

TÜRKİYE'DE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ve TARIMDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK


TÜRKİYE GIDA VE İÇECEK SANAYİİ
DERNEKLERİ FEDERASYONU
FEDERATION OF FOOD & DRINK INDUSTRY ASSOCIATIONS OF TURKEY


TÜRKİYE'DE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ve
TARIMDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK


TÜRKİYE GIDA VE İÇECEK SANAYİİ
DERNEKLERİ FEDERASYONU
FEDERATION OF FOOD & DRINK INDUSTRY ASSOCIATIONS OF TURKEY

TÜRKİYE'DE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ve TARIMDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK



20
17



İstanbul Teknik Üniversitesi
Meteoroloji Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Mikdat KADIOĞLU
Prof. Dr. Yurdanur ÜNAL
Met. Müh. Aslı İLHAN
Yük. Met. Müh. Cemre YÜRÜK



TÜRKİYE'DE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ve
TARIMDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK



TÜRKİYE GIDA VE İÇECEK SANAYİİ
DERNEKLERİ FEDERASYONU
FEDERATION OF FOOD & DRINK INDUSTRY ASSOCIATIONS OF TURKEY



İÇİNDEKİLER

Kısaltmalar	3
ÖNSÖZ	5
ÖZET	6
I. GİRİŞ	9
II. KULLANILAN VERİ VE YÖNTEMLER	13
2.1. Küresel İklim Modeli	14
2.2. Toprak Nemi Dengesi	16
2.3. Türkiye Tarım Havzaları	21
2.4. Tarımda Su Kullanımı	24
2.5. İklim Değişikliğine Uyum	35
III. TÜRKİYE'DE İKLİM DEĞİŞİMİ	39
3.1. Hava Sıcaklığı	42
3.2. Bitki Büyüme Mevsimi	45
3.3. Yağış ve Buharlaşma	52
3.4. Toprak Nemi	63
3.5. Hidro-Meteorolojik Aşırılıklar	68
IV. ANALİZ VE TARTIŞMA	79
4.1. Tahıllar	79
4.2. Endüstri Bitkileri	88
4.3. Yağlı Tohumlu Bitkiler	90
4.4. Yem Bitkileri	92
V. SONUÇ VE ÖNERİLER	94
BİBLİYOGRAFİ	
EKLER	
I. Havza bazında 2 metredeki günlük hava sıcaklığına göre yılın ilk ve son don tarihleri	107
II. Havzalar bazında 10 °C'lik toprak sıcaklığına göre büyüme mevsimlerin başlama ve bitiş tarihleri.	109
III. Havzalar bazında büyüme derece günlerin ardışık eklenik toplamının referans ve üç projeksiyon döneminde küresel iklim değişikliği ile değişimi	111
IV. Havzalar bazında toprak su dengesinin referans ve üç projeksiyon döneminde küresel iklim değişikliği ile değişimi	126
V. Mini Sözlük	141

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
AR5	: Fifth Assessment Report (5. Değerlendirme Raporu)
BATS	: Biosphere–Atmosphere Transfer Scheme (Biyosfer- Atmosfer Transfer Şeması)
BÇS	: Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi
BM	: Birleşmiş Milletler
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
Cerfacs	: Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée (Avrupa Araştırma ve İleri Eğitim Merkezi)
CMIP5	: Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (Kuple Model Karşılaştırma Projesi Faz 5)
CNRM-CM5.1	: Centre National de Recherches Météorologiques Model Version 5 (Fransa Ulusal Meteoroloji Araştırma Merkezi İklim Modeli 5.1 Versiyon)
CNRM-GAME	: Centre National de Recherches Météorologiques—Groupe d'études de l'Atmosphère Météorologique (Fransa Ulusal Meteoroloji Araştırma Merkezi – Atmosfer ve Meteoroloji Çalışma Grubu)
DKM	: Doğa Koruma Merkezi
DSİ	: Devlet Su İşleri
EHKEP	: Ergene Havzası Koruma Eylem Planı
ERA	: European Reanalyses Interim
ESKY	: Entegre Su Kaynakları Yönetimi
EUWI	: AB Su Girişimi
EVT	: Evapotranspirasyon (buharlaşma-terleme)
EY	: Ekosistem Yaklaşımı
FAO	: BM Gıda ve Tarım Örgütü
GFCS	: Global Framework for Climate Services (İklim Servisleri Küresel Çerçevesi)
GLCC	: Global Land Cover Characterization (Küresel Arazi Kullanımı Karakterizasyonu)
HadGEM2-ES	: Hadley Centre Global Environment Model Version 2 (Hadley Merkez Küresel Çevre Modeli 2.Versiyon)
HKEP	: Havza Koruma Eylem Planları
ICTP	: International Centre for Theoretical Physics (Uluslararası Teorik Fizik Merkezi)
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli)
IUCN WANI	: Dünya Doğayı Koruma Birliği - Su ve Doğa Girişimi
IUCN	: Dünya Doğayı Koruma Birliği
KDS	: Karar Destek Sistemleri
KİS	: Küresel İlkeler Sözleşmesi
KOP	: Konya Ovası Projesi



KSO	: Küresel Su Ortaklığı
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MPI-ESM-MR	: Max Planck Meteorology Institute Earth System Model (Max Plank Meteoroloji Enstitüsü Yer Sistem Modeli)
MV	: Mean Value (Ortalama Değer)
NCAR	: National Center for Atmospheric Research (Atmosferik Araştırmalar Ulusal Merkezi)
NetCDF	: Network Common Data Format (Ağ Ortak Data Formatı)
NHYP	: Nehir Havzası Yönetim Planları
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
OSB	: Organize Sanayi Bölgesi
PRISM	: Parameter Elevation Relationships on Independent Slopes Model (Parametre Yükseklik İlişkisi Bağımsız Eğim Modeli)
RCP	: Representative Concentration Pathways (Temsili Konsantrasyon Rotaları)
RegCM4.3	: Regional Climate Model (Bölgesel İklim Modeli)
RF	: Referans Dönemi
RMSE	: Root Mean Square Error (Ortalama Karekök Hataları)
RRTM	: Rapid Radiative Transfer Model (Hızlı Radyatif Transfer Modeli)
SÇD	: Su Çerçeve Direktifi
SDGs	: Sustainable Development Goals – Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri
SRES	: IPCC Special Report Emissions Scenarios (Emisyon Senaryoları IPCC Özel Raporu)
SYGM	: Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
SYKK	: Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu
TEEB	: Ekosistem ve Biyoçeşitlilik Ekonomisi
TÜBİTAK MAM	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu – Marmara Araştırma Merkezi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TÜSİAD	: Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği
UN Global Compact	: BM Küresel İlkeler Sözleşmesi
UNDP	: BM Kalkınma Programı
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
UNFCCC	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
UNIDO	: Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü
WBCSD	: Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi
WRF	: Weather Research Forecast (Sayısal Hava Tahmin Modeli)
WWC	: Dünya Su Konseyi
WWF-Türkiye	: Doğal Hayatı Koruma Vakfı



ÖNSÖZ

Şemsi KOPUZ
TGDF YÖNETİM KURULU BAŞKANI



21. Yüzyılın stratejik sektörleri arasında gösterilen gıda sektörü, 2050'de 10 milyara ulaşacak dünya nüfusunun beslenmesinde büyük bir sorumlulukla karşı karşıya.

BM'nin Eylül ayında açıkladığı "Gıda Güvenliği ve Beslenme" başlıklı rapor, 10 yıldan fazla bir süredir düşen açlığın, 2016 yılı ile birlikte yeniden yükselişe geçtiğini ve gezegenimizde 815 milyon insanın açlık çektiğini ortaya koydu. Üstelik yapılan hesaplamalara göre, 2050 yılında dünya nüfusunu beslemek için tarım ve gıda üretiminin, bugünkü düzeyinden en az yüzde 50 oranında artırılması gerekiyor.

Dünya nüfusuna bağlı olarak gıda talebindeki artışa karşılık, tarım ve gıda üretiminin önündeki en büyük tehdit olarak iklim değişikliği öne çıkıyor.

Bütün dünyada gündem oluşturan iklim değişikliğinin etkilerini, birbiri ardına yaşanan kuraklık ya da aşırı yağışlara ve sellere neden olan yağış rejimindeki düzensizlikler ile hepimiz yaşıyoruz.

Gıda ve içecek sanayinden 2000'e yakın şirketi çatısı altında toplayan 27 sektörel üye derneği ile sektörün en büyük sivil toplum kuruluşu olan Türkiye Gıda ve İçecek Sanayii Dernekleri Federasyonu (TGDF) olarak, tarım ve gıda üretimi için büyük tehdit oluşturan iklim değişikliği konusunda uzunca bir süredir çalışmalar yürütüyoruz.

Sizlere sunduğumuz "Türkiye'de İklim Değişikliği ve Tarımda Sürdürülebilirlik Raporu", Türkiye gıda sektörü olarak gıda güvenliğinden taviz vermeden, gelecek nesillerin ekonomik ve en sağlıklı nasıl beslenecekleri sorusuna yanıt arayışımız kapsamındaki çalışmalarımızın en yeni ve somut örneğidir.

İklim değişikliğinin tarımda sürdürülebilirliğe etkilerinin detaylı analizlerle ortaya konulduğu raporu hazırlayan İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Mikdat Kadioğlu, Prof. Dr. Yurdanur Ünal, Meteoroloji Mühendisi Aslı İlhan ve Yüksek Meteoroloji Mühendisi Cemre Yürük'e teşekkürlerimizi sunarken;

İklim değişikliğinden en fazla etkilenecek bölgelerin başında gelen Akdeniz havzasında yer alan ülkemiz için bir İklim Değişikliği Acil Eylem Planı'nın vakit yitirmeden hazırlanması ve uygulamaya konulması çağrımızı yineliyoruz.

Saygılarımla,



ÖZET

Türkiye’de tarım, hem ekonomik hem de sosyal olarak önemli bir sektördür. Bununla beraber, üstü açık büyük bir fabrika olan tarım sektörü başta olmak üzere narin ekosistemler, küresel iklim değişikliğine karşı büyük ölçüde savunmasızdır. Bu nedenle Türkiye’de, geleceğe dair tüm tarım faaliyetleri ve planlarında iklim şartları bilgisi önemli bir yer tutmaktadır. İklim Servisleri Küresel Çerçevesine (GFCS) göre tarım ve gıda güvenesi öncelikli sektörler arasındadır. Diğer taraftan “yoksulluğun olmaması” ve “sıfır açlık” Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin (SDGs) ilk ikisini oluşturmaktadır.

Atmosferik karbondioksitteki artış ve bitki büyüme mevsiminin uzaması olumlu, fakat iklim değişikliğinin neden olduğu sıcaklık artışları, yağış miktarında ve rejimindeki değişim, aşırı hava olaylarının artan sıklığı ve şiddeti küresel tarımsal faaliyetlerini olumsuz etkilemektedir. Tarım sistemi, günümüzde artan gıda ve yenilenebilir enerji taleplerine yanıt vermek için zaten zorlanmaktadır. Değişen iklim, su kıtlığı, kirlilik, erozyon ve toprak bozunumu gibi hem gıda güvenliğini hem de gıda güvenliğini tehdit etmenin ötesinde kaynak sorunlarına da neden olmaktadır. Şiddetli hava olaylarının Türkiye’de tarımsal üretime etkileri önemli miktarda ve olumsuz yönde giderek artmaktadır. Önümüzdeki yıllarda bu etkilerin küresel iklim değişikliği ile daha da artacağı ve güvenli gıdaya ulaşma imkanlarının da azalacağı öngörülmektedir.

T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, havza bazında desteklenmesi gereken ürünleri belirlemek için Türkiye’de Tarımsal Üretim Havzalarını tespit ederken geçmiş yıllara ait iklim verilerini de kullanmıştır. Bilindiği gibi tarımsal üretim havzalarının varlığı ve bu havzalarda teşvik verilen ürünlerin türleri, şu anki havzaların sınırları, havzalardaki toprak ve arazi sınıflandırması gibi özellikler büyük ölçüde küresel iklim değişikliği ile birlikte zamanla değişime uğramaktadır. Diğer bir deyişle, Türkiye’de sürdürülebilir tarım için geleceğe yönelik tarım politikalarının belirlenmesi aşamasında mutlaka küresel iklim değişikliği projeksiyonlarının hem tarım üretim havzalarını belirlenmesinde hem de uygun ürün seçiminde ve desteklenmesinde dikkate alınması gerekmektedir.

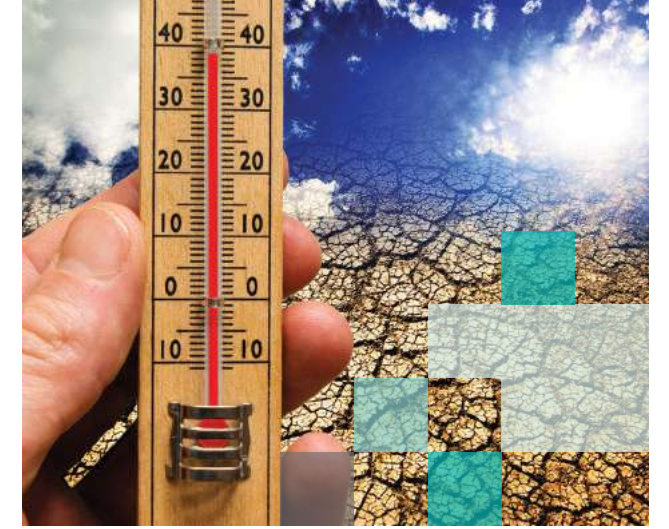
IPCC Raporlarına göre de, iklim değişikliğinden en fazla etkilenen bir coğrafyada yer alan Türkiye’de, tarımda daha iyi politikalar ve stratejileri formüle etmek için iklim değişikliğinin karakteristikleri çok iyi şekilde anlaşılmalıdır. Örneğin yağışların yetersizliği, tarım ve su kaynaklarını sınırlayıcı en önemli faktör olarak bilinir. Sürdürülebilir gıda üretimi ve su kaynaklarını arttırmak için gerekli politika ve stratejiler ancak bu parametrenin özellikleri ve gelecekteki durumu en iyi şekilde bilinerek kurulabilir.

Orman ve Şu İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yapılan “İklim Değişiminin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi” kapsamında üretilen İklim Değişimi Raporu’nda belirtildiği üzere, küresel iklim modellerinin farklı emisyon senaryolarına dayalı simülasyonlarının bölgesel iklim modeli kullanılarak ölçek küçültülmesi ile elde edilen bulgularına göre 2015-2100 projeksiyon döneminde ülkemizin hava sıcaklıklarında beklenen değişimler kısaca şöyledir:

- Türkiye üzerinde mevsimlik ve yıllık ortalama hava sıcaklıkları RCP4.5 senaryosuna göre 2-3.5 °C ve RCP8.5 senaryosuna göre 4-6 °C aralığında önemli ölçüde artacak ve 2100 yılı sonuna doğru uç değerler şiddetlenecek,
- Günün en yüksek ve en düşük hava sıcaklıklarında en yüksek sıcaklık artışları Türkiye’nin güneydoğusu ve Akdeniz boyunca (diğer bölgelere göre artış 1-2 °C daha fazla olacak şekilde) meydana gelecek,
- Güneydoğu, Akdeniz ve Ege bölgelerinde hava sıcaklığı artışı en fazla yaz aylarında yaşanacak ve 2100’lere doğru, 4-7 °C’lik artışlar gözlemlenecek,
- Sıcak hava dalgaları, Türkiye’nin güney enlemlerinden kuzeye doğru artış gösterecek. Özellikle 2041 sonrası Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri’nde sıcak hava dalgalarının hem sıklığında hem de şiddetinde artışlar gözlemlenecek

Benzer şekilde tüm senaryolara göre 2015-2100 yılları arasında;

- Türkiye geneli toplam yağış miktarlarında Doğu Karadeniz Bölgesi hariç 2050’den itibaren daha belirgin olmak üzere 250-300 mm’ye varan azalmalar öngörülmekte,
- Özellikle Ege ve Akdeniz kıyılarında, Güneydoğu ve Doğu bölge-



lerindeki yağış miktarlarında beklenen önemli azalmalar nedeniyle yağış eksikliği öngörülmekte,

- Karadeniz’in doğusunda ise ortalama yağışlarda ve aşırı yağış olaylarında artışlar nedeniyle yağış fazlalığı beklenmekte,
- Don olaylarının sıklığı azalmakta, kışlar daha ılık fakat yazlar daha sıcak, kurak, kısa süreli ani yağış ve dolu olaylarında artış olmakta,
- Türkiye genelinde karla kaplı alanlarda ve kar yağışı miktarlarında da önemli azalmalar olacağı tahmin edilmekte,
- Artan nüfus, iklim değişikliği ve azalan su kaynakları nedeniyle Türkiye’de kişi başına kullanılabilir su miktarının ~1.100 m3/yıl gibi ciddi su stresi limitleri civarına inmesi beklenmektedir.

Özetle Ege, Orta Anadolu ve Akdeniz’de kış ve ilkbahar yağışları azalırken, hem yaz aylarındaki hava sıcaklığının hem de buharlaşma-terlemenin artması, ayçiçeği, mısır gibi yazlık bitkileri ve yonca ekilişinin Orta Anadolu’da hızla artması ile birlikte Türkiye genelinde mera alanlarının azalmasından dolayı ihtiyaç duyulan sulama suyu miktarı bugüne göre yaklaşık iki katına çıkabilecektir. Sulama yapılması bile bitkiler çiçeklenme ve tane doldurma döneminde daha yüksek ve aşırı sıcaklara maruz kalacağı için özellikle yazlık bitkilerin veriminde düşüşler olması beklenmektedir.

Bu ön çalışmada küresel iklim değişikliğinin Türkiye’de tarım havzalarındaki yağış, buharlaşma ve terleme kombinasyonunun (evapotranspirasyon) dengesini nasıl etkileyebileceği ile birlikte yağış ve



buharlaşma arasındaki farkın büyüme mevsimindeki aylık değişimlerine odaklanılmıştır. Bunun için Türkiye'de küresel iklim değişikliğinin 2100 yılına kadar, her bir havza için mevcut dönem ve 2015-2039, 2040-2069 ve 2070-2100 gibi gelecekteki üç ayrı dönem için, hava sıcaklığı ve yağışta meydana getirebileceği değişikliklere yönelik projeksiyonlara ait özel bilgiler raporda sunulmuş, daha sonra küresel iklim değişikliği modellerinden elde edilen geleceğe ait veriler ile donlu günler, bitki yetişme mevsimi ve toprak nemi dengesi analizleri 30 tarım havzası için yapılmıştır.

Sonuçlar, yaz ve bahar aylarında Türkiye'nin büyük bir bölümünün su miktarının kısıtlı kalacağını, yağış ve buharlaşma-terleme arasındaki dengenin değişeceğini göstermektedir. Bununla birlikte, ekosistem hidrolojisine olan en büyük etki, bitki büyüme mevsimi uzunluğunda ve artan büyüme gün derecelerinde olmaktadır. Ve buna bağlı olarak bitki örtüsünde değişiklikler meydana gelebilecektir. Aynı zamanda daha kurak geçen dönemler yangın mevsiminin uzamasına neden olacaktır.

Beklenen kar ve yağmur eksiklikleri ile beraber buharlaşma-terleme hızının artması su kaynaklarında ve dolayısı ile tarım ve orman sektörlerinde stresi arttıracaktır. Böylece sıcak hava dalgalarındaki hızlı artış ve yağıştaki azalma ile birlikte iklim projeksiyonları dönemi başlangıcı 2015 yılından itibaren su için rekabet halinde olan turizm, tarım, tekstil ürünleri imalatı sektörleri ile içme ve kullanma suyu sektörlerinin etkilene olasılarının yüksek, hatta çok yüksek seviyelerde olması beklenmektedir.

Küresel iklim değişikliğine ilave olarak havzalardaki bir diğer sorun, su ihtiyacı yüksek olan ürünlerin yaygınlaşmasına ve buna bağlı su tüketiminin artmasına neden olan tarım politikaları olabilir. Bölgedeki su ve toprak kısıtlarına uygun ürün planlaması, yeşil ve mavi suya olan bağımlılığın azaltılıp artırılmış kirli (gri) su kullanımının artırılması ise her kesimin üzerinde anlaşıldığı çözümlerden biridir. Bununla beraber su sorununun kısa vadede çözümü için çeşitli kaynaklardan su tasarrufu, suyun geri kazanımı, yaygın bir şekilde yağmur suyu hasadı yapılması ve yenilenebilir enerji kaynakları ile deniz ve tuzlanan sulama suyunun artırılması gibi daha yeni, kapsamlı ve bütünsel iklim değişikliğine uyum yöntemleri de geliştirilip uygulanmalıdır. Küresel iklim değişikliğine uyum sağlayamayacak ve artık tarımla kalkınmayacak olan bölgeler belirlenip yatırımlar ile başka sektörlerle geçirilmelidirler.

Havzalarda ve dolayısı ile Türkiye'de tarımsal, sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması için mutlaka ve çok gecikmeden, şimdiden küresel iklim değişikliğinin ciddi bir şekilde dikate alınması ve her bir tarım ürününe yönelik uyum çalışmalarının başlatılması gerekmektedir. Bunun için de gündelik, palyatif değil; kısa, orta ve uzun vadeli uygulanacak ciddi bilimsel ve yapısal çözümlere/reformlara acilen ihtiyaç duyulmaktadır. Bütün bunların bir sonucu olarak, değişen iklim şartları ile birlikte havzalardaki su kaynakları, ürün deseni, tarımsal sulama uygulamaları, su hasadı, arıtma, ithalat ve ihracatımızın su ayak izi, vb. hep birlikte gözden geçirilmeli ve suyu paylaşan bütün sektörleri içine alacak bütünsel tarım ve su havza yönetiminin katılımcı bir yaklaşımla gecikmeden hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Özetle, büyük ovalarımızın öncelikli su sorununu doğru bir şekilde çözmek, tarımın ve dolayısıyla ülkemizin iklim değişikliğine dirençli olması için çok önemlidir. Bunun için yenilenebilir enerji projeleri destekli sulama projeleri, sulama alt yapısı ve arazi toplulaştırma, alt yapı, vb. iklim uyum çalışmalarının öncelikle tamamlanması gerekmektedir. Bu konunun hayati öneminden dolayı bu ön çalışma, değişik disiplinlerden kurulacak daha kapsamlı bir ekip ile bir kaç yılda bir yenilenecek sürekli olarak geliştirilmeli ve güncellenmelidir.

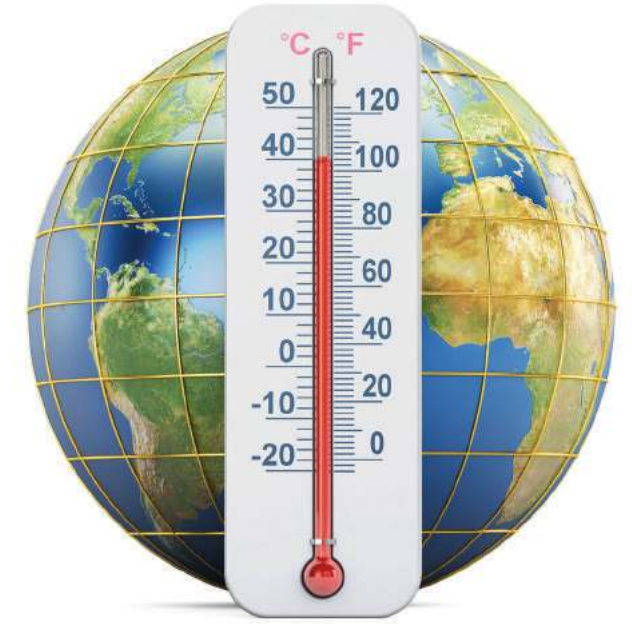
1. GİRİŞ

Tarım, ekosistemlerle toplum arasındaki arayüzde yer alır. Aynı zamanda tarım ve gıda güvenesi, iklim değişikliği açısından en savunmasız sektörleri temsil etmektedir. Kuşkusuz, bitkisel üretim iklim değişikliğinden etkilenir ve aynı zamanda bir ulusun gıda güvenesi kapasitesi, nüfus artışına ve mahsul veriminin iklim değişkenliğine nasıl tepki verdiğine bağlıdır.

Tarım ve gıda sektörlerinin, sosyo-ekonomik önemi nedeniyle günümüzde, gelecekteki iklim değişikliğinin ürün verimliliği ve gıda güvenesi üzerindeki etkisini değerlendirmek esastır. Diğer bir deyişle, gelecekte iklim değişiminden en fazla etkilenecek sektör tarım ve gıda olduğuna göre tarımsal üretimde alınacak önlemlerin, gıda güvenesinin sağlanmasının yanı sıra Türkiye'de de ekonominin olumsuz yönde etkilenmemesi açısından da önemlidir.

Gıda güvenesi, kısaca "yılda üretilen tarımsal ürün miktarının, ülke nüfusunun yılda tükettiği miktarı karşılaması" olarak tarif edilmektedir (ÇŞB, 2012b). Ancak esas itibarıyla gıda güvenesi "bütün insanların her zaman aktif ve sağlıklı bir yaşam için gerekli olan besin ihtiyaçlarını ve gıda önceliklerini karşılayabilmek amacıyla yeterli, sağlıklı, güvenilir ve besleyici gıdaya fiziksel ve ekonomik bakımdan erişimleri ve sürdürmeleri durumu" olarak ifade edilmektedir (DPT 2001). Gıda güvenesi, kaynak kıtlığı ve çevresel kalite sorunları ortaya çıktıkça, bu zorlukların üstesinden gelebilmek için hemen yani şimdi harekete geçmenin önemi ve gereği ortaya çıkmaktadır.

Günümüzde gıda güvenesini de tehlikeye sokan küresel iklim değişikliği, tüm dünyadaki toplumların başlıca kaygılarından birisidir ve bilimsel çalışmalarda da başı çekmektedir. Son on yılda insan faaliyetlerinden dolayı ortalama küresel hava sıcaklıkları artmıştır ve yakın gelecekte de hızlanarak artmaya devam etmesi beklenmektedir. Özetle, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) dördüncü raporuna göre, yıllık ortalama küresel sıcaklık 1906-2005 döneminde yaklaşık 0.74 ± 0.19 °C arttı ve son 25 yılda her on yılda hava sıcaklık artışı 0.2 °C ($+/-0.05$ °C) oldu. 2014'te yayınlanan IPCC 5. Değerlendirme Raporuna (AR5) göre küresel sıcaklık artışı 0.85 [$0.65-1.06$]°C'yi aştı (IPCC, 2014). Bununla birlikte 1850 yılından beri gözlenen 17 adet küresel yüzey hava sıcaklık



rekorunun 16 tanesi 2000'li yıllarda meydana gelmiştir. Isınmaya paralel olarak küresel ölçekte deniz su seviyesindeki yükselme hızı 1961 yılından beri ortalama 1.8 mm/yıl ve 1993 yılından beri 3.42 mm/yıl (± 0.7 mm /yıl) olmuştur. Küresel iklim değişikliğinin diğer bir işareti ise Arktik denizindeki buz örtüsünün her on yılda % 2.7 oranında azaldığıdır (IPCC, 2007).

Küresel iklim değişikliğine ilave olarak örneğin, 2050 yılına gelindiğinde, yeryüzünde 8.0 ila 10.4 milyar yani ortalama 9.2 milyar insan olacağı beklenmektedir (URL 4). Eğer tüm insanların yeterince beslendiği kabul edilirse, toplam gıda tüketiminin %50-70 oranında artması gerekmektedir (Smil, 2005; FAO, 2009). Bu noktada sorulabilecek en önemli sorulardan biri tarımsal üretimde verimin birim alan başına ne kadar artırılabiliridir. Nitekim, birçok çalışma bu soruna hitap etmiş ve iklimin tarım ekolojisi üzerindeki etkilerini ya da sonuçları sosyo-ekonomik açıdan irdeleyen bir çok çalışma yapılmıştır (Fisher vd., 2005; Nelson vd., 2009). Özetle, artan dünya nüfusuna paralel olarak yeterli ve dengeli beslenme koşullarının diğer bir deyişle gıda güvenesinin oluşturulup oluşturulmaması büyük bir problemdir.

İklim değişikliğinin mahsul verimi üzerindeki etkileri hem tarım sek-



törleri hem ülkeler hem de ülke içindeki bölgeler arasında büyük çeşitlilik ve farklılıklar göstermektedir. Özet olarak küresel iklim değişikliğinin ve meteorolojik parametrelerin tarıma olası etkilerinin şematik bir gösterimi Şekil 1.1'de verilmiştir. Bununla birlikte, iklim değişikliğinin Türkiye gibi genellikle sıcak ve kurak bölgelerde

biyolojik çeşitlilik ve tarımsal üretim üzerine olumsuz etkileri olacağı beklenmektedir. Özellikle Türkiye'de toplam tarım arazisinin çok büyük bir kısmında kuru tarım yapıldığı dikkate alınırsa küresel iklim değişikliği ile beraber yağış rejiminde olabilecek değişikliklerin Türk tarımı için hayati önem arz ettiği görülür.



Şekil 1.1: Küresel iklim değişikliğinin tarıma olası etkilerinin şematik bir gösterimi.

İklim ile ilişkili küresel gıda üretimine yönelik yaygın bilinen tehditler, aşağıda sıralandığı gibi tahıl, sebze ve meyve, hayvancılık ve balıkçılık için bir çok riski içerebilir:

- **Verimde azalma.** Bitkisel üretim ve hayvancılıkta süt verimleri de dahil olmak üzere yüksek sıcaklık ve kuraklığa bağlı stres yüzünden verimlilik düşebilir.
- **Sulama suyu talebinde artış.** Günümüzde doğal yağışlara bağlı

tarım yapan bölgeler, suya erişim konusunda yüksek maliyetli çözümler ve diğer sektörler ile su paylaşım problemleri ile karşı karşıya gelebilir.

- **Dikim ve hasat zamanında değişiklikler.** Yağış rejimindeki değişiklik, daha şiddetli yağış ve buna bağlı seller, dikim ve hasat zamanlarını geciktirebilir. Havanın ısınması ile son don tarihinin öne çekilmesi sonucu ekim ve dikim tarihlerinin öne çekilmesine neden

olabilir. Örneğin, ülkemizde 1-3 derecelik ısınma mısır, çeltik gibi sıcak iklim tahıllarının ile yazlık ürünlerin daha erken üretime alınması demektir. Böylece yaz sıcaklarından ve buharlaşma hızından da korunmak mümkün olabilir (Akınerdem, 2014a, Öztürk, 2005).

- **Ürün yetiştirmeye elverişlilikte azalma.** Artan hava sıcaklıkları ve azalan yağış, toprak nemi yüzünden, mevcut tarım alanları gelecekte ürün gelişimi için uygun olmayabilir.

- **Daha fazla hastalık ve zararlı.** Soğuk kışlar artık onları kontrol altında tutmazsa, bazı hastalık ve zararlılar hayatta kalabilir veya hatta her sene daha fazla olmak üzere çoğalabilir epidemilere neden olabilirler. Sıcaklıklar ve nem koşulları değiştiğinde yeni hastalık ve zararlılar önceden görülmedikleri bölgelerde de zarar oluşturabilirler. Örneğin, buğdayda Septorya yaprak leke hastalığının daha önceden Orta Anadolu'da görülmemesine rağmen şimdi görülüyor olması gibi.

- **Balıkçılık riskleri.** Aşırı avlanma ve sıcak deniz suyu da su ürünleri için tehdit oluştururken, bulaşıcı hastalık riskinin de artırıyor. Aşırı deniz suyu sıcaklıkları ve deniz suyu asitlenmesi ile birlikte dünyanın birçok yerinde önemli balıkçılık alanları olan mercan kayalıklarını da risk altına sokmaktadır.

Son yıllarda, iklim değişikliği ve iklim değişikliğinin tarımsal ve bitkisel üretim üzerindeki etkileri birçok bilimsel araştırmada incelenmiştir. Öte yandan, ürünlerin büyüme simülasyon modelleri, son yıllarda bu etkileri yansıtacak yararlı araçlardan biri olarak geliştirilmiştir. Bu modeller, bitki üretimi veya kaynak yönetimi ile ilgili farklı araştırmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Mahsul/verim simülasyon modellerinin, genel sirkülasyon modelleri tarafından üretilen iklim değişikliği senaryoları altında gelecekte iklim projeksiyon çıktıları kullanılarak, iklim değişikliğinin ürün üretimine etkilerini tahmin etmek için kullanılmaktadır.

Bunlara ilave olarak, ekstrem (uç) hava olayları (tarımsal üretimin büyük oranda açık alanlarda yapılması nedeniyle) üstü acık bir fabrika olan ve ülkemiz nüfusunun önemli bir kısmının geçimini sağladığı tarım ve dolayısıyla Türk ekonomisini olumsuz bir şekilde etkileyebilmektedir. Atmosferik şartlardaki değişimler bitki büyümelerinde ve bazı bitkilerin Türkiye genelindeki dağılımında farklılık





çok çalışma yapılmıştır. Özellikle kış ve ilkbaharda artan sıcaklıklar tarla bitkileri ve meyve bahçelerinde bitki gelişme safhalarını (fenolojik dönem) erkene kaydırmakta; bu da erken çiçek açan meyve ağaçlarında don zararına uğrama ve ürünlerde kalitenin düşmesine neden olmaktadır (Türkoğlu vd., 2016).

Böylece iklim modelleri ile yapılan senaryo çalışmaları hava sıcaklığında, yağışın miktarında ve toprak neminde önemli ve çok olumsuz değişimlerin olacağını göstermektedir. Bu nedenle birçok ülke, gelecekte meydana gelebilecek küresel iklim değişikliklerinin ekonomik ve sosyal etkilerinin neler olacağı konusunda hem bilimsel senaryolar üretmekte hem de bu senaryolara göre ulusal ve uluslararası tarım politikalarına yön vermektedirler. İklim değişikliklerinin dünya tarımına ekonomik olarak olası etkileri de analiz edilmektedir. Zira, tarım iklimle karşı en hassas olan sektördür.

Günümüzde biraz şiddetli olan hava şartlarında bile tarımsal üretimde verim ve kalitenin azaldığı, fiyatların aşırı yükseldiği, ihracatın düştüğü görülmektedir. Bazı yıllarda örneğin sadece aşırı yağışların bile (kirazda çatlamaya neden olduğu ve en büyük kiraz ihracatçısı olan Türkiye'nin ihracat için kiraz bulmada büyük sıkıntı yaşadığı, vb.) birçok probleme neden olduğu görülmüştür. Ayrıca aşırı yağışın bitkilerdeki pas ve külleme hastalıklarında artışa neden olduğu da pek sık yaşanan bir durumdur. Diğer yandan bazen don olayı, fındık ve kayısı üretiminde %95'e varan kayıplara neden olmakta, bazen sıcaklık artışı kirazda kalite bozukluğuna yol açmaktadır. Bazen, dolu ile zedelenen şeftali soğuk hava depolarında bile kısa sürede bozulmaktadır. Bazen de yağışların azlığı nedeniyle tahılların boyları kısa kaldığı için saman miktarı belirgin biçimde azalmaktadır. Diğer bir deyişle, küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin henüz tam olarak hissedilmediği günümüzde bile hava şartlarındaki küçük değişimler tarımsal üretimi, üretici ve tüketiciyi çok sık ve olumsuz bir şekilde etkilemektedir.

Bütün bunlara rağmen ülkemizde çok az da olsa hala "6 yılda hafif, 14 yılda şiddetli kuraklık yaşanır", ya da "ilimizde 20 yıllık periyotlar halinde yağışlı ve kurak iklim yaşanmaktadır. Yapılan araştırmalara göre 3 yıl sonra 20 yıllık kurak süreç tamamlanarak daha yağışlı bir periyoda girileceğini tahmin etmekteyiz" Atmosfer bilimlerinde hiç bir değeri, anlam ve geçerliliği olmayan, güya bilimsel olan hurafe-

ler ortaya atılmakta ve maalesef bazıları bu tür bilgilere dayanarak tarım yapmaya çalışmaktadır.

Bölgesel iklim ve tarımsal üretim değişiklikleri sadece meydana geldiği ülkeyi değil, dolaylı olarak uluslararası piyasaları ve dünya tarım ürünleri fiyatlarını da etkilemektedir. Bu amaçla yapılan küresel iklim değişikliğinin tarım üzerine etkileri çalışmaları aracılığıyla, ülkelerin bitkisel üretim durumları ve dünya tarım pazarları yeri de araştırılmaktadır. Diğer bir deyişle, küresel iklim değişikliğinin hem Türk tarımına hem de Dünya tarımına olası etkileri araştırılmalı ve bu araştırmaların sonucuna göre Türk tarımına yön verilmelidir.

Ülkemiz için en önemli potansiyel sorunlardan biri, sıcaklık artışı sonucunda artan buharlaşmanın yarı kurak olan ülkemizin tarımına yapacağı etkilerdir. Bir diğer sorun da, ülkemiz agro-ekolojik zonlarının nasıl değişeceğidir. Araştırılması gereken diğer bir konu ise, ülkemizin bulunduğu enlemlerde olacağı tahmin edilen sıcaklık artışı, yağıştaki ve toprak nemindeki azalma sonucunda meydana gelebilecek kuraklık tehlikesinin sonuçlarının neler olacağıdır.

2. KULLANILAN VERİ VE YÖNTEMLER

Atmosferik sera gazları konsantrasyonlarının artması ve yerel iklim elemanlarındaki değişimler sonucu küresel iklim değişikliği, tarımsal üretim dahil olmak üzere biyolojik çevrede olumsuz etkilerini göstermektedir. Gelecekteki iklim özelliklerinin belirlenmesindeki belirsizliklerle birlikte, karar vericilerin ve sera gazlarının zararlarını azaltmakla görevli ulusal program yöneticileri için iklim elemanlarına ait eğilimlerin belirlenmesi de önemlidir.

Bölgesel iklim durumunu gösteren iklim elemanlarındaki değişimler, bölgedeki ekolojik şartlar için de önemli işaretler taşıyor. İklim şartları, ekolojik koşulları da kontrol eden önemli faktörlerdendir. Bu nedenle, iklim elemanlarındaki eğilimlerin bilinmesi, biyolojik şartlardaki değişimlerin de belirlenmesine yardımcı olur.

Genel anlamda iklim elemanları da dahil olmak üzere tarımı etkileyen faktörler şöyle sıralanmaktadır:

- İklim (sıcaklık, yağış, vb.) parametreleri
- Rakım

Küresel iklim değişikliği ile ilgili çalışmalar, değişik disiplinleri ilgilendiren bir konu olması nedeniyle bu konudaki çalışmalar geniş bir yelpazede yer alan kurum ve kuruluşların çalışma alanına girmektedir. Yukarıda açıklanan nedenlerden dolayı bu çalışmada, uzmanlık konumuz meteoroloji teknolojisi ve bilgisi kullanılarak öncelikle ülkemizin gıda sanayisi için en önemli olan Mısır, Pancar, Yem Bitkileri ve Yağlı Tohumlar gibi hammaddelerin en kötümser senaryo altında küresel iklim değişikliğinden nasıl etkilenebileceği üzerinde durulmuştur.

Ayrıca bu çalışmada Milli Tarım Politikası vb. teşvik programı ile belirlenip teşvik edilen Türkiye'nin üretim deseni iklim değişikliği parametrelerine göre doğru şekilleniyor mu? sorusuna yönelik olarak karar verici ve kullanıcılara temel literatür gözden geçirilerek ve küresel iklim değişikliğinin tarıma etkisini belirlemeye yönelik veriler sunulacaktır.

- Bakı (yamaçların/eğimli arazinin baktığı yön)
- Toprak şartları
- Yetiştirme teknikleri (toprak işleme, gübreleme, sulama, makine kullanımı)
- Hastalık-zararlı ve yabancı otlar

Bu çalışmada Türkiye'de tarımı etkileyen etmenler olarak sadece iklim parametreleri yani sıcaklık, yağış, buharlaşma-terleme ve yağış-gerçek buharlaşma ve terleme farkları aşağıdaki şekilde ele alınmıştır.

2.1. Küresel İklim Modeli

Bu çalışmada en son, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı tarafından 2016 yılında tamamlanan İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesinin küresel iklim değişikliği projeksiyonları temel alınarak bazı sonuçları doğrudan ve bazı verileri de işlenerek kullanılmıştır (SYGM, 2016).

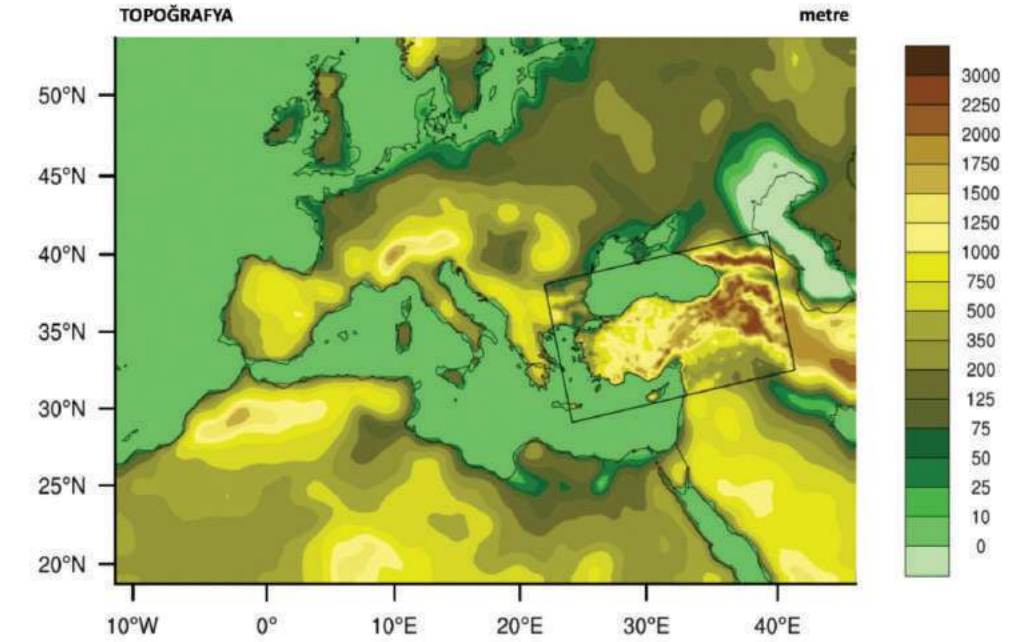
Bakanlığın çalışmasında CMPI5 - (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) veri tabanından seçilen 3 küresel iklim modeli simülasyonlarından, dinamik ölçek küçültme yöntemiyle 10x10 km çözünürlüğe sahip referans dönemi (1971-2000) ve gelecek (2015-2100) iklim simülasyonları elde edilmiştir. Projede iki farklı emisyon senaryosu için RegCM bölgesel iklim modelinin 4.3 versiyonu kullanılmıştır (Şekil 2.1.1).



Şekil 2.1.1. Üç yer sistem modeli esasına dayalı ve iki ayrı senaryo için gerçekleştirilen yüksek çözünürlüklü simülasyonların şematik açıklaması (SYGM 2016). Bu raporda ise sadece MPI-ESM_MR simülasyonuna yer verilmiştir.

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı bu çalışmasında iklim değişikliği projeksiyonları kapsamında öncelikle yer sistem modellerinden başlangıç ve sınır koşulları kullanılarak önce 50 x 50 km sonra 10 x 10 km çözünürlükte (≈8000 adet grid) iklim simülasyonları elde edilmiştir (Şekil 2.1.2). Bu proje ile yatay çözünürlüğü 10 kilometreye çıkartılarak, topoğrafya ile etkileşimler sonucu gelişen bölgesel iklim koşullarının ayrıntılarını daha iyi elde etmek mümkün olmuştur. Özellikle karmaşık topografinin hâkim olduğu bölgelerde, aşırı hava olaylarının simülasyonlarında daha yüksek doğrulukta sonuçlar sağlanmıştır.

Küresel modelin referans dönemi simülasyonları gözlem verisi kullanılarak yapılan simülasyonlarla karşılaştırılarak, küresel model iklim simülasyonlarındaki yanlılığı araştırılmıştır. Her üç küresel iklim modelinin 2100 yılında 4,5 W/m² ve 8,5 W/m² iklim zorlamalarına karşı gelen RCP4.5 ve RCP8.5 temsili konsantrasyon rotalarına dayanan simülasyonlar ile RegCM4.3 bölgesel iklim modeli ile 2015-2100 yılları arasında 10 x 10 km çözünürlükte koşturulmuştur.



Şekil 2.1.2. Dıştaki hesap alanı 50 km çözünürlüğe ve içteki alan 10 km çözünürlüğe karşılık gelmek üzere Bölgesel Model Çalışma Alanları ve Topografya (SYGM 2016).

Böylece Bakanlık ilk kez bu proje ile Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) yeni emisyon senaryolarını esas almıştır. IPCC'nin son değerlendirme raporunda da yer alan CMIP5 içeri-
sindeki üç yer sistem modeli ile iki ayrı senaryo için gerçekleştirilen yüksek çözünürlüklü simülasyonlar 2015-2100 projeksiyon döneminde Türkiye genelinde ve 25 akarsu havzasında kullanılmıştır.

Bu çalışma raporunun hacmini kısıtlı tutmak için sadece tek bir küresel modelin en kötü senaryosu olan RCP8.5'in sonuçları üzerinde çalışılmıştır. 1971-2000 referans dönem olarak alınmış ve 2013-2099 yılları için projeksiyon yapılmıştır. Bakanlığın Türkiye'deki en son ve en kapsamlı çalışması esas alınmış olmasına rağmen küresel iklim değişimi modellerinin Türkiye üzerinde 21. yüzyıl içerisinde meydana gelecek olası iklim değişikliklerini yüksek çözünürlükte (10 km) genel hatları ile belirlemekte olduğu unutulmamalıdır.

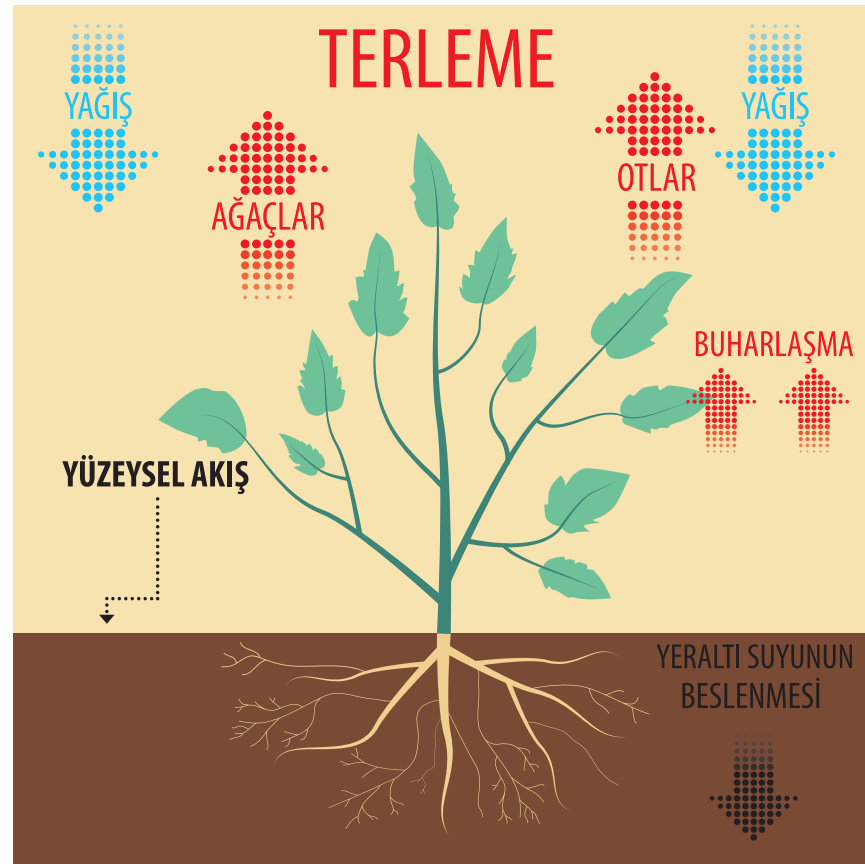
Diğer bir deyişle, ileride bu tür çalışmaların havza bazında ve mümkün olduğunca daha yüksek çözünürlüklerde yapılmasında fayda vardır.



2.2. Toprak Nemi Dengesi

Atmosferden yeryüzüne düşen yağışın önemli bir kısmı tutma, buharlaşma ve terleme yoluyla, yüzeysel akış haline geçmeden atmosfere geri döner. Bu kayıpların belirlenmesi özellikle kurak mevsimlerde hidrolojik bakımdan çok büyük önem taşır.

En basitinden bir su toplama havzasına ya da toprağa giren ve çıkan su arasındaki dengeye, su bilançosu ya da su bütçesi denir (Şekil 2.2.1).



Şekil 2.2.1. Basitleştirilmiş bir toprak su dengesi bileşenleri şeması.

Burada su bütçesi aşağıdaki formülle basit bir şekilde ifade edilebilir:

$$\pm SD = Y - A - PBT$$

Burada, Y: yağış, A: akış ve/veya yeraltı suyunun beslenmesi, PBT: potansiyel buharlaşma-terleme, SD: havzada depolanan su miktarındaki artı ya da eksi yöndeki değişim; su değişimi.

Buharlaşma, basitçe, yüzeydeki sıvı suyun (doğrudan ya da dolaylı olarak) güneşten gelen enerjiyle su buharına dönüşmesi işlemidir. Buharlaşma, yüzeyde nem olduğu sürece ve hava doyana kadar devam eder.

Su yüzeyi civarında sudan havaya ve havadan suya doğru sürekli bir molekül akımı vardır. Sudan havaya geçen moleküllerin fazla olması olayına “buharlaşma” adı verilir. Buharlaşma, su, nemli toprak, kar, nehir, göl ve deniz yüzeylerinden olabilir. Hava sıcaklığı arttıkça, su yüzeyindeki buhar basıncı ile hava basıncı arasındaki fark büyür ve buna bağlı olarak da buharlaşma miktarı da artar.

Serbest su yüzeyinden buharlaşmayı belirlemenin en iyi yolu buharlaşma tavaşı (evaporimetre) denen metal kaplar kullanmaktır. En yaygın kullanılanı “Class A” tip tavadır. 122 cm çapında 25,4 cm derinliğinde zeminden 30 cm yukarı yerleştirilir ve su seviyesi üst-



ten 5 cm aşağıdadır. Bu tava yardımıyla bulunan buharlaşma 0,70 ile çarpılarak göl gibi yüzeyi açık su kütlelerinden olan buharlaşma miktarı hesaplanır.

En çok kullanılan tip A sınıfı tavanın alanı 1 m², derinliği 25 cm’dir. Tava 20 cm derinlikte su ile doldurulup su yüzeyindeki alçalma bir Limmimetre ile ölçülerek buharlaşma miktarı belirlenir. Ancak tavadaki buharlaşma miktarı ile büyük bir su kütesindeki (bir hazne, göl, baraj, vb.) buharlaşma miktarı birbiri ile aynı olmaz. Tavadaki su, hava sıcaklığındaki değişimlerden daha çabuk etkilenir.

Bitkiler üzerine düşen yağışın burada kalması olayına “tutma” denir ve tutmanın bir kısmı da buharlaşarak (interception loss) havaya karışabilir (URL 1).

Terleme, bitki yüzeyinde, özellikle yapraklarda olan buharlaşma olarak kısaca tanımlanabilir. Bitki, yapraklarından sürekli su kaybeder, bünyesindeki su oranını belirli seviyede tutabilmesi için kaybettiği kadar suyu kökleri vasıtasıyla topraktan almak zorundadır. Bu yüzden bitkilerin hayatîyetlerini devam ettirebilmek için, toprakta belirli oranın üzerinde sürekli nem bulunmalıdır. Diğer bir deyişle terleme, bitkinin kökleri ile topraktan aldığı suyun, güneş ışınlarının etkisiyle bitki yapraklarındaki gaz alışverişlerini ayarlayan gözeneklerin (stomaların) açılıp kapanma hareketleri sırasında, bitkiden havaya suyun buharlaşmasıdır. Bitki kökü ve sapı ile topraktaki suyu yapraklarına taşıırken suda çözülmüş besin maddelerini de içinde taşıyarak kendini besler. Diğer bir deyişle, bitkinin yaşayabilmesi

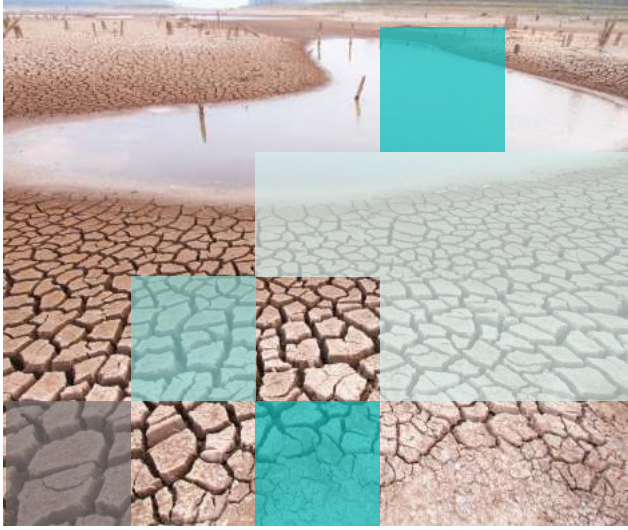
için terlemesi şarttır. Özetle, terleme ile buharlaşma işlemi sırasında bitki kaybettiği suyu topraktan karşılayamazsa bitki giderek kuruyup ölür.

Bu nedenlerden dolayı bitkilerdeki terleme, bitki çeşidi, bitki yetiştirme safhası, yaprak özellikleri, stoma özellikleri, kök özellikleri, toprak nem oranı, toprak havalanması, toprak suyunun konsantrasyonu (tuz oranı) ile birlikte güneşlenme, sıcaklık, nem ve rüzgar gibi hava şartlarına bağlıdır.

Buharlaşma-terleme, bitkiler için doğrudan buharlaşma (evaporation) ve terleme (transpiration) ile olan su kaybı birbirinden ayrılmaz işlemler olduğu için ikisi birden buharlaşma-terleme (evapotranspiration) olarak gruplandırılıp adlandırılırlar. Bu nedenle, buharlaşma için bir yerde nem varsa, terleme için de nem vardır. Böyle bitki ne zaman terlerse aynı zamanda buharlaşmaya neden olur. Bu iki işlem her zaman birlikte gerçekleşir.

Yeterli bir yağış veya sulamadan sonra ıslanan ve üzerinde bitki örtüsü bulunan toprağın tutamadığı fazla sular yerçekimi etkisiyle sızdıktan sonra, yani toprak tarla kapasitesine ulaştıktan sonra, topraktaki nem iki yoldan eksilir; buharlaşma ve terleme, yani buharlaşma-terleme.

Buharlaşma-terleme topraktan ya da havzadan önemli bir su kaybına neden olabilir. Bitki örtüsü ve arazi kullanımı türleri, buharlaşmayı ve dolayısıyla bir havzadan ve/veya topraktan kaybedilen su miktarını da önemli ölçüde etkiler. Yapraklar üzerinden terleme ile



kaybedilen su köklerden gelir. Bu yüzden derin köklü bitkiler suyu daha uzun süre terlemeyle geri döndürebilir. Buharlaşma-terlemeyi etkileyen faktörler arasında, bitkinin büyüme evresi veya olgunluk seviyesi, toprak örtüsünün yüzdesi, güneş ışınımı, nem, sıcaklık ve rüzgâr bulunur.

Süblimasyon (uçunum) ise kar ve buz gibi katı halinden doğrudan gaz haline geçiş şeklinde oluşan buharlaşmadır.

Potansiyel buharlaşma-terleme, Toprakta, bitkilerin kısıtsız olarak istedikleri miktarda su kullanmalarını sağlayacak kadar nemin bulunması durumunda gerçekleşen buharlaşma-terlemeye potansiyel buharlaşma-terleme (PBT) denir. Aktüel buharlaşma-terlemenin en yüksek değeri potansiyel buharlaşma-terlemeye eşittir. Potansiyel buharlaşma doymuş toprak koşullarında gerçekleşirken, potansiyel buharlaşma-terleme toprakta hava ve nem koşullarının optimum olduğu durumda, yani tarla kapasitesi koşullarında gerçekleşir. Çünkü su ile doymuş koşullarda buharlaşma en yüksek seviyede olmakla birlikte terleme havasızlık nedeniyle durur veya minimum seviyeye düşer.

Birleşmiş Milletler (BM) Gıda ve Tarım Teşkilatı (FAO), gelişmekte olan ülkelere ait sulama projelerinin boyutlandırılmasına yardımcı olmak üzere, bitki su ihtiyacını belirlemek için, geliştirilmiş FAO PENMAN MONTEITH yöntemini önermektedir. Günün en yüksek sıcaklığı, günün en düşük sıcaklığı, ortalama rüzgâr hızı, ortalama bağıl nem ve güneşlenme süresi değerlerine göre buharlaş-

ma-terleme (referans bitki su tüketimi) değerleri günlük meteoroloji gözlemleri ile hesaplanmaktadır. Bu çalışmada ise sadece gerçek buharlaşma-terleme (GBT) miktarları hesaplanarak kullanılmıştır.

Aktüel (gerçekleşen) buharlaşma-terleme (GBT) miktarı, aynı iklim koşullarında toprak nem oranına ve bitki büyüme safhasına göre değişir. Bir yerde, herhangi bir toprak nem oranında meydana gelen buharlaşma-terleme miktarına aktüel buharlaşma-terleme (GBT) veya gerçekleşen buharlaşma-terleme denir. Toprak nem oranı tarla kapasitesinde iken GBT en yüksek seviyededir; toprak nem oranı düştükçe GBT giderek azalır.

Buharlaşma ve buharlaşma-terlemedeki uzun dönemli değişimlerin, hem hidrolojik süreçlere hem de tarımsal bitki performansına çok önemli etkileri olur. Özetle, potansiyel buharlaşma-terleme (BT), sınırsız su miktarı bulunduğu kabul edilen yerden (toprak, bitki, vb. yüzeyinden) atmosfere teorik olarak ne kadar suyun dönebileceğinin bir ölçüsüdür.

Buharlaşma-terlemenin hızı, yüzey toprağındaki nemin azalması ile (bitkinin kullanabileceği su azaldığı için) düşer. Buharlaşma-terlemenin hızı düştükçe de bitki nem stresine girer ve solma noktasına ulaşıldığında pörsümeye uğrayarak stomalarını kapatır. Böyle durumlarda bitkiler ya sulanacak ya da ölecektir.

Yağış: Atmosferden katı ya da sıvı halde yeryüzüne düşen sulara yağış denilir. Sıvı haldeki yağış yağmur şeklindedir, katı haldeki yağış ise kar, buz ve dolu şekillerinde olabilir. Doğa su miktarı bakımından dinamik denge halindedir. Su tükenmez bir doğal kaynak olup yer küredeki toplam su miktarı zamanla değişmez. Yeryüzünde bir yılda düşen yağış, o yıl içinde buharlaşarak havaya geri dönen su miktarına eşittir.

Diğer taraftan kar yağışı, toprak verimliliğine ve üretkenliğine de katkıda bulunabilir, nitekim kar önemli bir hava gübresidir. Çünkü kar yağarken gökyüzünde asılı halde bulunan her tür mineral besini kar taneleri yakalayarak atmosferdeki "organik azot, nitrat, amonyum, kükürt gibi bitkiler için temel besinleri de toprağa ulaştırır. Araştırmalara göre, yağmur ve kar yağışlarıyla dönüm (dekar) başına her yıl 1 ila 10 kg azot aktarılmaktadır. Kar yağışının bu ve benzeri avantajları dikkate alındığında, kar yağışının çiftçiler için çok



faydalı bir meteorolojik olay olduğu söylenebilir. Dolayısı ile kar yağışının söz konusu olduğu bölgeler toprak verimliliği ve üretkenliği nedeniyle küresel ticarete önemli bir üstünlüğe sahiptir.

Yağan kar, bitkilerin "su ve vernalizasyon" ihtiyacını da karşılar. Karın bitkilere su sağlamadaki etkinliği, su kapsamı ve donmuş sularla karın ergime ve çözülme şartlarına bağlıdır. Kış mevsimi hükmünü yitirerek, havaların ısınmasıyla birlikte ergiyen kar suları yavaşça toprak içine sızdığı için hem yıkama etkisiyle verimlilik erozyonuna sebep olmaz, hem de toprak tarafından kapasitesine bağlı olarak, ağır bir şekilde emilir, depolanır. Depolanan su, ilerleyen dönemlerde bitkiler için su stokunu oluşturur ve bitki kök bölgesinde bitkilerce kullanılmayı bekler.

Toprak yüzeyine düşen her 10 cm'lik kar yüksekliği toprağa ortalama 2.5 cm su girişi demektir. Kar örtüsü ortalama 10 cm derinliğindeki yüzey toprağın sıcaklığını, 3.6-5.9 °C kadar yükseltebilmektedir. Bu özelliği ile önemli doğal bir yalıtım maddesi olduğunu da söyleyebiliriz. Böylece toprak yüzeyinde biriken kar, "battaniye" gibi bitkilerin aşırı soğuklardan ve donlardan zarar görmesini önler. Kar örtüsü, bitki hastalık ve zararlılarının yayılmasını durdurup bitkilerin hastalık ve zararlılara karşı direnç ve toleransını da artırmaktadır. Örneğin tarla farelerinin yuvalarına dolarak donan kar ve su onların hayatiyetinin devamını önlemiş olur (URL 5).

Belli bir iklim bölgesindeki buharlaşma-terlemenin mevsimsel değişimi, güneş ışınımı, yağış ve hava sıcaklığındaki mevsimsel değişimi takip eder. En düşük buharlaşma-terleme hızı genellikle yılın en soğuk aylarında gerçekleşir. En yüksek buharlaşma-terleme hızı

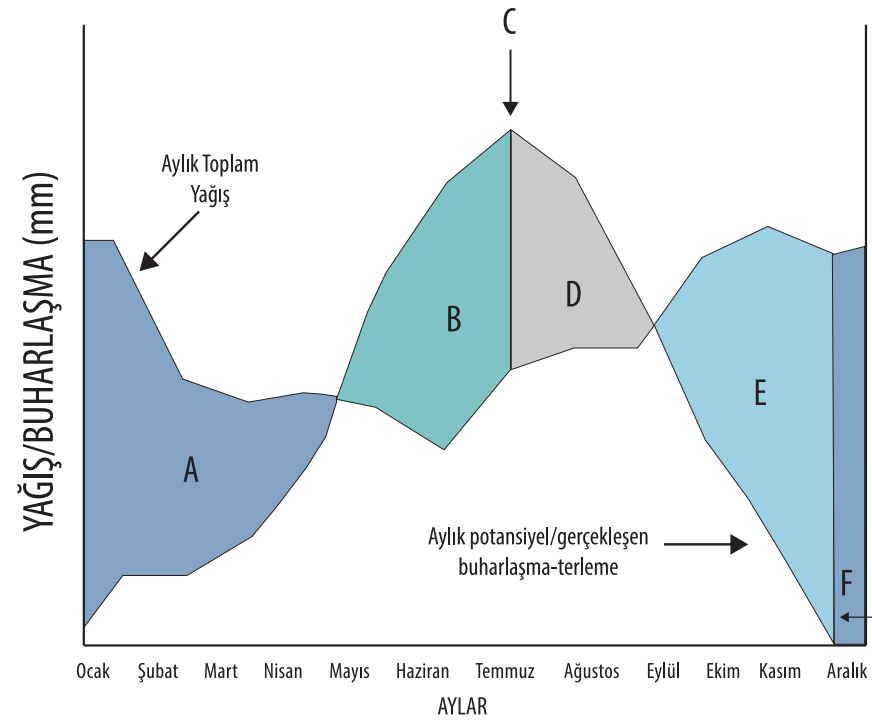
ise genellikle yaz mevsiminde görülür. Bu aylarda su kıttır ve bitki su ihtiyacını toprak neminden elde etmeye çalışır. Bununla beraber, en büyük potansiyel buharlaşma-terleme miktarı mevsimsel maksimum güneş ışıması ve hava sıcaklığından birkaç hafta sonra gerçekleşir.

Türkiye'de de su bilançosu mevsimler ile değişimler gösterir. Yılın yağışlı kısmında yağış, potansiyel buharlaşma-terlemeden daha büyük olduğu için havzada su fazlalığı oluşur. Toprak da suya doyduğu için yüzeyel su akışı, akarsulardaki ve su depolama yapılarındaki su düzeyi artar. Bu su bütçesinde pozitif bir denge (+SD) olduğunu gösterir. Yılın kuru kısmında ise potansiyel buharlaşma-terleme, yağıştan daha büyüktür. Bitkiler, toprağın depoladığı suyu kullanarak tüketir. Böylece kurak mevsimlerin sonunda su azlığı oluşur.

Sulama yapılmayan yerlerde gerçek buharlaşma-terleme, iki nedenden dolayı genellikle yağıştan daha büyük değildir. Birinci neden; toprağın su tutma özelliği arada bir geçiş zamanı sağlar. İkincisi de toprakta buharlaşmanın ve bitkide de terlemenin gerçekleşmesi için gerekli olan nemin yokluğudur. Gerçek buharlaşma çoğu kez yağışın toprağa sızmasından ve yüzey akışına geçmesinden dolayı azdır. Bu durum sadece yeraltı su düzeyi yüksek olduğunda geçerli değildir.

Eğer potansiyel buharlaşma-terleme miktarı gerçek yağıştan daha büyükse, sulama yapılmadığı takdirde toprak giderek kuruyacaktır. Bununla birlikte gerçek buharlaşma-terleme, potansiyel buharlaşma-terlemeden hiçbir zaman büyük olamaz.

Türkiye'nin İç Anadolu, Akdeniz gibi bölgelerinde ortalama yıllık potansiyel buharlaşma-terleme miktarı, ortalama yıllık yağış toplamından çok daha büyüktür. Diğer bir deyişle, Anadolu'nun yarı kurak bölgelerinde ya da bozkırlarında yağış miktarı, potansiyel buharlaşma-terlemeden daha azdır. Bununla beraber, Türkiye'de yarı kurak iklim bölgelerinin hava sıcaklığı vb. değişkenlere bağlı olarak farklı bitki türleri vardır. Fakat Doğu Karadeniz Bölgesinde olduğu gibi yağış, potansiyel buharlaşma-terlemeden daha büyük olduğunda ne su azlığı olur ne de toprağın nem içeriği tümüyle kullanılarak tüketilir.



Şekil 2.2.2. Ortalama aylık toplam yağış ve potansiyel buharlaşma-terlemeye göre yıl içinde aylara göre değişen ortalama toprak nem bütçesinin şematik gösterimi.

Aylara göre değişen ortalama toprak nem bütçesinin Şekil 2.2.2'de gösterilen belli başlı aşamaları kısaca şunlardır:

- A-Toprak Nemi Fazlası: Bu aşamada yağış, potansiyel buharlaşma-terlemeden daha büyük. Toprağın nem içeriği en yüksek noktaya erişmiş ve suyun yüzeyel akışı, yer altı suyunu beslemesi ve bitkilerin kullanılması için su fazlası var.
- B-Toprak Neminin Kullanımı: Bu aşamada ise potansiyel buharlaşma-terleme, yağıştan daha büyük. Toprağın nem içeriği, bitkiler tarafından tüketiliyor ya da buharlaşmayla kaybediliyor.

Küresel iklim değişikliğinin Türkiye'deki tarım havzalarındaki yağış ve buharlaşma dengesine etkisinin değerlendirilmesi gerekir. Bu kapsamda, Türkiye'de iklim değişikliği, bitki yetiştirme mevsimi ve toprak nemi analizi de yapılmalıdır. Bir su toplama havzası için model bir su bilançosunun yılın yağışlı ve kurak dönemlerindeki durumu aşamalar halinde aşağıdaki Şekil 2.2.2'de açıklanmıştır:

- C-Toprak Neminin Tükenmesi: Bu aşamada toprağın nem içeriği tükendi. Her yağış büyük ihtimalle toprak tarafından soğrulacağı için yüzeyde su akışa geçemeyecek. Akarsu seviyeleri düşecek ya da tümüyle kuruyacak.
- D-Toprak Nemi Azlığı: Bu aşamada potansiyel buharlaşma-terleme, yağıştan daha büyük ve toprağın nem içeriği tüketilmiş olduğu için toprak nemi açığı var. Bitkilerin hayatta kalabilmesi için uyarılara sahip olmalı ve mutlaka sulanmalıdır.

- E-Toprak Neminin Beslenmesi: Bu aşamada yağış, potansiyel buharlaşma-terlemeden daha büyük. Toprak suyla beslenmeye ve nem içeriği tekrar artmaya başladı.

- F-Toprağın Neme Doyması: Bu aşamada toprak suya doydu. Tarla kapasitesine ulaşmıştır. Bundan sonraki yağışlar, yer altına sızarak yer altı suyunu tekrar besleyecektir.

Bitki su ihtiyacı doğal yağışlarla karşılanamadığı takdirde sulama yapılır. Yağışlar ihtiyacı ancak bir kısmını karşılayabiliyorsa, kalan kısmı sulama ile karşılanır. Yani, bitki su ihtiyacından yağışlarla karşılanan miktarın çıkarılmasıyla bitki sulama suyu ihtiyacı bulunur.

Buna göre şöyle yazılabilir:

Bitki Sulama Suyu İhtiyacı = Bitki Su İhtiyacı – Yağışlarla Karşılanan Miktar

Bitki su ihtiyacının, yağışlarla karşılanan kısmı, etkili yağış olarak da ifade edilir.

2.3. Tarımsal Üretim Havzaları

Türkiye genel olarak dağlık bir arazi yapısına sahiptir. Türkiye'de arazilerin %55,9'u 1.000 m'nin üstünde yükseltiye ve %62,5'i %15'ten daha fazla eğime sahiptir. Hakim rüzgârların ve bunların getirdiği deniz etkisinin altında olsa da kuzeydeki ve güneydeki sıradağların neden olduğu "yağmur gölgesi" etkisi nedeniyle Türkiye'nin iklim özellikleri ile yeryüzü şekli özellikleri arasında sıkı bir bağ vardır. Türkiye'nin arazi yapısı ile buna bağlı olarak değişen iklim özellikleri farklı coğrafi bölgelerin, bunların içinde de mikro iklimlerin oluşumunu mümkün kılmıştır (TOBB, 2014).

Bu nedenle, üretim planlamasına da imkân sağlamak amacıyla benzer ekolojik yapıya sahip olan ve (eski adıyla) Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı 2009 yılında iklim, toprak, topoğrafya ve arazi sınıflandırması verilerini kullanarak Türkiye'de var olan tarım havzaları otuz adet Tarımsal Üretim Havzası olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 2.3.1).



Şekil 2.3.1. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığının 2009 yılında ürün desenleri, yönetilebilirlik, benzer ekoloji, vb. bakımından Türkiye'de belirlemiş olduğu otuz adet Tarımsal Üretim Havzası (GTHB, 2011).

Böylece, bugüne kadar sadece coğrafi bölgeler ve idari sınırlar esas alınarak yapılmış olan üretim ve kalkınma planlarının değişeceği, tarım sektöründe ülkemizin arz ve talep dengesinin istenilen düzeyde sağlanacağı, üretim açığı veya arz fazlasının ekonomiye yük olmayacağı ve tarımla ilgili üretilmiş veriler bir arada kullanılarak yapılan planlamaların eksik kalmayacağı düşünülmüştür.

Benzer bir şekilde ve amaçlar için 2017'de T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Milli Tarım Projesi kapsamında oluşturulan Havza Bazlı Üretime Dayalı Destekleme Modeli, yine ekolojik olarak benzer olan, fakat ülkenin idari yapılanmasına da uygun ve yönetilebilir büyüklükte olan 941 adet tarımsal üretim havzası üzerinden tanımlanmıştır (Şekil 2.3.2).



Şekil 2.3.2. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığının 2017 Milli Tarım Projesi kapsamında Türkiye'de belirlemiş olduğu 941 adet Tarımsal Üretim Havzası (GTHB 2011, URL 7).

Türkiye Tarım Havzaları Üretim ve Destekleme Modelinin ülkemize kazandıracakları ve amaçları arasında

- Etkin üretim planlaması yapılabilecek
- Tarımsal üretim çeşitlenecek
- Biyolojik çeşitlilik, toprak ve su kaynaklarının korunması sağlanabilecek
- Verimlilik artacak
- Üreticinin karı artacak
- Arz talep dengesi sağlanacak
- Alımlardan doğan kamu finansman yükü azalacak
- Üretim planlaması ile uluslararası rekabet gücü artacak

- Türkiye'nin AB'ye uyum sürecinde olası gelişmelerin önemli tarım ürünleri üzerine etkilerinin analizi yapılabilecek
 - Sağlıklı tarım envanteri hazırlanacak
 - Üretim planlamasına imkân sağlanacak
 - Geleceğe ait talep projeksiyonları yapılacak
 - Destekler rasyonel, yönlendirici ve etkin bir şekilde kullanılacak
 - Arz açığı olan ürünlerde üretim artışı sağlanacak
 - Doğal kaynaklar korunacak ve sürdürülebilir kullanımı sağlanacak
 - Havza bazlı planlama ve yönetimle ilgili sektör talepleri karşılanacak
 - Muhtelif senaryolara göre üretimi planlanacak
- gibi birçok faydalar sayılmaktadır.

Böylece, 2017 sezonunda uygulamaya konulacak model kapsamında buğday ve yem bitkileri üretimi 941 havzanın tamamında desteklenecektir. Tablo 2.3.1.'de Bakanlığın sitesinde tarımsal üretim havzası olarak ilçenin adı, mevcut ve modelin önerdiği ürün desenleri ürün sayıları ile birlikte verilmektedir. Aşağıdaki linkte Tarım

Bakanlığının HAVZA Bazlı destekleme modeli çerçevesinde ilçeler bazında destekleyeceği ürünlerin listesi bulunmaktadır (URL 8). Bu uygulamada kurak bölgelerde pirinç ve soya fasulyesi gibi yoğun su kullanımı gerektiren ürünlerin sübvansiyon verilmediği görülmektedir.

İL - İLÇE ADI	MEVCUT DURUM		MODEL ÖNERİSİ	
	ÜRÜN DESENİ	ÜRÜN SAYISI	ÜRÜN DESENİ	ÜRÜN SAYISI
İZMİR - ÖDEMiŞ	Arpa, Buğday, Çavdar, Dane Mısır, Kanola, Kütü Pamuk, Mercimek, Nohut, Soya Fasulyesi, Triticale, Yulaf, Zeytinyağı, Yem Bitkileri	13	Arpa, Buğday, Pamuk (Kütü), Triticale, Yem Bitkileri, Zeytin (Yağlık)	6
ADANA - CEYHAN	Arpa, Aspir, Buğday, Çavdar, Çeltik, Dane Mısır, Kanola, Kuru Fasulye, Kütü Pamuk, Nohut, Soya Fasulyesi, Triticale, Yağlık Ayçiçeği, Yulaf, Zeytinyağı, Yem Bitkileri	16	Buğday, Mısır (Dane), Pamuk (Kütü), Soya, Ayçiçeği (Yağlık), Yem Bitkileri, Zeytin (Yağlık)	7
ŞANLIURFA - SİVEREK	Arpa, Aspir, Buğday, Çeltik, Dane Mısır, Kanola, Kuru Fasulye, Kütü Pamuk, Mercimek, Nohut, Soya Fasulyesi, Yağlık Ayçiçeği, Zeytinyağı, Yem Bitkileri	14	Arpa, Aspir, Buğday, Çeltik, Pamuk (Kütü), Mercimek, Soya, Ayçiçeği (Yağlık), Yem Bitkileri	9

Tablo 2.3.1. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığının 2017 Milli Tarım Projesi kapsamında ilçeler için belirlemiş olduğu mevcut durum ve model önerisine bir örnek.

Gerek 2009 ve gerekse 2017 yılında belirlenmiş olan Tarımsal Üretim Havzaları için iklim verisi olarak ortalama, en yüksek ve en düşük hava sıcaklığı, toplam yağış, gibi verileri kullanılırsa da bu veriler tümüyle şu ana ve geçmişe aittir. Küresel iklim değişikliği ile bu havzaların varlığı, şu anki sınırları, toprak ve arazi sınıflandırması özellikleri büyük ölçüde değişime uğrayabilecektir. Özellikle de sürdürülebilir tarım ve değişik senaryolara göre üretimin planlanması küresel iklim değişikliğinin dikkate alınmasını şart kılmaktadır.

Örneğin, Uganda gibi özellikle de ekonomisi bir ya da iki tarımsal ürüne bağlı olan gelişmekte olan ülkeler iklim değişikliğine karşı çok kırılgandır. Şekil 2.3.3'de görüldüğü gibi Robusta kahve üretimine uygun alanların sadece ortalama hava sıcaklığında 2 °C'lik bir artış sonucu dramatik olarak azalması bekleniyor. Normalde küçük bir değer olarak düşünülebilecek bu sıcaklık artışı Uganda ovalarının artık kahve yetiştirmek için çok sıcak olmasına ve sadece yüksek yerlerde bir kaç yerde küçük alanların kalmasına neden olacaktır.

Bu nedenle Uganda, sıcaklık artışı sonucu kahve üretmeye uygun olabilecek bu küçük alanları şu an itibarıyla koruma altına alıp buralarda tarım dışı uygulamaya müsaade etmemektedir.





Şekil 2.3.3. Uganda'da Robusta Kahve üretilen tarım havzalarını ortalama hava sıcaklığında 2 °C'lik bir artış sonucu meydana gelecek değişiklikler (Simonett, 2005).

Uganda'da Robusta kahve üretilen tarım havzaları gibi, şu an için Türkiye'de tarım ürünlerinin ekolojik ve ekonomik olarak en uygun yetiştirilebildiği bölgeleri ifade etmesi gereken tarım üretim havzaları, küresel iklim değişikliği nedeniyle ileriki yıllarda hem ekolojik, sürdürülebilir hem de ekonomik olmayabilir.

2.4. Tarımda Su Kullanımı

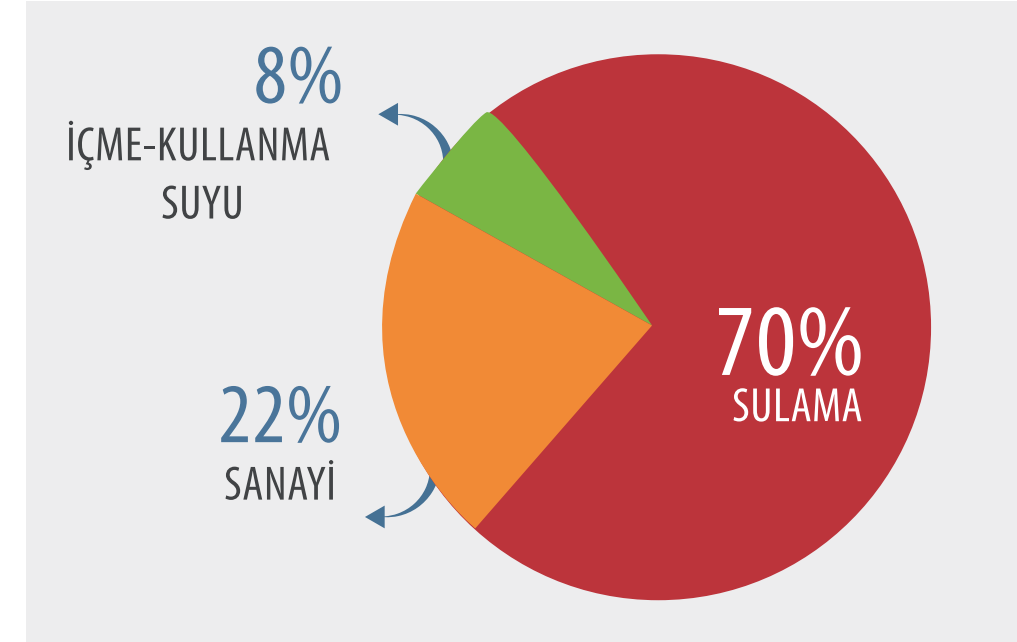
Tarımsal ve hidrolojik kuraklıkla mücadele için Türkiye'de teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir yerüstü (yüzeysel) ve yeraltı suyu miktarı (net su potansiyeli), DSİ tarafından yıllık olarak 234 milyar m³ brüt su potansiyelinin ~%48'ine karşılık gelmek üzere, toplam 112 milyar m³ (~108,5 milyar m³) olarak belirlenmiştir (Öztürk, 2016). Su potansiyelinde son yıllarda aşırı bir şekilde kullanılan ve stratejik bir kaynak olan yer altı suları da önemli bir yer tutmaktadır.

Yeraltı suları, topraktaki boşlukları tamamen doldurarak yer altında biriken sulardır. Bunlar içme, kullanma, tarımda sulama, fabrikaların su ihtiyaçlarının temininde büyük önem taşır. Yağmur, kar, dolu olarak yeryüzüne düşen yağışlar, toprakta, çatlak ve yarıklardan sızarak yer altında toplanıp yeraltı sularını meydana getirir. Sızma veya süzülme olayı, geçirimli topraklarda daha fazladır. Sular killi topraklar gibi sızdırmayan ya da su tutma kapasitesi yüksek olan tabakalara rastlayınca tutularak toplanır. Türkiye yeraltı suları biline-

Bu nedenlerden dolayı bu çalışmada sunulan küresel iklim değişikliği ile ilgili 2015-2100 yılları arasında Türkiye'deki hava sıcaklığı, yağış ve buharlaşmada beklenen projeksiyonlar ve dolayısı ile de tarım üretim havzalarındaki olası değişimler önemle dikkate alınmalıdır.

nin aksine, özellikle iklim değişiminin neden olabileceği suya bağlı olumsuzluklara karşı da ülkemiz geleceğini teminat altına alabilecek nitelikteki en önemli "stratejik" su varlığıdır (SYGM, 2016)

Türkiye'de yağış halinde düşen ortalama 509.109 m³ suyun %38'i (186.5109 m³) akarsularda akış haline geçer. Günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde, çeşitli maksatlara yönelik olarak tüketilebilecek yerüstü suyu potansiyeli yurt içindeki akarsulardan 95 milyar m³, komşu ülkelerden yurtdışına gelen akarsulardan 3 milyar m³ olmak üzere, ortalama yıllık toplam 98 milyar m³'tür. 14 milyar m³ olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yıllık toplam 112 milyar m³ olup, bunun sadece 44 milyar m³'ü kullanılmaktadır (URL 6; DSİ, 2009; Kahya, 2017). Kullanılan suyun sektörel dağılımı şöyledir (Şekil 2.4.1).



