



Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 7



İKLİM DEĞİŐİŐKLIĐİ VE TÜRKİYE TARIMI ETKİLEŐİŐMİ



Modüller
Elektronik versiyonu için QR kodu



Tarım Modülü
Elektronik versiyonu için QR kodu



WEglobal



İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ
VE TÜRKİYE TARIMI
ETKİLEŞİMİ

Hazırlayan:
Prof. Dr. Zeynep Zaimoğlu
2019, Ankara

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE TÜRKİYE TARIMI ETKİLEŞİMİ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	3
YÖNETİCİ ÖZETİ	5
1. TARIMSAL ÜRETİM SİSTEMLERİNİN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYARLANMASI - MODELLERİN KULLANIMI NEDİR?	7
1.1. Tarımsal Üretim Sistemlerinde İklim Etkileri ve Adaptasyonu	7
1.2. Kısa ve Uzun Vadeli Uyarlama Yöntemleri	7
1.2.1. A Tipi Uyarlama: Kısa Vadeli ve Lokalize	8
1.2.2. B Tipi Uyarlama: Uzun Süreli ve Büyük Ölçekli (Bölgesel, Ulusal veya Uluslararası)	8
1.3. Tarımda Maladaptasyon (Uyumsuzluk) Riski	9
1.4. İklim Değişikliği Etkilerinin Günümüzde Tarımsal Üretim Sistemleri ile Uyumlanması	9
1.4.1. Ampirik Ürün Modelleri	9
1.4.2. Bölgesel Uygunluk Modelleri	11
1.4.3. Biyofiziksel Modeller	11
1.4.4. Entegre Modeller	11
1.4.5. Karar modelleri	11
1.5. Adaptasyon Planlaması için Model Bazlı Bilgilerin Değeri	11
1.6. Entegrasyon	12
1.7. Belirsizlikler	13
2. TARIM SEKTÖRÜNÜN UYUM VE AZALTIM POLİTİKALARI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ	14
3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TARIM SEKTÖRÜNE ETKİLERİNİN RİSK VE FAYDA AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ	18
3.1. Değişen İklimde Tarımsal Fırsatlar ve Zorluklar	20
4. TARIM SEKTÖRÜNDEN KAYNAKLANAN SERA GAZI EMİSYONLARININ AZALTILMASI	22
4.1. Tarımsal Sera Gazı Emisyonlarının Avrupa'daki Durumu	24
5. TARIM TOPRAKLARINDAKİ EMİSYONLARIN AZALTILMASI VE TOPRAK YÖNETİMİ HAKKINDA YABANCI UYGULAMALARDAN ÖRNEKLER	26
5.1. Tarımsal Sera Gazı Emisyonu	27
5.1.1. Tarım Topraklarından Oluşan Sera Gazı Emisyonları ve Nedenleri	28
5.1.1.1. Gübre Kullanımı Kaynaklı Toprak Emisyonları	28
5.1.1.2. Toprak İşleme Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları	29
5.1.2. Toprak İşlemesiz Tarımda Brezilya Örneği	30
5.2. Arazi Toplulaştırma Uygulamaları ve Toprak Emisyonları	30
5.3. Arazi Kullanım Değişimi ve Emisyon Azaltımı	30
5.4. Alternatif Bitki Deseni Uygulamaları ve Emisyon Azaltımı	31
5.4.1. Kanada Örneği	31
5.5. Organik Tarımla Toprak Emisyon Azaltımı	32
6. İKLİM VE TARIM EKONOMİSİ	34
6.1. İklim Değişikliği ve Tarımsal Uygulamalar	34
6.2. Tarımsal Fiyatların Artışı	35
6.3. Tarım Ürünlerinde Üretkenliğin Azalması	37
6.4. Tarım Ekonomisinde Bölgesel Eşitsizlikler	38
6.5. Vatandaşa Yansıyan Maliyetler	39
7. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN GIDA ARZI İLE BAĞININ DEĞERLENDİRİLMESİ	42
7.1. Besin Enerjisi Arz Yeterliliği	43
7.2. FAO Gıda Güvenliği Göstergeleri ve Hesaplama Yöntemleri	43

7.3. Gıda Arzı ve İklim Değişikliğinde Tedarik Zincirinin Rolü	46
7.4. Kısa Vadeli İklim Değişikliklerinin Gıda Tedarik Zincirleri Üzerindeki Etkileri	46
7.5. Uzun Vadeli İklim Değişikliğinin Gıda Tedarik Zincirlerini Dönüştürmedeki Etkileri: Zorluklar ve Stratejiler.....	49
8. GIDA GÜVENLİĞİ AÇISINDAN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE KARŞI SU KAYNAKLARININ YÖNETİMİ	50
8.1. Su Kaynakları Yönetimi Nedir?	50
8.2. Su Kaynakları ve Gıda Güvenliği İlişkisi.....	51
8.3. Su kaynaklarının Bütüncül Yönetimi ile Alakalı Ülkemiz Politikaları	53
9. TÜRKİYE’NİN TARIMSAL KURAKLIKLA MÜCADELE POLİTİKALARI	56
9.1. Dünyada Kuraklığın Belirlenmesinde Kullanılan İndeksler	57
9.2. Türkiye Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Tarafından Kullanılan Kuraklık İndeksleri	57
9.3. Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı Faaliyetleri	58
9.4. Eylem Planı İçerisinde Belirlenen Tedbirler.....	58
9.4.1. Kuraklık Öncesi Yapılması Gereken Çalışmalar	58
9.4.2. Kuraklık Esnasında Yapılması Gereken Çalışmalar.....	59
9.4.3. Kuraklık Sonrasında Yapılması Gereken Çalışmalar	60
9.5. Kuraklık Yönetimini Etkileyen Şartların Sistematiik Olarak İncelendiği Güçlü Yönler.....	60
9.6. Kuraklık Yönetimini Etkileyen Şartların Sistematiik Olarak İncelendiği Zayıf Yönler.....	60
9.7. Eylem Planlarında Oluşması Muhtemel Fırsatlar	61
9.8. Eylem Planlarında Oluşması Muhtemel Tehditler	61
10. TARIM İÇİN ÖNEMLİ ALT UNSURLAR	63
10.1. Ormansızlaştırma ve Orman Miktarının Azaltımına Karşı Önlemler (REDD)	63
10.2. Arazi Toplulaştırması Uygulamalarının Etkileri.....	64
11. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ETKİLERİ AÇISINDAN TÜRKİYE’DE TARIM HAVZALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	65
11.1. Ülkemizde Verim ve Sulama Suyu İhtiyacı	69
12. TARIMSAL BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİĞİ KORUMANIN TÜRKİYE’NİN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE MÜCADELESİNE VE İKLİM DOSTU AKILLI TARIM UYGULAMALARINA KATKISININ DEĞERLENDİRİLMESİ	72
12.1. Tarım ve Biyolojik Çeşitlilik	72
12.2. İklim Dostu Akıllı Tarım Yaklaşımının Temel Unsurları.....	74
12.3. İklim Dostu Akıllı Tarım Uygulamalarının Emisyon Azaltım ve Gıda Güvenliğine Etkisi	78
12.4. Tarıma Yön Veren Yeni Teknolojiler.....	79
12.4.1. İklim Dostu Akıllı Tarım Uygulamalarında Bulut Çözümleri	79
12.4.2. Telekomünikasyon Şirketlerinin Diğer Akıllı Tarım Çözümleri	79
12.4.3. Çiftçi Kulübü.....	80
12.4.4. Yeni Nesil Mobil Traktörler.....	80
12.4.5. Topraksız Tarım.....	80
12.4.6. Dijital Tarım Makinaları	81
12.4.7. Nanoteknoloji.....	82
12.4.7.1. Akıllı Gübre.....	82
12.4.7.2. Nanopestisitler.....	82
12.4.8. Robotik Çiftlikler	82
12.4.9. Akıllı Sulama Sistemleri.....	83
13. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TARIMDA SU GÜVENLİĞİNE ETKİSİ, TÜRKİYE’DE TARIMDA SUYUN ETKİN KULLANIMINA BAZI ÖRNEKLER	85
13.1. Sulama Sistemlerinin Su Güvenliğine Etkisinin Belirlenmesi.....	85
13.2. Türkiye’de Tarımda Suyun Etkin Kullanımına Bazı Örnekler.	87
13.2.1. GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı (GAP İdaresi) Tarafından Gerçekleştirilen, “Suyun Etkin ve Verimli Kullanım Projesi...87	
13.2.2. Ankara-Gölbaşı Bölgesinde Etkin Su Kullanımı ve Yağmur Suyu Hasadı ile İklim Değişikliğine Adaptasyonun Sağlanması Projesi.....	87
KAYNAKÇA.....	88

KISALTMALAR

ACS	Alternative Cropping Systems <i>Alternatif Kırpm Sistemleri</i>
APSIM	Agricultural Production Systems sIMulator <i>Tarımsal Üretim Sistemleri Similatörü</i>
BM	Birleşmiş Milletler
CERES	Crop Environment Resource Synthesis <i>Çevresel Bitki Kaynak Sentezi</i>
CFS	Committee on World Food Security <i>Dünya Gıda Güvenliği Komitesi</i>
CMI	Crop Moisture Index <i>Bitki Nem İndeksi</i>
CropSyst	Cropping Systems Simulation Model <i>Ürün Yetiştirme Sistemleri Simülasyon Modeli</i>
CSA	Climate Smart Agriculture <i>İklim Dostu Tarım</i>
DSSAT	Decision Support System for Agrotechnology Transfer <i>Agroteknoloji Transfer için Karar Destek Sistemi</i>
EPIC	Environmental Policy Integrated Climate Model <i>Çevre Politikası Entegre İklim Modeli</i>
FAO	United Nations Food and Agriculture Organisation <i>Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü</i>
GCF	Green Climate Fund <i>Yeşil İklim Fonu</i>
GDD	Growing Degree-Day <i>Aylık Büyüme Mevsimi</i>
GEF	Global Environment Fund <i>Küresel Çevre Fonu</i>
GTHB	Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı
HI	Yüksek
ICT	Information Communication Technology <i>Radyo Programları ve İletişim Teknolojileri</i>
IFAD	International Fund for Agricultural Development <i>Uluslararası Tarımsal Kalkınma Fonu</i>
IFPRI	International Food Policy Research Institute <i>Uluslararası Gıda Politikaları Araştırma Enstitüsü</i>
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change <i>Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli</i>
KIA	Kentsel Isı Adası
LCA	Life Cycle Assessment <i>Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi</i>
LPJML	Lund-Potsdam-Jena <i>Yönetilen Arazi Modeli</i>
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MIKE	Nehirler ve Kanallar için Modelleme Sistemi
MİGM	Mahalli İdareler Genel Müdürlüğü
MR	Mikrobiyal Solunum
NAMA	Ulusal Uygun Etki Azaltma Eylemleri
ORG	Organik
PDSI	PALMER Kuraklık Şiddet İndeksi
PNI	Normalin Yüzdesi İndeksi

POU	Prevalence of Undernourishment <i>Yetersiz Beslenme Yaygınlığı</i>
RED	Azaltılmış
REDD	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation <i>Ormansızlaştırma ve Orman Miktarının Azaltımına Karşı Önlemler</i>
SOC	Soil Organic Carbon <i>Toprak Organik Karbon</i>
SPI	Standardized Precipitation Index <i>Standart Yağış İndeksi</i>
STICS	Simulateur mulTidisciplinaire pour les Cultures Standard
STK	Sivil Toplum Kuruluşu
SWAT	Soil & Water Assessment Tool <i>Toprak Suyu Değerlendirme Aracı</i>
SWAZEE	Yüzey Suyu Temini İndeksi
SWIM	Soil and Water Integrated Model <i>Toprak ve Su Entegre Modeli</i>
UNEP	United Nations Environment Programme <i>Birleşmiş Milletler Çevre Programı</i>
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change <i>Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi</i>
UNICEF	United Nations International Children's Emergency Fund <i>Birleşmiş Milletler Çocuklara Yardım Fonu</i>
UUP	Ulusal Uyum Programları
VAM	Vulnerability Analysis and Mapping <i>Güvenlik Açığı Analizi ve Haritalama</i>
WFP	World Food Programme <i>Dünya Gıda Programı</i>
WHO	World Health Organisation <i>Dünya Sağlık Örgütü</i>

YÖNETİCİ ÖZETİ

Tarım, ekosistemlerle toplumun kesiştiği yegâne noktada bulunur. İklim değişikliği başta meteorolojik bir problemmiş gibi algılanıyor olsa da doğal ekosistemlerde, özellikle besin maddesi döngülerinde veya hidrolojik döngüde birçok çevresel unsuru tepeden tırnağa etkileme potansiyeline sahiptir. Tarım ve gıda güvenliği ise iklim değişikliği açısından en savunmasız sektörler olarak nitelendirilebilir. İklim değişikliği bitkisel üretimi kolaylıkla etkileyebilecek çapta küresel bir krizdir. Ancak bu kriz ülkenin gıda güvencesinin ve mahsul veriminin iklim değişkenliğine nasıl tepki verdiğine de bağlıdır. Bu nedenle tarım ve gıda sektörlerinin sosyo-ekonomik önemi göz önüne alındığında, gelecekteki iklim değişikliğinin ürün verimliliğine ve gıda güvencesine etkilerinin incelenmesi şarttır.

İklim değişikliğinin tarım sektörüne yansımalarının etkilerinin ülkemizde ve dünyada en çok görülebileceği hususlar şu şekilde sıralanabilir:

- Verim azalışı
- Sulama suyu talep ve maliyetinin artışı
- Dikim ve hasat zamanında kaymalar veya değişiklikler
- Ürün yetiştirme elverişliliğinde azalma
- Daha fazla hastalık ve zararlı türler (Kadioğlu ve ark., 2017).

Tarım, ekosistemlerle toplumun kesiştiği yegâne noktada bulunur. İklim değişikliği başta meteorolojik bir problemmiş gibi algılanıyor olsa da doğal ekosistemlerde, özellikle besin maddesi döngülerinde ve hidrolojik döngüde birçok çevresel unsuru etkileme potansiyeline sahiptir. İklim değişikliğinin tarımsal üretimde verimliliğe, hidrolojik dengelere, girdi kaynaklarına ve diğer tarımsal sistem bileşenlerine etkisi günümüzde bile hissedilmekle beraber gelecekteki etkisi modeller yardımı ile tahmin edilmeye ve bu modellerin çıktılarına göre ülkeler, bölgeler bazında insanlığın en az etkileneceği şekilde planlanmaya çalışılmaktadır.

Çünkü tarım ve gıda güvenliği sektörleri iklim değişikliği açısından en savunmasız sektörlerdir.

İklim değişikliği bitkisel üretimi kolaylıkla etkileyebilecek çapta küresel bir kriz olmakla beraber, ülkelerin bu koşullardaki değişikliklerden ne kadar etkileneceği gıda güvenliğine, aynı zamanda da tarımsal veriminin iklim değişikliğine nasıl tepki verdiğine bağlıdır. Bu nedenle tarım ve gıda sektörlerinin sosyo-ekonomik önemi göz önüne alındığında, gelecekteki iklim değişikliğinin ürün verimliliğine ve gıda güvenliğine etkilerinin incelenmesi gerekmektedir. Bu etkilerin incelenmesi, politikaların oluşturulması ve iklim değişikliğinin tarım yoluyla azaltılması için taahhütlerin alınması, tarımdaki karbon ayak izinin daha fazla bilinmesi anlamına gelmektedir.

2050 yılında dünya nüfusunun 9 milyarı geçeceği tahmin edilmektedir. Nüfus artışının diğer birçok sektörde olduğu gibi zamanla tarım sektöründe de sera gazı salımını arttıracığı öngörülmektedir.

İklim değişikliği kaynağı olmasının yanı sıra, tarım iklim değişikliğinden en fazla etkilenen sektörlerden de birisidir. 2050 yılına dair yapılan tahminler sonucunda hem küresel ortalama sıcaklıkta hem de yağış dahil tüm meteorolojik parametrelerde farklılıklar olacağı bilinmektedir. Bu değişiklikler, dünyadaki tarımsal üretimin türünü ve yerini açıkça etkileyecektir. Avrupa'daki üzümlerden Afrika'daki meralara ve Asya'daki pirince kadar, tüm üretim kalıpları ve geçim kaynaklarının farklılaşacağı ya da diğer bir deyişle dönüştüreceği öngörülmektedir. Bu koşullarda tarım sektörü için adaptasyon tüm dünyada hayati öneme sahiptir. Ayrıca, iklim değişikliği ve etkilerine karşı küresel iş birliğinin, azaltım ve uyum politikalarının, insanlığın gıda güvenliği adına bölgesel değil küresel anlamda hayati olduğu asla unutulmaması gereken bir gerçekliktir.

Özetle; bu modülde iklim değişikliğinin tarım sektörü üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.



1. TARIMSAL ÜRETİM SİSTEMLERİNİN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYARLANMASI - MODELLERİN KULLANIMI NEDİR?

Tarımsal üretim sistemlerinde iklim değişikliklerinin belirlenmesi için adaptasyon modellerinin kullanılması kaçınılmazdır. Modellerle belirlenecek iklim değişikliği adaptasyon etkileri, karar vermeyi desteklemek için kullanılır; böylece, modellerin farklı özellikleri, zayıf ve güçlü yönleri kullanılacak tarımsal üretimin modellenmesini sağlar. Tarımsal üretim sistemlerinin adaptasyonunda beş farklı model kullanılır:

- Ampirik ürün modelleri
- Bölgesel uygunluk modelleri
- Biyofiziksel modeller
- Entegre-modeller
- Karar modelleri

Bu modeller temelde kısa veya uzun vadede farklı sonuçlar doğurmaktadır. İklim değişikliğine uyum çabalarını destekleyen gelecekteki araştırmalar, bu nedenle risk ve kırılganlıkların bütünlük değerlendirmelerine dayanmalıdır (iklim değişkenliği ve belirsizlik dikkate alınarak).

1.1. Tarımsal Üretim Sistemlerinde İklim Etkileri ve Adaptasyonu

İklim, zamana ve bölgesel farklılıklara dayalı olarak tarımsal üretimin ve verimliliğin en önemli belirleyicisidir. Tarım, insanlığın devamı için gerekli olan temel ürünleri (yani gıda, yem, lif veya biyoyakıt) sağlamakla beraber, suyun ve toprağın kullanımı, dolayısıyla tüm ekosistemi bütün olarak ele alan yaşamsal bir döngüdür (Foley ve ark., 2011). İklim değişikliğinin tarımsal üretimdeki olumsuz etkilerini önlemek ve tarımsal üretimi iklim değişikliğine adapte etmek için uygun bir planlama

gerekmektedir (Howden ve ark., 2007; Schiermeier ve ark., 2015).

Geçtiğimiz 15 yılda Birleşmiş Milletler tarafından onaylanmış toplamda 17 adet Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi'nin 13. Hedefi'nde, "iklim değişikliği ve etkileriyle mücadele etmek amacıyla oluşturulan acil eylem planı" mevcuttur (UN, t.y.). Bu eylem planlarında, tarımsal üretimde oluşturulacak bitki desenlerinin dayanıklılığı ve üretim sistemlerinin iklim risklerine ve doğal afetlere uyum sağlama kapasitelerinin planlanması hedeflenmiştir. Tarımsal sistemlerde iklim değişikliğine uyum sağlanması, "açlığın sona ermesi, gıda güvenliğinin sağlanması ve sürdürülebilir tarımın teşvik edilmesi" birincil hedef olurken, ikinci hedef ise "sürdürülebilir gıda üretim sistemlerini sağlamak, üretimi arttırmak, ekosistemleri korumak, iklim değişikliğine uyum kapasitesini güçlendiren dayanıklı tarım uygulamalarını uygulamak" olarak belirlenmiştir.

1.2. Kısa ve Uzun Vadeli Uyarlama Yöntemleri

Farklı görüşler olmakla beraber temelde, iklim değişikliğine tarımsal üretim sistemleri adına iki tür uyum belirlenebilir. (O'Brien, 2012; Park ve ark., 2012; Rickards ve ark., 2012). Bunlar A ve B tipi uyum stratejileri olarak aşağıda açıklanmıştır.

A Tipi - Yerel bilgi ve deneyimlere dayanan, kısa vadeli, uyarlama stratejileri.

B Tipi - Uzun vadeli, bölgesel, ulusal veya uluslararası, uygulanan, pek çok kurumun ortak hareket etmesini gerektiren uyarlama stratejileri.

Her iki tip uyum stratejisi de iklimin aşırı koşul risklerini azaltmak için çok önemlidir (O'Brien ve ark., 2012).

İklim etkilerinin çok aşırı olmadığı durumlarda, mevcut üretim sisteminin fizibilite sınırlarının ötesine geçmemesi ve adaptif kapasitenin yüksek olması durumunda, A tipi uyum stratejileri yeterli olacaktır. İklim değişikliği etkilerinin daha fazla olduğu ve A tipi uyum stratejilerinin yetersiz kaldığı koşullarda daha büyük ölçekli ve daha uzun vadeli olan, B tipi uyumlanma süreci hızla planlanmak zorundadır.

1.2.1. A Tipi Uyarlama: Kısa Vadeli ve Lokalize

A tipi uyarlama stratejileri, ekim tarihlerinde ürün deseni seçiminde değişiklikler yapılarak, iklim değişikliğine adaptasyonunu kolayca sağlayabilir. Yalnızca ekim tarihini değiştirerek bile genişletilmiş büyüme mevsiminden yararlanabilirler. İklim değişikliğine bağlı olarak büyüme mevsiminin uzadığı koşullarda aynı arazide yıl içerisinde 2, hatta 3 kez ekim yapılarak arazi verimliliğini arttırmak mümkün olabilir (Liang ve ark., 2015). Çoklu ekim deseni dışında stres faktörlerine toleranslı çeşitlere geçiş yapmak da A tipi uyarlama stratejilerinin uygulanmasına örnek olarak gösterilebilir.

Hayvancılık sistemlerinde, alternatif hayvan ırkları veya türleri, hayvanların beslenmesinde diyet seçimleri de hayvancılık sektörü açısından A tipi uyarlama stratejilerine örnek olarak gösterilebilir (Joyce ve ark., 2013).

1.2.2. B Tipi Uyarlama: Uzun Süreli ve Büyük Ölçekli (Bölgesel, Ulusal veya Uluslararası)

İklim değişikliğinin etkilerinin A tipi uyarlama stratejileriyle ortadan kaldırılamadığı ve üretimi uzun süreli olumsuz etkilediği durumlarda B tipi uyarlama stratejilerine geçmek gerekmektedir (Roggema ve ark., 2012). Ancak B tipi stratejiler, üretim bölgelerindeki arazi kullanımlarını büyük ölçekte planlamakta, bu planlama da beraberinde altyapı yatırımlarının farklılaşması ve dolayısıyla da yeni yatırım maliyetleri getirmektedir. Kamu düzeylerinde ise teşvik sistemlerinin veya zaman zaman

sübvansiyonların oluşturulması ve planlanması ile çiftçilerin adaptasyon çabalarının desteklemesi ve uyarlama stratejilerinden daha az etkilenecek adaptasyondan vazgeçmemesi sağlanmalıdır. Tarım endüstrileri, yeni teknolojilerin geliştirilmesinde ve yeni çeşitlerin yetiştirilmesinde ön plana çıkmalıdır (Chenu ve ark., 2017; Rosenzweig ve ark., 2013). B tipi uyarlama stratejilerinde belirlenen hedefler arasında suyun verimli kullanılması ile beraber sellere, kuraklığa veya arazilerde artan tuzluluk sonucu kullanım dışı kalmasına karşı alınması gereken önlemlerin tümü sayılabilir. Ayrıca, iklim-dayanıklı ürün deseni seçimi de tıpkı A tipi uyarlamada olduğu gibi planlama yaparken göz önünde bulundurulması gereken bir özellik olarak düşünülmelidir (Bloomfield ve ark., 2014; Nicotra ve ark., 2010).

Tarımsal üretim sistemlerinin iklim değişikliğine uyarlanması amacıyla kullanılan modellerin özellikleri:

- Modeller fiziksel ve sosyo-ekonomik sistemleri ve bunların bilimsel teorilerini teşvik edebilir.
- Modelleme araçlarının uzun vadeli tahmin yetenekleri, gelecekteki iklim risklerini tahmin etmek için kullanılabilir.
- Modeller, iklimsel uyumun çevresel ve sosyo-ekonomik etkilerini test etmek ve nihayetinde uyum stratejilerini geliştirmek için kullanılabilir (Leclère ve ark., 2014).

1980'lerden beri, tarımda iklim değişikliklerinin etki değerlendirmesi için model tabanlı araçlar uygulanmıştır (Hoogenboom ve ark., 2000; Parry, 1990; Holzworth ve ark., 2015; Reidsma ve ark., 2015). İklim değişikliğine tarımsal adaptasyonun biyofiziksel ve ekonomik modellerle belirlenmesi gerekmektedir (Harrison ve ark., 2016).

1.3. Tarımda Maladaptasyon (Uyumsuzluk) Riski

İklim değişikliği ve tarımsal üretimde oluşacak risklere karşı alınacak uyum kararları yanlış öngörüler ve uygun olmayan modeller kullanılarak alınırsa, istenmeyen sonuçlara yol açabilir. Barnett ve O'Neill (2009) bunu "uyumsuzluk" olarak tanımlamaktadır. Kısa vadeli faydalar, uzun vadeli (sosyal, ekonomik veya çevresel) maliyetlerden daha ağır basarsa veya yönetim uyumunun olumsuz dış etkileri göz önünde bulundurulmazsa, örneğin, su kıtlığının artmasına uyum sağlamak için sulama altyapısı inşa edilirse, olası uyumsuz sonuçlar, altyapının oluşturulması ve işletilmesi, su maliyetlerinin artması veya su biyoçeşitliliğin üzerindeki olumsuz etkiler nedeniyle artan emisyonlar olabilir (Barnett & O'Neill, 2013; Haydu ve ark., 2010; Yesuf ve ark., 2009; Stupak, 2017).

Modellerin uygulanmasına yönelik risk faktörleri aşağıdaki gibidir;

- İklim değişiklikleri ve buna bağlı gelişecek iklim olaylarının ortaya çıkması yani bağlam belirsizliği
- Girdi belirsizliği
- Modelde kullanılan girdi ya da inputlarda oluşan girdi belirsizliği
- Modelde kullanılan parametreler ve bölgesel uyumsuzlukların belirsizliği (Walker ve ark., 2013; Holzkämper ve ark., 2015; Walker ve ark., 2003).

Ayrıca, model tahminlerinde oluşacak hatalar ve belirsizlikler, küçültülmüş iklim projeksiyonlarına, etki tahminlerine ve son olarak uygun adaptasyon yöntemleri için verilen önerilere kadar kademeli olarak etki etmektedir (Wilby & Dessai, 2010).

1.4. İklim Değişikliği Etkilerinin Günümüzde Tarımsal Üretim Sistemleri ile Uyumlanması

İklim değişikliği etkilerinin tarımsal üretim sistemleri ile beraber değerlendirilmesi gerekliliği günümüzde kullanılması gereken dinamik modelleme sistemlerinin temelini oluşturmaktadır. Uygulanan model yaklaşımları ele alınan etki göstergeleri ve test edilen uyum seçenekleri açısından analiz edildiğinde, konu ile ilgili aşağıdaki beş model yaklaşımı ifade edilebilir:

- Ampirik ürün modelleri
- Bölgesel uygunluk modelleri
- Biyofiziksel modeller
- Entegre-modeller
- Karar modelleri

1.4.1. Ampirik Ürün Modelleri

Ampirik ürün modelleri, verim ve iklim değişkenlerinde mekânsal ve zamansal değişkenliğin ampirik zaman serileri ve/veya panel veri kümelerine dayalı iklim-verim ilişkilerini tahmin etmektedir. Bu tür modeller genellikle uyum sağlama olasılıklarını açık bir şekilde açıklamamaktadır. Ancak, otonom uyarılama sürekli olarak ilerlediğinden, modellerin uzun süreli veri dizisine dayanması sistemi ileri götüren faktördür. Muhtemel adaptasyon cevaplarını modelleme konusundaki sınırlı yeteneği nedeniyle, ampirik ürün modeli yaklaşımı çoğunlukla tarımsal iklim etki değerlendirmelerinde uygulanmaktadır (Lobell ve ark., 2006). Bunun yanında Hobbs ve ark. (2016) orman biyokütle üretiminin istatistiksel modellerini geliştirmiş ve bu modeller uygulanmıştır.



1.4.2. Bölgesel Uygunluk Modelleri

Bölgesel arazi veya iklim uygunluğu yaklaşımları genellikle bölgesel ölçekte mevcut ve gelecekteki iklim koşulları altında biyofiziksel arazi kullanım potansiyelini ölçmek için uygulanır (Brown ve ark., 2008; Palizaro ve ark., 2011). Bu iki yaklaşım, farklı değerlendirme kriterlerine verilen yanıtları tanımlamak için uzman görüşü ve/veya ampirik alan kanıtlarından yararlanmaktadır. Doğal türlerin potansiyel dağılımlarını modellemek için yaygın olarak uygulanmaktadır (Zhang ve ark., 2016; Carpenter ve ark., 1993). Verimleri tahmin etmeyi amaçlayan ampirik ürün modellerinin aksine, uygunluk yaklaşımları belirli bir türün meydana gelme olasılığını tahmin etmektedir (Carpenter ve ark., 1993). Ampirik ürün modeli yaklaşımına benzer şekilde, arazi uygunluğu değerlendirme yaklaşımları genellikle açık yönetim uyumlarını test etmeyi mümkün kılmamaktadır. Ancak, bu yaklaşım belirli ürünler için arazinin uygun olup olmadığını belirlediği için, arazi kullanım durumu da değişiklik gösterebilir. Bölgesel uygunluk yaklaşımı, mevcut ve gelecekteki iklim koşullarına göre zararlıların ve istilacı türlerin potansiyel dağılımını tahmin etmek için de uygulanabilir (Chapman ve ark., 2017; Stöckle ve ark., 2003).

1.4.3. Biyofiziksel Modeller

Biyofiziksel modeller, matematiksel olarak açıklanan mekanistik süreç anlayışına dayalı olarak bitki büyümesi, besin ve karbon dinamiği, su döngüsü ve su baskını gibi biyofiziksel süreçleri simüle eder. Model, iklim değişikliğinin sadece çeşitli agroekosistem fonksiyonları üzerindeki etkilerini simüle etmek için değil, aynı zamanda adaptasyon seçeneklerini test etmek için mükemmel bir temel sağlar.

1.4.4. Entegre Modeller

Entegre modellerle ilgili olarak, farklı kaynaklardan toplanan bilgileri (örn. karmaşık mekanik modeller, veri tabanları koleksiyonları ve literatür çalışmaları) elde edilen bilgiler ile bütünleştiren yaklaşımların entegre edilmesiyle oluşturulur (Tendall ve ark., 2015). Daha önce geliştirilmiş çok karmaşık ve bileşik modellerin çıktılarından entegre modeller elde etmek için sinir ağı yaklaşımını uyguladılar. Karmaşık bileşik model yerine entegre-modelin uygulanmasının yararı, azaltılmış çalışma süresidir ve bu da araştırmanın analizine uygulanacak modelin fizibilitesini artırır.

1.4.5. Karar Modelleri

Tarım sektörünün değişen iklimsel, ekonomik veya sosyal koşullara yanıt olarak aldığı kararları dikkate alan modelleri uygular. Kararlar bu modellere açıkça dâhil edildiğinden, bu modellere burada karar modelleri denir. Bu modellerin çoğu, sektörün uyum sağlama kararlarını biyofiziksel ve ekonomik güdülere karşılık olarak simüle etmektedir. Bu modellere ayrıca biyo-ekonomik modeller denir. Genellikle süreç bazlı biyofiziksel model veya ampirik bir üretim modeli ile bir ekonomik çiftlik optimizasyon modeli arasındaki bir bağlantıya dayanırlar (Berry ve ark., 2011; Vermeulen ve ark., 2013).

1.5. Adaptasyon Planlaması için Model Bazlı Bilgilerin Değeri

Uyum kararlarının alındığı organizasyon seviyesine (bir başka deyişle, çiftlik seviyesi veya hükümet planlama ufkuna) bağlı olarak, farklı bilgi türleri gereklidir ve bulguları etkili bir şekilde iletmek için farklı türde temsillere ihtiyaç duyulabilir (Vermeulen ve ark., 2013). Tarımda iklim değişikliğine uyumla ilgili modelleme çalışmalarının gözden geçirilmesine dayanarak, farklı iklim adaptasyon zorluklarını ele

almak için her model tipinin uygunluğu ele alınır. Yeterli sulama altyapısının planlanması için, sulama taleplerinin ve su mevcudunun gelecekteki iklim değişikliğinden nasıl etkileneceğini bilmek önemlidir. İstatistiksel ürün modellerine dayalı iklim etki değerlendirmelerinin sonuçları, süreç bazlı biyofiziksel modeller ve bölgesel uygunluk modelleri bu bilgileri sağlayabilir.

1.6. Entegrasyon

Burada gözden geçirilen model uygulamaları, dikkate alınan etkiler açısından entegrasyon seviyelerinde büyük bir farklılaşma göstermektedir (Tablo 1). Ampirik ürün modelleri ve bölgesel uygunluk modelleri sadece verim ve üretim potansiyeline odaklanırken, iklim ve yönetim değişikliklerinin çok daha geniş çevresel hedefler üzerindeki etkilerini tahmin etmek için biyofiziksel model yaklaşımları uygulanmaktadır. Dünyada yoğun kullanılan beş model yaklaşımının her biri ile farklı hedefler üzerindeki etkileri simüle eden modelleme çalışmaları sayısı ve detayları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Belirlenen Beş Model Yaklaşımının Her Biri ile Farklı Hedefler Üzerindeki Etkileri Simüle Eden Modelleme Çalışmalarının Sayısı (Vermeulen ve ark., 2013)

	Ampirik Ekim Modeli	Bölgesel Uygunluk Modeli	Biyofiziksel Model	Entegre-Model	Karar Modeli
Verim/verim potansiyeli	7	9	62	10	25
Su durumu	0	0	28	6	4
Su kalitesi	0	0	10	1	1
Sel	0	0	4	1	0
Toprak kaybı	0	0	4	0	0
Sulama suyu ihtiyacı	0	2	15	4	4
Doğal yaşam alanı	0	0	2	1	0
Zararlılar, istilacı türler	0	2	0	0	0
Toprak karbonu	0	0	1	0	0
Malç	0	0	1	0	0
Sera gazı emisyonları	0	0	0	1	3
Tarımsal ekonomik değerlendirme	0	0	0	1	23
Sektörel adaptasyon kararları	0	0	0	0	2

Karar modelleri, entegre-modeller ya da bileşik biyofiziksel modeller biçiminde büyük miktarda bilgiyi entegre etmek için modelleme araçları, uyumsuzluk risklerinin azaltılmasına yardımcı olmak için öngörü ve keşif araçları olarak büyük bir potansiyele sahiptir.

1.7. Belirsizlikler

En çok temsil edilen belirsizlik kaynağı iklim projeksiyonu belirsizliğidir (24 farklı iklim senaryosu arasında dikkate alınan çalışmaların %63,5'i) (Solomon ve ark., 2007). İklim senaryoları, emisyon yollarının ve küresel/bölgesel iklim modeli simülasyonlarının farklı kombinasyonlarına dayanır. Bu sosyo-ekonomik varsayımlar her durumda tutarlı gelişmediği için ortaya çıkan değişken miktarının çoğu ihmal edilir.

Belirsizliklerin açık bir şekilde dikkate alınmadığı diğer çalışmaların %23'ünden fazlası, iklim etkilerini ve uyum olanaklarını araştırmak için birçok tarihsel iklim verisi kullanmıştır (Parry ve ark., 2007). Sadece birkaç çalışma (%10), iklim değişikliğini tek bir iklim projeksiyonu ve etki modeli spesifikasyonuna dayalı olarak tarım üzerinde etkilediğini öngörmüştür (Metz ve ark., 2007). Etki tahminlerindeki belirsizlikler, genellikle gözden geçirilmiş çalışmalarda iyi bir şekilde temsil edilmekte ve tartışılmakta iken, uyum önlemlerinin sağlamlığı nadiren değerlendirilmektedir.

2. TARIM SEKTÖRÜNÜN UYUM VE AZALTIM POLİTİKALARI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tarım sektörü, ülkemizde ve dünyada giderek artan popülasyonundan kaynaklı büyüyen ihtiyacı karşılamak adına devamlı gelişim göstermektedir. Bu nedenle tarım, iklim değişikliği çerçevesinde değerlendirildiğinde sera gazı emisyonlarının yüksek seviyelerde gözlemlendiği sektörlerin başında gelmektedir.

Ülkemizde sera gazı emisyonları 1990 yılında 210,7 milyon ton civarlarında iken 2016 yılında %135,4 artış göstererek 496,1 milyon ton seviyelerine ulaşmıştır. Bu oranın günümüzde yaklaşık %150 seviyelerinde olduğu düşünülmektedir. Tarımsal faaliyetlerin burada sahip olduğu oran ise %10-12 civarındadır. Yapılan son analizlerde ülkemizde tarım kaynaklı sera gazı emisyonlarının 56,5 milyon ton olduğu ve genel toplamın yaklaşık %11,4'ünü oluşturduğu gözlemlenebilir.

Tablo 2: Sektörlere Göre Toplam Sera Gazı Emisyonları (CO₂ eşdeğeri), 1990 - 2016 (TÜİK, 2018)

Yıl/ (Milyon ton)	Toplam	1990 yılına göre değişim (%)	Enerji	Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı	Tarımsal faaliyetler	Atık
1990	210,7	-	134,3	22,9	42,4	11,1
1991	218,7	3,8	139,3	24,9	43,3	11,3
1992	224,7	6,6	145,4	24,3	43,4	11,5
1993	233,4	10,7	152,7	24,9	44,0	11,8
2013	439,0	108,3	308,8	59,8	53,6	16,8
2014	451,8	114,4	321,3	60,2	53,7	16,6
2015	469,9	123,0	339,7	59,6	53,7	17,0
2016	496,1	135,4	361,0	62,4	56,5	16,2

Dünyanın her yerinden iklim bilimcileri, iklim değişikliğini ve iklim değişikliğinin tarım üzerinde yarattığı ve yaratabileceği etkileri, birbiri ile bağlantılı iki farklı şekilde değerlendirmiştir. Bunlardan birincisi, iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarının hafifletilmesi anlamına gelen azaltım politikalarıdır. Azaltım politikaları günümüzde genellikle sera gazı emisyonlarının azaltılması ile aynı anlamda da kullanılmaktadır. İklim değişikliğinin olumsuz etkileriyle mücadelede benimsenen bir diğer yöntem de uyum politikalarıdır. IPCC'nin 2001 yılında yaptığı değerlendirmede uyum, yani adaptasyon, doğal ya da yapay sistemlerin iklimsel değişikliklere ve bunun etkilerine karşı cevap verebilme veya bu etkileri

yumuşatabilme yeteneğidir. Belirtilen bu iki yol, iklim değişikliğine karşı sonuç odaklı yapılan çalışmalar için birbirinden ayrılmaz iki parça olarak değerlendirilmektedir.

IPCC 2007 yılında, tarım için mevcut azaltım uygulamalarını şu şekilde özetlemiştir (Pachauri & Reisinger, 2007):

- Toprak karbonu depolanmasını arttırmak için tarlaların ve otlakların yönetiminin sağlanması
- Tarıma açılmış turbalı toprakların ve bozulmuş arazilerin restorasyonu

- CH₄ emisyonlarını düşürmek için geliştirilmiş pirinç tarımı teknikleri
- Besi hayvanı ve gübre yönetimi
- N₂O emisyonlarını düşürmek için geliştirilmiş azotlu gübre uygulama teknikleri
- Sığ toprak işlemeli tarım uygulamaları

Sayılan bütün uygulamalar toprak erozyonunu ve fosil yakıtların kullanımını azaltırken topraktaki depo karbon kapasitesini arttırmaktadır. Ayrıca, bu uygulamalar topraktaki organik maddelerde artışa neden olarak ürün verimliliğini de arttırmaktadır. Ancak azaltım uygulamalarından elde edilecek sonuçlar toprak türü ve koşullarına göre değişkenlik gösterdiği için net faydaların geniş ölçekli hesaplanması zorlaşmaktadır (Lal, 2004).

