

Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

# TÜRKİYE'DE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM EYLEMİNİN GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ

TR2017 ESOP MI A3 04

## İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM ÖNLEMLERİNİN MALİYETLERİNİN TAHMİNİ



T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE  
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI



Çevre ve İklim Eylemi  
Sektör Operasyonel Programı



iklime uyum





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

## TÜRKİYE'DE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM EYLEMİNİN GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ

TR2017 ESOP MI A3 04

### İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM ÖNLEMLERİNİN MALİYETLERİNİN TAHMİNİ

*Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmekte ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı tarafından uygulanmaktadır. Projenin yararlanıcısı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'dır. Avrupa Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü bu Projenin Sözleşme Makamıdır.*

**Hazırlayan:** Özgür Pehlivan

**Kaynakça:** İklim Uyum Projesi. (2023) İklim Değişikliğine Uyum Önlemlerinin Maliyetlerinin Tahmini [https://www.iklimeuyum.org/dokumanlar/iklim\\_Degisikligine\\_Uyum\\_Onlemlerinin\\_Maliyetlerinin\\_Tahmini](https://www.iklimeuyum.org/dokumanlar/iklim_Degisikligine_Uyum_Onlemlerinin_Maliyetlerinin_Tahmini)

Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı

Türkiye



**T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI**



Çevre ve İklim Eylemi Sektör Operasyonel Programı



iklime uyum





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

## Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

---

*Bu yayın Avrupa Birliği’nin maddi desteği ile hazırlanmıştır. İçerik tamamıyla Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı Türkiye Ülke Ofisi sorumluluğu altındadır ve Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti’nin görüşlerini yansıtmak zorunda değildir.*



**T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE  
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI**



Çevre ve İklim  
Eylemi Sektör  
Operasyonel Programı



iklime uyum





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

## Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

### İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER .....	3
ŞEKİL LİSTESİ .....	5
TABLO LİSTESİ .....	6
KUTU LİSTESİ.....	7
KISALTMALAR .....	8
1. GİRİŞ .....	9
2. Uyum Maliyetlerinin Tanımı .....	11
3. Maliyet Tahmini Yapılırken Kullanılan Belirleyiciler ve Karşılaşılan Zorluklar .....	14
3.1. Hesaplamanın Belirleyicileri.....	14
3.1.1. Kapsam .....	14
3.1.2. Hedefler ve Sayısal Metodolojiler.....	14
3.1.3. Zaman Aralığı ve Sera Gazı Azaltımına İlişkin Belirsizlikler .....	15
3.1.4. Uyum Açığı.....	15
3.1.5. İskonto Oranı .....	17
3.1.6. Uygulama Maliyetleri .....	17
3.1.7. Diğer Maliyetler .....	17
3.2. Hesaplama Karşılaşılan Boşluklar ve Engeller .....	17
4. Baz Senaryo ve Tahmin Metodolojileri .....	21
4.1. Baz Senaryonun Belirlenmesi.....	21
4.2. Yaklaşımlara Göre Ayrım.....	22
4.2.1. Yukarıdan Aşağı (Top-Down) Yaklaşımlar .....	22
4.2.2. Aşağıdan Yukarıya (Bottom-Up) Yaklaşımlar .....	23
4.3. Tahmin Yöntemlerine Göre Ayrım .....	23
4.3.1. Yatırım Akışları ve Finansal Akışları Değerlendirme .....	23
4.3.2. Toplu Sektörel Etki Değerlendirme Yaklaşımı.....	25
4.3.3. Entegre Değerlendirme Modelleri.....	26
5. Uyum Eylemlerinin Maliyetlerinin Hesaplanmasına İlişkin Uygulamalar .....	29
5.1. Küresel Tahminler .....	30
5.2. Ulusal Tahminler .....	30
5.3. Sektörel Maliyet Analizleri .....	33
5.3.1. Su Kaynakları Yönetimi .....	34
5.3.2. Kent ve Altyapı.....	38
5.3.3. Tarım, Balıkçılık ve Hayvancılık.....	39





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

**Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi**

5.3.4.	Halk Sağlığı.....	42
5.3.5.	Enerji.....	44
5.3.6.	Turizm .....	46
5.3.7.	Ekosistem Hizmetleri ve Biyoçeşitlilik.....	48
5.3.8.	Afet Riski Yönetimi.....	49
5.3.9.	Ulaşım ve İletişim.....	50
5.3.10.	Sanayi ve Sosyal Kalkınma .....	51
6.	Sonuç.....	53
	KAYNAKÇA.....	55





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2-1 Optimal Uyum Maliyetlerine Erişim (IPCC, 2014) .....	12
Şekil 5-1 Farklı Çalışmaların Maliyet Tahmin Karşılaştırması (Aligishiev ve diğerleri, 2022) .....	29





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

**Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi**

**TABLO LİSTESİ**

Tablo 5-1: Türkiye’nin Muhtemel Uyum İhtiyacı..... 32





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

**Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi**

**KUTU LİSTESİ**

Kutu 3-1: Kalkınma ve Kalkınma Açıklarının Maliyet Tahminlerindeki Yeri.....	16
Kutu 3-2: Yumuşak Uyum (Soft Adaptation) ve Sert Uyum (Hard Adaptation) Önlemleri .....	19
Kutu 5-1: Türkiye’nin Yıllık Uyum İhtiyacının Tahminine Yönelik Bir Yaklaşım .....	32







Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

## Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

### KISALTMALAR

ADB	Asya Kalkınma Bankası
AKAKDO	Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormanlık
BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CCDR	Ülke İklim ve Kalkınma Raporu (Country Climate and Development Report)
CGE	Hesaplanabilir Genel Denge (Computable General Equilibrium)
CMI	İklim Nem İndeksi (Climate Moisture Index)
CO <sub>2</sub> e	Karbondioksit Eşdeğeri (Carbondioxide Equilibrium)
CSIRO	Commonwealth Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Örgütü (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation)
DICE	Dinamik Entegre İklim-Ekonomi modeli (Dynamic Integrated Climate-Economy Model)
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
DYY	Doğrudan Yabancı Yatırım
EACC	İklim Değişikliğine Uyum Ekonomisi (Economics of Adaptation to Climate Change)
EIB	Avrupa Yatırım Bankası (European Investment Bank)
FAIR	Bilgi Riski Faktör Analizi (Factor Analysis of Information Risk)
FUND	The Climate Framework for Uncertainty, Negotiation and Distribution
GCA	Küresel Uyum Komisyonu (Global Commission on Adaptation)
IFC	Uluslararası Finans Kurumu (International Finance Coportation)
IFF	Yatırım ve Finansal Akışlar Investment and Financial Flows
IMF	Uluslararası Para Fonu (International Monetary Fund)
IMPACT	Tarımsal Ürün ve Ticaret Politikası Analizi için Uluslararası Model (The International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade)
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)
NCAR	Ulusal Atmosferik Araştırma Merkezi (National Center for Atmospheric Research)
NDC	Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkılar (Nationally Determined Contribution)
NEEDS	National Economic, Environment and Development Study (Ulusal Ekonomi, Çevre ve Kalkınma Çalışması)
ODA	Resmi Kalkınma Yardımları (Official Development Aids)
OECD	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (Organization of Economic Cooperation and Development)
PAGE	Seragazi Etkisi Politika Analizi (Policy Analysis of the Greenhouse Effect)
SALM	Sürdürülebilir Tarım Arazisi Yönetimi (Sustainable Agricultural Land Management)
TUCSAP	Türkiye İklim Akıllı ve Rekabetçi Tarımsal Büyüme Projesi
TULIP	Türkiye Dayanıklı Peyzaj Entegrasyon Projesi
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Programme)
WHO	Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)
WHOSIS	Dünya Sağlık Örgütü İstatistik Bilgi Sistemi (World Health Organization Statistical Information System)
WITCH	World Induced Technological Change Hybrid





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

## Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

### 1. GİRİŞ

İklim değişikliğine uyum temasına yönelik tartışmalar, dünya genelinde iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin son yıllarda giderek daha ciddi zararlara yol açması ve sıklıklarının artmaları sebebiyle hız kazanmıştır. Dolayısıyla başta gelişmekte olan ülkelerde olmak üzere bu olumsuz etkilere uyum sağlayacak kapasitenin oluşturulması büyük önem arz etmektedir. İklimle karşı dirençli yapıların ve sistemlerin inşası hiç şüphesiz çok ciddi yatırımları gerekli kılmaktadır. Bu çerçevede Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP), 2030 yılına kadar uyum maliyetinin yılda 140-300 milyar ABD dolarına, 2050 yılına kadar ise 280-500 milyar ABD dolarına ulaşacağını tahmin etmektedir. Aynı çalışmada ele alınan 50 gelişmekte olan ülkenin ulusal katkılarının (NDC) incelenmesine göre, 2020–30 için uyum ihtiyaçlarının yılda 50 milyar ABD dolarından fazla olduğunu belirlenmiştir. Buna ek olarak, 2030 yılına kadar iklim değişikliğine dayanıklı hale getirilmesi gereken tahmini 57-95 trilyon ABD doları tutarında bir altyapı inşa edilmesi beklenmektedir. (UNEP, 2021) Diğer taraftan Paris Anlaşması’nda belirtildiği üzere küresel sıcaklık artışını sanayi öncesi döneme göre 2°C seviyesinin altında tutulması (ve 1,5°C hedefi için tüm eforların sarfedilmesi) hedefinin gerçekleştirilememesi durumunda ise, gelişmekte olan ekonomiler için uyum finansmanı ihtiyacının ciddi bir biçimde artış kaydedeceği, emisyon azaltım politikalarında izlenen konjonktüre göre 2050 yılından itibaren yıllık 520 milyar ABD doları ile 1,75 trilyon ABD doları arasında değişen maliyetlerle karşılaşılmasının muhtemel olacağı hesaplanmaktadır (IMF, Küresel Finansal İstikrar Raporu, Ekim 2022).

Buna karşın, küresel ölçekte uyum ve dayanıklılık oluşturmaya yönelik yatırımlar, iklim değişikliğinden kaynaklanan ciddi ekonomik ve sosyal etkilerden kaçınmak için gerekli olan düzeyin oldukça gerisinde kalmaya devam etmektedir. Uyum için kamu finansmanı artmış olsa da bunun yeterli olmayacağı ve uyum finansmanı açığının kapatılmasına yardımcı olmak için sınırlı kamu kaynaklarının desteklenmesinde özel sektör yatırımlarının önemli bir rolü olduğu da giderek daha açık hale gelmektedir. Son dönemde yaşanan ümit verici gelişmelere karşın ulusal düzeydeki uyum çabalarının ölçęđi halen yetersiz olarak değerlendirilmekte olup, uyum konusunda kat edilen ilerlemeyi takip etmenin de ayrı bir zorluk olduğu düşünölmektedir.

Paris Anlaşması’yla birlikte finansman mekanizmalarının uyum ve azaltım politikalarına 50:50 oranında ağırlık vermeleri karar bağlanmış olsa da, güncel veriler azaltım yatırımlarının açık ara üstünlüklerini koruduğunu, uyum temasındaki yatırımların ise geri planda kalmaya devam ettiğini göstermektedir. Bahse konu bu finans açığının kapatılması amacıyla Paris Anlaşması’yla oluşturulan yeni şeffaflık çerçevesi kapsamında ülkelerin uyum yatırım ihtiyaçlarını belirlemeleri talep edilmiştir. Bu ihtiyaçların belirlenebilmesi için ilk olarak ülkelerin kendi ulusal koşulları dahilinde hayata geçirecekleri uyum konusundaki önlemlerin maliyetlerini belirlemeleri, sonrasında ise bu yatırımların ulusal kaynaklarla karşılanamayan kısmı için uluslararası iklim finansman mimarisi kapsamında desteklere yönelmeleri gerekmektedir. Bu nedenle karar vericilerin doğru eylemleri hayata geçirebilmeleri için yapılacak yatırımların maliyetlerini doğru bir şekilde tahmin etmeleri zaruridir (UNEP, 2021).

Uyumun maliyet ve faydalarının tahminlerini elde etmek için bir dizi yöntem geliştirilmiştir. Bunların çoğunda, iklim değişikliğinin gelecekteki tahminlerini, müteakip etkiyi değerlendiren ve ardından uyum yanıtlarını dikkate alan bir tür senaryo tabanlı etki değerlendirmesi kullanılmaktadır. Bununla birlikte, teorik çerçeve, pratikte birtakım zorluklarla karşılaşmaktadır. Bunun nedeni, özellikle yüksek belirsizlik göz önüne alındığında, iklim değişikliğinin gelecekteki etkilerini ve uyumun maliyet ve faydalarını tahmin etmenin zor olmasıdır. Daha yakın tarihli çalışmalar erken uyum eylemlerine daha fazla vurgu yapmaktadır. Erken faydalar sağlamak ve gelecekteki esnekliği oluşturmak için iklim değişkenliğinin





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

mevcut riskleri ele alınmakta ve kapasite geliştirme ve teknik olmayan müdahaleler dahil olmak üzere pişmanlık duymayan seçeneklere odaklanılmaktadır.

İklim değişikliğine uyum kapsamında başta altyapı yatırımları için olmak üzere gerçekleştirilecek faaliyetlerin maliyet tahmini ile finansman ihtiyacı konusunda sağlıklı veriye ulaşım, dünyada gelişmiş ülkelerde bile oldukça kısıtlı ve sıkıntılı bir konudur. Türkiye genelinde de ulusal ve bölgesel ölçekte sektör bazında veri ve bilgiye ulaşım son derece sınırlıdır. Ancak sulama gibi bazı alt sektörlerde bölgesel ölçekte sınırlı veriye ulaşım söz konusu olabilmektedir. İklim değişikliği ile ilgili olarak önlem alınmamasının ekonomik maliyetleri konusunda artan farkındalık, uyum sağlama politikalarının önemli bir parçasıdır. İklim değişikliğinin sonuçlarının ekonomik maliyetleri ve önlem alınmamasının maliyetleri, olumsuz sonuçların hafifletilmesi ve uyum sağlama politikalarının oluşturulmasına katkıda bulunan önemli bir unsurdur.

Bu çerçevede, raporda ilk olarak uyum maliyetlerinin tanımına yer verilecek, ardından maliyet tahmin yapılırken kullanılan belirleyici unsurlar ile karşılaşılan zorluklar ele alınacaktır. Takip eden bölümde ise maliyet tahminine temel teşkil edecek olan baz senaryonun (Eylemsizlik maliyeti-Business as Usual) belirlenmesi ve uyum önlemlerinin maliyetlerinin tahmininde en sık kullanılan metodolojiler açıklanacaktır. Sonraki bölümde ise uyum eylemlerinin maliyetlerinin hesaplanmasına ilişkin uygulamalar önceki bölümlerde kısaca değinilen belirleyici unsurlar göz önünde bulundurularak; küresel, ulusal ve sektörel düzeyde tartışılacaktır. Son bölümde ayrıca Türkiye’de sektörel ölçekte gerçekleştirilecek uyum önlemleri maliyet hesaplamasına girdi teşkil edebilecek bilgilere de değinilecektir.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

## Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

### 2. Uyum Maliyetlerinin Tanımı

Uyum maliyetlerini tahmin etmeye geçmeden önce maliyet ifadesini tanımlamakta yarar bulunmaktadır. Pek çok çalışma Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) Dördüncü Değerlendirme Raporu'nda (AR4) kullandığı tanıma atıf yaparak uyum maliyetlerini hesaplamaktadır. IPCC'ye göre uyum maliyeti; işlem maliyetleri de dahil olmak üzere uyum önlemlerinin planlanması, hazırlanması, kolaylaştırılması ve uygulanması maliyetlerini kapsamaktadır (IPCC, 2011). BMİDÇS tarafından ise uyum maliyeti, gelecekteki iklim değişikliğine uyum sağlamak veya iklim değişikliğinden yararlanmak için gereken herhangi bir ek yatırımın maliyeti olarak tanımlanmaktadır (UNFCCC, 2007).

Diğer taraftan, IPCC aynı zamanda eksiksiz bir maliyet muhasebesinin, uyum eylemini geliştirmek, uygulamak ve sürdürmek için harcanan kaynakların yanı sıra, parasal ve parasal olmayan ölçütleri de içermesi gerektiğini, dolayısıyla uyum eylemlerinin uygulanması sonucunda kaçınılan zararları veya refah artışlarını da hesaba katması gerektiğine değinmiştir (IPCC, 2014). Bir başka ifadeyle yalnızca maliyetlerin değil, uyum eylemlerinin getireceği faydaların da göz önünde bulundurulması gerektiği düşünölmektedir.

Uyum faydaları, bir uyum eyleminin hayata geçirilmesinin ardından meydana gelen iklim değişikliği kaynaklı zararlardaki azalma ve iklimle ilgili refah seviyesindeki artış olarak tanımlanmaktadır (World Bank, 2010). Uyum maliyetleri ve faydaları hesaplanırken iklim değişikliğinin neden olduğu ekonomik maliyet ile uyum eylemlerinin maliyetleri arasındaki dinamik önemli bir unsurdur. Bu bakımdan konuyu ekonomi teorisi çerçevesinde de ele almak uyum maliyetlerinin hesaplanması noktasında karşı karşıya kalacağımız koşulları anlamak açısından yarar sağlamaktadır. IPCC tarafından bu konuya ilişkin hazırlanan Şekil 2-1Error! Reference source not found., uyum maliyeti (X-ekseninde) ile iklim değişikliğinin kaçınılamayan (artık) maliyeti (Y-ekseninde) arasındaki ilişkiyi görselleştirmektedir.

Soldaki grafik iklim değişikliğine tam olarak uyum sağlanmasının, bir diğer deyişle yeterli miktarda uyum eylemleriyle iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin tümüyle giderilebileceği teorik bir tabloyu ortaya koymaktadır. Gerek uyum gerekse de azaltım bağlamında atılan tüm adımlara ve hayata geçirilen tüm eylemlere rağmen giderilemeyen iklim değişikliği zararları, kalıntı/artık maliyet veya etki olarak nitelendirilmektedir.

Sağdaki grafik ise tam olarak uyumun mümkün olmadığı, yalnızca uyum temasında ne kadar yatırım yapılırsa yapılsın, teknoloji limitleri gibi çeşitli engeller veya boşluklar nedeniyle iklim değişikliği kaynaklı zararların bir kısmının giderilemeyeceği teorik tabloyu yansıtmaktadır. Her iki grafik de iklim değişikliği maliyetleri ile uyum maliyetleri arasındaki negatif bir ilişki olduğunu göstermektedir.

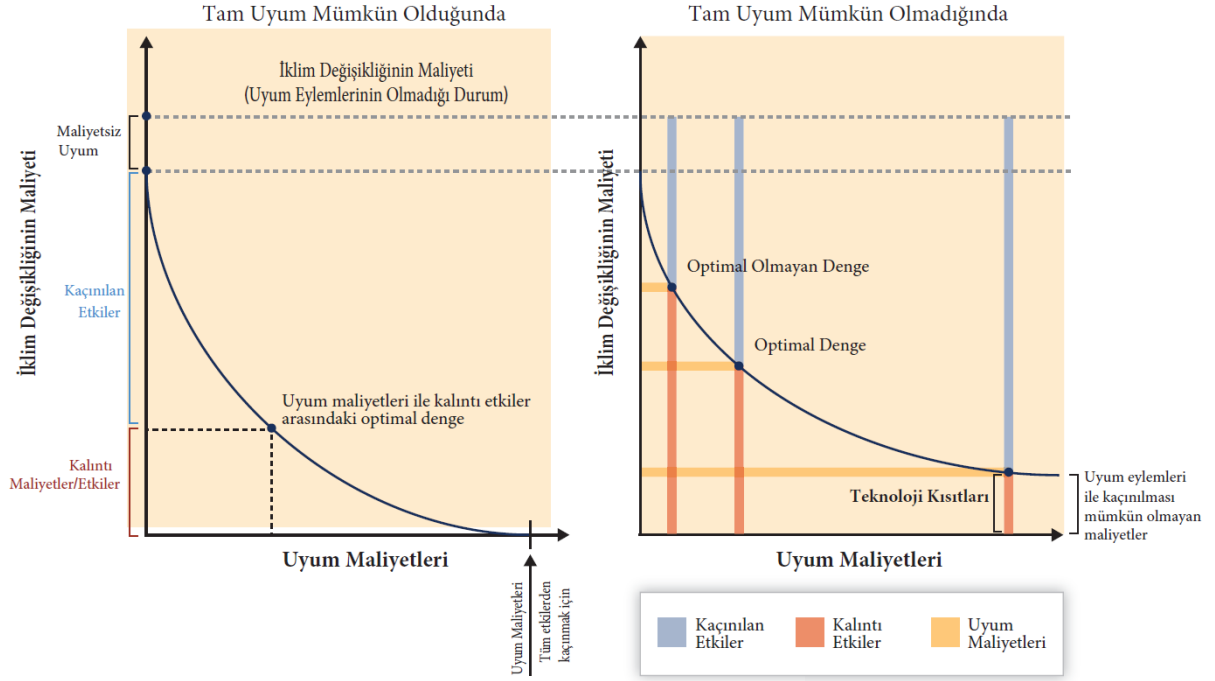
Şeklin incelenmesinden de göröleceği üzere, iklim değişikliğinin neden olduğu zararların bir kısmının herhangi bir maliyete katlanılmadan azaltılabileceği görölmektedir. Tarım sektöründe değişen iklim koşullarının gözlemlenmesi sonucunda ürün ekim tarihlerinin bireyler tarafından değiştirilmesi bu duruma örnek gösterilebilmektedir.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi



Şekil 2-1 Optimal Uyum Maliyetlerine Erişim (IPCC, 2014)

Ekonomi teorisi, optimal uyum seviyesinin, marjinal uyum maliyetleri ile marjinal uyum faydalarının eşitlendiği uyum eğrisi üzerindeki nokta olduğunu ifade etmektedir. Bu doğrultuda optimal uyum maliyetleri soldaki grafikte, iklim değişikliğinin etkilerinden kaçınılmasının mümkün olmadığı seviye ile uyum eğrisinin kesiştiği noktada yer almaktadır. Eğer boşluklar ve engeller sağdaki grafikte gösterildiği üzere, optimumun altında bir durum ortaya çıkartıyorsa, uyumun marjinal maliyetleri ve faydaları eşit olamamaktadır. Teorik olarak bunun nedeni olarak uyum için gerekenden fazla yatırım yapılması gösterilmekte olup, böylesi bir durumda uyum için 1 ABD doları yatırım yapmak iklim değişikliği kalıntı maliyetini 1 ABD dolarından daha az azaltmaktadır (marjinal maliyet marjinal faydanın üzerinde olmaktadır). Tersi durumda (sağ panel) ise uyum için yeterli yatırım olmadığı bir koşulda uyum faaliyetlerine 1 ABD doları fazla yatırım yapmak, kalıntı maliyeti 1 ABD dolarından fazla azaltacaktır (marjinal fayda marjinal maliyetin üzerinde olmaktadır).

Dolayısıyla karar vericilerin yatırım bütçelerini oluştururken iklim değişikliği maliyetlerinin ne kadarından uyuma yatırım yaparak kaçınılabileceklerini ve bunu yaparken ne gibi maliyetleri azaltmalarının mümkün olamayacağını göz önünde bulundurmaları gerekmektedir. Bu durum maliyet unsurları hesaplanırken mutlak suretle uyum eylemlerinden sağlanacak faydaların da ortaya konulması gerektiğini göstermektedir (Chambwera ve diğerleri, 2014).

Uyuma yönelik yatırım yapmanın faydalarının genellikle maliyetlerden daha ağır bastığını belirtmek de önem arz etmektedir. Küresel Uyum Komisyonu (GCA), erken uyarı sistemleri, iklime dayanıklı altyapıların inşası, gelişmiş kuru arazi tarımının yapılması, küresel mangrov korumasının sağlanması ve esnek su kaynaklarının tesisi alanlarında 1,8 trilyon ABD doları tutarında bir yatırımın 7,1 trilyon ABD doları tutarında fayda sağlayabileceğini tahmin etmektedir. Diğer bir ifade ile bir birimlik bir uyum yatırımı yaklaşık dört birimlik bir fayda yaratmaktadır. Bahse konu faydalar çoğunlukla gerçekleştirilen uyum yatırımları sonucunda kaçınılan maliyetlere atfedilmekte ve parasal olarak ifade edilemeyen sosyal ve çevresel faydaları da içermektedir (GCA, 2019).



T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE  
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI



Çevre ve İklim  
Eylemi Sektör  
Operasyonel Programı



İklime Uyum





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

#### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

Uluslararası kuruluşlar tarafından, iklim değişikliğine uyum teması altında yapılan yatırımların uzun vadeli tasarruflar sağladığı farklı coğrafi bölgelerde gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda ortaya konulmuştur. Öte yandan bu faydalar her zaman artış eğilimi içerisinde bulunmamaktadır. Araştırmalar, uyum için yapılan toplam yatırımlar arttıkça, uyum maliyetlerinin faydalardan daha hızlı artması ve nihayetinde daha küçük net faydalara yol açmasına yönelik bulgulara ulaşmışlardır (Aligishiev ve diğerleri, 2022).



T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE  
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI



Çevre ve İklim  
Eylemi Sektör  
Operasyonel Programı



iklime uyum





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

## 3. Maliyet Tahmini Yapılırken Kullanılan Belirleyiciler ve Karşılaşılan Zorluklar

Görüldüğü üzere uyum temasında alınacak eylemlere yönelik yapılacak yatırımların maliyetlerinin hesaplaması noktasında pek çok unsuru göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Raporun bu bölümünde bahse konu unsurlar ve hesaplamada karşılaşılan güçlükler ele alınacaktır.

### 3.1. Hesaplamanın Belirleyicileri

#### 3.1.1. Kapsam

Uyum maliyetlerini hesaplarırken hiç şüphesiz ilk belirleyici unsur hangi sektörlerin ve risklerin bahse konu hesaplama kapsamında ele alınacağı olacaktır. Kapsam dahiline alınan sektörlerin ve göz önünde bulundurulmuş risklerin niteliksel ve niceliksel özellikleri arttıkça maliyetlerin boyutunun artmasını beklemek mümkün olacaktır. Öte yandan kapsam ne kadar geniş olursa, o denli belirsizlik ve hesaplama güclüğü de ortaya çıkacaktır. Bu nedenle gerçekleştirilen çalışmaların büyük bir çoğunluğunda önceliklendirilen sektörler ve bu sektörlerin karşı karşıya kaldığı önemli risklere odaklanılmaktadır (UNEP, 2021).

Bu yaklaşım her ne kadar hesaplama noktasında çalışmalarda kolaylık sağlamakta olsa da çeşitli eleştirilere de konu olmaktadır. Zira bu durumun bir sonucu olarak, ekosistemlerin korunması, enerji, perakende, turizm, finans gibi bazı önemli sektörler uyum maliyetlerinin hesaplanmasında göz ardı edilmekte ve ortaya çıkan tahminler uyum maliyetlerini olduğundan daha az göstermektedir. Bu çerçevede yapılan araştırmalar, diğer sektörlerin göz ardı edildiği durumda, hesaplama konusu edilen sektörler için 2-3 kat daha düşük maliyet hesaplanmasının yapıldığına dikkat çekmektedir (Parry ve diğerleri, 2009). Aynı çalışmada risklere ilişkin eleştiriler ise kapsam çerçevesinde ele alınan risklerin sayısı ve türüne odaklanmaktadır. Sektörlere yönelik belirlenen risklerin, tüm riskleri kapsamadığı savunulmaktadır. Örnek olarak tarım sektöründeki uyum maliyetlerine odaklanan çalışmaların mahsullerdeki hastalıktan kaynaklanan veya tarım uygulamalarının değiştirilmesi sonucunda ortaya çıkan zararlara odaklanmaması eleştirilmektedir. Bir diğer örnek olarak ise kıyı bölgesi riskleri analiz edilirken okyanusların asitlenmesi riskinin göz ardı edilmesi verilmektedir (UNEP, 2021).

Maliyetleri hesaplanan sektör ve riskler belirlenirken bu çerçevede yapılacak yatırımların neler olacağı da kapsamı belirleyen bir diğer unsurdur. Bu noktada literatürde çoğunlukla planlanan kamu temelli yatırımların maliyetlerinin gözetildiği, hanehalkları, çiftçiler ve özel kesim tarafından yapılan otonom uyum eylemlerinin maliyetlerinin hesaplanmaktan kaçınıldığı görülmektedir. Dolayısıyla bu unsurların da kapsam dahiline alınmasının maliyetleri artırması beklendiği gibi, hesaplama sürecinin daha fazla veriye ihtiyaç duyması sebebiyle de zorlaşacağı düşünülmektedir.

