

İklim değişikliği ve iklimde meydana gelen ekstrem durumların bitkilerin fenolojik evreleri, ürün miktarı, biyokütle ve karbon tutma kapasiteleri üzerine olan etkilerinin incelenmesi

Program Kodu: ERA-NET RUS PLUS

Proje No: 2170394

Proje Yürütücüsü:
Doç. Dr. Abdulla SAKALLI

Araştırmacı(lar):
Doç. Dr. Murat TİRYAKİOĞLU

Bursiyerler:
Mehmet Ali DEVRİM
Umut BULUT
Enes BİRİNCİ

Eylül
2021
İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
HATAY



Önsöz

Atmosferdeki sera gazları artışına bağlı olarak küresel ortalama sıcaklık artışı günümüzde 2°C'yi bulmuştur. Bugünlerde (31 Ekim 2021 – 12 Kasım 2021) İskoçya'nın Glasgow şehrinde düzenlenen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı (COP26) çekirdek konularının başında iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması gelmektedir. İklim değişikliğinden en fazla etkilenen sektörlerin başında kuşkusuz tarım ve ormancılık sektörleri gelmektedir. Kurak periyotların sayısında ve etki aralıklarındaki artışlar, ani ve aşırı yağışlar, şiddetli rüzgarlar, atmosferik nem'deki ani değişimler bu sektörlerden gelen ürünlerin hem kalitelerini hem de hasat miktarlarını olumsuz etkilemektedir. Bu çalışmamızın birinci bölümünde, atmosferdeki en önemli sera gazlarından birisi olan karbondioksiti bünyesinde uzun yıllar hapsederek karbon yutağı gören orman bitkilerinden yaprak döken bitki gruplarının büyüme başlangıç ve bitiş evrelerinin modellenmesi ve bu modelin Community Land Model vers. 4.5 (CLM4.5) modeline entegre edilerek, iklim değişikliğinin CORDEX-Asia alanında orman alanlarındaki net birincil üretimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmamızın ikinci bölümünde ise, iklim değişikliğinin çalışma alanımızda yetiştirilen tahıl grupları üzerindeki etkileri 2100 yılına kadar modellenmiştir. Bu çalışmalarımızda iki bölgesel iklim modelinden gelen iklim verileri kullanılmış olup, gelecek tahminleri içinse, aynı iklim modellerinin Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCP2.6 ve RCP8.5) baz alınarak yapılmıştır. Bu projemiz Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 2170394 numaralı proje olarak desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

Önsöz.....	I
Çizelge Listesi.....	II
Şekil Listesi.....	III
Özet.....	IV
Abstract.....	V
1 GİRİŞ.....	1
1.1 ORMAN ALANLARI	1
1.2 TAHİL GRUPLARI	1
2 LİTERATÜR ÖZETİ.....	2
2.1 ORMAN ALANLARI.....	2
2.2 TAHİL GRUPLARI.....	3
3 GEREÇ VE YÖNTEMLER.....	4
3.1 ORMAN ALANLARI.....	4
3.2 TAHİL GRUPLARI.....	6
4 BULGULAR	8
4.1 ORMAN ALANLARI.....	8
4.2 TAHİL GRUPLARI.....	14
4.2.1 <i>Tahıllar</i>	14
4.2.1.1 Buğday	15
4.2.1.2 Arpa.....	16
4.2.1.3 Çavdar.....	17
4.2.1.4 Yulaf	17
4.2.2 <i>İklimsel değişkenler</i>	18
4.2.2.1 Sıcaklık.....	18
4.2.2.2 Kümülatif Yağış	20
4.2.3 <i>Çoklu Regresyon Analizi</i>	20
5 TARTIŞMA	22
5.1 ORMAN ALANLARI.....	22
5.2 TAHİL GRUPLARI.....	23
6 SONUÇ VE ÖNERİLER	24
6.1 ORMAN ALANLARI.....	24
6.2 TAHİL GRUPLARI.....	28
Kaynaklar.....	34

Çizelge Listesi

<i>Tablo 3.1. Tahıl üretimi için çalışma alanları koordinatları.....</i>	<i>8</i>
<i>Tablo 4.1: Q. robur için istasyonlardan alınan SGS verilerinin ülkelere göre dağılımları</i>	<i>8</i>
<i>Tablo 4.2. Q. robur için istasyonlardan alınan EGS verilerinin ülkelere göre dağılımları</i>	<i>9</i>
<i>Tablo 4.3. B. pendula için istasyonlardan alınan verilerin ülkelere göre dağılımları</i>	<i>10</i>
<i>Tablo 4.4. B. pendula için istasyonlardan alınan verilerin ülkelere göre dağılımları</i>	<i>11</i>
<i>Tablo 4.5. F. sylvatica için istasyonlardan alınan verilerin ülkelere göre dağılımları</i>	<i>11</i>
<i>Tablo 4.6. F. sylvatica için istasyonlardan alınan verilerin ülkelere göre dağılımları</i>	<i>12</i>
<i>Tablo 4.7. 3 farklı yaprak döken orman ağacı için çoklu regresyon analizi sonuçları.....</i>	<i>13</i>
<i>Tablo 4.8. Buğday fenolojik dönemlerinin sıcaklık evreleri ve değerleri</i>	<i>14</i>
<i>Tablo 4.9. Buğday ve arpa fenolojisinin ortalama tarihleri ve günleri.....</i>	<i>15</i>

Şekil Listesi

Şekil 3.1. <i>Quercus robur</i> (sol üst), <i>Fagus sylvatica</i> (Sağ üst) ve <i>Betula pendula</i> (alt orta) yaprak döken orman bitki türlerinin yayılış alanları	4
Şekil 3.2. Çalışmamızda büyüme başlangıç ve bitiş evreleri için seçilen istasyonların dağılım haritası <i>Quercus robur</i> (sol üst), <i>Fagus sylvatica</i> (sağ üst) ve <i>Betula pendula</i> (alt orta)	5
Şekil 3.3. Koppen-Geiger Türkiye iklim Haritası	7
Şekil 4.1. SGS gözlem ve modelleme sonuçlarının karşılaştırılması	13
Şekil 4.2. EGS gözlem ve modelleme sonuçlarının karşılaştırılması	14
Şekil 4.3. Konya, Hatay, Sivas ve Şanlıurfa illerinde yıllık buğday verimlilik tablosu	16
Şekil 4.4. Konya, Hatay, Sivas ve Şanlıurfa illerinde yıllık arpa verimlilik tablosu	16
Şekil 4.5. Konya, Hatay, Sivas ve Şanlıurfa illerinde yıllık çavdar verimlilik tablosu	17
Şekil 4.6. Konya, Hatay, Sivas ve Şanlıurfa illerinde yıllık yulaf verimlilik tablosu	17
Şekil 4.7. Konya, Hatay, Sivas ve Şanlıurfa illerinin ekim-hasat dönemi boyunca ortalama sıcaklık değerleri	18
Şekil 4.8. Konya, Hatay, Sivas ve Şanlıurfa illerinin ekim-hasat dönemi boyunca minimum sıcaklık değerleri	19
Şekil 4.9. Konya, Hatay, Sivas ve Şanlıurfa illerinin ekim-hasat dönemi boyunca maksimum sıcaklık değerleri	19
Şekil 4.10. Konya, Hatay, Sivas ve Şanlıurfa illerinin ekim-hasat dönemi boyunca kümülatif yağış değerleri	20
Şekil 4.11. Çoklu regresyon modeli ve ölçülen tahıl üretimi arasındaki korelasyon	21
Şekil 4.12. Çoklu regresyon analizi ile modifiye edilmiş tahıl üretim fonksiyonu sonucunda elde CLM4.5 karasal ekosistem modelinin sonucu ile ölçülen ve regresyona dahil edilmeyen noktalardan alınan veriler arasındaki korelasyon	22
Şekil 6.1: 1981-2000 yılları arasında CORDEX-Asya alanında ortalama birincil üretim (NPP)	25
Şekil 6.2: ALARO bölgesel iklim verileri kullanılarak RCP2.6 ve RCP 8.5 senaryoları dahilinde 2001-2100 yılları arasındaki ortalama birincil üretim arasındaki farklar	26
Şekil 6.3: REMO-ERA5 bölgesel iklim verileri kullanılarak RCP2.6 ve RCP 8.5 senaryoları dahilinde 2001-2100 yılları arasındaki ortalama birincil üretim arasındaki farklar	27
Şekil 6.4: 1981-2000 yılları arasında ERA5 doğrulamış iklim verileri ile karasal ekosistem modeli kullanılarak modellenen tahıl üretimi	28
Şekil 6.5: ALARO ve REMO bölgesel iklim modellerinin RCP2.6 ve RCP8.5 emisyon senaryoları dahilinde modellenen iklim verilerinin karasal ekosistem modeli CLM4.5 için kullanılarak 2001 ile 2100 yılları için hesaplanan ortalama tahıl üretimi	29
Şekil 6.6: REMO bölgesel modelinin RCP2.6 senaryosu dahilinde oluşturulan iklim verileri kullanılarak 2001 ile 2100 yılları arasında CLM4.5 tarafından modellenen ortalama tahıl üretimi	30
Şekil 6.7: REMO bölgesel modelinin RCP8.5 senaryosu dahilinde oluşturulan iklim verileri kullanılarak 2001 ile 2100 yılları arasında CLM4.5 tarafından modellenen ortalama tahıl üretimi	31
Şekil 6.8: ALARO bölgesel modelinin RCP2.6 senaryosu dahilinde oluşturulan iklim verileri kullanılarak 2001 ile 2100 yılları arasında CLM4.5 tarafından modellenen ortalama tahıl üretimi	32
Şekil 6.9: ALARO bölgesel modelinin RCP8.5 senaryosu dahilinde oluşturulan iklim verileri kullanılarak 2001 ile 2100 yılları arasında CLM4.5 tarafından modellenen ortalama tahıl üretimi	33

Özet

Sanayi devrimi ile birlikte, atmosferdeki sera gazı salınımındaki hızlı artış, dünya yüzey sıcaklığının günümüz itibariyle artan bir trend göstermesine sebep olmuştur. Dünyadaki ortalama sıcaklık artışı günümüzde 2°C'ye yaklaşmış ve bu artış hala devam etmektedir. Birincil üreticilerin atmosferden karbondioksit tutması ve biyokütle oluşturma süreçleri, çoğunlukla bitkilerin fenolojik evrelerine bağlıdır ve bu evreler birçok bitki türünde direkt olarak iklimsel parametrelerden etkilenmektedir. Bitkilerin büyüme sezonunun başlaması ve bitişi, ürün verme periyodu, ekim süresi, baş kısmın oluşması vb. çoğunlukla karasal biyosferdeki arazi yüzey sıcaklığı, yağış miktarı, ışıklanma periyodu uzunluğu gibi iklimsel parametrelerden etkilenmektedir. İklimsel değişikliğe bağlı olarak, fenolojik evrelerdeki değişiklikler bitkilerin atmosferik karbonu bağlama miktarını ve bağlama süresinin uzunluğunu değiştirerek, bitkilerin verimliliğini ve verim kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu proje kapsamında, ana hedeflerden birisi Avrupa'nın tamamını kapsayan ayrıca Rusya ve Türkiye'nin de içinde bulunduğu bir çalışma sahasında yüksek çözünürlüklü iklim verilerinin Community Land Model (Kommunal Ekosistem Modeli (CLM))'ine entegre edilerek, iklim değişikliğinin bitkilerdeki öncelikle fenolojik evreler üzerinde etkileri ve bu etkilerin bitkilerin karbon tutma kapasitesinin yanında verimliliklerine olan tesirleri araştırılacaktır. Bunun yanında Dünya İklim Araştırma Programı (World Climate Research Program (WCRP)) tarafından belirlenen iklim indisleri kullanılarak, çalışılacak alandaki özellikle yaprak döken ağaçların oluşturdukları vejetasyonlar ve tahıl grubunu oluşturan (Buğday, Arpa, Çavdar ve Yulaf) bitkilerin fenolojik evrelerini etkileyen biyo-iklimsel faktörler tespit edilecektir. Çalışmamızda kullandığımız iklim verileri ALARO ve REMO bölgesel iklim modellerinden alınmıştır. 2100 yılına kadar yaptığımız tahminleme çalışmalarımızda, Temsili Konsantrasyon Rotalarından RCP2.6 ve RCP8.5 senaryoları dahilinde kurgulanan ALARO ve REMO modellerinden alınan iklim verileri ile iklim değişikliğinin orman alanlarında Net Birincil Üretim ve tarımsal bölgelerde tahıl üretimi üzerinde olan etkileri araştırılmıştır. Her iki çalışmada, küresel ısınmanın olumsuz sonuçları ortaya çıkmıştır. Özellikle kurak iklime sahip bölgelerde hem Net Birincil Üretim hem de tahıl üretiminde düşüşler olabileceği tahminlenmiştir.

Anahtar kelimeler: AFTER, CORDEX, İklim Değişikliği, Tahıl Verimliliği, Modelleme ve Simülasyon, NPP

Abstract

With the industrial revolution, the rapid increase in greenhouse gas emissions in the atmosphere has caused the earth's surface temperature to show an increasing trend as of today. The average temperature increase in the world has approached 2°C today and this increase still continues. The processes of primary producers taking carbon dioxide from the atmosphere and creating biomass mostly depend on the phenological stages of plants and these stages are directly affected by climatic parameters in many plant species. The beginning and end of the growing season of the plants, the yield period, the planting period, the formation of the head, etc. It is mostly affected by climatic parameters such as the land surface temperature in the terrestrial biosphere, the amount of precipitation, and the length of the illumination period. Depending on the climatic change, the changes in the phenological stages significantly affect the productivity and yield quality of the plants by changing the amount of atmospheric carbon binding and the length of the binding time of the plants. Within the scope of this project, one of the main objectives is to integrate high-resolution climate data into the Community Land Model (CLM) in a study area covering the whole of Europe and also including Russia and Turkey, and to determine the phenological stages of climate change primarily in plants. and the effects of these effects on the productivity of plants as well as their carbon sequestration capacity will be investigated. In addition, by using the climate indices determined by the World Climate Research Program (WCRP), the vegetations formed by deciduous trees and bio-climatic factors affecting the phenological stages of plants that make up the grain group (Wheat, Barley, Rye and Oat) will be detected. The climate data we used in our study were taken from ALARO and REMO regional climate models. In our estimation studies until 2100, the effects of climate change on Net Primary Production in forest areas and grain production in agricultural areas were investigated with the climate data obtained from ALARO and REMO models constructed within the RCP2.6 and RCP8.5 scenarios from Representative Concentration Routes. Both studies revealed negative consequences of global warming. It is estimated that there may be decreases in both Net Primary Production and grain production, especially in regions with arid climates.

Keywords: AFTER, CORDEX, Climate Change, Crop Yields, Modeling and Simulation, NPP

1 Giriş

1.1 Orman Alanları

Dünyanın çeşitli bölgelerinde artan sıcaklık ve azalan yağış miktarları 1950 yılından bu yana karasal ekosistemdeki kuraklıkları beraberinde getirmiştir. Küresel iklim değişikliğine bağlı dünyanın sıcaklığı her on yılda bir 0,2°C artmaktadır. Son 50 yıllık zaman diliminde artan 0,5°C'lik artış bitki türlerinin dağılımında değişikliklere neden olmuştur (Dai A., 2012; IPCC 2019). Bitki fenolojisinin, iklim değişikliğine bağlı olumsuz aşırı hava muhalefetlerine karşı verdiği reaksiyonları türe bağlı olarak zamansal çözünürlükte incelemek gerekir (Werf vd., 2007; Lobo-do-Vale vd., 2019). Küresel iklim değişikliği sonucu artan aşırı hava olayları (aşırı sıcaklık, yağış rejimlerinin düzensizliği) bitkilerin fenolojik evreleri üzerinde etkili olmuş, çiçeklenme süresi ve yaprak dökülmesi gibi yaşamsal döngüleri etkilemiştir (Wolf vd., 2017). Büyüme mevsiminin başlangıcı (SGS) sıcaklık, yağış, terleme, CO₂ konsantrasyonu, fotosentez, rakım gibi biyolojik ve çevresel faktörler ile belirlenmektedir. Ayrıca toprak sıcaklığı, topraktaki mevcut su miktarı büyüme mevsimini etkileyen parametrelerin başında gelmektedir (Mellander vd., 2002; Čufar vd., 2012; Rybníček vd., 2016). Orman fenolojisinde büyüme mevsiminin başlangıcı (SGS) ilkbahar ve yaz sıcaklarına duyarlıdır. Yaprak döken ağaç ormanlarında artan bahar sıcaklıkları çiçeklenme süresini arttırabilir, aşırı yaz yağış miktarları çiçeklenme süresini geciktirebilir. Buna bağlı olarak büyüme mevsimi sonunda (EGS) gecikme eğilimi artar (Filippo vd., 2010; Cope vd., 2017; Wang vd., 2017). Projemizin bu bölümünde, özellikle karasal ekosistemin karbon tutma kapasitesi üzerinde büyük etkilere sahip olan büyüme başlangıç (SGS) ve büyüme bitiş (EGS) evrelerinin modellenmesi ve karasal ekosistem modeline entegre edilerek, karasal ekosistemdeki birincil üretim ve bitki örtülerinin karbon tutma kapasitelerinin modellenmesi konularını çalışılmıştır.

1.2 Tahıl Grupları

Küresel ölçekte değişen iklim koşulları ile birlikte artan sıcaklık ve değişen yağış rejimi etkilerini birçok alanda göstermektedir. Küresel ısınmanın en belirgin sonuçlarından biri hava ve toprak sıcaklığının tarım sektörünü etkilemesidir. İklim değişikliğinin önüne geçilmediği takdirde önümüzdeki 30 yıl içinde hava sıcaklığının 1,5°C artacağı tahmin edilmektedir (IPCC, 2018). Birleşmiş Milletler İklim Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) İkinci Ulusal İletişim Stratejisine göre, önümüzdeki 20 yılda yağış miktarının %10 oranında azalacağı tahmin edilmektedir (UNDP, 2011). İklimdeki bu değişikliklerle birlikte; Artan sıcaklık, CO₂ konsantrasyonu ve yağıştaki değişiklikler gelecekte mahsul üretimini doğrudan etkileyecektir (Vanuytrecht vd., 2014). Bu projemizde, iklim değişikliğinin tahıl üretimi üzerindeki etkilerini araştırıp, CORDEX-EU ve CORDEX-Asia çalışma alanları dahilinde gelecek yıllarda iklim değişikliğine bağlı olarak tahıl

üretimindeki değişikliği modellendi. Ayrıca çalışmamızda Türkiye'de hasat edilen dört çeşit tarla bitkisinin dört farklı iklim bölgesinde son 15 yıla ait üretim verilerinin ortalama sıcaklık, minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık ve kümülatif yağış değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir.