Sera gazı emisyonlarının azaltılarak iklim değişikliğinin etkilerini gidermek, her biri karbon yakalama ve depolama yeteneği bulunan ormanların, sulak alanların, deniz ve kıyı ekosistemlerinin, çayırların, tarımsal alanların ve turbalıkların mevcut durumlarının korunması ve iyileştirilmesi ile mümkün olabilmektedir (Dudley ve ark., 2010; Akalın, 2014). Ormanlar yeryüzünün en geniş kara kaynaklı karbon deposudur. Yaşlılar bile atmosferdeki karbonu depolamaya devam edebilirler. Ancak tarım için arazi açma faaliyetleri sonucu ormansızlaşma ile beraber iklim değişikliğinin uzun vadeli etkileri sebebiyle bu özelliklerini zamanla kaybetmektedir.

Sulak alanlar, turbalıklar, denizler ve kıyıl ekosistemler karbon tutma ve depolama kapasiteleri nedeniyle önemli alanlardan sayılabilirler. Atmosferdeki sera gazını azaltmak için önemli bir görev üstlenirler. Bunun dışında tuzcul bataklıklar, mangrovlar ve deniz çayırı yatakları da önemli karbon depolarıdır. Günümüzde bu sistemlerin birçoğu baskı altındadır. Koruma alanlarının sayısı ve niteliği artırılarak ve bu alanlar iyi yönetilerek, baskının hafifletilmesi gerekmektedir. Aksi bir durumda bu alanlar karbon deposu olmaktan çıkıp emisyon

kaynağına rahatlıkla dönüşmektedir. Bu nedenle koruma altına alınan sulak alanlara yenilerinin eklenmesi ve halihazırda korunan sulak alanların daha özenli korunmasına ihtiyaç vardır. Zira toprak-karbon döngüsünde meydana gelebilecek küçük değişiklikler, küresel ölçekte ciddi etkiler yaratabilme potansiyeline sahiptir (McCarthy ve ark., 2001).

Tarımsal faaliyetler nedeniyle atmosfere ortalama %10-12 civarında antropojenik sera gazı salınmaktadır. Bu nedenle tarımsal faaliyetler küresel ölçekte toprak-karbon döngüsündeki en büyük değişim faktörlerinden birisi haline gelmiştir. Toprağın karbon tutma kapasitesi; toprağa biyokütle ekleyen, toprak bozunumunu azaltan, toprak ve suyu muhafaza eden, toprağın yapısını ve toprak faunası etkinliğini geliştiren yönetim sistemleriyle artırılabilir. Bu yüzden tarım endüstrisi, karbon depolarını koruyup yeniden oluşturmak için tasarlanan yönetim değişiklikleri ile beraber azaltım uygulamasının yapılabileceği yegâne ortamı sunmaktadır. Azaltım politikası olarak gerekli görülen alanlarda karbon tutumunu arttırmak için tarımsal uygulama sistemlerinde değişiklikler yapılması düşünülebilir.

İklim değişikliği etkilerinin ve gelecekte başta tarım sektörü olmak üzere birçok alanda zararlarının tam olarak öngörülmemesi, politika yapımcıların somut ve acil önlemler almalarını engellememelidir (FAO, 2009).

Azaltım politikaları, etkin bir şekilde uygulanarak sera gazı emisyonlarını sınırlandırmayı ve bu emisyonları giderek azaltmayı başarsa bile dünyanın şu anda atmosferde bulunan sera gazlarından kurtulmasının zaman alacağı bilinmektedir. Nitekim küresel sera gazı emisyonlarının azaltılması çabaları başarılı sonuçlar verse bile, iklim değişikliğinin etkilerine mutlaka uyum sağlamak gerekmektedir.



IPCC'nin 2001 yılında yaptığı tanımda uyum, iklim değişikliğinin etkilerine karşı yeni veya değişen ortama göre uyum sağlamayı ifade etmektedir. Geniş anlamda ise uyum, doğal veya insan sistemlerinde öngörülen iklim değişikliğinden etkilenebilirlik düzeyinin azaltılmasını ifade etmektedir. Azaltım politikaları her ne kadar güçlü bir şekilde uygulanırsa uygulansın, en iyi senaryolarda dahi iklimin değişime uğrayacağı aşıkardır. Bu nedenle azaltım politikasının ardından uygulanması gereken bir de uyum stratejisi vardır. Burada en büyük sorumluluk ise yerel yöneticilere aittir. Bölgenin ihtiyaç ve gereksinimlerini gözetererek yapılacak araştırmaların ardından, gerekli uyum stratejisi için ivedilikle adımlar atılması gerekmektedir. Belirsizlik iklimin temel bir bileşeni olduğundan eylemsizlik için bir bahane olarak kullanılmaması gerekmektedir.

Sonuç olarak ülkemizdeki azaltım ve uyum politikalarına genel anlamda bakacak olursak; halen yürürlükte olan Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu, iklim değişikliği uyum ve azaltım uygulamaları da gözönüne alınarak geliştirilmeli ve güncellenmelidir. İklim değişikliğinden gıda güvenliği dolayısıyla en fazla tarım sektörü etkilenecektir. Tarım sektörü eş zamanlı olarak endüstrilere ham madde sağlayan bir sektör olarak da karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle yürürlükteki yasa oldukça önem arz etmektedir. Ancak bu yasa ve bağlı mevzuatlar, tarım topraklarının korunmasını sağlayarak iklim değişikliğinin olası etkilerini azaltmada etkili olabilir. Öte yandan, halihazırda yürürlükte olan yasanın 2005 yılından itibaren geçerli olması ve bu süreçte iklim değişikliği azaltım ve uyum politikalarının gündem olmaması yasanın zayıf yönünü göstermekle birlikte, aynı zamanda yasa tarım arazilerini korumada yetersiz kalmaktadır. İklim değişikliği kapsamında ele alınması gereken kanunlardan biri de 14.06.2005 tarihli ve 5363 sayılı Tarım Sigortaları Kanunu'dur. İklim değişikliği kaçınılmaz olarak tarımı etkileyecektir. Bu kanunun amacı, kanunun 12. Maddesi'nde sayılan kuraklık, dolu, don, sel, fırtına, hortum gibi olayların içinde yer

aldığı riskler nedeniyle üretici zararlarının tazmin edilmesidir. Kanunda iklim değişikliği ifade edilmese de düzenlemenin aşırı iklim olaylarını kapsamı önemlidir.

18.04.2006 tarihli ve 5488 sayılı Tarım Kanunu çevrenin korunması, toprak ve su kaynaklarının geliştirilmesi, biyolojik çeşitliğin ve ekosistemlerin korunması, doğal afetlerle mücadele gibi iklim değişikliğini yakından ilgilendiren konuları düzenlemektedir. Bu yasalar daha çok mevzuatlar ve eylem planları ile azaltım ve uyum konusunda uygulamaya ve kurumlar arası iş ve görev dağılımına temel olabilmektedir.

Türkiye için iklim değişikliği bağlamında önem arz eden diğer bir kanun, 25.02.1998 tarihli ve 4342 sayılı Mera Kanunu'dur. Kabul edildiği tarihten günümüze dek pek çok değişikliğe uğrayan kanunda yapılan birtakım değişiklikler ile mera alanları kentsel dönüşüm ve kentsel gelişim alanlarına açılmıştır.

Ülkemizde iklim değişikliği azaltım ve uyum politikaları adına, tarım alanlarını, biyoçeşitliliği korumak için oluşturulması gereken yasalar çok daha detaylı oluşturulmalı ve halihazırda yürürlükte olanlar da mutlaka birtakım değişikliklerle revize edilmelidir (Algedik ve ark., 2016).

3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TARIM SEKTÖRÜNE ETKİLERİNİN RİSK VE FAYDA AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Genel olarak bütün tarım mahsullerinin büyümesi için toprak, su, güneş ışığı ve sıcaklık ihtiyacı vardır. İklim, sayılan bileşenlerin hepsine etki eden dinamik bir bileşendir. Bu nedenle tarım sektörü için yarattığı risk, içerdiği bilinmezlikler yüzünden çok yüksek seviyededir.

Geçmiş sıcaklık verileri incelendiğinde, 2010 yılının, 1970-2000 yılı normalleri olan 12,81°C'den 2.38°C daha sıcak geçtiği gözlemlenebilir. Mevcut meteorolojik veriler ışığında en sıcak 10 yılın tamamının 1998-2010 yılları arasında gerçekleştiği de ayrı bir bulgudur. 2010 yılında 6 istasyonda uzun yıllar aşırı maksimum sıcaklık değeri gözlemlenirken, 14 istasyonda yeni aşırı maksimum sıcaklıklar ve 1 istasyonda aşırı minimum sıcaklık kaydedilmiştir (MGM, 2011). 2012 yılı ise, 1970-2000 yılı normallerinden 1.39°C daha sıcak geçerek 14,2°C ortalama ile en sıcak üçüncü yıl olmuştur. 2012 içinde 31 istasyon kendi maksimum sıcaklık rekorunu kırmış, bununla beraber 2012 yılı boyunca 66 merkezde çoğu birden fazla olmak üzere günlük maksimum sıcaklıkların 5 günden fazla ortalama maksimum sıcaklığın 5°C üzerinde seyrettiği toplam 166 adet sıcak hava dalgası yaşanmıştır (MGM, 2012).

IPCC tarafından yapılan RCP8.5 senaryosuna göre elde edilen sıcaklık verileri incelendiğinde ülkemizin yıllık ortalama sıcaklıklarının 2013-2099 periyodu boyunca sürekli artış eğiliminde olduğu göze çarpmaktadır. Periyot sonunda artışın ortalama 3,6°C olacağı tespit edilmiştir. Isınma eğiliminin özellikle 2060'lardan itibaren yükseldiği görülmektedir. Elde edilen verilerde en düşük artış 0,9°C, en yüksek artış miktarı ise 6,3°C olarak gözlemlenmiştir (MGM, 2013; Pachauri & Reisinger, 2007).

Yağış verilerinde ise, 2013-2099 periyodu için yağışların yaklaşık olarak 0.13 mm/gün, yani yaklaşık 47 mm/yıl azaldığı görülmektedir. Bu genel azalış eğilimine rağmen, yağışlardaki değişimin düzenli bir rejim izlemediği de göze çarpmaktadır. En yüksek artışın 0.5 mm/gün (yıllık yaklaşık 180 mm), en fazla düşüşün 150 mm civarında olduğu görülmektedir (MGM, 2013).

Elde edilen sonuçların hemen hemen hepsinde bariz bir sıcaklık artışı, bunun yanı sıra belirli ölçüde yağış rejimi değişkenlikleri ve yağış azalışı göze çarpmaktadır. Bu artışın sonucunda mahsüllerin büyüme hızlarında, özellikle tahıl ürünlerinin çiçeklenme ve hasat dönemlerinde farklılıklara yol açacağı, şimdiden bu tarihlerin birkaç gün ya da hafta olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Bu ölçekte bir küresel ısınmanın ülkemize uzun vadede faydadan çok zarar getirebileceği unutulmamalıdır.

Genel olarak, bu değişimler Kuzey Avrupa tarımsal üretiminde büyüme mevsiminin ve donmanın yaşanmadığı dönemin uzamasına, yüksek sıcaklıklar ve daha uzun büyüme mevsimlerine, aynı zamanda yeni ürünlerin ekilmesine olanak verebilecek olması nedeniyle fayda getirebilirken, ülkemizin de içinde bulunduğu Güney Avrupa bloğunda, aşırı ısı olayları ile yağış ve su mevcudiyetindeki azalmaların mahsul üretimini engellemesi beklenmektedir. Sıcaklık ve büyüme mevsimlerindeki değişimler, mahsul verimini etkileyebilecek bazı vektörel türlerin, istilacı otların veya hastalıkların çoğalmasını ve yayılmasını etkileyebilir. Bu yüzden mahsul veriminin, şiddetli hava olayları ile haşere ve hastalık gibi diğer faktörler ile beraber yıldan yıla giderek değişime uğraması beklenmektedir (Batan ve ark., 2015).

İklim değişikliği ve buna bağlı olarak ortaya çıkan sıcaklık ve yağışlardaki farklılaşma, yağış almayan yerlerin daha fazla yağış almasını, ya da çok soğuk bölgelerin daha yaşanılabilir duruma gelmesini, bazı ormanların daha uygun sıcaklıklara ve artan yağışa kavuşabileceği gibi farklılaşmalar yaratabileceği

bilinmektedir. Bunun dışında artan ısınmaya bağlı olarak nem ve sıcaklık oranında gözlemlenen değişimler böcek metabolizma işlevlerini, üreme kapasitelerini, beslenme alışkanlıklarını ve dolaylı olarak da yayılış alanlarını etkileyecektir. Küresel ısınma sürecinde böcek ve diğer zararlıların yer değişimlerinin etkileri kuzey enlemlerde gözlemlenmeye başlamıştır. Farklı böceklerin farklı lokasyonlara yerleşmesi, terk edilen bölge için ürün artışı gibi olumlu etkilerinin de olacağı söylenebilir (Canlı, 2010).

Sıcaklık artışı ile beraber gözlemlenecek su kaybı karşısında su mevcudiyetine uygun davranarak mahsul rotasyonu, ekim tarihlerinin sıcaklığa ve yağış düzenine göre düzenlenmesi ve yeni koşullara daha uygun mahsul çeşitlerinin kullanılması (örn. ısı ve kuraklığa dirençli mahsuller) gibi çiftçilik uygulamaları yapılmalıdır. Kuraklık durumunda ise, kuraklığı ortadan kaldırmak kısa sürede mümkün olmadığı için, kuraklığa uygun ürün seçimi yapılarak (örn. çok su isteyen pirinç yerine daha az su isteyen buğday ekilerek) bu olumsuz etki giderilebilir. Başka bir ifade ile yeni duruma adaptasyon amacıyla bölgede yeni bitki deseni önerilebilir. Ancak küresel iklim değişikliğinin insan ve diğer canlı habitatlarının bazısını tahrip ederken yerlerine yeni habitatlar sunduğu da unutulmamalıdır.

İklim değişikliğinin tarım sektörüne olumlu ve olumsuz etkilerinin olabileceği belirtilmektedir. Bitkilerin daha erken ekiminin ve daha geç hasadının olabileceği olumlu bir etki olarak tahmin edilmektedir. Ülkemizde iç bölgelerde de ikinci ürün alınabileceği, turuncgil tarımının iç bölgelere kadar genişleyebileceği, Akdeniz şeridinde tropik bitkilerin yetiştirilebileceği ileri sürülmektedir (Gönültaş ve ark., 2008).

İklim biliminin risk yönetimi ve uyum planlamasında entegrasyonu, sürdürülebilir tarımın öncelikleri arasındadır. İklimsel risk değerlendirmesi ve yönetimi yaklaşımı, hava durumu izleme, iklim verileri analizi,

mahsul-hava ilişkileri, mevsimsel tahmin ve ekonomik modellemede son gelişmeler göz önünde bulundurularak temel olarak aşağıdaki gibidir.

- İklim verileri ve analizleri için modern yöntem ve araçların, yerel çapta yapılmış otomatik meteorolojik ölçümlerin (yağış, sıcaklık, rüzgâr, vb.) ve/veya yakındaki gerçek zamanlı ve mevsimsel tahminlere dayalı uydu yağış tahmin ürünlerinin dâhil edilmesi
- İklim risklerinin analizi ve iklim-hava etkileşimlerini kullanarak iklim etkilerinin değerlendirilmesi
- Ekonomik modellerin entegrasyonu, çiftçiler tarafından risk algısı
- Çiftçiler için önlem paketlerinin hazırlanması ve teknolojik olarak hızlı bilgilendirme ağlarının oluşturulması.

İklimsel risk değerlendirmesi ve yönetimi yaklaşımı sonucunda bitki deseni ve kullanılacak girdiler konusunda belirsizlikler kaybolacak, böylece çiftçiler yönetim ve kararlarını kısa sürede yerine getirmeye hazır olacaktır (Selvaraju, 2014).

Mevcut koşullarda bir tarım cenneti olabilecek olan ülkemiz için, sürekli değişim gösteren iklim koşullarının sonucunda tarım sektörünün genel anlamda fayda sağlayabileceğini düşünmek gerçekçi bir yaklaşım olmayacaktır. Bazı küçük bölgeler öngörülen değişimlerden olumlu sonuçlar alabilecek olsa da büyük ölçekte ülkemiz sıcaklık ve yağış değişimlerinden en çok zarar görme potansiyeli olan ülkelerin başında gelmektedir.

Kamu veya özel sektör ayırt etmeksizin konu ile ilgilenen bütün kuruluşların bölgesel iklim öngörülerini dikkate alarak risk analizi yapmaları, strateji ve eylem planlarını belirlemeleri sektörün sürdürülebilirliği açısından çok büyük önem arz etmektedir.

3.1. Değişen İklimde Tarımsal Fırsatlar ve Zorluklar

İklim değişikliği sebebiyle tarım sektöründe yaşanması muhtemel fırsatlar ve zorluklar Tablo 3 ve Tablo 4'te gösterilmiştir. Yapılan çalışmaların geneli verimlilik ve biyoçeşitlilik modelleri çerçevesinde toplanmış ve sunulmuştur. Görülebilecek potansiyel faydaların sürekliliği konusu, bu tarz çalışmaların

ortak zaaftır. Zira belli eşik değerler geçildikten sonra ortaya çıkan belirsizlikler, faydaların devamlılığı konusunda bir fikir vermemektedir.

Unutulmamalıdır ki, iklim, atmosfer kimyası, toprak fizyolojisi ve kimyası çok fazla değişkene sahip dinamik sistemlerdir. Bu sistemlerin hepsi tarım sektörünü temelden etkileyebilecek potansiyele sahiptir. Bu nedenle risk ve özellikle fayda analizlerinde beklenti çok yüksek tutulmamalıdır.

Tablo 3: İklim Değişikliğine Bağlı Oluşabilecek Tarımsal Fırsatlar

Alan	Spesifik Olanak	İklim Değişimi Etkeni	Kaynak
Verim	Artan yıllık hasat sayısı	Daha uzun büyüme süresi ve daha yüksek ortalama sıcaklık	1-4
	Artan kalite	Bölgesel iklim değişikliği	5
	İklim değişiminin getirdiği zorlukları telafi etmek	Yükselen atmosferik karbondioksit konsantrasyonu	6, 7
	Çok yıllık bitki üretimini desteklemek	Bölgesel iklim değişikliği	3, 8
	Erken baharda ekilen bitkileri desteklemek	Yükselen sıcaklık	7, 9
	Yağışlı bölgelerde mevsimsel bitki deseni değişikliği	Bölgesel iklim değişikliği	10, 11
	Verimlilik fırsatları	İklim değişikliği senaryoları, özellikle erken ekim ve sıcaklığa bağlı erken büyüme	3, 8, 12-14, 19
Bölgesel sıcaklık farklılığına göre bitki deseni değişimi	Mısır ekim alanı artışı	Bölgesel iklim değişikliği	4, 5, 15
	Kış buğdayı ve diğer tahılların ekim alanlarının artışı	Bölgesel iklim değişikliği	4, 15, 17
	Bezelye, bakla, yağlık tohumlar, soya fasulyesi, ayçiçeği ve genel olarak C3 bitkileri ekmek için artan fırsatlar	Artan ortalama sıcaklık ve yükselen atmosferik karbondioksit konsantrasyonu	3, 18

1. Uleberg ve ark (2014); 2. Höglind ve ark (2013); 3. Fogelfors ve ark (2009); 4. Eckersten ve ark (2012); 6. Rötter ve ark (2011); 7. Olesen, 2005; 8. Rötter ve ark (2013); 9. Olesen ve ark (2012); 10. Trnka ve ark (2011); 11. Peltonen-Sainio ve ark (2010a); 12. Rötter ve ark (2012); 13. Kaukoranta and Hakala (2008); 14. Torvanger ve ark (2004); 15. Elsgaard ve ark (2012); 16. Thorsen and Höglind (2010); 17. Marttila ve ark (2005); 18. Maracchi ve ark (2005); 19. Lehtonen (2015)

Tablo 4: İklim Değişikliğine Bağlı Oluşabilecek Tarımsal Zorluklar

Alan	Spesifik Zorluk	İklim Değişimi Etkeni	Kaynak
Verimlilik	Daha az soğuga dayanıklı bitki: don zararı	Yükselen sonbahar sıcaklığı: sonbahar başlangıcının gecikmesi	1, 2
	Daha zayıf kış direnci (buz kaplaması ve buz yanığı: sınırlı kök gelişimi: mantar hastalıkları)	Daha sık gerçekleşen donma-çözülme olayları: azalan kar kaplaması, sonbahar ve kış sezonundaki yağış	1, 3, 4, 25
	Hızlandırılmış fenolojik gelişim ve düşük verim (kışın ekilen bitkilerde)	Baharın daha erken başlaması	3, 5-11, 24
	Azalan protein içeriği (tahıllar)	Artan atmosferik karbondioksit konsantrasyonu	12
	Genel olarak azalan verim	Artan yağış miktarları, ekim öncesi ve sonrası artan yağışlar, sezon başlarında kuraklık, yaz kuraklıkları ve kuraklıkların kritik zamanlamaları: aşırı yağışların sıklıklaşması	1, 5, 7, 13-15, 22, 23
	Hasat ve ekim süresinde zorlu ve karmaşık koşullar	Sonbahar ve kışın artan yağışlar	1, 6, 13, 16, 17, 26, 27
	Yer örtücü bitkilerin büyüme potansiyellerindeki azalma	Yaz kuraklıkları	12
Mahsüldeki azalma	Doymuş toprak, kök çürümesi ve oksijen azalması	Büyüme sezonunda fazla yağış,	1, 3, 13, 16, 17, 26, 27
	Artan haşere ve zararlı ot riski	Daha yumuşak ve ıslak koşullar: uzayan büyüme sezonu: artan karbondioksit konsantrasyonu	1, 3, 4, 12, 18, 19, 28
Uzayan ekim sezonundan faydalanmanın önündeki engeller	Toprak sıcaklığı erken ekim için düşük olması	Uzayan büyüme sezonu, don etkisi	1
	Toprakta fazla su birikimi	Baharda artan yağışlar ile eriyen karların eş zamanlı doyumluk oluşturması	3, 9, 13
Tarımsal yaklaşımlar	Toprak erozyonu yüzünden azot ve fosfor kaybı	Sonbahar, kış ve ilkbaharda artan yağışlar: aşırı yağışlar	3, 4, 12, 20, 21
	Toprak erozyonu	Aşırı yağışlar, sel	1, 3, 16
	Toprağın baharda zor sürülmesi	Kışın donan toprak	3, 4
	Toprak sıkıştırma	Artan yağış ve don sebebiyle toprak işleme güçlüğü	1, 16, 23, 26

1. Uleberg ve ark., (2014); 2. Thorsen ve Höglind, (2010); 3. Fogelfors ve ark., (2009); 4. Marttila ve ark., (2005); 5. Kristensen ve ark., (2010); 6. Rötter ve ark., (2013); 7. Olesen, (2005); 8. Laurilla, (1995); 9. Olesen ve ark., (2012); 10. Eckersten ve ark., (2012); 11. Maracchi ve ark., (2005); 12. Eckersten ve ark., (2007); 13. Hakala ve ark. (2012); 14. Peltonen-Sainio ve ark. (2010b); 15. Torvanger ve ark. (2004); 16. Jordbruksverket, (2013); 17. Rötter ve ark., (2012); 18. Gaasland, (2004); 19. Wivstad, (2010); 20. Jeppesen ve ark., (2010); 21. Eckersten ve ark., (2001); Jordbruksverket (2017); 22. de Toro ve ark., (2015); 23. Bastviken ve ark., (2015); 24. Ozturk ve ark., (2017); 25. Sharif ve ark., (2017); 26. Jordbruksverket, (2016a); 27. Jordbruksverket, (2016b); 28. Peltonen-Sainio ve ark., (2016)¹

¹ Tablo 3 ve 4'te verilen kaynaklar için temel kaynağa bkz. Wiréhn, 2018.



4. TARIM SEKTÖRÜNDEN

KAYNAKLANAN SERA GAZI EMİSYONLARININ AZALTILMASI

Tarım sektörünü iklim değişikliği çerçevesinde değerlendirmek gerekirse hem sera gazı kaynağı hem de karbon yutak alanı olarak işlev yapabilen bir uygulamalar bütünüdür.

Türkiye’de tarım kaynaklı sera gazı emisyonlarının birçoğu tarım toprakları ve gübre yönetimi alt sektörlerinden kaynaklanmaktadır. Tarım toprakları, mineral gübre, hayvansal gübre ve ayrıca toprakta kalan bitkisel artıklar nedeniyle çeşitli emisyonlara sebep olmaktadır. Toprak ve bitki analizlerine göre yapılacak dengeli gübreleme programları, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılmasında kilit role sahiptir.

Mineral gübrelerin ve pestisitlerin, sera gazı emisyonlarına sebep olmaları ve sağlık için de risk teşkil etmesi nedeniyle, kullanımlarının azaltılması ve toprağın ihtiyacı olan minerallerin kompostlama yöntemi ile sağlanması hem toprağın iyileştirilmesi hem de karbon tutma kapasitesinin artırılması adına uygulanabilecek stratejilerin başındadır. Mineral gübre kaynaklı emisyonların, sadece gübreleme işlemleri sonrasında değil, aynı zamanda gübrenin üretimi, nakliyesi ve uygulanması sırasında da ortaya çıktığı unutulmamalıdır.

Tarım kaynaklı emisyonları azaltmanın en etkili yollarından biri, tarım alanlarının yakınlarında özellikle bitkisel artıklardan kompostlama yöntemi ile organik madde ve mineral ihtiyacının dışarıdan karşılanmasını sağlamaktır. Toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin iyileştirilmesi yanında karbon içeriğinin de artırılması için kullanılabilecek en iyi yöntem kompostlamadır. Organik atıklardan biyogaz üretimi ve kompostlaştırma en verimli stratejilerdir. Biyogaz prosesinden çıkan organik atıkların kompostlaştırılıp

tarımsal üretimde kullanılması ciddi derecede emisyon azaltımı sağlayabilmektedir. Zira kullanılan gübrenin toprakta kontrolsüz halde bulunması özellikle metan emisyonlarını arttırmaktadır.

Türkiye’de tarım sektörü 2015 yılı itibarıyla toplam sera gazı emisyonlarının %12’sine tekabül etmektedir. Tarımda emisyon azaltımı, düşük maliyeti ve kolay uygulama alanı ile ülkemizde ve dünyada emisyon azaltım stratejileri arasında önemli bir sektör olarak göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle emisyonların çok büyük bir kısmına neden olan enterik fermentasyon (%47), tarım toprakları (%40), gübre yönetimi (%11) konularında önlemler alınması bu sektörden kaynaklanan emisyonların azaltılmasını sağlayacaktır (Ağaçayak & Öztürk, 2017).

Gübre Yönetimi:

- Metan emisyonlarının tutulması
- Biyogaz üretimi
- Kompostlaştırma

Toprak Yönetimi:

- Toprak analizlerinin yapılması
- Mineral gübre uygulamalarının kontrolü
- Toprak karbon tutma kapasitesinin kompost uygulamalarıyla artırılması
- Karbon oranı yüksek artıkların toprakta kullanılması
- Toprak işlemesiz tarım uygulamalarının artırılması

Yukarıda sayılan yöntemler kullanılarak dünyanın birçok yerinde tarım kaynaklı sera gazı emisyonları önemli ölçüde azaltılmış, aynı anda verim de arttırılmıştır.

4.1. Tarımsal Sera Gazı Emisyonlarının Avrupa'daki Durumu

Avrupa Çevre Ajansı tarafından 2018 yılında yayınlanan Avrupa Birliği'ne bağlı 28 ülkenin sera gazı emisyonlarının da yer aldığı son raporda (Tablo 5), 1990 yılı sera gazı emisyonları yaklaşık 5650 milyon ton seviyelerindeyken gerekli önlemlerin alınması, azaltım ve uyum politikalarına göreceli şekilde uyulması ile beraber bu ülkelerin toplam emisyon değerleri 2016 yılında %24 düşerek yaklaşık

4300 milyon ton seviyelerine inmiştir. Tablodan da görüleceği gibi, araştırmanın yapıldığı son 26 yıl içinde Almanya sera gazı emisyonunu 342,2 milyon ton indirerek bu alanda en dramatik düşüşü sağlamıştır. Bu düşüşe Birleşik Krallık 313,8 milyon ton ile eşlik etmiştir. Litvanya, Letonya, Estonya ve Romanya gibi daha az emisyonları bulunan ülkeler ise emisyonlarının yarıdan fazlasını azaltarak büyük başarı göstermiştir. Avusturya, Güney Kıbrıs Rum Kesimi, İrlanda, Portekiz ve İspanya ise sera gazı emisyonlarını düşürmekte başarısız olmuş, hatta tam tersi arttırmıştır.

Tablo 5: 1990-2016 Yılları Arası 28 Avrupa Birliği Ülkesinde Gözlemlenen Eşdeğer CO₂ Emisyonları (EEA, 2018).

	1990	2016	2015 - 2016	Değişim 2015 - 2016	Değişim 1990-2016
	Milyon Ton	Milyon Ton	Milyon Ton	(%)	(%)
Avusturya	78.7	79.7	0.8	1.0%	1.2%
Belçika	146.7	117.7	0.1	0.1%	-19.7%
Bulgaristan	104.0	59.1	-2.7	-4.4%	-43.2%
Hırvatistan	31.9	24.3	0.1	0.5%	-23.8%
Kıbrıs	5.6	8.8	0.4	5.3%	56.9%
Çek Cumhuriyeti	199.6	130.3	1.9	1.5%	-34.7%
Danimarka	70.4	50.5	2.0	4.1%	-28.3%
Estonya	40.4	19.6	1.6	8.7%	-51.4%
Finlandiya	71.3	58.8	3.4	6.1%	-17.6%
Fransa	546.4	458.2	0.1	0.0%	-16.1%
Almanya	1251.6	909.4	2.7	0.3%	-27.3%
Yunanistan	103.1	91.6	-3.7	-3.9%	-11.1%
Macaristan	93.8	61.5	0.5	0.7%	-34.5%
İrlanda	55.5	61.5	2.1	3.6%	10.9%
İtalya	518.4	427.9	-5.0	-1.2%	-17.5%
Letonya	26.5	11.3	0.0	-0.2%	-57.3%
Litvanya	48.1	20.1	-0.1	-0.5%	-58.3%
Luksemburg	12.8	10.0	-0.2	-2.4%	-21.6%
Malta	2.1	1.9	-0.3	-14.2%	-9.1%
Hollanda	221.3	195.2	0.5	0.2%	-11.8%
Polonya	467.3	395.8	10.7	2.8%	-15.3%
Portekiz	59.9	67.8	-1.8	-2.6%	13.1%
Romanya	246.7	112.5	-3.7	-3.2%	-54.4%
Slovakya	74.0	41.0	0.1	0.3%	-44.5%
Slovenya	18.6	17.7	0.9	5.1%	-4.9%
İspanya	287.7	324.7	-11.1	-3.3%	12.9%
İsveç	71.5	52.9	-0.9	-1.6%	-26.0%
Birleşik Krallık	796.6	482.8	-25.1	-4.9%	-39.4%
EU-28	5650.4	4292.7	-26.7	-0.6%	-24.0%

Aynı raporda adı geçen ülkelerde tarım kaynaklı eşdeğer CO₂ emisyonlarına bakıldığında (Tablo 6) bu 28 ülkenin toplam emisyonlarının 1990 yılında yaklaşık 94 milyon ton olarak kaydedilmiştir. 2016 yılında ise emisyonların %20 düşüş göstererek 75 milyon tona indiği gözlemlenebilir. Bu nedenle tarım sektöründe etkin azaltım ve uyum politikalarının Avrupa Birliği ülkelerinde yaygın olarak uygulandığını söylemek oldukça mümkündür. Bu emisyon azalışlarında başrol alan ülke ise yine Almanya'dır.

Sera gazı emisyonlarını son 26 yılda yaklaşık 4,1 milyon ton ile %40 civarında azaltmıştır. Toplamda daha az emisyonları bulunan ancak yüzde olarak çok daha iklim dostu tarım yöntemlerini seçerek yüksek oranlarda azaltım yapan ülkeler ise yine Litvanya ve Letonya'dır. Bunun dışında Bulgaristan, Yunanistan, Çek Cumhuriyeti gibi Avrupa ülkeleri de ciddi emisyon azaltım oranları yakalamıştır. Ancak İspanya bu süreçte emisyonlarını %31 artırarak fazladan 2,7 milyon ton CO₂'yi atmosfere salmıştır.

Tablo 6: 1990-2016 Yılları Arası 28 Avrupa Birliği Ülkesinde Gözlemlenen Tarım Sektörü Kaynaklı Eşdeğer CO₂ Emisyonları (EEA, 2018)

Üye Ülke	Eşdeğer CO ₂ (kt)			EU-28 Payları	Değişim 1990-2016		Değişim 2015-2016	
	1990	2015	2016		kt CO ₂	%	kt CO ₂	%
Avusturya	1 253	808	818	1.1%	-435	-35%	11	1%
Belçika	3 033	2 021	2 177	2.9%	-856	-28%	156	8%
Bulgaristan	1 652	465	429	0.6%	-1 224	-74%	-36	-8%
Hırvatistan	835	633	638	0.8%	-197	-24%	5	1%
Kıbrıs	55	82	79	0.1%	24	43%	-3	-4%
Çek Cumhuriyeti	3 790	1 197	1 213	1.6%	-2 577	-68%	16	1%
Danimarka	2 590	1 530	1 547	2.0%	-1 043	-40%	17	1%
Estonya	495	318	272	0.4%	-223	-45%	-46	-14%
Finlandiya	1 863	1 358	1 338	1.8%	-525	-28%	-20	-1%
Fransa	11 357	11 008	11 012	14.6%	-345	-3%	4	0%
Almanya	10 270	5 977	6 114	8.1%	-4 156	-40%	137	2%
Yunanistan	2 893	499	431	0.6%	-2 462	-85%	-69	-14%
Macaristan	2 656	1 351	1 490	2.0%	-1 166	-44%	139	10%
İrlanda	747	530	548	0.7%	-199	-27%	18	3%
İtalya	8 352	6 933	7 008	9.3%	-1 344	-16%	75	1%
Letonya	1 588	387	415	0.5%	-1 174	-74%	27	7%
Litvanya	1 483	195	204	0.3%	-1 279	-86%	9	5%
Lüksemburg	34	23	23	0.0%	-11	-33%	0	1%
Malta	4	11	12	0.0%	8	196%	1	6%
Hollanda	9 846	9 016	9 033	12.0%	-813	-8%	17	0%
Polonya	8 507	9 303	9 875	13.1%	1 368	16%	572	6%
Portekiz	1 679	1 050	1 066	1.4%	-613	-36%	16	2%
Romanya	1 994	1 078	1 127	1.5%	-867	-43%	49	5%
Slovakya	146	351	348	0.5%	202	138%	-3	-1%
Slovenya	334	218	217	0.3%	-117	-35%	-1	0%
İspanya	8 678	11 312	11 406	15.1%	2 728	31%	94	1%
İsveç	1 766	1 452	1 370	1.8%	-395	-22%	-81	-6%
Birleşik Krallık	5 978	4 745	4 781	6.3%	-1 197	-20%	36	1%
EU-28	93 880	73 851	74 991	99%	-18 889	-20%	1 140	2%



5. TARIM TOPRAKLARINDAKİ EMİSYONLARIN AZALTILMASI VE TOPRAK YÖNETİMİ HAKKINDA YABANCI UYGULAMALARDAN ÖRNEKLER

Toprak, eş zamanlı olarak hem sera gazı emisyonuna neden olan suçlulardan biri kabul edilirken, hem de mitigasyon (sera gazı emisyonunun azaltımı) sağlayan kahramanlardan biri olarak tanımlanan doğal kaynaktır. Öte yandan, arazi kullanımında oluşan değişimler ki; bunlardan bir tanesi, tarım ve orman alanlarının yapılaşması, diğeri tarımsal faaliyetin artması ya da tarımsal sistemlerin farklılaşması olarak sayılabilir. Bunlar sera gazı emisyonuna neden olmaktadır (Batjes, 1996). Atmosferdeki karbonun toprağa bağlanarak miktarının azaltılmasını sağlamak doğru yöntemlerle mümkün olabilmektedir (Houghton, 1999).

Topraklardan kaynaklı emisyonların azaltılması ve mitigasyonu desteklemek konusunda, tarımsal sistemlere dayalı ekonomiye sahip gelişmekte olan ülkeler, gıda güvenliği ve açlıkla mücadelenin emisyon artışından daha öncelikli olması gerektiğini savunmaktadır. Gelişmiş ülkeler ise mitigasyon ve adaptasyonun bir arada yürütülmesinin gerekli olduğunu, özellikle toprağın bir karbon yutağı olarak önemine dikkat çekerek, karbon tutma kapasitesinin artırılmasının mitigasyon için gerekli olduğunu ve ikisinin ayrı düşünülmemeyeceğini savunmaktadır.

Metz ve ark.'larına (2007) göre, tarımdaki sera gazı emisyonlarının azaltılması için fırsatlar, aşağıdaki mekanizmaya dayanarak üç kategoriye ayrılmaktadır:

- Emisyonların azaltılması
- Taşınmaların artırılması
- Emisyonların önlenmesi veya değiştirilmesi

Emisyonları Azaltma: Tarım, atmosfere önemli miktarda CO₂, CH₄ veya N₂O salmaktadır. Bu gazların akışları, tarımsal ekosistemlerde karbon ve azot akışının daha verimli bir şekilde yönetilmesiyle azaltılabilir. Emisyonları en iyi şekilde azaltan yaklaşımlar yerel koşullara bağlıdır ve bu nedenle bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir.

Taşınmaların Arttırılması: Tarımsal ekosistemler çoğunlukla toprak organik maddesinde büyük karbon rezervleri barındırmaktadır. Tarihsel olarak toprak karbon rezervlerini kaybetmiştir, ancak bu kayıp karbonun bir kısmı gelişmiş toprak yönetimi yoluyla geri kazanılabilir, böylece atmosferdeki CO₂ miktarı azaltılabilir. Dünya çapında birçok çalışma, yerel koşullara entegre edilmiş uygulamalar yoluyla toprak karbonunun depolanabileceğini göstermiştir (Nelson ve ark., 2014; UNFCCC, 2016). Önemli miktarlarda bitkisel karbon, tarımsal ormancılık sistemlerinde veya tarım arazileri üzerindeki diğer uzun ömürlü ekimlerde de depolanabilir. Tarım arazileri de CH₄'ü atmosferden oksidasyonla temizler, ancak tarım arazilerinin bu etkisi dünyada salınan sera gazı emisyonlarının artışına kıyasla çok küçüktür.

Emisyonları Önlemek ya da Değiştirmek: Tarım arazilerinden gelen bitki ve bitki artıkları, doğrudan ya da etanol veya dizel gibi yakıtlara dönüştürüldükten sonra bir yakıt kaynağı olarak kullanılabilir. Bu biyo-enerji eldesi prosesi de ne yazık ki hala CO₂ salmaktadır. Bu biyo-enerji kaynaklarının emisyonları fosil kaynaklı emisyonlara eşittir. Sera gazı emisyonları, orman arazisi veya diğer tarım dışı bitki örtüsü altındaki toprakların ekimini önleyen tarımsal yönetim uygulamaları tarafından da önlenabilir (IPCC, 2007).

5.1. Tarımsal Sera Gazı Emisyonu

Birleşmiş Milletler Hükümetlerarası İklim Konferansı 2007 raporuna göre, insanlığın çeşitli aktiviteler nedeniyle küresel ısınmaya olan etkileri arasında

tarım sektörü %14 oranında etki bırakmaktadır. Tarımsal faaliyetler sırasında sera gazı emisyonuna neden olan başlıca faaliyetler;

- Hayvancılık (CH₄)
- Mide fermentasyonu
- Gübre kullanımı ve yönetimi
- Azotlu gübre kullanımı (N₂O) ve anızların yakılması (CH₄, N₂O)

- Çeltik üretimi (CH₄) şeklinde gruplandırılmaktadır. Tarım kaynaklı sera gazı emisyonlarının alt sektörlere göre rakamsal dağılımı Tablo 7'de gösterilmektedir. Genel toplama göre, enterik fermentasyon %47'lik oranla tarımdaki en önemli emisyon kaynağı olurken, %40 ile tarım toprakları ikinci sırada, %11 ile gübre kaynaklı emisyonlar 3. sırada yer almaktadır.