#### 3.1.2. Hedefler ve Sayısal Metodolojiler

Uyum önlemlerinin maliyet tahminleri, hesaplama konusu edilen uyum hedefi ve amacının yanı sıra iklim değişikliğinin etkileri, uyum maliyetleri ve uyumdan sonra kalan maliyetler arasında ulaşılmak için seçilecek nokta tercihinin göre de değişiklik göstermektedir. Bu bağlamda literatürde uyum maliyetlerinin hesaplanmasına odaklanan çalışmalardan bir kısmı maliyetler, faydalar ve kalan zararlar arasındaki optimal dengeye, bir başka deyişle ekonomik verimliliğin tesis edildiği varsayımına dayanarak hedefleri belirlerken, bazı çalışmalar iklim değişikliğinin etkilerinden daha yüksek düzeyde bir korunmanın sağlanmasını göz önünde bulundurup hedefleri bu seviyeleri dikkate alarak seçmektedir.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

Bu iki yaklaşımın ortaya koyduğu hesaplamaların farklılıklarını araştıran çalışmalar ise hedef seçiminin maliyet tahminlerinde iki ila dört katına kadar farklılığa yol açabileceğini öne sürmektedir. Hedefler açısından, optimal çerçeveleri benimseyen çalışmaların, diğer yöntemleri kullanan çalışmalara kıyasla daha düşük maliyet tahminleri ürettikleri ifade edilmektedir.

#### 3.1.3. Zaman Aralığı ve Sera Gazı Azaltımına İlişkin Belirsizlikler

Gelecekte sera gazı emisyonlarının ne ölçüde azaltılabileceğine ilişkin tahminler oldukça değişkenlik içermektedir. Bu değişkenlik hiç şüphesiz hesaplanacak uyum maliyetlerini de etkileyecektir. Zira, sera gazı emisyonları ne kadar azaltılırsa, uyum temasına yapılacak yatırımın da daha düşük seviyede tutulması mümkün hale gelebilecektir. Bu nedenle, uyum maliyeti tahminleri, gelecekteki sera gazı emisyon seviyeleri hakkında yapılan varsayımlarla yakından ilişkili olup, bu projeksiyonların ve ele alınan projeksiyonlar içerisinde hangi senaryoların ve yılların dikkate alındığına göre farklılık göstermektedir.

Örnek olarak IPCC yayımlanmış olduğu AR6 raporunda, AR5'in yayımlanmasının üzerinden geçen dönemden sonra, iklim tehlikeleri, bu tehlikelere maruz kalma ve bahse konu tehlikelere karşı kırılganlıklara ilişkin oluşturulan gözlemlenen ve öngörülen etkiler ve risklere ilişkin bilgi tabanının rapor genelinde tanımlanan kilit risklerle birlikte geliştirildiğini belirtmektedir (IPCC, 2022). Benzer şekilde Chapagain ve diğerleri (2020) de birçok küresel, ulusal ve sektörel çalışmada uyum maliyetlerinin daha önceki çalışmalara göre arttığını belirtmektedir. Söz konusu çalışmada ayrıca, UNEP tarafından yayımlanan 2016 yılı Uyum Açığı Raporu'na benzer bir yaklaşım kullanan ve gelişmekte olan ülkeler için küresel uyum maliyetlerine ilişkin yakın tarihli gerçekleştirilen bir araştırmada, maliyet tahminlerinin söz konusu rapordakilerle benzer bir aralıkta olduğunu ancak 2030'dan sonra yüksek emisyon senaryolarında daha yüksek uyum maliyetlerinin açığa çıktığı bulgusuna erişildiği ifade edilmektedir (Chapagain ve diğerleri, 2020).

Öte yandan tüm çalışmalar, toplam iklim değişikliği maliyetlerini büyük ölçüde hafife alan varsayımlar kullanmaktadır. Bugüne kadar gerçekleştirilen çalışmaların hiçbirinde, Grönland Buz Levhasının hızla erimesi gibi iklim değişikliği açısından kırılma noktalarını aşmanın veya iklim değişikliği kaynaklı kitlesel göç ve savaş gibi maliyetleri dikkate almadığı ifade edilmektedir. Bununla birlikte çalışmaların pek çoğu biyoçeşitlilik kaybı gibi piyasa dışı etkilerin kapsamını da sınırlı tutmakla eleştirilmektedir (Aligishiev ve diğerleri, 2022). Bu büyük etkilerin maliyetlerini hesaplamalara dahil etmemek, uyum maliyetlerinin ne kadar sağlıklı hesaplanabileceği konusunda soru işaretleri yaratmaktadır.

#### 3.1.4. Uyum Açığı

İklim değişikliğine uyum eylemleri belirlenirken hali hazırda bu doğrultuda atılmış olan adımlar ile gerçekleştirilmiş yatırımlar kimi zaman göz ardı edilebilmektedir. Uyum açığı, uyuma yönelik daha önceden yapılmış yatırımlar ile yapılması gereken yatırımlar arasındaki farkı ifade etmektedir.

Burton (2004) tarafından yapılan araştırmada bu açığın gözden kaçırılması durumunda uyum eylemlerini daha az etkili olacağı ortaya konulmaktadır. Uyum açığını göz ardı eden çalışmalardan elde edilen tahminlerin görece iyimser olduğu sonucu çıkmaktadır.

Uyum açığının ele alınması, birçok ülkenin uyum planlarına ve stratejilerine dahil etmediği mevcut iklim değişikliği ve aşırılıkların olumsuz etkileriyle ilgilidir. Bahse konu uyum açığı öncelikle iklim değişikliğinden kaynaklanmasa da uyum açığı giderilmezse gelecekteki uyum eylemlerinin daha az etkili olacağı düşünülmektedir (UNEP, 2021).







Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

### Kutu 3-1: Kalkınma ve Kalkınma Açıklarının Maliyet Tahminlerindeki Yeri

Kalkınma ifadesi, bir ülkenin ekonomik, sosyal, kültürel veya teknolojik olarak ne kadar gelişmiş olduğunu ölçmek için kullanılmaktadır. Bir ülkenin kalkınma düzeyini incelemek, söz konusu ülkenin halihazırda diğer ülkelerle veya kendisinin geçmişteki gelişmişlik düzeyiyle karşılaştırıldığında ne kadar ilerleme kaydettiğini ölçmekle ilişkilendirilebilmektedir.

Kalkınma Açığı ifadesi ise, dünyanın en zengin ve en fakir ülkeleri arasındaki gelişmişlik seviyelerindeki genişleyen farkı ifade etmektedir. Ülkelerin kalkınma açıklarını değerlendirmek için kullanılan birçok farklı ölçü bulunmakta olup, bunlar, çeşitli insani ve ekonomik göstergeleri, diğer ülkelerle karşılaştırmaları ve diğer ilgili istatistikleri kapsayabilmektedir.

Uyum açığı UNEP tarafından; iklim değişikliğine uyum kapsamında, fonlara erişim, kapasite geliştirme ile izleme ve değerlendirme sistemleri gibi hususlarda halihazırda hayata geçirilenler ile ihtiyaç duyulan uygulamalar arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır (UNEP 2013).

Her iki tanıma bakıldığında ilk etapta oldukça farklı boyutlara sahip oldukları düşünülse de, iki terim arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Zira gelişmekte olan birçok ülkede, mevcut koşullarda iklim değişikliğine yönelik atılan adımlar ile atılması gerekli olan adımlar arasında önemli bir açık bulunmaktadır. Bu nedenle, örneğin tarım sektöründe, nispeten az bilgiye sahip olan ve yatırım sermayesi olmayan çiftçiler, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine yönelik harekete geçebilmek için çok az kaynağa sahiptirler. Buna karşın daha yüksek kalkınma düzeyine sahip veya kalkınma politikalarının uygulandığı bir ekonomide, tarımsal kalkınma projelerinin yürürlükte olması ve etkili bir şekilde yürütülmeleri durumunda ise bu çiftçiler, iyi uygulamalar hakkında daha fazla bilgiye sahip olacak ve yeni teknolojileri deneme riskini almaya yetecek kadar birikime sahip olacaklardır (Farley ve Farmer, 2013).

İklim değişikliğine uyum sağlamanın toplam maliyetini tahmin etmeyi amaçlayan çalışmalarda, bu açıklara yönelik eyleme geçme maliyetlerinin dahil edilip edilmeyeceği konusunda bazı görüş ayrılıklarından söz etmek de mümkündür. Bununla birlikte, bu açıkların dahil edilmediği modellerde ulaşılan maliyet tahminlerinin, açıkları göz önünde bulunduran çalışmalara kıyasla görece düşük olduğu değerlendirilmektedir.

İklim değişikliğinin etkilerine ilişkin belirsizlik unsurunun tahmin modelleri üzerindeki büyük etkisi düşünüldüğünde bazı uzmanlar, kalkınma veya uyum açıklarını çalışmalarına dahil etmenin bu belirsizliği daha da artıracaklarını savunmaktadırlar. Örnek olarak Dünya Bankası (2010) küresel ve gelişmekte olan ülkeler özelinde yürüttüğü uyum maliyetlerinin tahmini çalışmalarında bu unsurları dahil etmek yerine yalnızca iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin mevcut koşulları ne şekilde değiştirebileceğine odaklanmıştır.

Diğer taraftan örnek olarak afet risk yönetimi bağlamındaki politikaların iklim değişikliğine uyum çerçevesinde ortaya koyacağı maliyete yönelik gerçekleştirilen çalışmalarda ise uzmanlar kalkınma açığının dahil edilmesinin son derece kritik olduğunu savunmaktadırlar. Nitekim afetler sonucu ortaya çıkması tahmin edilen olumsuzlukların, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin yanı sıra kalkınma ve uyum açıklarının da bir sonucu olduğu değerlendirilmektedir (Farley ve Farmer, 2013).





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

#### 3.1.5. İskonto Oranı

Uyum maliyetleri ve sonuçları zamanla ortaya çıktığı için, iskonto oranları temel bir diğer belirleyici olarak karşımıza çıkmaktadır. İskonto oranına ilişkin tüm kesimlerin kabul ettiği ortak bir fikir bulunmamakta, bu bakımdan yaklaşımlara göre çalışmalar arasında büyük farklılıklar gözlemlenmektedir (Hof ve diğerleri, 2010).

Örnek olarak Hof ve diğerleri (2010), uzak gelecekteki iklim değişikliğinin önemli olması için olası iklim maliyetlerinin bugünkü değerini daha yüksek çıkartacak düşük bir iskonto oranına ihtiyaç olduğunu belirtmektedir. Buna paralel olarak Nordhaus (2008) çalışmasında iskonto oranı için yüzde 1,5 oranında bir değer seçerken Stern (2006) yüzde 0,1 düzeyinde çok daha düşük bir değer kullanmaktadır. Nordhaus, belirlediği orana gerekçe olarak yatırım getirisi oranıyla tutarlılığı vurgularken, Stern etik konulara işaret etmektedir. Konuya ilişkin olarak, Birleşik Krallık Hazinesi, davranışsal çalışmalar ve teorik analizlerine dayanarak, uzun vadeli projeler için azalan iskonto oranlarının kullanılmasını önermektedir (Arrow ve diğerleri, 2013). Öte yandan, Dünya Bankası ise çalışmalarında iskonto oranı olarak yüzde 5 ila 6 düzeylerini tercih etmektedir (Dünya Bankası, 2010; 2021).

#### 3.1.6. Uygulama Maliyetleri

Uyum eylemlerinin fiili olarak uygulanması ile bu eylemlerin izlenmesi ve raporlanması ihtiyacının tümü, birçok teknik çalışmanın göz ardı ettiği ek maliyetlere yol açmaktadır. En az gelişmiş ülkeler için, yeterli kurumsal veya teknik kapasitenin olmaması dolayısıyla uyum önlemlerinin etkinliğini etkileyecek ek yönetim zorlukları da bulunmaktadır. Bu zorluklar, uyumun maliyet etkinliğini azaltmaktadır. Söz konusu koşulların düzeltilmesi için ise dış kaynaklardan destek gerekmekte olup, bunun tesisi de kamuya ek maliyetler getirmektedir.

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde yetersiz kapasite, finansman eksikliği ve bir dizi davranışsal engellerin tümü uyum eylemlerinin etkinliğini azaltmakta, uyum eylemlerinin faydalarının beklenenden daha düşük, kalıntı zarar seviyelerinin daha yüksek olmasına neden olmaktadır. Örnek olarak, Dünya Bankası tarafından 2010 yılında yürütülen İklim Değişikliğine Uyum Ekonomisi (EACC) projesi ile 2007 yılında yürütülen BMİDÇS çalışmaları kıyı bölgelerindeki uyum maliyetlerini tahmin etmiş ve bunu yaparken her ikisi de aynı modelleme metodolojisini kullanmışlardır. Ancak, birim maliyetler ve bakım maliyetlerine ilişkin varsayımlardaki değişiklikler sebebiyle, nihai tahminler arasında beş kata yakın bir fark bulunmaktadır (UNEP, 2021).

#### 3.1.7. Diğer Maliyetler

Maliyet tahminleri, sosyoekonomik kalkınma trendleri hakkında yapılan varsayımlara göre farklılık gösterecektir. Sosyoekonomik kalkınma, mevcut kırılmalıkların azaltıldığı ve/veya uyum kapasitelerinin artırıldığı durumlarda gelecekteki uyum maliyetlerini azaltabileceği gibi, yetersiz planlamanın bir sonucu olarak veya artan varlık fiyatlarının sonucu olarak maliyetleri artırabilmektedir. Benzer şekilde, uyum maliyetleri, beklenen ekonomik büyüme ile güçlü bir şekilde değişmektedir.

### 3.2. Hesaplamada Karşılaşılan Boşluklar ve Engeller

Uyum önlemlerinin maliyetlerinin tahmininde yukarıda bahsedilen unsurlar kullanılarak hesaplamalar gerçekleştirilse dahi birtakım boşluklar ve engeller dolayısıyla tüm maliyetler doğru bir şekilde hesaplamalara yansıtılamamaktadır. Uyum önlemlerinin maliyetlerine ilişkin tahminde bulunan çalışmalar yalnızca sınırlı uyum seçenekleri ve riskleri kapsadığı, iklim değişikliğinin etkilerini ölçümlemek için farklı metodolojiler, iklim senaryoları ve zaman çerçeveleri kullandıkları için çalışmalar





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

arasında karşılaştırma yapabilmek ve toplam etkiyi görmek oldukça zordur (Sussman ve diğerleri, 2014).

Uyum eylemlerinin iklim değişikliğinin tüm olumsuz etkilerini ortadan kaldıramayacağı açıktır. Bu nedenle bu eylemlerin bir sınırı bulunmaktadır. Mevcut tahminlerin pek çoğu ise hesaplama kolaylığından ötürü herhangi bir kısıtlama olmaksızın iklim değişikliğine uyumun gerçekleştiği varsayımına dayanmaktadır. Ancak uygulamada, fiziksel ve ekolojik kısıtlamalar ile teknolojik sınırlamalar, bilgi ve bilişsel engeller ve hatta sosyal ve kültürel engeller tarafından belirlenen uyum sınırları olacaktır. Bahse konu sınırları ölçümlemek oldukça zor olmakla birlikte bu tür sınırların daha yüksek maliyet tahminleriyle sonuçlandığı açıktır. Öte yandan uyumun sınırları ile kayıp ve zararı önleme, en aza indirme veya ele alma maliyetleri arasındaki ilişki belirsizliğini korumakta ve maliyet hesabında büyük bir boşluk olmaya devam etmektedir.

Gelecekteki iklim değişikliğinin olası ekonomik maliyetlerini tahmin etmek, yukarıda da değinildiği üzere son derece güçtür. İklim değişikliğinin, doğal iklimin ve biyofiziksel sistemlerin dinamikleri üzerinde ne gibi etkiler doğuracağı günümüz itibarıyla eksiksiz bir biçimde tespit edilememektedir. Bunun yanında gelecekteki sosyal ve ekonomik sistemlerin nasıl şekilleneceği, iklim değişikliğinin etkilerinin ne zaman ve nerede meydana gelebileceğini tahmin etme noktasındaki belirsizlikler de hesaplamalar üzerinde ciddi varsayımlar yürütmeyi, dolayısıyla bu varsayımlara göre farklılaşan sonuçları da beraberinde getirmektedir. Bu belirsizlikler, birçok uyum eyleminin gerçekleşmesinin beklendiği bölgesel ve yerel düzeylerde daha da artmaktadır (Li ve diğerleri, 2014).

Bazı farklılıklar ise, iklim değişikliği olmasa dahi ihtiyaç duyulacak geniş kalkınma yatırımlarının modellere dahil edilmesi veya modellerden hariç tutulmasına bağlanabilmektedir (Hallegatte ve diğerleri, 2018). Örnek olarak, çalışmalarda, uyum maliyet tahminleri hesaplanırken halk sağlığında gerçekleşecek ilerleme seviyesinin bu maliyetler üzerindeki doğrudan etkisine yönelik varsayımlar da farklılaşmaktadır. Halk sağlığında elde edilecek ilerlemenin, bulaşıcı hastalıklar dikkate alındığında iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden ötürü zarar görmesi beklenirken, iklim değişikliği olmasa bile ekonomiler büyüdükçe halk sağlığının iyileşmesi teorik olarak beklenmektedir. Dolayısıyla farklı araştırmalar, uyum ihtiyaçları konusunda halk sağlığı yatırımlarının payına ilişkin farklı varsayımlar kullanmaktadırlar.

Uyum faydalarının hem mikro hem de makro düzeydeki tahminleri, optimal tasarım ve uygulamayı varsaydıkları için uyumun maliyetini hafife alma eğilimindedirler. Ayrıca büyük yatırımlar gerçekleştirilirken maliyetler hemen ortaya çıkmakta, ancak faydalar uzun vadede oluşmaktadır (Guo ve Quayyum, 2020). Bu noktada modellemelerin varsayımları noktasında dikkatli davranmak gerekmektedir.

Maliyet hesaplaması yapılırken belirlenecek hedefler noktasında özellikle uyum maliyetleri ve faydaları ile kalan etkiler arasında hangi denge noktasının hedef olarak belirleneceği yukarıda açıklanmıştır. Hedef düzeyin belirlenmesi gibi kritik bir konuda farklı yaklaşımlar bulunması sebebiyle uyum düzeyinin belirlenmesinde bilimsel unsurların yanı sıra subjektif kararlar da yer almaktadır. Bunun neticesinde de tek ve mutlak bir uyum maliyet çerçevesi çizmek neredeyse imkânsız hale gelmektedir.

Bir diğer tartışma ise uyum açığı noktasında ortaya çıkmaktadır. Farklı görüşler bulunmakla birlikte uyum açığının sifıra indirilmesinin ekonomik olarak verimli olmadığına dair görüş yaygın kabul görmektedir. Öte yandan pek çok gelişmiş ülkede dahi uyum açığı bulunduğu gerçektir. Bu nedenle kritik konunun, mevcut uyum açığının optimalin altında olup olmadığı düşünülmektedir. Ayrıca teorik





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

olarak hangi unsurların kalkınma açığı ve hangi unsurların uyum açığı olarak sayılması gerektiği noktasında net bir ayırım yapılamamaktadır (Watkiss, 2015).

#### Kutu 3-2: Yumuşak Uyum (Soft Adaptation) ve Sert Uyum (Hard Adaptation) Önlemleri

Uyum önlemleri belirlenirken ortaya konulan seçenekler yumuşak uyum (soft adaptation) ve sert uyum (hard adaptation) önlemleri olarak sınıflandırılabilir. Yumuşak önlemler arasında, daha çok kurumsal gelişimi hedefleyen insan davranışını ve yönetim tarzlarını değiştirebilecek, uyum kapasitesinin geliştirilmesine ve iklim değişikliği konularında farkındalığın artırılmasına katkıda bulunabilecek politika, yasal, sosyal, yönetsel ve finansal önlemler yer almaktadır. Sert uyum önlemleri ise iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı uyum sağlama amacıyla genellikle bir fiziksel yatırım gerektiren yapı kurulmasına yönelik mühendislik çözümlerini nitelendirmek için kullanılmaktadır.

Politika bileşimlerinde bu iki önlem seti birbirlerinin yerine kullanılmaktan ziyade tamamlayıcı unsurlar olarak düşünülmektedir. Örnek olarak afet riski yönetiminde yumuşak ve sert önlemlerin farklı kullanım alanları olabilmektedir. Bu noktada doğal afetlerin dolaylı olarak neden olabileceği, iş kesintileri, arz-zinciri bozulmaları, üretim kesintileri, afetten etkilenen kişilerde ortaya çıkabilecek psikolojik etkiler, acil durum maliyetleri gibi unsurlara yönelik olarak; sigortacılık, küçük işletmelere yönelik destekler gibi yumuşak önlemlere başvurulabilmektedir. Öte yandan, afet sonucu ortaya çıkabilecek fiziki zarar, sakatlıklar ve diğer doğrudan ekonomik etkilerden kaçınmak amacıyla bent, deniz duvarı inşası ile binaların güçlendirilmesi gibi sert uyum önlemlerinin yanı sıra erken uyarı sistemleri, arazi planlama vb. yumuşak uyum eylemleri de uygulanabilmektedir. Su kaynakları yönetiminde ise tuzdan arındırma, suyun yeniden kullanımı, su taşıma, baraj ve su depolama tesisi gibi bir yapı inşası veya bir mühendislik çözümü gerektiren sert önlemler maliyet hesaplamalarına konu edilirken, su talebinin yönetimi ve baraj işletmelerine yönelik düzenlemeler gibi seçenekler bu hesaplamalarda yumuşak önlemler arasında kendilerine yer bulmaktadır.

Buna karşın iklim değişikliğine uyum önlemlerinin maliyetleri tahmin edilirken çoğu zaman yumuşak uyum seçenekleri göz ardı edilmektedir. Afet riski yönetimi çerçevesinde özellikle aşırı hava olaylarına odaklanan seçeneklerin maliyetlendirilmesi dışında neredeyse tüm sektörlerde mühendislik çözümleri ile bir yapı kurulması, güçlendirilmesi gibi sert uyum seçeneklerinin, yumuşak uyum seçenekleri yerine tercih edildiği görülmektedir. Bunun temel sebebinin büyük ölçüde sert uyum önlemlerinin maliyetlerinin tahmininin, yumuşak seçeneklere kıyasla daha kolay olması olarak değerlendirilmektedir. Aşırı hava olaylarına yönelik uyum eylemleri maliyetlendirilirken ise beşerî sermayeye yatırım büyük bir öneme sahip olması sebebiyle yumuşak uyum önlemleri daha fazla hesaba katılma eğilimindedir.

Sert uyum önlemlerinin maliyetlerinin hesaplanması daha kolay olmakla birlikte, yumuşak uyum eylemlerinin göz ardı edilmesi sebebiyle çoğu tahminin uyum maliyetlerini hafife aldığı düşünülmektedir (UNEP, 2021). Öte yandan, su tedarik sistemlerinin genişletilmesi gibi sert uyum önlemlerinin belirlenmesi ve hesaplamalara dahil edilmesi nispeten kolay olmakla birlikte, su talebinin düzenlenmesi gibi yumuşak önlemlerden genellikle çok daha maliyetlidirler (Parry ve diğerleri, 2009). Bu bağlamda hesaplama açısından kolay seçenek olan sert uyum önlemlerini tercih ederken, bu analizin maliyet etkinlik açısından da değerlendirilmesi gerektiği unutulmamalıdır. Bu sebeple hangi önlemlerin göz ardı edileceği, hangilerinin ise kapsam dahilinde araştırılacağı büyük bir titizlik gerektirmektedir.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

#### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

Uyum eylemlerinin maliyetlerinin belirlenmesinde kullanılan verilerin kalitesi ve erişilebilirliği maliyet hesaplamasında oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamdaki boşluklar ve engeller açısından da derin bir tartışmayı beraberinde getiren veri kalitesi konusu özellikle gelişmekte olan ülkelerde politika yapıcı ve araştırmacılar için problem teşkil etmektedir. Nitekim bahse konu ülkelerde verilerin düşük kaliteli ve sınırlı olmaları, birçok işlemin kayıt dışı ekonomi kapsamında yürütülmesi ve bu nedenle raporlamalarda eksiklikler yaşanması sebebiyle uyum faaliyetlerine ilişkin verilerin de soru işareti taşıdığı ifade edilmektedir. Tarihi meteorolojik verilere ilişkin bilgi eksikliği sebebiyle Hughes ve diğerleri (2010) uyum eylemlerinin hesaplanmasına ilişkin zorlukları raporlamışlardır. Agrawala ve Fankhauser (2008) ise ekosistem hizmetlerine ilişkin verilerin eksikliğinden hesaplamalarının etkilendiğini ortaya koymuşlardır.

Maliyet hesaplamalarında gerçekleştirilen çoğu tahmin, "yumuşak" kurumsal gelişim kapsamında davranışsal veya düzenleyici uyum eylemleri yerine fiziksel yatırım faaliyetlerinden oluşan "sert" yapısal uyum önlemlerini dikkate alma eğilimindedir. Bu, çoğu tahminin uyum maliyetlerini hafife almasına neden olmaktadır (UNEP, 2021). Erken uyarı sistemleri, toplum hazırlık programları, su havzası yönetimi, kentsel ve kırsal bölgelendirme ve su fiyatlandırması gibi yumuşak uyum önlemleri, genellikle toplu eylemle desteklenen etkili kurumsal yapılara ve düzenlemelere dayanmaktadır. Sert önlemlerin maliyetinin daha kolay hesaplanabilmesi ve her ülke için bu tür kurumsal ön koşulların var olup olmadığını bilmek güç olduğundan, çalışmalar genellikle mühendislik maliyetleriyle öne çıkan sert uyum önlemlerini tahmin etmeyi tercih etmektedir (Narain ve diğerleri, 2011).





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

#### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

## 4. Baz Senaryo ve Tahmin Metodolojileri

Uyum önlemlerinin maliyetlerini tahmin ederken belirlenecek ilk unsur, mevcut koşulların devamı halinde paydaşlar tarafından ne gibi bir gidişatın beklendiğidir. Bir başka deyişle incelenecek süre boyunca öngörülen uyum önlemlerinin hayata geçirilmediği bir konjonktürün resmedilmesi gerekmektedir. Bu durum küresel, ulusal veya sektörel düzeyde bir baz senaryonun belirlenmesini gerekli kılmaktadır.

Son yirmi yıla baktığımızda uyum eylemlerinin maliyetlerinin tahmin edilmesine yönelik önemli çalışmalara rastlamak mümkündür. Bu çalışmalar, izlenen metodolojik yaklaşımlar açısından oldukça büyük farklılıklar içermektedir. Uyum eylemlerinin maliyetlerinin tahminini gerçekleştiren bu çalışmalar literatürde yukarıdan aşağı yaklaşım benimseyenler ve aşağıdan yukarıya yaklaşımı benimseyenler olarak ikiye ayrıldığı gibi, çalışmalarda kullanılan tahmin teknikleri açısından daha kapsamlı bir ayırım yapıldığı da gözlemlenmektedir.

Bu bölümde de ilk olarak baz senaryo oluşturulması açısından izlenen genel adımlar tanıtılacak, ardından uyum önlemlerinin maliyetleri hesaplanırken izlenen yaklaşımlar ve teknikler tanıtılacaktır. Bununla birlikte, mevcut literatür hızla gelişmekte ve daha fazla ampirik bulgu elde edildikçe başta ekonometrik modeller olmak üzere çeşitli yaklaşımlar benimsenmektedir. Buna karşın ilgili kısımda yalnızca literatürde öne çıkan başlıca örneklerle değinilecektir.

### 4.1. Baz Senaryonun Belirlenmesi

Uyum önlemlerinin maliyetleri tahmin edilirken, değerlendirme dönemi boyunca küresel, ulusal veya sektörel gidişatın karakterize edilmesi gerekmektedir. Bu sayede mevcut konjonktürün devam etmesi durumu ile uyum eylemlerinin hayata geçirilmesi halinde ortaya çıkacak maliyet farkı ortaya konularak karar vericiler için önemli bir bilgi üretilmesi amaçlanmaktadır.

Maliyet hesaplaması yapılırken araştırmanın yapıldığı düzeyde (küresel, ulusal ölçekte veya her bir sektör özelinde) bir baz senaryo ve uyum senaryosunun geliştirilmesi gerekmektedir. Bahse konu baz senaryoda ilgili düzeyde iklim değişikliğine uyuma ilişkin yeni politikaların, eylemlerin uygulanmadığı veya yeni önlemlerin alınmadığı bir gidişat modellendirilmektedir (Eylemsizlik hali-Business as Usual (BaU)). Baz senaryo ile öngörülen bu yatırımların niteliği, ölçeği ve zamanlaması dahil olmak üzere küresel, ulusal veya ilgili sektör üzerinde etkisi olması beklenen nüfus artışı, ekonomik büyüme gibi sosyoekonomik eğilimlerin, kamu ve özel sektör planlarının, teknolojik değişimlerin, ilgili ulusal veya sektörel planların ve beklenen yatırımların, fiziksel varlıklar ve programların tanımlanmasını gerekmektedir. İklim değişikliğine uyuma yönelik politikalar halihazırda uygulanıyorsa, bunlar da baz senaryoya yansıtılmalıdır.