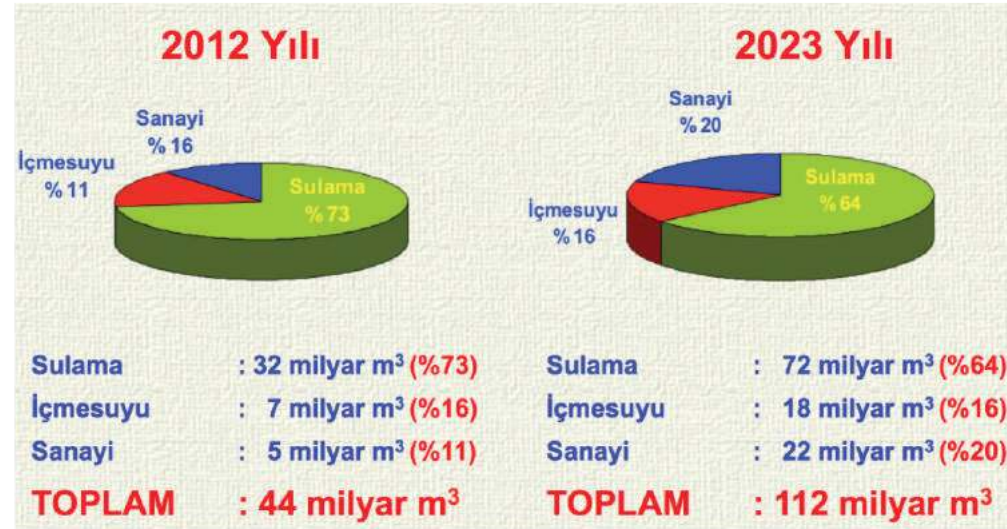
Şekil 2.4.1. DSİ'ye göre günümüzde Dünya'da belli başlı sektörlerin yıllık su tüketimi yüzdeleri (DSİ, 2009).

Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı olarak ifade edilen 1.300 m³ (günde yaklaşık 216 litre olan) su, Türkiye'de bir kişinin sadece içme ve kullanma suyudur. Suyun değerinden ve korunmasından bahsederken, daha çok ve sürekli olarak fazla su harcamak, musluktan akan suları verimli kullanmak, yağış miktarları ve küresel iklim değişimi gibi konuları göz önünde bulundurulmaktadır. Suyu doğru ve verimli kullanmanın yanında bir ürünün üretimi aşamasında ne kadar su kullanıldığı da bilinmekle birlikte çoğu zaman hesap edilmemektedir. Bu anlamda su doğrudan değil dolaylı olarak daha fazla tüketilmektedir.

Hem üreticinin hem de tüketicinin kullandığı doğrudan ve dolaylı tüm su, "sanal su" olarak adlandırılır. Diğer bir deyişle bireyin, topluluğun veya sektörün su ayak izi, "birey veya topluluk tarafından tüketilen ve sektör tarafından da üretilen her mal ve hizmetin üretilmesi için gereken toplam tatlı su hacmidir". Diğer bir deyişle, üretimde kullanılan suya "sanal su" ya da "gizli su" da denilmektedir. Esasında su ayak izi, suyun tüketimin en temel göstergesidir. Su ayak izi de hesaba katıldığında bir kişinin günde ülkemizde kullandığı su miktarı gerçekte 5.416 litreye kadar çıkmaktadır. (Guy vd., 2004; Akın ve Akın, 2007; Hoekstra vd., 2011; Muluk vd., 2013; Pegram vd., 2014).

Dünyada da insanlar tarafından şu an yılda yaklaşık 3.8 milyar m³ su kullanılmaktadır ve bunun (Türkiye'ye benzer bir şekilde) %70'i tarım sektörü tarafından tüketilmektedir. İsraf, vb. nedenler ile tüketiciye hiç ulaşamayan mahsullerde küresel olarak boşa harcanan sanal su miktarının da 550 milyar m³ olduğu tahmin ediliyor. Böylece İME, 2050'de gıda talebini karşılamak için su gereksinimlerinin yılda 10-13,5 Mt m³ arasında olabileceğini hesaplamaktadır. Böylece, 2050 yılına doğru insanlar tarafından yıllık olarak kullanılacak olan su miktarı şu an kullandıkları su miktarının 3 katı kadar daha fazla olacaktır (<https://www.theguardian.com/news/datablog/2013/jan/10/how-much-water-food-production-waste>, 2016).

Benzer şekilde Şekil 2.4.2'de özetlendiği gibi DSİ, ülkemizde sektörler için 2012 yılında gerçekleşen ve 2023 yılında beklenen su tüketimi miktarları ve yüzdesini hesaplamıştır (DSİ, 2009).



Şekil 2.4.2. DSI'ye göre ülkemizde sektörlere göre 2012 yılında gerçekleşen ve 2023 yılında beklenen su tüketimi miktarları ve yüzdesi (DSİ, 2009).

1. Sorgum	250 Litre
2. Mısır	350 Litre
3. Yonca	460 Litre
4. Buğday	500 Litre
5. Patates	636 Litre
6. Salatalık	713 Litre
7. Yonca	900 Litre

Şekil 2.4.3. Bir kg bitki (kuru ağırlık) üretebilmek için gerekli olan su miktarları (Gleick, 2000; Hoekstra vd., 2011).

Diğer bir deyişle, şu an ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yıllık toplamı olan 112 milyar m³'lük suyun tamamı 2023 yılında mevcut ve tümüyle kullanılabilir olmak zorundadır. Bununla birlikte toplam suyun tümü kullanılamayacağı gibi küresel iklim değişikliği ile birlikte ülkemiz genelinde azalan yağış ile ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyelinde önemli azalmalar olabilecektir.

Sonuç olarak Dünya üzerindeki 35 milyon km³ tatlı suyun yalnızca % 0.3'ü ekosistem ve insan kullanımına elverişli tatlı su kaynaklarından oluşmaktadır. Türkiye'de ise toplam 95 milyar m³ yüzey suyundan % 29 oranında faydalanılmakta olup, bunun % 79'u sulamada, % 14'ü içme suyu, % 10'u ise sanayide kullanılmaktadır. Türkiye, sanıldığı gibi su kıtlığı sınırında bir ülkedir. 1990–2010 yılları arasında, tüketilen toplam su miktarında %40,5 oranında bir artış görülmüştür. Önümüzdeki 25 yıl içinde de ihtiyaç duyacağı su miktarının, bugünkü su tüketiminin 3 katı olacağı değerlendirilmektedir (DSİ, 2009; SYGM, 2016).

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneline (IPCC) göre 1990 iklim şartlarında Türkiye'de bir yılda kişi başına düşen su miktarı 3,070 m³'tür (Frederick ve Major, 1997). Fakat bu suyun büyük bir kısmı suya ülkemizde genellikle ona ihtiyaç duyulan yerlerde bulunmamaktadır. İklim şartlarının değişmeyeceğini kabul etsek

bile, sadece nüfus artışı nedeniyle 2050 yılında Türkiye'de bir yılda kişi başına düşen su miktarının 1,200 m³ civarında olacaktır (Şen, 2013). Artan nüfusumuz ile beraber bir de küresel iklim değişimi sonucu daha kurak bir iklime sahip olacağımız göz önüne alındığında 2050 yılında Türkiye'de bir yılda kişi başına düşen su miktarı 700 ila 1,910 m³ arasında olacaktır (Frederick ve Major, 1997). Diğer bir deyişle, değişen iklimi ve artan nüfusu ile Türkiye 2050 yılında iyice su fakiri bir ülke olabilecektir.

Benzer şekilde SYGM (2016) raporuna göre MPI-ESM-MR Modeli RCP8.5 Senaryosu Türkiye'nin yüzey su potansiyelini, 98 milyar m³ (~%88) ve yeraltı suyu potansiyeli, 14 milyar m³ (~%12) olarak hesaplamaktadır. Böylece günümüzde Türkiye'de kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1.300 (112 x 109 / (75 x 106)) m³ civarında olduğundan, Türkiye bu miktara göre su azlığı yaşayan bir ülke konumundadır (SYGM, 2016).

Bu nedenlerden dolayı bireyler ve başta tarım olmak üzere tüm sektörlerin daha akılcı tüketim tercihleriyle su ayak izi etkilerini mümkün olduğunca azaltması gerekmektedir. Bunun için de öncelikle tarımsal ürünlerin su ayak izini, diğer bir deyişle tabağımıza gelen gıdaları üretmek için doğrudan ve dolaylı olarak ne kadar suyun gerekli olduğu bilinmelidir. Örnek olarak Şekil 2.4.3'de 1 kg bitki (kuru ağırlık) üretebilmek için gerekli olan su miktarları verilmiştir.

“Su Ayak İzi” kavramı, ilk kez 2002 yılında UNESCO-IHE'de Arjen Hoekstra tarafından ortaya konulmuştur. Bir ürünün su ayak izi; ürünün sanal su içeriği veya ürünün saklı, gömülü, harici ya da gölge suyu diye adlandırılan farklı terimlerle benzerlik gösterir (Hoekstra and Chapagain, 2008). Sanal su içeriği veya gömülü su, yalnızca ürünün içerisindeki saklı suyu ifade eder. Diğer bir deyişle, su ayak izi, birim zamanda harcanan (buharlaşma dâhil) ve/veya kirletilen su miktarı ile de ölçülmektedir.

Aşağıdaki tablo değişik bilimsel kaynaklardan derlenen ürün miktarına göre dolaylı yollardan harcadığımız, diğer bir deyişle farklı gıdaları yemek ve içmek suretiyle tükettiğimiz, su miktarlarını/ayak izini özetlemektedir (Tablo 2.4.1). Örneğin; bir fincan sade kahvenin son kullanıcıya kadar geçirdiği süreçler şöyle tanımlanabilir: Kahve bitkisinin yetiştirilmesi, hasadın yapılması, rafine edilmesi, nakliyesi, kahve çekirdeklerinin paketlenmesi, kahvenin satılması ve fincana koyulması. Bütün bunlar için gereken su miktarı 140 litredir. Bu kahve, kâğıt bardakta, süt ve şeker eklenerek tüketildiğinde ise harcanan su miktarı 208 litreye kadar çıkmaktadır.



No	Gıda maddesi	Miktar	Su tüketimi (litre)
1	Sığır eti	1 kg	15,000-70,000
2	Kahve	1 kg	21,000
3	Çikolata	1 kg	17,196
4	Pamuk	1 kg	11,000
5	Koyun eti	1 kg	6,100-10,412
6	Çay	1 kg	8,860-9,200
7	Domuz eti	1 kg	5,988
8	Tavuk eti	1 kg	3,500-5,700
9	Tereyağı	1 kg	5,553
10	Peynir	1 kg	3,178-5,000
11	Pirinç	1 kg	1,900-5,000
12	Zeytin	1 kg	3,025
13	Soya	1 kg	1,100-2,000
14	Buğday	1 kg	900-2,000
15	Yonca	1 kg	900-2,000
16	Mısır/Dane Mısır	1 kg	1,000-1,800
17	Ekmek	1 kg	1,300-1,608
18	Patates	1 kg	500-1,500
19	Arpa	1 kg	1,423
20	Pizza	1 dilim	1,239
21	Elma	1 kg	822
22	Muz	1 kg	790
23	Süt	1 x 250 ml bardak	255
24	Lahana	1 kg	237
25	Domates	1 kg	214
26	Yumurta	1	196
27	Şarap	1 x 250 ml bardak	109
28	Bira	1 x 250 ml bardak	74
29	Çay	1 x 250 ml fincan	27

Tablo 2.4.1. Ürün miktarına göre dolaylı yoldan harcadığımız su miktarları (Gleick, 2000; Guy vd., 2004; Hoekstra vd., 2011; Pegram vd., 2014).

Tablo 2.4.1, yaygın olarak tüketilen gıda maddelerini üretmek için gerekli olan su hacmi için de tipik küresel değerleri gösterilmektedir. Çikolata, 1 kg ürün üretmek için 17.196 litre su ile listenin başında gelmektedir. Sığır ve koyun eti, aynı zamanda üretim için en yüksek miktarda su gerektiren gıda maddelerindendir. Çay, bira ve şarap, listeye göre üçüncü sırada en çok su kullanan ürünlerdendir. Et üretimiyle kıyaslandığında, sebzeler çok daha az su gerektirir; örneğin, 1 kg patates 287 litre su kullanır (Gleick, 2000; Guy vd., 2004; Hoekstra vd., 2011; Pegram vd., 2014;).

FAO verilerine göre dünyada her yıl gıda israfı ile boşa giden atığın değeri 1 trilyon dolardır. Başka bir değerlendirmede ise eğer

gıda atıkları bir ülke olarak değerlendirilse sera gazı salınımı açısından incelendiğinde dünyada Çin ve ABD'den sonra 3. sırada yer almaktadır (FAO, 2016). Gıda israfına ilişkin bir rapora ve Makine Mühendisleri Enstitüsü'nün verilerine göre de Dünyada üretilen tüm gıdaların % 50 kadarı yani çok büyük miktarda (1.2 – 2 milyar ton) su her yıl (insan midesine ulaşmadan) atık olarak çöpe gitmektedir. Bunun nedenleri arasında zayıf mühendislik ve tarımsal uygulamalar, yetersiz altyapı ve yetersiz depolama tesisleri ile birlikte, gıda için marketlerce gereksiz fiziksel özelliklerin (boyut ve renk gibi) aranması sayılmaktadır. Örneğin sadece İngiltere'deki süpermarketler boy ve rengi beğenilmediği, yani standartlarına uymadığı için

yenilebilir meyve ve sebze ürünlerini reddetmeleri nedeniyle İngiltere'nin sebze bitkisinin % 30'u kadarlık bir kısmı bahçeden hasat dahi yapılmamaktadır. Bu da aynı zamanda büyük miktarda enerji, toprak ve su israfına da neden olmaktadır (<https://www.theguardian.com/news/datablog/2013/jan/10/how-much-water-food-production-waste>, 2016).

Su ayak izi, aynı zamanda bireylerin tüketimlerinin kendi yaşadıkları coğrafyadan farklı olarak dünyanın başka bir yerindeki su kaynağı üzerindeki etkisini ortaya koyan önemli bir göstergedir. Suyun sınırlı ve ikame edilemeyen bir doğal kaynak olduğunun bilinciyle bireyler, günlük su tüketimlerinin ötesine geçerek tatlı su kaynakları üzerinde miktar ve kalite açısından yarattıkları etkiyi anlayabilirler (Hoekstra vd., 2011; Pegram vd., 2014;).

Bu nedenlerden dolayı, Doğal Hayatı Koruma Vakfı (WWF-Türkiye) tarafından, 2014 yılında, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı ile işbirliği içerisinde, Unilever'in desteğiyle "Türkiye'nin Su Ayak İzi Raporu" hazırlanmıştır (Pegram vd., 2014). Bu raporda su ayak izi için, doğrudan su kullanımının yanı sıra, bir mal veya hizmet üretmek için gerekli tatlı su miktarının tüm tedarik zinciri içindeki dolaylı ölçümünün de hesaba katılmıştır.

Su Ayak İzi kavramının, sanal suya göre daha geniş bir tanımı ve kullanımı vardır. Su Ayak İzi, kullanılan suyun sadece miktarına değil aynı zamanda kullanılan suyun çeşidine bağlı olarak yeşil, mavi ve gri su ayak izi olarak ayrılır (Şekil 2.4.4). Tüketilen suyu kaynağına göre mavi, yeşil ve gri su, şu şekillerde tanımlanabilir (Hoekstra vd., 2011; Pegram vd., 2014):

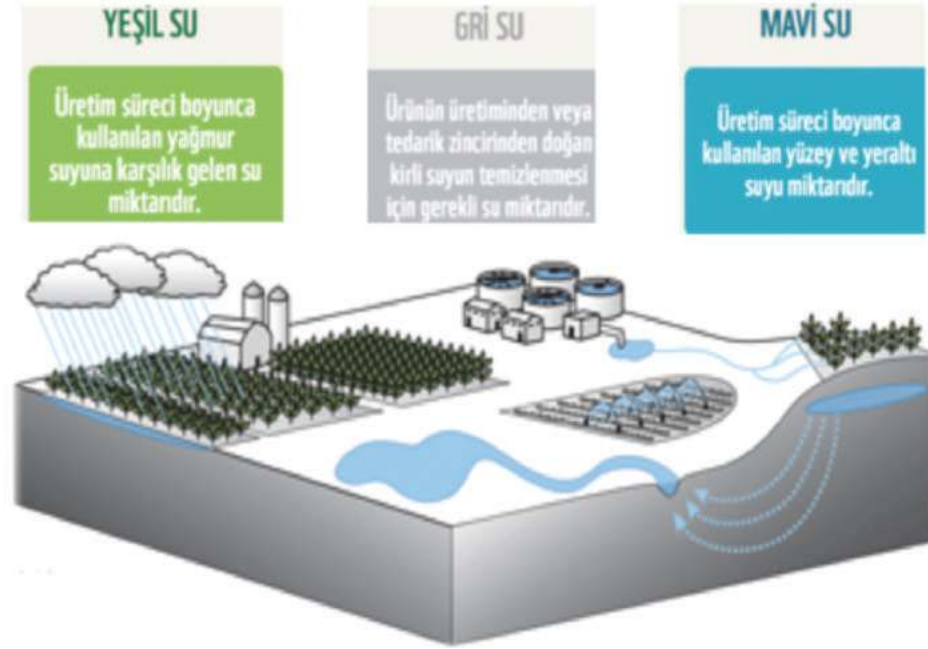
- **Yeşil Su Ayak İzi:** Bir ürün yetişirken (bitki terlemesi dahil) yağmur suyu kaynaklı kullanılan toplam su miktarıdır. Ayrıca bir malın üretiminde kullanılan toplam yağmur suyunu da ifade eder. Küresel yeşil su kaynaklarından (toprak nemi olarak bilinen toprak ta depolanan yağmur suyu) buharlaşan suyun hacmini de bu şekilde düşünülebilir. Yağış miktarı, yeşil su arzını ve talebini etkilediği için, bir bölgenin yeşil su gereksinimi değerlendirilirken iklim değişikliği de mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

- **Mavi Su Ayak İzi:** Bir malı üretmek ya da bir ürünün yetişmesi için ihtiyaç duyulan yüzey ve yeraltı tatlı su kaynaklarının toplam



hacmi için kullanılır ve geleneksel olarak tatlı su denildiğinde ilk akla gelen su kaynaklarıdır. Ayrıca bireyler ve bölge halkı tarafından tüketilen mal ve hizmetlerin üretimi esnasında küresel mavi su kaynaklarından (yüzey suyu ve zemin suyu) buharlaşan tatlı su hacmini de ifade etmektedir.

- **Gri Su Ayak İzi:** Mevcut su kalitesi standartlarına dayalı olarak, kirlilik yükünün bertaraf edilmesi ya da azaltılması için kullanılan tatlı su miktarıdır. Atık su deşarjından gelen kirliliğin seyretilmesi için gerekli olan su miktarı toplamı olarak da tanımlanabilir. Bu nedenle, gri su kavramı nüfus ve endüstriyel büyüme ile ilişkili olarak ele alınır. Bu aynı zamanda bir birey veya bölge halkı için üretilmiş olan bütün mal ve hizmetler için su kalitesi aynı veya üzerinde anlaşılan su kalitesi standartlarının üstünde kalacak şekilde kirlletici maddeleri sulandırmak için gereken suyun hacmi olarak da hesaplanabilir.



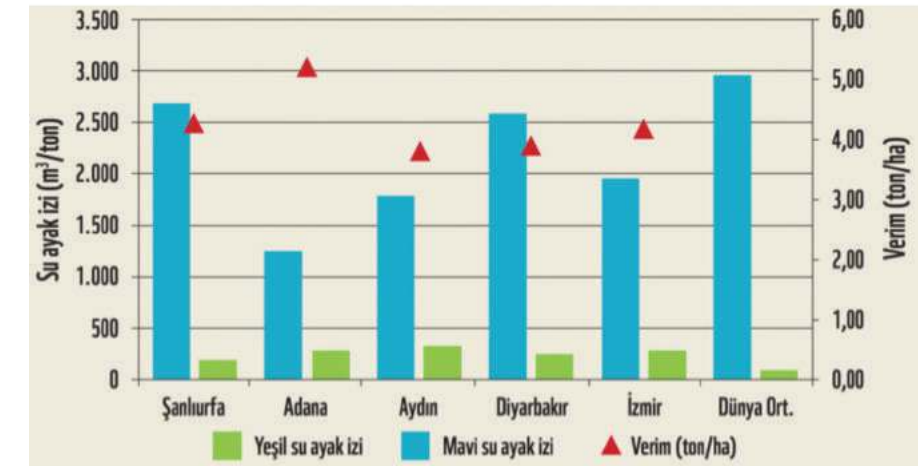
Şekil 2.4.4. Tüketilen suyu kaynağına göre mavi, yeşil ve gri su olarak şu adlandırılan su ayak izi türleri.

Böylece özetle mavi, yeşil ve gri su, ürünün su ayak izinin bileşenlerini oluşturmaktadır (Şekil 2.4.4). Dolayısı ile “su ayak izi, hem üreticinin hem de tüketicinin kullandığı doğrudan ve dolaylı suyun tatlı su kullanımı ifade eden bir göstergedir (Hoekstra vd., 2011; Pegram vd., 2014).

Üretimin Su Ayak İzi raporunda, “bir ülke içerisinde üretilen tüm ürünler için gereken toplam su (yeşil, mavi ve gri) miktarı” olarak tanımlanmıştır. Türkiye’de üretimin su ayak izi yaklaşık 139,6 milyar m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Türkiye’de üretimden kaynaklanan su ayak izinin %64’ü yeşil su ayak izidir; mavi su ayak izi %19 ve gri su ayak izi ise %17’dir (Pegram vd., 2014). Sektörlere göre üretimin su ayak izi ise tarım %89 ile en büyük payı alırken, evsel su kullanımı ve endüstriyel üretim, tüm su ayak izinde sırasıyla, %7 ve %4’lük bölümleri kapsamaktadır.

Tarımda özellikle pamuk, tekstil başta olmak üzere sanayiye hammadde sağlayan ve üretiminde yoğun olarak su kullanılan bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır (Hoekstra vd., 2011; Muluk vd., 2013; Pegram vd., 2014). Türkiye’de yoğunlukla Ege ve Akdeniz kıyıları ile Güneydoğu Anadolu bölgesinde yetiştirilen bu ürünün su ayak izi, uluslararası ticarete yoğun şekilde katkı sağlar. Türkiye’de pamuk en yüksek su ayak izine sahip endüstri bitkisidir. Pamuğun su ayak izinin %84’ü ise mavi su ayak izidir (Şekil 2.4.5).

Aşağıdaki tablo değişik bilimsel kaynaklardan derlenen ürün miktarına göre dolaylı yollardan harcadığımız, diğer bir deyişle farklı gıdaları yemek ve içmek suretiyle tükettiğimiz, su miktarlarını/ayak izini özetlemektedir (Tablo 2.4.1). .



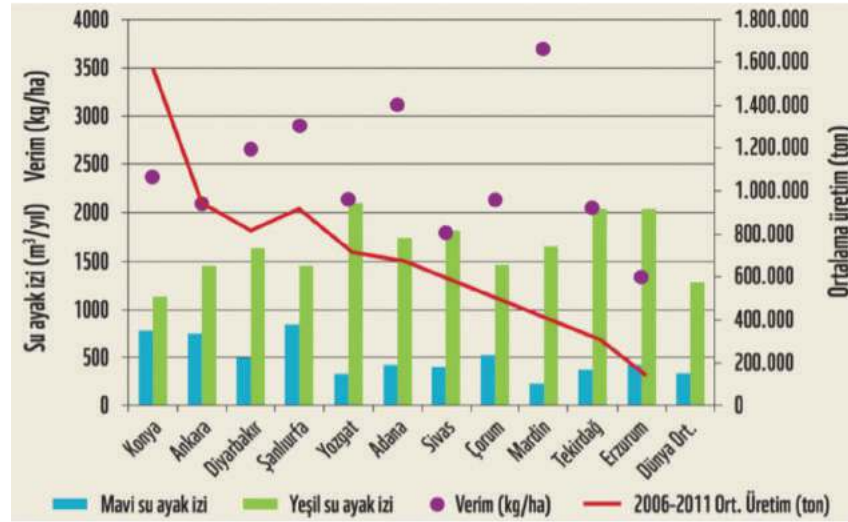
Şekil 2.4.5. Türkiye’de pamuk yetiştirilen başlıca iller ve bu illerin kullandığı su ayak izi bileşenleri (Pegram vd., 2014)

Şekil 2.4.5’de görüldüğü gibi Türkiye’de pamuk üretimi genellikle büyük miktarlarda enerji harcanarak başka havzalardan taşınan yüzey ya da stratejik olarak korunması gereken yeraltı tatlı su kaynakları derinlerden çekilip tüketilerek yapılmaktadır. Türkiye’nin pamuk üretimindeki mavi su ayak izinin yüksek, sadece yağmur suyu ile yetiştirilemeyen ve önemli ölçüde, sulama suyu ile yetiştirilen bir ürünün (diğer iklimsel özellikler, topoğrafya ve hastalık-zararlılar açısından uygun olabilmesine rağmen) yağış bakımından uygun olmayan yerlerde ekildiğini göstermektedir.

Buğday, Türkiye’de başlıca tarımsal ürün olup ülkenin çok farklı bölgesinde üretimi farklı koşullar altında yapılabilmektedir. Ayrıca Türkiye’de buğday hem sanayi amaçlı kullanım hem de gıda güvenliği anlamında çok büyük önem taşımaktadır (Akın ve Akın, 2007; Muluk vd., 2013; Pegram vd., 2014).

Şekil 2.4.6’dan görüldüğü gibi buğday üretimin mavi-yeşil su ayak izi oranı genellikle düşüktür ve buğday yoğun olarak yağmur suyu ile beslenmektedir. Bununla birlikte başta Konya, Şanlıurfa ve Ankara’da buğday üretimindeki mavi su ayak izinin oldukça yüksek olması önemli ölçüde sulama suyu ile yetiştirilen bir ürünün de aslında bu illerde büyük ölçüde uygulanan kuru tarımın terk edilip sululu tarım ile yaygın bir şekilde yetiştirilmemesi gerektiğini de göstermektedir.

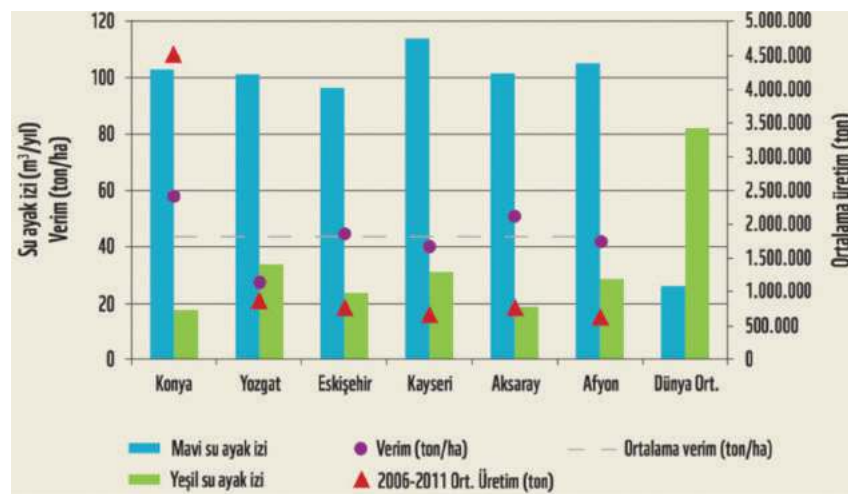




Şekil 2.4.6. Türkiye'de buğday yetiştirilen başlıca iller ve bu illerin kullandığı su ayak izi bileşenleri (Pegram vd., 2014)

Benzer şekilde şeker pancarı da Türkiye'de sanayide kullanılan önemli ürünlerden biridir. Özellikle, Konya Kapalı Havzası'nda üretilen şeker pancarı sık sık gündeme gelmekte ve su kaynaklarıyla olan ilişkisi hep tartışılmaktadır (Akin ve Akin, 2007; Muluk vd., 2013; Pegram vd., 2014). Bu bitkide planlama, arazi toplulaştırma, sulama sistemlerinin modernizasyonu ve bilinçli sulama ile ilgili tedbirler hızla alınmaktadır. Bununla birlikte şeker pancarı üretimin-

de Türkiye'de kullanılan mavi suyun ayak izinin (sulama suyunun miktarı) dünya ortalamasından hala 5 kat daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 2.4.7). Bu nedenle, Konya gibi Türkiye'nin kurak ve yarı kurak bölgelerindeki şeker pancarı üretiminde mavi su ayak izi ve bu durumun sürdürülebilirliği dikkatle ve önemle değerlendirilmelidir.



Şekil 2.4.7. Türkiye'de şeker pancarı yetiştirilen başlıca iller ve bu illerin kullandığı su ayak izi bileşenleri (Pegram vd., 2014)



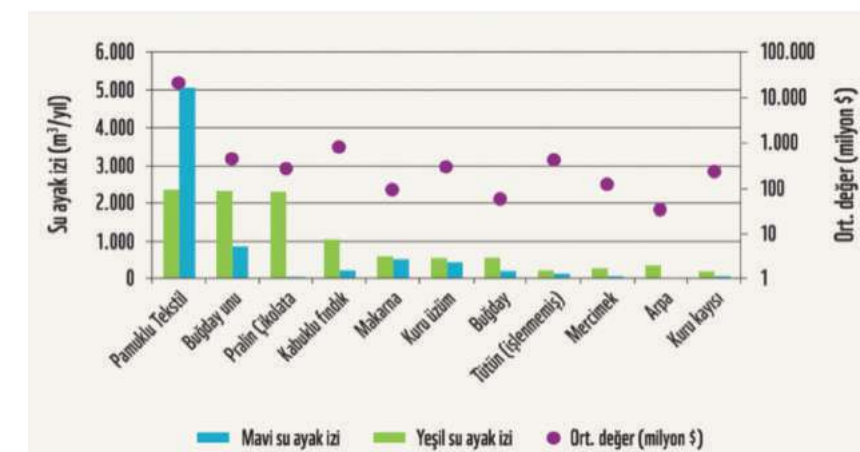
Türkiye'nin ihraç edilen mallarının büyük bir kısmını ithal edilen hammaddelerin işlenmesi sonucu elde edilen ürünler oluşturmaktadır. İthal edilen ürünlerin başında pamuk tiftiği, buğday, kauçuk, hurma yağı, soya fasulyesi gibi ürünler gelmektedir.

Pamuk ve buğday ihracat ve ithalata da konu olan belli başlı tarım ürünlerinden biridir. Bunların su ayak izi uluslararası veya bölgelerarası ihracat ve ithalat ile yapılan su transferi bağlamında da dikkat edilmesi gereken önemli bir konudur. Bir ülke veya bir bölge bir ürünü ithal ediyorsa veya ihraç ediyorsa, suyu da sanal/gizli olarak ithal/ihraç etmektedir. Bu da genel olarak "sanal su akışı" ya da "sanal su ticareti" olarak adlandırılır. Bu yüzden sanal su açısından bakıldığında, eğer bir ülke bir ürünü ihraç veya ithal ediyorsa, suyun sanal olarak ticaretinden de bahsedilmelidir (Akin ve Akin, 2007; Muluk vd., 2013; Pegram vd., 2014).

Türkiye'den ihraç edilen mallar diğer ülkelerin tüketim su ayak izini oluşturmaktadır. Ülkeler arasındaki sanal su akışı iklim, ticaret

modelleri ve ülke politikaları gibi faktörlerden etkilenmektedir. Türkiye'deki ihracat su ayak izini büyük ölçüde işlenmiş ithal ürünler oluşturmaktadır. İhraç edilen ürünlerin ayak izi Türkiye'nin toplam su ayak izinin %20'sini oluşturmaktadır (Pegram vd., 2014).

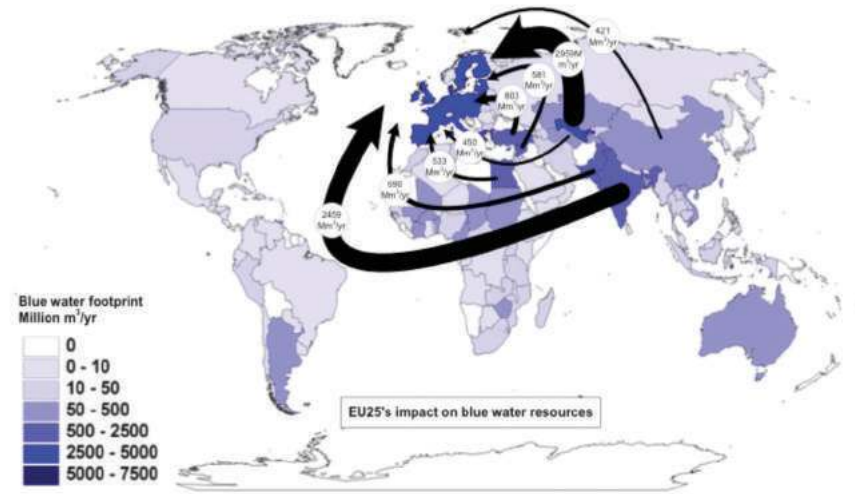
İhracatın su ayak izi kavramı, "Türkiye'nin Su Ayak İzi Raporu"nda "bir ülkenin ihraç ettiği mal ve hizmetlerin üretimi için gereken toplam su (yeşil, mavi ve gri) miktarı" olarak tanımlanmıştır (Pegram vd., 2014). Türkiye'de ihracatın su ayak izinin önemli bir bölümü, ithal malların işlenip ihraç edilmesiyle oluşur. Pamuk, buğday ve çikolatalı şekerlemeler, ihracatta bitkisel üretimin su ayak izinin en büyük miktarlarını oluşturur. İşlenmemiş tarım ürünleri, tekstil ürünleri ve işlenmiş tarım ürünlerinin payı, ihracatın su ayak izinin %95'ine karşılık gelmektedir. Mineral, cam ve metal ürünleri ile makine aksamaları ve diğer ürünlerinin ihracatın su ayak izi içindeki payı ise sadece %5'tir. Şekil 2.4.8'e göre ihracatın su ayak izinde pamuk, buğday ve çikolatanın payı en yüksek olanlar.



Şekil 2.4.8. Tarım ve tarıma dayalı belli başlı sanayi ürünlerine göre Türkiye'nin ihracat su ayak izi ve bileşenleri (Pegram vd., 2014).

Avrupa Birliğindeki 25 ülkenin pamuk ve pamuk ürünleri tüketimiyle Dünyanın su kaynaklarını nasıl tükettiği Hoekstra ve Chapagain (2008) tarafından Şekil 4.2.9'da verilen haritada yılda milyon metreküp olarak gösterilmiştir. Bu şekilden görüldüğü üzere 1997-

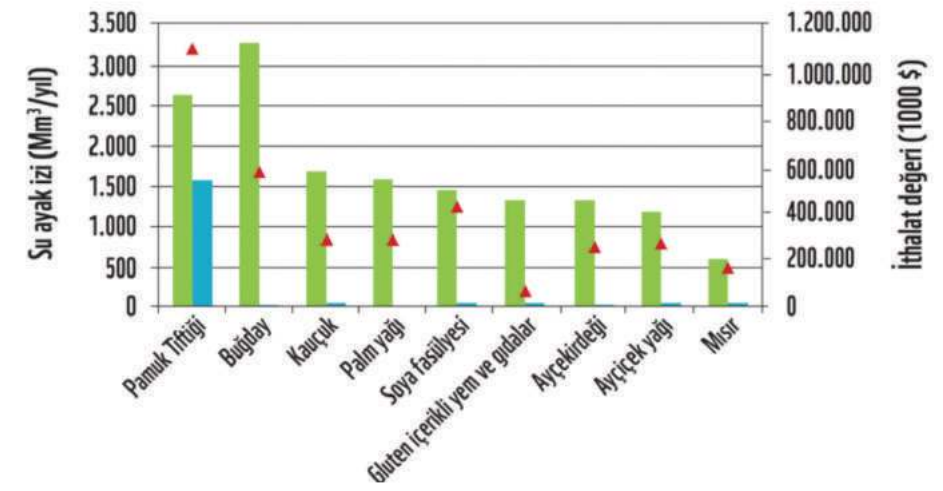
2001 döneminde Türkiye'den Avrupa'ya ihraç edilen pamuk ve tekstil ürünleri ile yılda 803 milyon metreküp suyu barajlarımızdan, göllerimizden ve yer altındaki suyumuzdan alıp neredeyse (tekstil ürününün yanında) karşılıksız/ücretsiz vermişiz (Şekil 4.2.9).



Şekil 2.4.9. Avrupa Birliğinin pamuk tüketiminin değişik ülkelerde neden olduğu mavi su ayak izi (Hoekstra and Chapagain, 2008).

İthalatın su ayak izi ise (Pegram vd., (2014) raporunda "bir ülkenin ithal ettiği mal ve hizmetlerin üretimi için gereken toplam su (yeşil, mavi ve gri) miktarı" olarak tanımlanmıştır. Türkiye'de ithalatın su ayak izinin büyük bir bölümünü buğday ve pamuk oluşturmaktadır. Pamuk ithalatın su ayak izinin en büyük parçası olmakla birlikte, mavi su ayak izi yılda 1500 Mm³'ü aşmaktadır. Pamuk ve buğday gibi işlenmemiş tarım ürünlerinin ithalatın tüm ayak izi içindeki payı % 60 olarak hesaplanmaktadır. Tekstil ürünlerinin payı % 14, işlenmiş tarım ürünlerinin % 18, mineral, cam ve metal ürünleri ile makine aksamaları ve diğer ürünlerin toplam su ayak izleri ise % 8'dir (Akın ve Akın, 2007; Muluk vd., 2013).

Böylece Türkiye'de ithalatın su ayak izinin büyük bir bölümünü de buğday ve pamuk oluşturmaktadır (Şekil 2.4.10). Pamuk %20'lik payla ithalatın su ayak izinin en büyük parçasıdır (Pegram vd., 2014).



Şekil 2.4.10. Tarım ve tarıma dayalı belli başlı sanayi ürünlerine göre Türkiye'nin ithalat su ayak izi ve bileşenleri (Pegram vd., 2014)

Bilindiği gibi Türkiye su ayak izi yüksek olan ürünleri ekonomik olarak (uluslararası rekabet gereği) düşük bir değerden ihraç edilebilmektedir. İhracat bedelleri dünya ortalamasının altında bulunması ve küresel iklim değişikliği ile azalan su kaynakları nedeniyle bu durumun sürdürülebilir olmadığı anlamına gelmektedir. Su ayak izi yüksek olan ürünler daha yüksek birim fiyattan ihraç edilerek, bu ürünlerin ekonomiye katkısı artırılabilir. İddia edilebilse bile küresel iklim değişikliğinin su kaynakları ve tarıma olacak negatif etkileri bunu mümkün kılmayabilir.

Türkiye'nin şu an su ayak izi yüksek olan ürünleri de ucuza ithal ettiği düşünülmektedir. Böylece bu şekilde ihracattaki sanal su kaybının büyük ölçüde dengelendiği kabul edilmektedir. Fakat küresel iklim değişikliği ile Türkiye'nin su ayak izi yüksek olan ürünleri ucuza ithal ettiği ülkeler de olumsuz bir şekilde etkilenecektir. Diğer bir deyişle Türkiye'nin ithalat ve ihracat su ayak izi değerleri karşılaştırıldığında da bugün için dengede olduğu düşünülen içinde bulunduğumuz bu durum da sürdürülebilir değildir. Böylece, Türkiye'nin ekonomik sürdürülebilirlik açısından kendi su kaynaklarını mutlaka koruması ve uygun yere uygun tarım ürünlerinin dikilmesi gerekmektedir.

2.5. İklim Değişikliğine Uyum

Yücel vd., (2016), literatüre dayanarak hava sıcaklığının artması ile küresel iklim değişikliğinin tarıma olası olumlu ve olumsuz etkileri:

- +1 °C'lik bir sıcaklık artışı, orta enlemlerde ve kuru alanlarda su miktarını azaltacak, tropik ve yüksek enlemlerde ise su miktarını, kuraklık ve yangın riskini, yetersiz beslenmeyi ve sıcak hava dalgaları ile birlikte (erken insan hasadı denilen) ölümleri de artıracak,
- +2 °C'lik bir sıcaklık bir artışı, Dünya nüfusunun %20-30'unu sel riskine maruz bırakacak,

- +3 °C'lik bir sıcaklık artışı, hem mercan kayalıklarına büyük oranda zarar verebilecek hem de küresel olarak kıyılardaki habitatın yaklaşık %30'u kaybedilmesine neden olabilecek,
 - +4°C'lik bir sıcaklık artışı ise, küresel gıda üretimini önemli ölçüde etkileyecek ve bazı yerlerde ise büyük oranda yok olma riskini doğuracaktır,
- sekinde sıralanmaktadır (IPCC, 2007; Silver, 2008).



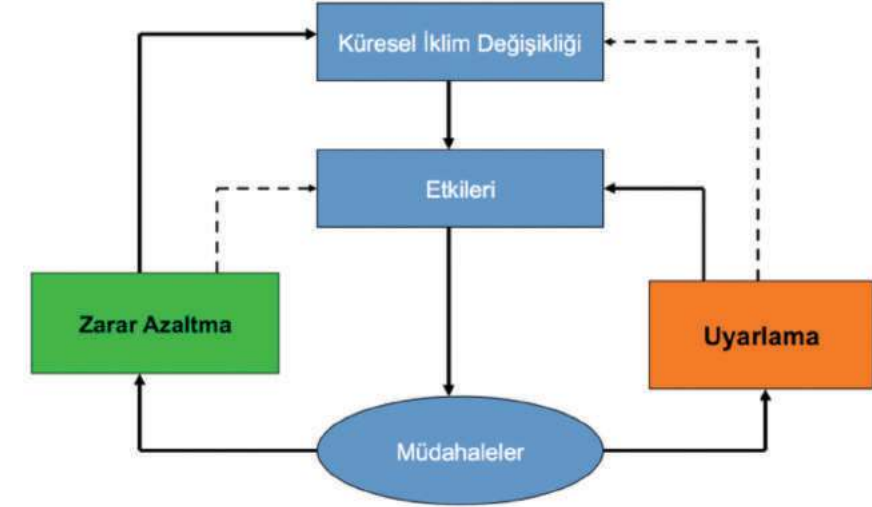
Yine genel Dünya literatürüne dayanarak küresel iklim değişikliği nedeniyle hava sıcaklığının artması sonucu küresel iklim değişikliğinin tarla ürünlerine olası etkileri:

- Mısır, buğday ve diğer belli başlı tarım ürünlerinin önemli düzeyde etkilendiği, örneğin 1981 ve 2002 yılları arasında yılda 40 Mega ton verim azalması olduğu bildirilmiş (Lobell ve Field, 2007),
- Mısır ve buğdayda, hava sıcaklığı 30 °C'nin üzerinde olması sıcaklıklara karşı duyarlılığı artıracak. Örneğin, büyüme dönemindeki sıcaklığın 30 °C derecenin üzerindeki her gün için normal sulama koşullarında verimin %1, kurak koşullar altında ise %1.7 oranında azalmaların olduğu belirlenmiş (Lobell ve ark., 2011),
- Seller, Güney ve Güney Doğu Asya'da çeltik üretim alanlarını 10 ila 15 milyon ha etkilemekte; yani yılda yaklaşık 1 milyar doları bulan verim kayıplarına neden olmakta (Bates ve ark., 2008),
- Kuraklık stresi, yağmurla beslenen sistemlerde çeltik üretimini büyük ölçüde sınırlamakta. Asya'da, yüksek rakımlı yerlerde 10 mil. hektar ve taban koşullarda ise 13 mil hektar alanı etkilediği, Bangladeş'e 2050 yıllarına gelindiğinde çeltik üretiminin %10 ve buğday üretiminin üçte bir oranında azalacağı hesaplanmakta (Pandey ve ark., 2007),
- Kuzey yarım kürede yüksek rakımlı alanlarda sıcaklığın artması ile birlikte büyüme sezonunun her 10 yılda 1.2-3.6 gün arasında uzayacağı öngörülmekte (Gitay ve ark., 2001),
- Uç hava sıcaklığı ve yağış bitki büyümesini engellemekte, ekstrem durumlar özellikle sel ve kuraklık, ürüne zarar vererek verim

azalmalarına sebebiyet verecek, nemli iklimlerde ve CO₂ artışında birçok yabancı ot, hastalık ve zararlı popülasyonunda artışlar beklenmekte (USGCRP, 2009),

- Yabancı otların çoğu C3 bitki olduğu için, C4 bitkilerine (örneğin, mısır, sorgum, şeker kamışı, domates, vb.) karşı rekabet etme gücü daha muhtemeldir. Mevcut herbisit/pestisit formülasyonu, yabancı ot ve zararlılara karşı etkin bir şekilde çalışmayabileceği düşünülmekte (Ziska ve ark., 1997),
 - Sıcak hava ve toprak ile birlikte artan su stresi nedeniyle başta Afrika olmak üzere Dünya üzerindeki kurak ve yarı kurak alanların genişleyeceği ve daha fazla verim kayıplarının olabileceği beklenmekte (Fischer et al., 2005),
- şeklinde özetlenmektedir (Yücel vd., 2016),

İklim değişikliğinin olumsuz etkileri Dünya'da uzun süreden beri hissedilmekte ve özellikle Türkiye gibi yarı-kurak iklim kuşağında yer alan bir ülke için durum özellikle tehlike arz etmektedir. İklim değişikliği ile mücadele için iki temel kavram öne çıkmaktadır, bunlar uyum (adaptation) ve azaltımdır (mitigation). Bütün bu nedenlerden dolayı Dünya'da başta tarım sektörü olmak üzere tüm sektörlerde küresel iklim değişikliğine karşı alınacak önlemlerden birincisi sera gazı emisyonlarının azaltımı, diğeri ise iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı şimdiden uyum (adaptasyon) sağlanmasıdır (Şekil 2.5.1). Uyum çalışmaları ile iklim değişikliğinin sektörler üzerine olumsuz etkileri azaltılarak, karşılaşılabilecek zararlar en aza indirilebilecek ve iklim değişikliğinin olumlu fırsatlarından yararlanılabilecektir.



Şekil 2.5.1. Küresel iklim değişikliği ile mücadele yolları.

Artık iklim değişikliğinin etkilerine karşı uyarılama (adaptasyon) kapasitesinin (duyarlılık tayini, uygun adaptasyon ölçülerinin belirlenmesi ve uygulanması; etkilerin tersinir yönde değiştirilmesi, mevcut ekosistem esnekliğinin artırılması) oluşturularak olumlu yöne çevrilmesi gerekmektedir. İklim değişikliğine uyarılama toplumların ve ekosistemlerin, değişen iklim şartları ile baş edebilmelerine yardımcı olmak için gerçekleştirilen eylemler ve alınan önlemlerdir. Bir diğer deyişle iklim değişikliğine uyarılama; iklim olaylarının (risklerinin) etkileriyle mücadele etmek, fırsatlardan fayda sağlamak ve etkileri yönetebilmek için stratejilerin güçlendirilmesi, geliştirilmesi ve uygulanması sürecidir (IPCC, 2012). Küresel iklim değişiminin olumsuz etkilerini azaltmaya ve onlarla baş etmeye yönelik çalışmalara genel anlamda "uyarılama" çalışmaları denilir (UNFCCC, 2011, 2012).

İklim değişikliğine uyarılama, iklim değişikliğinin negatif etkilerinin azaltılması için doğru önlemler almayı zorunlu kılmakla birlikte fırsatlardan da yararlanmayı amaçlamaktadır. Uyarılama çalışmasında iklim değişikliğinin etkilerinin belirlenmesi, etkilenebilirlik ve uyarılama süreçlerinin anlaşılması ve bunlara yönelik değerlendirmelerin yapılması gerekmektedir. İklim değişikliğine uyum konusunda öncelikle etkilenebilirliğin tespiti gereklidir. Etkilenebilirlik bir sistemin iklimden etkilenebilirliği ve aşırı iklim durumları dâhil olmak üzere iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden ne ölçüde etkilendiği ve bununla ne ölçüde başa çıkamadığını belirtmektedir. Etkilenebilirlik, bir sistemin maruz kaldığı iklim değişikliğinin ve değişkenliğinin özelliği, boyutu ve hızının, du-

yarlılığının ve uyarılama sağlama kapasitesinin bir fonksiyonudur.

Uyarılama çalışmaları oldukça sistematik bir yapıya sahiptir. Öncelikle iklim değişikliğinden olumsuz etkilenebilecek su kaynakları, tarım ve gıda güvenliği, halk sağlığı, doğal ekosistemler ve biyoçeşitlilik, kıyı bölgeleri vb. sektörlerle ilişkin "etkilerinin belirlenmesi" çalışmalarının yapılması gereklidir. Bu etkilere bağlı olarak yaşanacak su sıkıntısı, kuraklık, çölleşme, afetlerdeki artış, tarımsal üretimde düşüş, gıda güvenliği, halk sağlığında bozulma, kara ve deniz ekosistemlerindeki bozulma, enerji, turizm ve balıkçılığın olumsuz etkilenmesi, deniz seviyesindeki yükselmeye bağlı kıyı bölgelerinde yaşanacak tehditlere ilişkin "etkilenebilirlik değerlendirilmesi" yapılarak, bunlar karşısında gerçekleştirilecek uyarılama eylem ve önlemlerini içeren "uyarılama eylem planlarının" hazırlanması ve bu planların mutlaka ulusal, "sektörel gelişme planlarına" entegre edilmesi gerekmektedir.

Ülke düzeyinde yapılan bütün politika ve planlama çalışmalarında iklim değişikliğinin etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Uyarılama faaliyetleri çok amaçlı faaliyetler olduğu için iklim değişikliğine uyumu sağlamakla beraber yanında başka amaçlara da hizmet etmektedir. Örneğin bir baraj yapımı taşından korunma yapısı olmakla beraber içme suyu teminini de sağlamaktadır. Bu nedenle bütün plan-program çalışmalarında uyarılama faaliyetleri bir bütün olarak ele alınmalıdır. Ayrıca, uyarılama faaliyetleri planlamasında bu faaliyetlerin sera gazı salımlarını artırarak iklim değişikliğine etkisine de bakılmalıdır.



Yani uyarlama faaliyetlerinin iklim değişikliğinin etkilerini azaltma konusunda olumlu veya olumsuz etkileri olmaktadır. Örneğin özellikle sıcak hava dalgalarının görüldüğü günlerde sıcak havaya uyum sağlamak gerekçesiyle kullanılan klimalar, enerji tüketimi nedeniyle “Negatif Azaltım Etkisi”ne sahiptirler. Bunun yanı sıra ağaçlandırma ise karbon yutak alanlarını çoğalttığı için “Pozitif Azaltım Etkisi”ne sahiptir. Bu aşamada karar vericilerin uyarlama politikalarını belirlerken bu hususa dikkat etmeleri önemlidir. Bazı uyarlama faaliyetlerinin olumsuz etkilerinin azaltılabilmesi için alternatif yöntemler değerlendirilmelidir.

Etkilenebilirlik ise bir sistemin iklimden etkilenebilirliği ve aşırı iklim durumları dâhil olmak üzere iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden ne ölçüde etkilendiği ve bununla ne ölçüde başa çıkamadığını belirtmektedir. Etkilenebilirlik, bir sistemin maruz kaldığı iklim değişikliğinin ve değişkenliğinin özelliği, boyutu ve hızının, duyarlılığının ve uyarlama sağlama kapasitesinin bir fonksiyonudur.

IPCC, iklim değişikliğinden etkilenebilirliği üç unsurun bir fonksiyonu olarak tanımlar, bunlar;

- iklim değişikliğinin etkilerine maruz kalma türleri ve boyutu,
- hedef sistemlerin, belirli düzeyde maruz kalmaya duyarlılığı, ve
- hedef sistemin başa çıkma veya uyarlama sağlama kapasitesidir.

Aşırı hava olayları dâhil olmak üzere iklim değişkenliğindeki değişiklikler veya ortalama iklim koşullarındaki değişiklik hızları gibi incelenen sistemin dışındaki unsurları maruz kalma (exposure) denir. (Bazı durumlarda yüksek düzeyde maruz kalma durumları gözlemlenir. Ancak bunların etkisi, yüksek uyarlama sağlama kapasitesi ile bertaraf

edilebilir ve sonuçta daha düşük etkilenebilirlik değerleri elde edilir).

Duyarlılık (sensitivity) ise bir sistemin iklim değişkenliği veya değişikliğinden olumsuz veya olumlu şekilde etkilenebilirlik derecesidir. Bu etki, doğrudan (örneğin ortalama sıcaklık, sıcaklık aralığı veya değişkenliğindeki bir değişiklik sonucunda rekoltede bir değişiklik gibi) veya dolaylı (örneğin deniz seviyesinin yükselmesi nedeniyle kıyılardaki sellerin sıklığındaki artışın neden olduğu hasar) olabilir. Bütün bunlar ile birlikte uyarlama sağlama kapasitesi (adaptive capacity), bir sistemin, iklim değişikliği, değişkenliği ve muhtemel aşırı ve orta düzeydeki zararlara uyarlama sağlama, fırsatlardan yararlanma veya bunun sonuçları ile başa çıkma kabiliyeti demektir.

Bu nedenle, Paris konferansında kabul edilmiş olan niyet niteliğindeki 185 ulusal katkının toplamı bu asrın sona ermesinden önce sıcaklık artışının 2°C altında tutulmasını hedeflemektedir. Fakat atmosfere salınan sera gazlarının havada kalma süresi 100 yıl vb. gibi uzun bir süre olduğu için, tüm sera gazlarının salınımı zarar azaltma yöntemleri ile şuan ya da Paris Anlaşmasında belirtildiği şekilde durdurulsa bile, mevcut sera gazlarının etkisi uzun bir süre daha devam edecektir. Bu nedenle küresel iklim değişikliği bir anda durdurulamaz ancak yıkıcı etkileri azaltılabilir. Bu yüzden iklim değişikliğiyle mücadele zarar azaltma ve uyarlama şeklinde ikiye ayrılır.

Uyarlama çalışmaları, gelecekteki iklim değişimi hakkında ki belirsizliklere karşı en iyi stratejiyi belirlemek hususunda esnek bir yaklaşım başlar ve esnek bir yaklaşım sergilenmelidir (Kadioğlu, 2008). Özellikle değişen iklimden dolayı artan hidro-meteorolojik afet riskinin azaltılması için Şekil 2.5.2'de özetlenen uyarlama çalışmaları uygulanmalıdır.



Şekil 2.5.2. Küresel iklim değişiminde afet risklerini yönetebilmek için iklim değişikliğine uyarlama ve afet risk yönetimi yaklaşımlarında alınabilecek önlemlerin şematik gösterimi (IPCC, 2012).

Bu raporun Sonuç ve Öneriler Bölümünde, iklim değişikliğinin tarıma etkileri incelendikten sonra küresel iklim değişikliğine yönelik kapsamlı bir tarımsal faaliyetlerde uyarlama seçenekleri, kısa, orta ve uzun vadeli analizleri içeren bir yol haritası verilmiştir.

3. TÜRKİYE'DE İKLİM DEĞİŞİMİ

Türkiye, coğrafi pozisyonu itibarı ile Hadley hücresinin çöken kolu ile polar cephenin kaynakladığı enlemler arasında, batılı rüzgarların ve Kuzey Atlantik salınımlarının etkili olduğu bir bölgede bulunmaktadır. Türkiye ve civarını etkileyen farklı atmosferik desenlerin Türkiye'nin karmaşık topoğrafyası ile etkileşimi nedeniyle bölgesel olarak büyük iklimsel değişkenlikler yaşanmaktadır. Ayrıca Türkiye, değişik ölçekli birçok meteorolojik ve iklimsel olayın etkisinde kalarak önemli değişkenlik gösteren orografik yapısı nedeniyle arazi, bitki örtüsü ve su kullanımında da büyük değişkenliklere maruz kalmaktadır. İklim değişimi böylece Türkiye'nin karşılaştığı en büyük ekolojik, çevresel, sosyal ve ekonomik problemlerden biridir.

Avrupa'nın güneydoğusunda yer alan Türkiye, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change) tarafından dünyadaki beş bölgeden biri olarak seçilmiştir (Houghton vd., 1991). IPCC tarafından endüstri devrimi öncesine göre atmosferik CO₂'nin iki katına çıkmasına yönelik senaryolar Türkiye'ye uygulanmış, 2016 yılından önce yapılan eski çalışmalara ait

bulgular aşağıda kısaca özetlenmiştir:

Örneğin, Kanada İklim Merkezi (CCC), Jeofizik Akışkan Dinamikleri Laboratuvarı (GFDL) ve Birleşik Krallık Meteoroloji Ofisi (UKMO) modelleri gibi yüksek çözünürlüğe sahip üç Genel Sirkülasyon Modeli (GSM) kullanılarak, Türkiye'yi içine alan bölge için iklim simülasyonları gerçekleştirilmiştir (Houghton vd., 1991). Bu modellerin sonuçlarına göre, sıcaklıkların kışın 2°C ve yazın 2-3°C artması tahmin edilmektedir. Bu senaryolara göre yağışlar kışın küçük bir artış gösterirken yazın % 5 ila % 15 azalacaktır. Ayrıca yazın toprak neminin de %15 ila %25 arasında bir değerde azalacağı tahmin edilmektedir.

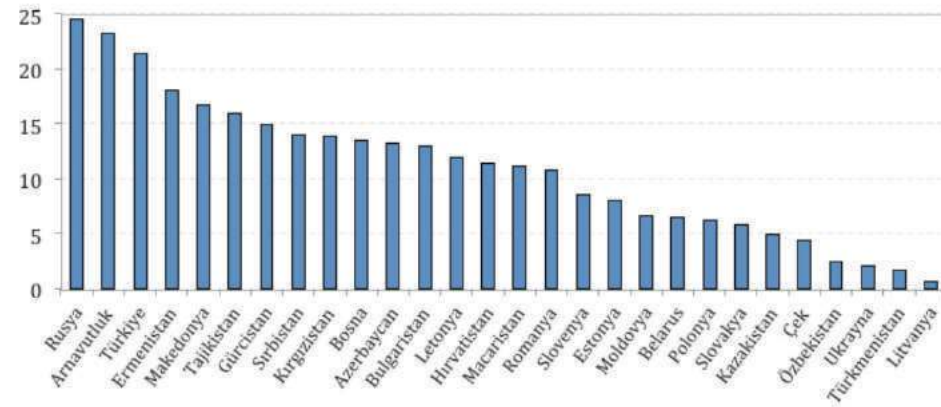
Diğer bir çalışmada ise (Türkes vd., 1992) 1930 ve 1980 yılları arasında Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklıklarının yaklaşık 0.5°C yükseldiği sonucuna varılmıştır. En önemli bulgu 1961-1980 yılları boyunca yıllık ortalama sıcaklıklarda zayıf bir soğuma trendinin olmasına karşılık ısınma trendinin düzenli olmasıdır. Kadioğlu (1993,



1997) yapmış olduğu çalışmalarda Türkiye’de ortalama sıcaklıkların 1939’dan 1989’a kadar bir artış (ısınma) trendine sahip olduğunu ve minimum (gece) hava sıcaklıklarında özellikle ilkbahar mevsimi boyunca önemli bir artış görüldüğü belirtilmiştir. Yılın sıcak yarısının (yaz ve sonbahar aylarındaki) gündüz sıcaklıklarında da, son 20-30 yılda (1955’den 1989’a) önemli olmayan bir soğuma eğilimi vardır. 1960-2010 periyodunda ise TX90P (Sıcak Günler Sayısı) artış eğilimindedir. Sonuç olarak istatistiksel anlamda, Türkiye’de gece ve gündüz sıcaklıklarında önemli artışlar gözlenmekte olup;

yağışta ise kuzey bölgeler hariç azalma fakat şiddetli yağışlarda artış eğilimi söz konusudur (Sensoy vd., 2013). Bunun da bir sonucu olarak özellikle büyük şehirlerimizde ve daha çok yaz aylarında olmak üzere gece-gündüz sıcaklık farkları azalmıştır.

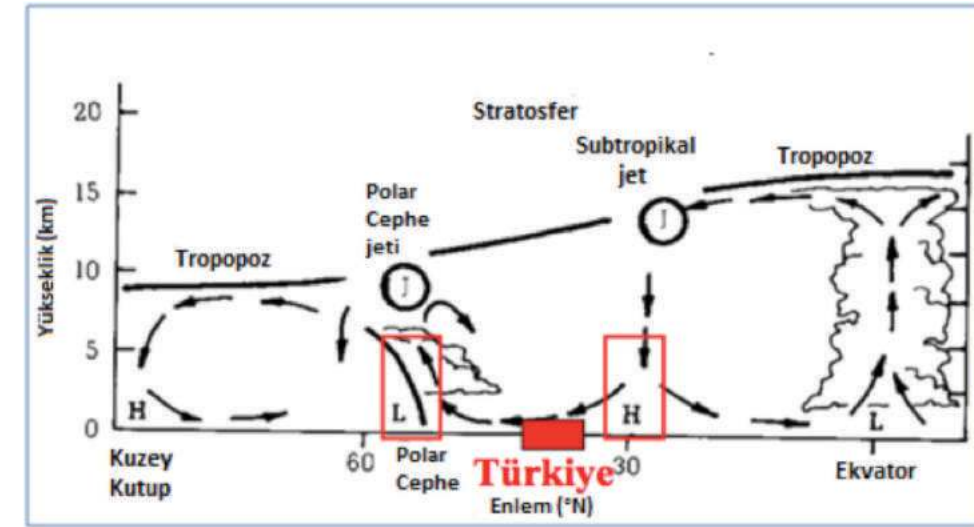
Bütün bunların bir sonucu olarak Dünya Bankası (World Bank, 2009) tarafından yayınlanan raporun aktardığı bir çalışmaya göre Türkiye, 21. yüzyılın sonlarına doğru Avrupa ve Orta Asya Bölgesinde uç değerli iklim olaylarına en çok maruz kalacak 3. ülke olacaktır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Yüzyılın sonuna doğru Avrupa ve Orta Asya Bölgesindeki ülkelerin beklenen aşırı iklim olaylarına maruz kalma sıraları Baetting, vd., 2007).

Bununla birlikte küresel ısınmadan dolayı kutupların ekvatoradan daha fazla ısınması küresel hava dolaşımını da değiştirmektedir. Örneğin, Şekil 3.2’de gösterildiği gibi normalde kışın polar cephe kuzeyden güneye inip Akdeniz iklimine sahip olan Türkiye’nin büyük bir kesiminde yağış bırakır. Yaz aylarında ise polar cephenin kuzeye çekilmesi ve 30 derece enlemlerinde yerleşik olan yüksek basınç

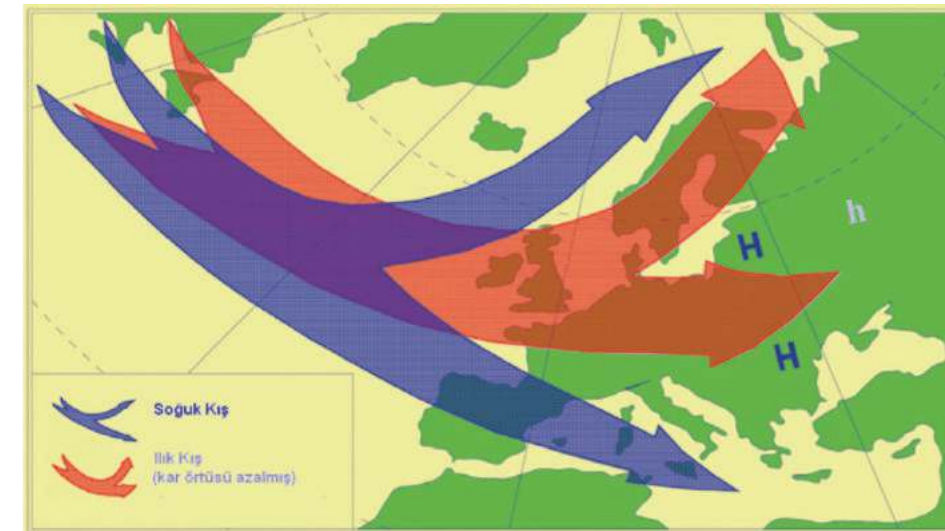
kuşağının kuzeye doğru yayılması ile sıcak ve kuru yazlara sahip oluruz. Küresel iklim değişikliği sebebiyle ülke polar jet ile birlikte polar cephenin kuzeye çekilip güneyden gelen yüksek basınç merkezinin kuru ve sıcak havasının etkisinde daha fazla kalabilecektir.



Şekil 3.2. Türkiye’nin enlemlere göre konumu ve atmosferin genel dolaşımı için de yaz ve kış aylarında Türkiye’yi etkileyen belli başlı faktörlerin basitleştirilmiş şematik gösterimi (Ahrens, 2003).

Diğer bir deyişle, Şekil 3.3’den görüldüğü üzere sıcak kış aylarında yağış bırakan sistemlerin takip ettiği yörüngeler Türkiye’nin kuzeyinde kalarak Türkiye’de kuraklığın oluşmasına neden olmaktadır. Bu durumda kuraklıkta rol oynayan temel faktör, yağış miktarından daha çok karla kaplı alanların azlığı olmaktadır. Böyle durumlarda durağan

yüksek basınç merkezlerinin blokajı nedeniyle Atlantik üzerinden alçak basınç merkezleri ve ona bağlı cephe sistemleri Güney Avrupa ile birlikte Türkiye üzerine gelememektedir. Bu tür blokajın neden olduğu kuraklık en son 1990, 1999 ve 2007 yıllarında yaşanmıştır ve bu olay artık nadir bir olay olarak kabul edilmemektedir (Dronia, 1991).



Şekil 3.3. Yüksek basınç merkezlerinin engellemesi ile birlikte soğuk ve sıcak Avrupa kışlarında fırtına yörüngeleri (Dronia, 1991).

3.1. Hava Sıcaklığı

Bilindiği gibi bitkiler için en önemli meteorolojik faktörlerden biri sıcaklıktır. Çünkü bitkilerin büyüebilmesi, yaşamını devam ettirmesi ve buna bağlı olarak canlı yaşamının sürabilmesi için bitkiler tarafından yapılan fotosentez işleminde reaksiyonların başlaması için gereklidir. Aynı bitkinin farklı türleri içinde meteorolojik faktörler büyük önem taşır. Örneğin; yeterli bir olgunluğa ulaşabilmek için erkenci üzüm türlerinde yaklaşık 17°C, bazı üzüm türlerinde ise 19°C sıcaklık gerekmektedir. Aynı zamanda üzüm bağları, kış ayları boyunca -20°C'nin altına düşen soğuklardan, ilkbahar donlarından ve çiçeklenme dönemindeki kötü hava koşullarından da etkilenirler.

Kısa süreli sıcaklık artışları verimliliği önemli ölçüde düşürebilir. Bir bitki için duyarlılığın yüksek olduğu büyüme aşamasında bir ila iki gün aşırı sıcak atmosferik koşulların olması tarımsal süreçlere zarar verebilir (Mearns vd., 1984). Sıcaklığın aniden yükselmesi ve tarımsal alanlarda sorun oluşturması kuraklığın dışında yüksek sıcaklık stresi olarak değerlendirilmiş olup, özellikle güneydoğu Anadolu Bölgesinde zaman zaman buğday gibi bitkilerde protein sentezi ve diğer metabolik faaliyetlere olan etkileri nedeniyle verim ve kaliteyi etkilemektedir. Özellikle kurutucu ve sıcak koşullar, su kuşu türlerinin yok olmasına ve daha büyük bir orman yangın tehlikesine neden olabilir. Sıcaklıkların artması, yağışların azalması ve kurak dönemlerin uzaması bazı bölgelerimizde hali hazırda görülmeye başlamıştır. Özellikle yarı kurak bazı bölgelerimizin bu yüzyılın sonuna doğru kurak bölge özelliğine geçmesi öngörülmektedir.

Toprağın kuruması, bitki örtüsünü yalnızca ve doğrudan değil; aynı zamanda dolaylı olarak yangın döngüsünü değiştirerek de etkileyebilir. Orman yangınları, özellikle Ege ve Akdeniz bölgesindeki dinamiklerin başında gelmektedir ve iklim değişikliği ile birlikte yangınların sıklığının artması bu bölgelerdeki eski iğne yapraklı, vb. ormanların yerinin çim alanları, çayırliklar ve genç ormanlar gibi erken habitatlar ile kaplanmasını sağlamıştır. Buharlaştırma-terleme-deki artışlar, yağış ve su/nem eksikliği bitki büyüme mevsimi boyunca orman yangını sıklığı ve büyüklüğünü önemli oranda artırma eğilimindedir.

Her türlü tarım, suyun mevcudiyetinden büyük ölçüde etkilenmektedir. İklim değişikliği artan hava sıcaklığı ile de buharlaştırma, akan su ve nem depolama alanlarını değiştirecektir. Tarım, yarı kurak bölgelerde halihazırdaki su kaynaklarının en büyük tüketicisidir (Yeo, 1999). Su talebi sıcak bir iklimde yükselecek; tarım, kentsel alanlar ve sanayi kullanıcıları arasındaki rekabeti artıracaktır (Arnell, 1999). Kurak koşullar altında, sulama için birim alan başına daha fazla su gerekecek ve yoğun sıcaklardan dolayı da sulama taleplerinin artacağı tahmin edilmektedir (Parry, 2000).

Avrupa'nın orta ve yüksek enlemlerinde, küresel ısınma potansiyel büyüme mevsiminin uzunluğunu uzatacak ve ilkbaharda erken ekim yapılmasına ve daha erken dönemde olgunlaşma ve hasat yapılmasına izin verecektir. Daha ılık kışlar ayrıca, kışın yıllık ve uzun ömürlü bitkilerin daha üretken çeşitlerinin yetiştirilmesine izin verecektir. Fakat, Akdeniz ülkelerinde hububat verimleri su mevcudiyeti, sıcaklık stresi ve tahıl dolum süresinin kısalığı ile sınırlanmaktadır.

Bu nedenle kalıcı bitkiler (zeytin, asma, meyve ağaçları vb.) bu bölgede daha önemlidir. Bu bitkiler, verimi düşürecek veya tamamen bozabilen aşırı hava olaylarından (dolu ve fırtınalar gibi) etkilenir. Sulama, yüksek buharlaştırma-terleme ve sınırlı yağışın hakim olduğu birçok sıcak Akdeniz ülkesinde bitki üretimi için önemlidir.

Yüksek sıcaklık, şiddetli fırtınalar ya da kuraklık gibi aşırı meteorolojik olaylar mahsul üretimini ciddi şekilde bozabilir. Yakın tarihli çalışmalar, iklim değişikliğini sadece ortalama değerlerindeki olası değişiklikler üzerinden incelemiştir (Semenov ve Porter, 1995). Bazı bitki türlerinin maksimum sıcaklık toleransı sınırlarının yakınında yetiştirildiği durumlarda, küçük de olsa bir sıcaklık artışı özellikle zararlı olabilir (Ferris vd., 1998).

Sıcaklık artışları, bu nedenle, olgunlaşma süresinin uzunluğunu kısaltacak ve verimi azaltacaktır (Porter ve Gawith, 1999; Tubiello vd., 2000). Buna ilaveten kuruyan toprak koşulları, özellikle rüzgarın şiddetlenmesi durumunda rüzgar erozyonuna karşı savunmasızlığı artıracaktır. Daha yüksek buharlaştırma, toplam yağışın sınırlandırıldığı bölgelerdeki toprakların tuzlanma riskini de artıracaktır (Yeo, 1999).

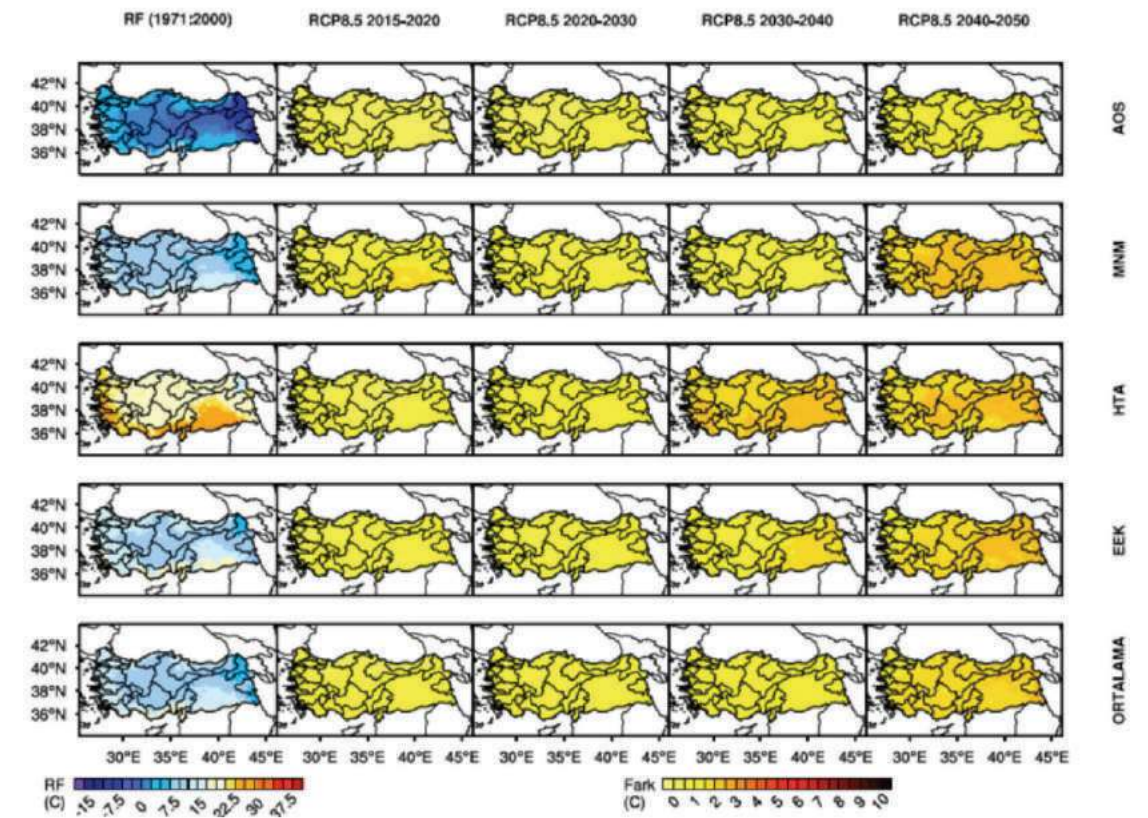
Yüksek sıcaklık ve basınç gradyanları, artan konvektif yağışla yağışın şiddetinde beklenen bir artış da toprak erozyonundaki genel eğilimi artırabilir (Favis-Mortlock ve Guerra, 1999).

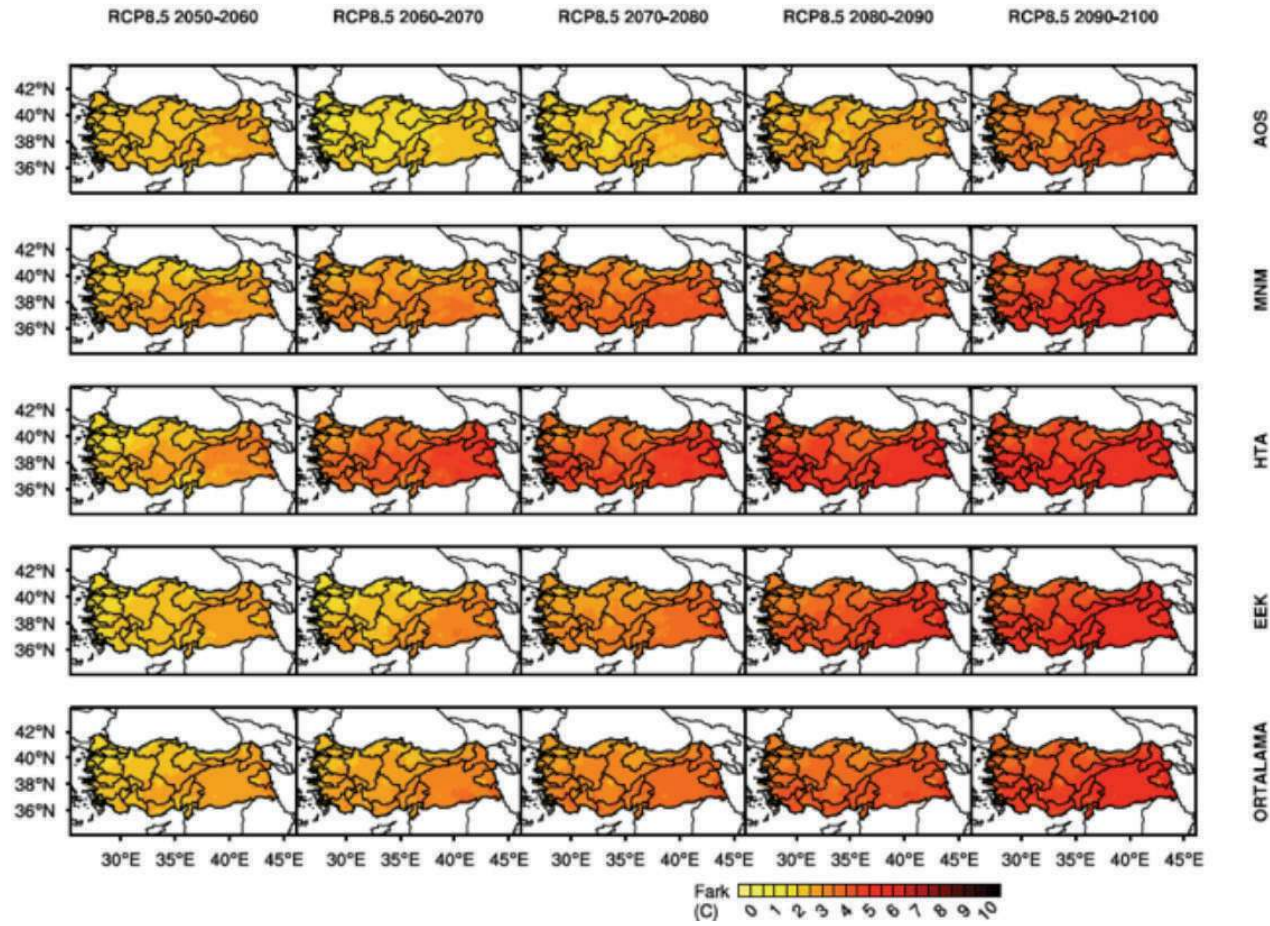
Bütün bunlara ilaveten, daha sıcak iklim koşulları böcek zararlılarının çoğalması için de elverişlidir; çünkü birçok böcek daha fazla sayıda üreme döngüsünü tamamlayabilir (Cammel ve Knight, 1992). Daha yüksek kış sıcaklıkları, zararlıların soğukla sınırlandırıldığı bölgelerde kışı daha kolay geçirebilmelerine, popülasyonlarının artmasına ve dolayısıyla sonraki yıl bitkilerde daha büyük ve daha erken istilaya (enfestasyon) neden olabilir.

En azından Türkiye için 2100 yılına kadar şu an gözlenmekte olan bitki büyüme mevsimi uzunluklarının nasıl değişeceğinin bilinmesi de gerekmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada Türkiye genelinde RCP8.5 senaryosu için MPI-ESM-MR modeline dayalı RegCM4.3 bölgesel iklim model çözümleri kullanılarak yapılmıştır. Bu simülasyonların sıcaklık için dört mevsime ait 10'ar yıllık sonuçları Şekil 3.1.1 ile verilmiştir (SYGM, 2016).

RC8.5 senaryosu altında küresel iklim modeli ile kuple edilen simülasyonları 2015-2100 projeksiyon döneminde mevsimsel ve yıllık ölçeklerde Türkiye üzerinde önemli bir ısınmayı işaret etmektedir. 2015-2100 periyodunun ilk yıllarında bazı bölgelerde çok daha küçük sıcaklık değişimleri ve hatta bazı yıllarda soğumalar görülmekle birlikte ilerleyen yıllarda sera gazlarındaki ve buz-kar örtüsündeki ergimedeki artışın neden olduğu iklim zorlamaları bölgesel iklim değişkenliğinden daha baskın şekilde sıcaklıkların artışı hızlandırmaktadır.

Kış mevsimi sıcaklıklarının 2050 yıllarından sonra 1971-2000 dönemine nispeten en az 1°C fazla olacağı model tarafından da öngörülmektedir. En yüksek sıcaklık artışları yaz mevsiminde beklenmektedir.





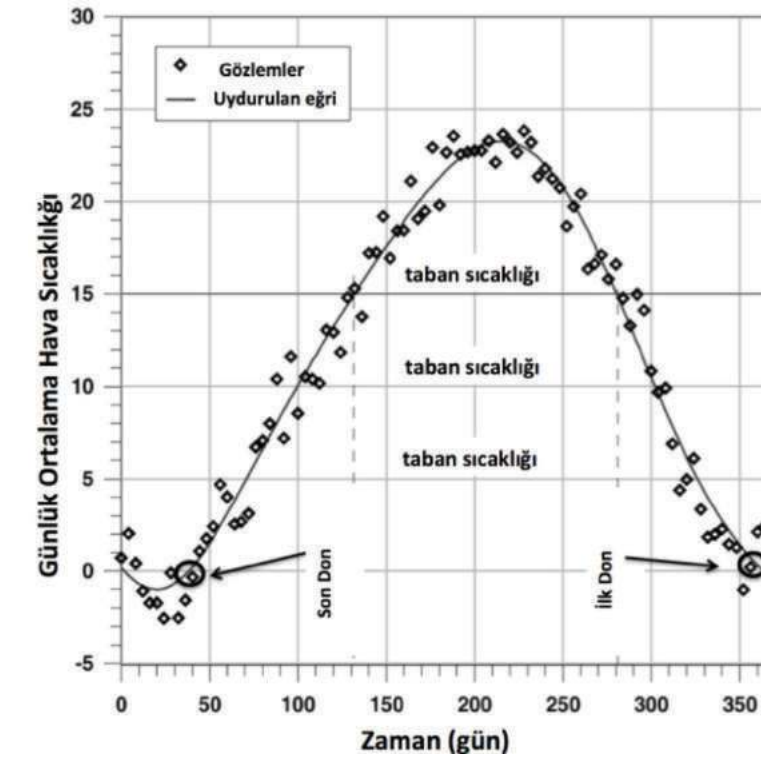
Şekil 3.1.1. Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin MPI-ESM-MR Modeli RCP8.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi (SYGM, 2016).

