak “ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar” ve “göreceli kabiliyetler” ilkesinin adil işletilmesini beklemektedir. Anlaşmaya, bu yaklaşım doğrultusunda gelişmekte olan bir ülke olarak ve ekonomik kalkınma hakkına halel getirmemesi kaydıyla uygulayacağı beyanı ile taraf olunmuştur.

Kanunlara bakıldığında Çevre Kanunu'nda iklim değişikliğiyle ilgili temel kavramlar bulunduğu gibi enerji, tarım, yapılaşma, ulaşım gibi sektörleri düzenleyen kanunlarda da doğrudan ve ilgili iklim hükümlerine rastlanıyor. Yutak alanları olan orman, mera ve milli park gibi yerlerle ilgili koruma ve kullanma dengesi kurmaya çalışan kanunların varlığı da biliniyor. Merkezi Yönetim Bütçe Kanunu'nda da iklim değişikliğinin yansımaları görülmektedir.

Türkiye, iklim değişikliğini konu edinen ve iklim değişikliğiyle ilgili Taraf olduğu uluslararası antlaşmaların gereği olarak bu alandaki mücadeleyi sosyal, ekonomik ve çevresel politikalarında göz önünde tutmaktadır. İklimle ilişkin ve iklimi ilgilendiren antlaşmaların ve

kanunların hükümleri doğrultusunda ikincil mevzuatta düzenlemeler yapıldığı, strateji belgeleri hazırlandığı, eylem planları yürürlüğe konulduğu, raporlamalar gerçekleştirildiği görülmektedir.

Paris Anlaşması'yla ivme kazanan küresel dönüşüme destek veren Türkiye, iklim değişikliği ile mücadelenin hemen her alanında sürdürülebilir kalkınma ilkelerine de bağlı kalarak politikalarını gözden geçirmekte olup yeni iklim ekonomisi bağlamında hukuki, kurumsal ve iktisadi sistemini geliştirme yolunda ilerlemektedir.

2.3.2. Küresel – Bölgesel İklim Modelleri ve İklim Senaryoları

İklim modelleri, atmosfer, kara, okyanus ve buz gibi Dünya sistemlerinin fiziksel süreçlerini temsil eden matematiksel araçlardır. Bu modeller, insan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı salınımlarının ve diğer çevresel etkilerin iklim üzerindeki potansiyel etkilerini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Küresel İklim Modelleri (GCM) ve Bölgesel İklim Modelleri (RCM) bu kapsamda en yaygın kullanılan yöntemlerdir.

Küresel İklim Modelleri (GCM)

Küresel iklim modelleri, dünya genelinde geniş bir alanı kapsayan atmosfer ve okyanus dinamiklerini simüle eder. Bu modeller, genellikle düşük çözünürlükte çalışır ve uzun zaman dilimlerinde genel eğilimleri analiz etmek için uygundur. Örneğin, HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve GFDL-ESM2M gibi modeller, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) tarafından önerilen Temsili Konsantrasyon Yolları (RCP) senaryoları altında çalıştırılmıştır. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları, 21. yüzyıl boyunca Türkiye için ortalama sıcaklık artışlarının 1°C ila 6°C arasında olacağını öngörmektedir (Gürkan ve ark., 2015).

Bölgesel İklim Modelleri (RCM)

Bölgesel iklim modelleri, küresel modellerden elde edilen sonuçların belirli bir bölge için daha yüksek çözünürlükle (örneğin 20 km) analiz edilmesine olanak tanır. Bu yöntem, Türkiye gibi iklim değişikliğine duyarlı bölgelerdeki yerel etkilerin daha ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesini sağlar. RegCM4.3.4 gibi modeller, küresel model çıktılarından dinamik ölçek küçültme yöntemiyle elde edilen veriler kullanılarak sıcaklık ve yağış projeksiyonları üretmektedir (Gürkan ve ark., 2015).

Temsili Konsantrasyon Yolları (RCP) ve Senaryolar

IPCC'nin 5. Değerlendirme Raporu kapsamında geliştirilen RCP senaryoları, farklı sera gazı konsantrasyonu seviyelerini ve bunların iklim üzerindeki etkilerini modellemektedir:

- RCP 2.6: Düşük salınım senaryosu, 2100 yılına kadar karbon dioksit eşdeğer konsantrasyonlarının 490 ppm civarında stabilize olmasını öngörür.
- RCP 4.5: Orta düzeyde salınım senaryosu, 2100 yılında 650 ppm seviyesinde bir dengeyi hedefler.
- RCP 8.5: Yüksek salınım senaryosu, 2100 yılına kadar 1370 ppm seviyesine ulaşmayı öngörür ve küresel ortalama sıcaklıkta maksimum artış senaryosunu temsil eder (Demircan ve ark., 2014).

Türkiye İçin İklim Projeksiyonları

Türkiye'nin iklim değişikliğine karşı en hassas bölgelerden biri olan Doğu Akdeniz havzasında yer alması, küresel ve bölgesel modellerin önemini artırmaktadır. Bölgesel iklim projeksiyonlarına göre:

- Sıcaklık Artışları: Tüm senaryolarda sıcaklık artışı öngörülmektedir. Özellikle yaz aylarında bu artışın daha belirgin olduğu gözlenmiştir.
- Yağış Düzenindeki Değişiklikler: Yağış rejiminde genel bir düzensizlik ve kış ayları hariç yağış miktarında azalma dikkat çekmektedir. Bu durum, tarımsal üretim ve su yönetimi üzerinde önemli etkilere neden olabilir (Gürkan ve ark., 2015).

Bu modeller, özellikle su kaynaklarının yönetimi ve tarım politikalarının yeniden yapılandırılmasında kritik rol oynamaktadır. Türkiye'de yapılan çalışmalar, bölgesel ölçeklendirme yöntemlerinin tarımsal üretim süreçlerinde önemli bir araç olduğunu göstermektedir.

2.4. Tarımda İklim Model Kullanımı

İklim değişikliği, tarımsal üretim üzerinde önemli etkiler yaratmakta ve bu etkiler, gıda güvenliği, ekonomik gelişme ve uluslararası ticaret gibi alanları doğrudan etkilemektedir (Bayraç ve Doğan, 2016). Artan sıcaklık, azalan yağış ve yükselen CO₂ seviyeleri tarımsal verimliliği olumsuz etkilerken, akıllı tarım uygulamaları ve iklim modeli tabanlı stratejiler, sürdürülebilir tarımı desteklemek için kullanılmaktadır (İpek, 2022; Türkeş, 2020). Çalışmalar, tarımsal üretim üzerinde meydana gelen değişikliklerin bölgesel ve küresel düzeyde farklı etkiler yarattığını ortaya koymaktadır. Örneğin, 2080 yılına kadar küresel tarımsal üretim potansiyelinin %3,2 oranında azalması beklenmektedir (Türkeş, 2020).

İklim modelleri, iklim değişikliğinin tarımsal üretime olan etkilerini öngörmek ve çiftçilerin adaptasyon kapasitelerini artırmak için etkili araçlardır. Panel modeller, tarımsal sonuçlar ile iklimsel değişkenler arasındaki nedensel ilişkileri analiz etmekte kullanılmaktadır (Blanc ve Schlenker, 2017). Bu modeller, iklim tahminlerini bitkisel üretim simülasyonları ile birleştirerek tarımsal yönetim kararları için değerli bilgiler sunmaktadır.

Özellikle, mevsimsel iklim tahminlerinin mahsul simülasyon modellerine entegrasyonu, çiftçilerin kararlarını yönlendiren olasılıksal verim tahminleri ve erken uyarı sistemleri geliştirilmesine olanak tanımaktadır (Hansen, 2005).

CROPWAT, AquaCrop ve DSSAT gibi mahsul modelleri, iklim değişikliğinin tarımsal su yönetimi üzerindeki etkilerini analiz etmekte yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, AquaCrop modeli, kuraklık koşullarında suyun verimli kullanımını optimize ederek mahsul verimliliğini koruma odaklı bir modeldir. Akdeniz ikliminde yapılan bir çalışmada, 2070-2099 yılları arasında mısır üretimi için sulama suyu ihtiyacının %7,37 oranında artacağı tahmin edilmiştir (Yetik & Şen, 2023). Bunun yanında, EPIC modeli, uzun vadeli çevresel etkileri değerlendirirken, su kalitesi, erozyon ve toprak kaybı gibi faktörleri analiz ederek sürdürülebilir tarım stratejileri geliştirmeye yardımcı olur (Adam ve ark., 2020).

İklim modelleri, tarımsal üretimin iklim değişikliğine karşı kırılganlığını azaltmak ve daha dirençli bir üretim sistemi oluşturmak için stratejik karar verme süreçlerine rehberlik etmektedir. Ancak, bu modellerin sonuçlarının, sınırlamaları göz önünde bulundurularak dikkatlice değerlendirilmesi gereklidir (Hansen, 2005).