Sektör bazında baz senaryoları tanımlamak için farklı analitik yaklaşımlar ile modeller kullanılabileceği gibi, böyle bir modelleme çalışmasının olmaması veya uygulanmasının tercih edilmemesi durumunda bir sektörel plan, bir eğilim projeksiyonu veya mevcut durumun sabit kalacağı bir konjonktür, baz senaryo projeksiyonunun temeli olarak kullanılabilir. Benzer şekilde sektör ile ilgili bakanlık veya ilişkili devlet kurumları tarafından geliştirilmiş bir sektörel kalkınma planı veya yatırım planları değerlendirilebilmektedir.

Hangi eylemlerin baz senaryoya hangi eylemlerin ise uyum önlemleri senaryosuna dahil edileceği konusunda net tanımlamalara ihtiyaç bulunmaktadır. Bu doğrultuda göz önünde bulundurulması gereken önemli bir husus da birtakım önlemlerin halihazırda alınmış olabileceği ancak bu önlemlerin iklim değişikliğini dışındaki amaçlara yönelik uygulanmakta olması durumudur. Örnek olarak, bir yerel





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

yönetim, son dönemdeki kuraklık koşulları nedeniyle konut ve ticari işletmeler için su kaynaklarının kullanımına yönelik önlemleri almaya bir süredir başlamış olabilmektedir. Bu tip halihazırda uygulanmakta olan önlemlerin, araştırmaya konu edilen başlangıç yıl göz önünde bulundurulmak kaydıyla baz senaryoya dahil edilmesi tavsiye edilmektedir. Ancak unutulmamalıdır ki bu tür önlemlerin, değerlendirilen uyum önlemlerinin niteliğine ve ölçeğine bağlı olarak uyum senaryolarına dahil edilmesi değerlendirilmelidir. Örneğin, iklim değişikliğiyle birlikte kuraklık koşullarının yoğunlaşması ve sıklığının artması yapılan modellemeler sonucunda bekleniyorsa, bahse konu örnek için uyum önlemleri senaryosu, halihazırda uygulamaya geçen eylemlerin ortaya çıkardığından daha yüksek düzeyde harcama gerektirecek, genişletilmiş ve daha sıkı bir su kaynakları yönetimi programını içerecektir. Bu durumda, uyum önlemleri senaryosu, baz senaryoda yer alan, ancak değiştirilmiş bir ölçekte koruma önlemini içermelidir.

Baz senaryoların hazırlanması noktasında modellemelerin, planların ve programların yanı sıra farklı yaklaşımlara da rastlamak mümkün olup, Dünya Bankası (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışma uygulama yöntemleri itibarıyla buna örnek gösterilebilmektedir. Bu çerçevede ülkeler orta vadede ekonomik olarak daha gelişmiş hale geldikçe, iklim değişikliğinin ekonomik etkisi ve ihtiyaç duyulan uyumun türü ve kapsamının değişmesi beklenmektedir. Söz konusu çalışmada, sektörler özelinde ülkelerin kalkınma durumları göz önünde bulundurularak baz senaryolar oluşturularak, kalkınmanın uyum maliyetlerinin tahminleri üzerindeki etkisini açıklamaya çalışmaktadır. Bu kapsamda ilgili çalışmada sektörel performans göstergeleri belirlenmiştir. Söz konusu göstergeler için, altyapı sektörü için gelir gruplarına göre ortalama sektör performansı, kıyı bölgeleri sektörü için mevcut kıyı şeridinin etkin korunma düzeyi, su kaynakları yönetimi sektöründe gelir gruplarına göre ortalama belediye ve endüstriyel su talebi ile aylık taşkınlara karşı etkin korunma düzeyi, tarım sektöründe dışsal verimlilik artışı, arazi genişleme düzeyi, sulama yatırımları, balıkçılık sektöründe 2010 (analizin baz yılı) balık stoklarının korunması, halk sağlığı sektöründe gelir gruplarına göre sağlık standartlarının korunma düzeyi ile ölüm oranlarındaki değişiklikler seçilmiştir. Ormanlık ve ekosistem hizmetleri sektörü için ise baz senaryoya başvurulmamıştır. Belirlenen değerler için sektörler bazında iklim değişikliğine uyum eylemlerinin olmadığı durumlarda ise kurgusal bir büyüme patikası oluşturulmuştur.

Diğer taraftan sektörel ölçekte baz senaryo oluşturulurken daha kapsamlı ve sektör spesifik birtakım uygulamalara da rastlanmakta olup, bu bilgiler ilgili sektörler için bir sonraki bölümde paylaşılacaktır.

## 4.2. Yaklaşımlara Göre Ayırım

### 4.2.1. Yukarıdan Aşağı (Top-Down) Yaklaşımlar

Yukarıdan aşağı yaklaşımları, genellikle Dünya Bankası tarafından 2006 yılında yayımlanan Temiz Enerji ve Kalkınma için Yatırım Çerçevesi başlıklı çalışmada kullanılan metodolojiyi takip etmektedirler. Bu metodolojiye göre uyum yatırımlarının maliyetleri; resmi kalkınma yardımları, doğrudan yabancı yatırımlar ve gayri safi yurtiçi yatırımları gibi mevcut finansal akışlardan iklim değişikliği ile ilişkilendirilebilecek olanlar tahmin edilmekte ve bu yatırımlara ilişkin iklime değişikliğine uyum sağlanabilmesi için gerekli olan maliyetin çıkartılması amaçlanmaktadır. Bunu yapmak için ise bir maliyet faktörü (mark-up factor) belirlenmektedir. Çalışmaya göre gelişmekte olan ülkelere yapılan yatırım akışları arasından gayri safi yurtiçi yatırımın yüzde 2-10'unun, doğrudan yabancı yatırımın (DYY) yüzde 10'unun ve resmi kalkınma yardımlarının (ODA) yüzde 40'ının iklim değişikliğine duyarlı olacağını tahmin edilmiş olup, bu yatırımların iklime dayanıklı hale getirilebilmeleri için gerekli olan uyum maliyetlerinin toplam yatırım maliyetinin yüzde 10'u ila 20'si kadarı (bu oran maliyet faktörü ifadesiyle tanımlanmıştır) olacakları varsayılmıştır (World Bank, 2006).





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

#### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

Dünya Bankasının bu çalışmasının ardından yayımlanan Stern İncelemesi (2006), UNDP İnsani Gelişim Raporu (2007) ve BMDİÇS'nin (2007) altyapı sektörü için hazırladığı küresel raporların tümü bu yaklaşımı takip etmiş ve bahse konu metodoloji üzerinde kendi varsayımları ve maliyet faktörlerini kullanarak farklı tahminlere erişmişlerdir. Ancak bahsi geçen tüm raporlar, kapsamaları dar olması ve uyum maliyetlerini olduğundan daha düşük gösterecek önemli zayıflıkları olan bir metodolojiye dayanmaları gerekçesiyle eleştirilmektedirler.

Ampirik temellerinin olmaması nedeniyle, yukarıdan aşağıya tahminler genellikle kabaca yapılmış tahminler olarak kabul edilmektedir. Agrawala ve diğerleri (2008) ve Fankhauser (2010) bu doğrultuda yayımladıkları çalışmalarda maliyet faktörüne ilişkin hesaplamaların tahmin edilenden çok daha hızlı yükselebileceğini, belirli uyum faaliyetlerinin kapsama alınmaması sebebiyle tahminlerin olması gerekenden çok daha düşük çıkacağına yönelik eleştirilerini paylaşmışlardır.

Bu metodoloji kullanılarak gerçekleştirilen çalışmaların büyük bir bölümü gelişmekte olan ülkelere gerçekleştirilen mevcut finansal akışlardan elde edilen bilgilerle oluşturulmuştur. Bölgesel düzeyde uyum sağlamanın faydalarına ve maliyetlerine bakan ise yukarıdan aşağıya daha az çalışma bulunmaktadır (EIB, 2012).

#### 4.2.2. Aşağıdan Yukarıya (Bottom-Up) Yaklaşımlar

Aşağıdan yukarıya yaklaşımı kullanan tahminler, çeşitli sektörlerde iklim değişikliği etkilerine verilen yanıtları dikkate alan bir metodolojiyi takip etmektedirler. UNDP (2009) ve Dünya Bankası (2010) tarafından gerçekleştiren çalışmalar, mevcut iklim koşullarına göre oluşturulmuş bir senaryodaki yatırım seviyesiyle, bir veya daha fazla varsayımla gelecekteki öngörülen koşullara göre oluşturulmuş bir senaryodaki yatırımı karşılaştırarak iklim değişikliği nedeniyle gereken ek yatırım miktarını ortaya koymaktadır. Bu nedenle ikinci nesil tahminler, kullanılan iklim senaryoları, zaman ufku, dikkate alınan sosyo-ekonomik kalkınma trendleri ve ayrıca uyum seçeneklerinin neler olduğuna ve hatta temel alınan uyum tanımına göre daha da farklılaşabilmektedir.

Aşağıdan yukarıya yaklaşımlar, metodolojileri nedeniyle farklı derecelerde karmaşıklığa ve ampirik temele sahip sektörel değerlendirmeleri ortaya çıkarmaktadır. Dolayısıyla bütüncül bir hesaplama yapılırken farklı sektör tahminlerinin bir araya getirilmesinin, sektör düzeyindeki verilerin yeterince iyi anlaşılabilmesine neden olabileceği ve dikkat edilmesi gereken bazı hususların da gözden kaçmasına sebebiyet verebileceği için eleştirilmektedirler (EIB, 2012). Buna karşın sektörel risklerin ve politikaların daha detaylı bir şekilde ele alınabilmesini mümkün kılmaları bakımından özellikle politika yapımcılar tarafından tercih edilmektedirler.

#### 4.3. Tahmin Yöntemlerine Göre Ayrım

##### 4.3.1. Yatırım Akışları ve Finansal Akışları Değerlendirme

Yatırım ve finansal akış değerlendirme yönteminin amacı iklim değişikliğine yönelik alınan tedbirlerin, atılan adımların, hayata geçirilen eylemlerin parasal maliyetlerini ve yatırım fonlarının muhtemel kaynaklarını ortaya koymaktır. Maliyet fayda analizi temelli yaklaşımlardan farklı olarak bu yöntemde doğrudan faydalar sayısal olarak hesaplamalara dahil edilmemektedir.

Bu teknik kullanan çalışmalarda genellikle yatırım akışı ifadesi; yeni bir elektrik santrali, yeni bir otomobil, yeni bir ev aleti veya yeni bir tarım ürünü gibi bir yıldan fazla ömre sahip yeni bir fiziksel varlığın sermaye maliyeti olarak tanımlamıştır. Görülebileceği üzere yatırım akışları, yeni fiziksel varlıklarla sınırlı tutulmakta olup bu tür yatırımların, satın alınan tesislerin ve ekipmanın işletim







Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

ömürleri boyunca iklim değişikliği etkilerine maruz kalacağı tahmin edilmektedir. Aksine halihazırda edinilmiş bir varlığın hesaba katılması durumunda ise bu varlığın analize kadar geçen yaşam ömründeki iklim değişikliği etkileri gözlemlenemeyeceği için hesaplama zorluğu çıkaracağı düşünülmektedir. Bununla birlikte, geleneksel yöntemler kullanan kömüre dayalı faaliyet gösteren bir elektrik santralının kombine çevrim gaz santraline dönüştürülmesi gibi, mevcut bir fiziksel varlığın iklim değişikliği etkilerinin önemli ölçüde değiştirileceği şekilde iyileştirilmesi gibi durumlarda, bu tür yatırımlar da yatırım akışları tanımı kapsamına dahil edilmektedir. Tanımlanan yatırım akışı, yeni bir varlığın yalnızca ilk maliyetini içermektedir. Bir diğer deyişle, yeni varlıklarla ilişkilendirilebilecek personel maaşları, yakıt maliyetleri gibi işletim ve bakım maliyetleri, bu tip maliyetlerin gösterildiği ayrı bir parasal akış kategorisinde değerlendirilmektedir.

Bahse konu hesaplama yönteminde finansal akış ise, programlar dahiline alınmış önlemlere yönelik devam eden harcamaları ifade etmekte olup, yeni fiziksel varlıkların edinilmesinin dışındaki harcamaları kapsamaktadır. Finansal akış örnekleri arasında çiftçiler için bir tarımsal programın hayata geçirilmesi veya iyileştirilmiş orman yönetim tekniklerinin uygulanması için yapılan harcamalar gibi giderler sayılabilmektedir. Bu harcamalar, örneğin maaşlar ve hammaddeler gibi "işletme ve bakım" türü maliyetlerdir. Su kaynakları yönetimi sektöründen bir örnek vermek gerekirse; yeni bir atıksu arıtma tesisi kurulmasına yönelik bir yatırımın için gerekli inşaatın sermaye maliyetleri yatırım akışları arasında sayılırken, kentsel su dağıtım sistemlerinden kaynaklanan sızıntıları onarmak için programın uygulanmasına yönelik bir projede kontrol ve onarım maliyetleri gibi uygulamadan kaynaklı harcamalar finansal akışlar altında raporlanmaktadır (UNDP, 2009).

Yatırım ve finansal akış değerlendirme yaklaşımının uygulanmasının oldukça basit bir çerçevesi bulunmaktadır. Bu doğrultuda, ilk olarak sektörün kapsamı açıkça tanımlanmalıdır. Şüphesiz bu gerçekleştirilirken çalışmaya temel teşkil edecek zaman aralığı ve referans yıl seçilecek, ardından hangi uyum önlemlerinin maliyet hesabında göz önünde bulundurulacağı belirlenecek ve hangi analitik yaklaşımın kullanılacağı netleştirilecektir. Analitik yaklaşım için uygun bir sektörel model, sektörel bir plan, sektörel eğilimlerin bir projeksiyonu, sektördeki mevcut durum veya bu yaklaşımların bir kombinasyonu tercih edilebilmektedir. Seçilen sektör ulusal ekonomik modelde yeterli ayrıntıyla temsil edildiği sürece, sektörel bir model yerine tüm ülke ekonomisine ilişkin bir modelin de tercih edilmesi mümkün olabilmektedir.

Bu hususlarda bilgiler sağlandıktan sonra, analizin gerçekleştirileceği sektöre yönelik ilgili yatırım maliyetleri için iki senaryo hazırlanmaktadır. Bunlardan ilki yukarıda değinildiği üzere mevcut politika ve planların devamını yansıtan bir baz senaryodur. Diğer senaryo ise yeni uyum önlemlerinin alındığı bir iklim değişikliği senaryosu olmaktadır. UNDP tarafından belirlenen rehberler, bu modelin uygulanabilmesi için ülkelerin en az üç yıllık tarihsel yatırım harcamaları bilgilerine, finans akışları için işletme ve bakım maliyeti verilerine sahip olmaları gerektiğini belirtmektedir. Bir diğer deyişle temel yıl için ve öncesindeki iki yıl için gerekli verilere erişim olması beklenmektedir. Modelden en iyi verimin alınabilmesi için ülkelerin 10 yıllık geçmiş verilerini, (baz yıl ve önceki dokuz yıl) sunabilmeleri tavsiye edilmektedir.

Ardından, baz senaryo ve uyum senaryolarının yatırım maliyetleri, sektörde iklim değişikliğine uyum sağlamak için gereken yatırımlardaki değişiklikleri belirlemek için karşılaştırılmaktadır. Yatırımlardaki değişikliklerin yalnızca yatırımlardaki yeni finansman kaynaklı artışları değil, aynı zamanda mevcut yatırımlardaki değişiklikleri de içerebileceği unutulmamalıdır (UNDP, 2009).





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

#### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

Yatırım ve Finansal Akış Değerlendirme Yaklaşımı kullanan ve uyum yatırımlarının maliyetlerine ilişkin en yaygın olarak atıf yapılan tahmin metodolojilerinden ilklerinden biri olarak, BMİDÇS tarafından 2007 yılında gerçekleştirilen çalışma karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışma, hesaplama katılan uyum gereksinimlerine bağlı olarak yatırım ihtiyaçlarını belirli bir oranda artıran bir yatırım ve finansal akış değerlendirme yaklaşımına dayanmaktadır. Çalışma tarım, ormancılık ve balıkçılık, su temini, insan sağlığı, kıyı ve altyapı sektörlerine odaklanmaktadır. Araştırmanın sonucunda, 2030 yılına kadar yılda 48 milyar ABD doları ile 171 milyar ABD doları arasında değişen toplam uyum maliyeti hesaplanmıştır; bunun yaklaşık üçte ikisinin gelişmekte olan ülkelere yönelik olacağı öngörülmüştür.

İklim değişikliğine uyum için gerekli yatırım ve finansal akışların analizi, bu akışların tahmin edilebilmesi için iklim değişikliği etkilerinin ortaya konulabileceği ve iklim etkilerine yönelik atılacak adımların ve hayata geçirilecek eylemlerin tahmin edilebileceği emisyon senaryolarına dayanmaktadır. Bu senaryolar, analiz için modele uygunluklarına, tahmini yatırım ve finansal akışlara ilişkin sağladıkları detaylı bilgiye ve mevcut literatürü ne kadar temsil ettiklerine göre seçilmiştir.

Bu bağlamda BMİDÇS tarafından gerçekleştirilen bahsi geçen çalışmada, su yönetimi ve kıyı bölgelerini ele alan sektörler için IPCC'nin SRES A1B ve B1 senaryoları kullanılmıştır. Halk sağlığı sektörü için, kullanılan senaryolar IPCC IS92a'dan güncel şartları yansıtacak şekilde uyarlanmış, ayrıca küresel ve bölgesel hastalık yükü üzerinde gerçekleştirilmiş olan Dünya Sağlık Örgütü'nün çalışmasını da dikkate almıştır. Tarım, ormancılık ve balıkçılık ile altyapı sektörlerinde ihtiyaç duyulan ek yatırım ve finansal akışların tahmin edilmesinde, OECD ENV-LINKAGES modelinden 2030 için fiziksel varlıklara öngörülen yatırım düzeyi temel alınmıştır (UNFCCC, 2007).

UNDP tarafından gerçekleştirilen çalışma ise küresel ölçekten ziyade sektör bazında ve ulusal olarak uyarlanabilir bir şekilde tasarlanmış ve BMİDÇS metodolojisinden farklılıklar içermektedir. Bu farklılıklar ise temel olarak sektör bazında daha kapsamlı risk ve etki tanımları ve sektörel olarak özelleştirilmiş analitik yaklaşımlara dayanan baz ve uyum senaryolarından kaynaklanmaktadır (UNDP, 2009).

#### 4.3.2. Toplu Sektörel Etki Değerlendirme Yaklaşımı

2010 yılında Dünya Bankası, küresel senaryoya dayalı toplu sektörel etki değerlendirme yaklaşımını benimseyen bir çalışma yayımlamıştır (World Bank, 2010). Bahse konu çalışma, gelişmekte olan ülkelerde uyum eylemlerinin 2010 ile 2050 arasındaki dönem için 2005 yılı fiyatlarıyla yılda 70 milyar ABD doları ile 100 milyar ABD doları arasında bir maliyete sahip olabileceğini öne sürmektedir. Çalışma kapsamında ele alınan sektörler tarım, ormancılık, balıkçılık, altyapı, su kaynakları, sağlık, kıyı bölgeleri olmuştur.

Bu tekniği kullanan çalışmalarda sektörel kapsam, hedeflenen sektörlerdeki risklerin kapsamı gibi kısımdır. Buna ek olarak, çalışmalar farklı varsayımlar kullanmaktadır. Bazı çalışmalarda ulaşılmaması gereken optimal uyum seviyesi hedeflenerek modelleme yapılırken, diğer çalışmalarda ise belirlenen ihtiyaçlarla ilişkilendirilecek maliyetlerin hesaplanması ve modele entegre edilmesi tercih edilmektedir. Çalışmalar ayrıca uyum eylemlerini, farklı şekillerde ve değişen düzeylerde sektörel ve teknik ayrıntılarla yansıtmaktadır.

Bu yöntemde ilk olarak baz senaryo hesaplanmaktadır. Dünya Bankası çalışması temel alınacak olursa, baz senaryonun oluşturulması, 2010-50 için tutarlı bir GSYİH ve nüfus tahminleri setinin kullanılmasını da içermektedir. Çalışmada kuru (dry) ve ıslak (wet) adı verilen ve mümkün olduğunca geniş bir model tahmini yelpazesini yakalamak için iki iklim modeli seçilmiş olup, Ulusal Atmosferik Araştırma Merkezi





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

#### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

(NCAR) CCSM3 ve Commonwealth Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Örgütü (CSIRO) Mk3.0 modelleri çalışmaya temel teşkil etmiştir. İklim nem indeksine (CMI) dayalı olarak, NCAR modeli küresel olarak en yağışlı senaryoyu tahmin etmekte olup, CSIRO modeli ise en kurak senaryoyu tahmin etmek için kullanılmıştır. Her iki modelde de küresel sıcaklık artışının sanayi öncesi seviyelerin yaklaşık 2°C üzerinde arttığı öngörüldüğünden, 2050 yılına kadar küresel ısınma için model tahminlerinde çok fazla fark ortaya çıkmamıştır. Bununla birlikte, yağış değişiklikleri için projeksiyonlar modeller arasında önemli ölçüde farklılık göstermektedir.

İklim değişikliğine yönelik projeksiyonlar yapıldıktan sonra, iklim değişikliği ile dünyanın nasıl görüneceğini ve hangi koşulların oluşacağını tahmin etmek gerekmektedir. Çalışma çerçevesinde 2050 yılının seçilme sebebi olarak ise bu yılın sonrasındaki iklim değişikliği etkilerini tahmin etme konusunda belirsizliklerin ciddi şekilde artması gösterilmektedir. Modelleme tarım, ormancılık, balıkçılık, tüketim, insan sağlığı, su mevcudiyeti ve fiziksel altyapı üzerindeki etkiler tahmin edilerek yapılmıştır.

Uyum maliyetleri ise daha sonra, mevcut kaynakların iklim değişikliği projeksiyonlarındaki etkilere dayanıklı hale gelmeleri için gerekli olan ve ayrıca insanların söz konusu etkilerle başa çıkmasına yardımcı olmanın maliyeti olarak hesaplanmıştır. Farklı sektörleri küresel düzeyde modellemenin karmaşıklığı nedeniyle, 2005 sabit fiyatlarında ifade edilen maliyetler, sıfır iskonto oranı ile hesaplanmıştır. Tüm sektörler için uyum maliyetleri, planlanan kamu politikası uyum önlemlerinin maliyetlerini içermekte ve otonom (özel) uyum maliyetlerini kapsamamaktadır.

#### 4.3.3. Entegre Değerlendirme Modelleri

Entegre değerlendirme modelleri yukarıda konu edilen her iki teknikten farklı bir yaklaşım benimsemektedir. Bu teknik, gelecekteki iklim değişikliği etkilerine uyum sağlamanın maliyetlerinin yanı sıra sera gazı emisyonlarını azaltmanın da maliyetlerini birarada ele almak için geliştirilmiştir. Bu modeller, iklim değişikliğinin küresel ve bölgesel etkilerini tahmin etmekte ve ardından analizi uyum eylemlerinin maliyet ve faydalarını kapsayacak şekilde genişletmektedir. Bunu, uzun vadeli ekonomik kalkınma trendleri, toplumsal etkileri, bu etkilerin ortalama büyüklüğünü yansıtabilecek şekilde matematiksel bir fonksiyon aracılığıyla hesaplanan bir sıcaklık artışı tahminiyle ilişkilendirerek yapmaktadır.

Daha açık bir ifadeyle bu modele göre; uyum maliyetleri zaman içinde nasıl değişebilir, azaltım ve uyuma yönelik yatırımların optimal bileşimleri nasıl değerlendirilebilir ve bunlar zaman içinde nasıl değişebilir gibi sorular, ancak iklim zararları ile azaltım ve uyum maliyetlerinin açık bir şekilde ele alındığı entegre bir değerlendirme modelleme çerçevesi bağlamında cevaplanabilmektedirler.

Entegre değerlendirme modelleri en optimal azaltım, uyum ve kalan maliyetler dengesini belirlemeyi amaçlayabileceği gibi belirlenmiş bir azaltım hedefi çerçevesinde uyum eylemlerinin en uygun maliyetli yolunu belirlemek için de kullanılabilir. Bu nedenle, sağladıkları modelleme anlayışları, uyumun maliyet ve faydalarının kesin tahminleri olarak görülmemeli, daha ziyade bu tür maliyetlerin gelecekte diğer politika veya sosyo-ekonomik faktörlerle etkileşime girerek nasıl gelişebileceğine dair nitel göstergeler olarak görülmelidir (ECONADAPT, 2015).

2009 yılında OECD tarafından iklim değişikliğine uyum ekonomisini incelemek amacıyla gerçekleştirilen çalışmada, bu modelleme tekniklerinin örneklerinden olan AD-DICE ve AD-WITCH modelleri kullanılmıştır (de Bruin ve diğerleri, 2009). DICE modelleri, uyum temasını dolaylı yollardan ele almaktadır. Bir diğer deyişle toplam hasarın boyutunun hesaplanması, uyum eylemlerinin maliyet ve faydalarını kapsamakta ancak ayrı bir şekilde uyum maliyetlerini dikkate almamaktadır. AD-DICE, ise





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

DICE modelinin uyum eylemlerini açıkça dikkate alan bir uzantısı niteliğindedir. OECD tarafından bahse konu çalışmada azaltım, kalıntı zararlar ve uyum arasındaki optimal düzey gözetilerek toplam iklim değişikliği maliyetleri tahmin edilmeye çalışılmıştır (de Bruin ve diğerleri, 2009). Takip eden süre zarfında ise bu çalışmada edinilen bulgular temel teşkil edecek şekilde OECD, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki uyum maliyetlerini tahmin etmiştir (Agrawala ve diğerleri, 2011). Benzer metodolojiler kullanarak Bosello ve diğerleri (2014), iklim felaket riskinin azaltım ve uyum seçenekleri üzerindeki etkilerini ve De Bruin (2014) uyum ihtiyaçlarını alternatif emisyon senaryoları altında incelemiştir (ECONADAPT, 2015).

Yaygın olarak kullanılan diğer iki küresel entegre değerlendirme modeli olarak FAIR (Hof ve diğerleri 2010; den Elzen ve diğerleri, 2014) ve WITCH (Bosetti ve diğerleri 2006, De Cian ve diğerleri 2012) modelleri sayılabilmektedir. Ayrıca bunları temel alarak farklı değerşkenler ve varsayımlar ile türetilen çalışmalar görmek mümkündür. Bahse konu her iki model de enerji, arazi kullanımı, iklim değerşikliği ve ekonomi arasındaki etkileşimleri tanımlamaktadır. Her ikisi de bölgesel ekonomik üretimdeki değerşimle sanayi öncesi seviyelerin üzerindeki küresel ortalama sıcaklık artışını ilişkilendiren toplam uyum maliyeti eğrilerini ve basit hasar fonksiyonlarını temel almaktadır.

Hem FAIR hem de WITCH, optimal uyum seviyesini, yani uyumun marjinal maliyetlerinin, iklim değerşikliği kaynaklı hasarı azaltmanın marjinal faydalarını eşitlediği seviyeyi hesaplamaktadır. WITCH ve FAIR, uyum maliyetleri ve etkinlik açısından farklı varsayımlarda bulunmaktadırlar. FAIR (de Bruin ve diğerleri 2009, Hof ve diğerleri 2010), maliyetlerin ve faydaların aynı zaman periyoduna düştüğünü varsayarak çeşitli uyum biçimlerinin maliyet tahminlerini tek bir toplu uyum değerşkeninde gruplandırırken, WITCH (Agrawala ve diğerleri 2011, Bosello ve diğerleri 2013), iklim değerşikliğinin etkilerini azaltmak için bir araya getirilen proaktif, reaktif ve uyarlanabilir kapasite olmak üzere üç tür uyum stratejisi arasında karşılaştırma yapmaktadır.

