

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ: MODELDEN SEKTÖREL UYGULAMALARA CLIMATE CHANGE: FROM MODEL TO SECTOIRAL APPLICATIONS

Mesut DEMİRCAN¹, Necla TÜRKÖĞLU², İhsan ÇİÇEK³

¹ Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı,

² Doç. Dr., Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih, Coğrafya Fakültesi, 06100, Sıhhiye, Ankara

³ Prof. Dr., Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih, Coğrafya Fakültesi, 06100, Sıhhiye, Ankara

Özet:

İklim Değişikliğinin konuşulduğu, ulusal ve uluslararası tedbirlerin, uyum ve önleme çalışmalarının tüm paydaşlar ve hükümetler tarafından dikkatlice izlendiği günümüzde, en önemli konu değişikliğin olup olmadığı ile varsa ne kadar olduğunun belirlenmesi ve izlenmesidir. Doğru bir iklim izleme yapılması, gerek gözlemlere dayalı olarak gelecek iklim şartlarının ne olacağını modellenmesinde, gerekse uyum ve önleme çalışmalarının başarıya ulaşmasında olmazsa olmaz ilk şarttır. Senaryo, gelecekteki bazı olayları resmeden hikâyelerdir (Gregory ve Duran, 2001). Bu bağlamda, emisyon senaryoları, sera gazları ve aerosoller gibi yer yüzünün radyasyon dengesini bozan maddelerin gelecekte atmosfere boşalma potansiyellerinin tasvir edilmesidir (Moss vd., 2010). Bu tanımlamalar ışığında emisyon senaryosunun gelecek için bir tahmin olmadığı söylenebilir. Fakat, iklim değişikliği çalışmaları için emisyon senaryosu, entegre değerlendirme modellerinde gösterilen sosyo-ekonomik, çevresel ve teknolojik eğilimler üzerinde yapılan bilimsel çalışmalara dayandırılan gelecekteki emisyonlara ilişkin uzman görüş ve değerlendirmelerini de yansıtır. Bunun yanında, emisyon senaryoları, iklim değişikliği çalışmalarının en önemli bileşenlerinden birini teşkil etmektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü ve Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, yeni iklim değişikliği senaryoları (RCP4.5 ve 8.5) ile Türkiye için sonuçlar üretmiştir. Ayrıca Bakanlıklar ve bağlı kuruluşlar iklim değişikliğine uyum çalışmalarını yürütmektedir. Bu çalışmada, iklim değişikliği model sonuçlarını değerlendirirken dikkat edilmesi gereken konular, hata kaynakları incelenmiştir. İklim verileri ile iklim değişikliği model verilerine ulaşılabilecek kaynaklar ile coğrafyacıların bu verileri kullanma yöntemleri anlatılmıştır. Bu çalışmada ayrıca, yeni iklim değişikliği model ürünlerinin sektörel olarak, uyum (adaptasyon) amaçlı çalışmalarında kullanımı incelenmiştir. İklim Servisleri için Küresel Çerçeve'nin (GFCS) seçtiği öncelikli alanlar olan "Tarım ve Besin Güvenliği, Su, Sağlık, Enerji, Afet Risk Azaltımı" konuları üzerinden örnekler sunulmuştur. Bu örnekler üzerinden yapılan iklim değişikliği uyum çalışmalarında doğru ve yanlış yaklaşımlar incelenmiştir. Dahası coğrafyacıların iklim değişikliği uyum çalışmaları kapsamında yapabilecekleri katkılar araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Model, Senaryo, RCP'ler, Uyum

Abstract:

Climate Change is spoken in nowadays in accordance with national and international measures and adaptation and mitigation studies are carefully monitored by all stakeholders and government. The most important issue is identification and monitoring as to whether the climate change or not and If there is climate change to determine how much it's magnitude. Scenario is a story that depicts some future event (Gregory and Duran, 2001). Emissions scenario is depiction of potential future unloading into the atmosphere of some matters such as greenhouse gases and aerosols which influence the Earth's energy budget (Moss et all, 2010). According to these explanations, it can be said that a scenario is not a forecast or a prediction of future. However, emission scenario

for climate change research reflects expert evaluations and opinions respecting conceivable future emissions based on researches into socioeconomic, environmental, and technological tendencies pointed out in integrated assessment models. Additionally, the emission scenario is one of the most important components of climate change studies. The Turkish State Meteorological Service and General Directorate of Water Management produced results for Turkey with the new climate change scenarios (RCP 4.5 and 8.5). In addition, ministries and subsidiaries are engaged in climate change adaptation studies. In this study, the problems and sources of error that have to be considered in evaluating the climate change model results are examined. The sources of climate and climate change model data and the methods of using these data by geographers are explained. This study also examined the use of new climate change model products in sectoral adaptation studies. Examples selected from Agriculture and Food Security, Water, Health, Energy and Disaster Risk Reduction sectors, which are the priority areas by the Global Framework for Climate Services (GFCS), are presented. Through these examples, correct and erroneous approaches to the adaptation studies, have been examined. Moreover, the contributions of geographers to climate change adaptation studies have been researched.

Key Words: Climate Change, Model, Scenarios, RCP's, Adaptation

1. GİRİŞ

İklim, Dünya üzerinde canlıların yaşayabilmeleri için gerekli olan uygun ortamların bileşenlerinden bir tanesidir. İklim, Dünya üzerindeki yaşam için öyle önemli bir bileşendir ki, canlı türlerinin yeryüzündeki dağılımı ve türler arasındaki farklılar doğrudan iklim kuşakları ile ilgilidir. Yeryüzündeki her bir canlı türü için iklimsel (klimatik) yaşam alanları tanımlanabilir. Ayrıca bunun ötesinde insan eylemleri sonucu ortaya çıkan her bir sektör için de iklimsel eşik değerleri belirlenebilir. İklimin insan hayatındaki önemi ise, sosyal ve ekonomik koşulları; dolaylı ya da doğrudan, olumlu ya da olumsuz etkiler ile şekillendirmesidir.

İklim değişikliğinin Dünya genelinde yarattığı problemlere ek olarak, içinde yaşadığımız Akdeniz Havzası, Dünya'da bu değişikliklerden en fazla etkilenecek bölgelerin başında gelmektedir.

Hükümetlerarası İklim değişikliği Paneli (IPCC)'nin dördüncü değerlendirme raporunda (IPCC 2007) değişik senaryolar ile elde ettiği sonuçlara göre Akdeniz Havzası'nda yüzyılın sonlarına doğru sıcaklıkların artışıyla beraber yağışlarda önemli azalmaların meydana geleceği ve dolayısıyla bu bölgenin küresel iklim değişikliğine karşı en kırılgan bölgelerden biri olacağı belirtilmiştir.

IPCC (2013) son raporunda, Akdeniz'i, küresel ısınmanın etkileri için dünyadaki en savunmasız bölgelerden biri olarak vurgulanmaktadır. IPCC tarafından bölge için yayınlanan modeller farklı senaryolar göstermekle birlikte hepsi bazı iklim parametrelerinin desenlerindeki eğilim üzerinde net bir şekilde hemfikirdir. Senaryolarda sıcaklıktaki değişimin, 1980-2000 dönemi ortalamasına göre, 2080-2100 dönemi için 2.2 – 5.1°C aralığında ortalama yüzey sıcaklığında bir artış olabileceği ön görülmektedir. Aynı dönemlerde, modeller Akdeniz'de belirgin yağış rejimi değişikliklerini göstermektedir. Bölgedeki yağış miktarında azalma yönünde bir değişimin olabileceği ve bu değişimin ise %4 ile %27 oranı arasında olabileceğini öngörmektedir.

İklim değişikliği, çözümü zor olan ve gerekli önlemler alındığında da etkisi on yıllar boyunca sürebilecek, günümüzün en önemli çevre sorunlarından bir tanesidir. Bu nedenle, iklim değişikliği çalışmaları genel olarak üç başlık altında yürütülmektedir. Bunlar, iklim değişikliğinin

belirlenmesi ve anlaşılması için yapılan bilimsel çalışmalar, iklim değişikliğini azaltmak ya da durdurmak için yapılan önleme ve azaltma çalışmaları ile ortaya çıkacak yeni iklim koşullarına uyum çalışmalarıdır.