Tarımda iklim modellerinin kullanımı, iklim değişikliğinin potansiyel etkilerini öngörmek ve sürdürülebilir adaptasyon stratejileri geliştirmek için kritik bir araçtır. Bu modeller, yalnızca mahsul verimini artırmakla kalmaz, aynı zamanda tarımsal üretim süreçlerinin ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğini de desteklemektedir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Araştırma, iklim değişikliğinin buğday bitkisi üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla CROPWAT modeli kullanılmıştır. Araştırmada buğday bitkisi (*Triticum aestivum*) temel materyal olarak ele alınmış ve buğdayın büyüme süreçleri, iklimsel değişkenler ve çevresel faktörler çerçevesinde değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan model, bitki gelişimini etkileyen su, ve sıcaklık gibi faktörlerin bitki gelişimi üzerindeki etkilerini simüle ederek, iklim değişikliğinin buğday üretimi üzerindeki olası sonuçlarını öngörmeye odaklanmaktadır.

3.1.1. Buğday Bitkisi

Buğday (*Triticum aestivum*) bitkisinin taksonomisi; Alem: Plantae, Şube: Magnoliophyta, Sınıf: Liliopsida, Takım: Poales, Familya: Poaceae, Cins: *Triticum*'dur (Levy ve Feldman, 2022). İnsan seçimiyle çok sayıda buğday türü evrimleşmiştir. Bu çeşitlilik, buğdayların isimlendirilmesinde karışıklığa yol açmıştır ve isimler hem genetik hem de morfolojik özelliklere dayanmaktadır.

Yaygın çeşitlerin listesi:

- Albimonte (Sanità Di Toppi ve ark., 2009)
- Manital (Sanità Di Toppi ve ark., 2009)
- Shirley
- Hilliard

Buğday ilk olarak Holosen'in başlarında Batı Asya'da evcilleştirildi ve oradan tarih öncesi dönemde Kuzey Afrika, Avrupa ve Doğu Asya'ya yayıldı. Çıplak buğdaylar (*Triticum aestivum*, *T. durum* ve *T. turgidum* dahil) MÖ 100'den MS 300'e kadar uzanan Roma mezarlıklarında bulundu (Rottoli ve Castiglioni, 2011).

Buğday ilk olarak 16. yüzyılda İspanyol misyonlarıyla Kuzey Amerika'ya ulaştı, ancak Kuzey Amerika'nın büyük bir tahıl ihracatçısı olarak rolü 1870'lerde çayırların kolonileştirilmesine kadar uzanıyor. I. Dünya Savaşı sırasında Rusya'dan tahıl ihracatı durduğunda, Kansas'taki tahıl üretimi iki katına çıktı.

Dünya çapında ekmeklik buğday, modern endüstriyel fırıncılığa iyi uyum sağladığını kanıtladı ve özellikle Avrupa'da bir zamanlar ekmek yapımında yaygın olarak kullanılan diğer buğday, arpa ve çavdar türlerinin çoğunun yerini aldı.

Modern buğday çeşitleri, bitkinin hücreleri uzatan bir bitki hormonu olan gibberellik aside olan duyarlılığını azaltan RHt küçültme genlerinin sonucu olarak kısa saplar için seçilmiştir (Ellis ve ark., 2002). RHt genleri, 1960'larda Norman Borlaug tarafından Japonya'da yetiştirilen Norin 10

buğday çeşidinden modern buğday çeşitlerine tanıtılmıştır. Kısa saplar önemlidir çünkü yüksek düzeyde kimyasal gübre uygulaması sapların çok yükseğe çıkmasına neden olur ve bu da sapların çökmesine (çökmesine) yol açar. Sap yükseklikleri de eşittir ve bu da modern hasat teknikleri için önemlidir.

Protein, karbonhidrat ve mineraller açısından zengin olan buğday (*Triticum aestivum*), dünyanın en önemli tahıl ürünlerinden biridir ve insan nüfusunun %30'unun temel gıda kaynağıdır. 2000 ile 2008 yılları arasında buğday üretimi, öncelikle iklimsel eğilimler nedeniyle %5,5 oranında düştü ve son 10 yılın 5'inde dünya çapındaki buğday üretimi talebi karşılamaya yetmedi (Lobell ve ark., 2011 ve FAO, 2013). Küresel nüfusun 2050 yılına kadar 9 milyarı aşması öngörüldüğünden, araştırmacılar, yetiştiriciler ve üreticiler gelecekteki talepleri karşılamak için buğday üretimini yaklaşık %70 oranında artırma zorluğuyla karşı karşıyadır (Tilman ve ark., 2002 ve Foley ve ark., 2011). Aynı zamanda, üreticiler artan gübre ve diğer girdi maliyetleri, iklim değişikliğinden kaynaklanan aşırı hava koşulları, gıda ve gıda dışı kullanımlar arasındaki artan rekabet ve azalan yıllık verim büyümesiyle karşı karşıyadır (OECD, 2013). Buğdayın küresel bir gıda ürünü olarak başarısındaki en önemli etkenlerden biri, çok çeşitli iklim koşullarına uyum sağlayabilmesidir.

3.1.2. Çalışma Alanı ve Özellikleri

Bu tez çalışmasında, çalışma alanı olarak Adana ili seçilmiştir. Türkiye'nin güneyinde yer alan Adana; doğuda Osmaniye, Kahramanmaraş, Gaziantep, batıda İçel, kuzaybatıda Niğde, güneydoğuda Hatay gibi illerle ve güneyde Akdeniz'e olan sınırları ile Akdeniz Bölgesinin Çukurova Bölgesinde bulunmaktadır. Tüm ova Adana Ovası olarak adlandırılır fakat güney bölümünde kalan parçaya Çukurova ve kuzey tarafta kalan bölüm ise Yukarıova veya Anavarza denir. Şehir Seyhan Nehrinin iki yakasında 35°-38° kuzey enlemi ve 34°-36° doğu boylamında yer almaktadır. Araştırma bölgesi olan Adana ili, Akdeniz iklim bölgesinde yer almakta olup yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlı geçmektedir (Adana Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, n.d.). Türkiye'nin önemli bir şehri olan Adana, ülkenin en önemli tarım, ticaret ve kültür merkezlerinden biridir.

3.1.3. İklimsel Özellikler

Adana, Akdeniz iklim özelliklerinin görüldüğü bir ildir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlıdır. Yazın alçak basınç merkezi olan Çukurova'ya denizden ve Toroslardan hava akımı olur. Bu durumda bir yandan nemli hava denizden gelirken, diğer yandan barajlar ve ovanın sulanması nedeniyle nem artar. Böylece yazın nemli sıcak bir hava görülür. Adana'da yağışlar genellikle yamaç yağışları ile hareketli hava kütlelerinin karşılaşması sonucu oluşur. Yağışlar dağlık kesimde doğal olarak görülür. Ayrıca ovada nadiren kar görülürken, dağlarda kar yağışı erken başlar ve aylarca kalabilir. Ova sıcak olmasına rağmen ilde iklim koşulları yükseltiye ve yüzey şekillerine göre büyük farklılıklar gösterir (Keleş ve Kavak, 2022).

Ülkemiz yer aldığı kuşak sebebiyle kurak bir iklimsel özellik göstermektedir. Bu bağlamda tarımda sulama ciddi önem arz etmektedir. En önemli iki kriter sulamanın yöntemi ve sistemidir. Sulama yöntemini seçerken dikkat edilecek hususlar toprağın yapısı, iklim koşulları, bitki çeşidi, sulama suyunun kalitesinin ve niceliğinin yanı sıra, ekonomik faktörlerde önem arz etmektedir. (Güngör ve Yıldırım, 1989). Bitkinin su tüketimi, toprağın yüzeyindeki buharlaşma ve bitkinin yapraklarında oluşan terlemenin toplamı alındıktan sonra direkt olarak hesaplanabildiği gibi iklimsel veriler baz alınarak tahmini yöntemlerle de yapmak mümkündür.

3.2. Metod (CROPWAT Bitki Büyüme Modeli)

CROPWAT 8.0 modeli, 1992 yılında FAO Arazi ve Su Geliştirme Bölümünün katkıları ile geliştirilmiştir. Tarımsal çalışmalara referans bitki su tüketimi ve ürün bitki su tüketimi hesaplamalarına yardımcı olmak için tasarlanmıştır. Bunlara ek olarak sulama yöntemlerinin iyileştirilmesi, farklı sulama koşullarında sulama programlarının planlanması ve yağmur suyu koşullarının veya yeterli sulama koşullarının bitki verimi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi hususunda tavsiye niteliği taşımaktadır. CROPWAT modeli için gerekli giriş parametreleri meteorolojik parametreler, bitki parametreleri ve toprak parametrelerini içermektedir. Meteorolojik parametreler: sıcaklık, yağış, rüzgâr hızı, güneşli saatler, bağıl nem oluşturmaktadır. Bitki parametreleri, ekim ve hasat tarihi, bitki katsayısı, kök uzunluğu ve bitki faktörünü içermektedir. Toprak parametreleri: toprak tekstürü, mevcut toprak suyu, sızma oranı ve ekim tarihindeki toprak suyu miktarını oluşturmaktadır.

CROPWAT modeli aşağıda verilen temel işlevleri hesaplayabilmektedir:

- (1) Referans bitki su tüketimi;
- (2) Bitki su tüketimi;
- (3) Bitkinin sulama suyu ihtiyacını;
- (4) Sulama sisteminin geliştirilmesi;
- (5) Yağmur veya yetersiz sulamanın verime olan etkisinin değerlendirilmesi.