Bu noktada bahsetmeye değer farklı entegre değerlendirme modeli çalışmaları da bulunmaktadır. Bunlardan ilki FUND modelidir. FUND, belirli sektörler için uyumu açık bir biçimde ele almaktadır. Örnek olarak, deniz seviyesinin yükselmesine karşı kıyıların korumasına yönelik uyum eylemlerinin maliyet-fayda analizini içermektedir. Ayrıca iklim değerşikliği kaynaklı tarımsal zararların zamanla maliyetsiz bir biçimde (otonom uyum) azaldığı varsayımını kullanmaktadır. Diğer sektörler için DICE modellerinde olduğu üzere uyum eylemleri açık bir biçimde ayrıştırılmamaktadır (de Bruin ve diğerleri, 2009).

Gerçekleştirilen analizlerin bir kısmında ise PAGE modeline rastlanmaktadır. Bu çalışmalarda, uyum temasında yapılan dışsal yatırımlar (model haricinde tahmin edilen yatırımlar), sıcaklık artışlarına karşı “tolere edilebilirliği” artırmakta ve iklim değerşikliğinin olumsuz etkilerini (sıcaklık tolere edilebilir düzeyi aştığında) azaltmaktadır. Bu yöntem daha sonra uyum maliyet ve faydalarının bir karşılaştırmasına imkân tanımaktadır (ECONADAPT, 2015).

Öte yandan, bahse konu çalışmalar, farklı iklim değerşikliği senaryoları altında uyum maliyetlerinin nasıl değerşebileceğine dair fikir vermektedir. Örnek olarak 2030 ila 2050 dönemi gibi kısa bir süre aralığı için dahi, uyum maliyetlerinin yüzyıl sonunda 2°C’lik ısınma senaryosu ile daha yüksek ısınma senaryoları arasında önemli ölçüde değerşebileceğini belirtmektedirler.

Entegre değerlendirme modelleri teknolojik ayrıntıların eksikliği ve uyum düzeyine ilişkin iyimser varsayımlar nedeniyle eleştirilmektedir (Patt ve diğerleri, 2010; ECONADAPT, 2015). Bu yöntemle dayanarak uyum maliyetlerinin tahmin edildiği çalışmalar genel olarak uyumun iklim değerşikliğiyle mücadelede çok etkili olduğunu ve maliyetlerle karşılaştırıldığında yüksek fayda sağladığını





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

#### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

göstermektedir, ancak bu modellerden ve çalışmalardan elde edilen küresel uyum maliyetlerine ilişkin tahminler önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Ayrıca uyumun, özellikle gelecekteki olası iklim zararlarının önlenmesinde nasıl bir yarar sağlayacağı konusundaki belirsizlikler hesaba katıldığında azaltım politikalarının yerini alamayacağını da göstermektedir. Diğer taraftan, halihazırda yapılan bir dizi çalışma, azaltım ve uyum faaliyetlerinin birlikte gerçekleştirildiğinde net iklim değişikliği politikası maliyetlerinin en aza indirilebileceğini ortaya koymaktadır (Agrawala ve diğerleri, 2010).

Bununla birlikte, modeller son derece değerli bilgiler de sağlamaktadır. Örneğin de Bruin (2014), etkilerin ve uyum maliyetlerinin farklı emisyon yolları boyunca nasıl değişebileceğini değerlendirerek, daha yüksek bir emisyon senaryosunda uyum maliyetlerinin zamanla dik bir şekilde arttığını belirtmiştir. Bu doğrultuda yüzyıl sonunda küresel sıcaklık artışının, sanayi devri öncesine kıyasla 4°C artış kaydetmesinin öngörüldüğü senaryoda 2050 yılında kadar ortaya çıkacak maliyetin, 2°C küresel sıcaklık artışının öngörüldüğü senaryonun neden olduğu maliyetlerin iki katı olabileceği bulgusuna erişilmiştir. Bu sonuçla de Bruin, bu denli kısa sürede bile farklı emisyon azaltım patikalarının uyum maliyetlerini ne denli etkileyebileceğini göstermektedir. Diğer çalışmalar, senaryolara ve varsayımlara bağlı olarak, gelişmekte olan ülkelerde gelişmiş ülkelere göre uyum ihtiyaçlarının 2-4 kat daha fazla olduğunu göstermektedir (Agrawala ve diğerleri, 2011). Entegre değerlendirme modelleri, Güney Asya için iklim değişikliği ekonomisi üzerine ADB çalışması (2015) da dahil olmak üzere kıta düzeyinde de uygulanmıştır. Bu bölgesel çalışmalar, küresel Dünya Bankası (2010) ve BMİDÇS (2007) çalışmalarından daha yüksek uyum maliyetlerini gösterme eğiliminde bulunmuşlardır (ECONADAPT, 2015).

Gelecekte, ampirik çalışmaların artması ve sera gazı emisyonlarını azaltmanın etkileri ile uyum eylemlerinin etkinlikleri arasındaki ilişkinin ampirik bulgularla daha iyi bir şekilde modellenmesiyle, bu tahmin modelleri arasında yakınsama görmeyi beklemek mümkün gözükmemektedir. Nitekim güncellenmiş halleriyle son dönemde yayımlanan çalışmalarda karşımıza çıkan entegre değerlendirme modelleri artan uyum maliyetlerine işaret etmektedir. Örneğin, DICE modeli kullanılarak yapılan güncellemeler karbonun sosyal maliyeti değerlerinin daha yüksek kabul edilmesi gerektiğine işaret etmiştir. PAGE modelini kullanan son çalışmalar, daha yüksek net mevcut hasar değerleri üretmektedir. Entegre değerlendirme modellerinde belirsizliğin dikkate alınması aynı zamanda sonuçları, artan ortalama etkileri ve dolayısıyla uyum önlemlerinin maliyetlerini etkilemektedir. Birçok küresel, ulusal ve sektörel çalışmada da uyum maliyetleri daha önceki çalışmalara göre artmaktadır. Son çalışmaların bazılarında yüksek emisyon senaryolarında 2030'dan sonra daha yüksek uyum maliyetlerinin gerçekleşmesinin beklendiği hesaplanmaktadır (Chapagain ve diğerleri, 2020).





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

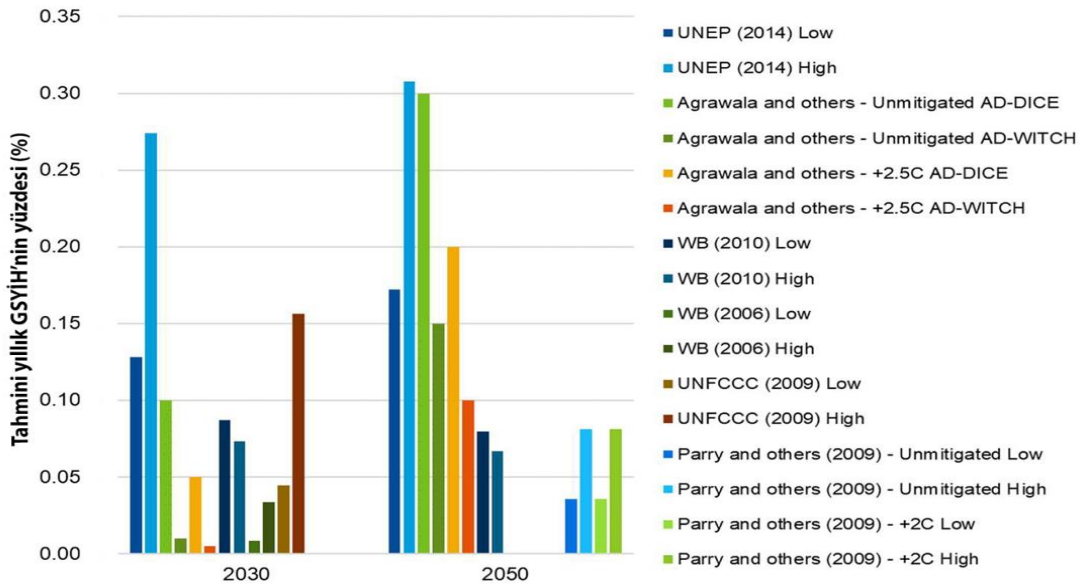
## Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

### 5. Uyum Eylemlerinin Maliyetlerinin Hesaplanmasına İlişkin Uygulamalar

Uyum eylemlerine ilişkin tahmini maliyetlerin hesaplanmasına yönelik bugüne kadar yürütülen çalışmaları küresel, ulusal veya bölgesel ve sektörel olarak ayırmak mümkündür. Her bir ayırımın farklı amaçları ve politika yapıcılar açısından farklı katkıları bulunmaktadır.

Küresel düzeyde gerçekleştirilen çalışmalar genellikle, uyum önlemlerinin faydalarına ilişkin farkındalığı artırmak ve uyum temasına yönelik uluslararası finansman ihtiyaçlarının belirlenmesi noktasında girdi sağlamak için tercih edilmektedirler. Ulusal düzeydeki çalışmalarda ise ülkelerin uyum stratejileri, planları ve uyum faaliyetlerine ilişkin finansman ihtiyaçlarını belirlerken hangi politikaların ve programların daha öncelikli, maliyet etkin olduğu gibi sorulara cevap bulunması amaçlanmaktadır. Sektörel düzeyde yapılan çalışmalarda ise daha mikro ölçekte iklim değişikliğine uyum eylemlerinin neler olacağı, nasıl önceliklendirme yapılacağı ve maliyet etkinliğin sektörel bazda nasıl sağlanacağı sorularına cevap aramaktadır.

Tahmin edileceği üzere kullanılan farklı yaklaşımlar, varsayımlar ve değişkenler sebebiyle küresel, ulusal ve sektörel tahminler arasında çok ciddi farklılıklar meydana gelebilmektedir. Bu farklılıkları açıklamak için çeşitli çalışmalarda birtakım nedenler ortaya konulmuştur. Küresel çalışmaların kapsamlarının kısmi olduğu ve iklim değişikliğiyle ilintili etki ve risklerin yalnızca bir kısmını dikkate alarak hesaplama yaptıkları, ulusal düzeyde yapılan çalışmaların ise genellikle daha geniş bir kapsamı içermeleri sebebiyle daha yüksek maliyet tahminlerine ulaştıkları değerlendirilmektedir (Parry ve diğerleri, 2009). Sektörel ölçekte yapılan çalışmalarda ise sektörün maruz kalması öngörülen riskler çok daha iyi tespit edilebilme olsa da metodolojik ve kapsama yönelik farklılıklar sebebiyle ortaya konulan sonuçlar sektörler arası ve ulusal ölçekteki araştırmalar ile karşılaştırılmayacak şekilde gerçekleşmektedir. Belirsizliklerle başa çıkabilme noktasında kullanılan projeksiyonların da farklılık göstermesi önemli bir husus olarak karşımıza çıkmaktadır. Ulusal çalışmalar genellikle daha geniş bir iklim projeksiyon yelpazesini dikkate almaktadırlar.



Şekil 5-1 Farklı Çalışmaların Maliyet Tahmin Karşılaştırması (Aligishiev ve diğerleri, 2022)

Ayrıca, ulusal çalışmalarda genellikle belirsizlik altında karar verme daha fazla dikkate alınmakta ve bu durum, “önce tahmin et - sonra optimize et” çerçevesine kıyasla farklı yanıtlar gerektirdiğinden





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

## Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

maliyetleri artırmaktadır (UNEP, 2014). Buna rağmen sektörel çalışmalar ise sektör özelindeki riskleri ve eylemleri daha iyi bir şekilde kapsamaları sebebiyle daha gerçekçi sonuçlara ulaşmaktadır.

IMF tarafından uyum maliyetlerine ilişkin gerçekleştirilen çalışmalarda öngörülen iklim maliyetlerine ilişkin farklılık Şekil 5-1'de gösterilmektedir. Şeklin incelenmesinden de görüleceği üzere gerçekleştirilen tahminler arasında büyük farklılıklar bulunmaktadır. Bu nedenle raporun bu bölümünde uyum eylemlerinin maliyetlerinin hesaplandığı örnekler küresel, ulusal ve sektörel olarak ele alınacak, literatürde öne çıkan özellikle sektörel ölçekte gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen bulgular ve olması halinde tahmin yöntemlerine ilişkin spesifik özellikler değerlendirilecektir.

### 5.1. Küresel Tahminler

2030 yılı itibarıyla küresel ölçekte, kamu kaynaklarının iklim değişikliğine uyum temasında ihtiyaç duyacakları yatırım miktarının, küresel GSYİH'nin yaklaşık yüzde 0.3'üne denk geleceği tahmin edilmektedir. Ancak bu rakam birçok ülkenin karşılaştığı zorluğu yeterince iyi temsil etmediği gerekçesiyle eleştirilebilmektedir (Aligishiev ve diğerleri, 2022). Nitekim, literatüre katkı yapan tahminler, gelişmekte olan ülkeler için iklim değişikliğine uyum konusunda küresel yatırım ihtiyaçlarının 2030'da yıllık 300 milyar ABD doları ve 2050'de yıllık 50 milyar ila 500 milyar ABD doları arasında değiştiğini göstermektedir. 2050 yılında, küresel ekonomik büyümeyi hesaba kattıktan sonra tüm çalışmalarda yatırım ihtiyacı artmaktadır (UNEP, 2021). Diğer taraftan Paris Anlaşması'nda belirtilen küresel sıcaklık hedeflerinin gerçekleştirilememesi durumunda ise, gelişmekte olan ekonomiler için uyum finansmanı ihtiyacının keskin bir şekilde artacağı, emisyon azaltım koşullarındaki gidişata bağlı olarak 2050'den sonra yıllık 520 milyar ABD doları ile 1,75 trilyon ABD doları arasında değişen maliyetlerle karşı karşıya kalınacağı da beklenmektedir (Chapagain ve diğerleri, 2020).

Ülkelerin ihtiyaçlarına yönelik aşağıdan yukarıya yapılan araştırmaların toplulaştırılarak küresel ölçeğe çekilmesiyle, bazı düşük gelirli ve iklim değişikliğine karşı kırılgan ülkeler için küresel ortalamalardan 100 veya 250 kat daha yüksek tahminlerde bulunmaktadır. NDC'lerine uyum maliyeti tahminlerini dahil eden 46 ülke için, uyum önlemleri çerçevesinde 2030 yılına kadar 783 milyar ABD dolarlık toplam maliyet tahmininde bulunmuştur (World Bank, 2019). Bu tahminler, yalnızca birkaç çalışmaya dayandıkları ve çalışmalar arasında zaman farklılıkları bulunduğu için oldukça yüksek belirsizlik içermektedir. Tahminler arasındaki bu ciddi fark, uyum eylemlerine duyulan ihtiyaçların tanımındaki ve gelecekteki kalkınma ve iklim değişikliğine ilişkin varsayımlardaki farklılıklarla da açıklanmaktadır.

### 5.2. Ulusal Tahminler

Ulusal düzeydeki çalışmalar şüphesiz ülkeler özelinde daha fazla sektör ve risk kapsamını dahil edebilmeye ve ülke spesifik uyum politikalarının maliyetlerini hesaplamaya imkan kılmaktadır. Gelişmiş ülkeler için yukarıdan aşağıya yaklaşım kullanan maliyet tahminleri, potansiyel yatırım ihtiyaçları hakkında herhangi bir kesin nicel sonuca erişmeyi oldukça güç kılmaktadır. Nitekim, maliyet yüzdelerine ilişkin varsayımlarda görülen ciddi farklılık, ampirik örneklerin bulunmaması, sektörel kapsamaların dar olması, artık zararlara ilişkin yeterli bilginin sunulmaması gibi hususlar sebebiyle erken dönem çalışmalarda politika yapımcılar için çok genel tahminler sunulmaktadır.

Gelişmiş ülkeler arasında özellikle OECD ülkelerinde uyumun toplam maliyetlerini değerlendirmek için henüz yeterli bilgi bulunmamakla birlikte, ülke düzeyinde bilgilere erişmek mümkündür. Hollanda ve Birleşik Krallık, erken etki değerlendirme çerçeveleri kullanarak uyum seçeneklerini ve olası maliyetlerini uzun bir süredir hesaplamakta oldukları için görece en gelişmiş örnekleri yansıtmaktadır





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

Bu kapsamda yürütülen çalışmalarda, Hollanda'da gelecekteki taşkın koruması ve taşkın riski yönetimi için yıllık maliyetlerin 2015-2050 dönemi için yılda 1 milyar avroyu aşacağı tahmin edilmektedir (Delta Programme, 2014). Birleşik Krallık için benzer yıllık maliyetler tahmin edilmiştir (ASC, 2014). ABD'de ise tahminler, uyum maliyetlerinin bu yüzyılın ortasına kadar yılda yüz milyar ABD doları ve fazlası düzeyine kadar yükselebileceğini göstermektedir (Sussman ve diğerleri, 2014).

Ulusal düzeyde gelişmiş ülkelerde uyum yatırımlarının araştırılmasına yönelik farkındalık giderek artmakta, buna paralel pek çok ülkede uyum eylemlerinin maliyet ve faydaları dikkate alınarak politikalar belirlenmeye başlamaktadır. OECD üyesi olmayan ülkelerde uyum maliyetlerinin tahminlerini sağlayan, öncelikle yakın vadeye (2030'a kadar) odaklanan bir dizi girişim ortaya çıkmıştır. Bunlar arasında UNDP Yatırım ve Finansal Akışlar Değerlendirmesi (IFF), Dünya Bankası EACC ülke çalışmaları, BMİDÇS Ulusal Ekonomik, Çevre ve Kalkınma Çalışması (NEEDS) sayılabilmektedir.

Dünya Bankası tarafından yürütülen EACC çalışmaları Bangladeş, Bolivya, Etiyopya, Gana, Mozambik, Samoa ve Vietnam'da uyum maliyet tahminleri aynı toplu sektörel etki değerlendirme çerçevesini kullanarak gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda ulusal uyum maliyet tahminleri küresel tahminde öngörülen düzeylerden daha yüksek düzeyde bulunmuştur. Bu farklılığın bazı ülkeler için, sosyal etkilerin de dikkate alınması nedeniyle gerçekleştiği düşünülmektedir. Araştırmada ayrıca ulusal maliyet tahminlerinin, küresel hesaplamalara kıyasla yüzde on ila yirmi arasında daha yüksek çıktığı bulgusuna erişilmiştir. Ulusal çalışmalar, küresel ısınma senaryosu 2°C'nin üzerinde olduğunda maliyet tahminlerinin güçlü bir şekilde arttığını göstermiştir. Örneğin Mozambik için yapılan çalışmada, deniz seviyesindeki yükselme senaryoları göz önüne alınmış ve çok daha yüksek maliyetler rapor edilmiştir (World Bank, 2012).

BMİDÇS tarafından yürütülen NEEDS projesinde ise Mısır, Gana, Ürdün, Lübnan, Maldivler, Mali, Filipinler, Nijerya'da uyum finansman ihtiyaçlarının kısa ve uzun vadeli maliyetleri değerlendirilmiş olup sonuç olarak yüksek maliyetlere ulaşılmıştır. Ülkeler özelindeki çalışmalarda farklı yöntemler ve süreler kullanılmış, bu nedenle maliyetler arasında büyük farklılık (161,5 milyon ABD doları ile 20,69 milyar ABD doları arasında) gözlemlenmiştir (UNFCCC, 2010).

UNDP IFF çalışmaları kapsamında ise, toplam 15 gelişmekte olan ülkede (Bangladeş, Kolombiya, Kosta Rika, Dominik Cumhuriyeti, Ekvador, Gambiya, Honduras, Liberya, Namibya, Nijer, Paraguay, Peru, Togo, Türkmenistan, Uruguay) uyum eylemlerinin maliyet analizi yapılmıştır. Analizde, yatırım ve finansal akışlara odaklanan ancak daha önceki çalışmalardan varsayımları açısından farklı bir yöntem kullanan alternatif bir analiz seti üretilmiştir. Bu çalışmalarda, 2030'a kadar gereken ilave uyum maliyetleri her bir ülke için 1 veya birkaç kritik sektöre (tarım ve/veya su kaynakları yönetimi) odaklanılarak tahmin edilmiştir (UNDP, 2009).

Bahse konu çalışmalar sonucunda yüksek gelirli ülkeler için uyum maliyetlerinin tipik olarak daha yüksek olarak hesaplanmasına karşın, düşük gelirli ülkeler için uyum önlemlerinin maliyetlerinin gayri safi yurtiçi hasıllarının daha yüksek bir oranını teşkil etmesi öne çıkan bir bulgu olarak dikkat çekmektedir.

Öte yandan ilk NDC'lerinde, 46 ülkenin, 2030 yılına kadar toplam 783 milyar ABD dolarlık uyum yatırıma ihtiyaç duyacağı belirtilmektedir (Bhattacharya ve diğerleri, 2020). Bu maliyet kaynakları arasında ise proje finansmanı, gelir desteği, teknolojik destek ve kapasite geliştirme yer almaktadır. Son tahminler, gelişmekte olan ülkelerin uyum maliyetlerinin ve ihtiyaçlarının daha önce tahmin edilenden çok daha fazla olduğunu ve uyum için mevcut uluslararası finansman desteğinden beş ila on kat daha fazla olduğunu göstermektedir (UNEP, 2021).







Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

### Kutu 5-1: Türkiye’nin Yıllık Uyum İhtiyacının Tahminine Yönelik Bir Yaklaşım

İlgili bölümlerde de değinildiği üzere, iklim değişikliğine uyum ihtiyaçlarının belirlenmesi noktasında çok farklı değişkenler ve varsayımlar kullanılmakta, buna bağlı olarak da büyük farklılık içeren sonuçlara erişilmektedir. UNEP, 2030 yılına kadar uyum maliyetinin yılda 140 ila 300 milyar ABD doları arasında bir seviyeye ulaşacağını tahmin etmektedir (UNEP, 2021). Küresel Uyum Komisyonu’nun tahminlerine göre ise bu rakamın 2020 ile 2030 yılları arasında 180 milyar ABD doları olabileceği düşünölmektedir (GCA, 2019). Ulusal ölçekte ise bu sonuçlar ölkelerin kendilerine has ekonomik koşullarına, finansman imkanlarına, sosyo-ekonomik durumlarına ve diğer ilgili hususlara bağlı olarak değişmektedir.

Halihazırda uyum ihtiyacının belirlenmesine yönelik Türkiye için gerçekleştirilmiş kapsamlı bir çalışma bulunmadığı için, ilk etapta oldukça genel varsayımlara dayandırılmak suretiyle birtakım çıkarımlarda bulunmak mümkün gözökmektedir.

Bu itibarla bir tahminde bulunabilmek adına ilk olarak, Türkiye’nin nüfusunun, coğrafi alanının, toplam gayrisafi yurtiçi hasılasının, toplam emisyonlarının küresel ölçekteki payının tespit edilmesinin, ardından bu dört değişkene ait oranların aritmetik ortalamalarının alınmasının ve Küresel Uyum Komisyonu’nun 180 milyar ABD doları olarak ifade ettiği miktar içerisinde Türkiye’nin payının belirlenmesinin yararlı olabileceği düşünölmektedir.

**Tablo 5-1: Türkiye’nin Muhtemel Uyum İhtiyacı**

	Dünya	Türkiye	Oran (%)
Nüfus (2020)	7.753.000.000,00	84.340.000,00	0,92
Coğrafi Alan (km <sup>2</sup> )	148.940.000,00	814.578,00	1,83
Toplam GSYİH (USD)	84.710.000.000.000,00	720.000.000.000,00	1,18
Toplam Emisyon CO <sub>2</sub> e	38.532.410.000,00	531.342.000,00	0,73
Türkiye Oranlarının Aritmetik Ortalaması (%)	1,16		
Toplam Küresel Yıllık Uyum Finansman İhtiyacı (\$)	180.000.000.000		
Türkiye’nin İhtiyaç Duyduğu Yıllık Uyum Finansmanı (\$)	2.090.000.000		





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

Değişkenler incelendiğinde, ilk olarak 2020 yılı nüfus rakamlarına göre dünya nüfusunun 7,7 milyar olduğu, Türkiye nüfusunun ise 84,3 milyon olduğu görülmektedir. Coğrafi alan değişkeni  $\text{km}^2$  olarak hesaplanmakta olup, küresel coğrafi alan yaklaşık 149 milyon  $\text{km}^2$ , Türkiye’nin coğrafi alanı ise 814,6  $\text{km}^2$ ’dir. Toplam küresel GSYİH yaklaşık 85 trilyon ABD doları iken, Türkiye’nin GSYİH’si 720 milyar ABD doları olarak hesaplamaya dahil edilmektedir. Emiyonlar  $\text{CO}_2$ e cinsinden ifade edilmekte olup, küresel emisyonlar 38 milyar ton  $\text{CO}_2$ e olarak gerçekleşirken, bu rakam Türkiye’de ise 531 milyon ton  $\text{CO}_2$ e olmuştur. Söz konusu hesaplamaların detayları Tablo 5-1’de paylaşılmaktadır.

Bu doğrultuda Türkiye’nin bahse konu dört değişken için aritmetik ortalaması %1,16 olarak hesaplanmış, dolayısıyla 180 milyar ABD doları seviyesinde tahmin edilen küresel uyum finansman ihtiyacının yaklaşık 2 milyar ABD doları kadar bir kısmının Türkiye’ye atfedilebileceği sonucuna erişilmiştir.

Söz konusu rakamın, uluslararası literatürde yer almış bulunan küresel uyum maliyet tahminlerinin en düşük seviyesi baz alınarak basit bir yüzeysel yaklaşıma dayandırıldığını, dolayısıyla yürütülecek detaylı sektörel ve ulusal düzeydeki analizler neticesinde bu rakamların belirtilenden çok daha yüksek olabileceğini göz önünde bulundurmakta fayda olduğu düşünülmektedir.

### 5.3. Sektörel Maliyet Analizleri

Uyum önlemlerinin maliyetlerinin belirlenmesinde kapsam ve risk unsurları ne kadar detaylı tanımlanabilirse o denli gerçekçi sonuçlara ulaşmanın mümkün olduğu önceki bölümlerde belirtilmiştir. Bu çerçevede, sektörel maliyet analizleri, risklerin daha doğru bir şekilde tanımlanabilmesi, maliyet unsurlarının daha detaylı bir şekilde not edilebilmeleri sayesinde küresel ve ulusal yaklaşımlara göre, politika yapıcılar açısından mikro düzeyde çok daha doğru analizler sunabilmektedir.

Daha önce de değinildiği üzere sektörel düzeyde gerçekleştirilen uyum önlemleri maliyetlerinin tahmini çalışmaları, ağırlıklı olarak su kaynakları yönetimi bakımından kıyı bölgelerinde gerçekleştirilecek uyum eylemleri ile tarım sektörlerine odaklanırken, daha az ölçüde enerji ve altyapı sektörlerine değinmektedirler. Geline nokta gerçekleştirilen güncel çalışmalar bu sektörler ile ilaveten halk sağlığı, ekosistem hizmetleri ve biyoçeşitlilik ve turizm temalarında da önemli ölçüde aşama kat etmiş olsalar da sanayi sektörü başta olmak üzere belirli sektörler için hala büyük bir veri ve analiz boşluğundan söz etmek mümkündür.

Bununla birlikte, kapsamları genişletilen sektörler ile ilişkin bulguların yorumlanmasında dikkatli olunması gerekmektedir. Zira kapsamın geniş tutulduğu sektörlerde dahi, tüm iklim riskleri ve uyum seçenekleri yelpazesi, özellikle gelişmekte olan ülkeler bağlamında kısıtlı kalmaya devam etmektedir. Ayrıca çalışmalar çok farklı metodolojiler, sosyo-ekonomik varsayımlar, maliyet ölçütleri ve fayda kategorilerinin yanı sıra önemli ölçüde farklılık gösteren iskonto oranlarını kullanmaktadır.

Çoğu durumda uyum eylemleri, doğası gereği pek çok sektörü aynı anda ilgilendirmektedir. Örnek olarak, sel veya sıcak hava dalgaları gibi aşırı iklim olayları birden fazla sektörü etkisi altına almakta ve bu durum da uyum eylemlerinin maliyet hesaplamalarını gerçekleştiren araştırmacıları tek bir sektör odaklı mı yoksa çok paydaşlı bir yapıda mı hareket etmeleri gerektiği konusunda tartışmaya yönlendirmektedir. Sektörlerin yalnız başlarına ele alınması durumunda toplulaştırılmış maliyet hesaplamalarında çifte sayım sorunu ortaya çıkabileceği gibi sektörler arası etkileşimlerin de gözden kaçırılması söz konusu olmaktadır. Buna karşın bütüncül bir yapı izlenmesi durumunda ise hesaplama zorluklarından ötürü sektörel bazlı önemli riskler veya etkiler kapsam dışında bırakılmaktadır.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

Dolayısıyla ulusal düzeyde bir sonuca ulaşırken sektörel yaklaşımlara başvurulması halinde tek bir doğru yaklaşımın olmadığı, kararın politika yapıcılar ile diğer ilgili paydaşların tercihleri doğrultusunda verilmesi gerektiği düşünölmektedir.