Tablo 7: Tarım Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının Alt Sektörlere Göre Dağılımı (Ağaçayak & Özdemir, 2017)

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NM VOC	CO ₂ EŞDEĞERİ
Toplam (kt)	811	1220	88	420	57424
Enterik fermentasyon	-	1076	-	-	26888
Gübre yönetimi	-	126	11	200	6304
Çeltik üretimi	-	8	-	-	200
Tarım toprakları	-	-	77	220	22878
Tarımsal atıkların açıkta yakılması	-	11	0,3	-	343
Üre uygulamaları	811	-	-	-	811

5.1.1. Tarım Topraklarından Oluşan Sera Gazı Emisyonları ve Nedenleri

Topraklar, 1 m derinliğe kadar bir karbon stoğu içerir. Bu büyük havuzdaki küçük kayıplar bile, gelecekteki atmosferde önemli etkilere sahip olabilir. Diğer bir değişle topraktaki organik karbon havuzundaki küçük değişiklikler, atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu üzerinde dramatik etkiler yaratabilir. Toprak organik karbonunun küresel ısınmaya cevabı bu nedenle kritik öneme sahiptir.

5.1.1.1. Gübre Kullanımı Kaynaklı Toprak Emisyonları

Hayvancılık sektöründe, sera gazı emisyonları iki yolla oluşmaktadır. Bunlardan ilki, hayvanların geviş getirmesi sırasında mikroorganizmaların karbondhidratları parçalaması sonucunda açığa çıkan metan gazıdır. İkincisi ise, hayvan gübresinin oksijensiz ortamda parçalanması sonucu oluşan Metan (CH₄)'dir. Hayvansal gübre kullanımı ve yönetimi nedeniyle oluşan metan gazının (CH₄) atmosfere emisyonu, hayvansal gübrelerin özellikle

oksijensiz ortamlarda bırakılmaları ya da depolanmaları sonucunda bozuşmalarıyla ortaya çıkmaktadır. Bu hayvansal gübrenin özellikleri, gübre depolama sistemleri ve kullanım şekline göre değişiklik göstermektedir.

N₂O, karbondioksit ve metandan sonra küresel ısınma açısından sera gazlarının en önemli üçüncüsüdür. Dünya atmosferinin milyarda yalnızca 320 parçasını oluşturmaya rağmen, karbondioksitinkinden yaklaşık 300 kat daha fazla bir küresel ısınma potansiyeline sahiptir (Smith, 2010). N₂O emisyonları esas olarak biyojenik kökenlidir. N₂O, dünya çapında topraklarda ve okyanuslarda, N bileşikleri olan amonyum ve nitrattan kaynaklanan nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçleri sonucu oluşur. Bu azot bileşikleri doğal biyogeokimyasal azot döngüsü sırasında açığa çıkar, fakat en önemlisi ve kontrol edilebilir olanı insan aktivitesi tarafından atmosfere salınandır. Aslında, biyosfere giren bu bileşiklerin miktarı, sanayi çağının başlangıcından bu yana neredeyse iki katına çıkmıştır (Smith, 2010). En büyük kaynak şu anda ağırlıklı olarak sentetik azotlu

gübrelerin kullanıldığı tarımdır. Diğer başlıca yaygın kaynak NO_x 'in fosil yakıt yanması ve biyokütle yanması ile çiftlik hayvanı gübresinden gelen amonyağın atmosfere salınmasından kaynaklanır. Bazı N_2O 'lar da doğrudan yanma ve kimya endüstrisindeki iki süreçten gelir: nitrik asit üretimi ve naylon üretiminde kullanılan adipik asit üretimi. N_2O 'nun endüstriyel nokta kaynaklı emisyonlarını frenlemek için önlemler alınmakta, ancak tarımsal emisyonların sınırlandırılması veya azaltılması için alınan tedbirlerin yönetilmesi doğal olarak daha zordur, çünkü ekilen alanların artması, artan küresel nüfusu beslemek ve biyoyakıtların mevcut gelişimini karşılamak için N gübresi kullanımı artmakta, buna bağlı olarak da N_2O emisyonu artışı kaçınılmaz olmaktadır.

Gübrenin toprak ile buluşması anlamına gelen uygulamalar, azotun toprağa ve dolayısıyla bitkilere daha efektif ve kayıpsız ulaşmasını sağlayarak N_2O emisyonlarını azaltır. Tarımsal sistemler içerisinde N_2O emisyonlarının azaltılması ürüne uygun ürünün ihtiyacı kadar gübre kullanmak, yavaş emisyonlu gübre kullanmak veya nitrifikasyon inhibitörleri kullanmak, kaybın en az yaşanacağı dönemde azot uygulamak, ürünlerin köklerinin daha iyi ulaşabileceği şekilde gübrelemeyi gerçekleştirmek gibi yöntemler sıralanabilir. Kimyasal gübre yerine hayvansal gübre kullanmak, toprak işlemez ekim yöntemi uygulamaları, bitkilerin atıklarını da organik madde miktarını arttırmak için kullanmak toprağın verimini arttırmak için en önemli tedbirlerdir.

5.1.1.2. Toprak İşleme Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları

Toprak işlemez en eski toprak yönetimi sistemi olarak kabul edilir. Bazı bölgelerde, özellikle eski ve kadim yöntemlerde, toprak işlemez anız yakma şeklinde tarımın bir parçası olarak uygulanmaktadır ki bu yöntem her ne kadar yasal olarak reddedilse de hala zaman zaman uygulanan bir yöntemdir. Eski sistemlerde kontrollü yanma ile bir orman alanı

temizlendikten sonra, tohum doğrudan toprağa yerleştirilirdi. Antik Mısır mezarlarındaki resimler, çiftçileri ekimden önce bir salıncak-pulluk ve öküz kullanarak tasvir ediyor. Gerçekten de kulaklı pulluk ile simgelenen toprak işleme neredeyse tarımla eşanlamlı hale gelmiştir (Dick & Durkalski, 1997). Toprak işleme, gübre uygulaması haricinde toprağın hasattan dikime bırakıldığı bir ürün üretim sistemi olarak tanımlanabilir.

Günümüz dünyasında toprak işlemez tarım veya azaltılmış toprak işleme gibi tarım tekniklerinin pek çok sebeple tercih edildiği bilinmektedir. Bunlar;

- Erozyonunu önlemek
- Topraktaki nem içeriğini korumak
- Toprağın organik madde içeriğini arttırmaktır.

Son yıllarda yapılan çalışmalar, atmosferdeki CO_2 miktarını azaltmak için sıfır sürüm ya da diğer bir deyişle toprak işlemez tarım uygulamalarının etkili önlemler arasında olduğu belirlenmiştir (Yokuş ve ark., 2009).

Dünyada doğal flora dediğimiz bitki örtüsünün zamanla gıda güvenliği amacı ile ekili tarım arazilerine konvansiyonel toprak işleme sistemi yöntemleri kullanılarak dönüştürülmesi, toprak organik madde içeriğinde önemli bir düşüşe neden olmuştur (Paustian ve ark., 2000; Lal, 2002). Tohum yatağı hazırlığı için saban, ya da ot kontrolü için sürme gibi mekanik toprak işlemeyi kullanan tarım yöntemleri çeşitli mekanizmalarla toprak C kaybını destekleyebilir ve aynı zamanda toprağın agrega yapısını bozar (Karlen & Cambardella, 1996; Altı ve ark., 1999; Soares ve ark., 2005). Aynı zamanda artan havalandırmayla kısa süreli mikrobiyal aktiviteyi uyarır, bu da atmosfere salınan yüksek CO_2 ve diğer gazların ortaya çıkmasına neden olur (Bayer ve ark., 2000). Bitki artıkları bu sayede toprağa karışır, toprağın derinliklerinde ayrışma koşulları genellikle yüzeyden daha elverişlidir (Kladivko, 2001). Dahası,

toprak işleme, toprakları erozyona daha meyilli bırakabilir ve bu da topraktaki karbonun daha fazla kaybına neden olur.

5.1.2. Toprak İşlemesiz Tarımda Brezilya Örneği

1972 yılında Brezilya'nın güney bölgesinde (Paraná Eyaleti) toprak işlemesiz tarım, erozyonu engellemek ve tarımsal arazilerin kötüye kullanılmasını önlemek için farklı bir alternatif olarak başlatılmıştır (Denardin & Kochhann, 1993). Brezilya'da toprak işlemesiz sistemlerin geliştirilmesine yol açan temel arazi yönetimi ilkeleri, yağış etkisinin ve yüzey akış hacminin hızının azaltılmasıydı. Sonuç olarak, toprak işleme stratejisi iki tarım uygulamasına dayandırılmıştır:

- Toprağın yıkanmaması
- Toprağın her zaman kapalı tutulması

Bu alternatif strateji, farklı devletlerde hızlı bir şekilde yayılmış ve toprak işlenmeden yapılan ekili alan katlanarak artmıştır. 90'lı yılların başında toprak işlemesiz sistem tarafından kapsanan alan 1997 yılına kadar 10 kat artarak 1 milyon hektara ulaşmıştır. Toprak işlemesiz tarımla kaplanan yaklaşık 20 milyon hektarlık bir alan (Febrapdp, 2006) Brezilya'yı dünyanın en büyük ikinci toprak işlemesiz tarım ülkesi haline getiriyor. Bu genişleme sadece güney bölgedeki geleneksel topraklarda değil (%72) değil, aynı zamanda merkez-batı bölgesindeki alanlarda (%28) doğal örtü temizlendikten sonra da gerçekleşmektedir. Günümüzde Amazon Bölgesi'ndeki çiftçiler, eski meraları masrafsız olması sebebiyle toprak işleme olmadan soya fasulyesi ve mısır ekerek değerlendirmektedir. Toprağa yapılan etkilerin yoğunluğunu gösteren toprak işleme sistemlerinde, en fazla CO₂ çıkışı toprağın çok fazla havalandırıldığı, alışlagelmiş toprak işleme sistemlerinde gerçekleşmiş, diğer azaltılmış toprak işleme sistemlerinde daha az gaz çıkışı tespit edilmiş, en az CO₂ çıkışı ise toprak işlemesiz tarım sistemlerinde gerçekleşmiştir (Reicosky, 2003).

Pulluk, çizel, diskaro ve dip kazandan sonra bir geçişli olarak toprağı sıkıştırmak için kullanılmasının CO₂ çıkışındaki ani düşüşe sebep olduğu ve dördüncü geçiş ile çok daha az CO₂ çıkışı elde edildiği bildirilmiştir. Bu ani düşüşün sıkışma sonrası toprak hacim ağırlığındaki artışla da doğrudan ilgili olduğunu bildirmiştir (Sezer, 2014).

5.2. Arazi Toplulaştırma Uygulamaları ve Toprak Emisyonları

Tarımsal mekanizasyon uygulamalarında tarım makinelerinin verimli çalışabilmesi için arazinin topoğrafik yapısı ve büyüklükleri önemlidir. Tarım arazisinin boyutları büyüdükçe makinaların verimlilikleri artmaktadır. İşletmelerde parçalılık durumuna bağlı olarak tarım makinalarının verimli şekilde işletilebileceği büyüklükte toplulaştırma yapılması çok doğru bir yaklaşım olacaktır. Diğer bir deyişle arazi toplulaştırması uygulamalarının verimliliği arttırması faydasının yanında, CO₂ emisyonunun da azaltıcı yönde etkileri bulunmaktadır. Tarım arazisinde tarım makinesinin aldığı mesafeye ve makinenin özelliklerine bağlı olarak toplulaştırma sonucu azalacak her bir km başına en az 1,90 kg, en fazla 20,77 kg olmak üzere ortalama 7,89 kg karbon eşdeğeri azalma olduğu bildirilmiştir.

5.3. Arazi Kullanım Değişimi ve Emisyon Azaltımı

Arazi kullanım değişimi ise dolaylı olarak sera gazı emisyonlarını arttırdığından en önemli ve önlem alınması gereken faaliyetleri kapsamaktadır. Bu faaliyetler ormanların, bataklıkların ve turbalıkların tarım alanına veya meraya dönüştürülmesi ile yer üzerindeki biyokütlenin yok olmasına ya da bozulmasına yol açmaktadır. Sulak alanlar birer yutak gibi çalışmakta, tarım arazilerinin ve insanların üretim amacı dışında kullandıklarının (orman, mera, tarım, yerleşim, vb.) aksine atmosferden aldıkları karbonu

depolama özelliğine sahiptir. Bu alanların kurutulması, tahrip edilmesi ve yok edilmesi, atmosferdeki karbon emisyonunun artmasına sebep olmaktadır. Bir çeşit sulak olan turbalıkların ekonomik değerleri dolayısıyla işletilmesi ve yağmur ormanlarının tahrip edilmesi bu anlama gelmektedir.

5.4. Alternatif Bitki Deseni Uygulamaları ve Emisyon Azaltımı

Atalarımızdan gelen kanıtlar hominidlerin diyetlerini iklim değişikliğine adapte edebildiklerini göstermektedir. *Ardipithecus ramidus* ve *Ar anamensis* C₃ odaklı tüketicilerdir. Ancak, iklim değişikliği yaklaşık 4 milyon yıl önce Dogu Afrika'yı savana çevirdiğinde, hayatta kalan türler C₃/C₄ tüketicileri oldu (*Australopithecus afarensis* ve *Kenyanthropus platyops*). C₃/C₄ gıdalarını kullanan erken *Homo. H. sapiens* 2,5 milyar yıllık bir periyotta, evrildi, önümüzdeki elli yıl içinde insanlığın farklı gelişmesini beklemek çok iyimser bir yaklaşım olmakla beraber bitki desenini değiştirerek uyumu sağlamak mümkün olabilecektir. Birçok iklim bilimcisi C₄ ve CAM bitkilerinin özelliklerini (proses verimliliği, yüksek sıcaklıkların toleransı, yüksek verim ve kuraklığa ve tuzluluğa karşı direnç) C₃ bitkilerine taşımanın yollarını bulmaya çalışıyorlar. C₃ ve C₄ melezleri 50 yıldan daha uzun süredir kullanılmaya çalışılmaktadır, ancak kromozom uyumsuzluğu ve melez sterilit nedeniyle henüz başarılı olmamıştır.

C₃/C₄/CAM Bitkileri ve Özellikleri:

C₃ bitkilerinde karbondioksit seviyesi azaldığında (örn. sıcak günlerde stomalar kapanır) Rubisco döngüsel reaksiyonlara giremez ve calvin devri kesintiye uğrar. Buna fotorespirasyon denir. Pek çok endüstriyel bitki C₃ olarak tanımlanan bu gruptadır. Çoklukla C₃ bitkilerine örnek olarak pirinç, buğday, arpa, çavdar, yulaf, elma, ayva, fasulye ve domates verilebilir.

C₄ olarak sınıflandırılan ve en bilinen çeşitleri şeker kamışı ve mısır olan bitkiler CO₂'i önceden biriktirirler. Bu bitkilerin mezofil hücrelerinde calvin döngüsü gerçekleşmez. CO₂, PEP olarak adlandırılan bir bileşikle birleşir, malata dönüşür ve daha sonra demet kını hücrelerine aktarılır. Malat, burada calvin döngüsüne girer ve CO₂ oluşur. Burada biriken CO₂ atmosferin 10 katına kadar ulaşabilir. Böylece fotorespirasyon engellenmiş olur. Yüksek ışık ve sıcaklık altında fotosentezin durması engellenmiş olur.

CAM bitkileri grubunda ise (kaktüs ve agave) yüksek sıcaklık ve susuzluk bu bitkileri etkiler, gündüz vakti stomalarını kapatmak zorundadır. Fotorespirasyonu engellemek için geceleyin stomalarını açarlar, CO₂ bağlarlar ve malik asit kofullarda depo edilir. Gündüz ise stomalarını kaparlar (terlemeyi engellemek için) ve malik asitten CO₂ elde ederek fotosentezi gerçekleştirirler. Gece C₄ yolunu gündüz ise calvin döngüsünü gerçekleştirmiş olurlar.

Tüm bu iklim değişimine uyumlu bitki deseni oluşturulurken bilinmelidir ki, yabancı otların çoğu C₃ bitki olduğu için, C₄ bitkilerine (örn. mısır, sorgum, şeker kamışı, domates, vb.) karşı rekabet etme gücü daha muhtemeldir. Mevcut herbisit/pestisit formülasyonunun, yabancı ot ve zararlılara karşı etkin bir şekilde çalışmayabileceği düşünülmektedir (Ziska ve ark., 1997).

5.4.1. Kanada Örneği

İklim değişikliği pek az çalışmada, toprak organik karbon (SOC) ve mikrobiyal solunumla (MR) ilişkilendirilmiştir. Saskatchewan, Kanada'daki başarılı bir uygulama ve modelleme çalışması olarak bu anlamda örnek çalışmalardan biridir. Araştırma alanı için uzun yıllık iklim verileri (1971-2000) ve gelecekteki iklim senaryoları (2041-2070) simüle edilerek SOC (toprak organik karbon) ve MR (mikrobiyal solunum) değerleri ve değişimleri

değerlendirilmiştir. 1994-2013 yılları arasında, ACS (Alternative Cropping Systems) alternatif bitki deseni çalışmasından elde edilen on dokuz yıllık saha ve ürün bilgileri, iklim değişikliği senaryolarının analizinde (EPIC - Environmental Policy Integrated Climate Model) kullanılmıştır. Tablo 8'de sonuçları

verilen ACS çalışması, üç tarımsal girdi düzeyinden [organik (ORG), azaltılmış (RED) ve yüksek (HI)] ve üç farklı bitki deseninden oluşmuştur. Çeşitli yıllık hububatlardan (DAG) ve çeşitli tek yıllık ve çok yıllık hububatların kombinasyonlarından (DAP) oluşmuştur.

Tablo 8. ACS (Alternative Cropping Systems) Alternatif Bitki Deseni Çalışmasından Elde Edilen ve Ürün Bilgileri

LOW	ORG	Buğday-Buğday-Hardal-Buğday
	RED	Buğday-Buğday-Nadas-Kanola-Buğday
	HI	Nadas-Buğday-Buğday-Nadas-Kanola-Buğday
DAG	ORG	Buğday-Buğday-Hububat-Arpa-Hardal
	RED	Kanola (Sonbahar ekimi), Hububat-Arpa-Buğday
	HI	Kanola (Kış ekimi)-Hububat-Arpa-Buğday
DAP	ORG	Hardal-Buğday-Arpa-Yonca-Yonca-Yonca
	RED	Kanola-Buğday-Arpa-Yonca-Yonca-Yonca
	HI	Kanola-Buğday-Arpa-Yonca-Yonca-Yonca

İklim değişikliği sonucunda oluşan yağış ve sıcaklık değişimleri sonucunda SOC yani topraktaki organik karbon miktarı 0-90 cm derinlikte %1,3'ten %1'e (132.3'den 130.6 Mg ha^{-1}) gerilemiş bununla birlikte mikrobiyal solunum sıcaklık artışları nedeniyle %17 artarak 1,92'den 2.25Mg Cha^{-1} 'e yükselmiştir.

Azaltılmış toprak işleme ve girdi yönetimi, ürün verimini etkilemiş ve iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmiştir. Bu nedenle, azaltılmış girdi sistemleri Kanada Prairies'te iklimlendirme için üretici ve politika analistlerine uyarlanabilir bir strateji oluşturabilir. Ancak, diğer ilişkiler ve vaka çalışmaları bağlamında bu ilişkileri onaylamak için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir (Taras ve ark., 2019).

5.5. Organik Tarımla Toprak Emisyon Azaltımı

Temel hedef, modern bilimle geleneksel bilgiyi bir araya getirerek daha az girdi kullanımı ile geçimlik

işletmeleri daha üretken hale dönüştürmektir. Organik tarımın en önemli özelliği toprak için gerekli olan besin maddelerini ve organik karbonu yeniden kazandırmaya eğilimli olmasıdır. Dolayısıyla yapılan uygulamalar verimli üst toprağın erozyonunu önlemek için hayvan gübresinin doğrudan geri kazanımını, ürün artıkları için etkili kompostlama tekniklerini ve ürün atığını yeşil gübre ile birbirine karıştırmayı içermektedir. Bu yöntemlerle toprak yapısının iyileştirilmesi, sera gazı emisyonunu azaltmaya yardımcı olur. Yapılan araştırmalar, kaybolan toprak karbonunun %55-60 oranında toprak yapısının iyileştirilmesi ile yeniden geri kazanılabileceğini göstermektedir (FAO, 2011a). Ayrıca, organik tarımda fosil yakıt enerji tüketiminin azaltılması, toprağın erozyona daha az maruz kalmasına ve topraktaki besin maddelerinin yeniden dönüşümünün sağlanması ile karbon tutumunda artışa sebep olmaktadır (FAO, 2011b).



6. İKLİM VE TARIM EKONOMİSİ

21. yüzyılda toprak ve su ekosistemlerinde geri dönüşü olmayan hasara ve üretim potansiyeli kaybına neden olabilecek çevresel bir tehdit olan küresel ısınma ve iklim değişikliği ile karşı karşıyayız. Gelişmekte olan ülkelerin ekonomilerinin tarımsal üretime dayanması, iklim değişikliği etkilerinin daha fazla hissedilmesine neden olmaktadır. Özellikle aşırı hava koşulları gelişmekte olan ülkelerde tarımsal üretimi imkansız hale getirmekte ve dolayısıyla göçe sebebiyet vermektedir. Birleşmiş Milletler, iklim değişikliği ile bağlantılı olarak dünya genelinde 500 milyondan fazla insanın yer değiştirdiğini tahmin etmektedir. Tarım sektöründe farklı koşullara göre adapte edilen ürün çeşitleri, ilaçlama, gübreleme ve sulama sistemleri gibi konularda çok büyük gelişimler kaydedilmesine rağmen tarımsal üretimde iklim koşulları hâlâ en önemli role sahiptir.

Sel felaketleri ve tropik fırtınalar gibi iklim değişikliği ile ilişkili felaketlerin geçim kaynaklarını yok edeceği ve uzun vadede gıda güvenliği üzerinde ciddi etkileri olacağı öngörülmektedir (Porter ve ark., 2014). İnsan yaşamında temel ihtiyaç olan gıda, doğal ekosistemlerin küresel değişimine bağlı çevresel savunmasızlığı nedeniyle risk altına girmektedir.

İklim değişikliği ile mücadele sürdürülebilir kalkınmanın izlenmesi için hayati öneme sahiptir. Sürdürülebilir kalkınmanın arayışı iklim değişikliğini azaltmanın ayrılmaz bir parçasıdır. Çözülmesi gereken önemli sorunlar ise, iklim değişikliğine karşı en yoksul ve en savunmasız olanların sosyal, ekonomik ve çevresel direncinin düşük olmasıdır.

Çevresel değişimin, özellikle de iklim değişikliğinin, geçim kaynaklarının doğrudan doğal kaynaklara bağlı olduğu kırsal alanlarda fakir insanlar üzerinde orantısız bir etkisi olacaktır. Toprak verimliliğinin tükenmesi ve orman kaynaklarının, su kaynaklarının, meraların ve balıkçılığın bozulması zaten gelişmekte olan birçok ülkede yoksulluğu daha da arttıracaktır.

Ayrıca küresel ısınma, mahsullerin tarımsal ekolojik uygunluğunu etkileyecektir.

Tarımsal üretim, iklim değişikliğinden en çok etkilenen sektörlerden birisidir. Aşırı kuraklık veya ani seller mahsulün bereketsiz olmasına neden olmakta ve mahsul verimlerini olumsuz olarak etkilemektedir. Böylece, iklim değişikliği sonucu olarak hem kısa hem de uzun vadede üretimde düşüşler beklenmektedir.

6.1. İklim Değişikliği ve Tarımsal Uygulamalar

Dünyada meydana gelen iklim değişikliği olaylarının başında artan hava sıcaklıkları yer almaktadır. Hava sıcaklığındaki bu yükselmenin dünya üzerinde ciddi bir iklim değişikliğine yol açacağı öngörülmektedir. Küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliği, buzulların erimesi ve artan yağışlar sebebiyle deniz seviyesinde görülecek yükselmelerin birçok kıyı bölgesi yerleşimini olumsuz yönde etkileyeceği tahmin edilmektedir. Denizlerdeki yükselme kıyı ekosistemlerinde büyük değişikliklere sebep olacak, denizlere yakın alçak düzlüklerde yeni bataklıklar meydana gelecektir. Denizlerin karalar üzerinde ilerlemesi ile oluşacak arazi kayıplarının yanında kıyı erozyonlarında da artışlar görülecektir. Bu olumsuz etkiler tarımsal alanlarda azalmalara ve zorunlu göçlere neden olacağı göz önünde bulundurulduğunda, oluşacak tehlikenin farkına varılması önem taşımaktadır.

Dünya üzerinde iklim değişikliği ile ilgili göstergelere bakıldığında enerji üretim ve tüketimleri dikkat çekici biçimde ön plana çıkmaktadır. Genel olarak küresel ısınmaya sebep olan CO₂ emisyonları enerji, endüstriyel prosesler, ulaştırma ve diğer (konut, tarım ve ormancılık) sektörlerden kaynaklanmaktadır (Tunç ve ark., 2007). Küresel ısınma ve sera gazı emisyonu ile ilgili 43 farklı sektörü ele alarak yaptıkları çalışmada, toplam sera gazı üretiminin %32'sini endüstriyel proseslerin, %30'unu enerji sektörünün,

%16'sını ulaştırmanın, %16'sını diğer sektörlerin ve %6'sını da tarım sektörünün oluşturduğunu belirtmiştir. Tarımın küresel ısınmayı teşvik edici etkilerinin yanı sıra küresel ısınmanın da tarım üzerinde olumsuz yönde etkileri mevcuttur. 2030 yılı itibariyle 8 milyara ulaşması beklenen dünya nüfusunu besleyebilmek için bugünkü gıda üretiminin %60 oranında artırılması gerekmektedir. Bu nüfus oranının büyük çoğunluğunun şehirlerde yaşamakta olduğu ve kırsal alanlardan şehirlere göçün her geçen gün arttığı düşünüldüğünde artan tüketim hızına karşılık gelecek bir üretim potansiyelinin olmayacağı ortadadır. Siqueira ve ark. (2001), 2050 yılı itibariyle Brezilya'da hava sıcaklığında 3-5°C'lik bir azalışın ve yaşıtlarda %11'lik bir artışın olacağını ve bu değişimin buğday (%30) ve mısır (%16) üretimini azaltacağını ve soya üretimini (%21) arttıracığını belirtmiştir. Bu değişimin ayrıca erozyonu arttıracığını, tarımsal işlemlerde (toprak işleme, sulama, ilaçlama, vb.) güçlükler, hastalıkların artması ve kontrollerinin zorluğu gibi etkilere yol açarak tarım ürünlerinin verimini ve kalitesini olumsuz yönde etkileyeceğini belirtirken, önemli oranlarda yiyecek sıkıntısının ve açlığın baş göstereceğini belirtmiştir. Bir taraftan da diğer koşulların optimum olduğu durumlarda atmosferde artan CO₂ konsantrasyonu bitkilerin su kullanım etkinliklerini ve fotosentetik aktivitelerini teşvik edeceğinden dolayı ürün verimlerini %10-50 aralığında arttırması beklenmektedir. Ancak, artan sıcaklık genel olarak tarım ürünleri üzerine olumsuz yönde etki edecek ve bitkilerde görülen hastalıklarda sıcaklıkla birlikte bir artış meydana gelecektir. Bu yüzden kurak bölgelerdeki çiftçiler hem daha çok sulama yapacak hem de daha fazla tarım ilacı kullanacaktır.

Artan su ihtiyacı özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde karşılanamadığı takdirde önemli verim azalışlarına neden olacağı için su kayıplarının önlenmesi, su rezervlerinin korunması ve az su tüketen yeni bitki çeşitlerinin geliştirilmesi, üretkenliğin ve sürdürülebilirliğin sağlanması açısından son derece önemlidir. Şu anda 1,1 milyar

insan temiz içme suyu bulamamakta, 800 milyon insan beslenme gücünü çekmekte ve dünyanın nüfusunun yiyecek ihtiyacının gelecek birkaç on yıl sonra ikiye katlanacağı düşünülmektedir. İklim değişikliği sonucu olarak orta ve yüksek enlemlerde üretkenlik artarken, tropikal ve subtropikal bölgelerde verim oldukça azalacaktır. Bunun sonucu olarak da kırsal nüfusun büyük çoğunluğu olumsuz yönde etkilenecektir. Bulaşıcı hastalıklar için kötü beslenme önemli bir faktör haline gelecektir. İklim değişimi Hindistan, Asya ve Afrika gibi düşük enlemlerde de görülen yiyecek sıkıntısını şiddetlendirecek, açlık ve kıtlık ciddi bir biçimde ortaya çıkacaktır. 2025 yılı itibari ile kırsal alanlardan şehirlere doğru devam eden göç nedeniyle dünya nüfusunun %61'inin şehirlerde yaşaması beklenmektedir. Çevresel bozulmalar, nüfus artışı ve yiyecek sıkıntısı, insanlar ve hayvanlar için göçlere neden olacak, göç eden canlılar çeşitli hastalıklarla ve ölümlerle karşılaşacaktır (Khasnis & Nettleman, 2005).

6.2. Tarımsal Fiyatların Artışı

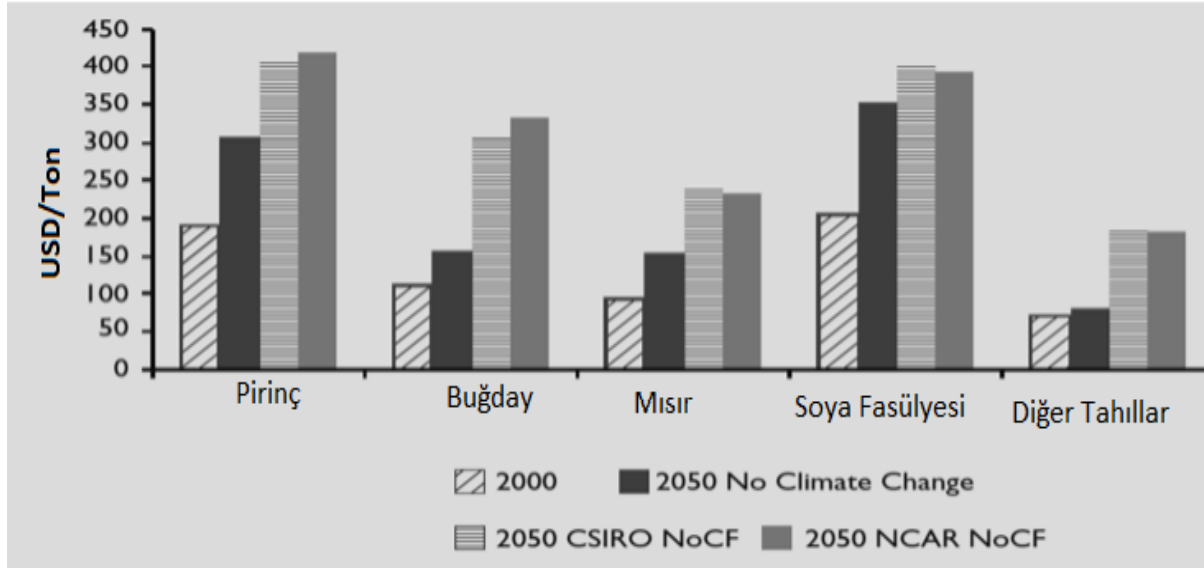
Tarımsal arzdaki değişimler, verimdeki değişikliklerin ve ekim alanlarındaki değişikliklerin kombinasyonundan kaynaklanmaktadır. İklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkilerinin açıklanabilmesi için ulusal ve uluslararası piyasalardaki tarım ürünlerinin fiyatları önemli bir kaynaktır. Tablo 9'da iklim değişikliği senaryolarına göre dünya gıda fiyatlarının seyri gösterilmektedir. Bu tabloda CO₂ fertilizer etkisinin ürünler üzerindeki yansımaları da göz önünde bulundurularak CO₂ gübre etkili ve CO₂ gübre etkisiz tarım ürünlerinin fiyatlarına yer verilmiştir. Ayrıca iklim değişikliği senaryolardan bağımsız olarak iklim değişikliğinin olmadığı durumdaki gıda fiyatları da tabloda gösterilmiştir (IFPRI, 2009: 6).

2050 yılı itibariyle iklim değişikliğinin yaşanmayacağı varsayıldığında bile nüfus artışları, kişi başına düşen ortalama gelirin yükselmesi ve artan biyo-yakıt talebinden dolayı pirinç, buğday, mısır ve soya fasulyesi gibi başlıca tarım ürünlerinin fiyatlarının 2000 yılına göre yükselmesi beklenmektedir. İklim değişikliği olmadığı bir gelecekte 2000 yılına göre pirinç fiyatlarının %62, mısır fiyatlarını %63, soyanın fiyatının %72 ve tahıl fiyatlarının %39 oranında

yükselebileceği öngörülmüştür. Bu artışlara iklim değişikliğinin sebep olduğu artışlar da eklenince hali hazırdaki fiyatlara, pirinçte %32-37 arasında, mısırdaki %52-55, buğdayda %94-111, soya fasülyesinde ise %11-14 arasında ek bir artışın olması beklenmektedir. CO₂ fertilizer etkisinin üretim üzerindeki pozitif etkisi göz önüne alındığında ise 2050 yılında beklenen fiyatların %10 oranında azalacağı öngörülmektedir (IFPRI, 2009).

Tablo 9: Tüm Dünyada Bazı Tahıl ve Hayvansal Ürün Fiyatlarındaki Değişim (2000-2050) (IFPRI, 2009)

TARIM ÜRÜNÜ	2000	2050				
		İklim değişikliği olmazsa	NCAR no CF	CSIRO no CF	NCAR CF effect (%change from no CF)	CSIRO CF effect (%change from no CF)
Pirinç (USD/Ton)	190	307	421	406	-17,0	-15,1
2000'den itibaren değişim		61,6	121,2	113,4		
iklim değişikliği olmazsa 2050			36,8	32		
Buğday (USD/Ton)	113	158	334	307	-11,4	-12,5
2000'den itibaren değişim		39,3	194,4	170,6		
iklim değişikliği olmazsa 2050			111,3	94,2		
Mısır (USD/Ton)	95	155	235	240	-11,2	-12,6
2000'den itibaren değişim		63,3	148	153,3		
iklim değişikliği olmazsa 2050			51,9	55,1		
Soya (USD/Ton)	206	354	394	404	-60,6	-62,2
2000'den itibaren değişim		72,1	91,6	96,4		
iklim değişikliği olmazsa 2050			11,4	14,2		
Sığır Eti (USD/Ton)	1.925	2556	3078	3073	-1,3	-1,5
2000'den itibaren değişim		32,8	59,8	59,6		
iklim değişikliği olmazsa 2050			20,4	20,2		
Domuz (USD/Ton)	911	1.240	1.457	1.458	-1,3	-1,5
2000'den itibaren değişim		36,1	60	60,1		
iklim değişikliği olmazsa 2050			17,5	17,6		
Kuzu (USD/Ton)	2.713	3102	3462	3461	-0,7	-0,8
2000'den itibaren değişim		14,4	27,6	27,6		
iklim değişikliği olmazsa 2050			11,6	11,6		
Kümes Hayvanları (USD/Ton)	1.203	1.621	1.968	1.969	-1,9	-2,1
2000'den itibaren değişim		34,7	63,6	63,6		
iklim değişikliği olmazsa 2050			21,4	21,5		

Tablo 10: Dünyada Seçilen Modellere Göre Bazı Tahıl Ürünlerinin Fiyatlarında Beklenen Değişimler (IFPRI, 2009).

6.3. Tarım Ürünlerinde Üretkenliğin Azalması

Tarım sektörü ve iklim iç içe bir yapıdadır. Doğal faktörlerin etkisi verimliliği doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla, toprak ve su gibi tarım için oldukça önemli olan doğal kaynakların değişmesi, tarım ürünlerinin kalite ve miktarlarını olumsuz etkilemektedir. İklim çeşitliliğine bağlı olarak tarımsal üretimde önemli değişimler gözlenmektedir. Özellikle şiddetli fırtınalar, sıcak dalgalar ve zarar verici donlar gibi tarım üretkenliğini etkileyen çok şiddetli hava olaylarının üretkenliği azalttığı görülmektedir (Büken ve ark., 2017).

Sera gazı emisyonlarındaki önlenemeyen büyüme dünyanın ısısını yükseltmekte, bunun sonuçları arasında buzulların erimesi, kuraklık, daha fazla yağış ve aşırı hava olayları gibi mevsim değişikliklerine sebep olmaktadır. Artan iklim değişikliği hızı, her yerde tarım güvenliğini tehdit etmektedir. Tarım ürünleri iklim değişikliğine karşı son derece hassastır. Tarımsal üretkenlik kuraklıktan olumsuz yönde

etkilenmektedir. Daha yüksek sıcaklıklar sonucunda yabancı ot ve haşere çoğalması yaşanırken bu çoğalmalar mahsulün verimini azaltmaktadır. Yağış düzenindeki değişiklikler, kısa dönem mahsulde başarısızlığı ve uzun dönemde üretimin düşüş olasılığını arttırmaktadır. Dünyanın bazı bölgelerinde bazı mahsullerde kazançlar olsa da iklim değişikliğinin tarım üzerindeki genel etkisinin olumsuz olması ve küresel gıda güvenliğini tehdit etmesi öngörülmektedir.

2005 yılında, gelişmekte olan ülkelerdeki ekonomik olarak aktif nüfusun yaklaşık yarısı (2,5 milyar insan) geçim kaynağı olarak tarıma güvenmekteydi. Ancak bugün, dünyadaki yoksulların %75'i kırsal alanlarda yaşamaktadır (World Bank, 2008).

Gıda Politikası Raporu, yukarıda belirtilen iklim değişikliği etkilerini ölçen, gıda güvenliğinin sonuçlarını değerlendiren ve insan refahı için olumsuz sonuçları telafi edecek yatırımları tahmin eden araştırma sonuçları sunmaktadır. Analiz sonuçları, tarım ve insan refahının iklim

değişikliğinden olumsuz olarak etkileneceğini göstermektedir:

- Gelişmekte olan ülkelerde, iklim değişikliği en önemli mahsuller için verim düşüşlerine neden olacaktır.
- Özellikle Güney Asya, iklim değişikliği sebebinden dolayı zorlanacaktır.
- İklim değişikliği bütün sulak tarım arazilerinde değişken etkilere neden olacaktır ancak Güney Asya'daki tüm sulak tarım alanlarındaki ürünler için büyük düşüşler yaşanacağı gözlemlenmiştir.
- İklim değişikliği pirinç, buğday, mısır ve soya fasulyesi gibi en önemli tarımsal ürünler için ek fiyat artışlarına neden olacaktır.
- Yüksek yem fiyatları daha yüksek et fiyatlarına yol açacaktır.
- Sonuç olarak, iklim değişikliği et tüketimindeki artışı bir miktar azaltacaktır ve tahıl tüketiminde daha büyük bir düşüşe neden olacaktır.

6.4. Tarım Ekonomisinde Bölgesel Eşitsizlikler

Tarımsal üretimin, hem bölgesel hem de küresel ölçekte iklim değişikliğinden önemli derecede etkilendiğini gösteren çok sayıda çalışma mevcuttur. Dolayısıyla, (hem gıda amaçlı hem de endüstriyel amaçlı) ekin üretiminin bölgesel iklim değişikliğinden etkileneceğini söylemek mümkündür. Bu tür etkilere dair öngörüler ekin türüne, bölgeye ve iklim değişikliğine uyum senaryolarına göre değişiklik göstermektedir. Öte yandan, bilimsel araştırmalar ve gözlemlerle, elde edilen bulguların coğrafi olarak farklılık gösterdiği, dolayısıyla dünya kentlerinin iklim değişikliğinin etkilerinden farklı biçim ve düzeylerde etkilendiği görülmektedir (Bulkeley, 2013).