2 Literatür özeti

2.1 Orman alanları

Orman türleri için yaprak açılımı ve çiçeklenme sürelerindeki gecikme, iklim değişikliğinin ve aşırı hava olaylarının mevcut hızında devam ettiğinin göstergesidir (Nunuz vd., 2019; Menzel vd., 2020). Örneğin; Nitschke vd. (2017) belirlenen 4 tür ilkbahar ve yaz aylarında önceki dönemlere göre kuraklık koşullarından olumsuz etkilenmiştir. Chmielewski ve Rotzer (2001) ilkbahar başlangıcında Avrupa çapında erken bir ısınma sonucu son 30 yıllık veri setinde büyüme mevsiminin 8 gün daha erken başlamasına yol açtığı görülmektedir. Ayrıca sıcaklık değişimi yüksek rakımlı bölgelerde bitkilerin büyüme mevsimi için önemli bir faktördür (Čufar vd., 2012). Rakım arttıkça geciken SGS, EGS'yi ilerletir ve buna bağlı büyüme mevsimi uzunluğu (LGS) kısalır (Yang vd., 2018). Dittmar ve Elling (2006) son 30 yılda ortalama 100 m rakım artışında rakıma bağlı olarak vejetasyon süresinde 2 günlük gecikme gözlemlendi. Bitkilerde büyüme mevsimini etkileyen unsurları tahmin etmek için kullanılan birçok model vardır. Kullanılan modeller arasında çoklu regresyon modeli basit ve anlaşılır düzeyde olmasına karşın model çıktılarında anlamlı ve anlamsız korelasyonlarda muhtemeldir. Bu çalışmada yaprak döken orman ağaçları için SGS VE EGS parametrelerinin aşırı hava koşullarına verdiği reaksiyonları çoklu regresyon modeli ve T5 modeli ile tahmin etmek amaçlanmıştır. Severova E. ve Volkova O. (2017) çalışmalarında çoklu regresyon modeli kullanarak 1993-2015 yılları arasında artan hava sıcaklığı huş ağacı (Betula) polen mevsiminin başlama ve bitiş süreleri üzerinde hiçbir etkisi bulunamamıştır. Ancak toplam yağış ve tozlaşma sırasında ortalama sıcaklığın polen konsantrasyonunu etkileyen önemli bir parametre olduğunu gözlemlemişlerdir. Küresel iklim değişikliğine bağlı orman fenolojisinde önemli bir kısma sahip karasal karbon emisyonu uydu sensörleri kullanılarak regresyon modelleri ile tahmin edilmektedir (Rahman vd., 2008). Ayrıca regresyon modelleri toprak sıcaklığına bağlı CO₂ akışı üzerinde küresel iklim değişikliğinin sonuçlarını anlamak için iyi bir yöntemdir (Keith vd., 1997). Çoklu regresyon modeli toprak sıcaklığının yanı sıra fotoperiyot ve nem değişikliklerinin çiçeklenme süresini değiştirdiğini belirtmektedir (Dahlgren vd., 2007). Yaprak döken orman ağaçlarının bir türü olan huş ağacının büyüme mevsimini (SGS) hesaplamak için geliştirilen basit bir yöntem olan T5 modeli regresyon istatistikleri ile uyum içinde görünmektedir. Örneğin; Avrupa Fenolojik Veritabanından (PAN)

alınan verilerle geliştirilen model günlük meteorolojik verilerle yönlendirilir. Büyüme mevsimi sonu (EGS) için bu yöntem zayıf kalmış ancak geliştirilmeye müsaittir (Sakalli A. ve Simpson D., 2012). SGS ve EGS karbon döngüsü modellerinin doğru tahmin edilmesi için önemlidir. Büyüme mevsiminin olası erken başlaması, büyüme mevsimi sonunda artan sıcaklık ve buna bağlı gecikmeler karbon döngüsü geri bildirimini doğru yorumlamak için yardımcı olmaktadır (Barichivich vd., 2012; Rahim vd., 2019; Anderegg vd., 2020).

2.2 Tahıl grupları

Üretimden en fazla etkilenecek tarım alanlarından biri de tarla bitkileri olacaktır. Yapılan çalışmalarda insan nüfusunun 2050 yılında 9 milyara ulaşacağı ve bu artışla birlikte tüketimdeki değişimler göz önüne alındığında önümüzdeki on yıl içinde tahıl üretiminin iki katına çıkarılması gerektiği öngörülmektedir (Smith vd., 2007).

Türkiye’de tarım sektörü genel istihdamı %17 ile karşılamaktadır. İstihdam alanlarının %71’inde (10.9 mha) tarla bitkileri ekilmektedir. Bu alanların %67’sinde buğday (7.3 mha) ve %24’ünde arpa (2,6 mha) ekilmekte ve mahsuller toplanmaktadır. Dünyada en çok talep edilen tahıllardan biri olan buğday ihtiyacı yılda yaklaşık %2 oranında artmıştır. Dünyada toplanan buğdayın ortalama %50’si, Türkiye’de ise yaklaşık %80’i yağmur sularından beslenmekte ve kuraklıktan büyük ölçüde etkilenmektedir. Kuru tarım yapılan bu bölgelerde ekim-hasat dönemlerindeki yağış miktarı ürün verimini etkileyen en önemli faktörlerden biridir (TMO, 2018). Tahıl verimini etkileyen bir diğer faktör de küresel sıcaklıktaki artış ile yer ve hava küresinin ısınmasıdır. Mevcut araştırmalara göre ekim-hasat mevsimi aralığının ortalama sıcaklığını 1 °C artırmak, tane verimini %4 - %10 oranında azaltacaktır. Ortalama sıcaklığın artmasının yanı sıra tanelerin gelişme evrelerinde (çiçeklenme, tane oluşumu vb.) oluşan ani yüksek sıcaklıklar verim kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Högy vd., 2013).

Bitki fenolojisini gözlemlemek ve verimi etkileyen parametreleri adım adım belirlemek için ekim döneminden itibaren 10 farklı büyüme ölçeğinde tane gelişimi belirlenmiştir. Belirlenen bu ölçekler 100 birimlik Zadoks ölçeği ile açıklanmıştır. Zadoks ölçeğinde tane gelişimi; Çimlenme, fide oluşumu, kardeşlenme, sapa kalkma, gebecik, başaklanma, çiçek açma, süt olum, hamur olum, fizyolojik olum aşamalarına ayrılır.

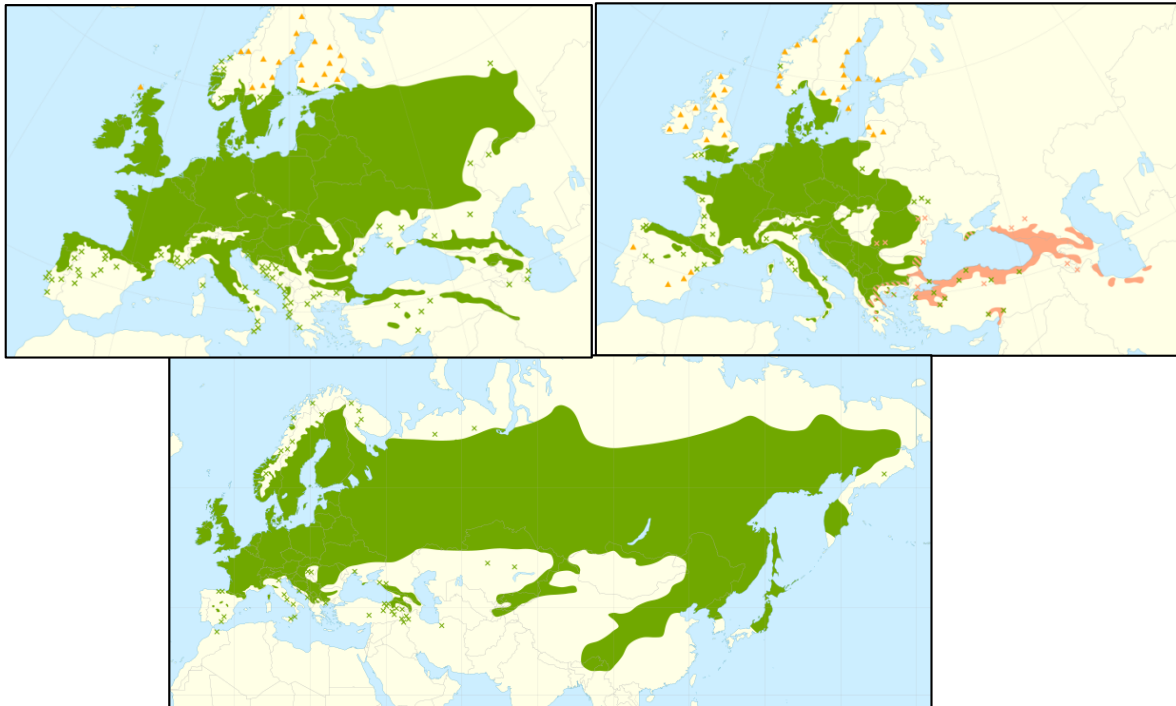
Asseng vd. (2011), 1971 sezonu ile 2002 sezonu arasındaki atmosferik parametre değişikliklerinin buğday verimliliği üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Sonuçlarına göre, iki mevsim arasında ortalama sıcaklık 0.2°C, maksimum sıcaklık 0.9°C, minimum sıcaklık 0.5°C ve kümülatif yağış

29.9mm azaldı, bu da tahıl verimliliğinin 210 kg / dekar azalmasına neden olmuştur. Öte yandan, Tao vd. (2017) Çin ekosistemindeki 34 farklı atmosferik istasyonun verileriyle yaptıkları çalışmada; büyüme mevsimi boyunca yağışların %10 artması buğday verimini %1-2, minimum sıcaklıktaki 1°C'lik artış buğday verimini yaklaşık %7 ve maksimum sıcaklıktaki 1°C'lik artış, verimin yaklaşık %1-2 oranında azaldığını göstermiştir.

Cammarano vd. (2019) Akdeniz ikliminde arpa üretim veriminin azalacağı, ancak bazı bölgelerin daha az etkileneceği fikrini ortaya koydu. Çalışmalarında, arpanın büyüme mevsimi boyunca maksimum sıcaklığın 34°C'nin üzerinde olduğu gün sayısının bitkinin daha fazla toprak suyu tüketmesine ve daha düşük bir verim elde etmesine neden olacağı bulgularını buldular. Çalışmalarda, yulafın maksimum 35°C sıcaklığa ve minimum 0°C sıcaklığa sahip olması idealdir (Mantai vd., 2017). Çavdarın büyümesi ve gelişmesi için, ilk mevsim ikliminin ortalama 7-8.3°C sıcaklık ve ayda 48 mm yağış ile kalması en uygundur (Blecharczyk vd., 2016)

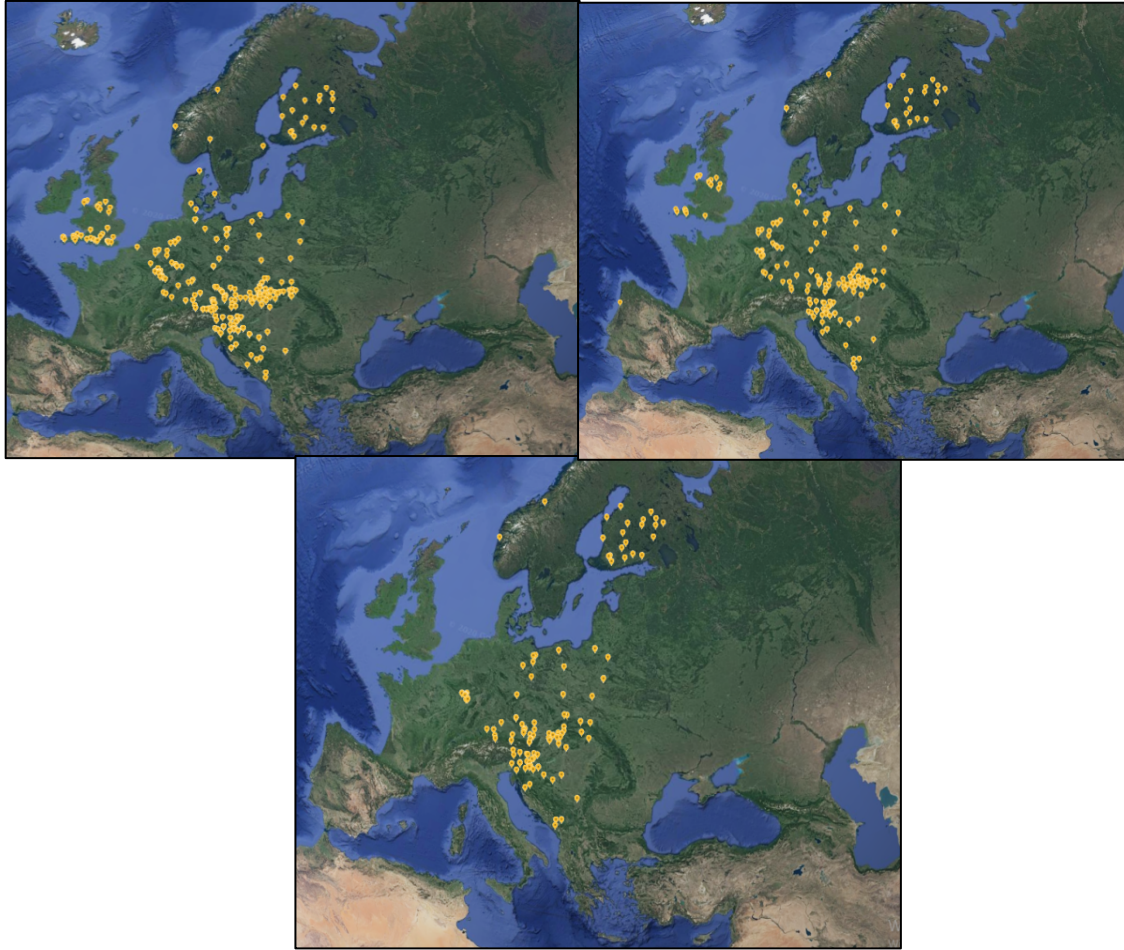
3 Gereç ve yöntemler

3.1 Orman alanları



Şekil 3.1. *Quercus robur* (sol üst), *Fagus sylvatica* (Sağ üst) ve *Betula pendula* (alt orta) yaprak döken orman bitki türlerinin yayılış alanları

Çalışmamızda Avrupa-Rusya ve Türkiye ormanlarında en çok yayılış gösteren yaprak döken üç ağaç türü hedef türler olarak seçilmiş olup, bu türlerin yaprak döken orman bitkilerinin büyüme başlangıç (SGS) ve büyüme bitiş evrelerinin (EGS) karakteristik özelliklerini yansıttıkları varsaymaktayız. Kullandığımız 3 yaprak döken orman türünün dağılım haritaları Şekil 3.1’de gösterilmiştir. *Quercus robur* türü; Orta ve Kuzey Avrupa’da yaygın olarak bulunmaktadır. Deniz seviyesinden 1800 m yükseklikteki kısımlarda görülmektedir. Kuraklığa ve zayıf toprağa toleranslıdır. *Fagus sylvatica* türü; Orta ve Batı Avrupa’da yaygın olarak dağılmaktadır. Kuzey kesimlerde alçak rakımlı bölgelerde, güney kesimlerde ise 1000 m üzerindeki rakımlarda bulunur. *Fagus sylvatica* Avrupa’da en çok kullanılan ağaç türüdür. Avrupa için endemik tür olan *Betula pendula* Avrupa’nın çoğunda genellikle Kuzey bölgelerinde bulunmaktadır. Avrupa’nın Güney kısımlarında az bulunan *Betula pendula* yüksek rakımlı bölgelerde bulunmaktadır.



Şekil 3.2. Çalışmamızda büyüme başlangıç ve bitiş evreleri için seçilen istasyonların dağılım haritası *Quercus robur* (sol üst), *Fagus sylvatica* (sağ üst) ve *Betula pendula* (alt orta)

Bu çalışmada çoklu regresyon T5 metodu kullanarak 2 farklı yöntem ile SGS ve EGS değerlerinin sıcaklık, yağış, toprak sıcaklığı parametrelerine bağlı analizi yapılmaktadır. Analizler için Pan European Phenology (PEP725) veri setleri kullanıldı. PEP725 Avusturya Bilim ve Araştırma Bakanlığı (ZMG) tarafından finanse edilen bir projedir. İlk kayıt yılı 1868 olan Pan European Phenology (PEP725) 150 tür ve 20 Avrupa meteoroloji servisi ile fenolojik araştırmalar için açık erişim sağlamaktadır (<http://www.pep725.eu>). Yaprak döken orman ağaçlarının aşırı hava olaylarına karşı etkilerini incelemek için 3 orman türü belirlenmiştir. Bunlar yaprak döken ağaç ormanlarının türlerinden *Q. robur*, *B. pendula*, *F. sylvatica*'dır. *Q. robur* türü için 8 farklı ülke (AT, BA, DE, HR, IP, SI, SK, UK), *B. pendula* türü için 11 farklı ülke (AT, BA, DE, HR, IP, SI, SK, PL, FI, ME), *F. sylvatica* türü için 9 farklı ülke (AT, BA, DE, HR, IP, ME, SI, SK, UK) belirlenmiştir. Belirlenen türlerin büyüme başlangıç süreleri (SGS) ve büyümenin bitiş süreleri (EGS) tespit edilmiştir. Seçilen türlerin istasyonlarının dağılım haritaları Şekil 3.2'de verilmiştir. Ayrıca, SGS ve EGS'nin etkilendiği parametreler (hava sıcaklığı, toprak sıcaklığı, yağış) tespit edilip çoklu regresyon analizi gerçekleştirilmiştir.

3.2 Tahıl grupları

Bu çalışmada Türkiye'de iklim koşullarının farklı olduğu bölgeler belirlenmiştir. Bölgesel seçimler Köppen-Geiger İklim Kategorizasyonu tarafından sağlanmaktadır. Köppen-Geiger İklim Sınıflandırması, sıcaklık verilerinin ve yağış miktarlarının belirli zaman dilimlerinde bitki habitatu üzerindeki etkisi ile belirlenir (Öztürk vd., 2017). Köppen-Geiger iklim Haritası Türkiye konumunda Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen 183 istasyon verileri ile hazırlanmıştır. Veriler kırk yıllık bir süre boyunca aylık ortalamalarla oluşturulmuştur (Yılmaz vd., 2019). Köppen-Geiger Türkiye iklim haritası Şekil.1'de gösterilmiştir (MGM, 2016).



