



Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.



MODÜL 3

İklim Değişikliğine Uyum Konusunda Kurumsal Kapasitenin Geliştirilmesi Eğitimi Projesi



T.C. ÇEVRE VE
ŞEHİRCİLİK BAKANLIğI



Çevre ve İlim Eylemi
Sektör Operasyonel Programı



İKLİMİ DUY
İklim Değişikliğine Uyum Eylemi

WEglobal



Kitabın elektronik haline QR kodu okutarak ulaşabilirsiniz.

Proje Ekibi

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

Eyyüp Karahan Kıdemli Program Görevlisi (SPO)

Orhan Solak Program Koordinatörü

Dr. Çiğdem Tuğaç Şube Müdürü / Proje Yürütücüsü

Ayçin Kızılbey Çevre ve Şehircilik Uzmanı

Elif Özcan Özturgut Çevre ve Şehircilik Uzmanı

Fatih Kılıç Mühendis

Neslihan Ağartan Çevre ve Şehircilik Uzmanı

Emine Çelebioğlu Uzman

Gökhan Öktem Mühendis

Teknik Destek Ekibi

Prof. Dr. Gülen Güllü Takım Lideri

Selma Güven İstatistikçi

Evren İlke Dener Kalaç Proje Direktörü

Emel Beliz Demircan Proje Sorumlusu

İrem Hatipoğlu Koca Proje Sorumlusu

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	8
YÖNETİCİ ÖZETİ	13

İklim Değişikliğine Uyum için Bilgi Kaynakları

1. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM İÇİN BİLGİ KAYNAKLARI	2
1.1. Avrupa Komisyonu'nun Hazırladığı Yeşil Kitap	2
1.2. AB'nin Eylemlerine Odaklanma	3
1.3. Avrupa Komisyonu'nun Hazırladığı Beyaz Kitap	5
1.4. Uyumun (Adaptasyonun) AB Politikalarına Entegre Edilmesi	7
1.4.1. İnsan, Hayvan, Bitki Uyum (Adaptasyonu) Faaliyetleri	8
1.4.2. Denizel Uyum (Adaptasyon) Faaliyetleri	15
1.4.3. Orman Uyum (Adaptasyonu)	20
1.4.4. Altyapı Uyum (Adaptasyonu)	23
1.4.5. Web Portal: Avrupa İklim Uyum (Adaptasyon) Platformu	29
2. ABD EYLEM PLANLARI	32
2.1. Federal Hükümetin Uyum (Adaptasyon) Eylemleri	32
2.2. Başkan'ın İklim Eylem Planı	32
2.3. Ulusal kesişen uyum (adaptasyon) stratejileri	32
2.4. Kurum Uyum (Adaptasyon) Planı	33
KAYNAKÇA	35

İklim Değişikliğine Uyum Teknolojileri: İklim Tahmini ve Modellemede GIS ve Uzaktan Algılamanın Rolü

1. GİRİŞ	38
2. NET BİRİNCİL ÜRETİM	40
2.1. NASA-CASA Net Birincil Üretim Modelleme	41
3. EROZYON	45
4. ORMAN YANGIN RİSK MODELİ	54
4.1. Orman Yangın Risk Faktörleri	54
4.2. Orman Yangın Risk Faktörlerinin Standardizasyonu	54
4.3. Orman Yangın Risk Faktörlerinin Ağırlıklandırılması	55
4.4. Orman Yangın Riskinin Belirlenmesi	56

5. KURAKLIK İNDEKSİ	58
6. SONUÇ	60
KAYNAKÇA	65

İklim Modellemesi, İklim Tahminleri, Uygulama Teknolojileri

1. GİRİŞ	68
2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ	71
3. MODELLEME KAVRAMI	73
4. İKLİM MODELLEMESİ	75
4.1. Küresel İklim Modelleri (Global Climate Models-GCMs)	76
4.2. Bölgesel İklim Modelleri (RCMs)	86
4.3. Ölçek Küçültme	88
KAYNAKÇA	93