Kentsel alanlar beton yapılaşma ve yapı yoğunluğu nedeniyle kırsal alanlardan ortalama 5-6°C daha sıcaktır. Bu Kentsel Isı Adası (KIA) etkisi olarak adlandırdığımız genel bir durum olup, sıcak iklim

bölgelerinde yaz aylarında artan sıcaklıklarla birlikte kentsel yaşamı olumsuz etkilemektedir. Yükselen ortalama sıcaklık seviyeleri ve aşırı kuraklık mahsulün bereketsiz olmasına neden olmakta, bu da tarım ekonomisini olumsuz yönde etkilemektedir. İklim değişikliği ile birlikte artan güneşlenme ile azalan rüzgâr ve hava dolaşımına bağlı olarak KIA etkisinin artacağı, pek çok kentin daha derin KIA etkisine, sıcak dalgalarına ve kuraklığa maruz kalacağı tahmin edilmektedir (UN-HABITAT, 2011).

Sıcak bölgelerde doğru uyum politikalarının uygulanmaması durumunda buğday, pirinç ve mısır gibi gıda güvenliği için önemli tahılların verimleri 2°C üzerindeki yerel sıcaklık artışlarından olumsuz etkilenecektir. İklimsel farklılıklar gıdaya erişim, kullanım ve fiyat istikrarı gibi gıda güvenliğinin potansiyel olarak tüm boyutlarını olumsuz etkileyecektir. Bu tür olumsuz etkiler, nüfus artışı sonucu yükselen toplam gıda talebi ile de birleşerek, özellikle düşük enlemdaki bölgelerde, hem küresel hem de bölgesel ölçekte gıda güvenliği için yüksek riskler oluşturacak ve tarıma dayalı ekonomileri zora sokacaktır. Bunun yanında, pek çok bölgede, yıllar arasındaki verimlilik farklarının ve verim dalgalanmalarının da giderek artması beklenmektedir. Bölgesel olarak hem ortalama sıcaklık hem de yağış seviyelerindeki değişimlerden dolayı, küresel ölçekte gıda ve tahıl fiyatlarında artışlar gözlemlenmektedir. Bu da mevcut piyasaların halihazırda bölgesel iklim değişikliğinin etkilerine oldukça duyarlı olduklarını göstermektedir.

IPCC'nin 5. Değerlendirme Raporu'nda belirtildiği üzere, iklim değişikliğinin ürün verimi üzerindeki potansiyel etkilerini tahmin eden birçok çalışma mevcuttur (IPCC, 2014). Çalışmaların çoğunda iklim değişikliğinin ürün verimi üzerinde olumsuz etkileri olacağı tahmin edilmektedir. IPCC, mevcut araştırmalara dayanarak, birçok bölgede buğday ve mısır üretiminin mevcut iklim eğilimlerinden olumsuz şekilde etkilenebileceğine dair önemli bulguların da mevcut olduğunu belirtmektedir. Dahası, ılıman

bölgelerin bu tür negatif etkilere daha yatkın olduğu görülmektedir. Örneğin, ılıman bir coğrafyada, Akdeniz Havzası'nda yer alan Türkiye, bu tür olumsuz verim etkilerine maruz kalan ülkelerden birisidir. Dellal ve ark. (2011)'in, iklim değişikliğinin Türkiye'deki bitki üretimi üzerindeki ekonomik ve

biyofiziksel etkilerini değerlendiren çalışmaya göre, ülkenin tüm bölgelerinde mahsul veriminde %3,8-%10,1 arasında düşüşler öngörülmektedir (Tablo 11). İklim değişikliğinden en az etkilenecek ürünün pamuk, en çok etkilenecek ürünün ise mısır olması beklenmektedir.

Tablo 11: HADCM Projeksiyonlarına Göre Referans Senaryosu ile Karşılaştırıldığında Mahsul Verimlerindeki Yüzdelik Değişmeler (Dellal ve ark., 2011)

	Buğday	Arpa	Mısır	Pamuk	Ayçiçeği
Karadeniz	-6.0	-7.0	-7.4	-	-5.0
Marmara	-10.3	-8.5	-7.9	-5.0	-5.9
Ege	-7.2	-7.2	-11.0	-3.6	-6.6
Akdeniz	-6.5	-6	-10.9	-2.8	-6.8
İç Anadolu	-7.4	-8.2	-12.5	-	-7.3
Doğu Anadolu	-8.3	-8.5	-12.1	-	-7.9
Güneydoğu Anadolu	-7.2	-7.5	-9.2	-4	-6.3

Bununla birlikte yağış rejiminde görülecek değişiklikler de tarımsal üretimin azalmasına neden olurken, kurak ve yarı kurak bölgelerde yağışlarda görülecek artışlar ürün miktarında artışlara yol açmaktadır. Ayrıca, orta ve yüksek enlemlerde bazı ürünlerde üretim miktarının artma olasılığı bulunmaktadır. Bu ve benzeri olumlu etkilere rağmen, iklim değişikliğinin tarım üzerindeki genel etkisinin (sıcaklıklardaki artış nedeniyle) negatif olması beklenmektedir (Nelson ve ark., 2009).

6.5. Vatandaşa Yansıyan Maliyetler

İklim değişikliği nedeniyle sel ve fırtına gibi doğal afetlerin sıklığında ve şiddetinde görülen ve görülebilecek artışlar sermayenin beklenen yaşam süresinden önce kullanım dışı kalmasına neden olabilmektedir. Ayrıca etkileri uzun yıllar devam edecek olan küresel ısınma, daha sık sermaye yatırımı ayarlamalarını gündeme getirecektir (Fankhauser & Tol, 2005). Böyle bir etki, özellikle milli gelirlerinin önemli bir kısmını sabit sermaye yatırımlarına ayıran gelişmiş ülkelerde sermaye zararlarına neden olup fiziksel sermayenin yıpranmasına yol açabilmektedir.

Benzer bir şekilde iklim değişikliği nedeniyle deniz seviyesinin yükselmesi, özellikle tarım alanlarının zarar görme risklerini artırarak tarımsal sermayenin yıpranmasını hızlandıracaktır. Tarımsal sermayenin yıpranması ise tarım ile uğraşan kesimin ekonomik olarak yıpranması anlamına da gelmektedir. İklim değişikliği nedeni ile yıpranan tarımsal alanlarda üretim düşecek, böylece vatandaşa yansıyan maliyetlerde artışlar gözlemlenecektir. Öte yandan iklim değişikliğine bağlı olarak artan tarımsal alanların bozulması sonucunda ülke ekonomileri ciddi parasal kayıplarla karşı karşıya kalacaktır. Bu bağlamda atmosferdeki sera gazları yoğunluğunun artması ve buna paralel olarak sıcaklıkların hızlı bir artış eğilimine girmesi doğal afetlerin ortaya çıkma olasılığını arttırmaktadır.

İklim değişikliğinin sonucunda ortaya çıkan tarımsal alanların olumsuz etkilerine maruz kalan ülkeler kaynaklarını bu zararları bertaraf etmek ve iklim değişikliğine uyum sağlamak için kullandıkça alternatif maliyetler ortaya çıkacak ve bu da tarım ile uğraşan vatandaş üzerinde ekonomik olarak olumsuz sonuç doğuracaktır. İklim değişikliği nedeniyle harcanan kaynakların alternatif maliyetleri ise

araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) faaliyetleri ve üretken sermaye yatırımları olarak sıralanabilmektedir (Bernauer ve ark., 2012). Bu alternatif maliyetler ise ekonomik büyüme üzerinde olumsuz etkiler meydana getirmektedir. Bununla birlikte iklim değişikliği ekonomideki birçok sektörü de farklı yönlerde etkileyebilecektir.

Tarım büyük ölçüde iklime ve hava olaylarına bağlı olarak yapılan bir faaliyet olduğu için (Bazzaz & Sombroek, 1996) iklim değişikliğinin tarıma etkisi diğer sektörlerden daha fazladır. Ayrıca tarım, doğal kaynakları kullanan bir faaliyet olması nedeniyle toprak ve su kaynakları üzerinde etkilidir ve doğal kaynaklardaki değişiklikler tarımsal üretimi etkilemektedir. Tüm bu özellikler ve diğer sektörlerden farklı yapısı nedeniyle tarım, iklim değişikliğinin getireceği etkilerden daha fazla etkilenmekte ve etki genişliği daha fazla olmaktadır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012). Beklenen tarımsal üretim bir yandan yüksek sıcaklıkların, diğer yandan da bu sıcaklıkların neden olduğu zararlı otlar ve haşerelerin etkisiyle azalmaktadır.

İklim değişikliği ile ortaya çıkabilecek tarımsal üretimdeki değişiklikler, geçimini tarımdan sağlayan vatandaşın ekonomik ve sosyal yapısında olduğu kadar, ülke ekonomisinde de önemli yansımalara neden olabilecektir (a.g.e.).



7. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN GIDA ARZI İLE BAĞININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Gıda güvensizliği, verimli tarımsal bölgelerde beklenilenden daha sıcak ve kurak koşullar sonucu mahsulün negatif etkilenmesi ve üretim miktarının azalması sonucu, dünya gıda arzının tehdit altında olması olarak değerlendirilebilir. Gıda güvenliğini iklim değişikliği yanı sıra, sera gazı emisyonları ile iklim değişikliği etkilerinin azaltılması çabalarının oluşturduğu ekonomik sonuçlar, tarımsal ürün fiyatları ve tedarik zincirleri olumsuz etkilemektedir. 2050 yılına kadar CO₂ azaltma politikaları tüm sektörler ve bölgeler arasında eşit bir şekilde uygulanabilirse, küresel açlığın iklim değişikliğinin doğrudan etkilerinden daha büyük bir olumsuz etkiye sahip olacağı modellenmiştir. Olumsuz etkiler, gıda güvenliği sorunlarının akut olduğu Sahra Altı Afrika ve Güney Asya gibi savunmasız ve düşük gelirli bölgelerde daha yaygın olacaktır (Hasegawa ve ark., 2018).

2015'te kabul edilen Paris Anlaşması, bu yüzyılın sonuna kadar sıcaklık artışının 2°C'nin altında tutulmasını amaçlamaktadır. Paris Anlaşmasıyla gelişmiş ülkeler kategorisinde yer alan ülkelere yönelik, gelecekteki dünya genelindeki gıda arzındaki azalma risklerine karşı biyoyakıt adı altında önemli miktarda mahsulün yakıtı dönüştürülmesi konusunda daha dikkatli olmalarını sağlamak için politikalar oluşturulmuştur (UNFCCC, 2016). Son beş yıllık süreçte yapılan çalışmalarda iklim değişikliğinin gıda arzı üzerindeki etkileri tarımsal üretim, piyasalar ve gıda güvenliği açısından incelediğinde dünya genelinde iklim değişikliğinin, mahsul verimini düşürdüğü belirlenmiştir (Nelson ve ark., 2014; Lotze ve ark., 2014; Von Lampe ve ark., 2014). 2018 yılında yapılan çalışmada 8 farklı iklim modeli uygulandığında en iyi senaryoda bile, 2050 yılında dünya genelinde mahsul veriminin %17 düşmesine

karşın gıda fiyatlarının %20 artması olası görünmektedir (Hasegawa ve ark., 2018).

Gıda güvenliğinin sağlanması için gıdanın var olması (availability), erişilebilir olması (accessibility), istikrarlı olması (stability) ve gıdadan faydalanılması (utilization) gerekmektedir. Gıda güvenliğini ölçmek ana ve alt göstergeler ile hesaplanmaktadır (Tarım Raporu, 2017).

Gıda güvencesi hesaplama yöntemi güvenilir, düşük maliyetli ve zamana duyarlı olmalı, ayrıca coğrafi ve kültürel farklılıklar arasında karşılaştırmalar yapılabilmesine olanak sağlamalı ve politika yapıcılar için anlaşılır olmalıdır (Nathalie, 2012). Dünya Gıda Programı'nın (World Food Programme, WFP) Vulnerability Analysis and Mapping (VAM) programına göre, gıda güvencesi ölçümü için kullanılan metotlar:

- "Kim gıda güvencesiz veya bundan etkilenebilir
- Nerede gıda güvencesizliği yaşıyor
- Neden gıda güvencesiz
- Kaç kişi
- Onların yaşam standartlarını iyileştirmek için neler yapılmalı
- Durumları gelecekte nasıl değişecek ve onları tehdit eden riskler neler" sorularına cevap verecek kapsamda olmalıdır (WFP, 2017).

Dünya Gıda Güvenliği Komitesi'ne (The Committee on World Food Security, CFS) göre, gıda güvenliğinin izlenmesi ve haritalanması süreci ulusal gıda ve tarım bilgi sistemlerinin bir parçası haline getirilmeli ve ülke düzeyinde standart bir metodoloji kullanılmalıdır (CFS, 2017). Ancak, farklı ülkelerde gıda güvencesizliğinin belirleyicilerini betimlemek için kullanılabilecek ortak bir standart veya ölçüt henüz tanımlanamamıştır (Vineman, 2014). Küresel nüfustaki heterojenlik, hükümetler ve politikaların farklılığı, yerel ekonomi, işgücü piyasaları ve tarımdaki çeşitliliğe rağmen dünya çapında gıda güvensizliğinin tanımlanması için oluşturulan bazı

yöntemler bulunmaktadır (Smith ve ark., 2017). Uluslararası kuruluşlar konuyla ilgili bilgi eksikliğini gidermek amacıyla çalışmalar yapmışlar ve gıda güvenliği göstergelerinden elde edilen bilgileri bir araya getiren birleşik endeksler oluşturmuştur (Santeramo, 2014). Endekslerin hesaplanmasında çeşitli ekonomik, politik ve sosyal değişkenlerden yararlanılmaktadır.

Kullanılan başlıca değişkenler; kişi başına gelir, gıda harcamalarının gelirden aldığı pay, yoksulluk sınırı altında yaşayan nüfusun oranı, gıda arzı ve günlük kalori bulunabilirliğidir. Buna ek olarak, tarımsal altyapı ve Ar-Ge, kadınlardaki anemi yaygınlığı, obezite oranı gibi endekslere özgü değişkenler de bulunmaktadır. Son dönemlerde, çevre sorunları ve artan hassasiyetle birlikte gıda güvencesi endekslerine doğal kaynaklarla ilgili suyun mevcudiyeti ve kalitesi, biyoçeşitlilik, sıcaklık artışı gibi değişkenlerin de dâhil edilmiş olması dikkat çekmektedir.

7.1. Besin Enerjisi Arz Yeterliliği

Gıda güvenliği ölçümünde 'yeterli gıda arzı' olarak belirlenen hesaplamalar kullanılması uygun bulunmuştur (Hendriks, 2015). Gıda güvenliği yıllık gıda bilançoları kullanılarak değerlendirilmiş ve kişi başına enerji ihtiyacının karşılanmasına bağlı olarak ölçülmüştür (Hassan ve ark., 2017). Bu süreçte, gıda güvenliğinin sağlanmasında tarımsal üretim stratejilerinin geliştirilmesine ve gıda yardımlarına odaklanılmıştır (Coates, 2013). Bu göstergenin adı besin enerjisi arz yeterliliğidir (dietary energy supply adequacy) = [(tüketilebilir besin enerjisi arz-besin enerjisi gereksinimi) / besin enerjisi gereksinimi].

Bu gösterge tüketimin ülke içindeki dağılımını hesaba katmaz ve potansiyel gıda güvenliği hakkında bir fikir verir. Besin gereksinimleri hesaplamaları yapılırken iyimser bir yaklaşımla, insanların yalnızca yaşamlarını

sürdürmeleri için gerekli olan enerji miktarı kullanılmaktadır.

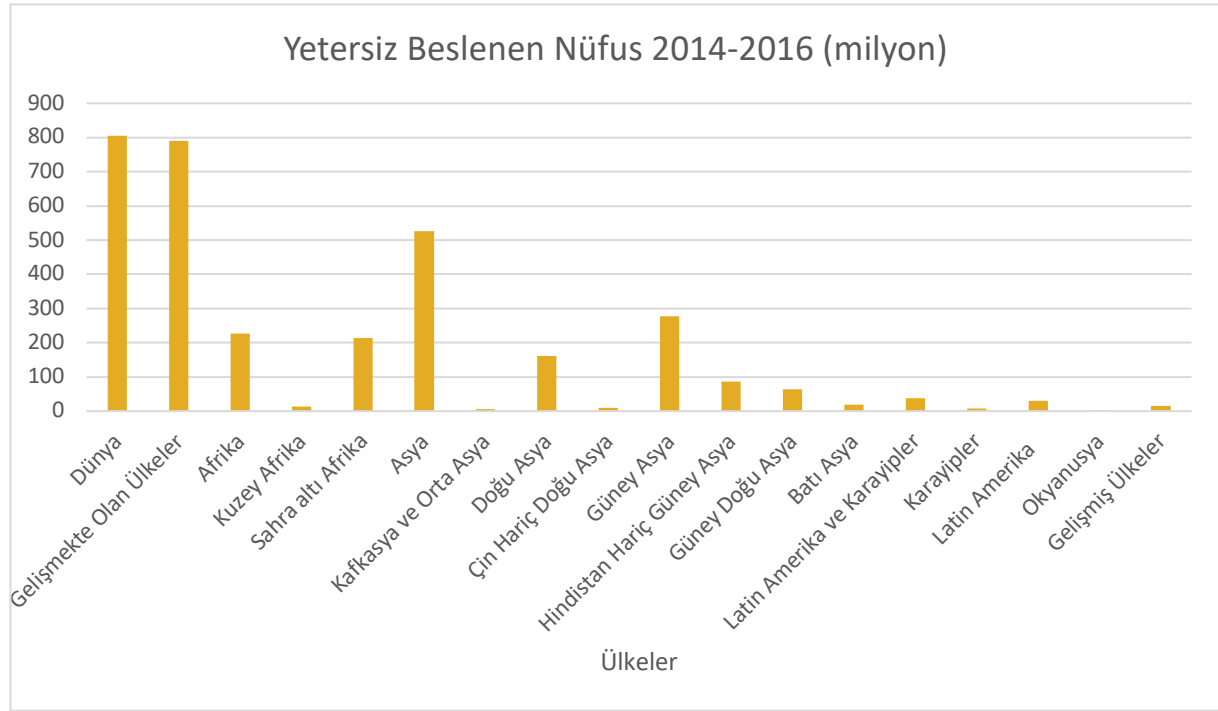
7.2. FAO Gıda Güvenliği Göstergeleri ve Hesaplama Yöntemleri

Dünyada gıda güvenliği, beslenme ve açlığın durumunu ülkeler ve bölgeler itibarıyla ortaya koymak amacıyla; FAO, IFAD, UNICEF, WFP ve WHO ortak çalışması ile hazırlanan The State of Food Insecurity in the World (SOFI) raporu 1999'dan beri yıllık olarak yayınlanmaktadır. Raporun ismi 2017 yılında "The State of Food Security and Nutrition in the World" olarak değiştirilmiştir (Koç ve ark., 2018).

2016 yılında yetersiz beslenme yaygınlığı yükselmiştir ve son on yılda kaydedilen ilerleme tersine dönerek 2012 seviyesine gerilemiştir (FAO, 2017).

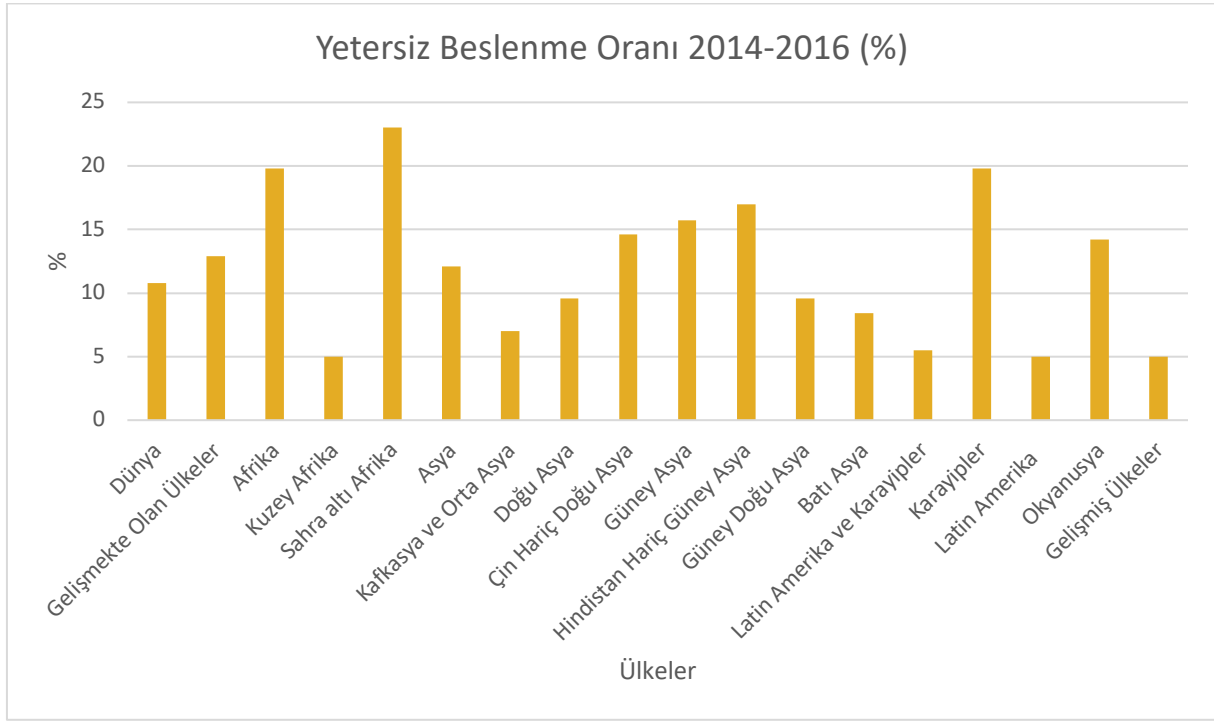
2015-2017 yılları için yetersiz beslenme yaygınlığı ortalama %10,8 olarak açıklanmıştır ve yetersiz beslenen insan sayısının 2017 yılında 821 milyon olduğu belirtilmektedir (Şekil 1) (FAO, 2018a).

Şekil 1: Küresel Yetersiz Beslenen Nüfus (2014-2016) (FAO, 2017)



Yetersiz Beslenme Yaygınlığı (POU), gıda güvencesinin erişilebilirlik ve bulunabilirlik boyutları itibarıyla ülkelerin durumunu ortaya koymak açısından kullanışlı bir gösterge olsa da endeksteki değerlerin bazı ülkeler için gerçeği yansıtmadığı ortaya konmuş, ayrıca gıda güvencesini tam olarak temsil etme konusunda yetersiz kalmış ve daha

kapsamlı göstergelere ihtiyaç duyulmuştur (Şekil 2; Van Wessenbeeck, 2017). Dünya Gıda Güvenliği Komitesi (Committee on World Food Security, CFS), FAO'nun parametrenin güncelliğini ve güvenilirliğini geliştirmeye özel önem vermesi gerektiğini belirtmiştir (CFS, 2017).

Şekil 2: Küresel Yetersiz Beslenme Oranları Yüzdesi (2014-2016) (FAO, 2018a)

Gıda güvenliği üzerindeki insan etkileri arasında demografik değişiklikler, gıda israfı, diyet değişimi, gelir ve fiyatlar, depolama koşulları, sağlık durumu ve ticaret modelleri ile ilgili çalışmalar da bulunmaktadır. Tüm bu sistemik değişiklikler karşısında, uyum stratejilerinin etkinliği belirsizdir. Gelecekteki ekonomik ve ticari ortamlar ve bunların değişen gıda arzına verecekleri tepki bu faktörler ile sıkı sıkıya bağlantılıdır. Özellikle gıda israfının azaltılması ve diyet değişimi olarak niteleyebileceğimiz hayvansal gıda tüketimindeki azalma, gıda güvenliğinin sağlanması açısından belirleyici rol oynayabilir.

Görüldüğü gibi, iklim değişikliğinin gıda güvenliği üzerindeki etkileri uyum yoluyla azaltılabilir. İklim değişikliğinin tarımsal verimi düşürmesi muhtemel olsa da karşılaşılabilecek kötü sonuçları çeşitli yollarla azaltmak mümkündür. Bu çözüm yolları arasında verimli yatırımlar çiftçilere yeni verimli teknolojiler hakkında bilgi sağlamaya yardımcı olacak bilinçlendirme ve sürdürülebilir tarımsal tercihler

geliştiren güçlü uyum stratejileri ve politikaları sayılabilir. Bu bağlamda, "iklim akıllı" gıda üretimi ve dağıtım sistemleri gibi girişimler, gıda sistemlerine yönelik teknolojiler ve adaptasyon stratejileri iklim değişikliğine uyum sağlamaya yardımcı olabileceği gibi iklim değişikliği azaltım hedeflerini de karşılayabilir.

7.3. Gıda Arzı ve İklim Değişikliğinde Tedarik Zincirinin Rolü

Kısa vadeli iklim şokları ve uzun vadeli iklim değişikliği gıda tedarik zincirinin bozulmasına neden olur. Bu bozulmaları tanımlayabilmek için;

- Gıda tedarik zincirlerinin iklim şoklarına ve değişime açıklıklarının türlerini ve belirleyicilerini analiz etmek
- Bu kırılganlıkların kentleşme, diyet değişikliği ve gıda sistemlerinin hızlı bir şekilde dönüşümüyle nasıl koşullandırılabilceğini değerlendirmek
- Çiftçilerden işçilere, distribütörlerden, girdi tedarikçilerine kadar tedarik zinciri aktörlerinin bu şokların risklerini azaltmaya ve kırılganlıklarını azaltmaya nasıl yatırım yaptığını tartışmak
- Gıda politikalarının sonuçlarını tartışmak ve geliştirmekte olan bölgelerdeki iklim akıllı gıda tedarik zincirleri araştırmalarını gözler önüne sermek suretiyle gıda arzının iklim değişikliğine olan kırılganlığı ortaya konmaktadır.

7.4. Kısa Vadeli İklim Değişikliklerinin Gıda Tedarik Zincirleri Üzerindeki Etkileri

Kısa vadeli iklim şokları, iklim kırılganlığını artırır ve tedarik zinciri boyunca çeşitli noktalarda farklı bir biçimde kendini gösterebilir. İklim-şoku oluşması beklenen ve yaşamı olumsuz etkileyeceği düşünülen enerji veya gıda güvenliği ile ilgili noktalara "sıcak noktalar" denir (Giorgi, 2006). Sıcak noktalar hem gıda depolama noktaları hem işleme noktaları hem de tarımsal üretim noktalarında ortaya çıkar. Her üretim ve depolama aşamasındaki güvenlik açığı, diğer bir deyişle tedarik zincirinde sıcak noktalarda oluşacak normal dışı koşullar belirli bir safhada oluşacak iklim şokunun türüne ve niteliklerine bağlıdır. Ayrıca, bu sıcak noktaların doğrudan tedarik zincirinde olmasının dışında ürün tedarik zincirinden

beslenen ikincil tedarik zincirleri dediğimiz tarımsal üretimi destekleyen yan unsurları da etkilemesi sonucunda gıda arzını dolaylı etkileyecektir.

Kısa vadeli iklim şoklarına karayollarında oluşan taşkınlar, normal dışı gelgit dalgası veya mevsim dışı ve şiddetli tsunamiler örnek verilebilir. Bu iklim olayları, özellikle daha uzun tedarik zincirleri boyunca ürün veya girdi akışını yavaşlatabilir ya da durdurabilir. Örneğin, Tayland'da büyük bir kümes hayvanı üretim ve işleme entegre tesisinde gerçekleşen üretim Amerika Birleşik Devletleri'nden tahıl ithalatına dayanmakta, üretim sonucunda üretilen beyaz et ürünleri ise Çin ve Rusya'ya ihraç edilmektedir. Tedarik zincirlerinden birinde operasyonun durması, sistem genelinde üretimi kesintiye uğratabilir veya maliyeti artırarak insanların o ürüne ulaşmalarını zorlaştırabilir. Bu örnekte de görüldüğü gibi günümüzde gıda arzı küresel bir biçimde sürdürülmekte ve iklim şoklarına karşı yalnız üretimin yapıldığı ülkede değil tedarik ve satış zincirindeki tüm ülkelerde zayıflıklar oluşmaktadır (Liverpool-Tasie ve ark., 2016).

Önemli bir nokta, bir tedarik zincirinin kırılganlığının, sıcak noktaların sayısı ve niteliği ile sıklıkla artmasıdır. Ayrıca sıcak noktaların sayısı ve niteliği, tedarik zincirinin yapısının, yürütülmesinin ve performansının işlevleridir. Tedarik zincirinin dönüşüm unsurları olan bu şartlandırma faktörlerini şu şekilde sınıflandırabiliriz.

- 1) Tedarik zincirinde bir sıcak noktayı ilk belirleyen faktör, tedarik alanındaki üretim riskini etkileyen fiziksel altyapıdır. Tarım alanında sulama, drenaj ve taşkın kontrol altyapısı, kuraklık ve taşkın şoklarının etkisini belirleyen en önemli faktördür. İklim değişiklikleri ve bu değişimlere bağlı ortaya çıkan sıcak noktaları tolere edecek altyapı ne yazık ki Doğu ve Güneydoğu Asya'da ve Afrika'da çok daha az bulunmaktadır (Rosegrant ve ark., 2009).

- 2) Tedarik zinciri boyunca kat edilmesi gereken coğrafi mesafedir. Üretim bölgesine uzun mesafedeki yan ve hammadde tedariği ile talep noktalarına dağıtım süresi ve mesafesinin uzun olması iklim şoklarına karşı kırılganlığı artırır. Ayrıca bu uzun tedarik zincirleri, iklim değişikliği adına çok önemli olan gıda maddelerinin karbon ayakizini de arttırmaktadır. Buna rağmen, dünyada küreselleşme sürecinde hızlı kentleşme ve iklim kırılganlığının artmasıyla daha uzun tedarik zincirlerine ihtiyaç duyulmaktadır.
- 3) Ürün depolamaya duyulan ihtiyaçtır. Ürünün bozulabilirliği veya soğuk depolamaya ya da soğuk zincir ile taşımaya duyulan ihtiyaç arttıkça, iklim şokuna karşı duyarlılık artar.
- 4) Fiziksel sermayenin sağlamlığıdır. Fiziksel sermayenin güçlü olması, tedarik zincirlerinin iklim şoklarına karşı kırılganlığının kilit unsurlarından biridir. Bu faktöre örnek olarak, son birkaç yıl içinde ülkemizde özellikle akdeniz bölgesindeki sıcak noktada bulunan ve teknolojik olmayan geleneksel zayıf seraların zarar görmesidir. Sermaye/emek oranının gıda tedarik zincirlerinde, gelenekselden modern zincirlere geçerken, kırılganlığı arttıran genel bir eğilimi vardır.

Bu eğilimin sebepleri;

- İşgücü yerine fiziksel sermaye ve teknolojinin geçmesi
- Fiziksel sermaye, tedarik zincirinde iklimin getirdiği maliyetleri, daha büyük araçlar ve entegre tesisler ve dolayısıyla nakliye sürelerini azaltarak, tedarik zincirlerinin artan maliyetini rekabeti ve sıcak nokta kırılganlığını azaltmayı sağlar
- Tedarik zincirlerinin modernleştirilmesinde artan kalite rekabeti, tedarikçilerin

alıcı gereksinimlerini ve standartlarını karşılamak için kalite ve güvenlik özellikleri elde etmek için ekipman gereksinimlerini arttırmaktadır. Tedarikçilerin ve alıcıların "sabit yatırımlara" olan ve artan bağımlılığı, bu varlıkları iklim şoklarından (örn. taşkın kontrolündeki yatırımlar gibi) korumak için teşvik edebilir.

- 5) Üretimin konumu. İklim değişikliğine olan hassasiyet, üretime karşı daha az kırılgan bir noktada üretim yapabilmekle azalabilmektedir. Ancak tedarikçiler belirli noktalarda yapılan üretimde uzun mesafede ürünü taşıyarak kırılganlığı da arttırmak istediklerinde, belirli alıcılara bağlı kalabilirler.
- 6) Büyük ve sektör devi firmalar, iklim şoklarına karşı kırılganlığı arttırabilir veya azaltabilir. Bir yandan, bir süreci birçok küçük firma yerine tek bir büyük firmada yoğunlaştırmak, süreci daha riskli hale getirebilir. Bu büyük firmalarda oluşacak herhangi bir üretim problemi, tüm pazarı olumsuz etkileyecekken küçük ve farklı pek çok firmanın üretiminin pazarda olabilmesi, bu olumsuzluğu ortadan kaldıracaktır. Ancak büyük firmalar ise daha önce bahsedildiği gibi, bir iklim şokuyla başa çıkması için gereken "eşik yatırımlarını" yapma finansmanına buna bağlı olarak da teknolojiye sahip olacaktır. Bir başka deyişle, kırılganlığı hem azaltıp hem de arttırabilir.

Sonuçta, yukarıda açıklanan sıcak noktaların belirleyicileri, yani arz bölgelerinde üretim riskini azaltmak için fiziksel altyapı, tedarik zincirinin coğrafi uzunluğu, ürünün bozulabilirliği, fiziki sermayenin yoğunluğu ve sağlamlığı, gelişmekte olan ülke gıda tedarik zincirlerinde çok sayıda "sıcak nokta" oluşturur. Aynı zamanda konumlar ve ürünler, tedarik zincirleri üzerinde çok büyük farklılıklar gösterir. Bu farklılıklar, tedarik zincirlerindeki iklim riskine yönelik çözümlerin adapte edilmesi gerektiği anlamına gelir.



7.5. Uzun Vadeli İklim Değişikliğinin Gıda Tedarik Zincirlerini Dönüştürmedeki Etkileri: Zorluklar ve Stratejiler

sektör, girdilerin kullanılabilirliğini sağlamak için uygun teknolojilerin arayışı içerisinde olabilir.

İklimin tarım üzerinde birçok olası etkisi vardır. Geçişli hava koşulları, arazi düzeyinde üretimin hem miktarını hem de üretimin kaydırılması gereken yerleri belirleyecek noktaları etkileyecektir. Değişen iklim koşullarıyla birlikte şirketler yeni üretim bölgelerinde arazi, işleme tesisleri ve ekipmana yatırımlar yaparak adaptasyon süreçlerini tamamlayabilirler.

İklim değişikliğinin beklenmedik sonuçlarından biri de, daha geleneksel tarım toplulukları ile daha girişimci gruplar arasındaki farkın artmasıdır. Bu, daha yenilikçi tarımsal üreticilerin, yeni fırsatlara erişim sağlayan politikalarla iklim değişikliğine adaptasyonun olumsuz etkilerinden bazılarının üstesinden gelebilecekleri anlamına gelir.

Benzer şekilde iklim değişikliği, kötüleşen koşullarda tarım işçilerinin zarar gören bölgelerden göç etmesine neden olabilir. Göç, zor bir süreç olmakla beraber iklim değişikliğinden muzdarip olan bölgelerde yaşayan insanlar için, daha kırılgan olmayan iklim bölgelerinde yaşamayı olanaklı kılabilir.

Sıcaklıktaki küçük değişikliklerin bile adaptasyon gerektiren önemli bir etkisi olabilir (Di Falco & Veronesi, 2014). Ayrıca, biraz daha yüksek sıcaklıklar bazı ağaçların çiçeklenmesi için gerekli olan böceklerle karşı kırılganlığı artırabilir ve soğuk günleri azaltabilir ki bu üretimin etkilenmesi anlamına gelir. Bu, değişen tarımsal iklim koşullarına daha iyi uyan yeni çeşitleri ve olumsuz yan etkilerini azaltmaya yönelik uygulamaları içerebilir. Gelişmiş ülkeler bu tür araştırma ve geliştirmeyi destekleme konusunda çaba sarf etse de, bazı gelişmekte olan ülkelerde özel

8. GIDA GÜVENLİĞİ AÇISINDAN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE KARŞI SU KAYNAKLARININ YÖNETİMİ

Tarımın temel taşlarından biri olan su tüm canlı yaşamının devamı için de kilit bir unsurdur. Tarımda yapılan sulama tarımsal üretimin niteliğini ve niceliğini arttırırken, gerekli önlemler alınmadığı koşullarda doğal dengenin bozulmasına da yol açabilmektedir (Çınar, 2006). Tarım sektörü ülkemizle beraber birçok ülkede bir numaralı su tüketici sektörüdür. Nüfus artışı ile ortaya çıkan gıda ihtiyacı ve iklim değişikliği sebebiyle azalan ve daha çok azalması beklenen su, iki büyük sorunla karşı karşıya kalmıştır. Giderek kısıtlı hale gelen su kaynaklarına talep hızla arttıkça, tarımda kullanılan su miktarı kısıtlanmakta ve dünya gıda güvenliği tehlikeye girmektedir. Dünya nüfusunun 1950’de 2,5 milyardan bugün 6,5 milyara gelmesiyle sulanan alan iki, çekilen su üç katına çıkmıştır. Mevcut kullanım düzeni ve alışkanlıklarında bir değişim olmadığı takdirde tarımda kullanılan suyun 2050 yılında %70’ten fazla artması beklenmektedir. Tarımda kullanılan su miktarı 2007 yılı itibariyle 7130 km³ olup, 2050 yılında yaklaşık iki katına çıkarak 12000-13500 km³e çıkabileceği öngörülmektedir (Molden, 2007).

İklim değişikliği sonucu meydana gelebilecek su potansiyeli azalışı ile beraber nüfus artışından kaynaklı su talebindeki artış, su kaynaklarının etkin kullanımını zorunlu kılmaktadır. Ülkemizde kullanılabilir nitelik taşıyan su kaynaklarının yaklaşık %75’inin tarım sektöründe kullanılması, özellikle tarımsal sulama uygulamalarında yapılabilecek su tasarrufunu öncelikli olarak gerektirmektedir. Son zamanlarda su kaynaklarının etkin kullanımı için tarımda özellikle damla sulama sistemlerinin yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Çakmak & Gökalp, 2011). Ülkemizde sulama sistemleri genellikle açık sistemler olarak tasarlanmaktadır. Buna bağlı olarak sulama

alanlarının büyük bir bölümünde, yüzey sulama yöntemleri kullanılmaktadır. Kullanılan bu tasarım biçimi ve sulama yöntemleri, başta buharlaşma olmak üzere su kayıplarını arttırmakta ve tarım alanlarının çevresel sürdürülebilirliğini tehlikeye atmaktadır. Bu nedenle, su kullanımının verimini arttıracak sulama teknolojilerinin yaygınlaştırılması ülkemizde en önemli gerekliliktir. Suyun tarımda verimli kullanılmasıyla birlikte buharlaşma da büyük oranda azalmaktadır. Ayrıca, iklim değişikliğinin su kaynaklarına yönelik etkin kullanımı ve tarım sektöründe yarattığı veya yaratabileceği olumsuz etkileri belirli düzeyde azaltılabilecektir (Korukçu ve ark., 2007).

8.1. Su Kaynakları Yönetimi nedir?

Dünyadaki toplam su miktarı 1,4 milyar km³ kadardır. Ancak bunun sadece %2,5’lik kısmı tatlı sulardan oluşurken geri kalanını tuzlu sular oluşturmaktadır. Tatlı suların yaklaşık %68’lik bir kısmı, kutuplarda donmuş halde bulunmaktadır. Bu nedenle işlenmesi ve kullanılması ekonomik açıdan ciddi bir külfet yaratacaktır. Yeraltı suyu kaynakları ise mevcut tatlı sularda yaklaşık %31’e tekabül etmektedir. Ancak bu suların da önemli bir bölümünün ekonomik kullanım derinliğinde olmadığı saptanmıştır (UNESCO, 2006). Tatlı suların ancak %0,3’ü yerüstü su kaynaklarında bulunmaktadır. Maalesef şu an dünyamızda 1,2 milyar insan yeterli içme suyundan yoksun olarak hayatlarını sürdürmeye çalışmaktadır. Yaklaşık 2 milyar kişi ise sağlıklı suya hasrettir. Yılda 7 milyon kişi ise su ile ilgili hastalıklardan ölmektedir. Dünyada kişi başına su tüketimi yılda ortalama 800 m³ dolaylarındadır (Kanber ve ark., 2010).

