

İklim değışikliğı ve Avrupa'nın su kaynakları

JRC PESETA IV projesi - Görev 10

Bisselink B., Bernhard J., Gelati E., Adamovic M., Guenther S., Mentaschi L., Feyen L. ve de Roo, A.

2020



Bu yayın, Avrupa Komisyonu'nun bilim ve bilgi servisi olan Ortak Araştırma Merkezi (JRC) tarafından hazırlanan bir Teknik rapordur. Avrupa politika oluşturma sürecine kanıta dayalı bilimsel destek sağlamayı amaçlamaktadır. İfade edilen bilimsel çıktı, Avrupa Komisyonu'nun bir politika pozisyonu anlamına gelmez. Ne Avrupa Komisyonu ne de Komisyon adına hareket eden herhangi bir kişi bu yayının kullanımından sorumlu değildir. Bu yayında kullanılan ve kaynağı Eurostat ya da diğer Komisyon hizmetleri olmayan verilerin altında yatan metodoloji ve kalite hakkında bilgi almak isteyen kullanıcılar, atıfta bulunulan temasa geçmelidir. Haritalarda kullanılan tanımlamalar ve materyallerin sunumu, Avrupa Birliği'nin herhangi bir ülke, bölge, şehir veya alanın veya yetkililerinin yasal statüsü veya sınırlarının veya sınırlarının sınırlandırılması ile ilgili herhangi bir görüşünün ifade edildiği anlamına gelmez.

İletişim bilgileri

İsim: Ad de Roo
Adres Ortak Araştırma Merkezi, via E. Fermi 2749, 21027 Ispra (VA), İtalya E-posta:
Ad.DE-ROO@ec.europa.eu
Tel: 0039-0332-786240

AB Bilim Merkezi

<https://ec.europa.eu/jrc>

JRC118586

EUR 29951 TR

PDF ISBN 978-92-76-10398-1 ISSN 1831-9424 doi:10.2760/15553

Lüksemburg: Avrupa Birliği Yayınlar Ofisi, 2020

© Avrupa Birliği 2020



Avrupa Komisyonu' yeniden kullanım politikası, Komisyon belgelerinin yeniden kullanımına ilişkin 12 Aralık 2011 tarihli ve 2011/833/EU sayılı Komisyon Kararı ile uygulanmaktadır (OJ L 330, 14.12.2011, s. 39). Aksi belirtilmedikçe, bu belgenin yeniden kullanımına Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) lisansı altında izin verilmektedir. Bu, uygun kredi verilmesi ve herhangi bir değişikliğin belirtilmesi koşuluyla yeniden kullanıma izin verildiği anlamına gelir. AB'ye ait olmayan fotoğrafların veya diğer materyallerin kullanımı veya çoğaltılması için doğrudan telif hakkı sahiplerinden izin alınmalıdır.

Kapak sayfası hariç tüm görseller© Avrupa Birliği 2020: 4tomania - stock.adobe.com

Bu rapora nasıl atıfta bulunulur? Bisselink ., Bernhard J., Gelati E., Adamovic M., Guenther S., Mentaschi L., Feyen L. ve de Roo, A, *İklim değişikliği ve Avrupa'nın su kaynakları*, EUR 29951 EN, Avrupa Birliği Yayın Ofisi, Lüksemburg, 2020, ISBN 978-92-76-10398-1, doi:10.2760/15553, JRC118586.

İçindekiler

Yönetici özeti	1
1. Giriş	4
2. Metodoloji	5
3. Sonuçlar	6
3.1 Ortalama su mevcudiyetindeki değişim	6
3.2 Mevcut ve gelecekteki su kıtlığı	6
3.3 Gelecekteki su kıtlığının sosyo-ekonomik etkileri	8
3.3.1 Nüfus	8
3.3.2 Brüt Katma Değer (GVA)	10
4. Sonuçlar	13
Referanslar	15
Ekler	17
Ek 1. Metodoloji Metodoloji	17
A1.1 İklim projeksiyonları	17
A1.2 Sosyo-ekonomik senaryolar	18
A1.3 Hidrolojik simülasyonlar ve su kıtlığı göstergesi	19
Ek 2. Genişletilmiş sonuçlar	20
A2.1 Nüfus	20
A2.2 GSKD	24
Kısaltmalar listesi	28
Şekillerin Listesi	29
Tabloların listesi	30

Yönetici özeti

Tatlı su kaynaklarımız üzerindeki mevcut baskıya ek olarak, iklim değişikliği su mevcudiyetini daha da azaltabilir. Bu çalışmada, JRC'nin LISFLOOD su kaynakları modeli kullanılarak iklim değişikliği, arazi kullanım değişikliği ve su tüketimindeki değişiklikler nedeniyle gelecekteki su kaynaklarına ilişkin tahminler değerlendirilmiştir.

Sunulan sonuçlar, iki Temsili Konsantrasyon Yolu (RCP'ler) altında mevcut ve gelecekteki iklimi tahmin eden 11 iklim modeline dayanmaktadır: RCP4.5 ve RCP 8.5 emisyon senaryosu. RCP4.5 ılımlı emisyon-azaltım-politika senaryosu, RCP8.5 ise üst düzey emisyon olarak görülebilir. Küresel ısınmanın sanayi öncesi sıcaklığın 1.5°C, 2°C ve 3°C üzerine ulaştığı yılın etrafındaki 30 yıllık bir pencere analiz edilmiş ve 1981-2010 kontrol iklim penceresi (referans) ile karşılaştırılmıştır. 1.5°C ve 2°C ısınma senaryoları Paris Anlaşmasında açıkça dikkate alınırken, 3°C küresel ısınma, yeterli azaltım stratejileri uygulanmadığı takdirde 21^{inci} yüzyılın sonunda beklenebilecek bir senaryodur.

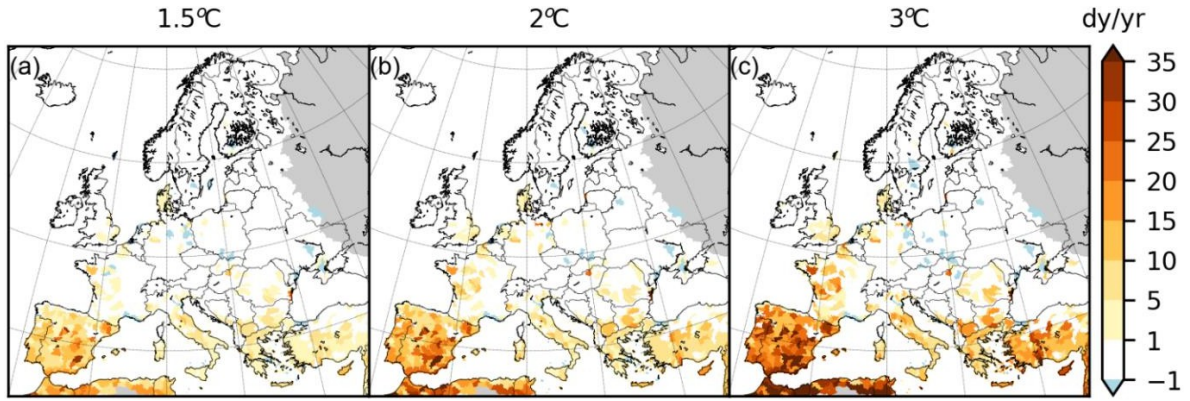
İlk olarak, sadece iklim değişikliğinin etkisini göstermek için sosyo-ekonomik gelişmeler olmadan gelecek projeksiyonları gerçekleştirdik. Daha sonra, arazi kullanımı, su talebi ve nüfustaki gelecekteki değişiklikleri içeren entegre bir değerlendirme yapılmıştır. Bu sayede iklim ve sosyo-ekonomik değişikliklerin etkileri birbirinden ayrıştırılabilmektedir.

Genel olarak, iklim projeksiyonları su için Avrupa genelinde tipik bir Kuzey-Güney modeli ortaya koymaktadır. Genel olarak, Güney Avrupa ülkelerinin, özellikle İspanya, Portekiz, Yunanistan, Kıbrıs, Malta, İtalya ve Türkiye'nin su mevcudiyetinin azalacağı öngörülmektedir. Orta ve Kuzey Avrupa ülkeleri ise yıllık su mevcudiyetinde artış göstermektedir.

Su kaynakları üzerindeki mevcut baskılar Güney Avrupa'da daha da artmaktadır

Su talebi ve tüketimi ile toplam su mevcudiyeti arasındaki oranı göstermek için, su kıtlığının bir göstergesi olarak Su Kullanım Endeksi Plus'ı (WEI+) (tüketim oranı) kullanıyoruz. WEI+, toplam net su tüketiminin, yukarı akış da dahil olmak üzere bir bölgenin tatlı su kaynaklarına bölünmesi olarak tanımlanmaktadır. WEI+ değerleri 0 ile 1 arasında bir aralığa sahiptir. Su kıtlığının farklı dereceleri belirlenmiştir. 0,1'in altındaki değerler "düşük su kıtlığı", 0,1 ile 0,2 arasındaki değerler "orta derecede su ", bu oran 0,2'den büyük olduğunda "su kıtlığı" ve oran 0,4 eşliğini aşarsa "şiddetli su kıtlığı" anlamına gelir (Faergemann, 2012).

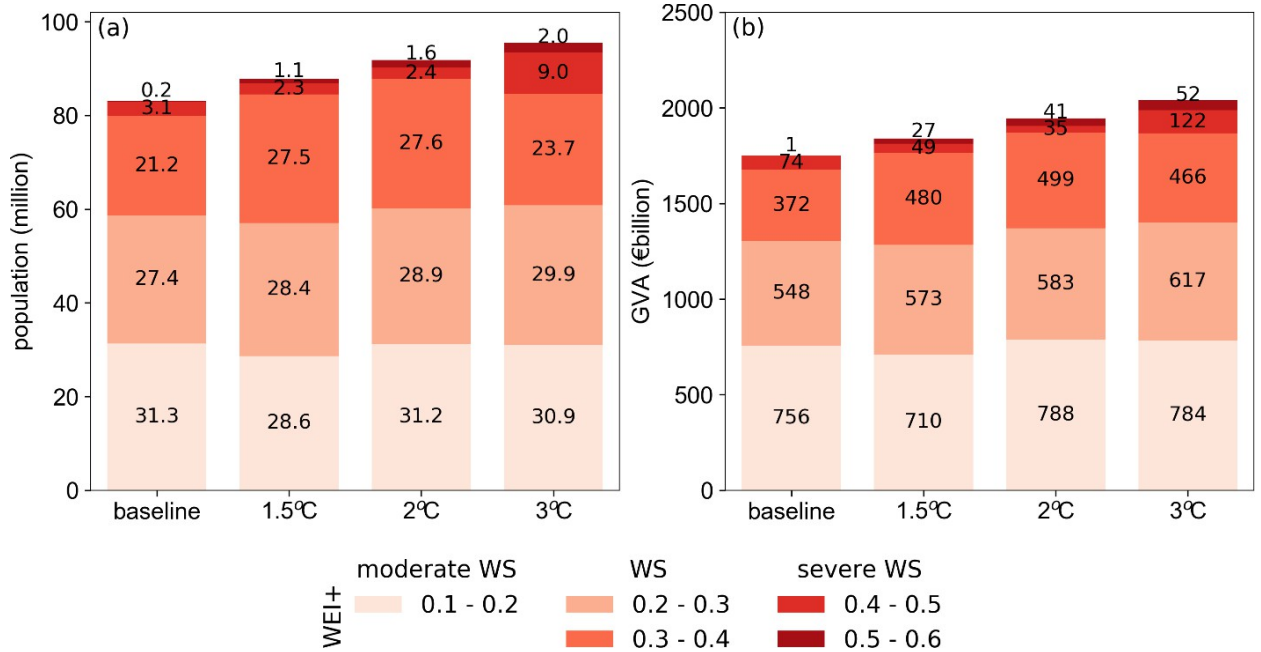
Sonuçlar, küresel ısınma altında AB'de, özellikle Akdeniz ülkelerinde su kıtlığının yoğunlaştığını ve daha uzun göstermektedir. Bunu göstermek için, mevcut iklime göre su kıtlığı yaşanan günlerdeki (WEI+ > 0.2) değişim, üç ısınma seviyesi için Şekil 1'de sunulmuştur. Akdeniz bölgelerinde, özellikle de İber Yarımadası'nda, su kıtlığının mevcut iklimden 3°C ısınma seviyesine doğru kademeli olarak artacağı öngörülmektedir. Burada, su kıtlığı mevcut iklime kıyasla 3°C ısınma seviyeleri için yılda 1 aydan daha fazla artabilir. Ayrıca, Akdeniz bölgelerindeki birçok alanın WEI+ değerinin 1.0'a yakın olması öngörülmektedir (burada gösterilmemiştir), bu da mümkün olan tüm (yıllık yenilenebilir) tatlı suyun kullanıldığı anlamına gelmektedir. Bu alanların birçoğunda yeraltı suyu miktarları azalmaktadır.



Şekil 1. (a) 1.5°C, (b) 2°C ve (c) 3°C küresel sıcaklık artışı için günümüze kıyasla bir yıl içinde su kıtlığı günlerinde (WEI+ > 0.2) öngörülen değişim. Hem 1.5°C hem de 2°C ısıtma seviyelerinin sonuçları, hem RCP4.5 hem de RCP8.5 emisyon senaryolarından 11 iklim modeli simülasyonunun ortalamasına dayanırken, 3°C ısıtma seviyesinin sonuçları yalnızca RCP8.5 emisyon 11 simülasyonuna dayanmaktadır.

Su kıtlığına maruz kalan kişi sayısı

Su kıtlığını toplumsal bir perspektife oturtmanın bir örneği, kaç kişinin ve ekonomik faaliyetin su kıtlığının farklı derecelerine maruz kaldığını tahmin etmektir. Aylık WEI+ değerlerinin ortalamaları mevcut iklim (1981-2010) ve hem RCP4.5 hem de RCP8.5 emisyon senaryoları için küresel ortalama sıcaklığın 1.5°C, 2°C ve 3°C'yi aştığı yılı merkez alan 30 yıllık ısıtma dönemleri hesaplanmıştır. Sosyo-ekonomik gelişmelerin olmadığı simülasyonlarda sonuçlar 2010 yılı nüfusu ve Gayri Safi Katma Değer (GVA) ile örtüştürülmüştür. Sosyo-ekonomik gelişmeleri içeren simülasyonların sonuçları 2050 yılı nüfusu ve Gayri Safi Katma Değeri (GSKD) ile örtüştürülmüştür. 2050 yılında 3°C senaryosu gerçekçi olmadığından, sosyo-ekonomik gelişmeleri içeren simülasyonlarda sadece 1.5°C ve 2°C ısıtma dönemleri dikkate alınmıştır. Burada, Şekil 2'de, sadece iklim değişikliğinin etkisini gösteren 'statik' simülasyonların topluluk ortalamasını gösteriyoruz.



Şekil 2. AB+İngiltere'de yalnızca iklim değişikliği nedeniyle farklı derecelerde su kıtlığına (WS) maruz kalan (a) yaşayan insan sayısı ve (b) öngörülen ekonomik faaliyetler, referans ve farklı ısıtma seviyeleri için.

Projeksiyonlarımız, AB'de iklim değişikliğinin azaltılmasının ciddi su kıtlığına maruz kalan insan sayısını ve ekonomik faaliyetleri önemli ölçüde azaltabileceğini göstermektedir (WEI+> 0.4).

su kaynaklarının açıkça sürdürülemez kullanımı. AB+İngiltere'de şu anda yaklaşık 51.9 milyon insan ve 995 milyar Avroluk ekonomik faaliyet su kıtlığına (WEI+ 0.2'den büyük), 3.3 milyon insan ve 75 milyar Avroluk ekonomik faaliyet ise ciddi su kıtlığına maruz kalmaktadır. Küresel ısınmanın 1.5°C'ulaşması 'çabalarımızı sürdürmeyi' başarsak bile, su kıtlığına maruz kalan insan sayısı ve ekonomik faaliyet mevcut iklime kıyasla 7.4 milyon ve 134 milyar Avro artabilir, ancak şiddetli su kıtlığına maruz insan sayısı ve ekonomik faaliyet, daha yoğun ve daha uzun süreli şiddetli su kıtlığı ile karşı karşıya kalmasına rağmen sabit kalabilir. Aksi takdirde, azaltılmamış iklim değişikliğiyle (3°C), ilave 7,7 milyon insanın ve 99 milyar Avroluk ekonomik faaliyetin şiddetli su kıtlığına maruz kalacağı öngörülmektedir.

Demografik değişiklikler dikkate alındığında, genel olarak su kıtlığına maruz ilave insan sayısı bazı ülkelerde (Fransa) nüfus artışına bağlı olarak artarken, diğer ülkelerde ciddi su kıtlığına maruz kalan ülkelerde (Yunanistan) öngörülen nüfus düşüşüne bağlı olarak azalmaktadır. Tüm AB ülkelerinde ekonomik faaliyetler arttığından, ekonomik faaliyet projeksiyonlarının AB'deki su kıtlığını artırmada büyük bir etkisi vardır. Genel olarak, maruz kalınan ekonomik faaliyet sayısı, statik faaliyete kıyasla iki katına kadar artabilir.