Bütün bu sonuçlara göre sıcaklık artışlarının, özellikle yılın en sıcak ve kurak aylarına sahip olan yaz ve ilkbahar mevsimlerinde kış ve sonbahar mevsimlerinden daha yüksek olması beklenmektedir (SYGM, 2016).

Bu çalışmada yukarıda bahsi geçen RCP8.5 Senaryosu için MPI-ESM-MR ile sürülen RegCM Modeli sonuçları kullanılarak 30 havza bazındaki ortalamalara göre yılın son don tarihleri 2 metredeki günlük hava sıcaklığına göre (Ekte Tablo I.1) ve ilk don tarihleri (Ekte Tablo I.2)'de verilmiştir. Ayrıca havzalar bazında 10 °C'lık toprak sıcaklığına göre büyüme mevsimlerinin başlama ve bitiş tarihleri Ekteki Tablo II.1 ve Tablo II.2'de verilmiştir. Bu tablolarda 30 tarım hazası için referans dönemi (1971-2000) ile birlikte 2015-2039, 2040-2069 ve 2070-2099 dönemleri ayrı ayrı incelenmiştir.

3.2. Bitki Yetiştirme ve Büyüme Mevsimi

Herhangi bir bölgede; ilkbaharın son don tarihi ile sonbaharın ilk don tarihi arasındaki, (bitkinin çimlenmesinden hasat edilmesine kadar geçen süreye) bitki büyüme mevsimi denir (Şekil 3.2.1). Bitki büyüme süresi; bitkinin türü, cinsi ve çeşidine göre değişir. Bu sürenin kısa olduğu çeşitlere erkenci çeşit adı verilir.

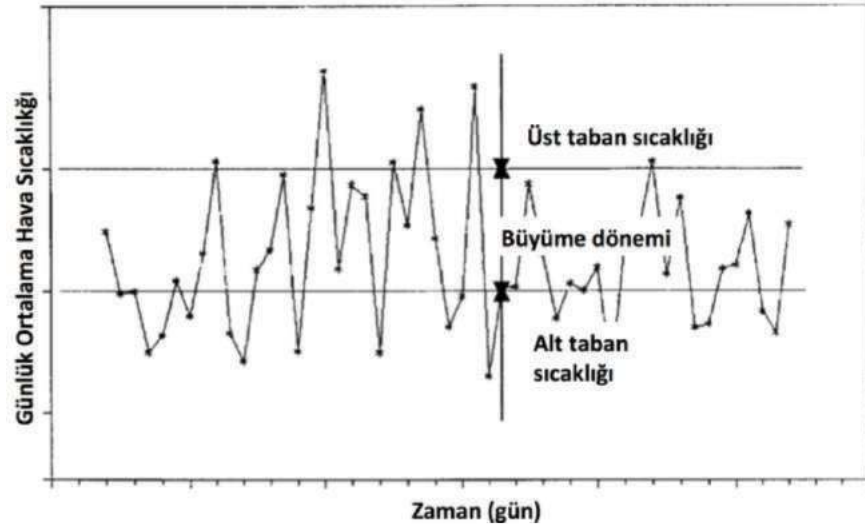


Şekil 3.2.1. Yıl içindeki günlük ortalama hava sıcaklıklarının değişimi ile birlikte büyüme mevsimini gösteren son ve ilk don tarihlerinin olası taban sıcaklıklarının şematik gösterimi.

Çoğu bitki için, fenolojik gelişme, bir eşik veya taban sıcaklığının üstünde gerçekleşir ve büyümenin fazları bu eşik veya taban sıcaklığının üstünde geçen günlerdeki sıcaklık veya sıcaklık birimlerinin birikimi (büyüme derece günler) ile ilişkilidir (Şekil 3.2.2). Bu düşük eşik sıcaklığı, bitki türlerine göre değişim göstermektedir (Ash, 1995; Bellin vd., 2007).

Alt ve üst taban sıcaklıkları bitkiden bitkiye değişiklikler göstermektedir (Şekil 3.2.2). Örneğin, genellikle buğdayın özellikle gelişiminin ilk dönemlerinde (çimlenme – kardeşlenme) sıcaklığın 8-10°C (alt taban sıcaklığı), bağıl nemin %60'ın üzerinde olması yeterlidir. Bazı buğday ve şekerpancarı türlerinde ise daha düşük sıcaklıklarda (+4°C e kadar düşer) çimlenme olur (Öztürk vd., 2005). Mısırın ise

minimum çimlenme sıcaklığı 8-10°C (alt taban sıcaklığı), uygun büyüme sıcaklığı ise 20 - 30°C'dir (üst taban sıcaklığı). Şekerpancarında ise vejetasyon (yetiştirme, gelişme), ilkbaharda 0-5 cm toprak derinliğinde sıcaklığın 7°C ye ulaşması (alt taban sıcaklığı) ile başlar ve sonbaharda günlük ortalama sıcaklığın 5°C'ye düşmesi ile sona erer. Literatürde yaklaşık 10°C civarında verilen bu hava sıcaklıkları ve bunlara bağlı olarak ekim tarihleri iklim koşullarına bağlı olarak 2 veya 3 haftalık kaymalar gösterebilmektedir.



Şekil 3.2.2. Bitkilerin gelişiminin ilk dönemlerinde (çimlenme – kardeşlenme) sıcaklık alt taban sıcaklığı, ve uygun büyüme sıcaklığı ise üst taban sıcaklığıdır. Alt ve üst taban sıcaklıkları arasında kalan bölge de büyüme dönemini göstermektedir.

Mısır, fizyolojik olgunluğa erme zamanına kadar olan toplam sıcaklık istekleri baz alınarak olgunluk guruplarına ayrılır. Bu nedenle, üretim yapılacak yerin iklim şartlarına göre ve yetiştirilecek çeşidin ekim zamanı normal sezonluk üretimler için bellidir. İkinci ürün ekiminde ise ekim zamanı birinci ürüne bağlı olarak değişebilir. Örneğin, fideler ilkbahardaki donlardan veya düşük sıcaklıklardan çok etkilenirler. Böyle şartlarda tarlada yeterli sıklığı gerçekleştirebilmek zor olur. Bu bakımdan ana üründe ekim zamanının tespiti en doğru ölçüt toprak sıcaklığıdır. Örneğin, ürün mısır tarımında toprak sıcaklığı en az 8-10°C olduğunda ekim yapılabilir (Soylu ve Sade, 2012).

Bu çalışmada örneğin mısır, pancar, buğday, ayçiçeği gibi önemli tarım ürünlerinin alt taban sıcaklığı yaklaşık olarak 10°C toprak sıcaklığı temel alınmış ve buna bağlı olarak, küresel iklim değişimi ile birlikte değişecek olan ekim zamanı için de Mart ayı, en son hasat tarihi olarak da Ekim ayı alınmıştır. Böylece bu çalışmada büyüme mevsimi Mart-Ekim ayı gibi 8 aylık bir süreyi kapsamaktadır.

Düşük sıcaklık, bitkilerin gelişmesi için şarttır ve verimli olabilmeleri için belirli soğuk bir dönemden geçmeleri gerekmektedir. Bazı kışlık bitki çeşitleri veya serin iklim tahıllarının (hatta sıcak iklim tahıllarının bile biraz daha yüksek sıcaklıkta), gelişmelerinin ilk evrelerinde düşük sıcaklığa istek duymalarına “vernalizasyon”

denir. Pancar ve patates de soğuklanmaya ihtiyaç duyar. Patates-te uyuma haline ise “dormansi” denir (Öztürk, 2005).

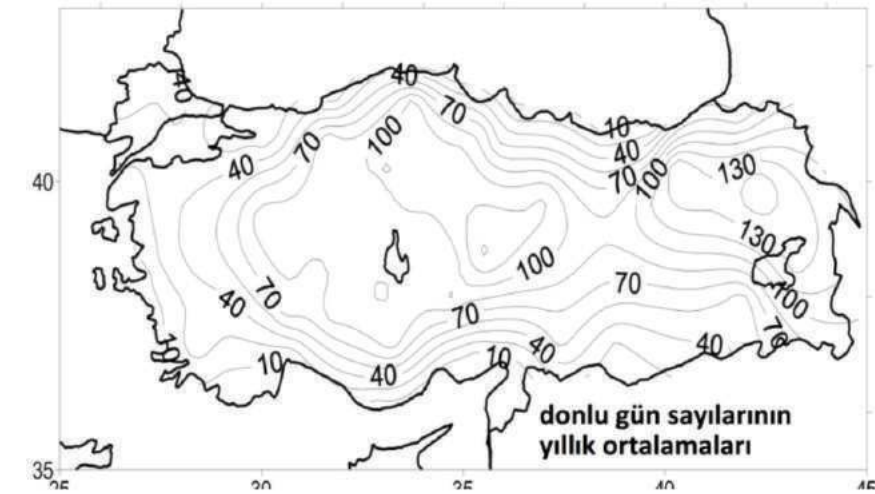
Ancak -20°C ve daha düşük toprak sıcaklıkları, toprak altındaki kültür bitkileri için ölümcül etki yapar. Bu nedenle günlük ekimlerin ilkbahara çıkabilmesi için kar örtüsüne ihtiyaç vardır. Geç donlar meyve ağaçlarında verim ve kaliteyi olumsuz etkileyebiliyor. Ayrıca beklenenden daha geç ilkbahar ve daha erken sonbahar donları gibi sapmalar bitkilerin vejetasyon süresini de değiştirebilmektedir.

Ayrıca donma-çözülme, toprağın dinamik özelliklerinden olan ‘strüktürü’ yani çiftçi deyimiyle toprağın tava gelmesinde dolaylı etkiye sahiptir. Toprak sistemi içinde yinelenen donma-çözülme-ler, toprağın yapısına yaptığı etkilerle toprak fiziksel özelliklerini değiştirebilecektir. Bu etki, toprakta boşluk oranını, su iletkenliğini, infiltrasyon (suyun toprağa girişi; sızma) hızını, erozyona karşı hassasiyetini etkileyecektir. Ayrıca bitkiye yarayışlı su miktarını ve su tutma-serbestleme gücünü yönlendirecektir. Donma-çözülme olayının etkisi toprak tanecikleri arasındaki dağılıma bağlı olarak farklı yönde olacaktır. Örneğin kumlu topraklardansa killi topraklara daha belirgin etki yapabilecektir. Donma anında oluşan su kristalleri toprak boşluk büyüklüğünü artırarak toprakta kök ilerlemesine veya su iletimine uygun zemin hazırlar. Yavaş donmada büyük kristaller oluşurken, hızlı donmada agregatların kırılmasına

neden olan çok sayıda küçük kristal oluşmaktadır. Yavaş donmada daha büyük kristaller oluşur ve toprak ta basınç değişimi ile kesekler parçalanır.

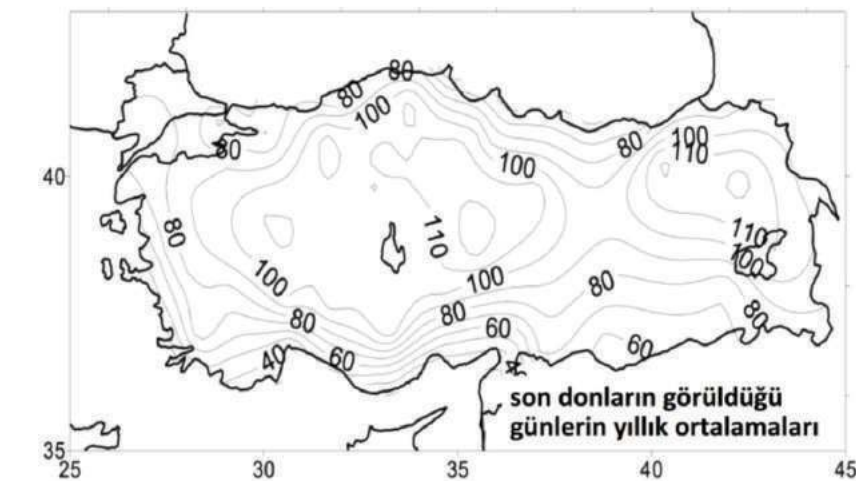
İlk ve son don tarihleri günlük hava şartları ile birlikte bitki yetiştirme dönemi, bölgenin enlem derecesine ve denizden yüksek-

liğine göre de değişir. Tarımsal çalışmalarda don olayı, pek çok bitki türüne büyük zararlar verdiği için büyük önem taşır. Şekil 3.2.3’de hala mevsim normali olarak kullanılabilen 1961-1990 yılları ortalamasına göre Türkiye’de görülen donlu günlerin yıllık ortalaması verilmiştir.

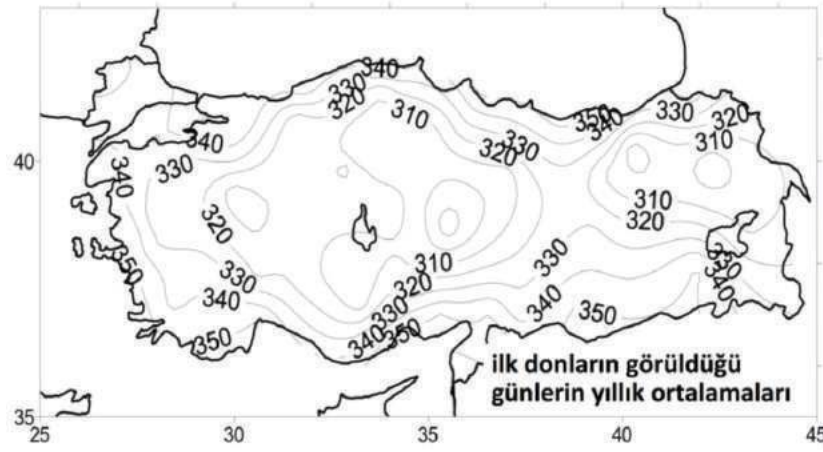


Şekil 3.2.3. 1961-1990 yılları ortalamasına göre Türkiye genelinde görülen donlu gün sayılarının yıllık ortalamaları

Bitkileri öldürebilecek veya büyümesini önleyecek kadar şiddetli olan don olaylarının ilkbaharda görülen en sonuncusundan sonra bitki büyüme mevsimi başlar Şekil 3.2.4. İlk şiddetli donların sonbaharda görülmesi ile büyüme mevsimi sona erir Şekil 3.2.5.



Şekil 3.2.4. 1961-1990 yılları ortalamasına göre genellikle ilkbaharda görülen son donların yıllık ortalaması.

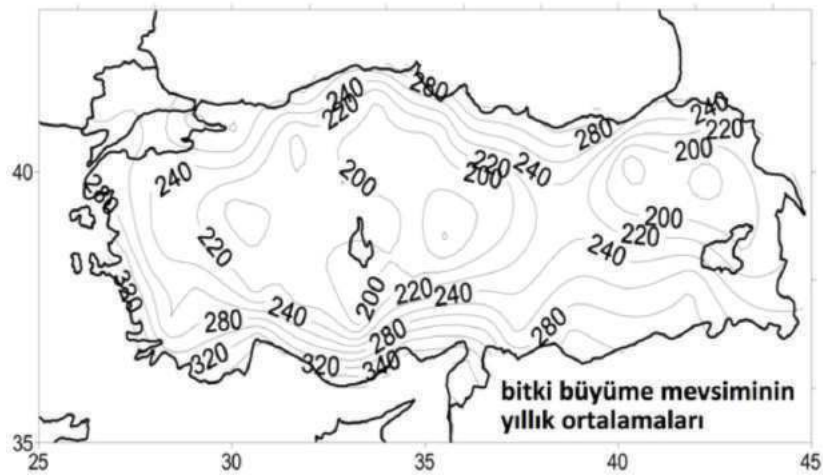


Şekil 3.2.5. 1961-1990 yılları ortalamasına göre genellikle sonbaharda görülen ilk donların yıllık ortalaması.

Türkiye'deki donlu günlerin sayısının CO₂'in artışı ve küresel ısınma ile birlikte, Türkiye'nin genelinde bir düşüş göstermesi beklenir. Bu beklenti Türkiye'de yapılan uzun süreli meteorolojik kayıtlar analiz edilerek incelenmiştir (Kadioğlu ve Aslan, 2000; Kadioğlu ve Şaylan, 2001). Bu çalışma sonuçlarına göre, 1961-90 yılları arasında ilkbahardaki son donlu günlerin görüldüğü tarihlerin sadece Türkiye'nin kuzeybatı kesiminde gittikçe daha erken bir tarihte sona erdiği, fakat diğer kesimlerde pek değişmediği görülmüştür. Benzer şekilde, ilk öldürücü sonbahar donunun görüldüğü tarihlere bakınca, bunların da daha çok Doğu Anadolu'da daha erken tarihlerde ortaya çıktığı saptanmıştır. Türkiye'nin hiçbir yerinde bitkiler için ilk

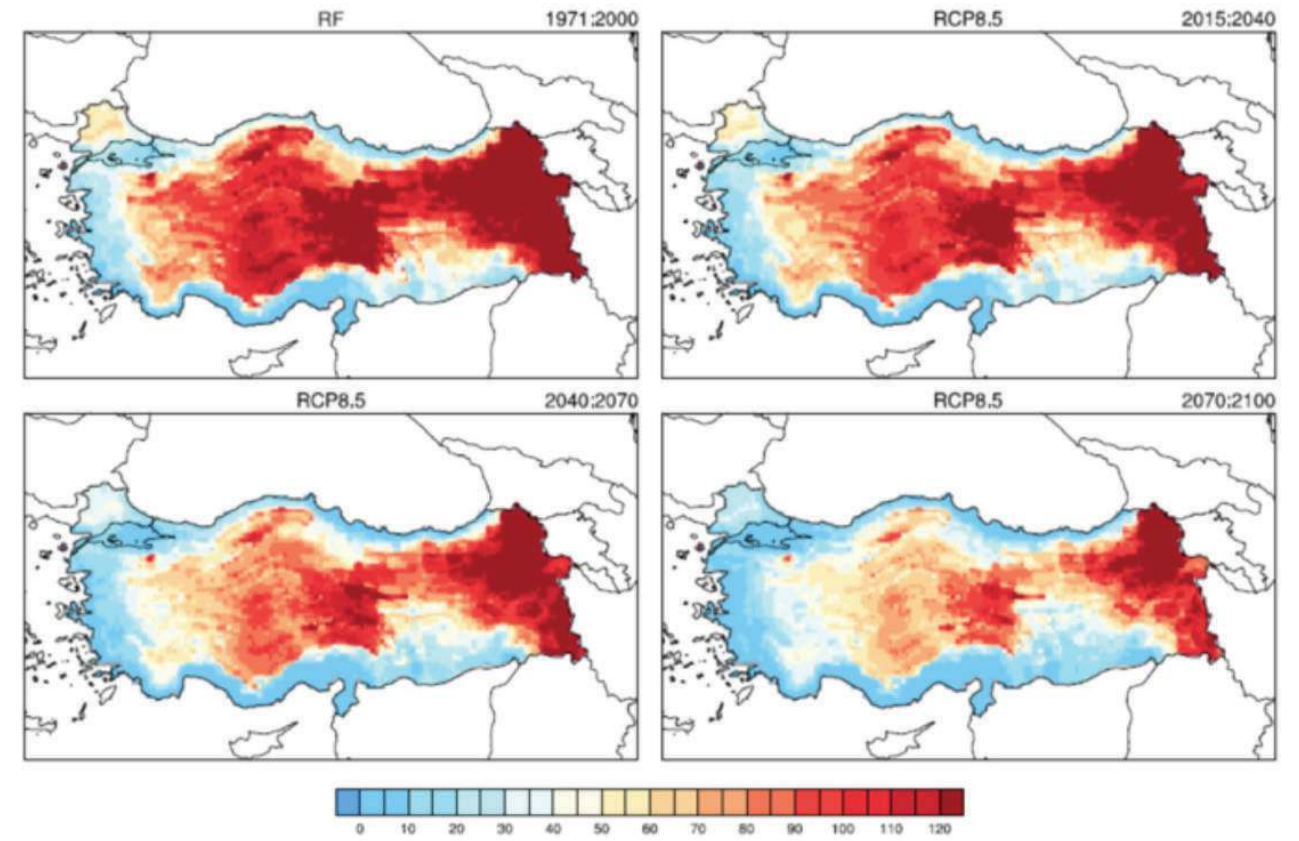
öldürücü sonbahar donunun görüldüğü tarihlerde henüz kış ayına doğru bir çekilme görülmemiştir. Sonuç olarak, gözlenen sıcaklık kayıtlarına göre bitki büyüme mevsimi (gün sayısı olarak) uzunluklarının yıllık ortalamaları Türkiye'de, özellikle Orta Anadolu ve Karadeniz Bölgesinde, şu an değişmektedir (Kadioğlu ve Aslan, 2000; Kadioğlu ve Şaylan, 2001).

Don olayları, aynı zamanda bitkilerin yetiştirme/büyüme mevsiminin uzunluğunu da belirler (Şekil 3.2.6). Bitki büyümesi ve gelişimindeki hava sıcaklığına bağlılık, Büyüme Derece-Gün (BDG) ile ifade edilir.



Şekil 3.2.6. 1961-1990 yılları ortalamasına göre genellikle sonbaharda görülen ilk donlar ile ilk baharda görülen son donların belirlediği gün sayısı olarak büyüme dönemlerinin yıllık ortalaması.

Doğu Anadolu'da artmaktadır. Hesaplanan ortalama artış trendi 21 gün/100 yıldır (Şensoy vd, 2013). Isınan sıcaklıklar orta enlemlerde bitki gelişimini desteklemektedir (Kadioğlu ve ark, 2000). Büyüme sezonu uzunluğunun artmasının tarımda ve bağcılıkta tür seçimi, münavebe gibi pozitif etkileri olabileceği gibi kısalan gelişme dönemi tahıllarda tane doluluğu ve yoğunluğu, başak başına tane sayısı ve tane ağırlığı üzerine negatif etkileri olacaktır. Meyve ağaçlarının erken çiçek açması da geç don zararını artırabilecektir (Chmielewski ve ark, 2002).



Şekil 3.2.7. MPI-ESM-MR Modeli RCP8.5 Senaryosuna göre 30 yıllık Donlu Günler (FDO) İklim İndisi değerlerinin belirtilen periyot içerisindeki yıllık ortalamaları (gün) (SYGM, 2016).

RC8.5 senaryosu sonuçlarına göre don iklim indisi Türkiye üzerinde 150 güne ulaşmaktadır. Güney Doğu Anadolu Bölgesi için 90-150 arasında değişmektedir. Ege Bölgesi'nde 2040'dan sonra ciddi azalma görülmektedir. Bu azalmalarda en çok göze çarpan, ısınmanın en fazla olduğu dönem olan 2071-2100 döneminde meydana gelen farklılıklardır. Bu sonuçlar Türkiye'nin kuzeyiyle güneyi arasın-

MPI-ESM-MR ve RegCM bölgesel iklim modeli sonuçları için FDO donlu günler indisi sonuçları 2015-2040; 2041-2070 ve 2071-2100 periyodu için 30'ar yıllık dönemler halinde hesaplanmış ve Türkiye genelindeki referans periyoduna (1971-2000) göre değişimi Şekil 3.2.7 ile gösterilmiştir.

daki RCP8.5 senaryosu dahilinde ısınma farkını da yansıtmaktadır (Şekil 3.2.7).

RCP8.5 iklim değişikliği senaryosu, 1971-2000 mevsim normallerine göre, 2100 yılına kadar, sonbaharda görülen ve bitkiler için öldürücü olan ilk don tarihlerinde önemli bir değişiklik beklenme-

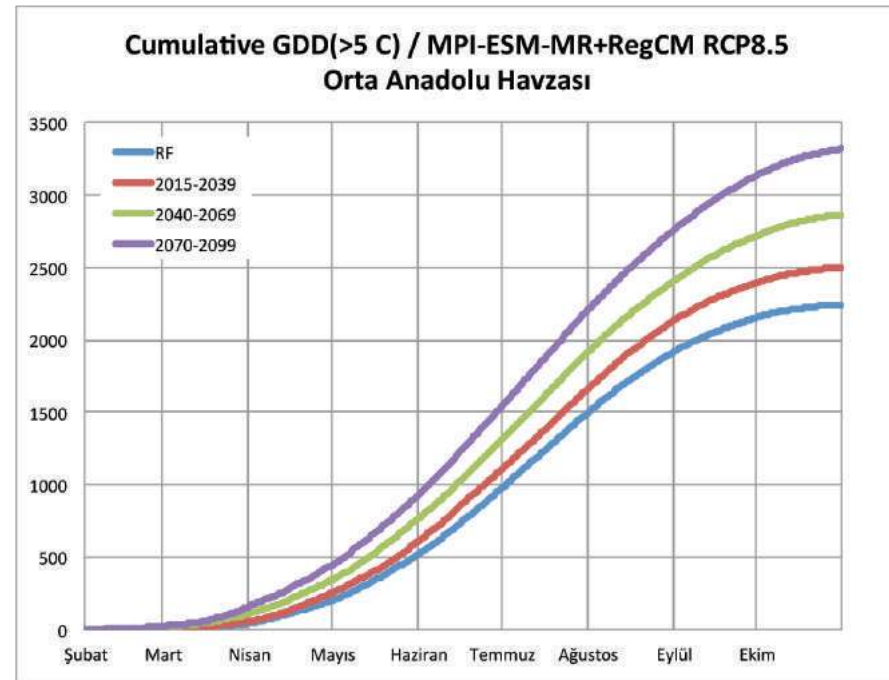
mektedir. Ekte Tablo I.1'den ilk don tarihlerinde iklim değişikliği ile birlikte önemli bir değişim eğilimi olmadığı görülmektedir. Diğer bir değişle sonbaharın son ayı dondurucu havalar görülmeye başladığı ay olarak kalmaya devam edecek gibi görülmekte. Küresel iklim değişimi ile birlikte genişleyen ve şiddetlenen yaz mevsimi daha çok sonbaharın ilk aylarını etkileyecektir.

Bununla birlikte Ekte Tablo I.2'de verilen projeksiyon eğilimlerine göre ilk baharda görülen son don tarihlerinde önemli değişiklik olacaktır. Son don tarihleri 2100 yılına doğru kışa doğru kaymak üzere yaklaşık bir ay erken sona ermektedir. Bu da küresel iklim değişimi ile birlikte şiddetlenen yaz mevsiminin ilk baharın son aylarına doğru genişleyeceğini göstermektedir.

Son don tarihlerinin bir ay erken sona ermesi bitki yetiştirme döneminin yaklaşık bir ay önce başlayacağını, bu nedenle de gelecek yıl-

larda pek çok tarım ürünün ekim ve dikiminin 1971-2000 yıllarına göre yaklaşık bir ay önce yapılabileceğine işaret etmektedir.

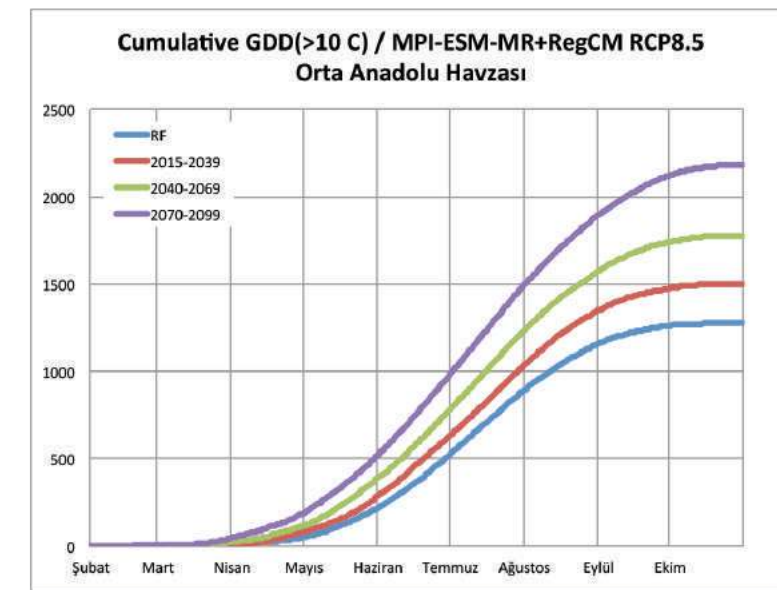
Önceki yıllarda yapılan bilimsel çalışmalardan örneğin 1961-1990 yıllarındaki BDG'lerin Türkiye'de belirgin bölgesel ve istatistiksel olarak anlamlı eğilimler içinde olduğunu göstermiştir (Kadioğlu ve Şaylan, 2001). Benzer bir şekilde örneğin havza ortalaması alınmış Orta Anadolu Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam 5°C ve 10°C üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-2099 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları Şekil 3.2.8 ve 3.2.9'da gösterilmiştir.



Şekil 3.2.8. Orta Anadolu Tarım Havzası için ortalama günlük toprak sıcaklığı 5°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte RCP8.5 senaryosuna göre gelecek 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-2069 (yeşil çizgi) ve 2070-2099 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.

Şekil 3.2.8 ve 3.2.9'da ve Ek I ve II'de verilen benzer şekiller incelendiğinde özellikle son don tarihlerinin erkene gelmesi ve artan hava sıcaklıkları yüzünden Türkiye'nin her yerinde 1971-2000 referans dönemine göre 2100 yılına kadar bitki büyüme mevsimi ve bitki büyüme günleri toplamında önemli artışlar görülmektedir. Bu artışlar genellikle 1971-2000 referans döneminden 2015-

2039'e kadar daha küçükken, 2015-2039'den 2040-2069'a ve 2040-2069'dan 2070-2099 yılına doğru giderek daha da artmaktadır. Özellikle Türkiye'nin birçok yerinde 2040-2069'dan 2070-2099'a kadar büyüme derece günlerinin toplamındaki artışın, 1971-2000'den 2015-2039'e olan artışın yaklaşık iki katı olduğu görülmektedir.



Şekil 3.2.9. Orta Anadolu Tarım Havzası için ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte RCP8.5 senaryosuna göre gelecek 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-2069 (yeşil çizgi) ve 2070-2099 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.

Örneğin Şekil 3.2.10'da görüldüğü gibi Orta Anadolu Tarım Havzasında yıl sonu itibarı ile eklenik bitki büyüme derece günleri referans dönemi 1971-2000'den 2015-2039'a yaklaşık 200°C gün, 2015-2039'den 2040-2069'a yaklaşık 300 °C gün ve 2040-2069'dan 2070-2099'a 400°C gün artış göstermektedir. Yine Şekil 3.2.9'dan görüleceği üzere referans döneminde örneğin 500°C günlük değere Temmuz ayında ulaşılırken bu duruma 2070-2099 döneminde bir ay önce yani Haziran ayında ulaşılacaktır.

Ayrıca Ekte verilen Şekil III.9'da görüldüğü gibi Türkiye'de en düşük büyüme derece günleri sahip olan havza Çoruh Havzası. Bu havzada referans dönemine göre yıllık büyüme derece günleri 400°C gün iken bu değer 2100 yılına doğru 1.4 kat artarak 1000°C güne

ulaşabilecektir. Bununla birlikte GAP Havzası şuan ve gelecekte en yüksek bitki büyüme derece güne sahip olmaya devam edecek. Öyle ki 2100 yılındaki yıllık büyüme derece günü miktarının Çoruh Havzasının dört katı olan 4000°C güne ulaşması beklenmektedir.

Büyüme mevsiminin artması bu bölgelerdeki bitki tipine, tarımsal haşerelere, orman yangınlarına, su yönetimine ve enerji kullanımına yönelik bazı tehlikeler de oluşturmaktadır. Bu tür tehlikeler küresel iklim değişiminin etkilerini azaltmak için planlamada daha geniş ve bütüncül bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır. Küresel iklim değişiminin öngördüğü gibi sıcaklıkların artmasına yönelik senaryolar aktif bitki büyüme mevsiminin büyümesini gündeme getirmektedir.

Bitkilerde su isteği genelde dış sıcaklığa ve bitkinin vejetatif organlarının çokluğuna göre değişir. Şekerpancarı ve mısır gibi bitkiler en yoğun vejetatif dönemini Temmuz-Ağustos ayında sahip olur. Su isteği toprağı soğutmak için de elzemdir. Zira çok sıcak havalarda mitoz bölünme (büyüme), ayçiçeğinde polen sterilitesi (pasiflik) olur ve dölleme olmaz (Akınerdem, 2014a).

Özetle birçok tarım bitkisi, büyüme süresince toprakta bol su ister, özellikle sapa kalkma ile çiçeklenme devreleri arasında çok su tüketir. Projeksiyonlar Türkiye'nin hemen hemen her yerinde bitki büyüme mevsiminin şu ankinde daha uzun süreceğini öngörmektedir. Bununla birlikte artan büyüme mevsimi bitkiler için gerekli olan sulama ihtiyacını da beraberinde artıracaktır. Bu dönemde bitkinin su isteği doğal yağışlarla karşılanamıyorsa sulama suyu ile karşılanması gerekecektir.

3.3. Yağış ve Buharlaşma

İklim değişikliğinin sera gazı emisyonlarından kaynaklanan etkileri arasında yeryüzünün hidrolojik döngüsü üzerinde önemli etkileri olan karasal ekosistemlerin yüzeyi yakınındaki ısınma da bulunmaktadır (Barnett, vd., 2005). Bitkilerin sıcaklığın ani artışına duyarlılığının yanı sıra, tarihsel olarak anormal derecede düşük yağışlı dönemler de, ürün verimliliğinde dramatik azalmalara neden olmaktadır (Gornall, vd., 2010).

Diğer insan faaliyetlerinden (şehir ve sanayi talepleri) mevcut suyun paylaşımı için rekabet, bir havzada sulama için mevcut su miktarında belirgin eksikliklere de yol açabilir (Vorosmarty, vd., 2000). Farklı sektörler arasındaki su kaynakları için rekabet, iklim değişikliği ilerledikçe belirginleşecek gibi görülmektedir (Scheffran ve Battaglini, 2010). İklim değişikliğinin tarımsal operasyonlara olası tehditleri göz önüne alındığında, gelecekte sulama senaryolarını suyun kıt olduğu şartlar altında değerlendirmek önemlidir (Johnston, 2015). Gelecekte, sulama suyundaki açığın (deficit irrigation) tarımsal üretimin normu haline gelmesi kuvvetle muhtemeldir (Farre ve Faci, 2006; Fereres ve Soriano, 2006).

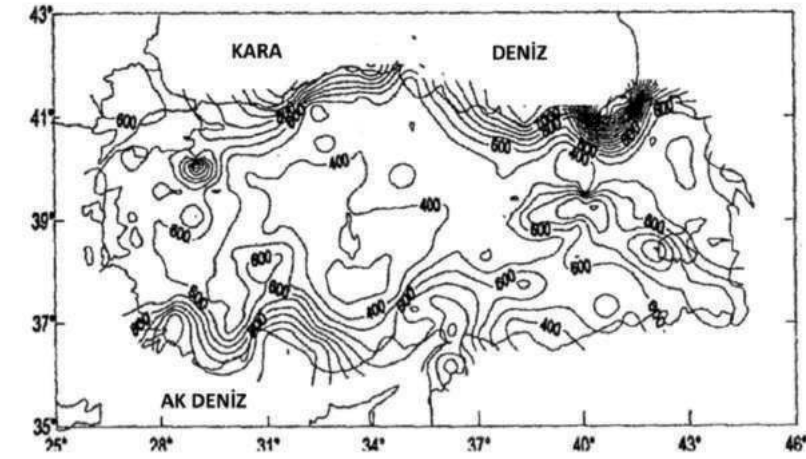
Yağışın dağılımındaki ve miktarındaki potansiyel değişiklikler, su kıtlığının yerel etkilerini daha da kuvvetlendirebilir (Farre ve Faci, 2006). Yağışlardaki azalma eğilimi, dünyanın tatlı su kaynaklarının en büyük tüketicilerinden biri olan tarım sektörü için ciddi sonuçlar doğurabilir. Örneğin, kurak ve yarı kurak bölgelerde tarım sektöründeki su ihtiyacı toplam su kullanımının yaklaşık %80'ini oluşturmaktadır (Fereres ve Soriano, 2006). İklim değişikliğiyle su dağıtımında yerel değişiklikler yapma potansiyeline ek olarak önümüzdeki on yıllarda su taleplerinin keskin bir şekilde artacağı tahmin edilmektedir (Farre ve Faci, 2006).

Dünya üzerindeki gerçek su miktarı, iklim değişikliğinin bir sonucu olarak azalmazken (küresel su hacimlerinde meydana gelen değişiklikler yalnızca jeolojik zaman ölçeğinde gerçekleşir), küresel su alımları arttıkça kalite ve mevcut su miktarı azaltılacaktır (Oki ve Kanae, 2006). Bu, tarımsal üretimi etkileyecek olan bölgesel su kıtlığında bir artışa neden olabilir (Fereres ve Soriano, 2006). İklim değişikliğinin hidrolojik döngü üzerindeki potansiyel etkisi son yıllarda en önemli araştırma konusu olmuştur (Leibowitz vd., 2014; Oni vd., 2014; Ryan vd., 2014). En yaygın tahminler, kuraklık ve sel gibi artmakta olan aşırı hidrometeorolojik olayların artan şiddetine ve sıklığına işaret etmektedir (Huntington, 2006). Bunların etkileri tarım sektörü için yıkıcı olabilir.

Şu an kuzeydoğudaki Karadeniz sahili, yılda 1000 mm'ye kadar çıkan toplam yağışlarla karakterize edilirken, batı ve doğu bölgelerinde yağış miktarı mütevazı, iç bölgelerde ve güneyde geniş bir yarı kurak alana sahiptir (Şekil 3.3.1). Bir bölgenin iklimi, enlem, yükselti, karasallık derecesi ve büyük su kütlelerine yakınlık temelinde farklılık gösterir. Yıllık toplam yağışların uzun dönem ortalamaları ilçeden ilçeye değişen farklılıklar göstermektedir; Kuzeydoğu bölgesinde yaklaşık 800-1000 mm; Kuzeybatı bölgesinde yaklaşık 600 mm; iç kısımdaki plato bölgesinde 400-600 mm; Batı bölgesinde 700 mm; Güneybatı bölgesi 800-1000 mm; ve son olarak Türkiye'nin doğusunda 600 mm'dir. Bununla beraber, Türkiye'nin yıllık ortalama toplam yağışı 635 mm olarak hesaplanmaktadır. Alansal olarak hesaplandığında ise Türkiye'nin 1981-2010 yağış ortalaması 574 mm'dir (Coşkun vd, 2017).

Böylece, Türkiye güçlü bir kuzey-güney yağış değişkenliğine sahip olan genelde yarı kurak bir ülke durumundadır. Türkiye'nin Karadeniz gibi nemli (yağışlı) bölgeleri yılda 2000 mm'den fazla yağış

almaktayken Fırat Nehri'nin güneyindeki çöller yılda 100 mm veya daha az yağış almaktadır (Şekil 3.3.1).

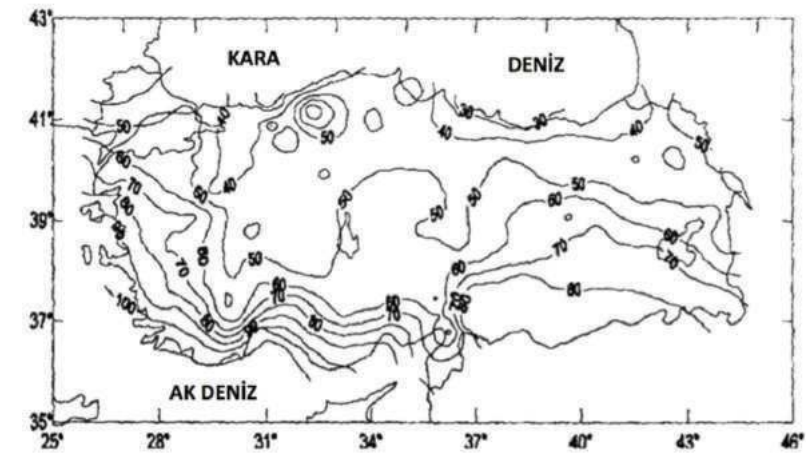


Şekil 3.3.1. Türkiye'de ortalama yıllık yağış miktarının (mm) yersel dağılımı (Kadioğlu, vd., 1999)

Ortalama yağış miktarının değişim katsayısı (DK) Şekil 3.3.2'te gösterilmektedir. DK, yağışın frekans dağılım formları hakkında bilgi veren faydalı bir parametredir. Tanımı gereği, DK değeri 100'e ne kadar yakınsa, üstel olasılık dağılım fonksiyonuna göre yağış oluşumu da o kadar yüksek olur. Bu ayrıca, art arda gelen yağış olaylarında bir istikrarsızlığın var olduğu anlamına gelir.

Değişim katsayısında artan gradyan Ege kıyılarında güneybatıya doğru yönelse de, güneydoğudaki DK'da genel bir artış olduğu ve

Karadeniz boyunca düşük değişkenliğin bulunduğu bir alan bulunduğu görülmektedir. Güneydeki Akdeniz sahillerine yakın bölgelerde DK'daki azalma oranı nispeten yüksekken, orta ve kuzey bölgelerinde bu oran çok düşüktür. Özellikle yıldan yıla yağış miktarında önemli düzensizlikler vardır. Örneğin, Kıyı Akdeniz Bölgesinde yıllar arasındaki ve yıl içindeki değişimler, kıyı boyunca yıllık ortalama yağış miktarını dahi aşabilmektedir (Şekil 3.3.2).

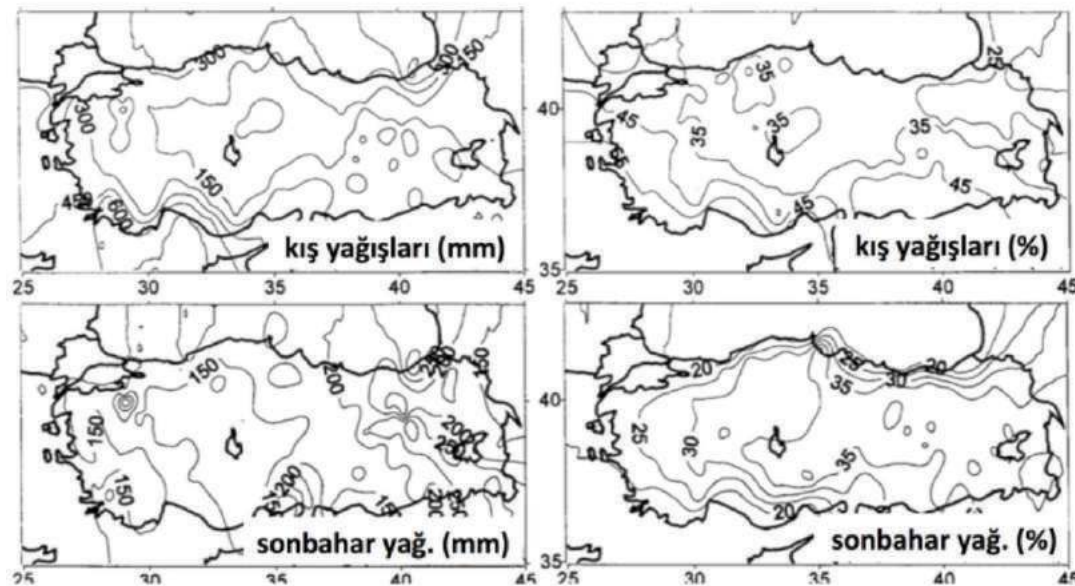


Şekil 3.3.2. Türkiye'de yıllık ortalama toplam yağışın Değişkenlik Katsayısı (Kadioğlu, vd., 1999)

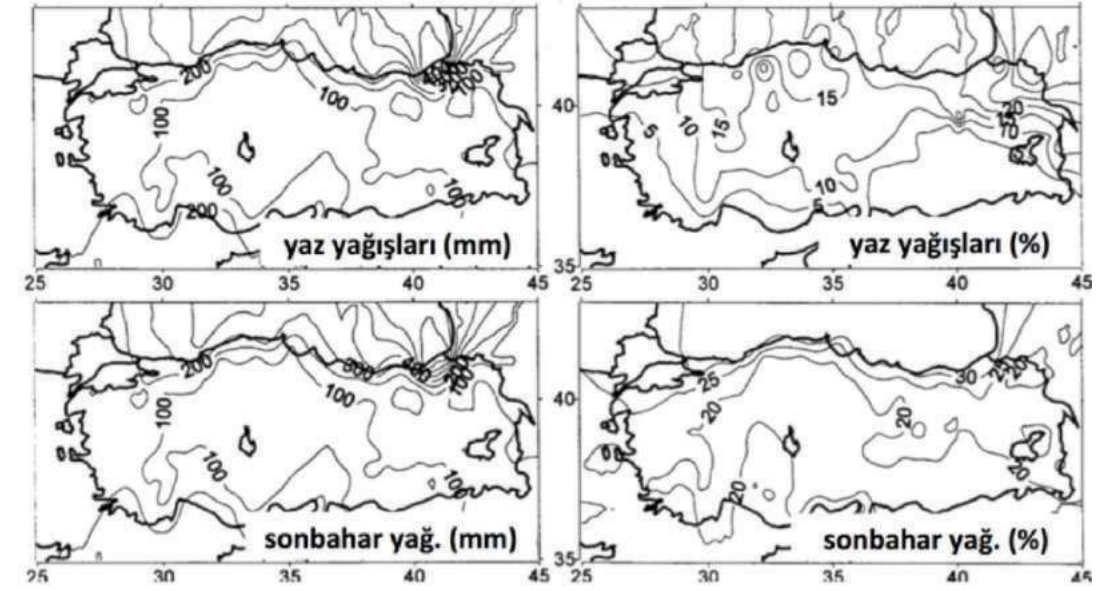


Böylece özellikle İç Anadolu, Ege Akdeniz, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde yıllık yağış dağılımı yıllara göre çok büyük değişim gösterdiği söylenebilir. Yıl içinde aylar bazında yağıştaki farklılıklar ve yıllar arasında yağış miktarında görülen büyük değişkenlikler ya da düzensizlikler bu bölgelerdeki çiftçileri ekim ve hasat zamanını ayarlama yönünden olumsuz etkilemekte ve karasızlığa itebilmektedir.

Şekil 3.3.3 ve 3.3.4'de yağışların mutlak değerlerine ek olarak mevsimsel yüzde dağılımı da verilmiştir. Bunlardan ortalama mevsimsel toplam yağışın, Türkiye üzerinde bir bölgeden diğerine ve mevsimden mevsime belirgin farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Örneğin, kuzeydoğuda yaklaşık mevsimsel yıllık ortalama yağış miktarı 250-700 mm (% 15-35) iken; Kuzeybatıda 60-350 mm (% 10-35), Anadolu Platosu'nda 30-300 mm (% 10-35), Batıda 20-350 mm'de (% 5-50), 20-650 mm'de (% 5-65) ve Doğu bölümimizde 40-300 mm (% 5-35) arasında değişmektedir (Şekil 3.3.3 ve 3.3.4).



Şekil 3.3.3. Kış ve sonbahar mevsimlerinde Türkiye üzerinde yağışların mevsimsel toplamı (mm) ve mevsim boyunca Türkiye genelinde alınan yıllık yağışa % olarak oranı, 1931-1990 (Kadioğlu, 2000).



Şekil 3.3.4. Yaz ve sonbahar mevsimlerinde Türkiye üzerinde yağışların mevsimsel toplamı (mm) ve mevsim boyunca Türkiye genelinde alınan yıllık yağışa % olarak oranı, 1931-1990 (Kadioğlu, 2000).

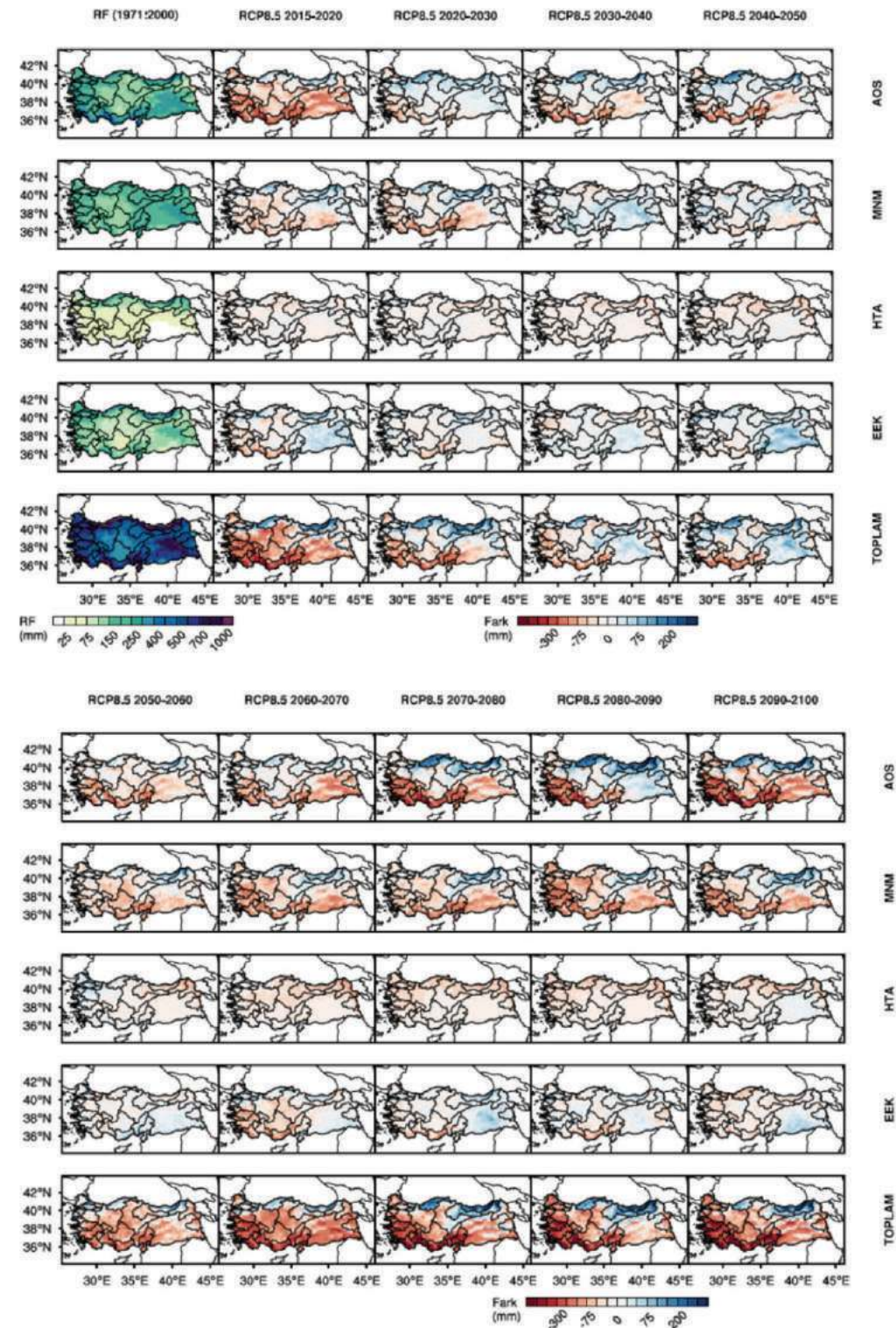
Özetle Türkiye'de Karadeniz sahili şiddetli yağışlarla karakterize edilirken, batı ve doğu bölgelerinde yağışlar mütevazı olup iç bölgelerde ve güneyde geniş bir yarı kurak alana sahibiz. Yağışların özellikle dağlık bölgelerdeki dağılımı düzensizdir. Sonuç olarak Türkiye'de yağış miktarları yerden yere bakıya, karasallık ve büyük su kütlelerine yakınlık temelinde önemli farklılıklar göstermektedir.

Böylece Türkiye'nin yarı kurak iklimi, yağış örüntülerindeki değişim ile birlikte sürekli artan nüfusuna da bağlı olarak yer üstü ve yeraltı suları azalma eğilimindedir. KAYNAK Bu nedenle küresel iklim değişikliğinin su kaynaklarımız üzerine olası etkileri araştırılmalı, su kaynaklarımız meteorolojik şartları göz önüne alarak yönetilmeli ve sınırı aşan suların komşu ülkeler ile paylaşımında iklim faktörü de göz önünde bulundurulmalıdır.

Yağışlardaki azalmanın yanında kış sıcaklıklarının mevsim normalinin üzerine çıkmasının meyve ağaçlarında tomurcukların gelişmesi ve çiçeklenmeye yol açacağı, bu noktadan sonra görülebilecek olası don olaylarının meyve üretiminde azalma ve kalite bozukluğuna yol açabileceği muhtemeldir.

RCP8.5 senaryosu altında MPI- ESM-MR modeli ile zorlanan Re-gCM4.3 bölgesel iklim modelinin simülasyonlarından elde edilen yağışın, 2100 yılına kadar Türkiye genelinde bölgesel, mevsimsel ve 10'ar yıllık değişimleri Şekil 3.3.5 ile verilmiştir (SYGM, 2016).

Modellere ve farklı senaryolara ait yağış projeksiyonları yer sistem modellerine bağlı olarak projeksiyon dönemi boyunca (2015-2100) bölgesel olarak yağışlarda artış ve azalmalar meydana geleceğini göstermektedir. Genel olarak projeksiyon dönemi boyunca on yıllık mevsimsel yağış, RCP8.5 senaryosu için -60 mm ile 20 mm arasında değişimler öngörmektedir. Özellikle, 2050 yılından sonraki projeksiyon dönemlerinde MPI-ESM-MR ile zorlanan RegCM modeli yıllık yağışlarda Karadeniz kıyı şeridi haricinde hemen her yerde azalmalar öngörmektedir. Kış ve ilkbahar mevsimlerindeki yağış eksiklikleri yüzyılın sonuna doğru giderek artmaktadır.



Şekil 3.3.5. Toplam Yağış Anomali Değerlerinin MPI-ESM-MR Modeli RCP8.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik ve Yıllık Değişimi (SYGM, 2016).

Yağış tahminlerinin belirsizliği genellikle sıcaklıktan daha yüksek olmakla birlikte, küresel ve bölgesel iklim modeli bileşik sonuçları Karadeniz Bölgesi boyunca yağış artışlarını öngörmektedir. Özellikle, Türkiye'nin kuzeyinde hafif yağış artışı öncelikle kış ve ilkbaharda gerçekleşecektir. Diğer bir deyişle yağışın artacağı mevsim çoğu hayvan ve bitkinin mevsimlik kış uykusu veya uyku hali içinde olduğu zamana denk gelmektedir.

Bu sonuçlardan görüldüğü üzere yer sistem modeli proje dönemi boyunca yağışta bölgesel artışlar ve azalmalar meydana gelmektedir. Örneğin, Türkiye'nin kuzeyinde yer alan havzalarda iklim rejiminin referans döneminden (1971-2000'den) daha yağışlı olacağı öngörülmektedir. Ayrıca 2050'li yıllardan itibaren havzalardaki kuraklığın güneye doğru şiddetleneyeceği ve havza bazında on yıllık ortalama yağışın 150 mm'lere ulaşacağı öngörülmekte ve havzalar bazında en fazla yağış değişimlerinin Doğu Akdeniz, Seyhan ve Ceyhan Havzalarında meydana geleceği beklenmektedir. Türkiye'nin güneyinde yağış eksikliği, kuzeyinde ise kısmi yağış artışı beklentisi görülmektedir (SYGM, 2016).

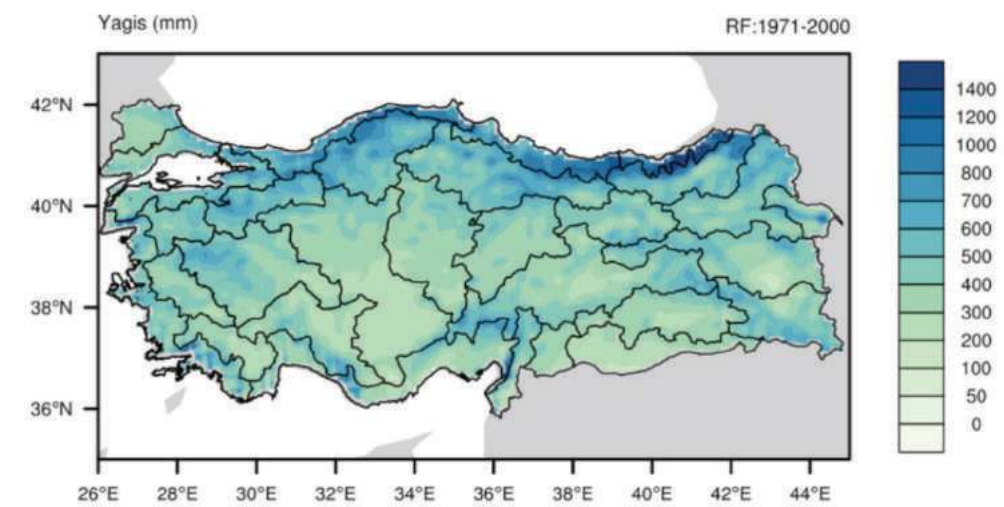
İlkbaharda düşen yağışlar tarımda büyük bir kesimi ilgilendirmektedir. Özellikle kışlık olarak ekilen buğday, arpa gibi ürünlerin gelişimi ile şeker pancarı, mısır, fasulye, ayçiçeği gibi yazlık ekinlerin yapılabilmesi için gerekli koşulların oluşması açısından ilkbahar

yağmurları çok önemlidir. Kışın ve ilkbaharda aldığımız yağış ile suyu barajlarımızda depolayabilmekteyiz. Bununla birlikte yer altı suyumuz zenginleşmekte ve yaz mevsimlerinde de bu suyu kullanabilmekteyiz.

Ülkemiz en fazla yağışını kış ve bahar mevsimlerinde almaktadır. Türkiye'nin güney enlemlerinde kış ve ilkbahar mevsimlerindeki yağış eksikliklerinin yüzünün sonuna doğru şiddetlenmesi, bu bölgelerdeki su kaynaklarımızı ve tarımsal faaliyetleri önemli ölçüde etkileyecektir. Bununla birlikte sulama yapılamayan tarım alanlarında bitki büyüme mevsimindeki yağışlar ve buharlaşma da çok büyük önem taşımaktadır.

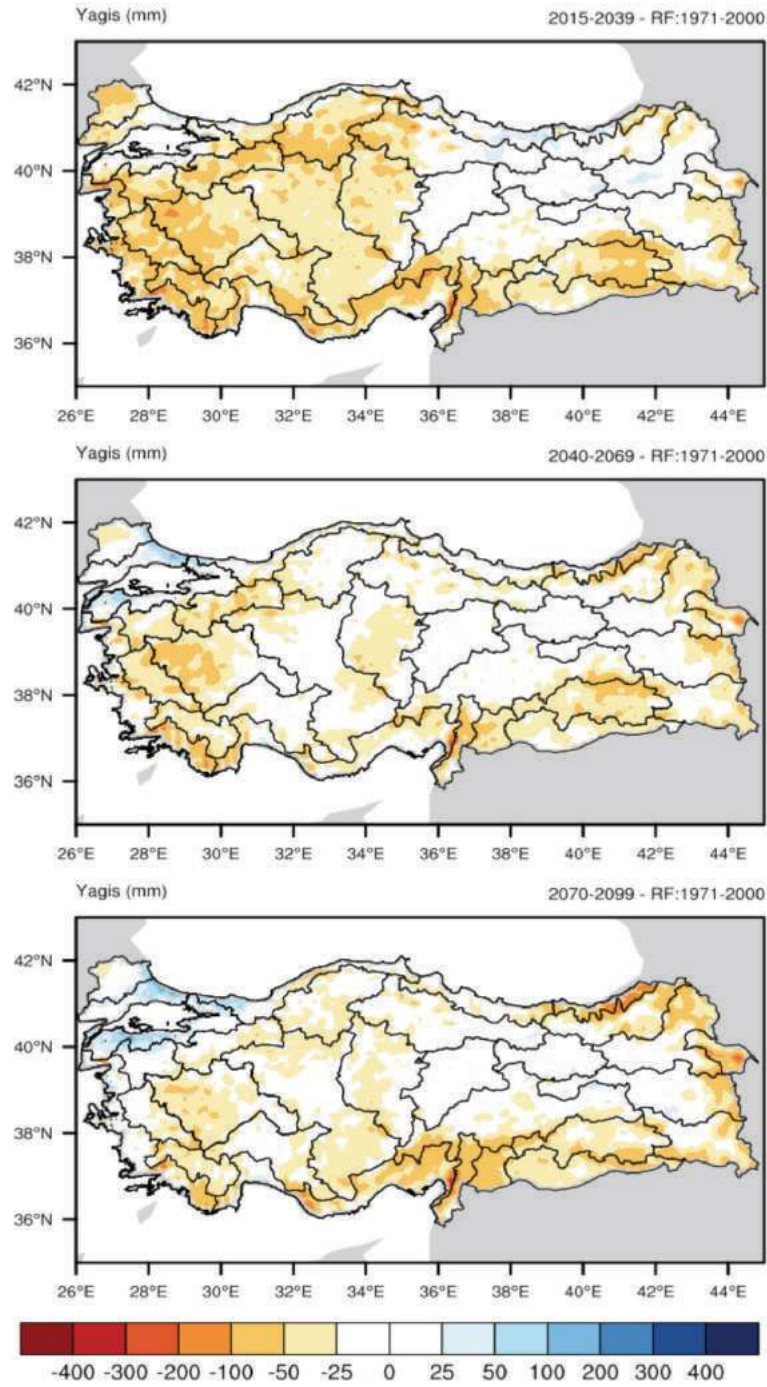
Bu nedenle bu çalışmada bitki büyüme mevsimi (burada Mart'tan Ekim ayına kadarlık 8 aylık süre) boyunca yağışın günümüze (referans olarak modelde aldığımız 1971-2000 döneme) göre (Şekil 3.3.6) 2015-2039, 2040-2069 ve 2070-2099 dönemlerindeki değişimleri ayrı ayrı ele alınmıştır.

Şekil 3.3.7 referans dönemine göre Mart-Ekim bitki büyüme dönemi toplam yağış miktarlarındaki değişimleri göstermektedir. Türkiye'nin kuzeyinin ve dağlık alanlarında alınan yağış miktarı 800 mm'nin üzerinde seyretnmektedir. Orta ve güney doğu Anadolu'da genel olarak 300 mm ve altında yağış alınmaktadır (Şekil 3.3.7).



Şekil 3.3.6. MPI-ESM-MR+RegCM Modeli RCP8.5 Senaryosuna göre 1971-2000 referans dönemi bitki büyüme mevsimindeki (Mart-Ekim) toplam yağış.

Referans (1971-2000) dönemine göre 2015-2039 dönemindeki önemli azalmalar öngörülmektedir. Karadeniz ve Doğu Anadolu'nun bitki büyüme mevsimindeki yağışlarda İç Anadolu'nun batısı, Güney büyük bir kısmında önemli azalmalar öngörülmektedir. Doğu Anadolu, Ege ve Akdeniz Bölgesinde 200 kilografa kadarlık miktarlarında küçük artışlar da görülmektedir (Şekil 3.3.7).

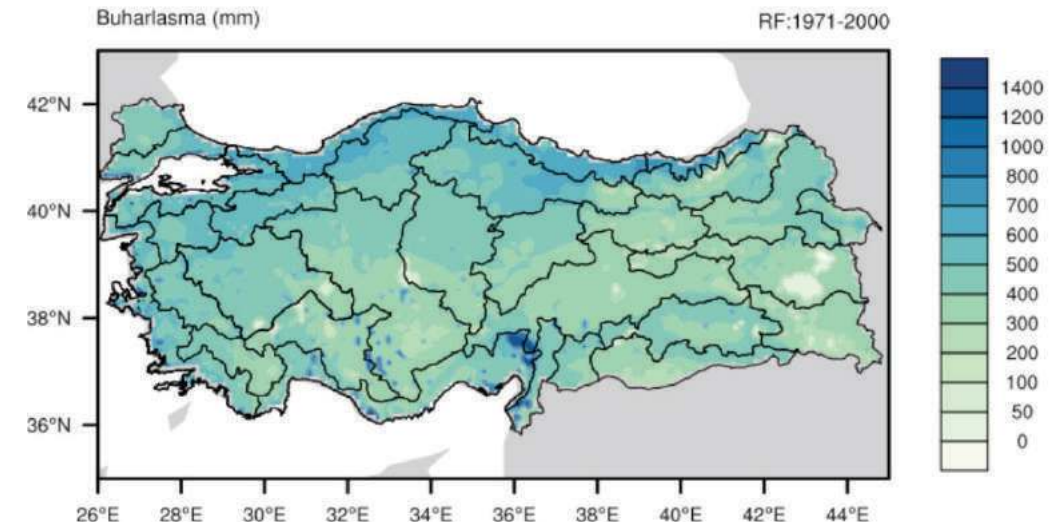


Şekil 3.3.7. MPI-ESM-MR+RegCM Modeli RCP8.5 Senaryosuna göre 2015-2039, 2040-2069 ve 2070-2099 dönemlerinin bitki büyüme mevsiminde (Mart-Ekim) beklenen toplam yağış miktarlarının referans döneminden (1971-2000) olan farkları.

Modellenen senaryonun ikinci dönemi olan 2040-2069 yıllarında referans dönemine göre bitki büyüme mevsimi yağışları Marmara Bölgesinin bir kısmı hariç hemen hemen her yerde azalacağı ya da 1971-2000'e göre pek fazla değişim göstermeyeceği öngörülmektedir. Benzer bir şekilde, 2070-2099 döneminde de Marmara Bölgesindeki yağışlarda referans dönemine göre yağışlarda küçük bir artış görülürken Türkiye'nin diğer bölgelerinde bir önceki dönem benzer azalma işaretleri görülmektedir. Bu öngörülerden Ege Bölgesi gibi zaten yağış miktarının az olduğu bölgelerde 2100 yılına doğru giderek yağış miktarlarının ya çok azaldığı ya da durduğu görülmektedir. 2100 yılına doğru bitki büyüme mevsimindeki en çok yağış azalması Doğu Karadeniz, Çukurova ve İskenderun olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 3.3.7).

Özetle şu an (referans döneminde) ki yağışların miktarı 2015-2039 döneminde Orta Kızılırmak Havzasının batısında ve Güney Doğu Anadolu'da hızla azalmakta. İlerleyen projeksiyon dönemlerinden ikincisi olan 2040-2069'da bazı havzalarda yağış miktarındaki azalmanın hızı giderek düşmekte. Bununla birlikte son projeksiyon dönemi olan 2070-2099 yılları arasında yağış miktarları (şiddetlenen hava sıcaklıkları ile artan konvektif yağışlar nedeniyle) referans dönemine yakın olabileceği; hatta Güney ve Kuzey Marmara Havzalarında küçük de olsa bir miktar artışlar olabileceği öngörülmektedir.

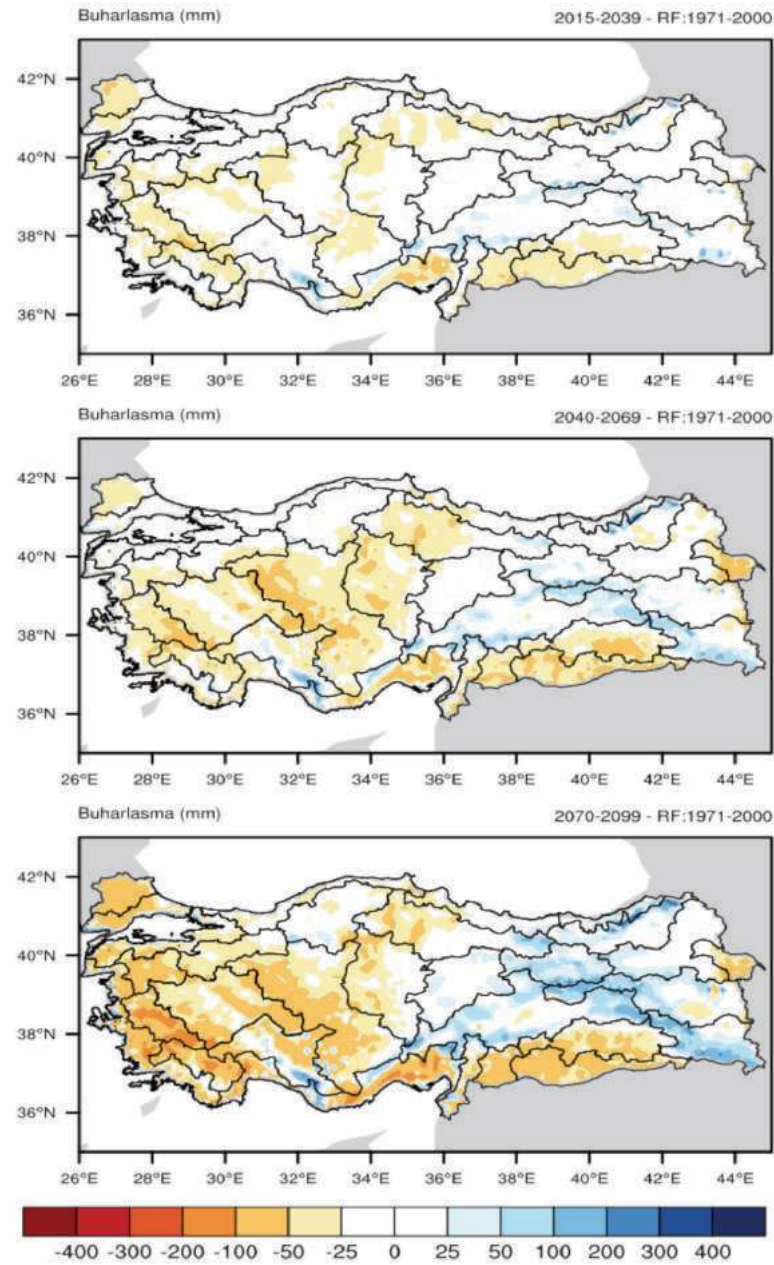
Buharlaşma-terleme toplamaları genel olarak yağış dağılımına benzer olmasına karşın, yazın toprak neminin kuruduğu dönemlerde gerçek buharlaşma-terleme miktarının minimuma ulaşması ve hatta durması nedeniyle sıcaklıkların daha yüksek seyrettiği Türkiye'nin güneyinde 200 mm'nin altına inmektedir (Şekil 3.3.8).



Şekil 3.3.8. MPI-ESM-MR+RegCM Modeli RCP8.5 Senaryosuna göre 1971-2000 referans dönemi bitki büyüme mevsiminde (Mart-Ekim) beklenen toplam gerçek buharlaşma-terleme miktarları.

Bu haritada da ilk bakışta güneydeki buharlaşma miktarının kuzeyden az görülüyor olması projeksiyonda bir hata olduğunu düşündürebilir. Gerçek buharlaşma-terlemenin enerjiye bağlı olarak bu şekilde güneyden kuzeye azalması gerekir. (Bu haritada göller üzerindeki buharlaşmanın çok düşük olması ise onların maskelenerek harita üzerinde yapay gradyanlarına oluşturmaması istenmesinden kaynaklanmaktadır.) Benzer şekilde Şekil 3.3.8'de referans (1971-2000) dönemine göre 2015-39 dönemindeki bitki büyüme mevsimindeki gerçek buharlaşma-terleme miktarlarında Şekil 3.3.7'ye

göre yağıştaki kadar önemli değişimler olmadığı görülmektedir. Diğer bir deyişle, ilk projeksiyon döneminde buharlaşma-terlemedeki azalmalar yağış kadar yaygın ve onun kadar fazla değildir. Birinci projeksiyon döneminde yağışta en çok azalma görülen yerlerde buharlaşma-terlemede ancak ikinci projeksiyon döneminde artışlar olarak (Orta Anadolu Havzası gibi iç kısımlarda) görülmektedir. Buharlaşma-terlemedeki artıştaki bu gecikme toprak suyunun yağışlardan çok daha sonra azaldığına bağlanabilir (Şekil 3.3.9).



Şekil 3.3.9. MPI-ESM-MR+RegCM Modeli RCP8.5 Senaryosuna göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemlerinin bitki büyüme mevsiminde (Mart-Ekim) beklenen toplam gerçek buharlaşma-terlemenin referans döneminden (1971-2000) olan farkları.

İlk bakışta Türkiye'nin en yüksek arazisi olan ve yılın büyük bir kısmında kış şartlarının hüküm sürdüğü Doğu Anadolu Bölgesinde yağışlar azalırken buharlaşma-terlemenin artıyor olması bir paradoks olarak görülebilir. Kışın yağarak yerde biriken karın Mart-Ekim ayları arasında eriyerek buharlaşması yağışın az olduğu aylarda neden buharlaşmanın fazla olduğunu açıklamaktadır. Burada ilkbahardaki

kar ergime zamanındaki (erken başlaması ve süblimasyonun (uçumun) artması gibi) değişiklikler de önemlidir. Örneğin, Janowicz vd., (2004) kışın hava sıcaklığının artması nedeniyle kar örtüsünün yaklaşık % 21'inin süblimasyon ile olan (buharlaşma işlemi) ile kaybedildiğini göstermektedir. Bu eğilimlerin nihai sonuçları, her yaz bitki için su kaynaklarının daha erken tükenmesi, yaz ortasındaki



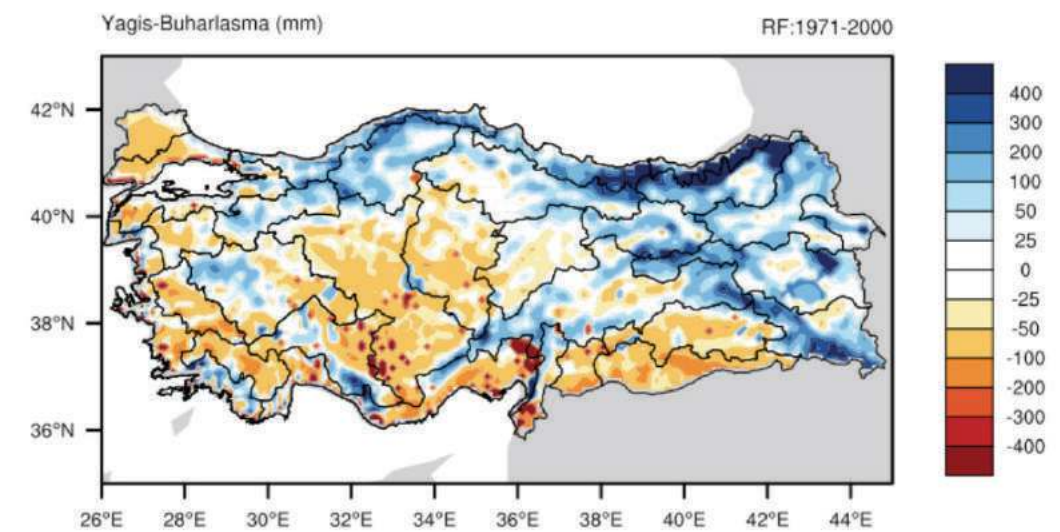
kuraklığın daha da kötüleşmesi ve sonbahar yağmurlarının büyüme mevsimindeki su açığını daha uzun bir sürede yenileyebilmesine neden olabileceği şeklinde özetlenebilir.

Böylece, Torosların zirvesi, Doğu Karadeniz dağları ve Doğu Anadolu Bölgesinde geçmişte donma sıcaklığının sınırladığı buharlaşma-terleme (ortalama hava sıcaklığının 0°C ve daha küçük olan yerlerde gerçek buharlaşma-terleme sıfır olduğu) alanlar, hava sıcaklıkları artıp ergime noktasının üzerine çıktıkça birer aktif buharlaşma-terleme bölgesine dönüşecektir. Ayrıca bu bölgede büyüme mevsiminin uzaması da bu bölgede artan buharlaşma-terleme bitkilerin kurumasına da neden olabilir. Sonuç olarak eskiden haziran ve tem-

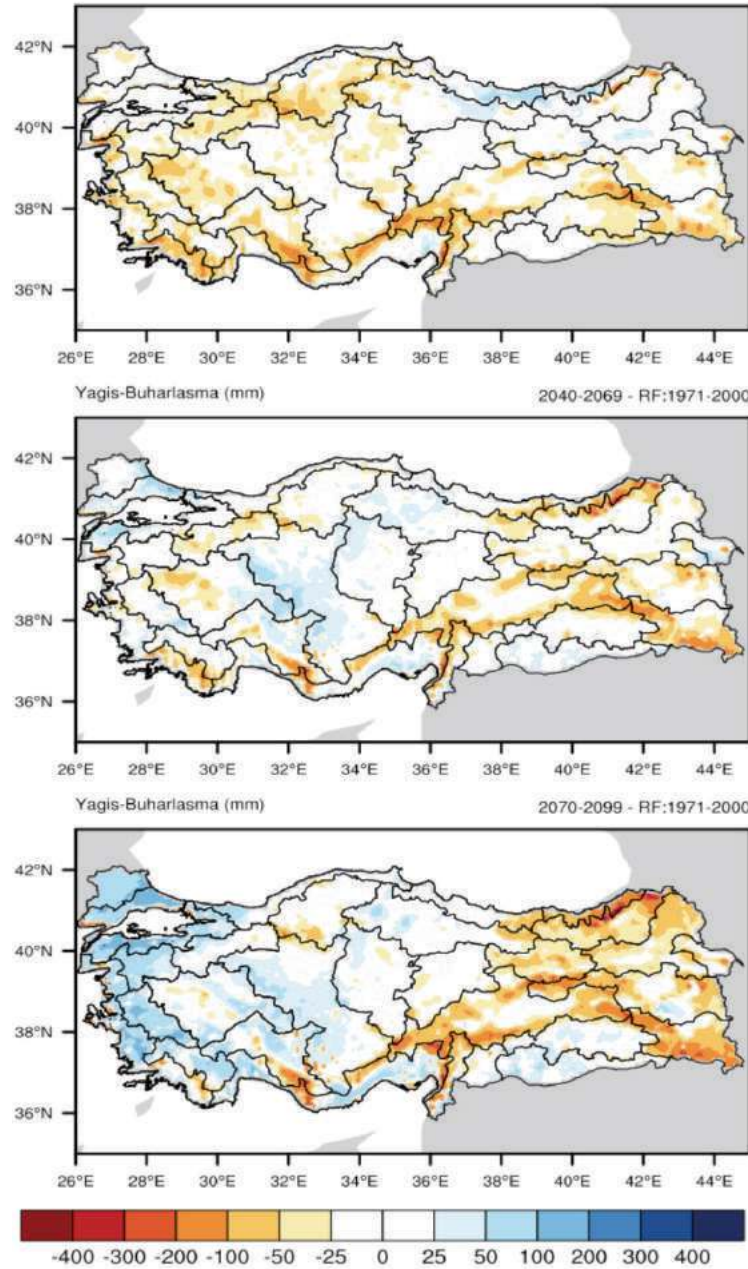
muz aylarında yoğunlaşan büyüme mevsimi artan hava sıcaklıkları ile birlikte ilkbaharın sonu ve sonbaharın başlarına doğru genişleyerek buharlaşma-terlemeyi artırmaktadır.

2040-2069 ve 2070-2099 dönemlerinde Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu'da toplam yıllık gerçek buharlaşma-terleme miktarları artarken, başta Batı Akdeniz olmak üzere Türkiye'nin Batısındaki miktarlarında önemli azalmaların olduğu görülmekte (Şekil 3.3.9).

Bitki büyüme mevsiminde su dengesindeki potansiyel değişiklikleri belirlemek için, yağış ve gerçek buharlaşma-terleme arasındaki farklar Şekil 3.3.10'da verilmiştir.



Şekil 3.3.10. MPI-ESM-MR+RegCM Modeli RCP8.5 Senaryosuna göre 1971-2000 referans dönemi bitki büyüme mevsiminde (Mart-Ekim) beklenen yıllık toplam yağış ile gerçek buharlaşma-terlemenin farkları.



Şekil 3.3.11. MPI-ESM-MR+RegCM Modeli RCP8.5 Senaryosuna göre 2015-2039, 2040-2069 ve 2070-2099 dönemlerinin bitki büyüme mevsiminde (Mart-Ekim) beklenen toplam yağış ile gerçek buharlaşma-terleme farklarının referans döneminden (1971-200) olan farkları.

Şekil 3.3.11'den görüldüğü üzere ilk dönem olan 2015-39 yıllarında Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu'nun bir kısmı hariç bitki büyüme mevsimindeki yağışın miktarı, gerçek buharlaşma-terleme miktarından daha az olacağı ya da önemli ölçüde değişmeyeceği öngörülmekte. İkinci projeksiyon dönemi 2040-69 yıllarından itibaren ise

Türkiye'nin Doğusu ve Batısı arasında belirgin bir farklılık görülmektedir. 2050 yıllarından itibaren Güneydoğu Bölgesi hariç Türkiye'nin Doğusunda yağışlar buharlaşma-terlemeden daha az, Türkiye'nin Batısına özellikle de Ege Bölgesine doğru gidildikçe yağış miktarının buharlaşma-terlemeden daha fazla olacağı öngörülmektedir.

Bunlardan yağıştaki azalmanın ilk dönemler buharlaşma-terlemedeki artıştan daha fazla olacağı, ikinci dönemden itibaren Türkiye'nin doğusunda şiddetlenen hava sıcaklığı artışına bağlı olarak buharlaşma-terleme artarak, yağış miktarından çok daha fazla olabilecektir. Bu yağış azlığında çiftçilerimizin, tarımla hayatını idame ettiren vatandaşlarımızın zararlarını azaltmak için yoğun tedbirlerin alınması gerekecektir.

Türkiye'nin orta ve batı bölgelerinde 2100 yıllarına doğru bitki büyüme mevsiminin denk geldiği yılın sıcak döneminde artan hava sıcaklıklarının konvektif aktiviteyi arttırması ve dolayısıyla konvektif yağışlardaki artış, buharlaşma-terlemeden daha büyük olabilecektir.