Dünyada son derece sınırlı miktarda bulunan tatlı su kaynakları, hem ülkelerin hem de insanların geleceğini belirleyecek yegâne unsurdur. Bu nedenle su kaynaklarının korunmasından işletilmesine; suyun dağıtımından uzaklaştırılmasına kadar her alanda iyi bir örgütlenmeye gidilmesi en önemli temel sorunlardan biridir. Bu bütüncül yapı ise su kaynakları

yönetimi olarak tanımlanmaktadır. Bu bütüncül yapı içinde ormanların ve meraların, kısaca doğanın korunması yer almaktadır. Diğer bir ifadeyle suyun korunması, dar bir alanın değil aksine daha bütün ekolojik sistemin korunmasını gerekli kılmaktadır. Ancak uygulanabilirlik açısından su yönetiminin havza bazında yapılabileceği gerçeği de unutulmamalıdır. (Soylu ve ark., 2006).

Su yönetiminin temel taşı su havzalarının geliştirilmesi ve korunmasıdır. Bu yüzden su kaynaklarının geliştirilerek korunması ve sonrasında kullanıma sunulması hem disiplinli bir örgütlenmeye hem de yeterli mali koşulların sağlanmasına bağlıdır. Zira suyun kaynağından düzgün şekilde alınıp kullanım alanlarına istenilen nicelik ve nitelikte temini baraj, gölet, su iletim ve dağıtım şebekesi gibi büyük yatırımlarla yapılabilmektedir. Ancak su için gerekli düzenlemeler yapılırken ülkedeki sosyo-ekonomik koşulların ve sektörel gelişmelerin de dikkate alınması, suyun arz güvenliğini arttırmada yardımcı olacaktır.

Günümüz dünyasında 1990'lı yılların başından itibaren, Bütünsel Su Kaynakları Yönetimi uygulamaları gözetilmektedir. Bu yöntemle su kaynaklarını geliştirirken ekosistemlere zarar verilmemesi, sürdürülebilir sosyo-ekonomik ve çevresel kalkınmanın sağlanmasını amaçlamaktadır. Kavramdaki "bütüncül" terimi pek çok amaç arasındaki ilişkiye atıfta bulunmaktadır (Yıldız, 2013). Küresel olarak ise günümüzde su yönetimi çerçeveleri oluşturulurken Dünya Bankası ve IMF gibi kuruluşlar da ciddi teşviklerle ülkelere yardımda bulunarak ülkelerin bunu yapmaktan başka çarelerinin olmadığı yönünde telkinlerde bulunmaktadır (Kılıç, 2008).

Dünya genelinde su hizmetlerinde belirgin bir şekilde kamu sektörünün ağırlığı bulunmakla birlikte, 1980 sonrası önemli değişiklikler yaşanmaya başlanmıştır. 1980 sonrasında, su hizmetlerinin karşılanmasında kamu yanında özel sektör de yer almaya başlamıştır.

Bu süreçte, su hizmetlerinin kamu hizmeti olduğu gerçeğinden uzaklaşma ve onu bir "ekonomik mal" olarak kabul ettirme çabaları dikkat çekmektedir. Dublin Konferansı'nda kabul edilen temel ilkelerinden "suyun ekonomik mal olarak kabul edilmesi ilkesi" bu konunun ispatı niteliğindedir (Salihoğlu, 2006; Kılıç, 2008).

8.2. Su Kaynakları ve Gıda Güvenliği İlişkisi

Gıda güvenliğini dört temel faktör ile özetlemek mümkündür. Bunlar aşağıda belirtilmektedir;

- Gıdaya erişilebilirlik
- Gıda kullanımı
- Gıda yeterliliği
- Gıda sistemindeki istikrar

Bu sınıflandırmadan da anlaşılacağı gibi gıda güvenliği toplumların kendilerini doyurabilecek kadar gıda üretilmesi, üretilen gıdaya erişebilecek ekonomik düzeyde olması, sürdürülebilir gıda sistemine sahip olması, sağlıklı depolama yöntemleri, erişilen gıdanın kalitesi, besin değeri ve hijyen koşulları olarak ifade edilebilir (FAO, 2008). İklim değişikliği sonucu meydana gelebilecek değişimler ile özellikle artan sıcaklıklar ve azalan yağışlar neticesinde sulama ihtiyacının karşılanamaması sonucu artan nüfusun da katkısıyla başta gıda erişilebilirliği, yeterliliği ve istikrarı tehdit altındadır.

Yapılan çalışmalarda, 2100 yılına kadar ülkemizin özellikle iç bölgelerinde gözlemlenen ciddi sıcaklık artışları mevcuttur. Buna bağlı olarak kış yağışlarının kar yerine daha çok yağmur olarak gözlemlendiği ve kar örtüsünün çok daha hızlı bir şekilde eriyerek yüzeysel sulara karıştığı, ayrıca yağışların yıl içerisindeki şiddet ve sıklığının da değişime uğrayacağı ve kayacağı öngörülmüştür (Büken & Güner, 2017). Yağışın daha çok yağmur şeklinde

düşmesi ile beraber kar kütlelerinin erimesi, kentsel ve tarımsal su ihtiyaçlarını yıl boyunca yüksek rakımlardaki kar eriyiklerinden temin eden bölgelerde kullanım ve sulama sularında ciddi sıkıntılara yol açabilecek potansiyele sahiptir. Hidrolojik döngüdeki bu değişim, su kaynaklarının niteliği ve niceliğinde ciddi değişikliklere neden olabilecek ve suyun hayati öneme sahip olduğu gıda üretimi başta olmak üzere, iklime bağımlı birçok sektörü etkileyebilecektir. Bunun yanı sıra Türkiye’de iklim değişikliğinden kaynaklanan yaz sıcaklıklarının artması, kış yağışlarının azalması (özellikle batı illerinde), yüzey sularının kaybı, kuraklıkların artması, toprağın bozunması, kıyılarda yaşanan erozyon, taşkın ve seller gibi etkiler doğrudan su kaynaklarının varlığını etkilemektedir (UNDP Projesi Ekibi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, İklim Değişikliği Dairesi Başkanlığı Politika ve Strateji Geliştirme Şube Müdürlüğü, 2012).

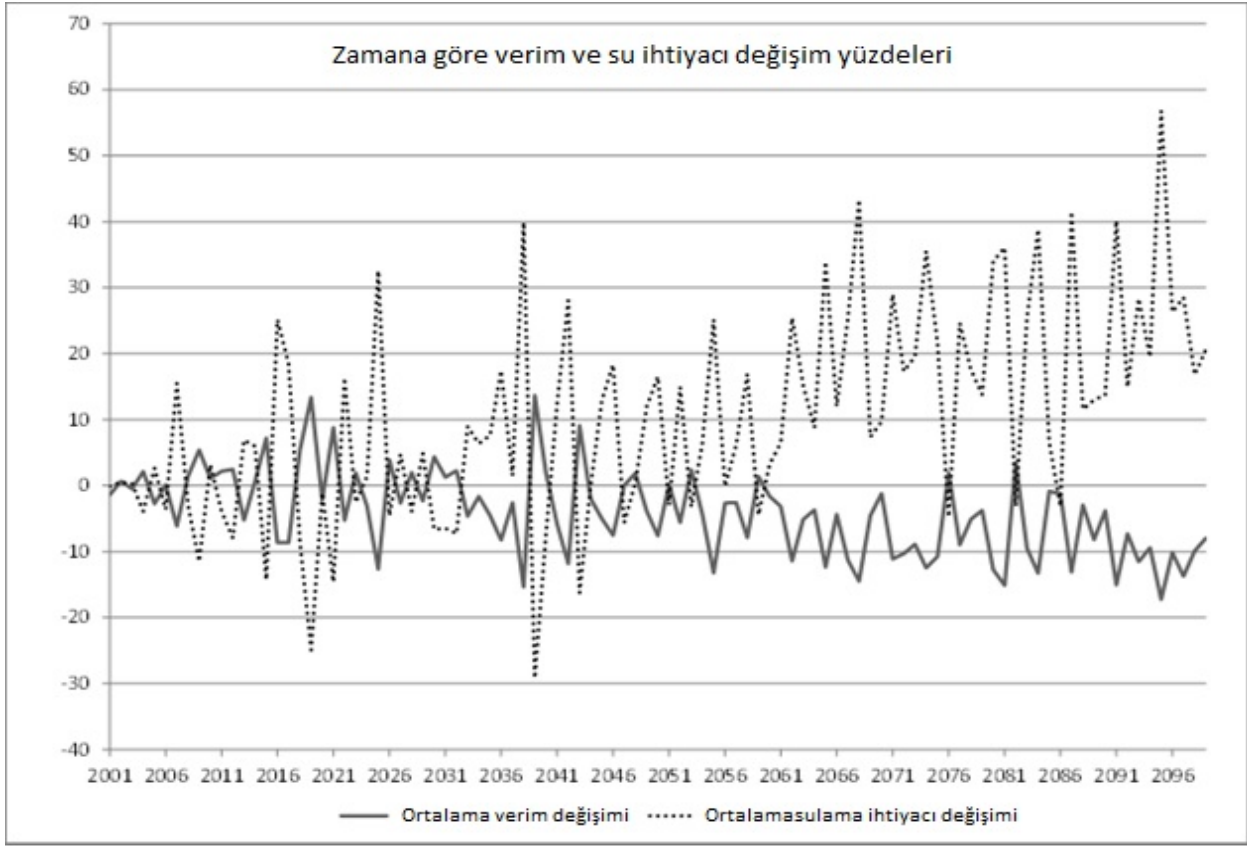
İklim değişikliğinin en ciddi etkilerinin hidrolojik döngü üzerinde olacağı ve ülkemizde iklim değişikliğinin gelecekte su kaynaklarında azalmaya neden olacağı öngörülmektedir. Örneğin, Çukurova Havzası’nda yağışlarda azalma ve sıcaklıklarda belirgin biçimde artış ve buna bağlı olarak akışlarda azalma eğilimi olduğu öngörülmektedir (Büken, 2016). Ayrıca, Gediz ve Büyük Menderes Havzaları’ndaki yüzey sularının %50’sinin bu yüzyıl içinde yok olabileceği, böylece tarımda, evlerde ve sanayide su kullanıcıları için aşırı su kıtlıkları meydana geleceği tahmin edilmektedir (Apak & Ubay, 2007).

Bu durumun sebeplerinin başında insan kaynaklı iklim değişikliği gelse bile suyun sulamada aşırı kullanımı, önüne geçilmesi gereken bir diğer önemli faktördür. Ülkemizde kullanılan toplam suyun yaklaşık olarak %70’ten fazlası sulamada kullanılmaktadır. Kullanılan sulama yöntemleri içerisinde en fazla su kaybı, ülkemizde en çok uygulanan yüzey sulama yönteminde oluşmaktadır (su kaybı %35-%60 arasında). Yağmurlama ve damla sulamada ise su

kaybı daha azdır (%5-%25 arasında) (Yıldız, 2013). Bunların dışında kaçak yeraltı suyu kullanımları, mevcut tesislerin işletmesinden kaynaklanan sorunlar, şebekelerdeki kayıp ve kaçaklar, idari ve kurumsal sorunlar ve yatırımların gecikmesi gibi çeşitli nedenlerle su kirliliğinin oluşması da iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamak için baş edilmesi gereken temel konulardır (UNDP Projesi Ekibi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, İklim Değişikliği Dairesi Başkanlığı Politika ve Strateji Geliştirme Şube Müdürlüğü, 2012).

Küresel çapta bir krizin henüz ilk emareleri ülkemizde hissedilirken, su yönetimi ve gıda güvenliği ile ilgili yapılan çalışmalar da artmaktadır. Yapılan çalışmalarda gözlemlenen öngörülerde 2100 yılına dek zamana göre verim ve su ihtiyacı değişim yüzdeleri Şekil 3’te gösterilmiştir. Sulama için gerekli su ihtiyacı giderek artarken toprağın veriminde ise zamanla düşüş gözlemlenmektedir (Dudu & Çakmak, 2017).

Giderek artan ülke nüfusu; verimsizleşen toprak ve artan sulama ihtiyacı, gıda güvenliği, ulaşımı ve miktarı açısından gerek ülkemiz gerekse dünya için gelecekte göğüs gerilmesi gereken en büyük problemlerden biri olmaya aday konumdadır.

Şekil 3: Zamana Göre Verim ve Su İhtiyacı Değişim Yüzdeleri (Dudu & Çakmak, 2017)

8.3. Su Kaynaklarının Bütüncül Yönetimi ile Alakalı Ülkemiz Politikaları

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), 2013 yılında yayınladığı son kalkınma planında su yönetimi ile ilgili olarak amaç ve hedeflerini şu şekilde tanımlamıştır:

“Su ve toprak kaynaklarının miktarının ve kalitesinin korunması, geliştirilmesi ve talebin en yüksek olduğu tarım sektörü başta olmak üzere sürdürülebilir kullanımı sağlayacak bir yönetim sisteminin geliştirilmesi temel amaçtır” (sy. 138).

Aynı raporda hedeflenen politikalar ise şu şekildedir:

- Su yönetimine ilişkin mevzuattaki eksiklik ve belirsizlikler giderilerek kurumların görev, yetki ve sorumlulukları netleştirilecek, su yönetimiyle

ilgili tüm kurum ve kuruluşlar arasında işbirliği ve koordinasyon geliştirilecektir.

- Ulusal havza sınıflama sistemi su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımına imkân verecek şekilde geliştirilecektir.
- Yeraltı ve yerüstü su kalitesinin ve miktarının belirlenmesi, izlenmesi, bilgi sistemlerinin oluşturulması, su kaynaklarının korunması, iyileştirilmesi ile kirliliğinin önlenmesi ve kontrolü sağlanacaktır.
- Ülkemiz su potansiyelinin tamamının ihtiyaçlar doğrultusunda sürdürülebilir bir şekilde kullanılması ve kullanımın tarifelenmesi sağlanacaktır.
- İklim değişikliğinin ve su havzalarındaki tüm faaliyetlerin su miktarı ve kalitesine etkileri değerlendirilerek havzalarda su tasarrufu

sağlama, kuraklıkla mücadele ve kirlilik önleme başta olmak üzere gerekli önlemler alınacaktır.

- Özel öneme sahip doğal korunan alanlar başta olmak üzere nitelikli tarım arazileri ve orman varlığını koruyacak tedbirler alınacaktır. Bu kapsamda özellikle çölleşme ve erozyona karşı mücadele etkinleştirilecek, tarımsal faaliyetlerin toprak kaynakları üzerindeki çevresel ve sosyal etkileri izlenerek önleyici tedbirler yoğunlaştırılacaktır.
- Güncel ve sağlıklı arazi bilgilerine ulaşabilmeyi teminen, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanılarak Ulusal Toprak Veri Tabanı oluşturulacak ve arazi kullanım planlaması yapılarak tarım başta olmak üzere toprağın etkin kullanımı sağlanacaktır.
- Sulamada sürdürülebilirliğin sağlanması açısından yeraltı su kaynaklarına yönelik miktar kısıtlaması, farklı fiyatlandırma gibi alternatifler geliştirilecektir.
- Sulama birliklerinin çalışma süreçleri gözden geçirilecek, sistemin daha etkin hale getirilmesi yönünde alternatifler oluşturulacaktır.

İklim değişikliğinin etkilerine uyum kapsamında su kaynaklarının yönetimi politikalarının uyumlanması ihtiyacı ülkemizde görülmüş olup; havza bazında su yönetimi, sektörler arası su dağılımı, su tasarrufu, talebin yönetimi, su kullanımının kontrolü, gözlem ağının genişletilmesi, büyük hacimli yapay depolama yapılarının artırılması gibi konular öncelikli olarak değerlendirilmeye alınmaktadır. Küresel iklim değişikliğinin etkisinde ve su kaynaklarının planlanması ve yönetilmesi çalışmalarında, son yıllarda giderek daha çok gündeme getirilen "belirsizlik" kuramından yararlanılması düşünülmektedir. İklim değişikliğinin etkisi altında su kaynaklarının gelecekteki durumunu öngörebilmek adına bitki örtüsünde ve arazi kullanımında gözlemlenmesi muhtemel değişimlerin daha net ve doğru şekillerde tespiti gerekmektedir. Bu çerçevede, bu alanda yapılan etüt çalışmalarına, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve

Uzaktan Algılama Teknolojileri'nden yararlanılarak, gereken önem verilmelidir.



9. TÜRKİYE’NİN TARIMSAL KURAKLIKLARLA MÜCADELE POLİTİKALARI

Özellikle Türkiye’nin de içerisinde yer aldığı Akdeniz ülkelerinde, iklim değişikliğinin etkilerinin de hissedilmesi ile beraber, doğal olaylara bağlı olan kuraklık ve insani müdahalelerin de etkili olduğu su kıtlığı durumları genellikle aynı dönemde olduğundan bu iki kavram sıklıkla karıştırılmakta ve birbirleri yerine kullanılmaktadır. Su kıtlığı, su kaynaklarının uzun vadeli ortalama gereksinimleri karşılama konusundaki yetersizliğidir. Kuraklık ise; yağışların kaydedilen normal düzeylerin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu arazi, su kaynakları ve üretim sistemlerini olumsuz olarak etkileyen ve ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan tabii bir olaydır. Başka bir deyişle, "kuraklık" yağış azlığı sebebiyle su durumunda geçici bir düşüş anlamına gelirken "su kıtlığı" su talebinin sürdürülebilir şartlarda yararlanılabilir su kaynaklarının kapasitesini aştığı anlamına gelir. Bu anlamda kuraklık olayının bir afete dönüşmesi, insani faaliyetlerin doğal denge üzerine yaptığı müdahalelerle daha da kolay bir hale gelmektedir. Kuraklık kavramı farklı şekillerde ifade edilebilir (Bayramin, 2008).

Kuraklık: Yağışların kaydedilen normal düzeylerin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu arazi, su kaynakları ve üretim sistemlerini olumsuz olarak etkileyen ve ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan tabii bir olaydır.

Meteorolojik Kuraklık: Yağışların belirli bir zaman periyoduna ait normallerinden (genellikle en az 30 yıllık) açığa çıkan sapma olarak ifade edilir.

Tarımsal Kuraklık: Toprakta bitkinin ihtiyacını karşılayacak miktarda su bulunmaması tarımsal kuraklığı ifade eder.

Hidrolojik Kuraklık: Uzun süren yağış azlığından dolayı kaynak seviyeleri, yüzey akış, yeraltı suyu ve toprak nemi gibi hidrolojik sistemde meydana gelen azalmalar hidrolojik kuraklığı ifade eder.

Kuraklık Yönetim Planı: Muhtemel kuraklık risklerinin olumsuz etkilerinin kontrolü ve kuraklık problemlerinin çözümüne yönelik olarak kuraklık öncesinde, esnasında ve sonrasında alınacak tedbirleri ihtiva eden yönetim planını ifade eder (Türkeş, 2014).

Kriz Yönetimi: Kriz süresince uygulanan, durumu normale döndürmeyi amaçlayan geçici bir yönetim biçimidir (Ulusal Kuraklık Yönetimi Strateji Belgesi ve Eylem Planı, 2007-2013).

Ülkemizde kuraklık yönetimi çerçevesinde muhtelif çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların büyük kısmı tarımsal kuraklık ekseninde gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında kuraklık durumunda, illerin içme suyu ihtiyacını karşılama maksatlı çalışmalar da (yeraltı suyu kuyularının açılması, havzalar arası su transferi yapılması, vb.) yapılmıştır. Kuraklık afetini deprem gibi diğer doğal afetlerden ayıran en önemli özellik, başlangıç ve bitiş zamanının kesin bir şekilde tespit edilmesinin çok zor olmasıdır. Bu sebeple ülkemizde de kuraklık afetinin zararlarını azaltmak ve gerekli tedbirleri alabilmek için erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Tarımsal kuraklıkla ülke çapında mücadele etmek adına kısa, orta ve uzun vadeli önlemler alınmakta, kuraklığın etkilerini sürdürülebilir olarak azaltmak için eylem planları devreye sokulmaktadır. Türkiye Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı 2008-2012 tarihleri arasında uygulanmış ve 2013 yılında 2013-2017 yıllarını kapsayacak şekilde revize edilmiştir. Kuraklığın zararlarının azaltılması için yalnızca tarımsal kuraklık ile mücadele etmek yeterli değildir. Meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık bir bütün içinde ele alınmalı ve kurumsal kapasite bu yönde geliştirilmelidir. Bu sayede kuraklık afetinden etkilenen her sektör için sürdürülebilir çözümler

geliştirilebilir ve sosyo-ekonomik fayda sağlanabilir. Bu anlamda birbirini tamamlar nitelikteki tedbirlerin ilgili kurum ve kuruluşlarca uygulanmasının sağlanması gerekmektedir.

9.1. Dünyada Kuraklığın Belirlenmesinde Kullanılan İndeksler

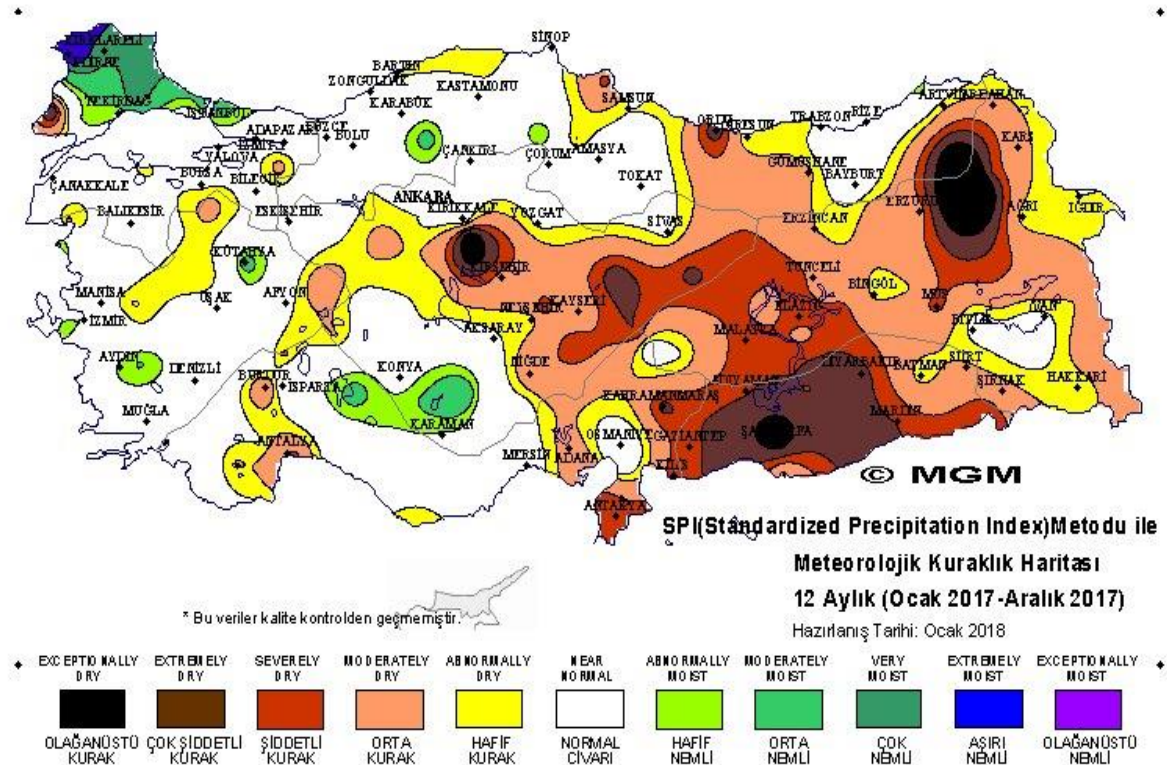
- Normalin Yüzdesi İndeksi (Percent of Normal Index)
- Standart Yağış İndeksi (Standardized Precipitation Index - SPI)
- PALMER Kuraklık Şiddet İndeksi (PALMER Drought Severity Index - PDSI)
- Bitki Nem İndeksi (Crop Moisture Index - CMI)
- Yüzey Suyu Temini İndeksi (Surface Water Supply Index - swazee)
- Kuraklık İslah İndeksi (Reclamation Drought Index)

- Onda Birler Metodu (Deciles Method)
- Keetch-Byram Kuraklık İndeksi (Keetch-Byram Drought Index)
- Vejetasyon Durum İndeksi (Vegetation Condition Index)
- Aydeniz Kuraklık İndeksi

9.2. Türkiye Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Tarafından Kullanılan Kuraklık İndeksleri

- Standart Yağış İndeksi (Standardized Precipitation Index- SPI)
- PALMER Kuraklık Şiddet İndeksi (PALMER Drought Severity Index - PDSI)
- Normalin Yüzdesi İndeksi (Percent of Normal Index - PNI)
- Aydeniz Metodu

Şekil 4: Standart Yağış İndeksi (SPI) Metodu ile 2017 Yılı Kuraklık Analizi (MGM, 2018)



İki saptama yöntemi arasında bölgesel bazda birtakım değişiklikler gözlenebilmektedir. En belirgin farklılık Antakya ilinde SPI Metodu ile yapılan hesaplamada şiddetli kurak olarak belirlenmiş iken PNI Metodu ile orta şiddette kurak olarak hesaplanmıştır. Eş zamanlı farklı kuraklık indekslerinin kullanılmasının ana sebebi budur. Bu hesaplamalar ve modellerden yola çıkarak Türkiye Kuraklıkla Mücadele Eylem Planı hazırlanmıştır.

Görüldüğü gibi yakın gelecekte ülkemizde hem meteorolojik kuraklıkların görülmesi hem de bu kuraklıkların tarımsal ve hidrolojik kuraklıklara dönüşmesi riski artmaktadır (Kurnaz, 2014).

Türkiye'nin tarımsal kuraklıkla mücadele politikalarının ilk adımı geçmişten günümüze yapılan eylem planlarıdır. Eylem planlarının gayesi ise;

- Yeterli kapasiteye ulaşmış kurumsal bir yapıyı geliştirmek
- Mücadeleyi bütüncül ve kapsamlı bir plan dahilinde yapmak
- Tarım sektörünü kuraklıktan en az etkilendiği bir yapıya ulaştırmaktır.

9.3. Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı Faaliyetleri

Eylem Planı'nda yer alan faaliyetler, yukarıda belirtilen strateji temelinde, ana gelişme eksenleri ve öncelikler kapsamında gruplanarak hazırlanmıştır.

1. Kuraklık Risk Tahmini ve Yönetimi

- Tarımsal kuraklık tahminlerine dayalı kriz yönetimi uygulanacaktır.

2. Sürdürülebilir Su Arzının Sağlanması

- Potansiyel su tutma kapasitesi arttırılacaktır.
- Su iletim kanalları modernize edilecek, su depolama ve iletim kanallarının idame ve yenileme yatırımları zamanında yapılacaktır.

- Atıksuların toplanması ve arıtılmış atık suların tarım ve sanayide tekrar kullanımına yönelik tedbirlerin alınması sağlanacaktır.
- Yeraltı sularının etkin yönetimi sağlanacaktır.

3. Tarımsal Su Talebinin Etkin Yönetimi

- Tarım havzaları belirlenerek tarımsal ürünlerin en uygun yetiştirme alanları, su varlıkları da dikkate alınarak tespit edilecek ve tarımda su kullanımı azaltılacaktır.
- Sulama iletim sistemleri modernize edilecektir.
- Tarımsal amaçlı yeraltı sularının etkin kullanımı sağlanacaktır.
- Bitkisel ve hayvansal üretim politikaları kuraklık riski göz önüne alınarak uygulanacaktır.

4. Destekleyici Ar-Ge Çalışmalarının Hızlandırılması ve Eğitim/Yayım Hizmetlerinin Arttırılması

- Kuraklıkla mücadeleyi destekleyici Ar-Ge çalışmaları hızlandırılacaktır.
- Başta çiftçiler olmak üzere ilgili kesimlere yönelik eğitim ve yayım hizmetleri arttırılacaktır.

5. Kurumsal Kapasitenin Geliştirilmesi

- Tarımsal kuraklıkla etkin mücadele için gerekli yasal düzenlemeler yapılacak ve kurumsal yapılanma güçlendirilmesi
- Orman dışı yangınlarla mücadelede gerekli kurumsal kapasite geliştirilmesi

9.4. Eylem Planı İçerisinde Belirlenen Tedbirler

9.4.1. Kuraklık Öncesi Yapılması Gereken Çalışmalar

- Kuraklık yönetimini sağlamak maksadıyla kurumsal ve teknik kapasiteye yönelik temel ihtiyaçların belirlenmesi

- Nehir havzasının karakteristikleri ve arazi kullanımı dikkate alınarak kuraklık şiddetinin belirlenmesinde kullanılacak kuraklık indisi ve göstergelerinin belirlenmesi
- Kuraklık tahmin ve erken uyarı sistemlerinin oluşturulması
- Her havza için kuraklık haritaları ve kuraklık yönetim planlarının hazırlanması veya geliştirilmesi
- Havza ölçeğinde kuraklık yönetiminin yapılmasını düzenleyen yasal mevzuatın hazırlanması ve geliştirilmesi
- Kuraklık envanterinin oluşturulması ve geliştirilmesi
- Nehir havzası içinde çeşitli alan kullanımlarını öngören fiziki planların hazırlanması veya geliştirilmesinde kuraklık etkilerinin dikkate alınması
- Muhtemel kuraklık olaylarının sektörlere olumsuz etkisini en aza indirecek önlemlerin geliştirilmesi
- Tarımsal ürün verimi sigorta sisteminin hazırlanması ve geliştirilmesi
- Kuraklık yönetiminin her aşamasında görev alan ilgili personelin ve halkın eğitimi, bilgilendirilmesi ve halkın katılımının sağlanması
- Suyun tasarruflu kullanılmasına yönelik eğitim faaliyetlerinin yapılması
- Su fiyatlandırma ve önceliklendirme politikalarının kuraklık durumunda oluşması beklenen su arzı ve talebi arasındaki dengesizliğin düzenlenmesi amacıyla geliştirilmesi
- Kuraklık esnasında uygulanmak üzere kurum ve kuruluşlara ait acil eylem planlarının hazırlanması
- Havzalar arası su transferi projelerinin hazırlanması aşamasında havzada yaşanmış kuraklıkların göz önünde bulundurulması
- Hidrolojik izleme istasyonlarının, tahmin ve izleme sistemlerinin kurulması

- Yağmur suyu hasadı ve gri su kullanımının teşviki ve yaygınlaştırılması
- Tarımsal sulama sistemlerinde su tasarrufu sağlayan modern sulama sistemlerine geçilmesi
- Havzalarda yeraltı suyu seviyelerini izlemek için yeterli sayıda rasat kuyularının açılması
- Daha az su tüketen bitki türlerinin teşvik edilmesi
- Havzaya uygun bitki deseni seçiminin sağlanması
- Arıtma tesislerinin sayısının artırılması, işletilmesinin verimli şekilde sağlanması ve atıksuyun geri kazanılması
- Konvansiyonel yöntemlerle arıtılmış atıksuların ileri arıtım sistemlerinden geçirilerek sulama maksatlı kullanılmasının yaygınlaştırılması ve arıtma tesislerinin modernizasyonu
- Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı'nda yer alan çalışmaların yürütülmesi
- Su iletim ve dağıtım sistemlerinde kayıp ve kaçakların mümkünse önlenmesi veya azaltılması
- Kaliteli ve yeterli miktarda içme suyu temininin sağlanması
- Su temin ve depolama tesislerinin kurak dönemlerde kullanılmak üzere mevcut durumu ile ilgili çalışmaların yapılması
- Orta ve uzun vadeli tahmin kapasitesinin geliştirilmesi ve benzeri çalışmaların yapılması
- Hayvan içme suyu göletlerinin artırılması
- Tarımsal sulama aboneliklerine ilişkin şartların disipline edilmesi.

9.4.2. Kuraklık Esnasında Yapılması Gereken Çalışmalar

- Kuraklık seyrinin tahmini ve uyarıların yapılması
- Kurum ve kuruluşlar tarafından hazırlanan Kuraklık Acil Eylem Planları'nın uygulanması

- Su temin ve depolama tesislerindeki kuraklık durumuna uygun şekilde hazırlanan işletme planlarının uygulanması
- Kuraklık yönetiminin her aşamasında görev alan ilgili personelin ve halkın eğitimi, bilgilendirilmesi ve halkın katılımının sağlanması
- Sağlık ve yardım hizmetleri
- Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı'nda yer alan çalışmaların yürütülmesi.

9.4.3. Kuraklık Sonrasında Yapılması Gereken Çalışmalar

- Sektörler üzerindeki zararın tespiti
- Kuraklıktan etkilenen sektörlerle etkilerin boyutları dikkate alınarak gerekli desteklerin sağlanması
- Kuraklık yönetiminin her aşamasında görev alan ilgili personelin ve halkın eğitimi, bilgilendirilmesi ve halkın katılımının sağlanması
- Kuraklıktan sonra meydana gelebilecek ciddi ve yıkıcı hasarların iyileştirilmesi için bütün kurum, kuruluş ve sektörleri ilgilendiren Kuraklık Sonrası İyileştirme Planları'nın hazırlanması
- Su temin ve depolama sistemlerinin gözden geçirilmesi

9.5. Kuraklık Yönetimini Etkileyen Şartların Sistematik Olarak İncelendiği Güçlü Yönler

- Güçlü teşkilat yapısına sahip köklü kuruluşların varlığı
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın kuraklık yönetimine dair sahip olduğu yetki
- Ülkemizin farklı disiplinlerde uzman insan kaynağına sahip olması
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın kuraklık ile ilgili faaliyet alanlarında ulusal ve uluslararası odak noktası olması

- Yeniliklere açık ve dinamik bir yapıya sahip olunması
- İletişim ve teknolojik altyapının güçlü olması
- Son dönemde havza bütünlüğünü esas alan planlamaların yapılması
- Havza ölçeğinde kuraklık yönetim planlarının yapılmasına başlanması
- Havza koruma eylem planlarının hazır ve nehir havzası yönetim planlarının hazırlanmakta olması
- Havza yatırımlarına devletçe sağlanan finansmanda yaşanan son yıllardaki artış
- Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından "Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı"nın yürütülmesi.

9.6. Kuraklık Yönetimini Etkileyen Şartların Sistematik Olarak İncelendiği Zayıf Yönler

- Verilere ulaşmada yaşanan güçlükler
- Koordinasyon konusunda sıkıntıların yaşanması
- Yasal mevzuattaki boşluklar
- Havza yönetimi ile ilgili politika ve stratejilerdeki yetersizlikler ve havza bazı sektörel yatırım politikaları arasında eşgüdümün sağlanamaması
- Paydaşların katılımının ve yerel sahiplenmenin sağlanmasındaki yetersizlikler
- Havza düzeyinde veri bilgi sistemi eksikliği
- Havza projeleri ve faaliyetlerini önceliklendirme ölçüt ve yöntemlerindeki yetersizlikler
- Havza çalışmalarının eşgüdümlü yürütülmesine temel oluşturacak üst düzey planların tamamlanmamış olması
- Geçmiş kuraklıkların etkilerine ait verilerin yeterli olmaması
- İlgili ve sorumlu kuruluşların çoğunda kuraklık üzerine çalışan birimlerinin eksikliği

9.7. Eylem Planlarında Oluşması Muhtemel Fırsatlar

- Havza Ölçekli Kuraklık Yönetim Planları'nın hazırlanması
- Dünyada ve ülkemizde sürdürülebilir kuraklık yönetimi konusunda toplumda farkındalığın artması
- Tarımsal sulama sistemlerinde su tasarrufu sağlayan modern sulama sistemlerinin desteklenmesi
- Tarımda Su Kullanımının Etkinleştirilmesi Programı kapsamında, tarımsal desteklerin tarım havzaları bazında ürün deseni ile uyumlu bir şekilde mevcut su imkanları göz önünde bulundurularak belirlenmesinin ardından çalışmaların başlaması
- İklim değişikliğinin gündemde olması
- Kuraklık yönetimi konusunda bilimsel ve akademik araştırmaların artması
- Yukarı havzalarda göç sebebiyle insan kaynaklı baskıların azalması
- Bilgiye erişim ve gelişen bilgi teknolojilerinden faydalanma imkânı (CBS, vb.)
- Toplumda doğal kaynaklar ve çevrenin korunması ile ilgili farkındalığın artması
- Sivil toplum örgütlerinin katkı ve etkinliklerinin artması
- Politik ilgi ve desteğin artması
- Kurumlarda katılımcı yaklaşımın gelişmekte olması
- Su havzaları yönetiminin önem kazanması
- Kentsel dönüşüm yasası kapsamındaki düzenlemeler
- Kamu kuruluşları dışındaki paydaşların (STK'lar, bilim kuruluşları, vb.) bütünsel havza yönetimi.

9.8. Eylem Planlarında Oluşması Muhtemel Tehditler

- Kamu hedefleri ile özel sektörün menfaatleri arasında çatışma
- Nehir havzalarında ve nehirlerin su toplama havzalarındaki düzensiz yapılaşma
- Tarım alanlarında çiftçilerin aşırı yerüstü ve yeraltı suyu tüketimi
- Kentlerde ve kırsalda eğitimsizlik ve bilgisizlikten kaynaklanan aşırı su tüketimi ve su tasarrufuna gidilmemesi
- Sanayileşmenin bir sonucu olarak doğal çevre (hava-su-toprak) kirliliğinde yaşanan artışın, küresel ısınma ve tüketilebilir su kaynaklarını olumsuz yönde etkilemesi
- Nehir havzalarının yapılaşmaya açılması ve nehirlerin su toplama havzalarının yeterince korunamaması
- Nüfus artışının ve hızlı şehirleşmenin getirdiği daha fazla yerleşim alanı oluşturma zorunluluğu sonucu doğal yaşam alanlarının tahribi
- Tarımsal nüfusun kentlere göçü sonucunda kentsel nüfustaki artış
- Tarım arazilerinin farklı sektörlerin kullanımına açılması
- Akiferlerde düşüm, kaynak debilerinde azalma, akarsu akımlarında azalma-kuruma, göl ve bataklık alanlarda su çekilmesi
- Su kaynaklarındaki su kalitesinin bozulması
- Suyun plansız kullanımı ile ekolojik akışın sağlanamaması, akarsu ve sulak alan ekosistemlerin bozulması (GTHB, 2018).

Türkiye kuraklık ile mücadele politikalarını geliştirmeye eylem planları ile devam etmekte olup 2018-2022 eylem planı ile etkin bir biçimde hareket etmektedir.



10. TARIM İÇİN ÖNEMLİ ALT UNSURLAR

Arazi, küresel sera gazı çevrimlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Araziden salınan ya da arazide tutulan sera gazları karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve azot oksittir (N₂O). Arazi kullanım faaliyetleri, bu tür sera gazlarının atmosfere salınmasına veya sera gazlarının atmosferden uzaklaştırılmasına neden olabilir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, arazi kullanımının orman ve okyanusların sürdürülebilir yönetiminin yanı sıra diğer karasal, kıyı ve deniz ekosistemlerinin teşvik edilmesi de dahil olmak üzere, iklim değişikliğinin azaltılmasına önemli ölçüde katkıda bulunabileceğini kabul ediyor. Sözleşme ayrıca, arazi kullanımının iklim değişikliğine uygun şekilde adapte olabilmesi için önlemler alınması gerektiğini ve bunun da gıda üretiminin tehdit edilmemesi için özellikle önemli olduğunu belirtiyor (Dogan, 2011).