Su talebi mevcut kullanım seviyelerinde kalırsa ve önemli su tasarrufu çabaları olmazsa, Akdeniz'de ısınan iklim ve azalan yağışlar su kıtlığında aşırı artışlara neden olacaktır. Mevcut iklimde zaten su kıtlığına maruz kalan insanlar çok daha yoğun su kıtlığıyla karşılaşacaktır. Buna ek olarak, pek çok insanın, su kıtlığının azalmadığı bir iklimde ciddi su kıtlığına maruz kalacağı öngörülmektedir.

Adaptasyon

1,5°C, 2°C ve 3°C ısınma seviyeleri altındaki etkilerin ciddiyeti, iklim değişikliğinin özellikle Akdeniz bölgesinde Avrupa su kaynakları üzerindeki etkilerini azaltmak için çeşitli adaptasyon mekanizmalarına ihtiyaç duyulacağını göstermektedir. Planlanan bir dizi uyum stratejisi, su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltmak için sulama uygulamalarını hedef alabilir, örneğin sulama verimliliğini artırabilir. Su Çerçeve Direktifi (SÇD) Tedbir Programları kapsamında çeşitli sulama verimliliği artırma çalışmaları planlanmaktadır. Sulama suyu - yeraltı suyu, yüzey suyu veya arıtılmış atık suyun yeniden kullanımı için su fiyatlandırmasının yanı sıra endüstriyel su ve kamu suyu için fiyat, kullanıcıların su tasarrufunu dikkate almaları için teşvik oluşturabilir. Sulama yöntemleri değiştirilerek (örneğin yağmurlamadan damla sulamaya) sulama verimliliği artırılabilir, ancak bu muhtemelen sadece sulama suyunun bir fiyatı olduğunda uygulanabilir olacaktır. Ayrıca, eksik sulama stratejileri, mahsul veriminde sadece sınırlı azalmalarla birlikte önemli ölçüde su tasarrufu sağlayabilir. Daha verimli soğutma teknolojileri, enerji üretimi için su kullanımında azalmaya yol açabilir. Buna ek olarak, geleneksel enerji üretiminden (kömür) yenilenebilir enerji üretimine geçiş, soğutma suyu talebini ve net su tüketimini azaltabilir (Magagna vd., 2019). Ulusal veya bölgesel su tahsisi düzenlemelerinin değiştirilmesi su kıtlığı dönemlerini hafifletebilir. Daha uç durumlarda, daha az (sulama) su gereksinimi olan ürünlere geçişi teşvik etmek ve su kıtlığı olan bölgelerde ürünlerin sübvansede edilmesini eleştirel bir şekilde değerlendirmek düşünülebilir.

1. Giriş

Öngörülen nüfus, sosyo-ekonomik ve iklim nedeniyle artan insan su talepleri, dünyanın birçok bölgesinde su kaynaklarımız üzerindeki baskıları değiştirmektedir (Wada ., 2013; Schewe vd., 2014). Dahası, önümüzdeki on yıllarda su kıtlığının artması beklenmektedir (Gossling ve Arnell, 2013). Su herkes için birincil ihtiyaç olduğundan (Vanham, 2016), temiz suya erişim 2015 yılında Birleşmiş Milletler tarafından kabul edilen Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin (SKH'ler) temel faktörlerinden biridir (UN-GA, 2015).

Devam eden küresel ısınma karşısında, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve iklim değişikliğine uyum ve afet riskinin azaltılması için stratejiler bulunması amacıyla Birleşmiş Milletler Paris Anlaşması (UNFCC, 2015) ve Afet Riskinin Azaltılması için Sendai Çerçevesi 2015-2030 (UNISDR, 2015) gibi başka uluslararası taahhütlerde de bulunulmuştur. Birleşmiş Milletler Paris Anlaşması, küresel ısınmanın 2°C'nin çok altında sınırlandırılması ve sanayi öncesi seviyelerin sadece 1,5°C üzerinde sınırlandırılmasına yönelik çabaların sürdürülmesi hedefini içermektedir.

Avrupa tatlı sularının korunması, Su Çerçeve Direktifi (WFD) ve özel Direktifleri gibi çeşitli AB mevzuatının konusu olmuştur. Sel ve kuraklık gibi aşırı su olaylarının yönetilmesi ve bunlarla başa çıkılması Taşkınlar Direktifi (FD) ve su kıtlığı ve kuraklıkla ilgili AB Eylemi kapsamında ele alınmaktadır.

Gelecekteki su kıtlığının anlaşılması, iklim politikası yapıcılarını azaltma ve uyum stratejileri konusunda bilgilendirmek ve desteklemek için gereklidir. Su kullanım modülleri, havza (Bisselink vd., 2018a), Avrupa (Aus van der Beek vd., 2010; Bisselink vd., 2018b; Flörke vd., 2012) ve küresel ölçekte (Flörke vd., 2013) su mevcudiyetini araştırmak için bir dizi büyük ölçekli hidrolojik modele yerleştirilmiştir. Bununla birlikte, su kıtlığına bağlı olarak gelecekteki su tüketiminin daha iyi değerlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Wada vd., 2013).

Bu nedenle, bu çalışmada, küresel ısınma altında Avrupa'da su kıtlığı ile ilgili olarak hem sosyo-ekonomik senaryolar hem de iklim değişikliği senaryoları dikkate alınarak entegre bir değerlendirme yapılmıştır.

2. Metodoloji

Bu çalışmanın sonuçları JRC'nin LISFLOOD su kaynakları modeli kullanılarak elde edilmiştir (De Roo vd., 2000; Van der Knijff vd., 2010). İklim projeksiyonları tarafından yönlendirilen LISFLOOD, günlük zaman adımında ve her bir grid hücresinde (burada 5x5 km) tam bir su dengesi hesaplamaktadır. Tatlı su kaynakları, sanayi öncesi sıcaklığın 1,5°C, 2°C ve 3°C üzerindeki küresel ısınma seviyeleri (GWL'ler) altında belirlenir ve sonuçlar referans (1981-2010) iklimi altındaki sonuçlarla karşılaştırılır. Su Kullanım Endeksi Plus (WEI+) göstergesi, su kıtlığının yoğunluğunu, süresini ve nüfus ve Gayri Safi Katma Değer (GVA) üzerindeki sosyo-ekonomik etkilerini tahmin etmek için kullanılmaktadır. WEI+, Avrupa Çevre Ajansı AÇA) tarafından su kıtlığını tespit etmek için uygulanmakta ve Çevre Durumu (ÇD) veri akışları çerçevesinde AÇA üyesi ülkelerden gelen verilerle düzenli olarak güncellenmektedir (ETC/ICM, 2016).

WEI+, toplam net su tüketiminin, yukarı akış suyu da dahil olmak üzere bir bölgedeki mevcut tatlı su kaynaklarına elde edilen oran olarak tanımlanmaktadır. Toplam net su tüketimi, su çekimi ile geri dönüş akışı arasındaki farktır. LISFLOOD'daki su çekimleri, sulama suyu talebinin iklim koşulları tarafından yönlendirildiği için model içinde dinamik olarak tahmin edildiği beş bileşenden oluşur. Diğer dört sektörel bileşen girdi verisi olarak kullanılmaktadır. Bunlar (imalat) sanayi su talebi, enerji ve soğutma için su talebi, hayvancılık su talebi ve evsel su talebidir. Genel olarak, bu dört sektör için tahmin edilen su kullanımı, farklı modelleme ve ölçek küçültme teknikleri ile esas olarak ülke düzeyindeki verilerden (EUROSTAT, AQUASTAT) türetilmiştir. LUISA platformunun çıktıları (bkz. Ek A1.2) arazi kullanımı, nüfus ve su talebi arasında tutarlılık sağlamak amacıyla hem mevcut hem de gelecekteki su kullanım eğilimlerinin mekansal olarak küçültülmesi için kullanılmaktadır. Tarihsel eğilimlere dayalı olarak iyileştirilmiş su verimliliği sadece endüstriyel su talebi için dikkate alınmıştır. WEI+, drene edilen sulama suyu, nehre geri dönen (ısıtılmış) soğutma suyu ve yüzey sularına geri dönen (arıtılmış) atık sudan kaynaklanan geri dönüş akışını içerir. Sektör başına, su tüketim faktörleri kullanılmakta ve su çekimini net su tüketimi ve geri dönüş akışına bölmek için uygulanmaktadır (Bisselink at al., 2018).

Su kullanımları bölgesel düzeyde gerçekleşmektedir ve bu nedenle WEI+ bu bölgesel düzeyde çarpık sonuçların ortalamasını almaktan kaçınmak için aylık zaman ölçeğinde hesaplanmaktadır. Ancak bu raporda sonuçlar günlük ölçeğe dönüştürülmüştür.

WEI+ değerleri 0 ile 1 arasında aralığa sahiptir. Avrupa genelinde su kıtlığı ayırt etmek için AÇA tarafından uygulanan su kıtlığı değerlerini kullandık. 0-0.1 arasındaki değerler "düşük su kıtlığı", oran 0.1-0.2 aralığında ise "orta derecede su ", bu oran 0.2'den büyükse su " ve oran 0.4 eşğini aşıyorsa "şiddetli su kıtlığı" anlamına gelir (Faergemann, 2012).

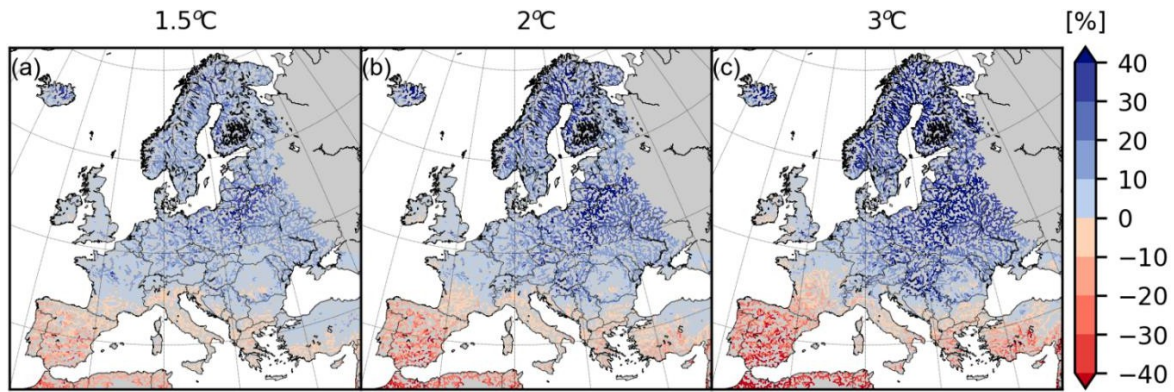
İlk olarak, sadece iklim değişikliğinin etkisini göstermek için sosyo-ekonomik gelişmeler olmadan gelecek projeksiyonları gerçekleştirdik. Daha sonra, arazi kullanımı, su talebi ve nüfustaki gelecekteki değişiklikleri içeren entegre bir değerlendirme yapılmıştır. Bu sayede iklim ve sosyo-ekonomik değişikliklerin etkileri birbirinden ayrıştırılabilmektedir. Metodoloji hakkında daha fazla ayrıntı Ek 1'de bulunabilir.

3. Sonuçlar

Bu bölümde ilk olarak su mevcudiyetinde öngörülen değişiklikleri (bölüm 3.1) ve bunların su kıtlığı açısından nasıl yansıtıldığını (bölüm 3.2) değerlendiriyoruz. Bölüm 3.3'te, su kıtlığı olan bölgelerde kaç kişinin yaşadığını (bölüm 3.3.1) ve ne kadar GSKD'nin su kıtlığına maruz kaldığını (bölüm 3.3.2) tahmin ederek gelecekteki su kıtlığı projeksiyonlarını toplumsal bir perspektife yerleştiriyoruz.

3.1 Ortalama su mevcudiyetindeki değişim

Şekil 1'de, 1,5°C, 2°C ve 3°C YDD'leri altında medyan akarsu akışı (50^{inci} persentil, Q50) olarak ifade edilen su mevcudiyetinde öngörülen değişiklik sunulmaktadır. Güney Avrupa ülkelerinin, özellikle İspanya, Portekiz, Yunanistan, Kıbrıs, Malta, İtalya ve Türkiye'nin su mevcudiyetinde giderek artan bir düşüşle karşı karşıya kalacağı öngörülmektedir. Orta ve Kuzey Avrupa ülkeleri yıllık ortalama su bir artış göstermektedir.



Şekil 1. (a) 1,5°C, (b) 2°C ve (c) 3°C'lik küresel sıcaklık artışı için ortalama Q50'de (medyan akarsu akışı) öngörülen değişim, referans değerle (1981-2010) karşılaştırılmıştır.

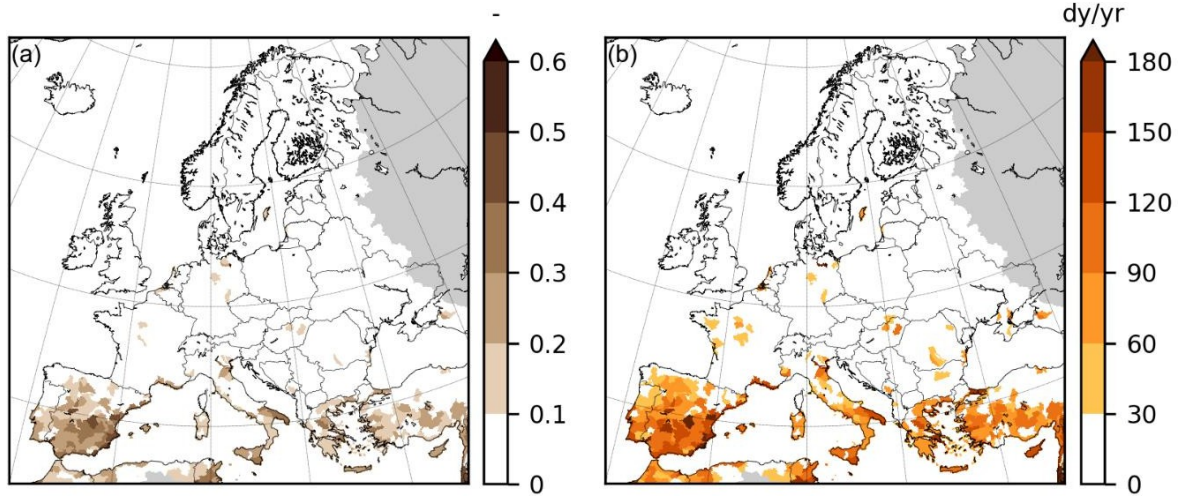
3.2 Mevcut ve gelecekteki su kıtlığı

Günümüz ikliminde, Avrupa'nın güney bölgeleri halihazırda su stresi koşullarıyla karşı karşıyadır ve Akdeniz bölgesinde yıllık ortalama WEI+ değeri 0,1-0,3 arasında değişmektedir (Şekil 2a⁽¹⁾). Avrupa'nın en güney kesimlerinde yılda 4 aya kadar WEI+ değeri 0,2'den yüksektir (Şekil 2b). En yüksek ortalama WEI+ değerleri, 0,5'e, İspanya'da bulunmaktadır. Bu bölgeler halihazırda yılın 6 ayına su stresi yaşamaktadır. Yaz aylarında WEI+ 1,0'yakın olabilir, bu da mümkün olan tüm suyun ve genellikle önemli miktarda yenilenemeyen yeraltı suyunun kullanıldığı anlamına gelir.

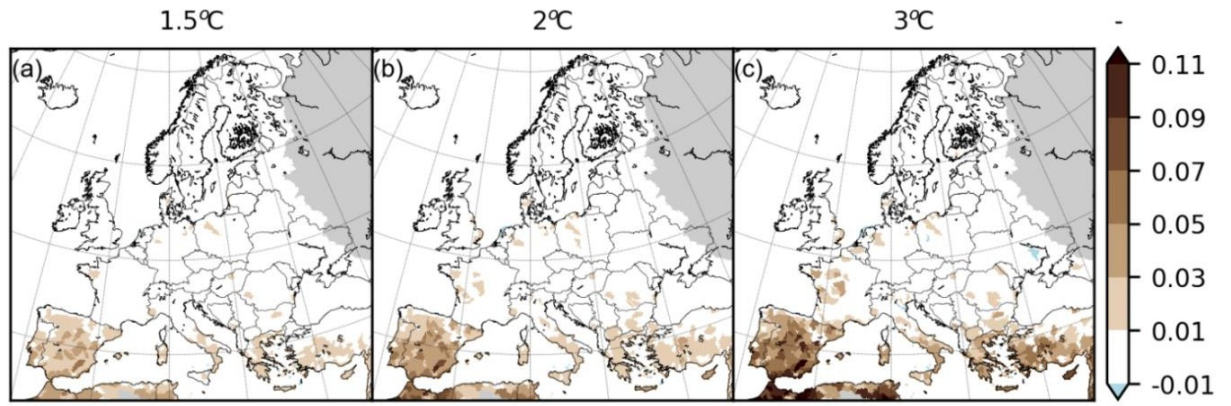
1,5°C GWL altında, WEI+ değerleri artmaktadır. Şekil 3', referans değere göre YDD'ler için ortalama WEI+'deki değişimin mekânsal modelini ele alıyoruz. En büyük artışlar Akdeniz bölgesinde gerçekleşmektedir.