Şekil 3.3. Köppen-Geiger Türkiye iklim Haritası

Oluşturulan iklim haritasında Türkiye üç ayrı iklim bölgesine ayrılmıştır. Bu bölgeler; Genellikle su eksikliği görülen ve İç Anadolu bölgesinde görülen kurak iklim, ülkenin kış dönemlerinde görülen nemli orta enlem iklimi ve Doğu Anadolu'da etkili olan soğuk orta enlem karasal iklimidir. . Çalışma alanı olarak 3 farklı bölgeden farklı iklim sınıflarına sahip 4 il (Konya, Hatay, Sivas ve Şanlıurfa) seçilmiştir.

Türkiye'nin sanayileşmesi sonrası değişen iklim koşullarının sıcaklık ve yağış parametreleri üzerindeki etkileri 2004 yılından itibaren araştırılmıştır. ERA5 veri seti analizi ile sıcaklık ve yağış değişimleri gözlemlenmiştir. Dört çalışma alanı için merkez koordinat ile merkez koordinata komşu sekiz noktanın 0.25 km'lik alandaki ortalama sıcaklık ve kümülatif yağış değerleri alınarak hesaplamalara dahil edilmiştir. Veri analizi, her yılın Kasım ayı ile bir sonraki yılın mayıs ayı arasında hesaplanır. İklim verilerinin veri analizi, Climate Data Operators (CDO) yazılımının 1.9.3 sürümü tarafından gerçekleştirilmiştir. Veri analizinin yapıldığı çalışma alanlarının merkez ve komşu koordinatlarının enlem-boylam değerleri de Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Tahıl üretimi için çalışma alanları koordinatları

	Hatay	Konya	Sivas	Şanlıurfa
	Enlem/Boylam			
1. Grid	36.54/36.10	32.74/37.62	37.26/39.50	39.04/36.92
2. Grid	36.54/36.35	32.74/37.87	37.26/39.75	39.04/37.16
3. Grid	36.54/36.60	32.74/38.12	37.26/40.00	39.04/37.41
4. Grid	36.29/36.10	32.49/37.62	37.01/39.50	38.79/36.91
5. Grid	36.29/36.35	32.49/37.87	37.01/39.75	38.79/37.16
6. Grid	36.29/36.60	32.49/38.12	37.01/40.00	38.79/37.41
7. Grid	36.04/36.10	32.24/37.62	36.76/39.50	38.54/36.91
8. Grid	36.04/36.35	32.24/37.87	36.76/39.75	38.54/37.16
9. Grid	36.04/36.60	32.24/38.12	36.76/40.00	38.54/37.41

Türkiye'de toplanan dört çeşit hububatın (buğday, arpa, çavdar, yulaf), 2004-2019 yılları arasında farklı iklim bölgelerinde 4 il için dekar başına üretim miktar verileri Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK) alınmıştır.

4 Bulgular

4.1 Orman alanları

Quercus robur :

Tablo 4.1: Q. robur için istasyonlardan alınan SGS verilerinin ülkelere göre dağılımları

Ülke	Yıl	SGS aralıkları (Gün)	İstasyon Yükselti aralıkları	Ortalama SGS	Standart Sapma SGS
AT	1964-1972	62-176	0-1350	121.0	13.0
BA	1977-2005	84-135	99-305	111.5	11.1
CZ	2001-2016	100-164	155-803	131.9	12.9
DE	1960-2015	64-278	0-980	125.5	11.1
HR	1961-2015	86-137	121-566	108.5	9.4
IP	1971-2000	69-159	5-1550	124.7	13.9
ME	1964-2013	70-133	6-944	101.8	17.3
SI	1961-2013	80-138	55-424	114.6	8.2

SK	2000-2013	96-154	105-860	118.3	7.9
UK	1960-2005	61-173	-1	115.8	11.8

Quercus *robur* türü için analiz edilen ülkelerdeki SGS ve EGS değerleri Tablo 4.1 ve Tablo 4.2’de gösterilmiştir. 1960 yılından günümüze kadar kayıt altına alınan büyüme başlangıç zamanları ve büyümenin bitiş zamanları günlük olarak verilmiştir. Ayrıca, ülkelere göre en düşük ve en yüksek rakım aralıklarına sahip istasyonların değerleri belirtilmiştir. Bu analiz sonucunda en erken büyüme mevsimin başlangıcı 101 gün ortalama ile Montenegro’da (Karadağ) görülmektedir. Büyüme mevsiminin sonu en geç 309 gün ortalama ile İngiltere görülmüştür. Standart sapma değerlerine bakıldığında en büyük fark 17.3’tür (ME). EGS değeri için en belirgin standart sapma değeri 15 ile Avusturya’da görülmüştür (Tablo 2). Ayrıca aynı ülke içerisinde farklı rakım aralıklarına sahip istasyonlarda SGS ve EGS değerleri farklılık göstermektedir. Örneğin; Deniz seviyesinden 246 m yükseklikte bulunan Bosna Hersek Tuzla istasyonunda yapılan analizler sonucunda aynı lokasyonda Quercus *robur* türü için SGS değeri 84 ve 135 gündür. Öte yandan “Tuzla” ve “Bilhac” istasyonlarında sırasıyla 305 m ve 246 m rakımda 265 ve 304 gün EGS değeri tespit edilmiştir.

Tablo 4.2. Q. robur için istasyonlardan alınan EGS verilerinin ülkelere göre dağılımları

Ülkeler	Yıl	EGS aralıkları Gün	İstasyon Yükselti aralıkları	Ortalama EGS	Standart Sapma EGS
AT	1986-2015	212-330	150-1198	284.8	14.9
BA	1977-1989	265-304	99-305	292.4	11.0
DE	1960-2015	28-349	0-999	288.5	12.5
HR	1961-2014	269-329	121-566	296.6	10.2
IP	1973-2000	250-316	13-1000	291.9	10.6
LT	1960-2004	224-307	11-197	270.5	14.0
SI	1961-2013	259-335	55-424	296.7	8.7
SK	2000-2013	232-314	105-860	283.8	12.5
UK	1988-2005	253-352	-1	309.1	14.1

Betula Pendula:

Tablo 4.3. B. *pendula* için istasyonlardan alınan verilerin ülkelere göre dağılımları

Ülke	Yıl	SGS aralıkları (Gün)	İstasyon Yükselti aralıkları	Ortalama SGS	Standart Sapma SGS
AT	1960-2016	59-168	0-1895	111.64	13.93
BA	1971-2015	79-137	246-562	108.31	12.67
CZ	2001-2015	99-147	155-1102	121.30	11.24
DE	1960-2015	10-290	0-1200	110.64	11.40
HR	1961-2015	77-130	121-566	100.62	10.03
IP	1971-2000	64-166	5-1550	114.36	15.28
ME	1977-1998	73-130	6-944	110.04	12.56
SE	2001-2007	122-149	33-320	137.88	8.51
SK	2000-2013	64-308	100-860	108.69	11.86
SI	1961-2013	78-139	2-864	105.15	10.95
FI	1997-2005	119-172	5-335	139.38	11.59
LV	1971-2000	77-141	1-170	121.45	9.25
NO	1964-2005	105-144	56-60	127.74	8.93
PL	1960-2015	86-146	3-431	115.28	10.46

Betula *pendula* türü için en erken büyüme mevsimi başlangıcının değeri 10 gün ile Almanya'da görülmüştür (bkz. Tablo 4.3). En geç büyüme mevsiminin başlangıcı ise 308 gün ile Slovakya'da görülmüştür. Analiz edilen ülkelerdeki en erken SGS değeri ortalaması 100.62 gün ile Hırvatistan'da görülmektedir. En erken EGS değeri 112 gün ile Avusturya'da görülmüştür. Büyüme mevsimin en geç başladığı ülke 283 gün ile Hırvatistan'da tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarımıza göre büyüme mevsiminin en geç sonlandığı gün 347 gündür ve tablo 4'te gösterilmiştir. SGS için standart sapma değerleri analiz edildiğinde (table 4) ortalama değerden en fazla saptığı değer 15.28'dir. EGS değeri için en yüksek standart sapma oranı 30.7'dir (bkz. Tablo 4.4).

Tablo 4.4. *B. pendula* için istasyonlardan alınan verilerin ülkelere göre dağılımları

Ülkeler	Yıl	EGS aralıkları Gün	İstasyon Yükselti aralıkları	Ortalama EGS	Standart Sapma EGS
AT	1986-2016	112-329	124-1475	273.5	17.0
BA	1974-2015	119-315	246-562	284.4	30.7
DE	1960-2015	114-340	0-1200	278.9	13.0
HR	1961-2015	283-330	121-566	306.8	9.1
IP	1971-2000	227-347	5-1550	302.9	12.5
LT	1960-2004	247-326	11-197	296.1	10.0
SI	1961-2013	245-315	2-864	289.7	11.3
SK	2000-2013	176-315	100-860	277.8	15.3
PL	1960-1992	228-332	38-431	288.9	13.4
FI	1998-2015	196-290	5-335	254.3	13.3
ME	1963-1998	276-327	640-944	307.4	11.0

Fagus Sylvatica

Tablo 4.5. *F. sylvatica* için istasyonlardan alınan verilerin ülkelere göre dağılımları

Ülke	Yıl	SGS aralıkları (Gün)	İstasyon Yükselti aralıkları	Ortalama SGS	Standart Sapma SGS
AT	1960-2016	51-270	0-1425	117.2	12.8
BA	1971-1989	84-130	246-562	111.6	10.3
CZ	2001-2015	95-155	165-1102	127.6	12.5
DE	1960-2015	59-282	0-999	118.9	9.7
HR	1961-2015	81-120	121-325	105.2	7.2
IP	1971-2000	70-153	5-1550	124.4	11.0
ME	1963-2012	72-134	6-944	112.9	9.8
SK	2000-2013	96-144	133-860	114.9	7.7
SI	1961-2013	87-140	55-864	109.2	8.8
UK	1972-2005	38-169	-1	114.3	11.5
NO	1970-2005	117-150	50-60	133.5	8.1
ES	2013-2014	94-115	436-706	108.0	12.1

Fagus *sylvatica* için SGS ve EGS değerlerine ait istatistikler Tablo 4.5 ve Tablo 4.6'da gösterilmiştir. Buna göre; en erken büyüme mevsimi başlangıcı 38. günde İngiltere'de görülmüştür. En geç büyüme mevsimi başlangıcı ise 282. günde Almanya'da tespit edilmiştir. Ayrıca en erken EGS değeri 12 gündür. En geç görülen EGS değeri ise 365 gün olarak tespit edilmiştir. SGS için Fagus *sylvatica*'nın en büyük standart sapma değeri Avusturya'da görülmüştür. EGS için en büyük standart sapma değeri Bosna Hersek'te görülmüştür (Tablo 4.6). Analiz edilen bölgelerdeki standart sapma değerlerinin artışı bölgesel anlamda SGS ve EGS'yi etkileyen iklimsel parametrelerin değişkenliğinden kaynaklanmaktadır. Buna göre; en çok standart sapma değerine sahip bölgedeki türler iklim değişikliğinden en çok etkilenen türlerdir.

Tablo 4.6. F. *sylvatica* için istasyonlardan alınan verilerin ülkelere göre dağılımları

Ülke	Yıl	EGS aralıkları (Gün)	İstasyon Yükselti aralıkları	Ortalama EGS	Standart Sapma EGS
AT	1967-1986	279-344	203-1100	312.9	11.8
BA	1971-1989	214-314	246-560	282.9	40.0
DE	1960-2005	182-343	0-999	283.0	12.4
HR	1961-2015	267-320	121-325	294.3	10.1
IP	1971-2000	195-338	13-1000	306.8	14.1
ME	1962-2012	252-310	6-944	279.8	12.6
SI	1961-2013	261-317	55-864	291.5	9.7
SK	2000-2013	232-308	133-860	276.7	12.2
UK	1993-2005	191-365	0	325.1	14.6

Multiple Regression Analysis

3 farklı tür (*Quercus robur*, *Betula pendula*, *Fagus sylvatica*) için çoklu regresyon analiz çalışması gerçekleştirilmiştir. 1960 yılından günümüze kadar kayıt altına alınan istasyonların SGS ve EGS değerlerine ait hava sıcaklığı (t_{2m}), yağış (t_p), toprak sıcaklığı (stl_2 , stl_3) parametreleri kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Elde edilen analiz fonksiyonları denklem (1) ve denklem (2)'de gösterilmiştir.

$$Predict_{SGS} = 0.0537 \cdot yıl + 0.1040 \cdot t_{2m} - 0.4044 \cdot t_p + 0.6919 \cdot stl_2 - 0.3917 \cdot stl_3 \quad (1)$$

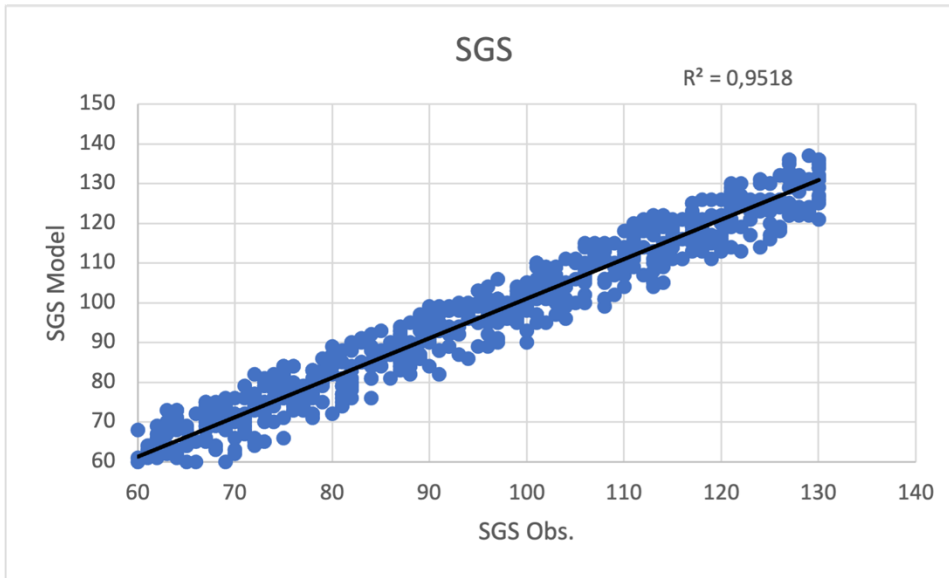
$$Predict_{EGS} = 0.1529 \cdot yıl + 1.1770 \cdot t_{2m} + 1.7777 \cdot t_p - 5.2575 \cdot stl_2 + 2.3028 \cdot stl_3 \quad (2)$$

Analizlerimiz göre, SGS ile 4 farklı değişkenimiz arasındaki ilişki 97% oranında doğruluk payına sahiptir ($R^2 = 0.95$). Öte yandan 5 farklı değişken (yıl = SGS yılı, t_{2m} = 2m yeryüzü sıcaklığı, t_p = toplam yağış, stl_2 = 15-30cm toprak sıcaklığı, stl_3 = 30-75cm toprak sıcaklığı) ile EGS değerleri analiz edildiğinde 99% oranında doğruluk payı tespit edilmiştir ($R^2 = 0.96$). Buna göre, 3 farklı orman ağacı türü için uyguladığımız parametreler ile SGS ve EGS değerleri yüksek oranda tutarlı sonuçlar vermiştir. Çoklu regresyon analizi sonuçları Tablo 4.7 gösterilmiştir.

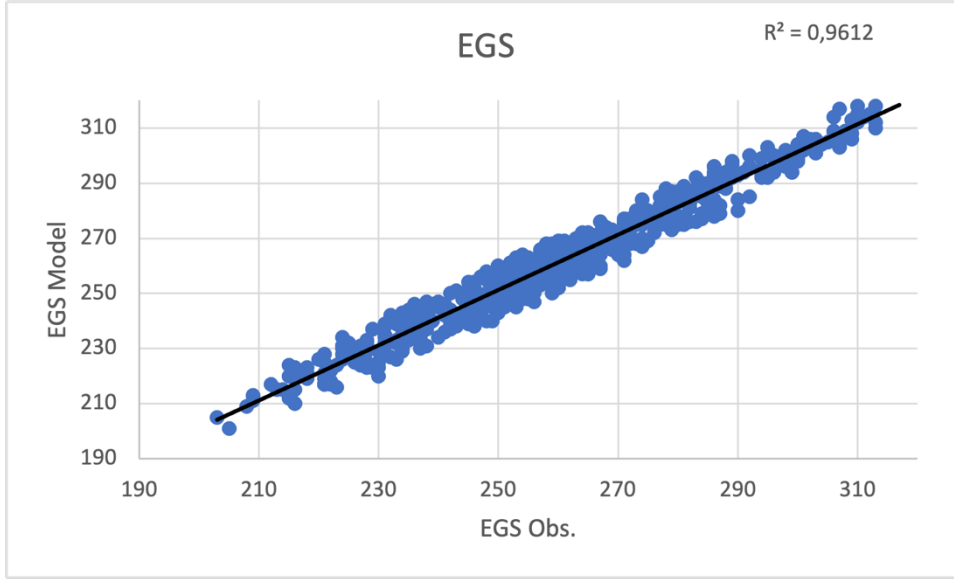
Tablo 4.7. 3 farklı yaprak döken orman ağacı için çoklu regresyon analizi sonuçları

SGS		EGS	
<i>Regression Statistics</i>		<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.927932078	Multiple R	0.94840418
R Square	0.95180097	R Square	0.961213
Adjusted R Square	0.965734701	Adjusted R Square	0.946303
Standard Error	13.61331558	Standard Error	8.4497037
Observations	1821	Observations	1286

Her iki değişken için (SGS ve EGS) istasyondan alınan 600 veri, çoklu regresyon analizine dahil edilmeden, modelin validasyonu için kullanılmıştır. Validasyon analizinde lineer korelasyon SGS model ve gözlem verileri arasında %95 (bkz. Şekil 4.1), EGS model ve gözlem verileri arasında %96 (bkz. Şekil 4.2) oranında çıkmıştır.



Şekil 4.1. SGS gözlem ve modelleme sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 4.2. EGS gözlem ve modelleme sonuçlarının karşılaştırılması

4.2 Tahıl grupları

4.2.1 Tahıllar

Çalışmamızda buğday fenolojisi aşamalarının optimum, maksimum ve minimum sıcaklıkları Tablo 4.8'de gösterilmiştir.