Özetle Ege, İç Orta Anadolu, Akdeniz ve Doğu Anadolu'da 2050'den sonra buharlaşmadaki artış yağıştaki azalmadan daha fazla, diğer kısımlarda (özellikle Marmara, Ege, Akdeniz ve Güney Doğu Anadolu'da) ise azalan yağış, hala artan buharlaşmadan biraz daha fazla olabilecektir.

3.4. Toprak Nemi

Yağış rejimindeki değişiklikler ve artan sıcaklıklar tarımda su gereksinimini artırırken, yerüstü ve yeraltı su kaynaklarında da azalmaya neden olmaktadır. Bitki ekimi, gübreleme ve sulamadaki teknolojik gelişmelere rağmen iklim tarımsal üretimde hala en önemli faktördür.

Bu nedenle, Türkiye tarımında en büyük sorun sulamadır. Tarımda sulama ihtiyacının en fazla olduğu bölgemiz Güneydoğu Anadolu Bölgesi iken, bu sorunun en az olduğu bölgemiz Karadeniz Bölgesidir. Akarsularımızın derin vadilerden akması ve rejimlerinin düzensiz olması sulamada yeterince faydalanılamamasına neden olmaktadır. Sulama sorunu çözüldüğünde üretim de artacaktır. Tarımda iklime bağlılık büyük oranda azalır. Üretimde süreklilik sağlanır. Üretim dalgalanmaları önlenir. Tarım ürün çeşidi artar. Köyden kente göçler azalır. Yılda birden fazla ürün alınabilir, vb.

Ülkemizin arazi varlığının yaklaşık %36'sı işlenmekte ve bu ekilebilir arazinin ancak %11'i sulanabilmektedir. Hızlı nüfus artışı ve hızlı

Kaba bir karşılaştırma yapmak gerekirse 2070-99 döneminde referans döneminde yağışın buharlaşma-terlemeden daha fazla olduğu yerler, bu sefer buharlaşma-terlemenin yağıştan daha büyük olduğu yerlere dönüşmektedir. Örneğin 2070 yılından itibaren Doğu Karadeniz, Çoruh, Büyük Ağrı, Yukarı Fırat, Karasu Aras, Fırat, Zap, Doğu Akdeniz, Büyük Ağrı Havzaları tümüyle, Van Gölü ve Kuzey Batı Anadolu'nun kısmen bitki büyüme mevsiminde önemli su eksikliği yaşanacak olan yerler arasına katılabileceği öngörülmektedir. Diğer bölgeler, şu an (referans döneminde) yağışlar buharlaşma-terlemeden daha az iken, giderek azalan kış yağışları ile beraber buharlaşma-terlemenin de önemli ölçüde azalacağı, bununla birlikte sıcak aylardaki konvektif etkinlikler yüzünden yağışta görülecek olan küçük artışlar yüzünden yağışın, buharlaşma-terlemeden küçük bir miktarda da olsa daha fazla olabileceği görülmektedir.

Kuraklık tarımsal ürünler arasında özellikle arpa, buğday, mısır ve bakliyat verimlerini etkilemekte, pazar dengelerinin bozulmasına sebep olmakta ve bunu takiben tarla ve bahçe tarımının azalmasına neden olmaktadır. Ülkemizde kuraklıktan en çok etkilenecek bölgeler İç Anadolu ve Akdeniz bölgeleridir.

tarımsal üretim gerekliliği nedeniyle, üretimde en büyük pay suya aittir. Bununla birlikte Türkiye'de üretimin yüzde 80'i yağışa bağlıdır. Bitkinin suya ihtiyaç hissettiği 3 dönem var. Bunlar: tohumu ektiği, fideli diktirdiği an, bitki büyüme sürecinde ve ürün vereceği (çiçek oluşumu ve meyve tutumu) dönemidir. Transpirasyon (terleme) faktörlerinden bağımsız olarak değerlendirildiğinde bitkinin suya ihtiyaç hissettiği dönemler bitki türü baz alındığında temel olarak ekim sonrası, sapa kalkma (buğday, mısır), çiçeklenme (ayçiçeği, Buğday), tozlaşma (mısırdaki tepeli püsküllü ve koçan püsküllü dönemleri), dane doldurma dönemleri olarak belirtilebilir (KOP-TEYAP, 2016).

Örneğin, yağış ve sulama zeytin ağacı vejetasyon döneminde yaklaşık 750-800 mm'lik suya (yağış ve sulamaya) ihtiyaç duymaktadır. Bu yağışın %24'ü vejetasyon başlangıcı ve gelişme dönemi olan Mart-Nisan aylarında, %6'sı çiçeklenme dönemi olan Mayıs ayında, %50'si meyve büyüme dönemi olan Haziran-Temmuz periyodunda, %20'si ise meyvenin olgunlaşma dönemi olan Ağustos-Eylül aylarında



rında ağaç tarafından kullanılmaktadır. Zeytin ağaçlarında yüksek kaliteli üretim ve iyi dengelenmiş büyüme için gerekli suyu bu dönemlerde yeterli miktarda toprakta bulmalıdır. Özetle, zeytinin yıllık yağış isteği 650-800 mm'dir. Yaz aylarından, mevsim yağışlarına kadar yapılan sulamalar zeytin irileşmesini ve yağ oluşumunun artmasını sağlamaktadır. Ayrıca bu oluşmalar ertesi yıl meyve verecek sürgünlerin gelişimini ve meyve gözlerinin oluşumunu hızlandırmaktadır (KOP-TEYAP, 2016).

Bitkilerin çıkış ve gelişme döneminde ihtiyaç duydukları suyun toprakta bulunamaması, "tarımsal kuraklık" olarak adlandırılmaktadır. Tarımsal kuraklıkta, toprakta bitkinin kök bölgesi içinde yararlanabileceği nem miktarı esas alınır. "Bitkilerin ihtiyacını karşılayacak suyun toprakta bulunmadığı süreler" olarak ifade edilir. Su ihtiyacını etkileyen diğer bir kavram ise, Hidrolojik kuraklıktır. Uzun zaman süregelen yağış noksanlığı neticesinde ortaya çıkan yeryüzü ve yer altı sularındaki azalma ve eksiklikler ise "hidrolojik kuraklık" olarak ifade edilir.

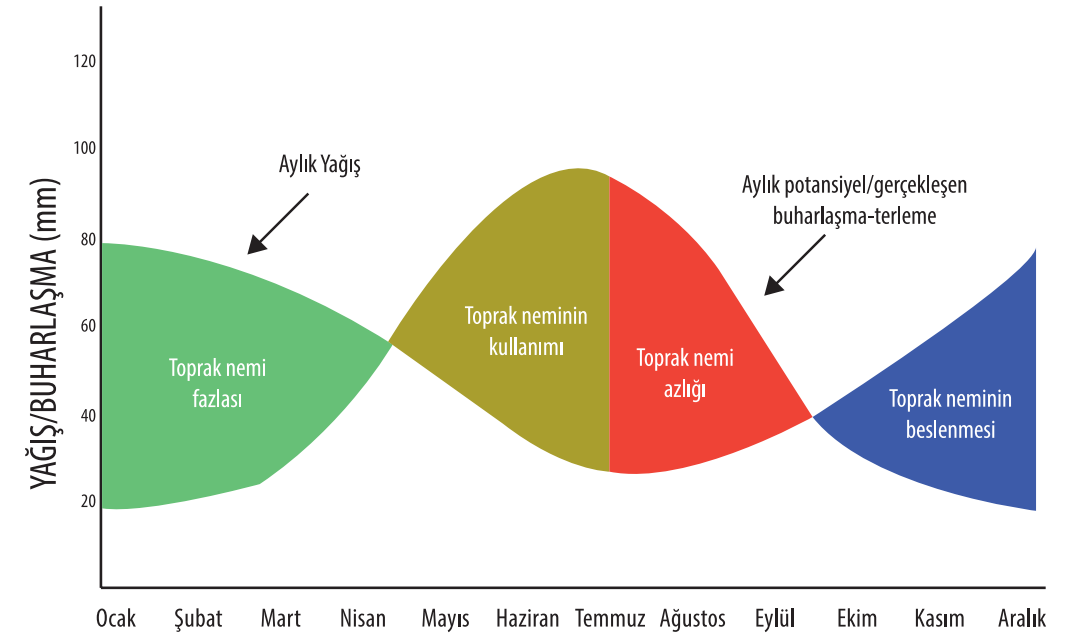
Topraktaki su şu şekillerde eksilebilir:

- 1-Terleme ile kaybedilen su
- 2-Bitki bünyesinde depolanan su
- 3-Terlemeden hariç bitki yüzeyinden doğrudan buharlaşan su,
- 4-Toprak yüzeyinden buharlaşan su.

Bu nedenle, sulama ile ilgili planlamalarda esas olan, topraktan eksilen suyun yağışla karşılanamayan kısmının belirlenerek toprağa tekrar kazandırılmasıdır. Özetle bitkilerin sulama suyu gereksinimini etkileyen faktörler:

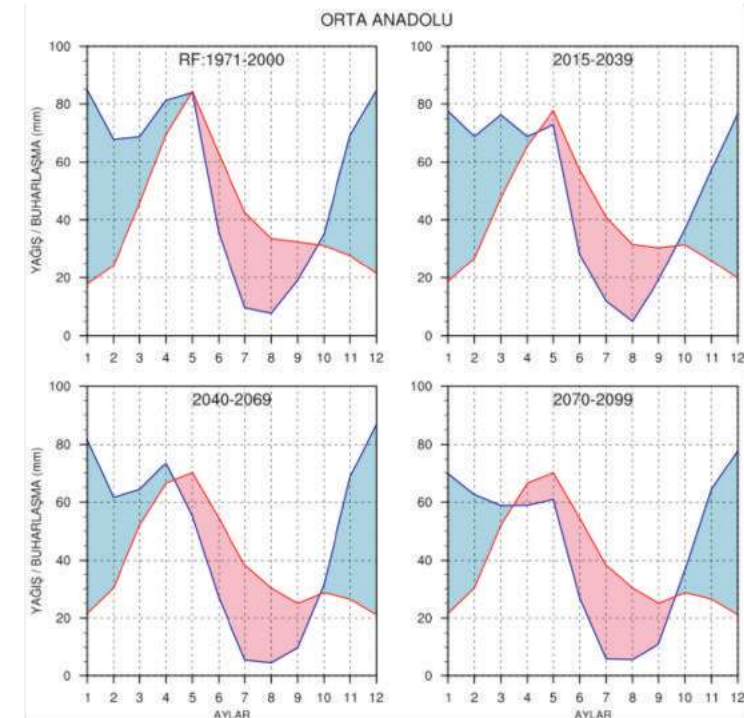
- Topraktan buharlaşma,
- Bitki yapraklarından terlemeyle atılan suyun buharlaşması,
- Toprağın su tutma kapasitesi,
- Toprak ve bitki kök derinliği,
- Yağışlar şeklinde sıralanabilir.

Bunlar aşağıdaki Şekil 3.4.1 ile şematik olarak özetlenmiştir.



Şekil 3.4.1. Ortalama aylık toplam yağış ve potansiyel buharlaşma-terlemeye göre yıl içinde aylara göre değişen ortalama toprak nem bütçesinin önemli aşamaları.

Örnek olarak Şekil 3.4.2'e göre Orta Anadolu Tarım Havzası kontrol model çalışması olarak mevcut durumu gösteren 1971-2000'e göre Ocak ayında havzaya düşen ortalama yağışta 2015 yılından itibaren düşüşler beklenmektedir. Böylece Toprak nemi fazlası olan dönemin bitip toprak neminin kullanılmaya başladığı dönem 4 ila 5 ayın arasında bir yerden 2070-99 döneminde bir buçuk ay öne çekilmektedir. Böylece bitkilerin toprak nemini kullanması gereken süre 2.5 aydan 4 aya çıkmaktadır.



Şekil 3.4.2. Havza ortalaması alınmış Orta Anadolu Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-2039, 2040-2069 ve 2070-2099 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



Aylık yağış toplamaları ve buharlaşma-terlemenin birbirine görece durumları daha ayrıntılı olarak şu şekilde açıklanabilir:

A- Toprak Nemi Fazlası: Bu aşamada yağış, potansiyel buharlaşma-terlemeden daha büyük. Toprağın nem içeriği en yüksek noktaya erişmiş ve suyun yüzeysel akışı, yer altı suyunu beslemesi ve bitkilerin kullanması için su fazlası var.

Orta Anadolu tarım havzasında kontrol model çalıştırması olarak mevcut durumu gösteren RF: 1971-2000'e göre, iklim projeksiyonlarında kış aylarındaki yağışların büyük miktarda azalması ve sıcaklıkların artışına bağlı olarak potansiyel buharlaşma-terlemede küçük artışlar toprak nemi fazlası olan dönemin 4.5'uncu aydan

3. aya kadar gerilemesini sağlamaktadır. Toprak nemi fazlası olan dönemin uzunluğu ve yağış miktarındaki bu önemli azalma yer altı suyunun beslenmesini önemli ölçüde azaltacaktır.

B- Toprak Neminin Kullanımı: Bu aşamada ise potansiyel buharlaşma-terleme, yağıştan daha büyük. Toprağın nem içeriği, bitkiler tarafından tüketiliyor ya da buharlaşmayla kaybediliyor. Toprak neminin kullanılmaya başladığı zaman mevcut durumda 4. ila 5. ayın arasında başlayıp 5. ayda toprak nemi tükenirken; iklim değişikliği projeksiyonlarına göre toprak neminin tümüyle tükendiği ve sulama ihtiyacının başlayacağı zaman 5. ay olarak değişmezken toprak neminin kullanılmaya başlaması daha erken bir zamana kaymakta ve hatta 3. Ayın başlarında başlamaktadır.

C- Toprak Neminin Tükenmesi: Bu aşamada toprağın nem içeriği tükendi. Her yağış büyük ihtimalle toprak tarafından soğrulacağı için yüzeyde su akışa geçemeyecektir. Akarsu seviyeleri düşecek ya da tümüyle kuruyacak. Toprak nem içeriğinin tükenmesini gösteren ay, mevcut durum ile iklim projeksiyonlarında değişiklik göstermemektedir.

D- Toprak Nemi Azlığı: Bu aşamada potansiyel buharlaşma-terleme, yağıştan daha büyük ve toprağın nem içeriği tüketilmiş olduğu için toprak nemi açığı vardır. Bitkilerin hayatta kalabilmesi için kendini bu şartlara uyarlayabilmesi ve mutlaka sulanması lazım. Diğer bir deyişle bitkilerin hayatta kalması için kuraklığa uyum göstermesi ve sulamaya ihtiyaç gösterdiği süre değişmemektedir.

E- Toprak Neminin Beslenmesi: Bu aşamada yağış, potansiyel buharlaşma-terlemeden daha büyük. Toprak suyla beslenmeye ve nem içeriği tekrar artmaya başladı. Toprak neminin beslenmeye başladığı zaman 10. aya tekabül ederken iklim değişikliği projeksiyonlarına göre 2100 yılında yaklaşık 15 gün öne çekilmektedir.

F- Toprağın Neme Doyması: Bu aşamada toprak suya doydu. Tarla kapasitesine ulaşılmıştır. Bundan sonraki yağışlar, yer altına sızarak yer altı suyunu tekrar besleyecektir. Sulama suyu mayıs ayında başlamakta ve tipik olarak temmuz ayında en yüksek düzeye ulaşmaktadır.

EK IV'deki benzer şekiller incelendiğinde yağışın, potansiyel ya da gerçek buharlaşma-terlemeden daha büyük olduğu, yani toprak

neminin fazla olduğu dönemler en fazla Kıyı Ege (Şekil IV.8), Kıyı Akdeniz (Şekil IV.17), Göller (Şekil IV.12), Gediz (Şekil IV.11), GAP (Şekil IV.10), Doğu Akdeniz (Şekil IV. 5) ve Ege Yayla (Şekil IV.7) tarım havzaları gibi daha çok ısınan ve kuruyan Batı ve Güney kıyılarımız ile birlikte GAP bölgesinde gerçekleşmektedir. Toprağın nem içeriği en yüksek noktaya erişmiş ve suyun yüzeysel akışı, yer altı suyunu beslemesi ve bitkilerin kullanılması için su fazlası vardır.

Benzer şekilde örneğin Batı GAP tarım havzasında mevcut durumu gösteren referans dönemi 1971-2000'e göre, iklim projeksiyonlarında kış aylarındaki yağışların büyük miktarda azalması ve potansiyel/gerçek buharlaşma-terlemede görülen küçük bir artış nedeniyle toprak nemi fazlası olan dönem 4.5'uncu aydan 3. aya kadar önemli ölçüde küçülmüştür (Şekil IV.1). Diğer bir deyişle sulama suyu artık 5. ay mayısta değil 3. ay mart yılında başlayacak ve tipik olarak yine temmuz ayında en yüksek düzeyine ulaşacaktır. Toprak nemi fazlası olan dönemin uzunluğu ve yağış miktarındaki bu önemli azalma yer altı suyunun beslenmesini de önemli ölçüde azaltacaktır.

Diğer bir deyişle, toprak neminin kullanılmaya başladığı zaman mevcut durumda 4. ila 5. ayın arasında başlayıp 5. ayda toprak nemi tükenirken; iklim değişikliği projeksiyonlarına göre toprak neminin tümüyle tükendiği ve sulama ihtiyacının başlayacağı zaman 5. ay olarak değişmezken toprak neminin kullanılmaya başlayacağı zaman 3. aya kadar daha erken bir zamanda başlamak ve toprak nemi daha önce tükenektir. Diğer bir deyişle, bitkilerin hayatta kalması için sulamaya ihtiyaç gösterdiği süre artmaktadır. Ayrıca bitkilerin kuraklığa uyum göstermesi gerekecektir.

Toprak neminin beslenmeye başladığı sonbahar ayları ile toprak nemindeki azlığın sona erdiği dönemde Yeşil Irmak (Şekil IV.26) ve Çoruh (Şekil IV.4) gibi bazı havzalarda küçük de (15-20 gün civarı) olsa kışa doğru bir kayma görülmektedir. Orta Anadolu (Şekil IV.30), Kıyı Akdeniz (Şekil IV.17) ve GAP gibi bazı havzalarda ise bu dönem yine aynı miktarlarda yazı doğru öne gelmektedir. Diğer bir deyişle, toprak neminin beslenmeye başladığı zaman 10. aya tekabül ederken iklim değişikliği projeksiyonlarına göre 2100 yılında yaklaşık 15 gün öne çekilmektedir.

Bitki gelişimi için sıcaklık ve yağış yanında, toprağın nemi, nem depolama kapasitesi ve toprak verimliliği önemlidir (ÇŞB, 2012). Toprak nemindeki kayıplar sıcaklıktaki artışla ortaya çıkmaktadır ve herhangi bir sıcaklık artışında topraktaki su seviyesini sabit tutmak için sulama yapılmakta, ancak sıcaklık nedeniyle buharlaşma ve terlemenin fazla olması bu dengeleme işlemini zorlaştırmaktadır.

Küresel iklim değişikliğinin neden olduğu sıcaklıktaki artışın buharlaşmayı artırmakta bu da sulama suyu hacminin düşmesine neden olabilmektedir. Ayrıca sıcaklık rejimindeki değişiklikler kar yağışın zamanını ve süresini etkileyebilmekte böylece yaz döneminde ihtiyaç duyulan su miktarının azalmasına neden olabilmektedir. Yeraltı suları da beslenememektedir. Yerleşim yerlerinde veya bazı sanayi kollarında kullanılan tarım dışı su talebi de sıcaklık ile birlikte artabilmektedir.

EK V'deki benzer şekiller incelendiğinde özellikle Ege ve Akdeniz Bölgelerimizde kış yağışlarına önemli azalmalar öngörülmektedir. Diğer bir deyişle, bu bölgelerde kış kuraklığı yaygın kuraklık biçimi olacak, kar örtüsüz kışlar veya düşük kar yağışlı kışlar yaygınlık kazanacaktır. Bu durum kışları yağışlı geçen Bölgenin karakteristik Akdeniz iklim özelliğinden ne denli uzaklaştığının en önemli göstergesidir. Yine bu süreçte yaz mevsimi genişleyecek, erken ilkbahar ve sonbaharı da içine alan ilkbahar ve sonbahar kuraklıkları da artacaktır.

Böylece ziraatçılara göre ürünlerin zamanında ekim ve uygun bir çıkış gerçekleştirilmesine rağmen devam eden kuraklık kardeşlenme dönemi, sapa kalkma dönemi ve başaklanma öncesini içine almış, kardeş sayısı azalmış, hücre bölünme ve büyümesi azaldığından bitki boyu kısa kalmış, potansiyel başakçık ve çiçek sayılarının azalmış olmasına neden olacaktır. Sonbaharda yağışların beklenmesi suretiyle ekimin geciktirilmesi sıkça karşılaşılan bir durumdur. Bu durum yağışlar geciktiğinde toprağın tava gelmesi beklenerek ekimin gecikmesine bitkilerin sonbaharda cılız gelişmesine, kış ve soğuk zararından daha fazla etkilenmesi ve kuraklık zararının daha belirgin olmasına neden olmaktadır. Bu nedenlerle yağışların beklenilmeden 1-30 Ekim arasında ekimin yapılması, kış ve soğuk zararından ve kuraklıktan daha az etkilenmesi amacıyla tavsiye edilmektedir.

3.5. Hidro-meteorolojik Aşırı Olaylar

Afetler söz konusu olduğunda “aşırı”, “şiddetli” ya da “uç” hava olaylarındaki değişim; sıcaklık, yağış, vb. gibi iklim parametrelerinin ortalama değerlerindeki değişimlerden çok daha önemlidir. Bu nedenle, afet yönetiminde ortalama değerlerdeki eğilimlerden (trendlerden) daha çok aşırı hava olaylarındaki değişimlere bakılır. SREX raporunda “aşırı bir hava olayı”, “belirli bir yerde ve yılın belirli bir zamanında nadiren görülen bir olay” olarak tanımlanmıştır. Yine SREX raporunda “nadir olay” ise “en düşük ya da en yüksek ilk %10 arasında görülen olaylar” olarak tarif edilir (IPCC, 2012).

Bu raporda yer alan “aşırı” ya da “uç” hava ya da iklim olayı aşağıdaki şekilde anlaşılmaktadır:

- Etkisi yüksek olan (ama gerçekten çok aşırı yani katastrofik bir olay değil);
- %10 gibi nispeten düşük bir eşik değerinin üzerinde olan;
- Uzun bir geri dönüş süresi olan;
- Görülmemiş (mevcut kayıtlarda bulunmayan);

olaylar.

Aşırı hava olaylarının mekânsal ve zamansal ölçeklerinde de büyük farklılıklar bulunmaktadır. Bu olaylar örneğin; şiddetli, küçük ölçekli, fakat kısa süreli ve gelip geçici bir olay (hortum, vb. gibi) olabilir, ya da sinsi, geniş çaplı, uzun süreli kalıcı olaylar (kuraklık, vb. gibi) olabilir.

Son yıllarda artan aşırı hava olaylarının can, mal, çevre, tabi ve doğal kaynaklar, iş ve hizmet sürekliliği için oluşturduğu risklerin önümüzdeki yıllarda çok daha fazla olabileceği konusunda büyük endişeler duyulmaktadır. Bu nedenle IPCC, 2012 yılında kısa adı SREX olan “İklim Değişikliğine Uyarlamayı Geliştirmek için Aşırı Olayların Riskini ve Afetleri Yönetmek” adlı özel bir rapor yayınlamıştır (IPCC, 2012). Bu raporda aşırı hava olayları üzerine yapılan çalışmalar genellikle 1950 yılından başlayan zaman serileri ve afet kayıtlarına dayalı olarak yapılmakta ve özellikle aşırı hava olaylarında 1979 yılından sonra görülen değişiklikler üzerinde durulmaktadır. Örneğin, şiddetli yağış olaylarının pek çok bölgede sellere yol açarak arttığı, tropikal fırtınaların da (neden oldukları can ve mal kayıplarında yıldan yıla farklılık göstermekle birlikte) 1970’lerden bu yana önemli artışlar olduğuna dair bulguların varlığına işaret edilmektedir. Özetle SREX raporunda, dünyanın pek çok yerinde 1950 yılından bu yana toplanan kayıtlara göre, aşırı hava olaylarının istatistiksel anlamda önemli miktarda arttığına dair somut

kanıtlar sunulmaktadır. Son 30 yılda küresel ölçekte şiddetli hava olaylarının neden olduğu sigorta ödemeleri de 20 kat artmıştır. Diğer bir deyişle, şiddetli hava olaylarının neden olduğu kayıpların beklenenden de hızlı büyüdüğü ortaya konulmuştur.

IPCC AR4’e göre 21. yüzyılda Türkiye dahil olmak üzere Güney Avrupa’da daha sık, şiddetli ve uzun süreli kuraklıklar, sıcak hava dalgaları ve orman yangınlarının görülmesi beklenmektedir. Ayrıca, kısa süreli fakat şiddetli sağanak yağış görülen günlerin sayısındaki artış ile beraber, ani oluşan sellerde de önemli artışların olması öngörülmektedir. Böylece iklim değişikliği tarım ve su kaynakları üzerinde olumsuz etkilere yol açabilecek ve hidro-meteorolojik afetlere bağlı can ve mal kayıplarını da artırabilecektir.

Yine IPCC AR4’ün ortaya koyduğu gibi Akdeniz Bölgesi’nin güney kuşağında yer alan Türkiye, tahmini iklim değişikliği etkilerine karşı oldukça savunmasız durumdadır. AÇA’na (2004) göre bölgede şiddetli hava olaylarının artması beklenmektedir. Ayrıca, Türkiye dahil olmak üzere Güney Avrupa’daki yağışların azalmasının tarım ve su kaynakları üzerinde önemli etkilere yola açarak daha sık yaşanacak kuraklıklar gibi ciddi etkileri olabileceği belirtilmektedir. Özellikle, 2080 yılı itibarıyla, kuraklık ve şiddetli yağışların daha sık görülmesi beklenmektedir. Rapora göre ayrıca, sıcak hava dalgalarının 21. yüzyılda daha sık ve daha yoğun bir şekilde ortaya çıkması ve bu sebeple sıcağa bağlı ölümlerin artması beklenmektedir. Diğer yandan, kış süresinin kısalması kış aylarında yaşanan aşırı ölümlerin sayısını azaltabilecektir. Bununla beraber iklim değişikliğinin en yüksek ölüm riski taşıyan seller başta olmak üzere Türkiye’deki aşırı hava olaylarının sıklığı, şiddeti ve etkilere sürelerinin artırması beklenmektedir.

İklim değişikliğine bağlı hidro-meteorolojik riskler diğer doğal afetlerin neden olduğu risklere kıyasla daha büyük olarak değerlendirilmektedir. Örneğin Dünya’da son 50 yılda görülen her 10 doğal afetten dokuzu da şiddetli hava ve iklim olaylarından kaynaklanmaktadır (IPCC, 2012). Böylece son yıllarda aşırı hava olayları, iklim değişikliği ve afetler arasındaki ilişki çok iyi anlaşılmıştır. Şekil 3.5.1’den de görüldüğü gibi iklim değişikliği aşırı hava olaylarına, aşırı hava olayları da sosyo-ekonomik şartların uygun olduğu yerlerde afetlere neden olmaktadır. Bu nedenle, iklim değişikliğine uyarlama çalışmaları aynı zamanda afet risklerini azaltmaya; afet risklerini azaltma çalışmaları da aynı zamanda iklim değişikliğine uyarlama katkıda bulunabilmektedir. Bütün bu nedenlerden dolayı da iklim değişikliğine uyarlama ile afet risklerini azaltma çalışmalarının birlikte düşünülmesi gerekmektedir.

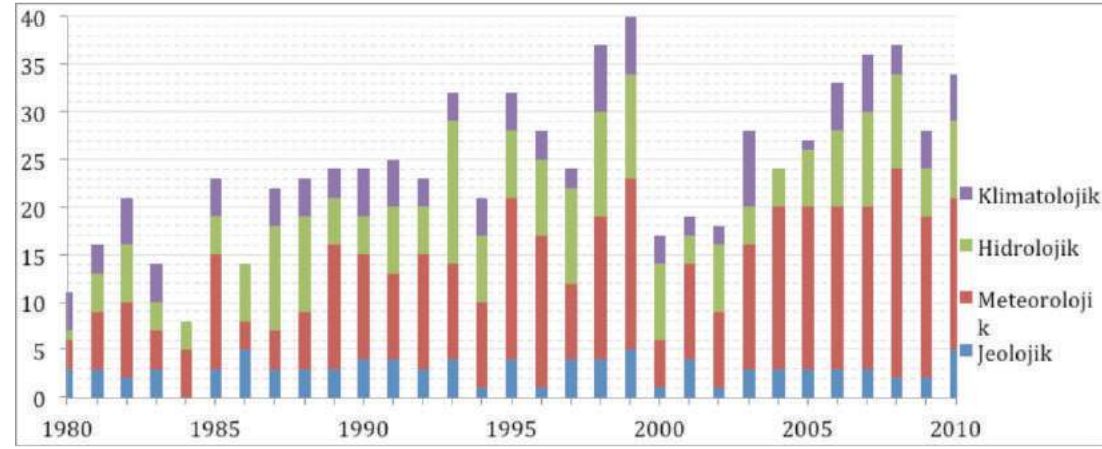


Şekil 3.5.1. Küresel iklim değişikliği, afetler ile birlikte iklim değişikliğine uyarlama ve afet risklerini azaltma/önleme çalışmaları arasındaki ilişkilerin şematik gösterimi (ÇŞB, 2016).

Günümüzde sanayileşme, çarpık yapılaşma, doğanın tahrip edilmesi gibi insan aktiviteleri hidro-meteorolojik afetlerin etkilerini artırmasına veya yenilerinin ortaya çıkmasına da neden olabilmektedir. Diğer bir deyişle, jeolojik ya da jeofiziksel afetlerin oluşum sayısında gerçekte önemli bir değişiklik olmazken küresel iklim değişikliği ile ilişkili olarak meteorolojik, iklimsel ve hidrolojik afetlerin oluşum sayılarında önemli artışlar olmuştur. Böylece küresel iklim değişimi nedeniyle son yıllarda “katastrofik” olarak adlandırılan büyük ölçekli doğa kaynaklı afetlerden hidro-meteorolojik karakterli olanların sayısında 1980 yılından beri sürekli ve çok önemli artışlar görülmektedir (Şekil 3.5.2).

Sigorta şirketlerinin istatistikleri de, 1980-2008 yılları arasındaki meteorolojik, klimatolojik ve hidrolojik kaynaklı hidro-meteorolojik doğa kaynaklı afetlerin sıklık ve etkilerinin 1980’lerden sonra hızla arttığını göstermektedir (MR, 2010). Afet Kaynaklı Salgın Hastalıkları Araştırma Merkezi’nin (Centre for Research on the Epidemio-

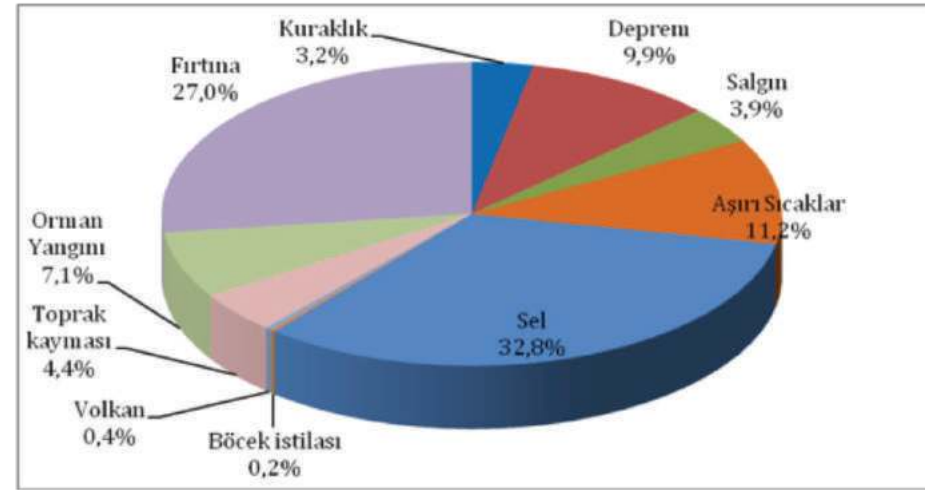
logy of Disasters, CRED) istatistiklerine göre de, 1988’den 2007’ye kadarki dönemde meteorolojik kökenli afetler ile hidrolojik kökenli afetlerin artış oranları birbiriyle uyumludur (Şekil 3.5.2). Sel ve (s-lak) kütle hareketleri, meteorolojik olaylarla bağlantılı olarak geliştiği için, birçok şiddetli hava olayı beraberinde hidrolojik kökenli afeti de getirir. Uç değerli sıcaklıklar (sıcak hava dalgaları) yüzünden, kuraklık ve orman yangınları gibi klimatolojik kökenli afetlerin sayısında 1990’ların ortasından başlayarak bir artış gözlenmektedir. Her yılın bir önceki yıldan daha kurak olma olasılığının artması ve buna bağlı olarak 1990’lardan başlayarak küresel sıcaklıklardaki artış yüksek basınç merkezlerine bağlı olarak kış aylarındaki dondurucu soğuklar ile yaz aylarındaki aşırı yüksek hava sıcaklıkları canlı yaşamı için önemli tehditler oluşturmaktadır (Munich Re, 2011). Ayrıca, kurak ve sıcak geçen yaz aylarındaki sıcak hava dalgaları, orman yangınlarını tetikleyerek büyük kayıplara yol açmaktadır (Miles, 2010).



Şekil 3.5.2. 1980-2010 yılları arasında Dünya'da görülen afetlerin türleri ve oluşum sayılarının zamansal değişimleri (EM-DAT, 2011).

Dünya ölçeğinde 1991–2000 yılları arasında yaşanan doğal afetlerde hayatını kaybeden insanların ölüm nedenlerinin %90'ı da kuvvetli meteorolojik ve hidrolojik olaylardan kaynaklanmaktadır

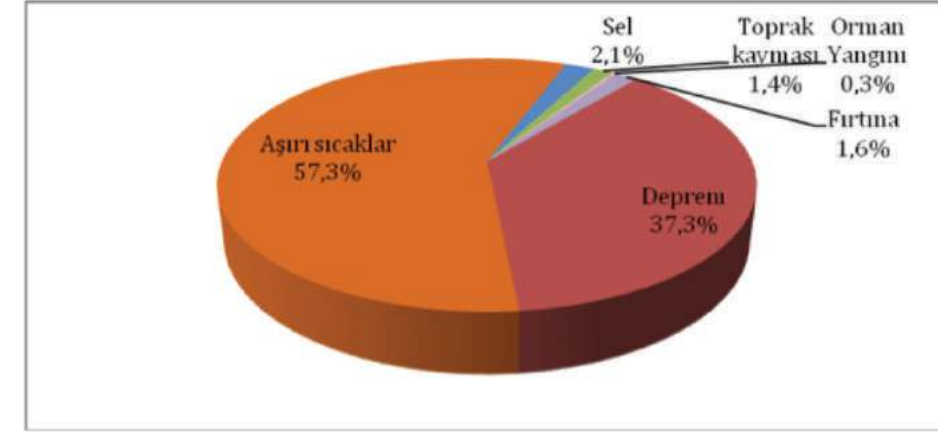
(Ceylan, 2005). Avrupa'da 1980-2007 yılları arasında görülen doğal afetlerin oluşum sayısı bakımından % 90'ını hidro-meteorolojik afetler oluşturmaktadır (Şekil 3.5.3).



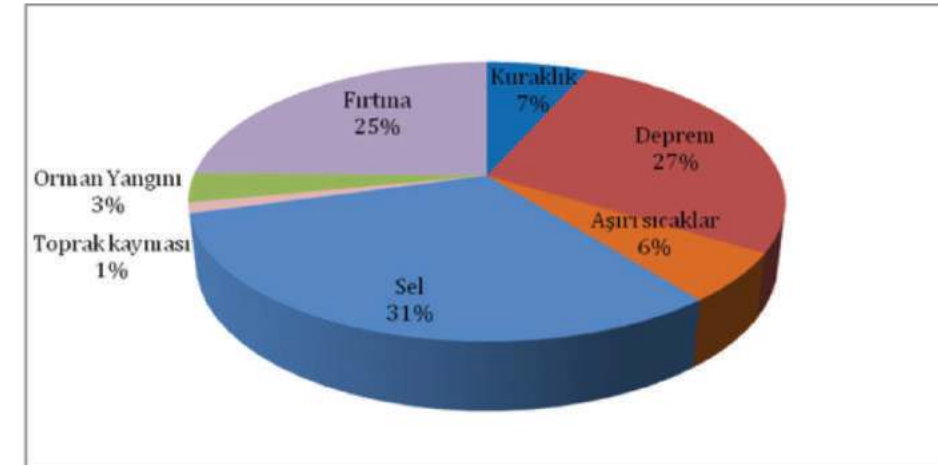
Şekil 3.5.3. 1980-2007 yılları arasında Avrupa'da görülen afetlerin oluşum sayılarına göre yüzde dağılımları (EM-DAT, 2012).

Avrupa'da 1980-2007 yılları arasında görülen doğal afetlerin neden olduğu can kayıplarının %63'üne de hidro-meteorolojik afetler neden olmuştur (Şekil 3.5.4). 1980-2007 yılları arasında Avru-

pa'da görülen doğal afetlerin neden olduğu ekonomik kayıplarının %73'ünden ise hidro-meteorolojik afetler sorumludur (Şekil 3.5.5).



Şekil 3.5.4. 1980-2007 yılları arasında Avrupa'da görülen afetlerin neden olduğu can kayıplarının dağılım oranları (EM-DAT, 2012).



Şekil 3.5.5. 1980-2007 yılları arasında Avrupa'da görülen afetlerin neden olduğu ekonomik kayıpların dağılım oranları (EM-DAT, 2012).

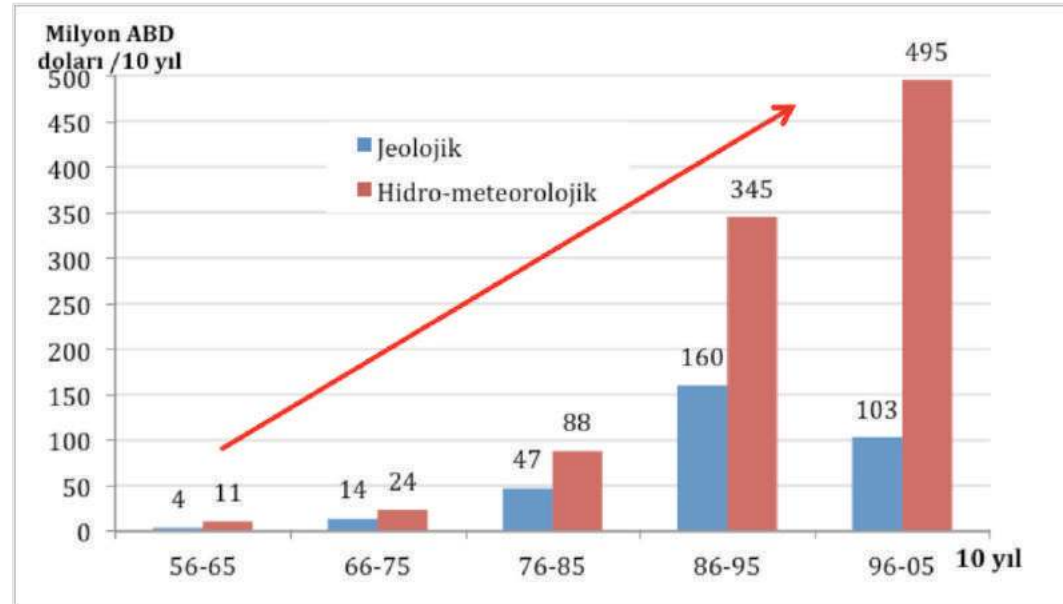
2003 yılı yaz mevsiminde Avrupa'nın yaşadığı sıcak hava dalgaları, 2005 yılında ABD'deki Katrina Tayfunu, 2010 yılında Pakistan'da yaşanan seller son dönemlerdeki büyük hidro-meteorolojik afetlerin sadece birkaçıdır. Ayrıca 2010 yılında Rusya Federasyonu olağan dışı bir sıcak hava dalgası yaşamıştır. Afrika'nın bazı bölgeleri ciddi kuraklıklara ya da sellere maruz kalmış, Avustralya, birkaç Latin Amerika ülkesi, Çin ve Pakistan çok şiddetli sellerle mücadele etmiştir. Seller, ayrıca öldürücü heyelanlara ve çamur kaymalarına yol açmıştır. 2011 yılında ise Avustralya, Kolombiya, Endonezya, Japonya, Sri-Lanka, ABD ve Pakistan'da görülen seller, tüm ülkelerin büyük fırtınalar ve sel olaylarının zararlarına maruz kalabileceğine işaret etmektedir. En son Guatemala, El Salvador, Nikaragua, Kosta Rika ve Honduras'ı etkileyen Orta Amerika'daki ve Tayland'daki seller nedeniyle 2011 yılı sel bakımından 2010 yılını da geride bırakmıştır (EM-DAT, 2012).

Nüfus artışları, kentsel kalkınma ve kıyı alanlarındaki çevre bozulmaları, iklim değişikliğinin etkileriyle birleştiğinde hidro-meteorolojik afet riskini daha da artırmaktadır. Örneğin, 2010 yılında, dünya genelinde, meydana gelen 385 afetin sonucunda 297.000'den fazla insan hayatını kaybetmiş, 217 milyondan fazla insan bu afetlerin olumsuz etkilerine maruz kalmış ve 123,9 milyar ABD Doları ekonomik kayıp gözlenmiştir (UK Met Office; 2011). Son 10 yılda afetlerden etkilenen insan sayısı 198,7 milyondan (2001 yılında), 217,3 milyona (2010 yılında) yükselmiştir. 2010 yılında meydana gelen ekonomik kayıp ise 10 yıllık dönem ortalaması olan 98,9 milyar dolardan %25,3 oranında daha fazladır. Benzer şekilde doğal afetlerin neden olduğu ekonomik kayıplar, 1960–2008 döneminde tam 17 kat artmıştır (Erkan, 2010).



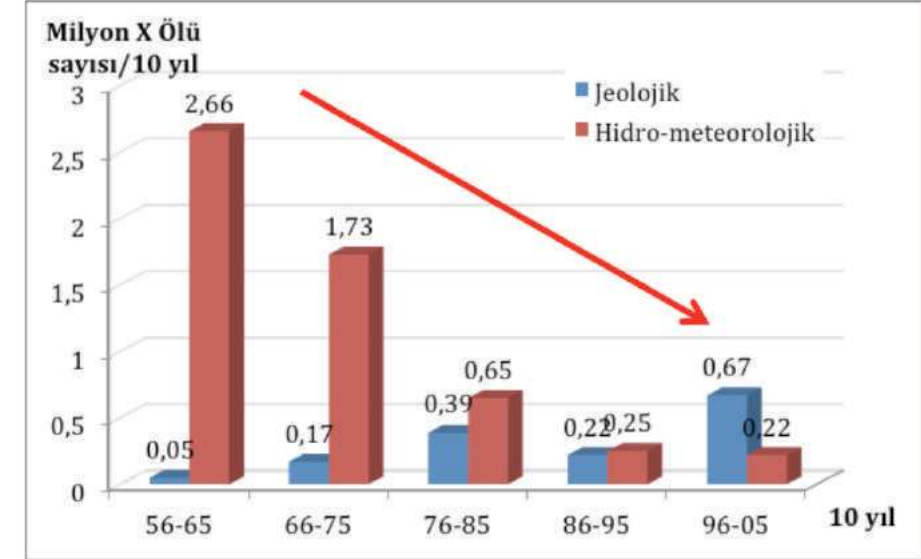
Avrupa Çevre Ajansı'na (AÇA, 2004) göre hava ve iklim koşullarıyla ilgili olaylarda ortaya çıkan ekonomik kayıplar, son 20 yılda yıllık ortalama 5 milyar ABD dolarından daha az bir miktardan, yaklaşık 11 milyar ABD dolarına olmak üzere önemli ölçüde artış göstermiştir. Bu dönemde görülen en büyük beş ekonomik kaybın dördü 1997 yılından sonra ortaya çıkmıştır. Avrupa'da hava ve iklim koşullarından kaynaklanan ve afete neden olan olayların yıllık ortalaması, 1990'lı yıllarda bir önceki on yıllara karşılaştırıldığında ikiye katlanmış, bunun yanında depremler gibi iklime bağlı olmayan afetlerin sayısı ise büyük ölçüde aynı kalmıştır.

Hidro-meteorolojik karakterli afetleri diğer afetlerden ayıran en önemli özellik, bunların yapılacak izleme veya ölçümlerle önceden tespit edilerek önlenmesi veya erken uyarılarla can kayıplarının en aza indirilebilmesidir. Diğer bir deyişle hidro-meteorolojik afetlerin "Önceden Tahmin Edilerek Erken Uyarılarının Yapılabilmesi", deprem gibi diğer afetlerden onları farklı kılan tek ve en önemli özelliktir. Bu özellikten yararlanarak, afet yönetim programlarının bir parçası olan meteorolojik tahmin ve erken uyarı ile son yıllarda can kayıplarında önemli düşüşler sağlanmıştır (Şekil 3.5.6).



Şekil 3.5.6. 1956-2005 yılları arasında Dünya'da görülen jeolojik ve hidro-meteorolojik afetlerin neden olduğu can kayıplarının değişimi ve karşılaştırması (EM-DAT, 2012).

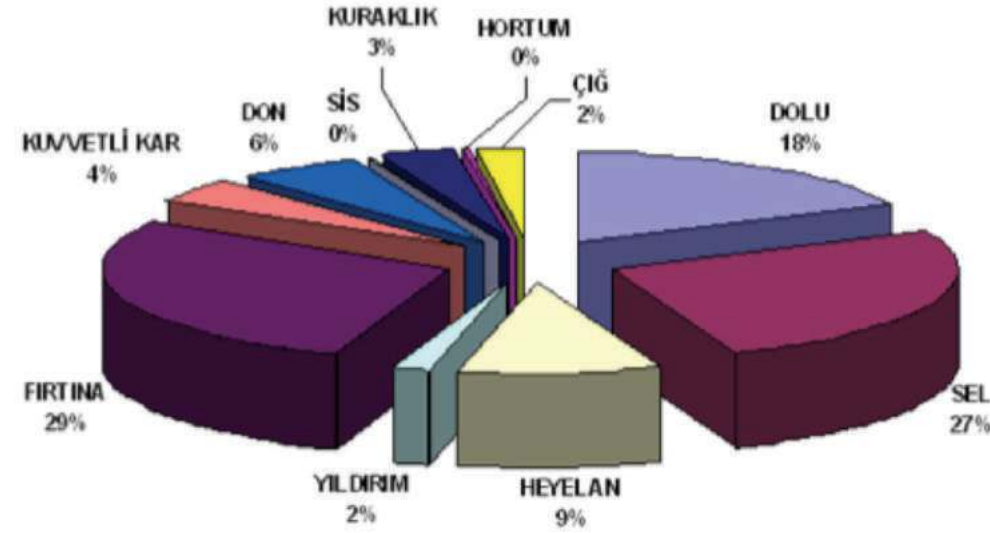
Ekonomik kayıpların oranı, son yıllarda kuvvetlenen küresel iklim değişikliğiyle de birlikte hızla artmaktadır. Diğer bir deyişle, hidro-meteorolojik tahmin ve erken uyarılarındaki gelişmeler ile ekonomik kayıplar istenildiği ölçüde azaltılamamıştır (Şekil 3.5.7).



Şekil 3.5.7. 1956-2005 yılları arasında Dünya'da görülen jeolojik ve hidro-meteorolojik afetlerin neden olduğu ekonomik kayıpların değişimi ve karşılaştırması (EM-DAT, 2012).

Küresel iklim değişimi ile ormansızlaşma, çölleşme, kuraklık, seller, deniz su seviyesinin yükselmesi, vb. afetlerin sıklaşması ve şiddetlenmesi nedeniyle insanlar geçim kaynaklarını kaybederek evini ve arazisini terk etmek zorunda kalmaktadır. Diğer bir deyişle iklim değişimi savaşlardan daha fazla insan göçüne neden olmaya başlamıştır. Bugüne kadar iklim değişikliğinin direk etkisinden dolayı Dünya'da 26 milyon insan, "küresel iklim göçmeni", "iklim göçmeni" veya "çevre göçmeni" şeklinde adlandırılan "göçmen" olmuştur. Bu tür göçmenlerin sayısının 2050 yılına kadar Dünyada 150 milyonu bulması beklenmektedir. Dünyadaki bu artışa paralel olarak Türkiye'deki iltica başvuruları da 2006 ve 2008 yılları arasında büyük artış göstermiştir. Örneğin, 2006'da 4.550 kişi iltica talep ederken, bu sayı 2007'de 7.650, 2008'de %70 oranında bir artış ile 12.980'e çıkmıştır. Böylece Türkiye, Avrupa'da en çok sayıda düzensiz göçmen alan üçüncü ülke haline gelmiştir (BMMYK, 2008).

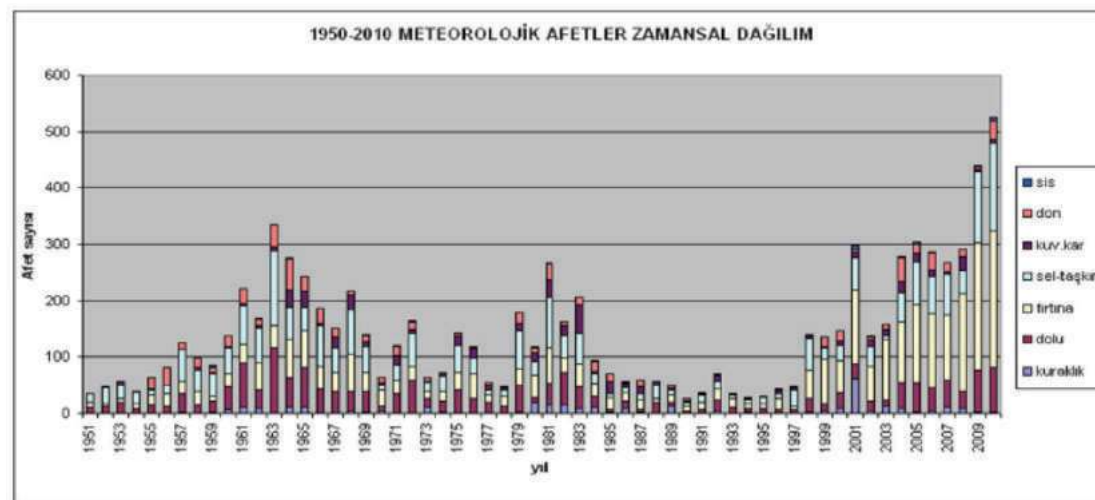
Tüm dünyada olduğu gibi, büyük bir coğrafya ve farklı iklim bölgelerine sahip Türkiye'de de, başta kuraklık ve seller olmak üzere meteorolojik ve hidrolojik afetler oldukça sık meydana gelmekte ve ciddi can ve mal kayıplarına yol açmaktadır. 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 tarihlerinde 7,4 ve 7,2 büyüklüklerinde gerçekleşen büyük depremler dışında fırtına, sel, kuraklık gibi meteorolojik afetler çeşitli bölgelerde en sık görülen afetlerdir (Şekil 3.5.8). Şekil 3.5.8'dan görüldüğü gibi ülkemizde de en sık görülen hidro-meteorolojik afetlerde sayılar dikkate alındığında fırtınalar ve sellerin baskın olduğu görülür.



Şekil 3.5.8. Türkiye’de hidro-meteorolojik afetlerin oluşum yüzdeleri (1940-2010).

Türkiye’de bildirilen aşırı hava olayları sayılarının yıllara göre değişimlerine bakıldığında son yıllardaki artış dikkati çekmektedir (Şekil 3.5.9). Farklı afet türlerine göre afet oluşum sayıları da Şekil 3.5.9’da gösterilmektedir. 1940 yılından bu yana en fazla uç değerli olay bildirimi 2010 yılında (555 olay) gerçekleşmiştir. 2010 yılında neredeyse tüm uç değerli olayların yarısını (% 46) fırtınalar oluşturu-

muştur. Seller %29 ile ikinci sırada yer almaktadır ve onu % 14 ile dolu takip etmektedir. Zamanla afetlerin sayılarında bir artış gözleniyor olmasının şüphesiz çok farklı nedenleri vardır. Nüfus baskısı, arazi kullanımı uygulamaları, yetersiz altyapı ve plansız şehirleşme bu afetlerin oluşumunu ve zararlarını daha da artırmaktadır.

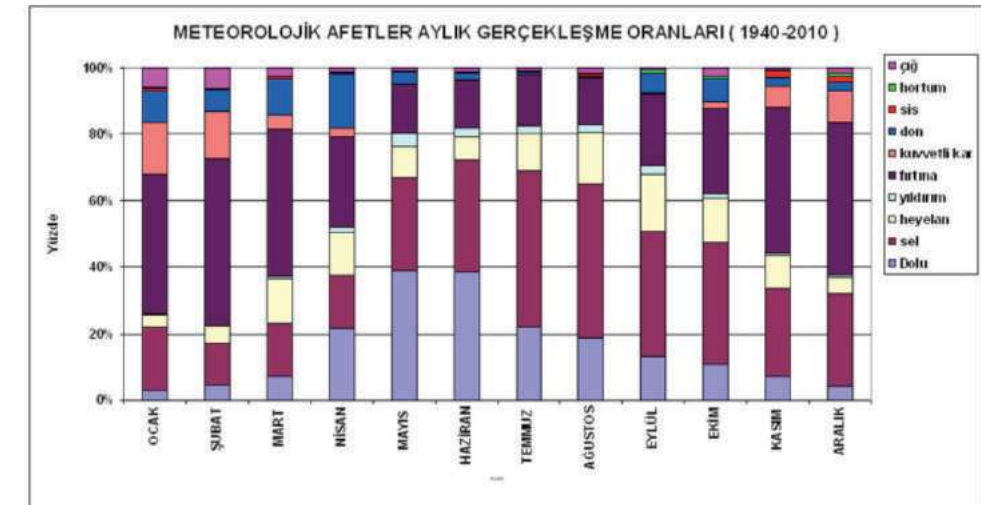


Şekil 3.5.9. 1950-2010 yılları arasında Türkiye’de oluşan hidro-meteorolojik afetlerin yıllık toplam sayılarının zamanla değişimi (Kadoğlu, 2014).



Şekil 3.5.10’da görüldüğü üzere hidro-meteorolojik afetlerin mevsimsel dağılımında da farklılıklar vardır. Rüzgar fırtınası, kar fırtınası, don ve sis, kış ve bahar aylarında daha çok oluşurken; dolu, sel, yıldırım ve hortumun oluşumu ilk baharın sonu, yaz aylarında ve

sonbaharın başlarında yoğunlaşmaktadır. Yerel yönetimlerin hazırlayacağı afet takviminde hidro-meteorolojik afetlerin yoğunlaştığı dönemler dikkate alınmalı ve bu doğrultuda bilinçlendirme ve afetlerden korunma için tatbikatlar yapılmalıdır.

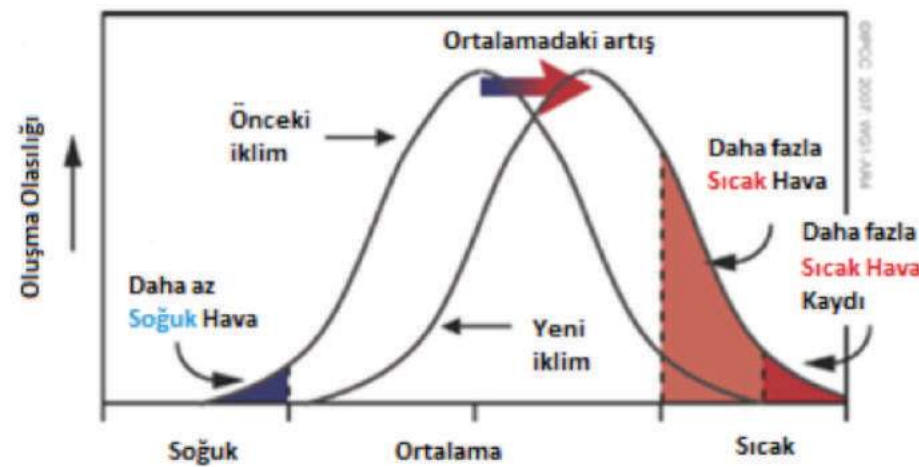


Şekil 3.5.10. Türkiye’de hidro-meteorolojik afet oluşumlarının aylara göre dağılımı.

Özetle, Türkiye’nin coğrafi konumu, demografik ve iklimsel yapısına bağlı olarak farklı bölgelerde belirli afetler daha yaygın gözlenmektedir. Şiddetli hava olaylarının birer afete dönüşmesi, topoğrafik koşulların, yanlış yerleşme ve yanlış arazi kullanımı uygulamaları gibi yerel ya da bölgesel coğrafya etmenlerinin yanı sıra, temel olarak uç değerli hava ve iklim risklerine karşı hazırlıklı olma ve önlemler almadaki eksikliklerimizin doğal bir sonucudur.

Böylece bazı meteorolojik şartlar bir araya geldiğinde nadiren görülen ama şiddetli olan “aşırı hava olayları” ile son yıllarda daha sık karşılaşıyoruz. Aşırı hava olayları ile doğrudan ve dolaylı olarak ilişkili olan doğa kaynaklı afetlerin tümü hidro-meteorolojik afet olarak

adlandırılır. SREX raporunda belirtildiği üzere (IPCC, 2012), değişen iklim, aşırı hava olaylarının sıklığı, şiddeti, mekânsal dağılımı, süresi ve oluşum zamanında farklılıklara yol açarak benzeri görülmemiş aşırı hava ve iklim olaylarına neden olabilir. Aşırı hava olaylarındaki değişiklikler olasılık dağılımının değişimi ile ilişkilidir (Şekil 3.5.11). Bazı aşırı iklim olayları (örneğin, kuraklık) bağımsız olarak ele alındığında aşırı olmayan hava veya iklim olaylarının bir birikiminin ve/veya birbirleriyle etkileşiminin bir sonucu olarak oluşabilir. Birçok aşırı hava ve iklim olayları da doğal iklim değişkenliği sonucu olmaya devam etmektedir. Böylece, iklimin doğal değişkenliğine ilave olarak insanın iklime etkisi gelecekte görülecek olan aşırı iklim ve hava olaylarının şekillenmesinde önemli bir faktör olacaktır.

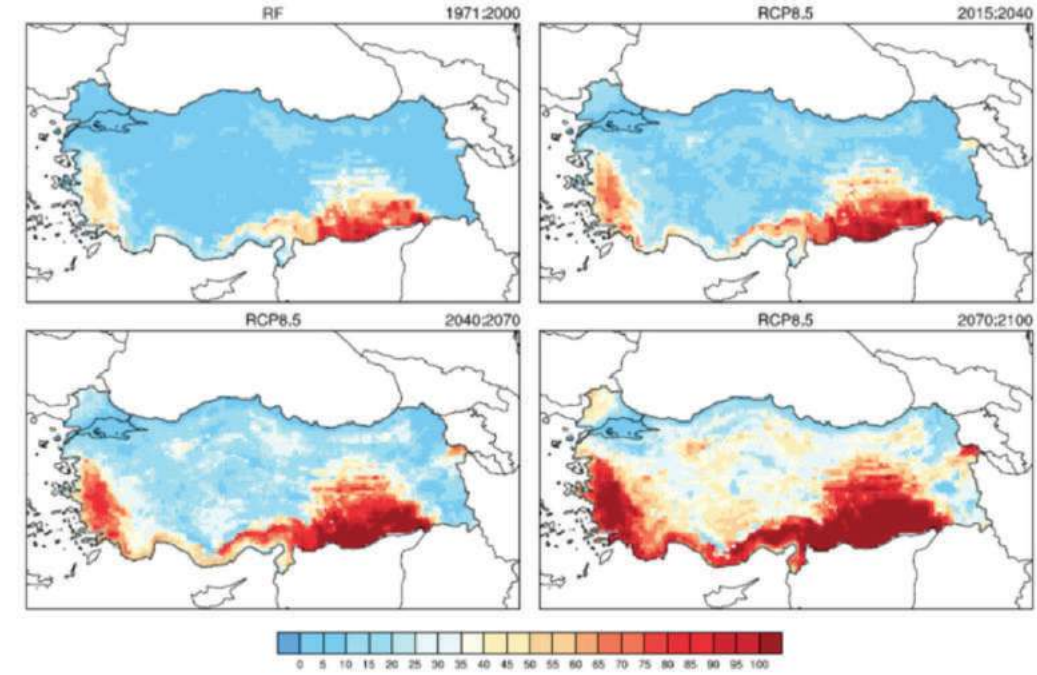


Şekil 3.5.11. Normal sıcaklık dağılımında ortalama hava sıcaklığındaki değişimi aşırı değerleri nasıl değiştireceğinin şematik gösterimi (IPCC, 2007).

Akdeniz Havzası'nda bulunan Türkiye'nin ikliminde de küresel değişimlere benzer değişiklikler gözlenmektedir. Özellikle kış yağışlarında azalmalar, sıcaklıklarda artışlar, son dönemde maruz kaldığımız kuraklık, sel ve taşkınlar, sıcak hava dalgaları, orman yangınları bunlar arasında sayılabilir. Türkiye için gerçekleştirilen bölgesel iklim modeli çalışmalarının neticeleri, gelecekte de bu değişikliklerin süreceğini söylemektedir (ÇŞB, 2012).

Örneğin, TX35 çok sıcak gün indisi hesaplanırken, her yıl için günlük maksimum sıcaklığın 35°C'den yüksek olduğu günlerin sayısı belirlenir. RCP8.5 senaryosuna ait TX35 yaz günleri indisi değerlerinin Türkiye genelindeki değişimleri 2015-2040; 2041-2070 ve 2071-2100 periyotları olmak üzere 30'ar yıllık dönemler halinde Şekil 3.5.12'de gösterilmiştir.

TX35 çok sıcak gün indisi değerlerinin Türkiye genelinde her üç projeksiyon dönemindeki değerleri referans dönemi ile benzerlikler göstermektedir. Referans döneminde 35°C'den yüksek maksimum sıcaklıklar sıklıkla Ege Denizi ve Akdeniz Bölgesi kıyıları ile Güney Doğu Anadolu bölgesinde gözlenmektedir. Bu indisi için 100 günü aşan günler, Güney Doğu Anadolu Bölgesi için 90-110 arasında değişmektedir. Ege Bölgesi'nde 2040'dan sonra ciddi artışlar görülmektedir. Bu artışlarda en çok göze çarpan, ısınmanın en fazla olduğu dönem olan 2071-2100 döneminde meydana gelen farklılıklardır (Şekil 3.5.12).



Şekil 3.5.12. MPI-ESM-MR Modeli RCP8.5 Senaryosuna göre 30 yıllık Çok Sıcak Gün (TX35) İklim İndisi değerlerinin belirtilen periyot içerisindeki yıllık ortalamaları (gün).

Altına ve Barak (2017) yaptıkları bir çalışmada 1960-2014 yılları arasında Çukurova dahil olmak üzere Adana Bölgesi ve civarındaki 14 meteoroloji istasyonunun verisini kullanarak yaz günü (> 25oC) ve tropikal gün (> 30oC) indislerindeki eğilimi belirlemeye çalışmışlar. Bu çalışmada Çukurova ve çevresinde yaz mevsiminde hava sıcaklıklarında şu ana kadar tehlikeli artışın zaten mevcut olduğunu tespit etmişler.

Yüksek sıcaklığa sahip hava, insan sağlığına, yaşam konforuna, verimliliğine etki eder, ölümcül durumlara ve ölüme, orman yangınlarına, kötü hava kalitesine, aşırı elektrik ve su tüketimine sebep olur (Basu, 2009). Ekosisteme, tarımsal kuraklaşmaya ve üretim kaybına, turizme ve ekonomiye de olumsuz etki yapar.

Küresel iklim değişikliği, artan aşırı hava olaylarıyla; tarımı, hayvancılığı, balıkçılığı, ekosistemleri etkilemekte ve dolayısı ile de gıda güvenliği için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle birçok Afrika ülkesi ve benzeri kalkınmamış bölgelerde gıda maddelerine erişimin, iklim değişikliği ve değişikliği ile ciddi bir şekilde tehlikeye gireceği öngörülmektedir. Benzer olarak Asya'da da gelişmekte olan ülkeler için kıtlık riski yükselecektir. Örneğin; tarımsal açıdan iklim değişikliğinden nasıl etkilenebileceği Tablo 3.5.1 ile özet olarak sunulmaktadır. Latin Amerika'da da önemli tarım ürünleri ve hayvancılık üretiminde beklenen düşüşlerin gıda güvenliğini kötü bir şekilde etkilemesi beklenmektedir. Özetle bu yüzyılın sonuna doğru tropik ve tropik altı bölgelerde büyüme mevsimi sıcaklıklarının mevsimsel uç sıcaklıkları önemli ölçüde aşması ile birlikte, ürün verimliliği ve gıda güvenliği küresel iklim değişikliğinden dramatik bir şekilde etkilenebilecektir (IPCC, 2012).



Ongörülen Değişiklikler	Olumlu Etkiler	Olumsuz Etkiler
Daha Yüksek Sıcaklıklar (daha hafif ve kısa kışlar, daha sıcak ve daha uzun yazlar)	- Daha düşük besleme gereksinimleri - Genç hayvancılıkta artan hayatta kalma - Enerji maliyetlerinde azalma - Mera alanlarının genişletilmesi ve otlatma süresi - Daha uzun büyüme mevsimleri - Donma zamanı daha uzun - İlkbaharda geç dona veya sonbaharda erken donma riskinde azalma - Geniş ürün yelpazesi / pazar zamanlaması - Hızlandırılmış olgunlaşma derecelendirilmesi - Yeni bitkiler yetiştirme imkanı - Sıcaktan daha fazla verimlilik artışı - Bazı mahsul zararlıları ve hastalıklarının insidansını düşürür - Geliştirilmiş toprak yapısı, eğimi ve su tutma kapasitesi - Güneşli günlerde uzatma, alternatif enerji olarak kullanımı - Organik işleme (meyve ve sebzelerin kurutulması)	- Hayvanların ölümlü (özellikle kümes hayvanları için) - Mera mevcudiyetini ve yem bitkisini azaltmak - Hayvanların kaba yem maliyetlerinin artması ile elden çıkarılması - Küçük işletmelerin terk edilmesi - Küçük de olsa işletme sahibi olanların işsiz durumuna geçmesi ve göç - Süt ve et üretiminde azalma - Sütte üretim azalması - Ağır kilo alımıyla sonuçlanan iştah bastırılması - Hayvancılık zararlarının ve patojenlerin kuzeye göçü - Toprak ve yüzey havası sıcaklıklarında ısı stresinde önemli artış - Daha yüksek buharlaşma hızı ve bitki terlemesi - Artan doygunculuk açıkları - Bitki üretimi için nem ve toprak verimliliğinin azalmasına neden olur. - Hayvancılık ve bitkilerde zararlıların ve patojenlerin yaygınlığı artmıştır. - Böcek ve hastalık istilalarının aralık, frekans ve şiddeti artar - Ot yetiştiriciliğinde artış ve hastalık salgınları - Polen kurutması - Yüksek değerli ürünlerin verimliliğinin azaltılması - Zararlı ve hastalık salgınlığının artması ve aralıkları - Daha fazla arazi bozulması - Artan toprak erozyonu ve tuzlanma - Kişi başına düşen arazi kullanımını azaltır - Verim azalması - miktar ve kalite - Daha hızlı büyüme ve kısıtlanmış yaşam ömrü - Herbisit ve böcek ilacı etkinliğinde azalma - Çok yıllık özel bitkilerin koşullarına azaltmak
Daha az yağış ve daha kuru koşullar	- Örtücü bitkiler için su akışı ve toprak erozyonunu azaltmak - Tohum ve verimliliği artıran toprak organik maddelerini arttırmak - Uygulanabilir değil	- Sulamaya olan talebi artırmak, sulamada su kullanımını azaltabilir - Suyun maliyetini arttırmak
Daha aşırı hava olayları		- Şiddetli fırtınaların yoğunluğu ve sıklığı, aşırı yağış ve şiddetli kuraklık - Yoğun yağış, toprak erozyonunu artırır ve verimliliği düşürür - Elektrik kesintileri olasılığı - Daha az güvenilir tahminlere bağlı öngörülemelik ve planlama sorunları - Aşırı ısıdan hasar - Hassas ürün aşamalarında kuraklık nedeniyle verimliliği azaltmak
Daha yüksek seviyedeki atmosferik CO2 ve diğer sera gazları	- Ekinler, otlaklar ve otlaklarda büyüme oranlarını arttırmak - Ağaçları arttırmak - inşaat için malzeme olarak kavak - Zengin karbon dioksit asimilasyonu ve karbonun toprağa depolanması - Toprak azotunun yakalanması, N2O emisyonlarının azaltılması ve azotlu gübre ihtiyacının azaltılması - Yabani otların bastırılması veya kontrolü	- Yabani türlerin otlaklara yükseltilmesi, besin kalitesinin muhtemel azalmasına neden olur - Arzulanan yem tohum türlerinin besin konsantrasyonlarında olası azalma - Tahıl ve meyve verimi ve kalitesini olumsuz etkilemek - Yabani ot türlerinin çoğalmasını teşvik edin ve büyük olasılıkla yabani otlardan daha fazla kayıp yaratmaya katkıda bulunun - Bazı bitkiler için büyümeye fayda sağlayabilir ve su kullanım oranlarını düşürebilir, ancak diğerlerinde besin içeriğini düşürebilir

Tablo 3.5.1. İklim değişikliği ile aşırı olayların tarımsal bitkiler ve hayvancılık üzerindeki potansiyel etkileri.

4. ANALİZ VE TARTIŞMA

Türkiye'de tarım sektörü içinde yer alan bütün bitkisel ürünler tarla bitkileri ve bahçe bitkileri olarak iki grupta toplanır. Bahçe bitkileri, daha çok uzun yıllık odunsu ve kısa dönem otsu meyve, sebze, örtü altı ve süs bitkilerinden oluşurken tahıllardan yem bitkilerine kadar olan bütün endüstri bitkileri, tıbbi aromatik bitkiler, çayır-mera, yem bitkileri vb. de tarla bitkileri olarak değerlendirilmektedir (TOBB, 213).

Yukarıdan görüldüğü üzere Türkiye'nin büyük bölümünde büyüme mevsiminde zaten var olan olumsuz su dengesinin, İç Anadolu, Ege ve Akdeniz Bölgelerinde önemli miktarda azalan mevsimsel yağışla ve hava sıcaklığı artışı ile önümüzdeki on yıllarda da devam etmesi bekleniyor. Özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yılın büyük kısmında nem dengesinin olumlu kalması bekleniyor. Bu ekosistemin nemle sınırlı olmadığı göz önüne alındığında, hava sıcaklığı ve yağıştaki küçük değişikliklerin önemli ekosistem kaymaları oluşturması da mümkündür.

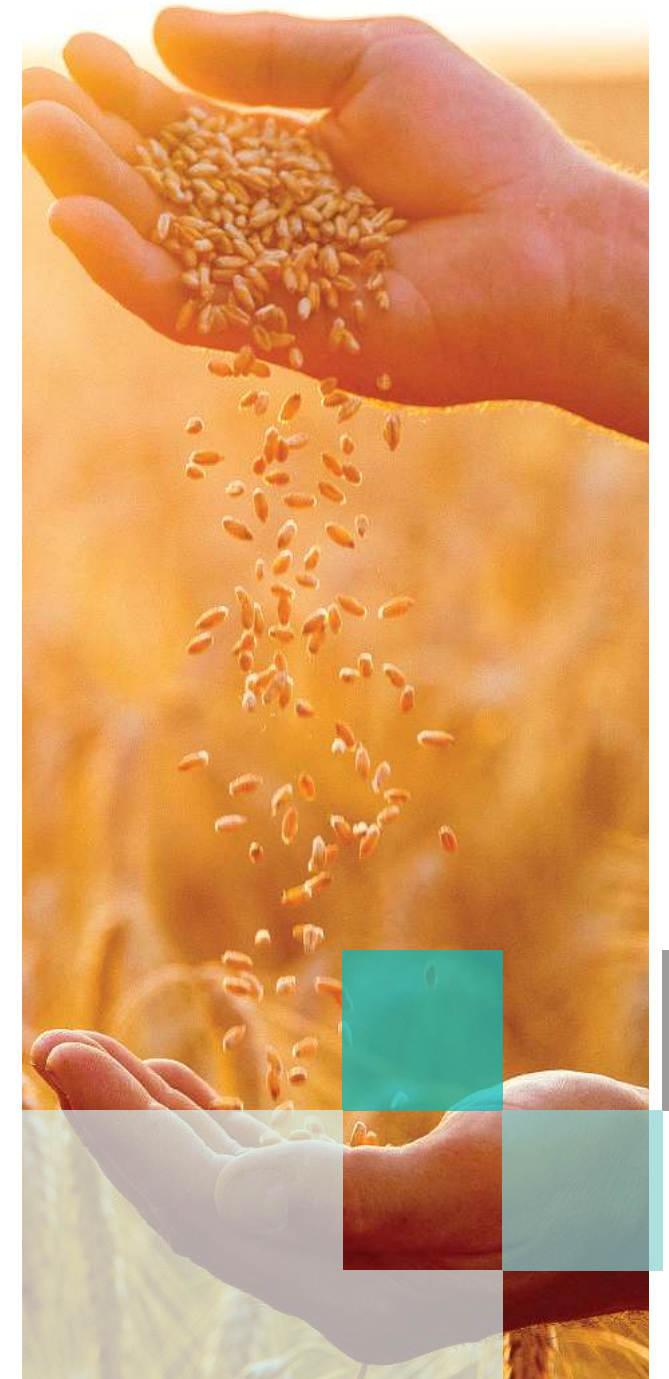
Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgeleri hariç olmak üzere ülkenin geri kalan kısmı için, buharlaşma-terlemedeki sıcaklık kaynaklı artışlar ile yağışta öngörülen artışlar arasındaki dengenin, özellikle bölgenin orta ve güney kesimlerinde olumsuz yönde etkilenmesi muhtemeldir.

Vizyon 2023 kapsamında ilgili Bakanlıkça açıklanan 2017 Milli Tarım Projesi kapsamında buğday ve yem bitkilerinin tüm havzalarda desteklenmesi planlanmaktadır. Fakat şeker pancarının destekleme listesinde olmaması da ayrıca düşünülmeli gereken bir konudur. Bununla beraber su kısıtı kapsamında belirlenen ilçelerde Mısır (Dane) üretiminde Damlama Sulama şartı aranmaktadır. Ayrıca, mısır için teşvik verilen bölgelere uygun çeşitleri tespit etmek adına, her yıl adaptasyon denemeleri yapılarak ve yöreye uygun çeşitler tespit edilerek tatminkar verim veren çeşitlerin seçilmesi gerekir (Soylu ve Sade, 2012).

4.1. Tahıllar

Kuru baklagiller; yumru bitkiler, yağlı tohumlar, tütün, tekstilde kullanılan bitkiler, tıbbi bitkiler ve yem bitkileri olarak gruplar altında da incelenebilir. Ülkemiz için en önemli tahıllar; buğday, arpa, dane mısır, çeltik, çavdar, yulaf, vb. olarak sıralanmaktadır (TOBB, 2013).

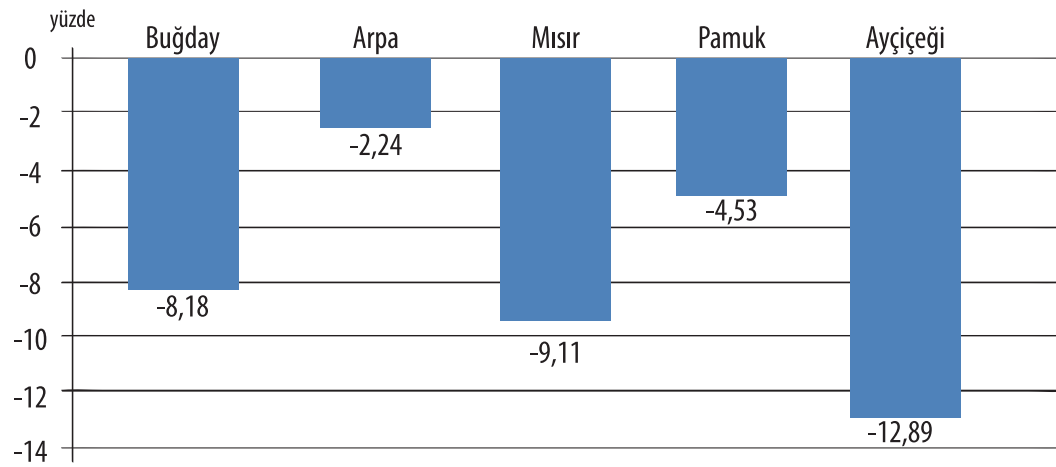
Dünyanın en stratejik ürün grubunu oluşturan tahılların dış ticareti önemlidir. 1980'li yıllara gelinceye kadar tüm tahıl ürünlerinde net ihracatçı olan ülkemiz daha sonraki yıllarda üretim artışının nüfus





ve tüketimde görülen artışa paralel bir seyir izlememesi sonucunda, bazı ürünlerde net ithalatçı olmuştur. Buğday ithalatı da iklime bağlı olarak üretimde meydana gelen değişikliğe bağlı olarak inişli çıkışlı bir seyir izlemektedir. Sanayiye uygun kaliteli buğday ihtiyacının karşılanamaması da ithalatı artırmaktadır.

Akınerdem, (2013a)'na göre buğdayda problem sadece su değildir. Genel olarak ülkemizde tarla bitkileri üretiminde yıllar arasında çok büyük farklılıklar bulunmamakla beraber bazı ürünlerde ürün miktarı artarken bazı ürünlerde azalmalar söz konusu olmuştur. Bunda yıl özellikleri (kuraklık vb. ile buğday üretiminin 20 ve 22 milyon ton arasında değişmesi gibi), ürün desteklemesinin veya ithalatın büyük etkisi olmuştur (TOBB, 2013).



Şekil 4.1.1. Küresel iklim değişikliğinin 2050 yılına kadar Türkiye'deki bazı tahıl ürünlerinin üretim miktarına yüzde olarak beklenen etkisi (Dellal vd., 2011)

Buğday: Türkiye'de tahıl tarımı, hemen hemen buğday tarımı ile temsil edilir (Durmuş ve Yiğit, 2014). TÜİK verilerine göre 2016 yılında buğday üretiminin en fazla yapıldığı yerler, Konya, Ankara, Diyarbakır, Sivas, Şanlıurfa, Tekirdağ gibi Orta Anadolu, Göller, Erciyes, Karacadağ, GAP Havzası olarak görülmektedir (Şekil 4.1.2). Diğer bir deyişle Türkiye'de buğday tarımının coğrafi dağılımına göre Orta Anadolu Bölgemiz ilk sırada yer almaktadır.

Fakat küresel iklim değişikliği Türkiye'deki mısır, buğday, arpa gibi pek çok tahıl ürünü için bitki üretim miktarını düşürecektir. Örneğin, Dellal vd., (2011) bir biyofiziksel modelde Türkiye'deki her bir coğrafik bölge için, bazı tarım ürünlerinin bitki büyüme dönemleri itibarıyla sıcaklık, su dahil olmak üzere temel parametrelere göre verimlerini hesaplamış ve iklim değişikliği projeksiyonlarına göre verimlerindeki değişimleri incelemiştir. Bu çalışmaya göre Türkiye'de tüm bölgelerde ele alınan ürünlerin verimlerinde değişik oranlarda fakat tümüyle azalma olacağını göstermiştir (Şekil 4.1.1).

Doğu Anadolu Bölgesi kış mevsiminin uzun sürmesi ve yaz kuraklığı nedeniyle önemli bir kış buğday üretim bölgemiz değildir. Bu nedenle Doğu Anadolu Bölgesinin çoğu bölgelerinde sadece ilkbaharda olmak üzere yaz buğdayı ekilmektedir. Benzer şekilde Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ani sıcaklık yükselmeleri ve şiddetli yaz kuraklıkları da (sulama olmadığında) buğday üretimini olumsuz bir şekilde etkilemektedir (Durmuş ve Yiğit, 2014).



Şekil 4.1.2. TÜİK verilerine göre 2016 yılı itibarı ile Türkiye'de buğday üretim alanlarının üretim miktarlarına göre iller bazında göreceli dağılımı.

Buğday bitkisinin büyüme mevsimi boyunca istediği su miktarı, gelişme dönemlerine göre farklılık göstermektedir. Bu nedenle, miktarı ve bitki büyüme dönemindeki dağılımı ile yağış rejimi verimi etkilemekte, yağışa bağlı olarak buğday veriminde yıldan yıla Türkiye'de büyük değişiklikler görülmektedir. Bu nedenle kuru tarım alanlarındaki buğday üretiminde sıklıkla ciddi problemlere neden olmaktadır. Sonuç olarak buğdayda verimi en çok sınırlayan etken yağış miktarı ve yağışın yıl içindeki dağılımıdır. Böylece geniş alanlarda yetiştiriciliği yapılan stratejik ürün buğday, genellikle sulama imkanı olmayan tarım arazilerinde, tamamen yağışlara bağımlı olarak üretilir. Bu nedenle buğday ithalatı iklime ve üretimde meydana gelen değişikliğe bağlı olarak inişli çıkışlı bir seyir izlemektedir. (TOBB, 2104)

Küresel büyümenin hızlı olduğu ve başağın olduğu sapa kalkma ve tane doldurma dönemlerinde alınan yağış, buğday verimini çok etkilemektedir. Bu dönemler Mart ayının ortalarından Mayıs ortalarına kadar olan zaman dilimine tekabül etmektedir. Bu dönemdeki ilkbahar mevsiminde yağış noksanlığı büyük oranda verim azalmalarına neden olabilmektedir (Soylu ve Sade, 2012).