2°C için ve hatta 3°C GWL için daha da belirgin olmak üzere, WEI+ değerleri halihazırda var olan su kıtlığı alanlarında daha da kötüleşmekte ve dahası Almanya, Bulgaristan, Romanya ve Fransa gibi daha kuzeydeki ülkelerde yeni su kıtlığı alanları yaratılmaktadır.

¹ Çevresel akışın LISFLOOD modelinde dikkate alındığını, ancak yaygın olarak kullanılan WEI+ tanımına yansıtılmadığını unutmayın. LISFLOOD, Q10'a eşit bir çevresel akış eşiği kullanmaktadır. Dolayısıyla, yerel deşarj Q'nun 10^{uncu} yüzdalık diliminin altına düşerse, o konumdan daha fazla su çekilmesine izin verilmez ve model bu miktarları işaretler. WEI+, toplam su mevcudiyetine karşı gerçek net su tüketimini yansıtır, bu nedenle bu toplam mevcudiyetin bir parçası olmayan bir miktar çevresel akışı bir kenara koymaz.

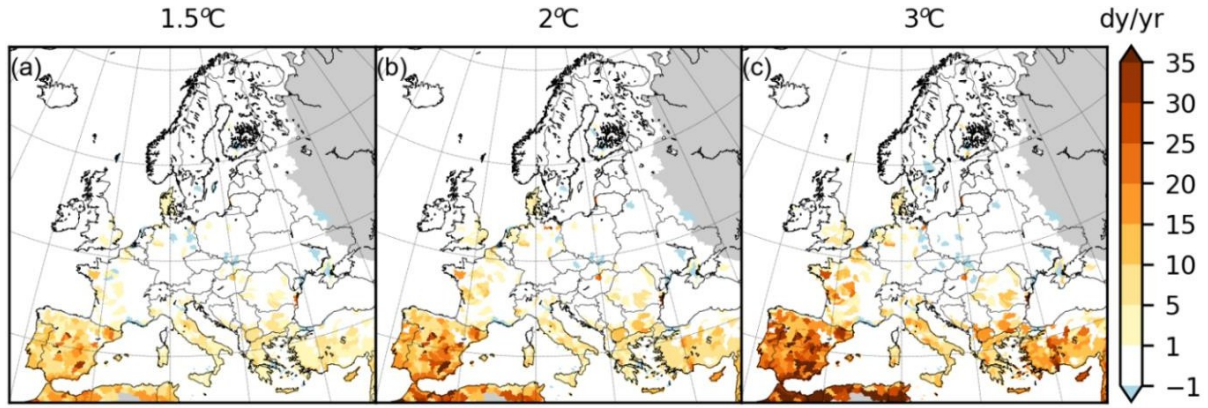


Şekil 2. (a) Tahmini ortalama WEI+ ve (b) temel senaryo 1981-2010) için WEI+ 0,2'yi aştığı alanlardaki yıllık gün sayısı.



Şekil 3. Küresel sıcaklık artışı için referans değerle (Şekil 2a) karşılaştırıldığında ortalama WEI+ değerinde öngörülen değişim (a) 1,5°C, (b) 2°C ve (c) 3°C.

Küresel ısınma altında su kıtlığının yoğunlaşmasının yanı sıra, bir yıl içindeki su kıtlığı süresinin de artacağı öngörülmektedir. Şekil 4'te, su kıtlığı yaşanan günlerin başlangıçtaki duruma göre değişimi üç SYH için sunulmaktadır. Akdeniz bölgelerinde, özellikle de İber Yarımadası'nda, su kıtlığının süresinin mevcut iklimden 3⁰C ısınma seviyelerine doğru kademeli olarak artacağı öngörülmektedir. Burada, su kıtlığı yaşanan günlerin sayısı, günümüz kıyasla 3°C ısınma seviyeleri için yılda 1 aydan fazla artabilir.



Şekil 4. (a) 1,5°C, (b) 2°C ve c) 3°C'lik küresel sıcaklık artışı için referans değerle (Şekil 2b) karşılaştırıldığında bir yıl içinde su kıtlığı yaşanan günlerde (WEI+ > 0,2) öngörülen değişim.

3.3 Gelecekteki su kıtlığının sosyo-ekonomik etkileri

Bölüm 3.3.1'de farklı su stresi derecelerinden etkilenen nüfus miktarı açıklanmaktadır. Bölüm 3.3.2'de farklı su stresi derecelerine maruz kalan GSKD miktarı açıklanmaktadır. Değişmeyen arazi kullanımı, nüfus ve su talebi değişiklikleri altında iklim etkisinin bir dizi analizini sunuyoruz. Diğer bir analiz serisi ise iklim değişikliğinin sosyo-ekonomik gelişmelerle birlikte etkisini içeren simülasyonları göstermektedir, yani arazi kullanımı, su talebi ve nüfusta gelecekteki değişiklikleri içermektedir.

3.3.1 Nüfus

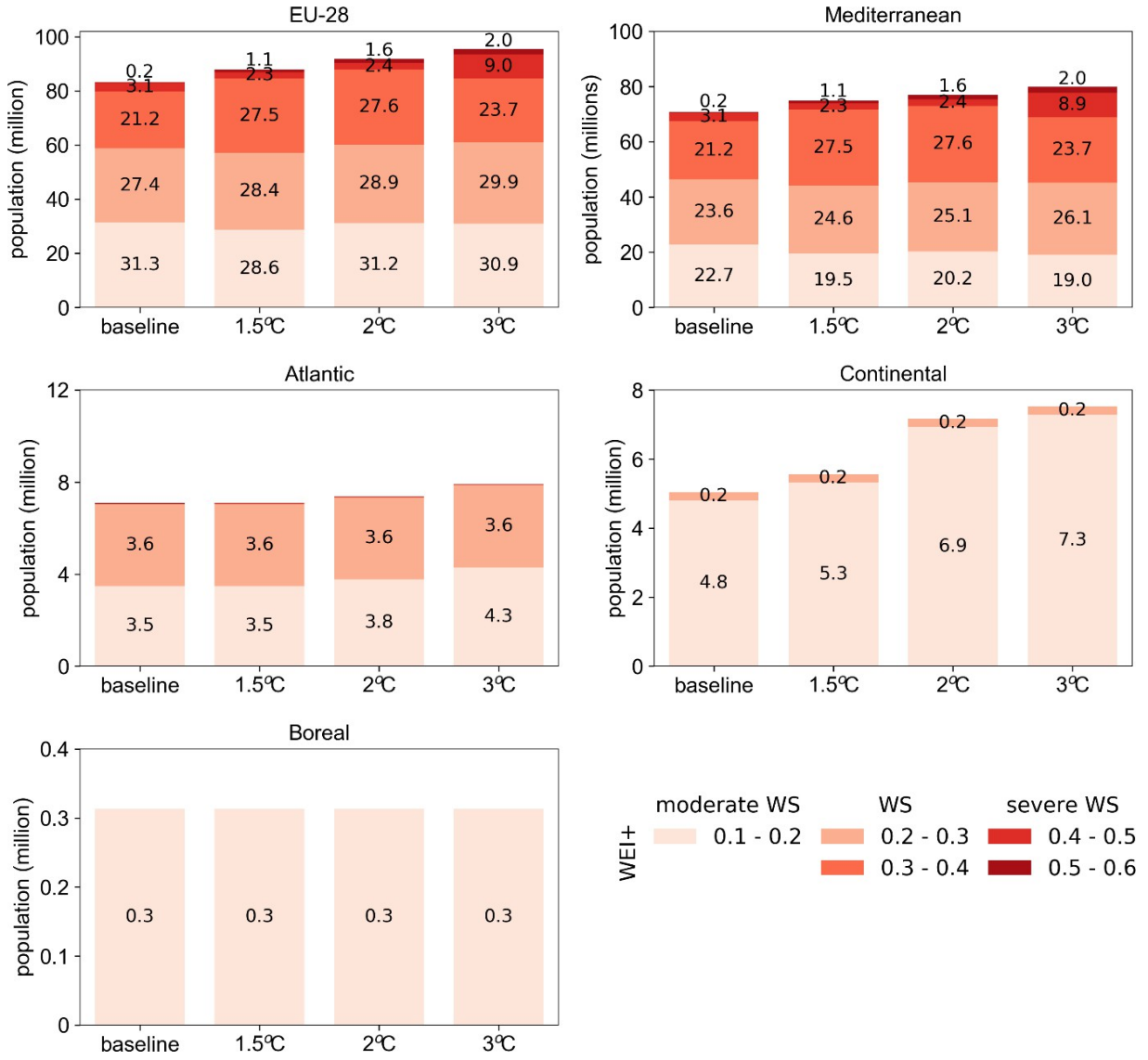
Bu bölümde, farklı derecelerde su kıtlığı olan bölgelerde kaç kişinin yaşayacağını tahmin ederek su kıtlığı projeksiyonlarını toplumsal bir perspektife oturtmayı amaçlıyoruz. Şekil 5'teki sonuçlar, iklim değişikliğinin etkisini içeren ancak sosyo-ekonomik gelişmeleri içermeyen simülasyonlara dayanırken, Şekil 6'da arazi kullanımı, su talebi ve nüfustaki gelecekteki değişiklikleri içeren entegre bir değerlendirme yapılmaktadır. Bu sayede iklim ve sosyo-ekonomik değişikliklerin etkileri birbirinden ayrıştırılabilmektedir. 'Statik' olarak simüle edilen su kıtlığı alanları 2010 yılı nüfusu ile, 'dinamik' simülasyonlar ise 2050 yılı nüfusu ile üst üste bindirilmiştir. 2050 yılında 3°C senaryosu gerçekçi olmadığından, sosyo-ekonomik gelişmeleri içeren simülasyonlarda sadece 1,5°C ve 2°C ısınma dönemleri dikkate alınmıştır.

Mevcut iklim koşullarında AB+İngiltere'e 51.9 milyon insan su kıtlığı altında yaşamaktadır (WEI+ > 0.2) ve bu rakam toplam nüfusun %10.5'ine tekabül etmektedir. Su kıtlığına en çok maruz kalan insanlar Akdeniz bölgesinde (48,1 milyon) yaşamaktadır ve bunların neredeyse yarısı İspanya'dadır (22,4 ; Ek 2). Diğer maruz kalan insanlar Atlantik bölgesinde yaşamaktadır (3.6 milyon; Fransa). Kıta bölgesinde çok az insan su kıtlığı altında yaşamaktadır ve Boreal bölgesinde insanlar su kıtlığına maruz kalmamakta, sadece düşük (WEI+ 0- 0.1) veya orta derecede su kıtlığına (WEI+ .1-0.2) maruz kalmaktadır.

Küresel ısınma seviyeleri altında, AB+İngiltere'de su kıtlığı altında yaşayan insan sayısı, küresel ısınma 1,5°C ile sınırlandırıldığında kademeli olarak 59,3 milyona yükselmektedir. Bu, referans iklimle karşılaştırıldığında 7,4 milyonluk bir artış anlamına .

2°C KSTK altında su kıtlığına maruz kalan sayısı 60,5 milyona çıkmakta, bu da referans değerle karşılaştırıldığında 8,6 milyonluk bir artış anlamına gelmektedir. 3°C KSTK altında su kıtlığına maruz kalan sayısı 64,6 milyona çıkmakta, bu da referans seviyeye kıyasla 12,7 milyonluk bir artış anlamına gelmektedir. Şiddetli su kıtlığı altında yaşayan insan sayısının mevcut iklim, 1,5°C ve 2°C YDD'leri için aşağı yukarı sabit kalacağı, ancak 3°C YDD altında 7,7 milyon artacağı öngörülmektedir.

AB'de su kıtlığından etkilenen insanlar çoğunlukla Akdeniz ülkelerinde yaşamaktadır.



Şekil 5. Başlangıç noktası ve farklı ısınma seviyeleri için yalnızca iklim değişikliği nedeniyle farklı su kıtlığı (WS) derecelerinde yaşayan tahmini insan sayısı².

Atlantik ülkeleri için, su kıtlığı olan bölgelerde yaşayan insanların sayısı mevcut iklime kıyasla YDD'ler altında sabit kalmaktadır. Hem Atlantik hem de Kıta ülkelerinde, günümüzde düşük su kıtlığı olan bölgelerde yaşayan insanların farklı YDD'ler altında kademeli olarak orta derecede su kıtlığı olan bölgelere kayacağını öngörüyoruz.

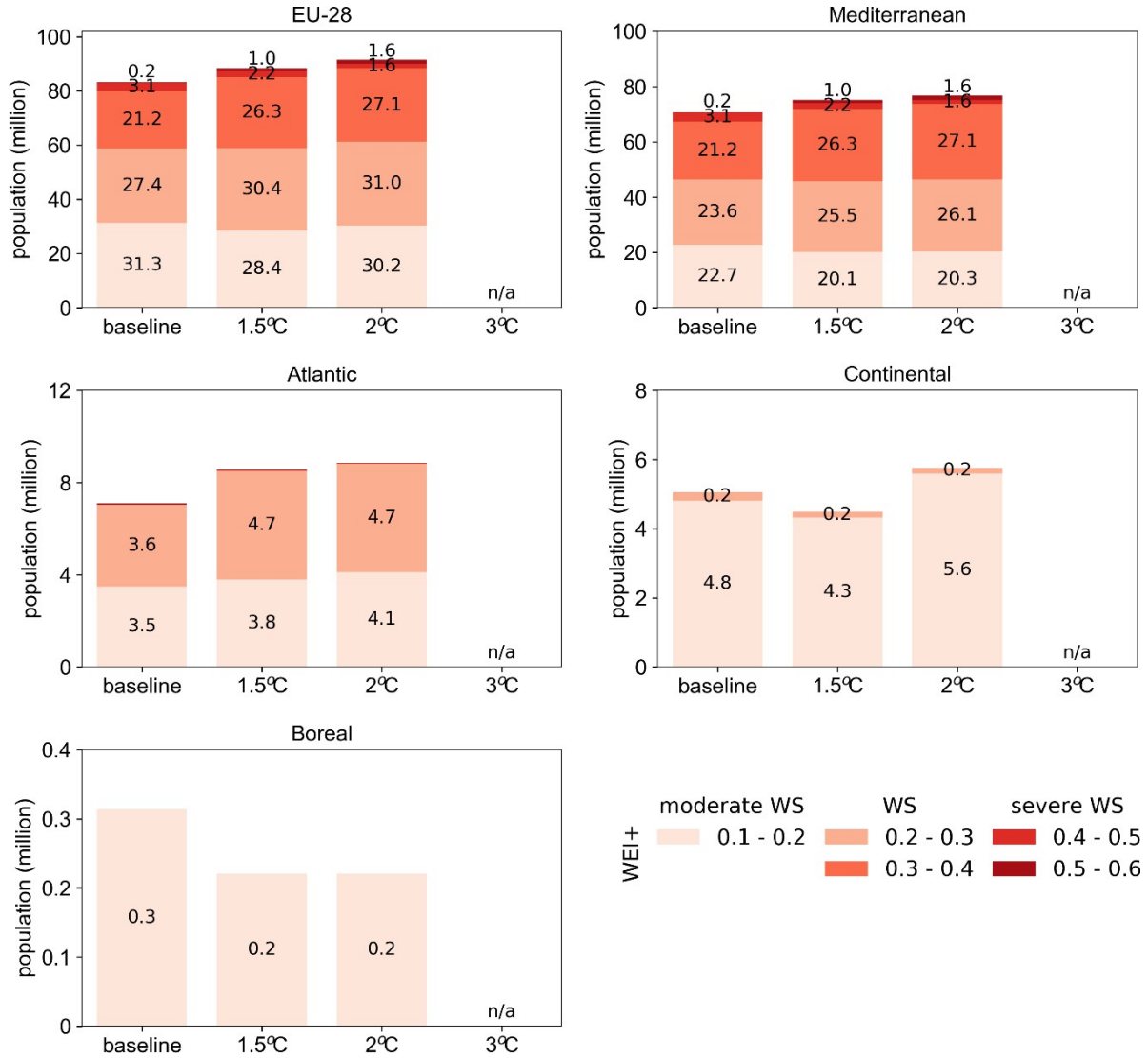
Nüfus projeksiyonlarını da dikkate aldığımızda (Şekil 6), 1,5°C ve 2°C 'ları altında sırasıyla 0,6 ve 0,8 milyon kişi daha su kıtlığı olan bölgelerde yaşamaktadır.

Fransa ve İtalya'da öngörülen nüfus artışı nedeniyle su kıtlığından etkilenen tahmini insan sayısı artmaktadır. Ancak, sosyo-ekonomik gelişmelerin dikkate alınmadığı simülasyonlara kıyasla, şiddetli su kıtlığı yaşayan nüfusun küresel ısınma altında azalacağı öngörülmektedir. İspanya ve Yunanistan gibi insanların şiddetli su kıtlığına en çok maruz kaldığı ülkelerde nüfusun sabit kalacağı veya azalacağı ve dolayısıyla şiddetli su kıtlığına maruz kalan insan miktarının da sabit kalacağı veya öngörülmektedir. Ancak Bölüm 3.2'de belirtildiği üzere, şiddetli su kıtlığının büyüklüğü ve süresinin önemli ölçüde artacağı öngörülmektedir.