Tablo 4.8. Buğday fenolojik dönemlerinin sıcaklık evreleri ve değerleri

Fenolojik Aşama	Sıcaklık Seviyesi	Ortalama Sıcaklık Değeri (°C)
Kardeşlenme Evresi	minimum sıcaklık	1.8±0.25
	optimum sıcaklık	11.7±1.61
	maksimum sıcaklık	21.4±2.33
Çiçeklenme Evresi	minimum sıcaklık	9.7±0.43
	optimum sıcaklık	23.0±1.15
	maksimum sıcaklık	32.0±1.74

Tane Dolu Evresi	minimum sıcaklık	9.6±0.75
	optimum sıcaklık	21.3±1.27
	maksimum sıcaklık	34.3±2.66

Akdeniz iklimine sahip ülkelerde bu evreler genellikle kasım ve haziran ayları arasında gerçekleşir. 2017-2021 yılları arasında çalışma alanımızda ekimlerini gerçekleştirdiğimiz buğday ve arpa bitkilerinin fenolojik evrelerinin ortalama tarihleri ve günleri Tablo 4.9'da gösterilmiştir.

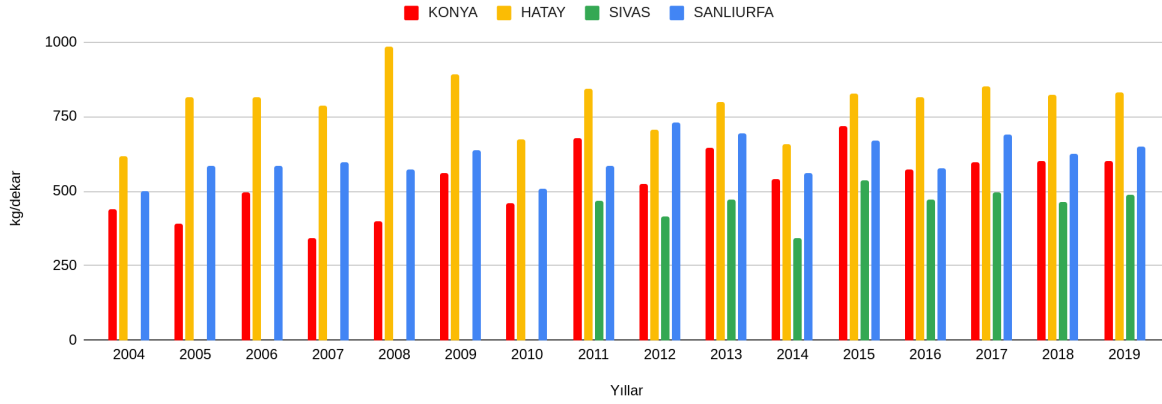
Tablo 4.9. Buğday ve arpa fenolojisinin ortalama tarihleri ve günleri

	Gözlem zamanı ve Fenolojik Evre İçin Geçen Süre	
	Buğday	Arpa
Büyüme evreleri		
Ekim	20 Kasım	20 Kasım
Fide Oluşumu	7 Aralık – 18 Gün	7 Aralık – 18 Gün
Kardeşlenme	2 Şubat – 75 Gün	18 Ocak – 60 Gün
Başaklanma	2 Nisan – 138 Gün	6 Nisan – 138 Gün
Çiçeklenme	18 Nisan – 148 Gün	16 Nisan – 148 Gün
Süt Olum	24 Nisan – 156 Gün	27 Nisan – 159 Gün
Fizyolojik olum	25 Mayıs	7 Haziran
Ürün döngüsünün uzunluğu	201 gün	200 Gün

4.2.1.1 Buğday

Buğday için alınan verilere; durum buğdayı ve harici buğdayı türleri dahildir. 2011 yılı öncesinde Sivas ilinde seyrek yıllarda durum buğday ekimi yapılmaktaydı. Sivas ili için buğday verimliliği 2011 ve sonrası için çalışıldı. Konya ve Sivas illeri için 2015, Hatay ili için 2008 ve Şanlıurfa ili için 2012, birim dekar başına en fazla buğday mahsulünün toplandığı yıllar olmuştur.

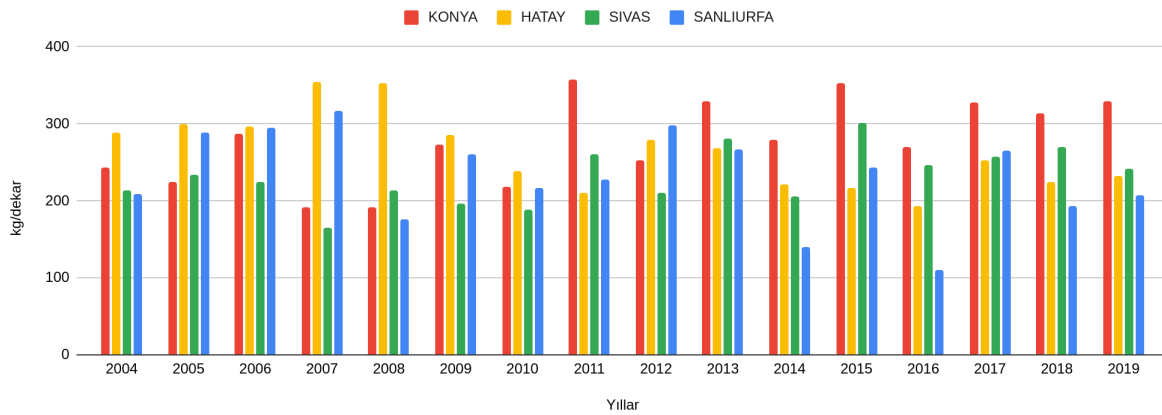
15 yıllık dönemde buğday hasadında sırasıyla en verimli iller Hatay, Konya, Şanlıurfa ve Sivas olduğu gözlemlenmiştir. Konya, Hatay, Sivas ve Şanlıurfa illeri için son 15 yılın buğday verim tablosu Şekil 2'de gösterilmektedir (bkz Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Konya, Hatay, Sivas ve Şanlıurfa illerinde yıllık buğday verimlilik tablosu

4.2.1.2 Arpa

Malt arpa 4 il için nadir yıllarda elde edildiğinden, verimlilik hesabı diğer arpa türleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Dekar başına en yüksek arpa üretimi 2011 yılında Konya, 2007 yılında Hatay ve Şanlıurfa illeri, 2015 yılında Sivas için gerçekleşmiştir. Veri analizine göre, arpa verimindeki değişiklikler yıllar içinde illere göre farklılık göstermektedir. Arpa tahılının son 15 yıl zaman aralığında dekar başına üretim değerleri Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Konya, Hatay, Sivas ve Şanlıurfa illerinde yıllık arpa verimlilik tablosu

4.2.1.3 Çavdar

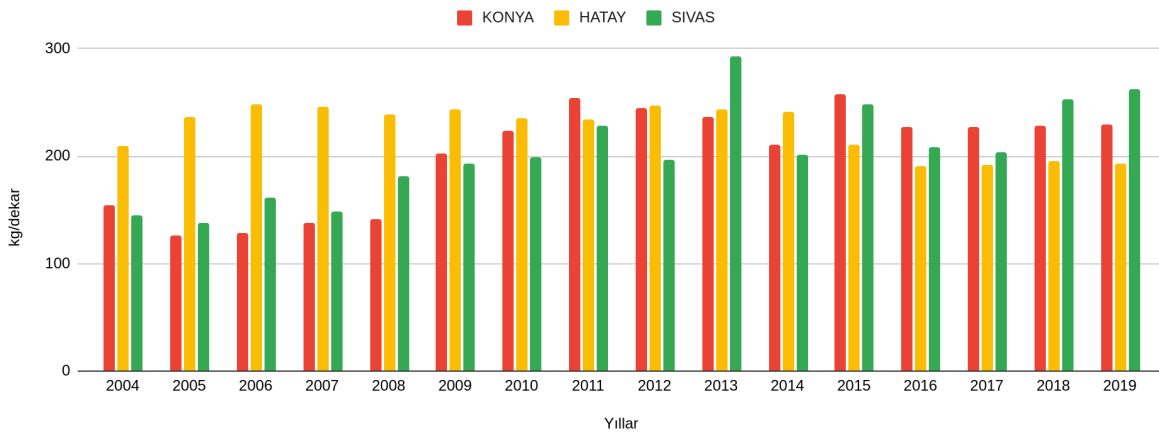
Soğuk iklim tahıllarından biri olan çavdar, Türkiye'nin ılıman bölgelerinde yetiştirilmemektedir. 2015 yılında Sivas ve Konya'da çavdar üretiminin en verimli yılı, 2007 yılının ise üretim verimliliğinin en düşük olduğu yıl olduğu gözlemlenmiştir. Soğuk ve kurak iklimlerde, çavdar bitkisinin üretimdeki verimlilik tablosu Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Konya, Hatay, Sivas ve Şanlıurfa illerinde yıllık çavdar verimlilik tablosu

4.2.1.4 Yulaf

Dört çalışma alanı içinde Şanlıurfa ilinde yulaf üretimi yapılmamaktadır. Yulaf hasadının toplandığı üç il için verimlilik değerleri, yıldan yıla aşırı değişiklikler göstermediği gözlemlenmiştir. 3 ilin değerlerine göre 2013 yılı yulaf üretiminde en verimli yıl olduğu gözlemlenmiştir. Konya, Hatay ve Sivas illerinin yulaf üretim şeması Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



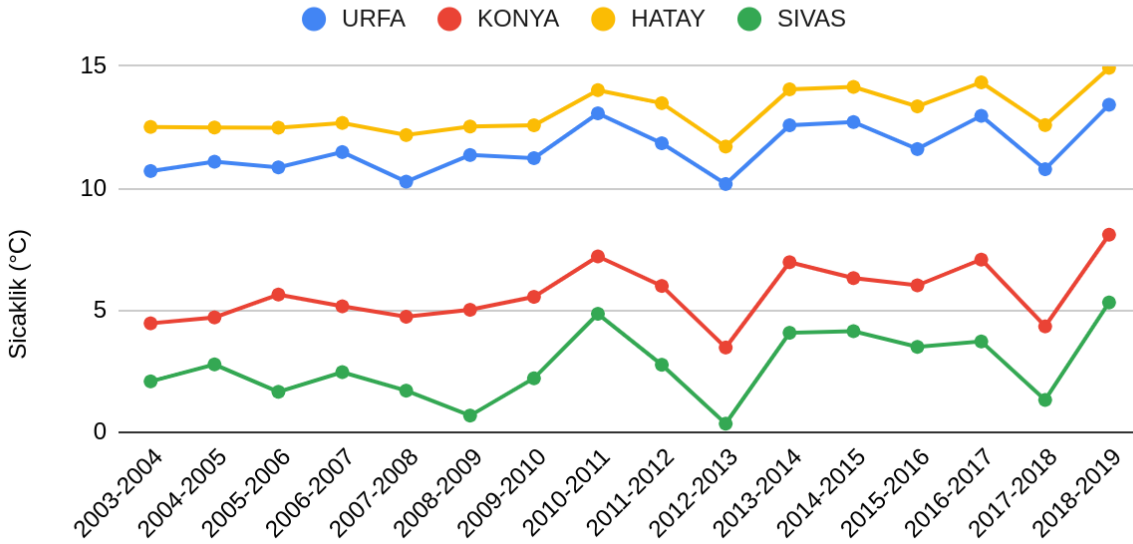
Şekil 4.6. Konya, Hatay, Sivas ve Şanlıurfa illerinde yıllık yulaf verimlilik tablosu

4.2.2 İklimsel değişkenler

4.2.2.1 Sıcaklık

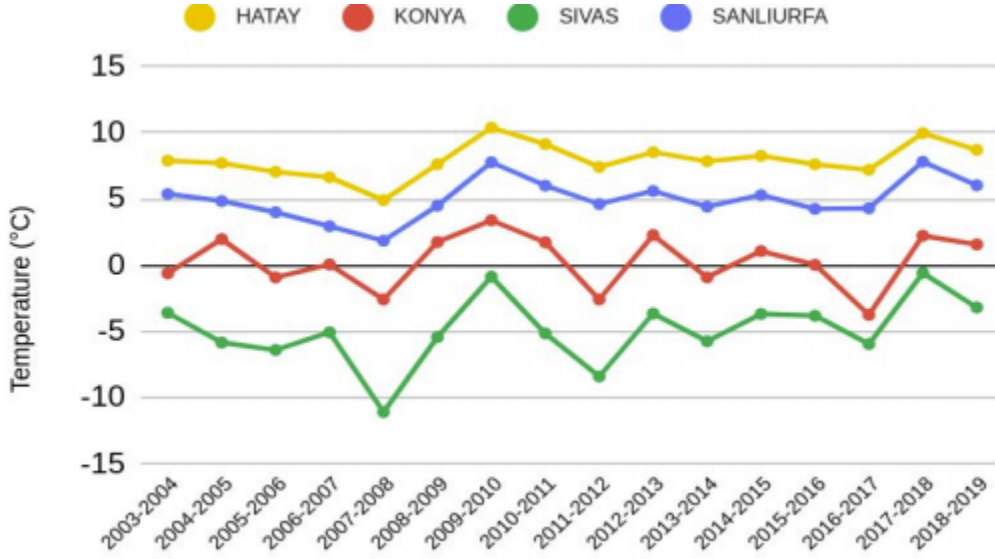
Türkiye'nin 4 bölgesi için ekim-hasat zaman aralığında ortalama, minimum ve maksimum sıcaklıklar belirlenmiştir. Veri analizine göre, büyüme mevsiminde ortalama sıcaklığın en fazla hissedildiği yerler sırasıyla Hatay, Şanlıurfa, Konya ve Sivas illeri olmuştur. Çalışma alanları için son 15 yıllık ortalama sıcaklık grafiği Şekil 4.7'de gösterilmiştir.

URFA, KONYA, HATAY ve SIVAS İLLERİ ORTALAMA SICAKLIK GRAFIGI (°C)



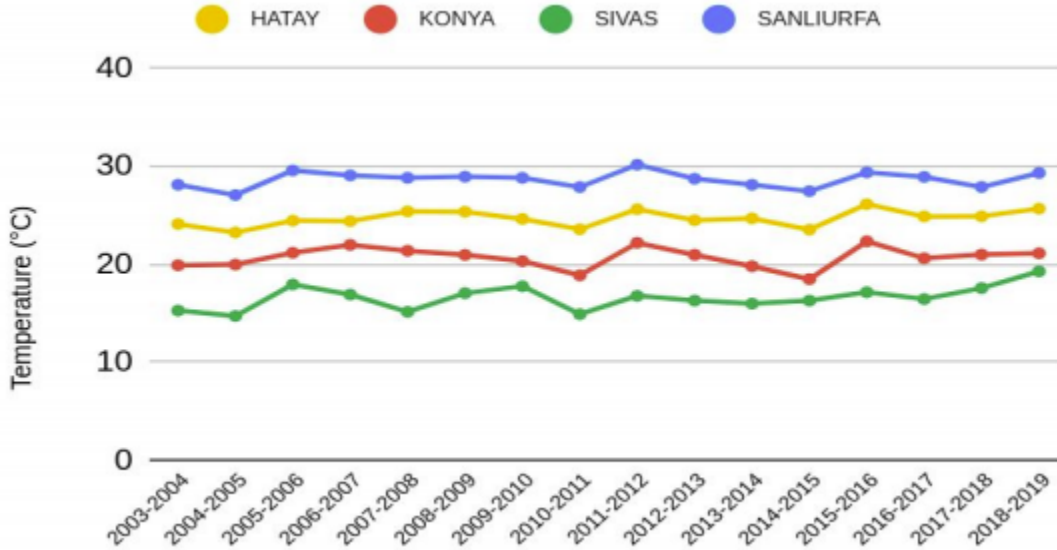
Şekil 4.7. Konya, Hatay, Sivas ve Şanlıurfa illerinin ekim-hasat dönemi boyunca ortalama sıcaklık değerleri

ERA5 veri analizi ile elde edilen sonuçlara göre, 4 farklı çalışma alanı için minimum sıcaklığın en düşük hissedildiği iller sırasıyla; Sivas, Konya, Şanlıurfa ve Hatay olduğu gözlemlenmiştir. 2009-2010 sezonunda, dört çalışma alanı için minimum sıcaklık en yüksek dereceye ulaşılırken, en düşük ortalama minimum sıcaklık 2007-2008 yıllarında gözlenmiştir. Son 15 yıldaki büyüme mevsimi boyunca ortalama minimum sıcaklık grafiğinin Şekil. 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Konya, Hatay, Sivas ve Şanlıurfa illerinin ekim-hasat dönemi boyunca minimum sıcaklık değerleri

İşlenen veri setine göre, büyüme mevsimi boyunca maksimum sıcaklıklar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en fazla sıcaklığın hissedildiği iller sırasıyla Şanlıurfa, Hatay, Konya ve Sivas olduğu gözlemlenmiştir. Son 15 yıllık dönem için maksimum sıcaklık grafiği Şekil 4.9'da gösterilmiştir.

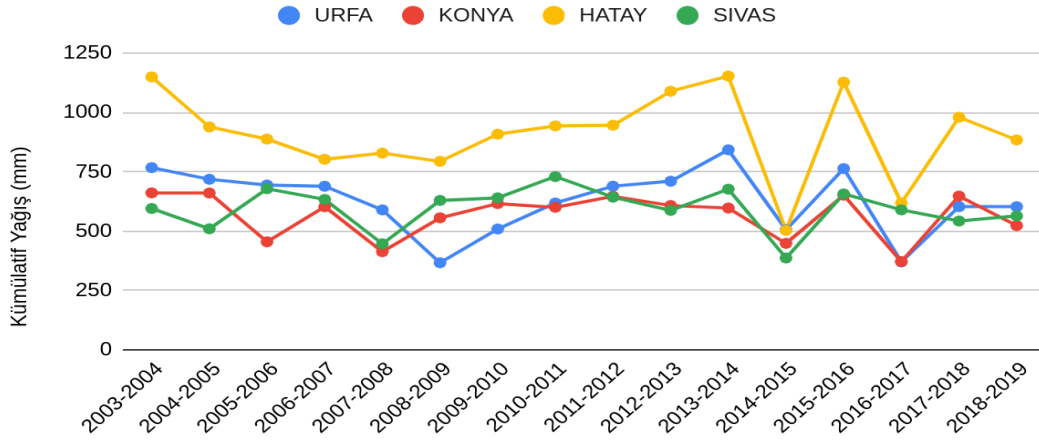


Şekil 4.9. Konya, Hatay, Sivas ve Şanlıurfa illerinin ekim-hasat dönemi boyunca maksimum sıcaklık değerleri

4.2.2.2 Kümülatif Yağış

Konya, Hatay, Sivas ve Şanlıurfa illerinin Merkez koordinatları ve merkez koordinatlarına komşu sekiz noktada kümülatif yağış miktarları hesaplanmıştır. Elde edilen veri analiz sonuçlarına göre ekim-hasat döneminde kümülatif yağış grafiği Şekil 4.10'da gösterilmiştir.