Nemli havalarda, bitki yapraklarından gerçekleşen terleme azalır. Bu sayede sıcaklığın, bitkiye etkisi de azalmış olur. Ancak aşırı nem bazı hastalıklara uygun ortamı hazırlamaktadır. Çiçek zamanı yüksek nem ise döllenmeyi kısıtlamaktadır. Bitki su tüketimi; sıcak ve kurak (bağıl nemi düşük) yörelerde yüksek olmasına karşılık ılıman (nemli ve ılık) yörelerde az olur. Keza sıcak iklim bölgelerinde bitki ekimi erken olur.

Daha önce bahsedildiği gibi 2017 Milli Tarım Projesi kapsamında Buğday tüm havzalarda destekleniyor. Bununla birlikte, 2015-39 döneminde hemen hemen tüm buğday üretilen bölgelerde bitki büyüme mevsiminde su eksikliği artmaktadır. En büyük mısır üreticisi olan Konya, Ankara, Sivas ve Diyarbakır'da iklim değişikliğinden dolayı su eksikliğindeki azalma 2040 yılından itibaren yavaşlamaktadır.

Türkiye'nin bazı bölgelerinde buğday bitkisi, başaklanma ve tohum bağlama evresi içinde yağış istemez. Bu yüzden Türkiye'nin, ilkbahar ve sonbahar mevsimleri yağışlı ama yazları nispeten kurak geçen bölgelerinde verimli buğday tarımı yapılabilmektedir (Durmuş ve Yiğit, 2014). Bu nedenle de, yarı karasal iklim özellikleri gösteren Konya gibi bozkır (step) bölgeleri Türkiye'nin buğday ambarı olarak bilinir. Bununla birlikte Türkiye'nin tahıl ambarı olan Konya Ovası, zaten küresel iklim değişikliği ve yer altı sularının çekilmesi sebebiyle günümüzde alarm veriyor. Konya Ovası'nın altında halen var olan yeraltı suyu git gide azalıyor. SYGM (2016) küresel iklim değişikliği projeksiyonlarında 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 yılları kapsayan, küresel iklim değişikliğine bağlı hava sıcaklığı artışı ve yağış noksanlığı tahminlerine göre Konya'ya metrelerce düşen yağış miktarının 320 milimetrelere 250 milimetre seviyelerine düşeceği tahmin edilmektedir.

Bu nedenle, Türkiye'de küresel ısınmasının daha fazla etkileyeceği yerler arasında Konya da bulunmaktadır. Türkiye'de yıllık yağış ortalaması 643 mm iken Konya bunun yarısı kadar yağış alabilmektedir. Konya bölgesi Türkiye'nin en az yağış alan yerlerinden biri (319



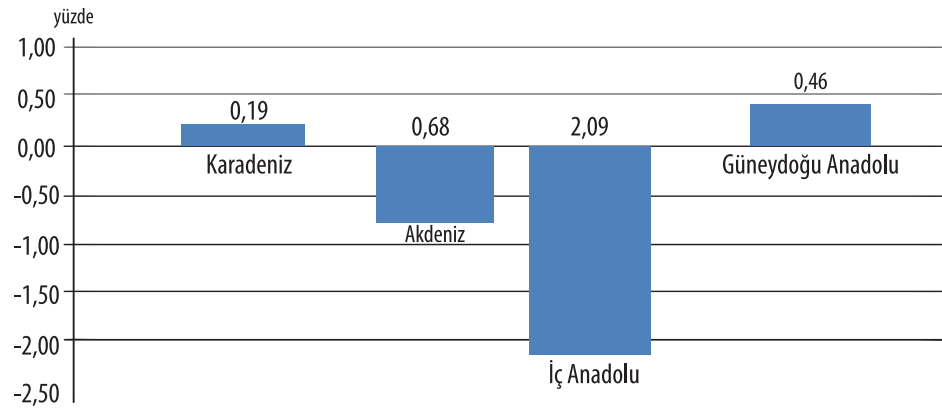
mm) olduğundan yeni iklim şartları, mevcut şartlardaki zaten var olan su noksanlığını artıracaktır. Bu durum bölgede yağışın yetersiz ve sulamanın çok önemli olduğunu göstermektedir. Kuraklık stresi böyle devam ederse Karapınar'da görülen çölleşme, gelecek 20-50 yıllık süreçte Konya Ovası'nda da görülebilecektir. Diğer bir deyişle, eğer tedbir alınmazsa Konya Ovası'nı da, Karapınar'daki çölleşmeye benzer olumsuzluğun gerçekleşeceği tahmin edilmektedir (Soylu ve Sade, 2012). GAP'tan sonraki en büyük sulama projesi Mavi Tünel'le Konya Ovası'na su verilmiştir. 17 kilometre uzunluğunda ve 4,2 metre çapında dev Mavi Tünel tamamlanmış, havzadaki su eksikliğinin giderilmesi maksadıyla diğer havzalardan su aktarımı için 3 ana kaynak belirlenmiştir. Bu üç ana kaynak Bağbaşı Barajı, Bozkır Barajı, Afşar Barajı'dır. Bağbaşı barajı tamamlanmış olup, KOP Projesinin diğer adımları 2019 sonunda tamamlanacaktır (URL 9).

Dünyada stratejik ürün olan buğday gibi tahıl ürünlerini küresel iklim değişikliğinden nasıl etkileneceği üzerine bir çok senaryo geliştirilmektedir. Bu çalışmalardan birinde örneğin, dünya genelinde 2 °C sıcaklık artışının tahıl verimlerinde % 5, 4 °C sıcaklık artışının

ise verimde % 10 azalmaya neden olacağı tahmin edilmekte iken, Türkiye'nin de bulunduğu Akdeniz bölgesinde verimdeki azalışın % 25-35'e ulaşacağı öngörülmektedir (IPCC 2007).

İklim değişikliğinin Türkiye'de tarıma etkisi konusunda yapılan bir çalışmanın sonuçlarına göre ise, Seyhan Havzası'nda da 2070'li yıllarda aylık ortalama sıcaklıkların 3 °C artacağı; yıllık yağışın % 25 azalacağı, yüzey suyu kaynakları, kar depolaması ve yeraltı suyu potansiyelinde % 30'a varan düşüşler gerçekleşeceği, stratejik öneme sahip buğdayda, yaz aylarında sulama suyu gereksiniminin artacağı, artan sıcaklığın bitki büyüme süresinin kısalmasına da neden olacağı, kış aylarında azalacak yağışlar nedeniyle havzada buğday ekiminin zorlaşacağı ve yetiştirme alanlarının havzanın orta ve kuzey kesimlerine kayacağı belirlenmiştir (ICCAP, 2007).

Daha sonra Dellal vd., (2011)'e göre İç Anadolu ve Akdeniz Bölgelerinde buğday ekim alanları giderek daralırken; Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgelerimizde buğday ekimi yapılan alanlarında küçük artışlar olabilecektir (Şekil 4.1.3.).



Şekil 4.1.3. Küresel iklim değişikliğinin 2050 yılına kadar Türkiye'de buğday ekim alanlarına yüzde olarak beklenen etkisi (Dellal vd., 2011).

Başka bir çalışmada ise Özdoğan (2011) dört adet Küresel Sirkülasyon Modeli'ni üç farklı sera gazı salımı için kullanarak 2100 yılına kadar üç ayrı dönemde atmosferdeki CO₂'nin artışıyla beraber meydana gelen iklim değişikliğinin Türkiye'nin Kuzeybatısındaki kışlık buğdayı verimine olası etkilerini incelemiştir. Bütün çalışmalar gibi bu çalışmada da artan hava sıcaklıklarının büyüme mevsimini genişlettiği görülmüştür. Bununla beraber sıcaklıktaki artış ve kış yağışındaki azalma, buğday üretiminde yaklaşık %20'nin üzerinde bir düşüşe neden olacağı belirlenmiştir. Bitki model sonuçlarına göre verimdeki azalma, hızlı bitki gelişmesinin ile terleme sonucu artan su kaybının ile birlikte yağışta görülen önemli azalmanın tane

doldurma (grain filling) döneminde kıalmaya neden olmasına bağlıdır. Ayrıca bu çalışmaya göre azalan yağış ve artan terleme ile birlikte vernalizasyon yoksunluğundan dolayı gelecekte özellikle yarı-kurak bölgelerde yağışa dayalı kış buğday ekimi çok sınırlı bir hale gelecektir.

Benzer şekilde Valizadeh vd., (2014) yaptıkları bir çalışmada İran'da artan hava sıcaklığı ile buğday büyüme süresinin hızlanarak kısalacağını ve azalan yağışla birlikte bunun verimde önemli düşüşlere neden olacağını ileri sürmüştü. Yine benzer bir şekilde Yang vd. (2014), Avustralya'nın yarı-kurak bölgelerinde büyüme mevsiminin,

buğdayın karşılaşacağı aşırı sıcaklıklar nedeniyle büyüme süresinin örneğin çiçeklenme ve olgunlaşma zamanlarının ortalama 12 gün öne çekilmesi yüzünden buğday ürünü veriminde düşüşler olacağını belirlemiştir.

Türkoğlu vd., (2016) yaptıkları bir çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait 1971-2012 döneminin iklim ve fenolojik verilerini kullanarak Türkiye'de bitkilerin artan sıcaklıklara tepki olarak fenolojik dönemlerini erkene kaydıklarını göstermişti. Bu durum örneğin buğdayın hasat tarihi için -40 gün/100 yıl seklinde hesaplanmıştır.

Sayılan (2016)'ya göre küresel iklim değişikliği, özellikle çiçeklenme ve tane doldurma döneminde daha yüksek sıcaklıklara maruz kalacağı için yazlık buğdayların veriminde de önemli düşüşlere neden olacaktır. Normal koşullarda buğday gelişme döneminde optimum sıcaklık değerlerinin üzerindeki ortalama 1°C'lik artış, yazlık buğdaylarda 5.7 kg/da verim kaybına neden olduğu düşünülmektedir. Bunun bir sonucu olarak, gelişmekte olan ülkelerdeki buğdayda olası verim kayıplarının % 20-30 civarında olması beklenmektedir.

Buğdayla ilgili yapılan kuraklığa karşı alınan tedbirler ve adaptasyon kapsamında örneğin Kuraklık Test Merkezinin en kurak bölge olan Konya'da Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü bünyesinde kurulmuş olması sayılabilir. Burada binlerce materyalin yapay kurak koşullarda test edilmesi, kurağa dayanıklı 2 adet çeşit (Eraybey ve Bozkır) tescil ettirilmesi, Buğday dışında Mısır, Ayçiçeği, Kuru Fasulye gibi diğer bitkilerde de su kısıtı çalışmaları yapılması, kuraklığın etkisini azaltıcı uygulamalar olan kuru toprak işleme ve doğrudan ekimin yayılması ve üreticinin benimsesi ile topraktaki zaten az olan suyun muhafaza edilmiş olması, kurağa dayanıklılık stratejisi yanında erkenci-verimli çeşitlere de çalışılması, moleküler karakterizasyon çalışmaları, yerel buğdayların toplanması-karakterizasyonu-gen bankalarına kazandırılması ve kuraklığa ve diğer stress faktörlerine dayanıklılık ıslah çalışmalarında kullanılıyor olması, Bakanlığımız tarafından Tarsim'in 2016 yılında kuraklığı Türkiye genelinde sigorta kapsamına alması ve 2017'de uygulamış olması önemli çalışmalardır.

Bilindiği gibi buğdayda iklimin özellikle yağışın etkili olduğu gelişme dönemleri sapa kalkma ve çiçeklenme dönemleridir (Soylu ve Sade, 2012). Sulama imkanı olan alanlarda kurak geçen yıllarda bu kritik dönemler beklenmeden bitki strese girmeden sulama yapılır. Bu nedenle, Konya gibi büyük ölçüde kurak iklim şartlarında yürütülen buğday tarımında ilkbahar yağışlarının miktar ve dağılımı çok önemlidir. Buğdayın su tüketimi eğrisine göre su tüketimi Mart

ayından itibaren artmaya başlar, Nisan ayında büyük bir artış gösterir ve Mayıs ayında maksimum değere ulaşır. Nisan- Mayıs yağışları birim alandaki başak sayısının, potansiyel ve gerçek başakçık ve çiçek sayılarının belirlenmesi açısından büyük önem aşımaktadır. Ayrıca, nihai verimi belirleyici en önemli iklim faktörüdür. Fakat Ek Şekil IV.30'da gösterildiği gibi Orta Anadolu Havzası'nda kış ve ilk bahar aylarında yağış miktarlarında büyük azalmalar beklenmekte, şu an mayıs ayına kadar olan toprak neminin fazla olduğu dönem neredeyse 2 ay öne çekilmektedir. Bütün bunlar ile birlikte Orta Anadolu Havzası'ndaki sonbahar yağışlarında önemli bir değişiklik öngörülmektedir.

Özetle, buğday üretimi iklim koşullarına karşı hassastır. Gıda güvenliğinde önemli bir yeri olan buğday üretimi ve buğday fiyatları iklim koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir.

Mısır: Mısır (*Zea mays* L.) önemli bir tahıl ürünü olarak hayvan yemi, insan gıdası, alkol gibi maddelerin imalatında ve önemli biyoetanol enerji kaynağı olarak da kullanılmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, yağışta azalma ve sıcaklıktaki artış eğilimleri, iklim değişikliğinin (gerek tane, gerek silajlık) mısır gibi temel gıda ürünlerinin üretimi üzerindeki potansiyel etkileri göz önüne alındığında özellikle kaygı vericidir.

Mısır bitkisinin tarla bitkileri ve tahıllar içinde suyu en ekonomik kullanan bir bitki olduğu düşünülmektedir. Ancak toplam terleme yüzeyi, oluşturduğu kuru madde miktarı ve yetiştiği dönemdeki (Haziran-Temmuz-Ağustos ayları) yüksek terleme nedeniyle, gerekli su miktarı fazladır. Yapılan çalışmalar sonunda, mısır su tüketimine ilişkin genelde yüksek değerler bulunmuş; ana ürün mısır tarımında en fazla su tüketiminin genellikle Temmuz ayında olduğu, bunu sırasıyla Ağustos ve Haziran aylarının izlediği; ikinci ürün mısır yetiştiriciliğinde ise su tüketiminin Haziran, Temmuz, Ağustos aylarında giderek arttığı bilinmektedir. Mısır, sıcak iklimi, bol güneşi seven bir bitkidir, fakat aşırı sıcaklık isteyen bir bitki değildir. Sıcaklık 38 °C'ye ulaştığında sulama şartlarında bile terleme ile kaybettiği suyu kökleri vasıtasıyla karşılayamaz ve gelişimi olumsuz etkilenir (Soylu ve Sade, 2012; Şen, 2009; Doğanay, 2011; Durmuş ve Yiğit, 2014).

Türkiye'de mısır tarımının coğrafik dağılımı Karadeniz, Ege ve Akdeniz kıyı şeritleri ile birlikte Doğu Akdeniz'de yani Çukurova ve Amik Ovası'nda yoğunlaşmıştır (Şekil 4.1.4). Türkiye'nin iç, güney ve güneydoğu bölgelerinde yazları kurak olmasından dolayı, bu bölgelerde mısır tarımı büyük ölçüde sulamaya dayanır.

Bu nedenle mısır, suyun bol ve sıcaklığın ılıman olduğu ılıman ve tropik iklimlerinde tarımı yapılan bir bitkidir. Mısır bitkisinin en iyi

geliştiği bölgeler en az 120 donsuza güne ve ortalama 2100-2200 günlük büyüme derecesine sahip yörelerdir. Mısır bitkisi 10-11°C de çimlenmeye başlayabilir. Toprak sıcaklığı 5-10 cm derinlikte 15 °C'ye ulaştığı zaman çimlenme hızlanır. Mısır bitkisinin sıcak gecelerde iyi geliştiği sanılmakla birlikte sıcak ve rutubetli gecelerde iyi bir gelişme görülmez. Genel olarak mısır için en uygun koşulların soğuk geceler güneşli günler ve orta sıcaklık olduğu söylenebilir (Durmuş ve Yiğit, 2014).



Şekil 4.1.4. TÜİK verilerine göre 2015 yılı itibarı ile Türkiye'de mısır üretim alanlarının üretim miktarlarına göre iller bazında göreceli dağılımı.

BM Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'a göre dünya mısır üretiminin % 40'ı ABD'de gerçekleştiriliyor (Karlen vd., 2012). Aynı zamanda mısır, 2013 yılında ABD'de üretilen ve sulanan en büyük tarla bitkisi olmuş (NASS, 2007; Irwin vd., 2014). Li vd. (2011)'e göre ise Amerika Birleşik Devletleri ve Çin'deki üretimi, toplam dünya mısır üretiminin % 50'sinden fazlasını oluşturmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde mısır üretiminin dağılımı Orta Batı'da kümeleşirken Çin'deki mısır üretim bölgeleri yamalı görünüyor. Jeolojik ve iklimsel avantajlarından ötürü, mısır üretiminin Çin'in % 38'ini oluşturduğu Merkez Çin, "Yaz Mısır Kuşağı" olarak bilinen önemli üretim bölgesi olarak belirlenmiştir.

Mısır'ın ABD ve Çin ekonomisindeki önemi yüzünden iklim değişikliğinin etkilerini öngörmek için birçok çalışma yapılmıştır. İklim değişikliğinin ürün verimleri üzerindeki potansiyel etkisini inceleyen önceki çalışmalar genellikle ya CERES mısır ya da EPIC modelleri gibi ürün verimi simülasyon modellerini kullandı. (Phillips vd., 1996; Rosenzweig, vd., 2002; Tan ve Shibasaki, 2003) ya da istatistik modelleri kullandılar.

TÜİK verilerine göre 2016 yılında mısır üretimin en fazla yapıldığı yerler, Adana, Şanlıurfa, Mardin, Konya, Manisa, Diyarbakır, Samsun gibi Doğu Akdeniz, Karacadağ, GAP Havzası, Orta Karadeniz, Kıyı Ege ve Gediz, Göller Havası olarak görülmektedir (Durmuş ve Yiğit, 2014).

Li vd., (2011) iklim değişikliğinin ABD ve Çin gibi dünyanın iki önemli üretim bölgesindeki mısır verimi üzerindeki potansiyel etkilerini incelediğinde Li vd., (2011)'e göre aynı iklim değişikliği senaryosunda hem sıcaklığın hem de yağışın artmasının Orta Batı ABD'de mısır verimi üzerinde daha büyük olumsuz etkileri olacaktır. Bununla birlikte, yağışta bir düşüş ile sıcaklıktaki artış ise Orta Çin'de mısır verimi üzerinde daha büyük olumsuz etkilere sahip olduğu görülmüştür. Benzer bir şekilde, Rosenzweig vd.'in (2002) çalışmasında, iklim değişikliğinin mısır verimi üzerindeki etkileri CERES-mısır modeli ile analiz edildiğinde, iklim değişikliğindeki aşırı yağış nedeniyle ürün hasarlarının olasılığının, 2030'da 2002 seviyesine kıyasla % 90 daha fazla olabileceği belirlenmiştir. Yakın bir gelecekte yağış miktarında bir miktar artış toprağa suyu emmesinde problemlere neden olacak ve mısır verimlerine zarar verecektir (Rosenzweig vd., 2002). Hem sıcaklığın hem de yağışın bir artışının Orta Batı ABD'den farklı olarak Orta Çin'de mısır verimi üzerinde pozitif bir etkiye sahip olabilecektir.

Benzer bir şekilde örneğin Johnston, vd., (2015)'nin yaptığı bir çalışmada CERES-Maize modeli kullanılarak 2050 yılına kadar mısırın gelişme hali ve süresinin tarihleri, olgunluk tarihleri ve genel mısır veriminin küresel iklim değişikliği ile beraber nasıl değişebileceği incelenmiştir. Bu çalışma ABD'de iklim değişikliğinin mısırın fizyolojik gelişme ve veriminde belirgin etkisi olduğunu göstermektedir (Johnston vd., 2015). Örneğin, artan hava sıcaklıkları, büyüme mevsiminde mısır üretim sisteminin anthesis (gelişme hali ve süresi) ve mısır püskülü (silking) evrelerine daha erken ulaşmasına neden olduğunu göstermiştir.

Buna ek olarak, aşırı hava sıcaklıklarının genel mısır veriminde düşüşe neden olduğunu göstermektedir. Ayrıca sıcaklık stresi yağmura bağlı mısır ekimi yapılan yerlerde kısmi sulama yapılsa bile mısırdaki rekolteyi artıramayacaktır. Bütün bunlara rağmen artan hava sıcaklıkları ile mısırın büyüme mevsiminin kısalmasından dolayı sulama ile tarımı yapılan yerlerdeki mısırın daha az su kullanabileceği düşünülmektedir. Sonuç olarak, ABD'de küresel iklim değişikliğinden dolayı mısır rekoltesinde bölgeden bölgeye çok farklı sonuçlar ortaya çıkarılabileceği görülmüştür. Diğer bir deyişle bitki-iklim modelleme sonuçları, farklı bölgelerdeki mısır verimlerinin aynı iklim değişikliği senaryolarında önemli ölçüde farklılık gösterebilmektedir. Fakat bütün bu çalışmalar normalin üzerindeki hava sıcaklığının, mısırdaki döllenmeyi olumsuz etkilediği için verimi de önemli derecede düşürdüğü konusunda hemfikirlerdir.

Türkiye'ye yakın coğrafyadan bir örnek vermek gerekirse, İran'da genellikle kurak ve yarı kurak iklimler bulunur ve yıllık ortalama yağış 250 mm'dir. Yıllık yağışların çoğu, Ekim'den Nisan'a kadar düşmektedir. Mısır (Zea mays L.) İran'da da en çok yetiştirilen tahıl ürünlerinden biridir. İklim değişikliğinin İran'daki mısır üretimine etkisi incelendiğinde gelecekteki yüzyılda hava sıcaklığındaki artışa ve öngörülen yağışlardaki azalmaya yani iklim değişikliğine tepki olarak mısır veriminin % -2.6'dan (İran'ın kuzey doğusunda Horasan Razavi eyaletinde) % -82'ye oranlarda azalacağı belirlenmiştir (Bannayan, vd., 2016).

Bu çalışma, iklim değişikliğinin Zimbabwe'deki mısır üzerindeki potansiyel etkilerini değerlendirmek için Küresel Dolaşım Modelleri (GMC) ve dinamik ekin büyüme modeli CERES-Maize'yi kullanmaktadır (Zea mays L.). Mısır, Zimbabwe'de en çok yetiştirilen bitkidir ve yüksek ortam sıcaklığı ve düşük yağış koşulları nedeniyle genellikle çevresel stres altındadır. Küresel iklim değişikliği senaryoları, Zimbabwe'deki mısır verimliliğinin, tarımsal üretimin bazı bölgelerinde sulanmayan veya sulanan koşullar altında dramatik bir şekilde azalacağına işaret etmektedir. Mısır verimindeki azalmalar öncelikle or-

tam sıcaklığındaki artışlarla, özellikle de tahıl dolum periyodundaki bitki büyüme süresini kısaltmasından kaynaklanacaktır.

Bütün bu çalışmalardan elde edilen en önemli sonuç iklim değişikliğinin, evrensel olarak her yerde mısır verimi üzerinde aynı olumlu ya da olumsuz etkiye neden olmayacağı şeklindedir. Küresel iklim değişikliği simülasyonunun sonuçları, sıcaklık ve yağış değişimlerinin bir kombinasyonunun mısır verimi üzerinde olumlu veya olumsuz etkiler yaratabileceğini göstermekte fakat bu coğrafik olarak yerden yere ve miktar olarak değişeceğini ortaya koymaktadır. Diğer bir





deyişle, iklim koşullarındaki değışiklikler, iklim değışikliğinin mısır verimi üzerindeki etkilerini farklı bölgelerde önemli ölçüde farklılaştırmaktadır. Bütün bunlara rağmen, sıcak yaz mevsiminde yağıştan suyun temin edilebilirliği, mısır verimi belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

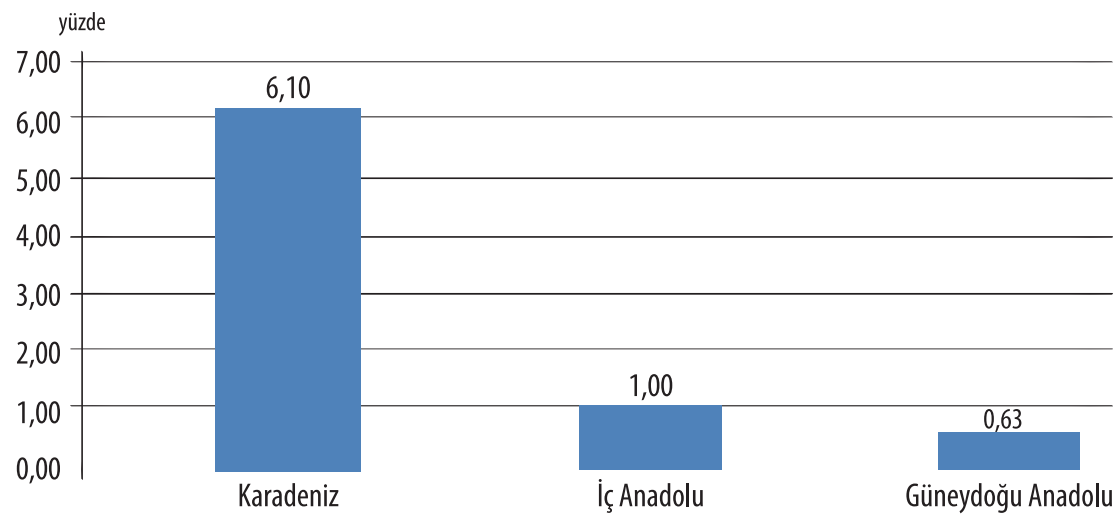
Yerel düzeyde iklimde oluşacak değışimin Türk tarımı üzerine potansiyel etkileri (Şaylan ve Çaldağ, 2000), Trakya Bölgesi'nde, buğday verimine etkileri (Çaldağ ve Şaylan, 2004) bitki-iklim modelleri kullanılarak incelenmiştir. Kadioğlu ve v.d., (1998) tarafından gerçekteştirilen bir çalışmada iklim değışikliğinin Türkiye'deki bitki gelişme dönemlerine etkileri incelenmiş ve farklı bölgelerde farklı eğilimlerin olduğunu göstermişlerdir.

Çeşitli projeksiyonlara göre iklim değışikliği ile birlikte tarım ürünü verimliliğinde dünyada bazı bölgelerde artış bazı bölgelerde azalış beklenmektedir. Örneğin dünyada iklim değışikliğinin tarımsal üretime etkisi konusunda yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda, şu anda kuru tarım yapılan ve hububat yetiştirilen alanların kuzeye doğru kayacağı tahmin edilmektedir. Verimle ilgili olan çalışmalarda da ürün verimlerinde %10'lardan %50'lere kadar azalmalar beklenmektedir. Yapılacak uyum çalışmalarıyla bu azalışların kısmen azaltılabileceği belirtilmektedir (McCarl vd., 2001; Rosenzweig ve Hillel 1998; Rosenzweig ve Iglesias 1994).

Benzer şekilde yapılan fakat Türkiye'ye özgün olan diğer çalışmalarda Türkiye'nin farklı bölgelerinin iklim değışikliğinden farklı biçimde ve değışik boyutlarda etkileneceği öngörülmektedir (Çelik ve Karakayacı, 2007). Meydana gelecek iklim değışikliği, tarımsal üretimi olumsuz yönde etkileyecek, özellikle su kaynakları bakımından yetersiz olan yarı kurak bölgelerimizde önemli sorunlara neden olacaktır (Soylu ve Sade, 2012). Ayrıca Türkiye'de küresel iklim değışikliğine bağlı olarak tarımsal ürün verimliliğinin % 15-25 arasında azalacağı beklenmektedir (Cline, 2007).

Şen (2009) ise araştırmasında iklim değışikliğinin Çukurova yöresindeki baskın ürünlerden mısır verimine olan etkilerini belirlemek amacıyla WOFOST bitki büyüme modeli kullanmış ve modelin uyumluluğu duyarlılık ve ayarlama testleriyle irdelenmiştir. WOFOST bitki büyüme modeli ile 1. ve 2. ürün mısır dane verimleri gözlenenlerden sırasıyla % 4.5 ve % -5.0 farklı olarak belirlemiştir. Gelecekte uygulanabilecek değışik sınırlı sulama uygulamalarının mısır bitkisinin gelişimi ve verimine olası etkileri de incelenmiş ve çalışma sonucunda Çukurova yöresinde sulama suyunun kısıtlı olması durumunda 1. ve 2. ürün mısır veriminde % 58 ve % 43.4 oranlarında azalma olacağını öngörülmüştür.

Daha sonra Dellal vd., (2011)'e göre Karadeniz Bölgesi genelinde mısır ekim alanlarının daha fazla genişleyerek üretim deseninde bölgeler itibari ile değışiklikler ortaya çıkacaktır (Şekil 4.1.5).



Şekil 4.1.5. Küresel iklim değışikliğinin 2050 yılına kadar Türkiye'de mısır ekim alanlarına yüzde olarak etkisi (Dellal vd., 2011).

Pek çok çalışma mahsulün tipik tepkilerini, büyüme döngüsünün azalması ve tahıl sayısının azaltılması ve tahıl birim ağırlığının azaltılması şeklinde özetlemektedir (Parry 1990). Karbondioksitin daha yüksek atmosferik konsantrasyonunun genel olarak mahsuller için yararlı olabileceği beklense de, daha yüksek sıcaklıkların olumsuz etkileri CO₂'nin gübreleme etkisine üstün geldiği düşünülmektedir (Goudriaan ve Unsworth 1990).

Sonuç olarak, bu olumsuz etkileri dengelemek için geliştirilen adaptasyon yaklaşımı olarak farklı ekim tarihlerinin değıştirilmesi, örneğin en son ekim tarihinin (29 Mayıs ve 15 Haziran), diğer bitki tarihlerine (özellikle 29 Mayıs ve 15 Haziran) tarihinin tercih edilmesi durumunda, mısır ve hububat veriminin daha az zarar göreceği ortaya konulmuştur; özellikle gelişme hali ve süresi (anthesis) aşamasında bitki aşırı sıcak ve kuraklıktan daha az etkilenecektir.

2015-39 döneminde hemen hemen tüm mısır üretilen bölgelerde bitki büyüme mevsiminde artan kuraklıkla beraber su eksikliği artmaktadır. Su eksikliğindeki artışın 2050 yılından sonra en çok Doğu Akdeniz Havzası'nda olması beklenmektedir. Diğer bir deyişle en büyük mısır üreticisi olan Çukurova bölgesi iklim değışikliğinden en kötü etkilenmesi beklenen yer olarak karşımıza çıkmaktadır.

Özetle, ortamın hava sıcaklığı, yağış, toprak nemi ve sıcak hava dalgaları ile birlikte kuraklıkların sıklığı mısırın yetişmesindeki en önemli etkenlerdir. Bu nedenle, sıcaklığın artırılması, mahsulün gelişme hızında bir artışa ve büyüme periyodunda bir düşüşe ve bu da verimin azalmasına neden olacak.

Vizyon 2023 kapsamında havzalarda üretimin desteklenmesi için su kısıtı kapsamında belirlenen ilçelerde Mısır (dane) üretiminde damlama sulama şartı aranmaktadır. Bilindiği gibi ülkemizde yazları kurak geçen karasal iklim bölgeleri mısır tarımı, sulu tarım sistemine dayanır (Doğanay, 2011). Benzer bir şekilde Orta Çin'de yarı kurak alanlarda yağış yeterli olmadığından mısır üretimi sulamaya bağımlıdır (He, 2009). Bu nedenle, örneğin yurdumuzun iç bölgeleri, yazları daha da kurak olacağından dolayı, bu bölgelerdeki mısır tarımı daha fazla ve hatta tamamen sulamaya dayanacaktır.

Ayrıca yaz mevsiminde mısırın yetişme mevsimi boyunca, yüksek sıcaklıklar, toprak suyunun buharlaşmasını hızla artırabilir. Bu nedenle, su yeteri kadar sağlanmadığında, su eksikliği Orta ve Güney Anadolu'da mısır verimini etkileyen önemli bir sorun haline gelebilir. Sıcak hava dalgaları daha şiddetli, daha sık ve daha uzun olacağından yağmurla beslenen tarım, riski altında olabilir; Sulama, sıcaklığa karşı biraz hoşgörüye izin verir gibi görünse de, su kısıtlamaları

ve sulama maliyetleri artarsa, iklim değışikliği projeksiyonlarının belirttiği gibi gelecekteki su mevcudiyet seviyeleri tehlikeye atılacaktır. Örneğin IV.30'dan da görüldüğü gibi Orta Anadolu Havzasında mısır bitkisinin su tüketiminin en yüksek olduğu aylar Temmuz ve Ağustos ayları giderek daha kurak ve sıcak olmaktadır.

Bu nedenlerden dolayı mısır üreticileri, artan nüfusun besin arzını korumak ve mevcut üretim seviyelerini sürdürebilmek için mevcut üretim stratejilerini adapte etmeye ihtiyaç duyacaklardır. Uyarılama stratejileri mısır püskülü sırasında sıcaklık stresinin etkisini azaltmak için çift ekim sistemlerinin uygulanmasını ve üretim yerlerinde bölgesel kaymaları içerebilir. Çiftçilerin kuraklık dönemleri ve şiddetli yağışlar gibi aşırı iklim olaylarıyla da mücadele etmeleri de gerekebilir. Güneş ışımada öngörülen artışlar göz önüne alındığında, sıcak ortalamalara ek olarak, çiftçiler bir sezonda çok sayıda mısır ekimi yapabilir, bu da dünya çapındaki diğer ekim sistemlerinde kullanılan yaklaşıma benzer şekilde olabilir (Cassman, 1999).

Mevcut yöntemlerde değışiklikler getirilmesi, çiftçinin iklim koşullarının, nispeten uzun süreler boyunca mısırdaki mahsul verimliliğini etkilediğinden emin olduğu anda yapılacaktır. Bu nedenle yöntem alternatiflerinin sayısı artarsa, sisteme daha fazla esneklik katılır ve uyum için daha fazla olasılık değerlendirilebilir. Ekim tarihleri ile gübreleme oranlarında değışikliğe gidilmesi iklim değışikliği ile başa çıkmanın en basit iki yolu olduğuna inanılmaktadır. Bunlara ilave olarak daha az su ile en azından aynı verimi alabileceğimiz iklim dostu yeni çeşit geliştirme çalışmaları, sulama verimliliği çalışmaları, ekim zamanı, kuraktan kaçırma vb. çalışmaları da önemlidir.

Sonuç olarak tahıl ekim alanı bakımından ülkemizde önemli bir yer kaplayan Orta ve İç Anadolu Havzalarında üretimin büyük kısmı sulanmayan alanlarda kuru şartlarda yapılmakta olduğu için daha kurak geçmesi beklenen gelecek yıllarda tarımsal üretim önemli derecede azalacaktır. Özellikle iklim şartlarındaki değışimin en çok etkilediği ve kuru tarımın yoğun olarak yapıldığı Konya, Karaman, Niğde, Aksaray, Isparta ve Burdur illerimizin de iklim değışikliğinden önemli derecede etkilenmesi beklenmelidir.

4.2. Endüstri Bitkileri

Tarla bitkileri içinde buğdaydan sonra en fazla üretimi yapılan şeker pancarında ekim alanı azalmasına rağmen verimin artmasına bağlı olarak üretim artmış durumdadır. Diğer bir deyişle şekerpancarı endüstri bitkileri arasında alan ve üretim olarak Türkiye'de en fazla üretimi yapılan endüstri bitkisi (Durmuş ve Yiğit, 2014).

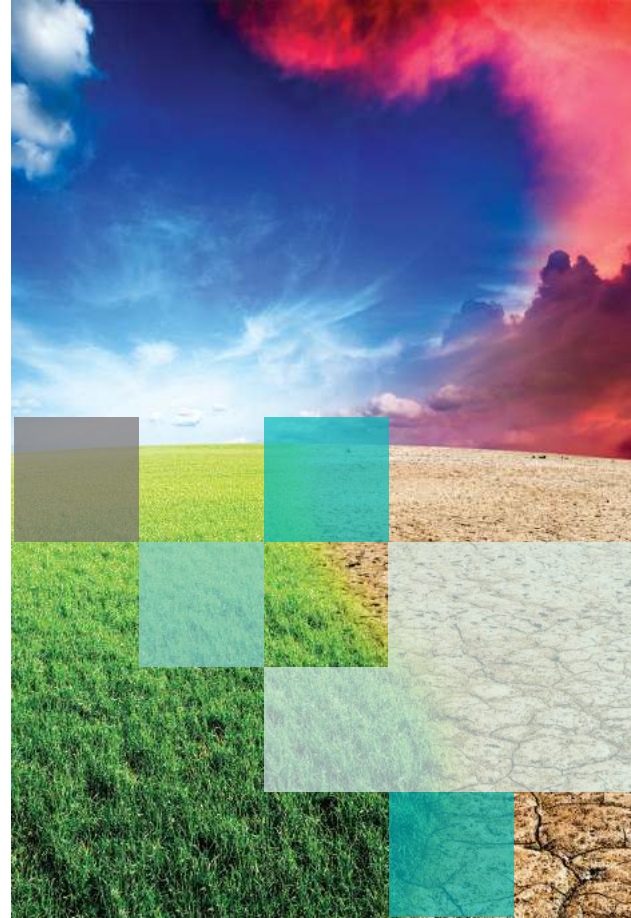
Şekerpancarı genellikle ilkbaharda erkenden ekilir. Şeker pancarı yetiştirme işlemlerinin başlangıcını belirleyen önemli çevresel değişkenler sıcaklık, yağış ve toprak nemidir (Soylu ve Sade, 2012). Uzun yıllar ortalamasına göre; Türkiye'de şeker pancarı ekiminin %3'ü Şubat, %18'i Mart, %60'ı Nisan, %18'i Mayıs ve %1'i ise Haziran aylarında yapılmaktadır. Şekerpancarı ekim alanlarımızda 1 Nisan – 30 Eylül döneminde ortalama yüksek sıcaklık, en serin ayda ortalama 15 °C ve en sıcak ayda ise 30 °C'dir. Ekim alanlarımızdaki gündüz sıcaklıkları optimum düzeyde şeker üretimi için yeterli düzeydedir. Ilıman iklim bölgelerinin bir tarım bitkisi olan şeker pancarı, yılda 500 mm ila 800 mm arasında bir yağışa da ihtiyaç duyar. Büyüme mevsiminde hava sıcaklıkları 8 °C'den az ve 35 °C'den daha fazla olmamalıdır. Bu nedenle çok sıcak ve kurak geçen bölgelerde bu ürünün tarımı ancak sulama yoluyla yapılabilir (Durmuş ve Yiğit, 2014).

Ayrıca bu ürün için gündüz ve gece sıcaklıkları arasında fark yüksek ve gece sıcaklıkları 20 derecenin üstünde olmamalıdır. Bu nedenle şeker pancarı, yüksekliği 1000 m olan yerlerde ekonomik olarak yetiştirilir. Zira sulanarak yetiştirilmek zorunda olduğu Orta Anadolu da münavebeye son 10 yılda mısır ve ayçiçeğini yerleştirmiş bulunmaktadır. Pancar için Orta Anadolu (180 günlük vejetasyon süresi için de) idealdir ancak tek sıkıntı ihtiyaçtan fazla sulamadır. Pancar yetiştirme süresince 700-800 mm su isterken çiftçimiz 2000 mm'le varan su verebilmektedir. Yine aşırı sulama ile birtakım yaprak (Cercospora sp.) ve toprak hastalıkları (Kök çürüklüğü, Fusarium sp.) da yaygınlaşmaya başlamıştır. Bunun için de kaliteye verilen pirim yükseltilmelidir (Akınerdem, 2013a).

Akınerdem (2013a)'e göre endüstri bitkilerinden patates için de aynı durum söz konusudur. Pamuk için de aynı şeyler söylenebilir. Aşırı sulama ve sıcaklığa bağlı olarak hastalık ve zararlıların artması söz konusudur. GAP bölgesinde sulama suyunun iyi kontrol edilememesi ile yapılan aşırı sulamaya bağlı olarak bölgedeki topraklarda tuzlanma da vardır.

Avrupa'nın çoğunda olduğu gibi şeker, Türkiye'de iklim koşulları nedeniyle şeker pancarından üretilir. Şeker pancarı, günlerin sıcak olduğu ve gecelerin soğuk olduğu iklim koşullarını tercih eder. Bu bağlamda şeker pancarı, çoğunlukla İç Anadolu Bölgesi, Ankara, Konya, Eskişehir, Afyon, Tokat ve Yozgat illerinde yetiştirilir ve hububat, bakliyat, yem bitkileri ve ayçiçekleri ile üç veya dört yıllık rotasyonda ekilir. Şeker pancarı bahar aylarında Nisan ayı başında ekilir ve bölgenin iklim koşullarına göre değişen zamanla Ekim ayında hasat edilir.

TÜİK verilerine göre 2016 yılında pancar üretiminin en fazla yapıldığı yerler, Konya, Eskişehir, Afyonkarahisar, Yozgat, gibi İç Anadolu ve civarındaki illerimizdir (Şekil 4.2.1). Özellikle sıcak ve kurak yaz aylarının hakim olduğu Güneydoğu Anadolu, Ege ve Akdeniz Kıyı bölgesinde şeker pancarı tarımı yaygın değildir.



Şekil 4.2.1. TÜİK verilerine göre 2015 yılı itibarı ile Türkiye'de pancar üretim alanlarının üretim miktarlarına göre iller bazında göreceli dağılımı.

Şeker pancarı, elverişli iklim şartlarında, özellikle de yeterli yağış veya düzenli sulama şartlarında yüksek miktarda şeker üretir. Şeker pancarının 1 kg kuru madde üretimi için yaklaşık 500 mm civarında yağışa ihtiyacı vardır ve bu yağış vejetasyon süresince ekimden hasada kadar azalan bir grafik göstermelidir.

Türkiye'de şeker pancarı tarımı, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri dışındaki beş bölgede yapılmaktadır. Pancar yetiştirilen bölgelerin % 94' ü deniz seviyesinden en az 700 m yüksekliktedir. Şeker pancarı tarımı yapılan alanların yaklaşık %70'i, kara iklimine sahip, yıllık ortalama 300-500 mm yağış alan İç ve Doğu Anadolu Bölgelerinde; % 24'ü yıllık ortalama yağış miktarı 350-500 mm arasındaki Akdeniz, Ege ve Karadeniz Geçit İklim Bölgelerinde; % 6'sı ise yıllık ortalama 700-900 mm yağış alan Marmara ve Karadeniz Deniz İklim Bölgelerinde yer almaktadır. Pancar ekim alanlarımıza, en az Akdeniz Geçit İklim Bölgesi'nde, en çok ise Marmara ve Karadeniz Deniz İklim Bölgeleri'nde alınmak üzere, Temmuz-Eylül aylarında toplam 10-115 mm civarında çok az bir yağış düşer. Bu sebeple deniz iklim bölgelerinin % 70' inde 2-4 kez, diğer iklim bölgelerinin ise % 98'inde 3-6 kez sulama yapılması gerekmektedir. Avrupa ülkelerinde yıllık ortalama yağış miktarları 600-1700 mm arasında olup, genellikle sulama yapılmaksızın şeker pancarının ihtiyaç duyduğu su miktarı temin edilebilmektedir.

İçöz vd., (2009)'a göre Türkiye, petrolün % 5 etanol karışımı için yaklaşık 500 milyon ABD doları tasarruf sağlayarak 1,78 M ton ham petrol ithal etmek zorunda kalmayacaktır. Biokütle ve biyoetanol kullanımı, fosil yakıt kullanımını ve sera gazı emisyonlarını azaltmak yani küresel iklim değişikliği ile mücadele edebilmek için Türkiye'de

şeker pancarının üretiminin daha da artırılması gerekmektedir.

Pancar üreticileri ağırlıklı olarak şeker üretimiyle ilgilenmektedir ve bu nedenle küresel iklim değişikliği çalışmaları daha çok şeker pancarının şeker veriminde olası değişimlere odaklanmış durumdadır. Gelecekteki sıcak bahar havası, ürünün ekilmesine izin vermek için yeterli kadar erken kuru periyotlar olduğu sürece, potansiyel şeker oranlarını artıracığına inanılmaktadır (Richter, vd., 2006).

Su stresi şekerpancarı veriminin en büyük sınırlayıcısıdır (Draycott ve Messum, 1977). Bu nedenle, kurak bölgelerdeki şekerpancarı verimi, ürüne verilen su miktarı ve yetiştirme mevsiminde alınan yağmur ile yakından ilişkilidir (Scott ve Jaggard, 1993). Aşırı sulama, şeker pancarı verimini artırmakta, ancak kalite ve şeker oranlarını düşürmektedir (Bilgin, 1992).

SYGM (2016) projeksiyonlarına göre Türkiye'de 2015-39 döneminde hemen hemen tüm pancar üretilen bölgelerde bitki büyüme mevsiminde su eksikliği artmakta olup, iklim değişikliğinden dolayı su eksikliğindeki azalma 2040 yılından itibaren pancar ekim alanlarında yavaşlamaktadır.

4.3. Yağlı Tohumlu Bitkiler

İçerdikleri yağ, protein, karbonhidrat, mineral maddeler ve vitaminler nedeniyle, insan ve hayvan beslenmesinde önemli bir yere sahip olan yağlı tohumlar, aynı zamanda, sanayi sektörü için de önemli bir hammadde kaynağını oluşturmaktadır. Türkiye'de tarımı yapılan yağlı tohumlar başta ayçiçeği olmak üzere pamuk ve soya. Bu bitkileri susam, haşhaş kendir, yerfıstığı, aspir ve kolza/kanola gibi bitkiler izlemektedir.

Akınerdem ve Öztürk, (2014)'e göre Türkiye enerjiden sonra ithalata en çok parayı yaklaşık 5 milyar dolar ile bu gruba ödemektedir. Bu arada 500 milyon dolar ihracatımız olsa da yakın gelecekte ithalat kalekimiz yağlı tohumlar, ham yağ ve küspeye 8-10 milyar dolar ödemek zorunda kalacağımız değerlendirilmektedir. Ayçiçeğinin son 4-5 yılda Orta Anadolu'ya geliş nedeni Trakya da yaygınlaşan ve ayçiçeğinin önemli zararlısı olan Orabans'ın yaygınlaşması ile Orta Anadolu da yer altı sulama suyunun artmasıdır.



Şekil 4.3.1. TÜİK verilerine göre 2016 yılı itibarı ile Türkiye'de ayçiçeği üretim alanlarının üretim miktarlarına göre iller bazında göreceli dağılımı.

Ayçiçeğinin ılıman ve karasal iklim koşullarında başarılı bir şekilde yetiştiriciliği yapılır. Güneyde 20. ve kuzeyde ise 50. enlem derecelerinde yetişir. Adaptasyon kabiliyeti birçok bitkiye kıyasla daha yüksektir. Toplam sıcaklık isteği de oldukça yüksektir (2600 °C gün). Ekstrem çevre şartlarına dayanıklılıkta soya ve pamuktan sonra gelir. Çimlenmenin olabilmesi için, toprak sıcaklığının 8-10 °C olması arzu edilir. Bitkinin en uygun yetiştirme sıcaklığı 21-26 °C'ler arasındadır. 35 °C'den sonraki sıcaklıklarda ayçiçeği olumsuz yönde etkilenmektedir. Ayçiçeği bitkisi, yetiştirme süresi boyunca ışık yoğunluğunun yüksek olmasını ister. Güneşlenme süresi % 40 azaldığında verim % 64 seviyelerinde düşer. Özellikle çiçeklenme ve tohum oluşum döneminde yeterli ışık olmaz ise verim önemli miktarda azalır. Bu nedenle, bulutlu ve az güneşli hava koşullarından hoşlanmaz. Bitki ilk çıkış döneminden (kotiledon yaprak) 6-8 yapraklı döneme kadar kısa süreli düşük sıcaklığa (-5 °C'ye kadar) dayanabilmektedir. Bitkinin soğuğa karşı direnci 6-8 yapraklı döneme doğru gidildikçe kademeli olarak azalmaktadır. 6-8 yapraklı dönemden sonraki düşük sıcaklıklardan bitki zarar görür (örneğin saptarda kırılma). Kök sistemi iyi gelişmiş olduğundan ve iki metre derinliğe kadar inebildiğinden derinlerdeki suyu kullanabilir ve bu nedenle kuraklığa dayanır. Ayrıca toprak yüzeyine yakın kısımlarda çok yoğun bir dallanma özelliği gösteren kökleri sahiptir (Durmuş ve Yiğit, 2014).

Diğer yağlı tohumlara göre kuraklığa daha çok dayanıklı olan ayçiçeği, 700-800 mm veya yetiştirme döneminde 350-400 mm ortalama yağ alan bölgelerde ve sulama yapılan uygun topraklarda yetişir (Soylu ve Sade, 2012). Ayçiçeğinde yağış noksanlığı mart ayında başlamakta ancak toprak nemi bitki su ihtiyacını haziran ortalarına kadar karşılamaktadır. İlkbahar donlarına nispeten dayanıklı olan bu bitkinin yetiştirme mevsimi boyunca aylık sıcaklık ortalaması 25 °C'dir (Bulut, 2006). Nemli ve yağışlı Doğu Karadeniz'in kıyı kısmı ile birlikte çok soğuk olan Erzurum, Kars ve Ardahan gibi yüksek yerler dışında sulama ile yetiştirilebilmektedir (Durmuş ve Yiğit, 2014).

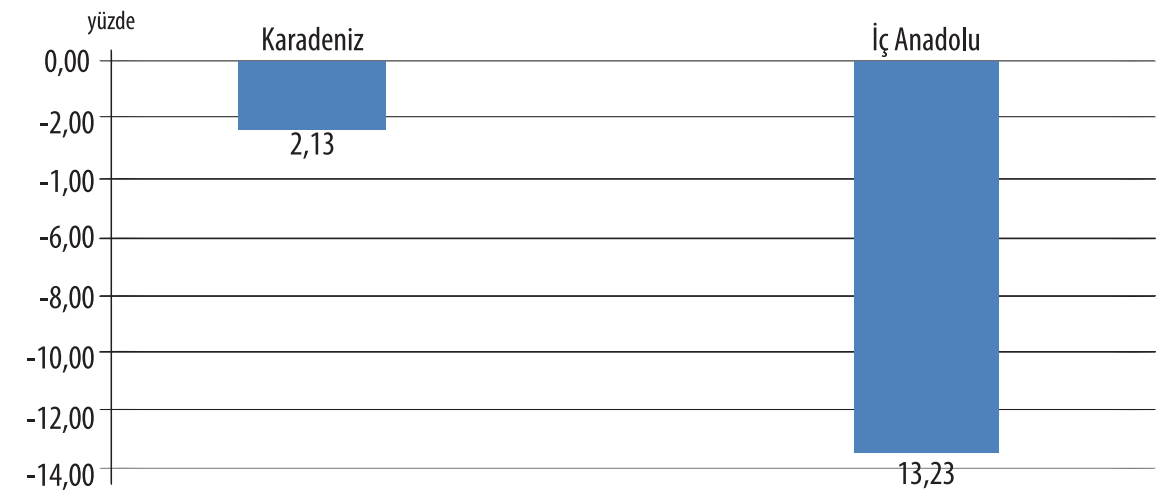
TÜİK verilerine göre 2016 yılında ayçiçeği üretimin en fazla yapıldığı yerler, Tekirdağ, Edirne, Kırklareli, Konya, Adana, Çorum gibi Meriç Havzası ve İç Anadolu civarındaki illerimizdir.

Ayçiçeği tohumunun çimlenebilmesi için toprak sıcaklığı 8-10 °C sıcaklığa ulaştığında ekime başlanabilir. Bölgelere göre değişmekle beraber Ülkemizde ayçiçeği ekimi güney bölgelerimizde Mart ayı; Karadeniz, Marmara ve Trakya gibi kuzey bölgelerimizde Nisan ayı; Doğu Anadolu'da Mayıs ayı; Çukurova'da ise birinci ürün 15 şubat-tan sonra, ikinci ürün ise Haziran ayının ikinci yarısından Temmuzun ilk yarısına kadardır.

Debaeke vd., (2017)'ye göre ayçiçeğinin gelişiminde birincil etken (alt eşik değeri üzerindeki ortalama günlük hava sıcaklığının ekilenik toplamı) büyüme derece günlerdir. Bu çalışmaya göre artan hava sıcaklığı ve azalan yağışlar nedeniyle Birleşik Krallıkta 2050 yılına doğru ayçiçeği ürün veriminde % 79 oranında artış beklenmektedir. Bununla beraber ayçiçeğine özgün tarımsal hasrelerde de önemli artışlar olması beklenmektedir. Güney Avrupa'da ise artan

CO2 ile birlikte yüksek hava sıcaklıkları, tarım için azalan su miktarı ve şiddetli hava olayları yüzünden ilkbaharda ekimi yapılan ayçiçeğinin hem ürün verimi hem de içerdiği yağ miktarında önemli azalmalar olacaktır (Debaeke vd., 2017).

Nasim vd., (2016) Pakistan'daki yarı kurak bölgelerde ayçiçeği ürün verimine küresel iklim değişikliğinin etkisini incelemiştir. Özellikle ayçiçeği verimi üzerine hava sıcaklıklarındaki artışın verime etkisine yoğunlaşmışlar. Bu çalışmaya göre 2020 yılına doğru olacak +1 °C'lik hava sıcaklığı artışında %15'e varan verimde düşüşler belirlenmiştir. Benzer bir şekilde 2050 yılına doğru +2 °C'lik hava sıcaklığı artışında verimdeki düşüş % 25'e yükselmektedir. Yine bu çalışmada iklim değişikliğine uyum için ayçiçeği ekimini 2020 yılına kadar 14 gün, 2050 yılına kadar ise 21 güne öne almak verimdeki düşüşü bir miktar azaltabilmektedir.



Şekil 4.3.2. Küresel iklim değişikliğinin 2050 yılına kadar Türkiye'de ayçiçeği ekim alanlarına yüzde olarak etkisi (Dellal vd., 2011).

Bir diğer çalışmada Demir (2013), Kırıkkale, Kırşehir, Aksaray, Niğde ve Nevşehir illerini kapsayan bölgede, yağlı tohum bitkilerinin ekim alanları ve verim değerlendirmesi ile 2041 yılına kadar 30 yıllık iklim projeksiyonlarına göre iklim değişikliğinin yağlı tohum bitkileri üzerindeki etkilerine incelenmiştir. Bu araştırmanın sonuçlarına göre özellikle ayçiçeğinde tane olum döneminde meydana gelecek sıcaklık artışı tabla gelişimini olumsuz etkileyerek tablada cılız dalların oluşmasına neden olacaktır.

2015-39 döneminde İç Anadolu ve Yeşilirmak Havzasındaki ayçiçeği üretilen bölgelerde bitki büyüme mevsiminde su eksikliği artmakta. iklim değişikliğinden dolayı su eksikliğindeki azalma 2040 yılından itibaren ayçiçeği ekim alanlarında yavaşlamaktadır.

Soylu ve Sade, (2012)'ye göre ise genelde Nisan ve Mayıs ayında yeterli yağışın alındığı ve toprak sıcaklığının uzun yıllar iklim yapısına uygun olduğu yıllarda çiftçilerimiz genelde ayçiçeği çıkışında problem yaşamamakta, fakat Nisan ve Mayıs yağışlarının yetersiz olduğu ve toprak sıcaklığının düşük olduğu yıllarda çiftçilerimiz sulama yaparak çıkışı sağlamakta. Böyle durumlarda daha sağlıklı çıkış elde etmek için toprakta yeterli nem yoksa ekim öncesi tarlaların sulanıp tarla tavına gelince ekim yapılmalı. Yine Ek Şekil IV.30'dan görülebileceği gibi Orta Anadolu Havzasındaki Nisan ve Mayıs yağışlarında önemli azalmalar olacağı öngörülmektedir. Diğer bir deyişle, gelecekte Orta Anadolu Havzasında ayçiçeği ekimi daha fazla sulamayı gerektirecektir.

4.4. Yem Bitkileri

Türkiye’de, yonca, korunga, adi fiğ ve burçak gibi geleneksel birkaç yem bitkisinin tarımı yapılmaktadır. Çok yıllık bir yem bitkisi olan yonca, iyi besleme özelliği ve yüksek veriminden dolayı dünyada en çok ekilen yem bitkilerinin başında gelir. Türkiye’de de “adi yonca” veya kısaca “yonca” olarak tanınan bu bitki en çok yetiştirilen yem bitkisidir. Hayvan yemi üretiminin miktarı ve kalitesi üzerindeki etkiler, maliyet etkin süt üretiminin temelini de oluşturmaktadır (Dillon, 2006). Bu nedenle, yem bitkileri ekonomik değeri çok yüksektir. Ayrıca, iklim değişikliğinin yem bitkilerinin verimini olumsuz etkilemesi, hayvancılık sektörünü de olumsuz yönde etkileyebilecektir.

Yonca, tarımı yapılan hemen hemen tüm yem bitkilerinden daha yüksek bir yem değerine sahiptir (Açıkgöz, 2001). Ülkemizde yonca dendiği zaman yaygın yonca (*Medicago sativa* L.) akla gelmektedir. Kayseri yoncası olarak da bilinen yonca çeşidi Orta ve Doğu Anadolu gibi soğuk bölgelerimizde Elçi, Peru ve Mesa Sırsa gibi yonca çeşitleri ise Güney Bölgelerimizde yetiştirilmektedir (Sağlamtimur, 1998).

Hem tropikal hem de ılıman iklim kuşaklarında kolayca yetişen yonca, dünyanın hemen hemen tüm yörelerinde en fazla üretilen bir baklagil yem bitkisidir. Derine giden kök sistemi sayesinde yarı kurak iklim kuşaklarında da rahatlıkla yetişebilmektedir. Yonca, drenajı iyi olan fazla asitli olmayan toprakları sever. İlk ekildiği yıldan sonraki hasatlarında iklim, toprak ve sulama şartlarına bağlı olarak yılda 3-7 biçim verir, çok yıllık bitki olup 10-15 yıl normal verimini sürdürür.

İklim değişikliğinin otlak üretimi üzerindeki etkileri konusundaki mevcut anlayışla, ortam hava sıcaklığı ve CO2 konsantrasyonundaki hafif artışlarla yem miktarının uzun süreli büyüme periyotları boyunca olumlu şekilde etkilenebileceği sonucuna varılabilir. Öte yandan hem nicelik hem kalite, iklim değişikliğinden aynı anda etkilenen su mevcudiyetine ve toprak özelliklerine bağlı olacaktır. Mera alanlarının botanik bileşimi, değişen koşullara dayanabilen türleri içermelidir. Son zamanlarda yapılan araştırmalar, kuraklık altındaki çimen türleri arasında büyüme ve sindirim açısından önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir (Hayes vd., 2010).

İklim değişikliğinin bitki büyümesi ve dolayısıyla yem miktarı üzerindeki ana etkileri, mevsimlik üretimin uzatılmış süreleri, artan hava sıcaklıkları, aşırı yağış olaylarına, kuraklıklara ve artan atmosferik karbondioksit (CO2) konsantrasyonlarının etkilerine yol açan değişen yağış örüntüleri (Myneni vd., 1997; Morison ve Lawlor, 1999; Ciais, 2005).

Tan (2010)’a göre ortalama yıllık yağışın 200 ile 700 mm arasında değiştiği çorak ve yarı çorak bölgelerdeki otlatma alanları “step meraları” olarak adlandırılmaktadır. Bu meralar, rakım ve topografya açısından “dağlık step meraları” ve “düz step meraları” olarak da adlandırılır. Rakım ve yağış dağlık steplerde nispeten yüksek olduğundan, burada daha değerli yem bitkileri yetiştirilebilmektedir (Tan, 2010). Böylece TÜİK verilerine göre, 2016 yılında yonca üretimin en fazla yapıldığı yerler, Van, Ağrı, Muş, Bitlis, Erzurum, Sivas, Konya gibi daha çok Doğu Anadolu ve civarındaki illerimizdir. Yonca tanımına uygun olmayan kıraç, zayıf ve çakıllı topraklarda da korunga yetiştirilir (Şekil 4.4.1).



Şekil 4.4.1. TÜİK verilerine göre 2016 yılı itibarı ile Türkiye’de yonca üretim alanlarının üretim miktarlarına göre iller bazında göreceli dağılımı.

Yonca hem kıraç arazide hem de sulu şartlarda yetiştirilebilir. Bununla birlikte su ihtiyacı çok yüksek olan bir bitkidir. Diğer bir ifade ile yoncaya su verildiğinde verim çok fazla miktarda artmaktadır. Yonca 1 kg kuru madde üretebilmek için 560-830 kg su sarf eder. Çeşide bağlı olmakla birlikte yonca kurak şartlara dayanıklı bir bitki olup, kurak ve yarı kurak koşullara iyi uyum göstermektedir. Yıllık yağışı 350-450 mm olan alanlarda sulamadan yetişebilmektedir. Bununla birlikte yonca bitkisi, ılık ve nemli yerlerde iyi gelişirler. Örneğin, adi yonca için en uygun yetiştirme sıcaklığı 15-25 °C/10-20 °C (gündüz/gece) kabul edilir. Daha düşük sıcaklıklarda büyüme yavaşlar, çiçeklenme gecikir. Çok sıcak havalarda ise bitkiler erken generatif (çiçeklenmeden itibaren tohum, meyve oluşumu ve olgunlaşmayı kapsayan) devreye geçerler. Yonca kurağa dayanıklıdır. Fakat sıcak bölgelerde sulama yapılması gerekmektedir.

Genel olarak, yoncanın sonbaharda ekilmesi arzu edilir. Böylece, yoncadan ilk ekim yılında ilkbahar ekimine göre daha fazla ürün alınır. Ancak, Orta Anadolu’da ve bu bölge gibi kışı sert geçen yerlerde ilkbahar ekimi yapılır. Çünkü, genç yonca fideleri sert kışlara bu bölgelerde dayanamaz. İlkbaharda toprağın tava geldiği mart ayının ortalarından nisan sonuna kadar ekim yapılabilir. Tohumun çimlenip gelişmesi ve fidelerin toprak yüzünde gözükmeye başlama için toprakta yeterli rutubet bulunmalıdır. Sonbaharda geç ekilmiş yonca tarlalarında da bitki fideleri kış soğuklarından zarar görebilir. Bunun için sonbaharda yapılacak ekimi erken yapmak ve bitkilerin kışa köklenmiş gelişmiş bir şekilde girmesine çalışmak lazımdır. Bu nedenle, ülkemizde kışların sert geçmediği Güneydoğu Anadolu bölgesindeki yetiştiriciler, erken ilkbaharda yonca ekimini tercih etmektedir. Aşırı iklim olayları, yem kalitesini önemli derecede azaltan doku yaşlanmasına yol açar.

Sıcaklık, yağış, atmosferdeki karbondioksit içeriği ve aşırı hava olaylarının artışı bitkilerde verimi, üretim miktarını, hasat zamanını ve çayır - meralar açısından otlatma verimini değiştirmektedir.

Örneğin, yaygın bir şekilde dile getirildiği gibi koyun ve keçi gibi hayvanlar küresel ısınma nedeniyle artan sıcaklıklara karşı daha dayanıklıdır, çayır-mera gibi doğal alanlarda otlayan, geniş getiren hayvanlar ise artan hava sıcaklıklarından doğrudan ve daha fazla etkileneceklerdir. Özellikle kuraklığa bağlı olarak doğal otlatma alanlarındaki verimin düşmesi beslenme nedeniyle hayvanların yaşamlarını olumsuz etkileyecek, mısır ve yonca gibi suya ihtiyaç duyulan yem bitkilerinin üretimi düşüp, yem fiyatları artabilecek. Bu nedenle gelecekte sıcaklığa dayanıklı tür ve ırkların yetiştiricilikte daha fazla önem kazanacağı düşünülmektedir.

ÇŞB (2012B)’ye göre de iklim değişikliği ile yem kaynaklarında oluşabilecek üretim düşüklüğü, hayvanların yem temininde sorunlar yaratabilir, yem hammaddelerinde üretim azlığı nedeniyle oluşabilecek fiyat yüksekliği, hayvansal üretimin daha da gerilemesine, bu da nüfusun gıdaya ulaşımında sorunlara neden olabilir.

Akınerdem, (2014b)’e göre yem bitkileri bir ülkenin olmaz ise olmazıdır. Zira “et meselesi, ot meselesidir”. Bu nedenle, Doğu Anadolu’nun verimli meraları hayvancılığa kazandırılmalıdır. Yağlı tohumlar için söylenecek en önemli en son söz kuraklığa dayanıklı, suyu en az istenen, yağlı kaliteli, yağında CLA oranı yüksek, orjinallerinden biri de Anadolu olan ASPİR bitkisinin ele alınmasıdır. Aspir, yıllık 300-350 mm, yetiştirme döneminde 150-200 mm olan yerlerde bile sulanmaksızın üretilir. Kışlık ve yazlık formları olan bu bitki üzerinde resmi politikalar durmalıdır. Öyle ki 5 milyon hektar nadas, göçler nedeniyle 2 milyon hektar alanda üretim yapılmayan bir ülkede en azından aspir üretilerek 2 milyon ton bitkisel ham yağ, 4 milyon ton küspe üretimi yapmak hedeflenmelidir Akınerdem, 2014b)

2017 Milli Tarım Projesi kapsamında yem bitkileri tüm havzalarda destekleniyor. Bununla birlikte, 2040 yılından itibaren yonca üretim bölgelerinin çoğunda bitki büyüme mevsiminde su eksikliği artmaktadır. İklim değişikliğinden dolayı su eksikliğindeki azalma 2040 yılından itibaren yonca ekilen alanlarda giderek artmaktadır. Örneğin, Şekil IV.25’de gösterildiği gibi Van Gölü Havzası’nda özellikle ilkbahar yağışlarında ileriki yıllarda önemli azalmalar olacağı öngörülmektedir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Atmosferik karbondioksit (CO₂), küresel ortalama hava sıcaklığı ve yağıştaki farklılıkların 21. yüzyılın sonunda önemli ölçüde artması beklenmektedir. Atmosferik CO₂'nin artan konsantrasyonu, küresel atmosferik değişimin en tahmin edilebilir yönüdür: Örneğin, 1980 ve 2014 arasında atmosferik CO₂ konsantrasyonu 338'den 398 ppm'e yükselmiştir. En kötü senaryoya göre, 2100 yılında atmosferik CO₂ konsantrasyonu 936 ppm olabilecektir (IPCC, 2013b). Bunun bir sonucu olarak, en yüksek ısınmanın ise Kuzey Yarımkürenin yukarı enlemlerinde oluşması beklenmektedir. Bu durum ekvator ile kutuplar arasındaki sıcaklık farkını azaltıp mevcut fırtına yörüngelerini değiştirerek Akdeniz Bölgesi ile birlikte Türkiye'de özellikle (en tehlikeli olan) kış kuraklığına neden olacaktır.

Bu nedenle küresel iklim değişiminin, Kuzey Avrupa tarım sistemlerinin verimliliğini artırma olasılığı yüksektir. Diğer bir deyişle, kuzey yarım kürenin yüksek enlemlerinde, artan CO₂ konsantrasyonu ve hava sıcaklıkları nedeniyle ürünlerin kaynak kullanım verimliliği doğrudan artacaktır. Bu bölgelerde daha yeterli yağış ve yüksek sıcaklıklar, ilkbahar mahsullerinin daha erken ekilmesine olanak tanıırken, artan karbondioksit konsantrasyonları [CO₂] da bitkilerin fotosentez oranını artıracaktır (Lawlor ve Mitchell, 1991). Türkiye dahil Güney Avrupa'da su sıkıntısı ve aşırı hava olaylarında olası artış, hasat veriminin düşmesine, çayır ve meralar açısından otlatma veriminde ve geleneksel bitkiler için uygun alanlarda azalmaya neden olacaktır. Bu nedenlerden dolayı, Türkiye'de mevcut su, gıda, tarım ve hayvancılık sistemlerinin tümüyle yeni iklim koşullarına uyarlanması gerekecektir.

Özetle Dünya genelinde küresel iklim değişimin olumlu ve olumsuz etkilerinin şöyle olması beklenmektedir:

- Atmosferde artan CO₂ miktarı
- CO₂'in gübreleme etkisi ürün verimliliği artışı
- Asitlenme nedeniyle okyanus verimliliği düşüşü
- Yüksek Hava Sıcaklıkları
- Sıcaklıklardaki artış 3°C'yi aşmamak şartıyla yüksek enlemlerde uzayan büyüme mevsimleri ve verimlilik artışı
- Aşağı enlemlerde mahsul kayıpları ve verimlilik düşüşler

- Göl ve okyanuslarda öngörülemeyen etkiler
- Az kış ölümleri ama hayvancılık için artan termal (ısı) stres
- Hayvancılık işletmelerinde elden çıkarma tedbirleri ve sayıda azaltma
- İşsizlik ve kırsaldan göç
- Orman yangınlarında artışlar
- Yağışta değişimler
- Yağışın azaldığı bölgelerde ekilebilir arazinin azalması
- Artan veya değişmeyen yağış bölgelerinde su hasadındaki zorluklar
- Azalmış yağış alanlarındaki sulu tarımda düşüşler
- Zararlılar ve Hastalıklar
- Daha erken ilkbahar etkinliği, kış daha kolay atlatabilme ve daha fazla hayatta kalma, yaşam alanlarında genişleme
- Aşırı Hava Olayları
- Mahsul kalitesizliği veya azalmış verimleri
- Çiftlik hayvanlarının ölümü
- Ulaşım hatlarının bozulması, vb. lojistik problemler
- Yükselen Deniz Su Seviyesi
- Bazı kıyı bölgelerinde ekilebilir arazinin tuzlanması
- Erozyonla tarım alanlarının kayıp edilmesi.

Bu nedenle, bu çalışmada özetlendiği gibi küresel iklim değişikliği senaryoları, ülkemizde 2100'e kadar tüm projeksiyon dönemleri boyunca hava sıcaklıklarında senaryoya bağlı olarak bazı farklılıklar göstermekle birlikte genel olarak önemli artış gösterdiğine dikkat edilmelidir. Örneğin, MPI-ESM-MR modeli RCP8.5 senaryosuna göre hava sıcaklığındaki artış yaklaşık 4,5°C'ye ulaşmakta. En büyük sıcaklık artışlarının iç ve doğu kesimlerinde, yani Van, Fırat-Dicle, Seyhan, Ceyhan ve Konya Kapalı Havzalarında ve en düşük sıcaklık artışlarının ise Ergene, Marmara, Kuzey Ege ve

Karadeniz Havzalarında olacağı öngörülmekte. Bu durum, Ege, İç Anadolu, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerimizde büyüme daha sık sıcak hava dalgalarına, kuraklıklara ve bitkilerde ısı stresi ile birlikte önemli verim azalmalarına neden olacaktır.

Normalde Türkiye'de tarım, kuraklık gibi hava olayları karşısında hassastır. Örneğin, Kahraman vd., (2017) yaptıkları bir çalışmada Türkiye'de kuraklığın yaşandığı 2004, 2007, 2008 ve 2013 yıllarında yeşil mercimek, pamuk, taze fasulye, patates gibi ürünlerin bitkisel verimliliklerini incelemiştir. Yazarlar ele aldıkları yıllar ve bitkiler bazında yaptıkları kuraklık-verim değerlendirmelerinde kuraklık yaşanan dönemlerde bitkisel verimlilikte % 30'lara varan oranlarda azalmalar tespit etmişlerdir. Bu nedenle Türkiye iklim değişikliğine en duyarlı olan ülkelerden biridir.

İklim değişikliği senaryolarında yağışlardaki en dramatik değişimler daha çok Akdeniz kıyıları boyunca yer alan havzalarda kışın meydana gelmektedir. MPI-ESM-MR modeline göre Batı Akdeniz, Antalya, Doğu Akdeniz, Seyhan, Ceyhan ve Asi Havzaları yıllık yağış toplamalarında (yüzyılın sonuna doğru) 200 mm'ye varan düşüşler beklenmektedir. Diğer bir deyişle, Akdeniz bölgesi için, yağış miktarında azalma (kışın % 10'a, yaz aylarında % 10-20 arasında) öngörülmüyor. Böylece su sıkıntısı ve aşırı hava olaylarında olası artış, hasat edilebilir ürünlerin oranının düşmesine, verimde değişkenliğe ve geleneksel bitkiler için uygun alanlarda azalmaya neden olacaktır. Karadeniz Bölgesi'nde kış yağışlarında artış, Doğu Anadolu'da ilkbahar akışlarında azalma ve kış akışlarında artış tahmin edilmektedir.

Özetlemek gerekirse genel olarak gelecek öngörülerine göre Türkiye'de:

- Hava Sıcaklığı: Yaz aylarında daha fazla olmak üzere hava sıcaklıkları her yerde ve her mevsim yükselecek ama 2050'li yıllardan itibaren artan hava sıcaklıkları nedeniyle havzalardaki kuraklık (aridity) Türkiye'nin güneyinde çok şiddetlenecek ve iklim kuşakları kuzeye kayacaktır. Sıcak ve kurak devrelerin süresindeki ve şiddetindeki artış, kuraklık ve çölleşme ile tuzlanma ve erozyon gibi olayları da hızlandıracaktır. Sıcaklıktaki artış insan ve hayvan sağlığı üzerinde de olumsuz etkiler yapacak, aşırı sıcaktan kaynaklanan, haşere, hastalık ve ölüm oranları artacaktır.
- Yağış ve Su: Türkiye genelinde özellikle 2041 yılı sonrasında daha fazla hissedilmek üzere toplam yağışta azalmalar öngörülmüyor. Özellikle Doğu Akdeniz, Seyhan ve Ceyhan havzaları başta





olmak üzere Türkiye'nin güney kısımlarında yağış önemli oradan azalırken; kuzey ve özellikle Doğu Karadeniz, Batı Karadeniz ve Yeşilirmak Havzalarında yağışta (150 mm'lere varan) küçük bir artış olması beklenmektedir. Kıyı şeridinde kısmen uzak havzalar olan Konya, Akarçay, Burdur, Kızılırmak ve Sakarya Havzalarındaki 2015-2100 yılları arasındaki azalan yağış eğilimleri, tüm modellerde benzerlik göstermektedir. Böylece Türkiye'nin mevcut su kaynakları sorununa yeni sorunlar eklenecek, sulama, içme ve kullanma suyunda büyük sıkıntılar yaşayacaktır.

- Kar Örtüsü, Çiğ ve Seller: Sıcaklıklardaki artışlar nedeniyle Türkiye genelinde kar yağışlı günler, kar yağışı miktarları ve toplam kar örtüsünde azalmalar yaşanacak. Dolayısıyla da yaz mevsiminde ihtiyaç duyulan su miktarının ve yer altı sularının beslenmesinin 2015-2100 yılları arasında giderek azalacak. Artan sıcaklıklara paralel olarak kar daha çabuk ergime fazına geçecek, bu da bahar aylarının sonlarında ve yaz aylarında ilgili bölgelerde su stresini artıracaktır. Ayrıca mevsimlik kar ve kalıcı kar-buz örtüsünün kapladığı alanlarda erime ve ergimelere bağlı olarak kar çığları ve sellerde de artışlar olacaktır.

- Deniz Suyu Seviyesi ve Deniz Ürünleri: Kıyı şeridinde yer alan düşük kotlu tarım, yerleşim ve turizm alanları deniz su seviyesi yükselmesi nedeniyle hem su altında kalacak, hem de kullandıkları yer altı su kaynakları tuzlanma tehlikesi ile karşı karşıya kalacaktır. Ayrıca deniz akıntılarındaki ve su sıcaklığındaki olumsuz değişimler, deniz ekosistemleri üzerinde negatif etkiler yaratacak, su ürünlerini de azalacaktır.

- Fırtına ve Dolu: Yağış azalmaları en fazla kış mevsiminde olacak, fakat ilkbaharın başından sonbaharın sonuna kadar konvektif yağışlar ile beraber şiddetli sağanaklar ile beraber dolu yağışında artışlar olacak.

Sonuç olarak,

- Artan ortalama hava sıcaklıklarının yıllık buharlaşma-terlemede artışlara yol açarak toprağı kurutması, kış aylarının kurak geçmesinin yanı sıra bahar aylarında artan ani/kısa aşırı yağış ve dolu olaylarına, zararlılarda ve hastalıklarda artışlara neden olarak tarımsal üretim sistemlerinde büyük zararlara yol açabilecek ve tarımsal üretim potansiyelleri değişebilecektir. Yalnız bu etkinin şiddeti, önümüzdeki yüzyıl boyunca ve özellikle yaz aylarında İç Anadolu başta olmak üzere ülkemizin bazı bölümlerinin daha kurak olması gibi bölgeden bölgeye farklı olabilecektir. Bununla

birlikte, büyüme mevsimlerinin ilkbahar ve sonbahara kadar uzanması da dahil olmak üzere diğer faktörler, bitki büyüme derece günleri artarken, bitki örtüsü kaymaları, don/buz/karla kaplı alanlarda çözülme buharlaşma-terleme ve ekosistem değişikliğinde daha büyük rol oynayabilir.

- Bunların bir sonucu olarak küresel iklim değişikliği, gelecekte Türkiye'de tarımı ve gıda üretimini doğrudan ve dolaylı yollardan önemli ölçüde etkileyecektir. Böylece, Türkiye'de iklim değişikliğine bağlı olarak ülke genelinde bitki büyüme dönemlerinde kısalmalar, fenolojik dönemlerde erkene kaymalar ve buna bağlı verimde azalmalar olacağı, verimdeki azalmalar nedeniyle de üretim miktarının azalacağı varsayılmaktadır. Üretim deseninde ve ekim alanlarında bölgeler itibarıyla değişiklikler olacağı, buğday ve ayçiçeğinde ihracatın azalacağı, mısır ve pamukta ithalatın artacağı, kuraklık, sel, dolu gibi şiddetli hava olaylarının şiddeti, görülme sıklığı, etkili oldukları alan ve süre bakımından artması sonucunda da ürün kayıplarında önemli artışlar olacağı ve yurt içinde ürün maliyetlerinin artacağı öngörülmektedir.

- Ülkemizde tarihsel olarak kuraklığa yatkın bölgeler muhtemelen daha kurak hale gelecek veya büyüme mevsimi boyunca artan su açığını doldurmak için diğer bölgelerden gelen su girdilerine giderek bağımlı hale gelecektir. Sonuç olarak olumsuz iklim koşulları nedeniyle Türkiye'de tarımsal üretimde verim ve kalite azalacak, iç ve dış piyasalarda fiyatlar aşırı derecede yükselecek, ithalat artıp ihracat düşecektir.

- Böylece gelecekteki iklim koşulları, kesinlikle tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'deki tarımsal sistemlerde de önemli değişiklikler yaratacaktır. Bu nedenle, farklı iklim senaryoları altında ekin büyümesi ve gelişimi (etkileri) üzerindeki değişiklikler hakkında eksiksiz değerlendirmeler yapmak ve aynı zamanda tarım sistemlerinin uyum sağlayabileceği gerçekçi yolları değerlendirmek gerekir.

- Bütün bunlar ile beraber, küresel iklim değişikliğinin Türkiye üzerindeki etkileri her bölgede aynı değildir. Sulanan ve yağmurla beslenen yönetimin etkinliği, bölgelere göre değişir ve farklı bölgesel zayıflıklar ve potansiyel getiriler üretir. Örneğin, özellikle şu an çölleşme tehdidi altında olan İç ve Orta Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Iğdır Bölgesinin önemli bir kısmı azalan su kaynakları yüzünden çok daha olumsuz bir şekilde etkilenecektir. Bu nedenle Türkiye'de hem tarımsal hem de çevre politikaları bölgeden bölgeye farklılıklar arz etmeli ve tek tipçi yaklaşımdan uzak durulmalıdır.

- Özetle Türkiye'nin farklı bölgelerinin iklim değişikliğinden farklı biçimde etkileneceği öngörülmektedir. Örneğin Ege, Orta Anadolu ve Akdeniz'de kış ve ilkbahar yağışları azalırken, hem yaz aylarındaki hava sıcaklığının hem de buharlaşma-terlemenin artmasından dolayı sulama yapılması gereken dönem ve sulama suyu miktarı bugüne göre birkaç katına çıkabilecektir. Özellikle Orta Anadolu Tarım Havzasında, mısır bitkisinin su tüketiminin en yüksek olduğu, Temmuz ve Ağustos ayları giderek daha kurak ve sıcak olacaktır. Orta Anadolu Havzasındaki Nisan ve Mayıs yağışlarında da önemli azalmalar olacağı öngörülmekte. Diğer bir deyişle, gelecekte Orta Anadolu Havzasında ayçiçeği ekimi daha fazla sulamayı gerektirecektir. Böylece, Orta, İç Anadolu ve Akdeniz Bölgelerinde buğday ekim alanları giderek daralırken; Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgelerimizde buğday ekimi yapılan alanlarında küçük artışlar olabilecektir. Özellikle çiçeklenme ve tane doldurma döneminde daha sık sıcak hava dalgalarına maruz kalacağı için yazlık buğday, mısır gibi ürünlerin veriminde de önemli düşüşlere neden olabilecektir. Sonuç olarak şu anda kuru tarım yapılan ve hububat yetiştirilen alanların kuzeye doğru kayacağı ve özellikle su kaynakları bakımından yetersiz olan kurak bölgelerimizde önemli sorunlara neden olacağı tahmin edilmektedir. Bununla beraber ayçiçeğine özgün tarımsal hasarelerde de önemli artışlar olması beklenmekte. Ekim dikim tarihleri ile gübreleme oranlarındaki değişikliğe gidilmesi gibi basit önlemler iklim değişikliği ile başa çıkmak için yeterli olamayacaktır.

- Ayrıca, artan hava sıcaklığına karşı koyun ve keçi gibi hayvanlardan daha çok çayır-mera gibi doğal alanlarda otlayan, geniş getiren hayvanlar doğrudan ve daha fazla etkilenebilecek. Özellikle kuraklığa bağlı olarak doğal otlama alanlarındaki verimin düşmesinin beslenme nedeniyle hayvanların yaşamlarını olumsuz etkileyecek, mısır ve yonca gibi suya ihtiyaç duyulan yem bitkileri üretiminde düşüşe ve yem fiyatlarında artışa sebep olabilecek. Bu nedenle gelecekte sıcaklığa dayanıklı tür ve ırkların yetiştiricilikte daha fazla önem kazanacağı düşünülmektedir.