Son dönemde özellikle bilişim sektöründe yaşanan ilerlemeye paralel, veri üretme ve analiz etme yöntemlerinde gelişim kaydedilmiştir. Bu durum da uyum eylemleri bağlamında daha fazla sektör, risk ve projeksiyon unsuruna ilişkin bilgiye erişimi mümkün kılmıştır. Bu ilerlemeye paralel yakın zamanlı çalışmaların bir kısmında özellikle maliyet fayda analizini temel alan çalışmalarda ekonometrik temellere dayanan tahmin yöntemlerine başvurulduğu gözükse de, uyum önlemlerinin maliyetlerinin hesaplanması noktasında çalışmalarda sıklıkla geçmiş dönem metodolojilerine başvurulduğu görölmektedir.

Bu bölümde, çalışma kapsamında belirlenmiş olan sektörler için sektörel düzeyde gerçekleştirilen uygulamalar ile bu uygulamalara ilişkin metodolojilere kısaca değinilecektir. Üçüncü bölümde yer alan tahmin teknikleri kapsamında ele alınmayan ve sektörler bazında değinilmesinde fayda görölen, farklılıkların önem arz ettiği düşünölen baz senaryo, analitik modelin belirlenmesi gibi konularda ek bilgi verilecek olup, bunlara değinilmeyen sektörler için bahse konu bölümde yer alan yaklaşımların kullanılmakta olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

#### 5.3.1. Su Kaynakları Yönetimi

Giderek artan sayıda çalışma, artan sel riskleri ve su arz-talep dengesindeki değişiklikler kapsamında uyum maliyetlerini analiz etmektedir. Son yıllarda ulusal ve havza düzeyinde çalışmalara odaklanıldığı gözlemlenmekte olup, bahse konu çalışmalarda olasılık-kayıp fonksiyonları veya derinlik-hasar fonksiyonlarıyla ilişkilendirilebilen daha detaylı hidrolojik modellerin kullanımına da rastlanmaktadır. Daha yakın tarihli değerlendirmeler, erken uyarı sistemleri ve ekosistem tabanlı yaklaşımlar ile sıfır-pişmanlık seçeneklerine ve teknik olmayan seçeneklere de odaklanmaktadır.

Su yönetimi bağlamında metodolojik çerçevede ölkelerin, baz ve uyum senaryolarını ve ilgili yıllık yatırım akışları, finansal akışlar ve işletme ile bakım maliyetlerinin akışlarını geliştirmek için kullanılacak analitik yaklaşımı belirlemesi gerekmektedir. Bu kapsamda havza hidrolojisi alanındaki uygulamaların senaryo modellemeleri için WEAP21, SWAT, HEC-HMS vb. modellerin kullanılabilceği tavsiye edilirken; hidrolik simölasyon ve tahminler için HEC-RAS, MIKE Water Resources, Delft3d vb. modellere başvurmaın yararlı olacağı ifade edilmektedir. Su kaynakları yönetiminin planlama ve operasyonel modellemeleri için ise WEAP21, Aquarius, RIBASIM vb. modeller kullanılabilir.

Türkiye gibi bu alanda yukarıda sayılanlar da dahil olmak üzere belirli bir model tecrübeleri olmayan ölkelerin ise senaryolarını geliştirmek için farklı yaklaşımları kullanması da mümkündür. Örnek olarak kritik su havzaları için tahmini talep gelişimine yönelik projeksiyonlar yapılırken, bahse konu havza için, ölçölen ve tahmin edilen verilerden elde edilen aylık veya mevsimlik su dengelerine başvurmak yararlı bir yöntem olarak sayılabilir.

Çalışmaya temel teşkil edecek olan baz senaryoyu hazırlayabilmek için ölk şartlarına uygun yukarıda değinilen modeller; barajlar, kuyular, yüzey suları dahil olmak üzere su kaynakları özelliklerinin envanteri; su, yağış, kanalizasyon ve drenaj şebekelerine, dağıtım sistemlerine ilişkin diğer ilgili bilgiler; bölge ve/veya il bazında çalışma kapsamında ele alınacak zaman aralığı için ulusal su rezervi tahminleri; hedef yıla kadar sermaye iyileştirmeleri takvimi; başlıca güncel politikalar veya beklenen eylemlere dair projeksiyonlar; alternatif su yönetimi stratejileri için kaynak potansiyelleri ve maliyetleri hakkında bilgiler; kurulu altyapı için işletmeye alma ve kullanımdan kaldırma tarihleri ve talep tahminleri





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

#### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

kullanılmaktadır. Öte yandan kapsamlı verilere ulaşılabilmesi halinde, tarihsel veriler kullanarak trendlerin aynı şekilde devam edeceğini öngören tahminlerin de uzman görüşlerine dayandırılmak kaydıyla kullanılmasında sakınca görülmemektedir.

Su yönetimi sektöründeki uyum faaliyetlerinin maliyetleri hesaplanırken maliyet kalemlerinde yatırım akışları altında; barajlar, kuyular, su sistemleri, su şebekeleri gibi hidrolik faaliyetleri, atıksu arıtma tesisleri gibi sıhhi tesisat yapıları, kullanılan teçhizatlar ve makineleri, su havzası koruması amacıyla gerçekleştirilen arazi alımlarını, demirbaşları, araştırma ve eğitim için tedarik edilen ekipmanları ve benzeri varlıkları saymak mümkündür. Finansal akışlar çerçevesinde ise varlık harici yatırımların kaydedilmesi beklenmektedir. Su sektörü için işletme ve bakım maliyetleri genellikle projelerin ve yapıların büyük boyutlu olmaları nedeniyle önemli bir maliyet kalemi olarak karşımıza çıkmakta olup, bu yapıların işletimi ve bakım maliyetlerini dikkatli bir şekilde çalışmaya dahil etmek gerekmektedir (UNDP, 2009).

Su yönetimi sektöründe uyum eylemlerinin maliyetleri hesaplanırken dikkat edilmesi gereken hususlardan biri su sektörü ile diğer sektörler arasındaki önemli doğrudan etkileşimlerdir. Sektörler arasındaki bu ilintili yapı tarım, enerji, halk sağlığı, afet yönetimi gibi pek çok sektörde eylemlerin etkilerinin çakışmasına neden olmakta, dolayısıyla maliyet hesabı gerçekleştirilirken dikkatli olunmasını gerekli kılmaktadır. Örnek olarak, tarım sektöründe hem üretim hem de ürün işleme faaliyetlerinde kullanılan su talebi ve gübre, pestisit kullanımı sonucunda ortaya çıkan kirliliğin su arzını etkilemesi, su kaynaklarının hidroelektrik üretimi veya termik santrallerin soğutma için ihtiyaç duyabileceği suyun su talebini etkilemesi gibi hususlar su kaynakları yönetiminde atılacak adımların maliyetlendirilmesi konusunda dikkate alınması elzem olan hususlar arasında sayılmaktadır.

Su yönetimi sektöründe yapılan çalışmalara bakacak olduğumuzda küresel düzeyde, Dünya Bankası tarafından küresel bir hidrolojik model kullanarak 2010'dan 2050'ye kadar gelişmekte olan ülkeler için uyum maliyetlerinin hesaplandığı görülmektedir. Bahse konu projede, belediye ve endüstriyel su temini maliyetleri; basit etki değerlendirme maliyet fonksiyonları kullanılarak gelecekteki su talebinin maliyet projeksiyonlarına dayandırılmış, en yağışlı ve en kurak olmak üzere iki senaryo dahilinde belirlenmiştir. Söz konusu çalışma, su temini ve taşkın koruma uyum maliyetlerini birlikte incelemiş ve gelişmekte olan ülkeler için 2010-2050 dönemine yönelik uyum maliyetlerini ele almıştır. Çalışma kapsamında, uyum maliyetleri yıllık 14,4 ila 19,7 milyar ABD doları olarak rapor edilmiş olup, bu maliyetlerin yaklaşık üçte birinin nehir taşkınlarına uyum maliyetlerinden kaynaklandığı ifade edilmektedir. Analiz, kentsel ve kırsal olmak üzere farklı ölçütlerde, kabul edilebilir taşkın koruma düzeylerini korumanın ve sürdürmenin maliyetlerini değerlendiren küresel bir hidrolojik model ve bir etki değerlendirme yaklaşımı kullanmıştır. Selden korunmanın, kentsel alanlarda kilometrekare başına 50.000 ABD doları ve tarım alanlarında kilometrekare başına 8.000 ABD doları tutarında olacağı, set ve denizden kazanılan topraklar aracılığıyla sağlanacağı varsayılmıştır (World Bank, 2010).

Son yıllarda küresel ölçekte, nehir taşkınlarına yönelik risk modellerinin üzerinde ilk nesil modellerle kıyasla ciddi ilerlemeler kaydedilmiştir. Zira önceki modellerde öne çıkan kısıtlardan bir tanesi maruz kalınan riskin fazla tahmin edilmesine yol açan taşkın koruma altyapısının bulunmadığı varsayımıdır. Birkaç çalışma, mevcut koruma standartlarının basit varsayımlarını kullanarak sel riskini değerlendirmiş ancak, taşkın korumasını güçlendirmeye yönelik daha fazla yatırımın maliyet ve faydalarını değerlendirmemiştir. Moel ve diğerleri çalışmalarında bu bilginin, sel riski yönetimi ve uyuma yönelik yatırımların planlanması için yarar sağlayacağını vurgulamış, GLOFRIS küresel sel riski modelini kullanarak sel riskinin azaltılmasının maliyet-fayda analizi için bir çerçeve oluşturmuştur. Taşkın risklerine ilişkin olarak Moel ve diğerleri (2020) farklı uyum hedefleriyle ilgili maliyetleri tahmin etmek





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

amacıyla, taşkınların önlenmesi çerçevesinde setleri yükseltmek için zaman içinde bakım ve yatırım maliyetlerini toplayarak taşkın koruma maliyetlerini hesaplamaktadır.

Ulusal düzeyde de su kaynakları yönetimi alanında çok sayıda analitik çalışmaya rastlamak mümkündür. OECD tarafından, Hollanda için uyum seçeneklerinin maliyetlerine ilişkin erken bir ulusal çalışma yapılmıştır (De Bruin ve diğerleri, 2009b; OECD, 2015). Çalışma, su sistemlerinin iklime dayanıklı hale getirilmesinin, tatlı su alım noktalarının taşınmasının, şehir içinde veya şehir yakınlarında su depolama kapasitesinin artırılmasının, kanalizasyon sistemlerinin iyileştirilmesinin ve su depolama sistemlerinin oluşturulmasının maliyetlerini tahmin etmektedir. Söz konusu çalışma, uyum seçeneklerini önceliklendirirken çok kriterli analiz ile fayda maliyet analizi kullanmıştır. Çalışmada her bir uyum eylemi için ayrıntılı ekonomik bilgi edinmenin zorluğuna dikkat çekilmekte; dolayısıyla çalışmanın birçok uyum seçeneğinin maliyetini ölçümlenemediği, faydaları ve parasal olmayan değerleri hesaplayamadığına ilişkin vurgu yapılmaktadır.

Yunanistan Merkez Bankası (2011) sektörler arası bir genel denge (CGE) modeli kullanarak benzer hesaplamalar gerçekleştirmiş su şebekesindeki kaybının azaltılmasını göz önünde bulundurarak 2100 yılına kadar uyum eylemlerinin maliyetlerini tahmin etmiştir. Su sektöründeki uyum eylemleri neticesinde, 2025 ile 2050 ve 2050 ile 2070 yılları arasında şebekedeki kayıplarının yüzde 60'tan yüzde 10'a düşürülmesi modelin hedefinde yer almaktadır.

İspanya’da su temini ve sanitsasyonda uyum önlemleri için bir maliyet-fayda analizi kullanılmıştır (Mánez ve Cerdà, 2014). Çalışma, uyum önlemlerini yalnızca net bugünkü değere göre değil, aynı zamanda ilk yatırım, özel maliyetler, çevresel dış faydalar, çevresel dış maliyetler ve sosyal dış maliyetlere göre önceliklendirmeyi amaçlamıştır.

Bunlar ve benzeri çalışmalar, iklim değişikliği altında sel kaynaklı hasarların azaltılmasında uyum eylemlerinin geleceğe dönük büyük faydaları olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, birçok çalışmada kapsama alınan yatırımların ölçekleri büyüktür. Bir diğer deyişle, gerçekleştirilen çalışmaların pek çoğu sermaye yoğun ve yüksek bakım maliyetlerine sahip sel savunma önlemlerine odaklanma eğilimindedir. Sel yönetiminde, afet riskini azaltma/yönetim sektörüyle yakından uyumlu olan mevcut aşırılıkları ele almak için erken düşük pişmanlık seçeneklerine odaklanmaya doğru bir eğilim bulunduğu ifade edilmektedir (IPCC, 2012). Bu çalışmalarda mevcut afet risk azaltım literatüründen yararlanılmaktadır. Bahse konu literatürde erken düşük pişmanlık seçeneklerinin maliyetleri ve faydaları hakkında oldukça kapsamlı bilgiler bulunmaktadır. Mechler ve diğerleri (2014), pek çok çalışmayı analiz ederek sel riski yönetimi değerlendirmelerinin (ex-ante) ve (ex-post) maliyet ve faydalarının sistematik bir incelemesini gerçekleştirmiştir. Çalışma, risk yönetimine yatırım yapmanın birçok bağlamda öngörülen tehlikelerden kaçınmak veya maliyetleri azaltmak için yarar sağladığını göstermekte ve değerlendirmelerde riskin doğru bir biçimde ele alınması halinde ortalama fayda/maliyet oranının sel ile ilgili riskler bağlamında önemli ölçüde yüksek çıkacağını ortaya koymaktadır. Mecher ve diğerleri (2014), su yönetimine ilişkin çalışmalarda karşılaşılan bir dizi kilit varsayım ve metodolojik zorluklara değinmektedir. Bu kapsamda söz konusu çalışmada öne çıkan önemli bir bulgu, dolaylı ve maddi olmayan etkilerin sonuçlar üzerinde büyük bir fark yarattığı, ancak çoğu zaman bu unsurların hesaba katılmadığı olmaktadır. Yazarlar, bahse konu etkiler hesaplamalara dahil edildiğinde, ortaya çıkan ek faydaların sonuçlar üzerinde önemli etkileri olabileceği bulgusunu paylaşmaktadır.

Gelişmekte olan ülkeleri tek başlarına ele alan çalışmalar incelendiğinde ise kullanılan yöntemlerin etki değerlendirme analizine dayalı olduğu ve talebin yanı sıra arzı da dikkate almak için nehir havzası





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

seviyelerinde hidrolojik ve su yönetimi modellerini kullandıkları görülmektedir. Örnekler arasında Kenya'daki SEI (2009) ve Etiyopya'daki Dünya Bankası (World Bank, 2010a) çalışmaları sayılabilmektedir. Bunlar su yönetimi seçeneklerini göz önünde bulundurmaktadır. Kenya'da gerçekleştirilen bir çalışmada, sulama ve kentsel su kullanımında verimlilik de dahil olmak üzere talep yönetiminin maliyet ve faydalarına değinilmiş; rezervuarlar ve yeraltı suyu kullanımı gibi tedarik yöntemleri incelenmiş; erozyon kontrolü ve yağmurla beslenen tarım benzeri ekosistemlerin korunması eylemleri hesaba katılmıştır. Çalışmada talep tarafı önlemleri ele almanın her zaman faydalı olduğu, ancak arz tarafı ile ekosistem seçeneklerinin maliyetlerine ilişkin hesaplamaların iklim değişikliği projeksiyonlarına bağlı olduğu vurgulanmıştır.

Son dönemde, yalnızca nehirlere yönelik mühendislik yapılarının dikkate alınmasına ilaveten, ekosistem tabanlı ve mekânsal seçeneklere de odaklanılmaktadır. Başta ormanlarla birlikte memba havzalarının korunma koşullarının iyileştirilmesi ve restorasyonu olmak üzere su havzası yönetimini, su akışı düzenlemesi ve kontrollü taşkın dahil doğal taşkın ovası yönetimini, doğal koruma yapılarını ve kentsel sel risklerini azaltmak için sürdürülebilir kentsel su yönetimini saymak mümkündür. Bu çalışmalar, iklim değişikliği altında daha yüksek su akışlarıyla başa çıkmak için atık su ve yağmur suyu altyapısını güçlendirme maliyetlerinin son derece yüksek olabileceğini ve bu alanın daha fazla ampirik çalışma ve analiz gerektirdiğini göstermektedir.

Bu örnekler, su sektörü açısından uyum eylemlerinin maliyetlerinin tahmini üzerine büyüyen bir literatürü vurgulamaktadır. Bununla birlikte, elde edilen sonuçlar, gerçekleştirilen analizin sektörler arası bir bakış açısıyla yapılmasına, gelecekteki sosyo-ekonomik durumu nasıl ve hangi koşullarda göz önünde bulundurduğuna, arz seçeneklerine ek olarak talep tarafının da dikkate alınmasına göre de değişmektedir. Diğer taraftan, kullanılan maliyet ölçütleri ve fayda kategorileri, farklı iskonto oranları ve ayrıca değişen zamansal ve mekansal ölçeklerin yanısıra çalışmalara konu edilen coğrafi konuma özgü belirleyici nitelikler bulunması, bu alanda yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçların karşılaştırılabilirliğinin oldukça zor olmasına neden olmaktadır.

Türkiye özelinde gerçekleştirilen çalışmalara baktığımızda Dünya Bankası tarafından nehir havzalarındaki kırsal toplulukların geçim kaynaklarını ve iklime karşı dayanıklılığını arttırmak için 135 milyon ABD doları tutarında kredi sağlanan Türkiye Dayanıklı Peyzaj Entegrasyon Projesi (TULIP) projesi, birtakım önemli detaylar sunmaktadır. Bolaman ve Çekerek nehir havzalarındaki yerel nüfus gruplarından 90.000 kişinin doğrudan faydalanıcısı olmasının beklendiği proje ile bu grupların taşkınlardan korunması için dayanıklı altyapıya erişimlerinin ve içme suyu depolama kapasitelerinin artırılması, tarımsal üretim için sulama suyu teminlerinin artırılması ile hareketliliği ve piyasaya erişimi kolaylaştıracak yol koşullarının iyileştirilmesi gibi faydaların ortaya çıkması umulmaktadır. Proje kapsamında gerçekleştirilecek yatırımlarının faydalarını tahmin etmek için baz senaryo ve proje senaryosu oluşturulmuştur. Baz senaryoda, maliyetlerin çıktılara oranının proje ömrü süresince sabit kaldığı; uyum senaryosunda ise, bu oranın proje ömrü boyunca ortalama yüzde 40 artacağı modellenmektedir. Her iki senaryoda da 20 yıllık bir süre boyunca yüzde 6'lık bir iskonto oranı kullanılmaktadır.

Analiz için kullanılan varsayımlar yerel, bölgesel ve küresel koşullara dayanmakta olup, yerel varsayımlara göre işletme ve bakım maliyetleri yüzde 6'lık bir orana sahiptir, iskonto süresi 20 yıl olarak belirlenmiştir, tarımsal faaliyetler verimlilik oranlarını yüzde 5-40 arasında artırmaktadır, hibe katkıları, finanse edilen faaliyetlerin maliyetlerinin yüzde 50'sini geçmemektedir, su kaynaklı hastalıklardaki azalma, uygulamadan üç yıl sonra gerçekleşmeye başlayacaktır ve karayolunu kullananların, daha düşük araç ve bakım maliyetleri, düşen yol bakım masrafları ve azalan yolculuk süreleri nedeniyle



T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE  
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI



Çevre ve İklim  
Eylemi Sektör  
Operasyonel Programı



iklime uyum





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

karayolundan sağladıkları fayda artacaktır. Bölgesel varsayımlar olarak, ekosistem hizmetlerinin daha iyi yönetilmesinin, toprak kaybının azalmasını sağlayacağı, toprak besinlerinin değiştirilmesinin, ısınan bir iklimden ve potansiyel su açıklarından etkilenen tarımsal üretimin direncini artıracığı, Google Earth harita verilerine dayalı olarak artan sel koruması nedeniyle sel ve toprak kaymalarından kaynaklanan hasarlarla ilişkili onarımların azalacağı, kat edilen km başına yol bakım maliyetlerinin azalacağı, proje tarafından desteklenen birden fazla sektörde artan kapasite ve azaltılmış onarım ve bakım maliyetleri ile kamu kurumlarının ve özel hanelerin değişimlere uyum sağlayabilme güçlerini artıracığı beklentileri belirlenmiştir. Son olarak küresel varsayımlar kapsamında Karbonun Gölge Fiyatına (SPC) ilişkin Dünya Bankası 2017 Kılavuz Notlarını takip edilmesi ve böylece hektar başına karbon tutma hesaplamasının yapılması ifade edilmektedir. Bu çerçevede düşük ve yüksek SPC'ler için 2021'de sırasıyla tCO<sub>2</sub> başına 41 ABD doları ve 82 ABD doları fiyat seviyesi belirlenmiş olup, bu düzeyin 2040'ta sırasıyla 63 ABD doları ve 125 ABD dolarına kadar yükseleceği hesaplanmaktadır (World Bank, 2021).

Dünya Bankası tarafından hazırlanan Türkiye Ülke İklim ve Kalkınma Raporu'nda (CCDR) Türkiye'de bulunan 25 nehir havzasının üçte ikisinden fazlasının ciddi su kıtlığı riskiyle karşı karşıya olduğu, ve iklim değişikliği nedeniyle su arzında yüzde 10'luk bir azalmanın Türkiye'ye GSYİH'nin yüzde 6'sına mal olacağı tahminine yer verilmektedir. Konunun özellikle kıyı bölgelerindeki varlık ve faaliyetler üzerinden etki doğuracağı vurgulandığı raporda iklim değişikliği ve fırtınalardan kaynaklanan olası ekonomik kayıpların yalnızca İstanbul'da 2030 yılına kadar yıllık 200 milyon ABD dolarına mal olabileceği, yüzyılın sonuna kadar bu rakamın yıllık 10 milyar ABD doları düzeyini görebileceği öngörüsünde bulunulmuştur. Ayrıca bu risklerin turizm ve balıkçılık gibi kilit ekonomik sektörler üzerinde ciddi etkileri olacağı tahmin edilmektedir (World Bank, 2022a).

#### 5.3.2. Kent ve Altyapı

Çeşitli uyum politikaları arasında en maliyetli unsurun, altyapı sektöründe uyum önlemlerine yönelik yatırım yapmak olduğu tahmin edilmektedir (IMF 2022). Bu kapsamda küresel ve ulusal düzeyde kentlere ve altyapılara yönelik maliyet analizleri büyük önem arz etmektedir.

Küresel düzeyde, geçmiş çalışmalarda altyapılara ilişkin öngörülen uyum faaliyetleri yatırım ve finansal akış analizleri kullanılarak hesaplanmıştır. BMİDÇS (2007) çalışmasında, özellikle OECD ülkelerinde uyum önlemlerinin altyapı sektöründe oldukça maliyetli olduğu ortaya konulmuştur.

Dünya Bankası (2010) ortalama sıcaklık ve yağış trendlerini temel aldığı çalışmasında etki değerlendirme yöntemi kullanmış, bu doğrultuda inşaat maliyetleri ve mevcut varlıklar için bakım maliyetlerini hesaba katmıştır. Çalışmada inşa edilen yapıların ömrü 50 yıl olarak kabul edilmiş, bu süreç boyunca kapsam dahilinde ele alınan yapıların iklim değişikliği kaynaklı olumsuzluklara dayanıklı kalacağı varsayılmıştır. Araştırmada drenaj sistemleri, kamu binaları ve benzeri kentsel altyapı unsurları olarak ele alınan yapılara yönelik uyum maliyetlerinin, toplam altyapı maliyetlerinin yaklaşık yüzde 54'ünü oluşturduğu, bunu yüzde 18 ile demiryolları ve yüzde 16 ile asfalt yolların takip ettiği bulgusu paylaşılmıştır.

Bugüne kadar gerçekleştirilen çalışmalarda elde edilen sonuçlara göre mevcut yapıları iklim değişikliğine dirençli hale getirmek için güçlendirme önlemleri almak görece pahalı bir seçenek olarak hesaplanmaktadır. Bu sebeple de son yıllarda ortaya konulan çalışmalarda ve araştırmalarda yeni kurulan altyapılar için iklim değişikliği kaynaklı risklerin ortaya konulması daha yaygın bir uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır. Son dönemde ayrıca ekosistem tabanlı yaklaşımlara ilişkin uyum önlemlerinin maliyetlerine yönelik çalışmalara da rastlanılmaktadır. Mekansal planlama ile ilişkili yeşil





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

alanların kurulması ve yaygınlaştırılması gibi daha geniş ölçekte uyum seçenekleri de hesaplamalara dahil edilmeye başlanmış durumdadır.

Türkiye için Dünya Bankası tarafından kentsel yapılara yönelik gerçekleştirilen deprem risk değerlendirmesi ve güçlendirme senaryoları çalışmasında Türkiye'deki toplam bina sayısının Aralık 2020 itibarıyla 9,89 milyon adet olduğu ve bahse konu bina stoğunun toplam taban alanının 3,64 milyar metrekare olduğu hesaplanmıştır. Kentsel yapılara yönelik uyum önlemlerinin maliyetlerinin hesaplanmasında önemli bir girdi olarak düşünülebilecek çalışma kapsamında bir binanın yenileme değeri bahse konu raporda ele alınan yaklaşıma göre önce Türk lirası cinsinden hesaplanmış olup, Nisan 2021 için ortalama kur seviyesi olarak belirlenen 1 USD = 8,3 TL seviyesinden ABD doları olarak hesaplanmaktadır. Toplam yenileme maliyetlerinin ABD doları ve Türk lirası paritesine duyarlı olduğu bulgusu da paylaşılmaktadır. Bu doğrultuda gerçekleştirilen tahminlere göre yapısal ve yapısal olmayan unsurların yanı sıra bina içindeki diğer harcamalar dahil toplam yenileme maliyetinin 1,03 trilyon ABD doları (8,55 trilyon TL) olduğu tahmin edilmiştir. Raporda ayrıca Türkiye'nin 2019 yılı GSYİH'sinin 4,32 trilyon TL olduğu, dolayısıyla Türkiye'nin yapı stokunun toplam değerinin ülkenin yıllık GSYH'sinin 2,08 katı civarında olduğuna da dikkat çekilmiştir. Çalışma ayrıca, bahse konu bina yenileme maliyetlerini binanın kullanım amacına göre de ayrıştırarak sunmaktadır. Bu doğrultuda yapılan analiz çerçevesinde konut ve büyük kısmı konut olarak kullanılan 8,5 milyon binanın tahmini yenileme maliyeti 834 milyar ABD doları olarak tahmin edilmekte olup, bu rakam ticari binalar için 91 milyar ABD doları, endüstriyel binalar için 45 milyar ABD doları, eğitim tesisleri için 10,8 milyar ABD doları ve sağlık binaları için 2,7 milyar ABD doları olarak hesaplanmıştır (Rao, A. ve diğerleri, 2021).

### 5.3.3. Tarım, Balıkçılık ve Hayvancılık

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde tarım sektöründe uyum maliyetlerinin hesaplanmasına yönelik artan bir ilgi gözlemlenmektedir. Bu doğrultuda yürütülen çalışmalarda hem ürün modellemeleri çerçevesinde etki değerlendirmeleri hem de yatırım ve finansal akış yöntemlerinin kullanıldığına rastlamak mümkündür. Diğer taraftan bu hesaplamalar özellikle ticaretin etkileri dahil edildiğinde çok farklı tahminler ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Son dönemde gerçekleştirilen güncel çalışmalar, erken uyum seçeneklerine daha fazla önem vermekte olup, iklim açısından sürdürülebilir toprak ve su yönetimi uygulamaları gibi akıllı tarım faaliyetlerine odaklanmaktadır.

Su kaynakları yönetimi sektörü altında da ifade edildiği üzere tarım sektöründe gerçekleştirilen uyum önlemleri ile diğer sektörlerdeki etkiler arasındaki önemli bağlantılara da dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu sebeple ortaya çıkacak yatırımların, finansal akışların ve işlem ve bakım maliyetlerinin mükerrer sayımını önlemek, diğer sektörlerde önemli zararlara yol açabilecek uyum önlemlerinin tam olarak değerlendirilmesi ve sektörel değerlendirmeler arasındaki tutarsızlıkların önüne geçmek açısından son derece kritiktir. Dolayısıyla tarım sektöründeki uyum önlemlerine ilişkin maliyet kalemleri hesaplanırken mutlak suretle su kaynakları yönetimi, enerji, ulaştırma başta olmak üzere ilintili sektörel eylemlerden yalnızca tarım sektöründe uyum seçeneklerini uygulamak için kullanılan girdilerin işlenmesine özel dikkat gösterilmelidir. Dolayısıyla çıkan yatırımların nasıl ayrıştırılacağına ve hangi yatırım unsurunun hangi sektör altında ele alınacağı ilgili paydaşların katılımlarıyla kapsamlı bir şekilde değerlendirilmelidir.