² Akdeniz: Portekiz, İspanya, İtalya, Hırvatistan, Yunanistan, Malta ve Kıbrıs. Atlantik: Fransa, Belçika, Hollanda, Birleşik Krallık ve İrlanda. Kıtasal: Almanya, Lüksemburg, Avusturya, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Polonya, Slovakya, Slovenya, Bulgaristan, Romanya ve Macaristan. Boreal: İsveç, Finlandiya, Letonya, Estonya ve Litvanya

Fransa'da öngörülen nüfus artışı nedeniyle, Atlantik ülkelerindeki su kıtlığı olan bölgelerde yaşayan insanların öngörülen miktarı da artmaktadır.

Kıta ve Boreal ülkelerinin çoğunda öngörülen nüfus azalması nedeniyle, orta derecede su kıtlığı olan bölgelerde yaşayan tahmini insan miktarı, sosyo-ekonomik gelişmelerin olmadığı simülasyonlara kıyasla daha düşüktür.



Şekil 6. İklim değişikliği ve sosyo-ekonomik gelişmeler (nüfus, arazi kullanımı ve su talebi değişiklikleri) nedeniyle farklı derecelerde su kıtlığı (WS) yaşayan tahmini insan sayısı.

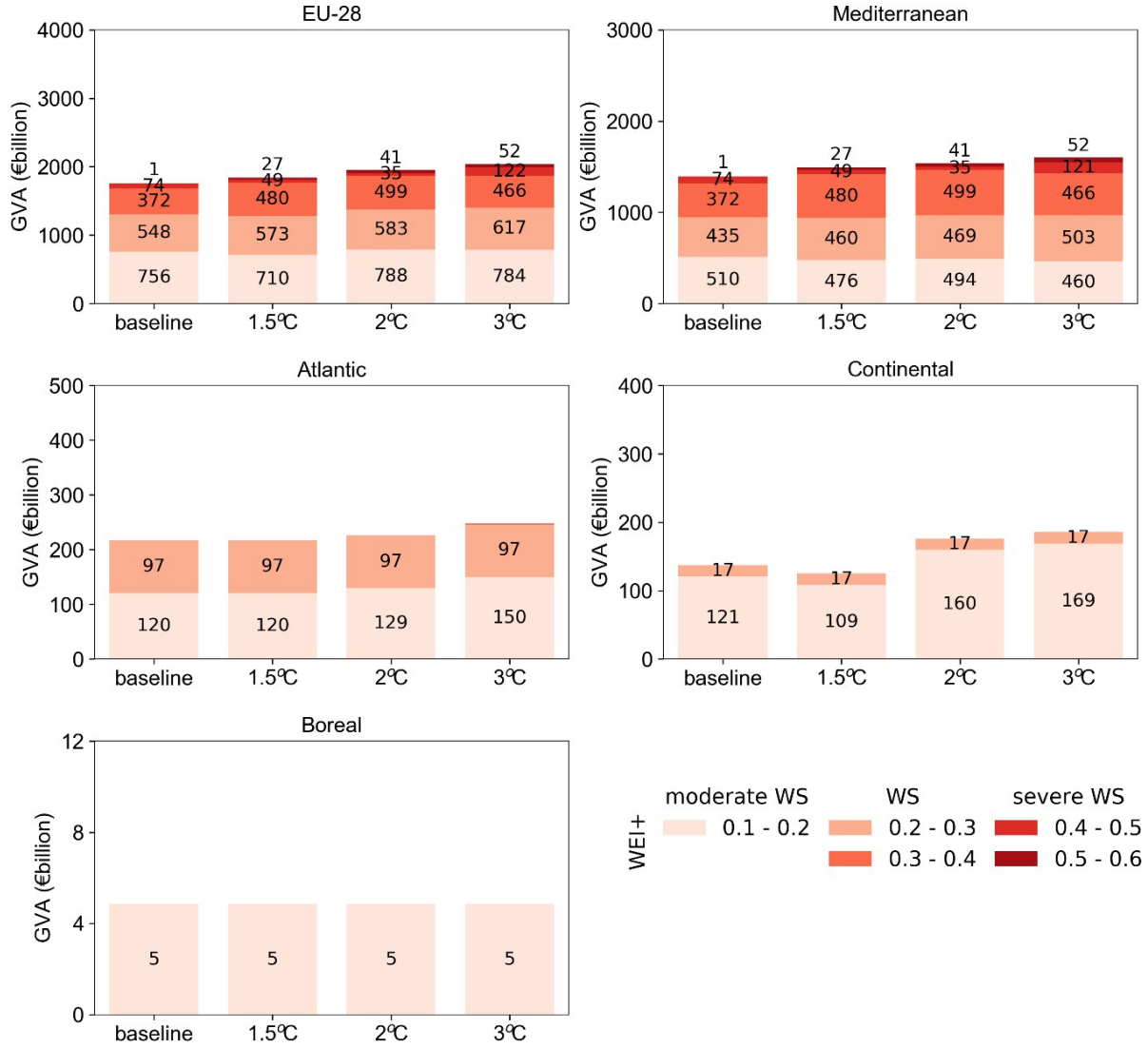
3.3.2 Brüt Katma Değer (GVA)

Bir bölgenin ekonomik faaliyeti genellikle GSKD cinsinden ölçülür. Faaliyetlerini yürütmek için suya ihtiyaç duyan sektörler, küresel ısınma kapsamında su kıtlığı veya kısıtlamalarından etkilenebilir. Sanayi sektörü Avrupa'daki su kullanımının %40'ından sorumludur. Burada, imalat sanayi, madencilik, inşaat ve hizmetler de dahil olmak üzere suya dayalı sanayi sektörleri için GSKD çıkarılmaktadır (Bernhard ., 2019a).

Şekil 7 ve 8'de farklı su kıtlığı derecelerine maruz kalan GSKD değerleri sunulmaktadır. Şekil 7'deki sonuçlar iklim değişikliğinin etkisini içeren ancak sosyo-ekonomik gelişmeleri içermeyen simülasyonlara dayanırken, Şekil 8'de arazi kullanımı, su talebi ve nüfusta gelecekteki değişiklikleri içeren entegre bir değerlendirme yapılmaktadır. 'Statik' olarak simüle su kıtlığı alanları 2010 yılı GSKD'si ile, 'dinamik' simülasyonlar ise 1.5°C ve 2°C GWL'leri için 2050 yılı GSKD projeksiyonu ile üst üste .

Mevcut iklimde, AB+İngiltere'de ekonomik faaliyetlerin 995 milyar €'luk kısmı su kıtlığına maruz kalmaktadır (WEI+ 0.2'den büyük), bu da AB+İngiltere'nin 11108 milyar €'luk GSKD değerinin %9'una tekabül etmektedir. Bu toplam rakamın 882 milyar €'luk kısmı Akdeniz'de (Akdeniz GSKD'sinin toplam 2730 milyar €'luk değerinin %32'si), neredeyse yarısı İspanya'da (442 milyar €'luk İspanya GSKD'sinin toplam 965 milyar €'luk değerinin %46'sı; Ek 2) yer almaktadır. Su kıtlığına maruz diğer 113 milyar €'luk ekonomik faaliyet ise Atlantik bölgelerinde (Fransa) ve çok daha az oranda Kıta ülkelerinde (Almanya) bulunmaktadır.

AB+İngiltere'de ekonomik faaliyetlerin su kıtlığına maruz kalma oranı 1257'ye kadar giderek artmaktadır 3°C GWL altında milyar €, bu da günümüz iklimine göre 262 milyar €'luk bir artış anlamına gelmektedir. Şiddetli su kıtlığına maruz kalan ekonomik faaliyetler mevcut iklim, 1.5°C ve 2°C YDD'leri için aşağı yukarı sabittir, ancak 3°C YDD altında 99 milyar €'dan fazla artmaktadır.



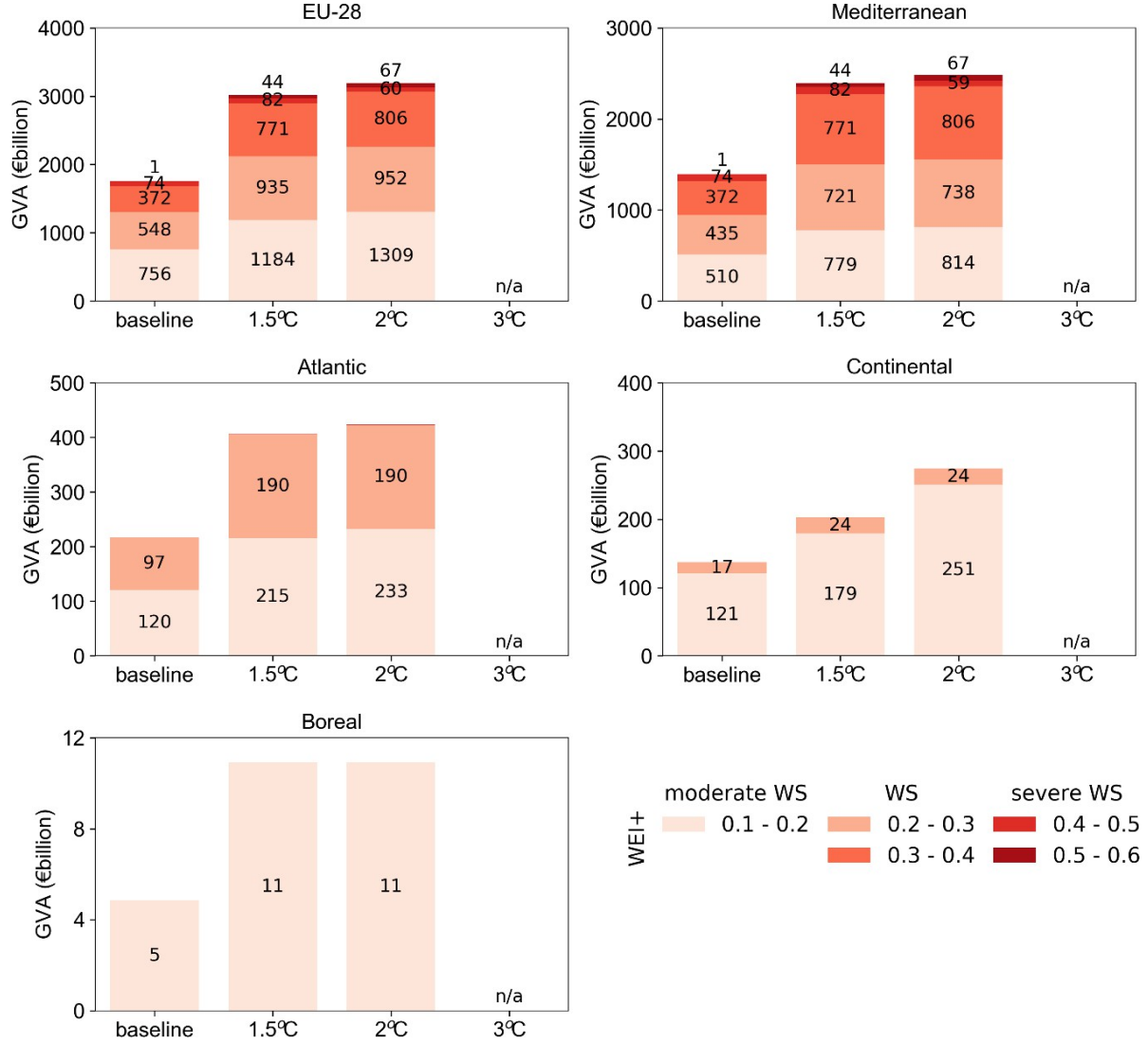
Şekil 7. Sadece iklim değişikliği nedeniyle farklı su kıtlığı (WS) derecelendirmelerine maruz kalan, referans ve farklı ısınma seviyeleri altında öngörülen GSKD değerleri.

Atlantik ülkeleri için, su kıtlığına maruz kalan ekonomik faaliyetler mevcut iklime kıyasla küresel ısınma altında sabit kalmaktadır. Hem Atlantik hem de Kıta ülkeleri için en belirgin değişiklikler, ekonomik orta derecede su kıtlığına maruz kalmasının kademeli olarak artmasında bulunabilir. Boreal ülkelerde, mevcut iklime kıyasla küresel ısınma altında ekonomik faaliyet maruziyetinde herhangi bir değişiklik gözlenmemektedir.

GSKD 2050 projeksiyonu (Şekil 8) dikkate alındığında, tüm AB ülkelerinde ekonomik büyüme öngörüldüğü için AB büyük değişiklikler gözlenmemektedir.

AB ve Birleşik Krallık'ta, sırasıyla 1,5°C ve 2°C KSTK'ları altında ilave 703 €milyar ve 727 €milyar ekonomik faaliyet su kıtlığına maruz kalmaktadır.

Atlantik ülkeleri için, su kıtlığına maruz kalan ekonomik faaliyetler, sosyo-ekonomik gelişmelerin olmadığı simülasyonlara kıyasla Fransa'daki ekonomik büyüme nedeniyle aşağı yukarı iki katına çıkmaktadır. Kıt ve Boreal ülkelerinde, orta derecede su kıtlığına maruz kalan ekonomik faaliyetler de ekonomik büyüme nedeniyle aşağı yukarı iki katına çıkmaktadır.



Şekil 8. İklim değişikliğinin yanı sıra sosyo-ekonomik gelişmeler (nüfus, arazi kullanımı ve su talebi değişiklikleri) nedeniyle farklı su kıtlığı (WS) derecelerine maruz kalan öngörülen GSKD değerleri.

4. Sonuçlar

Burada sunulan sonuçlar, iki Temsili Konsantrasyon Yolu (RCP'ler) altında mevcut ve gelecekteki iklimi tahmin eden 11 iklim modeline dayanmaktadır: RCP4.5 ve RCP 8.5 emisyon senaryosu. Küresel ısınmanın sanayi öncesi sıcaklığın 1.5°C, 2°C ve 3°C üzerine ulaştığı yılın etrafındaki 30 yıllık bir pencere analiz edilmiş ve 1981-2010 kontrol iklim penceresi (referans) ile karşılaştırılmıştır. Üç GWL farklı azaltım seviyelerini yansıtmaktadır.

Değerlendirmede, iklim değişikliğinin AB'deki su kaynakları üzerindeki etkisinin, zaten su kıtlığı olan bölgelerde su kıtlığının yoğunlaşması ve su kıtlığının süresinin artması olduğunu gösteriyoruz. Bu durum özellikle Akdeniz ülkelerini etkilemektedir. Bununla birlikte, 2 ve 3°C küresel ısınma altında, Orta Avrupa'da da su kıtlığı yaşanan alanların daha kuzeye doğru genişlediğini gözlemliyoruz.

Projeksiyonlarımız, AB'de iklim değişikliğinin azaltılmasının ciddi su kıtlığına maruz kalan insan sayısını ve ekonomik faaliyetleri önemli ölçüde azaltabileceğini göstermektedir (WEI+> 0.4). Şiddetli su kıtlığı olan bölgelerde su kaynaklarının kullanımı genellikle sürdürülemezdir ve yeraltı suları gözle görülür bir şekilde tükenmektedir.

AB+İngiltere'de şu anda yaklaşık 51,9 milyon kişi ve 995 milyar Avroluk ekonomik faaliyet su kıtlığına (WEI+ > 0,2) maruz kalmaktadır; bunlardan 3,3 milyon kişi ve 75 milyar Avroluk ekonomik faaliyet ciddi su kıtlığına maruz kalmaktadır.

Küresel ısınmayı 1,5°C seviyesinde tutmaya yönelik çabaları sürdürmeyi başarsak bile, su kıtlığına maruz insan sayısı ve ekonomik faaliyet değeri 7,4 milyon (+%14) ve 134

Mevcut klime kıyasla milyar € (+%13). Şiddetli su kıtlığına maruz kalan insan sayısının ve ekonomik faaliyetin, daha yoğun ve daha uzun süreli şiddetli su kıtlığı ile karşı karşıya kalmasına rağmen, neredeyse sabit kalacağı öngörülmektedir+sırasıyla %2,4 ve %1,3.

Azaltılmamış iklim değişikliği (3°C) ile, 1,5°C GWL'ye göre ilave 7,7 milyon insan ve 99 milyar € ekonomik faaliyetin şiddetli su kıtlığına maruz kalacağı öngörülmektedir. Isınmanın 1,5°C ile sınırlandırılması, şiddetli su kıtlığına maruz kalan insan sayısını ve ekonomik faaliyeti sırasıyla 3,4 milyona ve 76 milyar €'ya düşürmektedir.

Mevcut iklimde, yalnızca İspanya'daki insanlar ve ekonomik faaliyetler (3,3 milyon; 75 milyar €) ciddi su kıtlığına maruz kalmaktadır. Sıkı azaltım ve uyum eylemleri olmadan, Yunanistan (3,9 milyon; 50 milyar €) ve Malta'daki 0,4 milyon; 5 milyar €) insanların ve ekonomik faaliyetlerin de ciddi su kıtlığına maruz kalacağı öngörülmektedir. Akdeniz çevresindeki diğer ülkelerde, su kıtlığına maruz kalacak insan sayısında ve ekonomik faaliyetlerde bir artış öngörülmektedir.