İklim konusunda yapılan bilimsel çalışmalardan bir tanesini, iklimin gelecekteki koşullarının ne olabileceğinin ön görülmesidir. İklim fiziksel olarak karmaşık bir sisteme, yani kaotik bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, iklimdeki değişikliklerin tahmin edilebilmesi çok zordur. İklimin geleceğe yönelik çalışmalarında senaryo kavramı kullanılmaktadır ve senaryo bir tahmin değildir. Senaryo, farklı koşullarda gelecekte olabilecek olayların ortaya konması, olasılıklarının betimlenmesidir. Bunu sağlayabilmek için kurgulanan farklı senaryoların modellenmesi sonucunda iklim model ve projeksiyon çalışmaları ortaya çıkmıştır. Projeksiyon çalışmalarının sonuçlarını kullanırken, hava tahmininde olduğu gibi, verilen bir tarihte iklim koşulları şu şekilde olacak demek yerine; verilen bir zaman aralığında, iklim parametrelerinin değer aralığını veya eğilimlerini kullanmak daha doğru olacaktır. Bu zaman aralığı genellikle iklim normalleridir.

İklim, geniş zaman dilimlerinde ve daha büyük alanlarda tecrübe edilmiş ortalama hava durumudur. İklim normalleri iklim verilerinden hesaplanan ardışık otuz yılın ortalamasıdır. İklim normallerini kullanmak küresel değerlendirme ve iklim izleme çalışmalarını hazırlamak için standart temel oluşturan çok önemli araçlardır. İklim referans dönemleri; 1961-1990, 1971-2000 ve 1981-2010 iklim normalleri olarak; uluslararası, ulusal ve bölgesel temelli iklim izleme, iklim trendi, iklim değişikliği ve iklim modeli çalışmalarında; bilim adamları, ulusal iklim servisleri, uluslararası enstitüler ve organizasyonlar tarafından kullanılmaktadır (Demircan vd., 2013 [a], [b]).

İklim modelleme çalışmaları, bilim ve teknolojideki gelişmeler ile doğru orantılı olarak, iklimi etkileyen koşulları tanımlayan değişkenlerin daha detaylı bir şekilde modellerde yer alabilmesi ve bu karmaşık model yapıları ile modele girdi olan büyük verilerin bilgisayar ortamında hesaplanabilmesinden oluşmaktadır. 1970'li yıllardan itibaren bilgisayarların bilimsel amaçlı kullanımlarının yaygınlaşması sonucunda, bilgisayarlar iklim modelleri için de kullanılmaya başlamıştır. Çalışılan ilk modellerde sadece atmosfer ve atmosferde gözlenen parametrelere göre çalışmalar yapılmıştır. Bilgisayarların hesaplama güçlerine, sürelerine ve model çıktılarında elde edilen verilerin depolanma alanlarındaki gelişmelere paralel olarak; kara yüzeyi, okyanuslar, deniz buzları, sülfat, aerosoller, karbon çevrimi, dinamik bitki örtüsü ve atmosferin kimyası gibi etmenler ile modellere veri girdisi oluşturan diğer parametreler kullanılarak modellerin doğruluğu ve çözünürlüğü geliştirilmektedir.

Teknolojinin gelişimi ile daha da küçülen Dünyamızda iklim değişikliği hakkında yapılan çalışmalar, 1990'lı yıllardan sonra IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) adı altında oluşturulan birliktelik ve oluşumun yönlendirmeleri ile daha anlamlı bir çaba içine girmiştir. Oluşan bu birlikteliğin çalışma sonuçları belli dönemlerle gerçekleştirilmiştir. IPCC'de yüzlerce bilim adamının katkıda bulunduğu en son 4. Değerlendirme Raporu'nda, önce 40 farklı senaryo gözden geçirilmiş ve bunların içinden 7 senaryo belirlenmiştir. İklim modelleri ayrıntılı bir şekilde ortam şartlarını, beklenen değişimlere göre yeniden kurgulama imkânı vermektedir. Bu bağlamda, 2007'de yayınlanan IPCC'nin 4. Değerlendirme Raporu'ndan bu tarafa, değişen arazi kullanımı/değişimi, sera gazı emisyonları ve konsantrasyonları, aerosol konsantrasyonu bilgileri ile gelişen teknolojik altyapı ve modelleme teknikleri yeni bir değerlendirme raporu hazırlanması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu kapsamda IPCC yeni senaryolar ile 5. Değerlendirme Raporunu hazırlamış ve dünya gündemine sunmuştur.

2006 yılında, sadece bir SRES senaryosunun ele alındığı ve bölgesel iklim modeli RegCM3 ile 21. yüzyılın son 30 yılı için elde edilen birkaç sonuç mevcuttur. 2006 yılından beri önemli ilerlemeler kaydedilmiş olup Türkiye ve çevresine odaklanan iklim simülasyonu çalışmaları geliştirilmiştir. Önal ve Semazzi (2009) tarafından 21. yüzyılın son 30 yılında Doğu Akdeniz bölgesi için, IPCC A2 senaryosuna dayalı bölgesel iklim değişikliği simülasyonu geliştirilmiştir. İTÜ'teki Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü iklim araştırması grubu, üç farklı GCM'nin emisyon senaryosu simülasyonlarının çıktılarını kullanarak Türkiye için bir ölçek azaltma deneyi gerçekleştirmiştir (TİDBB, 2013).

2006 yılından bu yana, Türkiye (alt bölgeleri veya çevresi) üzerinde çeşitli bölgesel iklim simülasyon çalışmaları yürütülmektedir. SRES senaryolarına dayalı bölgesel iklim değişikliği simülasyonları; Krichak vd. (2007), Gao ve Giorgi (2008), Turunçoğlu vd. (2007), Önal ve Semazzi (2009), Zanis vd. (2009), Black vd. (2010), Sen vd. (2011), Demir (2011), Özdoğan (2011), Bozkurt ve Sen (2011), Önal (2012), Bozkurt vd. (2012), Önal ve Ünal (2012), Bozkurt ve Sen (2013), Önal vd. (2013) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalarda, genel olarak çalışma bölgesinde sıcaklık artışı ve yıllık yağış oranında bir düşüş bulmuşlardır (TİDAUB, 2016).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), Birleşik Model Karşılaştırma Projesi Aşaması 5 (CMIP5) kapsamındaki küresel modelleri kullanarak ölçek azaltma yöntemi ile iklim projeksiyonları üretmiştir (Akçakaya, vd., TR2015-CC, 2015). İklim projeksiyonları için, IPCC AR5'in (Temsili Konsantrasyon Yolları, RCP) yeni nesil konsantrasyon senaryoları kullanılmıştır. Diğer bir çalışma da, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) tarafından "İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkileri Projesi" başlıklı bir proje yapılmıştır (İDSKEP, 2016).

2010 yılından bu yana, Türkiye (alt bölgeleri veya çevresi) için yeni senaryolarla bir dizi bölgesel iklim simülasyonu çalışması yapılmıştır. RCP senaryolarına dayalı bölgesel iklim değişikliği simülasyonları; Demir vd. (2013), Demircan vd. (2014 [a], [b], [c]), Öztürk vd. (2014), Turp vd. (2014), Ünal vd. (2015), Gürkan vd. (2015), Yıldırım vd. (2015, 2016), Öztürk vd. (2016), Gürkan vd. (2016 [a][b]), Demiroğlu (2016), Coşkun vd. (2016), Öztürk vd. (2017), Demircan vd. (2017), Güser vd. (2017) ve Eskiöglü (2017) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda, bölge genelinde bir sıcaklık artışı ve genel olarak yıllık yağış miktarında azalma tespit etmişlerdir.

2. METODOLOJİ

Bu çalışmada Türkiye'de yapılan bölgesel iklim modelleri çalışmaları; iklim değişikliği projeksiyonları ile veri setlerine erişim, projeksiyonlarındaki olası hata kaynakları, projeksiyonları kullanımı ile sonuçlarının yorumlanırken dikkat edilmesi gereken konular ve sektörel kullanımı ele alınmaya çalışılacaktır. Çalışmada, HadGEM2 modelinin RCP4.5 ve RCP 8.5 senaryoları üzerinden değerlendirmeler yapılacaktır.

MGM (TR2015-CC, 2015), Türkiye'yi içine alan bir bölge için gelecekteki iklim değişikliğinin muhtemel sonuçları ortaya konmaya çalışılmıştır. HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve GFDL-ESM2M Küresel Dolaşım Modellerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarının sonuçları kullanılmıştır. Bu çıktılardan, Türkiye için sıcaklık ve yağış projeksiyonları; RegCM4.3.4 bölgesel iklim modeli ile dinamik ölçek küçültme yöntemi kullanılarak, 20 km çözünürlükte ve 2016-2099 yıllarını kapsayan bir dönem için üretilmiştir. Çalışma sonuçları rapor ve makaleler ile kamuoyu ile paylaşılmış olup ayrıca Türkiye İklim Değişikliği 6. Ulusal Bildiriminde de yer almıştır. Ayrıca çalışma sonucunda elde edilen veriler ilgili kamu kuruluşu ile üniversiteler ve özel sektörle de düzenlenmiş bir yönetmelik kapsamında paylaşılmaktadır.