KONYA, HATAY, SİVAS ve ŞANLIURFA İLLERİ EKİM-HASAT DÖNEMİ KÜMÜLATİF YAĞIŞ GRAFİĞİ(mm)

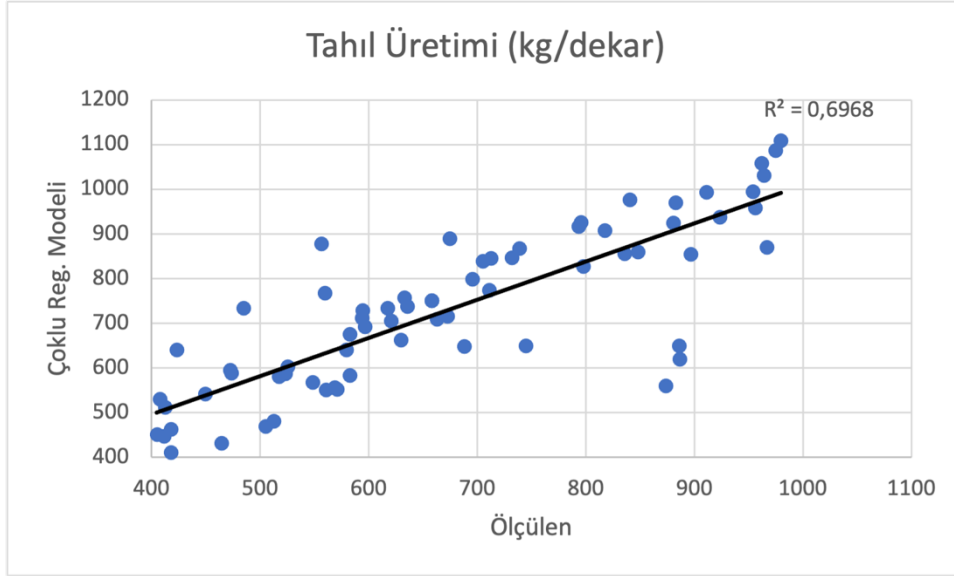


Şekil 4.10. Konya, Hatay, Sivas ve Şanlıurfa illerinin ekim-hasat dönemi boyunca kümülatif yağış değerleri

4.2.3 Çoklu Regresyon Analizi

4 farklı çalışma alanı için, ortalama sıcaklık, minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık ve kümülatif yağış parametrelerinin aynı mevsimlerde üretim verileri ile ilişkisi, 15 yıllık ekim-hasat zaman diliminde gözlenmiştir. Veri analizi SPSS çoklu regresyon yöntemi ile sağlanmıştır. Bu değerler ayrı ayrı tahıllar için ele alındığında buğday için %74 çavdar verimi için %53, yulaf verimi için %23, arpa verimi için %0.05 olarak hesaplanmıştır. Tahıl grupları ve seçilen atmosferik değişkenler arasında çoklu-regresyon analizi sonucunda elde edilen denklemimiz aşağıda verilmiştir (bkz. Eq. 4.1).

$$F(\text{tahıl}) = 40.5 \cdot T_{\text{ort}} - 7.044 \cdot T_{\text{min}} - 11.092 \cdot T_{\text{max}} + 0.19 \cdot \text{Yağış} + 386.97 \text{ (eq. 4.1)}$$

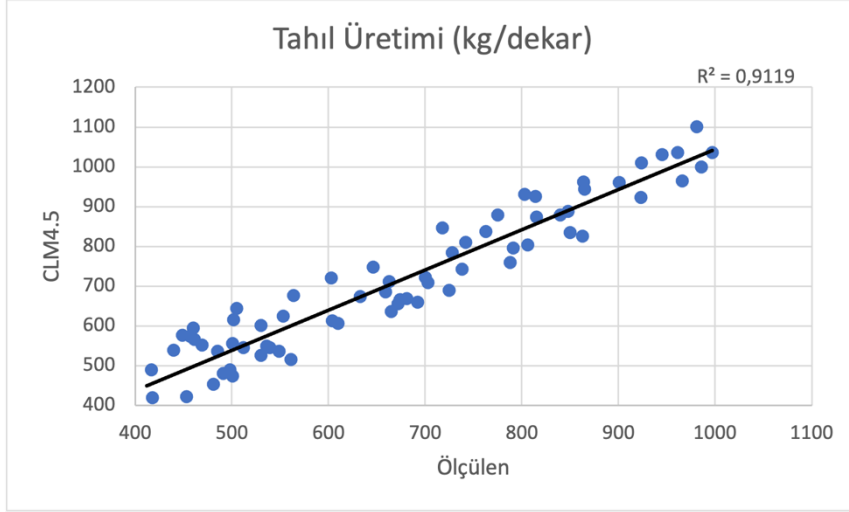


Şekil 4.11. Çoklu regresyon modeli ve ölçülen tahıl üretimi arasındaki korelasyon

Tahıl verimi (buğday, arpa, yulaf ve çavdar) ile dört farklı atmosfer parametresi arasındaki ilişki %69 oranında sağlanmıştır (bkz. Şekil 4.11).

Buğday mahsulü için ortalama sıcaklık ve kümülatif yağıştaki bir birimlik artış, verimde bir birimlik artışa neden olacağı yönde sonuçlar vermiştir. Öte yandan, minimum ve maksimum sıcaklıktaki artış buğday verimini azaltacağı gözlemlenmiştir. Arpa bitkisi için minimum sıcaklıktaki bir birimlik artış verimi artırırken, ortalama sıcaklık, maksimum sıcaklık ve yağış parametrelerindeki bir birimlik artışın verimi azaltacağı gözlemlenmiştir.

Çavdar bitkisi için ortalama sıcaklık ve yağış parametrelerindeki artış verimi artırırken, minimum ve maksimum sıcaklıktaki artış verimi azaltacağı gözlemlenmiştir. Yulaf bitkisi için ortalama sıcaklık ve yağış parametrelerindeki artış verimi artırırken, minimum ve maksimum sıcaklıktaki artışın verimi azaltacağı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.12. Çoklu regresyon analizi ile modifiye edilmiş tahıl üretim fonksiyonu sonucunda elde CLM4.5 karasal ekosistem modelinin sonucu ile ölçülen ve regresyona dahil edilmeyen noktalardan alınan veriler arasındaki korelasyon

CORDEX-Asya çalışma alanımızda yer alan ülkemizdeki seçili alanlardan aldığımız verilerin, model verileriyle karşılaştırılabilmesi için, karasal ekosistem modelimiz CLM4.5 doğrulanmış ERA5 iklim verileri kullanılarak 1980-2019 yılları arasında çalıştırılmıştır. Modelimizden aynı noktalar için elde ettiğimiz veriler ile ölçüm verileri korelasyon analizine tabi tutulduğunda %91'lik bir uyuşmanın olduğu ortaya çıkmıştır (bkz. Şekil 4.12).

5 Tartışma

5.1 Orman alanları

Analizlerimiz sonucunda büyüme mevsiminin başlangıcını ve bitişini etkileyen parametreler incelenmiştir. Regresyon analizimizin sonucunun yüksek değer çıkması belirlenen parametrelerin SGS ve EGS arasındaki ilişkisinin tutarlı olduğunun göstergesidir. Kullandığımız parametrelerin bitki fenolojisi üzerindeki etkilerini kanıtlar çalışmalar bulunmaktadır. Waldau ve Chmielewski (2018) Almanya'da ortalama bahar sıcaklığının on yılda 0.30 K arttığını ve bu bahar sıcaklığının artışının termal büyüme mevsiminin başlangıcı ve ilgili türlerin fenolojik bahar aşamasının zamanlaması üzerinde büyük bir etkisi olduğunu göstermiştir. Tablo 3'te görüldüğü üzere Almanya'da diğer Avrupa ülkelerine göre büyüme mevsiminin başlangıcı (10 gün) erken olmuştur. Way ve Oren (2010) yaprak döken ağaç türlerinin yaprak dökmeyen orman türlerine göre daha çabuk büyüdüğünü tespit etmişlerdir. Carter (1996) yaprak döken ve yaprak dökmeyen ağaç türlerinin içinde bulunduğu 10 türün 8'i için artan sıcaklığa karşı büyümenin pozitif yönde bir anlamı olmadığı görülmüştür. Minin ve Voskova (2014) yaptıkları analizler sonucunda 1970-2010

dönemine ait verilerin 41 yıl boyunca ağaçlarda ilkbahar ve yaz fenolojik olaylarının erken gelme eğilimi gösterdiğine vurgu yapmışlardır. Jump vd. (2006) *Fagus sylvatica* türü için 1975-2003 yılları arasında değişen iklim koşullarına bağlı (artan sıcaklık ve yağış) % 49 oranında büyümede düşüş gözlenmiştir. Öte yandan tablo1, tablo 2, tablo 3, tablo 4, tablo 5, ve tablo 6'da aynı veya farklı rakımlı bölgelerde bulunan ülkelerde SGS ve EGS değerlerindeki değişiklikler irtifanın, ağaçların fenolojik evreleri üzerinde pozitif veya negatif etki gösterdiği fikrini kanıtlamamaktadır. Chen vd. (2019) yaptıkları çalışmada farklı yüksekliklerdeki fenolojik değişiklikler hava sıcaklığındaki değişimler sonucunda ağaçların tepkilerinden kaynaklandığı fikri sonuçlarımızı reddetmemiştir. Öte yandan Yang vd. (2018) bu sonuca karşı çıkararak farklı yüksekliklerde SGS, LGS ve EGS'nin değişebileceğinden bahsetmişlerdir. Jump vd. (2007) yüksek rakımlı bölgelerde yaprak döken türler için sıcaklığın artışı pozitif etki sağlarken düşük rakımlı bölgelerde ise türlerin geleceği konusunda negatif sonuçlar doğurabileceğinden bahsetmişlerdir. Montagnoli vd. (2014) yaptıkları çalışmada büyüme mevsimi boyunca toprak sıcaklığının ana uyarıcı faktör olduğunu belirtmişlerdir. Böylelikle regresyon analizimize eklediğimiz toprak sıcaklığı parametresinin bitki gelişimini doğrudan etkilediği kanısını tezat bulmamışlardır. Aşırı hava olayları, orman ağaçlarının kök biyokütlesinde oluşturacağı negatif etkilerden dolayı yer üstü kadar yer altı gelişimleri de türlerin büyümesi için önem taşımaktadır (Grygoruk, 2016).

5.2 Tahıl grupları

Türkiye'de farklı iklim bölgelerine ait alanlarda, dört farklı tahıl bitkisinin atmosferik parametrelerle ilişkisi incelenmiştir. Elde edilen veri analizi sonuçlarına göre, seçili tahıl bitkilerinin ürün miktarı ile bağımsız atmosfer parametreleri arasındaki ilişki %69 oranında sağlanmıştır. Gummadov vd. (2015), İç Anadolu Bölgesi'nde 2008-2012 yılları arasında tahıl verimi için yaptıkları analiz sonucunda atmosfer parametrelerinin dahil edildiği veri setinde %65'lik bir verim ilişkisi bulmuştur. Her iki çalışmada da verim oranı yüzde olarak birbirine çok yakındır. Çalışmamızda yaptığımız arpa verimi ile atmosferik parametreler arasındaki ilişki %0.05 oranında hesaplanmıştır. Kaya, (2009) çalışmada 2000-2007 yılları arasında iklim parametrelerinin (ortalama sıcaklık ve ortalama yağış) arpa verimi ile %0.040 oranında ilişkisini bulmuştur. Her iki çalışmada da verim yüzdesinin yakın olduğu görülmüştür. Akçura vd. (2005) 1996-2002 sezonlarında yulaf verimi ile atmosfer parametreleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışma Anadolu bölgesinde 5 çeşit yulaf tohumu için yapılmıştır. Araştırma sonucunda, farklı tohumlar için minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık ve yağış parametreleri ile verim arasındaki ilişki %87 ile %96 arasında hesaplanmıştır. Çalışmamızda atmosfer parametreleri ile yulaf verimi arasındaki ilişki yüzde 23 oranında hesaplanmıştır. İki araştırma arasında önemli bir fark olduğu gözlemlendi. Bu değer aralığının nedeni,

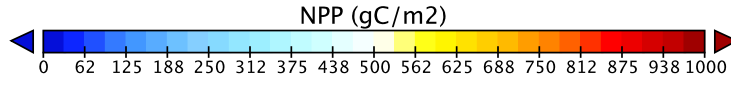
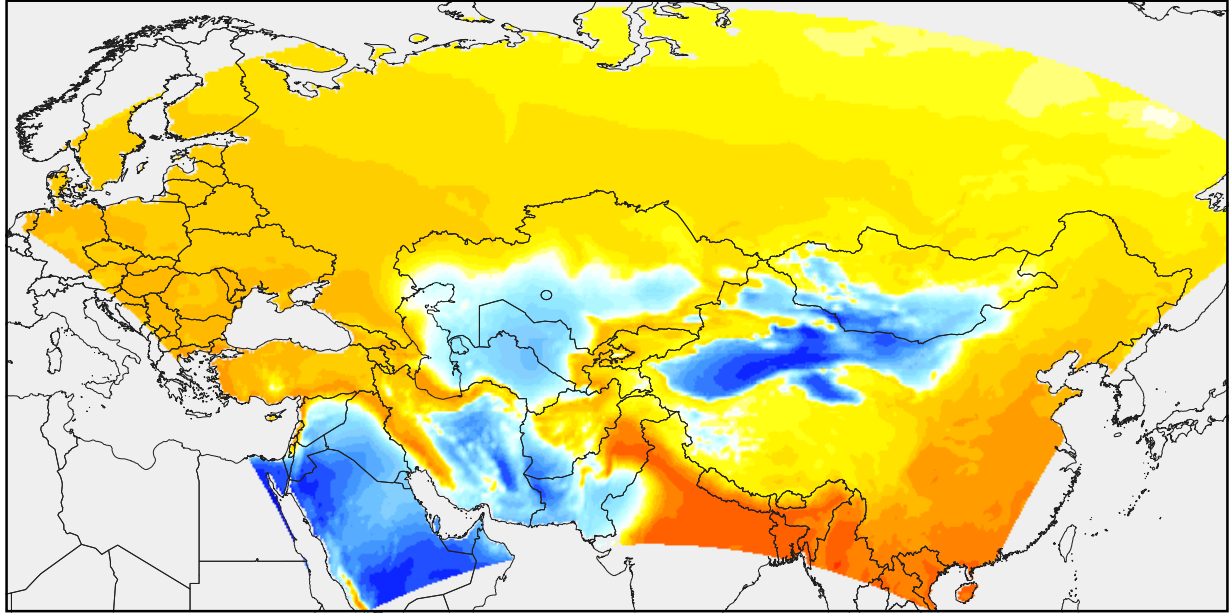
çalışma alanlarının farklı olması ve çalışma sürelerinin farklı olması olabilir. Czibolya vd. (2020), Macaristan bölgesinde bir mevsim boyunca aylık ortalama sıcaklık ve yağış parametreleri ile çavdar verimi arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. Analiz sonucunda çavdar verimi ile atmosfer parametreleri arasındaki ilişki %82 olarak bulunmuştur. Çalışmamızda, çavdar verimi ile minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık, ortalama sıcaklık ve kümülatif yağış parametreleri arasındaki ilişki %27 olarak bulunmuştur. İki çalışma arasındaki fark, çalışma alanlarındaki fark, zaman dilimindeki fark ve yulaf türlerindeki farktan kaynaklanabilir. Elde edilen düşük oranlı sonuçların atmosferik veri analizi değerlerindeki yanlışlıklardan kaynaklanabileceği olasılıkları gözden geçirilmiştir. ERA5 veri analizi kontrollerinden sonra, analiz sonuçlarındaki düşük oranın atmosferik parametre bulgularındaki yanlışlık ile ilişkili olmadığı görülmektedir. Analiz sonucundaki düşük oranın; Bölgesel sulama sistemlerine, gübreleme tekniklerine ve veri kaynaklarındaki belirsizliklere bağlı olabileceği düşünülmektedir. Veri girişlerinin kilogram değerlerinin birim alan biçiminden sisteme girilmemesi, analiz sonuçlarının düşük olması olasılıklardan biri olabilir. Bunlara ek olarak, birim alan başına ekilen tohum sayısının yıldan yıla değişmesi, verim analizini etkileyen faktörlerden biri olabilir.

6 Sonuç ve öneriler

6.1 Orman alanları

Ormansal alanlarda yaprak döken ağaç gruplarının büyüme başlangıç ve bitiş evrelerinin (SGS ve EGS), iklimsel değişkenler arasındaki bağıntı analiz edilerek, bu evrelerin modellenmesi ve bulunan fonksiyonların CLM4.5 karasal ekosistem modeline entegre edilerek orman alanlarının birincil üretimlerinin 2100 yılına kadar modellenmesi projemizin ana hedeflerinden bir tanesidir. Yapılan analizlerde elde edilen bulgular çerçevesinde, CLM4.5 modeline entegre edilen SGS ve EGS fonksiyonları ile yapılan modelleme çalışması sonucunda elde edilen sonuçlar Şekil 6.1, Şekil 6.2 ve Şekil 6.3'te gösterilmiştir. 1981-2000 yılları arasında doğrulanmış ERA5 iklim verileri kullanılarak CLM4.5 ile yapılan modelleme çalışması sonucunda, en yüksek birincil üretimin (NPP) güneydoğu Asya bölgesinde yaklaşık olarak 815 gr/m^2 olarak modellenmiştir. Ülkemizde ise NPP 500 ile 700 g/m^2 olarak modellenmiştir. Çalışma alanımız olan CORDEX-Asya'nın Avrupa kısmında NPP $600-750 \text{ gr/m}^2$, buna karşın Rusya bölgesinde yaklaşık olarak $550-650 \text{ gr/m}^2$ hesaplanmıştır. En düşük NPP beklenildiği üzere CORDEX-Asya bölgesinde vejetasyonun olmadığı yüksek bölgelerde ve çöl alanlarında hesaplanmıştır (bkz. Şekil 6.1).