İklim değişikliği, Güney Avrupa'da nüfusun su stresine maruz kalmasının ana nedenidir. Demografik, arazi kullanımı ve su talebi değişikliklerinin su kıtlığına maruz kalan insanlar üzerinde küçük bir etkisi vardır. Örneğin, 1,5° C ısınma döneminde su kıtlığına maruz kalan insan sayısındaki artış +%15 olup, Fransa'daki nüfus artışı nedeniyle statik nüfus senaryosuna kıyasla sadece %1'lik bir ek artış söz konusudur. Dinamik nüfus dikkate alındığında, AB'de şiddetli su kıtlığına maruz kalan kişi sayısı, esas olarak Yunanistan'daki nüfus düşüşü nedeniyle %3,4 oranında azalmaktadır.

Ekonomik faaliyet projeksiyonları, AB'de su kıtlığına maruz kalma oranını artırmada önemli bir etkiye sahiptir. 1,5°C ısınma döneminde su kıtlığına maruz kalan ekonomik faaliyetlerin sayısı mevcut klime kıyasla neredeyse iki kat (+%84) artmaktadır ve bunun %71'i tüm (Güney Avrupa) AB ülkelerindeki ekonomik faaliyetlerin hızlı artışından kaynaklanmaktadır. Ciddi su kıtlığına maruz kalan ekonomik faaliyetler, neredeyse sadece ekonomik faaliyetlerdeki artış nedeniyle %68 oranında artarak 126 milyar Avro'ya ulaşmaktadır.

Su talebi mevcut kullanım seviyelerinde kalırsa ve önemli su tasarrufu ve/veya verimlilik çalışmaları yapılmazsa, Akdeniz'de ısınan iklim ve azalan yağışlar su kıtlığında aşırı artışlara neden olacaktır. Mevcut iklimde zaten su kıtlığına maruz kalan insanlar, değişen iklim altında çok daha yoğun su kıtlığıyla karşılaşacaktır. Azalan iklim koşullarında Akdeniz'deki birçok insanın ciddi su kıtlığına maruz kalacağı öngörülmektedir.

1,5°C, 2°C ve 3°C ısınma seviyeleri altındaki etkilerin ciddiyeti, iklim değişikliğinin özellikle Akdeniz bölgesinde Avrupa su kaynakları üzerindeki etkilerini azaltmak için çeşitli adaptasyon mekanizmalarına ihtiyaç göstermektedir. Planlanan bir dizi uyum stratejisi, su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltmak için sulama uygulamalarını hedef alabilir, örneğin sulama verimliliğini artırabilir. SÇD Tedbir Programları kapsamında sulama verimliliğini artırmaya yönelik çeşitli çalışmalar planlanmıştır, ancak ilk hesaplamalar (JRC 2020 hazırlık aşamasında) bu tedbirlerin beklenen iklim etkilerine karşı koymak için muhtemelen yeterli olmayacağını göstermektedir.

Sulama suyu - yeraltı suyu, yüzey suyu veya arıtılmış atık suyun yeniden kullanımı için su fiyatlandırmasının yanı sıra endüstriyel su ve kamu suyu fiyatlandırması, özellikle su kıtlığı olan bölgelerde kullanıcıların su tasarrufunu dikkate almaları için teşvik yaratabilir. Tahsis kurallarının ve/veya yönetmeliklerin değiştirilmesi de bir alternatif olabilir. Sulama yöntemleri değiştirilerek (örneğin yağmurlamadan damla sulamaya geçilerek) sulama verimliliği artırılabilir, ancak bu sadece sulama suyunun bir fiyatı olduğunda uygulanabilir olabilir. Damla sulama teknolojisi için yapılan yatırımların, azalan su faturaları ile geri kazanılması .

Ayrıca, eksik sulama stratejileri, mahsul veriminde yalnızca sınırlı bir azalma ile önemli ölçüde su tasarrufu . Bu konuda daha fazla araştırma ve saha deneyleri yapılması gerekmektedir.

Su tasarrufu için diğer seçenekler, enerji üretimi için su kullanımında azalmaya yol açan daha verimli soğutma teknolojileri sunmaya odaklanabilir. Buna ek olarak, geleneksel enerji üretiminden (kömür, gaz) yenilenebilir enerji üretimine (rüzgar, güneş) geçiş, soğutma suyu talebini ve net tüketimini azaltabilir.

Referanslar

- Aus der Beek, T., Flörke, M., Lapola, D. M., ve R. Schaldach (2010), Kıta ölçeğinde tarihsel ve güncel sulama suyu talebinin modellenmesi: Avrupa, *Adv. Geosci.*, 27, 79-85, <https://doi.org/10.5194/adgeo-27-79-2010>.
- Baranzelli, C., ve diğerleri (2014), LUISA platformundaki referans senaryo - Güncellenmiş yapılandırma 2014, AT etki değerlendirme prosedürleri için ortak bir temel senaryoya doğru. Rapor EUR 27019 TR, Lüksemburg: Avrupa Birliği Yayınlar Ofisi, doi: 10.2788/85104.
- Batista e Silva, F., Gallego, J. ve C. Lavalle (2013), A high-resolution population grid map for Europe, *J. Maps*, 9, 16-28, doi: 10.1080/17445647.2013.764830.
- Bernhard, J., Reynaud, A., De Roo, A., Karssenberg, D. ve S. De Jong (2019a), Avrupa'da bölgesel ölçekte hane halkı su kullanımı: eğilimlerin analizi ve ana etkenlerin ölçümü, *Derleme Aşamasında*.
- Bernhard, J., Reynaud, A., De Roo, A., Karssenberg, D. ve S. De Jong (2019b), Mapping industrial water use and water productivity levels in Europe at high sectoral and spatial detail, *Under review*.
- Bisselink, ., Bernhard, J., Gelati, E., Adamovic, M., Jacobs, C., Mentaschi, L., Lavalle, C. ve De Roo, A. (2018a), Değişen iklim, arazi kullanımı ve su kullanımının Tuna nehri havzasındaki su kaynakları üzerindeki etkisi, EUR 29228 EN, Avrupa Birliği Yayınlar Ofisi, Lüksemburg, ISBN 978-92-79-85888-8, doi: 10.2760/561327, JRC111817.
- Bisselink, ., Bernhard, J., Gelati, E., Adamovic, M., Guenther, S., Mentaschi, L. ve De Roo, A. (2018b), Impact of a changing climate, land use, and water usage on Europe's water resources, EUR 29130 EN, Avrupa Birliği Yayın Ofisi, Lüksemburg, ISBN 978-92-79-80287-4, doi: 10.2760/847068, JRC110927.
- Burek, P., De Roo, A. ve J. van der Knijff (2013), LISFLOOD - Dağıtılmış Su Dengesi ve Taşkın Simülasyon Modeli - Gözden Geçirilmiş Kullanıcı El Kitabı. EUR 26162 10/2013; Avrupa Birliği Yayınlar Ofisi. Directorate- General Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, ISBN: 978-92-79-33190-9, doi: 10.2788/24719.
- De Roo, A.P.J., Wesseling, C.G., ve W.P.A. Van Deursen (2000), Bir CBS içinde fiziksel tabanlı nehir havzası modellenmesi: LISFLOOD modeli, *Hydrological Processes*, Vol.14, 1981-1992, doi: 10.1002/1099-1085(20000815/30)14:11/12<1981::AID-HYP49>3.0.CO;2-F.
- AÇA (2005), Avrupa çevresi - Durum ve görünüm 2005, Kopenhag, ISBN 92-9167-776-0.
- ETC/ICM (2016), Avrupa'da tatlı su kaynaklarının kullanımı 2002-2012. Avrupa Çevre Ajansı'nın temel gösterge seti 018 için tamamlayıcı belge. ETC/ICM Teknik Rapor 1/2016, Magdeburg: Avrupa İç, Kıyı ve Deniz Suları Konu Merkezi, 62 s.
- Faergemann, H. (2012), Su kıtlığı ve kuraklık göstergelerinin geliştirilmesine ilişkin güncelleme, Mayıs 2012, Su Direktörleri Toplantısında sunulmuştur, 4-5 Haziran 2012, Danimarka.
- Flörke, M., Bärlund, I. ve E. Kynast (2012), İklim değişikliği elektrik üretim sektörünü etkileyecek mi? Bir Avrupa çalışması, *J. Water Clim. Change*, 3, 44-54, <https://doi.org/10.2166/wcc.2012.066>.
- Flörke, M., Kynast, E., Bärlund, I., Eisner, S., Wimmer, F. ve J. Alcamo (2013), Sosyo-ekonomik kalkınmanın bir aynası olarak son 60 yılın evsel ve endüstriyel su kullanımları: Küresel bir simülasyon çalışması, *Global Environ. Chang.*, 23, 144-156, <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.10.018>.
- Gosling, S.N. ve N.W. Amell (2016), İklim değişikliğinin su kıtlığı üzerindeki etkisine dair küresel bir değerlendirme, *Climatic Change*, 134, 371, <https://doi.org/10.1007/s10584013-0853-x>.
- Jacob, D., ve diğerleri (2014), EURO-CORDEX: Avrupa etki araştırmaları için yeni yüksek çözünürlüklü iklim değişikliği projeksiyonları, *Reg. Environ. Change*, 14, 563-578, doi: 10.1007/s10113-013-0499-2.
- Jacobs-Crisioni, C., Diogo, V., Perpiña Castillo, C., Baranzelli, C., Batista e Silva, F., Rosina, K., Kavalov, B. ve C. Lavalle (2017), The LUISA Territorial Reference Scenario 2017: Teknik bir açıklama, Avrupa Birliği Yayınlar Ofisi, Lüksemburg, ISBN 978-92-79-73866-1, doi: 10.2760/902121, JRC10816.
- Lavalle C., Baranzelli, C., Batista e Silva, F., Mubareka, S., Rocha Gomes, C., Koomen, E. ve M. Hilferink (2011), A high resolution land use/cover modelling framework for Europe. İçinde: ICCSA 2011, Bölüm I, LNCS 6782, 60-75, https://doi.org/10.1007/978-3-642-21928-3_5.

Magagna, D., González, I.H., Bidoglio, G., Peteves, S.D., Adamović, M., Bisselink, B., Felice, M.D., Roo, A.D., Dorati, C., Ganora, D., Medarac, H., Pistocchi, ., Bund, W.V., ve D. Vanham (2019), Water - Energy Nexus in Europe, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-03385-1, doi: 10.2760/968197, JRC115853.

Maule, C. F., Mendlik, T. ve O. B. Christensen (2017), İki derece daha sıcak bir dünyaya giden yolun Avrupa'nın bölgesel sıcaklık değişimi üzerindeki etkisi, Climate Services, 7, 3-11. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2016.07.002>.

Mubareka, S., Maes, J., Lavalle, C. ve A. De Roo (2013), Avrupa'da çiftlik hayvanlarının su ihtiyacının tahmini, Ecosyst. Serv. 4, 139-145, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.03.001>.

Schewe, J. ve ark. 2014, İklim değişikliği altında su kıtlığının çok modellenmesi. Proc. Natl Acad. Sci., USA111, 3245-3250, <https://doi.org/10.1073/pnas.1222460110>.

UNFCCC, 2015, *Evlat edinme . ve Paris Anlaşma* FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1 <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>

UNISDR, 2015, BM Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi 2015-2030. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/43291>.

UN-GA, 2015, Birleşmiş Milletler Dünyamızı Dönüştürüyor: Sürdürülebilir Kalkınma için 2030 Gündemi, Birleşmiş Milletler Genel Kurulu, New York, NY.

Vandecasteele, I., Bianchi, A., Batista e Silva, F., Lavalle, C. ve O. Batelaan (2014), Mapping current and future European public water withdrawals and consumption, Hydrol. Earth Syst. Sci., 18, 407- 416, doi: 10.5194/hess-18-407-2014, <https://doi.org/10.5194/hess-18-407-2014>.

Van der Knijff J.M., Younis, J. ve A.P.J. De Roo (2010), nehir havzası ölçeğinde su dengesi ve taşkın simülasyonu için CBS tabanlı dağıtık bir model, International Journal of Geographical Information Science, Vol. 24, No.2, 189-212, <https://doi.org/10.1080/13658810802549154>.

Vanham D. (2016), Does the water footprint concept provide relevant information to address the water-food- energy-ecosystem nexus?, Ecosyst. Serv., 2016, 17, 298-307, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.08.003>.

Wada, Y., van Beek, L. P. H., Wanders, N., ve M. F. P. Bierkens (2013), Human water consumption intensifies hydrological drought worldwide, Environ. Res. Lett., 8, 1-14, doi: 10.1088/1748-9326/8/3/034036.

Ekler

Ek 1. Metodoloji Metodoloji

A1.1 İklim projeksiyonları

Su kıtlığı projeksiyonları iki Temsili Konsantrasyon Yoluna (RCP'ler) dayanmaktadır: RCP4.5 ve RCP8.5. RCP4.5 ılımlı emisyon-azaltım-politika senaryosu, RCP8.5 ise üst düzey emisyon senaryosu olarak görülebilir. Bu rapordaki istatistiksel ve nicel tehlike analizleri 30 yıllık zaman dilimleri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Referans senaryo 1981-2010 dönemini kapsamaktadır. Küresel ortalama sıcaklığın sanayi öncesi sıcaklığın 1.5, 2 ve 3°C üzerinde yılı merkez alan 30 yıllık zaman dilimlerindeki etkilerle referans senaryo için etkileri karşılaştırıyoruz (Tablo A1). 1.5°C ve 2°C ısınma senaryoları Paris Anlaşmasında açıkça dikkate alınırken, 3°C küresel ısınma, yeterli azaltma stratejileri uygulanmadığı takdirde 21^{inci} yüzyılın sonunda beklenebilecek bir senaryodur.

Tablo A1. Sıcak ve soğuk etki analizinde kullanılan bölgesel iklim projeksiyonları ve 1,5, 2 ve 3°C ısınmanın aşıldığı yıllara karşılık gelen tahminler.

RCM (R)	Sürüş GCM (G)	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
		1.5 °C		2 °C		3 °C	
CCLM4.8-17	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	2035	2029	2057	2044		2067
	ICHEC-EC-EARTH	2033	2026	2056	2041		2066
	MPI-M-MPI-ESM-LR	2034	2028	2064	2044		2067
HIRHAM5	ICHEC-EC-EARTH	2032	2028	2054	2043		2065
WRF331F	IPSL-IPSL-CM5A-MR	2023	2021	2042	2035		2054
RACMO22E	ICHEC-EC-EARTH	2032	2026	2056	2042		2065
RCA4	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	2035	2029	2057	2044		2067
	ICHEC-EC-EARTH	2033	2026	2056	2041		2066
	IPSL-IPSL-CM5A-MR	2023	2021	2042	2035		2054
	MOHC-HadGEM2-ES	2021	2018	2037	2030	2069	2051
	MPI-M-MPI-ESM-LR	2034	2028	2064	2044		2067

Her RCP için 11 EURO-CORDEX Küresel İklim Modeli (GCM) ve Bölgesel İklim Modeli (RCM) kombinasyonundan oluşan bir topluluk kullanılmıştır (Jacob vd., 2014). 1,5° ve 2°C ısınmada su kıtlığı koşulları 22 iklim projeksiyonundan (11 RCP4.5 ve 11 RCP8.5 üyesi) oluşan bir topluluktan elde edilirken, 3°C ısınma için topluluk projeksiyonları sadece RCP8.5'e dayanmaktadır, çünkü 11 RCP4.5 iklim simülasyonundan 10'u 3°C ısınmaya ulaşmamaktadır.

Küresel ısınma seviyelerindeki iklimi, bu ısınma seviyelerindeki stabilize iklimden farklı olabilecek geçici iklim projeksiyonlarından türettiğimizi belirtmek gerekir. Çalışmalar (örneğin, Maule ., 2017), küresel ısınma seviyelerine giden yolun etkisinin, modellerin değişkenliğine kıyasla küçük olduğunu ve deniz seviyesinin yükselmesi gibi zamanla değişmeyen değişkenler için beklendiğini göstermektedir.

A1.2 Sosyo-ekonomik senaryolar

Model değerlendirmesini hem statik hem de Avrupa'daki dinamik sosyo-ekonomik koşullarla gerçekleştirdik. Statik yaklaşım, iklim değişikliğinin yalnızca Avrupa'daki günümüz toplumlarını farklı GWL'lerde nasıl etkilediği hakkında bilgi sağlar. Statik haritalar için 2010 referans yılıdır.