Bu çalışmada, CROPWAT 8.0 yazılımı bitki su tüketimi ve sulama yönetimi modülü kullanılarak hazırlanan simülasyon modelleri incelenmiştir. Çalışmada kullanılan modelde, iklim verileri olarak bölgesel sıcaklık, yağış, rüzgâr hızı ve güneşlenme süresi gibi meteorolojik parametreler kullanılmıştır. Bitki parametreleri ise bitkinin büyüme dönemi, kök derinliği, ekim ve hasat tarihleri gibi verilerden oluşmaktadır. Toprak verileri olarak ise toprak yapısı, su tutma kapasitesi ve topraktaki mevcut su seviyesi dikkate alınmıştır. Tüm bu veriler, CROPWAT yazılımına girilerek bitkinin referans evapotranspirasyonu (ET_c), bitki su tüketimi ve sulama suyu ihtiyacı hesaplanmıştır. Sulama yönetimi planlaması için, damla sulama yöntemi seçilmiş ve sistem randımanı %90 olarak belirlenmiştir. Model, bitkinin büyüme evreleri boyunca su ihtiyacını

belirleyerek, farklı sulama stratejilerinin verim üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda, bitki su tüketimi ve sulama zamanlaması optimize edilmiş ve elde edilen sonuçlar genel olarak kontrol edilmiştir.



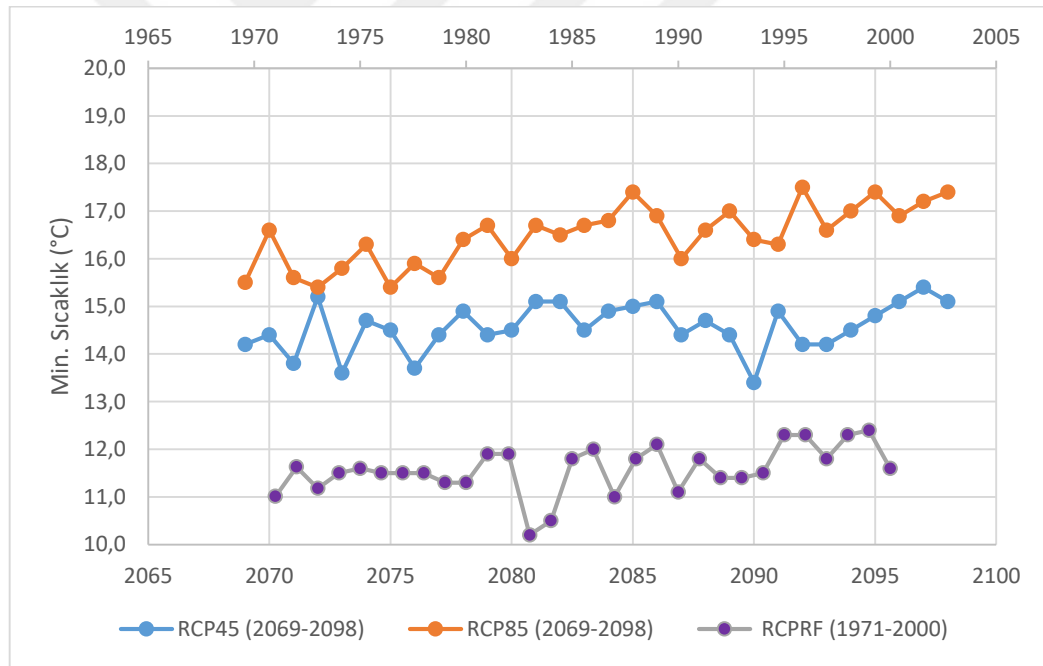
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tez çalışmasında Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilen Bölgesel İklim Modeli (RegCM) verileri CROPWAT modelini günümüz (1971-2000) ve gelecek/senaryo (2016-2098) dönemleri için çalıştırmada kullanılmıştır. Öncelikle günümüz koşullarını temsil eden Referans dönemi (1971-2000) gelecek dönemi temsilen RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryo verileriyle 2069-2098 dönemini kıyaslanmıştır. Gelecek ve günümüz koşullarını kıyaslamasında eşit sürelerin karşılaştırılması maksadıyla RF dönemi (1971-2000) senaryo simülasyonlarında 2069-2098 yıllarını içeren periyotla kıyaslanmıştır.

4.1. Sıcaklık ve Yağış Parametrelerinin Değerlendirilmesi

4.1.1. Minimum Sıcaklık

Günümüz ve gelecek iklim parametresi olarak minimum sıcaklık değerleri 30 yıllık eşit periyod olarak Şekil 4.1 de grafikte belirtilmiştir.



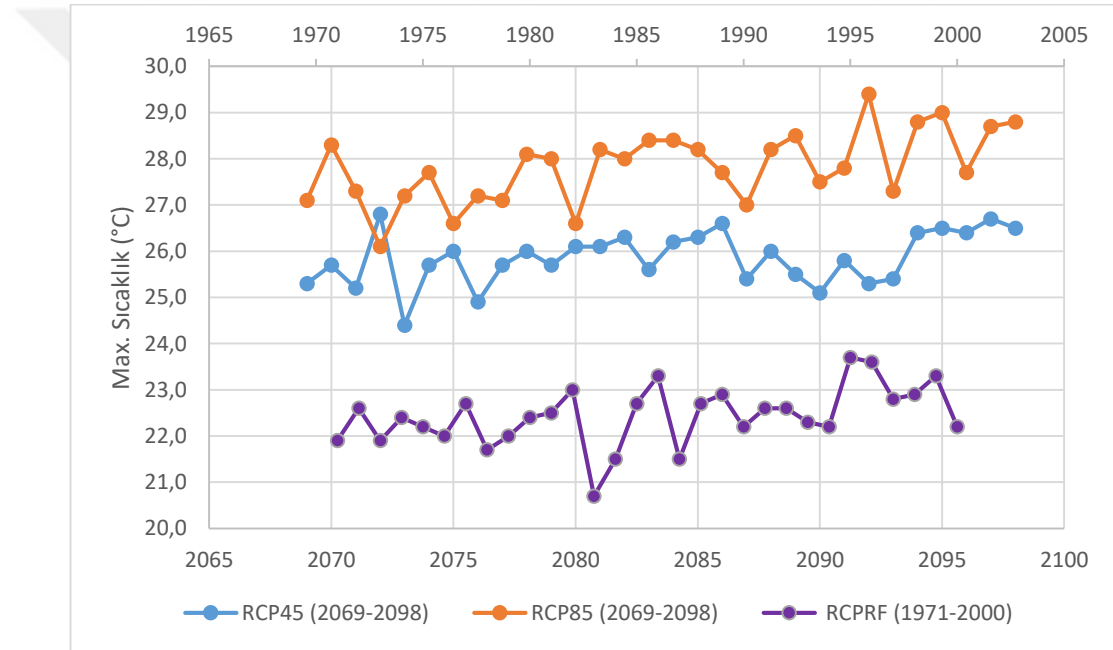
Şekil 4.1. Yıllara Göre (1971-2000 & 2069-2098) Min. Sıcaklık (°C) Değerleri

Grafığe göre RegCM modelinden elde edilen ortalama minimum sıcaklık değerlerine göre RCP 4.5 senaryosuna göre gelecek yüzyıl sonunda RF dönemine göre ortalama 11.6 °C değerinden 14.6 °C ye, RCP 8.5 senaryosuna göre ise 16.5 °C değerine yükselmektedir. Diğer bir ifadeyle gelecekte Adana bölgesinde ortalama minimum sıcaklık değeri değişen iklim koşullarına göre RCP 4.5 senaryosuna göre %25.9, RCP 8.5 senaryosuna göre ise %42.5 artacaktır. Yıllık bazda ortalama minimum değerleri incelendiğinde Referans döneminde yıllık ortalama maksimum ve minimum değerlerinin 10.2-12.4 °C arasında değiştiği RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre ise maksimum

ve minimum değerlerin sırasıyla 15.4-13.4 ve 17.5-15.4 °C arasında olduğu görülmektedir. Buna göre gelecekte her iki senaryo verisinde yıllık ortalama minimum sıcaklık değerlerinin minimumlarının bile referans döneminin maksimumundan daha fazla olacağı öngörülmektedir. RCP 4.5 senaryosuna göre 2069-2098 yılları arasında ortalama minimum sıcaklıkların ekstrem sıcaklıklarında (en düşük minimum sıcaklık ve en yüksek minimum sıcaklık) 1971-2000 dönemine göre %31.4 ve %24.2 artış yaşanması öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise bu oranlar %51.0 ve %41.1 artış yaşanması şeklindedir.

4.1.2. Maksimum Sıcaklık

Günümüz ve gelecek iklim parametresi olarak maksimum sıcaklık değerleri 30 yıllık eşit periyod olarak Şekil 4.2 de grafikte belirtilmiştir.