SYGM (İDSKEP, 2016), yapmış oldukları “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi” ile CMIP5 veri tabanından seçilen HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-5.1 küresel iklim modellerinin RCP4.5 ve RCP8.5 temsili konsantrasyon rotalarına dayanan simülasyonlar ile RegCM4.3 bölgesel iklim modeli ile 2015-2100 yılları arasında 10x10km çözünürlükteki iklim simülasyonlarını elde edilmişlerdir.

Hadley Merkezi Küresel Çevre Modeli 2 (HadGEM2) ailesi ortak bir fiziksel çerçeve ile farklı karmaşıklık seviyeleri içeren özel model yapılandırmalarının bir dizisini içermektedir (Demircan vd., 2014). HadGEM2 ailesi, birleştiğinde atmosfer-okyanus yapılandırmasını ve/veya dinamik bitki örtüsü, okyanus biyoloji ve atmosferik kimyasıyla Dünya-Sistem yapılandırması ve iyi bir çözümle stratosferin dâhil olduğu atmosferdeki bir dikey uzantısını içerir. Standart atmosferik bileşeni, 1.875° boylam ve 1.25° enlem aralığı ile yatay çözünürlüğünden meydana gelen 192 x 145 grid hücresinden oluşan küresel bir grid (karelaj) yapısı ve yaklaşık 40km yüksekliğe uzanan 38 seviyeye sahiptir.

IPCC tarafından IPCC 5. Değerlendirme Raporu'nda kullanılacak iklim değişikliği senaryolarında yeni bir yaklaşım için geniş katılımlı "Uzmanlar Toplantısı" Eylül 2007'de organize edildi ve bu bağlamda; yeni emisyon/konsantrasyon senaryolarının bir setinin oluşturulmasına karar verilmiştir (Demir vd., 2013; Demircan vd., 2014). Bu karar uyarınca Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs: Representative Concentration Pathways) olarak, RCP3-PD, RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5 olmak üzere 4 adet senaryo belirlenmiştir. RCP4.5; Hedefi geçmeden 2100 öncesi sabitlik ile yüzyılın ortalarından itibaren düşüş sonucunda 2100'de CO²'nin yaklaşık 650ppm ve ışınım zorlamasının yaklaşık 4.5 W/m² olacağını öngörmektedir. RCP8.5 ise; 2100'e kadar artışın devam etmesini, 2100'de CO²'nin 1370ppm ve ışınım zorlamasının 8.5 W/m² olacağını öngörmektedir.

Bölgesel iklim modellerinin yanlılık testlerinde ise küresel gözlem veri setleri ile (İklim Araştırma Birimi'nin - CRU, Delaware Üniversitesi'nin - UDEL, ve Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi (ECMWF)'nin ERA-40 reanaliz verileri, vb.) karşılaştırılması yapılmaktadır.

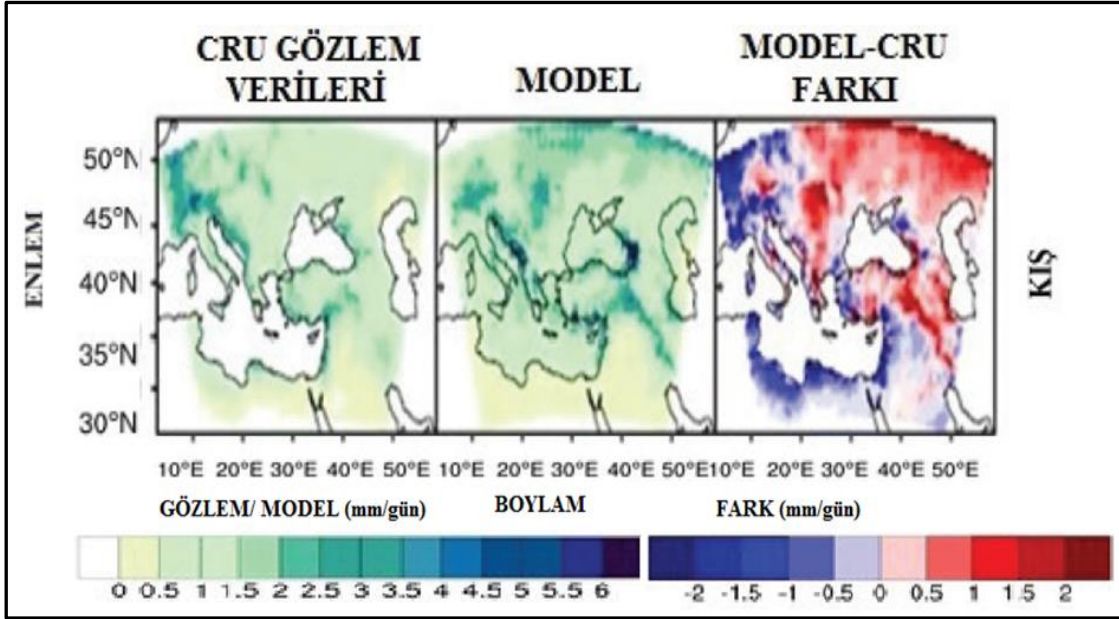
2.1. İklim Model Verilerine Erişim

İklim model verilerine, internet siteleri üzerinden erişmek de mümkündür. Bu sitelerden bazıları; Asya-Pasific Veri Araştırma Merkezinin (Asia-Pacific Data Research Center) “<http://apdrc.soest.hawaii.edu/data/data.php>”, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) “http://www.ipcc-data.org/sim/gcm_monthly/AR5/WG1-Archive.html”, Dünya İklim Araştırma Programı (WCRP) Eşgüdümlü Bölgesel Ölçekkültme Deneyi (CORDEX) “<http://www.cordex.org/>” ve Akdeniz bölgesi için “<https://www.medcordex.eu/>”, Çevresel veri Analizi Merkezi (CEDA) “<http://data.ceda.ac.uk/badc/>”, Küresel İklim Verileri (WorldClim) “<http://www.worldclim.org/>” ve Hollanda Meteoroloji Servsinin (KNMI) İklim Araştırması, Avrupa İklim Değerlendirmesi ve Verileri “<https://climexp.knmi.nl/>” internet siteleri sayılabilir. Bu sitelerden iklim modellerine erişim sağlanabilmekle birlikte, bu verilerin gerek veri setlerinin çözünürlüğü ve çözünürlüklerinden kaynaklanan sorunlar ile ve gerekse yanlılık testlerinden kaynaklanan hataları barındıracağı akılda tutulmalıdır.

2.2. Model Verilerindeki Sistemik Hata kaynakları

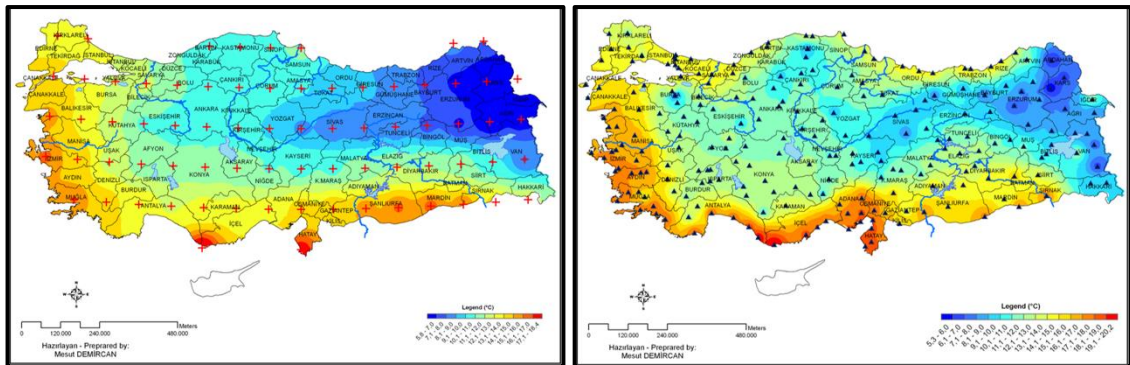
Küresel iklim değişikliği (Küresel Sirkülasyon Modeli) veri setleri, günümüzde teknik kapasiteden dolayı yaklaşık 100-200km ölçeğinde üretilmektedir. Bu veri setlerinden daha yüksek çözünürlükte veri setleri oluşturmak için bölgesel iklim değişikliği modelleme çalışmaları