Avrupa'da arazi kullanımına ilişkin gelecek projeksiyonları LUISA modelleme platformundan elde edilmiştir (Jacobs-Crisioni vd., 2017). LUISA, sosyo-ekonomik eğilimleri ve politika senaryolarını bölgesel kalkınma süreçlerine dönüştürmektedir. LUISA, diğer hususların yanı sıra, biyofiziksel uygunluk, politika hedefleri, ekonomik kriterler ve diğer birçok faktör tarafından kısıtlanan nüfus, ekonomik faaliyetler ve arazi kullanım modellerini (uzay ve zamanda) tahsis etmektedir. Kısıtlamaların dışında, LUISA insan faaliyetleri ve bunların belirleyicileri arasındaki karmaşık etkileşimleri yakalamak için tarihsel eğilimleri, mevcut durumu ve gelecek projeksiyonlarını da içermektedir. Arazi kullanım taleplerini elde etme mekanizmaları Baranzelli ve diğerleri (2014) ile Jacobs-Crisioni ve diğerlerinde (2017) açıklanmaktadır. LUISA platformunun temel çıktıları, 2050 yılına kadar tüm AB üye ülkeleri ile Birleşik Krallık, Sırbistan, Bosna Hersek ve Karadağ'ı kapsayan erişilebilirlik, nüfus yoğunlukları ve arazi kullanım modellerinin ince çözünürlüklü haritalarıdır (100m). Avrupa'nın geri kalanını kapsamak için Corine arazi kullanım haritaları kullanılmaktadır. LISFLOOD normalde önemli ölçüde daha kaba bir çözünürlükte çalışmasına rağmen, LUISA çıktısının ayrıntıları, Bölüm A1.3'te açıklandığı gibi LISFLOOD'da alt izgara fraksiyonlarının kullanılması nedeniyle büyük ölçüde kalacaktır. LUISA modelleme platformunun ve altında yatan mekaniğin tam bir açıklaması için (Batista e Silva vd., 2013; Lavalley vd., 2011)'e başvuruyoruz.

LISFLOOD'daki su talebi, sulama suyu talebinin iklim koşulları tarafından yönlendirildiği için model içinde dinamik olarak tahmin edildiği beş bileşenden oluşmaktadır. Mahsul sulaması ve çeltik sulaması için simülasyon yöntemlerinde bir ayırım ile sulama suyu talebi Bisselink ve (2018) açıklanmıştır.

Diğer dört sektörel bileşen girdi verisi olarak kullanılmaktadır. Bunlar (imalat) endüstriyel su talebi, enerji ve soğutma için su talebi, hayvancılık su talebi ve evsel su talebidir. Sektör başına, su tüketim faktörleri kullanılmakta ve su çekimini net su tüketimi ve geri dönüş akışına bölmek için uygulanmaktadır (Bisselink at al., 2018).

Genel olarak, bu dört sektör için tahmin edilen su kullanımı, Vandecasteele ve diğerlerinde (2014) açıklandığı gibi farklı modelleme ve ölçek küçültme teknikleri ile esas olarak ülke düzeyindeki verilerden (EUROSTAT, AQUASTAT) türetilmiştir. JRC LUISA arazi kullanımı projeksiyon platformunun çıktıları, arazi kullanımı, nüfus ve su talebi arasında tutarlılık sağlamak amacıyla hem mevcut hem de gelecekteki su kullanım eğilimlerinin mekansal olarak küçültülmesi için kullanılmıştır. Her bir sektörel bileşenin kısa bir açıklaması aşağıda verilmiştir.

Çiftlik hayvanlarının su çekimleri, literatürdeki su gereksinimleri ile sığır, domuz, kümes hayvanları, koyun ve keçiler için çiftlik hayvanı yoğunluk haritaları birleştirilerek tahmin edilmiştir. Yöntemler Mubareka ve diğerleri (2013) tarafından ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Enerji ve soğutma talebi için, ulusal su kullanım istatistikleri, Avrupa Kirletici Salım ve Transfer Kaydı veri tabanına (E-PRTR) kayıtlı büyük güçteki termik santrallerin konumlarına göre küçültülmüştür. Daha sonra, enerji su kullanımının zamansal eğilimi, POLES modelinden (Uzun Vadeli Enerji Sistemlerine Prospektif Bakış) elde edilen elektrik tüketimi projeksiyonlarına dayalı olarak simüle edilmiştir.

Endüstriyel su talepleri, imalat sanayi, madencilik, inşaat ve hizmetler tarafından toplam su kullanımı için ulusal istatistik ofislerinden alınan ülke düzeyindeki rakamlara dayanmaktadır. Gelecekteki endüstriyel su kullanım eğilimleri, endüstriyel faaliyeti temsil etmek için GEM-E3 modelinden bu alt sektörler için GSKD projeksiyonlarına ve teknik gelişmeler nedeniyle artan su verimliliğini temsil etmek için tarihsel eğilimlere dayanan bir verimlilik faktörüne dayanarak simüle edilmiştir (Bernhard ve ark. 2019a). GEM-E3 modeli yalnızca AB ve Birleşik Krallık için projeksiyonlar sağladığından, endüstriyel su kullanımı projeksiyonlarının AB dışındaki ülkeler için sabit olduğu varsayılmıştır.

Hanehalkı sektörü için su talepleri, sosyo-ekonomik, demografik ve iklim değişkenlerine dayalı olarak kişi başına su kullanımını simüle eden özel bir hanehalkı su kullanım modülünden (Bernhard . 2019b) türetilmiştir. Bu model, 2000-2013 yılları arasında tüm AB ülkeleri ve Birleşik Krallık için NUTS-3'te hane halkı su kullanımı, su fiyatı, gelir, yaş dağılımı ve yıllık kurak gün sayısı hakkında toplanan verilere dayanmaktadır. Daha sonra, benzer sosyo-ekonomik ve iklim koşullarına sahip dört Avrupa NUTS-3 bölgesi kümesi için su kullanımı, su fiyatı ve diğer ilgili değişkenler arasındaki ilişkileri ölçmek için regresyon modelleri kurulmuştur. Bu hane halkı su kullanım modülü, sosyo-ekonomik, demografik ve iklim projeksiyonlarını kullanarak NUTS-3 düzeyinde kişi başına mevcut ve gelecekteki evsel su kullanımını tahmin etmemizi sağlar. Kişi başına su kullanımı, her 5 yıl için 2010'dan 2050'ye kadar LUISA platformundan alınan nüfus haritaları ile çarpılmaktadır. Beş yıllık dönem arasındaki yıllar için doğrusal bir büyüme varsayılmıştır. için tüketim kullanımı

evsel sektörün %20 olduğu varsayılmaktadır (EEA, 2005), bu da %80'inin atık su olarak hidrolojik sisteme geri aktığı anlamına gelmektedir.

A1.3 Hidrolojik simülasyonlar ve su kıtlığı göstergesi

Hidrolojik simülasyonlar JRC'nin LISFLOOD su kaynakları modeli ile gerçekleştirilmiştir. LISFLOOD, CBS tabanlı mekansal olarak dağıtılmış bir hidrolojik yağış-akış modelidir (De Roo vd., 2000; Van der Knijff vd., 2010; Burek vd., 2013). Modellenen alanda tanımlanan her bir grid hücresindeki hidrolojik süreçlerin çoğu yeniden üretilir ve üretilen akış nehir ağı üzerinden yönlendirilir.

LISFLOOD, sabit bir uzamsal ızgaraya sahip düzenli bir ızgara tabanlı model olmasına rağmen, ana hidrolojik süreçleri simüle etmek için daha ayrıntılı alt ızgara arazi kullanım sınıfları kullanılmaktadır. Model, her bir grid için açık su, kentsel kapalı alan, orman alanı, çeltik sulanan , ürün sulama alanı ve diğer arazi kullanımlarını ayırt etmektedir. Belirli hidrolojik süreçler (evapotranspirasyon, infiltrasyon vb.) daha sonra bu arazi kullanım sınıfları için farklı bir şekilde hesaplanır. Ayrıca, kar birikimi ve erime süreçleri için önemli olan ayrıntılı yükseklik bölgeleri oluşturmak ve yüzey sıcaklığını düzeltmek için alt gridli yükseklik bilgileri kullanılır.

Su talepleri (kamu suyu, hayvancılık suyu, endüstriyel , enerji sektörü için soğutma suyu ve sulama), nehirlerdeki eşiği dikkate alınarak (doğal deşarjın yüzde 10'u) mevcut olduğunda yüzey ve/veya yeraltı suyu kaynaklarından bölgeye bağlı olarak) çekilir. Sulama suyu talebi, iklime bağlı olduğu için modele dahil edilmiştir. Penman-Monteith yaklaşımını kullanan model, bitki örtüsü veya mahsul tarafından gerekli olan terleme miktarını tahmin etmektedir. Bu su miktarı, solma noktası seviyesinin üzerindeki toprak neminden elde edilemiyorsa, eksik miktar sulama suyu talebi olarak belirlenir.

Küresel ısınma altında su kıtlığı değişikliklerinin analizi için LISFLOOD, 1981'den 2100'e kadar 22 (11 RCP4.5 + 11 RCP8.5) CORDEX iklim simülasyonu topluluğu ile zorlanmıştır. LISFLOOD simülasyonları, tüm AB ülkelerinin yanı sıra Arnavutluk, Bosna-Hersek, İzlanda, Moldova, Karadağ, Makedonya Cumhuriyeti (FYROM), Norveç, Sırbistan ve İsviçre gibi bazı komşu ülkeleri de içeren genişletilmiş Avrupa etki alanı üzerinde $5 \times 5 \text{ km}^2$ çözünürlüklü ızgarada günlük zaman adımında gerçekleştirilmiştir.

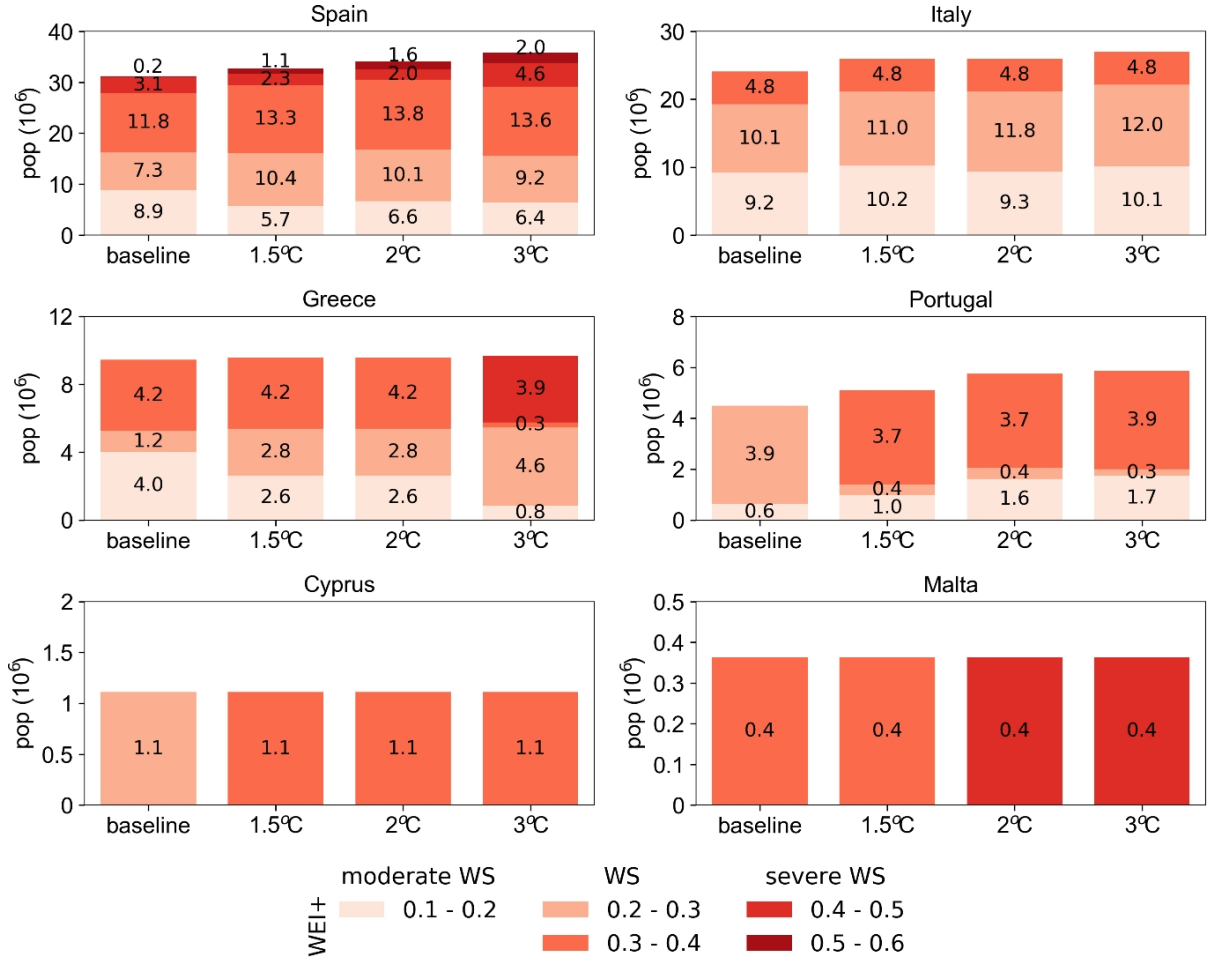
Bu çalışmada su kıtlığını belirlemek için WEI+ göstergesi kullanılmıştır. WEI+ burada toplam net su tüketiminin bir bölgenin tatlı su kaynaklarına bölünmesi olarak tanımlanmaktadır. WEI+'yı hesaplamak için dikkate alınan tatlı su kaynakları, yerel olarak üretilen yüzeysel akışı ve yukarı kıyıdaş ülkelerden gelen yüzeysel suyu, göl ve rezervuar değişken depolamasını ve yıllık yeraltı suyu şarjını içerir. WEI+, ortalama çarpık sonuçlardan kaçınmak için aylık zaman ölçeğinde belirlenir. LISFLOOD bir su çıkarma işlevi içerdiğinden, WEI+'yı hesaplamak için su bölgelerini kullanıyoruz. Belirli bir faaliyet için su çekiminin kesin yerini bilmediğimizden, su çekiminin faaliyetin bulunduğu bölgesel alt nehir havzasında gerçekleşebileceğini varsayıyoruz. Bu alt havza daha sonra birkaç ayrı model pikselinden oluşmaktadır. Bu, gerçekte var olmayan su kıtlığını hesaplama artefaktlarını önler. LISFLOOD, kullanıcı tanımlı herhangi bir su bölgesi haritası ile simülasyon yapabilir. Burada, su bölgelerini tek bir ülke içindeki alt nehir havzaları olarak tanımladık. Sınır ötesi soyutlamalar varsayılmamıştır. Böylece su çekimi bölgesel düzeyde gerçekleşir ve WEI+ da bu bölgesel düzeyde hesaplanır. Su kıtlığının sosyo-ekonomik etkileri (nüfus ve GSKD) için bölgesel değerler daha sonra ülke ölçeğine ve hatta daha büyük ölçeklere (AB+İngiltere) toplanır.

WEI+ değerleri 0 ile 1 arasında değişmektedir. Yüksek bir WEI+ endeksi, net yüksek tüketim amaçlı su kullanımı olan bölgeleri vurgular. WEI için 0,4'ün üzerindeki bir eşik değer genellikle bir bölgenin ciddi derecede su kıtlığı yaşadığını belirtmek için kullanılır. WEI+ değerinin 0,2'den büyük olması su kıtlığı olan bir bölge olduğunu gösterir. 0,1-0,2 aralığındaki bir WEI+ orta derecede su kıtlığı olarak sınıflandırılır ve 0,1'den düşük bir WEI+ düşük su kıtlığı bölgesine işaret eder (Faergemann, 2012).

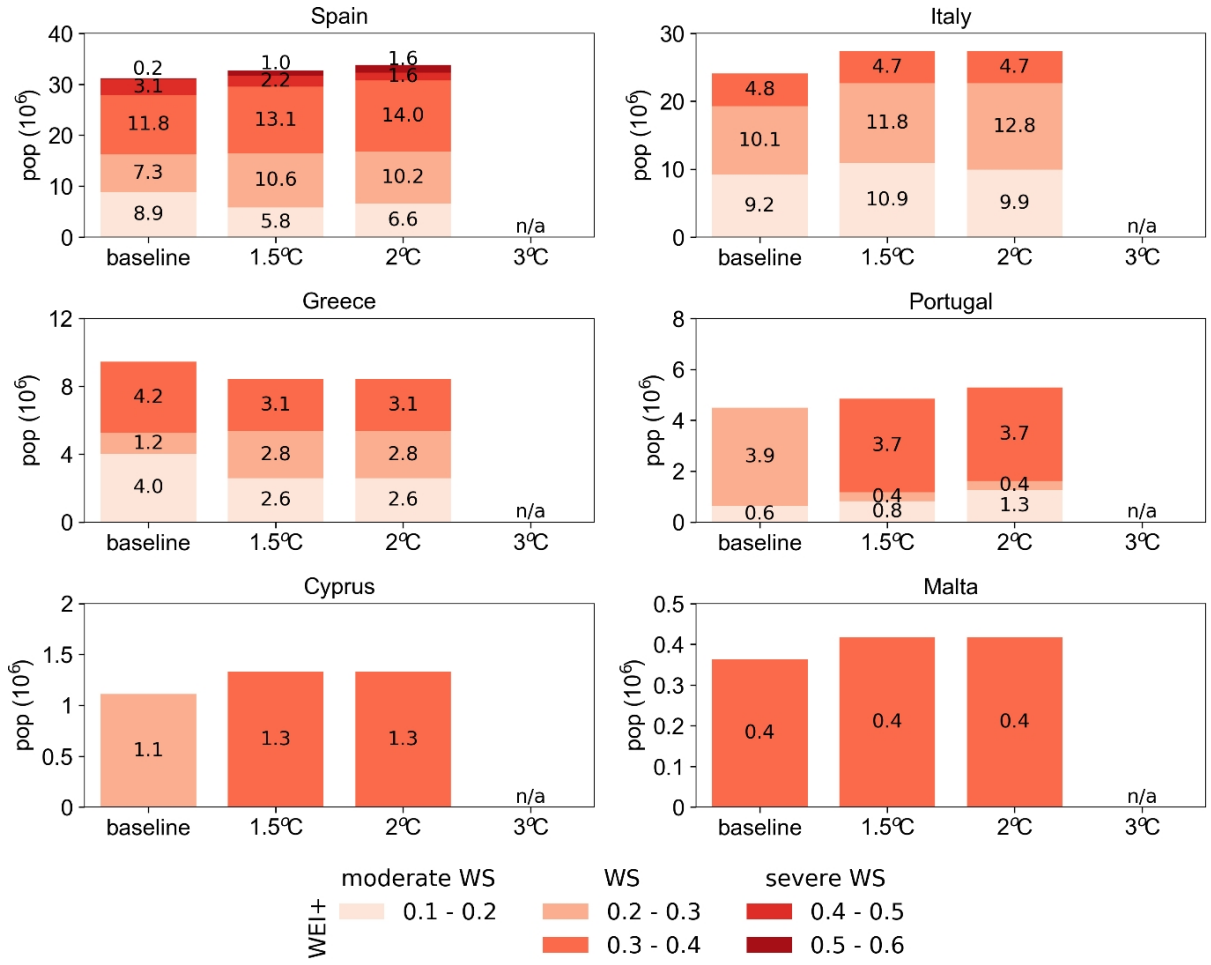
Ek 2. Geniştirilmiş sonuçlar

Aşağıdaki bölümler, ülke ölçeğinde bir araya getirilmiş referans ve KİH'ler için farklı su kıtlığı derecelerinde öngörülen insan sayısını (A2.1) veya GSKD'yi (A2.2) sunmaktadır.