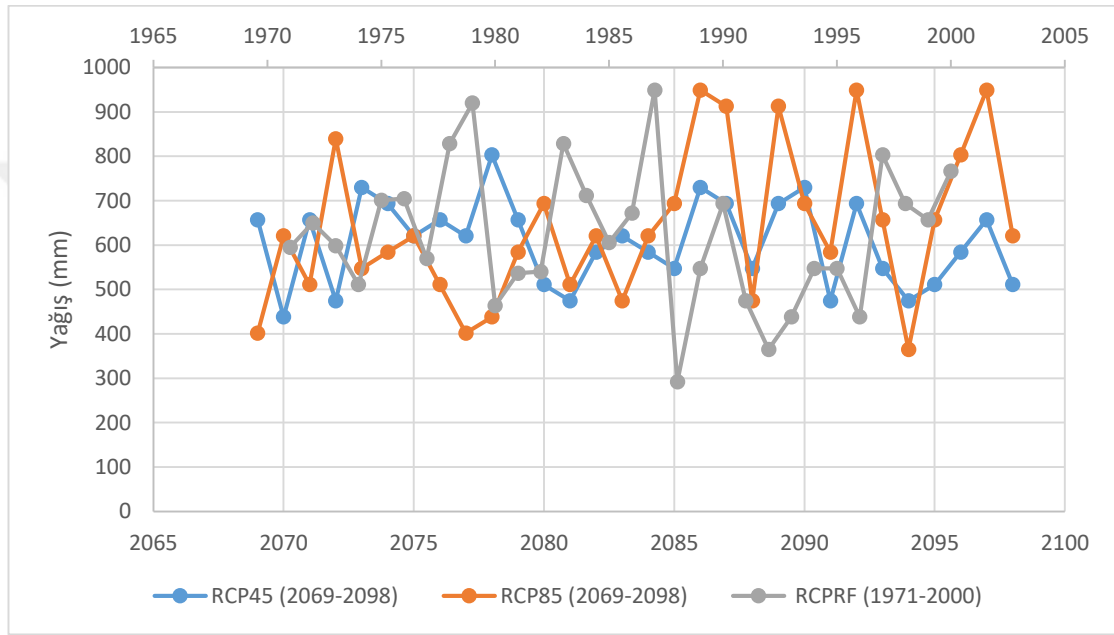
Şekil 4.2. Yıllara Göre (1971-2000 & 2069-2098) Maks. Sıcaklık (°C) Değerleri

Buna göre RegCM modelinden elde edilen ortalama maksimum sıcaklık değerlerine göre RCP 4.5 senaryosuna göre gelecek yüzyıl sonunda RF dönemine göre ortalama 22.4 °C değerinden 25.9 °C ye, RCP 8.5 senaryosuna göre ise 27.8 °C değerine yükselmektedir. Diğer bir ifadeyle gelecekte Adana bölgesinde ortalama maksimum sıcaklık değeri değişen iklim koşullarına göre RCP 4.5 senaryosuna göre %15.2, RCP 8.5 senaryosuna göre ise %24.1 artacaktır. Yıllık bazda ortalama maksimum değerleri incelendiğinde Referans döneminde yıllık ortalama maksimum ve minimum değerlerinin 23.7-20.7 °C arasında değiştiği RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre ise maksimum ve minimum değerlerin sırasıyla 26.8-24.4 ve 29.4-26.1 °C arasında olduğu görülmektedir. Buna göre gelecekte her iki senaryo verisinde yıllık ortalama maksimum sıcaklık değerlerinin minimumlarının bile referans döneminin maksimumundan daha fazla olacağı öngörülmektedir. RCP

4.5 senaryosuna göre 2069-2098 yılları arasında ortalama maksimum sıcaklıkların ekstrem sıcaklıklarında (en düşük maksimum sıcaklık ve en yüksek maksimum sıcaklık) 1971-2000 dönemine göre %17.9 ve %13.1 artış yaşanması öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise bu oranlar %26.1 ve %24.1 artış yaşanması şeklindedir.

4.1.3. Yağış

Günümüz ve gelecek iklim parametresi olarak yıllık toplam yağış değerleri 30 yıllık eşit periyod olarak Şekil 4.3 de grafikte belirtilmiştir.



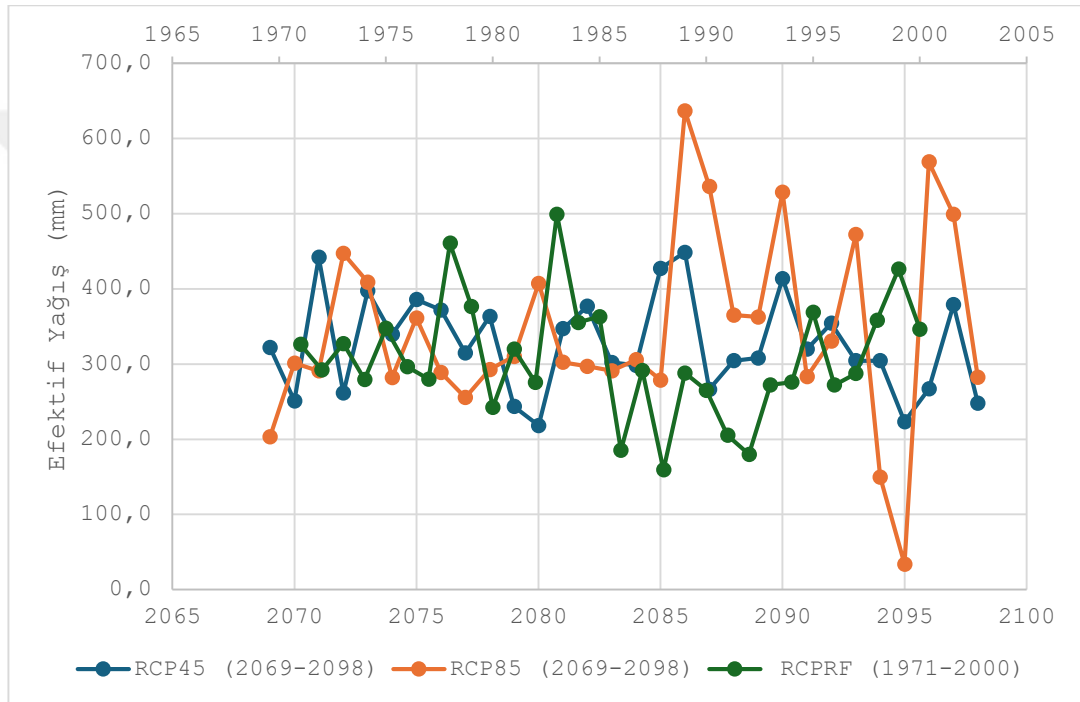
Şekil 4.3. Yıllara Göre (1971-2000 & 2069-2098) Yağış (mm/yıl) Değerleri

Buna göre RegCM modelinden elde edilen ortalama yıllık toplam yağış değerleri RF döneminde 622 mm/yıl (Adana Meteoroloji Bölge Müdürlüğü 19293-2023 uzun yıllar gözlem ortalaması 668 mm/yıl değerindedir) RCP 4.5 senaryosunda 606 mm/yıl ve RCP 8.5 senaryosunda 640 mm/yıl olarak öngörülmektedir. Diğer bir ifadeyle gelecekte Adana bölgesinde yıllık toplam yağış değeri değişen iklim koşullarına göre RCP 4.5 senaryosuna göre %2.5 azalırken RCP 8.5 senaryosuna göre ise %3.0 artacaktır. Bu sonuçlar aynı lokasyon, model ve dönemleri kapsayan Dhakane (2024) 'nin bulguları ile uyuşmamaktadır. Dhakane (2024) çalışmasında RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında Adana için yıllık toplam yağışlarda %18 ve %19.9 azalış olacağını belirtmiştir. Yıllık bazda yıllık toplam yağış değerleri incelendiğinde Referans döneminde yıllık toplam maksimum ve minimum yağış değerlerinin 949-292 mm/yıl arasında değiştiği RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre ise maksimum ve minimum değerlerin sırasıyla 803-438 ve 949-365 mm/yıl arasında olacağı öngörülmektedir. Buna göre gelecekte her iki senaryo verisinde yıllık toplam yağış değerlerinin önemli oranda değişmeyeceği söylenebilir. RCP 4.5 senaryosuna göre 2069-2098

yılları arasında yıllık toplam yağış ekstrem değerlerinde en düşük yıllık toplam yağış 1971-2000 dönemine göre %50 artarken en yüksek yıllık toplam yağış değerinde %15.4 azalış yaşanması öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise bu oranlar %25.0 ve %0 şeklindedir.

4.1.4. Efektif Yağış

Yere düşen yağışın bitkiler için ne kadar yararlı olduğunu belirtmek ve toprak tarafından emilerek bitkilerin köklerine kadar ulaşan yağış için kullanılmaktadır. Günümüz ve gelecek iklim parametresi olarak CROPWAT tarafından hesaplanan yıllık toplam efektif yağış değerleri 30 yıllık eşit periyod olarak Şekil 4.4 de grafikte belirtilmiştir.