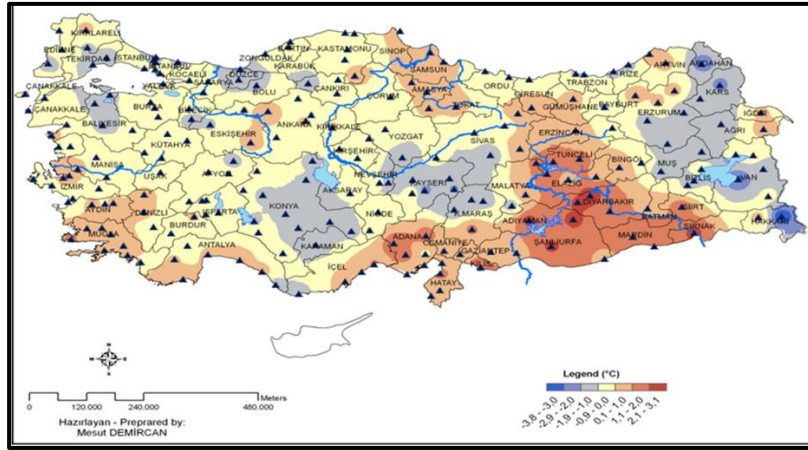
yürütülmektedir. Parametrizasyon için bulutlar (cumulus convection), sınır tabaka (turbulans, PBL), dağlar (mountain drag), radyasyon ve yüzey-atmosfer etkileşimi (Land-surface parameterization) parametreleri seçilmektedir. Bölgesel iklim modelleme çalışmalarında, yanlışlık düzeltmeleri yapmak için model geriye doğru 30 yıl koşturulmakta ve küresel gridli iklim veri setleri ile karşılaştırılmaktadır. En uygun parametrizasyon ayarlarına ulaşıldığında, yani gözlem veri setleri ile modelin uyduğu ayarlar ile model geleceğe doğru koşturulmaktadır (Şekil 1). Buradaki sakınca ise parametrizasyon ayarlarının bölgesel olarak yapılamaması, tüm çalışma alanına uygulanmasıdır. Bu ise bazı bölgelerde daha doğru sonuçlar elde edilirken diğer bölgelerde ise hata oranının artmasına neden olmaktadır.



Şekil 1. Model yanlışlık (parametrizasyon) testi (MGM,2015)

Diğer bir sorun ise kullanılan küresel veri setlerinin çözünürlüğü nedeniyle bünyesinde taşımış oldukları hatalardır. Demirçan vd. (2011), yaptıkları çalışmada Türkiye için ECMWF'nin ERA40 tekrar-analiz veri setinden 1971-2000 uzun yıllar ortalama sıcaklık veri seti ile istatistiksel modelleme yapmışlardır. Bu çalışmada veri setinin sıcaklık aralığı 5-18.5°C iken modelleme sonrasında 13-20.5°C aralığı ile aynı dönem için Türkiye gözlem değerlerine ulaşmışlardır. Aradaki farkın ise ERA40 gridlerinin yükseklik ve topografya farklılıklarından kaynaklandığını belirtmişlerdir (Şekil 2).

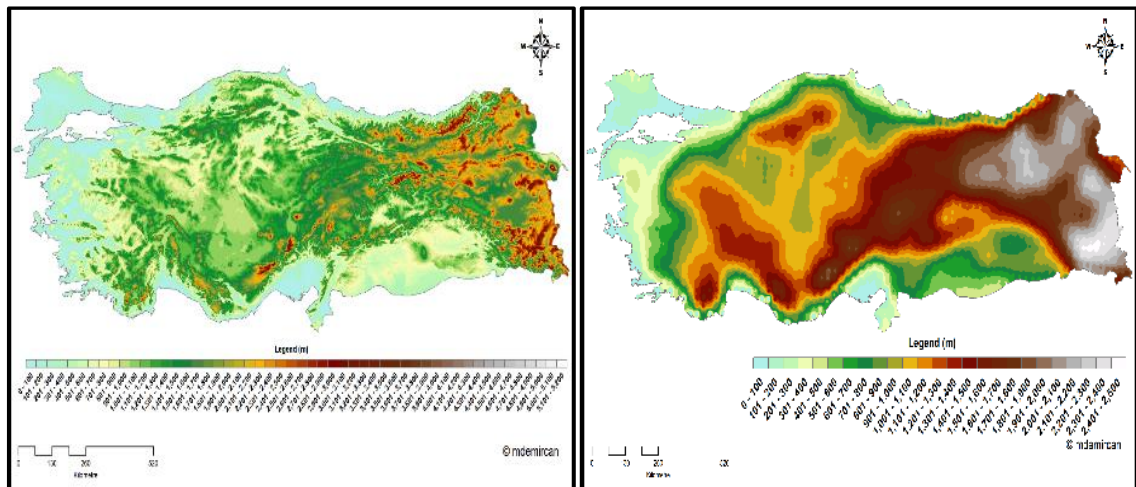


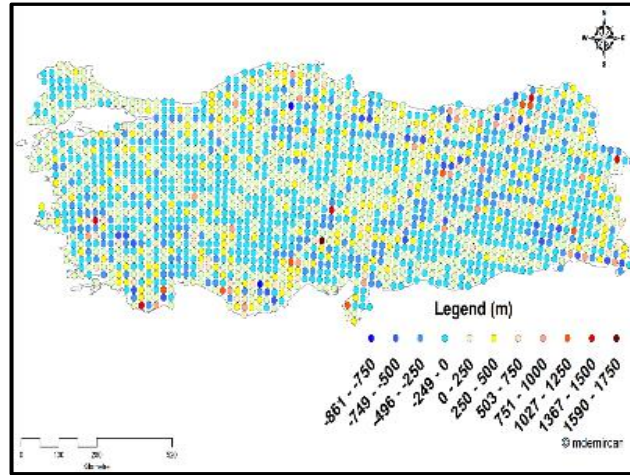


Şekil 2. Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi (ECMWF)'nin ERA40 yeniden analiz veri seti 1.125 ° (~ 125km) çözünürlük ve yaklaşık 50m ila 2500m arasındaki yüksekliğe sahiptir (Türkiye, 1971-2000 dönemi için) (Demircan vd. 2011)

Benzer şekilde iklim modelleri de koşturulurken, topografya verisi için kaynak olarak gösterilen topografya verilerinden grid noktaları için ortalama yükseklik verileri hesaplanmaktadır. Yine grid noktaları toprak kullanımı, bitki örtüsü ve su kaynakları gibi bilgileri de ilgili veri katmanlarından almaktadır. Hesaplanan yükseklik ve diğer bilgilerin gerçek değerlerinden uzaklaşması da diğer bir hata kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca RegCM4'dün kullanmış olduğu Lambert projeksiyon sistemi de Coğrafi Bilgi Sistemleri'nde yer alan programlardaki projeksiyon sistemi ile uyuşmamakta ve alansal olarak kayma ve dönüklüğe neden olmaktadır.

MGM'nin 20km çözünürlükle oluşturduğu model çalışmasında model gridlerinin oluşturulan yüksekliği 0–2458m arasında değişmektedir (Şekil 3). USGS SRTM 90m verisinden elde edilen yükseklik haritasında ise 0–5200m arasında değişmektedir. İklim değişikliği projeksiyonları RegCM iklim modeli içerisindeki formüller ile grid verisinin yüksekliği ve coğrafi özelliklerine göre hesaplanmaktadır. İklim parametrelerinin değerlerindeki değişimi etkileyen en önemli coğrafi özelliklerden bir tanesi ise yüksekliktir. Projeksiyon gridlerinin yüksekliği ile USGS SRTM 90m yükseklik veri seti arasındaki farklar ise -861 ile 1750m arasında değişmektedir. Bu yükseklik farkı ise sistematik hatalara yol açmaktadır.





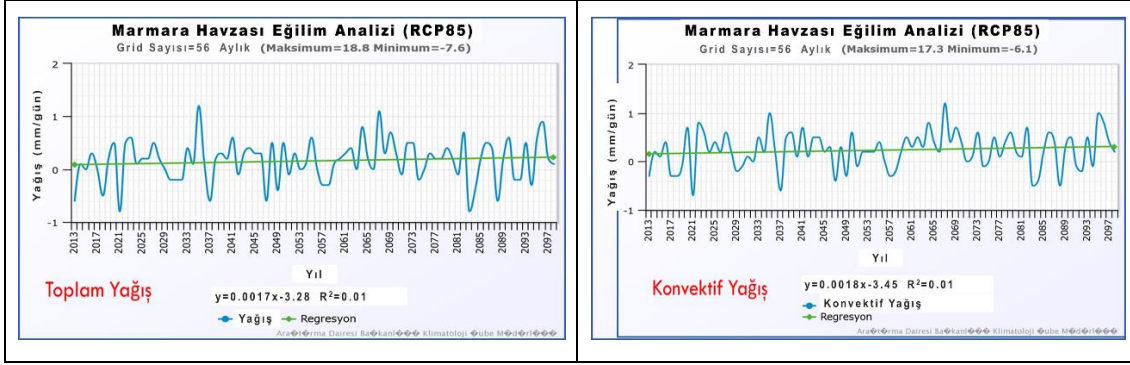
Şekil 3. Model grid yüksekliklerinin gerçek yükseklik değerlerinden farkları