Kırılganlık (Vulnerability), Kırılganlık Değerlendirmesi ve Kırılganlık Göstergeleri

1. GİRİŞ	97
2. UYUM ÖNLEMLERİ İLE ETKİLENEBİLİRLİĞİN AZALTILMASI	100
2.1. İklim Etkisinin Değerlendirilmesinde Öncü Kavramsal Çerçevesel	103
2.2. Çeşitli Ülkelerde Yürütülen Risk Değerlendirme ve Etkilenebilirlik Değerlendirme Çalışmaları	105
3. ETKİLENEBİLİRLİK DEĞERLENDİRMESİ	109
3.1. Sektörel Etkilenebilirlik Analizinin Uyum Stratejilerinin Planlamasında Kullanımı	110
3.2. Sektörel Etkilenebilirlik Analiz Yöntemleri	113
3.2.1. Maruziyet, duyarlılık ve uyum kapasitesi endekslerinin hesaplanması	114
3.2.2. Ülkemizde kullanılan etkilenebilirlik hesaplaması	115
3.2.3. Sektörlerin etkilenebilirlik endekslerinde kullanılan parametreler	117
4. SEKTÖRLER VE ETKİLENEBİLİRLİK GÖSTERGELERİ	125
4.1. İklim Projesi Örnekleri	125
4.1. Kuraklık Yönetim Projesi Örnekleri	140
KAYNAKÇA	152

Sektörlere Göre Kırılabilirlik: Turizm

1. GİRİŞ	156
2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TURİZME ETKİSİ VE SEKTÖRÜN KIRILGANLIĞI	160
2.1. Kıyı Turizmindeki Kırılabilirlik	162
2.2. Kış Sporları Turizmindeki Kırılabilirlik	167
2.3. İklim Değişikliğinin Turizme Doğrudan ve Dolaylı Diğer Etkileri	170
3. SONUÇ	176
KAYNAKÇA	179

Sektörlere Göre Kırılabilirlik: Tarım

1. GİRİŞ	184
2. SOSYAL KIRILGANLIK	186
3. EKONOMİK KIRILGANLIK	188
4. ÇEVRESEL KIRILGANLIK	190
5. İKLİMSEL KIRILGANLIK	192
6. SONUÇ	196
7. KAYNAKÇA	197

Sektörlere Göre Kırılabilirlik: Enerji

1. ENERJİ SEKTÖRÜNDE KIRILGANLIK GÖSTERGELERİ	199
1.1. Kırılabilirlik Göstergeleri	202
1.2. Türkiye Enerji Sektörü Kırılabilirlikleri	208
KAYNAKÇA	211

Sektörlere Göre Kırılabilirlik: Sağlık

1. GİRİŞ	216
2. SAĞLIKTA KIRILGANLIK	218
3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAĞLAMINDA KIRILGANLIK YAKLAŞIMI	219
4. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ VE KIRILGANLIK	220
5. SONUÇ	225
KAYNAKÇA	226

Sektörlere Göre Kırılğanlık: Ulaştırma

1. GİRİŞ	228
2. KIRILGANLIK TANIMI	230
3. KIRILGANLIK ANALİZİ	232
3.1. Karayolu Ulaşımı	233
3.2. Havayolu Ulaşımı	236
3.3. Demiryolu Ulaşımı	236
3.4. Denizyolu Ulaşımı	237
4. SONUÇLAR	239
KAYNAKÇA	240

Sektörlere Göre Kırılğanlık: İnşaat ve Altyapı

1. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ	242
2. KIRILGANLIK	242
3. POTANSİYEL ETKİ VE RİSKLER	248
4. UYUM ÖNLEMLERİ	252
KAYNAKÇA	254

Sektörlere Göre Kırılğanlık: Sanayi

1. GİRİŞ – KIRILGANLIK NEDİR?	256
2. KIRILGANLIK PARAMETRELERİ	259
3. ETKİLENEBİLİRLİK ANALİZİ	262
4. SANAYİ SEKTÖRÜNDE KIRILGANLIK	264
5. SANAYİ SEKTÖRÜNDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ FARKINDALIĞI	266
KAYNAKÇA	267