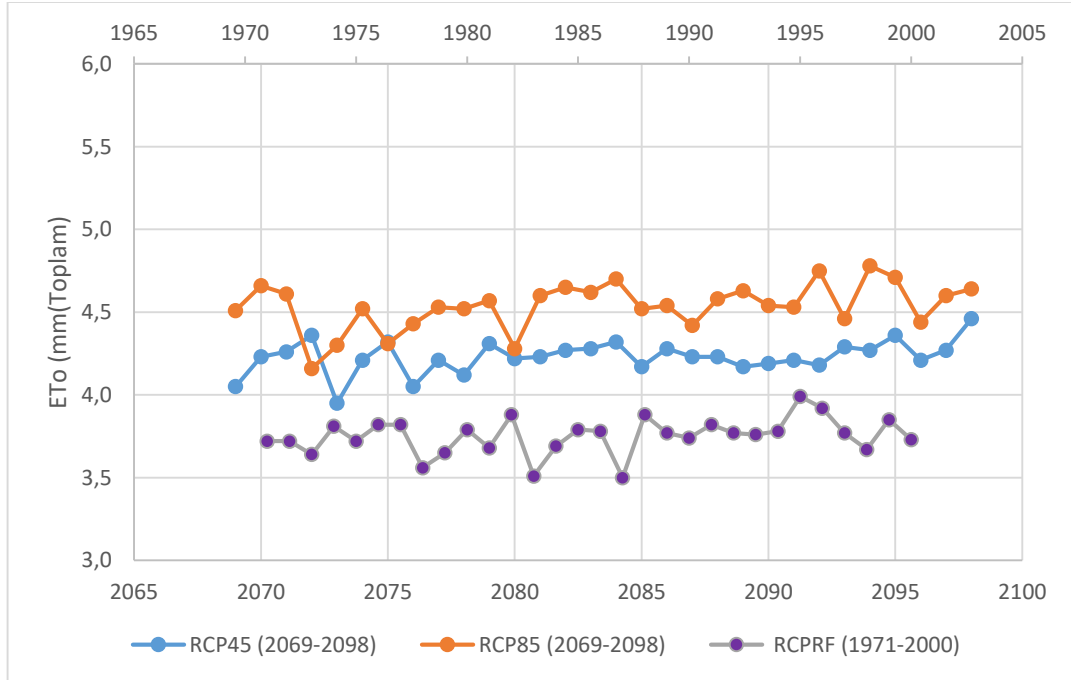
Şekil 4.4. Yıllara Göre (2069-2098 & 1971-2000) Yıllık Toplam Efektif Yağış (mm) Değerleri

Buna göre Cropwat modelinden elde edilen ortalama yıllık toplam efektif yağış değerleri RF döneminde 377 mm/yıl RCP 4.5 senaryosunda 327 mm/yıl ve RCP 8.5 senaryosunda 346 mm/yıl olarak öngörülmektedir. Diğer bir ifadeyle gelecekte Adana bölgesinde yıllık toplam efektif yağış değeri değişen iklim koşullarına göre RCP 4.5 senaryosuna göre %6.3 artarken RCP 8.5 senaryosuna göre ise %12.5 artacaktır. Yıllık bazda yıllık toplam efektif yağış değerleri incelendiğinde Referans döneminde yıllık toplam maksimum ve minimum efektif yağış değerlerinin 499-159 mm/yıl arasında değiştiği RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre ise maksimum ve minimum değerlerin sırasıyla 448-218 ve 637-34 mm/yıl arasında olacağı öngörülmektedir. Buna göre gelecekte her iki senaryo verisinde yıllık toplam efektif yağış değerlerinin toplam yağış değerlerinin aksine önemli oranda değişeceği söylenebilir. RCP 4.5 senaryosuna göre 2069-2098 yılları arasında yıllık toplam efektif yağış ekstrem değerlerinde en düşük yıllık toplam efektif yağış 1971-2000 dönemine göre %36.9

artarken en yüksek yıllık toplam efektif yağış değerinde %10.2 azalış yaşanması öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise bu oranlar %78.8 azalış ve %27.5 şeklindedir.

4.1.5. Evapotranspirasyon (ETo) Bulguları

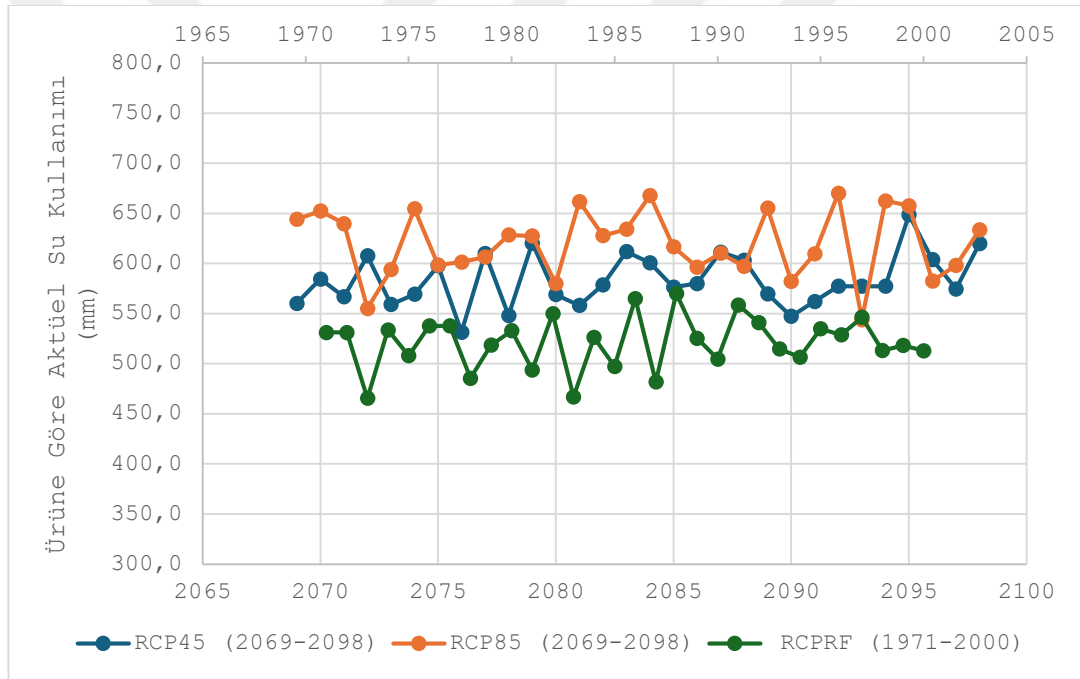
Tez çalışmasında CROPWAT modeli günümüz koşullarını temsil eden Referans dönemi için 1971-2000 dönemini kapsayan zaman periyodunda çalıştırılmıştır. Gelecek iklim koşullarındaki su tüketiminin hesabı içinse model RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryo verileriyle 2016-2098 dönemini kapsayan zaman periyodunda çalıştırılmıştır. Gelecek ve günümüz koşullarını kıyaslamasında eşit sürelerin karşılaştırılması maksadıyla RF dönemi (1971-2000) senaryo simülasyonlarında 2069-2098 yıllarını içeren periyotla kıyaslanmıştır (Şekil 4.4). Buna göre CROPWAT modelinde elde edilen ETo değerlerine göre RCP 4.5 senaryosuna göre gelecek yüzyıl sonunda RF dönemine göre ortalama 3.75 mm(toplam) değerinden 4.23 mm(toplam) e, RCP 8.5 senaryosuna göre ise 4.54 mm(toplam) değerine yükselmektedir. Diğer bir ifadeyle gelecekte Adana bölgesinde potansiyel evapotranspirasyon değeri değişen iklim koşullarına göre RCP 4.5 senaryosuna göre %12.8 RCP 8.5 senaryosuna göre %21 artacaktır. Yıllık bazda ETo değerleri incelendiğinde Referans döneminde yıllık ortalama maksimum ve minimum değerlerinin 3.5-4.0 mm(toplam) arasında değiştiği RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre ise maksimum ve minimum değerlerin sırasıyla 4.5-4.0 ve 4.8-4.2 mm(toplam) arasında olduğu görülmektedir. Buna göre gelecekte her iki senaryo verisinde yıllık ortalama ETo değerlerinin minimumlarının bile referans döneminin maksimumundan eşit veya daha fazla olacağı öngörülmektedir.



Şekil 4.5. Yıllara Göre (2069-2098 & 1971-2000) ETo Değerleri (mm(toplam))