Bütün bu nedenlerden dolayı tarımın iklim değişikliğine adaptasyon önlemleri bölgelere göre ayrı ayrı belirlenmeli ve uygulanmalıdır. Diğer bir deyişle, tarım verimliliğini iklim değişikliğine adapte etmek için geliştirilen stratejiler Türkiye'deki farklı bölgeler arasında değişecektir. Ekim tarihleri ile gübreleme oranları iklim değişikliği ile başa çıkmanın iki basit yoludur. Bununla birlikte, sıcak bölgelerde, kışın sonunda ve erken ilkbaharın başında sıcaklık sınırlamaları azaltıldığı için, ekim sezonun daha erkene alınarak ik-



lim değişikliğinin etkilerini kısmen telafi etmek belki mümkündür.

Bunun için de iş isten geçtiği daha sonraları için değil; mümkün olduğunca çabuk, yani şimdi harekete geçmeliyiz. Diğer bir deyişle, artık “şimdi doğaya karşı kirli ve yıkıcı bir büyümeyi, daha sonra da çevreyi temizlemeyi” göze alamayız. Çünkü uzak bir gelecekte değil, şu an küresel iklim değişikliği;

- Kalkınmada büyümeyi engelleyip yoksulluğu artırıyor
- Genel riskleri ve gıda güvencesi açığını büyütüyor
- İnsan yaşamına, sağlık, geçim ve gıda güvenliğine büyük tehdit oluşturuyor.

Yarı kurak bölgelerde yağış azalması, sıcaklık artışları, sulanan alanlarda su kaynaklarındaki azalmalar nedeniyle tarımsal ürünlerin verimlerinde azalma beklenmektedir. Bu nedenle, iklim değişikliğinden kaynaklanacak etkiler (suyu veren ve alan havzadaki sıcaklık/yağış/buharlaşma ve akış değişimleri) su transferi projelerinin çevresel ve ekonomik risklerini artırdığı için, projelerin planlama aşamasında dikkate alınmalıdır.

1950’li yıllardaki poliploidi ve 1970’li yıllardaki hibrid ıslahı ile gerçekleştirilen yeşil devrim gibi ileriki yıllarda “yeni ıslah teknikleri” devreye girerek kuraklığa toleranslı yeni çeşit ıslahları mutlaka yapılabilir diye düşünülebilir. Bu tür “gelecekte düşük maliyetli ve/veya yeni teknolojiler icat edilebilir, bu nedenle şimdi iklim değişimine uyum çalışmalarımızı en düşük düzeyde tutmalıyız” şeklindeki bir argümanı etik olarak kabul edilebilir bir davranış değildir. Soruna neden olan yanlış alışkanlıkları değiştirmek yerine doğal olmayan yöntemler önermek ya da gerçekleşmesi kesin olmayan bu tür beklentiler IPCC sonuç bildirgesinde “spekülatif, hesapsız, yan etkileri belli olmayan öneriler” olarak nitelendirilmiştir (Muylaert ve Luiz, 2002).

Bu nedenle, iklim değişikliği karşısında ulusal ve yerel düzeyde güçlü politikalar ve uygulanabilir planlama gıda güvencesini sağlamada bir adaptasyon stratejisi uygulamak için temel olacaktır. Ülkemizde daha çok geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması gereken tarım sigortaları en çağdaş risk transfer sistemlerinden biridir. Örneğin mahsul sigorta politikası çiftçiye eğer bir doğa kaynaklı afet (kuraklık, sel, hastalıklar ve zararlı istilası gibi) dolayısıyla üretim düşerse koruyacaktır. Dahası devlet doğa kaynaklı afetleri tahmin etmek için gözlem sistemlerinin gelişimine dair politikaları güncellemeli ve mesajı çiftçiye iletmek için acil bir alarm

sistemi geliştirmelidir.

FAO gerçek ihtiyaç sahipleri için gıdaya doğrudan erişimi teşvik etmek amacıyla sürdürülebilir tarım ve kırsal kalkınma için “ikiz parça yaklaşımı” önermiştir (Stamoulis ve Zezza 2003). Ayrıca kamu-özel ortaklığını teşvik etmek tarımsal gelişme için faydalı olacaktır. Bazı araştırmalara göre yollar ve sulama gibi kırsal alt-yapıya yapılan kamu yatırımları diğer faktörlerden daha önemlidir. Dev ve Sharma (2010) geliştirmekte olan ülkelerin hükümetlerinin çiftçilere verilen devlet desteğini azaltmasını veya vermemesini önerir. Bunun yerine büyük ölçekli yatırımlar teşvik edilmelidir. Çünkü tarım teşvikleri parasal olarak geri dönüşümsüzdür ve kaynakların kötüye kullanımına neden olur. Lal (2004) organik tarımla (Bitki kalıntı malç veya ağaçların uygulanması) çevreyi bozmadan mahsul verimin arttırılabileceği sonucuna varmıştır.

Ayrıca geçmiş birkaç on yılda verimli tarım arazileri daralmaktadır. Bunun nedeni hızlı şehirleşme ve endüstriyel gelişimdir. Bu nedenle tarımsal arazilerde bu tür faaliyetleri kısıtlayan politikalar geliştirilmelidir. Öte yandan bu tip gelişmeciler işler çorak veya kullanılmamış araziler için de teşvik edilebilir (Godfray vd., 2010).

Artan hava sıcaklıkları ve buharlaşma-terleme nedeniyle bitkilerin su ihtiyaçlarında artış meydana gelebilecek; azalan yağışlar nedeniyle gelecekte sulama yönetimi büyük önem kazanacaktır. ÇŞB (2016)’da özetlendiği gibi ülkemizde su kaynaklarının büyük bir çoğunluğunun tarımsal amaçlı olarak kullanıldığı, mevcut potansiyelimiz itibarıyla ülkemizin su konusunda rahat olmadığı ve son dönem su problemlerini hemen her bölgemizin yaşadığı, yeraltı potansiyelimizin azaldığı göz önünde bulundurulduğunda, ilerleyen zamanın bölgemiz ve ülkemiz için daha büyük sorunlara gebe olduğu açıktır. Bu nedenle, iklim değişiklikleri sonucu sıklıkla meydana gelen kuraklığın tarımsal üretim üzerindeki etkileri, yer altı ve yer üstü su rezervleri üzerindeki baskısını, doğal denge üzerindeki tahribatını en aza indirerek, sürdürülebilir bir tarımsal gelişme sağlamak esastır.

Bu nedenle, küresel iklim değişikliği sonucu daha fazla gündeme gelecek en önemli konu sulama ve su kaynaklarıdır. Toplam ortalama yıllık yağış miktarı, kültür bitkileriyle ekonomik üretim yapmak için uygun olmayan Türkiye’de bir çok bölge için tarımın tek anahtarı sudur. Aşırı su çekimi ile hızla düşmekte olan yeraltı su seviyesi azalan yağışlar ile beslenemeyeceği için daha da azalacağından çiftçilerin giderek yeraltı suyuna ulaşması daha da zorlaşacaktır. Ayrıca bir çok yerde sulak alanlar özelliğini yitirecek,

yetersiz yağış nedeniyle topraktan yıkanıp uzaklaşamayan tuzlar, aşırı ve bilinçsiz sulama nedeniyle tuzlanma gibi bir çevre sorunu olmaya devam edecektir. Bu nedenle, deniz suyu dahil olmak üzere tuzlanan sulama suları, su sıkıntısı yaşayan bölgelerde güneş gibi yenilenebilir enerji kaynakları kullanıp artırılarak tarımda kullanılması konusunda Ar-Ge çalışmalarına ve girişimcilerin teşvik edilmesine önem verilmelidir.

Yakın zamanda sonuçlandırılan bir TÜBİTAK projesinde (114Y114 nolu proje, Şen, 2017; Yılmaz vd., 2017a,b) GAP kapsamında öngörülen tarımsal genişleme hedeflerinin havzanın su kaynakları açısından gerçekçi olmadığı ve hedeflenen sulama projelerinin tamamlanması durumunda bölgede oluşacak su açığını karşılayacak miktarda suyun bulunamayacağı sonucuna ulaşmıştır. Bu çalışmada sadece arazi örtüsü arazi kullanımı (AÖAK) değişiminin bölgenin su bütçesi üzerine etkilerinin yanı sıra hem AÖAK hem de atmosferin kompozisyonundaki değişimlerin birlikte etkisi modeller yardımıyla araştırılmıştır. Sonuç olarak bölgede tarımsal genişlemeyi ifade eden AÖAK değişiminin buharlaşma-terleme yoluyla çok büyük miktarda su kaybına yol açacağı ve gelecekte bu açığın havzanın yukarı kısımlarında elde edilecek su fazlalığı ile karşılanamayacağı hesaplanmıştır. Aynı çalışma atmosferin kompozisyonundaki değişimden kaynaklı iklim değişikliğinin de bölgenin su bütçesini olumsuz etkileyeceğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla her iki değişim de bölgenin su açığını arttıracak, dolayısıyla su problemini kötüleştirecek yönde etki edecektir. Bölgede (sulamalı) tarımsal genişleme yönünde ilerlemek bir yandan insan kaynaklı iklim değişkenliğine olan kırılganlığı artırırken diğer yandan sektörler arası (tarım, enerji, endüstri, domestik, aşağı ülkelere su salma gibi) su paylaşımındaki esnekliği azaltarak iklimin değişkenliğine olan kırılganlığı da artırmaktadır. Bu nedenlerden dolayı GAP, KOP gibi büyük tarımsal projelerin bundan sonraki adımlarında bu ve benzeri bilimsel çalışmaların dikkate alınması önemlidir.

Bununla birlikte, Babaoğlu’nun (2016) üzerinde önemle durduğu gibi “su ve insan kaynağı yeterli olmayan bölgelerin kalkınma stratejisini sadece tarım üzerine kurması oldukça risklidir”. Küresel iklim değişikliğini de dikkate alarak ülkemizdeki “tarımda değişim, bölgede dönüşüm” çalışmalarında bölge içi ve bölgeler arası gelişmişlik farkları ile eşitsizliklerin giderilmesi, kır-kent arasındaki sosyo-ekonomik farklılıkların azaltılması ve kentsel-kırsal alanlarda yaşam kalitesinin yükseltilmesi amacıyla politikaların geliştirilmesi ve bunların bölgesel-ulusal gelişme hedefleri bağ-



lamında ele alınması büyük önem taşımaktadır (Babaoğlu, 2016). Bu nedenle örneğin sahip olduğu arazilerin en fazla yüzde 30’unu sulayabilecek ve kuraklık tehdidi ile karşı karşıya olan Konya Ovası gibi bölgelerin küresel iklim değişimi riski de dikkate alınırken sanayi, ticaret, eğitim, sağlık ve turizm gibi diğer alanlarda güçlendirecek daha doğru bir dönüşüm programı uygulanması kaçınılmaz olabilir. Böylece dikkatli bir arazi kullanımı planlaması da yapılarak yatırımlar öncelikle küresel iklim değişikliği yüzünden tarımla kalkınması mümkün olmayan bölgelere kaydırılarak Marmara Bölgesi’ne sıkışan sanayinin yükü de azaltılmış olacaktır.

Özellikle küresel iklim şartlarında tarımla kalkınabilecek bölgelerde su kaynaklarının geliştirilmesine ve alt yapının modernleştirilmesine yönelik çalışmaların, öncelikle su havzaları temelinde ve yerinde bütüncül bir yaklaşımla ve değişen tüketim taleplerini karşılamakta esneklik sağlayan bir şekilde planlamasını mümkün kılacak, ilgili kurumlar arasında güçlü ve yapısal bir eşgüdüm sağlayacak şekilde yeniden düzenlenmiş kapsamlı bir mekanizma çerçevesinde ve suyun tasarruflu kullanımı sayesinde su kaynaklarının ve yeni su teknolojilerinin etkin kullanımına önem ve öncelik verilmesi önemlidir. Ayrıca tasarruflu tarım sistemlerine yönelik arazi toplulaştırılması ve kapalı sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması gerekmektedir.



Öncelikle de kurak ve yarı kurak bölgelerde yağmur suyu yönetiminin geliştirilmesinde çok önemli, bitki örtüsünü geliştirmek ve erozyonu azaltmak için de etkili bir yöntem olan yağmur suyu hasadı uygulamaları mümkün olan her yerde yaygın bir şekilde uygulanmalıdır. Türkiye'de kurak alanlarda geçmişten günümüze su sağlamada oldukça yaygın bir şekilde kullanılan bu geleneksel yöntem yeni teknolojiler ile ve en kısa süre içinde yasal ve teknik bir zorunluluk haline getirilmelidir.

Akınerdem (2014a)'e göre su yönetiminin teknik boyutu yanında idari boyutu da önemlidir. Suyu kimin yönettiği konusunda Türkiye'de hala bazı ikilemler ve belirsizlikler gibi temel problemler bulunmaktadır. Örneğin, ülkemizde DSİ ruhsat vermezken elektrik şirketleri ruhsatsız kuyulara enerji verebilmektedir. Bu kapsamda, sektörler arası su dağılımı, su artırımı, su yönetimi, su kullanımının denetimi, gözlem ağının genişletilmesi, yer altı ve yer üstünde büyük hacimli depolama yapılarının artırılması gibi konular, öncelikli olarak, değerlendirmeye alınmalıdır (ICCAP, 2007; Kanber vd., 2008; Kanber vd., 2010; Nakagawa vd., 2007). Bunun için tarım ile beraber tarım ile suyunu paylaşan tüm sektörlerde de su kullanımının etkinleştirilmesi için eylem planı hazırlanmalı ve yer altı suyu kullanım oranının düşürülmesi, modern sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması gibi tedbirler hızla uygulamaya konulmalıdır.

Özetle, havzalarda içme ve kullanma suyu, tarım, sanayi, ekosistem hizmetleri ve turizm/enerji/tekstil alt sektörü olmak üzere 5 ana sektörün paylarına düşen suyu bilinçli ve kontrollü tüketmesi ile çağın gereklerine uygun olarak tasarruflu kullanması; örneğin, tarımda iklim şartları ile uyumlu ürün deseninin seçilmesi, modern sulama sistemlerine geçilmesi, yeşil alan sulamasında damla sulamanın tercih edilmesi ve mümkün olduğunda atılmış atık suların sulamada kullanılması; su kullanımını kayda değer oranda azaltan yöntemlerin başında gelmektedir.

Bu nedenle, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı koordinasyonunda hazırlanarak 2011 yılında uygulamaya konulan İDEP'in İklim Değişikliğine Uyum Bölümü altında Tarım Sektörü ve Gıda Güvencesi başlığı yer almaktadır. Bu başlık altında belirtildiği gibi küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı uyum çalışmalarının tarım sektörü ve gıda güvencesi politikalarına entegre edilmesi, tarımda iklim değişikliği etkilerinin belirlenmesi, hızlı ve doğru bir uyumun sağlanması için bilimsel çalışmaların desteklenmesi, tarımsal su kullanımının sürdürülebilir bir şekilde planlaması, toprak ve tarımsal biyoçeşitliliğin iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı korunması gerekmektedir (İDEP, 2011). Bununla birlikte çiftçilerin ve/veya karar vericilerin birkaç yıl daha bekleyip veri

toplamayı, olup bitenleri gözleri ile görmek istemeleri gibi şüpheli yaklaşımları iklim değişikliğine uyum fırsatını büyük ölçüde kaçırabilir.

Dünyada küresel iklim değişikliği sonucu artan hava sıcaklığı ve azalan yağış karşısında, bitkilerin verimi ve fenolojik zamanlamaları nasıl bir değişiklik gösterdiğini belirlemek amacıyla modern iklim modelleri kullanılarak meteoroloji uzmanları tarafından birçok bilimsel çalışma yapılmaktadır. Bunlar günümüzde ülkelerin tarım politikasına da yön verebilecek en önemli çalışmalardır ve Türkiye'de de desteklenmelidirler. Böylece ülkemizde hem devlet destekleri daha rasyonel bir şekilde kullanılabilir hem de doğal kaynaklar korunup uzun vadede sürdürülebilir bir tarım gerçekleştirilebilir.

Özellikle Türkiye'nin tarımsal üretimindeki mavi su ayak izi oranının pamuk ve şeker pancarı gibi bazı ürünlerde çok yüksek olması sulama gerektiren ve sadece yağmur suyu ile yetiştirilemeyen bu ürünlerin doğru yerlere ekilmediğini göstermektedir. Diğer bir deyişle, ülkemiz genel ürün deseni incelendiğinde başta Konya olmak üzere bazı yerlerde iklim tipine büyük ölçüde uygun ürünlerin yetiştirilmediği görülmektedir. Benzer şekilde küresel iklim değişikliği nedeniyle Türkiye su ayak izi yüksek olan ürünleri ihraç ederek uğradığı sanal su kaybını artık ithalat ile dengeleyemeyecektir.

Diğer bir deyişle, Türkiye'de değişen tüketim alışkanlıklarından ve artan üretim hacminden kaynaklanan önemli bir su ayak izi artışı olmaktadır. Bu nedenle, Türkiye'nin ekonomik hedefleri doğrultusunda, artan nüfusun ve büyüyen ekonominin, tarımın ve imalatın su ayak izleri üzerinde yaratacağı baskı şimdiden dikkate alınması, tarım alanları ve su kaynaklarının çakıl taşına kadar korunması, gıdada israfın önüne geçilmesi ve su konusunun makroekonomik kararlara entegre edilmesi ve alınacak tedbirlere ilişkin karar vericiler, iş dünyası ve bireylerin birlikte çalışması gerekmektedir. Bunun için de öncelikle Türkiye'de su kullanımının her yönüyle boyutunu anlamak, su ayak izini ölçmek ve kayıplarının nelerden kaynaklandığını belirleyerek önlem almak, mümkün olduğunca su ayak izini azaltmak ve farkındalık oluşturmak zorundayız.

Bunun için de kısa, orta ve uzun vadeli, her yönüyle uyum faaliyetlerinin belirlenmesi çalışmasında tüm havzalar göz önünde bulundurularak iklim değişikliğinin su kaynaklarına olumsuz etkilerinin azaltılması için yağmur suyu hasadı, su fiyatlandırması, kapalı sulama sistemleri vb. çeşitli uyum faaliyetleri önerileri geliştirilmelidir. Örneğin, yağışa bağlı olan ürünlerde ise azalacak olan

yağmur suyundan bitkilerin faydalanması için gereken önlemler alınmalıdır. Bu nedenle, toprak yüzeyinden suyun akıp gitmesini önleyecek, yani yağış hasadı için uygun düzenlemeler yapılmalıdır. Yeraltı sularının en temel beslenme ortamını oluşturan geçirimsiz taneli / kaya ortam alanları "ekolojik alanlar" kapsamına alınarak korunmalıdır.

İklim değişikliğine uyarılama için tarımsal faaliyetlerin doğru bir şekilde planlanabilmesi için de öncelikle ilçe sınırlarının homojen tarım alanları oluşturmayacağı gerçeğinden hareket ederek tarım üretim havzalarının yeniden belirlenmesi gerekir. Tarım üretim alanları doğru belirlendikten sonra değişen iklim şartlarına göre teşvik edilecek ürünlerin yeniden belirlenmesi gerekir. Örneğin, su içinde büyüyen çeltik tarımı için bol su lazım. Buna ilave olarak hava sıcaklığı ve sulama imkanları elverse bile çeltik tarımı için düz alanlara ihtiyaç var. Bu nedenle, engebeli alanlarda, çeltiğin üretim döneminde kg karşılığı tükettiği su miktarı dikkate alındığında bataklığa sahip havzalar hariç Türkiye'de üretimi kuraklaşan tarım üretim bölgelerinde uygun değildir. Bunun yerine kuraklığa dayanıklı yerli Atalık buğday vb. ürünlerin üretiminin uzman ekiplerin tavsiyeleri üzerine teşvik edilmesi daha rasyonel olur.

Ayrıca belirlenen her bir tarım havzasında tarım alanları, su havzaları, ticaret ve sanayi bölgeleri ayrı ayrı belirlenip arazi kullanımı mutlaka planlanmalı, tarım alanları ve su havzaları çok sıkı bir şekilde korunmalı, doğru yere doğru bitki üretimi teşvik edilmeli, su havzaları ile tarım havzalarındaki su kullanımı ve yönetimi de entegre edilmelidir.

Ne konuşursak konuşalım, ne kadar raporlar hazırlarsak hazırlayalım yukarıda belirlenen ölçüde düzenlemeler yapmadıkça yani icraata geçilmedikçe bir anlam ifade etmez. Bunun için örneğin bir köyü bir işletme gören, havza sisteminin de çalıştırılacağı, ölçek ekonomisi esasına göre işletmeleri olan böylece de suyu, enerjiyi, makine, zaman ve insani ekonomik kullanan, mevcut imkanlarla kendi yenilenebilir (biyoyakıtlar) enerjisinin bir kısmını üreten bir ülke olma yoluna gitmeliyiz (Akınerdem, 2014b).

Bu nedenle mevcut ve mümkün olduğunca tüm tarım faaliyetlerini kontrol edip kısa, orta ve uzun vadede uyum çalışmalarının nasıl geliştirilebileceğine dair kapsamlı bir tablo ve yöntem geliştirilerek aşağıda verilmiştir (Tablo 5.1.-5.3). Aşağıda verilen yol haritasına göre tarımda iklim değişikliğine adaptasyon için arazi ve su kullanımında alınması gereken belli başlı önlemlerin başlıkları şunlardır:

1. Akılcı su kullanımı ve suya olan talebin azaltılması

1.1. Mahsul verimliliği için yeşil ve mavi su kullanımının azaltılması, yağmur suyu hasadının ve gri su kullanımının artırılması, su kayıplarının ve buharlaşmanın mümkün olduğunca azaltılması

1.2. Sulama birlikleri üyeleri arasındaki su dağıtımının iyileştirilmesi

2. Zirai ve tarımsal uygulamaların iyileştirilmesi

3. Sulama birliklerinin ve çiftçilerin kapasitelerinin artırılması

4 Örgütsel ve kurumsal kapasitelerin geliştirilmesi gerekir.



Tablo 5.1. Aşağıdaki tabloya dayanarak, küresel iklim değişikliğine karşı olası uyarılama önlemleri için tarımsal faaliyetlerinizi kontrol edin ve uygun olanları uygulayın.

ETKİNLİKLER (Tarımda iklim değişikliğine adaptasyon için arazi ve su kullanımı seçeneklerinden uygun olanlar seçilip yerine getirilmeli.)	Ekim alanınız/ planladığınız etkinlik / ölçüm vb. için uygun olup olmadığını kontrol edin (✓)
Amaç / Yön 1. Akılcı su kullanımı ve suya olan talebin azaltılması	
Hedef / Yön 1.1. Mahsul verimliliği için su girişinin azaltılması	
1.1.1. Lazerli arazi düzeltmesi	
1.1.2. Etkili teknolojik şemaların seçimi (kontrol, sel, geniş sulama vb.) ve sulama tekniği (oluk uzunluğu, derinlik, eğim mesafesi, akış yoğunluğu, alan kontrolleri kurulması vb.)	
1.1.3. Su sayaçları ile çıkışları teçhiz etme	
1.1.4. Önerilen sulama programına uyma	
1.1.5. Geliştirilmiş sulama yöntemleri (sifon, boru, film, gece sulama vb.)	
1.1.6. Su tasarrufu sağlayan sulama yöntemleri (damla (mikro), sprinkler sulama sistemleri vb.)	
1.1.7. Mevcut sulama ve drenaj altyapısının rehabilitasyonu ve yeniden yapılandırılması (toprak kanallarını filtrelemeden asgari kayıplara, kaplamalı kanallardan buharlaşmayı azaltmak için kaplama vb.)	
Amaç / Yön 1.2. Sulama birlikleri üyeleri arasındaki su dağıtımının iyileştirilmesi	
1.2.1. Sulama birliklerinde agronomist ve meteoroloji mühendisinin koordineli çalışması	
1.2.2. Sulama birlikleri üyeleri tarafından günlük planlamanın başlatılması ve su kullanım takvimine uyulması	
1.2.3. Su tüketim norm ve yönetmeliklerinin gözden geçirilmesi ile sulama şart ve normlarının belirlenmesine yönelik bilgi ve danışmanlık sisteminin oluşturulması.	
1.2.4. Sulama birliklerinde üyelerinin su kullanım programlarına ve limitlerine uyumun izlenmesine katılımı	
1.2.5. Tarımsal sulama ve drenaj altyapısı ile arazi ıslahı durumunun idaresi ve bakımı için sulama birliklerinin sorumluluğu.	
1.2.6. Sulama suyunun taşınması ve paylaşımı için Sulama Birlikleri ve Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü arasındaki ortak işbirliğinin geliştirilmesi	
1.2.7. Düzenli açık sulama uygulamalarının (su açığına daha iyi uyum sağlayan yeni çeşitlerin ve melezlerin kullanımı, optimum verim için marjinal su kullanımı, toplayıcı-drenaj suyu vb.)	
Amaç / Yön 2. Zirai ve tarımsal uygulamaların iyileştirilmesi	

2.1. Toprak hazırlama ve geliştirme (toprak parçalama, işleme, ekim, toprak işleme, toprak alma, sürme vb.)	
2.2. Toprak iyileştirmesi için baklagiller gibi ürünlerin yeniden ekimi (ürün rotasyonu ve çeşitlendirilmesi, daha uygun alanlara doğru kaydırma, vb.)	
2.3. Humus içeriğinin artırılması ve dengeli bitki besinlerinin muhafaza edilmesi (gübre oranları değiştirilerek, toprak bozulmasıyla mücadele vb.)	
2.4. Ekim ve tarım önlemleri şartlarına uyma (kırpma faaliyetlerinin zamanlamasını veya yerini değiştirme vb.)	
2.5. Orman koruma, tarımsal ormancılık (ağaç barınak kemerleri, çalılar vb.), hayvancılık (koyun, kümes hayvanları, vb.) ve kırsal gelirlerin çeşitlendirilmesi için balıkçılıkla ilgili faaliyetlerin tanıtılması.	
2.6. Isı şokuna, tuza, kuraklığa, zararlıya, hastalıklara (patojen yönetimi vb.) karşı direnç artan çeşit, girdi veya türlerin kabulü	
2.7. İşleme ile ilgili kaynak tasarrufu teknolojileri (minimum, sıfır toprak işleme, gübre, tahıl kurutma, vb.)	
2.8. Su toplamak, toprak nemi korumak ve buharlaşmayı en aza indirmek için (yağmur suyu toplama, yeniden dönüşüm, tuzdan arındırma, malçlama, filme alma, kirlilik, su basma, erozyon ve süzüntü önleme vb.) Su tasarrufu, hasat ve depolama teknolojilerinin benimsenmesi	
2.9. Sıcaklık dengesi, çığ toplama ve / veya tuzlu su kullanımı için yeni çöl serası tekniklerinin tanıtılması	
Amaç / Yön 3. Sulama birliklerinin ve çiftçilerin kapasite artırımı	
3.1. Toprak ve suyun korunması ve yönetimi ile ilgili sulama birliklerine ve çiftçilere uzmanları tarafından uygun eğitim ve destek programlarını uygulayın	
3.2. Çiftçilerin en iyi uygulamalar için elden geçirme eğitimi (kısa alan kursları ve basılı el kitaplarının dağıtımı, vb.)	
3.3. En iyi uygulamaların yaygınlaştırılması için deneme alanları, su ve toprak koruma konusunda çiftçi eğitimi ve iklim risk yönetimine yönelik eko tarımsal, vb. çalışmalar	
3.4. Danışmanlık hizmetlerinin oluşturulması (su ve toprak koruma ve eko-tarım gibi iklim risk yönetimi yönelimli uygulamalar için)	
Amaç / Yön 4. Örgütsel ve kurumsal kapasitelerin geliştirilmesi	
4.1. Sulama sektöründeki mevzuat ve yönetmelikleri, değişen tarım koşulları, kurulan hidrolojik altyapı ve hizmet tesisleri göz önüne alınarak değiştirin.	
4.2. Suda yüksek getiriye ödüllendiren kontrollü tahsisli su kurallarının tanıtılması (bölgesel en iyi çiftçi ödülünün sunumu ile sürdürülebilirlik ve en iyi uygulamaları onurlandırma ve teşvik etme, vb.)	



AMAÇ :			
Uyum ölçütü / etkinlikler	Bilgi için mevcut Durum ve Kaynak (istatistikler / anket)	Uyum için faydalar	Zorluklar / Engeller

- Lütfen gerektiğinde satırlar ve / veya sütunlar ekleyin.

Tablo 5.2. Aşağıdaki tabloya dayanarak, mevcut iklim adaptasyon faaliyetleriniz için mevcut durumu, faydaları ve zorlukları / engelleri özetleyin.

ZAMANLA	AMAÇ :				
	Anahtar Uyum Ölçütü / Faaliyetleri	Alt Uyarılama Ölçüsü / Faaliyetleri	Çıktılar ve Performans Göstergeleri	Sorumlu / Eşgüdüm Kuruluşu	İlgili Organizasyonlar
Kısa Dönem (1—5 yıl)					
Orta Vade (6-15 yıl)					
Uzun Vade (15 yıldan uzun)					

- * Lütfen gerektiğinde satırlar ve / veya sütunlar ekleyin.

Tablo 5.3. Aşağıdaki tabloya dayanarak lütfen kısa, orta ve uzun vadeli anahtar ve alt iklim adaptasyon aktifleriniz için çıktıları, performans göstergelerini ve organizasyonlarını özetleyin.

**EKLER**

- I. Havza bazında 2 metredeki günlük hava sıcaklığına göre yılın ilk ve son don tarihleri
- II. Havzalar bazında 10°C'lik toprak sıcaklığına göre büyüme mevsimlerinin başlama ve bitiş tarihleri.
- III. Havzalar bazında büyüme derece günlerin ardışık eklenik toplamalarının beklenen referans ve üç projeksiyon döneminde küresel iklim değişikliği ile değişimi
- IV. Havzalar bazında toprak su dengesinin referans ve üç projeksiyon döneminde küresel iklim değişikliği ile değişimi
- V. Mini Sözlük

EK I. Havza bazında 2 metredeki günlük hava sıcaklığına göre yılın ilk ve son don tarihleri

Tablo I.1. Havza bazındaki ortalamalara göre genellikle ilkbahar aylarında görülen yılın ilk don tarihlerinin (2 m'de sıfır derece hava sıcaklığına sahip günlerin) referans dönemindeki (1971-2000) mevcut durumu ile birlikte 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 iklim değişimi projeksiyonlarındaki değişim eğilimleri. " - " işaretli havzalarda, havza ortalamasını temsil etmesi için genel bir eğilim belirlenememiştir.

Havza No	Havza Adı	1971-2000 (referans dönemi)	2015-2039	2040-2069	2070-2099
1	Güney Marmara Havzası	-	-	-	-
2	Batı Karadeniz Havzası	-	-	-	-
3	Kuzey Batı Anadolu Havzası	11 Mart	11 Mart	3 Şubat	11 Şubat
4	Doğu Karadeniz Havzası	18 Şubat	2 Mart	-	-
5	Karasu Aras Havzası	9 Nisan	8 Nisan	5 Nisan	25 Mart
6	Kuzey Marmara Havzası	-	-	-	-
7	Büyük Ağrı Havzası	27 Mart	23 Mart	12 Mart	29 Şubat
8	Söğüt Havzası	3 Mart	23 Şubat	8 Ocak	-
9	Çoruh Havzası	5 Nisan	8 Nisan	2 Nisan	25 Mart
10	Yukarı Fırat Havzası	4 Nisan	3 Nisan	19 Mart	18 Mart
11	Kıyı Ege Havzası	-	-	-	-
12	Van Gölü Havzası	29 Mart	28 Mart	17 Mart	18 Mart
13	Erciyes Havzası	27 Mart	24 Mart	4 Mart	22 Şubat
14	Kaz Dağları Havzası	-	-	-	-
15	İç Ege Havzası	3 Mart	23 Şubat	26 Ocak	9 Ocak
16	Gediz Havzası	-	-	-	-
17	Meriç Havzası	-	-	-	-
18	Yeşilırmak Havzası	10 Mart	4 Mart	5 Şubat	19 Ocak
19	Orta Karadeniz Havzası	-	-	-	-
20	Karacadağ Havzası	24 Ocak	6 Şubat	-	-
21	Zap Havzası	28 Mart	27 Mart	19 Mart	6 Mart
22	GAP Havzası	-	-	-	-
23	Batı GAP Havzası	-	-	-	-
24	Doğu Akdeniz Havzası	-	-	-	-
25	Kıyı Akdeniz Havzası	-	-	-	-
26	Ege Yayla Havzası	20 Şubat	19 Şubat	-	-
27	Orta Kızılırmak Havzası	10 Mart	3 Mart	2 Şubat	14 Ocak
28	Orta Anadolu Havzası	4 Mart	2 Mart	1 Şubat	11 Ocak
29	Fırat Havzası	14 Mart	7 Mart	2 Mart	12 Şubat
30	Göller Havzası	10 Mart	2 Mart	2 Şubat	12 Ocak



Tablo I.2. Havza bazındaki ortalamalara göre genellikle sonbahar aylarında görülen yılın son don tarihlerinin (2 m'de sıfır derece hava sıcaklığına sahip günlerin) referans dönemindeki (1971-2000) mevcut durumu ile birlikte 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 iklim değişimi projeksiyonlarındaki değişim eğilimleri. “ - ” işaretli havzalarda, havza ortalamasını temsil etmesi için genel bir eğilim belirlenmemiştir.

Havza No	Havza Adı	1971-2000 (referans dönemi)	2015-2039	2040-2069	2070-2099
1	Güney Marmara Havzası	-	-	-	-
2	Batı Karadeniz Havzası	-	-	-	-
3	Kuzey Batı Anadolu Havzası	30 Kasım	13 Aralık	12 Aralık	-
4	Doğu Karadeniz Havzası	-	-	-	-
5	Karasu Aras Havzası	5 Kasım	12 Kasım	17 Kasım	30 Kasım
6	Kuzey Marmara Havzası	-	-	-	-
7	Büyük Ağrı Havzası	23 Kasım	26 Kasım	1 Aralık	10 Aralık
8	Söğüt Havzası	27 Aralık	-	-	-
9	Çoruh Havzası	9 Kasım	15 Kasım	18 Kasım	2 Aralık
10	Yukarı Fırat Havzası	14 Kasım	19 Kasım	21 Kasım	4 Aralık
11	Kıyı Ege Havzası	-	-	-	-
12	Van Gölü Havzası	19 Kasım	24 Kasım	23 Kasım	9 Aralık
13	Erciyes Havzası	24 Kasım	5 Aralık	3 Aralık	20 Aralık
14	Kaz Dağları Havzası	-	-	-	-
15	İç Ege Havzası	26 Aralık	-	-	-
16	Gediz Havzası	-	-	-	-
17	Meriç Havzası	-	-	-	-
18	Yeşilirmak Havzası	1 Aralık	14 Aralık	23 Aralık	-
19	Orta Karadeniz Havzası	-	-	-	-
20	Karacadağ Havzası	-	-	-	-
21	Zap Havzası	21 Kasım	24 Kasım	24 Kasım	9 Aralık
22	GAP Havzası	-	-	-	-
23	Batı GAP Havzası	-	-	-	-
24	Doğu Akdeniz Havzası	-	-	-	-
25	Kıyı Akdeniz Havzası	-	-	-	-
26	Ege Yayla Havzası	27 Aralık	-	-	-
27	Orta Kızılırmak Havzası	18 Aralık	14 Aralık	26 Aralık	-
28	Orta Anadolu Havzası	23 Aralık	16 Aralık	-	-
29	Fırat Havzası	27 Kasım	6 Aralık	8 Aralık	24 Aralık
30	Göller Havzası	19 Aralık	15 Aralık	-	-

EK II. Havza bazında 10 °C'lik toprak sıcaklığına göre büyüme mevsimlerinin başlama ve bitiş tarihleri

Tablo II.1. Havza bazındaki ortalamalara göre ve 10 °C'lik toprak sıcaklığına göre bitki büyüme mevsimlerinin sona erme tarihlerinin referans dönemindeki (1971-2000) mevcut durumu ile birlikte 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 iklim değişimi projeksiyonlarındaki değişim eğilimleri.

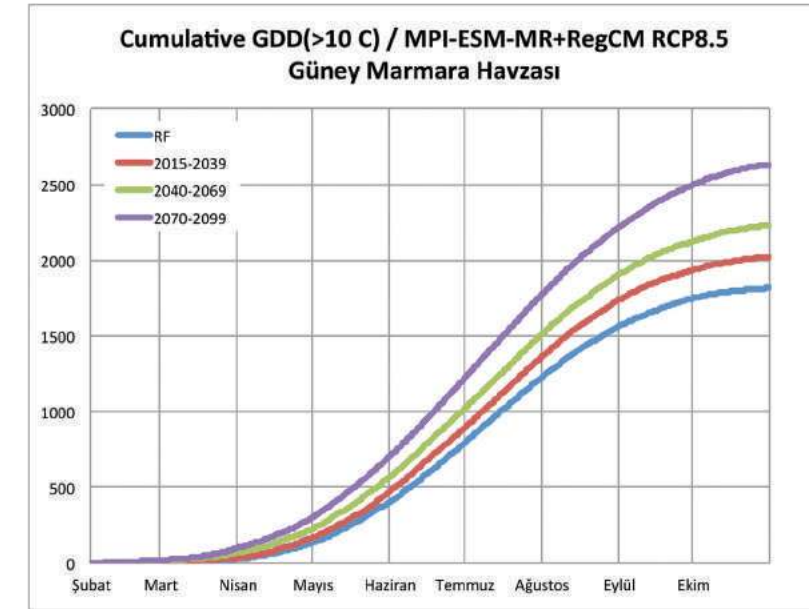
Havza No	Havza Adı	1971-2000 (referans dönemi)	2015-2039	2040-2069	2070-2099
1	Güney Marmara Havzası	14 Kasım	14 Kasım	14 Kasım	14 Kasım
2	Batı Karadeniz Havzası	14 Kasım	14 Kasım	14 Kasım	14 Kasım
3	Kuzey Batı Anadolu Havzası	9 Kasım	6 Kasım	12 Kasım	11 Kasım
4	Doğu Karadeniz Havzası	12 Kasım	12 Kasım	13 Kasım	14 Kasım
5	Karasu Aras Havzası	11 Ekim	16 Ekim	23 Ekim	25 Ekim
6	Kuzey Marmara Havzası	14 Kasım	14 Kasım	14 Kasım	14 Kasım
7	Büyük Ağrı Havzası	26 Ekim	30 Ekim	4 Kasım	10 Kasım
8	Söğüt Havzası	7 Kasım	10 Kasım	12 Kasım	13 Kasım
9	Çoruh Havzası	11 Kasım	1 Kasım	28 Kasım	3 Kasım
10	Yukarı Fırat Havzası	17 Ekim	26 Ekim	28 Ekim	29 Ekim
11	Kıyı Ege Havzası	14 Kasım	14 Kasım	14 Kasım	14 Kasım
12	Van Gölü Havzası	18 Ekim	25 Ekim	31 Ekim	12 Ekim
13	Erciyes Havzası	31 Ekim	4 Kasım	10 Kasım	12 Kasım
14	Kaz Dağları Havzası	13 Kasım	14 Kasım	14 Kasım	14 Kasım
15	İç Ege Havzası	8 Kasım	9 Kasım	12 Kasım	12 Kasım
16	Gediz Havzası	12 Kasım	14 Kasım	14 Kasım	14 Kasım
17	Meriç Havzası	14 Kasım	14 Kasım	13 Kasım	14 Kasım
18	Yeşilirmak Havzası	5 Kasım	8 Kasım	14 Kasım	12 Kasım
19	Orta Karadeniz Havzası	13 Kasım	13 Kasım	14 Kasım	14 Kasım
20	Karacadağ Havzası	11 Kasım	14 Kasım	14 Kasım	14 Kasım
21	Zap Havzası	3 Kasım	7 Kasım	5 Kasım	13 Kasım
22	GAP Havzası	14 Kasım	14 Kasım	14 Kasım	14 Kasım
23	Batı GAP Havzası	12 Kasım	14 Kasım	14 Kasım	14 Kasım
24	Doğu Akdeniz Havzası	13 Kasım	14 Kasım	14 Kasım	14 Kasım
25	Kıyı Akdeniz Havzası	14 Kasım	14 Kasım	14 Kasım	14 Kasım
26	Ege Yayla Havzası	8 Kasım	14 Kasım	11 Kasım	14 Kasım
27	Orta Kızılırmak Havzası	5 Kasım	10 Kasım	11 Kasım	12 Kasım
28	Orta Anadolu Havzası	5 Kasım	8 Kasım	13 Kasım	12 Kasım
29	Fırat Havzası	3 Kasım	4 Kasım	11 Kasım	13 Kasım
30	Göller Havzası	1 Kasım	5 Kasım	5 Kasım	11 Kasım



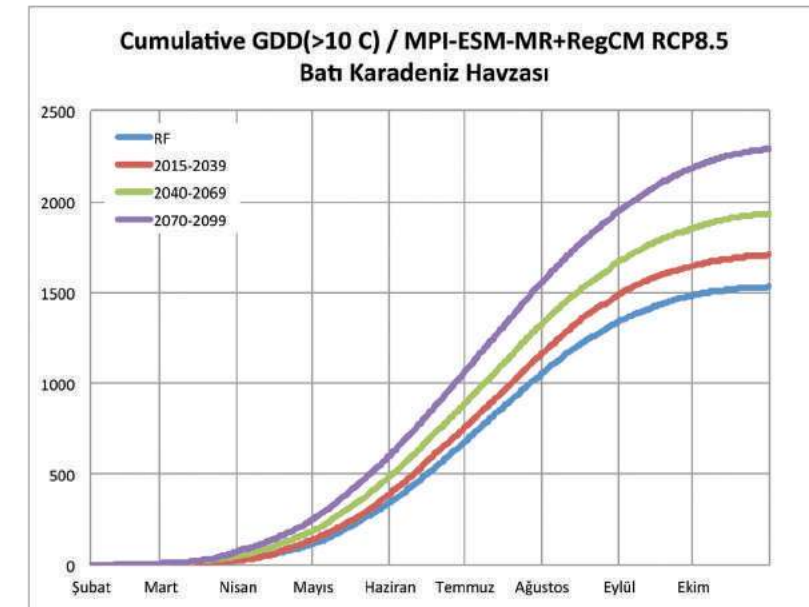
Tablo II.2. Havza bazındaki ortalamalara göre 10 °C sıcaklığa göre bitki büyüme mevsimlerinin başlama tarihlerinin referans dönemindeki (1971-2000) mevcut durumu ile birlikte 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 iklim değişimi projeksiyonlarındaki değişim eğilimleri.

Havza No	Havza Adı	1971-2000 (referans dönemi)	2015-2039	2040-2069	2070-2099
1	Güney Marmara Havzası	22 Şubat	19 Şubat	17 Şubat	17 Şubat
2	Batı Karadeniz Havzası	3 Mart	7 Mart	19 Şubat	20 Şubat
3	Kuzey Batı Anadolu Havzası	4 Nisan	2 Nisan	19 Mart	17 Mart
4	Doğu Karadeniz Havzası	14 Mart	10 Mart	25 Şubat	24 Şubat
5	Karasu Aras Havzası	15 Mayıs	4 Mayıs	25 Nisan	7 Nisan
6	Kuzey Marmara Havzası	17 Şubat	16 Şubat	16 Şubat	16 Şubat
7	Büyük Ağrı Havzası	5 Nisan	3 Nisan	25 Mart	13 Mart
8	Söğüt Havzası	27 Mart	27 Mart	28 Şubat	1 Mart
9	Çoruh Havzası	26 Nisan	25 Nisan	17 Mart	5 Mart
10	Yukarı Fırat Havzası	12 Mayıs	1 Mayıs	23 Nisan	3 Nisan
11	Kıyı Ege Havzası	16 Şubat	16 Şubat	16 Şubat	16 Şubat
12	Van Gölü Havzası	29 Nisan	25 Nisan	13 Nisan	29 Mart
13	Erciyes Havzası	8 Nisan	10 Nisan	4 Nisan	26 Mart
14	Kaz Dağları Havzası	5 Mart	13 Mart	21 Şubat	22 Şubat
15	İç Ege Havzası	30 Mart	28 Mart	9 Mart	1 Mart
16	Gediz Havzası	5 Mart	3 Mart	20 Şubat	19 Şubat
17	Meriç Havzası	6 Mart	3 Mart	19 Şubat	19 Şubat
18	Yeşilirmak Havzası	3 Nisan	30 Mart	12 Mart	5 Mart
19	Orta Karadeniz Havzası	3 Mart	3 Mart	19 Şubat	21 Şubat
20	Karacadağ Havzası	16 Mart	19 Mart	1 Mart	22 Şubat
21	Zap Havzası	8 Nisan	8 Nisan	27 Mart	15 Mart
22	GAP Havzası	3 Mart	1 Mart	19 Şubat	17 Şubat
23	Batı GAP Havzası	15 Mart	16 Mart	24 Şubat	19 Şubat
24	Doğu Akdeniz Havzası	19 Şubat	19 Şubat	18 Şubat	17 Şubat
25	Kıyı Akdeniz Havzası	17 Şubat	17 Şubat	16 Şubat	16 Şubat
26	Ege Yayla Havzası	23 Mart	22 Mart	28 Şubat	26 Şubat
27	Orta Kızılırmak Havzası	4 Nisan	1 Nisan	16 Mart	4 Mart
28	Orta Anadolu Havzası	30 Mart	28 Mart	8 Mart	1 Mart
29	Fırat Havzası	6 Nisan	3 Nisan	22 Mart	5 Mart
30	Göller Havzası	5 Nisan	31 Mart	19 Mart	3 Mart

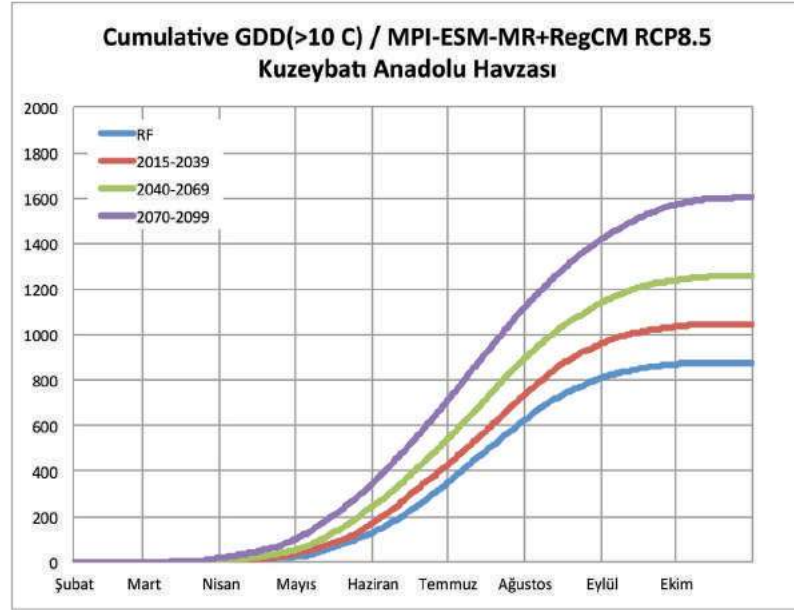
EK III. Havzalar bazında büyüme derece günlerin ardışık eklenik toplamının referans ve üç projeksiyon döneminde küresel iklim değişikliği ile değişimi



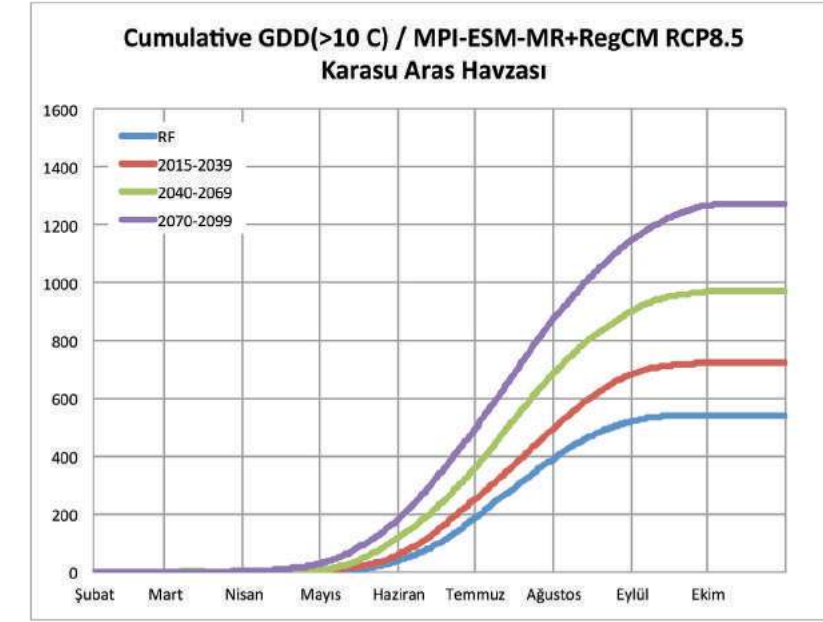
Şekil III.1. Havza ortalaması alınmış Güney Marmara Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişikliği ile oluşan eğilim projeksiyonları.



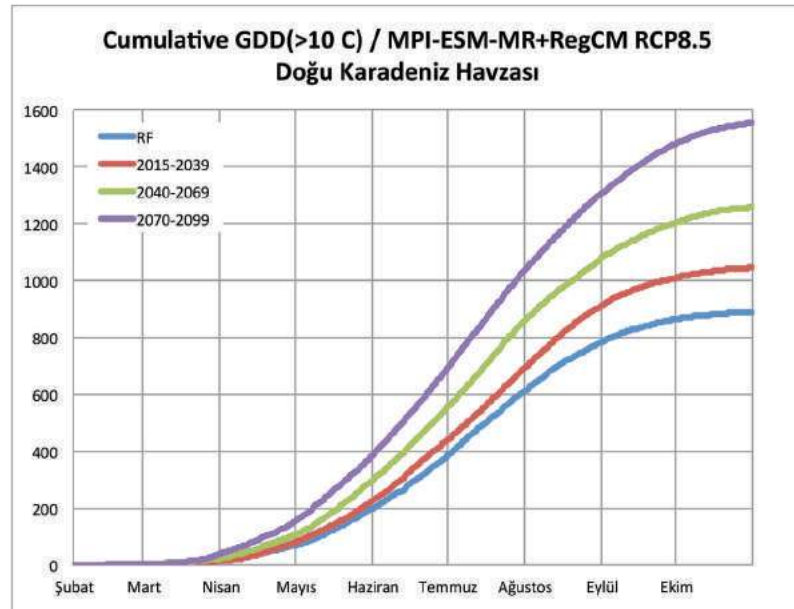
Şekil III.2. Havza ortalaması alınmış Batı Karadeniz Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişikliği ile oluşan eğilim projeksiyonları.



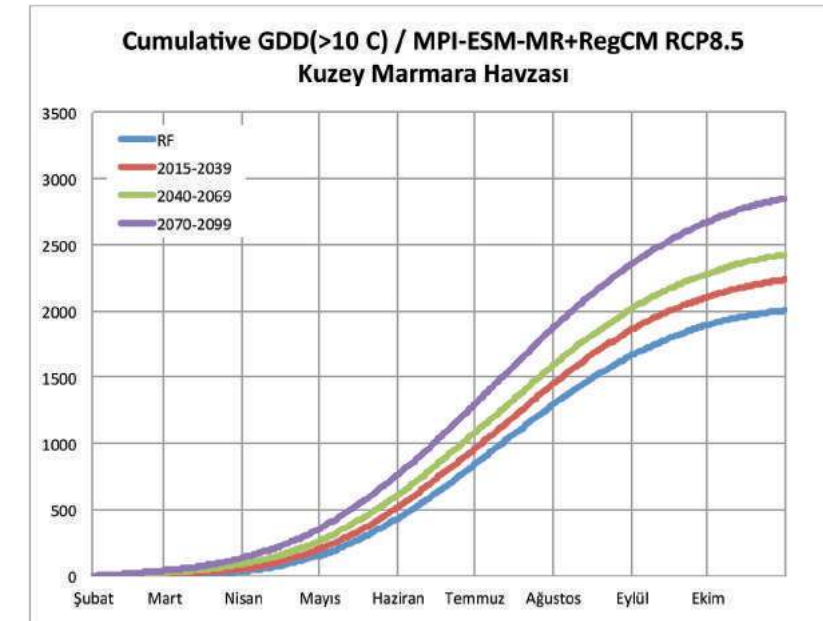
Şekil III.3. Havza ortalaması alınmış Kuzey Batı Anadolu Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



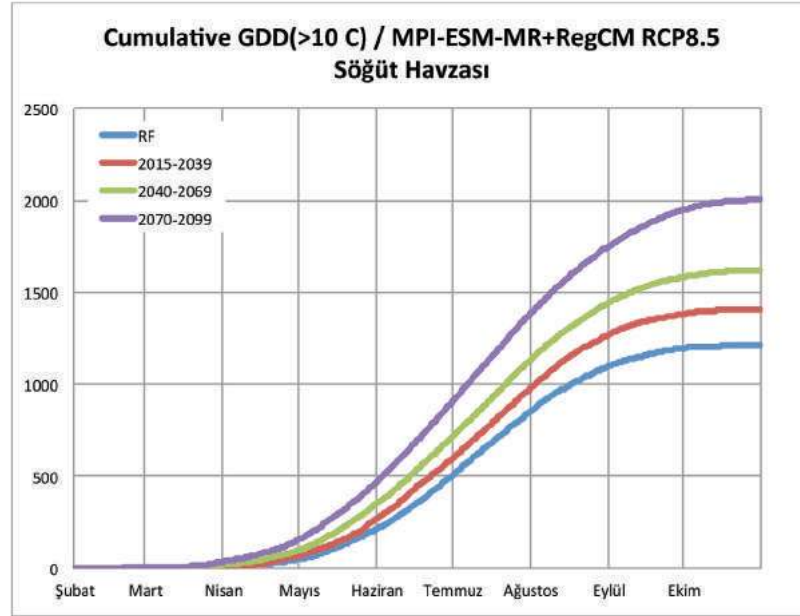
Şekil III.5. Havza ortalaması alınmış Karasu Aras Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



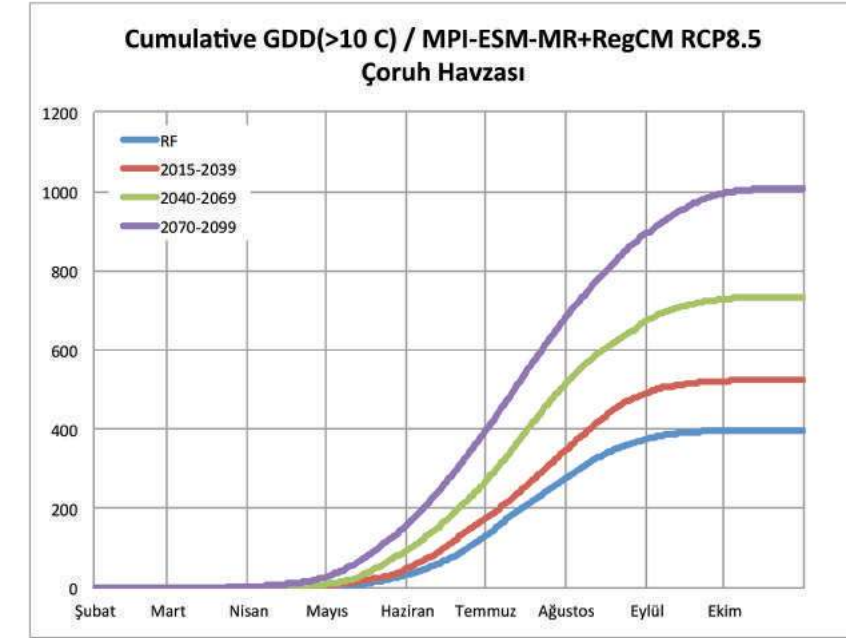
Şekil III.4. Havza ortalaması alınmış Doğu Karadeniz Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



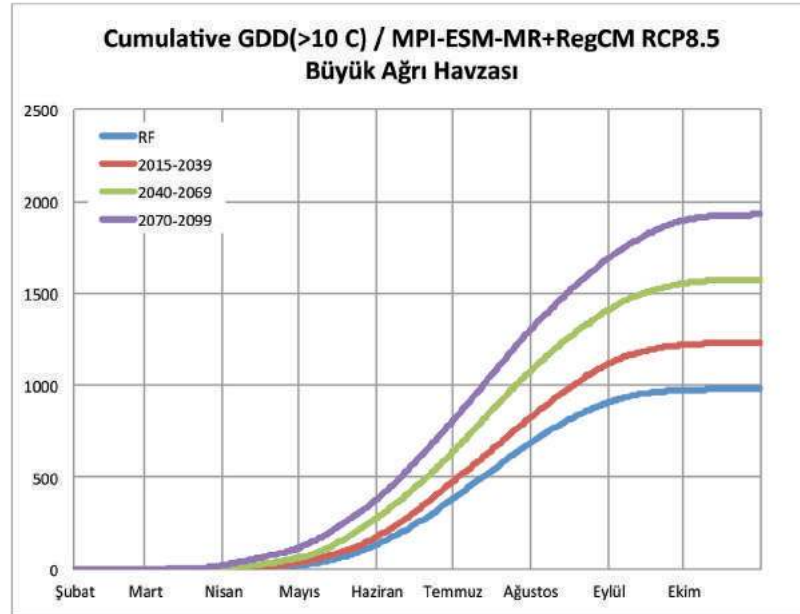
Şekil III.6. Havza ortalaması alınmış Kuzey Marmara Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



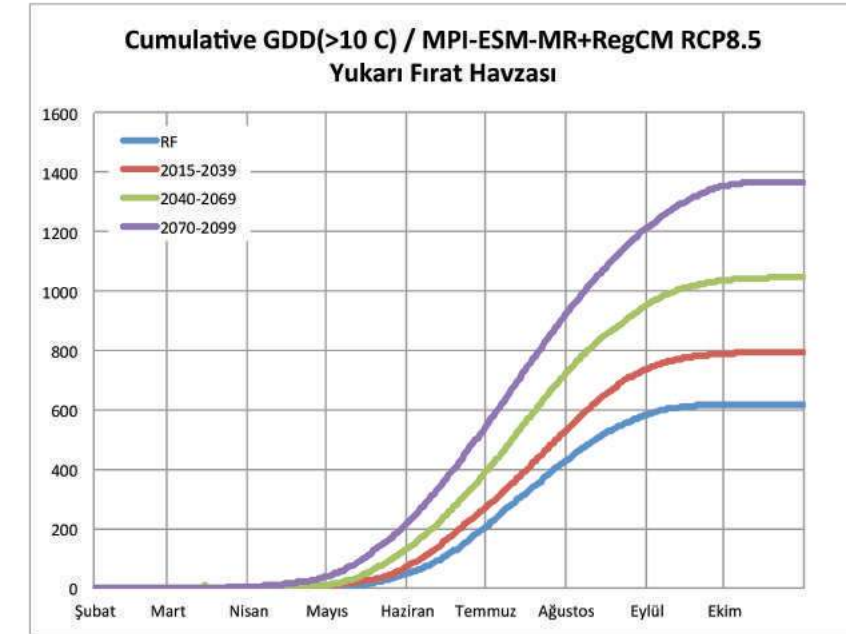
Şekil III.7. Havza ortalaması alınmış Söğüt Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamlarına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



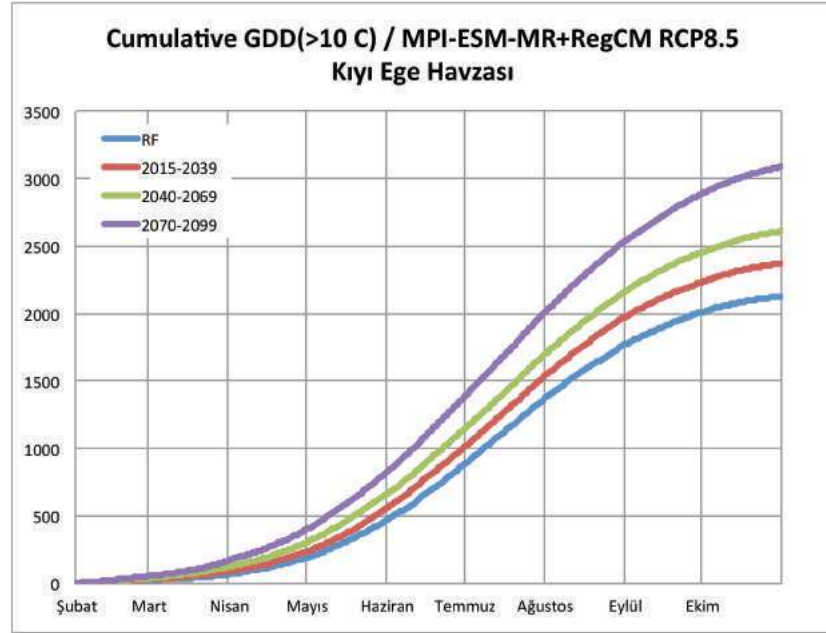
Şekil III.9. Havza ortalaması alınmış Çoruh Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamlarına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



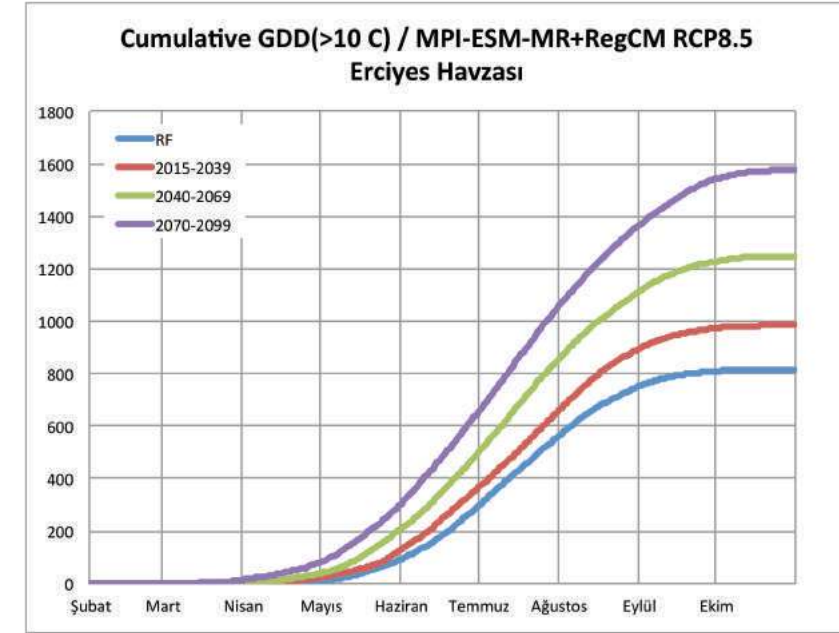
Şekil III.8. Havza ortalaması alınmış Büyük Ağrı Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamlarına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



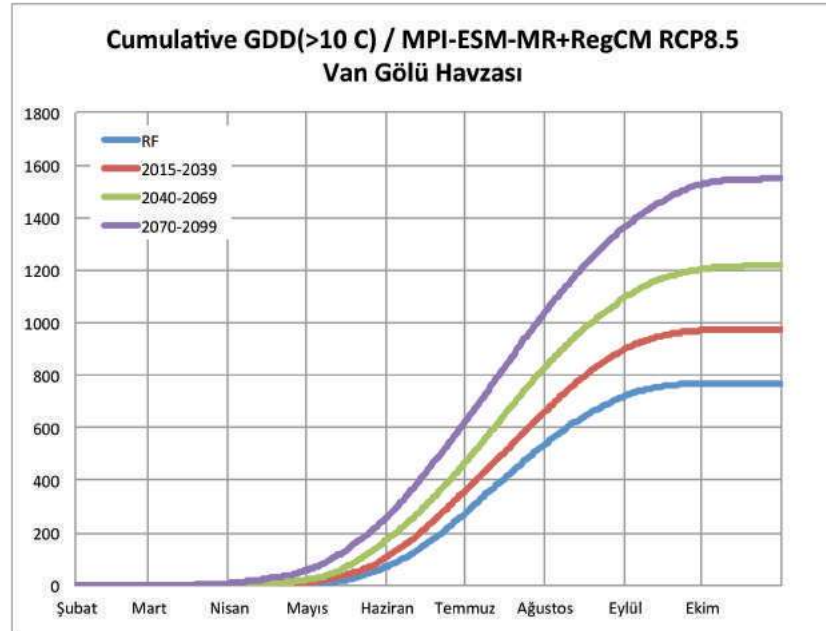
Şekil III.10. Havza ortalaması alınmış Yukarı Fırat Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamlarına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



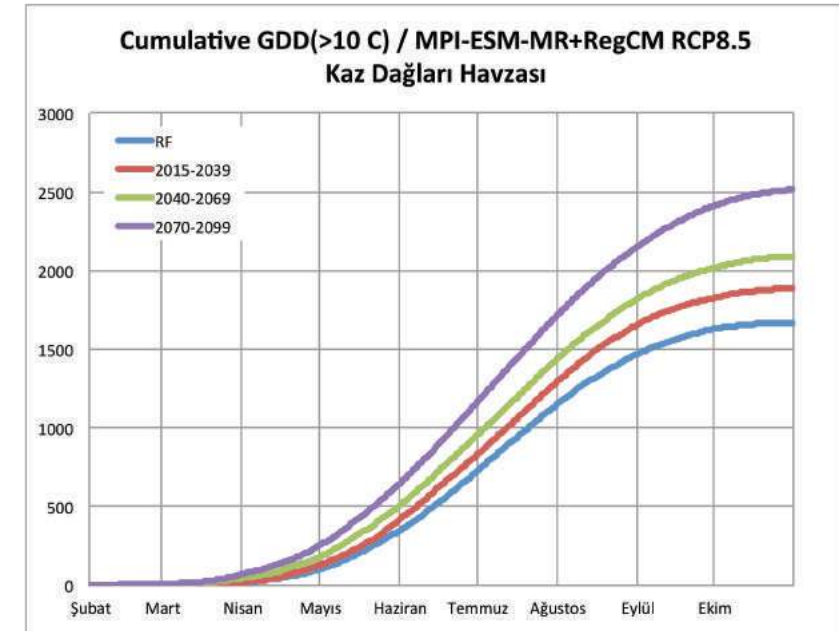
Şekil III.11. Havza ortalaması alınmış Kıy Ege Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



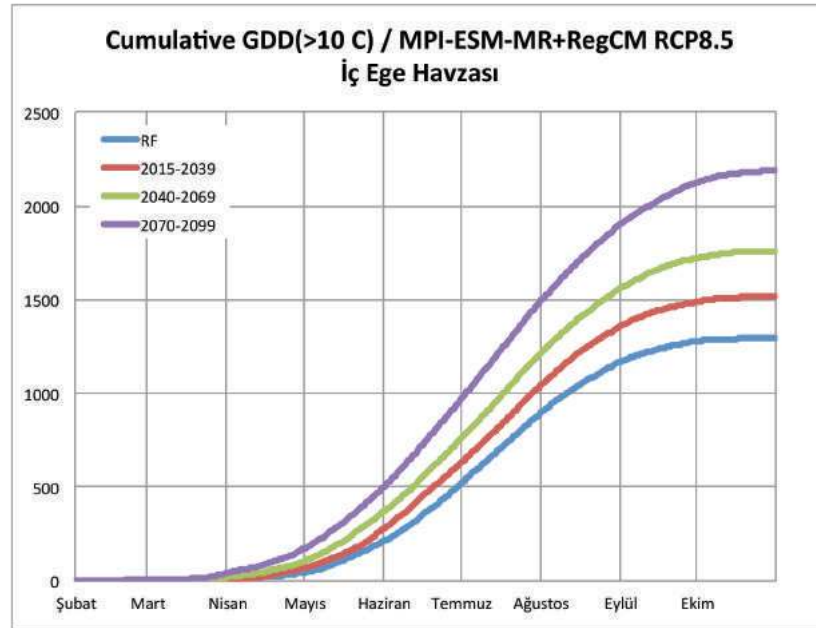
Şekil III.13. Havza ortalaması alınmış Erciyes Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



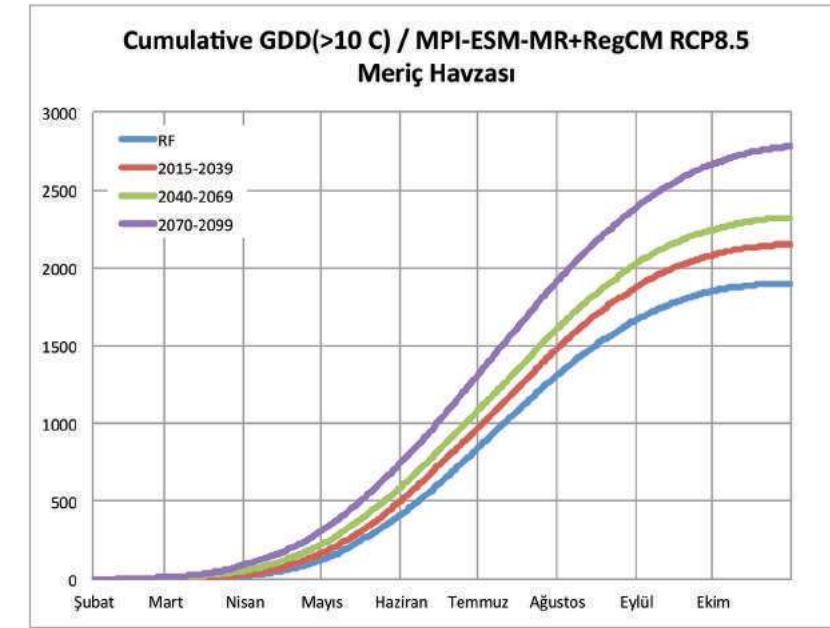
Şekil III.12. Havza ortalaması alınmış Van Gölü Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



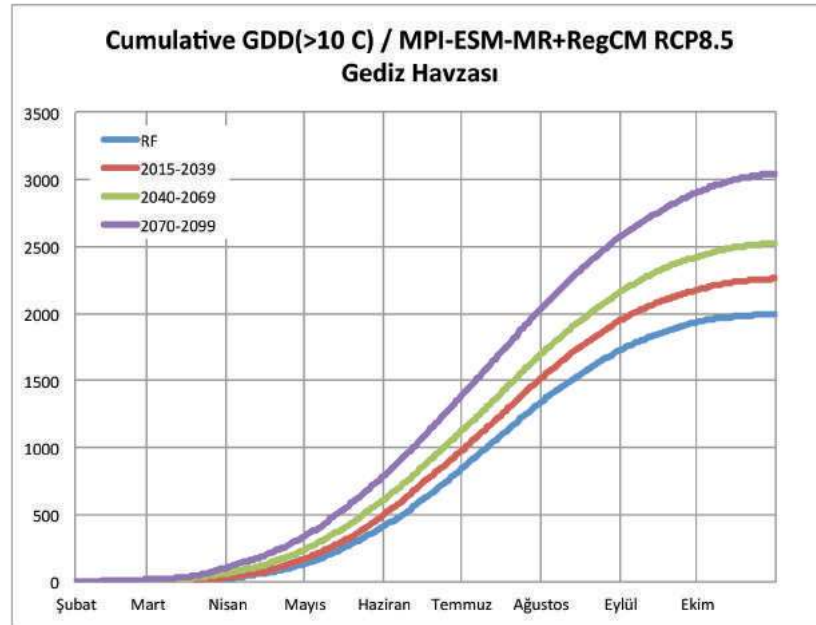
Şekil III.14. Havza ortalaması alınmış Kaz Dağları Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



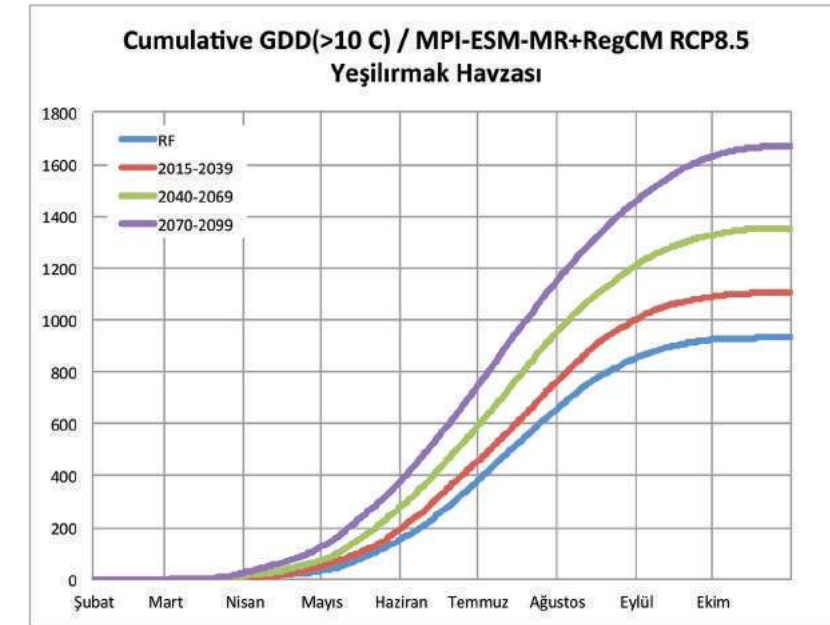
Şekil III.15. Havza ortalaması alınmış İç Ege Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamalarına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



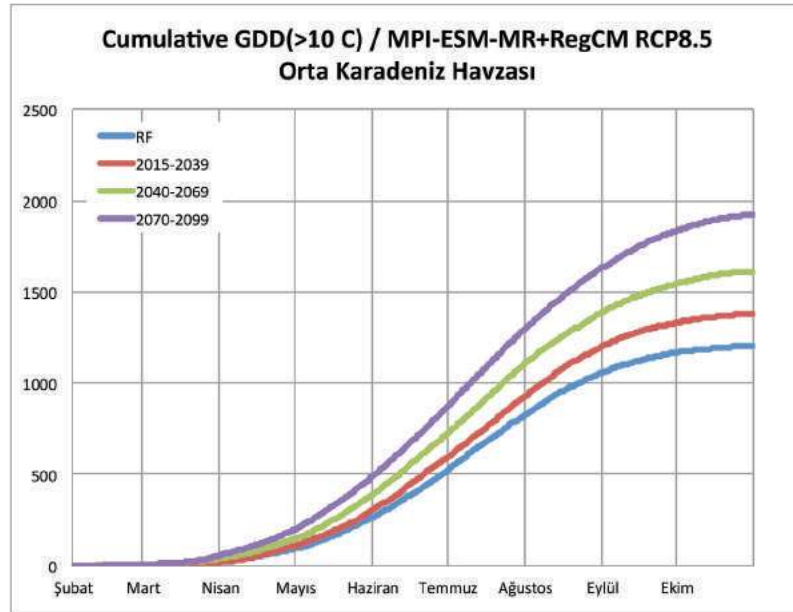
Şekil III.17. Havza ortalaması alınmış Meriç Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamalarına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



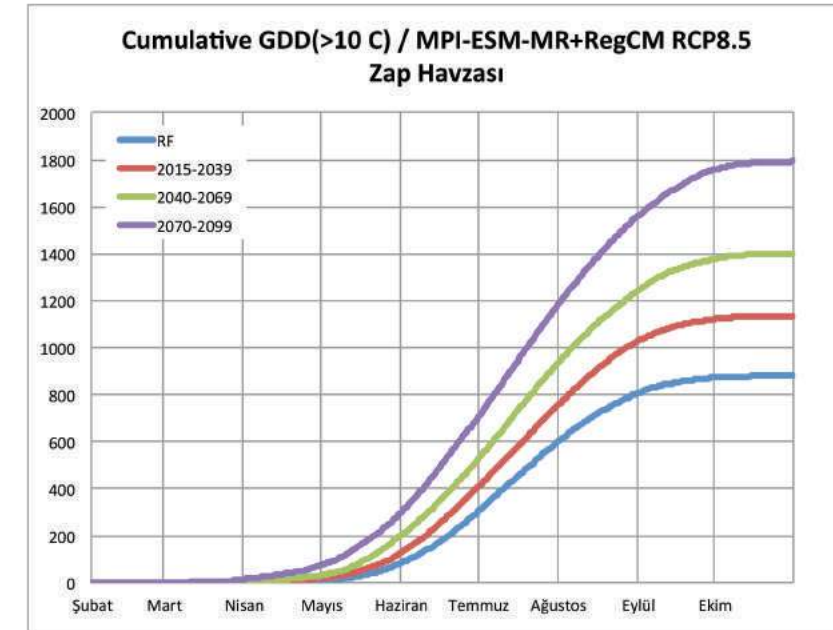
Şekil III.16. Havza ortalaması alınmış Gediz Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamalarına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



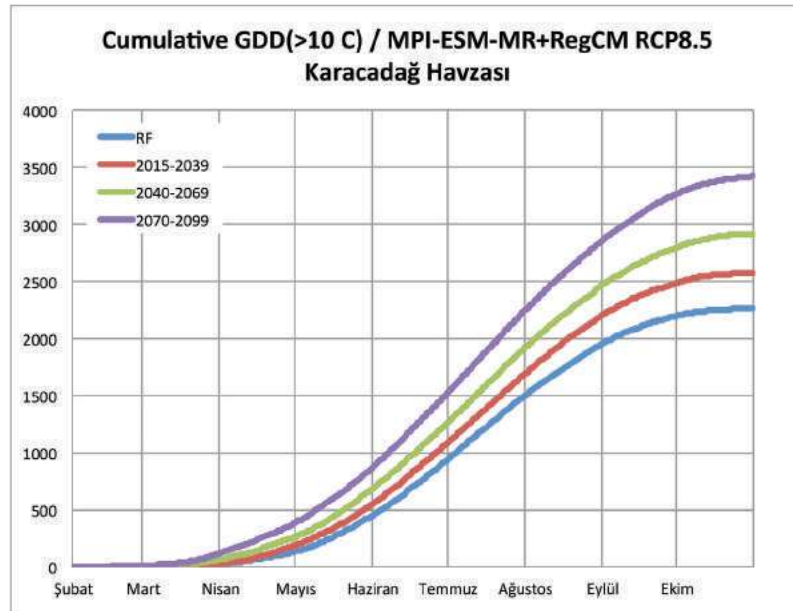
Şekil III.18. Havza ortalaması alınmış Yeşilirmak Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamalarına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



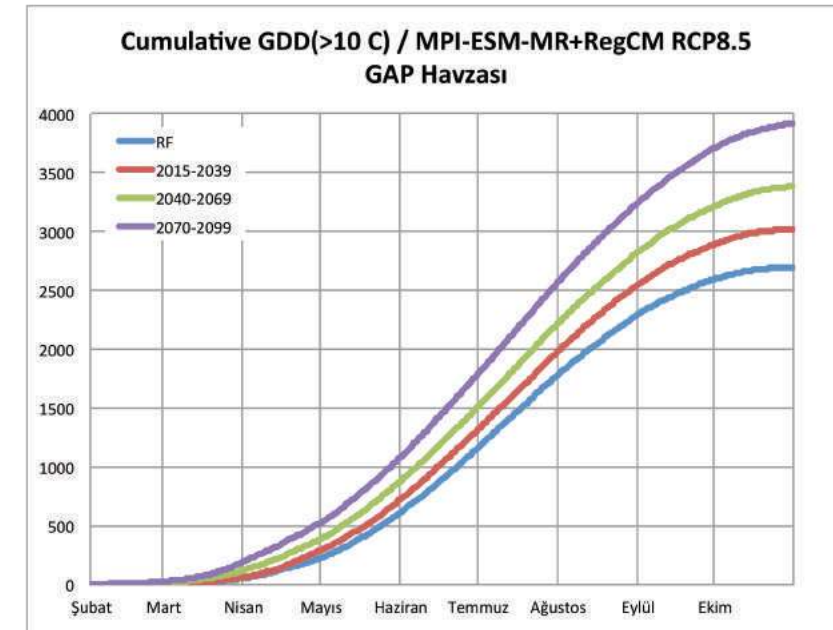
Şekil III.19. Havza ortalaması alınmış Orta Karadeniz Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



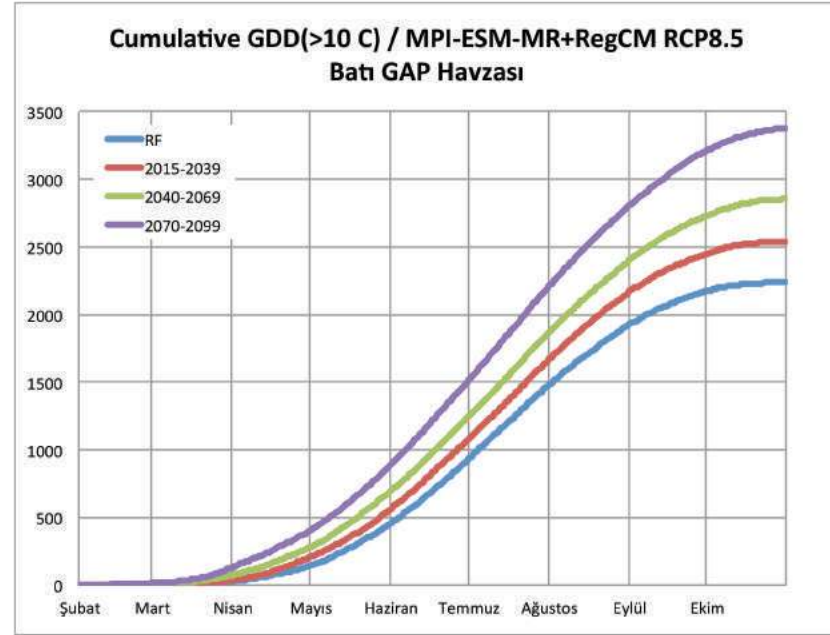
Şekil III.21. Havza ortalaması alınmış Zap Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



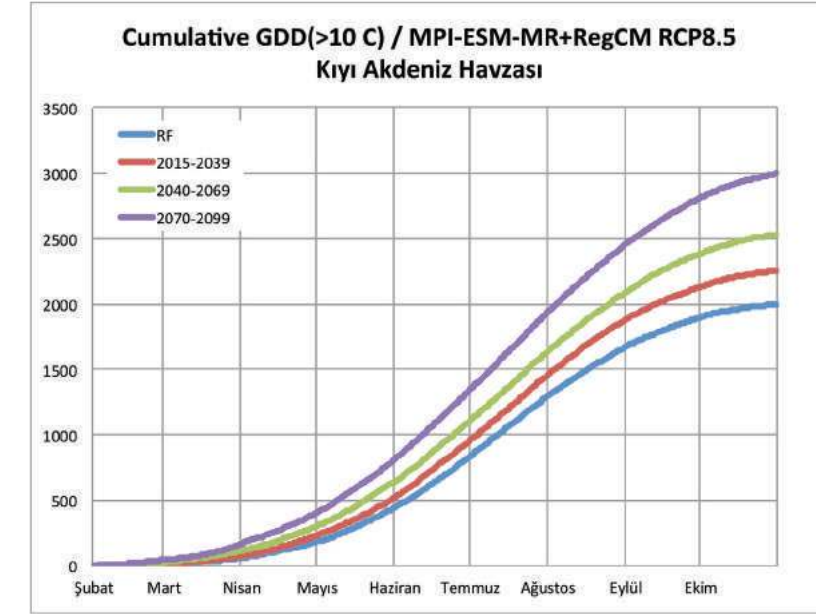
Şekil III.20. Havza ortalaması alınmış Karacadağ Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



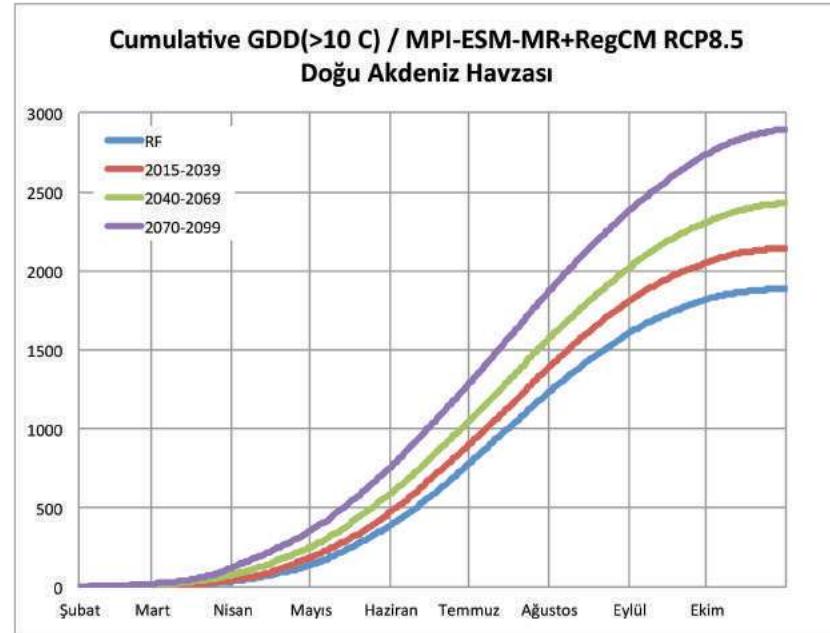
Şekil III.22. Havza ortalaması alınmış GAP Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



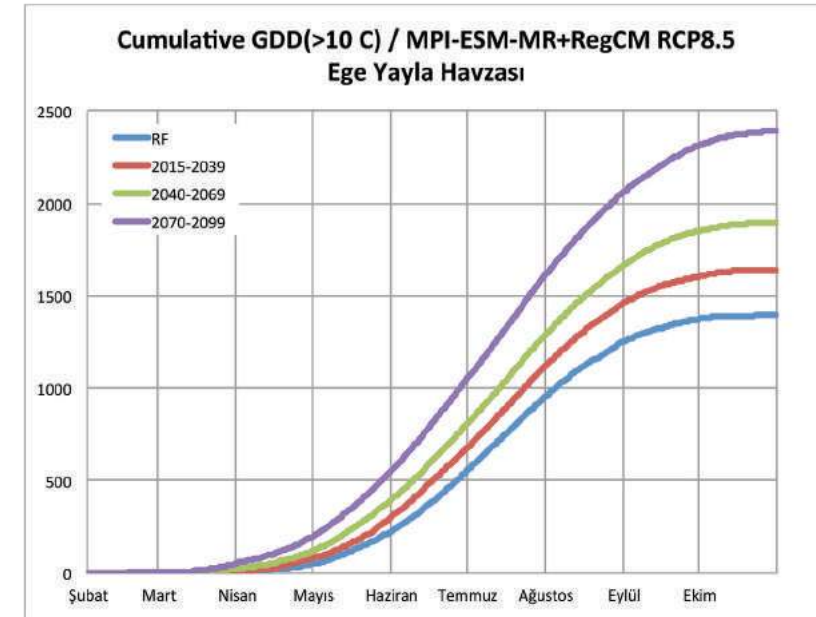
Şekil III.23. Havza ortalaması alınmış Batı GAP Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamlarına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



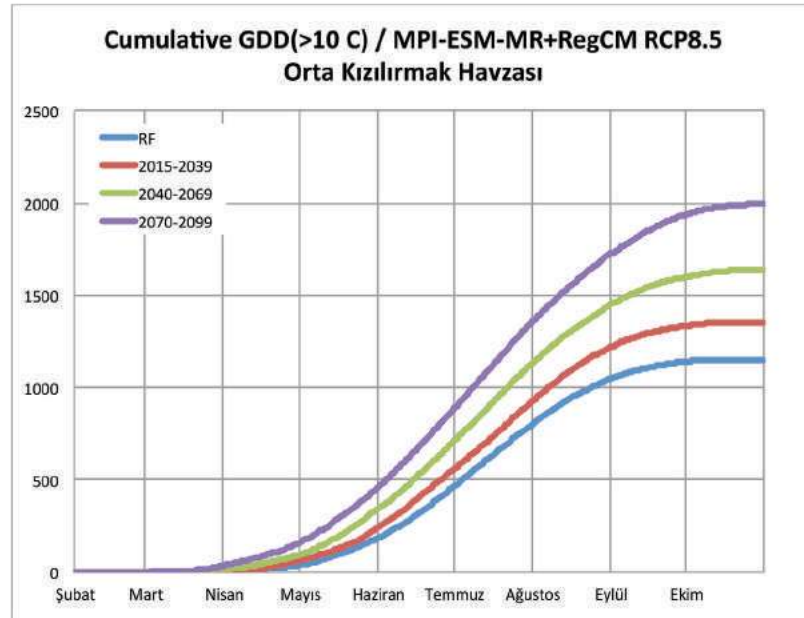
Şekil III.25. Havza ortalaması alınmış Kıyı Akdeniz Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamlarına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



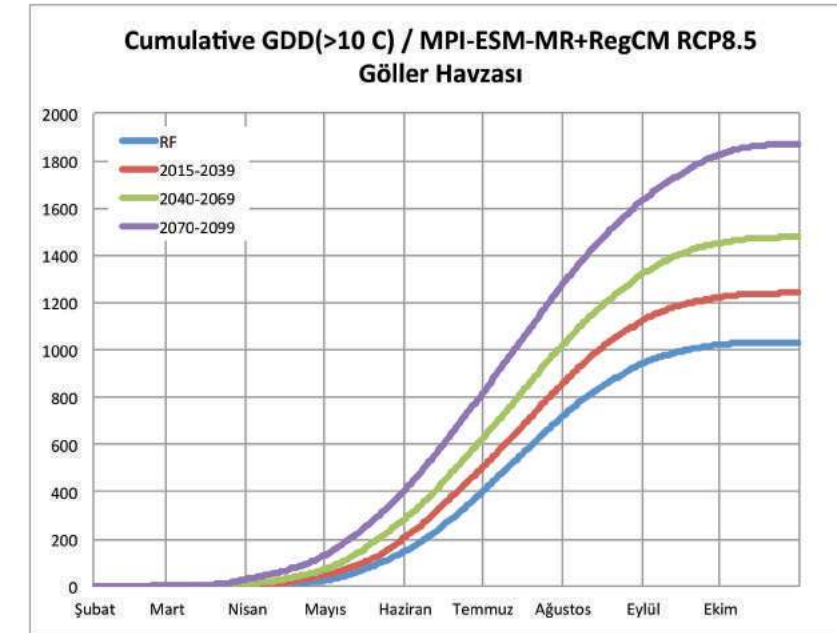
Şekil III.24. Havza ortalaması alınmış Doğu Akdeniz Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamlarına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



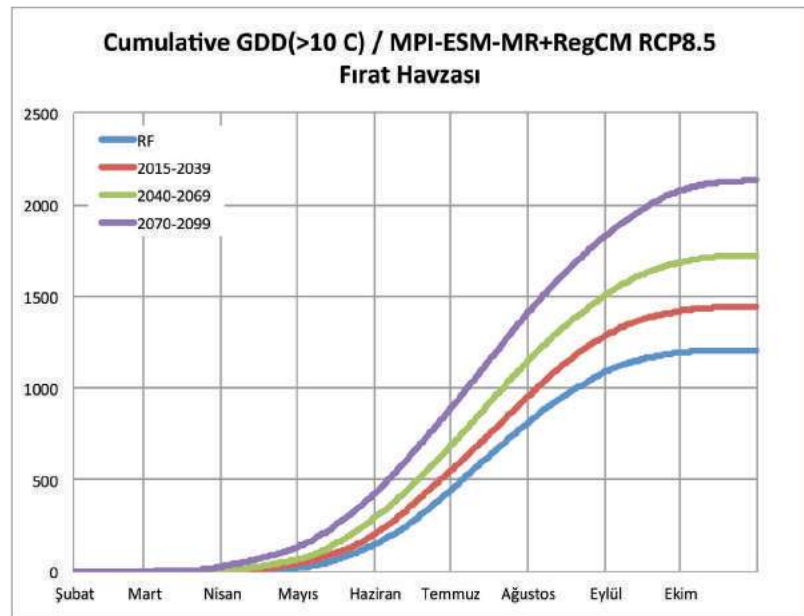
Şekil III.26. Havza ortalaması alınmış Ege Yayla Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamlarına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



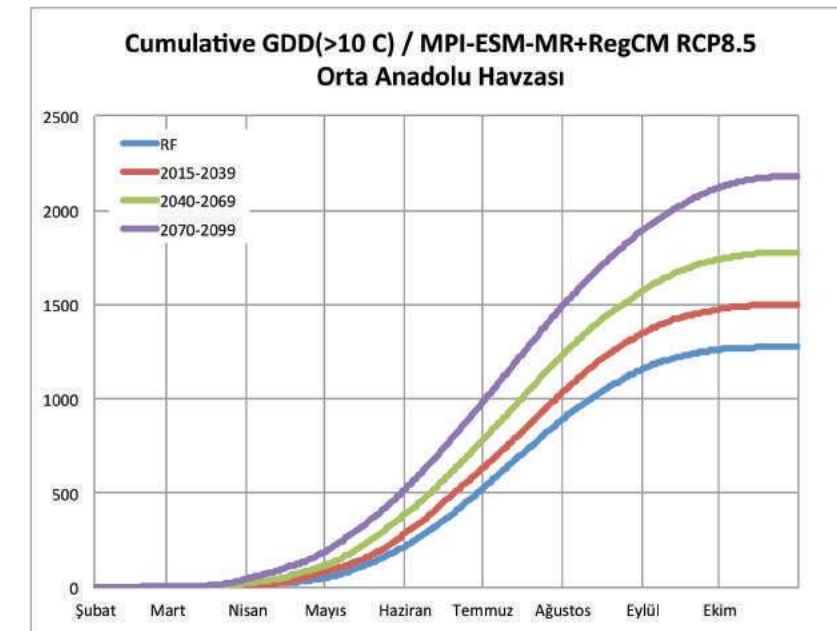
Şekil III.27. Havza ortalaması alınmış Orta Kızılırmak Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



Şekil III.29. Havza ortalaması alınmış Göller Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.