Sektörlere Göre Kırılğanlık: Ekosistem Hizmetleri

1. GİRİŞ	269
2. EKOSİSTEM HİZMETİ OLARAK KARBON BİLEŞENLERİNİN MODELLENMESİ	272
2.1. Toprak Üstü Biyokütle Karbonu	272
2.2. Toprak Altı Biyokütle Karbonu	273
2.3. Toprak Organik Karbonu (TOK)	274
2.4. Döküntü (Ölü Örtü)	274
3. EKONOMİK DEĞERLEME VE KARBONUN SOSYAL MALİYETİ	275

3.1. Entegre Değerlendirme Modelleri	277
3.1.1. RICE Model Çerçevesi	278
3.1.2. Neoklasik ekonomi yaklaşımı	279
3.1.3. Marjinal Fayda Teorisi	280
3.1.4. İndirgeme Oranı ve Zaman Tercih	281
5. INVEST MODEL YAKLAŞIMI	285
KAYNAKÇA	287

Sosyal Kırılğanlık, Kentlerde Kırılğanlık ve Göstergeleri

1. GİRİŞ	291
2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ NEDİR?	292
3. KIRILGANLIK VE KENTLERDE KIRILGANLIK	294
3.1. Paskalya Adası Örneği	297
4. ÇARE: SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA	298
5. SONUÇ	303
KAYNAKÇA	304

Belirsizlik ve Risk Yönetimi-Belirsizlik

1. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ	306
2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ETKİLERİNDEKİ BELİRSİZLİK	306
3. BELİRSİZLİK NEDİR?	310
4. BELİRSİZLİK NASIL ÖLÇÜLÜR VE TANIMLANIR?	312
5. BELİRSİZLİK FAKTÖRLERİ NELERDİR?	321
KAYNAKÇA	323

Belirsizlik ve Risk Yönetimi-Risk

1. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ RİSK YÖNETİMİ SORUNU MUDUR?	326
2. RİSK NEDİR?	326
3. RİSK KATEGORİLERİ	329
4. RİSKİ HAFİFE ALMAK	332
5. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM İÇİN RİSK ANALİZİ	334
6. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNDEN KAYNAKLANAN BÖLGESEL RİSKLER VE UYUM	341
KAYNAKÇA	344

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AÇA (EEA)	Avrupa Çevre Ajansı
ACRI +	İlerleyen İklim Riski Sigortası
ADIS	Hayvan Hastalıkları Bilgi Sistemi
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AÖ/AK	Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı
BaltCICA	Baltık Denizi Bölgesi'nde İklim Değişikliği: Etkiler, Giderler ve Uyum
BBÜ	Brüt Birincil Üretim
BECCS	Karbon Yakalama Ve Depolama İle Biyoenerji
BEPA	Biyokütle Enerji Potansiyeli Atlası
BFY	Biyofiziksel Yaklaşım
BGB	Yer Altı Biyokütlesi
BİT	Bilgi ve İletişim Teknolojileri
BM (UN)	Birleşmiş Milletler
BMÇP (UNEP)	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
BMİDÇS (UNFCCC)	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
BMZ	Alman Federal Ekonomik İşbirliği Ve Kalkınma Bakanlığı
BOTAŞ	Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi
CARICOM	Karayip Topluluğu ve Ortak Pazar
CASA	Uydu Verilerinden Sera Gazları İçin Küresel Ekosistem Modellemesi
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CCRA	İklim Değişikliği Risk Değerlendirmesi
CDD	Soğutma Gün Dereceleri
CEQ	The Council On Environmental Quality
CH ₄	Metan
CIF	İklim Yatırım Fonları
CIRCE	European Regions Toward Circular Economy
CMIP5	Klimatolojide, Çiftlenmiş Model Karşılaştırmalı Projesi 5
CO ₂	Karbondioksit
COP	Taraflar Konferansı
COVID 19	Corona Virus Hastalığı