4.1.6. Buğday Bitkisine Göre Aktüel Su Kullanımı

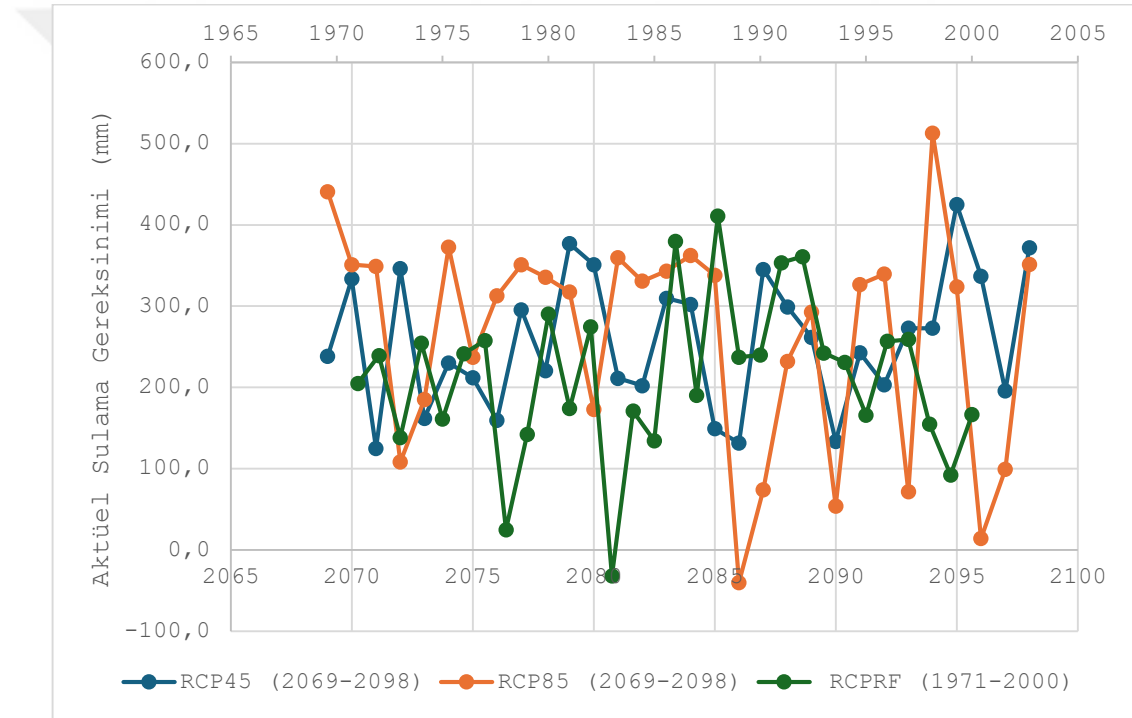
CROPWAT modelinde elde edilen “Buğday Bitkisine Göre Aktüel Su Kullanımı” değerlerine göre RCP 4.5 senaryosuna göre gelecek yüzyıl sonunda RF dönemine göre ortalama 521 mm(toplam) değerinden 583 mm(toplam) e, RCP 8.5 senaryosuna göre ise 621 mm(toplam) değerine yükselmektedir (Şekil 4.5). Diğer bir ifadeyle gelecekte Adana bölgesinde buğday bitkisinin aktüel su kullanımı değeri değişen iklim koşullarına göre RCP 4.5 senaryosuna göre %11.9 RCP 8.5 senaryosuna göre %18.9 artacaktır. Yıllık bazda bitki aktüel su kullanımı değerleri incelendiğinde Referans döneminde yıllık toplam maksimum ve minimum değerlerinin 570-466 mm(toplam) arasında değiştiği RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre ise maksimum ve minimum değerlerin sırasıyla 649-532 ve 670-544 mm(toplam) arasında olduğu görülmektedir. Buna göre gelecekte her iki senaryo verisinde yıllık buğday bitki aktüel su kullanımı değerlerinin daha fazla olacağı öngörülmektedir.



Şekil 4.6. Yıllara Göre (2069-2098 & 1971-2000) Ürüne Göre Buğday Bitkisi Aktüel Su Kullanımı (mm) Değerleri

4.1.7. Aktüel Sulama Gereksinimi

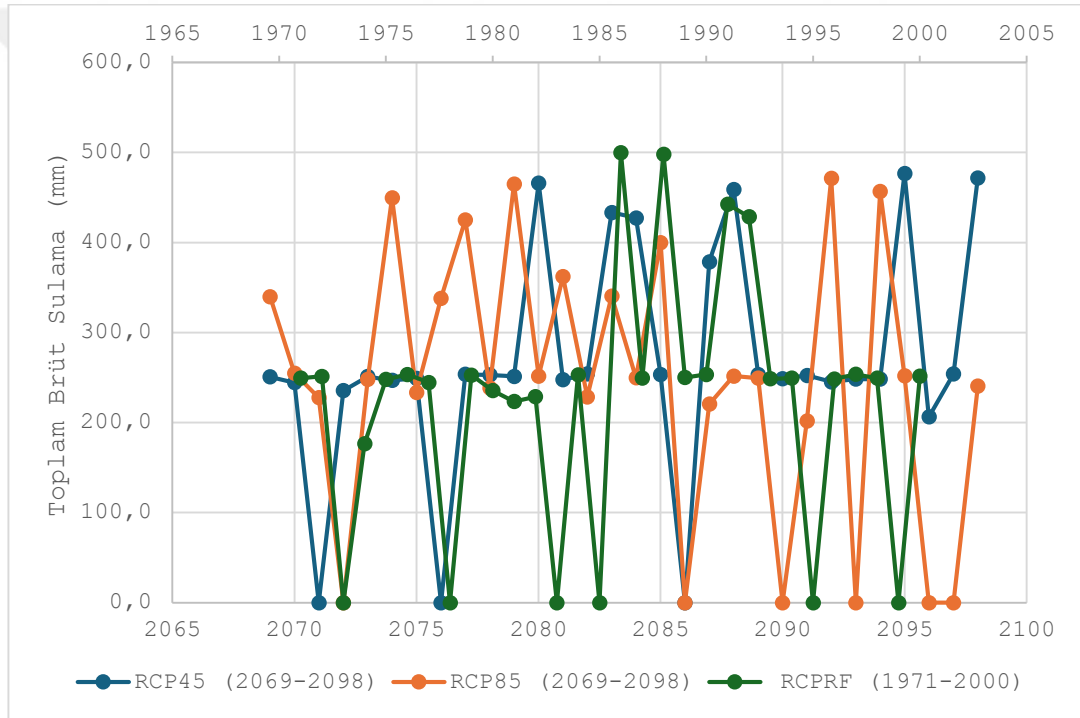
CROPWAT modelinde elde edilen Aktüel Sulama Gereksinimi değerlerine göre RCP 4.5 senaryosuna göre gelecek yüzyıl sonunda RF dönemine göre ortalama 214 mm(toplam) değerinden 257 mm(toplam) e, RCP 8.5 senaryosuna göre ise 264 mm(toplam) değerine yükselmektedir (Şekil.4.6). Diğer bir ifadeyle gelecekte Adana bölgesinde Aktüel Sulama Gereksinimi değeri değişen iklim koşullarına göre RCP 4.5 senaryosuna göre %20.3 RCP 8.5 senaryosuna göre %23.4 artacaktır. Yıllık bazda Aktüel Sulama Gereksinimi değerleri incelendiğinde Referans döneminde yıllık ortalama maksimum ve minimum değerlerinin 411-(-32) mm(toplam) arasında değiştiği RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre ise maksimum ve minimum değerlerin sırasıyla 425-125 ve 513-(-40) mm(toplam) arasında olduğu görülmektedir. Buna göre gelecekte her iki senaryo verisinde yıllık ortalama Aktüel Sulama Gereksinimi değerlerinin daha fazla olacağı öngörülmektedir.



Şekil 4.7. Yıllara Göre (2069-2098 & 1971-2000) Aktüel Sulama Gereksinimi (mm) Değerleri

4.1.8. Toplam Brüt Sulama

CROPWAT modelinde elde edilen Toplam Brüt Sulama değerlerine göre RCP 4.5 senaryosuna göre gelecek yüzyıl sonunda RF dönemine göre ortalama 225 mm(toplam) değerinden 269 mm(toplam) e, RCP 8.5 senaryosuna göre ise 247 mm(toplam) değerine yükselmektedir (Şekil.4.7). Diğer bir ifadeyle gelecekte Adana bölgesinde Toplam Brüt Sulama değeri değişen iklim koşullarına göre RCP 4.5 senaryosuna göre %19.6 RCP 8.5 senaryosuna göre %9.8 artacaktır. Yıllık bazda Toplam Brüt Sulama değerleri incelendiğinde Referans döneminde yıllık ortalama maksimum ve minimum değerlerinin 499.7-0.0 mm(toplam) arasında değiştiği RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre ise maksimum ve minimum değerlerin sırasıyla 476.5-0.0 ve 471.2-0.0 mm(toplam) arasında olduğu görülmektedir. Buna göre gelecekte her iki senaryo verisinde yıllık ortalama Toplam Brüt Sulama değerlerinin daha fazla olacağı öngörülmektedir.



Şekil 4.8. Yıllara Göre (2069-2098 & 1971-2000) Toplam Brüt Sulama (mm) Değerleri

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular, iklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerinde belirgin etkiler yaratabileceğini göstermektedir. Özellikle buğday tarımı üzerine yapılan simülasyonlar, sıcaklık artışları ve yağış düzenindeki değişikliklerin su tüketimi ve verim üzerinde etkili olabileceğine işaret etmektedir. Ancak verim üzerindeki etkiler, yalnızca model verilerine ve tahminlere dayalı olarak değerlendirilmiştir; bu durum sonuçların daha geniş ölçekli çalışmalarla desteklenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

5.1. Sonuçlar

5.1.1. Bitki Su Tüketimi ve Sulama İhtiyacı

CROPWAT yazılımı kullanılarak yapılan simülasyonlar, 2069-2098 yılları arasında RCP8.5 senaryosu altında buğday bitkisinin su tüketiminde belirgin artışlar yaşanacağını göstermektedir. Bu dönemde, su ihtiyacının referans döneme göre yaklaşık %10, RCP4.5 senaryosuna göre %20 oranında artacağı belirlenmiştir. Bu durum, bölgedeki tarım faaliyetlerinin sürdürülebilirliği açısından daha fazla sulama suyuna ihtiyaç duyulacağını göstermektedir.

5.1.2. İklim Değişikliğinin Verim Üzerine Etkisi

Simülasyon sonuçları, sıcaklık artışlarının buğday bitkisinin gelişimini (örneğin, büyüme dönemi uzunluğu ve fenolojik süreçler) olumsuz etkilediğini ortaya koymaktadır. Bu, sıcaklıkların optimum seviyenin üzerine çıktığı dönemlerde buğday veriminde azalma olasılığını artırmaktadır. Verim kayıpları, özellikle RCP8.5 senaryosu altında, geçmiş döneme kıyasla %20-25 oranında düşüş potansiyeline işaret etmektedir. Yağış düzensizlikleri ve aşırı sıcaklık artışları, verimdeki bu kayıpları artırıcı bir etken olarak öne çıkmaktadır.