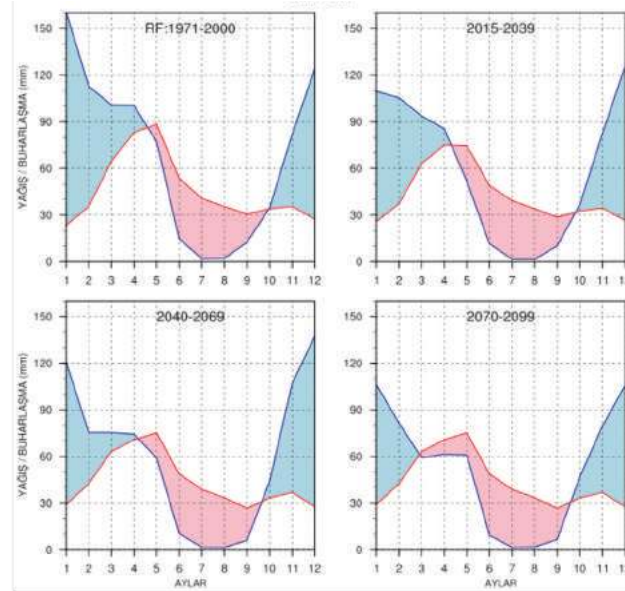


Şekil III.28. Havza ortalaması alınmış Fırat Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.

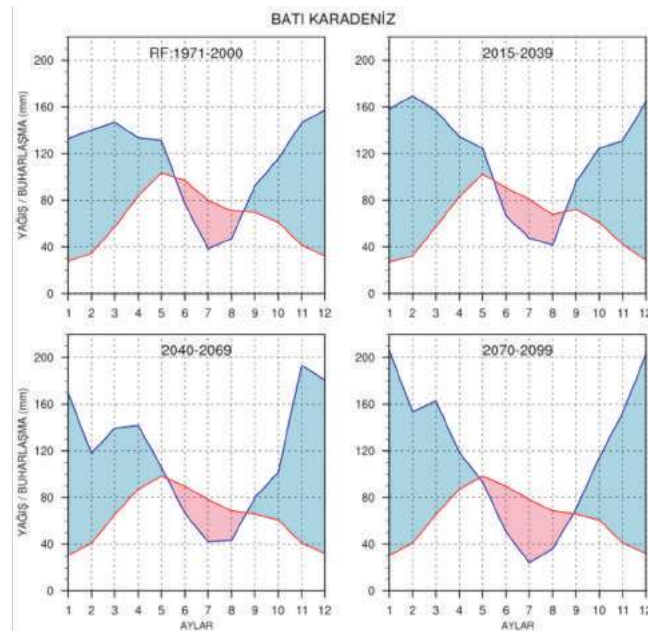


Şekil III.30. Havza ortalaması alınmış Orta Anadolu Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama günlük toprak sıcaklığı 10°C ve üzeri büyüme derece günlerinin yıl içindeki eklenik toplamına ait mevcut durum 1971-2000 (mavi çizgi) ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39 (kırmızı çizgi), 2040-69 (yeşil çizgi) ve 2070-99 (mor çizgi) dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.

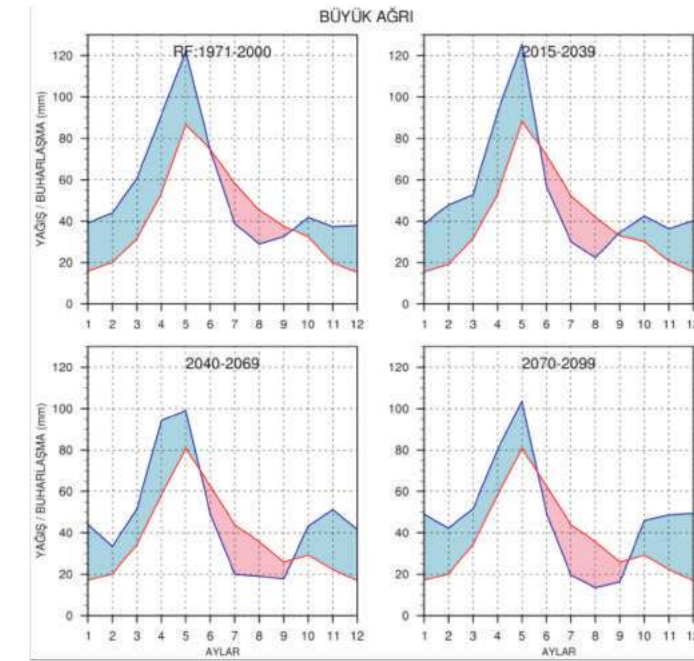
EK IV. Havzalar bazında toprak su dengesinin referans dönemi ve üç projeksiyon döneminin küresel iklim değişikliği ile değişimi.



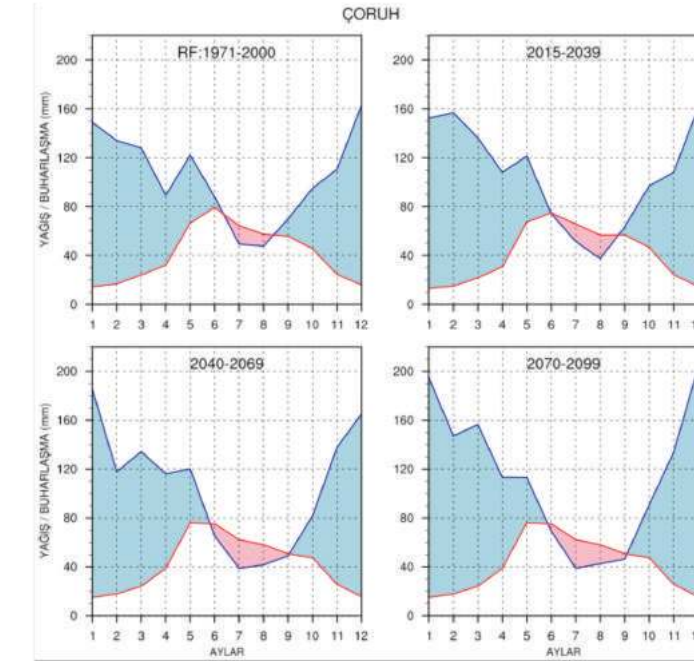
Şekil IV.1. Havza ortalaması alınmış Batı GAP Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişikliği ile oluşan eğilim projeksiyonları.



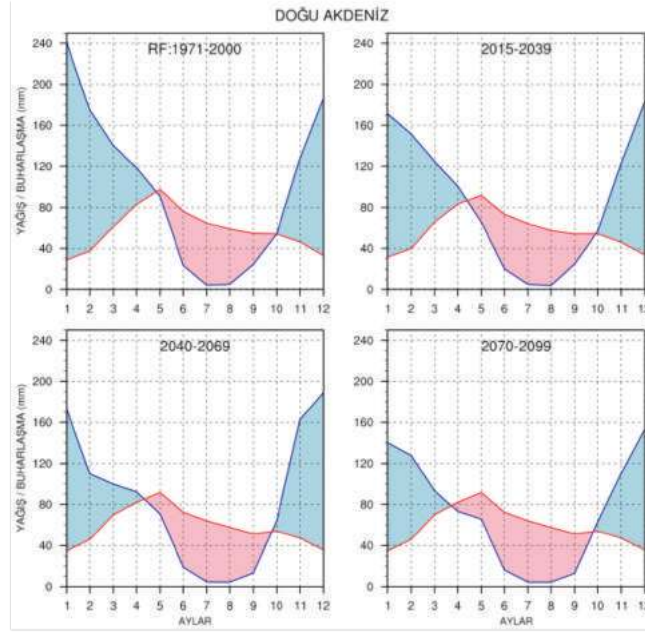
Şekil IV.2. Havza ortalaması alınmış Batı Karadeniz Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişikliği ile oluşan eğilim projeksiyonları.



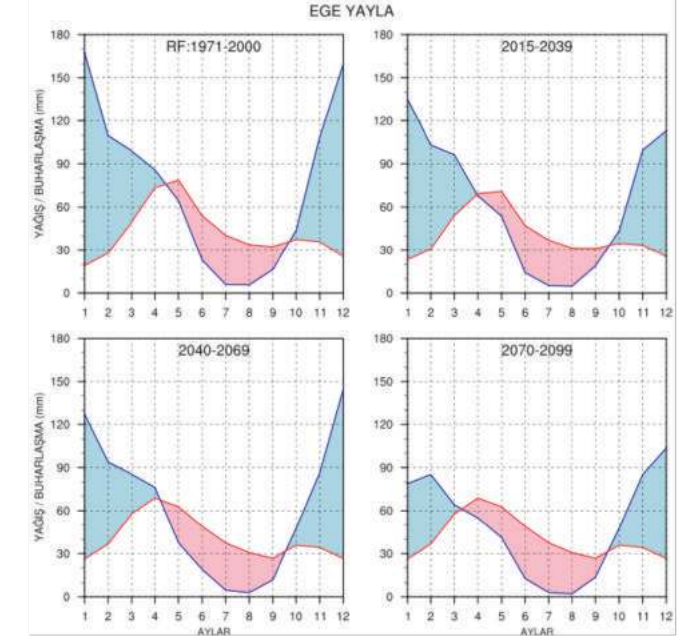
Şekil IV.3. Havza ortalaması alınmış Büyük Ağrı Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişikliği ile oluşan eğilim projeksiyonları.



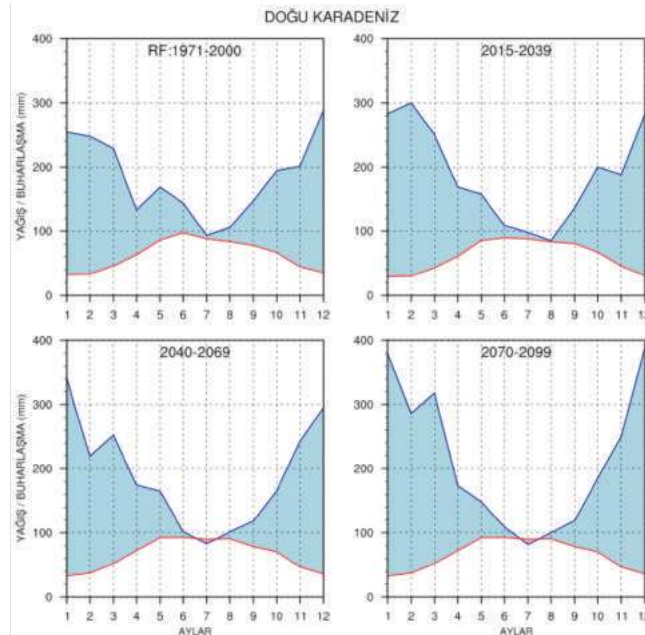
Şekil IV.4. Havza ortalaması alınmış Çoruh Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişikliği ile oluşan eğilim projeksiyonları.



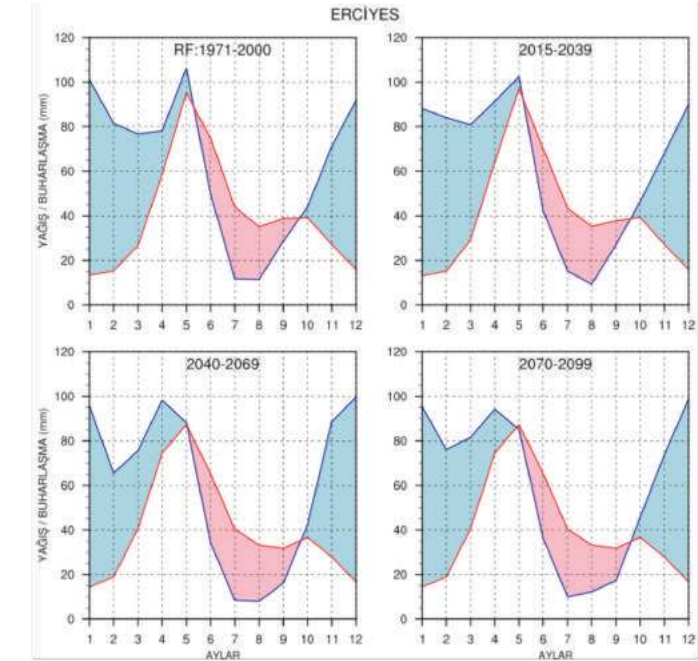
Şekil IV.5. Havza ortalaması alınmış Doğu Akdeniz Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



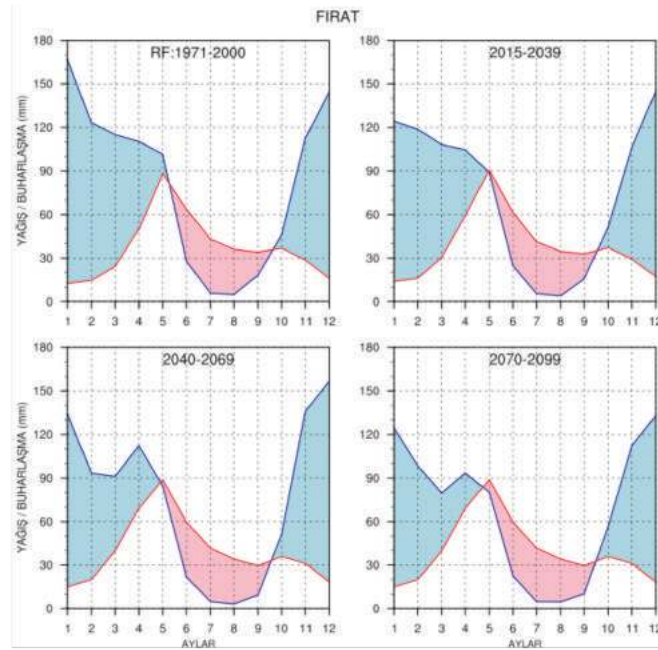
Şekil IV.7. Havza ortalaması alınmış Ege Yayla Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



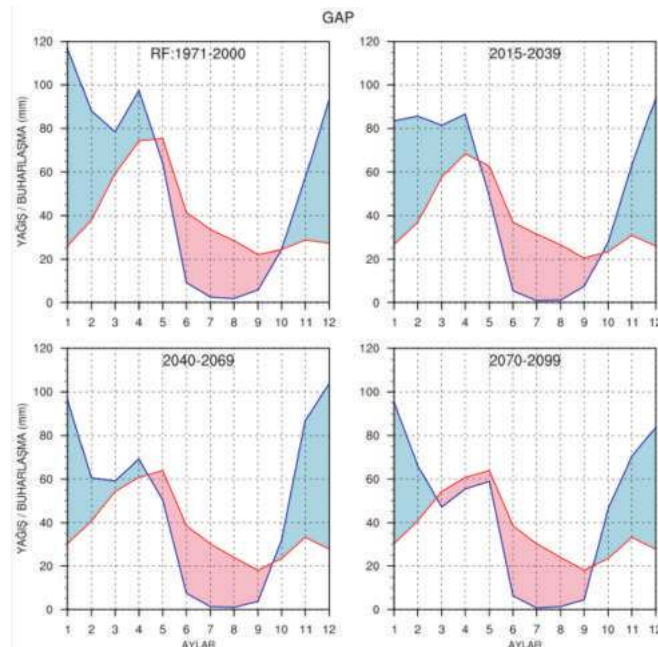
Şekil IV.6. Havza ortalaması alınmış Doğu Karadeniz Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



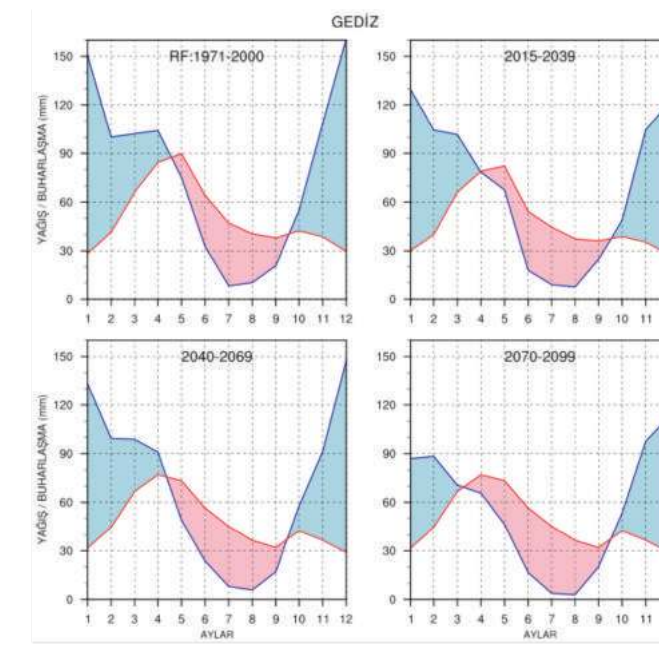
Şekil IV.8. Havza ortalaması alınmış Erciyes Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



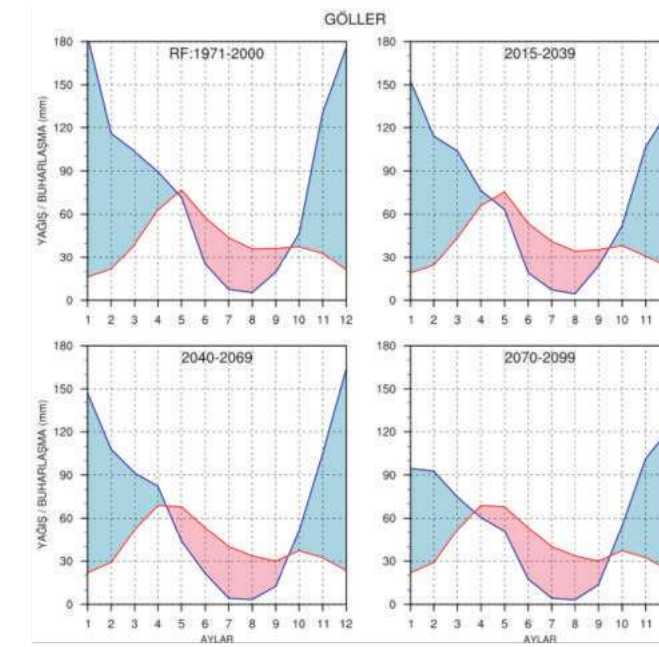
Şekil IV.9. Havza ortalaması alınmış Fırat Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



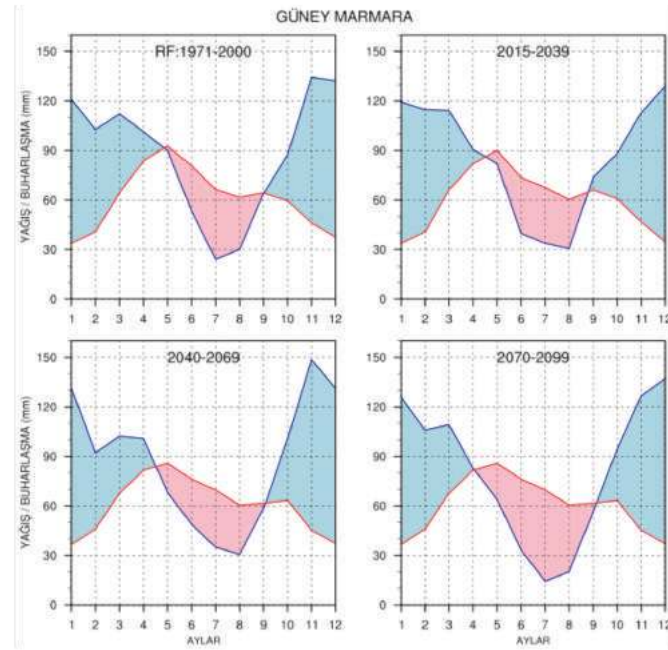
Şekil IV.10. Havza ortalaması alınmış GAP Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



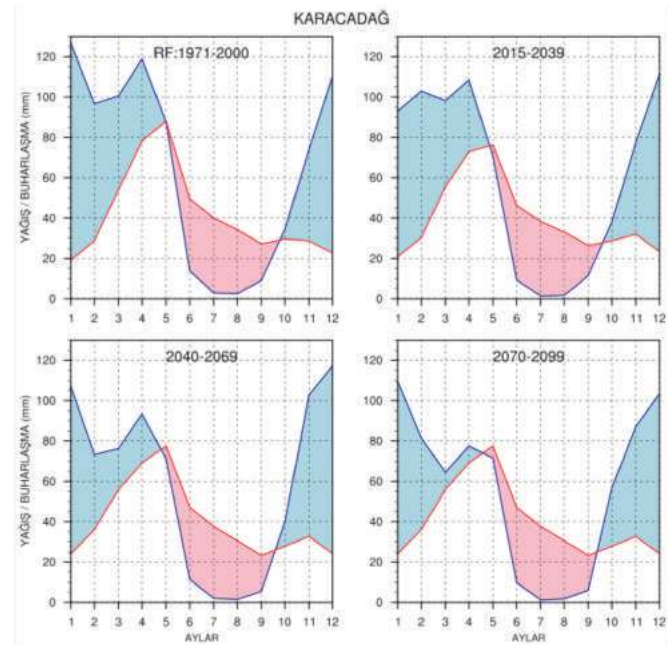
Şekil IV.11. Havza ortalaması alınmış Gediz Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



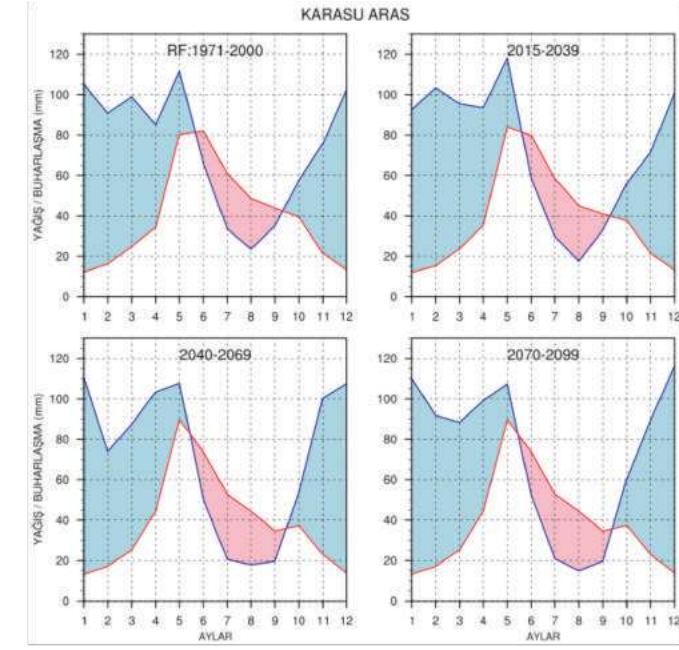
Şekil IV.12. Havza ortalaması alınmış Göller Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



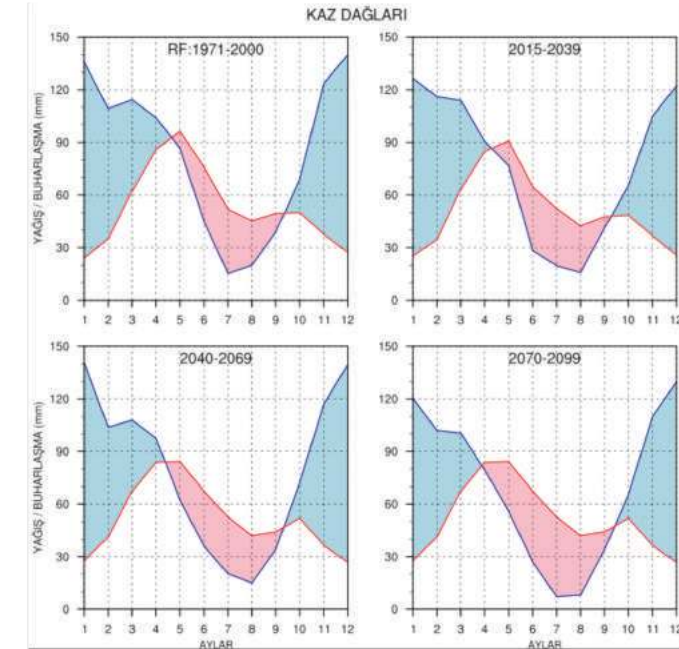
Şekil IV.13. Havza ortalaması alınmış Güney Marmara Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



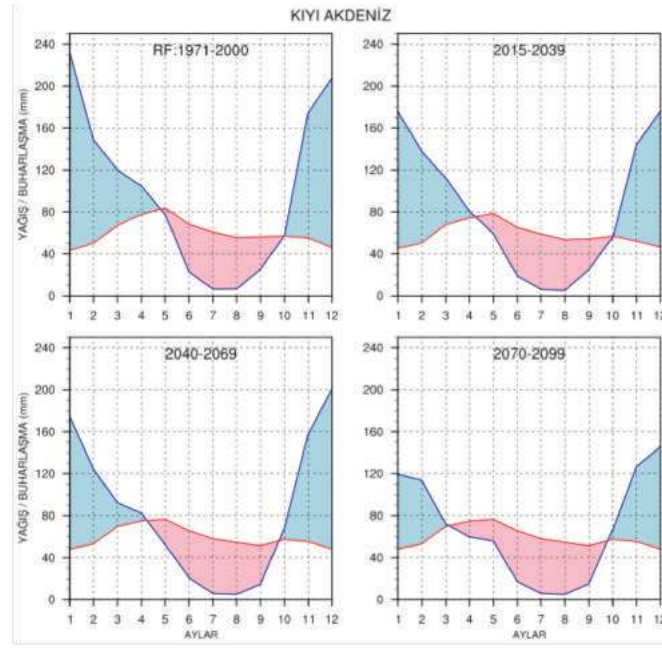
Şekil IV.14. Havza ortalaması alınmış Karacadağ Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



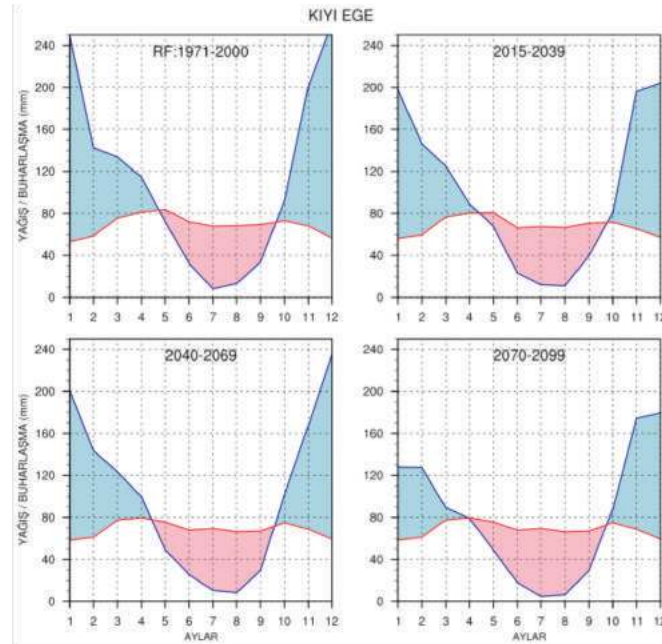
Şekil IV.15. Havza ortalaması alınmış Karasu Aras Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



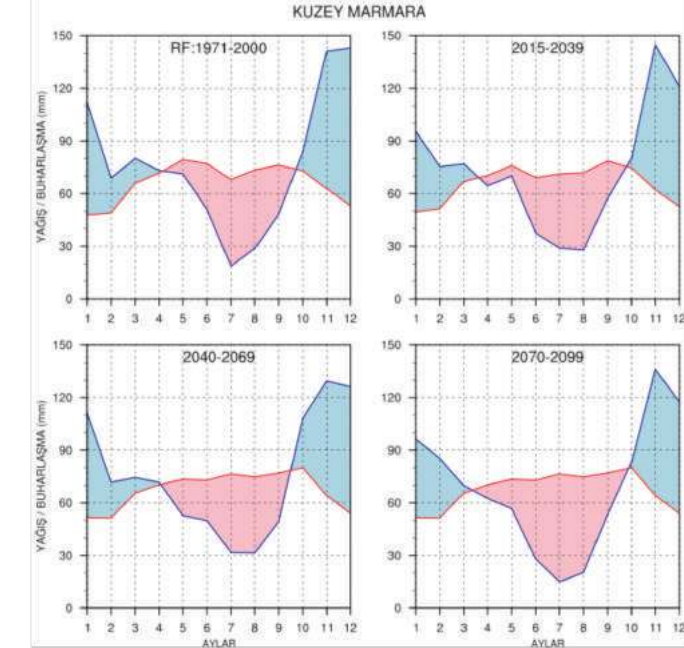
Şekil IV.16. Havza ortalaması alınmış Kaz Dağları Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



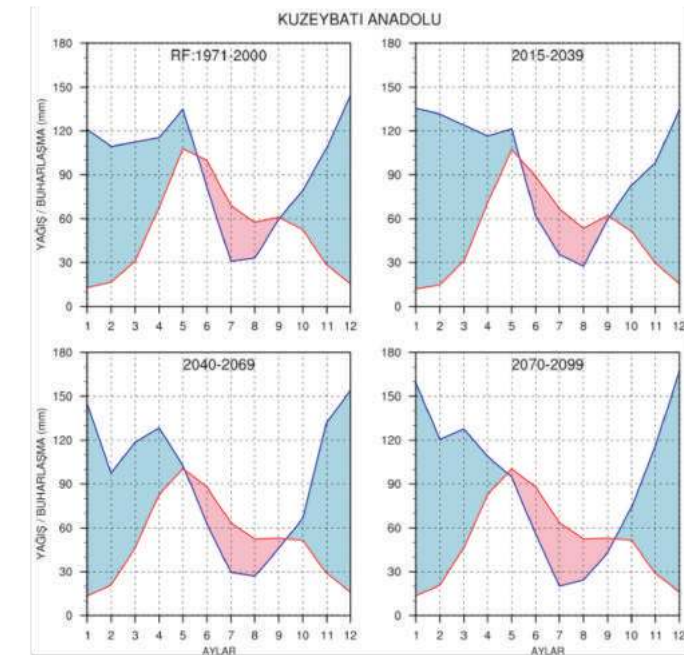
Şekil IV.17. Havza ortalaması alınmış Kiyi Akdeniz Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



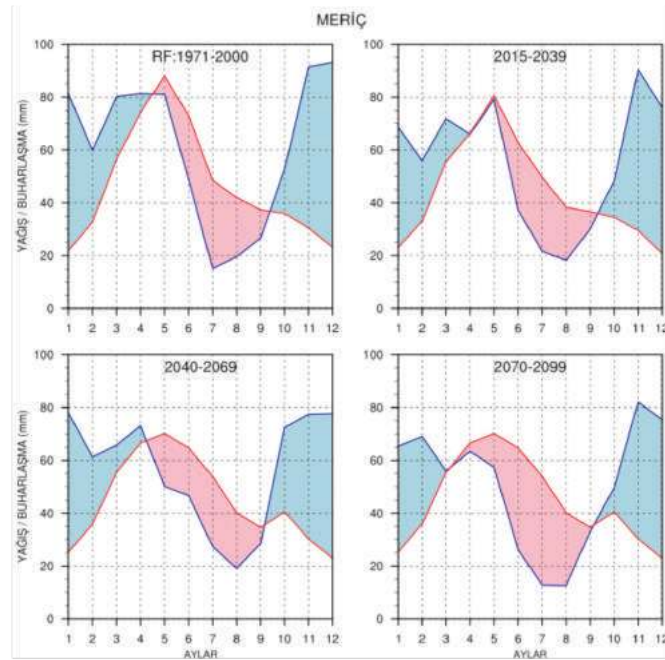
Şekil IV.18. Havza ortalaması alınmış Kiyi Ege Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



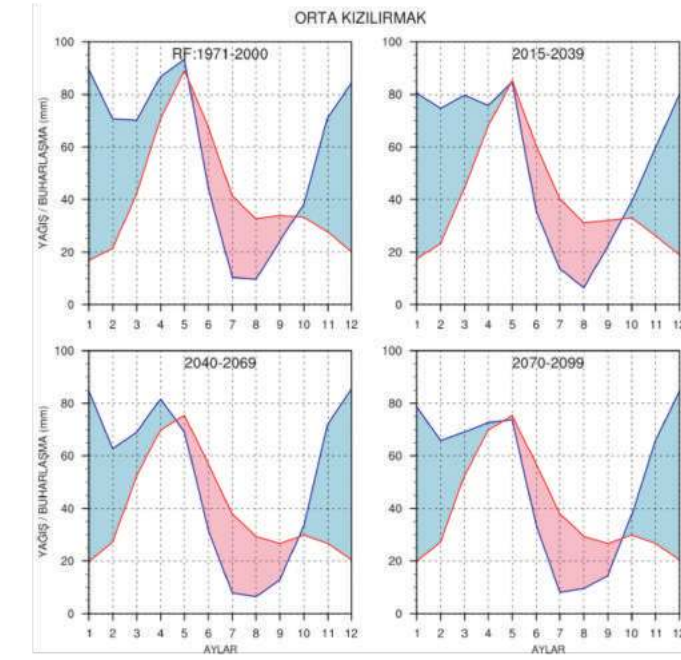
Şekil IV.19. Havza ortalaması alınmış Kuzey Marmara Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



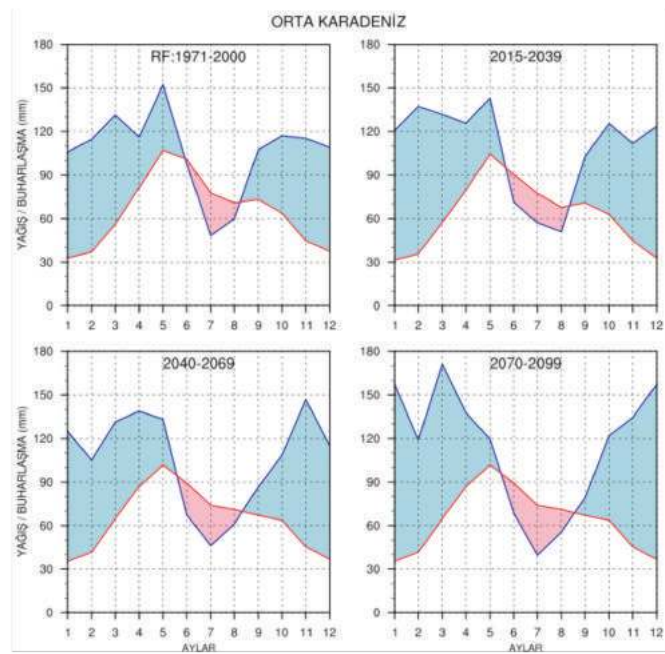
Şekil IV.20. Havza ortalaması alınmış Kuzeybatı Anadolu Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



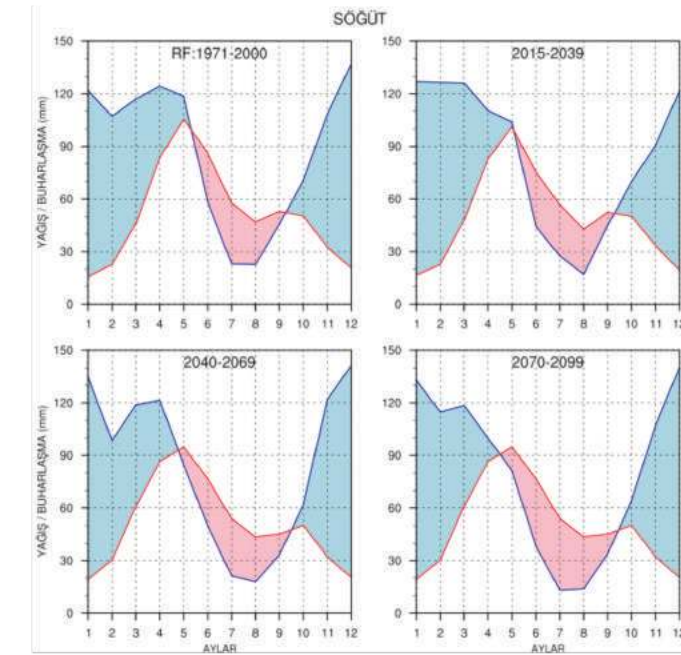
Şekil IV.21. Havza ortalaması alınmış Meriç Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



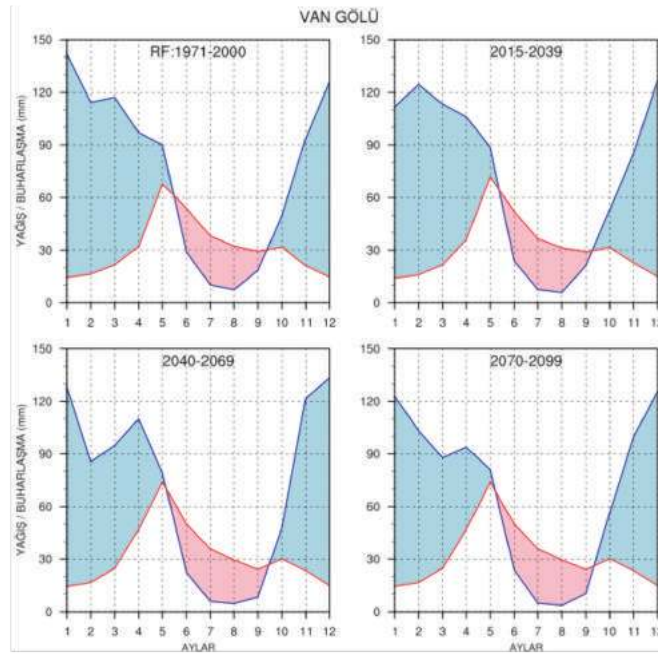
Şekil IV.23. Havza ortalaması alınmış Orta Kızılırmak Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



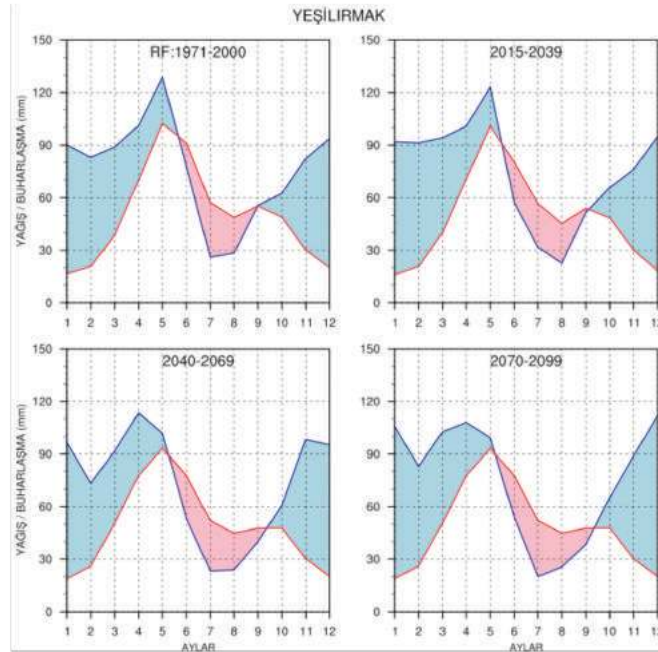
Şekil IV.22. Havza ortalaması alınmış Orta Karadeniz Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



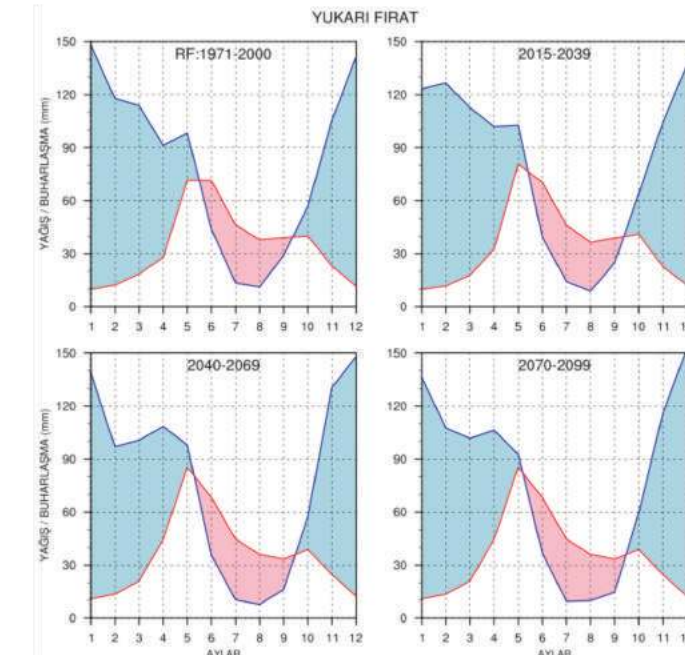
Şekil IV.24. Havza ortalaması alınmış Söğüt Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



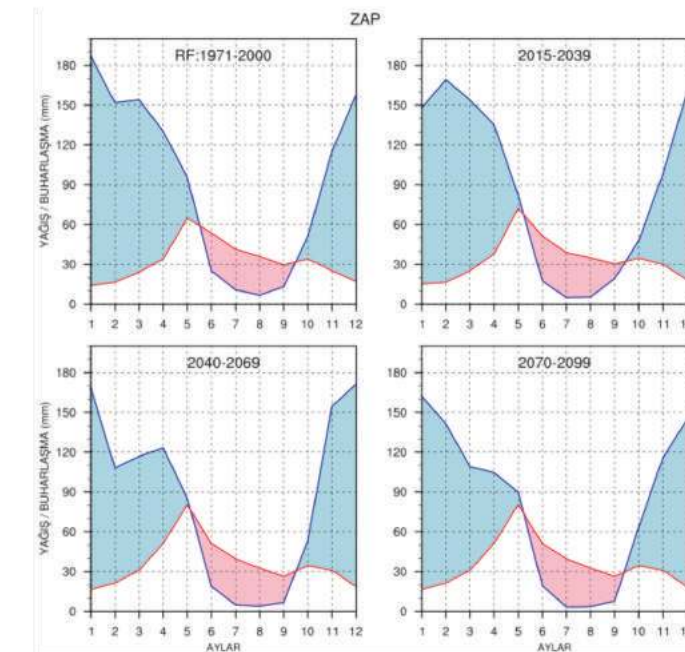
Şekil IV.25. Havza ortalaması alınmış Van Gölü Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



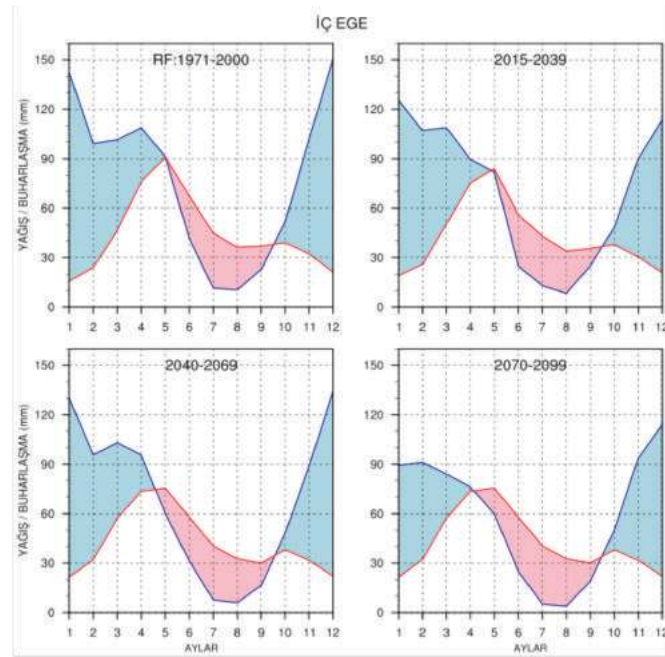
Şekil IV.26. Havza ortalaması alınmış Yeşilirmak Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



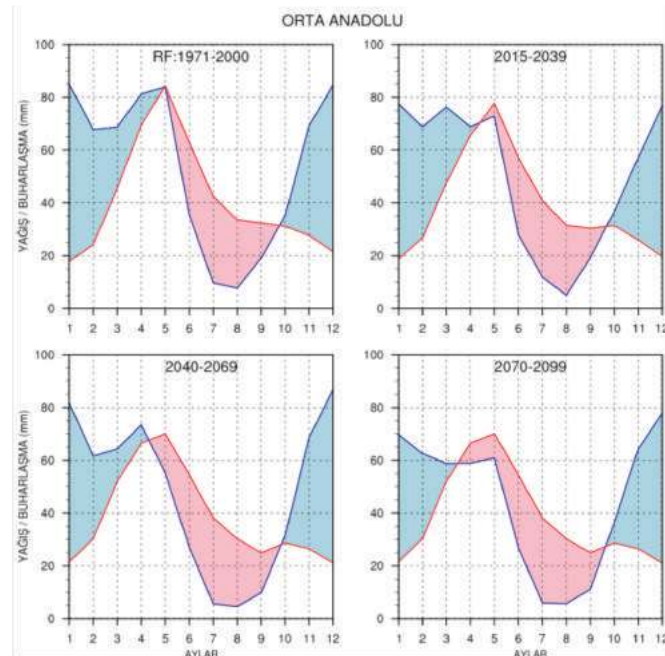
Şekil IV.27. Havza ortalaması alınmış Yukarı Fırat Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



Şekil IV.28. Havza ortalaması alınmış Zap Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



Şekil IV.29. Havza ortalaması alınmış İç Ege Tarım Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.



Şekil IV.30. Havza ortalaması alınmış Orta Anadolu Havzası için RCP8.5 senaryosuna göre hesaplanmış olan, ortalama aylık toplam yağışın (mavi çizgi) ve gerçekleşen buharlaşma-terlemenin (kırmızı çizgi) yıl içindeki değişimine ait mevcut durum 1971-2000 ile birlikte bu mevcut duruma göre 2015-39, 2040-69 ve 2070-99 dönemleri için küresel iklim değişimi ile oluşan eğilim projeksiyonları.

EK V. Mini Sözlük*

Aerosol: Katı ya da sıvı parçacıkların havada ya da bir gazda asılı olarak tutulması ile oluşan durum; eşanlam: havada asılı.

Afet risk yönetimi: Ülke, bölge, kent, yerleşim birimi ya da bina ölçeğinde tehlike ve riskin belirlenmesi, analizi, riskin azaltılabilmesi, tahmin ve erken uyarı için olanak, kaynak ve önceliklerin belirlenmesi, politika ve stratejik plan ve eylem planlarının hazırlanması ve yaşama geçirilmesi süreci.

Albedo: Bir nesne üzerine gelen elektromanyetik ışınların, nesnenin yüzey dokusuna ve rengine bağlı olarak değişen yansım oranı; eşanlam: yansıtılabilirlik, yansıtma oranı

Alçak basınç merkezi: Meteorolojide, bağıl olarak düşük barometrik basınca sahip, kapalı izobarlar ile çevrili, rüzgarların kuzey yarımkürede saatin tersi (güney yarımkürede saat) yönünde ve içine doğru eserek döndüğü, havanın yükseldiği, genellikle bulutlu ve yağışlı havayı temsil eden alan; eşanlam: alçak basınç alanı, alçak basınç bölgesi, siklon.

Ani sel: Genellikle fırtına ile yağışın başlamasını takip eden birkaç dakika ile ilk 6 saatlik süre içerisinde akarsular, kıyılar, vadiler ya da kanyonlarda suların hızla yükselmesi, baraj çökmesi ya da yağmur akaçlama sisteminin yetersiz kaldığı kentlerde sokak ve caddelerdeki suların tahliye edilemeyerek küçük bir alanda birikmesi.

Arazi nem açığı: Bir yerdeki toprağın nem açısından arazi kapasitesine ulaşmak için alması gereken su miktarı.

Aşırı sıcaklık: Hem sıcaklığın, hem bağıl nemin çok yüksek olduğu ve beden için ısı dengesini koruyamadığı durum.

Bağıl nem: Belli sıcaklıkta bir hava ya da gaz kütleğinde bulunan su buharı miktarının, o sıcaklıkta bir hava ya da gaz kütleğinde bulunabilecek en yüksek su buharı miktarına olan oranının yüzde olarak ifadesi; eşanlam: tikel nem.

Bofor ölçeği: ilk defa deniz durumu için ortaya konulan, 0'dan 12'ye kadar sayılarla ifade edilen, rüzgar şiddeti ölçeği.

Boran: Gök gürültüsü, çakım ve yıldırım gibi elektrik olayları ve sağanak yağış, bazen dolu ve hortumun görüldüğü fırtına, gök gürültülü sağnak;

Buz fırtınası: Yağmur veya çisenti şeklinde sıvı su olarak havadan düşen yağışın, çok soğuk cisimlerle temas ettiğinde donarak cam

gibi ince ve tehlikeli yoğun bir buz katmanı oluşturması.

Buzlanma: Buzla kaplanmak, buza dönüşmek.

Buzul çağı: Yerküre ortalama hava sıcaklığının önemli miktarda düştüğü, kutuplardan başlayarak kıta ve denizler üzerinde buzulların ekvatora kadar uzandığı, binlerce yıl süren küresel iklim dönemleri.

Buzul: Karların yüzyıllar mertebesinde uzun sürelerde birikmesi, sıkışması ve yeniden kristalleşmesi ile oluşan, kendi ağırlığının yarattığı gerilme ve/veya erime sonucu yer ve şekil değiştirebilen, bir bölümü ya da tümü karada olan büyük buz kütlesi.

Çiy: Atmosferin yeryüzüne yakın kısmında havadaki su buharının, genellikle bulutsuz havalarda, sabit basınçta ve ısıtım kaybıyla hava sıcaklığının çiy noktası sıcaklığına düşmesiyle cisimler üzerinde yoğunlaşarak oluşan sıvı su damlacıkları.

Çölleşme: Aşırı otlatma, ormansızlaştırma, yanlış tarım ve sulama uygulamaları ya da iklim değişikliği gibi nedenlerle kurak bölgelerde toprağın susuzlaşması ve çöl haline gelme süreci.

Dendroklimatoloji: Yıllık yaş halkalarına dayanarak geçmiş dönemlerde yaşanan kurak ve yağışlı yıllar ile iklim ve nehir akım değişimlerini saptama bilimi.

Depolama rezervuarı. Faydalı amaçlar, örneğin su temini, enerji üretimi, sulama ve dinlence amacıyla içerisinde su tutulan rezervuar.

Dolu: Kümülönimbus gibi dikey gelişmeli bulutlardan çapı 5 mm ila 50 mm arasında değişen küresel veya düzensiz şekilli opak buz parçası yağışı.

Don: 1. Soğuk hava adveksiyonu nedeniyle geniş bir bölgede üzerinde tarımsal alanlara zarar verebilecek ve/veya ıslak yüzeylerdeki suları buza dönüştürebilecek kadar uzun bir süre ve şiddetle yüzey hava sıcaklığının donma sıcaklığının altında (0°C'nin) kalması. 2. Duru, açık ve rüzgarsız havalarda yerde ısıtım kaybından oluşan yerel, sıg ve kısa süreli olarak hava sıcaklığının donma sıcaklığının altına düşmesi.

Donan çisenti: Sıvı su olarak düşen çisentinin donma seviyesinin altında olan yer veya yerdeki diğer yüzeyler üzerinde donup ince bir buz katmanı oluşturması.

Donan yağmur: Sıvı olarak düşen yağmur damlalarının sıcaklığı



donma seviyesi altında olan yer veya yerdeki diğer yüzeyler üzerinde temasla donması.

Ekosistem: Belirli bir bölgede tüm canlı organizmaların ve ilişkide oldukları su, toprak, güneş ışığı gibi cansız bileşenlerin oluşturdukları döngüsel madde ve enerji değişiminin gerçekleştiği abiyotik maddeler, üreticiler, tüketiciler ve ayrıştırıcılardan oluşan biyolojik sistem; eşanlam: ekodizge.

Erken uyarı: Mümkün olduğu kadar çok sayıda insana hızla ulaşarak, gelmekte olan tehlikeye karşı, zamanında ve gerektiği gibi davranmalarına olanak tanıyacak şekilde haberdar etmek ve kaynağı, yeri, zamanı, şiddeti veya büyüklüğü, olası etkileri hususunda bilgilendirmek

Erozyon: Yeryüzündeki kayaların ve diğer malzemenin su ve rüzgar gibi dış etmenlerle dayanımlılıklarını kaybederek parçalanıp, yerinden koparılmalrı veya çözünmeleri ile fiziksel ve kimyasal ayrışmaya uğraması, bulundukları yerden akarsu, yağmur, buz, rüzgar veya dalgalar ile doğal yollardan taşınmasını içeren olaylar zinciri.

Faydalı hacim: Bir göl ya da barajda, en yüksek ve en düşük işletme düzeyleri arasında kalan suyun hacmi.

Fırtına: 1.Yeryüzünü, 1 km çaplı hotumdan 2000-3000 km çaplı ortaenlem siklonlarına kadar 48-55 knotluk rüzgarla birlikte veya rüzgarsız etkileyen şiddetli ve muhtemelen yıkıcı hava olaylarının genel adı. 2. Yağmur fırtınası, rüzgar fırtınası, dolu fırtınası, kum fırtınası, toz fırtınası örneklerinde olduğu gibi yıkıcı ya da korkutucu yönleri baskın olan geçici hava durumlarının genel adı.

Gaz salımı: İnsan kökenli ya da doğal kaynaklardan havaya salınan gaz haldeki madde.

Gerçek buharlaşma-terleme: Bir arazide sınırlı miktarda su olduğunda, gerek normal gelişme aşamasındaki bitkilerden terleme, gerekse topraktan buharlaşma sonucu atmosfere aktarılan su miktarı.

Göçmen: Daha iyi geçim koşulları bulma umudu ya da siyasal nedenlerle kendi ülkesinden başka bir ülkeye göç eden, orada yerleşen kimse.

Harikan: Kuzey Atlantik Okyanusundaki, 64 deniz milinden (118 km/saatten) büyük hızla esen rüzgârda denizin köpükle beyazlaşıp görüş mesafesinin kısaldığı, 12 Bofor şiddetindeki havanın görüldüğü çok kuvvetli tropikal siklonik fırtınaların yerel adı.

Hava nemi: Havanın içerdiği su buharı miktarı.

Hava: Yeryuvarı çevreleyen ve canlıların soludukları, ana bileşenleri azot ve oksijen olan, bunun yanı sıra su buharı, argon, karbon dioksit ve eser miktarlarda diğer değişken ve sabit gazları içeren gaz karışımı.

Hissedilen sıcaklık: Hava sıcaklığının, rüzgâr hızının ve bağıl nemin etkileri sonucunda insanlar tarafından algılanan sıcaklık.

Hortum: Kümülönimbüs bulutları ile bağlantılı olarak yerden başlayarak silindirik şeklinde kendi eksenini etrafında dönerek gezen ve büyük yıkıcı güce sahip bir hava kolonu.

İklim değişikliği: Karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenen doğa kaynaklı iklim değişikliğine ek olarak, atmosfere salınan sera gazlarındaki artış ve ormanların yok edilmesi sonucu arazi kullanımındaki farklılaşmalar gibi doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik.

İklim değişikliğine uyarlanma: İklim değişikliğinin öngörülen olumsuz etkilerini ekonomik, biyolojik, çevresel zararlarını en aza indirecek ve/veya iyi etkilerinden yararlanmayı arttıracak önlemler almak.

İklim: Belirli ve uzun bir zaman aralığında, yeryüzünde belirli bir yer için atmosferin gözlemlenen sıcaklık, nem, yağış şekil ve miktarı, rüzgârlar, gibi özelliklerinin ortalama ve uç değerlerinin genel durumu.

Kar fırtınası: Sıkça şiddetli rüzgarlar ve soğuk havayla birlikte oluşan, yoğun kar yağışlı tehlikeli olabilen meteorolojik olay.

Karbon dioksit: Atmosferde hacimce % 0,03'ten daha fazla bir oranda bulunan, renksiz, kokusuz, suda çözünen, -78,5 °C'de süblimleşen, formülü CO₂ olan gaz.

Kasırğa: 34 ila 40 deniz milinden büyük hızla esen rüzgarda denizin köpükle beyazlaşıp görüş mesafesinin kısaldığı 8 Bofor şiddetindeki hava.

Kent ısı adası: Yaz geceleri veya sakin kış mevsiminde şehirleşmiş alanlarda, düşük yansıtıcılık, yüksek ısı kapasitesine sahip yapılar ve asfalt gibi çok sayıda kuru ısı kaynağı tarafından soğrulan ısıyla şehir üzerindeki sıcaklık değerlerinin kırsal alanlardan daha yüksek olması.

Kırağı: Soğuk cisimler üzerinde su buharının kırağı noktası sıcaklığında doğrudan katılaşması sonucu meydana gelen, ince, kırılğan,

iğne, pul, tüy veya yelpaze şeklinde beyaz buz kristallerinin görüldüğü buz örtüsü, kırağı donu.

Knot: Tipik olarak rüzgar, gemi, siklon gibi şeylerin deniz mili olarak hızını ifade etmek için kullanılan ve 1 knot eşittir 1852 m/saat olan hız birimi.

kurak yıl: Yağış veya akarsu akımı belirgin bir şekilde normalin altında olan yıl.

Kuraklık: Yağışsız ya da normaline göre az yağışlı olarak devam eden uzunca bir süre; eşanlam: kurak dönem.

Kümülönimbüs bulutu: Genellikle basık örs şeklinde tepesi olan uzun, gök gürültüsü, yıldırım, yağmur, bazen dolu ve hortum üreten, yüksek bir kule görünümüne sahip, gök gürültülü bulut veya bulut kümesi; eşanlam: kümülönimbüs bulutu, kükren bulut.

Küresel ısınma: Sera etkisi oluşturan su buharı, karbon dioksit, metan gibi gazların atmosferde artışı sonucu, atmosferin yeryüzüne yakın bölgesinin gereğinden fazla ısınması ve yeryüzü ortalama sıcaklığının artması.

Lodos: Türkiye'de güneybatıdan esen (225 derece, SW) sıcak ve nemli rüzgâr.

Orman yangını havası: Orman yangını riskini artıran ve yerel bitki örtüsü, rüzgar şiddeti, su kaynaklarına olan uzaklık, arazi şekli, hava sıcaklığı gibi değişkenlere bağlı olan hava şartları.

Orman yangını Orman alanlarında yıldırım ve volkanik faaliyetler gibi doğal nedenlerden kaynaklanan veya insan kaynaklı çıkan yangın.

Orman: Belirli bir büyüklüğün üzerindeki alanda, kendine özgü bir iklim yaratabilen, belirli bir yükseklik, yapı ve sıklıktaki ağaçlar, ağaççık, çalı ve otsu bitkiler, yosun eğrelti ve mantarlar, toprak altında ve üstünde aşayan mikroorganizmalar, çeşitli böcek, hayvan ve kuşlarla toprağın birlikte oluşturduğu ve önemli bir karbon depolama potansiyeli olan doğal ya da yapay yolla tesis edilen karasal ekosistem.

Ozon: O₃ formülünde, oksijen elementinin doğada az bulunan özgül kokulu, çok kalımlı olmayan tepkin bir allotropu.

por: Biyolojik yapılarda çeşitli işlevleri olan, farklı çaplardaki delikler; eşanlam: delikçik.

potansiyel buharlaşma-terleme: Bir arazide yeterli miktarda su

olduğunda güneş, rüzgar vb. koşullarda buharlaşma ve bitkilerin terlemesiyle atmosfere aktarılabilecek en fazla su miktarı.

Poyraz: Türkiye'de kuzeydoğudan (45 derece, NE) esen soğuk rüzgar.

Pörsüme: Bir bitkinin kaybettiği suyun aldığı sudan fazla olduğu durumlarda, turgor basıncının azalması yüzünden tazeliğini, diriliğini, canlılığını kaybetmesi, odunsu olmayan kısımlarının gevşeyerek kendini bırakması hali; eşanlam: bitkinin solması.

Risk yönetim: Tehlikelerin istenmeyen sonuçlarından kaçınmak için zarar ve risk azaltma, hazırlık ve planlama, tahmin ve erken uyarı, eğitim gibi kültürel, yordamsal ve yapısal stratejilerin geliştirilip uygulanması.

Risk: Tehlike olasılığı ve tehlikenin gerçekleşmesi durumunda kaybedilecek değerlerin birlikte tanımlanması

Rüzgar: Düzensiz ısınma veya farklı basınç merkezleri nedeniyle havanın, yeryüzüne göre, belirli bir hız ve yönde bir yerden bir başka bir yere yatay hareketi; eşanlam: yel.

Salım: Gaz, parçacık, gürültü, titreşim, ısınım, ısı gibi enerji ya da maddenin bir kaynaktan dışarıya verilmesi; eşanlam: emisyon.

Sel: 1. Aşırı yağış, hızlı kar erimesi, şiddetli fırtına ve fırtına karması, sed veya barajların tepe noktasının aşılması, heyelan ile akarsuyun yatak değiştirmesi, kanalizasyon taşması gibi nedenlerle yüzey akışıyla gelen suların, normalde su altında olmayan alanları geçici bir süre için kaplaması ve/veya o alanlarda birikmesi. 2. Taşkın ve su baskını şeklinde görülen hidro-meteorolojik olayların genel adı.

Sera gazı: Su buharı ile birlikte karbon dioksit, metan, ozon, azot oksitler ve freonlar gibi dünya yüzeyinden salımı yapılan uzun dalga boylu ışıını soğuran ve salan atmosferik iz gazların genel adı.

Sıcak hava dalgası: Geniş bir alanda 3 gün veya daha fazla süren ya da sürmesi beklenen anormal ve rahatsız edici düzeyde, genellikle nemli, sıcak hava.

Sıcaklık: Bir maddeyi oluşturan taneciklerin ortalama kinetik enerjilerinin bir ölçüsü olan ve maddenin sıcak veya soğuk olmasını ayırt etmede kullanılan nicelik.

Sis: Yer seviyesindeki görüş uzaklığını 1 kilometrenin altına düşürecek kısıtlayan, havada asılı halde bulunan mikroskobik büyüklükteki



su damlacıklarından oluşan ve yeryüzüne temas eden bulut şeklindeki atmosfer olayı.

Solma noktası: Bitkilerin devamlı solmaya başladığı, kökleri aracılığıyla topraktan su alamadığı, toprağa su verilse bile eski durumlarına dönemedikleri koşuldaki ve ortalamada 15 atmosfer basınç altında tutulabilen topraktaki nem miktarı; eşanlam: sürekli pörsüme nemi.

stoma hareketleri: Bitkilerin epidermisinde bulunan ve bitkinin gaz alışverişlerini ayarlayan gözeneklerin açılıp kapanma hareketleri.

Su açığı: Yağışın potansiyel buharlaşma-terlemeden az olduğu belirli bir dönemde, potansiyel buharlaşma-terleme ile yağış arasındaki fark.

Su bilançosu. Belirli bir zaman aralığı boyunca belirli bir su tutma alanının veya su kütlesinin kazandığı toplam su miktarının, söz konusu su tutma alanı veya su kütlesinde meydana gelen net değişikliklere toplam su kaybının eklenmesiyle bulunan değere eşit olması ilkesine dayanan su bilançosu.

Su buharı: Suyun kritik sıcaklığının altındaki gaz evresine, soğutarak ya da basıncı arttırarak sıvıya dönüştürülebildiği hal.

Su bütçesi: Sınırları tanımlanan bir yüzey suyu veya yeraltı suyu sisteminde belirli bir zaman dilimi dikkate alınarak, sisteme giren ve sistemden çıkan su kütlesi ile depolamada oluşan değişimi gösteren süreklilik denklemi.

Su dengesi: Optimal fonksiyonu için sabit olması istenen organizma tarafından tüketilen suyun farklı şekillerde atılan toplam suya oranı değeri.

Su depolama: 1. Gelecekte kullanılmak üzere yüzey veya yeraltı rezervuarlarında su biriktirilmesi. 2. Depolanan su hacmi

Su fazlası: Belli bir sürede, yağışın potansiyel buharlaşmaya göre fazlalığı. 2. Bir hazne ya da bir su temin sisteminde var olan suyun talebe göre fazlalığı.

Su hortumu: Kümülonimbus bulutundan aşağı deniz ve gölle su yüzeyine uzanan ve şiddetlice dönen hava sütunu; eşanlam: su hortumu.

Su sağlama: Suyun kaynağından tüketiciye kadar ulaştırılmasında gerçekleştirilen kaynaktan getirme, arıtım, depolama ve dağıtım işlemlerinin tümü.

Su stresi: 1. Su talebinin su kaynaklarını aştığı, kişi başına yılda 1000-1666 metreküp tatlısu temin edilebildiği iklim koşulları. 2. Bitkilerin ihtiyaçları olan suyu alamadıkları zaman gösterdikleri büyüme ve gelişme durgunluğu ya da geriliği.

Su talebi: Belirli bir dönem boyunca ekonomik, sosyal ve diğer etmenlerin koşullandığı çeşitli su gereksinimlerinin gerçek miktarı.

Su temin sistemi: Farklı tüketim sektörlerine, istenen nitelik ve nicelikte su sağlamak için gerekli olan biriktirme hazneleri, akarsu yapıları ile pompalar, kanallar, borular ve diğer donanımlar; eşanlam: su sağlama sistemi.

Sürdürülebilir kalkınma: Sanayi gelişimini, doğal kaynakların ve enerjinin tüketimini gelecek nesillerin de bunlara gerek duyacaklarını gözeterek yönetmek, her tür malzeme ve enerjiyi özenle tüketerek kaynakların kendilerini yenilemelerine olanak bırakmak.

Şimşek: Buluttan buluta ya da buluttan havaya oluşan kırık çizgi biçimindeki, gök gürültülü ve ısıltılı gürültülü elektrik boşalımı.

Tarla kapasitesi: Su ile doymuş topraktan yerçekimi etkisi ile suyun aşağı katmanlara sızmasından sonra 1/3 atm veya 2.54 pF veya 4.83 PSI gerilimle tutulan su miktarı.

Taşkın: Doğal ya da yapay bir göldeki su miktarının ya da akarsuyun debisinin artması sonucu su seviyesinin, yükselerek yatağının normal sınırlarının dışına taşmasıyla çevresindeki alanların geçici bir süre su altında kalması.

Tayfun: Okyanuslarda, Çin Denizi ile Hint Denizi'nde görülen, Dünya'nın dönüş yönüne zıt olarak doğudan batıya doğru oluşan, harikan benzeri güçlü kasırga.

Terleme: Bitki yüzeyinde, özellikle yapraklarda olan buharlaşma.

Tipi: Görüş mesafesini yağın kar ile 400 metrenin altına düşüren, en az 3 saat süren ve 56 km/saat hızında veya daha şiddetli rüzgârlar ile görülen kar fırtınası.

Toprak nem içeriği. Topraktaki nem yüzdesinin kuru ağırlık veya hacim esasına göre ifadesi.

Toprak nemi: Toprağa giren suyun, yerçekimine karşı toprak taneliklerinin yüzeyinde ve gözeneklerinde tutulan kısmı; eşanlam: toprak suyu.

Toz fırtınası: Oldukça geniş bir alanda etkili olan, kuvvetli rüzgârların ve yoğun biçimde savrulan tozların görüldüğü hava olayı.

Tropik fırtına: Yeryüzü seviyesinde, merkezi etrafındaki siklonik sirkülasyondaki rüzgar hızının maksimum 34 ila 63 knot arasına ulaştığında ve tropikal düzensizliğe göre daha organize görünüm arz eden tropikal alçak basınç alanı; eşanlam: tropikal siklonik fırtına.

Uç değerler: İstatistikte, bir verinin alabileceği en büyük ya da en küçük değerler. 2.Belli bir zaman dilimi içinde ölçülen meteorolojik bir değişkenin en düşük ve en yüksek değeri

Uçak yoğunlaşma izi: Uçak motoru egzozunda bulunan su buharının kırılgılaşması sonucu ya da uçak kanatları ve pervane uçlarındaki burgaçların basıncı düşürmesiyle havadaki nemin buza dönüşmesi aerodinamik nedenler sonucu meydana gelen buz parçacıklarından oluşan iz; eşanlam: yoğunlaşma izi.

Yağış: Su buharının yoğunlaşması ve/veya donması ile atmosferik nemin, yağmur, kar gibi sıvı veya katı bir halde yeryüzüne düşmesi.

Yağış: Su buharının yoğunlaşması ve/veya donması ile atmosferik nemin, yağmur, kar gibi sıvı veya katı bir halde yeryüzüne düşmesi.

Yağışlı yıl. Yağış ve akarsu akımı belirgin bir şekilde normalin üzerinde olan yıl. YOK

Yarı kurak iklim. Yağış miktarının kurak ikliminkinden biraz daha fazla, 250-500 mm arasında gerçekleştiği, bitki örtüsünün, ağaçsız ve çalısız, otlardan oluştuğu iklimin niteliği.

Yer ışıınımı / uzun dalga boylu ışıma. Yerküre ve atmosfer tarafından yayımlanan, dalga boyları 4 ila 100 mikrometre arasında değişen kızılötesi ışıınım; eşanlam: yer ışıınımı.

Yeraltı suyu beslenmesi. Bir aküferin doymuş bölgesine doğrudan doğruya bir formasyon içerisine verilerek ya da dolaylı olarak başka bir formasyon kanalıyla su eklenmesi işlemi.

Yerküre: Güneş sistemindeki dokuz gezegenden büyüklük sıralamasında beşinci ve Güneş'e yakınlıkta üçüncü sırada olan, yaklaşık olarak 4,5 milyar yıl önce oluşan, 1 milyar yıl önce yaşamın başladığı, yüzeyinin %71' sularla kaplı, atmosferi de içeren, insanların ve diğer canlıların yaşadığı ve 500 milyon yıl daha yaşayabileceği varsayılan gezegen; eşanlam: Dünya.

Yıldırım: Genellikle bir kümülonimbus bulutunun tabanı ile yer arasında, kırık çizgi ve/ya da çatal biçimindeki, gök gürültülü ve ısıltılı elektrik boşalımı.