ÇŞB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
CSP	Konsantre Güneş Enerjisi
CVET	Veteriner Acil Ekibi
D	Duyarlılık
DHSBS (WAHIS)	Dünya Hayvan Sağlığı Bilgi Sistemi
DHSÖ (OIE)	Dünya Hayvan Sağlığı Örgütü
DICE	Dinamik Entegre İklim-Ekonomi Modeli
DMÖ (WMO)	Dünya Meteoroloji Örgütü
DSÖ (WHO)	Dünya Sağlık Örgütü
E	Etki
EC	Avrupa Komisyonu
ECDPC	Hastalık Kontrol ve Önleme Avrupa Merkezi
ED	Ekonomik Değer
EDY	Entegre Değerlendirme Yaklaşımı
EFSA	Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
EMODnet	Avrupa Deniz İzleme ve Veri Ağı
EPDK	Türkiye Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPIAŞ	Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi
ET	Etkilenebilirlik
ETKB	Türkiye Cumhuriyeti Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EÜAŞ	Elektrik Üretim Anonim Şirketi
EUEI PDF	Avrupa Birliği Enerji İnisiyatifi Ortaklık Diyalog Tesisi
EUK	Etkilerle Başa Çıkma Uyum Kapasitesi
EUROSEM	Avrupa Toprak Erezyon Modeli
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda Ve Tarım Örgütü
FEMA	Federal Acil Durum Yönetim Ajansı
fPAR	Fotosentetik Aktif Radyasyon
FUND	Belirsizlik, Müzakere ve Dağıtım İçin İklim Çerçevesi
GCM	Küresel İklim Modelleri
GEPA	Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GIZ	Alman Uluslararası İşbirliği Kurumu
GMES	Avrupa Dünya Takip Programı
GPG	İyi Uygulama Kılavuzu
GPS	Küresel Konumlama Sistemi
GSYH	Gayrisafi Yurtiçi Hasıla
H ₂ O	Su Buharı

HELCOM	Helsinki Komisyonu
HES	Hidroelektrik Santrali
IAM	Entegre Değerlendirme Modelleri
ICRM	Entegre İklim Risk Yönetimi
IDB	Inter-Amerikan Kalkınma Bankası
İDEP	İklim Değişikliği Eylem Planı
INDC	Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkı Niyetleri
INTARESE	Avrupa'da Çevresel Stres Kaynaklarından Kaynaklanan Sağlık Risklerinin Entegre Değerlendirmesi
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
K	Kırılabilirlik
LDCF	Küresel Çevre Tesisleri'nin En Az Gelişmiş Ülkeler Fonu
LULUCF	Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği Ve Ormancılık
M	Maruziyet
MERGE	Bölgesel Ve Küresel Etkileri Tahmin Etme Modeli
MICRODIS	Aşırı Olayların Entegre Sağlık Sosyal ve Ekonomik Etkileri: Kanıtlar, Yöntemler ve Araçlar
MODIS	Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometresi
MRI	Meteoroloji Araştırma Enstitüsü
MTA	Maden Tetkik ve Araştırma Genel Müdürlüğü
Mtep	Ton Eşdeğer Petrol
N ₂ O	Diazotmonoksit
NACE	Nace Kodu, İşyerinin Faaliyet Alanını ve Bununla Bağlantılı Olarak İşyeri Tehlike Sınıfı Bilgisi
NAP	Ulusal Uyum Planı
NASA	Amerika Ulusal Havacılık Ve Uzay Dairesi
NBÜ	Net Birincil Üretim
NDVI	Normalleştirilmiş Bitki Örtüsü Farkı İndeksi
NGS	Nükleer Güç Santralleri
NIDIS	Ulusal Bütünleşik Kuraklık Bilgi Sistemi
NO	Nitrojen Oksit
NOAA	Amerika Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi
O ₃	Ozon
ODA	Resmi Kalkınma Yardımı
OSPAR	Kuzey-Doğu Atlantik Deniz Çevresinin Korunmasına İlişkin Sözleşme
PAGE	Yeşil Ekonomide Eylem Ortaklığı