Baz senaryo ve uyum eylemlerinin hayata geçirilmesi halinde ortaya çıkması beklenen senaryoları tanımlarken, bu senaryolara temel teşkil edecek tahmin yöntemleri veya modellerinin seçilmesi gerekmektedir. İklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkilerini, çeşitli mahsul sistemlerinin uyum kapasitesini ve çeşitli uyum seçeneklerinin teknolojik fizibilitesini değerlendirmek için çok sayıda model







Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

bulunmaktadır. Buna karşın tarım sektörünün ülkelere ve bölgelere has yapısının modelleme çalışmaları üzerinde son derece belirleyici etkisinin bulunması sebebiyle doğru modelleme metodolojisinin yerel uzmanları ve kamu otoritelerini içeren ilgili paydaşların katılımlarıyla gerçekleştirilmesi tavsiye edilmektedir (UNDP, 2009; ECONADAPT, 2015).

Erken dönem çalışmaları tarım sektörünün, uyumun faydaları bakımından oldukça iyi kapsandığını, ancak maliyetlerin değerlendirilmesinde oldukça yetersiz kaldığını göstermektedir. Bu çalışmalarda mahsul modellerini ve etki değerlendirmesini kullanan birçok otonom (çiftlik odaklı) uyum eylemiyle ilgilenildiği görülmektedir (OECD, 2015).

Dünya Bankası tarafından küresel ölçekte gerçekleştirilen EACC çalışması çerçevesinde tarım sektöründe uyum eylemlerinin küresel ölçekte tahmini maliyetleri, biyofiziksel mahsul modeline (DSSAT) bağlı küresel bir tarımsal arz ve talep projeksiyon modeli (IMPACT) kullanarak değerlendirilmiştir. Çalışmada ayrıca gelişmekte olan ülkelerde 2010-2050 dönemi için tahmini tarımsal verimlilik yatırımları ve uyum maliyetleri hesaplamaları da yapılmıştır.

Çalışma, iklim değişikliği koşulları altında mahsul verimi ve tarımsal üretim önemli ölçüde düşük olmasına rağmen, maliyetlerin de düşük gerçekleştiğini; zira refah seviyesinin verimden ziyade ticaret yoluyla geri kazanıldığını bildirmektedir. Raporda bu durumun tüm coğrafi bölgeler için aynı olmadığına bazı bölgelerin bu kazanımdan yararlanamayacağı da belirtilmektedir (World Bank, 2010). Bu sonuçlara benzer şekilde, IPCC (2014) tarafından da tarım sektöründeki uyum önlemlerinin verimliliği artırırken, yüksek düzeyde ekonomik faydalar sağladığı vurgulanmaktadır.

Ulusal düzeyde uyum maliyetlerinin tahmini amacıyla gerçekleştirilen çalışmalar arasında öne çıkan örneklerden olan ve Bangladeş, Bolivya, Etiyopya, Gana, Mozambik, Samoa ve Vietnam için yürütülmüş olan Dünya Bankası EACC ülke analizlerinin tamamı tarım sektörünü ele almaktadır. Bu çalışmalarda mahsul modelleri kullanılmıştır. Örnek olarak Etiyopya'daki ülke araştırmasında iklim değişikliğinin özellikle yağmurla beslenen sulama konusunu temel alarak yüksek uyum maliyetleri ortaya koyacağını tahmin etmiş ancak uyum eylemlerinin refah kayıplarını yarı yarıya azaltabileceği bulgusuna erişmiştir (World Bank, 2010a).

Uyum maliyetlerini araştırmak için tarım sektörüne yönelik olarak yatırım ve finansal akış çalışmaları da yapılmıştır. UNDP girişiminde Bangladeş, Kolombiya, Ekvador, Gambiya, Liberya, Namibya, Nijer, Paraguay, Peru, Togo, Türkmenistan ve Uruguay için 2030 yılına kadar ulusal düzeyde tarım sektöründe uyum maliyetleri tahmin edilmiştir. Bu 12 ülkedeki UNDP IFF değerlendirmelerinde uyum maliyetlerinin, 2020 itibarıyla yıllık toplam 3 milyar ABD dolarından, 2030'da 6 milyar ABD dolarına yükselmesi tahmin edilmiştir. Daha önceki küresel tahminlerle karşılaştırıldığında bu çalışmada elde edilen toplam maliyetler görece yüksek olmalarıyla dikkat çekmiştir. Bunun gerekçesi olarak modelde kısmen farklı yöntemler, varsayımlar ve kapsamlar kullanılması gösterilmektedir (UNDP, 2011).

Yatırım ve finansal akış çalışmaları çok daha geniş bir risk kapsamı içermeyi amaçlamaktadırlar. Öte yandan bu metodolojiyi tarım sektöründe kullanan analizler, sektör yatırımlarında genellikle sulama seçeneklerine odaklanma eğiliminde olmakta ve uluslararası ticaret potansiyelini dışlamaktadırlar. Ayrıca, bu modelleme çalışmalarının birtakım kritik varsayımları bulunmaktadır. Yerel gıda güvenliği hedefleriyle ilgili ticaret seviyeleri model kapsamında ele alınırken oldukça iyimser varsayımlar kullanılmaktadır. Örnek olarak görece düşük uyum maliyetlerini raporlayan çalışmalar genellikle çok yüksek ticaret seviyelerinin gerçekleştiği varsayımına dayanmaktadır.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

Takip eden dönem çalışmaları düşük ve sıfır ısıtma seçeneklerini ve iklim akıllı tarım seçeneklerini ele almaya odaklanmışlardır. Bahse konu çalışmalarda, toprağın su tutma kapasitesini geliştirme yanı sıra besin tedarikini ve toprak biyoçeşitliliğini iyileştiren sürdürülebilir tarım arazisi yönetimi (SALM) uygulamaları hesaplamalara dahil edilmektedir. Bu doğrultuda Kanada'daki bir dizi iklim akıllı tarım girişimi için çok kriterli analiz gerçekleştirilmiştir (OECD, 2015). Gelişmekte olan ülkelerde ise, yağmurla beslenen tarım konusundaki potansiyelleri nedeniyle iklim akıllı seçeneklerine ilişkin çok daha fazla analiz gerçekleştirilmiştir. Bu çerçevede, maliyet-etkinlik analizi ve maliyet-fayda analizinin belirli örnekleri de mevcuttur.

Maliyetler ve faydalar tarım sektöründe varsayılan iskonto oranına göre ciddi oranda değişmektedir. Zira toprak iyileştirme veya tarımsal ormancılık gibi bazı seçeneklerin fayda sağlama süresi birkaç yıl alırken, maliyetler hemen karşılanmak durumundadır. Bu nedenle bahse konu alanda yapılan yatırımlar yalnızca uzun vadede karlı olarak nitelendirilmektedir. Maliyet fayda analizi kapsamında bazı geleneksel uyum önlemleri kadar iyi performans gösterme eğiliminde olmadıklarına dikkat çekilmektedir. Dolayısıyla tarım alanındaki uyum eylemlerinin daha çekici gösterilebilmesi için daha düşük iskonto oranları veya ortaya konulacak yan faydaların modellere dahil edilmesi gerekmektedir. Bu hususların ise sayısal olarak ifade edilmesi ve modellerde kapsam dahilinde ele alınması her zaman kolay olmamaktadır.

Özellikle tarım sektörü gibi kayıt dışılığın yüksek olduğu veya işgücünün çoğunlukla hane içinden sağlandığı durumlarda, maliyetleri tahmin etmek oldukça güç olmaktadır. Dolayısıyla hesaplamalar yapılırken bu gibi sosyo-ekonomik hususlar dikkatlerden kaçmamalıdır.

Ayrıca küresel gıda pazarlarını, ticareti ve iklim değişikliğine uyumun maliyetini dikkate alan daha karmaşık ulusal, bölgesel ve küresel değerlendirmeler de gerçekleştirilmektedir (FAO, 2015). Bunlar, dinamik ve GLOBIOM gibi kısmi denge modellerini kullanarak mahsul modellerini ve küresel ticaret modellerini araştırırken, zaman zaman tüketici destek politikalarını da uyum politikaları arasına dahil etmekte ve maliyet hesaplamalarında göz önünde bulundurmaktadır (Mosnier ve diğerleri, 2014).

İlaveten yürütülen çalışmalar neticesinde, yalnızca bir bölgedeki mahsul verimi projeksiyonlarına bakmanın, iklim değişikliğinin etkileri ve uyum konusunda sonuçlar çıkarmak için yetersiz olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bağcılık, hayvancılık, ormancılık ve su ürünleri yetiştiriciliği dahil balıkçılık için uyum maliyetleri ve faydalarına ilişkin çalışmalar daha az sayıda gerçekleştirilmiştir.

Son dönem güncel çalışmalarda tarım sektöründe, dört temel mahsulün aynı verimini korumak için, küresel ısınma senaryosuna bağlı olarak yılda 53 milyar ABD doları ile 78 milyar ABD doları arasında ek bir uyum maliyeti tahmin edilirken, benzer bir başka çalışmada, mahsul veriminde öngörülen kayıpları dengelemek için 2020 ile 2040 yılları arasında tarımsal araştırma ve geliştirmeye yaklaşık 10 milyar ABD doları ile 70 milyar ABD doları tutarında ek yıllık yatırım yapılması gerektiği tahmin edilmektedir (UNEP, 2021).

Türkiye, Ulusal İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2011-2023) tarım temasını temel bir öncelik alanı olarak belirlemiş olup, kapsamında kuraklık ve hastalığa dayanıklı bitki çeşitleri; iyileştirilmiş tarım uygulamalarının benimsenmesini desteklemek, korumalı tarımın genişletilmesi gibi eylemler yer almaktadır.

Dünya Bankası'nın Türkiye CCDR raporunda su kaynakları yönetiminin, tarım alanındaki önemine vurgu yapılmakta, bu iki sektörün yakın ilişkisi ortaya konulmaktadır. Raporda Türkiye'de iklim değişikliğinden en ciddi şekilde tarım sektörünün etkilenmesinin beklendiği, sulanan tarım arazilerinin toplam tarım



T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE  
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI



Çevre ve İklim  
Eylem Sektör  
Operasyonel Programı



iklime uyum





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

arazilerinin yaklaşık yüzde 13,8'ini oluşturduğu ancak sulu tarımın, bitkisel üretim değerinin yaklaşık yarısını oluşturduğuna dikkat çekilmektedir. Türkiye yaklaşık 19,7 milyon hektar ekilebilir araziye sahip olup, bunun 8,5 milyon hektarı teknik ve ekonomik olarak sulanabilen tarım arazisi olarak sınıflandırılmaktadır. Sulu tarım halihazırda toplam su tüketiminin yüzde 75'ini teşkil etmekte ve bu da yenilenebilir su mevcudiyetinin yaklaşık yüzde 30'una tekabül etmektedir. Bu bilgiler ışığında Türkiye'nin iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı tarım sektöründe su kaynaklarının yönetimi noktasında kırılma noktalarını gidermek için uyum önlemlerine başvurmasını beklemek mümkündür. Bununla birlikte analizler su kaynakları yönetiminin yanı sıra su depolama ve koruma uygulamalarını teşvik etmeye yönelik mahsul modellerinin oluşturulmasının da önemine vurgu yapmaktadır (World Bank, 2022).

Uluslararası Finans Kuruluşu (IFC) tahminlerine göre, Türkiye de dahil olmak üzere Avrupa'daki dört gelişmekte olan ekonomide iklim akıllı tarıma yatırım yapmak, 80 milyar ABD Doları'lık bir pazar yaratabilecektir (World Bank, 2022). Bu kapsamda önemli bir gelişme olarak 2022 yılında Dünya Bankası, Tarım ve Orman Bakanlığı ile birlikte Türkiye'nin tarım sektörünün yeşil ve rekabetçi büyümesini desteklemek için 341 Milyon ABD doları kredi sağlanmasını öngören Türkiye İklim Akıllı ve Rekabetçi Tarımsal Büyüme Projesi'ni (TUCSAP) başlatmıştır. Proje çerçevesinde 14 milyon hektarlık bir alanı kapsayan toprak ve arazi bilgilerinin daha iyi toplanmasına ve kullanılmasına, hayvan hastalıkları takip ve teşhis olanaklarının geliştirilmesine ve kaynak verimliliğini iyileştirmek ve zararlı karbon emisyonlarını azaltmak için kullanılan teknolojilerin uygulamaya konulmasına yardımcı olunması hedeflenmektedir (World Bank, 2022b). Bahse konu projenin özellikle 3. bileşeni olan; yenilenebilir enerji kaynaklarının ve enerji açısından verimli teknolojilerin kullanılması; girdi kullanımında verimliliği arttıran, üretim maliyetlerini düşüren ve kirlilik ve sera gazı emisyonlarını azaltan dijital teknolojilerin benimsenmesinin desteklenmesi; ve iklim akıllı çözümler ile ilgili araştırma, geliştirme ve yenilikçilik çabalarının desteklenmesi dahil olmak üzere İklim Akıllı Teknolojilerin benimsenmesinin desteklenmesi hususundaki çalışmalar uyum eylemleri kapsamında da büyük önem arz etmektedir.

Proje çerçevesinde gerçekleştirilen çalışmalarda bir baz senaryo analizine ilişkin bilgilere de yer verilmektedir. Bu kapsamda proje sonucu elde edilecek olan faydalar, katlanılacak maliyetler ve faiz oranları gibi temel değişkenlerin olası etkilerini araştırmak için senaryo analizi ve duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde ele alınan tüm nakit akışları nominal fiyatlar kullanılarak tahmin edilmiş olup, söz konusu tahminler 20 yıllık bir değerlendirme dönemi için ele alınmış ve sermaye maliyeti ile sosyal iskonto oranları yüzde 6 olarak belirlenmiştir. Gerçekleştirilen ekonomik ve finansal analizin sonucunda proje nihayetinde pozitif bir ekonomik getiri elde edildiği belirtilmekte olup, bu faydaların tüm proje için net bugünkü değerleriyle 311,6 milyon ABD doları değerinde bir getiri sağladığı, bunun ise 127,2 milyon ABD dolarının tek başına 3. Bileşenden geldiği hesaplanmaktadır. Öte yandan tüm proje için yüzde 6 oranında belirlenen sermaye maliyeti göz önünde bulundurularak, proje kapsamında tarım sektörü için sermaye maliyetinin net bugünkü değeri 121,1 milyon ABD doları olarak hesaplanmıştır (World Bank, 2022).

#### 5.3.4. Halk Sağlığı

İklim değişikliğinin insan sağlığı üzerinde doğrudan etkileri olduğu gibi dolaylı etkileri de bulunmaktadır. Doğrudan etkiler, sıcaklığa bağlı hastalıklardaki değişiklikleri, sıcak ve soğuktan ölümleri ve aşırı hava olaylarından kaynaklanan ölümleri içermektedir. Dolaylı etkiler, su ve gıda kaynaklı hastalıklardaki veya vektör kaynaklı hastalıkların bulaşmasındaki değişimlerle ilintili olmaktadır. Pek çok ülkede sıcaklıklara bağlı ölümlerin etkilerine ve ekonomik maliyetlerine ilişkin projeksiyonlar yapılmaktadır. Bunlar



T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE  
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI



Çevre ve İklim  
Eylemi Sektör  
Operasyonel Programı



iklime uyum





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

kapsamlarına ve değerlendirme ölçütüne göre değişiklik gösterse de ortak sonuç iklim değişikliğinin etkilerinin halk sağlığı ile ilgili getirdiği maliyetlerin oldukça yüksek düzeyde olduğudur.

Sağlık bilimlerinde tahmine dayalı modellerin kullanıldığı uygulamalarda veri noksanlığı, belirsizlik ve çoklu streslerin ele alınma şekli gibi unsurlar oldukça büyük önem arz etmektedir. Örneğin, bulaşıcı hastalıklardaki bulaşma kalıpları, iklim dışındaki birçok faktörden etkilenmektedir ve iklim değişiklikleri ile salgınlar arasındaki ilişki genellikle çevresel, biyolojik veya toplumsal değişkenler tarafından belirlenmektedir. Bu kapsamda uyum önlemlerinin maliyetleri tahmin edilirken, seçilen değerlendirme dönemi boyunca sağlık sektöründe gelecekte beklenen eğilimleri hesaplamak amacıyla, çalışma kapsamında yer alan etkilerin her birini kapsayan, tarihsel verilere dayanan sektörel modeller seçilmesi gerekmektedir.

Uygun modellerin bulunmaması halinde ulusal sağlık stratejisi veya eylem planı ile sektöre özgü eğilimlerin bir projeksiyonu veya güncel durum analizi, gelecek senaryoları için temel teşkil edebilmektedir. Seçilen plan veya projeksiyon, ilgili değerlendirme dönemi boyunca sektörde beklenen değişiklikleri, bunların ölçeğini ve zamanlamasını gösterecek şekilde yeterli ayrıntı ile tanımlanmalıdır.

Halk sağlığına yönelik olarak senaryolar hazırlanırken istatistiksel ve ekonomik modeller, süreç ve süreç temelli (mekanik veya biyolojik) modeller, epidemiolojik modeller, entegre değerlendirme modelleri kullanılabileceği gibi, spesifik sağlık etkileri için sıcaklıkla ilintili hastalık ve ölümler, aşırı hava olayları, hava kirliliği, vektör kaynaklı hastalıklar, su ve gıda kaynaklı hastalıkları temel alan modelleme yöntemleri seçilebilmektedir. Ayrıca sağlık sektöründeki sağlık harcamalarını kaydedebilmek için oluşturulmuş Ulusal Sağlık Harcamaları, Dünya Sağlık Örgütü'nün kamuya açık WHOSIS ile Küresel Sağlık Atlası veri setleri de yukarıda sayılan yaklaşımların tamamlayıcısı olarak kullanılabilir.

Uyum önlemleri altında önemli yer teşkil eden sağlık sektörüne yönelik olarak maliyet tahmininde bulunan erken dönem çalışmalarına değinmek önem arz etmektedir. Bu doğrultuda, BMİDÇS çalışması nüfusun 2000 yılı düzeyinde sabit kaldığı varsayımıyla oluşturulan alternatif iklim değişikliği senaryoları altında, iklim değişikliğinin sağlık sektörü üzerindeki etkilerini, her bir ek vaka sayısını belirlenen birim önleme maliyet katsayısı ile çarparak; bağırsak hastalıkları, yetersiz beslenme ve sıtmaya karşı uyum önlemlerinin maliyetlerini tahmin etmiştir (UNFCCC, 2007).

Dünya Bankası, 2050 yılına kadar gelişmekte olan ülkeler için sıtma ve bağırsak hastalıklarını engelleyecek önlemlerin dahil edildiği bir modeli uyum maliyetlerini tahmin etmek için kullanmış bunun yanında sosyo-ekonomik kalkınmaya yönelik olarak BMİDÇS tarafından gerçekleştirilen çalışmada kullanılan daha karmaşık bir tedavi sürecini benimsemiştir. Çalışma neticesinde küresel sağlık sektörü için uyum önlemlerinin maliyetlerinin toplam uyum önlemlerinin maliyetleri içerisinde çok düşük payı olduğu, bu maliyetin ise çoğunun Afrika'da olduğu bulgusu ortaya konulmuştur (World Bank, 2010).

Düşük maliyetlerin gerekçesi olarak, bahse konu hastalıkların zaman içerisinde başlangıç vaka sayılarındaki hızlı düşüşlerin yanı sıra güncellenen tanımları ve düşen birim maliyetleri saymaktadır. Bununla birlikte, çalışma, sağlık sektörüyle etkileşim içinde bulunabilecek diğer sektörlerdeki uyum maliyetlerini de hesaplamada ihmal etmektedir. Daha açık bir ifadeyle tarım sektörü kaynaklı yetersiz beslenme veya su kaynaklarının yönetilememesi sonucu aşırı hava koşulları sebebiyle ortaya çıkan sel ve kuraklık gibi hususlar göz ardı edilmiştir.

Watkiss ve diğerleri (2009), iklim değişikliğinin neden olduğu sıcaklık değişikliklerinin ölüm oranları üzerindeki potansiyel etkilerini değerlendirmişlerdir. Araştırmada 2020 ve 2080 yılları arasındaki





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

süreçte iklim değişikliğinin halk sağlığı üzerindeki etkilerini ölçmek amaçlanırken, uyum önlemlerinin ölçüğü küçültülmüş iki iklim senaryosu (SRES A2 ve B2) çerçevesinde modellenmesi ve böylece halk sağlığı üzerine sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır. Bahse konu araştırmada ekonomik değerlendirme için iki ölçü kullanılmış olup, bunlar istatistiksel ömür değeri (Value of Statistical Life-VSL) ve kaybedilen ömür yılı değeridir (Value of life year-VOLY). Araştırmada, 1°C'lik ısınmaya alışmanın her otuz yılda bir mümkün olduğu varsayılmaktadır. Çalışma metodolojisine göre sosyo-ekonomik gelişmeye bağlı ölüm oranlarındaki değişiklik, toplam tahminden çıkartılmakta, böylece sonuçlar yalnızca iklim değişikliğinden kaynaklanan ek ölümleri gösterecek şekilde sunulmaktadır. Bununla birlikte, Watkiss ve diğerleri nicel bilgi eksikliği nedeniyle ısıyla ilgili etkiler için uyumun maliyet ve faydalarına ilişkin açık bir değerlendirme yapmamıştır.

Sıcaklık uyarı sistemleri gibi uyuma yönelik planların maliyetlerine ilişkin çalışmalara da rastlamak mümkündür. IPCC (Smith ve diğerleri, 2014), sıcak hava dalgası erken uyarı sistemlerinin etkinliğine ilişkin çalışmaları gözden geçirmiş ve çoğu çalışmanın uygulamadan sonra sıcak hava dalgaları sırasında daha az ölüm bulunduğunu bildirmiştir. Bu tür planların faydalarının maliyetlerden çok daha büyük olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde bir çalışma Avrupa geneli için Dünya Sağlık Örgütü tarafından yapılmıştır. Bu planın tahmini maliyetleri, ek tıbbi personel ve/veya kaynak maliyetleri de dahil olmak üzere üst tahminlerle birlikte, dahil edilen maliyet kategorilerine bağlı olarak plan başına hesaplanmıştır (WHO, 2009).

SEI (2009), artan sıtma rakamlarına istinaden uyum önlemlerinin maliyetlerini tahmin etmiştir. ECA (2009), Tanzanya'daki kolera ve diğer bulaşıcı hastalıkları ele almak için uyum seçeneklerinin maliyet-etkililik analizi yürüterek hesaplamıştır. ECLAC tarafından Saint Lucia'da (Karayip bölgesi) 2010-2050 dönemi için A2 ve B2 IPCC senaryoları kullanılarak tedavi maliyetlerinin bugünkü değerleri tahmin edilmiş, bunlar kardiyolojik-solunum, sıtma, dang humması ve gastroenterit etkileri için ayrıştırılmıştır. Çalışmada iskonto oranı yüzde 1 olarak belirlenmiştir (ECLAC, 2011).

DSÖ tarafından (WHO, 2013), özellikle karar vericilere uyum maliyetlerini tahmin etmede yardımcı olmak üzere bir araç geliştirilmiştir. DSÖ tarafından benimsenen yaklaşım finansal ve finansal olmayan maliyetleri sağlanan hizmetlerin ödeyicisine göre de ayrıştırmaktadır. Ortaya çıkacak maliyetlerin ödeme sürelerinin de önem arz ettiği bu yaklaşımda maliyetlendirme çalışması için 10 yıllık bir zaman dilimi seçilmiş ve gelecekteki maliyetler, seçilen iskonto oranında bugünkü değere indirgenmiştir. Maliyetler, yatırımlara (bir programın başlangıcında ödenmesi gereken, ancak 1 yıldan fazla ömrü olan) veya rutin hizmet tesisi, işletme ve bakım gibi tekrarlayan kalemlere atıfta bulunarak sunulmaktadır. Bazı faaliyetler sınırlı bir süre için uygulanabileceğinden, model 10 yıllık süre içinde belirli bir faaliyetin ne zaman gerçekleştirileceği bilgisini talep etmektedir.

Ampirik temellere dayanan çalışmalar son dönemde artmakla birlikte, halk sağlığıyla ilgili iklim değişikliği risklerinin çeşitliliği, bu risklerin ve bu risklere karşı hayata geçirilecek uyum önlemlerinin ne ölçüde ekonomik değerlendirmeye tabi tutulacağı konularında hala ciddi bir boşluk bulunmaktadır. Çoğu analiz, kolayca ölçülebilir maliyetlere sahip önlemlere odaklanmaktadır. Ayrıca kapsam dahiline alınan uyum önlemlerinin de maliyet unsurları tam olarak hesaplamalara dahil edilememekte, sermaye maliyetleri genellikle ihmal edilmektedir.

#### 5.3.5. Enerji

İklim değişikliğinin enerji sektörü üzerinde uyum bağlamında çeşitli etkileri olması beklenmektedir. Örneğin, daha yüksek sıcaklıkların, termik santrallerin işletme verimliliğini azaltması ve ısıtma ve soğutma modellerini değiştirmesi beklenmektedir. Aşırı hava koşullarının daha sık görülmesi nedeniyle



T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE  
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

enerji iletim altyapısındaki zararları artırmakta, değişen yağış düzenleri, hidroelektrik santralleri için akış koşullarını etkileyebilmektedir.

İklim değişikliğiyle mücadelede enerji sektörü temel olarak azaltım politikaları aracılığıyla ön plana çıkmakla birlikte, sektör uyum önlemlerin hayata geçirilmesi noktasında da kritik bir role sahiptir. Özellikle elektrik üretimi kapsamında iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine hazırlıklı olunması, hidroelektrik santralleri, termik santraller, rafineriler, rüzgar enerji santralleri, jeotermal enerji santralleri gibi yapıların işler tutulması ve iklim etkilerine karşı dayanıklı hale getirilmesi elzem görülmektedir. Bahse konu etkilerin elektrik, petrol, doğal gaz dağıtımını etkilememesi, petrol stoklarına zarar vermemesi için de yatırımlar gerekmektedir.

Bu ve benzeri etkilere karşı enerji sektörünü dayanıklı hale getirmek yalnızca enerji sektörü altında bir hesap yapılması yerine çakışan sektörlerle uyumlu olacak şekilde gerçekleştirildiği için maliyetlerin hesaplanması noktasında dikkatli olmak gerekmektedir. Nitekim, örnek olarak hidroelektrik santrallerinin işlerliklerinin korunabilmesi için yapılacak bir taşkın yönetimi planlaması su kaynakları yönetimi sektörü altında, elektrik üretim ve dağıtımın sağlıklı bir şekilde tesis edilmesi noktasında iletim çevresinde bitki örtüsü kontrolünün geliştirilmesi veya biyoyakıtlara yönelik alınacak önlemler tarım ve/veya ekosistem hizmetleri sektörü altında maliyet kalemleri olarak sayılabilmektedir. Bu nedenle çifte sayımın önüne geçebilmek adına ilgili paydaşların katılımlarıyla maliyet kapsamlarının dikkatlice belirlenmesi gerekecektir.

Araştırmaya temel teşkil edecek süre zarfının belirlenmesinde ise enerji sektörü özelinde 25 yıllık bir değerlendirme süresinin belirlenmesi tavsiye edilmektedir. Diğer sektörlerden farklı olarak bu tavsiyenin amacı enerji altyapısının uzun yaşam döngüsü olması, bu sebeple hesaplamaların daha doğru bir şekilde yapılmak istenmesidir. Enerji sektöründeki uyum önlemlerin maliyetlerinin tahmin edilmesinde kullanılacak senaryoların oluşturulması için tercih edilecek metodoloji konusunda ise halihazırda gelişmekte olan ülkeler dahil pek çok ülkede gelişmiş enerji sektörü modelleri kullanıldığından, ulusal veya küresel enerji projeksiyonlarına başvurulabileceği değerlendirilmektedir. Bu tarz bir modelleme çalışmasının bulunmaması durumunda ise analiz için temel olarak sektörel bir plan veya trendlere ilişkin bir projeksiyonun kullanımının mümkün olduğu değerlendirilmektedir (UNDP, 2009).