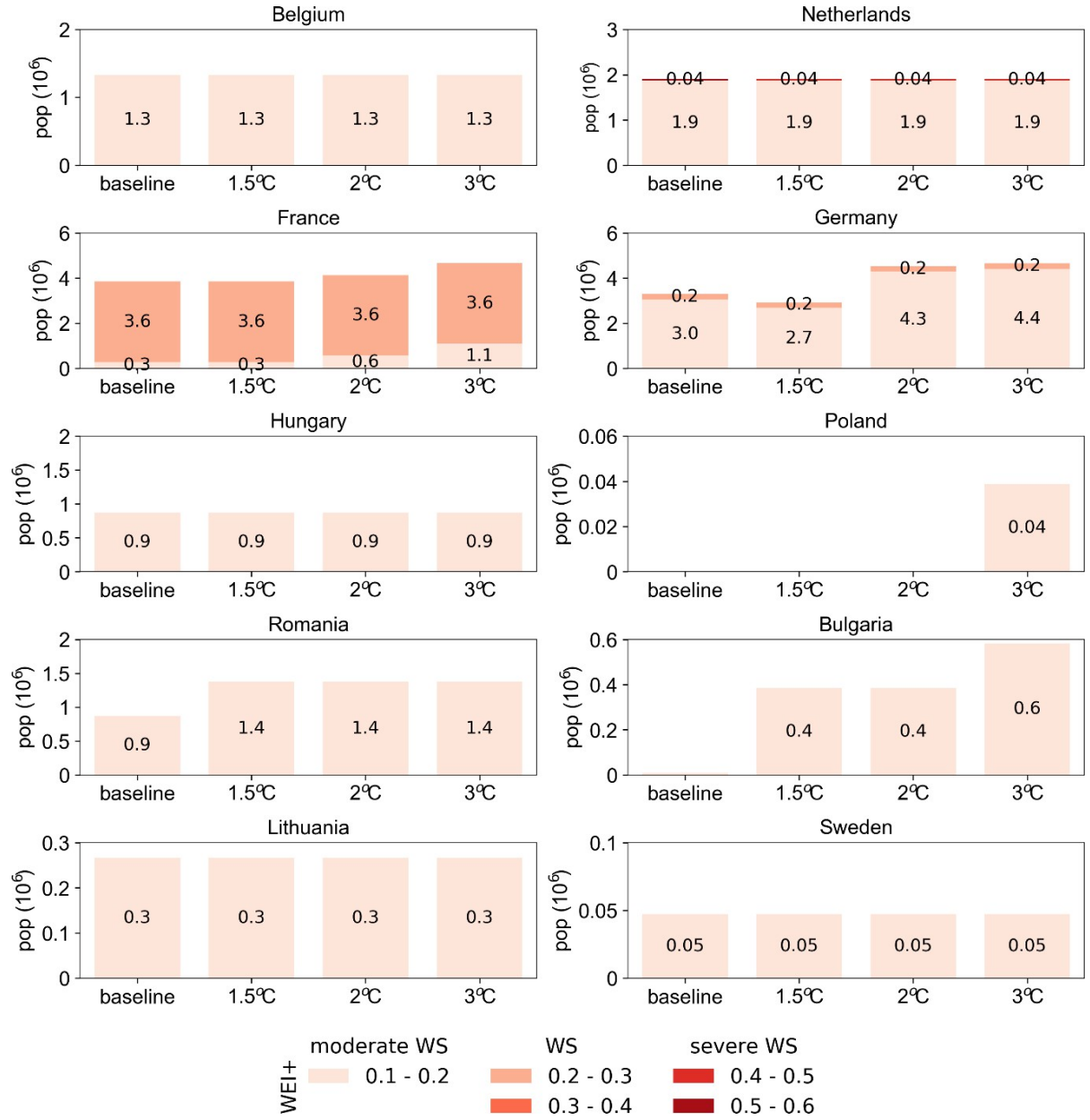
A2.1 Nüfus



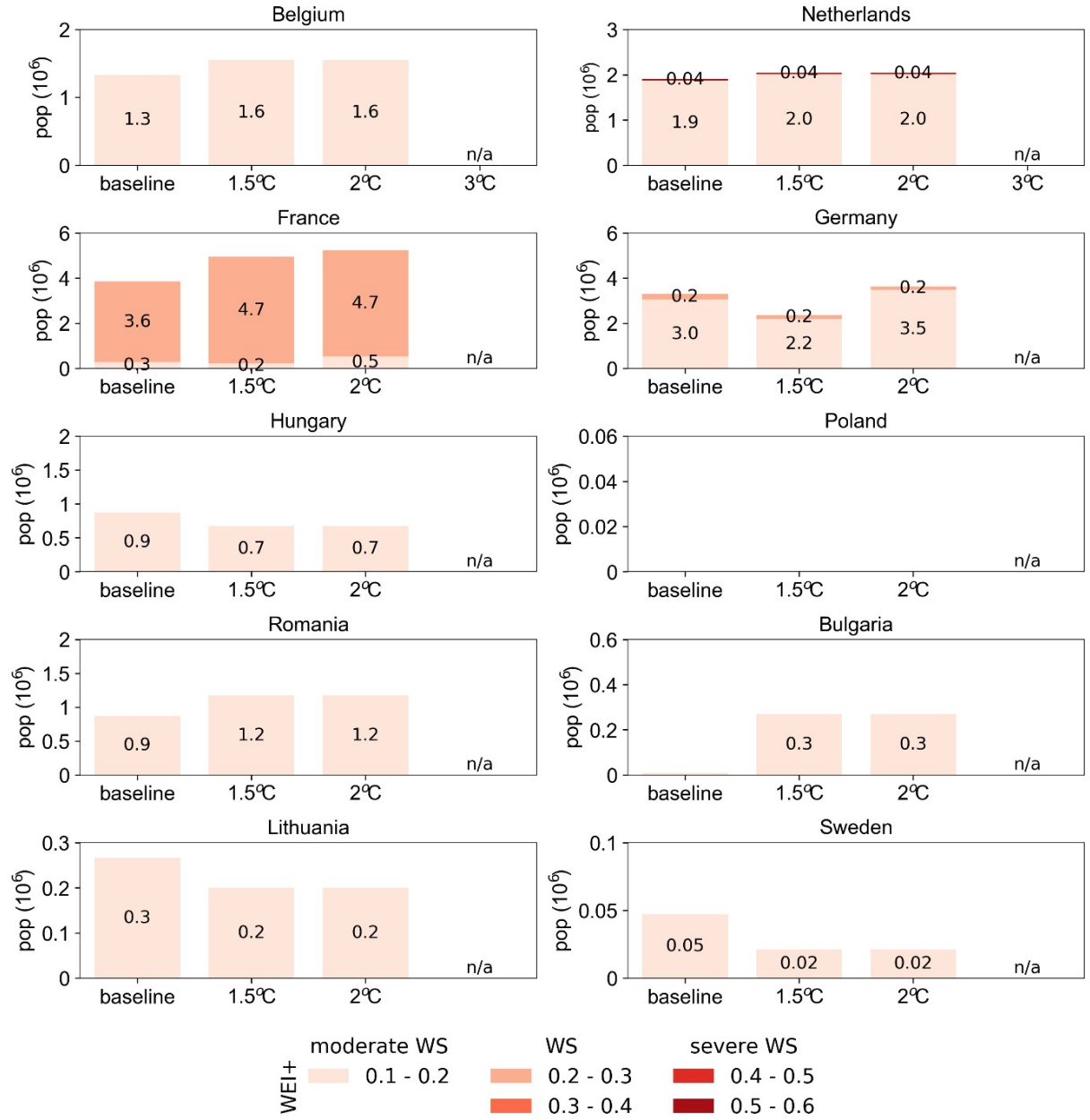
Şekil A1. Akdeniz ülkeleri için mevcut durum ve farklı ısınma seviyeleri altında sadece iklim değişikliği nedeniyle farklı su kıtlığı (WS) derecelerinde yaşayan tahmini insan sayısı. Hırvatistan'da herhangi bir değişiklik gözlemlenmediğini ve bu nedenle Hırvatistan'ın sunulmadığını unutmayın.



Şekil A2. Şekil A1'de olduğu gibi, ancak sonuçlar sosyo-ekonomik gelişmeleri içeren simülasyonlardan elde edilmiştir.

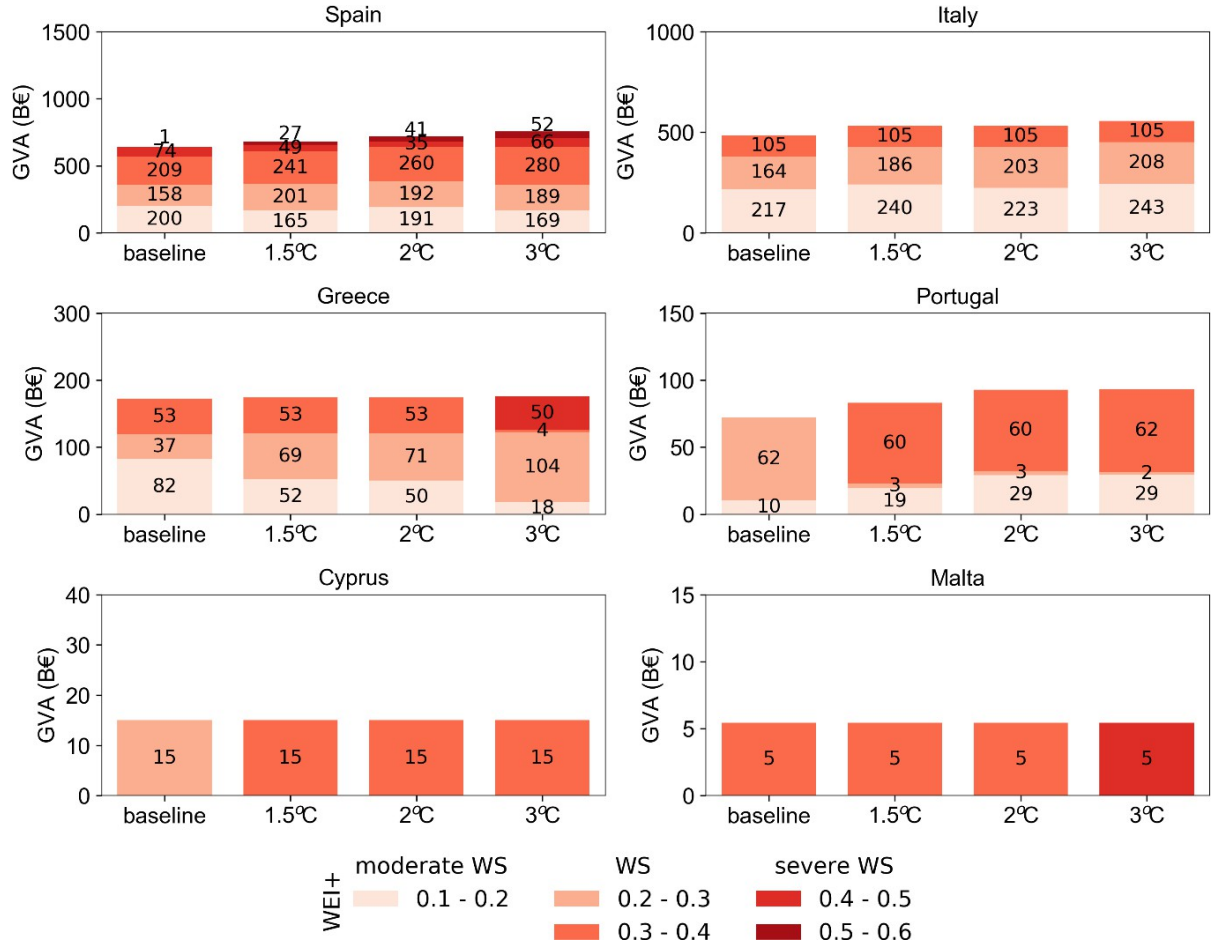


Şekil A3. Atlantik, Kıta ve Boreal ülkeleri için mevcut durum ve farklı ısınma seviyeleri altında sadece iklim değişikliği nedeniyle farklı derecelerde su kıtlığı (WS) yaşayan tahmini insan sayısı. İrlanda, Birleşik Krallık, Finlandiya, Letonya, Estonya, Avusturya, Slovenya, Çek Cumhuriyeti, Slovakya, Danimarka ve Lüksemburg'da hiçbir değişiklik gözlenmediğini veya çok az değişiklik gözlendiğini ve bu nedenle sunulmadığını unutmayın.

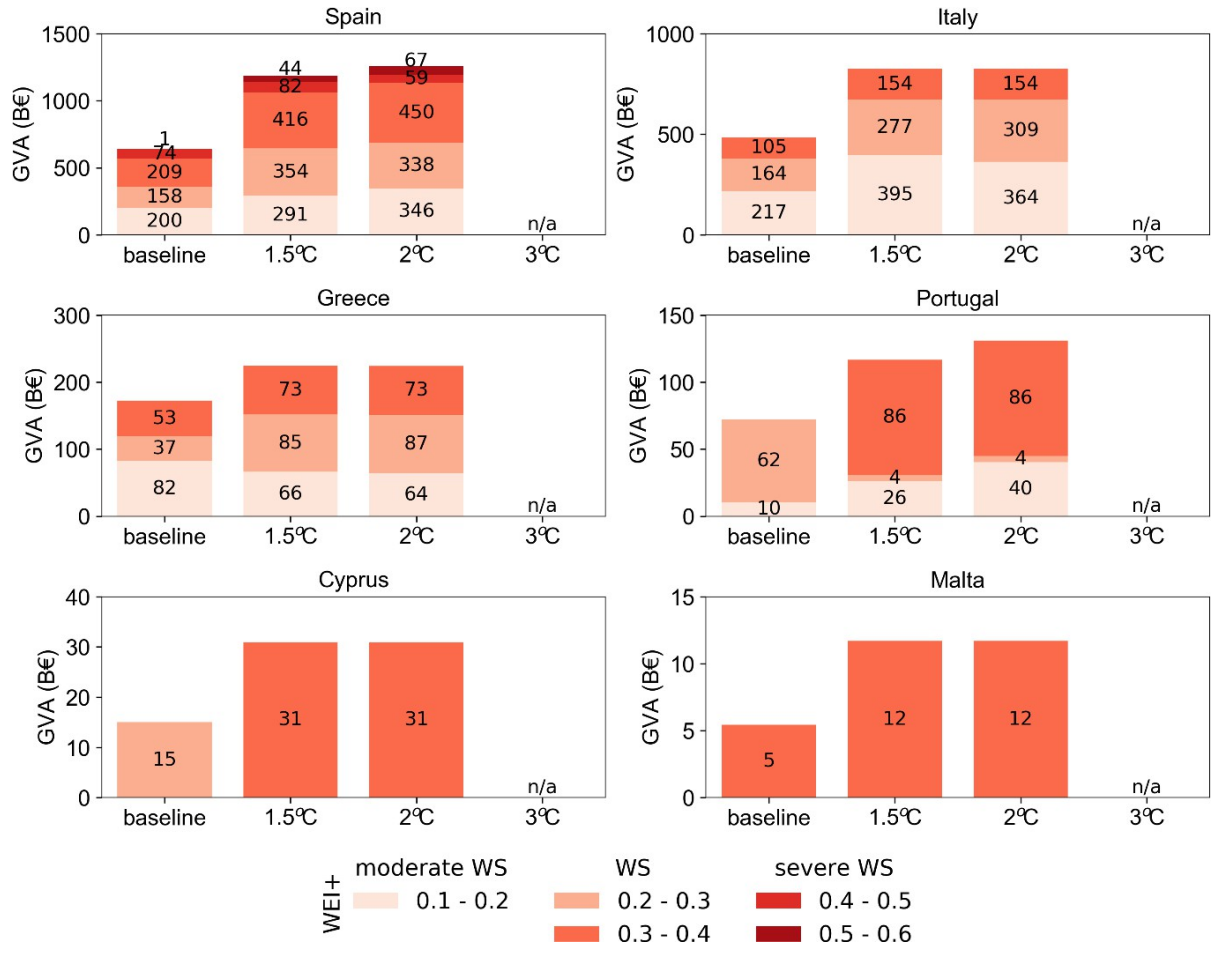


Şekil A4. Şekil A3'teki gibi ancak sonuçlar sosyo-ekonomik gelişmeleri içeren simülasyonlardan elde edilmiştir.