PDSI	Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi
PESERA	Pan-Avrupa Toprak Erozyon Risk Değerlendirmesi
Pg	Picogram
PM 2.5	Çapı 2.5 M ve Altı Partikül Madde
PNI	Normal Yüzdesi Endeksi
PURGE	Sera Gazı Emisyonlarını Azaltma Stratejilerinin Kentsel Ortamlardaki Halk Sağlığı Etkileri
R	Risk
RA	Solunumla Kullanılan Ürün
RASFF	Gıda ve Besin İçin Hızlı Alarm Sistemi
RCM	Bölgesel İklim Modelleri
RCP	Temsili Konsantrasyon Rotaları
RICE	Bölgesel Entegre İklim-Ekonomi
RTY	Risk-Tehlike Yaklaşımı
SCC	Karbonun Sosyal Maliyeti
SEY	Siyasal Ekonomi Yaklaşımı
SKH	Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri
SPI	Standart Yağış Endeksi
SREP	Düşük Gelirli Ülkelerde Yenilenebilir Enerjiyi Ölçeklendirmek Programı
SRES	Değerlendirme Raporlarında Emisyon Raporları Özel Raporu
SSP	Sosyo-Ekonomik Senaryolar
STK	Sivil Toplum Kuruluşları
SU25	İklim İndisi
T	Sıcaklık
TAMP	Türkiye Afet Müdahale Planı
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEN-T	Trans-Avrupa Ulaştırma Ağları
TİK	Toprak İnorganik Karbon
TKİ	Türkiye Kömür İşletmeleri
TOK	Toprak Organik Karbonu
TOM	Toprak Organik Maddesi
TTK	Türkiye Taşkömürü Kurumu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UK	Uyum Kapasitesi

URGENCHE	Çin ve Avrupa'da Sera Gazı Emisyonlarının Kentsel Azaltılması
USACE	Amerika Birleşik Devletleri Ordusu Mühendisler Birliği
USAID	Birleşik Devletler Uluslararası Kalkınma Ajansı
USD	Amerikan Doları
USGCRP	Abd Küresel Değişim Araştırma Programı
USLE/RUSLE	Revize Edilmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi
VIROCLIME	İklim Değişikliğinin Suda Viral Patojenlerin Taşınması, Akıbeti ve Risk Yönetimi Üzerindeki Etkisi
VNR	Gönüllü Ulusal İnceleme
W	Yağış
WEI	Su Kullanım İndeksi
WEPP	Su Erezyonu Tahmin Projesi
WISE-Marine	Avrupa İçin Su Bilgi Sistemi
YEKA	Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları

YÖNETİCİ ÖZETİ

1. İklim Değişikliğine Uyum için Bilgi Kaynakları

Prof. Dr. Ayşegül TANIK

İklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlama; insanların geçim kaynaklarının, ekonomilerin ve doğal sistemlerin iklimden kaynaklanan değişikliklerden daha az etkilenmeleri ve bazı durumlarda uyumdan fayda sağlanması olarak açıklanmaktadır. İklim değişikliğine uyum toplumların ve ekosistemlerin, değişen iklim şartları ile baş edebilmelerine yardımcı olmak için gerçekleştirilen eylemler ve alınan önlemlerdir. Bir diğer deyişle iklim değişikliğine uyum; iklim olaylarının (risklerinin) etkileriyle mücadele etmek, fayda sağlamak ve etkileri yönetebilmek için stratejilerin güçlendirilmesi, geliştirilmesi ve uygulanması sürecidir. Avrupa Komisyonu tarafından hazırlanan tüm belgelerin temel amacı özellikle Avrupa'nın iklim değişikliğinden etkilenecek bölgelerinin hazırlıklı olmasını sağlamak ve toplum düzeyinde ilk ve temel eylemler için önceliklerin belirlenmesidir. Bu bağlamda çeşitli belgeler yayınlamış ve adaptasyon uyum (adaptasyon) planlanmıştır.