NPP (1981-2000)

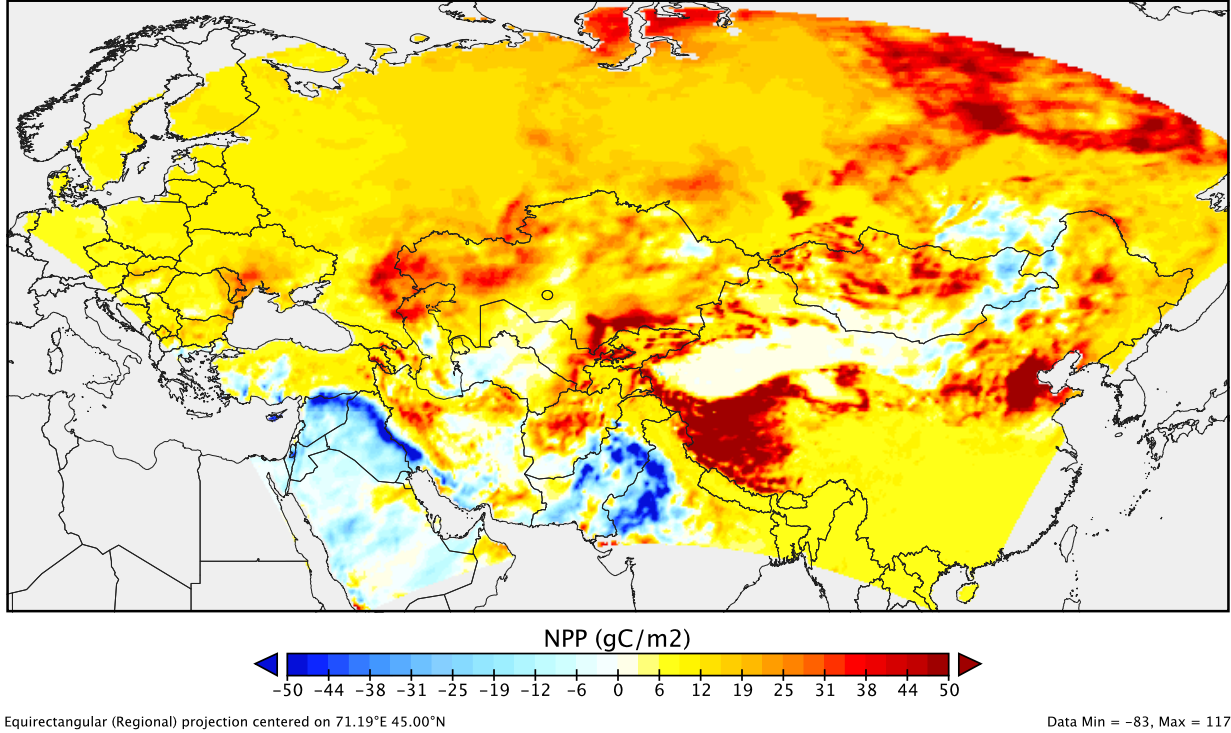


Equirectangular (Regional) projection centered on 71.19°E 45.00°N

Data Min = 15, Max = 815

Şekil 6.1: 1981-2000 yılları arasında CORDEX-Asya alanında ortalama birincil üretim (NPP)

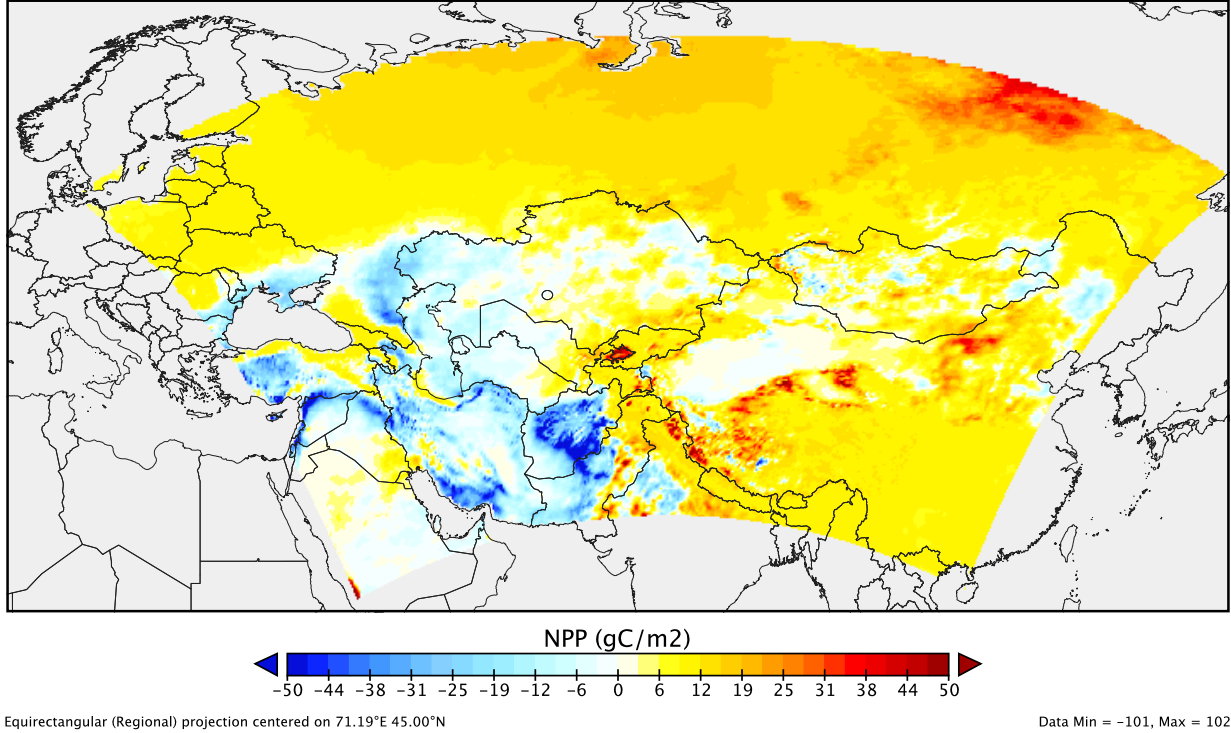
Δ NPP (RCP85-RCP26) ALARO-ERA5



Şekil 6.2: ALARO bölgesel iklim verileri kullanılarak RCP2.6 ve RCP 8.5 senaryoları dahilinde 2001-2100 yılları arasındaki ortalama birincil üretim arasındaki farklar

Çalışmamızın bu kısmında 1980-2000 yılları için yine doğrulanmış ERA5 verilerini kullanan ALARO bölgesel iklim modeli kullanarak RCP2.6 ve RCP8.5 emisyon senaryoları doğrultusunda, projenin iş paketleri (İP1 ve İP2)'den elde edilen iklim verileri ile koşulan CLM4.5 karasal ekosistem modelinin sonuçları Şekil 6.2'de gösterilmiştir. Emisyon senaryoları altında modellenen NPP en büyük farkları genelde rakımı yüksek soğuk bölgelerde göstermiştir. RCP8.5 senaryosu dahilinde bu bölgelerde NPP 117 gr/m² daha yüksek hesaplanmıştır. RCP8.5 emisyon senaryosunda bu bölgelerde ortalama sıcaklık ve yağış RCP2.6 emisyon senaryosuna göre daha yüksektir. Bu da bu bölgelerde NPP'in daha yüksek hesaplanmasına sebep olmuştur.

Δ NPP (RCP85-RCP26) RREMO-ERA5



Şekil 6.3: REMO-ERA5 bölgesel iklim verileri kullanılarak RCP2.6 ve RCP 8.5 senaryoları dahilinde 2001-2100 yılları arasındaki ortalama birincil üretim arasındaki farklar

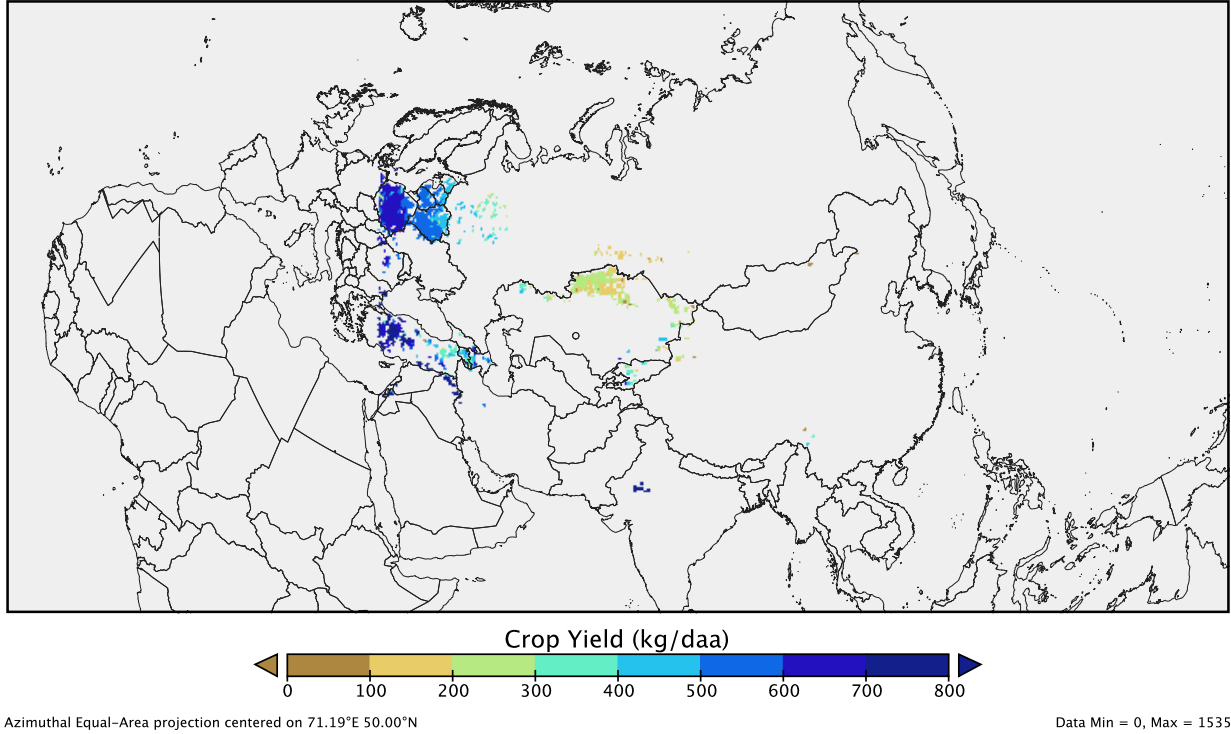
Çalışmamızın bu bölümünde, 1981-2000 yılları arasında doğrulanmış ERA5 iklim verilerini kullanarak koşulan REMO bölgesel iklim modeli, gelecek senaryolar için RCP2.6 ve RCP8.5 emisyon senaryoları dahilinde modellediği iklim verileri CLM4.5 karasal ekosistem modeli için girdi verileri olarak kullanılmıştır. Bu iki emisyon senaryosu dahilinde hesaplanan NPP arasındaki farklar Şekil 6.3'te gösterilmiştir. Bu çalışmada en yüksek NPP farkları güney ve güneydoğu Asya ile Rusya'nın kuzeydoğu bölgesinde hesaplanmıştır. Buradaki farklar yaklaşık olarak 100g/m² kadar hesaplanmıştır. Güney bölgelerde NPP RCP2.6'da daha yüksek iken, güneydoğu ve kuzeydoğu bölgelerinde NPP RCP8.5 emisyon senaryosu dahilinde daha yüksek çıkmıştır (bkz. Şekil 6.3).

Aynı emisyon senaryoları dahilinde aynı zamansal periyod (2001-2100) için iki farklı bölgesel iklim modelinden alınan iklim verileri kullanılarak koşulan ve aynı kurgusal parametrelere sahip karasal ekosistem modelinin sonuçları çoğu bölgeler için farklı sonuçlar vermektedir. Bu da karasal

ekosistem modelinin biyo-jeo-fiziko-kimyasal proseslerinin iklimsel parametrelere hassas bir şekilde tepki gösterdiğini ortaya koymaktadır.

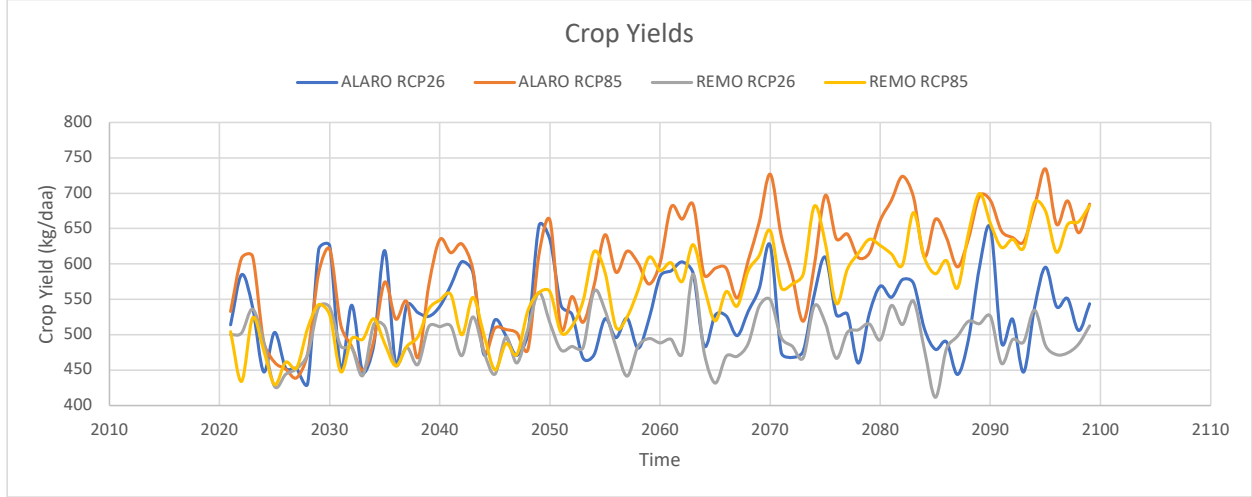
6.2 Tahıl grupları

Historical Crop Production (1981–2000) ERA5 Climate Data



Şekil 6.4: 1981-2000 yılları arasında ERA5 doğrulmuş iklim verileri ile karasal ekosistem modeli kullanılarak modellenen tahıl üretimi

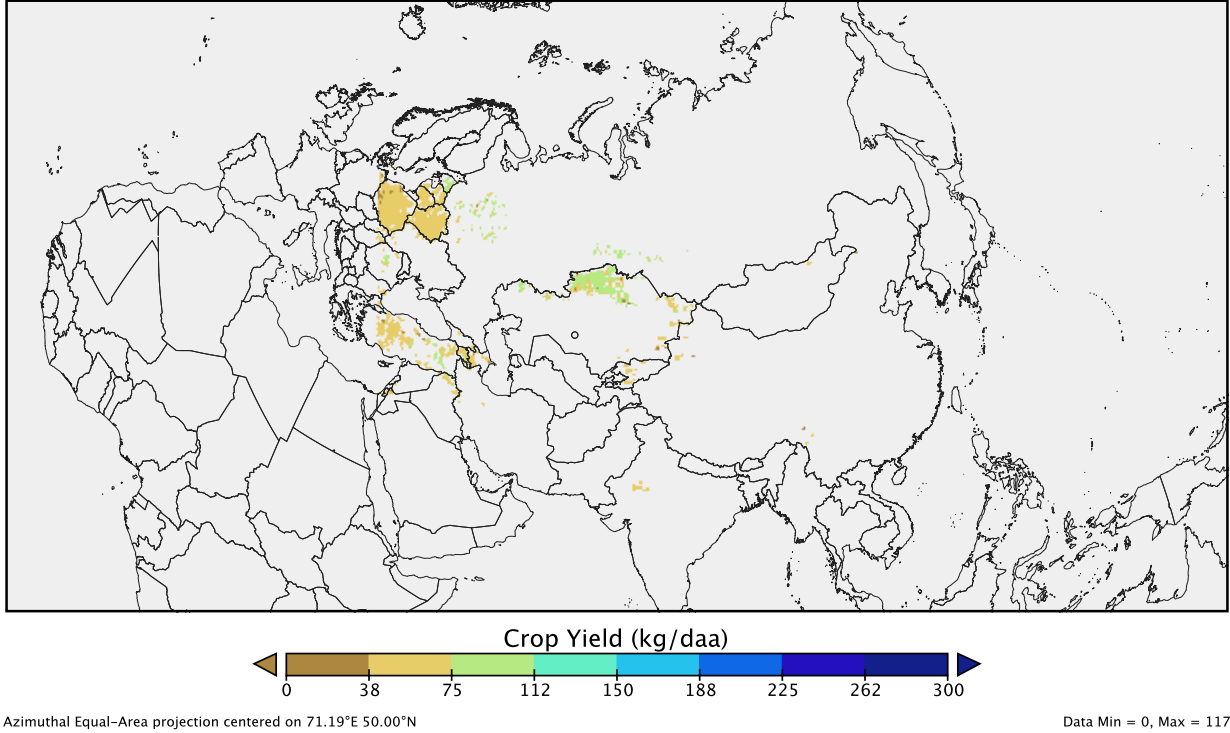
Karasal ekosistem modelimize entegre ettiğimiz fonksiyonumuz ile yaptığımız geçmişe dayalı modelleme çalışmamızda, CORDEX-Asya çalışma bölgemizde en yüksek tahıl üretimi Polonya ve Türkiye’de hesaplanmıştır. Buradaki üretim dekar başına 1535 kg’ını bulmaktadır. Ülkemizdeki tahıl üretimi en yüksek İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerimizde dekar başına 600 ile 1250kg arasında hesaplanmıştır (bkz. Şekil 6.4).



Şekil 6.5: ALARO ve REMO bölgesel iklim modellerinin RCP2.6 ve RCP8.5 emisyon senaryoları dahilinde modellenen iklim verilerinin karasal ekosistem modeli CLM4.5 için kullanılarak 2001 ile 2100 yılları için hesaplanan ortalama tahıl üretimi

İki bölgesel model ve iki emisyon senaryosu dahilinde elde edilen iklim verilerinin karasal ekosistem modelimiz CLM4.5'e entegre edilerek modellenen tahıl üretimi şekil 6.5'te verilmiştir. ALARO bölgesel iklim verileri kullanılarak elde edilen tahıl üretimi 2050 yılına genelde RCP2.6 emisyon senaryosu dahilinde daha yüksek olurken, RCP8.5 senaryosu dahilinde üretim 2050'den sonra artarak RCP2.6 verilerinin önüne geçmiştir. REMO bölgesel iklim modeli verileri kullanılarak CLM4.5 tarafından modellenen tahıl üretimi ise 2001-2100 yılları arasında genelde RCP8.5 dahilinde daha fazla hesaplanmıştır. İki modelin iki emisyon senaryosu karşılaştırıldığında ise, modellerin iklim verileri kullanıldığında CLM4.5 modelimiz 2050 yılına kadar birbirine yakın sonuçlar ortaya koyarken, 2050 ile 2100 yılları arasında her iki modelin RCP8.5 senaryosu dahilinde elde edilen tahıl üretimi RCP2.6'ya göre daha yüksek hesaplanmıştır (bkz. Şekil 6.5).