2.3. Model Sonuçlarının Eksik – Hatalı yorumlanması

İklim değişikliği projeksiyonlarının sunumlarında iki parametre öne çıkmış bulunmaktadır, bunlar sıcaklık ve toplam yağış analizleridir. Kamu kurum ve kuruluşları ile sivil toplum örgütlerinin yapmış olduğu uyum ve önleme çalışmalarında, bilgilendirme çalışmalarında sektörel olarak doğrudan bu iki parametre kullanılmaktadır. İklim değişikliği modelleri yüzey ve atmosferik katmanlarda veriler üretmektedir. İklim modelleri yüzey için 28 farklı parametre üretmektedir (Şekil 4). İklim modellerinin üretmiş olduğu toplam yağış parametresi analizlerini referans göstererek, yağış fazlalığının olduğu yerlerde, diğer veriler incelenerek su sıkıntısı olmayacağı yorumlanabilmektedir. Ancak modelin ürettiği bir diğer parametre olan konvektif yağış verisinin de incelenmesi gerekmektedir (Şekil 5). Konvektif yağış parametresinin toplam yağış miktarı içerisindeki payı bize oluşabilecek yağışların fiziksel şekli ve faydası konusunda bilgi verecektir. Sağanak şeklinde yağın aşırı yağışlar, özellikle son zamanlarda görüldüğü gibi, sel-taşkın gibi afetlere neden olmakta, ayrıca yüzey akışı ile birlikte akıp gitmektedir. Bu nedenle insan ve canlıların hayatını devam ettirmesi için gerekli olan su bütçesine bir fayda sağlamamaktadır.

	Değişkenler	Tanım		Değişkenler	Tanım
1	u10m	Anemometre doğu yönlü Rüzgar ($m s^{-2}$)	14	sena	Hissedilebilir Isı ($W m^{-2}$)
2	v10m	Anemometre kuzey yönlü Rüzgar ($m s^{-2}$)	16	flw	Net Uzun dalga ($W m^{-2}$)
3	uvdrag	Yüzey Sürükleme Stresi	17	fsw	Net emilen güneş ($W m^{-2}$)
4	tgb	Yer Sıcaklığı (K)	18	flwd	Aşağı yönü Uzun dalga ($W m^{-2}$)
5	t1ef	Çimen Sıcaklığı (K)	19	sina	Güneş yükü ($W m^{-2}$)
6	t2m	2m Sıcaklığı (K)	20	prvc	Konvektif yağış ($mm day^{-1}$)
7	q2m	2m Özgül Nem $kg kg^{-1}$	21	psb	Yüzey Basıncı (hPa)
8	ssw	Üst tabaka toprak nemi (mm)	22	zpb1	PBL yüksekliği (m)
9	rsw	Kök tabaka toprak nemi (mm)	23	tgmax	Maksimum yer sıcaklığı (K)
10	tpr	Toplam Yağış ($mm day^{-1}$)	24	tgmin	Minimum yer sıcaklığı (K)
11	evp	Evapotranspirasyon ($mm day^{-1}$)	25	t2max	Maksimum 2m sıcaklığı (K)
12	runoff	Yüzey Akışı ($mm day^{-1}$)	26	t2min	Minimum 2m sıcaklığı (K)
13	scv	Kar-su eşdeğeri (mm)	27	w10m x	Maksimum 10m rüzgar hızı ($m s^{-2}$)
			28	psmin	Minimum yüzey basıncı (hPa)

Şekil 4. İklim modellerinin yüzey için ürettiği parametreler.



Şekil 5. İklim modeli toplam yağış ve konvektif yağış parametresi.

2.4. İklim Değişikliği Model Sonuçlarının Sektörel Olarak kullanılması:

Sektörel iklim ürünleri diğer bir ismiyle özel iklim ürünleri, iklim parametreleri için eşik değerlere (bitki ve hayvanların iklimsel yaşam alanı, hastalığa neden olan zararlılar için uygun iklim ortamı, aşırı olaylar vb.) dayanır. Bu eşik değerleri, sektörel kullanım ile ilişkilidir ve sektörel amaç için kritik değerlerdir. Eşik değerleri, uyum planlarında iklim değişikliği ile mücadele etmek için yapılacak sektörel planlama için özellikle önemlidir. İklim değişikliği uyum planlarının sadece iklim değişikliği projeksiyonlarının genel sonuçları (sıcaklık ve yağış değişimi vb.) üzerinden hazırlanması uyum planlarının başarı, verim ve etkinliğini azaltırken maliyetlerini artıracaktır. Bu neden ile eşik değerlerin kullanılması uyum planlarının öznelleşmesine, sektör ve bölge bazında ayrı ayrı, daha doğru ve daha az maliyetli önlemler alınmasına yardımcı olacaktır.

Sektörel iklim değişikliği uyum çalışmaları yapılırken şu adımlar izlenmelidir;

1. Model parametrelerinden ilgili tüm parametrelerin analiz edilmesi
2. Model parametrelerinde topografik düzeltmelerin yapılması
3. İklimsel (klimatik) eşik değerlerinin tanımlanması
4. Diğer eşik değerlerinin tanımlanması (topografik, sosyolojik, altyapı vb.)
5. CBS’de eşik değerlerine ilişkin katmanların hazırlanması
6. Katmanlar arasındaki ilişkinin kurgulanması
7. Sonuç çıktının elde edilmesi
8. Sonuçların ilgili tüm uzmanlar tarafından yorumlanması
9. Sektörel uyum çalışmalarının planlanması.

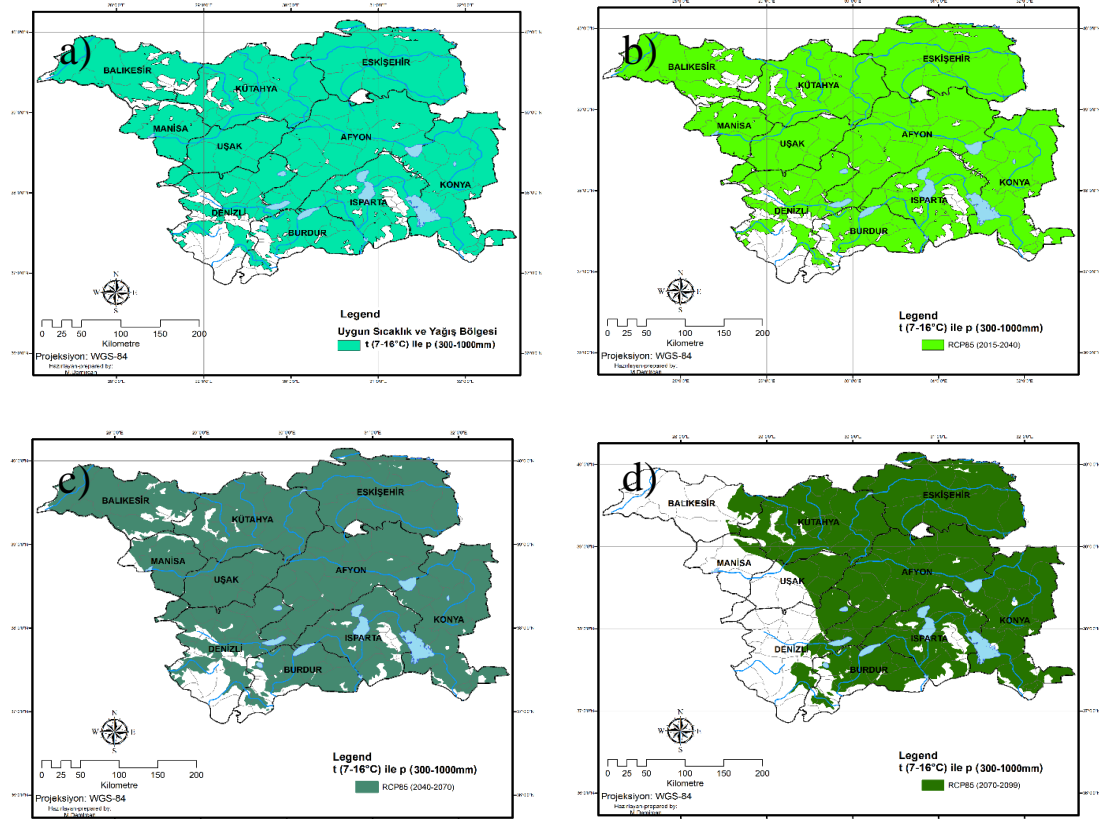
Su ile ilgili yapılan çalışmalarda, iklim projeksiyonlarının toplam yağış parametresi kullanılmaktadır. Toplam yağış parametresi; sosyal su ihtiyacından sanayi su ihtiyacına, hidrolojik su kaynaklarından tarımsal kullanıma kadar; suyun kullanıldığı her alandaki su kullanım ihtiyacını, bunun için gerekli su bütçesini hesaplamak için kullanılan temel parametrelerden bir tanesidir. Toplam yağış parametresi, yağışın temel girdi olarak kullanıldığı kuraklık indisleri, iklim sınıflandırmaları ve benzeri stokastik formüllerde basit şekilde kullanıldığı gibi; havza tabanlı çalışmalarda, hidrolojik modellerde de girdi verisi olarak karmaşık model hesaplarında da kullanılır.