2. İklim Değişikliğine Uyum Teknolojileri: İklim Tahmini ve Modellemede GIS ve Uzaktan Algılamanın Rolü

Prof. Dr. Süha Berberoğlu

İklim değişimi doğrultusunda konumsal bilgi teknolojilerini (CBS, konumsal modeller, GPS ve uzaktan algılama) yer verileri ile birlikte kullanarak, iklim değişimi sonucunda oluşabilecek ekosistem değişimi ve ekosistem işlevleri arasındaki ilişki mekanizmalarını anlamak ve bunun sonucunda oluşabilecek bazı çevresel risklerin (Erozyon, Net Birincil Üretim ve yangın vb.) konumsal dağılımını modelleyerek ülkesel ölçekte değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

Yapılan çalışmada, Havzalardaki Toplam Net Birincil Üretim değerleri incelendiğinde çok düşük bir artış ile Seyhan Havzası en riskli havza, sonra Asi havzası, Ceyhan

havzası ve Doğu Akdeniz havzaları gelmektedir. Havzalardaki toplam Net Birincil Üretim artış değerleri bakımından %14,70 ile en yüksek Sakarya havzasında artışın olacağı, sonra Marmara ve Büyük Menderes Havzasının geldiği görülmektedir. Erozyon bakımından gelecekte toplam erozyon miktarı en fazla Dicle Havzasında, Fırat Havzasında ve Sakarya Havzasında olacağı öngörülmektedir. Ülke genelinde yaklaşık 38 milyon ton erozyon miktarının artacağı öngörülmektedir.

Güncel orman yangın riski haritasında en riskli havzalar Orta Akdeniz, Batı Akdeniz, Büyük Menderes, Seyhan havzalar ve buna ek olarak Sakarya havzası ile Batı Karadeniz havzası arasında kalan bölgede gözlenmektedir. Gelecekte en yüksek orman yangın riski Akdeniz kıyılarından batı kıyı kesimlerine doğru bir risk eğilimi göstermektedir.

3. İklim Modellemesi, İklim Tahminleri, Uygulama Teknolojileri

Prof. Dr. Süha Berberoğlu

İklim bileşenleri (Atmosfer, litosfer, biyosfer, hidrosfer ve kriyosfer) arasındaki ilişkiyi kantitatif (ölçülebilir ve gözlemlenebilir) metotlarla göstermeye çalışan modellerdir. Bütün karmaşıklığına ve uygulamalardaki zorluklara rağmen gelecek iklimin tahmin edilmesinde en önemli araç iklimin modellenmesidir. Bütün iklim modelleri temelde; kısa dalga radyasyon vasıtasıyla güneşten gelen enerji ve uzun dalga radyasyonla dünyadan giden enerjiyi hesaba katarak kurgulanırlar. Bu dengedeki herhangi bir değişiklik sıcaklıklarda değişime yol açar.

İklim modelleri çalışmaları:

- ▶ Küresel iklim modelleri (Global Climate Models-GCMs) ve
- ▶ Bölgesel iklim modelleri (Regional Climate Models-RCMs) olmak üzere iki farklı çalışma prensibine sahiptir

Küresel İklim Modelleri (GCMs), akışkan hareketi ve enerji transferi ile her ikisinin zamanla entegre edildiği modellerdir.

Özetle küresel iklim modellerinden elde edilen düşük çözünürlükteki gridlenmiş bilgileri kullanarak daha küçük alanlar için daha ayrıntılı ve yüksek çözünürlüklü bilgiler üretilmesini sağlayan modeller bölgesel iklim modellerdir

4. Kırılabilirlik/Etkilenebilirlik ve Kırılabilirlik Değerlendirmesi ve Kırılabilirlik Göstergeleri

Prof. Dr. Ayşegül TANIK

Kırılabilirlik/etkilenebilirlik bir sistemin iklimden etkilenebilirliği ve aşırı iklim durumları dâhil olmak üzere iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden ne ölçüde etkilendiği ve bununla ne ölçüde başa çıkamadığını belirtmektedir. Etkilenebilirlik bir sistemin maruz kaldığı iklim değişikliğinin ve değişkenliğinin özelliği, boyutu ve hızının, duyarlılığının ve uyum sağlama kapasitesinin bir fonksiyonudur. Uyum önlemleri etkilenebilirliği azaltmak amacıyla sektörel, ulusal ve yerelde yapılan uygulamalardır. Çeşitli ülkelerde yürütülen risk değerlendirme ve etkilenebilirlik değerlendirme çalışmaları bu kapsamda özetlenmiştir.