10.1. Ormansızlaştırma ve Orman Miktarının Azaltımına Karşı Önlemler (REDD)

Ormanlar ve ağaçlar karbonu depolar. Yakıldıklarında veya kesildiklerinde -ormansızlaşma olarak adlandırılan bu işlem sonucunda- bu depolanan karbon atmosfere karbondioksit olarak geri salınır ve iklim değişikliğine katkıda bulunur. Ormansızlaşma, insan faaliyetlerinden kaynaklanan karbondioksit emisyonlarının yaklaşık %12'sine katkıda bulunur. Bu rakam, şu anda büyük ölçüde degradasyona uğrayan ve ormanlardan on kat daha fazla karbon içerebilen tropikal turbalar da dahil edildiğinde, %15'e yükselir (DeFries, 2016). Son on yılda, en büyük ormansızlaşma tropik bölgelerde meydana gelmektedir. Ölçülmesi zor olsa da, mevcut küresel tahminler 2000-2010 yılları arasında yıllık 13 milyon hektar (İngiltere'nin büyüklüğünün yarısı kadar olan bir alan) bir kayıp olduğunu gösteriyor. Ormanı yok eden nüfusun amacının, ailelerini beslemek ve tarım

alanlarının soya gibi yüksek değerli ürünler üreten monokültür çiftlikleri haline getirmek olduğu bilinmektedir (Koglo, 2018). Bilim insanları, iklim değişikliğiyle mücadelede ormanları korumanın değerini bilmektedir. Buna cevaben, politika yapımcılar ormanları korumak için hükümetlere, tarım işletmelerine ve topluluklara mali bir teşvik sağlamak amacıyla toplu olarak Ormansızlaşma ve Bozulma Kaynaklarından Azaltma (REDD) olarak bilinen bir politika geliştirmiştir. Bu politika REDD olarak isimlendirilmiştir. İklim Değişikliği Karbon Proje ve Piyasası Terimler Sözlüğü, REDD olarak adlandırılan bu iklim politikasını ormansızlaşma ve orman alanlarının bozulmasından kaynaklanan emisyonların azaltılması olarak terimler sözlüğüne almıştır. Genel olarak, ormansızlaşmadan ve toprak bozunumundan kaynaklanan emisyonların azaltılması, ormanlardaki (genellikle tropik yağmur ormanları) ve turba alanlarındaki mevcut karbon stoklarını korumaya yönelik etki azaltıcı eylemler olarak tanımlanmıştır. Bu yaklaşım proje bazlı çalışmalara ilave katkı sağlamaya yöneliktir.

Bu politikalar yalnızca karbon emisyonlarını azaltmakla kalmayıp aynı zamanda -tropik ormanların tür bakımından en zengin karasal yaşam alanı olduğu göz önüne alındığında- biyolojik çeşitliliğin korunması açısından faydalar sunmaktadır. Yerel halkın REDD sürecine uygun bir şekilde dahil olduğu yerlerde kırsal yoksulluğun hafifletilmesine de yardımcı olunabilir. Daha yakın bir zamanda REDD, yalnızca ormansızlaşmayı ve bozulmayı azaltmanın ötesinde daha geniş faydalar içerecek şekilde gelişmiştir. REDD + olarak adlandırılan genişletilmiş kapsam, ormanları daha sürdürülebilir bir şekilde yönetme ve daha büyük koruma çabaları sağlama hareketlerini içermektedir. REDD politikaları, Birleşmiş Milletler (UN-REDD) ve Dünya Bankası tarafından yönetilenler de dahil olmak üzere, çeşitli mekanizmalar yoluyla işlemektedir. REDD finansmanı ayrıca uluslararası iklim değişikliği müzakerelerinde dikkate alınmakta ve uluslararası iklim finansmanı tartışmalarının kilit bir bileşeni olmaya devam

etmektedir. REDD kapsamında orman koruma ödemeleri gelişmiş ülkeler tarafından gelişmekte olan ülkelere yapılmaktadır ve ormansızlaşma azaltma performansına bağlıdır. Uzmanlar REDD'in CO2 emisyonlarını nasıl önemli ölçüde azaltabileceğini ve biyolojik çeşitlilik kaybını engelleyebileceğini göstermiş olsa da problemsiz değildir. Bazı gelişmekte olan ülkeler, arazi kullanım politikalarında dış müdahaleye karşı dikkatli olabilirler. Araştırmacılar, aynı zamanda ormansızlaşma oranlarını izleme ve ölçmedeki zorluklar veya ormansızlaşmadaki değişiklikleri REDD finansmanı ile ilişkilendirmek gibi operasyonel endişeleri de vurgulamaktadır. Birçok tropik orman ülkesi bu zorlukların üstesinden gelebilecek yeteneklerden yoksundur. Sonuç olarak, kapasite geliştirme REDD'in önemli bir bileşenidir.

10.2. Arazi Toplulaştırması Uygulamalarının Etkileri

İklim değişikliği ve gıda arzı tehlikelerinden yüksek derecede etkilenecek olan ülkeler, başta çok parçalı ve küçük aile işletmelerine hizmet eden yapıda olduğu bilinen gelişmekte olan ülkelerdir.

Çok parçalı arazilerin, hem altyapı hem de doğal kaynak kullanımı bağlamında verimsiz olmasından dolayı iklim değişikliklerinde arazi kullanımı anlamında da dolaylı olarak ele alınması gerekmektedir.

Arazi toplulaştırması, küçük ve şekilsiz tarım arazilerinin birleştirilmesi açısından çok önemli faydalar sağlamaktadır. Toplulaştırma ile küçük parseller bir araya getirileceği için işletme merkezi ile parseller arasındaki uzaklık kısaltmakta ve buna bağlı olarak tarla içi ulaşım ile ilgili emisyon azalması ve yakıttan tasarruf sağlanmaktadır. Ayrıca parsel sayısı azaldığı, şekilleri düzeldiği ve büyüklükleri arttığı için verimlilik artmakta ve tohum, gübre, ilaç gibi tarımsal girdilerde de kayıplar azalmaktadır. Bu kayıpların

azalması her bir tarımsal girdinin üretilmesi esnasında oluşan emisyonun da azalması anlamına gelmektedir.

Parseller büyümesiyle yola ve kanala sınırı olacak bu da sulama sonucu kullanılan suyu ve ulaşım randımanını arttıracaktır. Kırsal alana yönelik olarak; çevre koruma, erozyonu önleme, ağaçlandırma, köy yenilemesi, her türlü yolların planlaması, köy imar planlarının yapılması, arazi kullanım planlarının hazırlanması gibi tüm hizmetler toplulaştırma projeleri ile birlikte planlanıp uygulanabilmesi sonucunda kırsal kalkınma ve iklim değişikliğine eş zamanlı katkı sağlanabilecektir.

Toplulaştırmaz sulama projelerinde kanalların ve yolların planlanması ve uygulanması, parsel sınırlarına bağlı kalmakta ve mümkün oldukça sınırlardan geçirilmektedir. Parseller küçük, şekilleri düzensiz olduğundan kanal boyları gereğinden fazla uzamakta, bu da tesis maliyetini yükseltmektedir. Hâlbuki sulama projeleri toplulaştırılarak uygulandığı takdirde, parsel sınırlarına bağlı kalmadan en ekonomik şekilde sulama, yol ve tahliye planlaması yapıldığından, yatırım maliyetlerinde %40'lara varan oranlarda tasarruf sağlanmaktadır. Su israfı en aza indirilmekte, sulama oran ve randımanı artmaktadır (Türker, 2015).

11. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ETKİLERİ AÇISINDAN TÜRKİYE'DE TARIM HAVZALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Tarım havzaları, ekolojik benzerlik gösteren, ülkenin idari yapılanmasına uygun olarak yönetilebilir büyüklüklerde sınırlandırılmıştır ve tarım ürünlerinin

ekolojik ve ekonomik olarak en uygun yetiştirilebildiği bölgeleri ifade etmektedir.

İklim değişikliğine uyum çerçevesinde İklim Değişikliği 5. Ulusal Bildirimi'nde, 2009 yılında başlanan Türkiye Tarım Havzaları Projesi kapsamında iklim, toprak ve topoğrafya verilerine göre belirlenen 30 tarım havzasında, ürünlerin ekolojik isteklerine göre en uygun havzada ekimi teşvik edilmiştir.

Şekil 5: Türkiye Coğrafyasında Tanımlanan 30 Ana Havza (T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 2009)



Projenin amacı, yöre halkının katılımıyla üretim zinciri boyunca çevreye zarar vermeyen tarımsal projelerin geliştirilerek uygulanması ve çok yönlü tarımsal uygulamaların diğer sektörlerle entegrasyonunun sağlanması neticesinde toplam refahı maksimize etmek, tarımda sürdürülebilirliği sağlamak, üreticilerin ticari fırsat alanlarını genişletmek için kırsal ticaret kapasitesini geliştirmek ve iklim değişikliğine karşı ürünlerin verimliliklerini arttırmaktır. Belirlenen tarım havzalarına ilişkin veri tabanı (tarım envanteri) oluşturularak toplam 527.782.613 veri, sisteme kaydedilmiştir. Havza bazında ürün ekim alanlarının, ürün destek miktarının ve tarımsal ürün ithalat ve ihracat miktarlarının belirlenmesi amacıyla optimizasyon teknikleri kullanılarak çözüme ulaşılmasını sağlayan bir karar destek sistemi

kurulmuştur. 2009 yılından bu yana takip edilen bu projede her yıl bilgisayar modellemeleri ile 30 farklı tarım havzası için gerek iklimsel gerek ekonomik açıdan verimleri optimize edilerek belirlenen ürünler ile vatandaşa devlet teşvikleri de verilmektedir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013).

Belirlenen tarım havzalarının iyileştirilmesi ve iklim değişikliği ile uyumlanması kapsamında yapılan akademik çalışmalar her geçen gün artmaktadır. İklim değişikliğinin tarım üzerinde yaratabileceği etkileri anlayabilmek adına kullanılan göstergelerden yılın ilk ve son don tarihleri ve bitkilerde büyümenin tetiklenmesi için toprakta aranan sıcaklık değeri olan 10°C'ye ulaştığı ve son ulaştığı tarihlerle ilgili çalışmalar sırasıyla Tablo 12 ve 13'te gösterilmiştir.

Tablo 12: Havza bazındaki ortalamalara göre genellikle ilkbahar ve sonbahar aylarında görülen yılın ilk ve 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 belirlenememiştir (Kadioğlu ve ark., 2017).

HAVZA NO	HAVZA ADI	1971-2000 (REFERANS DÖNEMİ)	2015-2039 (BAŞLANGIÇ-BİTİŞ)	2040-2069 (BAŞLANGIÇ-BİTİŞ)	2070-2099 (BAŞLANGIÇ-BİTİŞ)
1	GÜNEY MARMARA HAVZASI	-	-	-	-
2	BATI KARADENİZ HAVZASI	-	-	-	-
3	KUZEY BATI ANADOLU HAVZASI	11 MART-30-KASIM	11 MART -13 ARALIK	3 ŞUBAT -12 ARALIK	11 ŞUBAT -
4	DOĞU KARADENİZ HAVZASI	18 ŞUBAT - ...	2 MART-...	-	-
5	KARASU ARAS HAVZASI	9 NİSAN-5 KASIM	8 NİSAN-12 KASIM	5 NİSAN-17 KASIM	25 MART-30 KASIM
6	KUZEY MARMARA HAVZASI	-	-	-	-
7	BÜYÜK AĞRI HAVZASI	27 MART-23 KASIM	23 MART-26 KASIM	12 MART-1 ARALIK	29 ŞUBAT-10 ARALIK
8	SÖĞÜT HAVZASI	3 MART-27 ARALIK	23 ŞUBAT-...	8 OCAK-...	-
9	ÇORUH HAVZASI	5 NİSAN-27 ARALIK	8 NİSAN -...	2 NİSAN-...	25 MART-...
10	YUKARI FIRAT HAVZASI	4 NİSAN-14 KASIM	3 NİSAN-19 KASIM	19 MART-21 KASIM	18 MART- 4 ARALIK
11	KIYI EGE HAVZASI	-	-	-	-
12	VAN GÖLÜ HAVZASI	29 MART-19 KASIM	28 MART-24 KASIM	17 MART-23 KASIM	18 MART-9 ARALIK
13	ERCİYES HAVZASI	27 MART-24 KASIM	24 MART-5 ARALIK	4 MART-3 ARALIK	22 ŞUBAT-20 ARALIK
14	KAZ DAĞLARI HAVZASI	-	-	-	-
15	İÇ EGE HAVZASI	3 MART-26 ARALIK	23 ŞUBAT-...	26 OCAK -...	9 OCAK-...
16	GEDİZ HAVZASI	-	-	-	-
17	MERİÇ HAVZASI	-	-	-	-
18	YEŞİLIRMAK HAVZASI	10 MART-1 ARALIK	4 MART-14 ARALIK	5 ŞUBAT-23 ARALIK	19 OCAK-...
19	ORTA KARADENİZ HAVZASI	-	-	-	-
20	KARACADAĞ HAVZASI	24 OCAK-...	6 ŞUBAT-...	-	-
21	ZAP HAVZASI	28 MART-21 KASIM	27 MART-2 KASIM	19 MART -24 KASIM	6 MART-9 ARALIK
22	GAP HAVZASI	-	-	-	-
23	BATI GAP HAVZASI	-	-	-	-
24	DOĞU AKDENİZ HAVZASI	-	-	-	-
25	KIYI AKDENİZ HAVZASI	-	-	-	-
26	EGE YAYLA HAVZASI	20 ŞUBAT-27 ARALIK	19 ŞUBAT-...	-	-

HAVZA NO	HAVZA ADI	1971-2000 (REFERANS DÖNEMİ)	2015-2039 (BAŞLANGIÇ-BİTİŞ)	2040-2069 (BAŞLANGIÇ-BİTİŞ)	2070-2099 (BAŞLANGIÇ-BİTİŞ)
27	ORTA KIZILIRMAK HAVZASI	10 MART - 18 ARALIK	3 MART-14 ARALIK	2 ŞUBAT-26 ARALIK	14 OCAK-...
28	ORTA ANADOLU HAVZASI	4 MART-23 ARALIK	2 MART -16 ARALIK	1 ŞUBAT-...	11 OCAK-...
29	FIRAT HAVZASI	14 MART-27 KASIM	7 MART-6 ARALIK	2 MART-8 ARALIK	12 ŞUBAT-24 ARALIK
30	GÖLLER HAVZASI	10 MART-19 ARALIK	2 MART-15 ARALIK	2 ŞUBAT-...	12 OCAK-...

Tablo 13: Havza bazındaki ortalamalara göre 10°C'lik toprak sıcaklığına göre bitkilerin büyüme mevsimlerinin başlangıç ve bitiş tarihleri 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 (Kadioğlu ve ark., 2017).

HAVZA NO	HAVZA ADI	1971-2000 (REFERANS DÖNEMİ)	2015-2039 (BAŞLANGIÇ-BİTİŞ)	2040-2069 (BAŞLANGIÇ-BİTİŞ)	2070-2099 (BAŞLANGIÇ-BİTİŞ)
1	GÜNEY MARMARA HAVZASI	22 ŞUBAT-14 KASIM	19 ŞUBAT-14 KASIM	17 ŞUBAT-14 KASIM	17 ŞUBAT-14 KASIM
2	BATI KARADENİZ HAVZASI	3 MART-14 KASIM	7 MART-14 KASIM	19 ŞUBAT-14 KASIM	20 ŞUBAT-14 KASIM
3	KUZEY BATI ANADOLU HAVZASI	4 NİSAN-9 KASIM	2 NİSAN-6 KASIM	19 MART-12 KASIM	17 MART-11 KASIM
4	DOĞU KARADENİZ HAVZASI	14 MART-12 KASIM	10 MART -12 KASIM	25 ŞUBAT-13 KASIM	24 ŞUBAT-14 KASIM
5	KARASU ARAS HAVZASI	15 MAYIS-11 EKİM	4 MAYIS-16 EKİM	25 NİSAN-23 EKİM	7 NİSAN-25 EKİM
6	KUZEY MARMARA HAVZASI	17 ŞUBAT-14 KASIM	16 ŞUBAT-14 KASIM	16 ŞUBAT-14 KASIM	16 ŞUBAT-14 KASIM
7	BÜYÜK AĞRI HAVZASI	5 NİSAN-26 EKİM	3 NİSAN-30 EKİM	25 MART- 4 KASIM	13 MART-10 KASIM
8	SÖĞÜT HAVZASI	27 MART-7 KASIM	27 MART-10 KASIM	28 ŞUBAT-12 KASIM	1 MART-13 KASIM
9	ÇORUH HAVZASI	26 NİSAN-11 KASIM	25 NİSAN-1 KASIM	17 MART-28 KASIM	5 MART-1 KASIM
10	YUKARI FIRAT HAVZASI	12 MAYIS-17 EKİM	1 MAYIS-26 EKİM	23 NİSAN-28 EKİM	3 NİSAN-29 EKİM
11	KIYI EGE HAVZASI	16 ŞUBAT-14 KASIM	16 ŞUBAT-14 KASIM	16 ŞUBAT-14 KASIM	16 ŞUBAT-14 KASIM
12	VAN GÖLÜ HAVZASI	29 NİSAN-18 EKİM	25 NİSAN-25 EKİM	13 NİSAN-31 EKİM	29 MART-12 EKİM
13	ERCİYES HAVZASI	8 NİSAN-31 EKİM	10 NİSAN-4 KASIM	4 NİSAN-10 KASIM	26 MART-12 KASIM
14	KAZ DAĞLARI HAVZASI	5 MART-13 KASIM	13 MART-14 KASIM	21 ŞUBAT-14 KASIM	22 ŞUBAT-14 KASIM

HAVZA NO	HAVZA ADI	1971-2000 (REFERANS DÖNEMİ)	2015-2039 (BAŞLANGIÇ- BİTİŞ)	2040-20697 (BAŞLANGIÇ- BİTİŞ)	2070-2099 (BAŞLANGIÇ- BİTİŞ)
15	İÇ EGE HAVZASI	30 MART-8 KASIM	28 MART-9 KASIM	9 MART-12 KASIM	1 MART-12 KASIM
16	GEDİZ HAVZASI	5 MART-12 KASIM	3 MART-14 KASIM	21 ŞUBAT -14 KASIM	22 ŞUBAT-14 KASIM
17	MERİÇ HAVZASI	6 MART-14 KASIM	3 MART-14 KASIM	19 ŞUBAT-13 KASIM	19 ŞUBAT-14 KASIM
18	YEŞİLIRMAK HAVZASI	3 NİSAN-5 KASIM	30 MART-8 KASIM	12 MART-14 KASIM	5 MART-12 KASIM
19	ORTA KARADENİZ HAVZASI	3 MART-13 KASIM	3 MART-13 KASIM	19 ŞUBAT-14 KASIM	21 ŞUBAT-14 KASIM
20	KARACADAĞ HAVZASI	16 MART-11 KASIM	19 MART-14 KASIM	1 MART-14 KASIM	22 ŞUBAT-14 KASIM
21	ZAP HAVZASI	8 NİSAN-3 KASIM	8 NİSAN -7 KASIM	27 MART-5 KASIM	15 MART-13 KASIM
22	GAP HAVZASI	3 MART-14 KASIM	1 MART-14 KASIM	19 ŞUBAT-14 KASIM	17 ŞUBAT-14 KASIM
23	BATI GAP HAVZASI	15 MART-12 KASIM	16 MART-14 KASIM	24 ŞUBAT-14 KASIM	19 ŞUBAT-14 KASIM
24	DOĞU AKDENİZ HAVZASI	19 ŞUBAT-13 KASIM	19 ŞUBAT-14 KASIM	18 ŞUBAT-14 KASIM	17 ŞUBAT-14 KASIM
25	KIYI AKDENİZ HAVZASI	17 ŞUBAT-14 KASIM	17 ŞUBAT-14 KASIM	16 ŞUBAT-14 KASIM	16 ŞUBAT-14 KASIM
26	EGE YAYLA HAVZASI	23 MART-8 KASIM	22 MART-14 KASIM	28 ŞUBAT-11 KASIM	26 ŞUBAT-14 KASIM
27	ORTA KIZILIRMAK HAVZASI	4 NİSAN-5 KASIM	1 NİSAN -10 KASIM	16 MART-11 KASIM	4 MART-12 KASIM
28	ORTA ANADOLU HAVZASI	30 MART-5 KASIM	28 MART-8 KASIM	8 MART-13 KASIM	1 MART-12 KASIM
29	FIRAT HAVZASI	6 NİSAN-3 KASIM	3 NİSAN-4 KASIM	22 MART-11 KASIM	5 MART-13 KASIM
30	GÖLLER HAVZASI	5 NİSAN-1 KASIM	31 MART-5 KASIM	19 MART-5 KASIM	3 MART-11 KASIM

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na göre projenin amaç, hedef ve faydaları şu şekilde özetlenmiştir:

Amaç ve hedefler

- Tarım havzalarını belirlemek
- Sağlıklı tarım envanteri hazırlamak
- Üretim planlamasına imkân sağlamak
- Hangi ürünün nerede ne kadar üretilebileceğini belirlemek
- Çiftçinin gelirini arttırmak

- Geleceğe ait talep projeksiyonları yapmak
- Destekleri rasyonel, yönlendirici ve etkin bir şekilde kullanmak
- Arz açığı olan ürünlerde üretim artışı sağlamak
- Doğal kaynakları korumak ve sürdürülebilir kullanımını sağlamak
- Havza bazlı planlama ve yönetimle ilgili sektör talebini karşılamak
- Muhtelif senaryolara göre üretimi planlamak

Modelin sağlayacağı yararlar:

- Geleneksel üretim alışkanlığından vazgeçme
- Havza sınırları ile il sınırlarının farklı olması
- Havzalarda farklı destek uygulanması

Modelin uygulanması ülkeye ne kazandıracak?

- Etkin üretim planlaması yapılacaktır
- Biyolojik çeşitlilik, toprak ve su kaynaklarının korunması sağlanacaktır
- Verimlilik artacaktır
- Üreticinin karı artacaktır
- Arz talep dengesi sağlanacaktır
- Alımlardan doğan kamu finansman yükü azalacaktır
- Üretim planlaması ile uluslararası rekabet gücü artacaktır
- Türkiye'nin AB'ye uyum sürecinde olası gelişmelerin önemli tarım ürünleri üzerine ekonomik etkilerinin analizi yapılacaktır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013).

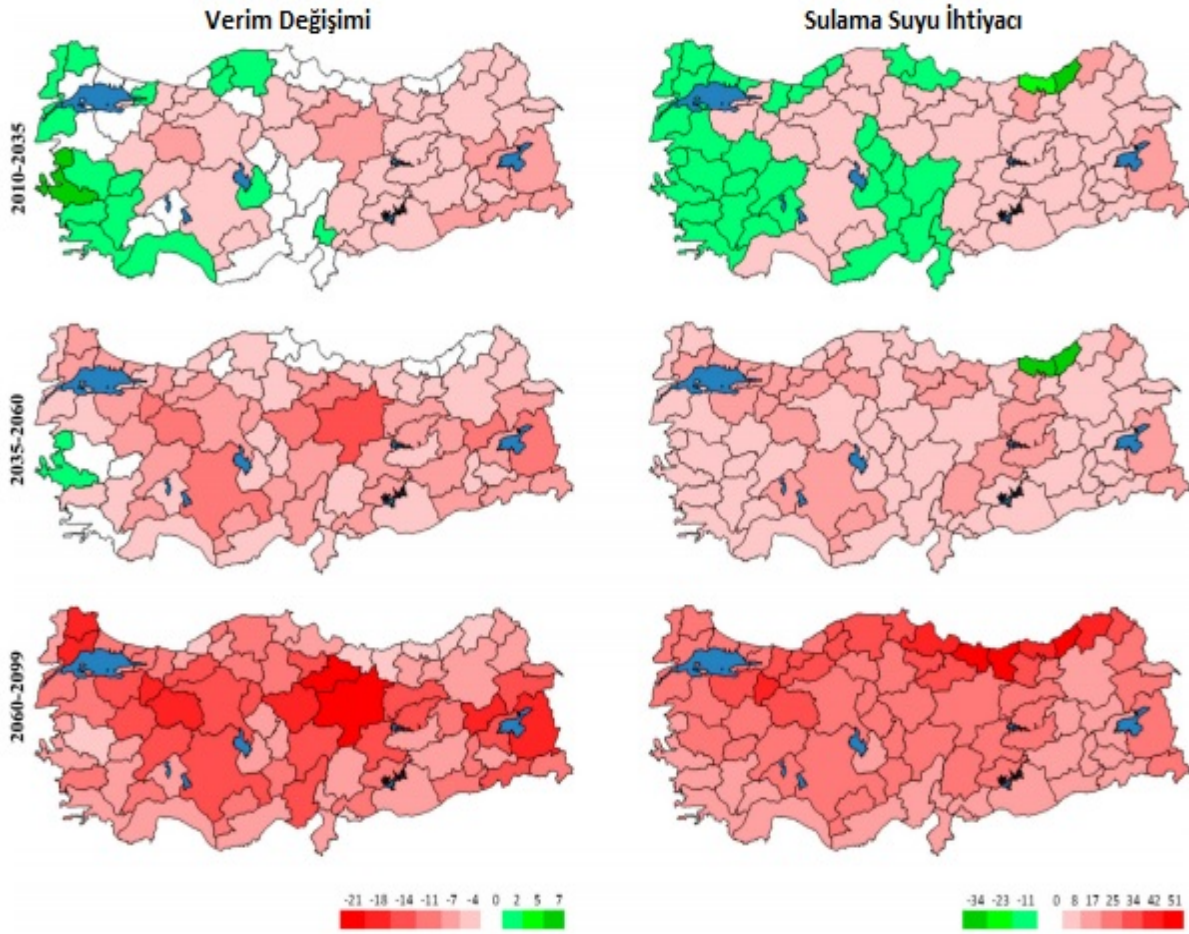
etkilenen bölgeler olduğu dikkat çekmektedir (Akalin, 2014). Bu bölgede yapılan tarım çalışmalarının sektöre uğraması ülkemiz için hem gıda erişebilirliği hem de ekonomik faktörler açısından telafisi mümkün olmayan problemlere yol açabilir.

Verimin göreceli olarak daha düşük olduğu ve sulama ihtiyacı daha yüksek olan iç kesimlerimizde ise gelecekte öngörülen sıcaklık artışları ve yağış düzensizlikleri nedeniyle tarımın sürdürülebilirliği ciddi tehdit altındadır. Çoğu zaman ilave bir sulama ihtiyacı olmayan Kuzeydoğu Anadolu Havzalarımız'ın dahi zaman içinde sulamaya bağımlı hale gelebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Zaman içinde verim değişimi ve sulama suyu ihtiyacı değişim yüzdeleri Şekil 6'da gösterilmiştir. İlk gözlenen zaman aralıklarında batı bölgelerde verim artışı ve sulama ihtiyacında azalma gözlemlenirken, orta kesimlerde verim değişimleri ve sulama ihtiyaçları küçük değişimler göstermiştir. İkinci ve üçüncü gözlem aralıklarında da ciddi verim kayıpları ve sulama ihtiyacı artışları göze çarpmaktadır (Dudu & Çakmak, 2018).

11.1 Ülkemizde Verim ve Sulama Suyu İhtiyacı

İklim değişikliği söz konusu olduğunda verim değişimlerinin yanı sıra sulama suyu ihtiyaçlarının artış ya da azalışları da göz önünde bulundurulmalıdır. Tarım havzasının verimi, hem iklim değişikliği hem de ülkeye sağlayacağı ekonomik katkı bakımından hassas bir unsurdur. Unutulmamalıdır ki bir toprak verimli olsa dahi potansiyel su ihtiyacı bahsedilen iki faktör için de yüksek önem arz etmektedir. Sulama maliyeti yüksek olan bir ürünün ekimi hem su kaynaklarının etkin kullanılmamasından kaynaklı iklim değişikliğine hem de ekonomik olarak kayıplara sebebiyet verebilmektedir. Yapılan çalışmalarda özellikle Akdeniz iklim kuşağında bulunan iller ve havzalarımızın, iklimdeki değişimlerden gerek verim gerekse sulama ihtiyacı bakımından en çok

Şekil 6: Belli Dönemlerde Öngörülen Verim ve Sulama Suyu İhtiyacı Değişimleri (Dudu & Çakmak, 2018).

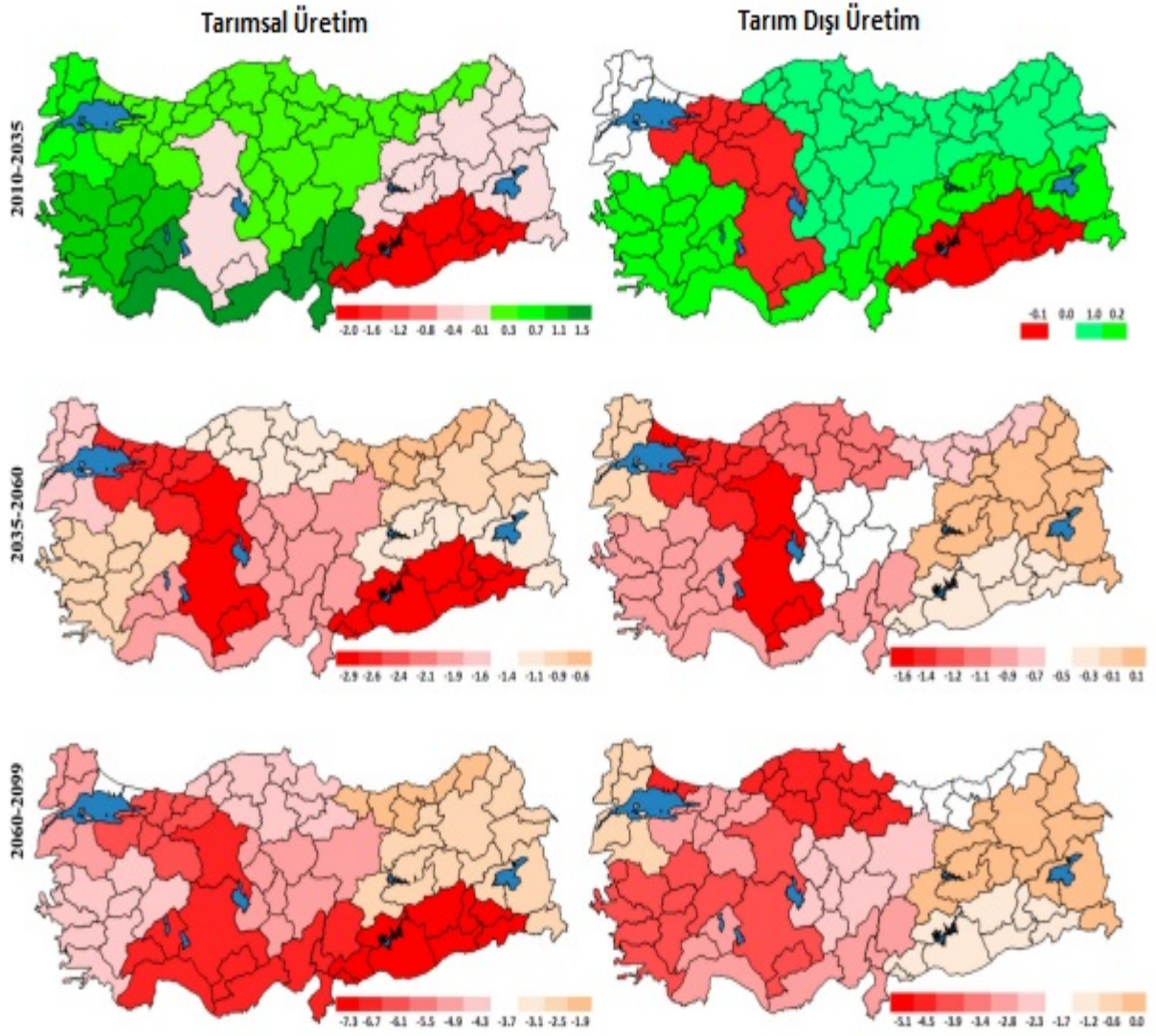


Küresel tarım sektörü, hızla artan iklim değişikliğine adapte olma ve bu adaptasyon sırasında da sera gazı emisyonlarını mümkün mertebe düşürme yolunu seçmiştir. Ancak söz konusu sera gazı emisyonlarının sadece bir bölümü tarımsal aktivite kaynaklıdır. Bu nedenle zaman içinde toprak verimi düşüşlerinin ve artan sulama suyu ihtiyaçlarının kaçınılmaz aşamaya gelmesi hiçbir iklim bilimciyi şaşırtmayacaktır. Gelecekte küresel çapta öngörülen gıda arzı

problemlerinden etkilenmemek ya da daha az etkilenmek adına havzalarda alternatif üretim yolları araştırılmalıdır.

Bunların başında tarım-dışı gıda sektörü gelmektedir. Şekil 7'de gözlemlenebileceği gibi bazı bölgelerimizde tarımsal üretimin azalma problemi, tarım dışı gıda hamleleriyle göreceli olarak değiştirilebilir (Dudu & Çakmak, 2018).

Şekil 7: Tarımsal Üretim ve Tarım Dışı Gıda Üretimi (Dudu & Çakmak, 2018)



12. TARIMSAL BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİĞİ KORUMANIN TÜRKİYE’NİN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE MÜCADELESİNE VE İKLİM DOSTU AKILLI TARIM UYGULAMALARINA KATKISININ DEĞERLENDİRİLMESİ

12.1. Tarım ve Biyolojik Çeşitlilik

Gıda ve tarım açısından önem taşıyan ve giderek azalan canlı ve tüketilebilir kaynaklar, bugün bir ülkenin sahip olduğu stratejik avantajlar olarak tanımlanmaktadır. Dünyada tarım yapılabilecek özelliklere sahip alanlar ve su kaynakları hızla kirlenmekte ve tarım dışı kullanımlarla yok olmaktadır. Bilim insanları yakın gelecekte insanların ciddi bir gıda ve su sıkıntısı ile karşı karşıya kalacağı görüşünü paylaşmaktadır.

Bu koşullarda, ülkelerin sahip oldukları biyolojik çeşitlilik, özellikle genetik kaynaklar kendileri için bir üstünlük durumu oluşturmaktadır. Çevresel baskılara dirençli ve yüksek üretim-verim kapasitesine sahip çeşitlerin geliştirilmesi için yabani canlı kaynaklardan faydalanılmaktadır. Dünyanın hemen her yerinde biyolojik çeşitliliği azaltan ya da olumsuz yönde etkileyen nedenlerin hemen tümünde doğrudan veya dolaylı olarak insan faktörü önemli olmaktadır. Biyolojik zenginliği azaltan nedenlerin bertarafı için onu korumak, yönetmek ve sürdürülebilir şekilde kullanmak “insan”ların görevidir.

Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından başlatılan ve dört yıl süren bir çalışma sonunda 1992 yılında Rio de Janeiro’da gerçekleştirilen “Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi”nde biyolojik çeşitliliğin azaltılmasının önlenmesinin ve koordine edilmesinin uluslararası bir sorun olduğuna dikkat çekilerek “Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi” imzaya

açılmış ve hemen hemen tüm ülkelerin imzası tamamlanmıştır.

Öte yandan, Birleşmiş Milletler 2011-2020 yılları arasını “Biyolojik Çeşitlilik On Yılı” olarak ilan etmiştir. Biyolojik çeşitlilik, iklim değişikliği ve nüfus artışı gibi tüm dünyayı aynı derecede ilgilendirmektedir. Biyolojik çeşitlilik genetik çeşitliliği, tür çeşitliliği ve ekosistem çeşitliliği olmak üzere üç hiyerarşik kategoride ele alınmakta olup, dünyada yaşayan tüm canlıların yeterli ve dengeli beslenmesi için biyolojik çeşitliliğin tümü muhafaza edilmelidir.

İnsanların başta gıda olmak üzere temel ihtiyaçlarını karşılamasında vazgeçilmez bir yeri olan canlı kaynakların temeli, biyolojik çeşitliliğe dayanmaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü’nün (FAO) verilerine göre dünya üzerinde 300.000’e yakın yenilebilir bitki çeşidi bulunmaktadır. Yerel düzeyde üretilen bitkiler dikkate alınmazsa dünya üzerinde bu denli zengin bitki çeşidinden tarımsal amaçlı olanları oldukça azdır. Amerikan Bitki Bilim Topluluğu’nun verilerine göre tüm dünyadaki gıda ihtiyacının yaklaşık %95’i yalnızca 30 kadar farklı bitki üründen elde edilmektedir. Bu bitkiler, yıllardır tarımı yapılan, tohumları ve üretim teknikleri geliştirilmiş, ticarileşmiş, endüstriyelleşmiş ve gıda olarak benimsenmiş ürünlerdir. Çiftçiler-üreticiler, sanayiciler-işleyiciler ve tüketiciler arasında yaygın olarak kabul gören bu temel ürünler tarıma yön vermektedir.

Yaklaşık 3,5 milyar insanın hemen tüm kalori ve protein ihtiyacını karşılayan buğday, pirinç ve mısır çeşitleri kabul gören ana ürünlerdir. Sanayiye yönelik olarak üretilen soya ve şeker kamışı da en çok üretilen ürünler arasındadır. Öte yandan patates, domates gibi sebzeler ve muz ile papaya gibi meyve çeşitleri de tüm dünyada önemli ve ayrıcalıklı ürünlerdir. FAO’nun verilerine göre 1900’lu yılların başlarında üreticilerin yetiştirdikleri ürünlerin çeşitliliğinde 2000 yılı itibarıyla %75 oranında bir azalma söz konusu olmuştur. Kaliforniya

Üniversitesi'nde yürütülen bir çalışmaya göre de 360 farklı domatesin gen haritasını çıkaran uzmanlar, zaman içerisinde domatesler arasında belli genetik özelliklerin ortadan kalktığını belirlemiştir (Morris ve ark., 2000; Qualset ve ark., 1995; Rick, 1948).

Biyolojik çeşitliliğin azalmasında iki ana neden söz konusu olmaktadır. Bunlar doğal ve yapay seleksiyonlardır. Uzun yıllar boyunca ortaya çıkan hastalık ve zararlılarla mücadele ve iklim koşullarına daha dayanıklı olan bitki türlerinin varlıklarını devam ettirmeleri doğal seleksiyonu sağlamıştır. Yapay seleksiyon ise tarımdaki seçicilik diye tanımlanan yani daha dayanıklı, daha besleyici, daha yüksek verimli ve daha az maliyetli bitkilerin son yıllarda geliştirilen modern ıslah tekniklerinin uygulanması ile sağlanmaktadır.

Söz konusu bu seleksiyonlarla "iyi"ler çok daha "iyi" olurken, zayıflar gözden düşmekte ve üreticiler de kendilerine daha yüksek gelir getiren "iyi"lere yönelerek diğerlerini üretmemektedir. Bu da bazı bitki türlerinin ve çeşitlerinin giderek azalmasına ve hatta yok olma tehdidiyle karşı karşıya kalmalarına; küreselleşme ile tarımsal ticaretin büyük boyutlara ulaşması da yerel türlerin gözden düşmesine neden olmaktadır.

Küresel düzeyde ihtiyaçları karşılayan "iyi" türler varken neden diğer türlere gerek duyulmaktadır? Ya da diğer bir ifadeyle niçin biyolojik çeşitlilik korunmalıdır? Bu sorunun birden çok cevabı vardır: Her şeyden önce tarımda iklim ve piyasa koşullarının neler getirebileceğini her zaman öngörmek mümkün değildir. Her koşula uygun bitki türünün ve çeşidinin uygun alternatiflerinin olması için üretici ve bilim insanlarının geniş bir biyolojik çeşitlilik yelpazesine sahip olması gereklidir. İklim değişikliği, hastalık ve zararlıların neden olabilecekleri risklere karşı biyolojik çeşitlilik bir kazançtır. Örneğin, ABD'de mısır ürününde yaşanan yaprak yanığı hastalığına karşı, genetik çeşitliliğin azalması nedeniyle yaklaşık 1 milyar dolarlık bir kayıp yaşanmıştır.

Ayrıca tek yönlü-monokültür üretim hem üretici hem de bölge ve ülke ekonomisi için risk oluşturmaktadır. Buna karşı en iyi tedbir alternatif ürünlerin varlığıdır. 5.000 yıldır üretimi yapılan KİNOA bitkisi, pek çok bölgede ismi dahi bilinmeyen bir bakliyat bitkisidir. Yüksek besin değerleri ve adaptasyon beceri nedeniyle tanıtılması için Birleşmiş Milletler 2013 yılını Dünya Kinoa Yılı olarak ilan etmiş ve iklimi uygun bölgelerde ekimi için üreticilere tavsiyelerde bulunmuştur. Kinoa bugün itibarıyla artan üretimi ile dünyada belli bölgelerde buğdaya alternatif bir bitki konumuna gelmiştir.