Toplam yağış parametresi cephesel-sistem (stratiform) yağışlar ile konvektif yağışların bir toplamıdır. Stratiform yağışlar uzun süreli ve şiddetli olmaması ile toprağa yavaş yavaş sızarak

su bütçesine katkıda bulunurlar. Konvektif yağışlar ise kısa süreli ve şiddetli olması, hemen akışa geçmesinden ötürü su bütçesine katkısı az olduğu gibi, çoğu zaman sel oluşturması sebebiyle doğal afete dönüşerek su kaynaklarını bozarak ya da kirleterek zarar da verirler. Bu nedenle su ile ilgili olarak yapılacak çalışmalarda bu iki parametredeki değişimler dikkatlice analiz edilmeli ve uyum çalışmaları bu analizlere temel alınarak yapılmalıdır.

MGM'nin (TR2015-CC, 2015) ve SYGM (İDSKEP, 2016) raporlarında Marmara havzası için HadGEM2-ES modeli RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre yağışlarda artış olacağı vurgulanmıştır. Raporlardaki analiz ise toplam yağış parametresi üzerinden yapılmıştır. İklim değişikliğine bağlı sıcaklık artışları deniz suyu sıcaklıklarını da artıracak, bu ise deniz kenarındaki yağışların konvektif karaktere bürünmesine neden olacaktır. Dolayısıyla yağış miktarlarında meydana gelmesi beklenen bu artışların, son zamanlarda Ege ve Marmara denizleri kıyılarında görüldüğü gibi, şiddetli yağış ve sellerin artmasına neden olması olasıdır. Şekil 4'te de Marmara havzası için verilmiş olan toplam yağış ve konvektif yağış grafiklerinin uyumlu görülmesi de bu yargıyı doğrulamaktadır.

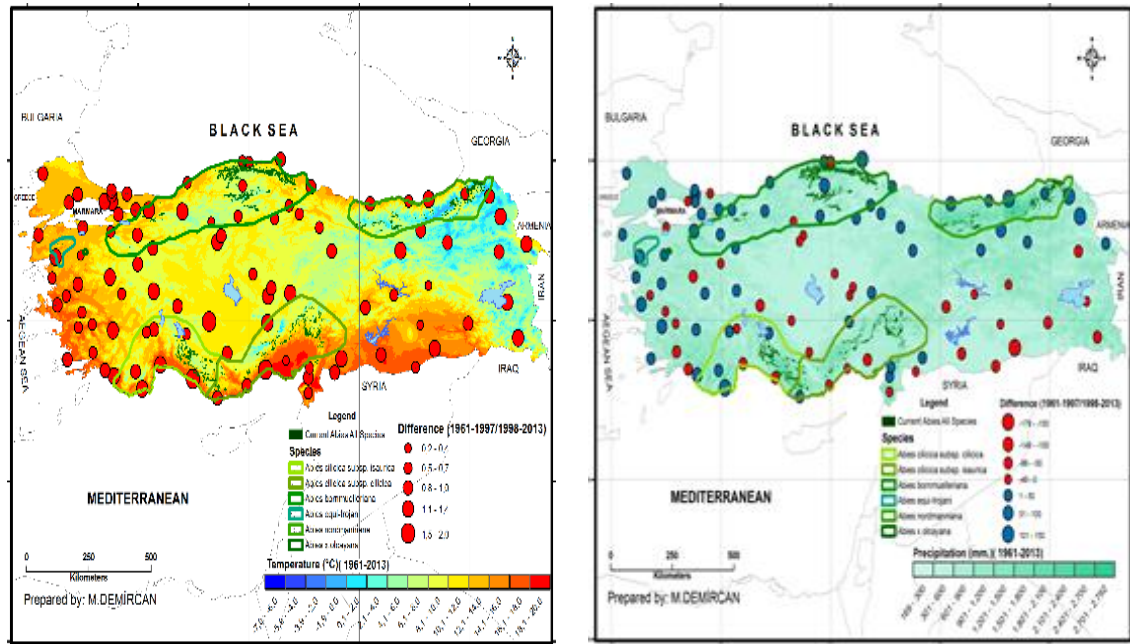
Yıldırım vd. (2016, 2017), çalışmalarında mevcut iklim verileri ve iklim projeksiyonu verileri ile Haşhaşın iklimik yaşam alanı belirlemiştir. Haşhaş için yıllık ortalama sıcaklık için 7-16°C ve yıllık toplam yağış için 300-1000 mm. aralığını eşik değer olarak belirlemişlerdir. Demircan vd. (2011) yöntemiyle sıcaklık verilerini ve Schreiber'e atfedilen (Ardel vd., 1969) yöntemle yağış verilerini kullanarak yükseklikle modellemişlerdir. Haşhaş bitkisinin günümüz ve gelecekteki (HadGEM-2ES RCP8.5 senaryosuna göre) iklimik yaşam alanı ve değişimini ortaya koymuşlardır (Şekil 6).

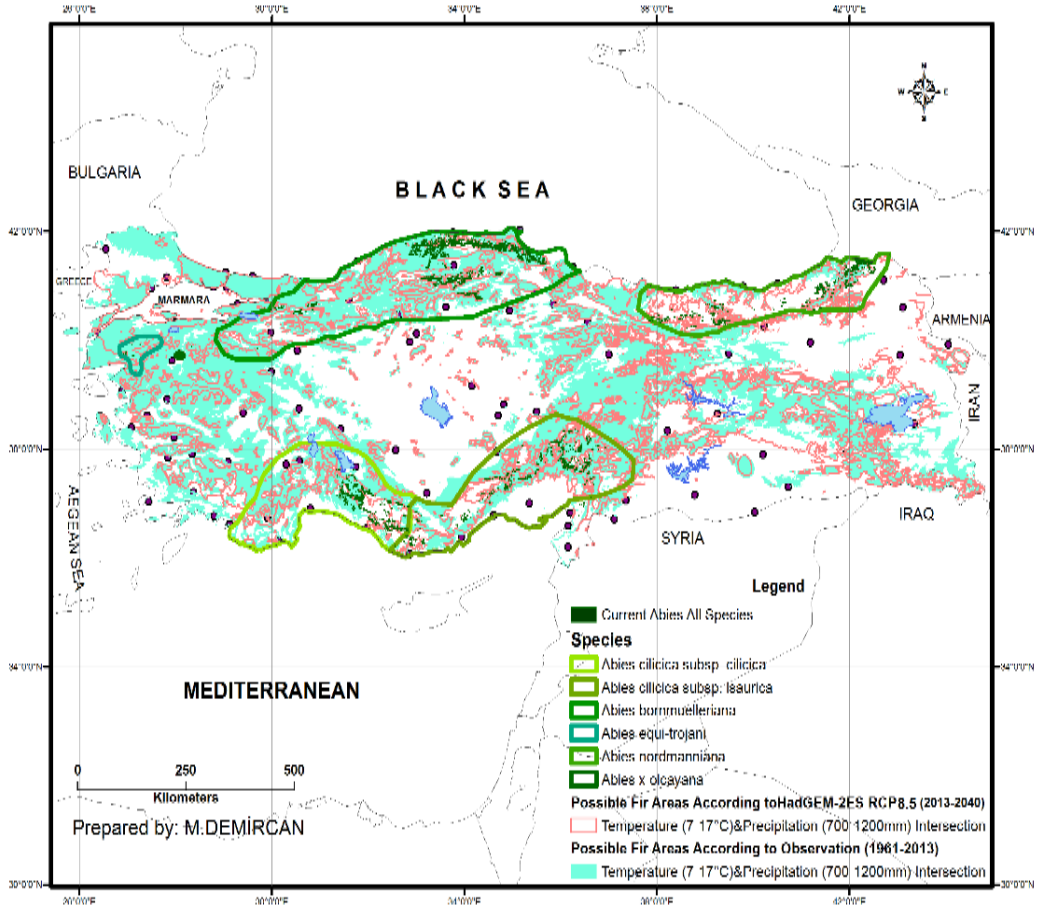


Şekil 6. a) Haşhaş'ın yaşam alanı için uygun iklim bölgesi b) HadGEM-2ES RCP8.5 2015-2040 dönemi c) HadGEM-2ES RCP8.5 2041-2070 dönemi d) HadGEM-2ES RCP8.5 2071-2099 dönemi (Yıldırım vd.; 2016, 2017).