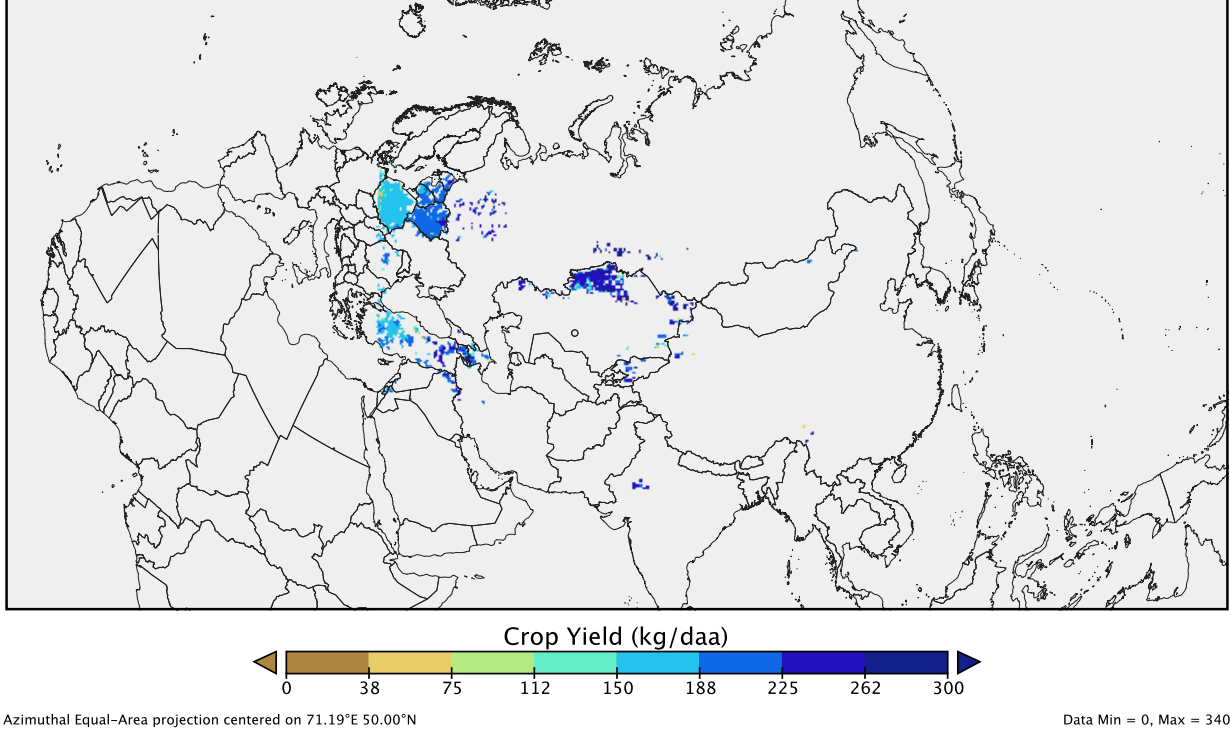
Δ Crop (Fut - Hist) RCP26 Remo-ERA5



Şekil 6.6: REMO bölgesel modelinin RCP2.6 senaryosu dahilinde oluşturulan iklim verileri kullanılarak 2001 ile 2100 yılları arasında CLM4.5 tarafından modellenen ortalama tahıl üretimi

REMO bölgesel modelinin RCP2.6 emisyon senaryosu dahilinde ürettiği iklim verilerini kullanan karasal ekosistem modelimizin 2001 ile 2100 yılları arasında modellediği tahıl üretimi Şekil 6.6'da verilmiştir. Veriler incelendiğinde en yüksek tahıl üretimine 117 kg/dekar ile Kazakistan ve Rusya'nın tahıl üretim bölgelerinde modellenmiştir. 1981-2000 verileri aynı bölge için incelendiğinde tahıl üretiminin bu bölgeler için yaklaşık olarak %50 azaldığı görülmektedir. Bunun yanında ülkemizde 1981-2000 yılları arasında ortalama 600-1250 kg/dekar olan tahıl üretimi 2001-2100 yılları arasında ortalama tahıl üretimi neredeyse %80 azalarak 70-100 kg/dekar'a kadar azalacağı modellenmiştir (bkz. Şekil 6.6).

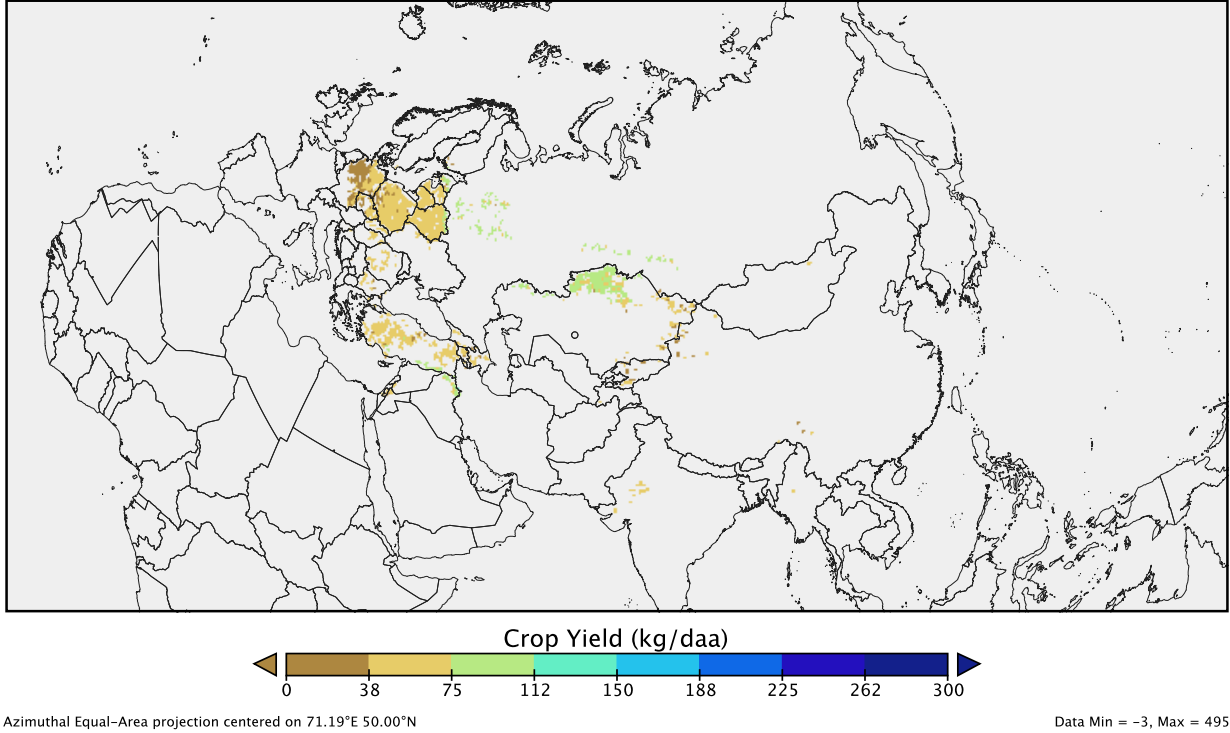
Δ Crop (Fut - Hist) RCP85 Remo-ERA5



Şekil 6.7: REMO bölgesel modelinin RCP8.5 senaryosu dahilinde oluşturulan iklim verileri kullanılarak 2001 ile 2100 yılları arasında CLM4.5 tarafından modellenen ortalama tahıl üretimi

REMO RCP2.6 senaryosu gibi RCP8.5 senaryosu verileri kullanıldığında, üretim RCP2.6'ya göre yaklaşık olarak %50 artış göstermesine rağmen, 1981-2000 yılları ortalamasına göre genelde yaklaşık olarak %50-60 oranında azalma görülmektedir (bkz. Şekil 6.7).

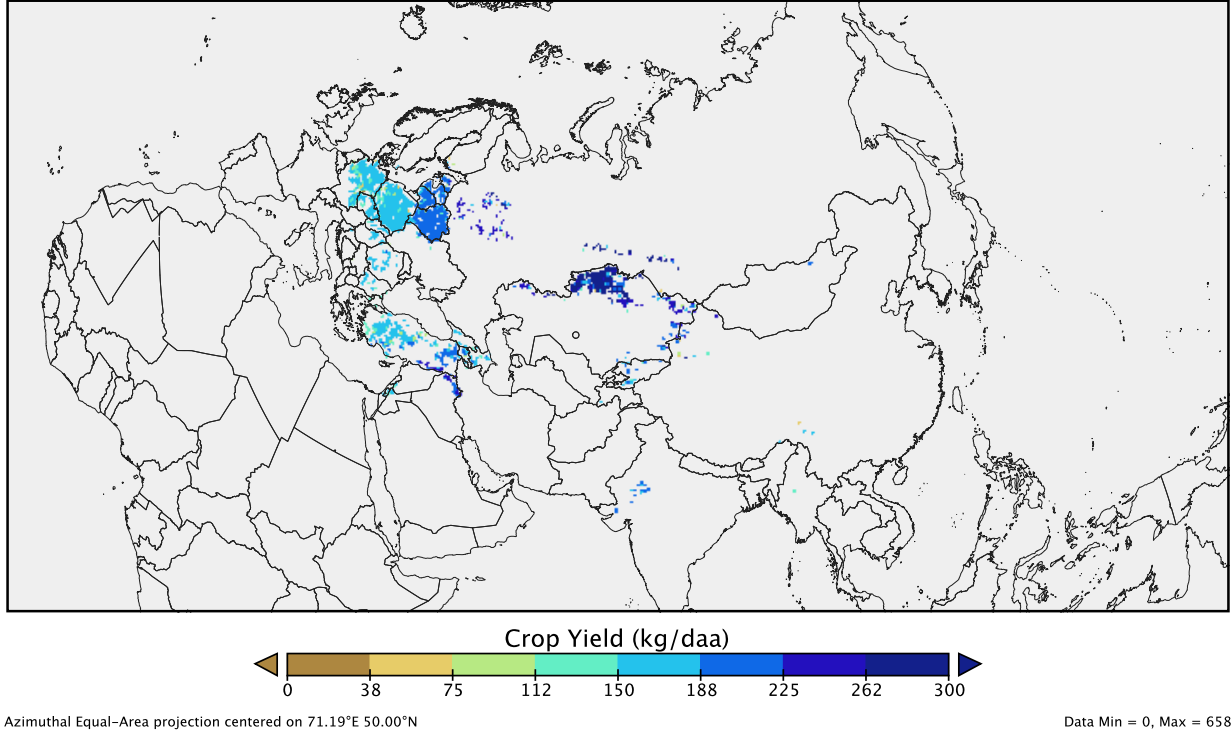
Δ Crop (Fut - Hist) RCP26 Alaro-ERA5



Şekil 6.8: ALARO bölgesel modelinin RCP2.6 senaryosu dahilinde oluşturulan iklim verileri kullanılarak 2001 ile 2100 yılları arasında CLM4.5 tarafından modellenen ortalama tahıl üretimi

Şekil 6.8’de ALARO bölgesel iklim modelinin RCP2.6 senaryosu dahilinde elde edilen iklim verilerinin karasal ekosistem modeli CLM4.5 ile kullanılması sonucunda elde edilen tahıl üretimi gösterilmiştir. En yüksek üretim REMO’da olduğu gibi Kazakistan ve Rusya bölgelerinde görülmektedir. Buradaki üretim 75 ile 200 kg/dekar arasındadır. Geçmiş (1981-2000) verilerine kıyasla üretim %60 oranında düştüğü görülmektedir. Özellikle ülkemizde bu oran %80’e kadar yükselmektedir.

Δ Crop (Fut - Hist) RCP85 Alaro-ERA5



Şekil 6.9: ALARO bölgesel modelinin RCP8.5 senaryosu dahilinde oluşturulan iklim verileri kullanılarak 2001 ile 2100 yılları arasında CLM4.5 tarafından modellenen ortalama tahıl üretimi

ALARO RCP8.5 senaryosu iklim verileri CLM4.5 karasal ekosistem modelimiz tarafından kullanıldığında ise tahıl üretim miktarı Şekil 6.9'da gösterilmiştir. RCP2.6 verilerine kıyasla, tahıl üretimi her bölgede %100'ün üzerinde artış göstermektedir. Ülkemizdeki tahıl üretimi ALARO RCP8.5 senaryosuna göre 150 ile 200 kg/dekar arasında değişmektedir. Geçmiş verilere göre bu senaryoda da tahıl üretimi dekar başına %60-80 arasında azalış göstermektedir.

Projenin en önemli sonuçları, yeryüzü ortalama sıcaklığının RCP2.6 emisyon senaryosuna göre arttığı RCP8.5 senaryosunda genelde birincil üretim ve tahıl üretimi artmaktadır. Tahıl üretimi her iki model ve senaryoda ise, geçmiş verilerle kıyaslandığında %80'lere varan bir azalma göstermektedir. Bu azalmalar RCP2.6 senaryosunda, RCP8.5 senaryosuna oranla daha fazladır.

Gelecek yıllarda, bu projenin sonuçları ormancılık ve tarım sektöründe çok önemli karar destek sistemlerinin oluşmasına olanak sağlayacaktır. Ayrıca, bağımlı ve bağımsız değişkenler



arasındaki etkileşimin daha detaylı seçilmesi için, proje süresi uzatılmalı, lineer ve lineer olmayan analizlerin yanında, çok kriterli karar destek algoritmaları kullanılmalıdır. Yüksek başarılı hesaplama merkezinin kapasitesi artırılarak, bu modellemeler yapay zeka sistemleri ile desteklenmesi halinde, sonuçların kullanılabilirliği artırılabilir.

Kaynaklar

- Akcura, M., Ceri, S., Taner, S., Kaya, Y., Ozer, E., Ayranci, R., 2005. "Grain Yield Stability Of Winter Oat (*Avena Sativa* L.) Cultivars In The Central Anatolian Region Of Turkey". *Journal of Central European Agriculture*, Vol. 6 No. 3 p 203-210
- Anderegg, W. R. L., Schwalm, C., Biondi, F., Camarero, J. J., Koch, G., Litvak, M., Ogle, K., Shaw, J. D., Shevliakova, E., Williams, A. P., Wolf, A., Ziaco, E., & Pacala, S. (2015). Pervasive drought legacies in forest ecosystems and their implications for carbon cycle models. *Science*, 349, 528–532. <https://doi.org/10.1126/science.aab1833>
- Asseng, S., Foster, I., & Turner, N. C. (2011). The impact of temperature variability on wheat yields. *Global Change Biology*, 17(2), 997–1012. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02262.x>
- Barichivich, J., Briffa, K. R., Osborn, T. J., Melvin, T. M., & Caesar, J. (2012). Thermal growing season and timing of biospheric carbon uptake across the Northern Hemisphere. *Global Biogeochemical Cycles*, 26(4), 1–13. <https://doi.org/10.1029/2012GB004312>
- Beck, P., Caudullo, G., Rigo, D. de, & Silver, W. T. (2016). *Betula pendula*, *Betula pubescens* and other birches in Europe: distribution, habitat, usage and threats. *European Atlas of Forest Tree Species*. <https://doi.org/10.31857/s0002332920020046>
- Blecharczyk, A., Sawinska, Z., Małeczka, I., Sparks, T. H., & Tryjanowski, P. (2016). The phenology of winter rye in Poland: an analysis of long-term experimental data. *International Journal of Biometeorology*, 60(9), 1341–1346. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1127-2>
- Cammarano, D., Ceccarelli, S., Grando, S., Romagosa, I., Benbelkacem, A., Akar, T., Al-Yassin, A., Pecchioni, N., Francia, E., & Ronga, D. (2019). The impact of climate change on barley yield in the Mediterranean basin. *European Journal of Agronomy*, 106(November 2018), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.03.002>
- Caudullo, G., Welk, E., & San-Miguel-Ayanz, J. (2017). Chorological maps for the main European woody species. *Data in Brief*, 12, 662–666. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2017.05.007>
- Chen, L., Huang, J. G., Ma, Q., Hänninen, H., Rossi, S., Piao, S., & Bergeron, Y. (2018). Spring phenology at different altitudes is becoming more uniform under global warming in Europe. *Global Change Biology*, 24(9), 3969–3975. <https://doi.org/10.1111/gcb.14288>
- Chmielewski, F. M., & Rotzer, T. (2001). Response of tree phenology to climate change across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, 108(2), 101–112. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(01\)00233-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(01)00233-7)
- Cope, M. P., Mikhailova, E. A., Post, C. J., Schlautman, M. A., McMillan, P. D., Sharp, J. L., & Gerard, P. D. (2017). Impact of Extreme Spring Temperature and Summer Precipitation Events on Flowering Phenology in a Three-Year Study of the Shores of Lake Issaqueena, South Carolina. *Ecoscience*, 24(1–2), 13–19. <https://doi.org/10.1080/11956860.2017.1346448>
- Čufar, K., de Luis, M., Saz, M. A., Črepinšek, Z., & Kajfež-Bogataj, L. (2012). Temporal shifts in leaf phenology of beech (*Fagus sylvatica*) depend on elevation. *Trees - Structure and Function*, 26(4), 1091–1100. <https://doi.org/10.1007/s00468-012-0686-7>
- Czibolya, L., Makra, L., Pinke, Z., Horváth, J., & Csépe, Z. (2020). Dependence of the crop yields of maize, wheat, barley and rye on temperature and precipitation in Hungary. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 15(2), 359–368. <https://doi.org/10.26471/CJEES/2020/015/136>
- Dahlgren, J. P., Von Zeipel, H., & Ehrlén, J. (2007). Variation in vegetative and flowering phenology in a forest herb caused by environmental heterogeneity. *American Journal of Botany*, 94(9), 1570–1576. <https://doi.org/10.3732/ajb.94.9.1570>
- Dai, A. (2013). Increasing drought under global warming in observations and models. *Nature Climate Change*, 3(1), 52–58. <https://doi.org/10.1038/nclimate1633>