Biyolojik çeşitliliği tehdit eden ana unsurlar arasında tarımsal üretim yapılan toprakların verimliliklerinin giderek azalması, tarımsal arazilerin tarım dışı kullanıma açılması, toprak ve çevrenin kirlenmesi, şehirleşme ve sanayileşme politikaları sadece tarım yapılan alanların daralmasına değil aynı zamanda bitki çeşitliliğinin geri dönüşmez şekilde kaybına yol açmaktadır.

Tarımsal biyolojik çeşitlilik sadece bitkileri içermemektedir. Ürünlerin yetişmesini sağlayan toprak canlıları ve organik maddeler yüzlerce yıldır işlenen topraklarda giderek azalmaktadır. Toprağın çeşitli atıklarla kirlenmesinin yanı sıra tarıma değer katan hayvan türlerinde özellikle dölleyici ve zararlı kontrolünde etkili olan canlılar ve böcekler de oldukça önemli tehditler altındadır. Bu kapsamda tarımsal mücadele ilaçları ve kimyasalların bilinçsiz ve aşırı kullanımı büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Tarım ürünlerinin yaklaşık %35'nin arılar sayesinde tozlaştığı düşünülürse, özellikle Avrupa'da azalan arı nüfusunun artırılması ile ilgili yıllardır süre gelen çalışmalar anlam kazanmaktadır.

Tarımsal araştırmalar, tarım politikaları, pazarların yapısı ve üreticilerin katılımı ile bitki çeşitliliğinden tarımda bütünüyle faydalanılması gerçekleştirilebilir. Siyasetçiden bilim insanına, bilim insanından üreticiye ve nihai tüketiciye kadar çok geniş bir kesimin biyolojik çeşitliliğin önemine dair farkındalığa sahip

olması gereklidir. Biyolojik çeşitlilik konusunda tarımın eleyici ve seçici rolü olsa bile, aynı zamanda bu çeşitliliğin korunması ve geliştirilerek değere dönüştürülmesi yine doğru tarımsal faaliyetlerle olabilir.

12.2. İklim Dostu Akıllı Tarım Yaklaşımının Temel Unsurları

Tarımsal üretim sistemlerinde çiftçilerin uyarlanabilir kapasitelerinin artırılması ve artan esneklik ve kaynak kullanım verimliliği ile iklim değişikliğinin olumsuz etkileri azaltılabilir. CSA (Climate Smart Agriculture) (iklim dostu akıllı tarım), dört ana eylem alanı aracılığıyla çiftçiler, araştırmacılar, özel sektör, sivil toplum ve politikacılar tarafından iklim koşullarına dayanıklı yollara yönelik koordineli eylemleri teşvik etmektedir. Bunlar;

- Kanıt oluşturma
- Yerel kurumsal etkinliği arttırmak
- İklim ve tarım politikaları arasında tutarlılığı teşvik etmek

■ İklim ve tarımsal finansmanı birbirine bağlama eylemleridir.

İklim Dostu Akıllı Tarım, yenilikçi politika ve finansman eylemleri ile desteklenen, içeriğe özel çözümler uygulama kapasitesini vurgulayarak "olağan" yaklaşımlardan farklı bir metottur. 2010 yılında tarımdan elde edilen toplam karbondioksit (CO₂) sera gazı (GHG) emisyonlarının, yıllık küresel antropojenik emisyonların %10-12'sini oluşturmaktadır. Bunun ise yılda 5.2-5.8 gigatonnes CO₂ eşdeğeri olduğu tahmin edilmektedir. En yaygın kullanılan tarımsal faaliyetler, enterik fermantasyon, merada depolanan gübre, sentetik gübre, çeltik tarımı ve biyokütledir.

Gıda güvenliği için tarımsal büyümeye duyulan ihtiyaç göz önüne alındığında, tarımsal emisyonların artması öngörülmektedir. Geleneksel olarak tarımsal büyüme varsayımlarına dayanan, öngörülen emisyon artışının ana kaynakları, su kalitesi ve toprak koruması gibi birçok faktör, biyoçeşitlilik ve ekosistem hizmetleri için de ciddi sonuçlar doğurabilir.

Şekil 8: İklim Dostu Akıllı Tarımın Kısaca Şematik Gösterimi (Endüstri 4.0, t.y.).



Planlama ve yatırım yaklaşımları değişmedikçe; tarımsal büyüme ve kalkınmada, gıda güvenliğini destekleyemeyen ve iklim değişikliğinin artmasına katkıda bulunan tarımsal sistemlerin artışı riskiyle karşı karşıyayız. İklim Dostu Tarım (CSA), iklim değişikliğini sürdürülebilir tarım stratejilerinin planlaması ve uygulamasına entegre ederek bu riski önleyebilir. İklim Dostu Akıllı Tarım, iklim değişikliğine tepki olarak politikaları yeniden oluşturmak için temel olarak gıda güvenliği, uyum ve azaltım arasındaki sinerjileri kullanır.

Bu çabaların yokluğunda, IPCC projeksiyonları tarım ve gıda sistemlerinin daha az esnek olacağını ve gıda güvenliğinin daha yüksek risk altında olacağını göstermektedir. İklim Dostu Akıllı Tarım, tarımsal sistemlerin ve geçim kaynaklarının dayanıklılığını arttırmak ve gelecekte gıda güvensizliği riskini azaltmak için köylerdeki çiftçilerden küresel seviyeye kadar, karar alıcılar tarafından bir dizi eylem yapılmasını talep etmektedir. IPCC tarafından belirlenen iklime dayanıklı dönüşüm yolları gösterilmiştir (Şekil 9).

Tarım, iklim değişikliği de dahil olmak üzere bir dizi biyofiziksel ve sosyo-ekonomik stresle karşı karşıyadır. Çeşitli karar noktalarında alınan önlemler, hangi yolların takip edildiğini belirler: İklim Dostu Akıllı Tarım yolları, daha yüksek dayanıklılık ve gıda güvenliğine yönelik daha düşük risklerle sonuçlanmaktadır.

İklim Dostu Akıllı Tarım'ın genel amacı, yerelde tarımsal sistemlerin sürdürülebilir bir şekilde kullanılması için tüm insanların her zaman gıda ve besin güvenliğini sağlamak, gerekli uyarlamaları entegre etmek ve potansiyel hafifletmeyi yakalamaktır. Bu amaca ulaşmak için üç hedef tanımlanmıştır:

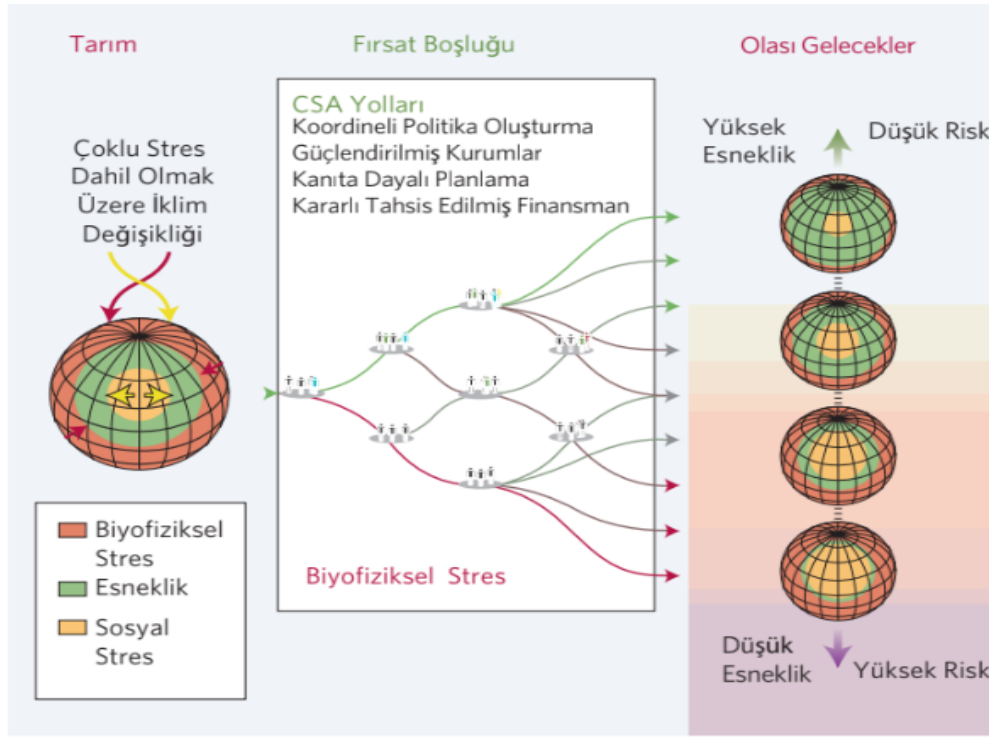
- Gelirlerde, gıda güvenliğinde ve kalkınmada adil artışları desteklemek için sürdürülebilir tarımsal verimliliğin artırılması
- Çiftlikten, küresel seviyelere bütün aşamalarda iklim değişikliğine uyum sağlamak
- Geçmiş eğilimlere kıyasla tarımdan elde edilen sera gazı emisyonlarını azaltmak için fırsatlar geliştirmek (Climate-Smart Agriculture Sourcebook Executive Summary, 2013).

İklim Dostu Akıllı Tarım, her üç amaca ulaşmayı hedeflese de, uygulanan her uygulamanın "üçlü kazanç" üretmesi gerektiği anlamına gelmez. İklim Dostu Akıllı Tarım, yerel olarak kabul edilebilir çözümler elde etmek için yerelden küresel ölçeklere, kısa ve uzun vadelerde her üç hedefin de takip edilmesini gerektirir. Her bir hedefin önemi, potansiyel sinerji ve hedefler arasındaki bağlantılara, konumlara ve durumlara göre değişiklik gösterebilir. Tarımsal büyüme ve gıda güvenliği ile ekonomik büyümenin uyumunun öncelikli olduğu ve yoksul çiftçilerin iklim değişikliğinden en çok etkilendiği - ancak iklim değişikliğine en az katkıda bulunduğu - gelişmekte olan ülkelerde, emisyon noktalarının tanınması özellikle önemlidir. Etkin azaltma, gıda güvenliğinin ve uyumun iyileştirilmesi için çoğunlukla bu eylemler faydalı olabilir, ancak bu faydayı gerçekleştirmek ek maliyetler gerektirebilir. Düşük emisyonlu büyüme stratejilerinin geleneksel yüksek emisyonlu büyüme yollarına kıyasla maliyetlerinin belirlenmesi, iklim finansmanı kaynaklarına fayda oluşturan tarımsal kalkınma çabalarının birleştirilmesine yardımcı olabilir.

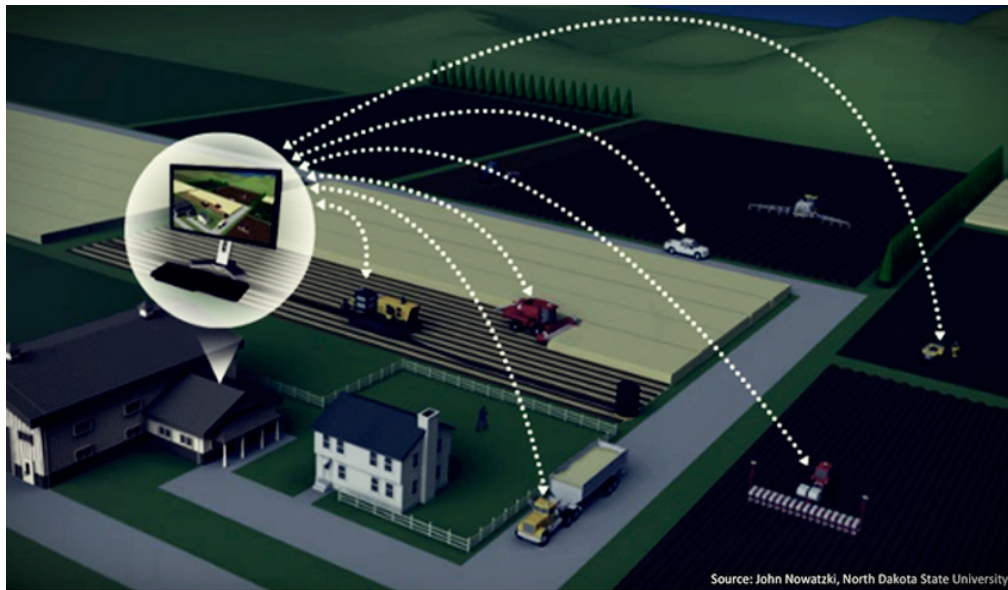
İklim Dostu Akıllı Tarım, tespit için kanıt oluşturma'nın önemini vurgulayan uygulanabilir seçenekler ve gerekli etkinleştirme faaliyetleri sunar. İklim değişikliğinin sahaya özel etkileri altında, ulusal kalkınma ve gıda güvenliği hedefleri üzerindeki etkileriyle ilgili farklı teknolojilerin ve uygulamaların değerlendirilmesi için araçlar sağlar.



Şekil 9: Özel Tarım Olgusuna Uyarlanmış, İklim Dayanıklı Dönüşüm Yollarının Diyagramı (Lipper ve ark., 2014)



Şekil 10: İklim Dostu Akıllı Tarımın Kısaca Şematik Gösterimi (Nowatzki, 2016)



İklim dostu akıllı tarımın etkili bir şekilde uygulanması için ne gereklidir?

Uyarlama planlamasına yönelik problem odaklı yaklaşımların geliştirilmesi ve uygulanması, belirsizlik karşısında sağlam eylemlerin belirlenmesinde önemli bir role sahiptir. Zira belirsizlik hiçbir zaman bahane olarak görülmemelidir. Küresel, bölgesel ve yerel çalışmaları koordine halde yapmak en önemli faktörlerdendir. Farklı politika ve teknolojilerin yerelden küresel ölçeklere adaptasyon ve azaltma potansiyelini değerlendirmek için hem olayların uç etkilerini değerlendirmek hem de tarım ve gıda güvenliğindeki görece olarak yavaş gözlemlenebilen değişimleri kapsayan, tarım ve gıda sistemlerinde artan dayanıklılık araçlarını değerlendiren araçlar ile beraber emisyon artışının azaltım seçenekleri, maliyetleri ile beraber belirlenmelidir.

İklim Dostu Akıllı Tarım uygulamaları çiftçilerin ağaç fideleri, tohumlar veya gübreler gibi belirli girdilere erişmelerini gerektirebilir. Bu tür girdilerin eksikliği, yaygın kabulleri de doğal olarak kısıtlamaktadır. Gübreye zamanında erişim üretkenlik ve verimli kaynak kullanımının önemli bir belirleyicisidir, ancak çoğu zaman da eksiktir.

İklim Dostu Akıllı Tarım için öncelikli eylem alanı, etkinleştirme politikasını oluşturma ve tarım-çevre-gıda sistemi politikalarının koordinasyonunun arttırılması ile düzenleyici içerikler üretilmesidir. Etkin bir politika ortamı politika alanları arasında uyumlaştırmayı gerektirir, bu da ticaret bakanlıklarını, boşlukları ve örtüşmeleri ele almak için ilgili bakanlıklar arasında uygun bir diyalog sağlar.

Uluslararası destekler, ulusal çapta çabalara kaynak oluşturmak adına iklim değişikliği, tarım ve gıda güvenliği politika alanlarına koordineli yaklaşımlar, kapasite güçlendirme, teknoloji geliştirme/aktarımı ve finansmanın ulusal STK eylemlerine olanak tanınması gibi birçok eyleme olanak sağlar. Bu kapsamda belirlenen dördüncü öncelikli eylem planı,

İklim Dostu Akıllı Tarıma geçişi desteklemek için finansman hedeflemesini arttırmakta ve iyileştirmektedir. İklim finansmanını geleneksel tarımsal finans kaynaklarına bağlamak, bu çabaların önemli bir parçasıdır. Tarımsal sistemlerin uyarlanması, artan yatırımların yapılmasını gerektirecek ve uyum süreciyle yaratılan azaltım yan faydalarının belirlenmesi ve kredilendirilmesi, finansal kaynakların arttırılması için önemli bir araçtır.

Tarım için yatırım finansmanı talebi karşılamakta yetersiz kalmaktadır (State of Food and Agriculture: Investing in Agriculture for a Better Future, 2012). İklim finansmanı gelecek yıllarda önemli ölçüde artsa da, sadece artan talebi karşılamak için (yılda 209 milyar ABD doları olarak tahmin edilen) toplam tarımsal yatırım ihtiyaçlarının nispeten küçük bir payını karşılayacaktır.

12.3. İklim Dostu Akıllı Tarım Uygulamalarının Emisyon Azaltım ve Gıda Güvenliğine Etkisi

Tarım, iklim değişikliği etkileri ve gıda güvenliği açısından önemi nedeniyle tartışmalı bir konudur. Zira tarımın gelecekteki gıda güvenliğini tehdit eden, önemli bir emisyon artış kaynağı olduğu tahmin edilmektedir. Bu nedenle iklim dostu akıllı tarım, gıda güvenliğini önceliklendirmekle birlikte, azaltma faydalarının potansiyelini ve maliyetlerini de dikkate almaktadır. Hafifletme, onları engellemekten ya da kullanmaktan ziyade, gıda güvenliğini ve adaptasyonu sağlamak için destekleyici bir unsurdur.

Örneğin tarımsal üretim sistemlerinde daha verimli kaynak kullanımı, tarımsal gelirlerin artması ve tarımsal emisyonların yoğunluğunun azaltılmasıyla beraber kırsal geçim kaynaklarının dayanıklılığının arttırılması hususlarında da önemli bir potansiyel sunmaktadır.

İyileştirme için seçenekler farklı üretim sistemlerinde verim artışını ve üreticilerin dayanıklılık potansiyelini arttırmak hedefindedir. Ancak, gelişmiş hayvancılık uygulamalarının benimsenme oranları nadiren yılda %1'i aşabilmektedir. Hızlandırılmış uyumlanma, hayvancılığın hem verimliliğini hem de gelirlerini önemli derecede artırma potansiyeli sunan bir sistemdir. Bu sistem 2030'a kadar dünyadaki tarımsal azaltım potansiyelinin yaklaşık %7'sini sunmaktadır.

12.4. Tarıma Yön Veren Yeni Teknolojiler

Teknoloji tarımın da çehresini değiştirdi. Sulama, gübre, tarımsal araçlar ve üretimde teknolojinin gücü devreye girdi.

12.4.1. İklim Dostu Akıllı Tarım Uygulamalarında Bulut Çözümleri

Türkiyeli telekom şirketlerinin kurumsal müşterilere sunduğu bulut iş çözümleri arasında yer alan M2M servisleri, tarım ve hayvancılıkla ilgilenen üreticilere de büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Hayvancılık sektöründe küçükbaş ve büyükbaş hayvanların sağlığını etkileyebilecek her türlü değeri takip etmek ve düzenlemek ürün kalitesini doğrudan arttırmaktadır. Bu noktada özellikle mobil tarafta işletmelere özel geliştirilen 'Hayvan Barınağı Kontrol ve Takip Çözümleri', ısı takibi ve kontrolü, hastalık önleyici gözlem ve alarm sistemleri, kontrollü aydınlatma, yemleme ve giriş takibi konusunda üreticilere uzaktan akıllı yönetim imkânı sunmaktadır. Ayrıca, tarım arazilerinin ve ürünlerin doğru bakımı konusunda da bulut çözümleri büyük fayda sağlamaktadır. Ekim alanı yönetimi, don habercisi, ısı takip sistemi, sulama yönetimi, kuraklık habercisi ve izinsiz giriş takibi gibi tarımda devrim yaratan bu uygulamalarla çiftçiler üretim süreçleriyle ilgili daha fazla bilgi edinirken, gerekli önlemleri doğru zamanda alarak topraklarından daha çok verim alma imkânına sahip olmaktadır.

12.4.2. Telekomünikasyon Şirketlerinin Diğer Akıllı Tarım Çözümleri

- **Sera Takip Çözümü:** Çiftçiler, tarım alanlarının sıcaklık ve nem seviyelerini uzaktan takip edebilmekte, seralarına gitmeden iklimlendirme ünitelerini çalıştırarak gerekli ısı seviyesinin korunmasını, böylece verimliliğin artmasını sağlayabilmektedir. Sulama pompalarının da araziye gitmeden açılıp kapanmasını ve tüm operasyonlarının merkezden yönetilmesini sağlayan çözümlerle doğru zamanda ve optimum seviyede toprak neminin sağlanması da bazı telekomünikasyon şirketlerinin ve iş ortaklarının oluşturduğu çözümlerle mümkündür.
- **Kümes Takibi Uygulaması:** Tavuk çiftlikleri, telekomünikasyon şirketlerinin ve iş ortaklarının sıcaklık takip ürünlerinin konumlandırılmasıyla, gerekli durumlarda yetkili kişilere SMS veya çağrı merkezleri üzerinden alarm iletimiyle mevcut iklimlendirme sistemlerinin kontrolü sağlanabilmektedir. Böylece kümeslerde civciv ölümlerinin önüne geçilmekte, kontrol ve verimlilik artmaktadır.
- **Büyükbaş Hayvan Adım ve Lokasyon Takibi:** Ayrıca büyükbaş hayvanların adım sayısı kızgınlık dönemi tespiti için kullanılmaktadır.
- **Süt Ölçüm ve Takip Çözümleri:** Sütün miktarı, kalitesi ve süt ile ilgili hayati değerlerin yakından izlenmesine olanak sağlamaktadır.
- **Balık Çiftliği Takibi:** Balık çiftliklerine yerleştirilen sensörler ve M2M cihazları sayesinde sıcaklık, sudaki oksijen miktarı, tuzluluk, suyun bulanıklığı, pH ve amonyak miktarı gibi parametrelerin anlık olarak takip edilebilmesine ve gerekli alarm durumlarında hızlı önlemler alınabilmesine olanak sağlayan telekomünikasyon şirketlerinin sunduğu çözümler arasında bulunmaktadır.

12.4.3. Çiftçi Kulübü

Başka bir telekomünikasyon şirketi 2009 yılında Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı ve Tarımsal Pazarlama işbirliğiyle hizmete sunduğu ve bugüne kadar 1 milyonu aşkın çiftçiye ulaşan uygulama sayesinde tarımsal ve kırsal kalkınmaya katkıda bulunarak tarımda dijital dönüşümü sağlama hedefiyle çiftçilerin sosyal ve ekonomik hayata eşit katılımına destek olmaktadır. Türkiye’de çiftçilere odaklanan ilk sosyal iş modeli olarak geliştirilen bu programla, ayrıcalıklı tarife ve kampanyalardan, kırsal alanda su kullanımı ve tarımsal verimlilik hakkında bilinçlendirme çalışmalarına kadar uzanan geniş bir çözüm ve hizmet yelpazesi sunulmaktadır. Bu uygulamanın üyeleri iş süreçlerini daha efektif şekilde yöneterek verimlilik ve tasarruf sağlamaya yönelik önemli avantajlara sahip olmaktadır. Uygulama üyelerine iletişim, bilgilendirme, pazarlama ve mobil teknoloji odaklı etkin çözümler sunmaktadır. Diğer yandan, *Eğitim Tırı* uygulaması ile çiftçi ihtiyaçları doğrultusunda köylerde eğitim verilirken, akıllı telefonlar için geliştirilen *Kılavuz* uygulaması ile çiftçilere 5 günlük ilçe bazlı hava durumu, kategori bazlı sektör haberleri, detaylı ürün fiyat bilgileri, ücretsiz ve kolay ilan verme olanağı sunulmaktadır.

12.4.4. Yeni Nesil Mobil Traktörler

Yeni nesil mobil traktörler, çiftçilerin hayatını kolaylaştıracak ve alışkanlıklarını değiştirecek akıllı telefon ve tablet uygulamasını sunmaktadır. Bu uygulama ile çiftçilerin bilgiye kolay ulaşmalarını ve güncel tarım haberlerini, ay içerisindeki önemli tarım günlerini ve aktivitelerini haber veren akıllı tarım takvimini ve hava durumunu takip etmelerini sağlamaktadır. Çiftçiler, uygulamanın “haberler” özelliği sayesinde tarım sektörünü ve kendilerini ilgilendiren pek çok güncel haberi okuyabilecek ve akıllı “tarım takvimi” özelliği ile Bağcılık, Hayvancılık, Meyvecilik, Sebzeçilik, Tarla Ziraatı, Tavukçuluk ve Arıcılık konularında aylara ilişkin olarak yapılacak

tarımsal işleri inceleyebilecektir. “Hava Durumu” özelliğini kullanarak bulundukları ile ait hava durumunu saat saat ve 10 günlük tahminler olarak öğrenebilecekleri sistemden gün doğumu, gün batımı saatleri, rüzgar hızı gibi bilgilere de ulaşabilecektir.

12.4.5. Topraksız Tarım

Topraksız tarım, diğer adıyla “hidroponik yetiştiricilik”, volkanik kayaların, suyun, taş yünü, kokopit ya da perit gibi maddelerin kullanıldığı, bitkilerin ihtiyaç duyduğu minerallerin ise bilgisayar sistemiyle üretimi olarak tanımlanmaktadır. Bu teknolojiye hijyenik ve daha lezzetli ürünler yetiştirme imkânı dışında, gübreleme, ilaçlama, aşırı sulama gibi faktörlere gerek duymayan topraksız tarımda, başta geleneksel sebzeler olmak üzere hassas tıbbi bitkiler ve yumru kök içermeyen yeşillikler daha sağlıklı yetiştirilebilmekte ve hastalık seviyesini minimum düzeylere indirmek mümkün olmaktadır. Bu uygulama dünyada 40 milyar dolarlık bir büyüklüğe ulaşmıştır. Topraksız tarımda verim normal tarıma göre beş kat daha fazladır. 1 tohumdan 16 bin tane domates üretilmektedir. Türkiye, tarım açısından daha şanslı ülkeler arasında yer almaktadır. Ancak tarımda bölünmüş topraklar, erozyon ve kuraklık, verimi engellemektedir. Türkiye’nin toprak verimliliğinin yapılan araştırmalara göre son 10 yılda %23 azaldığı belirtilmektedir. Tarım alanında yeni gelişmeye başlayan topraksız tarım ise bugünün ve geleceğin yatırım alanı olarak yerini şimdiden üst sıralara taşımaya başlamıştır. Topraksız tarım kültürüne yatırımcı akını yaşanmaktadır. Adana, Mersin, Afyon, Denizli, Urfa, Diyarbakır ve Antalya’da topraksız tarım uygulamaları yoğun bir şekilde yapılmaktadır. Türkiye’de 48 bin hektar seranın yaklaşık 4 bin dönümünde topraksız tarıma geçilmiş durumdadır. Türkiye’nin topraksız tarım yapılan sera alanının iki-üç yıl içerisinde 15 bin dönüme çıkacağı söylenmektedir.

Şekil 11: Topraksız Tarım Uygulaması (Çukurova Üniversitesi Çiftçi Broşürü, 2013.)

12.4.6. Dijital Tarım Makinaları

Tarım ve hayvancılıkta bir diğer eğilim ise makinaların dijitalleşmesidir. Biçerdöverler, traktörler, pulluklar ve diğer zirai araçlar artık akıllı makineler olmuştur. Tarım makinaları artık daha büyük, daha ağır ve daha akıllı hale gelmiştir. Bu makineler çiftçinin üzerinden iş yükünü alan, çevreyi koruyan ve hasadı arttıran teknolojik yenilikler olarak nitelendirilmektedir. Bu makinelerle artık neredeyse milimetrik doğrulukta ekme ve biçme yapılabilmektedir. Artık pullukların uydu anteni bulunmaktadır. Böylece uç demirlerinin santimetre doğruluğunda tarlayı işlemesi mümkün hale gelmiştir. Sürüş, artık karanlıkta bile sorun teşkil etmemektedir. Araç bilgisayar tarafından yönlendirilmekte, parametreler dokunmatik ekran üzerinden girilmektedir.

Tarımdaki krizin en büyük sebebi, olumsuz hava koşulları olarak bilinmektedir. Kuraklığa çare bulmak zordur. Öte yandan rekolte kayıplarına yol açan dolu ve don artık sorun olmaktan çıkmaktadır. Ayrıca tarım makinaları artık uzaktan kumanda sistemi ile çalışabilmektedir. Traktör ve biçerdöver gibi tarım makinalarıyla ve uydu alıcısı sinyalleri ile çalışan otomatik kontrollü tarım makinalarıyla, traktör ya da biçerdöver kullanan operatörler direksiyona dokunmadan tarlanın her tarafına ekim yapabilmektedir. Ekimin yanı sıra traktördeki bilgisayarlı sistem ile tarlada ekip biçilecek alan uydu sinyalleri tarafından belirlenmektedir. Böylece sıfıra yakın hata ile tüm işlemler gerçekleştirilebilmektedir.

12.4.7. Nanoteknoloji

Nanoteknolojik gelişmelerin ortaya çıkışı ve nanoaygıtların/nanomateriyallerin kullanılmaya başlanması, tarım ve gıda sektöründe yeni uygulamaları beraberinde getirmiştir. Nanoteknoloji, hastalıkların moleküler tedavisi, hızlı hastalık teşhisi, bitkilerin besinleri soğurma yeteneğinin artırılması gibi yeni yaklaşımlarla, tarım ve gıda endüstrisinde devrim yaratma potansiyeline sahiptir. Akıllı biyosensörler ve kontrollü emisyon sistemleri, tarım endüstrisinin viruslerle ve diğer patojenlerle savaşmasına yardım edecektir. Yakın bir gelecekte nano yapıdaki katalizörler sayesinde, pestisitlerin ve herbisitlerin daha düşük dozlarıyla daha etkili olması sağlanacaktır. Nanoteknoloji ayrıca, alternatif (yenilenebilir) enerji bileşikleri ve filtre/katalizörlerin kullanımıyla kirliliği azaltacak ve mevcut kirlletici maddeleri temizleyerek dolaylı yoldan çevreyi koruyacaktır (Scott & Chen, 2002).

12.4.7.1. Akıllı Gübre

Ülkemizdeki genel toprak yapısının kireçli ve yüksek pH değerine sahip olması, bitkilerin çeşitli mineralleri almasını zorlaştırmaktadır. Mineral eksikliğini gidermek için yapılan gübreleme yeterince etkili olamamaktadır. Özellikle yapraktan verilen gübrelerde; yaprağın yapısında bulunan stoma açıklığının az olması, makro ve mikro boyutlardaki moleküllerden oluşan gübre geçişini büyük ölçüde zorlaştırmaktadır. Nanoteknolojik gübre kullanımı sayesinde gübre israfının önüne geçilebilecek, böylece ekimden maksimum verim alınabilecektir. Türkiye’de yılda toplam yaklaşık 2 milyon ton gübre kullanılmaktadır. Nanoteknolojik gübre ile hem daha az gübre kullanmak, hem de kullanılan az miktardaki gübreden alınabilecek en yüksek oranda verim almak mümkün olmaktadır. Akdeniz Üniversitesi’nde 2011 yılında başlatılan araştırma ve geliştirme çalışmaları sonucu, nanoteknolojik yöntemlerle akıllı gübre elde edilmiştir. Nanoixir adı verilen bu gübre sayesinde bitkinin fotosentez hızı ve etkinliği artırılarak, bitkisel

üretimde yüksek verim, ürün kalitesinde artış, tat ve aromada iyileşme, erken hasat ve depolama süresinde artış sağlanmıştır. Türkiye’de birçok gübre üreticisi tarafından akıllı gübreler üretilmeye başlanmıştır.

12.4.7.2. Nanopestisitler

Yakın zamanda üreticiler ürünlerini nanopestisitlerle koruyabilecektir. Saç telinden bile küçük olan ancak daha geniş bir alana yayılabilen bu damlacıklarla pestisit kullanımının azalması amaçlanmaktadır. Tarım ve gıda üretimi için bir devrim olacağına inanılan nanopestisitler üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Ürünlerin direncini arttırmak ve pestisit kullanımını azaltmak gibi avantajları olan nanopestisitlerin zararlılar üzerindeki etkisi de diğer ilaçlara göre daha fazla ve daha uzun sürelidir. Bir nanopestisit parçacığı çok büyük bir bölgeyi kapsayabilmektedir.

12.4.8. Robotik Çiftlikler

İnsanların bitki ve hayvanları yetiştirip yararlandıkları işletmeler olarak tanımlanan çiftlikler, teknolojinin gelişmesiyle çehre değiştirmeye başlamıştır. Çiftlikler artık insanlarla değil, robotlarla çekip çevrilmeye başlanmış, robotlar sayesinde çiftlikler geçmişe göre daha verimli ve aktif hale gelmiştir. Çiftlikteki büyük baş hayvanlar robotlar tarafından sağılmakta, diğer hayvanların takibi de yediği yem, verdiği sütteki yağ ve protein oranı, hastalık ihtimalleri kontrolleriyle robotlar sayesinde yapılmaktadır. Çiftliklerde, sağım robotunun haricinde yem itme robotu, gübre temizleme robotu ve hatta buzağı beslemek için mama robotu da bulunmaktadır. Dünyada örneklerine rastlanan robotik çiftliklerden Türkiye’de de mevcuttur.

12.4.9. Akıllı Sulama Sistemleri

Kurak ve yarı kurak iklim kuşağında bulunmasından dolayı, mevcut su kaynaklarının büyük bir bölümü tarımsal sulamada kullanılmaktadır. Bu nedenle sulama, tarımsal üretimin en önemli girdilerinden biridir. Akıllı sulama sistemleri sayesinde gereksiz sulamanın önüne geçilerek, su kaynaklarının korunması ve fazla sulama nedeniyle bitki ve toprakta oluşacak deformasyonların engellenmesi hedeflenmiştir. Akıllı sulama sistemleri, tarlada yer alan her bitkinin su ihtiyacı farklı olduğundan toprağın neminin yüzdelik oranı, bitkinin ihtiyacı olan nem oranından düşük çıkarsa ürüne su verilmesi yolunu izler. Mobil araçlarla sulamayı programlayıp, mevsimlik, aylık, haftalık, günlük hatta saatlik programlama imkanına sahip olunmaktadır.



13. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TARIMDA SU GÜVENLİĞİNE ETKİSİ, TÜRKİYE'DE TARIMDA SUYUN ETKİN KULLANIMINA BAZI ÖRNEKLER

İklim değişikliği etkisi altındaki tarımsal sistemler, küresel gıda güvenliğindeki riskleri ve sosyo-ekonomik kırılganlıkları azaltabilmek için dönüşüm yaşamak durumundadır. İklim değişikliği, çiftçiler ve politikacılar için daha fazla belirsizlik ve risk yaratmaktadır. İklim değişikliği kapsamında gıda güvenliğini tüm aşamalarda ele alabilmek için; entegre, kanıt temelli ve dönüştürücü bir yaklaşım sergilenmelidir. Ayrıca ölçeğe ve değişim oranına ulaşmak için; araştırmadan politikalara, yatırımlardan, özel, kamu ve sivil toplum sektörlerinden, küresel düzeyden yerel seviyelere kadar koordineli eylemler gerekmektedir. Doğru uygulamalar, politikalar ve yatırımlarla tarım sektörü, uzun vadede gıda güvenliğine katkıda bulunurken, kısa vadede gıda güvensizliğinin giderilmesine ve yoksulluğun azalmasına destek olmaktadır.

Sulu tarım, özellikle su tahliyesinin sık sık düzenlenmeyen, fiyatlandırılmayan ve hatta sübvans edilen gelişmekte olan ülkelerde kısıtlı tatlı su kaynakları üzerinden sulama yaparak bu sistemlere artan bir baskı oluşturmaktadır. Yüzlerce milyon küçük işletme sahibinin, gıda güvenliğine ve geçim kaynaklarına zarar vermeden ve iklim değişikliğine karşı tarımda daha sürdürülebilir bir su kullanımına geçmek için, su kullanım verimliliğinde önemli bir iyileştirme yapılması gerekmektedir. Bunu yapabilmenin birtakım yolları aşağıda belirtilmiştir.

13.1. Sulama Sistemlerinin Su Güvenliğine Etkisinin Belirlenmesi

Damla ve yağmurlama sulama sistemleri en verimli sulama sistemlerinin başında gelmektedir. Bu sistemler doğrudan bitkinin köklerine su ileterek, sulama sırasında meydana gelen buharlaşmayı azaltmaktadır. Zamanlayıcılar, günün serin saatleri boyunca sulamayı programlamak için kullanılabilir ve bu da su kaybını azaltır. Damla sulama sistemleri, geleneksel sulamadan %80 daha fazla su tasarrufu sağlayabilmekte ve ürün veriminin artmasına bile katkıda bulunabilmektedir.

Havza Yönetim Sistemleri

Havzadaki bütünsel yönetim aracılığıyla su güvenliği etkili bir şekilde ele alınabilir. Havzalar su döngüsünü planlamak için doğal bir jeolojik ve hidrolojik su bütçesi sunmaktadır. Entegre havza yönetimi ile su güvenliği adına;

- Kuraklığın bitki ve hayvancılık üzerindeki olumsuz etkilerini hafifletmek
- Çölleşme kontrolü ve ekolojik dengenin yenilenmesini teşvik etmek
- Köy halkının ekonomik gelişimini teşvik etmek

gibi etkin adımlar planlanabilir.

Sulama Planlaması

Modern su yönetimi sadece suyun nasıl verildiği değil aynı zamanda ne zaman, ne sıklıkta ve ne miktarda verildiği ile ilgilidir. Su altında veya fazla sulanan mahsulleri önlemek için çiftçiler havayı, toprağın ve bitkinin nemini dikkatle izlemeli ve sulama programlarını mevcut koşullara uyarlamalıdır. Bazı çiftçiler buharlaşmayı yavaşlatmak ve suyun toprağa sızmasına ve su tablasını doldurmasına izin vermek için gece boyunca su vermektedir.

Kuraklığa Dayanıklı Bitki Deseni

Su kıtlığının kalıcı bir sorun olduğu kuraklığa meyilli alanlarda, bakliyat ve mercimek gibi daha az su yoğun bitki yetiştirilmesi ve daha az su gereksinimi ile çok iyi geri dönüşler sağlanabilir. Biyoteknolojideki ilerlemelerle birlikte daha az su ihtiyacı olan birçok ürün çeşidi, bitki desenine dahil edilebilir.

Kuru Tarım

Malç kullanımı toprak neminin korunmasında yardımcı olmaktadır. Kuru tarım uygulamaları yapan çiftçiler sulama kullanmamaktadır ve kurak mevsimde mahsul üretmek için mevcut toprak nemine bağlıdır. Özel yetiştirme uygulamaları ve mikro iklimlere dikkat edilmesi önemlidir. Ancak bilinmelidir ki kuru tarım daha düşük verim ile üretim gerçekleştirir.

Dönüşümlü Otlatma

Rotasyonel otlatma, hayvanların ve meraların korunması için kullanılan bir yöntemdir. İyi otlatma yönetimi, tarlanın su emilimini artırır ve yüzey akışını azaltır, böylece meraları kuraklığa dayanıklı hale getirir. Artan toprak organik maddesi ve daha iyi yem örtüsü aynı zamanda rotatif otlamanın su tasarrufu sağlayan faydalarıdır.

Malç ve Kompost

Gübre olarak kullanılan kompost veya çözülmüş organik maddenin su tutma kapasitesini arttırdığı ve toprak yapısını iyileştirdiği bulunmuştur. Malç, toprağın nemini korumak için toprağın üzerine yayılmış bir malzemedir. Malç, kompost haline gelebilecek tahta yongalar veya saman gibi organik malzemelerden yapılabilmektedir. Toprağın su tutma kapasitesini daha da artırır. Kompost ve malç, kurak mevsimde toprakta daha fazla su tutulmasına yardımcı olabilir. Çiftçiler, yabancı otları bastırmak ve buharlaşmayı azaltmak için toprak örtüsü olarak siyah plastik malç kullanabilmektedir.

Bitki Örtüsü

Yer örtücü bitkiler toprağın nemini korur. Yabancı otları azaltır, ayrıca toprak verimliliğini ve organik maddeleri artırır. Eş zamanlı erozyon ve sıkışmanın önlenmesine de yardımcı olur. Örtü bitkileri suyun toprağa daha kolay nüfuz etmesine izin verir ve bu da su tutma kapasitesini artırır. Bazı araştırmalar, örtü bitkileriyle ekili alanların, kuraklık yıllarında geleneksel alanlara göre %11 ila %14 daha verimli olduğunu belirlemiştir.