Tarım sektörü için yapılacak uyum çalışmaları; tarım havzalarındaki her bitki türü ve her tarım zararlısı için iklimik yaşam eşik değerleri ayrı ayrı ele alınarak yapılmalıdır. Yeni iklim şartlarına uyum sağlaması zor olan bir ürünü o bölgede yaşatmak zor ve maliyetli olacaktır. Bitkilerin yaşam alanlarındaki değişim ve coğrafik kaymalar belirlenmeli, tarım havzalarında oluşacak yeni iklim şartlarına uygun ürünler belirlenmelidir. Böylelikle uyum maliyetleri de azalacaktır. Ayrıca tarım zararlılarının olası iklimik yaşam alanlarının belirlenmesi, daha ortaya çıkmadan bu bölgelerin takibi ve önleme çalışmaları için bir altlık hazırlayacaktır.

Ormancılık sektörü için yapılacak iklim uyum çalışmalarında da ağaç türü bazında iklimik yaşam alanları ve orman zararlılarının olası iklimik yaşam alanları belirlenmelidir. Örneğin, köknar türlerinin olası dağılım alanları için iklimik eşik değerleri olarak; sıcaklık için 7-17°C ve yağış için 700-1200 mm değer aralığı kullanılabilir. Gözlem verileri (1961-2013 dönemi 96 istasyon ile) ile yükseklik verisi ve Demircan vd. (2011) ile Schreiber'e yöntemleri kullanılarak elde edilen kesişim katmanı köknarın Türkiye üzerindeki dağılımını gösterebilmektedir. Bu eşik değerlerinin HadGEM-2ES RCP8.5 (2013-2040 dönemi) kullanılarak da gelecekteki değişimi gösterilmiştir (Şekil 7).





Şekil 7. Köknarın Türkiye üzerindeki dağılımını, olası yaşam alanları ve gelecekteki olası değişimi.

3. TARTIŞMA VE SONUÇ

Türkiye için yapılan iklim değişikliği projeksiyon çalışmaları sonuçlarında, Türkiye’de yıllık ortalama sıcaklık artışının; 2016-2040 dönemi için 1.0 °C - 2.0 °C arasında; 2041–2070 dönemi için 1.5 °C - 4.0 °C arasında ve son dönem olan 2071-2099 dönemi 1.5 °C - 5 °C arasında olması öngörülmektedir. Bazı senaryolarda 21 yy. son otuz yılında (2071–2100) sıcaklık artışının kış mevsiminde 3.0 °C ve yaz mevsiminde 8.0 °C’ye ulaşması da öngörülmektedir. Yağışlarda; tüm dönemlerde kış mevsimi için ülke genelinde yağış miktarında artışlar, ilkbahar mevsiminde tüm dönemlerde ülkenin sahil ve kuzeydoğu kesimleri haricinde yağış miktarında azalışlar, yaz mevsiminde tüm dönemlerde ülkenin batı sahilleri ve kuzeydoğu bölümleri haricinde yağış miktarında azalışlar ve sonbahar mevsiminde genel olarak yağış miktarında bir azalma öngörülmektedir. Her ne kadar projeksiyon dönemi boyunca (2016-2099) yağış miktarında düzenli bir artış ve azalış eğilimi olmasa da, yağış rejiminin düzensizliği dikkat çekicidir.

İklim değişikliği bağlamında, yeni iklim şartlarında Türkiye nehir havzalarında ciddi risklerin oluşması öngörülmektedir. Bunlardan bir tanesi, özellikle Fırat-Dicle havzası olmak üzere, Anadolu’nun iç kesimleri ve güneyindeki havzalarda yağış miktarındaki azalıştır. İkincisi ise

artan sıcaklıkların yağış cinsi değişikliklerine neden olması ve kış mevsimindeki yağın karın yağmura dönüşmesidir. Kar, yıl boyunca su tedarik eden önemli su kaynağıdır. Ve ayrıca sıcaklık artışı ilkbaharda erken kar erimesine neden olabilir. Bozkurt vd. (2013) ve Bozkurt vd. (2015), Erken Erime ve Fırtına-Dicle Havzasındaki kar erimesi akışındaki zamansal değişimler sonucuna varmıştır. Üçüncü sorun ise, özellikle yaz mevsiminde ve özellikle Anadolu'nun batı ve kuzey sahil kesimlerinde aşırı yağışların oluşma riskidir. Bu aşırı yağışlar son yıllarda olduğu gibi sellere neden olabileceklerdir. Ayrıca artan sıcaklıklar; fırtına, dolu ve hortum gibi aşırı hava olaylarının sayısında ve şiddetinde artışa yol açabilecektir. SYGM'nin (2016) projesinde de 2015-2100 döneminde Marmara ve Karadeniz bölgelerinde aşırı yağış ve sel baskını olasılıklarının artabileceği sonucuna varılmıştır.

İklim değişikliği öngörü çalışmaları bütün sektörlerle uyum planı çalışmalarında, yani paydaşların gelecek planlarında -ki bunlar iklim ve iklim model çıktıları temelli yapılmalıdır- esas veri ve temel altlığı sağlamaktadır. İklim değişikliği çalışmaları kapsamında farklı iklim modellerinin senaryoları, Türkiye ve çevresi için ölçek küçültme yöntemi ile üretilmelidir. Böylelikle gelecekte muhtemel olması öngörülen iklim değişikliği ihtimallerini daha detaylı görmek mümkün olacaktır. İklim değişikliği uyum çalışmalarının ikinci adımı ise sektörlerle özel iklim ürünlerinin hazırlanmasıdır. Bu ürünler hazırlanırken modelleme çalışmasından kaynaklanabilecek hatalar göz önünde bulundurulmalıdır.

Sektörel iklim ürünleri diğer bir ismiyle özel iklim ürünleri, iklim parametreleri için eşik değerlere (bitki ve hayvanların iklimsel yaşam alanı, hastalık için iklim eşiği, aşırı olaylar vb.) dayanır. Bu eşik değerleri, sektörel kullanım ile ilişkilidir ve sektörel amaç için kritik değerlerdir. Eşik değerler, uyum planlarında iklim değişikliği ile mücadele etmek için ileride yapılacak sektörel planlama için özellikle önemlidir. İklim değişikliği uyum planlarının sadece iklim değişikliği projeksiyonlarının genel sonuçları (sıcaklık ve yağış değişimi vb.) üzerinden hazırlanması uyum planlarının başarı, verim ve etkinliğini azaltırken maliyetlerini artırabilecektir. Bu neden ile eşik değerlerin kullanılması uyum planlarının öznellesmesine, sektör ve bölge bazında ayrı ayrı, daha doğru ve daha az maliyetli önlemler alınmasına yardımcı olacaktır.

Sektörel iklim ürünleri, sadece sektörün kendi başına hazırlayabileceği bir ürün değildir. Bu ürünler bir ekip işi olmalıdır. Ekip ise sektör uzmanı, iklim uzmanı, iklim model uzmanı, meteoroloji uzmanı, Coğrafi Bilgi Sistemleri uzmanı, coğrafyacı ve ilişkisinin olduğu diğer dalların uzmanlarından oluşmalıdır.

4. KAYNAKÇA

1. IPCC (2007). Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, impacts, and Response Strategies: IPCC Expert Meeting Report, September, 2007, Netherlands.
2. IPCC (2013). Climate Change 2013, The Physical Science Basis, Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 2013, http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf
3. Demircan, M., Arabacı, H., Bölük, E., Akçakaya, A., Şensoy, S., And Ekici, M., "İklim normalleri ve 1981-2010 sıcaklık normallerinin coğrafi bilgi sistemleri ile topografya kullanarak yüksek çözünürlüklü grid veri setinin üretilmesi", 6. Atmosferik Bilimler Sempozyumu, 24-26 Nisan 2013, İTÜ, İstanbul – Türkiye. (a)
4. Demircan, M., Arabacı, H., Bölük, E., Akçakaya, A., And Ekici, M., "İklim normalleri: üç sıcaklık normalinin ilişkileri ve uzamsal dağılımları", III. Türkiye İklim Değişikliği Konferansı - TİKDEK 2013, 3 - 5 Haziran, 2013, İTÜ - Süleyman Demirel Kültür Merkezi, İstanbul – Türkiye, (b)
5. Türkiye İklim Değişikliği 5. Bildirimi (TİDBB), T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013, Ankara, Türkiye