* Buradaki terimlerin tanımları büyük ölçüde TÜBA, (2017)'dan alınmıştır



KAYNAKÇA

- AÇA, 2004. Avrupa'nın değişen ikliminin etkileri: Gösterge temelli bir değerlendirme, Avrupa Çevre Ajansı (AÇA) Raporu, 2/2004, Kopenhag.
- Aggarwal, P. K., 2008. Global climate change and Indian agriculture: impacts, adaptation and mitigation. *Indian Journal of Agricultural Sci.*, 78(11), 911–919.
- Ahmad, S., Ahmad, A., Soler, C. M. T., Ali, H., Zia-Ul-Haq, M., Anothai, J., et al., 2012. Application of the CSM-CERES- rice model for evaluation of plant density and nitrogen management of fine transplanted rice for an irrigated semiarid environment. *Precision Agriculture*, 132(2), 200–218.
- Ahrens, C.D., 2003. *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*, Brooks/Cole, USA.
- Ainsworth, E. A., & Long, S.P., 2005. What have we learned from 15 years of free-air CO₂ enrichment (FACE)? A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant production to rising CO₂. *New Phytologist*, 165(2), 351–372.
- Ainsworth, E. A., & Rogers, A., 2007. The response of photo-synthesis and stomatal conductance to rising [CO₂]: mechanisms and environmental interactions. *Plant, Cell and Environment*, 30(3), 258–270.
- Ainsworth, E. A., 2008. Rice production in a changing climate: a meta-analysis of responses to elevated carbon dioxide and elevated ozone concentration. *Global Change Biology*, 14(7), 1642–1650.
- Ainsworth, E. A., Davey, P. A., Bernacchi, C. J., Dermody, O. C., Heaton, E. A., Moore, D. J., et al., 2002. A meta-analysis of elevated [CO₂] effects on soybean (*Glycine max*) physiology, growth and yield. *Global Change Bio.*, 8(8), 695–709.
- Ainsworth, E.A., & Mcgrath, J.M., 2010. Direct effects of rising atmospheric carbon dioxide and ozone on crop yields. In: *Climate Change and Food Security* (pp. 109–130). Springer Netherlands.
- Akdağ, M., 1963: *Celâli İsyânları*. Ankara.
- Akdağ, M., 1971: *Türkiye'nin İktisadi ve İçtimai Tarihi*. Ankara.
- Akın M., Akın G., 2007. Suyun Önemi, Türkiye'de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği, Ankara Üniv., DTCF Dergisi, 47,2 105-118
- Akinerdem, F. ve Öztürk, Ö., 2014. Yağ Bitkileri Üretim Stratejileri. *AyçiçeğiPaneli*, Konya, 18 Mart.
- Akinerdem, F., 2013a. Türkiye Şeker Pancarı Tanımı ve Şeker Sanayi'nin Son Durumu. *Agrotime Uluslararası Bitkisel ve Hayvansal Üretim Dergisi*. Yıl:1, Sayı:3, Sayfa: 9-11.
- Akinerdem, F., 2013b. Tarımda Sektörel Açılımlar ve Yansımaları. *Agrotime Uluslararası Bitkisel Üretim ve Hayvancılık Dergisi*. Yıl: 1, Sayı:1, Sayfa: 76-81, Ocak-Şubat 2013
- Akinerdem, F., 2014a. Dünya ve Türkiye'de Su Arzı ve Kuraklık. *Agrotime Uluslararası Bitkisel ve Hayvansal Üretim Dergisi*. Yıl: 2, Sayı:11, Sayfa: 30-32.
- Akinerdem, F., 2014b. Aspir Bitkisi ve Tanımı. *Akademik Tarım Dergisi*. Sayfa 14-17 Sayı: 9. Mart.
- Alig, R. J., Adams, D. M., & McCarl, B. A., 2002. Projecting impacts of global climate change on the US forest and agriculture sectors and carbon budgets. *Forest Ecology and Management*, 169(1), 3–14.
- Allison, I., Bindoff, N.L., Bindschadler, R. A., Cox, P.M., de Noblet, N., England M.H., et al., 2009. *The Copenhagen Diagnosis, 2009: Updating the World on the Latest Climate Science*. The University of New South Wales Climate Change Research Centre (CCRC), Sydney, Australia.
- Alston, J. M., Beddow, J. M., & Pardey, P.G., 2009. Agricultural research, productivity, and food prices in the long run. *Science*, 325(5945), 1209–1210.
- Altan, G.; Türkeş, M., Tatlı, H., 2011. "Çanakkale ve Muğla 2009 yılı orman yangınlarının Keetch-Byram kuraklık indisi ile Klimatolojik ve Meteorolojik Analizi", In *5th Atmospheric Sci. Symposium Proceedings Book*, Ist. Tech. Univ., 27-29 April 2011, Istanbul. Turkey, 263-274.
- Altına, T.B., and B. Barak, 2017. Trends and changes in tropical and summer days at the Adana Sub-Region of the Mediterranean Region, Southern Turkey, *Atmospheric Research*, Volume 196, 1 November 2017, Pages 182–199.
- Aparı Çetinsoy F.F., 2010. Küresel İklim Değişikliği: Avrupa Birliği ve Türk Tarımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Arnell, N.W., 1999. The effect of climate change on hydrological regimes in Europe: a continental perspective. *Global Environment Change* 9, 5–23.
- Ash, G.H.B., D.A. Blatta, B.A. Mitchell, B. Davies, C.F. Shaykewich, J.L. Wilson, & Raddatz, R.L. 1999. *Agricultural Climate of Manitoba*.
- Asseng, S., Foster, I., & Turner, N.C., 2011. The impact of temperature variability on wheat yields. *Global Change Biology*, 17, 997–1012.
- Atzberger, C., 2013. Advances in remote sensing of agriculture: context description, existing operational monitoring systems and major information needs. *Remote Sensing*, 5(2), 949–981.
- Aytekin, A.B., 2012. İklim Değişikliğinde Düşük Akımların İstatistik Analizi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, s. 139.
- Babaoğlu, M., 2016. Kişisel görüşme.
- Baetting, M.B., Wild, M., Imboden, D.A., 2007. A climate change index: Where climate change may be most prominent in the 21st century. *Geophysical Research Letters*, Vol.34, No.1.
- Bannayan, M., Parisa Paymard and Batool Ashraf, 2016. Vulnerability of maize production under future climate change: possible adaptation strategies. *J Sci Food Agric* 2016; 96: 4465–4474
- Bassu, S., Brisson, N., Durand, J. L., Boote, K., Lizaso, J., Jones, J. W., et al., 2014. How do various maize crop models vary in their responses to climate change factors? *Global Change Biology*, 20(7), 2301–2320.
- Basu, R., 2009. "High ambient temperature and mortality: a review of epidemiologic studies from 2001 to 2008, *Environmental Health*", vol. 8, no. 4, DOI: 10.1186/1476-069X-8-40.
- Bates B.C, Z.M. Kundzewicz, S. Wu and J.P. Palutikof, 2008. *Climate Change and Water*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC.)
- Battisti, D. S., & Naylor, R.L., 2009. Historical warnings of future food insecurity with unprecedented seasonal heat. *Science*, 323(5911), 240–244.
- Bellin, D., Schutz, B. Soerensen, T.R., Salamini, F. & Schneider, K. 2007. Transcript profiles at different growth stages and tap-root zones identity correlated developmental and metabolic pathways of sugar beet. *Journal of experimental botany* 58(3), 699–715.
- Betts, R. A., Boucher, O., Collins, M., Cox, P. M., Falloon, P. D., Gedney, N., et al. (2007). Projected increase in continental runoff due to plant responses to increasing carbon dioxide. *Nature*, 448(7157), 1037–1041.
- Bilgili, E., Baysal, İ., Durmaz Dinç, B.; Sağlam, B., Küçük, Ö., 2010. "Türkiye'de 2008 yılında çıkan büyük orman yangınlarının değerlendirilmesi", *İçinde III. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi Bildiriler Kitabı III. Cilt*, 20-22 Mayıs 2010, Artvin, 1270-1279.
- Bilgin, Y. 1992. Şeker pancarı verim ve kalitesini etkileyen bazı faktörler. *Türkiye fiekler Fabrikaları A.Ş. Şeker Enstitüsü Seminer Notları*. Ankara, p: 1-18.



Bisht, P., Kumar, P., Yadav, M., Rawat, J. S., Sharma, M. P., & Hooda, R.S., 2014. Spatial dynamics for relative contribution of cropping pattern analysis on environment by integrating remote sensing and GIS. *International Journal of Plant Production*, 8(1), 1735–8043.

BMMYK, 2008: Sanayileşmiş Ülkelerdeki İltica Başvurusu Düzeyi ve Eğilimler, 24 Mart 2008, www.unhcr.org.

Bolch, T., Kulkarni, A., Kääb, A., Huggel, C., Paul, F., Cogley, J. G., et al., 2012. The state and fate of Himalayan glaciers. *Science*, 336(6079), 310–314.

Bootsma, A.: 1994, 'Long Term (100 yr) Climatic Trends for Agriculture at Selected Locations in Canada', *Clim. Change*, 26, 65–88.

Botany, 62, 4079–4086. Finger, R., Hediger, W., & Schmid, S. (2011). Irrigation as adaptation strategy to climate change—a biophysical and economic appraisal for Swiss maize production. *Climatic Change*, 105(3–4), 509–528.

Bowes, G. (1991). Growth at elevated CO₂: photosynthetic responses mediated through rubisco. *Plant, Cell and Environment*, 14(8), 795–806.

Brown, L.R., 2006: Dünyayı Nasıl Tükettik, Çeviren: M. Fehmi İmre, İş Bankası Kültür Yayınları, p. 246.

Brown, M. E., & Funk, C.C., 2008. Food security under climate change. *Science*, 319, 580–581.

Burney, J., Woltering, L., Burke, M., Naylor, R., & Pasternak, D. 2010. Solar-powered drip irrigation enhances food security in the Sudano-Sahel. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(5), 1848–1853.

Cammel, M.E., Knight, J.D., 1992. Effects of climatic change on the population dynamics of crop pests. *Adv. Ecol. Res.* 22, 117–162.

Cantero-Martínez, C., Angás, P., & Lampurlanés, J., 2007. Long-term yield and water use efficiency under various tillage systems in Mediterranean rainfed conditions. *Annals of Applied Biology*, 150(3), 293–305.

Cao, L., Bala, G., Caldeira, K., Nemani, R., & Ban-Weiss, G., 2010. Importance of carbon dioxide physiological forcing to future climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(21), 9513–9518.

Caprio, J.M., 1961. A rational approach to the mapping of freeze dates. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 42, 703–714.

Ceylan, A., 2001. Türkiye'de Kuraklığın Zamansal ve Bölgesel Değişimi, Su Vakfı Yay., İstanbul.

Ceylan, A., 2005. Meteorolojik karakterli doğal afetlerin zamansal ve bölgesel dağılımı, *Lodos, Sayı 23*, s. 14–17.

Challinor, A. J., Ewert, F., Arnold, S., Simelton, E., & Franser, E., 2009. Crops and climate change: progress, trends, and challenges in simulating impacts and informing adaptation. *Journal of Experimental Botany*, 60(10), 2775–2789.

Challinor, A. J., Wheeler, T. R., Craufurd, P. Q., Slingo, J. M., & Grimes, D. I. F. (2004). Design and optimisation of a large-area process-based model for annual crops. *Agricultural and Forest Meteorology*, 124(1), 99–120.

Chapagain, A.K. and A.Y. Hoekstra. 2004. Water Footprints of Nations, vols. 1 and 2. UNESCO-IHE Value of Water Research Report Series No. 16. Available online at <http://www.waterfootprint.org/Publications.htm>, accessed 24 January 2007.

Chapman, S. C., Cooper, M., Podlich, D., & Hammer, G.L., 2003. Evaluating plant breeding strategies by simulating gene action and dryland environment effects. *Agronomy Journal*, 95(1), 99–113.

Chmielewski F.M., Müller A., Bruns E., 2002. Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961–2000, Humboldt-University of Berlin.

Christensen, N.S., A.W. Wood, N. Voisin, D.P. Lettenmaier, and R.N. Palmer, 2004: The effects of climate change on the hydrology and water resources of the Colorado River Basin. *Climatic Change* 62: 337–363.

Ciais P, Reichstein M, Viovy N, Granier A, Ogee J, Allard V, Aubinet M, Buchmann N, Bernhofer C, Carrara A, Chevallier F, De Noblet N, Friend AD, Friedlin-gstein P, Grunwald T, Heinesch B, Keronen P, Knohl A, Krinner G, Loustau D, Manca G, Matteucci G, Miglietta F, Ourcival JM, Papale D, Pilegaard K, Rambal S, Seufert G, Soussana JF, Sanz MJ, Schulze ED, Vesala T and Valentini R 2005. Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature* 437, 529–533.

Cline, W. 2007. *Global Warming and Agriculture Impact Estimates by Country*, Center for Global Development.

Conley, M. M., Kimball, B. A., Brooks, T. J., Pinter Jr., P. J., Hunsaker, D. J., Wall, G. W., et al. (2001). CO₂ enrichment increases water-use efficiency in sorghum. *New Phytologist*, 151(2), 407–412.

Conway, T.J., & Tans, P.P. (2012). Trends in atmospheric carbon dioxide. <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends>.

Coşkun, E., ve Kadioğlu, M. (2013). Türkiye'nin Şiddetli Rüzgâr Klimatolojisi. İstanbul: İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü Bitirme Çalışması.

Coşkun, M., Sümer, U., Ulupınar, Y., Şensoy, S., Demircan, M., Bölük, E., Arabacı, H., Eskioğlu, O., Açar, Y., Ekici, M., Yağan, S., Kervankıran, S., (2017), 2016 Yılı İklim Değerlendirmesi, MGM yayınları url: <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-raporlari.aspx>

Coumou, D., & Rahmstorf, S. (2012). A decade of weather extremes. *Nature Climate Change*, 2(7), 491–496.

Çaldağ, B. ve Şaylan, L., 2004. 'Sensitivity Analysis Of The CERES-Wheat Model For Variations In CO₂ And Meteorological Factors In Northwest Turkey', *International Journal of Environment and Pollution (IJEP)*, Vol. 23, No. 3, 2005

Çelik Y, Karakayacı Z (2007): Küresel iklim değişiklerinin Konya tarımına olan etkileri üzerine bir inceleme. Uluslararası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri Konferansı Bildiriler Kitabı, Konya, 23–34.

ÇŞB, 2012a: Türkiye'nin İklim Değişikliği İkinci Ulusal Bildirimi, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Nisan 2012, Ankara.

ÇŞB, 2012b: Türkiye'de İklim Değişikliğinin Tarım ve Gıda Güvencesine Etkileri. Türkiye'nin İklim Değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını, 34 sf, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

ÇŞB, 2016: Türkiye'nin İklim Değişikliği Altıncı Ulusal Bildirimi, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Mart 2016, Ankara.

Dai, A., 2011. Drought under global warming: a review. *WIREs Climate Change*, 2(1), 45–65.

de Fraiture, C., David, M., & Dennis, W. (2010). Investing in water for food, ecosystems, and livelihoods: an overview of the comprehensive assessment of water management in agriculture. *Agricultural Water Management*, 97(4), 495–501.

Debaeke, P., Pierre Casadebaig, Francis Flenet and Nicolas Langlade, 2017: Sunflower crop and climate change: vulnerability, adaptation, and mitigation potential from case-studies in Europe, OCL Volume 24, Number 1, January-February 2017

Dellal, İ. 2009 "The Role of Small Farms in Turkey", 111 EAAE-IAAE Seminar 'Small Farms: decline or persistence' University of Kent, Canterbury, UK, 26th–27th June 2009.

Dellal, İ., 2008. "Küresel İklim Değişikliği ve Enerji Kısıcında Tarım", İGEME'den Bakış, Sayı 35: 103–111, Ankara.

Dellal, İ., B.A. McCarl, 2007: İklim Değişikliği ve Tarım: Türkiye için Öngörüler, Uluslararası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri Konferansı (UKİDEK), Konya Büyükşehir Belediyesi, KOSKİ, Konya.

Dellal, İ., Butt, T. 2005. İklim Değişikliği ve Tarım, TEAE yayınları, TEAE-Bakış, Ankara.

Dellal, İ., Butt, T., B.A. McCarl, P. Dyke, 2004. Economic Impacts of Climate Change on Turkish Agriculture, Ankara Climate Change Conference, Ankara.



Dellal, İ., McCarl, B., 2007. İklim Değişikliği ve Tarım: Türkiye için Öngörüler, Uluslararası Küresel iklim değişikliği ve Çevresel Etkileri Konferansı, KOSKİ, Konya.

Dellal, İ., McCarl, B.A., Butt, T. 2011. The Economic Assessment of Climate Change on Turkish Agriculture, Journal of Environmental Protection and Ecology, Vol: 12, No: 1, 376-385.

Demir İ, Kılıç G, Coşkun M, Sümer UM (2008) Türkiye'de maksimum, minimum ve ortalama hava sıcaklıkları ile yayış dizilerinde gözlenen değişiklikler ve eğilimler. TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, Ankara, 13-14 Mart 2008, 69-84.

Demir, İ., 2013. TR71 Bölgesi Yağlı Tohum Bitkileri Yetiştiriciliği ve İklim Değişikliğinin Etkileri. Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 1(2), 73-78.

Demirci A, Karakuyu M (2002) Küresel iklim değişimi ve Türkiye'nin fiziki ve beşeri coğrafyası üzerindeki olası etkileri. Klimatoloji Çalıştay Bildiriler Kitabı, İzmir, 11-13 Nisan 2002, 235-245.

Deryng, D., Conway, D., Ramankutty, N., Price, J., & Warren, R. (2014). Global crop yield response to extreme heat stress under multiple climate change futures. Environmental Research Letters, 9(3), 034011.

Dev, S.M., Sharma, A.N. (2010). Food security in India: performance, challenges and policies. Oxfam India working papers series. <http://www.oxfamindia.org/sites/default/files/VII>.

Dickinson, R.E.: 1989, 'Uncertainties of Estimates of Climatic Change: A Review', Clim. Change, 15, 5-13.

Dillon P 2006. Achieving high dry-matter intake from pasture with grazing dairy cows. In Fresh herbage for dairy cattle (ed. A Elgersma, J Dijkstra and S Tamminga), pp. 1–26. Springer, Dordrecht.

Doğanay, H., 2011: Türkiye Ekonomik Coğrafyası. Pegem Akademi Yayıncılık, 5.baskı, Ankara, ss 840.

Döll, P. (2002). Impact of climate change and variability on irrigation requirements: a global perspective. Climatic change, 54, 269–293.

Draycott, A.P. and Messemer, A.B. 1977. Response by sugar-beet to irrigation, 1965–75. Journal of Agricultural Science, 89, 481–493.

Dronia, H., 1991: Zum vermehrten Auftreten extremer Tiefdruckgebiete über dem Nordatlantik in den Wintern 1988/89 bis 1990/91. Die Witterung in Übersee 39, 3, 27.

DSİ, 2009. Su ve DSİ, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri, 5. Dünya Su Formu, İstanbul 2009.

Durmaz, A. and Kadioğlu, M., 2001: Assessment of the impact of global warming on the residential cooling energy requirement in Adana. ITEC2001 4th International Thermal Energy Congress, İzmir-Turkey, July 8-12, 2001, pp. 51-56.

Durmaz, A., M. Kadioğlu and Z. Şen, 2000: An application of the Degree-Hours Method to estimate the residential heating energy requirement and fuel consumption in Istanbul. Energy-Int. Journal. 25 (12), 1245-1256.

Durmuş, E., ve A. Yiğit, 2014: Türkiye'nin Tarım Yöreleri ve Bölgeleri, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, ss.234.

Easterling, D. R., Horton, B., Jones, P. D., Peterson, T. C., Karl, T. R., Parker, D. E., et al. (1997). Maximum and minimum temperature trends for the globe. Sci., 277(5324), 364– 367.

Eitzinger, J., Thaler, S., Schmid, E., Strauss, F., Ferrise, R., Moriondo, M., et al. (2013). Sensitivities of crop models to extreme weather conditions during flowering period demonstrated for maize and winter wheat in Austria. The Journal of Agricultural Sci., 151(6), 813–835.

El-Shaarawi, M.A.I., and Al-Masri, N.: 1996, 'Weather Data and Heating-Degree Days for Saudi Arabia', Energy, 21, 3944.

EM-DAT, 2010: The OFDA/CRED International Disaster database-www.em-dat.net. Univeriste Catholique de Louvain-Brussels-Belgium.

EM-DAT, 2011: The OFDA/CRED International Disaster database-www.em-dat.net. Univeriste Catholique de Louvain-Brussels-Belgium.

EM-DAT, 2012: The OFDA/CRED International Disaster database-www.em-dat.net. Univeriste Catholique de Louvain-Brussels-Belgium.

EPRI, (Electric Power Research Institute): 1983, Weather Normalization of Electricity Sales, EPRI EA-3134, Appen. A.

Ertuğrul, M., Dellal, G., Elmacı, C., Akin, O., Pehlican, E., Soysal, İ., Arat, S. 2010. Çiftlik Hayvanları Genetik Kaynaklarının Korunması ve Sürdürülebilir Kullanımı, Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, Ankara.

EUR-OPA and UNISDR, 2011: Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction in Europe: A Review of Risk Governance. June 2011, pp. 74.

FAO (2009). The state of food insecurity in the world. Rome: FAO.

FAO. 2009: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf.

Favis-Mortlock, D.T., Guerra, A.J.T., 1999. The implications of general circulation model estimates of rainfall for future erosion: a case study from Brazil. Catena 37, 329–354.

Fereres, E., Orgaz, F., & Gonzalez-Dugo, V. (2011). Reflections on food security under water scarcity. Journal of Experimental

Ferris, R., Ellis, R.H., Wheeler, T.R., Hadley, P., 1998. Effect of high temperature stress at anthesis on grain yield and biomass of field-grown crops of wheat. Ann. Bot. 82, 631 – 639.

Fischer, G., M. Shah, F.N Tubiello and H. van Velhuizen. 2005. Socio-economic and climate change impacts on agriculture: An integrated assessment, 1990–2080. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 360: 2067–2083.

Fischer, G., Tubiello, F. N., Van Velhuizen, H., & Wiberg, D. A. (2007). Climate change impacts on irrigation water requirements: effects of mitigation, 1990–2080. Technological Forecasting and Social Change, 74(7), 1083–1107.

Fischer, R. A., & Edmeades, G. O. (2010). Breeding and cereal yield progress. Crop Science, 50(Supp. 1), S-85–S-98.

Fiscus, E. L., Reid, C. D., Miller, J. E., & Heagle, J. E. (1997). Elevated CO2 reduces O3 flux and O3 induced yield losses in Soyabean: possible implications for elevated CO2 studies. Journal of Experimental Botany, 48(2), 307–313.

Frederick K.D. and Major D.C. (1997) Climate change and water resources, Climatic Change 37, 7-23

Gan, J. (2004). Risk and damage of southern pine beetle outbreaks under global climate change. Forest Ecology and Management, 191(1), 61–71.

Gates, D. M.: 1993, Climate Change and its Biological Consequences, Sinauer Assoc., Inc., Sunderland, MA.

Giordano, M., de Fraiture C., Weight E., & van der Bliek J. (2012). Water for wealth and food security. Supporting farmer-driven investments in agricultural water management. Synthesis Report of the AgWater Solutions Project. Int. Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Gitay H, S. Brown, W. Easterling and B. Jallow 2001. Ecosystems and their goods and services. In: JJ McCarthy, OF Canziani, NA Leary, DJ Dokken, and KS White (eds) Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the 3.

Gleick, P.H. 2000. Water for Food: How Much Will Be Needed? In: Gleick, P.H. The World's Water 2000–2001. Washington DC: Island Press, pp. 63–91.

Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., et al. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. Science, 327(5967), 812–818.



Goklany, I. M. (2007). Integrated strategies to reduce vulnerability and advance adaptation, mitigation, and sustainable development. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(5), 755–778.

Gordon, L. J., Finlayson, C. M., & Falkenmark, M. (2010). Managing water in agriculture for food production and other ecosystem services. *Agricultural Water Management*, 97(4), 512–519.

Gornall, J., Betts, R., Burke, E., Clarr, R., Camp, J., Willett, K., & Wiltshire, A. (2010). Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society, B: Biological Sciences*, 365(1554), 2973–2989.

Goudriaan J, Unsworth MH (1990) Implication of increasing carbon dioxide and climate change for agricultural productivity and water resources. In: *Impact of carbon dioxide, trace gases and climate change on global agriculture*. ASA Special Publication, vol 53. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Sci. of America, Madison, WI, pp 111–130

Gregory, P. J., Johnson, S. N., Newton, A. C., & Ingram, J. S. (2009). Integrating pests and pathogens into the climate change/food security debate. *Journal of Experimental Botany*, 60(10), 2827–2838.

Griswold, W., 1983: *The Great Anatolian Rebellion 1000-1020/1591-1611*. Berlin.

GTHB 2011, BÜGEM Havza Bazlı Destekleme Modeli, Ankara.

Gupta, R., Gopal, R., Jat, M. L., Jat, R. K., Sidhu, H. S., Minhas, P. S., & Malik, R. K. (2010). Wheat productivity in indo- Gangetic plains of India during 2010: terminal heat effects and mitigation strategies. *PACA Newsletter*, 14, 1–11.

Guttman, N. B.: 1983, 'Variability of Population-Weighted Seasonal Heating Degree Days', *J. Appl. Meteor.*, 22, 495-501.

Guttman, N.B., and Lehman, R.L.: 1992, 'Estimation of Daily Degree-Hours', *J. Appl. Meteor.*, 31, 797-810.

Guy, P., G., Sarah C., Ayça A., Buket B.D., Deniz Ö., 2014. Türkiye'nin Su Ayak İzi Raporu: Su, Üretim ve Uluslararası Ticaret İlişkisi. WWF-Türkiye.

Gültekin, M.L. and Kadioğlu, M.: 1997, 'Usage of Degree-Days method in Solar Energy Potential', Turkey 7. Energy Congress 3-8 November 1997, Ankara. (in Turkish)

Haddeland, I., Heinke, J., Biemans, H., Eisner, S., Flörke, M., Hanasaki, N., et al. 2014. Global water resources affected by human interventions and climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9), 3251–3256.

Hagemann, S., Chen, C., Clark, D. B., Folwell, S., Gosling, S. N., Haddeland, I., et al. (2013). Climate change impact on available water resources obtained using multiple global climate and hydrology models. *Earth System Dyn.*, 4, 129–144.

Hales, J.E., 1988. Improving the watch/warning program through use signifacant events data. Preprints, 15th Conf. Severe Local Storms, Baltimore, Amer. Meteor. Soc., 165-168.

Hammer, G. L., Dong, Z., McLean, G., Doherty, A., Messina, C., Schussler, J., et al. (2009). Can changes in canopy and/or root system architecture explain historical maize yield trends in the US Corn Belt? *Crop Science*, 49(1), 299–312. Haris, A. V. A., Biswas, S., Chhabra, V., Elanchezian, R., & Bhatt, B. P. (2013). Impact of climate change on wheat and winter maize over a sub-humid climatic environment. *Current Science*, 104(2), 206–214.

Haşlak, O., 2007. Küresel ısınmanın toprak ve bitkiler üzerine etkileri. Üniversite Öğrencileri 2. Çevre Sorunları Kongresi, Fatih Üniversitesi - İstanbul, 16-18 Mayıs 2007, 33-38.

Hawkins, E., Fricker, T. E., Challinor, A. J., Ferro, C. A., Ho, C. K., & Osborne, T. M. (2013). Increasing influence of heat stress on French maize yields from the 1960s to the 2030s. *Global Change Biology*, 19(3), 937–947.

Hayes RC, Dear BS, Li GD, Virgona JM, Conyers MK, Hackney BF and Tidd J 2010. Perennial pastures for recharge control in temperate drought-prone environments. Part 1: productivity, persistence and herbage quality of key species. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 53, 283–302.

Hlavinka, P., Trnka, M., Semerádova, D., Dubrovsky, M., Zalud, Z., & Mozy, M. (2009). Effect of drought on yield variability of key crops in Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(3), 431–442.

Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K., 2008. *Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources*, Blackwell Publishing, Oxford, UK.

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. and Mekonnen, M.M., 2011. *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*, Earthscan, London, UK.

Howden, S. M., Soussana, J. F., Tubiello, F. N., Chhetri, N., Dunlop, M., & Meinke, H. (2007). Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 19691–19696.

Högy, P., Wieser, H., Köhler, P., Schwadorf, K., Breuer, J., Franzaring, J., Muntifer, R., & Fangmeier, A. (2009). Effects of elevated CO₂ on grain yield and quality of wheat: results from a 3-year free-air CO₂ enrichment experiment. *Plant Biology*, 11(s1), 60–69.

Hui, J., Erda, L., Wheeler, T., Challinor, A., & Shuai, J. (2013). Climate change modelling and its roles to Chinese crops yield. *Journal of Integrative Agriculture*, 12(5), 892–902.

Hunsaker, D. J., Hendrey, G. R., Kimball, B. A., Lewin, K. F., Mauney, J. R., & Nagy, J. (1994). Cotton evapotranspiration under field conditions with CO₂ enrichment and variable soil-moisture regimes. *Agricultural and Forest Meteorology*, 70(1–4), 247–258.

Hunsaker, D. J., Kimball, B. A., Pinter, P. J., LaMorte, R. L., & Wall, G. W. (1996). Carbon dioxide enrichment and irrigation effects on wheat evapotranspiration and water use efficiency. *Transactions of ASAE*, 39(4), 1345–1355.

Huntington, T. G. (2010). Climate warming-induced intensification of the hydrologic cycle: an assessment of the published record and potential impacts on agriculture. *Advances in Agronomy*, 109, 1–53.

ICCAP 2007. The final report of ICCAP Project. The research project on the impact of climate changes on agricultural production system in arid areas (ICCAP). Research Institute for Humanity and Nature (RIHN); The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK). Edit by Research Team for the ICCAP Project. ICCAP Pub. No. 10, March 2007(a), 343 p.

İçöz, E., K. Mehmet Tuğul, Ahmet Saral, Ebru İçöz, 2009: Research on ethanol production and use from sugar beet in Turkey. *Biomass and Bioenergy*, Volume 33, Issue 1, January 2009, Pages 1-7

İDEP 2011, İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.

Immerzeel, W. W., van Beek, L. P. H., & Bierkens, M. F. P. (2010). Climate change will affect the Asian water towers. *Science*, 328, 1382–1385.

İncecik, S., 2016. İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Proje Sunumu, 19 Temmuz 2016 T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı Ankara.

IPCC (2007). *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability, Contribution of Working Group II (AR4)*. Cambridge: Cambridge University Press.

IPCC (2013b): Annex I: atlas of global and regional climate projections. In: van Oldenborgh G.J. (eds) *Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, pp. 1311–1394. Cambridge UK and New York: Cambridge University Press.

IPCC, 1991. Working Group, 'Policy makers summary', in J.T. Houghton, Jenkins, G. J. and Ephraums, J. J. (ed), *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge Uni. Press, England.



IPCC, 2007a. *Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, and C.E. Hanson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY.

IPCC, 2007b. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

IPCC, 2012a. *Summary for Policymakers. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 3-21.

IPCC, 2012b. *Summary for Policymakers. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 1-19.

IPCC, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

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* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

IPCC Working Group I.: 1991, 'Policy Makers Summary', in Houghton, J. T., G.J. Jenkins, and J.J. Ephraums (editors), *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge, England: Cambridge University Press.

Irwin, S.H., Sanders, D.R., Good, D.L., 2014. *Evaluation of Selected USDA WA0B and NASS Forecasts and Estimates in Corn and Soybeans. Marketing and Outlook Research Report 2014-01. Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois at Urbana-Champaign January.*

Jones, P.A., and Jiusto, J.E.: 1980, 'Some Local Climate Trends in Four Cities of NY State', *J. Appl. Meteor.*, 19, 135-141.

Jury, W. A., & Vaux, J. H. (2005). *The role of science in solving the world's emerging water problems. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(44), 15715–15720.

Kadioğlu M (2008) *Günümüzden 2100 yılına küresel iklim değişimi. TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, Ankara, 13-14 Mart 2008*, 1-16.

Kadioğlu, M, Y. Tulunay and Y. Borhan, 1999: *Variability of Turkish Precipitation Compared to El Nino Events. Geophysical Research Letters*, 26 (11), 1597-1600.

Kadioğlu, M. (Editör), 2001: *Kuraklık Kıranı. Güncel Yayıncılık, İstanbul*, 128.s. (ISBN 975862105X).

Kadioğlu, M. 2012. *Türkiye'de İklim Değişikliği Risk Yönetimi. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı -BM UNDP, Türkiye'nin İklim Değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını*, 172 sf.

Kadioğlu, M. and L. Gültekin, 1998: *Homogeneous Heating Regions in Turkey, Second Trabzon Int. Energy and Environment Symposium, July 27-29, 1998, TIEES-98*, p. 178 (Abstract).

Kadioğlu, M. and L. Şaylan, 2001: *Trend Analysis of Growing Degree-Days in Turkey. Water, Air and Soil Pollution*, 126, 83-96.

Kadioğlu, M. and Z. Aslan, 2000: *Recent Trends of Growing Season Length in Turkey, 2nd International Symposium on New Technologies for Environmental Monitoring and Agro-Applications Proceedings, 18-20 October 2000, Tekirdağ/Turkey*, pp. 295-303.

Kadioğlu, M. and Z. Şen, 1998: *Heating degree-day variations in Turkey. Proc. of the Fifth International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production-SWEMP'98, Ankara-Turkey, 18-20 May, 1998*, pp. 161-166.

Kadioğlu, M. and Z. Şen, 1998: *Trends in Heating Degree-Days Over Turkey, Second Trabzon Int. Energy and Environment Symposium, July 27-29, 1998, TIEES-98*, p. 184 (Abstract).

Kadioğlu, M. and Z. Şen, 1999: *Degree-Day Formulations and Application in Turkey. Journal of Applied Meteorology*, 38 (6), 837-846.

Kadioğlu, M., 1997. 'Trends in Surface Air Temperature Data Over Turkey', *Int. J. Climatology*, 17, 511-520.

Kadioğlu, M., 1997. *Trends in Surface Air Temperature Data Over Turkey. International Jour of Climatology*, 17, 511-520.

Kadioğlu, M., 1997. *Trends in Turkish Precipitation Data. The International Conference on Water Problems in the Mediterranean Countries, 17-21 Nov. 1997, Nicosia-North Cyprus, Vol. I*, pp. 79-86.

Kadioğlu, M., 1998: *Possible climate changes over Greater Anatolian Project (GAP), Int. Symposium on Water Supply and Treatment 25-26 May, 1998, İstanbul*, pp. 65-144.

Kadioğlu, M., 2000: *Regional Variability of Seasonal Precipitation in Turkey. Int. Journal of Climatology*, 20, 1743-1760.

Kadioğlu, M., 2008: *Küresel İklim Değişikliği ve Uyum Stratejiler*, s. 69-94, Kar Hidrolojisi Konferansı, 27-28 Mart, 2008 DSİ VII. Bölge Müdürlüğü Erzurum.

Kadioğlu, M., and Durmayaz, A., 2001, "Impact of climate change on the residential heating energy requirement and fuel consumption in İstanbul", will be presented in ECOS'01 and First International Conference on Applied Thermodynamics, İstanbul-Turkey on July 4-6, 2001.

Kadioğlu, M., and Şen, Z.: 1999, 'Degree Day Formulations and Application in Turkey', *J. of Appl. Meteor.*, 38, 6, 837-846.

Kadioğlu, M., and Z. Şen, 1998: *Power-law Relationship in Describing Temporal and Spatial Precipitation Pattern in Turkey. Theoretical and Applied Climatology*, 59 (1-2), 93-106.

Kadioğlu, M., H. Erdun, N. Öztürk, and Z. Şen, 1999: *On the Precipitation Climatology of Turkey by Harmonic Analysis. International Journal of Climatology*, 19, 1717-1728.

Kadioğlu, M., İ. Gürkaynak, H.A., Poydak, 2004a: *KIZILAY ile Güvenli Yaşamı Öğreniyorum –Öğrenci Kitabı, Türkiye Kızılay Derneği, Ankara, ISBN-975-92079-1-5*.

Kadioğlu, M., İ. Gürkaynak, H.A., Poydak, 2004b: *KIZILAY ile Güvenli Yaşamı Öğreniyorum – Öğretmen Kitabı, Türkiye Kızılay Derneği, Ankara*.

Kadioğlu, M., Şaylan, L., Şen, Z., 1998. *Effect of climate change on the growing season in Turkey, Second Trabzon Int. Energy and Environment Symposium, July 27-29, 1998, TIEES-98*.

Kadioğlu, M., Şaylan, L., (2000): *Trends of Growing Degree-Days in Turkey, İTÜ, Faculty of Aeronautics and Astronautics, Department of Meteorology, Maslak, 80626 İstanbul, Turkey*

Kadioğlu, M., Şen, Z. and Gültekin, L., 2001: *Variations and trends in Turkish seasonal heating and cooling degree-days, Climatic Change*, 49, 209-223.



Kadioğlu, M., Şen, Z., 1988. Heating degree-day variations in Turkey. *Proc. of the Fifth International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production-SWEMP'98*, Ankara-Turkey, 18-20 May 1998, 161-166.

Kadioğlu, M., Şen, Z., and Batur, E.: 1997, 'The Greatest Soda-Water Lake in the World and How it is Influenced by Climatic Change', *Ann. Geophysicae*, 15, 1489-1497.

Kadioğlu, M., Şen, Z., and Gültekin, L.: 1999, 'Spatial Heating Monthly Degree-Day Features and Climatologic Patterns in Turkey', *Theor. Appl. Climatol.*, 64, 263-269.

Kahraman, A., and P. Markowski, 2014: Tornado climatology of Turkey. *Mon. Wea. Rev.*, 142, 2345–2352, doi:10.1175/MWR-D-13-00364.1.

Kahraman, A., Tilev-Tanriover, S., Kadioglu, M., Schultz, D., & Markowski, P. (2016). Severe hail climatology of Turkey. *Monthly Weather Review* Cilt 144, Sayı 1, 337-346

Kahraman, O., K., M.A. Pekin, H. Gürkan, E. Oğuz, M. Coşkun, 2017: Doğu Akdeniz havzasında kuraklığın era-interim verileri ile belirlenmesi, *Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci*, 32.

Kahya, C., 2000: Türkiye'nin Aşağı Troposfer Termodinamik Klimatolojisi, Master Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Ens. S. 152.

Kahya, E., 2017: İTÜ, İnşaat Müh. Böl Hidroloji Ders notları, <http://akademi.itu.edu.tr/kahya/> url: <https://tr.scribd.com/presentation/135160715/1-ppt>

Kanber, R. Bastug, R. , Büyüktas, D., Ünlü, M., Kapur, B., 2010. Küresel İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Ve Tarımsal Sulamaya Etkileri, *Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi*, Ankara.

Kanber, R., Kapur, B. Ünlü, M., Tekin, S., Koç, L. 2008. Adana, Türkiye iklim Değişiminin Tarımsal Üretim Sistemleri Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesine Yönelik Yeni Bir Yaklaşım: Iccap Projesi, TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, Ankara.

Kara H, Şahin M, Ay Ş (2010) İklim değişikliğinin Uşak'ta tarım ürünlerine etkisi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1): 39-46.

Karlen, D.L., Archer, D., Liska, A., Meyer, S., 2012. Energy Issues Affecting Corn/ Soybean Systems: Challenges for Sustainable Production. Center for Agricultural Science and Technology (CAST), Ames, Iowa.

Karpat, K., 1985: Ottoman Population 1830-1914. Madison.

Keskin, G., Dellal, İ. 2010. Agricultural Employment and Labor Force Demand for Turkey. *Actual Problems at Economics*. 3:277-285

Kimball, B. A., Kobayashi, K., & Bindi, M. (2002). Responses of agricultural crops to free-air CO2 enrichment. *Advances in Agronomy*, 77, 293–368.

Kirda, C., Topcu, S., Cetin, M., Dasgan, H. Y., Kaman, H., Topaloglu, F., et al. (2007). Prospects of partial root zone irrigation for increasing irrigation water use efficiency of major crops in the Mediterranean region. *Annals of Applied Biology*, 150(3), 281–291.

Knox, J., Hess, T., Daccache, A., & Wheeler, T. (2012). Climate change impacts on crop productivity in Africa and South Asia. *Environmental Research Letters*, 7(3), 034032.

KOP TEYAP, 2016. KOP Tarımsal Eğitim ve Yayım Projesi (KOP TEYAP) <http://www.kop.gov.tr/proje/kop-tarimsal-egitim-ve-yayim-projesi-kop-teyap/16>.

Kouadio, L., Newlands, N. K., Davidson, A., Zhang, Y., & Chipanshi, A. (2014). Assessing the performance of MODIS NDVI and EVI for seasonal crop yield forecasting at the ecodistrict scale. *Remote Sensing*, 6(10), 10193–10214.

Kristensen, K., Schelde, K., & Olesen, J. E. (2011). Winter wheat yield response to climate variability in Denmark. *Journal of Agricultural Science*, 149(1), 33–47.

Kutiel, H.; Hirsch-Eshkol, T. R.; Türkeş, M., 2001: "Sea level pressure patterns associated with dry or wet monthly rainfall conditions in Turkey", *Theor. and Applied Climatology*, 69, 39-67.

Küçükosmanoğlu, A., 1985: Türkiye ormanlarında çıkan yangınların sınıflandırılması ile büyük yangınların çıkma ve gelişme nedenleri, Basılmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Küsek, G. 2010. Türkiye'nin Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı'nın Geliştirilmesi Projesi Tarım Sektörü Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu

Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623–1627.

Lachenbruch, A.H., and Marshall, B.V.: 1986, 'Changing Climate: Geothermal Evidence From Permafrost In The Alaskan Arctic', *Science*, 234, 689-696.

Le Quere, C., 2009. Closing the global budget for CO2. *Global Change*, 74, 28–31.

Leakey, A. D. (2009). Rising atmospheric carbon dioxide concentration and the future of C4 crops for food and fuel. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1666), 2333–2343.

Leakey, A. D. B., Uribeharrea, M., Ainsworth, E. A., Naidu, S. L., Rogers, A., Ort, D. R., & Long, S. P. (2006). Photosynthesis, productivity, and yield of maize are not affected by open-air elevation of CO2 concentration in the absence of drought. *Plant Physiology*, 140(2), 779–790.

Leakey, A. D., Ainsworth, E. A., Bernacchi, C. J., Rogers, A., Long, S. P., & Ort, D. R. (2009). Elevated CO2 effects on plant carbon, nitrogen, and water relations: six important lessons from FACE. *Journal of Experimental Botany*, 60(10), 2859–2876.

Lehner, B.; Doll, P.; Alcamo, J.; Henrichs, T.; Kaspar, F., 2006: Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: A continental, integrated analysis. *Climatic Change*, 75(3): 273-299; 2006.

Lenihan, J.M., and Neilson, R.P., 1995.: 'Canadian Vegetation Sensitivity To Projected Climatic Change At Three Organizational Levels', *Clim. Change*, 38, 51-86.

Li, Xiang, Taro Takahashi, Nobuhiro Suzuki, Harry M. Kaiser, 2011: The impact of climate change on maize yields in the United States and China. *Agricultural Systems* 104 (2011) 348–353.

Lobell, D. B., & Burke, M. B. (2008). Why are agricultural impacts of climate change so uncertain? The importance of temperature relative to precipitation. *Environmental Research Letters*, 3(3), 034007.

Lobell, D. B., & Field, C. B. (2007). Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming. *Environmental Research Letters*, 2(1), 014002.

Lobell, D. B., Bänziger, M., Magorokosho, C., & Vivek, B. (2011a). Nonlinear heat effects on African maize as evidenced by historical yield trials. *Nature Climate Change*, 1(1), 42–45.

Lobell, D. B., Burke, M. B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M. D., Falcon, W. P., & Naylor, R. L. (2008). Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science*, 319(5863), 607–610.

Lobell, D. B., Schlenker, W. & Costa-Roberts, J. 2011. Climate Trends and Global Crop Production Since 1980. *ScienceExpress* (2011).

Lobell, D. B., Sibley, A., & Ortiz-Monasterio, J. I. (2012). Extreme heat effects on wheat senescence in India. *Nature Climate Change*, 2(3), 186–189.

Lobell, D.B. and C.B. Field. 2007. Global scale climate-crop yield relationships and the impacts of recent warming. *Environmental Research Letters* 2:1-7.

Long, S. P., Ainsworth, E. A., Leakey, A. D. B., Nosberger, J., & Ort, D. R. (2006). Food for thought: lower-than-expected crop yield stimulation with rising CO2 concentrations. *Science*, 312(5782), 1918–1921.



Long, S. P., Ainsworth, E. A., Rogers, A., & Ort, D. R. (2004). Rising atmospheric carbon dioxide: plants FACE the future. *Annual Review of Plant Biology*, 55, 591–628.

Ludwig F, Milroy SP, Asseng S (2009) Impacts of recent climate change on wheat production systems in Western Australia. *Climatic Change*, 92: 495-517.

Lüthi, D., Le Floch, M., Bereiter, B., Blunier, T., Barnola, J. M., Siegenthaler, U., et al. (2008). High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000–800,000 years before present. *Nature*, 453(7193), 379–382.

Mann, M. E., Zhang, Z., Rutherford, S., Bradley, R. S., Hughes, M. K., Shindell, D., et al. (2009). Global signatures and dynamical origins of the little ice age and medieval climate anomaly. *Science*, 326(5957), 1256–1260.

Matthews, R. B., Kropff, M. J., & Bachelet, D. (1995). In R. B. Matthews, M. J. Kropff, D. Bachelet, & H. H. van Laar (Eds.), *Modelling the Impact of Climate Change on Rice Production in Asia* (pp. 3–9). Philippines: CAB International and International Rice Research Institute.

Matthews, R. B., Rivington, M., Muhammed, S., Newton, A. C., & Hallett, P. D. (2013). Adapting crops and cropping systems to future climates to ensure food security: the role of crop modelling. *Global Food Security*, 2(1), 24–28.

Matthews, R., & Wassmann, R. (2003). Modelling the impacts of climate change and methane emission reductions on rice production: a review. *European Journal of Agronomy*, 19(4), 573–598.

McCarl, B. Adams R.M., Hurd, B.H. 2001, *Global Climate Change and Its Impact on Agriculture*, Texas A&M University, Agricultural Economics Department, Course Notes, USA.

McCarl, B., and Dellal, I. 2007. *Agriculture in the Climate Change and Energy Security: Effects, Adaptation and Mitigation*, International Conference on Climate Change and Environmental Effects, KOSKİ, Konya.

McGrath, J. M., & Lobell, D. B. (2013). Reduction of transpiration and altered nutrient allocation contribute to nutrient decline of crops grown in elevated CO2 concentrations. *Plant, Cell & Environment*, 36(3), 697–705.

Mearns, L. O., Mavromatis, T., Tsvetinskaya, E., Hays, C., & Easterling, W. (1999). Comparative responses of EPIC and CERES crop models to high and low spatial resolution climate change scenarios. *Journal of Geophysical Research- Atmospheres*, 104(D6), 6623–6646.

Mertz, O., Mbow, C., Nielsen, J. Ø., Maiga, A., Diallo, D., Reenberg, A., et al. (2010). Climate factors play a limited role for past adaptation strategies in West Africa. *Ecology and Society*, 15(4), 25–39.

MGM, 2012. *Meteoroloji Genel Müdürlüğü*: <http://www.meteor.gov.tr>.

MGM, 2014. *Meteoroloji Genel Müdürlüğü*: <http://www.mgm.gov.tr>.

Miles, L., 2010. Implications of the REDD negotiations for forest restoration OGM 2003: Türkiye Ulusal Ormancılık Programı (2004–2023).

Mishra, A. K., & Agrawal, S. B. (2014). Cultivar specific response of CO2 fertilization on two tropical mung bean (*Vigna radiata* L.) cultivars: ROS generation, antioxidant status, physiology, growth, yield and seed quality. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 200(4), 273–289.

Mitchell, J.F.B., Manabe, S., Meleshko, V., and Tokioka, T.: 1991, 'Equilibrium Climate Change-And Its Implications For The Future', in Houghton, J. T., G.J. Jenkins, and J.J.Ephraums (editors), *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge, England: Cambridge University Press, p. 131-172.

Molden, D. (2007). *Comprehensive assessment of water management in agriculture. Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture*. London: Earth scan, and Colombo: International Water Management Institute. <http://www.earthscan.co.uk>.

Morison JIL and Lawlor DW 1999. Interactions between increasing CO2 concentration and temperature on plant growth. *Plant, Cell and Environment*

Motha RP, Baier W, 2005: Impacts of present and future climate change and climate variability on agriculture in the temperate regions: North America. *Climatic Change*, 70: 137-164.

MR, 2010: *Türkiye Millî Reasürans Faaliyet Raporu 2010*, İstanbul.

Muluk, Ç.B., Kurt, B., Turak, A., Türker, A., Çalışkan M.A., Balkız, Ö., Gümrükçü, S., Sarıgül, G., Zeydanlı, U. 2013. Türkiye’de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif. İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği - Doğa Koruma Merkezi.

Munich Re, 2011: *Topics Geo natural catastrophes 2010: Analyses, assessments, positions*. Munich Reinsurance Company Rep., p. 58, Germany.

Muylaert, M.-S. and Luiz P., 2002: *Ethics, Equity and the Convention on Climate Change*. In *Ethics, Equity and International Negotiations on Climate Change*, edited by P.-R. Luiz and M. Mohan. Northampton, Mass.: Edward Elgar.

Myers, S. S., Zanobetti, A., Kloog, I., Huybers, P., Leakey, A. D., Bloom, A. J., et al. (2014). Increasing CO2 threatens human nutrition. *Nature*, 510(7503), 139–142.

Myneni RB, Keeling CD, Tucker CJ, Asrar G, Nemani RR 1997. Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991. *Nature* 386, 698–702.

Nakagawa, H., Kobata, T., Yano, T., Barutçular, C., Koç, M., Tanaka, K., Nagano, T., Fujihara, Y., Hoshikawa, K., Kume, T., Watanabe, T., 2007. Predicting the impact of global warming on wheat production in Adana. The Final Report of ICCAP project. Research Institute for Humanity and Nature, ICCAP publication 10, Kyoto, s. 163- 168

Nasim, W., Hatem Belhoucette, Ashfaq Ahmad, M. Habib-ur-Rahman, Khawar Jabran, Kalim Ullah, Shah Fahad, Muhammad Shakeel and Gerrit Hoogenboom, 2016. Modelling climate change impacts and adaptation strategies for sunflower in Pakistan, *Outlook on AGRICULTURE* Vol 45, No 1, 2016, pp 39–45 doi: 10.5367/oa.2015.0226.

NASS, 2007. *Census of Agriculture*. Retrieved from: http://www.agcensus.usda.gov/Publications/2007/Full_Report/ (accessed May 14.).

Nelson, G. C. et al. 2009: *In Climate change: impact on agriculture and costs of mitigation*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute. (doi:10.2495/0896295354)

Neyişçi, T.; Ayaşlıgil, Y.; Ayaşlıgil, T.; Sönmezışık, S., 1996: Yangına dirençli orman kurma ilkeleri, TÜBİTAK, TOGTAG-1342. TMMOB Orman Mühendisleri Odası Yayın No: 21. Ankara.

Nowak, R. S., Ellsworth, E. S., & Smith, S. D. (2004). Functional responses of plants to elevated atmospheric CO2: do photosynthetic and productivity data from FACE experiments support early predictions? *New Phytologist*, 162(2), 253–280.

NRC, 2010. *Adapting to the Impacts of Climate Change, America’s Climate Choices: Panel on Adapting to the Impacts of Climate Change*, National Research Council, (2010).

OGM-OİP, 2012: OGM Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı web sitesi: <http://www.ogm.gov.tr/oip/index.htm>

OGM-OYM, 2012: OGM Orman Yangınlarıyla Mücadele Dairesi Başkanlığı web sitesi: <http://koruma.ogm.gov.tr/>

OGM, 2008a: Baharlar yanan alanların rehabilitasyonu ve yangına dirençli ormanlar tesisi projesi. TC Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Çanakkale Orman Bölge Müdürlüğü, Silvikültür Şube Müd.. 38 s.

OGM, 2008b: Çanakkale-İntepe yanan alanların rehabilitasyonu ve yangına dirençli ormanlar tesisi projesi. TC Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Çanakkale Orman Bölge Müdürlüğü, Silvikültür Şube Müdürlüğü. 50 s.



OGM, 2008c: Gelibolu yanan alanların rehabilitasyonu ve yangına dirençli ormanlar tesisi projesi. TC Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Çanakkale Orman Bölge Müdürlüğü, Silvikültür Şube Müdürlüğü. 40 s. OGM, (2010a) (<http://web.ogm.gov.tr/diger/yanginhareket/Sayfalar/istatistik-lerr17.aspx>, 19/10/2010).

Olesen, J.E., Jensen, T., Petersen, J., 2000. Sensitivity of field-scale winter wheat production in Denmark to climate variability and climate change. *Clim. Res.* 15, 221–238.

Ort, D. R., Ainsworth, E. A., Aldea, M., Allen, D. J., Bernacchi, C. J., Berenbaum, M. R., et al. (2006). SoyFACE: the effects and interactions of elevated [CO₂] and [O₃] on soybean. In J. Sberger, S. P. Long, R. J. Norby, M. Stitt, G. R. Hendry, & H. Blum (Eds.), *Managed ecosystems and CO₂* (pp. 71–86). Berlin, Heidelberg: Springer.

Ottman, M. J., Kimball, B. A., Pinter, P. J., Wall, G. W., Vanderlip, R. L., Leavitt, S. W., et al. (2001). Elevated [CO₂] increases sorghum biomass under drought conditions. *New Phytologist*, 150(2), 261–273.

Önol, B., 2007: Downscaling climate change scenarios using regional climate model over Eastern Mediterranean. İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Meteoroloji Mühendisliği ABD., p: 87.

Özdoğan, M., 2011: Modeling the impacts of climate change on wheat yields in Northwestern Turkey. *Agriculture, Ecosystems and Env.*, 141 (2011) 1–12.

Öztopal, A., 2017. Türkiye'nin Yıldırım ve Şimşek Gözlemlerinin İncelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt 19, Sayı 56, Mayıs 2017

Öztürk, İ., 2016. İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Hidrolojik Modelleme ve Değerlendirme Sunumu, 19 Temmuz 2016 T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı Ankara.

Öztürk, Ö., Topal, A., Aknerdem, F., Akgün, N., 2005. Ekim nöbeti sisteminde şekerpancarından sonra uygulanan farklı ekim zamanlarının buğday ve arpa verim ve kalite özelliklerine etkisi. *Bitkisel Araştırma Dergisi* (2005) 1: 17-26.

Pandey, P. C., Mandal, V. P., Katiyar, S., Kumar, P., Tomar, V., Patairiya, S., Ravisankar, N., & Gangwar, B. (2015). Geospatial approach to assess the impact of nutrients on Rice equivalent yield using MODIS sensors'-based MOD13Q1- NDVI Data. *IEEE Sensors Journal*, 15(11), 6108–6115.

Pandey, S., H. Bhandari and B. Hardy, 2007. Economic costs of drought and rice farmers' coping mechanisms: a cross-country comparative analysis. *IRRI. International Rice Res. Inst.* P.203.

Parry ML, 1990. *Climate change and world agriculture*. Earthscan, London

Parry, M. A. J., & Lea, P.J., 2009. Food security and drought. *Annals of Applied Biology*, 155(3), 299–300.

Parry, M. L., Fischer, C., Livermore, M., Rosenzweig, C., & Iglesias, A. (1999). Climate change and world food security: a new assessment. *Global Environmental Change*, 9, S51–S67.

Parry, M. L., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Livermore, M., & Fischer, G. (2004). Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change*, 14(1), 53–67.

Parry, M., Arnell, N., McMichael, T., Nicholls, R., Martens, P., Kovats, S., et al. (2001). Millions at risk: defining critical climate threats and targets. *Global Environmental Change*, 11(3), 181–183.

Parry, M.L. (Ed.), 2000. Assessment of potential effects and adaptations for climate change in Europe. The Europe ACACIA Project. Jackson Environment Institute, University of East Anglia, Norwich, UK.

Pearson, P. N., & Palmer, M. R. (2000). Atmospheric carbon dioxide concentrations over the past 60 million years. *Nature*, 406(6797), 695–699.

Pegram, G., S. Conyngham, A. Aksoy, B. Bahar, D. Öztok, 2014. Türkiye'nin Su Ayak İzi Raporu: Su, Üretim ve Uluslararası Ticaret İlişkisi, WWW-Türkiye.

Peng, S. B., Huang, J. L., Sheehy, J. E., Laza, R. C., Visperas, R. M., Zhong, X. H., et al. (2004). Rice yields decline with higher night temperature from global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(27), 9971–9975.

Philippe Debaeke, Pierre Casadebaig, Francis Flenet and Nicolas Langlade, 2017: Sunflower crop and climate change: vulnerability, adaptation, and mitigation potential from case-studies in Europe, OCL Volume 24, Number 1, January-February 2017

Phillips, D.L., Lee, J.J., Dodson, R.F., 1996. Sensitivity of the US corn belt to climate change and elevated CO₂: I. Corn and soybean yields. *Agricultural Systems* 52, 481–502.

Porter, J. R., & Semenov, M. A. (2005). Crop responses to climatic variation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 360(1463), 2021–2035.

Porter, J.R., Gawith, M., 1999. Temperatures and the growth and development of wheat: a rev.. *Eur. J. Agron.* 10, 23–36.

Prentice, I. C., Farquhar, G. D., Fasham, M. J. R., Goulden, M. L., Heimann, M., Jaramillo, V. J., et al. (2001). The carbon cycle and atmospheric carbon dioxide. In J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, et al. (Eds.), *Climate change 2001: the scientific basis, contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change* (pp. 183–237). New York: Cambridge University Press.

Pulwarty, R., 2003: Climate and water in the West: Science, information and decision-making. *Water Resources (update)* 124: 4-12.

Quayle, R.G., and Diaz, H.F.: 1980, 'Heating Degree Day Data Applied To Residential Heating Energy Consumption', *J. Appl. Meteor.*, 19, 241–246.

Quirk, W.J.: 1981, 'Climate And Energy Emergencies', *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 62, 623-631.

Redman, R. S., Kim, Y. O., Woodward, C. J., Greer, C., Espino, L., Doty, S. L., & Rodriguez, R. J. (2011). Increased fitness of rice plants to abiotic stress via habitat adapted symbiosis: a strategy for mitigating impacts of climate change. *PLOS one*, 6(7), e14823.

Richter, G. M., A. Qi, M. A. Semenov, K. W. Jaggard, 2006: Modelling the variability of UK sugar beet yields under climate change and husbandry adaptations. *Soil Use and Management*, March 2006, 22, 39–47.

Rivington, M., Koo, J. (2011). Report on the meta-analysis of crop modelling for climate change and food security survey. CGIAR Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS), Copenhagen, Denmark. http://r4d.dfid.gov.uk/PDF/Outputs/CCAFS/meta-analysis_of_crop_modelling_for_ccafs.pdf.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., et al. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472–475.

Rohde, R., Muller, R. A., Jacobsen, R., Muller, E., Perlmutter, S., Rosenfeld, A., et al. (2013). A new estimate of the average earth surface land temperature spanning 1753 to 2011. *Geoinformatics & Geostatistics: An Overview*, 1, 1000101.

Rosenberg, N.J., R.E. Myers, 1962. The nature of growing season frost in and along the Platte Valley of Nebraska. *Mon. Weather Rev.*, 90, 471-476.

Rosenzweig C, Hillel D (1998) Climate change and the global harvest: Potential impacts of the greenhouse effect on agriculture. Oxford University Press.

Rosenzweig, C., & Parry, M. L. (1994). Potential impact of climate change on world food supply. *Nature*, 367(6459), 133–138. Rötter, R. P., Carter, T. R., Olesen, J. E., & Porter, J. R. (2011).

Rosenzweig, C., and Hillel, D.: 1998, *Climate Change and the Global Harvest: Potential Impacts of the Greenhouse Effect on Agriculture*, Oxford University Press, New York.



Rosenzweig, C., and Iglesias, A.: 1994, *Implications of Climate Change for International Agriculture: Crop Modeling Study*, U.S. Environmental Protection Agency, EPA 230-B-94-003, Climate Change Division, Washington DC.

Rosenzweig, C., Tubiello, F.N., Goldberg, R., Mills, E., Bloomfield, J., 2002. Increased crop damage in the US from excess precipitation under climate change. *Global Environmental Change* 12, 197–202.

Rötter, R. P., Carter, T. R., Olesen, J. E., Porter, J. R. (2011). Crop–climate models need an overhaul. *Nature Climate Change*, 1, 175–177.

Sadras, V. O., Calviño, P. A. (2001). Quantification of grain yield response to soil depth in soybean, maize, sunflower, and wheat. *Agronomy Journal*, 93(3), 577–583.

Sağlamtimur, T., V. Tansı, H. Baytekin, 1998. Yem Bitkileri Yetiştirme. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: C-74. 3. Baskı, 238s., Adana.

Satman A, Yalçinkaya N., 1999, "Heating and cooling degree-hours for Turkey", *Energy*; 24 (10): 833-840.

Sayılgan, Ç., 2016: Küresel Sıcaklık Artışının Buğdayda Beklenen Etkileri ve Yüksek Sıcaklığa Toleranslılığın Fizyolojik Göstergeleri, *YYÜ TAR BİL DERG*, 2016, 26(3): 439-447

Schlenker, W., Lobell, D. B. (2010). Robust negative impacts of climate change on African agriculture. *Environmental Research Letters*, 5(1), 014010.

Schmidhuber, J., Tubiello F. N. (2007). Global food security under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 19703–19708.

Scott, R.K., K.W. Jaggard, 1993. Crop physiology and agronomy. In: *The sugar beet crop: science into practice*. (Eds. D.A. Cooke and R.K. Scott). Chapman and Hall, London, 179-233.

Screen, J. A., Simmonds, I. (2010). The central role of diminishing sea ice in recent Arctic temperature amplification. *Nature*, 464(7293), 1334–1337.

Semenov, M.A., Porter, J.R., 1995. Climatic variability and the modelling of crop yields. *Agric. Forest Meteorol.* 73, 265 – 283.

Sensoy S., Türkoğlu N., Akçakaya A., Ulupınar Y., Ekici M., Demircan M., Atay H., Tüvan A., Demirbaş H., (2013), Trends in Turkey Climate Indices From 1960 to 2010, 6th Atmospheric Science Symposium, 24– 26 April 2013, ITU, Istanbul, Turkey.

Silver, J. 2008. Global warming & climate change , De MYSTIFIED, A self-Teaching Guide, p.289.

Simonett, O., 1989. Potential Impacts of Global Warming. GRID-Geneva, Case Studies on Climatic Change. Geneva, 1989.

Simonett, O., 2005. Impact of Temperature Rise on Robusta Coffee in Uganda. Potential Impacts of Climate Change in UNEP/GRIS-Arendal, .

Sinclair, T. R., Seligman, N. A. G. (1996). Crop modelling: from infancy to maturity. *Agronomy Journal*, 88(5), 698–704.

Singh, B., Maayar, M.E., André, P., Bryant, C.R., Thouez, J.-P.: 1998, 'Impacts of a Ghg-Induced Climate Change on Crop Yields: Effects of Acceleration in Maturation, Moisture Stress and Optimal Temperature', *Clim. Change*, 38, 51-86.

Smil, V., 2005. Do we need higher farm yields during the first half of the 21st century? In *Yields of farmed species*.

Sneyers, R.: 1990, *On the Statistical Analysis of Series of Observations*, WMO Tech. Note 143. WMO No. 415, TP-103, Geneva, p.192.

Solow, A.R.: 1987, 'Testing for Climate Change: An Application of the Two-Phase Regression Model', *J. Climate. Appl. Meteor.*, 26, 1401-1405.

Soussana, J. F., Fereres, E., Long, S. P., Mohren, F. G., Pandya- Lorch, R., Peltonen-Sainio, P., et al. (2012). A European science plan to sustainably increase food security under climate change. *Global Change Biology*, 18(11), 3269–3271.

Soussana, J. F., Gaux, A. I., Tubiello, F. N. (2010). Improving the use of modelling for projections of climate change impacts on crops and pastures. *Journal of Experimental Botany*, 61(8), 2217–2228.

Soylu S, Sade B., 2012: İklim değişikliğinin tarımsal ürünlere etkisi üzerine bir araştırma projesi. Mevlana Kalkınma Ajansı, Proje No: TR51/12/TD/01/020, Konya.

Stamoulis, K.G., Zezza, A. (2003). A conceptual framework for national agricultural, rural development, and food security strategies and policies. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Agricultural and Development Economics Division.

SYGM, 2016: İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi, Proje Nihai Raporu, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Sykes, M.T. and Prentice, I.C.: 1996. 'Climate Change, Tree Species Distributions and Forest Dynamics: A Case Study in The Mixed Conifer/Northern Hardwoods Zone of Northern Europe', *Clim. Change*, 34, 161-177.

Şaylan, L., 1995: İklim değişiminin dünya tarımına etkileri, *Hasad Dergisi*, 106, 18-20.

Şaylan, L., Çaldağ B., 2000, Potential Impacts Of Climate Change On Agriculture, 2nd International Symposium On New Technologies For Environmental Monitoring And Agro-Applications, AGROENVIRON-2000, 18-20 Oct 2000, Tekirdağ.

Şen, B., 2009. Bölgesel İklim Modelleri Kullanılarak Çukurova Yöresinde İklim Değişikliğinin 1. ve 2. Ürün Mısır Verimine Olası Etkilerinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, ss 308.

Şen, Ö.L. (2017). Türkiye'nin iklim değişikliği sıcak bölgeleri. IV. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi – TİKDEK'2017. 5-7 Temmuz 2017, İstanbul.

Şen, Z. and Kadioğlu, M., 1998b. 'Theoretical Risk Formulation for Degree-day Calculations', *Theor. Appl. Climatology*, 61, 121-126.

Şen, Z. and Kadioğlu, M.: 1998a. 'Heating Degree-Days for Arid Regions', *Energy*, 23, 1089-1094.

Şen, Z., Kadioğlu, M., Koçak, K.: 1998, Comments on 'Recent Trends in Maximum and Minimum Temperature Threshold Exceedences in the Northeastern United States', *J. Climate*, 11, 2147-2149.

Tahmiscoğlu, M.S., Karaca, O., Özdemir, A.D., Özgüler, H., 2006: Possible Effect of the Global Climate Change on Water Resources and Floods in Turkey. International Conference on Climate Change and The Middle East Past, Present and Future, 20-23 November 2006. Istanbul Technical University, 227-234.

Tai, A. P., Martin, M. V., Heald, C. L. (2014). Threat to future global food security from climate change and ozone air pollution. *Nature Climate Change*. doi:10.1038/NCLIMATE2317.

Tan, A. 2010. Türkiye Gıda ve Tarım Bitki Genetik Kaynaklarının Durumu, Gıda ve Tarım için Bitki Kaynaklarının Muhafazası ve Sürdürülebilir Kullanımına İlişkin TÜRKİYE İkinci Ülke Raporu, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, İzmir.

Tan, G., Shibasaki, R., 2003. Global estimation of crop productivity and the impacts of global warming by GIS and EPIC integration. *Ecological Modelling* 168, 357– 370.

Tang, Q., & Lettenmaier, D.P., 2012. 21st century runoff sensitivities of major global river basins. *Geophysical Research Letters*, 39(6), L06403.

Tans, P., & Keeling, R., 2014. Trends in atmospheric CO2 at Mauna Loa, Hawaii (Earth System Research Laboratory, National Oceanic and Atmospheric Administration and Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, CA). www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/.

Tao, F., & Zhang, Z., 2011. Impacts of climate change as a function of global mean temperature: maize productivity and water use in China. *Climatic*



Change, 105(3–4), 409–432.

Tausz-Posch, S., Borowiak, K., Dempsey, R. W., Norton, R. M., Seneweera, S., Fitzgerald, G. J., Tausz, M. (2013). The effect of elevated CO₂ on photo-chemistry and antioxidative defence capacity in wheat depends on environmental growing conditions—a FACE study. *Environmental and Experimental Botany*, 88, 81–92.

Tebaldi, C., K. Hayhoe, J.M. Arblaster and G. A. Meehl, 2006: Going to the extremes; An intercomparison of model-simulated historical and future changes in extreme events, *Climatic Change*, 79, 185–211.

Tegart, W.J. McG, Sheldon, G.W., Griffiths D.C. (editors).: 1990, *Climate Change: The IPCC Impacts Assessment*, Cambridge University Press.

Tester, M., Langridge, P. (2010). Breeding technologies to increase crop production in a changing world (Vol. 327, pp. 818–822). *Science*.

Thayyen, R. J., Gergan, J. T. (2010). Role of glaciers in watershed hydrology: a preliminary study of a “Himalayan catchment”. *The Cryosphere*, 4(1), 115–128.

Thom, H.C.S., R.H. Shaw, 1958. Climatological analysis of freeze data for Iowa. *Mon. Weather Rev.*, 86, 251–

Thornton, P. K., Ericksen, P. J., Herrero, M., Challinor, A. J., 2014. Climate variability and vulnerability to climate change: a review. *Global Change Biology*. doi:10.1111/gcb.12581.

Thornton, P., J. van de Steeg, M.H. Notenbaert and M.Herrero. 2009. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. *Agricultural Systems* 101: 113–127.

Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., Bafort, B. L., 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(50), 20260–20264.

Timmer, C. P. (2012). Behavioral dimensions of food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(31), 12315–12320.

Todorovic, M., Albrizio, R., Zivotic, L., Saab, M. T. A., Stöckle, C., & Steduto, P. (2009). Assessment of AquaCrop, CropSyst, and WOFOST models in the simulation of sunflower growth under different water regimes. *Agronomy Journal*, 101(3), 509–521.

Tomar, V., Mandal, V. P., Srivastava, P., Patariya, S., Singh, K., Ravisankar, N., Subash, N., & Kumar, P. (2014). Rice equivalent crop yield assessment using MODIS sensors' based MOD13A1-NDVI data. *IEEE Sensors Journal*, 14(10), 3599–3605.

Tubiello, F. N., Amthor, J. S., Boote, K. J., Donatelli, M., Easterling, W., Fischer, G., et al. (2007). Crop response to elevated CO₂ and world food supply: a comment on food for thought. by Long et al., *Science* 312: 1918–1921, 2006. *European Journal of Agronomy*, 26(3), 215–223.

Tubiello, F. N., Rosenzweig, C., Goldberg, R. A., Jagtap, S., Jones, J. W., 2002. Effects of climate change on US crop production: simulation results using two different GCM scenarios. Part I: wheat, potato, maize, and citrus. *Climate Research*, 20(3), 259–270.

Tubiello, F.N., Donatelli, M., Rosenzweig, C., Stockle, C.O., 2000. Effects of climate change and elevated CO₂ on cropping systems: model predictions at two Italian locations. *Eur. J. Agron.* 13, 179–189.

TÜBA, 2017. TÜBA Türkçe Teknik Terimler Sözlüğü; <http://www.tubaterim.gov.tr>

Türkeş M (2002): Türkiye'nin günlük ortalama, maksimum ve minimum hava sıcaklıkları ile sıcaklık genişliğindeki eğilimler ve değişiklikler. *Ege Üniversitesi Klimatoloji Çalıştayı*, İzmir, 11-13 Nisan 2002, 89-106.

Türkeş, M., 1996: Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *Int. J. Climatol.*, 16, 1057-1076.

Türkeş, M., 2011: Akhisar ve Manisa Yörelerinin Yağış ve Kuraklık İndisi Dizilerindeki Değişimlerin Hidroklimatolojik ve Zaman Dizisi Çözümlemesi ve Sonuçların Çölleşme Açısından Coğrafi Bireşimi. *Coğrafi Bilimler Dergisi* 9 (1): 79-99.

Türkeş, M., Sümer, U. M., Kılıç, G., 1996. Observed changes in maximum and minimum temperatures in Turkey. *Int. J. of Clim.* 16: 463-477.

Türkeş, M., Sümer, U., Kılıç, G., 1995: Variations and Trends in Annual Mean Air Temperatures in Turkey with respect to Climatic Variability, *Int. J. Climatol.*, 15, 557-569.

Türkeş, M.; Kutiel, H.; Hirsch-Eshkol T. R., 2003: “Türkiye’de aylık kurak ve yağışlı koşullarla ilişkili deniz seviyesi basıncı desenleri”, içinde DMİ Genel Müdürlüğü Bilimsel ve Teknik Sunumlar 2002, Seminerler Dizisi 3, 59-78, Ankara.

Türkoğlu, N., S. Şensoy, O. Aydın, 2016: Effects of climate changes on phenological periods of apple, cherry and wheat in Turkey, *International Journal of Human Sciences*, Volume: 13 Issue: 1 Year: 2016.

Türkoğlu, N., Şensoy, S., & Aydın, O. (2016). Türkiye’de iklim değişikliğinin elma, kiraz ve buğdayın fenolojik dönemlerine etkileri. *International Journal of Human Sciences*, 13(1), 1036-1057. doi:10.14687/ijhs.v13i1.3464

UNCCD, 1995: *The United Nations Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa*, text with Annexes, UNEP, Geneva. WFAS, (2009) *Keetch–Byram Drought Index, Wildland Fire Assessment System*, (www.wfas.net, 28.06.2009).

UNDP, 2010a: UNDP-Thematic Brief: Climate Risk Management (CRM). Bureau for Crisis Prevention and Recovery Bureau for Development Policy/Energy and Environment Group.

UNDP, 2010b: Climate Risk Management Technical Assistance Support Project (CRM TASP). Bureau for Crisis Prevention and Recovery Bureau for Development Policy/Energy and Environment Group.

UNFCCC, 2001a. Decision 28/CP.7 Guidelines for the Preparation of National Adaptation Programmes of Action, and Decision 29/CP.7 Establishment of a Least Developed Countries Expert Group. Report of the Conference of the Parties on Its Seventh Session, Held at Marrakesh from 29 October to 10 November 2001 Addendum Part Two: Action Taken by the Conference of the Parties Volume IV (FCCC/CP/2001/13/Add.4), p. 7, 14.

UNFCCC, 2011b. Annex: Initial Guidelines for the Formulation of National Adaptation Plans by Least Developed Country Parties. Report of the Conference of the Parties on Its Seventeenth Session, Held in Durban from 28 November to 11 December 2011 Addendum Part 2: Action Taken by the Conference of the Parties at Its Seventeenth Session (FCCC/CP/2011/9/Add.1), p. 85.

UNFCCC. 2012. Decision 12/CP.18 National Adaptation Plans. Report of the Conference of the Parties on Its 8th Session, Held in Doha from 26 November to 8 December 2012 Addendum Part 2: Action Taken by the Conference of the Parties at Its Eighteenth Session (FCCC/CP/2012/8/Add.2), p. 3.

UNISDR, 2015. *The Pocket GAR 2015. Making Development Sustainable: The Future of Disaster Risk Management*. Geneva, Switzerland: United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR).

URL 2: <http://www.wmo.int/gfcs/priority-areas> ,08.07.2017

URL 3: <https://sustainabledevelopment.un.org/?menu=1300> ,08.07.2017

URL 4. <https://ourworldindata.org/future-world-population-growth/> ,08.07.2017

URL 5. <http://www.hurriyet.com.tr/prof-dr-yildiz-kar-ciftciler-icin-mujdedir-aslinda-37234908> , 08.07.2017

URL 6. <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari> , 08.07.2017



URL 7. <http://www.tarim.gov.tr/Haber/1041/941-Tarim-Havzasinin-Listeleri-Yayinlandi> , 08.07.2017

URL 9. <http://www.dsi.gov.tr/haberler/2017/03/20/konya-n%C4%B1n-mavi-r%C3%BCyas%C4%B1-olarak-bilinen-mavi-t%C3%BCnel-i-%C3%A-7in-bir-i%C5%9F%C4%B1k-daha-g%C3%B6r%C3%BCnd%C3%BC> 10.07.2017

URL 1. http://erzurum.edu.tr/Content/Yuklemeler/Personel/Fatih_TOSUNOGLU/Ders_Notlari16163.pdf , 8.7.2017

URL 8 <http://www.tarim.gov.tr/BUGEM/Belgeler/M%C4%BOLL%C4%B0%20TARIM/Desteklenecek%20%C3%9Cr%C3%BCnlerin%20941%20Havza%20Baz%C4%B1nda%20Da%C4%9F%C4%B1l%C4%B1m%C4%B1.pdf> , 08.07.2017

USGCRP. 2009. *Global Climate Change Impacts in the United States* . Karl, T.R., J.M. Melillo, and T.C. Peterson (eds.). United States Global Change Research Program. Cambridge University Press, New York, NY, USA

Ünal, Y. S., E. Tan ve S. S. Montes, 2012: Summer heat waves over western Turkey between 1965 and 2006. *Theor Appl Climatol* DOI 10.1007/s00704-012-0704-0.

Valizadeh, J., S.M. Ziaei, S.M. Mazloumzadeh, 2014: Assessing climate change impacts on wheat production (a case study), *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. Volume 13, Issue 2, June 2014, Pages 107-115

Vermeulen, S. J., Aggarwal, P. K., Ainslie, A., Angelone, C., Campbell, B. M., Challinor, A., et al. (2012). Options for support to agriculture and food security under climate change. *Environmental Science & Policy*, 15(1), 136–144.

Waha, K., Müller, C., Rolinski, S. (2013). Separate and combined effects of temperature and precipitation change on maize yields in sub-Saharan Africa for mid-to late-21st century. *Global and Planetary Change*, 106, 1–12.

Wall, G. W., Brooks, T. J., Adam, N. R., Cousins, A. B., Kimball, B. A., Pinter, P. J., et al. (2001). Elevated atmospheric CO₂ improved sorghum plant water status by ameliorating the adverse effects of drought. *New Phytologist*, 152(2), 231–248.

Waller, F., Achatz, B., Baltruschat, H., Fodor, J., Becker, K., Fischer, M., et al. (2005). The endophytic fungus *Piriformospora indica* reprograms barley to salt-stress tolerance, disease resistance, and higher yield. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(38), 13386–13391.

Wang, J., Wang, E., Luo, Q., Kirby, M. (2009). Modelling the sensitivity of wheat growth and water balance to climate change in Southeast Australia. *Climatic Change*, 96(1–2), 79–96.

Wassmann, R., Jagadish, S. V. K., Heuer, S., Ismail, A., Redona, E., Serraj, R., et al. (2009). Climate change affecting rice production: the physiological and agronomic basis for possible adaptation strategies. *Advances in Agronomy*, 101, 59–122.

Webber, H., Gaiser, T., Ewert, F. (2014). What role can crop models play in supporting climate change adaptation decisions to enhance food security in sub-Saharan Africa? *Agricultural Systems*, 127, 161–177.

Welch, J. R., Vincent, J. R., Auffhammer, M., Moya, P. F., Dobermann, A., Dawe, D. (2010). Rice yields in tropical/ subtropical Asia exhibit large but opposing sensitivities to minimum and maximum temperatures. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(33), 14562–14567.

Wheeler, T., von Braun, J. (2013). Climate change impacts on global food security. *Science*, 341(6145), 508–513.

White, J. W., Boote, K. J., Hoogenboom, G., & Jones, P. G. (2007). Regression-based evaluation of ecophysiological models. *Agronomy Journal*, 99(2), 419–427.

White, J. W., Hoogenboom, G., Kimball, B. A., Wall, G. W. (2011). Methodologies for simulating impacts of climate change on crop production. *Field Crops Research*, 124(3), 357–368.

White, S.A., 2006: *Climate Change and Crisis in Ottoman Turkey and the balkans, 1590-Future*, International Conference on Climate Change and The Middle East Past, Present and Future, 20-23

WMO, 1997: *Extreme Agrometeorological Events*, CagM-X Working Group, WMO/TD-No. 836, Geneva, Switzerland.

World Bank, 1999: *Project Appraisal Document (MEER Project, Report No: 19844-TU)*, Nov. 1999.

Yadav, M., Sharma, M. P., Prawasi, R., Khichi, R., Kumar, P., Mandal, V. P., Salim, A., & Hooda, R. S. (2014). Estimation of wheat/rice residue burning areas in major districts of Haryana, India, using remote sensing data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 42(2), 343–352.

Yang, Y., De Li Liu, M. R. Anwar, H. Zuo, Yonghui, 2014: Yang Impact of future climate change on wheat production in relation to plant-available water capacity in a semiarid environment *Theor Appl Climatol* (2014) 115:391–410

Yeo, A., 1999. Predicting the interaction between the effects of salinity and climate change on crop plants. *Sci. Hort.* 78, 159 – 174.

Yılmaz, Y., Şen, Ö.L., Turunçoğlu, U.U. (2017a). Fırat-Dicle havzasındaki arazi kullanımı/arazi örtüsü değişikliğinin iklim ve su kaynaklarına etkisi. IV. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi – TİKDEK'2017. 5-7 Temmuz 2017, İstanbul.

Yılmaz, Y., Şen, Ö.L., Turunçoğlu, U.U. (2017b). Gap Bölgesi iklim değişikliği: Atmosferin kompozisyonu ve arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimlerinin birlikte etkisi. IV. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi – TİKDEK'2017. 5-7 Temmuz 2017, İstanbul.

Yin, X. 2013. Improving ecophysiological simulation models to predict the impact of elevated atmospheric CO₂ concentration on crop productivity. *Annals of Botany*, 112(3), 465–475.

Yin, X., Struik, P. C. (2010). Modelling the crop: from system dynamics to systems biology. *Journal of Experimental Botany*, 61(8), 2171–2183.

Yücel, C., D. Yücel, İ.İnal, S. Irmak, 2016. İklim Değişikliklerinin Tarım Üzerine Olası Etkileri. Uluslararası Katılımlı 2. İklim Değişimi Ve Tarım Etkileşimi Çalıştayı, 08-09 Kasım 2016 Şanlıurfa

Yürekli K, Anlı AS, 2008. Standartlaştırılmış yağış indeksi ile Karaman ili kuraklığının analizi. Konya Kapalı Havzası Yer Altı Suyu ve Kuraklık Konferansı Bildiri Kitabı, Konya, 246.

Zhang, M., Wu, B., Yu, M., Zou, W., & Zheng, Y. (2014). Crop condition assessment with adjusted NDVI using the uncropped arable land ratio. *Remote Sensing*, 6(6), 5774–5794.

Zhao, J., Luo, Q., Deng, H., & Yan, Y. (2008). Opportunities and challenges of sustainable agricultural development in China. *Philosophical Transactions of the Royal Society, B: Biological Sciences*, 363(1492), 893–904.

Ziska, L. H., & Bunce, J. A. (2007). Predicting the impact of changing CO₂ on crop yields: some thoughts on food. *New Phytologist*, 175(4), 607–618.

Ziska, L.H. and G.B. Runion. 2007. Future weed, pest, and disease problems for plants. In: P Newton, RA Carran, GR Edwards, and PA Niklaus (eds) *Agroecosystems in a Changing Climate*, pp. 261–287. Taylor & Francis, Boca Raton, FL.