Toprak İşleme

Koruma amaçlı toprak işlemede, yüzeyde en az %30 oranında bitkisel ürün kalıntısı bırakan özel pulluklar veya başka ekipmanlar kullanır. Örtü bitkilerinin kullanımı gibi, bu tür uygulamalar da su emilimini arttırmaya ve buharlaşma, erozyon ve sıkışmayı azaltmaya yardımcı olur (Tendall, 2015). Azaltılmış toprak işleme veya toprak işleme, mahsulün artıklarını yakmamasına yardımcı olur ve onu parçalayarak toprak verimliliğini zenginleştirir.

Organik Tarım

Son araştırmalar (Santoshkumar ve ark., 2017), organik tarlalarda yetişen mısırın kuraklık yıllarındaki geleneksel tarlalardan %30 daha fazla verime sahip olduğunu tespit etmiştir. Daha toksik olan birçok pestisit su yollarından uzak tutulmasının yanı sıra, organik yöntemler toprağın neminin korunmasına yardımcı olmaktadır. Organik madde ve mikrobiyal yaşam bakımından zengin olan sağlıklı toprak, bitkiler için nemi emen ve tutan bir sünger işlevi görmektedir (Zwang, 2016).

13.2. Türkiye’de Tarımda Suyun Etkin Kullanımına Bazı Örnekler

13.2.1. GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı (GAP İdaresi) Tarafından Gerçekleştirilen, “Suyun Etkin ve Verimli Kullanım Projesi

GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı (GAP İdaresi) tarafından gerçekleştirilen, “Suyun Etkin ve Verimli Kullanım Projesi” 2009 yılında başlamış, Kilis, Gaziantep ve Adıyaman, Diyarbakır, Şanlıurfa ve Mardin, Batman, Siirt ve Şırnak illerinde gerçekleştirilmiştir.

Projenin genel amacı; GAP Bölgesi’nde su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını temin etmek üzere suyun etkin ve verimli kullanılmasına yönelik uygulamaları arttırmak, kapasite geliştirme programlarını sağlamak ve yerel halkın bu konudaki bilinç düzeyini arttırmaktır.

Bu kapsamda söz konusu proje ile suyun kullanımı (tarımsal sulamada sulama çeşitleri, sulamanın önemi, doğru ve yanlış sulama örnekleri, çiftçilerin sorunları, çiftçilerin kullandığı sulama yöntemleri avantaj ve dezavantajları) ele alınmıştır. Proje ile çiftçilerimizin deneyimlerini ve bilgilerini arttırmaya yönelik olarak eğitimler düzenlenmiştir.

13.2.2. Ankara-Gölbaşı Bölgesinde Etkin Su Kullanımı ve Yağmur Suyu Hasadı ile İklim Değişikliğine Adaptasyonun Sağlanması Projesi

Ankara Üniversitesi Su Yönetimi Enstitüsü, su kaynaklarının miktar ve kalitesi açısından çok problemli olan Gölbaşı Bölgesi’nde mevcut su kaynaklarının sulamada ve evsel tüketimde etkin kullanımının sağlanması ve çatı su hasadı ile yağmur suyundan yararlanılması amacıyla bir proje hazırlamış, bu proje Birleşmiş Milletler, UNDP ve EVERY DROP

MATTERS Programı tarafından kabul görmüş ve desteklenmiştir.

Projeye tahsis edilen 6 parsel ile ilişkin topoğrafik haritalar hazırlanmış, toprak ve su analizlerine ilişkin çalışmalar tamamlanmıştır. Bu alanlarda sulama (ağırlıklı olarak damla sulama) eğitimine yönelik demonstrasyonlar kurulmuştur (çim, sebze, meyve, bağ, tarla bitkilerinde damla ve yağmurlama sulama, toprakaltı damla sulama, lateral ve damlatıcı tipleri, düşük basınçlı damla sulama, damla sulamada toprakta nem dağılımı, eğimin nem dağılımına etkisi, vb.). Bu alanlarda çiftçilerin ve teknik eleman-mühendislerin sulama prensipleri, sulama malzemeleri, sulama projeleri, sulama sistemlerinin işletilmesi, sulamada otomasyon kullanımı, sulama sistemlerinin bakım ve onarımı konularında eğitimi yapılmıştır. Küçük Bahçıvanlar Okulu binasının çatısına yağmur suyu hasadı sistemi monte edilerek çatıdan toplanan ve filtre edilen suyun tuvalet sifonunda ve bahçe-peyzaj alanların damla sulama sistemi ile sulanmasına ve kullanılmasına ilişkin demonstrasyon oluşturulmuştur.

KAYNAKÇA

- Abbott, M.B., Bathurst, J.C., Cunge, J.A., O'Connell, P.E. ve Rasmussen, J. (1986). An introduction to the European Hydrological System–Systeme Hydrologique Europeen, "SHE", 1: History and Philosophy of a Physically-Based, Distributed Modelling System. *J. Hydro*, 87(1-2): 45-59.
- Ağaçayak, T. & Öztürk, L. (2017). *Türkiye'de Tarım Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılmasına Yönelik Stratejiler*. İstanbul Politikalar Merkezi-Sabancı Üniversitesi-Stiftung Mercator Girişimi.
- Akalın, M. (2014). İklim Değişikliğinin Tarım Üzerindeki Etkileri: Bu Etkileri Gidermeye Yönelik Uyum ve Azaltım Stratejileri. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(2): 351-377.
- Akçakaya, A. ve ark. (2013). Yeni Senaryolarla Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları Raporu. MGM, https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/IKLIM_DEGI_SIKLIGI_PROJEKSİYONLARI.pdf adresinden erişildi.
- Algedik, Ö. (2013). İklim Değişikliği Eylem Planı Değerlendirme Raporu. *Tüvik-Der - Heinrich Böll Stiftung*, https://tr.boell.org/sites/default/files/tipig_idep_raporu.pdf adresinden erişildi.
- Algedik, Ö., Bayar, H., Biçer, E., Çelik, B., Keleş, M., Kocaman, H. ve Talu, N. (2016). *TBMM'nin İklim Değişikliği Politikasındaki Rolü*. https://kureseldenge.org/wp-content/uploads/2016/08/TBMM_ve_iklim_degisi_kligi_raporu.pdf adresinden erişildi.
- Apak, G. & Ubay, B. (2007). T.C. İklim Değişikliği 1. Ulusal Bildirimi. *T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, UNDP Türkiye, GEF*. <http://idub.csb.gov.tr/images/files/Turkiye-Iklim-Degisikligi-1-Bildirimi.pdf> adresinden erişildi.
- Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S. ve Williams, J.R. (1998). Large Area Hydrological Modeling and Assessment Part 1: Model Development. *JAWRA J. Am. Water Resour. Assoc*, 34(1): 73-89.
- Audsley, E., Trnka, M., Sabaté, S., Maspons, J., Sanchez, A., Sandars, D., Balek, J. ve Pearn, K. (2014). Interactively Modelling Land Profitability to Estimate European Agricultural and Forest Land Use under Future Scenarios of Climate, Socio-Economics and Adaptation. *Clim. Chang.*, 128(3-4): 215-227.
- Barnett, J. & O'Neill, S. (2009). Maladaptation. *Glob. Environ. Chang.*, 20(2010): 211-213.
- Barnett, J. & O'Neill, S.J. (2013). *Minimising the risk of maladaptation: A Framework for Analysis*. [Palutikof, J. ve ark. (der.)] Climate Adaptation Futures. Wiley & Sons: Chichester, UK. 87-93.
- Başıoğlu, A. (2014). Küresel İklim Değişikliğinin Ekonomik Etkileri. *KTÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, sy. 175-196. http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/sbedergisi_8fd33.pdf adresinden erişildi.
- Batan, M. & Toprak, Z.F. (2015). Küresel İklim Değişikliğinin Olumlu Etkileri ve Bu Etkilerin İklim Değişikliğine Uyum Kapsamında Değerlendirilmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 6(2): 93-102.
- Batjes, N.H. (1996). Total Carbon and Nitrogen in the Soils of the World. *Eur J Soil Sci*, 47(2): 151-163.
- Bayer, C.W., Crow, S.A. ve Fischer, J. (2000). *Causes of Indoor Air Quality Problems in Schools: Summary of Scientific Research*. Gözden Geçirilmiş Baskı, Energy Division Oak Ridge National Laboratory Oak Ridge: Tennessee.
- Bayramın, İ. (2008). *İklim Değişikliğinin Tarım Üzerine Etkileri*. TMMOB İklim Değişikliği Sempozyumu (13-14 Mart), Ankara.

- Bazzaz, F.A. & Sombroek, W.G. (1996). *Global Climate Change and Agricultural Production: Direct and Indirect Effects of Changing Hydrological, Pedological and Plant Physiological Processes*. Food & Agriculture Organization of the U.N.
- Bennett, R.G., Ryan, M.H., Colmer, T.D. ve Real, D. (2011). Prioritisation of Novel Pasture Species for Use in Water-Limited Agriculture: A Case Study of Cullen in the Western Australian Wheatbelt. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 58(1): 83-100.
- Bernauer, T., Böhmelt, T. ve Koubi, V. (2012). Environmental Changes and Violent Conflict. *Environmental Research Letters*, 7(1).
- Berry, H.L., Hogan, A., Ng, S.P. ve Parkinson, A. (2011). Farmer Health and Adaptive Capacity in the Face of Climate Change and Variability. Part 1: Health as a Contributor to Adaptive Capacity and as an Outcome from Pressures Coping with Climate Related Adversities. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 8(10): 4039-4054.
- Biber-Freudenberger, L., Ziemacki, J., Tonnang, E.Z. ve Borgemeister, C. (2016). Future Risks of Pest Species under Changing Climatic Conditions. *PLoS ONE*, 11(4).
- Bloomfield, J.A., Rose, T.J. ve King, G.J. (2014). Sustainable Harvest: Managing Plasticity for Resilient Crops. *Plant Biotechnol. J.*, 12(5): 517-533.
- Bondeau, A. ve ark. (2007). Modelling the Role of Agriculture for the 20th Century Global Terrestrial Carbon Balance. *Glob. Chang. Biol.*, 13: 679-706.
- Brisson, N. ve ark. (2008). An Overview of the Crop Model STICS. *Eur. J. Agron.*, 18: 309-332.
- Brown, I., Towers, W., Rivington, M. ve Black, H.I.J. (2008). Influence of Climate Change on Agricultural Land-Use Potential: Adapting and Updating the Land Capability System for Scotland. *Clim. Res.*, 37(1): 43-57.
- Bulkeley, H. (2013). *Cities and Climate Change*. Routledge: New York.
- Büken, M.E. (2016). Adana İlinde İklim Değişikliği Etkileri Değerlendirmesi. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*: Adana.
- Büken, M.E., Cakan, H. ve Yüceer, N.S. (2017). *Climate Change Projections of Saimbeyli Pinus Nigra Forests*. [Duman F. (der.)] Ecology 2017 Konferansı. Kayseri: Türkiye.
- Büken, M.E., ve Güner, E.D. (2017). *Modeling of Seasonal Climate Change Projections for Nevşehir Province*. 2nd International Conference on Civil and Environmental Engineering Sempozyumu (8-10 Mayıs 2017), Nevşehir.
- Canlı, K. (2010). Küresel Isınmanın Orman Ekosistemine Etkisi, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2: 86-96.
- Carpenter, G.G.; Gillison, A.N.; Winter, J. DOMAIN., 1993. A Flexible Modelling Procedure for Mapping Potential Distributions of Plants and Animals. *Biodivers. Conserv.* 1993, 2, 667-680.
- Chapman, D.S., Scalone, R., Štefanić, E. ve Bullock, J.M. (2017). Mechanistic Species Distribution Modeling Reveals a Niche Shift During Invasion. *Ecology*, 98: 1671-1680.
- Chen, H., Weiss, J. ve Shahidi, F. (2006). Nanotechnology in Nutraceuticals and Functional Foods. *Food Technology*, 60(3): 30-36.
- Chenu, K. ve ark. (2017). Contribution of Crop Models to Adaptation in Wheat. *Trends Plant Sci.*, 22: 472-490.
- Çakmak, B. & Gökalp, Z. (2011). İklim Değişikliği ve Etkin Su Kullanımı. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(1): 87-95.
- Çakmak, E.H. (2013). İklim Değişikliğinin Tarıma ve Ekonominin Geneline Etkileri. *TUSAF* <http://www.tusaf.org/Eklenti/376,erol-cakmak--dudu-un-san-09032013pdf.pdf?0> adresinden erişildi.
- Çınar, T. (2006). *Su Yönetimi ve Finansmanında Strateji, Model ve Aktörler*. [Çınar, T. & Özdiñç, H.K. (der.)] Su Yönetimi. Memleket Yayınları: Ankara. 43-89.

- Çukurova Üniversitesi, (2013). *Çiftçi Broşürü*. <http://tyhm.cu.edu.tr/Tr/detay.aspx?pagelid=1535> adresinden erişildi.
- DeFries, R. ve ark. (2007). Earth Observations for Estimating Greenhouse Gas Emissions from Deforestation in Developing Countries. *Environmental Science & Policy*, 10(4): 385-94.
- Dellal, İ. (2008). Küresel İklim Değişikliği ve Enerji Kısacında Tarım ve Gıda Sektörü. *İGEME'den Bakış*, 35: 103-111.
- Dellal, D., McCarl, B.A. ve Butt, T. (2011). The Economic Assessment of Climate Change on Turkish Agriculture. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 12(1): 376-385.
- Denardin, J.E. (1993). Requisitos para implantação e a manutenção do sistema plantio direto. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). Plantio direto no Brasil. Passo Fundo: Aldeia Norte, 19-27.
- Di Falco, S. & Veronesi, M. (2014). Climatic Anomalies and Conflicts: the Role of Tenure Security on Land Disputes. Paper prepared for presentation at the EAAE 2014 Congress 'Agri-Food and Rural Innovations for Healthier Societies' (26-29 Ağustos), Ljubljana: Slovenia.
- Dick, W.A. & Durkalski, J.T. (1997). *No-Tillage Production Agriculture and Carbon Sequestration in a Type Fragiu dalf Soil of Northeastern Ohio*. [Lal, R., Kimble, J.M., Follet, R.F. ve Stewart, B.A. (der.)] Management of Carbon Sequestration in Soil. CRC Press: Boca Raton. 59-71.
- Doğan, S. ve Tüzer, M. (2011). Küresel İklim Değişikliği ve Potansiyel Etkileri. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 12(1): 25.
- DPT, (2013). *Devlet Planlama Teşkilatı Onuncu Kalkınma Planı Raporu*. <http://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/Onuncu-Kalk%C4%B1nma-Plan%C4%B1-2014-2018.pdf> adresinden erişildi.
- Dudley, N. ve ark. (2010). *Natural Solutions: Protected Areas Helping People Cope With Climate Change*. IUCN-WCPA, The Nature Conservancy, UNDP, Wildlife Conservation Society, The World Bank and WWF, Gland, Switzerland, Washington DC and New York. https://www.iucn.org/downloads/natural_solutions.pdf adresinden erişildi.
- Dudu, H. & Çakmak, E.H. (2018). Climate Change and Agriculture: An Integrated Approach to Evaluate Economy-Wide Effects for Turkey. *Climate and Development*, 10(3): 275-288.
- EEA, (2018). Annual European Union Greenhouse Gas Inventory 1990-2016 and Inventory Report 2018. *UNFCCC Secretariat*, <https://www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2018> adresinden erişildi.
- Endüstri 4.0, (t.y.). *Endüstri 4.0'la Birlikte Gelen Akıllı Tarım*. <https://www.endustri40.com/endustri-4-0la-birlikte-gelen-akilli-tarim/> adresinden erişildi.
- Fankhauser, S. & Tol, R.S. (2005). On Climate Change and Economic Growth. *Resource and Energy Economics*, 27(1): 1-17.
- FAO, (2008). *Climate Change: Implications for Food Safety*. <http://www.fao.org/docrep/pdf/010/i0195e/i0195e00.pdf> adresinden erişildi.
- FAO, (1992). *CROPWAT: A Computer Program for Irrigation Planning and Management [1992]*. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=SO2005100017> adresinden erişildi.
- FAO, (2009). Coping with a Changing Climate: Considerations for Adaptation and Mitigation in Agriculture. *Environment And Natural Resources Management Series - 15*, <http://www.fao.org/3/i1315e/i1315e.pdf> adresinden erişildi.

- FAO, (2013). *Climate-Smart Agriculture Sourcebook (Executive Summary)*. <http://www.fao.org/3/a-i3325e.pdf> adresinden erişildi.
- FAO, (2011a). *Save and Grow: A Policymaker's Guide to the Sustainable Intensification of Smallholder Crop Production*. <http://www.fao.org/3/i2215e/i2215e.pdf> adresinden erişildi.
- FAO, (2011b). *What is Conservation Agriculture?* <http://www.fao.org/ag/ca/1a.html> adresinden erişildi.
- FAO, (2012). *State of Food and Agriculture, 2012: Investing in Agriculture for a Better Future*. <http://www.fao.org/3/a-i3028e.pdf> adresinden erişildi.
- FEBRAPDP, (2006). *FEBRAPDP Brazilian Federation for No-Tillage on Crop Residues*. http://www.febrapdp.org.br/historic_english.html adresinden erişildi.
- Field, C.B. ve ark. (2014). *Climate Change 2014 - Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom ve New York, USA.
- Foley, J.A. ve ark. (2011). Solutions for a Cultivated Planet. *Nature*, 478: 337-342.
- Fraser, E.D., Mabee, W. ve Figge, F. (2005). A Framework for Assessing the Vulnerability of Food Systems to Future Shocks. *Futures*, 37: 465-479.
- Giorgi, F. (2006). Climate Change Hot-Spots. *Geophysical Research Letters*, 33(8).
- Gornott, C. & Wechsung, F. (2015). Level Normalized Modeling Approach of Yield Volatility for Winter Wheat and Silage Maize on Different Scales within Germany. *J. Kulturpflanzen*, 67: 205-223.
- Gönültaş, G., Boyacı, H.ve Uygan, D. (2008). Küresel Isınma Gerçeği Çerçevesinde Türk Tarımı. *Türk Tarım Dergisi Ocak-Şubat, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Dergisi*, 179: 8-12.
- Harrison, P.A., Dunford, R.W., Holman, I.P. ve Rounsevell, M.D.A. (2016). Climate Change Impact Modelling Needs to Include Cross-Sectoral Interactions. *Nat. Clim. Chang.*, 6: 885-890.
- Hasegawa, T. ve ark. (2018). Risk of Increased Food Insecurity under Stringent Global Climate Change Mitigation Policy. *Nature Climate Change*, 699-703.
- Hassan, A. (2017). *Food Security and Child Malnutrition: The Impact on Health, Growth, and Well being*. Apple Academic Press.
- Haydu, J. (2010). Reversals of Fortune: Path Dependency, Problem Solving, and Temporal Cases. *Theory Soc.*, 39: 25-48.
- Hendriks, S.L. (2015). The food Security Continuum: a Novel Tool for Understanding Food Insecurity as a Range of Experiences. *Food Security*, 7: 609-619.
- Hobbs, T.J. ve ark. (2016). Models of Reforestation Productivity and Carbon Sequestration for Land Use and Climate Change Adaptation Planning in South Australia. *J. Environ. Manag.*, 181: 279-288.
- Holzkämper, A., Calanca, P., Honti, M. ve Fuhrer, J. (2015). Projecting Climate Change Impacts on Grain Maize based on Three Different Crop Model Approaches. *Agric. For. Meteorol.* 214-215: 219-230.
- Holzworth, D.P. ve ark. (2015). Agricultural Production Systems Modelling and Software: Current Status and Future Prospects. *Environ. Model. Softw.*, 72: 276-286.
- Hoogenboom, G. (2000). Contribution of Agrometeorology to the Simulation of Crop Production and Its Applications. *Agric. For. Meteorol.*, 103: 137-157.

- Hoogenboom, G. ve ark. (1994). *Decision Support System for Agrotechnology Transfer, Version 3*. University of Hawaii Press: Honolulu, HI, USA.
- Houghton, R.A., (1999). The Annual Net Flux of Carbon to the Atmosphere from Changes in Land Use 1850 to 1990. *Tellus*, 50B: 298-313.
- Howden, S.M. ve ark. (2007). Adapting Agriculture to Climate Change. *PNAS*, 104: 19691-19696.
- International Assessment of Agricultural Knowledge, (2009). *Science and Technology for Development Agriculture at a Crossroads: Synthesis Report*. Island Press.
- IPCC, (2014). *Fifth Assessment Report*. <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/> adresinden erişildi.
- Jiang, Y. & Koo, W.W. (2014). Estimating the Local Effect of Weather on Field Crop Production with Unobserved Producer Behavior: A Bioeconomic Modeling Framework. *Environ. Econ. Policy Stud.*, 16: 279-302.
- Jones, J.W. ve ark. (2003). The DSSAT Cropping System Model. *Eur. J. Agron.*, 18: 235-265.
- Joyce, L.A ve ark. (2013). Climate Change and North American Rangelands: Assessment of Mitigation and Adaptation Strategies. *Rangel. Ecol. Manag.*, 66: 512-528.
- Kadioğlu, M., Ünal, Y., İlhan, A. ve Yürük, C. (2017). Türkiye'de İklim Değişikliği ve Tarımda Sürdürülebilirlik. *Türkiye Gıda ve İçecek Sanayii Dernekleri Federasyonu*. <http://www.tgdf.org.tr/wp-content/uploads/2017/10/iklim-degisikligi-rapor-elma.compressed.pdf> adresinden erişildi.
- Kanber, R. ve ark. (2010). *Küresel İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Ve Tarımsal Sulamaya Etkileri*. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi Bildiri Kitabı, 83-118.
- Karlen, D.L. & Cambardella, C.A. (1996). Conservation Strategies for Improving Soil Quality and Organic Matter Storage. [Carter, M.R. & Stewart, B.A. (der.)] *Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils*. Boca Raton: CRC Press. 395-420.
- Keating, B.A. ve ark. (2003). An Overview of APSIM, a Model Designed for Farming Systems Simulation. *Eur. J. Agron.*, 18: 267-288.
- Khasnis, A.A. & Nettleman, M.D. (2005). Global Warming and Infectious Disease. *Archives of Medical Research*, 36(6): 689-696.
- Kılıç, S. (2008). Küresel İklim Değişikliği Sürecinde Su Yönetimi. *İ.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 39: 161-186.
- Kladvko, E.J. (2001). Tillage Systems and Soil Ecology. *Soil and Tillage Research*, 61(1-2): 61-76.
- Koç, G., Uzmay, A. ve Çınar, G. (2018). *Gıda Güvencesini Hesaplama Yöntemleri ve Son Gelişmeler*. IX. IBANESS Congress Series.
- Koglo, Y.S. (2018). Tropical Forests in the Context of Climate Change: From Drivers, Policies to REDD+ Actions and Intensity Analysis - A Review. *Preprints*, 1.
- Korukçu, A., Yazgan, S. ve Büyükcangaz, H. (2007). *Tarımda Suyun Etkin Kullanımı: Türkiye'ye Bir Bakış*. I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TIKDEK 2007, 170-176, İstanbul.
- Kurnaz, L. (2004). *Kuraklık ve Türkiye*. IPM Mercator Politika Notu, İstanbul.
- Lal, R. (2004a). Soil Carbon Sequestration Impacts On Global Climate Change And Food Security. *Science*, 304: 1623-1627.
- Lal, R. (2002). Soil Carbon Dynamics in Cropland and Rangeland. *Environmental Pollution*, 116(3): 353-362.
- Leclère, D. ve ark. (2014). Climate Change Induced Transformations of Agricultural Systems: Insights from a Global Model. *Environ. Res. Lett.*, 9.

- Liang, Z. ve ark. (2015). Agro-Climatic Adaptation of Cropping Systems under Climate Change in Shanghai. *Front. Earth Sci.*, 9: 487-496.
- Lipper, L. ve ark. (2014). Climate-Smart Agriculture for Food Security. *Nature Climate Change*, 4: 1068-1072.
- Liverpool-Tasie, L., Adjognon, S. ve Reardon, T. (2016). Transformation of the Food System in Nigeria and Female Participation in the Non-Farm Economy (NFE). *Agricultural and Applied Economics Association*. Selected Paper prepared for presentation at the 2016 Agricultural & Applied Economics Association Annual Meeting, Boston, Massachusetts.
- Lobell, D.B. (2008). Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030. *Science*, 319: 607-610.
- Lobell, D.B., Field, C.B., Cahill, K.N. ve Bonfils, C. (2006). Impacts of Future Climate Change on California Perennial Crop Yields: Model Projections with Climate and Crop Uncertainties. *Agric. For. Meteorol.*, 141: 208-218.
- Wiréhn, L. (2018). Nordic Agriculture Under Climate Change: A Systematic Review of Challenges, Opportunities and Adaptation Strategies for Crop Production. *Land Use Policy*, 77: 63-74.
- Lotze-Campen, H. ve ark. (2014). Impacts of Increased Bioenergy Demand on Global Food Markets: an AgMIP Economic Model Intercomparison. *Agric. Econ.*, 45: 103-116.
- Lychuk, T.E. (2019). Climate Change, Agricultural Inputs, Cropping Diversity, and Environment Affect Soil Carbon and Respiration: A Case Study in Saskatchewan, Canada. *Canadian Journal of Soil Science*, 337: 664-678.
- Malviya, S. ve ark. (2013). Distribution Potential of *Simarouba glauca* under Climate Change—Strategizing Rural Livelihood Adaptation. *Int. J. Geoinf.*, 9: 31-37.
- McCarthy J.J. ve ark. (2001). *Impacts, Adaptation & Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Metz, B. ve ark. (2007). *Summary for Policy-makers, Climate Change 2007: Mitigation*. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom ve New York, NY, USA.
- MGM, (2011). *2010 Yılı İklim Verilerinin Değerlendirmesi*. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/2010-yili-iklim-degerlendirmesi.pdf> adresinden erişildi.
- MGM, (2013). *2012 Yılı İklim Verilerinin Değerlendirmesi Raporu*. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/2012-yili-iklim-degerlendirmesi.pdf> adresinden erişildi.
- MGM, (2019). *2018 Yılı Kuraklık Değerlendirmesi: Standart Yağış İndeksi (SPI) Metodu ile 2018 Yılı Kuraklık Analizi*. <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=yillik#sfB> adresinden erişildi.
- Molden, D. (2007). *Water for Food Water for Life – A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. International Water Management Institute. Earthscan, USA.
- Morris, P., Connolly, M. ve St. Clair, D. (2000). Genetic Diversity of *Alternaria Alternata* Isolated from Tomato in California Assessed Using RAPDs. *Mycological Research*, 104(3): 286-292.
- Nelson, G.C. ve ark. (2014). Climate Change Effects on Agriculture: Economic Responses to Biophysical Shocks. *Proc. Natl Acad. Sci.*, 111: 3274-3279.
- Nelson, G.C. ve ark. (2009). Climate Change: Impact on Agriculture and Costs of Adaptation. *Intl Food Policy Res Inst.*, http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/rome2007/docs/Impact_on_Agriculture_and_Costs_of_Adaptation.pdf adresinden erişildi.

- Nicotra, A.B. ve ark. (2010). Plant Phenotypic Plasticity in a Changing Climate. *Trends Plant Sci.*, 15: 684-692.
- Nowatzki, J. (2013). *Çiftçi Broşürü*. North Dakota State University - Çukurova Üniversitesi.
- O'Brien, K. (2012). Global Environmental Change II: From Adaptation to Deliberate Transformation. *Prog. Hum. Geogr.*, 36: 667-676.
- O'Brien, K. ve ark. (2012). *Toward a Sustainable and Resilient Future, Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press: Cambridge, UK. 437-486.
- Olesen, J.E. & Bindi, M. (2002). Consequences of Climate Change for European Agricultural Productivity, Land Use and Policy. *Eur. J. Agron.*, 16: 239-262.
- Pachauri, R.K. & Reisinger, A. (2007). *Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland.
- Park, S.E. ve ark. (2012). Informing Adaptation Responses to Climate Change through Theories of Transformation. *Glob. Environ. Chang.*, 22: 115-126.
- Parry, M.L. ve ark. (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Parry, M. (1990). *Climate Change and World Agriculture*. Earthscan Publications Limited: London, UK.
- Paustian, K., Six, J., Elliott, E.T. ve Hunt, H.W. (2000). Management Options for Reducing CO₂ Emissions from Agricultural Soils. *Biogeochemistry*, 48(1): 147-163.
- Pelizaro, C., Benke, K. ve Sposito, V. (2011). A Modelling Framework for Optimisation of Commodity Production by Minimising the Impact of Climate Change. *Appl. Spat. Anal. Policy*, 4: 201-222.
- Perdinan, Adi, R.F. ve Arini, E.Y. (2007). Regional Analysis of Prone Drought Areas under Future Climate Change Scenarios: Case Study Agropolitan of Malang District. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 58.
- Porter, J.R. ve ark. (2014). *Food Security and Food Production Systems*. [Field, C.B. ve ark. (der.)] Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 485-533.
- Qualset, C., McGuire, P. ve Warburton, M. (1995). In California: 'Agrobiodiversity' Key to Agricultural Productivity. *Calif Agr*, 49(6): 45-49.
- Rastogi, N. (2016). Nanotechnology and its Role in Agriculture 2016. *EngineersGarage*, <https://www.engineersgarage.com/blogs/nanotechnology-and-its-role-agriculture> adresinden erişildi.
- Reidsma, P. & Ewert, F. (2008). Regional Farm Diversity Can Reduce Vulnerability of Food Production to Climate Change. *Ecol. Soc.*, 13: 38.
- Reidsma, P. ve ark. (2015). Climate Change Impact and Adaptation Research Requires Integrated Assessment and Farming Systems Analysis: A Case Study in the Netherlands. *Environ. Res. Lett.*, 10.
- Renaud-Gentié, C. ve ark. (2015). Pesticide Emission Modelling and Freshwater Ecotoxicity Assessment for Grapevine LCA: Adaptation of PestLCI 2.0 to Viticulture. *Int. J. Life Cycle Assess.* 20: 1528-1543.
- Rick, C. (1948). Genetics and Development of Nine Male-Sterile Tomato Mutants. *Hilgardia*, 18(17): 599-633.

- Rickards, L. & Howden, S.M. (2012). Transformational Adaptation: Agriculture and Climate Change. *Crop Pasture Sci.*, 63: 240-250.
- Roggema, R., Vermeend, T. ve van den Dobbelsteen, A. (2012). Incremental Change, Transition or Transformation? Optimising Change Pathways for Climate Adaptation in Spatial Planning. *Sustainability*, 4: 2525-2549.
- Rosegrant, M.W., Ringler, C. ve Zhu, T. (2009). Water for Agriculture: Maintaining Food Security under Growing Scarcity. *Annual Review of Environment and Resources*, 34: 205.
- Rosenzweig, C. & Hillel, D. (2013). *Conclusion: Agricultural Solutions for Climate Change at Global and Regional Scales*. [Hillel, D. & Rosenzweig, C. (der.)] *Handbook of Climate Change and Agroecosystems—Global and Regional Aspects and Implications*. Imperial College Press: London, UK. 281-292.
- Rosenzweig, C. & Parry, M.L. (1994). Potential Impact of Climate Changes on World Food Supply. *Nature*, 367: 133-138.
- Salihoğlu, S. (2006). Küresel Su Siyaseti Nedir?. [Çınar, T. ve Özding, H.K. (der.)] *Su Yönetimi*. Memleket Yayınları: Ankara, 3-35.
- Santhoshkumar, M., Reddy, G.C. ve Sangwan, P.S. (2017). A Review on Organic Farming-Sustainable Agriculture Development, *Int. J. Pure App. Biosci*, 5(4): 1277-1282.
- Schaap, B.F. ve ark. (2011). Impact Changes of Climatic Extremes on Arable Farming in the North of the Netherlands. *Reg. Environ. Chang.*, 11: 731-741.
- Schiermeier, Q. (2015). Quest for Climate-Proof Farms. *Nature*, 523: 396-397.
- Scott, R.S. & Chen, H. (2002). Nanoscale Science and Engineering for Agriculture and Food Systems. Overview of USDA/CSREES Nanotechnology Programs. *The US Department of Agriculture*. [http://www.csrees.usda.gov/nea/technology/pdfs/Overview of USDA.pdf](http://www.csrees.usda.gov/nea/technology/pdfs/Overview%20of%20USDA.pdf) adresinden erişildi.
- Selvaraju, R. (2014). Climate Risk Assessment and Management in Agriculture. *FAO*, <http://www.fao.org/3/i3084e/i3084e06.pdf> adresinden erişildi.
- Siqueira, O.J.F. ve ark. (2001). Efeitos Potenciais das Mudanças Climáticas na Agricultura Brasileira e Estratégias Adaptativas Para Algumas Culturas. *Mudanças Climáticas Globais E A Agropecuaria Brasileira*, 1. Jaguariuna, Proceedings. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente, 33-64.
- Smith, K. (2010). *Nitrous Oxide and Climate Change*. Earthscan Ltd: London.
- Solomon, S. ve ark. (2007). *Climate change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the IPCC. Cambridge University Press: New York, USA.
- Soylu, N. ve ark. (2006). Türkiye Su Kaynakları ve Sulama Hizmetleri Yapılanması. TMMOB Su Politikaları Kongresi 21-23 Mart 2006, TMMOB, Ankara, 331-348.
- Stöckle, C.O., Donatelli, M., Nelson, R. ve CropSyst, (2003). A Cropping Systems Simulation Model. *Eur. J. Agron.*, 18: 289-307.
- Stupak, N., (2017). Adaptation of Russian Agriculture to Climatic Variability: The Role of Federal and Provincial Policies. *Environ. Sci. Policy*, 68: 10-19.
- T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, (2009). *Türkiye Tarım Havzaları Üretim ve Destekleme Modeli*. <https://slideplayer.biz.tr/slide/2888768> adresinden erişildi.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2012). *Türkiye’de İklim Değişikliğinin Tarım ve Gıda Güvencesine Etkileri*. Türkiye’nin İklim Değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını, Ankara.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2013). *İklim Değişikliği 5. Ulusal Bildirimi*. http://www.dsi.gov.tr/docs/iklim-degisikligi/iklim-degisikli%C4%9Fi_5_ulusal_bildirim_tr.pdf?sfvrsn=2 adresinden erişildi.

- Tendall, D.M. & Gaillard, G. (2015). Environmental Consequences of Adaptation to Climate Change in Swiss Agriculture: An Analysis at Farm Level. *Agric. Syst.*, 132: 40-51.
- Tunç, G.İ., Aşık, S.T. ve Akbostancı, E. (2007). CO2 Emissions vs. CO2 Responsibility: An InputOutput Approach for The Turkish Economy. *Energy Policy*, 35: 855-868.
- Türkeş, M. & Yıldız, D. (2014). Türkiye'de Hidroelektrik Santrallerin Geleceği. *Hydropolitic Academy*, <http://www.hidropolitikakademi.org/turkiyede-hidroelektrik-santrallerin-gelecegi-3.html> adresinden erişildi.
- Türker, M. (2015). Türkiye'de Arazi Toplulaştırması Uygulamaları ve Arazi Bankacılığı. *Tarım ve Mühendislik Dergisi*, 30-36.
- UN, (t.y.). *Sustainable Development Goals*. <https://sustainabledevelopment.un.org/?menu=1300> adresinden erişildi.
- UNDP Projesi Ekibi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, İklim Değişikliği Dairesi Başkanlığı Politika ve Strateji Geliştirme Şube Müdürlüğü, (2012). *Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı 2011-2023*. https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/uyum_stratejisi_eylem_plani_TR.pdf adresinden erişildi.
- UNESCO, (2006). *Water: A Shared Responsibility; The United Nations World Water Development Report 2*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000144409> adresinden erişildi.
- UNFCCC, (2014). Issues Related to Agriculture: Draft Conclusions Proposed by the Chair. *Subsidiary Body for Scientific and Technology Advice*, <https://unfccc.int/resource/docs/2014/sbsta/eng/l14.pdf> adresinden erişildi.
- UNFCCC, (2016). *Report of the Conference of the Parties on its Twenty-First Session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015. Addendum: Part two – Action taken by the Conference of the Parties at its Twenty-First Session*. <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l10a01.pdf> adresinden erişildi.
- UN-Habitat, (2011). *Cities and Climate Change: Global Report on Human Settlements*. United Nations Human Settlements Programme, Earthscan: London, UK ve Washington DC, USA.
- Vermeulen, S.J. ve ark. (2013). Addressing Uncertainty in Adaptation Planning for Agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 110: 8357-8362.
- Von Lampe 2014. Why Do Global Long-Term Scenarios for Agriculture Differ? An Overview of the AgMIP Global Economic Model Intercomparison. *Agric. Econ.*, 45: 3-20.
- Walker, W., Haasnoot, M. ve Kwakkel, J. (2013). Adapt or Perish: A Review of Planning Approaches for Adaptation under Deep Uncertainty. *Sustainability*, 5: 955-979.
- Walker, W.E. ve ark. (2009). M.P. Defining Uncertainty – A Conceptual Basis for Uncertainty Management in Model-Based Decision Support. *Integr. Assess.*, 4: 517.
- Webber, H., Gaiser, T. ve Ewert, F. (2014). What Role Can Crop Models Play in Supporting Climate Change Adaptation Decisions to Enhance Food Security in Sub-Saharan Africa? *Agric. Syst.*, 127: 161-177.
- Wilby, R.L. & Dessai, S. (2010). Robust Adaptation to Climate Change. *Weather*, 65: 180-185.
- Williams, J.R. ve ark. (1989). The Epic Crop Growth-Model. *Trans. ASAE*, 32: 497-511.

- World Food Programme, (2017). *Food and Nutrition Security Measurement - A Field Experience*. The European Commission and the International Food Policy Research Institute (IFPRI) Conference on Quantitative methods for Integrated Food and Nutrition Security Measurement, 15-17 November, Brussel.
- Yegbemey, R.N. ve ark. (2014). Simultaneous Modelling of the Perception and Adaptation to Climate Change: The Case of the Maize Producers in NNorthern Benin. *Cah. Agric.*, 23: 177-187.
- Yesuf, M. & Bluffstone, R.A. (2009). Poverty, Risk Aversion, and Path Dependence in Low-Income Countries: Experimental Evidence from Ethiopia. *Am. J. Agric. Econ.*, 91: 1022-1037.
- Yıldız, D. (2013). *İklim Düzensizliği, Su Yönetimi ve Gıda Güvenliği İlişkisi*. Su Kaynaklarının Yönetimi - Politikalar ve Sorunlar: Küreselden Yerele Panel Bildirileri Kitabı. 16-29.
https://dosyalar.nevsehir.edu.tr/14238761182a7ce8e6e338332dc26e85/su_paneli_bildiri_kitabi.pdf adresinden erişildi.
- Yokuş, S., Bilgili, E.M. ve Aydın, C. (2009). *Kurak Bölgelerde Sürdürülebilir Toprak Yönetimi*. 1. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu. 16-18 Haziran-Konya. 861-867.
- Zhang, Q. ve Zhang, J. (2016). Drought Hazard Assessment in Typical Corn Cultivated Areas of China at Present and Potential Climate Change. *Nat. Hazards*, 81: 1323-1331.
- Ziska, L.H., Namuco, O., Moya, T., ve Quilang, J. (1997). Growth and Yield Response of Field-Grown Tropical Rice to Increasing Carbon Dioxide and Air Temperature. *Agronomy Journal*, 89(1): 45-53.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü
Mustafa Kemal Mah. Eskişehir Devlet Yolu
(Dumlupınar Bulvarı) 9. Km No:278 Çankaya / Ankara
Tel: +90 (312) 410 10 00

Bu yayın Avrupa Birliğinin maddi desteği ile hazırlanmıştır. İçerik tamamıyla WEglobal Danışmanlık A.Ş.'nin liderliğindeki konsorsiyumun sorumluluğu altındadır ve Avrupa Birliğinin görüşlerini yansıtmak zorunda değildir.



iklimin.org



facebook.com/iklimin



twitter.com/iklimin



[iklimIN Projesi](https://www.youtube.com/channel/iklimIN%20Projesi)



instagram.com/ikliminprojesi