Elektrik üretim teknolojilerine yönelik uyum önlemlerinin maliyetlerinin tahmin edilmesi amacıyla Avrupa Komisyonu tarafından 2011 yılında bir çalışma yürütülmüş, çalışma kapsamında uyum maliyet fonksiyonları üretilmiştir. Bu maliyet fonksiyonları, teknoloji seçenekleri göz önünde bulundurularak bahse konu teknolojiye özgü yatırım maliyetlerini ve iklim değişikliği etkilerinin ek bir yatırım yapılması ihtiyacını doğurduğu eşik değerleri göstermektedir. Teknolojiye özgü uyum maliyet fonksiyonları, AB elektrik talebine ve 2080 yılı için projeksiyonları yapılan iklim değişikliği koşullarını gözetenek oluşturulmaktadır. Bu amaçla çalışmada, IPCC'nin A1B iklim senaryosunu temel alan üç bölgesel iklim senaryosu, 2080 yılı senaryosunu oluşturmak için kullanılmıştır. Çalışmada AB-27 ülkeleri dört bölgeye ayrılmış ve senaryoda ele alınan iklim koşullarından etkilenen elektrik üretim teknolojilerinin değişimine ilişkin göstergeler oluşturulmuştur. Çalışmada, elektrik talebinin 2050 yılına kadar olan değişimini hesaplayabilmek için Eureka temel senaryosu kullanılmıştır. Bahse konu hesaplamalar neticesinde AB elektrik sektörünün 2080 yılında iklim değişikliğine yönelik uyum önlemlerini hayata geçirmesi halinde ortaya çıkacak uyum maliyet toplamının yanısıra, açık deniz rüzgar enerjisinden elektrik üretimi, yoğun fırtına ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı elektrik şebeke yapılarının oluşturulması, sel ve taşkınların termik santraller üzerindeki etkileri gibi alt kırılımlara yönelik maliyetler de ortaya konulmuştur.



T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE  
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

Diğer yandan Avrupa Komisyonu tarafından yayımlanan bu rapor modellemelere yönelik yeterli ölçüde detay sunamaması, belirlenen iklim senaryosunun 2080 yılına kadar sonuçlar sunabilirken, elektrik senaryosunun yalnızca 2050 yılına kadar yapılmış olması, dolayısıyla kapsanmayan aradaki yıllar için elde edilen maliyet bulgularının görece düşük ve yanıltıcı sonuçlara yol açabileceği sebebiyle eleştirilmektedir. Ayrıca çalışmada olası teknolojik gelişmeler yerine mevcut teknolojilerin benimsenmiş olmasının uyum maliyetlerini doğrudan etkileyen ve gerçekçi sonuçlara ulaşılmasının önünde bir engel olduğu bulgusu da paylaşılmaktadır (Springmann, 2012). Eleştirilere karşın bahse konu çalışma, AB çapında üretim teknolojileri çerçevesinde elektrik sektöründe iklim değişikliğine uyum önlemlerinin potansiyel yatırım ihtiyaçlarının ilk göstergelerinden biri olarak literatürde yer almaktadır.

Öte yandan gözden kaçırılmaması gereken bir husus da iklim değişikliğinin ısıtma ve soğutma talebi üzerindeki etkileri olmaktadır. Örnek olarak IPCC (2014) konuya ilişkin yaptığı araştırmada; artan gelir düzeyleriyle, ortalama sıcaklıkların yüksek olduğu gelişmekte olan ülkelerde/bölgelerde iklim değişikliği olmaksızın dahi soğutma talebinin, dolayısıyla enerji talebinin artacağını, buna karşın ortalama sıcaklıkların yüksek olduğu gelişmiş ülkelerde artan talebin daha yüksek sıcaklıktan kaynaklanacağını göstermektedir.

Bu alandaki çalışmaların tümü, kullanılan enerji modellerinden, gelecekteki sosyo-ekonomik faktörlerin karşılaştırmasından ve gelecekteki enerji fiyatları da dahil olmak üzere (azaltım olsun veya olmasın) varsayımlardan oldukça etkilenmektedir. Bununla birlikte, bu çalışmaların hiçbirisi soğutmanın ısı kaynaklı ölüm vakalarını azaltabilme yetisini göz önünde bulundurarak iklimlendirmenin halk sağlığına olan faydalarını hesaba katmamaktadır.

Elektrik sistemlerinin talep ve enerji optimizasyon modellerini kullanarak planlanması ve ayrıca tesisler bazında seçenekler açısından hidroelektrik bağlamında uyum önlemlerinin maliyetlerinin hesaplaması hakkında çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Brezilya, Etiyopya ve Nepal’de gerçekleştirilen çalışmalar bu kapsamda sayılabilmektedir. Bahse konu çalışmalar daha önce de değinildiği üzere, iklim senaryolarına göre maliyetlere ilişkin sonuçları itibarıyla ciddi farklılıklar göstermektedir. Buna karşın, tüm çalışmalarda elde edilen ortak sonuç, uyum önlemlerine ilişkin gerekli olan kapasitenin tesis edilmesi için büyük maliyetlerin gerekmesi olmuştur. Sıfır pişmanlık uyum seçenekleri ve belirsizliğin de hesaba katıldığı çalışmalara rastlamak mümkündür. Bu çalışmalarda gelişmiş iklim ve hidrolojik izleme ve bilgi sistemleri gibi maliyetlerine kıyasla yüksek fayda sağlayan erken uyum seçenekleri ve havza yönetimini iyileştirmeye yardımcı olan ekosisteme dayalı uyum gibi seçeneklerinin maliyetleri araştırılmaktadır (OECD, 2019).

Haziran 2022 sonu itibarıyla Türkiye’nin hidrolik enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü 31.558 MW olup, hidroelektriğin toplam kurulu güç içerisindeki oranı yüzde 31 düzeyindedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022). Dolayısıyla enerji sektöründe atılacak adımların su kaynakları yönetimi sektöründeki önlemlerle yakından ilişkili olduğu, bu bağlamda her iki sektörde de uyum önlemlerinin maliyetlerinin hesaplanmasında paydaşlar arasında etkin iletişim gözetilmesi gerektiği düşünülmektedir .

#### 5.3.6. Turizm

Uyum önlemlerinin maliyet tahminleri literatüründe turizm kısmi olarak incelenen bir sektör olarak karşımıza çıkmaktadır. İklim değişikliğinin olumsuz etkileri turizmin dönemi, turistik faaliyetlerin türleri ve destinasyonları, sektörün rekabet gücü ve sürdürülebilirliği üzerinde belirleyici bir role sahiptir. Bu iklim koşullarındaki değişimler ayrıca ısıtma, soğutma, sulama, gıda ve su temini ve sigorta primleri gibi



T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE  
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI



Çevre ve İklim  
Eylemi Sektör  
Operasyonel Programı



iklime uyum





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

#### Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

maliyetleri de şekillendirmektedir. Benzer şekilde iklim değişikliği kaynaklı su rejimlerindeki dengesizlikler, biyolojik çeşitlilik kaybı, deniz seviyesinin yükselmesi, değişen tarımsal üretim, artan doğal tehlikeler, kumsal ve kıyı erozyonu dahil olmak üzere çevresel koşullar üzerindeki etkiler yoluyla da turizm sektörünü etkisi altına almaktadır.

Turizm endüstrisi üzerindeki bu olumsuz etkilerin sonuçları, artan altyapı zararları, ek acil durum hazırlık gerekliliklerini ve daha yüksek işletme giderleri gibi maliyetleri göz önünde bulundurmaya gerekli kılmaktadır. Bu sebeple iklim değişikliğine uyum kapasitesinin, turizm değer zincirinin bileşenleri arasında farklılık gösterdiği düşünölmektedir. Örnek vermek gerekirse turistler, turizm hizmet tedarikçileri, destinasyon bazında gruplar ve tur operatörleri, uyum maliyetleri hesaplanırken paydaşlar veya hedef kitle arasında sayılacaktır. Bazı çalışmalarda uyum eylemlerinin maliyetleri tahmin edilirken, tüm ölkedeki turizm sektörü yerine yalnızca belirli turistik bölgelere veya yerlere odaklanılmaktadır. Bu kapsamda hangi hedef kitlenin, turistik bölge veya bölgelerin, destinasyonların veya faaliyetlerin dahil edileceği, her birinin ulusal ve sektörel kalkınma planlarıyla ilişkisi de dahil olmak üzere ulusal koşullar dahilinde paydaşların görüşleri doğrultusunda belirlenmektedir.

Turizm sektörü için senaryolar kurgulanırken basit hesaplamalardan, ekonomik ve ekolojik dinamik sistemler arasındaki ilişkileri ortaya koyan karmaşık çok paydaşlı dinamik modellere kadar pek çok yöntem kullanılabilir. İklim değişikliğinin turizm üzerindeki etkilerine dair senaryolar oluştururken iklim ve sosyo ekonomik gidişatı da içeren dinamik bir yapı kurgulanması ve böylece geleceğe yönelik belirsizliklerin modellemeye dahil edilmesi tavsiye edilmektedir. Turizm sektöründe uyum önlemlerinin maliyetleri hesaplanırken yatırım akışları baz alındığı takdirde; konaklama tesisleri, tatil köyleri, binalar, iletişim ve ulaşım altyapısı, iletişim ekipmanı, araçlar, altyapı unsurları gibi varlıkların yanısıra araştırma, eğitim, yardım, politika ve idari düzenlemeler gibi kurumsal geliştirme faaliyetlerinin de kapsam dahilinde ele alınması beklenmektedir. Mali akışların da göz önünde bulundurulması durumunda bu çerçevede araştırma, eğitim, yardım ve işgücü maliyetleri gibi varlık dışı akışların da dahil edilmesi beklenmektedir.

Özellikle kıyı turizminin maruz kalacağı risklerin yansıtılabileceği bir baz senaryonun oluşturulması için, kıyı şeridinde yerleşik otellerin, restoranların vb. turistik işletmelerin yatırım kararlarına ilişkin beklentilerinin, ilgili coğrafi bölgedeki fiziksel altyapının ve bu bölgedeki hizmet sektörünün gelişimine ilişkin öngörülerin hesaplamalara dahil edilmesi önerilmektedir. Baz senaryosunun hazırlanması için; ticari altyapı da dahil olmak üzere turizm sektörünün güncel bir envanterinin oluşturulması, mümkün olduğunca kıyı bölgesi/şehirlere bazında hedef yıla kadar ulusal ve/veya şehir ölçeğinde turizm sektörü büyüme tahminlerini elde edilmesi, senaryo tahminlerini etkileyebilecek başlıca güncel politikaların veya beklenen eylemlerin belirlenmesi ve alternatif kıyı yönetimi stratejileri için kaynak potansiyelleri ve maliyetler hakkında bilgi toplanması tavsiye edilmektedir.

Çoğu çalışma, iklim değişikliğinin turizm sektörü üzerindeki potansiyel etkilerini bir konfor endeksi (Turist İklim Endeksi) kullanarak değerlendirmekte ve turizm harcamalarını kullanarak ortaya çıkan değişimler üzerinden maliyet tahminleri yapmaktadır. Amelung ve Moreno (2012) Avrupa çapında bu yaklaşım ile maliyet tahminlerini gerçekleştirirken, Dominik Cumhuriyeti’nde turizm sektörü için bir yatırım ve finansal akış analizi yapılmış, ve çalışma sonucunda uyum eylemlerinin maliyetleri tahmin edilmiştir.

OECD tarafından yapılan erken dönem çalışmalarda Alp Dağları’ndaki kış turizmi uyum eylemlerinin maliyetleri incelenmiş ve uyum maliyetleri alınması gereken ek kar makinelerinin maliyetleri de dikkate alınarak değerlendirilmiştir (OECD, 2007). Çalışmada ayrıca düşük rakımlı kayak merkezlerinde



T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE  
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI



Çevre ve İklim  
Eylemi Sektör  
Operasyonel Programı



iklime uyum







Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

azalan kar güvenilirliği ile başa çıkmak için hayata geçirilebilecek eylemler ile kayak alanlarını daha yüksek rakımlara genişletme yönündeki politikalar da ele alınmıştır. Almanya'nın Bavyera bölgesinde ise yaz turizmine yönelik olarak uyum eylemlerinin maliyetlendirme çalışmaları bulunmaktadır (OECD, 2015).

#### 5.3.7. Ekosistem Hizmetleri ve Biyoçeşitlilik

İklim değişikliği kara, su ve deniz biyoçeşitliliği başta olmak üzere tüm ekosistemler üzerinde yıkıcı etkilere sahiptir. Bununla birlikte ekosistem hizmetleri ve biyoçeşitlilik konularında uygulanacak uyum önlemlerinin maliyet çalışmalarına ilişkin ciddi bir boşluk bulunmaktadır. Bu boşluğun sebebi ise hiç şüphesiz ekosistemleri bütünüyle kapsayacak şekilde önlemlerin ve bu önlemlerin maliyetlerinin belirlenmesinin oldukça zor olmasıdır. Diğer alanlardaki iklim risklerini ele almak için ekosistem tabanlı uyum önlemleri konusunda daha önceki başlıklarda da değinildiği üzere artan bir literatür olmasına rağmen, halihazırda, habitatların ve türlerin korunması ile bunların restorasyonunun maliyetlerine ilişkin çalışmalar sınırlı kalmaktadır.

Biyoçeşitlilik; genetik çeşitlilik, tür çeşitliliği ve ekosistem çeşitliliği olmak üzere üç ana bileşenden oluşmakta olup, gerçekleştirilecek maliyet analizlerinde ilk olarak bu bileşenlerden hangilerinin kapsam dahilinde ele alınacağına seçilmesi gerekmektedir. Bir başka deyişle biyoçeşitlilik sektörünün tanımı yapılırken mevcut farklı ekosistemler olan tüm olası bileşenlerin mi yoksa sektör içindeki bir alt kümenin mi inceleneceği kapsam dahilinde belirlenmelidir.

Zaman aralığı belirlenirken ise 25 yıllık bir değerlendirme döneminin ele alınması tavsiye edilmektedir. Bunun gerekçesi olarak sektördeki sermaye stokunun ve altyapının uzun ömürlü olması gösterilmektedir. Senaryolara temel teşkil edecek analitik yaklaşımların belirlenmesinde ise ekosistem hizmetleri ve biyoçeşitlilik sektörü özelinde çok fazla yaklaşım kullanabilmektedir. Bunlar en basit düzeyde öngörülerden, ekonomik ve ekolojik dinamik sistemler arasındaki etkileşimleri göz önünde bulunduran modellere kadar uzanmaktadır. Buna karşın analizlerde karşılaşılan en büyük zorluk biyoçeşitlilik ile ilgili öngörülerin iklim değişikliği modellerinde olduğu gibi son derece yüksek belirsizlik içermesi olarak gösterilmektedir. İlaveten, türlerin birbirleriyle nasıl etkileşime girdiği ve bu etkileşimlerin parçası oldukları toplulukları ve ekosistemleri nasıl etkilediklerini de anlamak, son derece karmaşık bilimsel temelli yaklaşımların benimsenmesini gerektirmektedir (UNDP, 2009).

Bu sektör bazında literatüre baktığımızda gerçekleştirilen ekonomik çalışmalarda, uyum önlemlerinin maliyet ve faydalarının değerlendirilmesi çalışmalarına az da olsa rastlamak mümkündür. TEEB-İklim Sorunu Raporu (TEEB, 2009), bir uyum önlemi olarak restorasyon projelerinin ekonomik değerlerini hesaplamış olup, çalışma sonucunda en yüksek fayda-maliyet oranına sahip uyum eyleminin otlakların restorasyonu olduğu görülmektedir, onu sırasıyla; tropik ormanların, ormanlık alanların/çalılıkların ve mangrovların restorasyonu ile göllerin/nehirlerin, diğer ormanların, iç sulak alanların, kıyı ekosistemlerinin ve mercan resiflerinin restorasyonları takip etmektedir.

UNDP (2011a) tarafından ulusal ölçekte gerçekleştirilen çalışmada Kosta Rika'da biyoçeşitlilik sektörü için uyum önlemlerinin maliyetleri değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında karasal ve deniz ekosistemlerinin korunmasına, iç su ekosistemlerinin korunmasına, orman yangınlarının önlenmesine ve konuya ilişkin farkındalığın artırılmasına odaklanan eylemler için tahmini maliyet hesaplaması gerçekleştirilmiştir.

Finlandiya'da yapılan bir araştırma, maliyet etkinlik analizi kullanarak tarım-çevre planlarının, türlerin dönüşümlerini ve yayılma koridorlarını göz önünde bulundurarak değişen bir iklim altında otlak





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

kelebeklerinin korunması önlemlerini incelemiştir (Tainio ve diğerleri, 2014). Honduras'ta ise, yeniden ağaçlandırma, tarımsal ormancılığa geçiş, yangın kontrol önlemleri ve toprak ve su koruma önlemlerinin getirilmesi gibi ekosistem tabanlı uyum seçeneklerine dayalı bir su yönetim planı tanımlanmış ve maliyet hesaplaması gerçekleştirilmiştir (ECONADAPT, 2015).

Dünya Bankası tarafından hazırlanan Türkiye CCDR raporunun önemli parçalarından bir tanesini de Ormancılık/AKAKDO sektöründe sera gazı azaltım seçeneklerinin incelendiği kısım oluşturmaktadır. Bu kısımda kullanılan yaklaşımın ekosistem hizmetleri ve biyoçeşitlilik sektöründe uyum önlemlerinin maliyet tahminlerinde yol gösterici unsurlar barındırdığı düşünülmektedir.

Dünya Bankası bahse konu sektördeki emisyon azaltımlarını temel alarak oluşturduğu baz senaryodaki toplam maliyetleri tahmin etmek için ise Orman Genel Müdürlüğü'nün 5 yıllık ortalama (2017-2021) verilerini kullanmış ve yıllık yaklaşık 1,68 milyar ABD doları tutarında bir baz senaryo maliyeti hesaplamıştır. Döviz kurundaki oynaklık sebebiyle kurun sabit tutulması yaklaşımı benimsenerek bu miktarın 2053 yılına kadar 53,78 milyar ABD dolarına ulaşacağı bulgusu da raporda paylaşılmıştır.

Çalışmada hali hazırda ihtiyaç duyulan ek masraflar tahmin edilmiştir. Bu kapsamda ağaçlandırma ve orman restorasyon faaliyetlerinin birim maliyetleri, Orman Genel Müdürlüğü Tarım ve Orman Bakanlığı web sitesinden alınmış olup, verilere göre bir orman restorasyon faaliyetinin minimum maliyeti 1016,40 ABD doları/ha, maksimum maliyeti ise 4661,15 ABD doları/ha civarında belirlenmiştir. İlaveten mera restorasyonunun maliyeti, gübre dahil hektar başına 702,5 ABD doları civarında hesaplanmıştır. Orman yangınlarına ilişkin olarak ise Dünya Bankası yaptığı tahminlerde uzun vadede, bakım, eğitim ve ek önleme faaliyetleri için mevcut bütçenin en az yüzde 30'u kadar (yılda yaklaşık 60 milyon ABD doları) bir artışın gerekli olacağını tahmin etmiştir (World Bank, 2022c).

#### 5.3.8. Afet Riski Yönetimi

Afet risk yönetimi yukarıda sayılan tüm sektörler kapsamında alınacak önlemler ile yakinen ilişkili yapısıyla karşımıza çıkmaktadır. Bu noktada örnek olarak sel ve taşkınlar dolayısıyla su kaynakları yönetimi, enerji, turizm gibi sektörlerle; erozyon, toprak kayması, orman yangınları gibi riskler sebebiyle ekosistem hizmetleri ve biyoçeşitlilik, ulaşım ve iletişim sektörleriyle ve daha genel ölçekte halk sağlığıyla doğrudan ilgili politikalar göz önünde bulundurulabilmektedir. Dolayısıyla bu sektörde alınacak uyum önlemlerinin maliyetleri hesaplanırken özellikle çifte sayımdan kaçınmak için paydaşların hangi maliyet unsurlarının hangi sektör altında sayılması gerektiğine dair çerçeveyi net bir biçimde belirlemeleri gerekmektedir.

Afet risk azaltımı amacıyla bir projenin uygulanması kapsamında alınacak uyum önlemleri çerçevesinde ortaya çıkacak maliyetleri tahmin etmek büyük önem arz etmektedir. Zira bu alanda gerçekleştirilecek yatırımların büyük yatırım başlangıç maliyetleri olabilmekte, bunun yanı sıra riskler gerçekleşsin veya gerçekleşmesin, bahse konu yatırımların büyük bakım ve işletim giderleri ortaya çıkabilmektedir.

Buna karşın söz konusu maliyetlerin hesaplanması afet risklerine ilişkin yüksek belirsizlikler nedeniyle oldukça zordur. Dolayısıyla bu alandaki uyum önlemlerinin net bugünkü değerleri hesaplanırken akıllarda bulundurulması gereken en önemli hususun, bahse konu yatırımın yapılması durumunda gelecekte sağlayacağı faydalar olduğu belirtilmektedir. Dolayısıyla bu alanda maliyet hesaplamaları yapılırken öne çıkan unsurlarından birisi iskonto oranı olmaktadır. Literatürde çok geniş bir aralıkta iskonto aralığının tercih edildiği görülmektedir. Bu nedenle söz konusu orana ilişkin kararın ülkeler tarafından; coğrafi veya bölgesel koşullar ile öngörülen riskler ışığında değerlendirerek tüm paydaşlarla görüşülerek alınması önem arz etmektedir.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

Afet riski önlenmesine ilişkin uyum önlemlerinin maliyetlerinde bir diğer belirleyici unsur insan hayatı gibi maddi olarak ifade edilemeyen varlıklar ile çevresel veya kültürel varlıklara parasal değer biçmektir. Bu unsurların hesaplama alınmaması metodolojik açıdan kolaylık sağlasa da bu tür gayri maddi varlıkların afet zararlarından korunması pek çok ekonomik ve sosyal refah faydaları sağlamaktadır (Sushchenko ve Schwarze, 2020).

Bu sektör dahilinde uyum önlemlerinin maliyetleri hesaplanırken araştırmaya konu edilen risklerin türleri, bu risklere ilişkin öngörülen yatırımların planlanan ömürleri, planlanan yatırım maliyetleri ve bakım maliyetleri, planlanan finansman kaynaklarının yanı sıra, ortaya çıkabilecek ek faydalar ve etkilere ilişkin bilgiler toplanmalıdır. Ancak unutulmamalıdır ki, bu bilgiler ne kadar doğru belirlenirse belirlensin, afet risklerinin doğası gereği maliyet tahminlerine ilişkin bazı belirsizlikler varlığını sürdürecektir. Bu nedenle genel bir yaklaşım olarak proje bazında maliyetler değerlendirilirken maliyet tahminlerinin, belirli bir yüzde dahilinde dalgalanması hesaba katılarak yapılması tavsiye edilmektedir (Mechler, 2016).

Dünya Bankası tarafından Türkiye'ye, İklim ve Afete Dayanıklı Şehirler Projesi için 512,2 milyon dolar tutarında bir kredi sağlanmıştır. Proje çerçevesinde, geliştirilen altyapıdan 1 milyondan fazla insanın yararlanması beklenmekte, 32 bin kişinin ise riskli konutların yeniden inşası veya güçlendirilmesi için sağlanan kredilerden yararlandırılması planlanmaktadır. Proje, deprem ve iklim tehlikelerine karşı kırılganlığı oldukça yüksek olan, toplam nüfusun yüzde 76'sının yaşadığı ve ülkenin ekonomik faaliyetinin büyük kısmının yoğunlaştığı kentlerden İstanbul, İzmir, Kahramanmaraş, Manisa ve Tekirdağ'a odaklanmaktadır (Dünya Bankası, 2022). Projede toplam yıllık maliyetlerin hesaplanması noktasında, proje maliyetleri iki düzeyde ele alınmış olup, bunlar; yatırım ve işletme ile bakım maliyetleridir. İşletme ve bakım maliyetlerinin proje çerçevesinde 25 yıllık planlama ufku boyunca birikmiş yatırım maliyetinin yüzde 10'unu teşkil edileceği varsayımı benimsenmiştir. Proje yatırım maliyetleri, öngörülen kullanım profiline uygun olacak şekilde altı proje yılına yayılmış ve gerekli işletme ve bakım maliyetleri bu husus gözetilerek eklenmiştir (World Bank, 2022d).

#### 5.3.9. Ulaşım ve İletişim

Ulaşım sektörü kapsamında iklim değişikliğinin neden olduğu hasarın önemli bir bölümünü karayolu ve demiryollarının gördüğü zararlar teşkil etmektedir. Bu etkiler aynı zamanda fırtınaların neden olduğu hasarların yanı sıra donma-çözülme döngüleri ve kalıcı donma durumlarının neden olduğu zararları da içermektedir. Kanada'da bu alanda gerçekleştirilen ilk çalışmalarda, yol ağının ve su hizmetlerine yönelik uyum önlemlerinin araştırılmasında bu maliyetlere odaklanılmıştır. Bu araştırmada yolların, köprülerin, yağmur suyu yönetim sistemleri ile içme suyu ve atık su arıtma tesislerinin uyum maliyetleri ortaya konulmuştur (Burton ve Dore, 2001).

Ulaştırma sektöründe, karayolu ve demiryolu dahil olmak üzere ülke düzeyinde ulaştırma altyapısı hakkında iklim değişikliğine uyum sağlamanın ek maliyetine ilişkin bazı tahminler bulunmaktadır (SCCV, 2007; Tröltzsch ve diğerleri, 2012). Birleşik Krallık'ta yapılan son araştırmalar, bu risklerin birçoğunun planlı bakım ve yenileme politikalarının bir parçası olarak düşük maliyetle gerçekleştirilebileceğini ortaya koymaktadır. Öte yandan hesaplamalarda elde edilen yüksek maliyetlerin, iklim değişikliğinin etkilerine karşı kırılganlıkları yüksek köprülerin güçlendirilmesiyle ortaya çıkacağı düşünülmektedir (Wright ve diğerleri, 2012).

Karayollarına yönelik uyum önlemlerinin maliyetlendirilmesi noktasında Dünya Bankası'nın Etiyopya için yürüttüğü çalışma oldukça kapsamlı bilgiler sunmaktadır (World Bank, 2010a). Araştırma çerçevesinde ilk olarak iklim değişikliğinin beklenen etkileri modellenmiş olup, maliyetlendirme



T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE  
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

çalışması bu modeller temel alınarak yapılmıştır. Maliyetleri belirlemek için iki farklı unsur göz önünde bulundurulmuştur. Bunlar; mevcut yolların bakımı için gerekli olan maliyetler ile yolların yaşam döngüsü boyunca düzenli aralıklarla iyileştirilmesiyle iklim değişikliğine dirençli hale getirilmesi maliyetleri olarak belirlenmiştir. İlki, iklim değişikliğinin doğrudan gerçekleşen olumsuz etkilerine karşı hayata geçirilen bir eylem olarak değerlendirilebilirken ikincisi ise, iklim değişikliğinin süreç içerisindeki değişen etkisi sebebiyle artan bakım maliyetlerini en aza indirmek için yapılabilecek isteğe bağlı uyum eylemleri olarak görülebilmektedir.

Raporda kullanılan yaklaşımda öne çıkan bir diğer husus; asfalt yolların iklim değişikliğiyle ilgili maliyetlerini belirlerken, bu yolların 20 yıllık tasarımsal yaşam ömürleri bulunduğunun ve bu süreyi muhafaza edebilmek için gerekli olan bakım harcamaların dikkate alınması gerektiği varsayılırken, bu yaşam döngüsünün sonunda yolların yeniden asfaltlandığı varsayımdır. Uyum senaryosu hazırlanırken bu yaşam döngüsü zarfında yolun maruz kalacağı sıcaklık ve yağış üzerinden modellemeler gerçekleştirilmektedir. Zira yağış seviyesi hem yol yüzeyini hem de yol yatağını etkilerken, sıcaklık asfaltın tasarımına bağlı olarak kaplamayı etkilemektedir. Bu etkiler neticesinde ortaya çıkacak olan ek bakım maliyetleri ile bu etkileri kaldıramayarak yaşam döngüleri sona eren yolların yeniden yapım maliyetleri hesaplanmaktadır.

Asfaltsız yolların bakımı da hesaplama dahilinde ele alınması gereken bir diğer konu olarak öne çıkmıştır. Bu yolların yaşam ömürlerine ilişkin hesaplama farklılık göstermekte olup, kullanılabilir bir sürüş yüzeyini korumak ve yağıştan kaynaklanan erozyonun etkisini azaltmak için yolun her beş yılda bir yeniden kaplanması ihtiyacı olduğu varsayılmaktadır. Literatür, asfaltsız yol bozulmasının yüzde 80'inin yağıştan kaynaklanabileceğini, kalan yüzde 20'nin ise trafik yoğunluğu ile diğer faktörlerden kaynaklandığını göstermektedir.