6. Akçakaya, A., Sümer, U.M., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Gürkan, H., Yazıcı, B., Kocatürk, A., Şensoy S., Bölük, E., Arabacı, H., Açar, Y., Ekici, M., Yağan, S., Çukurçayır, F. (2015) Yeni Senaryolarla Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği (TR2015-CC). Meteoroloji Genel Müdürlüğü yayını, Ankara.
7. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi (İDSKEP), Haziran 2016, Ankara
8. Türkiye İklim Değişikliği 6. Ulusal Bildirimi (TİDAUB), T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016, Ankara, Türkiye
9. Önal, B. and Semazzi FHM., Regionalization of climate change simulations over the eastern Mediterranean. J Climate 2009; 22, 1944–61, 2009.
10. Demir, İ. Bölgesel iklim modeli projeksiyonları, ECHAM5-B1 (Regional Climate Model Projections). In: 5th Atmospheric Science Symposium Proceedings Book: ITU, 27-29 April 2011, İstanbul – Turkey, 2011.
11. Ozdoğan M., Climate change impacts on snow water availability in the Euphrates–Tigris basin. Hydrol Earth Syst Sci 15:2789–2803Pal JS, 2011.
12. Bozkurt D. and Sen O.L., Precipitation in the Anatolian Peninsula: sensitivity to increased SSTs in the surrounding seas. Clim Dyn36 (3–4):711–726, 2011.
13. Bozkurt D., Turuncoglu U., Sen O.L., Onol B. and Dalfes H.N., Downscaled simulations of the ECHAM5, CCSM3 and HadCM3global models for the eastern Mediterranean–Black Sea region: evaluation of the reference period. Clim Dyn 39(1–2):207–225, 2012.
14. Önal, B., Understanding the coastal effects on climate by using high resolution regional climate simulation. Clim Res 52:159–174, 2012.
15. Önal B and Unal YS., Assessment of climate change simulations over climate zones of Turkey. Reg Environ Change. doi:10.1007/s10113-012-0335-0, 2012.
16. Önal B., (2012). Effects of Coastal Topography on Climate: High-Resolution Simulation with a Regional Climate Model, Clim. Research, doi: 10.3354/cr01077, 2012.
17. Önal, B., Bozkurt, D., Turuncoglu, U.U., Sen, O.L., and Dalfes H.N., Evaluation of the twenty-first century RCM simulations driven by multiple GCMs over the Eastern Mediterranean–Black Sea region, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Clim Dyn (2014) 42:1949–1965, DOI 10.1007/s00382-013-1966-7, 2013.
18. Bozkurt D. and Sen O.L., Climate change impacts in the Euphrates–Tigris Basin based on different model and scenario simulations. J Hydrol 480:149–161, 2013.
19. Turp, M.T., Ozturk, T., Türkeş M. and Kurnaz, M.L., Investigation of Projected Changes for Near Future Air Temperature and Precipitation Climatology of Turkey and Surrounding Regions by Using the Regional Climate Model RegCM4.3.5, Aegean Geographical Journal, 23/1 (2014), 1-24, 2014, Izmir, Turkey
20. Ozturk, T., Türkeş M. and Kurnaz, M.L., Analysing Projected Changes in Future Air Temperature and Precipitation Climatology of Turkey by Using RegCM4.3.5 Climate Simulations, Aegean Geographical Journal, 20/1, 2014, Izmir, Turkey
21. Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Tüvan, A., Demircan, M. ve Akçakaya, A., RCP4.5 Senaryosuna Göre Türkiye’de Sıcaklık Ve Yağış Projeksiyonları, III. Türkiye İklim Değişikliği Konferansı - TİKDEK 2013, 3 - 5 Haziran, 2013, İTÜ - Süleyman Demirel Kültür Merkezi, İstanbul – Türkiye.
22. Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Tüvan, A. Ve Akçakaya, A., Climate Change Projections For Turkey With New Scenarios, The Climate Change And Climate Dynamics Conference-2014 – CCCD2014, 8-10 October 2014, İstanbul, Turkey (a).
23. Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Tüvan, A., Gürkan., H. ve Akçakaya, A., Türkiye’de Yeni Senaryolara Göre İklim Değişikliği Projeksiyonları, TÜCAUM VIII. Coğrafya Sempozyumu, Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi, 23-24 Ekim 2014, Ankara, Türkiye (b).
24. Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Tüvan, A., Gürkan., H. ve Akçakaya, A., Yeni Senaryolara Göre Türkiye Akarsu Havzalarında İklim Değişikliği Projeksiyonları, TÜCAUM VIII. Coğrafya Sempozyumu, Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi, 23-24 Ekim 2014, Ankara, Türkiye (c).
25. Yıldırım, M., U., Demircan, M., Özdemir, F., A. ve Sarıhan, E., O., İklim Değişikliğinin Haşhaş (Papaver somniferum L.) Üretim Alanlarına Etkisi, 11. Tarla Bitkileri Kongresi, 7 - 10 Eylül 2015 – Troia Kültür Merkezi, Çanakkale
26. Bozkurt D., Sen O.L. and Hagemann, S., Projected river discharge in the Euphrates–Tigris Basin from a hydrological discharge model forced with RCM and GCM outputs. Clim Res, Vol. 62: 131–147, 2015, doi: 10.3354/cr01268, 2015.
27. Ünal, Y., Acar, M., Çağlar, F. and Incecik S., Comparing High Resolution Climate Simulations Driven By HadGEM2-ES and MPI-ES-MR Over Turkey For Present And Future, 5th International Conference on Meteorology and Climatology of the Mediterranean, March 2 - 4, 2015, İstanbul, Turkey.

28. Gürkan, H., Bayraktar, N., Bulut, h., Koçak, N., Eskioğlu, O., ve Demircan, M., Marmara Bölgesi'nde İklim Faktörlerinin ve İklim Değişikliğinin Ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*) Bitkisinin Verimi Üzerine Etkisi, 13. Ulusal Kültürteknik Kongresi, Volume: 13, 12-15 Nisan 2016, Antalya, Türkiye (a).
29. Gürkan, H., Arabacı, H., Demircan, M., Eskioğlu, O., Şensoy, S., ve Yazıcı, B., GFDL-ESM2M Modeli Temelinde RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryolarına Göre Türkiye için Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları, TUCAUM 2016 Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 13-14 Ekim 2016, Ankara (b).
30. Coşkun, M., Gürkan, H., Arabacı, H., Demircan, M., Eskioğlu, O., Şensoy, S., ve Yazıcı, B., İklim Değişikliğinin Enerji Tüketimine Etkisi, 10. Uluslararası Temiz Enerji Sempozyumu (UTES), 24-26 Ekim 2016, İstanbul
31. Yıldırım, M., U., Demircan, M., Özdemir, F., A. ve Sarhan, E., O., İklim Değişikliğinin Haşhaş (*Papaver somniferum L.*) Üretim Alanlarına Etkisi, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, Cilt 25, SAYI: ÖZEL SAYI-2, ISSN: 1302-4310, E-ISSN: 2146-8176, DOI: 10.21566/tarbitderg.282851, sayfa:289-295, 2016, Ankara.
32. Gürkan, H., Arabacı, H., Demircan, M., Eskioğlu, O., Şensoy, S., ve Yazıcı, B., GFDL-ESM2M Modeli Temelinde RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryolarına Göre Türkiye için Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları, Coğrafi Bilimler Dergisi (Turkish Journal of Geographical Sciences), Basılı ISSN: 1303-5851, e-ISSN: 1308-9765, DOI: 10.1501/Cogbil_0000000174, 14(2): 077-088, 2016, Ankara (c).
33. Demircan, M., Arabacı, H., Gürkan, H., Eskioğlu, O., Coşkun, M., Climate Change Projections for Turkey: Three Models and Two Scenarios, Türkiye Su Bilimi ve Yönetimi Dergisi (Turkish Journal Of Water Science & Management), ISSN:2536 474X Publication number:6777, Volume: 1 Issue: 1, January 2017, Ankara
34. Ozturk, T., Turp, M.T., Türkeş M., Kurnaz, M.L., Projected changes in temperature and precipitation climatology of Central Asia CORDEX Region 8 by using RegCM4.3.5, Atmospheric Research 183 (2017) 296–307, 2017.
35. Güser, Y., Demircan, M., Arabacı, H., Coşkun, M., Don Afetin İklim Değişikli Projeksiyonlarına Göre İncelenmesi, IV. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK'2017 5-7 Temmuz 2017, İstanbul
36. Eskioğlu, O., Gürkan H., Arabacı, H., Demircan, M., Şensoy, S., Yazıcı, Y., Kocatürk, A., Sümer, U.M., Coşkun, M., İklim Değişikliğinin GFDL-ESM2M Modeline Göre Nispi Nem Üzerine Olası Etkisi, IV. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK'2017 5-7 Temmuz 2017, İstanbul
37. Demircan, M., Alan, I., and Sensoy, S., "Increasing resolution of temperature maps by using Geographic Information Systems (GIS) and topography information", EMS Annual Meeting Abstracts, Vol. 8, EMS2011-182, 2011, 11th EMS/10th ECAM,