- Di Filippo, A., Alessandrini, A., Biondi, F., Blasi, S., Portoghesi, L., & Piovesan, G. (2010). Climate change and oak growth decline: Dendroecology and stand productivity of a Turkey oak (*Quercus cerris* L.) old stored coppice in Central Italy. *Annals of Forest Science*, 67(7). <https://doi.org/10.1051/forest/2010031>
- Dittmar, C., & Elling, W. (2006). Phenological phases of common beech (*Fagus sylvatica* L.) and their dependence on region and altitude in southern Germany. *European Journal of Forest Research*, 125(2), 181–188. <https://doi.org/10.1007/s10342-005-0099-x>
- Ducouso, A., & Bordacs, S. (2004). EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for pedunculate and sessile oaks (*Quercus robur* and *Q. petraea*). *International Plant Genetic Resources Institute*, 1–6.
- Farooq, M., Bramley, H., Palta, J. A., & Siddique, K. H. M. (2011). Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(6), 491–507. <https://doi.org/10.1080/07352689.2011.615687>
- Fowler, D. B. (2018). "Winter Wheat Production Manual Ch 10: Growth Stages of Wheat.", Ducks Unlimited Canada
- Grygoruk, D. (2016). Root biomass of *Fagus sylvatica* L. stands depending on the climatic conditions. *Folia Forestalia Polonica, Series A*, 58(4), 220–227. <https://doi.org/10.1515/ffp-2016-0025>
- Högy, P., Poll, C., Marhan, S., Kandeler, E., & Fangmeier, A. (2013). Impacts of temperature increase and change in precipitation pattern on crop yield and yield quality of barley. *Food Chemistry*, 136(3–4), 1470–1477. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.056>
- IPCC, 2018: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.
- IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.
- Jump, A. S., Hunt, J. M., & Peñuelas, J. (2006). Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of *Fagus sylvatica*. *Global Change Biology*, 12(11), 2163–2174. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01250.x>
- Jump, A. S., Hunt, J. M., & Peñuelas, J. (2007). Climate relationships of growth and establishment across the altitudinal range of *Fagus sylvatica* in the Montseny Mountains, northeast Spain. *Ecoscience*, 14(4), 507–518. [https://doi.org/10.2980/1195-6860\(2007\)14\[507:CROGAE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2980/1195-6860(2007)14[507:CROGAE]2.0.CO;2)
- Kaya, B. (2009) "İklim Değişikliğinin Türkiye'de Buğday, Arpa Ve Misir Bitkilerinin Verimleri Üzerine Etkilerinin Panel Veri Modeli İle Analizi", *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi, 2009
- Keith, H., Jacobsen, K. L., & R.J.Raison. (1997). Effects of soil phosphorus availability, temperature and moisture on soil respiration in *Eucalyptus pauciflora* forest. *Plant and Soil*, 190, 127–141.
- Keser, M., Gummadov, N., Akin, B., Belen, S., Mert, Z., Taner, S., Topal, A., Yazar, S., Morgounov, A., Sharma, R. C., & Ozdemir, F. (2017). Genetic gains in wheat in Turkey:

- Winter wheat for dryland conditions. *Crop Journal*, 5(6), 533–540. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2017.04.004>
- Lobo-do-Vale, R., Besson, C. K., Caldeira, M. C., Chaves, M. M., & Pereira, J. S. (2019). Drought reduces tree growing season length but increases nitrogen resorption efficiency in a Mediterranean ecosystem. *Biogeosciences Discussions*, 16, 1265–1279. <https://doi.org/10.5194/bg-2018-393>
- Mantai, R. D., Silva, J. A. G., Marolli, A., Mamann, A. T. W. De, Sawicki, S., & Krüger, C. A. M. B. (2017). Simulation of oat development cycle by photoperiod and temperature Simulação do ciclo de desenvolvimento da aveia por fotoperíodo e temperatura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 3–8.
- Mellander, P. E., Bishop, K., & Lundmark, T. (2004). The influence of soil temperature on transpiration: A plot scale manipulation in a young Scots pine stand. *Forest Ecology and Management*, 195(1–2), 15–28. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.02.051>
- Menzel, A., Yuan, Y., Matiu, M., Sparks, T., Scheffinger, H., Gehrig, R., & Estrella, N. (2020). Climate change fingerprints in recent European plant phenology. *Global Change Biology*, 26(4), 2599–2612. <https://doi.org/10.1111/gcb.15000>
- MGM, M. G. M. (2016). *Köppen İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye İklimi*. Available online: https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/koppen.pdf
- Minin, A. A., & Voskova, A. V. (2014). Homeostatic responses of plants to modern climate change: Spatial and phenological aspects. *Russian Journal of Developmental Biology*, 45(3), 127–133. <https://doi.org/10.1134/S1062360414030023>
- Montagnoli, A., Di Iorio, A., Terzaghi, M., Trupiano, D., Scippa, G. S., & Chiatante, D. (2014). Influence of soil temperature and water content on fine-root seasonal growth of European beech natural forest in Southern Alps, Italy. *European Journal of Forest Research*, 133(5), 957–968. <https://doi.org/10.1007/s10342-014-0814-6>
- Nitschke, C. R., Nichols, S., Allen, K., Dobbs, C., Livesley, S. J., Baker, P. J., & Lynch, Y. (2017). The influence of climate and drought on urban tree growth in southeast Australia and the implications for future growth under climate change. *Landscape and Urban Planning*, 167(April), 275–287. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.06.012>
- Nunez, S., Arets, E., Alkemade, R., Verwer, C., & Leemans, R. (2019). Assessing the impacts of climate change on biodiversity: is below 2 °C enough? *Climatic Change*, 154(3–4), 351–365. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02420-x>
- ÖZTÜRK, M. Z., ÇETİNKAYA, G., & AYDIN, S. (2017). Köppen-Geiger İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye'nin İklim Tipleri. *Journal of Geography*, 35, 17–27. <https://doi.org/10.26650/jgeog295515>
- Rahim, S. F., Xu, J., Hameed, F., Wei, Q., Khalil, A. ur R., Cai, S., Wenhuan, B., & Hamoud, Y. A. (2019). SPATIOTEMPORAL DEVIATION IN GROWING DEGREE DAYS AND SEASON UNDER INCREASING TEMPERATURE IN HEILONGJIANG PROVINCE. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 56(4), 1065–1074. <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/19.7065>
- Rahman, M. M., Csaplovics, E., & Koch, B. (2008). Satellite estimation of forest carbon using regression models. *International Journal of Remote Sensing*, 29(23), 6917–6936. <https://doi.org/10.1080/01431160802144187>
- Rybníček, M., Čermák, P., Prokop, O., Žid, T., Trnka, M., & Kolář, T. (2016). Oak (*Quercus* spp.) response to climate differs more among sites than among species in central Czech Republic. *Dendrobiology*, 75, 55–65. <https://doi.org/10.12657/denbio.075.006>
- Saab, M. T. A., Sellami, M. H., Giorio, P., Basile, A., Bonfante, A., Roupheal, Y., Fahed, S., Jomaa, I., Stephan, C., Kabalan, R., Massaad, R., Todorovic, M., & Albrizio, R. (2019). Assessing the potential of cereal production systems to adapt to contrasting weather conditions in the Mediterranean region. *Agronomy*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/agronomy9070393>

- Sakalli, A., & Simpson, D. (2012). Towards the use of dynamic growing seasons in a chemical transport model. *Biogeosciences*, 9(12), 5161–5179. <https://doi.org/10.5194/bg-9-5161-2012>
- Severova, E., & Volkova, O. (2017). Variations and trends of Betula pollen seasons in Moscow (Russia) in relation to meteorological parameters. *Aerobiologia*, 33(2), 253–264. <https://doi.org/10.1007/s10453-016-9460-4>
- Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, B. Scholes, O. Sirotenko, 2007: Agriculture. In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Tao, F., Xiao, D., Zhang, S., Zhang, Z., & Rötter, R. P. (2017). Wheat yield benefited from increases in minimum temperature in the Huang-Huai-Hai Plain of China in the past three decades. *Agricultural and Forest Meteorology*, 239, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.02.033>
- TMO, 2018, "Hububat Sektör Raporu", Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Mudurlugu, ANKARA
- UNDP, 2011. (2011). *Second National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Ministry of Environment, Wildlife and Tourism. December.* <https://unfccc.int/resource/docs/natc/bwanc2.pdf>
- van der Werf, G. W., Sass-Klaassen, U. G. W., & Mohren, G. M. J. (2007). The impact of the 2003 summer drought on the intra-annual growth pattern of beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak (*Quercus robur* L.) on a dry site in the Netherlands. *Dendrochronologia*, 25(2), 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2007.03.004>
- Vanuytrecht, E., Raes, D., Willems, P., & Semenov, M. A. (2014). Comparing climate change impacts on cereals based on CMIP3 and EU-ENSEMBLES climate scenarios. *Agricultural and Forest Meteorology*, 195–196, 12–23. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.04.017>
- von Wühlisch Georg. (2008). Technical Guidelines for genetic conservation and use for European beech (*Fagus sylvatica*). *Euforgen*, 6. <http://www.euforgen.org/species/fagus-sylvatica/>
- Waldau, T., & Chmielewski, F. M. (2018). Spatial and temporal changes of spring temperature, thermal growing season and spring phenology in Germany 1951-2015. *Meteorologische Zeitschrift*, 27(4), 335–342. <https://doi.org/10.1127/metz/2018/0923>
- Wang, X., Gao, Q., Wang, C., & Yu, M. (2017). Spatiotemporal patterns of vegetation phenology change and relationships with climate in the two transects of East China. *Global Ecology and Conservation*, 10, 206–219. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.01.010>
- Way, D. A., & Oren, R. (2010). Differential responses to changes in growth temperature between trees from different functional groups and biomes: a review and synthesis of data. *Tree Physiology*, 30(6), 669–688. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpq015>
- Wolf, A. A., Zavaleta, E. S., & Selmants, P. C. (2017). Flowering phenology shifts in response to biodiversity loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(13), 3463–3468. <https://doi.org/10.1073/pnas.1608357114>
- Yang, F., Chen, H., Niu, H., Zhang, S., & Yang, Y. (2018). Spatial and temporal variation of vegetation phenology and its response to climate changes in Qaidam Basin from 2000 to 2015. *Journal of Geographical Sciences*, 28(4), 400–414. <https://doi.org/10.1007/s11442-018-1480-2>
- YILMAZ, E., & ÇIÇEK, İ. (2019). Türkiye'de Köppen-Geiger İklim Tiplerindeki Zamanmekansal Değişimler. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 59(1), 181. <https://doi.org/10.33171/dtcfjournal.2019.59.1.9>

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Doç. Dr. ABDULLA SAKALLI
Proje No:	217O394
Proje Başlığı:	İklim değişikliği ve iklimde meydana gelen ekstrem durumların bitkilerin fenolojik evreleri, ürün miktarı, biyokütle ve karbon tutma kapasiteleri üzerine olan etkilerinin incelenmesi
Proje Türü:	Uluslararası
Proje Süresi:	36
Araştırmacılar:	MURAT TİRYAKİOĞLU
Danışmanlar:	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	İSKENDERUN TEKNİK Ü. DENİZ BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİSİ F.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	15/07/2018 - 15/07/2021
Onaylanan Bütçe:	485245.68
Harcanan Bütçe:	298534.25

TÜBİTAK

Öz:

Sanayi devrimi ile birlikte, atmosferdeki sera gazı salınımındaki hızlı artış, dünya yüzey sıcaklığının günümüz itibariyle artan bir trend göstermesine sebep olmuştur. Dünyadaki ortalama sıcaklık artışı günümüzde 2°C'ye yaklaşmış ve bu artış hala devam etmektedir. Birincil üreticilerin atmosferden karbondioksit tutması ve biyokütle oluşturma süreçleri, çoğunlukla bitkilerin fenolojik evrelerine bağlıdır ve bu evreler birçok bitki türünde direkt olarak iklimsel parametrelerden etkilenmektedir. Bitkilerin büyüme sezonunun başlaması ve bitiş, ürün verme periyodu, ekim süresi, baş kısmın oluşması vb. çoğunlukla karasal biyosferdeki arazi yüzey sıcaklığı, yağış miktarı, ışıklandırma periyodu uzunluğu gibi iklimsel parametrelerden etkilenmektedir. İklimsel değişikliğe bağlı olarak, fenolojik evrelerdeki değişiklikler bitkilerin atmosferik karbonu bağlama miktarını ve bağlama süresinin uzunluğunu değiştirerek, bitkilerin verimliliğini ve verim kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu proje kapsamında, ana hedeflerden birisi Avrupa'nın tamamını kapsayan ayrıca Rusya ve Türkiye'nin de içinde bulunduğu bir çalışma sahasında yüksek çözünürlüklü iklim verilerinin Community Land Model (Kommunal Ekosistem Modeli (CLM))'ine entegre edilerek, iklim değişikliğinin bitkilerdeki öncelikle fenolojik evreler üzerinde etkileri ve bu etkilerin bitkilerin karbon tutma kapasitesinin yanında verimliliklerine olan tesirleri araştırılacaktır. Bunun yanında Dünya İklim Araştırma Programı (World Climate Research Program (WCRP)) tarafından belirlenen iklim indisleri kullanılarak, çalışılacak alandaki özellikle yaprak döken ağaçların oluşturdukları vejetasyonlar ve tahıl grubunu oluşturan (Buğday, Arpa ve Mısır) bitkilerin fenolojik evrelerini etkileyen biyo-iklimsel faktörler tespit edilecektir.

İklim değişikliğine bağlı olarak tahıl grubu bitkilerinin fenolojik evrelerinde meydana gelen değişiklikler tahıl bitkilerinin hasat zamanını, hasat kalitesini ve hasat miktarını etkilemektedir. Meydana gelen bu etkilerin ortaya konulması proje kapsamındaki hedeflerimiz arasındadır. Tahıl mahsulleri dünya genelinde en yaygın olarak kullanılan gıda maddelerinin başında gelmektedir.

Bu çalışmada ek olarak tahıl bitkilerinin ekim süreleri, produktif dönem uzunluğu, büyüme sezonlarının başlangıç ve bitiş zamanları ile iklim değişikliği ve iklimdeki ekstrem durumların fenolojik evreler üzerindeki baskısı gerek modelleme gerekse saha çalışmalarında incelenecektir.

Her iki bitki çeşidinin (yaprak döken ağaçlar ve tahıl) fenolojik evrelerinin belirlenmesinden sonra, bu evrelerin biyoiklim dönemlerini tanımlayacak algoritmalar (fonksiyonlar) geliştirilecektir. Belirlenen biyoiklim algoritmaları ile CLM modelindeki fenolojik evrelere bağlı prosesler (fotosentez, karbon depolama, karbon paylaşımı, ürün kalitesi ve miktarı vd.) yeni geliştirilecek biyoiklim formülizasyonları sayesinde, iklim değişikliğinin etkileri göz önünde bulundurularak hesaplanmaları sağlanacaktır.

Genel olarak hipotezimiz değişen iklim koşulları kırılğan (bozulmaya elverişli) bölgelerde yetişen tahıl mahsullerinin ekim süresinin, büyüme sezonunun başlama ve bitiş zamanını etkileyecek ayrıca baş kısımlarının oluşma periyodunun dengesinin bozulmasına sebep olacaktır. Bunun sonucunda tahıl ürünlerinin kalitesi ve verimliliği direk olarak etkilenecektir. Özellikle yaprak döken vejetasyonlara sahip alanlarda iklim değişikliğine bağlı olarak bitkilerin büyüme zamanlarındaki değişimler atmosferden karbondioksit alımı süresinin uzunluğunu ve miktarını değiştirecektir.

Abstract:	<p>The fast increase in greenhouse gas emissions in the atmosphere that accompanied the industrial revolution resulted in an increase in the earth's surface temperature. Today's average temperature rise has surpassed 2 degrees Celsius, and it is expected to continue. The processes by which primary producers remove carbon dioxide from the environment and create biomass are largely dependent on plant phenological stages, which are influenced by climatic factors in many plant species. The beginning and conclusion of the plant's growing season, as well as the yield period, planting period, and head formation, are all influenced by climatic factors such as land surface temperature in the terrestrial environment. Climate variables such as land surface temperature in the terrestrial biosphere, amount of precipitation, and length of illumination period influence the start and end of the plant's growing season, yield period, planting period, head formation, and so on. Changes in phenological phases, which are influenced by climate change, have a substantial impact on plant production and yield quality by altering the amount of atmospheric carbon binding and the duration of the binding time. One of the main goals of this project is to integrate high-resolution climate data into Community Land Model (CLM) in a research region that includes all of Europe, as well as Russia and Turkey, by incorporating climate change into phenological changes in plants. The effects of these changes on the plants' carbon sequestration capability and productivity will be explored in this study. The vegetations created by deciduous trees and the bio-climatic elements impacting the phenological stages of the plants that make up the grain group (wheat, barley) will also be determined using the climate indices determined by the World Climate Research Program. Furthermore, the sowing times of cereal crops, the length of the productive period, the start and finish dates of the growing seasons, and the impact of climate change and extreme weather on phenological phases will all be investigated in this study, using both modeling and field experiments. Algorithms (functions) will be created to characterize the bioclimatic periods of both plant varieties (deciduous trees and cereals) when the phenological stages of both are determined. Thanks to the newly developed bioclimate formulations, the processes in the CLM model that are dependent on phenological stages (photosynthesis, carbon storage, carbon sharing, product quality and quantity, etc.) will be calculated by considering the effects of climate change using the determined bioclimate algorithms. In general, we believe that changing climatic circumstances would impact the sowing time, the start and end of the growing season of cereal crops cultivated in fragile (prone to spoiling) locations, as well as the formation period of the head portions, resulting in an imbalance. As a result, grain product quality and production will be directly impacted. Changes in plant development times as a result of climate change will affect the length and amount of carbon dioxide uptake from the atmosphere, particularly in places with deciduous vegetation.</p>
Anahtar Kelimeler:	İklim Değişikliği, Fenolojik Evreler, Karbon Tutma Kapasitesi, Sera Gazları Emisyonu, Tahıllar
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır
Projenin Yapılan Yayınlar:	<ol style="list-style-type: none"> 1- A new project AFTER investigates the impacts of climate change in the Europe-Russia-Turkey region (Makale - Diğer Hakemli Makale), 2- Impacts of climate change and distribution of precipitation on hydroelectric power generation in Turkey (Makale - Diğer Hakemli Makale), 3- Estimation of wind speed and energy potential by atmospheric model for day-ahead market and wind power plants in Turkey (Makale - Diğer Hakemli Makale), 4- THE RESPONSES OF NET ECOSYSTEM PRODUCTION TO CLIMATE CHANGE: A MODELLING STUDY TO IDENTIFY THE SINK AND SOURCE OF CARBON REGIONS AT THE PAN-EUROPEAN SCALE (Makale - Diğer Hakemli Makale), 5- Wheat Yield Estimation from NDVI and Regional Climate Models in Latvia (Makale - İndeksli Makale), 6- The AFTER project: filling the gap for regional climate modeling over the Central Asia CORDEX domain (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum), 7- The change of Net Ecosystem Production under Climate Change: a modelling study to identify the sink and source of carbon regions at pan-European domain within AFTER project (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Poster Sunum),