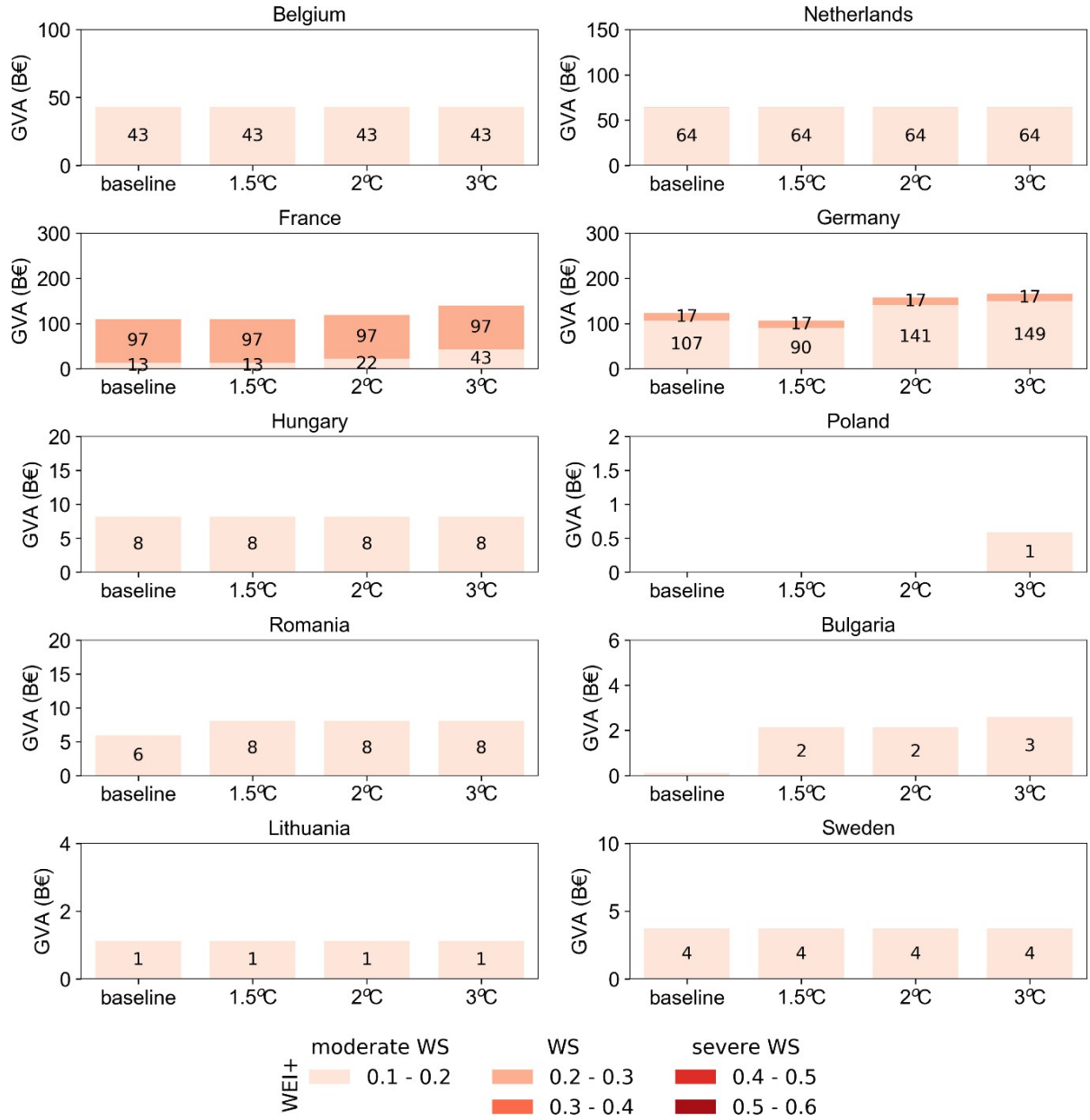
A2.2 GSKD



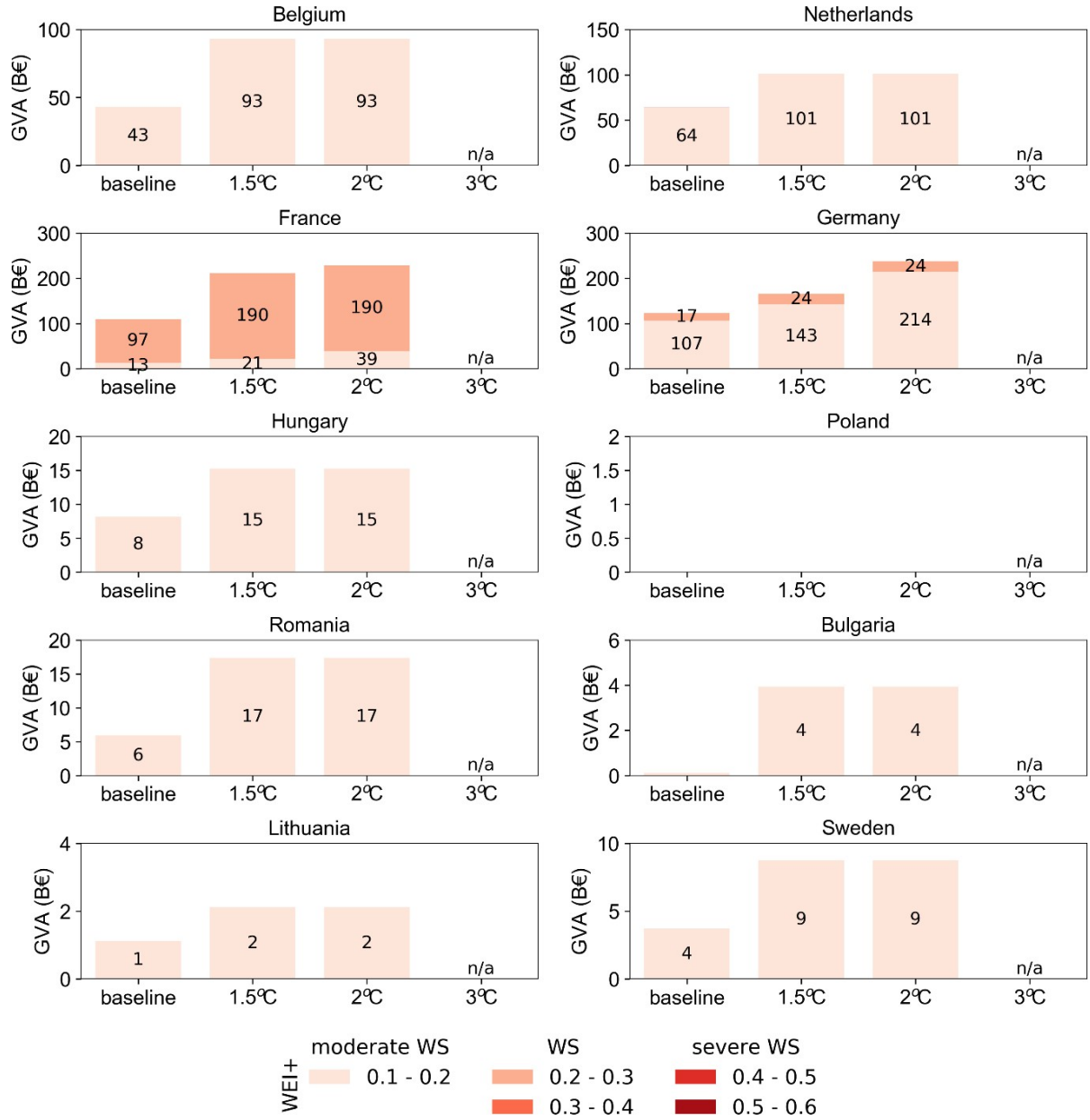
Şekil A5. Sadece iklim değişikliğine bağlı olarak farklı su kıtlığı (WS) derecelerinde, mevcut durum ve farklı ısınma seviyeleri için öngörülen GSKD değerleri. Hırvatistan'da herhangi bir değişiklik gözlenmediğini ve bu nedenle sunulmadığını unutmayın.



Şekil A6. Şekil A5'te olduğu gibi, ancak sonuçlar sosyo-ekonomik gelişmeleri içeren simülasyonlardan elde edilmiştir.



Şekil A7. Atlantik, Kıta ve Boreal ülkeleri için farklı ısınma seviyeleri altında ve mevcut durum için yalnızca iklim değişikliğine bağlı olarak farklı su kıtlığı (WS) derecelerinde öngörülen GSKD değerleri. İrlanda, Birleşik Krallık, Finlandiya, Letonya, Estonya, Avusturya, Slovenya, Çek Cumhuriyeti, Slovakya, Danimarka ve Lüksemburg'da hiçbir değişiklik gözlenmediğini veya çok az değişiklik gözlendiğini ve bu nedenle bu ülkelerin sunulmadığını unutmayın.



Şekil A8. Şekil A7'de olduğu gibi, ancak sonuçlar sosyo-ekonomik gelişmeleri içeren simülasyonlardan elde edilmiştir.

Kısaltmalar listesi

AÇA	Avrupa Çevre Ajansı
GCM	Küresel İklim Modeli
GVA	Brüt Katma Değer
GWL	Küresel Isınma Seviyesi
RCP	Temsili Konsantrasyon Yolu
RCM	Bölgesel İklim Modeli
SoE	Çevre Durumu
WEI+	Su Kullanım +
WFD	Su Çerçeve Direktifi
WS	Su Kıtlığı

Şekillerin Listesi

Şekil 1. ortalama Q50de medyan akarsu akışı) taban çizgisine 1981-2010) kıyasla öngörülen değişiklik(a) 1,5°C, (b) 2°C ve (c) 3°C'lik küresel sıcaklık artışı için ((.....	6
Şekil 2. (a) Tahmini ortalama WEI+ ve (b) WEI+ değerinin aşıldığı bölgelerdeki yıllık gün sayısı Referans senaryo için 0,2 (1981-2010).....	7
Şekil 3. 2lik bir küresel sıcaklık için ortalama WEI+ öngörülen değişiklik (Şekil (a) 1,5°C, (b) °C ve c) 3°C'artışı değerinde 2a).	7
Şekil 4. Küresel sıcaklık artışı için referans değerle (Şekil karşılaştırıldığında bir yılda su kıtlığı yaşanan günlerde WEI+> 0,2) öngörülen değişim(a) 1,5°C, (b) 2°C ve (c) 3°C'lik bir küresel sıcaklık artışı için 2b) (.	8
Şekil 5. Yalnızca nedeniyle farklı derecelerde su kıtlığı (WS) yaşayan tahmini insan sayısıiklim değişikliği , mevcut durum ve farklı ısınma seviyeleri için.....	9
Şekil 6. İklim nedeniyle farklı derecelerde su kıtlığı S) yaşayan tahmini insan sayısıdeğişikliğinin yanı sıra sosyo-ekonomik gelişmeler (nüfus, arazi kullanımı ve su talebi değişiklikleri) (W	10
Şekil 7. Yalnızca iklim nedeniyle farklı su kıtlığı (WS) derecelendirmelerine maruz öngörülen GSKD değerlerideğişikliği , referans ve farklı ısınma seviyeleri için.	11
Şekil 8. İklim değişikliğinin nedeniyle farklı su kıtlığı (WS) derecelendirmelerine maruz kalan öngörülen GSKD değerleri.yanı sıra sosyo-ekonomik gelişmeler (nüfus, arazi kullanımı vesu talebi değişiklikleri)	12
Şekil A1. yalnızca nedeniyle derecelerde su kıtlığı (WS) yaşayan tahmini insan sayısıAkdeniz ülkeleri için mevcut durum ve farklı ısınma seviyeleri altında iklim değişikliği farklı . Hırvatistan'da herhangi bir değişiklik gözlemlenmediğini ve bu nedenle Hırvatistan'ın sunulmadığını unutmayın	20
Şekil A2. Şekil A1'de olduğu gibi, ancak sonuçlar sosyo-ekonomik gelişmeleri içeren simülasyonlardan elde edilmiştir.	21
Şekil A3. sadece nedeniyle su kıtlığı (WS) derecelerinde yaşayan tahmini insan sayısıAtlantik, Kıta ve başlangıç ve farklı ısınma seviyeleri altında iklim değişikliği farklı Boreal ülkeleri . İrlanda, Birleşik Krallık, Finlandiya, Letonya, Estonya, Avusturya, Slovenya, Çek Cumhuriyeti, Slovakya, da unutmayınDanimarka ve Lüksemburg'hiçbir değişiklik gözlenmediğini veya çok az değişiklik gözlemlendiğini ve bu nedenle sunulmadığını	22
Şekil A4. Şekil A3'te olduğu gibi, ancak sonuçlar sosyo-ekonomik gelişmeleri içeren simülasyonlardan elde edilmiştir.	23
Şekil A5. Sadece iklim değişikliğine bağlı farklı su kıtlığı (WS) derecelerindeöngörülen GSKD değerleriolarak , mevcut durum ve farklı ısınma seviyeleri için . Hırvatistan'da herhangi bir değişiklik ve unutmayıngözlemlenmediğini bu nedenle sunulmadığını	24
Şekil A6. Şekil A5'te olduğu gibi, ancak sonuçlar sosyo-ekonomik gelişmeleri içeren simülasyonlardan elde edilmiştir.	25
Şekil A7. farklı yalnızca iklim değişikliği nedeniyle su kıtlığı (WS) derecelerinde öngörülen GSKD değerleriAtlantik, Kıta ve Boreal ülkeleri için referans ve ısınma seviyeleri altında farklı. İrlanda, Birleşik Krallık, Finlandiya, Letonya, Estonya, Avusturya, Slovenya, Çek Cumhuriyeti, Slovakya, Danimarka ve a unutmayın.Lüksemburg'dhiç ya da çok az değişiklik gözlemlendiğini ve bu nedenle bu ülkelerin sunulmadığını	26
Şekil A8. Şekil A7'de olduğu gibi, ancak sonuçlar sosyo-ekonomik gelişmeleri içeren simülasyonlardan elde edilmiştir.	27

Tabloların listesi

Tablo A1. Sıcak ve soğuk etki analizinde kullanılan bölgesel iklim projeksiyonları ve yıllara karşılık gelen tahminler 1,5, 2 ve 3°C ısınmanın aşıldığı	17
--	----

AB İLE İLETİŞİME GEÇMEK

Şahsen

Avrupa Birliği'nin her yerinde yüzlerce Europe Direct bilgi merkezi bulunmaktadır. Size en yakın merkezin adresini şu adreste bulabilirsiniz: https://europa.eu/european-union/contact_en

Telefonda veya e-posta ile

Europe Direct, Avrupa Birliği hakkındaki sorularınızı yanıtlayan bir hizmettir. Bu hizmetle iletişime geçebilirsiniz:

- ücretsiz telefonla: 00 800 6 7 8 9 10 11 (bazı operatörler bu aramalar için ücret talep edebilir),
- aşağıdaki standart numaradan ulaşabilirsiniz: +32 22999696 veya
- elektronik posta yoluyla: https://europa.eu/european-union/contact_en

AB HAKKINDA BİLGİ BULMA

Çevrimiçi

Avrupa Birliği hakkında AB'nin tüm resmi dillerinde bilgi Europa web sitesinde mevcuttur: https://europa.eu/european-union/index_en

AB yayınları

Ücretsiz ve fiyatlı AB yayınlarını <https://publications.europa.eu/en/publications> . adresindeki AB Kitapçısı'ndan indirebilir veya sipariş edebilirsiniz Europe Direct veya yerel bilgi merkezinizle irtibata geçerek ücretsiz yayınların birden fazla kopyasını edinebilirsiniz (bkz. https://europa.eu/european-union/contact_en).

Avrupa Komisyonu'nun bilim ve bilgi hizmeti

Ortak Araştırma Merkezi

JRC Misyonu

Avrupa Komisyonu'nun bilim ve bilgi servisi olarak Ortak Araştırma Merkezi'nin misyonu, AB politikalarını tüm politika döngüsü boyunca bağımsız kanıtlarla desteklemektir.



EU Science Hub

ec.europa.eu/jrc



@EU_ScienceHub



EU Science Hub - Joint Research Centre



EU Science, Research and Innovation



EU Science Hub



Yayımlar Ofisi
Avrupa Birliği'nin