Etiyopya özelinde gerçekleştirilen çalışmada uyum maliyetleri açısından, erken dönemde önlem alınmazsa karayolları üzerinde sonraki dönemde çok ciddi maliyetler ortaya çıktığı, dolayısıyla erken dönemde bu doğrultuda harcama yapılmasının büyük önem arz ettiği bulgusuna erişilmiştir. Ayrıca her iklim senaryosunun zaman içinde iklim değişikliği etkilerinin artacağını göstermesi nedeniyle, göz önünde bulundurulan önlemlerin, maliyet-faydalarının zaman geçtikçe daha da arttığı hesaplanmıştır. Bir diğer deyişle uyum eylemleri ne kadar uzun süre ertelenirse, reaktif bakım yapmak için yapılması gereken masraf o kadar büyük olmaktadır (World Bank, 2010a).

Bu kapsamlı karayolu eylemlerinin incelemesinin dışında, Avrupa'nın büyük nehir sistemlerinde önemli yer teşkil eden nehir taşımacılığı için de uyum önlem maliyetlerini dikkate alan bazı çalışmalar bulunmaktadır (OECD, 2015).

#### 5.3.10. Sanayi ve Sosyal Kalkınma

Yukarıda detayları verilen sektörler haricinde kalan alanlarda az sayıda çalışma yapılmış olup, gerçekleştirilen araştırmalar sektör genelinden ziyade belirli risklere yönelik alınan önlemleri maliyetlendirmek üzerinde olmaktadır.

Uyum önlemlerinin maliyetlerinin hesaplanması noktasında geçmiş dönem çalışmalarında zayıf bir şekilde işlenen ve son yıllarda da bu durumun devam ettiği sektörlerden biri sanayi sektörüdür. Bazı çalışmalar, uyum konusunda sektörel bilgilendirme kampanyalarının ve sıcaklık artışı kaynaklı üretkenlik düşüşünün etkileri üzerine maliyet ve fayda analizi gerçekleştirmiştir. Son zamanlarda yapılan bazı araştırmalar mal, hizmetler ve istihdam ile ilgili olarak uyumun ekonomik faydalarına değinmeye başlamış olsalar da, diğer alanların değerlendirilmesi düşük kalmaktadır. Örneğin,





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

Almanya'da sanayi sektöründe uyum konusunda bilgilendirme gerçekleştirilmesinin maliyet ve faydalarını analiz eden, ilaveten sıcaklık seviyelerindeki değişim kaynaklı üretkenlik düşüşünü ele alan az sayıda çalışmaya rastlamak mümkündür (OECD, 2015).

Sosyal kalkınma sektörü ise literatürde kendisine yer bulamayan bir diğer başlık olarak öne çıkmaktadır. Diğer taraftan, Dünya Bankası (2010) tarafından önceki bölümlerde detaylarına değinilmiş olan ve gelişmekte olan ülkeler özelinde gerçekleştirilen uyum temasına yönelik çalışma kapsamında sosyal bileşen ele alınmıştır. Bu çalışmada yer alan sosyal bileşen teması ile; yerel nüfusun iklim değişikliğine karşı savunmasızlığının sosyal olarak nasıl farklılaştığı, yerel nüfusun uyum kapasitelerini güçlendirmek için ne tür kaynaklara ihtiyaç duyacağı, hükümetlerin en yoksul kesimlerin ihtiyaçlarını karşılayan uyum eylemlerini nasıl destekleyebileceği ve sürdürülebilir kalkınma ile uyum eylemlerin sonucunda ortaya çıkabilecek faydaların en üst düzeye nasıl çıkarılabileceğine yanıt aranmıştır.

Çalışmadaki sosyal bileşen, IPCC kırılabilirlik açığı tanımını benimsemiştir. Bu tanım kapsamında, fiziksel maruziyet, sosyoekonomik duyarlılık ve uyum kapasitesi bileşenleri ele alınmaktadır. Kırılabilirlik açığı çerçevesinde yapılan değerlendirmede, sosyal kalkınmaya ilişkin literatür taramasının yanısıra, iklim değişikliğinin etkilerine en fazla maruz kalmasının beklendiği bölgelerde gerçekleştirilecek ankete dayalı saha çalışmasını kapsamaktadır. Çalışma sonucunda hangi faktörlerin belirli bireyleri, haneleri veya yerel bölgeleri iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı daha savunmasız hale getirdiği, hanelerin bugüne kadar iklim olaylarıyla ilgili deneyimlerinin neler olduğu ve ne tür uyum önlemleri aldıkları, farklı gruplar ve yerel ve ulusal temsilcilerin çeşitli uyum seçeneklerini nasıl değerlendirdikleri, uyum önceliklerinin belirlenmesi noktasında mevcut kalkınma stratejilerinin ve politikaların nasıl uyumlu hale getirilebileceği gibi sorulara yanıt aranmaktadır. Çalışmada ele alınan sosyal bileşen; sosyal kalkınma sektöründe uyum maliyetlerinin belirlenmesinden ziyade, diğer sektörlerde ele alınacak önlemler ve bu önlemlere ilişkin modellemelere girdi niteliği teşkil etmektedir.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

## Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

### 6. Sonuç

Uyum önlemlerinin maliyetlerini hesaplamak iklim değişikliğine uyum sağlamanın getireceği yükleri önceden tahmin etmek ve buna ilişkin ortaya çıkabilecek yeni ek maliyetleri bugünden politikalar dahilinde göz önünde bulundurabilmek açısından son derece önemlidir. İklim değişikliğinin etkilerinin ve sıklıklarının son yıllarda giderek arttığı dikkate alındığında bu bilgiler ışığında bugünden harekete geçmenin kritik rolü de anlaşılmaktadır.

Uyum önlemlerinin maliyetlerinin hesaplamaları, inşa, işletim veya bakım masraflarının ötesinde aynı zaman da bu önlemlerin getireceği faydaları ve yeni fırsatları da dikkate alarak, bir diğer deyişle ne kadar ek maliyetten kaçınılacağını da hesaba katarak gerçekleştirilmektedir. Bunun ötesinde maliyetler ortaya konulurken, hangi sektörlerin, hangi risklerin maliyet hesabında kapsam dahiline alındığı, uyum senaryolarına ilişkin modellemeler yapılırken hangi hedeflere ulaşılabileceğinin varsayıldığı, hangi metodolojilerin kullanıldığı, araştırmaya konu edilen zaman aralığı, sera gazı emisyonlarının azaltımına ilişkin belirsizlikler, mevcut uyum açığı, gelecekte gerçekleştirilecek yatırımların bugün itibariyle maliyetlendirilmesi için gerekli olan iskonto oranı, ilgili politikalar hayata geçirilirken ortaya çıkan uygulama maliyetleri ve ilgili diğer maliyetler belirleyici olmaktadır.

Diğer taraftan iklim değişikliğinin etkilerinin bugünden kesin bir şekilde kestirilememesi nedeniyle tüm çalışmaların belirli varsayımları kullanmasını, dolayısıyla da belirsizlik unsurunu dikkate almalarını gerekli kılmaktadır. Bu belirsizlik maliyetlendirmenin kapsamını, iskonto oranını ve modelde varsayılacak hedefler başta olmak üzere tüm hesaplamayı etkilemektedir. Bu nedenle de pek çok çalışma kullandıkları varsayımlar neticesinde birbirinden çok farklı sonuçlara ulaşmakta, bu durum da çalışmalar arasında karşılaştırma yapmayı oldukça güçleştirmektedir.

Bu bilgiler ışığında tüm ülkeler veya tüm sektörler için tek bir doğru uyum maliyet hesabının yapılması metodolojisine ulaşmak mümkün olamamaktadır. Maliyetlerin ortaya konulmak istendiği çalışmalarda küresel, bölgesel, ulusal ve sektörel unsurların ne şekilde ele alınacağını ilgili paydaşlarca netleştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte pek çok sektörel önlem birbiriyle çakışan yatırım alanlarına sahip bulunmakta, dolayısıyla bu yatırımların hangi unsurlarıyla hangi sektör altında sayılacağı gibi hususlar da çalışmalar arasında değişiklik göstermektedir. Daha yeni uygulamaya dayalı ve politika odaklı çalışmalar, önceki literatüre göre daha yüksek uyum maliyetlerini göstermektedir. Bunun nedeni, bu çalışmaların mevcut politika amaçlarını ve standartlarını ele alması, çoklu riskleri göz önünde bulundurması ve belirsizliği tanıması ve planlaması ve politika uygulamasıyla ilişkili ek fırsat ve işlem maliyetlerini içermesidir.

Baz senaryo belirlenmesi maliyetlerin hesaplanması sürecinin en önemli noktalarından biridir. Gelecekte alınacak önlemlerin neler olabileceği, hangi miktarda ek maliyetler çıkacağı gibi iklim değişikliği nedeniyle yüksek belirsizliğe sahip olan bir konuda ilk olarak bugünkü politikaların ve eylemlerin aynen devam ettiği bir düzende (eylemsizlik hali) ne kadar maliyet ile karşılaşılacağını belirlemek büyük öneme sahiptir. Bu konuda kapsamın nasıl belirlendiğine göre hesaplama yönetimi karmaşıklaşmaktadır. Örnek olarak ulusal düzeyde belirlenecek bir baz senaryo daha genel varsayımlara dayanabileceksen, sektör özelinde risklerin daha belirgin hale gelmesi, sektör özelinde politikaların ve eylemlerin daha detaylı hesaplamalara yansıtılabilmesi nedeniyle bazı sektörler için baz senaryo belirlenirken daha detaylı varsayımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Baz senaryonun ardından iklim değişikliğine uyum eylemlerinin modellenmesi gerekmektedir. Bu noktada iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin yansıttığı kurgusal bir gelecek modellenmektedir. Baz senaryoda geçerli olduğu üzere küresel veya ulusal düzeydeki hesaplamalarda bu hesaplamalar daha





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

genel çalışmalar ve varsayımlara dayanırken, sektörel araştırmalarda literatür çok geniş bir yelpazede farklı modelleme çalışmaları kullanıyor olabilmektedir. Bu bağlamda özellikle sektörel bazda çalışmaların sayısı ve kullanılan tahmin yöntemleri arasında çok ciddi farklılıklar gözlemlenebilmektedir. Belirleyici unsurun genel olarak sektörel verilere ulaşılabilirlik, verilerin kalitesi, literatürün genişliği gibi hususlar olduğunu söylemek yanlış olmamaktadır. Konuyla ilişkili olarak tahmin yöntemleri azaltım eylemlerinin dikkate alınıp alınmadığına göre de farklılık gösterebilmektedir. Yoğun bir emisyon azaltımı modellemesinin gerçekleştirildiği literatürün olduğu ülkeler için, azaltım ve uyum eylemlerinin birlikte ele alındığı entegre değerlendirme modelleri maliyet tahmini için bir temel oluşturabilmekteyken, veriye erişim ve literatür derinliği konusunda yeterli düzeye erişmemiş ülkelerdeki araştırmalarda yatırım ve finansal akışlar üzerinden maliyetleri tahmin etmek ilk etapta daha etkin bir yol olarak görülmektedir.

Türkiye özelinde bakılacak olduğunda, gerek ulusal gerekse sektörel ölçekte uyum faaliyetlerine ilişkin ek bir eylem alınmaması varsayımıyla kurgulanan mevcut durum analizini içeren bir baz senaryo çalışması bulunmamaktadır. Türkiye’de iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamak amacıyla, ulusal, bölgesel ya da sektörel düzeylerde uyumla ilgili maliyet-fayda hesapları henüz yapılmamaktadır (Türkiye ve bazı Avrupa ülkelerinde iklim değişikliğine uyum stratejileri ve eylem planları (UNDP 2021)). İklim değişikliğine uyum sağlamak için hangi faaliyetlerin ulusal ve yerel çabalarla, hangi faaliyetlerin uluslararası finansman destekleri ile gerçekleştirileceği konusu ilk Ulusal Eylem Planında değerlendirme aşamasında olarak belirtilmiştir. Ancak aradan geçen sürede bazı kurumların önlemlerle ilgili yapmış olduğu yatırım planlamaları harici bu konularda çalışma yürütülmemiştir. İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planında, iklim değişikliğine uyumun maliyeti ve finansmanına ilişkin bilgilerin oluşturulması ve bu hususlara ilişkin yol haritasının daha kapsamlı değerlendirilmesi gerekliliğine vurgu yapılmıştır. Uyum Stratejisinde belirlenmiş olan ve iklim değişikliğine uyum çabalarını şekillendiren beş etkilenebilirlik alanındaki mevcut ve gelecekteki yatırım planlamaları, teşvikler ve olası diğer ekonomik araçlar doğrudan ya da dolaylı olarak Türkiye’nin iklim değişikliğine uyum maliyetlerinin hesaplanması için gerekli zemini hazırlamaktadır. Bununla birlikte, iklim değişikliğine uyum faaliyetlerinde bilimsel araştırmalara ve Ar-Ge faaliyetlerine bugüne kadar yeterince finansman kaynağı ayrılmamıştır. İklim bağımlı sektörlerin (tarım, su yönetimi, kentsel altyapı, sanayi, turizm vb.) iklim değişikliğine uyum maliyetlerinin tespiti yönünde henüz yeterince araştırma bulunmamaktadır.

Bu bağlamda, iklim değişikliğine uyum önlemlerinin maliyetlerinin sektörel düzeyde hesaplanmasına ilişkin spesifik proje ve çalışmalar yürütülmesi önem arz etmektedir.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

## Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

### KAYNAKÇA

Adaptation Sub Committee (ASC). (2011): Research to identify potential low-regrets adaptation options to climate change in the residential buildings sector. Commissioned by the Adaptation Sub Committee, July 2011.

Agrawala, S. ve S. Fankhauser (eds) (2008): “Economic Aspects of Adaptation to Climate Change. Costs, Benefits and Policy Instruments”. OECD, Paris.

Agrawala, S., Bosello, F., Carraro, C., De Cian, E., Lanzi, E., de Bruin, K. ve Dellink, R.B. (2011): Plan or react? Analysis of adaptation costs and benefits using Integrated Assessment Models. *Climate Change Economics*, 2(3), 175–208.

Aligishiev, Zamid, Matthieu Bellon, ve Emanuele Massetti, (2022): “Macro- Fiscal Implications of Adaptation to Climate Change.” IMF Staff Climate Note 2022/002, International Monetary Fund, Washington, DC.

Amelung, B ve A. Moreno (2012): Costing the impact of climate change on tourism in Europe: results of the PESETA project, *Climatic Change*.

Arrow, K., M. Cropper, C. Gollier, B. Groom, G. Heal, R. Newell, W. Nordhaus, R. Pindyck, W. Pizer, P. Portney, T. Sterner, R. S. J. Tol, ve M. Weitzman. (2013).: Determining benefits and costs for future generations. *Science* 341: 349–50.

Asian Development Bank (2015): Economic analysis of climate- proofing investment projects. Mandaluyong City, Philippines.

Bank of Greece (2011): The environmental, economic, and social impacts of climate change in Greece. Climate Change Impacts Study Committee. Athens, Greece.

Bhattacharya, A., Calland, R., Averchenkova, A., Gonzalez, L., Martinez-Diaz, L. ve van Rooij, J. (2020): Delivering on the \$100 Billion Climate Finance Commitment and Transforming Climate Finance. Independent Expert Group on Climate Finance.

Burton, I., ve M., Dore. (2001): The Costs of Adaptation to Climate Change in Canada: A Stratified Estimate by Sectors and Regions.

Burton, I., (2004): Climate change and the adaptation deficit. In: *Climate Change: Building the Adaptive Capacity* [Fenech, A., D. MacIver, H. Auld, R. Bing Rong, and Y. Yin (ed.)]. Environment Canada, Meteorological Service of Canada, Gatineau, QC, Canada, pp. 25-33.

Chambwera, M., G. Heal, C. Dubeux, S. Hallegatte, L. Leclerc, A. Markandya, B.A. McCarl, R. Mechler, and J.E. Neumann, (2014): Economics of adaptation. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 945-977.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2012): İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı 2011-2023, Ankara.







Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

**Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi**

de Bruin, K. (2014): Annex A: Details on the Adaptation Funding Gap. In. UNEP (United Nations Environment Programme) (2014), The Adaptation Gap Report 2014,

de Bruin, K.C., Dellink, R.B. ve Tol, R.S.J. (2009): AD-DICE: an implementation of adaptation in the DICE model. Climatic Change 95, 63–81.

de Bruin, K., R. Dellink ve S. Agrawala (2009a): Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Integrated Assessment Modelling of Adaptation Costs and Benefits, OECD Environment Working Papers, No. 6, OECD Publishing, Paris.

de Bruin, K., Dellink, R.B., Ruijs, A. Ve Diğerleri (2009b): Adapting to climate change in The Netherlands: an inventory of climate adaptation options and ranking of alternatives. Climatic Change 95, 23–45.

Delta Programme (2014): Promising Solutions for Tasking and Ambitions. Delta Programme 2014: Decisions.

Dipesh Chapagain, Florent Baarsch, Michiel Schaeffer ve Sarah D’haen (2020): Climate change adaptation costs in developing countries: insights from existing estimates, Climate and Development.

Dore, M.H.I. ve I. Burton (2001): The Costs of Adaptation to Climate Change in Canada: A Stratified Estimate by Sectors and Regions, a report prepared for the Climate Change Action Fund, Natural Resources Canada, Ottawa.

Dunya Gazetesi (2022): Dünya Bankası’ndan Türkiye’ye Afet Kredisi, (28 Eylül 2022). <https://www.dunya.com/ekonomi/dunya-bankasindan-turkiyeye-afet-kredisi-haberi-670177> (Erişim: 20 Ekim 2022)

ECA (2009): Shaping climate-resilient development: A framework for decision-making, a report of the Economics of Climate Adaptation working group, Economics of Climate Adaptation.

ECLAC (2011): An assessment of the Economic Impact of Climate Change on the Health Sector in Saint Lucia. Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC).

ECONADAPT (2015): The Costs and Benefits of Adaptation: Results from the ECONADAPT Project. Editor Watkiss, P. Published by the ECONADAPT consortium.

European Investment Bank (EIB). (2012): The costs of climate-change adaptation in Europe: A Review. EIB.

Fankhauser, S. (2010): The costs of adaptation. Wiley interdisciplinary reviews: climate change, 1(1), pp. 23–30.

FAO (2015): Climate change and food systems: global assessments and implications for food security and trade, Elbehri, A. (ed.), Food and Agriculture Organisation, Rome.

Farley, C. ve Farmer, A. (2013): Methods For Economic Analysis Of Climate Change Adaptation Interventions African And Latin American Resilience To Climate Change (ARCC), United States Agency for International Development.

Fran Sussman, Nisha Krishnan, Kathryn Maher, Rawlings Miller, Charlotte Mack, Paul Stewart, Kate Shouse ve Bill Perkins (2014): Climate change adaptation cost in the US: what do we know?, Climate Policy, 14:2, 242-282.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

Global Commission of Adaptation (GCA) (2019): Act Now: A Global Call For Leadership On Climate Resilience.

Guo, Wei ve Saad Quayyum (2020): "Building Resilience to Natural Disaster in Vulnerable States: Savings from Ex Ante Interventions." Chapter 9 in Well Spent: How Strong Infrastructure Governance Can End Waste in Public Investment, edited by Gerd Schwartz, Manal Fouad, Torben S. Hansen, and Genevieve Verdier. Washington, DC: International Monetary Fund

Hallegatte, Stephane, Carter Brandon, Richard Damania, Yunziyi Lang, John Roome, Julie Rozenberg, and Arame Tall. (2018): The Economics of (and Obstacles to) Aligning Development and Climate Change Adaptation: A World Bank Group Contribution to the Global Commission on Adaptation. Discussion Paper, Global Commission on Adaptation, Rotterdam, Netherlands.

Hof, Andries; Vuuren, Detlef ve Elzen, Michel. (2010): A quantitative minimax regret approach to climate change: Does discounting still matter?. Ecological Economics. 70. 43-51.

Hughes, G., P. Chinowsky ve K. Strzepek (2010): The costs of adaptation to climate change for water infrastructure in OECD countries, Utilities Policy, Vol. 18(3).

International Monetary Fund (IMF) (2022): Global Financial Stability Report—Navigating the High-Inflation Environment. Washington, DC, October.

IPCC (2007): Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

IPCC (2014): Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.

IPCC (2014b): Arent, D.J., R.S.J. Tol, E. Faust, J.P. Hella, S. Kumar, K.M. Strzepek, F.L. Tóth, and D. Yan, Key economic sectors and services. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

IPCC (2022): Summary for Policymakers [H.-O.Pörtner, D.C.Roberts, E.S.Poloczanska, K.Mintenbeck, M.Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösckhe, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O.Pörtner, D.C.Roberts, M.Tignor, E.S.Poloczanska, K.Mintenbeck, A.Alegría, M.Craig, S. Langsdorf, S. Lösckhe, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–33.

Li, J., Mullan, M., & Helgeson, J. (2014): Improving the practice of economic analysis of climate change adaptation. Journal of Benefit-Cost Analysis, 5(3), 445-467.

Máñez, M. ve A. Cerdà (2014): Prioritisation Method for Adaptation Measures to Climate Change in the Water Sector, CSC Report 18, Climate Service Center, Germany.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

**Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi**

Mechler, R. ve Diğerleri (2014): Making Communities More Flood Resilient: The Role of Cost Benefit Analysis and Other Decision-Support Tools in Disaster Risk Reduction, White Paper, Zurich Flood Resilience Alliance.

Mosnier, A. ve Diğerleri (2014): Global food markets, trade and the cost of climate change adaptation, Food Security, Vol. 6(1).

Narain, Urvashi & Margulis, Sergio & Essam, Tim. (2011): Estimating Costs of Adaptation to Climate Change. Climate Policy.

Nordhaus, W.D., (2008): A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies. Yale University Press, New Haven, CT, USA and London, UK, 234 pp.

OECD (2007): Climate Change in the European Alps: Adapting Winter Tourism and Natural Hazards Management, OECD Publishing, Paris.

OECD (2015): Climate Change Risks and Adaptation: Linking Policy and Economic, OECD Publishing, Paris.

Parry, M., Arnell, N., Berry, P., Dodman, D., Fankhauser, S., Hope, C., Kovats, S., Nicholls, R., Satterthwaite, D., Tiffin, R., Wheeler, T. (2009): Assessing the costs of Adaptation to climate change. A review of the UNFCCC and other recent estimates. International Institute for Environment and Development and Grantham Institute for Climate Change, London.

Patt, A. G., van Vuuren, D. P., Berkhout, F., Aaheim, S., Hof, A. F., Isaac, M. ve Mechler, R. (2010): Adaptation in integrated assessment modeling: where do we stand? Climatic Change, 99, 383–402.

Rao, A., Calderón, A., Silva, V., Martins, L., Paul, N. (2021): Earthquake risk assessment and retrofit intervention scenario analysis for Turkey.

SEI (Stockholm Environment Institute) (2009): The Economics of Climate Change in East Africa: Downing, T. ve diğerleri. Report for DFID and DANIDA.

Smith, K.R., A.Woodward, D. Campbell-Lendrum, D.D. Chadee, Y. Honda, Q. Liu, J.M. Olwoch, B. Revich, and R. Sauerborn, (2014): Human health: impacts, adaptation, and co-benefits. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Springmann, Marco (2012): The costs of climate-change adaptation in Europe: A review, EIB Working Papers, No. 2012/05, European Investment Bank (EIB), Luxembourg.

Stern, N., (2006): Stern Review: Economics of Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 692 pp.

Sushchenko, O. ve Schwarze, R. (2020): Economics and finance of disaster risk reduction and climate change adaptation: main gaps identified in the PLACARD project and arising alignment opportunities for the EU Green Deal. PLACARD project, FC.ID: Lisbon.

Sussman, F., Krishnan, N., Maher, K., Miller, R., Mack, C., Stewart, P., Shouse, K., & Perkins, B. (2014): Climate change adaptation cost in the US: What do we know? Climate Policy, 14(2), 242–282.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

### Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi

Swedish Commission on Climate and Vulnerability Stockholm (2007): Sweden facing climate change - threats and opportunities. Final report from the Swedish Commission on Climate and Vulnerability Stockholm 2007.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2022): Hidrolik. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-hidrolik> (erişim tarihi: 15 Ekim 2022)

TEEB (2009): TEEB Climate Issues Update, UNEP, Nairobi, [www.teebweb.org/media/2009/09/TEEB-Climate-Issues-Update.pdf](http://www.teebweb.org/media/2009/09/TEEB-Climate-Issues-Update.pdf) (Erişim: 2 Ekim 2022).

Tiggeloven, T., de Moel, H., Winsemius, H. C., Eilander, D., Erkens, G., Gebremedhin, E., Diaz Loaiza, A., Kuzma, S., Luo, T., Iceland, C., Bouwman, A., van Huijstee, J., Ligtvoet, W., and Ward, P. J. (2020): Global-scale benefit–cost analysis of coastal flood adaptation to different flood risk drivers using structural measures, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 20, 1025–1044.

UNDP (2009): Methodology Guidebook for the Assessment of Investment and Financial Flows to Address Climate Change.

UNDP (2011): Assessment of Investment and Financial Flows to Address Climate Change (Capacity Development for Policy Makers to Address Climate Change).

UNDP (2011a): I&FF: Costa Rica, Assessment Water and Biodiversity.

UNFCCC (2007): Investment and Financial Flows to Address Climate Change, UNFCCC, Bonn.

UNFCCC (2010): Synthesis report on the National Economic, Environment and Development Study (NEEDS) for Climate Change Project.

UNFCCC (2011): Assessing The Costs and Benefits of Adaptation Options An Overview of Approaches. UNFCCC, Bonn, Germany.

United Nations Environment Programme (UNEP) (2021): Adaptation Gap Report 2021: The gathering storm – Adapting to climate change in a post-pandemic world. Nairobi.

United Nations Environment Programme, African Ministerial Conference on the Environment (AMCEN), Climate Analytics (2013): Africa's Adaptation Gap: Technical Report. Nairobi.

Watkiss, P., (2015): A review of the economics of adaptation and climate-resilient development. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment Working Paper No. 205.

Watkiss, P., Horrocks, L., Pye, S., Searl, A. ve Hunt, A. (2009): Impacts of climate change in human health in Europe. PESETA-Human health study. European Commission: Joint Research Centre.

World Bank (2006): Investment Framework for Clean Energy and Development. World Bank, Washington DC.

World Bank (2010): Economics of Adaptation to Climate Change: Synthesis Report. The World Bank Group, Washington, DC, USA, 136 pp.

World Bank (2010a): Economics of Adaptation to Climate Change : Ethiopia. Washington, DC. © World Bank.

World Bank (2012): Mozambique - Economics of adaptation to climate change (English). Washington, D.C.



T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE  
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI



Çevre ve İklim  
Eylemi Sektör  
Operasyonel Programı



iklime uyum





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

**Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi**

World Bank (2019): Intended Nationally Determined Contributions.

World Bank (2021): Turkey - Turkey Resilient Landscape Integration Project (English). Washington, D.C.: World Bank Group.

World Bank (2022): Türkiye Country Climate and Development Report. CCDR Series. Washington, DC: World Bank.

World Bank (2022a): Türkiye CCDR Background Note 3: Agriculture, Fisheries, and Water

World Bank (2022b): Dünya Bankası Türkiye’nin Tarım Sektörünün Yeşil ve Rekabetçi Büyümesini Desteklemek için 341 Milyon \$ Kredi Sağlıyor. <https://www.worldbank.org/tr/news/press-release/2022/03/30/world-bank-provides-341-million-boost-to-advance-green-and-competitive-growth-of-turkey-s-agricultural-sector>. (Erişim: 11 Ekim 2022)

World Bank (2022c): Türkiye CCDR Background Note 5: GHG mitigation options in the forestry/LULUCF sector.

World Bank (2022d): Türkiye - Climate and Disaster Resilient Cities Project (English). Washington, D.C.

World Health Organisation (WHO) (2009): Improving public health responses to extreme weather/heat-waves – EuroHEAT, Technical Summary, World Health Organisation Regional Office for Europe, Copenhagen.

World Health Organisation (WHO) (2013): Climate change and health: A tool to estimate health and adaptation costs, World Health Organisation Regional Office for Europe, Bonn.

Wright, L. ve diğerleri (2012): Estimated effects of climate change on flood vulnerability of U.S. bridges. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Climate Change, 17, 939-955.





*Bu rapor Avrupa Birliği'nin ve Türkiye Cumhuriyeti'nin maddi desteği ile hazırlanmıştır. İçerik tamamıyla UNDP Türkiye sorumluluğu altındadır. Türkiye Cumhuriyeti ve Avrupa Birliği'nin görüşlerini yansıtılmak zorunda değildir.*