5.1.3. Su Yönetimi ve Planlama

İklim değişikliği senaryoları, su kaynaklarının gelecekte daha verimli ve stratejik bir şekilde yönetilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Özellikle RCP8.5 senaryosu altında, toplam sulama ihtiyacının belirgin şekilde artması, mevcut su kaynaklarının yetersiz kalabileceğini göstermektedir. Bu bağlamda, suyun etkin kullanımı ve planlanması hayati bir önem taşımaktadır.

5.1.4. Evapotranspirasyon (ET_o) Değerleri

Mevcut Çalışma: Adana bölgesinde yapılan simülasyon sonuçlarına göre, referans dönemine (1971-2000) kıyasla RCP 4.5 senaryosunda ET_o değerlerinde %12.8, RCP 8.5 senaryosunda ise %21'lik bir artış öngörülmüştür.

Literatür Karşılaştırması: Allen ve ark. (1998) tarafından hazırlanan FAO-56 kılavuzunda, artan sıcaklık ve azalan nispi nemin ET_o değerlerini artıracak vurgulanmıştır. Ayrıca, Türkiye

üzerine yapılan çalışmalarda (Yılmaz ve Kaya, 2015), gelecekteki sıcaklık artışlarının Akdeniz Bölgesi'nde ETo değerlerini %15-25 oranında artıracığı belirtilmiştir.

5.1.5. Minimum ve Maksimum Sıcaklık Değerleri

Mevcut Çalışma: Minimum sıcaklık değerlerinde RCP 4.5 senaryosuna göre %25.9, RCP 8.5 senaryosuna göre %42.5 artış tespit edilmiştir. Maksimum sıcaklıklarda ise RCP 8.5 senaryosu altında %24.1 oranında artış öngörülmüştür.

Literatür Karşılaştırması: IPCC' nin (2021) raporlarında, sera gazı emisyonlarının kontrol altına alınmaması durumunda Akdeniz havzasında minimum ve maksimum sıcaklıkların sırasıyla %20-30 oranında artabileceği belirtilmiştir. Benzer şekilde, Çiçek ve Yılmaz (2014) çalışmalarında Türkiye'nin güneyinde sıcaklık artışlarının tarımsal ürünleri doğrudan etkileyebileceği vurgulanmıştır.

5.1.6. Yağış Miktarı ve Rejimi

Mevcut Çalışma: Gelecekte yağış miktarlarında genel bir azalma ve düzensizlik öngörülmektedir. RCP 4.5 senaryosunda yağış miktarı 803-438 mm arasında seyrederken, RCP 8.5 senaryosunda bu aralık 949-365 mm olarak öngörülmüştür.

Literatür Karşılaştırması: Trnka ve ark. (2014), Akdeniz havzasında yağış düzensizliğinin artacağını ve yıllık toplam yağış miktarlarında %10-20 azalma görülebileceğini ifade etmiştir. Ayrıca, Şen ve Demirtaş (2016) tarafından yapılan çalışmalar, Türkiye'nin güneyinde yağışın daha düzensiz hale geleceğini ve bu durumun tarımsal planlama üzerindeki etkilerinin önemli olacağını göstermektedir.

5.2.Öneriler

5.2.1. Sulama Sistemlerinin Geliştirilmesi

Artan su talebini karşılamak adına mevcut sulama altyapıları modernize edilmelidir. Özellikle damla sulama gibi su tasarruflu sistemler yaygınlaştırılmalı ve çiftçilerin bu sistemlere erişimi kolaylaştırılmalıdır. Böylece su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımına katkı sağlanabilir.

5.2.2. İklim Uyumlu Tarım Stratejileri

İklim değişikliği etkilerini minimize etmek için iklime uyumlu buğday çeşitlerinin geliştirilmesi gereklidir. Daha az su tüketen, sıcaklık stresine uyumlu ve verimi optimize eden tohum çeşitlerinin araştırılması ve geliştirilmesi kritik öneme sahiptir.

5.2.3. Erken Uyarı Sistemleri ve Risk Yönetimi

Aşırı iklim olaylarının etkilerini minimize etmek amacıyla, erken uyarı sistemleri geliştirilmelidir. Çiftçilerin iklimsel risklere karşı hazırlıklı olmalarını sağlamak için kapsamlı risk yönetimi stratejileri oluşturulmalıdır.

5.2.4. Politika Desteği ve Yatırımlar

Su kaynakları yönetimi ve dayanıklı tarım uygulamalarına yönelik politikaların desteklenmesi gereklidir. Kamu ve özel sektör iş birliğiyle, tarımda iklim değişikliğine uyum sağlayacak altyapı projelerine daha fazla yatırım yapılmalıdır.

Sonuç:

Bu çalışma, iklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki olası etkilerini ortaya koyarak, bu etkilerle başa çıkabilmek için gerekli adımları önermektedir. Özellikle, su kaynaklarının etkin kullanımı, modern sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması ve iklime dayanıklı tarım yöntemlerinin uygulanması, gelecekteki tarımsal üretim sürdürülebilirliği için kritik öneme sahiptir. Ancak, bu tahminlerin doğruluğunu artırmak için uzun vadeli saha çalışmaları ve veri analizleriyle desteklenmesi gereklidir.



KAYNAKLAR

- Adana Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü. (n.d.). *İlimizi tanıyalım*. Retrieved January 12, 2025, from <https://adana.csb.gov.tr/ilimizi-taniyalim-i-1222>
- Akalın, M. (2014). İklim Değişikliği ve Türkiye Tarımı. *Türk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 3(2), 55-70.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Aydemir, B., & Şenerol, H. (2014). İklim değişikliği ve Türkiye turizmine etkileri: Delfi anket yöntemiyle yapılan bir uygulama çalışması.
- Aydinalp, C., & Cresser, M. S. (2008). The effects of global climate change on agriculture. *American-Eurasian Journal of Agriculture & Environmental Science*, 3(5), 672-676.
- Başoğlu, A. (2014). Küresel iklim değişikliğinin ekonomik etkileri. *Sosyal bilimler dergisi*, 7, 175-196.
- Başoğlu, A., & Telatar, O. M. (2013). Küresel İklim Değişikliğinin Ekonomik Etkileri. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(1), 45-63.
- Bayraç, H. N., & Doğan, E. (2016). Türkiye’de iklim değişikliğinin tarım sektörü üzerine etkileri. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 11(1), 23-48.
- Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC, 1992, United Nations Framework Convention On Climate Change) md.2.
- Birpınar, M. E. (2021). İklim Değişikliği ile Mücadelenin Uluslararası, Ulusal ve Yerel Boyutları.
- Blanc, E., & Schlenker, W. (2017). The use of panel models in climate change research. *Nature Climate Change*, 7(4), 458-462.
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2011). *İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2023*. Erişim Tarihi: 22.11.2021, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/banner/banner591.pdf>
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2020). *İklim Değişikliği Ulusal İletişim Stratejisi ve Eylem Planı*. Erişim Tarihi: 22.11.2021, <https://www.iklimin.org/wp-content/uploads/2020/10/İklim-Değişikliği-Ulusal-İletişim-Stratejisi-ve-Planı.pdf>
- Çiçek, I., & Yılmaz, M. (2014). Türkiye’de İklim Değişikliği ve Tarımsal Üretime Etkileri. *Tarım ve Su Bilimleri Dergisi*, 24(2), 123-135.
- Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Tüvan, A., & Akçakaya, A. (2014, October). Climate change projections for Turkey with new scenarios. In *The climate change and climate dynamics conference-2014-CCCD2014* (pp. 8-10).
- Doğan, S., & Tüzer, M. (2011). Küresel iklim değişikliği ve potansiyel etkileri. *CÜ İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 12(1), 21-34.

- Drewniak, B., Song, J., Prell, J., Kotamarthi, V. R., & Jacob, R. (2013). Modeling agriculture in the Community Land Model. *Geoscientific Model Development*, 6(2), 495–515. <https://doi.org/10.5194/gmd-6-495-2013>
- Ellis, M., Spielmeyer, W., Gale, K., Rebetzke, G., & Richards, R. (2002). "Perfect" markers for the Rht-B1b and Rht-D1b dwarfing genes in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 105(6–7), 1038–1042. <https://doi.org/10.1007/s00122-002-1048-4>
- Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., ... & Snyder, P. K. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369), 337–342. <https://doi.org/10.1038/nature10452>
- Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. (2013). FAO cereal supply and demand brief. Retrieved from <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/>
- İpek, E. (2022). Akıllı tarım ve sürdürülebilirlik. *Türkiye Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 9(3), 145–150.
- Güngör, Y., & Yıldırım, O. (1989). *Tarla sulama sistemleri*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Gürkan, H., Demir, Ö., Atay, H., Eskioglu, O., Yazıcı, B., Demircan, M., Kocatürk, A., & Akçakaya, A. (2015). MPI-ESM-MR modelinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre sıcaklık ve yağış projeksiyonları. In *VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu* (p. 637). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul Aydın Üniversitesi.
- Hansen, J. W. (2005). Integrating seasonal climate forecasts into agricultural decision-making. *Agricultural Systems*, 74(3), 305–325.
- Adam, M., McCarl, B., & Antle, J. (2020). Integrating crop simulation models with climate forecasts: Impacts on agricultural decision-making. *Agronomy Journal*, 112(2), 105–121.
- Hird, J. N., DeLancey, E. R., McDermid, G. J., & Kariyeva, J. (2017). Google Earth Engine, open-access satellite data, and machine learning in support of large-area probabilistic wetland mapping. *Remote sensing*, 9(12), 1315.
- IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (R.K. Pachauri & L.A. Meyer, Eds.). Geneva, Switzerland: IPCC.
- IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Keleş, M.K., Kavak, E. (2022). Climate Analysis And Weather Forecasting With Data Mining: The Case Of Adana Province In Turkey. *Current Trends in Natural Sciences*, 11(21), 304-314. <https://doi.org/10.47068/ctns.2022.v11i21.033>
- Köse, N., Akkemik, Ü., Güner, H. T., Dalfes, H. N., Grissino-Mayer, H. D., Özeren, M. S., & Kındap, T. (2013). An improved reconstruction of May–June precipitation using tree-ring data from

- western Turkey and its links to volcanic eruptions. *International Journal of Biometeorology*, 57(4), 691–701. <https://doi.org/10.1007/s00484-012-0595-x>
- Levy, A. A., & Feldman, M. (2022). Evolution and origin of bread wheat. *The Plant Cell*, 34(7), 2549–2567. <https://doi.org/10.1093/plcell/koac130>
- Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2008). Climate Trends and Global Crop Production Since 1980. *Science*, 319(5863), 607–610.
- Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2011). Climate trends and global crop production since 1980. *Science*, 333(6042), 616–620. <https://doi.org/10.1126/science.1204531>
- Olesen, J. E., & Bindi, M. (2002). Consequences of Climate Change for European Agricultural Productivity, Land Use, and Policy. *European Journal of Agronomy*, 16(4), 239–262.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD)/FAO. (2013). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2013*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2013-en
- Umar, U. M., & Şen, B. (2023). Determination of Evapotranspiration and Optimum Irrigation Schedule for Cotton in Çukurova Region Using CROPWAT Model. *Cropwat Manuscript*.
- Patil, S. G. (2021). Role of climate in shaping agriculture. *Journal of Climate and Agriculture*, 12(3), 215–230.
- Rottoli, M., & Castiglioni, E. (2011). Plant offerings from Roman cremations in northern Italy: A review. *Vegetation History and Archaeobotany*, 20(5), 495–506. <https://doi.org/10.1007/s00334-011-0293-3>
- Sanità di Toppi, L., Castagna, A., Andreozzi, E., Careri, M., Predieri, G., Vurro, E., & Ranieri, A. (2009). Occurrence of different inter-varietal and inter-organ defence strategies towards supra-optimal zinc concentrations in two cultivars of *Triticum aestivum* L. *Environmental and Experimental Botany*, 66(2), 220–233. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.02.008>
- Subbarao, G. V. (2017). Impact of climate change on agriculture in developing countries. *Journal of Climate Resilience*, 5(1), 32–41.
- Şen, B. (2023). Determining the Changing Irrigation Demands of Maize Production in the Çukurova Plain under Climate Change Scenarios with the CROPWAT Model. *Water*, 15(4215), 1–17. <https://doi.org/10.3390/w15244215>
- Şen, K., & Aksu, H. (2021). İstanbul için standart süreli gözlenen en büyük yağışların eğilimleri. *Teknik Dergi*, 32(1), 1–2. <https://doi.org/10.18400/tekderg.647558>
- Şen, O., & Demirtaş, M. (2016). Türkiye'nin İklim Değişikliği ve Su Kaynakları Üzerindeki Etkileri. *Su Yönetimi ve Planlama Dergisi*, 3(1), 45–60.
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671–677. <https://doi.org/10.1038/nature01014>

- Trnka, M., Eitzinger, J., Semenov, M. A., & Dubrovsky, M. (2014). Climate Change Impacts and Adaptation Strategies in Central and Eastern European Agriculture. *Climate Research*, 63(2), 201-223.
- Türkeş, M. (2006). Küresel iklimin geleceği ve Kyoto Protokolü. *Jeopolitik*, 29, 99–107.
- Türkeş, M. (2007). Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. 1. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi – TIKDEK 2007, 11-13 Nisan 2007, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Türkeş, M. (2008). İklim değişikliği ve küresel ısınma olgusu: Bilimsel değerlendirme. In E. Karakaya (Ed.), *Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik ve Politik Analizi* (pp. 21–57). İstanbul: Bağlam Yayınları.
- Türkeş, M. (2019). İklim değişikliğinin bilimsel temelleri ve Türkiye'ye etkileri. İklim Değişikliği Alanında Ortak Çabaların Desteklenmesi Projesi: İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi (pp. 1–70).
- Türkeş, M. (2020). İklim değişikliği ve küresel tarımsal üretim. *Türk Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(1), 78–92.
- Türkeş, M. (2020). Climate Change and Global Agricultural Production: Potential Impacts. *Turkish Agricultural Sciences Journal*, 18(2), 150-164.
- Türkeş, M., Koç, T., & Sarış, F. (2007). Türkiye'nin yağış toplamı ve yoğunluğu dizilerindeki değişikliklerin ve eğilimlerin zamansal ve alansal çözümlemesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(557–569).
- Türkeş, M., Sümer, U. M., & Çetiner, G. (2000). Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri. Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, 13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası (pp. 7–24). Ankara: ÇKÖK Genel Müdürlüğü.
- Wiese, M. V. (1991). *Compendium of wheat diseases* (112 p.). American Phytopathological Society.
- Williams, J. R., Jones, C. A., & Dyke, P. T. (1989). EPIC—Erosion/productivity impact calculator: 1. The EPIC model. USDA-ARS, Temple, TX.
- Yetik, A. K., & Şen, B. (2022). Evaluation of the Impacts of Climate Change on Irrigation Requirements of Maize by CROPWAT Model. *Gesunde Pflanzen*. <https://doi.org/10.1007/s10343-022-00751-x>
- Yetik, A. K., & Şen, B. (2023). İklim değişikliği ve tarımsal su yönetimi: CROPWAT modeli uygulamaları. *Su ve Çevre Bilimleri Dergisi*, 12(4), 45–63.
- Yıldırım, S., Korkmaz, M., & Kaya, A. (2020). Türkiye'nin Tarımsal Sulama Sistemlerine İklim Değişikliğinin Etkileri. *İklim Değişikliği ve Su Yönetimi Dergisi*, 7(4), 89-110.
- Yılmaz, K., & Kaya, H. (2015). Akdeniz İkliminde İklim Değişikliği ve Evapotranspirasyon Eğilimleri. *Tarım Ekonomisi ve Planlama Dergisi*, 32(3), 58-72.
- Yohannes, H. (2015). A review on relationship between climate change and agriculture. *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 6(2), 1-8.

Zaimoğlu, Z. (2019). *İklim değişikliği ve Türkiye tarımı etkileşimi*. İklim Değişikliği Alanında Ortak Çabaların Desteklenmesi Projesi (iklimİN).

İnternet Kaynakları

- Birpınar, M. E. (2013). İklim değişmeden biz değişelim. Erişim Tarihi: 20.11.2021, <https://birpinar.com/iklim-degismeden-biz-degiselim/>
- Birpınar, M. E. (2021). İklim değişikliğiyle mücadelede makaleler. Erişim Tarihi: 20.11.2021, <https://birpinar.com/iklim-degisikligiyle-mucadelede/>
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2011). Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı 2011-2023. Erişim Tarihi: 20.11.2021, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/banner/banner591.pdf>
- İklimin İN. (2021). İklim değişikliğinin ekolojik sistemlerdeki yeri. Erişim Tarihi: 19.11.2021, https://www.iklimin.org/wp-content/uploads/egitimler/seri_05.pdf
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (n.d.). İklim değişikliği ve mevcut durum. Erişim Tarihi: 19.11.2021, <https://mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx>
- Mikdat Kadioğlu. (2012). Türkiye'de iklim değişikliği risk yönetimi. Türkiye'nin İklim Değişikliği II. Ulusal Bildirimi. Erişim Tarihi: 20.11.2021, https://www.wwf.org.tr/ne_yapiyoruz/iklim_degisikligi_ve_enerji/iklim_degisikligi/kuresel_iklim_degisikligi_ve_turkiye/turkiyenin_iklim_politikasi/
- Nur, N., & Sümer, H. (2012). Kentleşme, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin sağlık üzerindeki etkileri. Erciyes Tıp Dergisi. Erişim Tarihi: 19.11.2021, <https://www.erciyestipdergisi.org>
- WWF. (n.d.). Küresel iklim değişikliği ve Türkiye'nin iklim politikası. Erişim Tarihi: 20.11.2021, https://www.wwf.org.tr/ne_yapiyoruz/iklim_degisikligi_ve_enerji/iklim_degisikligi/kuresel_iklim_degisikligi_ve_turkiye/turkiyenin_iklim_politikasi/
- Zaimoğlu, Z. (2019). *İklim Değişikliği ve Türkiye Tarımı Etkileşimi*. Erişim adresi: https://www.iklimin.org/egitimmateryalleri/Tar%C4%B1m_ZZ.pdf (Erişim tarihi: 12 Aralık 2024)



ÖZGEÇMİŞ

Hatice AKMAZ, Lisans eğitimine 2011 yılında Çukurova Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde başladı, 2015 yılında mezun oldu. Mezun olduktan sonra özel sektör ve kamuda çeşitli görevlerde yer aldı. 2021 yılında Çukurova Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünde Yüksek Lisans eğitimine başladı.