Uyum önlemlerinin belirlenmesi ve önceliklendirilmesinde en etkili yöntem etkilenebilirlik değerlendirmesi yapmaktır. Etkilenebilirlik, risk çalışmalarında risk azaltımı yapmak için gerekli olan eylemlerin birden çok parametre doğrultusunda uygulanabilirliğinin değerlendirilmesinde yol göstericidir. Sektörel etkilenebilirlik analizi ise doğal (taşkın, kuraklık, fırtına, deprem vb.) veya insan kaynaklı (terör saldırıları) felaketlerde, belirli sektörlerin bu durumdan nasıl etkilenebileceğini belirlemek için kullanılan bir değerlendirme sistematığıdır. Etkilenebilirliğin belirlenebilmesi amacıyla maruziyet, duyarlılık ve uyum kapasitesi bileşenlerinin formüle edilmesinde kullanılan yöntemler incelendiğinde; endeks, gösterge (indikatör) ve parametre olmak üzere üç ana değişkenin kullanıldığı görülmüştür. Belirli bir birime sahip olan parametreler, dünya standartlarıyla karşılaştırılabilen değişkenlerdir ve bir araya gelerek fiziksel, sosyal, ekonomik vb. çerçevede genel durumu yansıtan indikatörleri oluşturmaktadır. İndikatörler, endekslerin hangi fiziksel, sosyal, ekonomik etkenlere dayandığını yansıtmaktadır. Endeksler ise etkilenebilirliğin kaynaklarının toplumsal veya iklim koşullarından ya da yönetimsel

eksikliklerden ötürü artıp veya azaldığını göstermektedir. Bu göstergelerin etkilenebilirlik analizleri ve değerlendirilmesindeki kullanımları çeşitli örnek çalışmalar özelinde anlatılmıştır.

5. Sektörlere Göre Kırılganlık: Turizm

Prof. Dr. Mehmet Somuncu

İklim, kıyılar, okyanuslar, dağlar, ormanlar, yaban yaşamı ve onlarla ilişkili ekosistemler pek çok destinasyon için çekicilik sağlarlar. Bu anlamda iklim önemli bir turistik çekiciliktir. İklim aynı zamanda turizm faaliyetleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu yüzden iklim, turizm yöreleri için avantajlar sağladığı gibi ve dezavantajlar da yaratabilir.

Turizm sektörü, iklim değişikliğine karşı son derece duyarlı ve olumsuz yönde etkilenen ekonomik sektörlerden biridir. İklim değişikliği ve turizm ilişkisinin iki farklı boyutu vardır. Turizm sektörü bir yandan iklim değişikliğinin olumsuz etkisinden etkilenirken, bir yandan da sektörden kaynaklanan karbon emisyonunun iklim değişikliği üzerindeki etkisi azımsanmayacak düzeydedir. Turizm sektörünün iklim değişikliği ile ilgili mücadelesinde iklimin turizm üzerindeki etkilerine bakıldığında, iklimsel değişimlere uyum sağlamak bilinen en acil yol olarak görülmektedir. Ancak turizmin iklim üzerindeki etkileri incelendiğinde temel tartışmalar etki azaltma çalışmaları üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bundan dolayı, sorunları çözmek için bütçe, zaman ve diğer kaynaklar kısıtlı olduğundan, etki azaltma ve uyum çalışmalarının birlikte ele alınarak bir arada yürütülmesi gerekmektedir. Ayrıca, genel olarak çevre ve ekonominin taban tabana zıt olduğu düşünülse de, bir yöndeki ilerlemenin ancak diğer yönde yapılacak gelişmeler ile mümkün olacağı açıktır.

Turizm ağırlıklı olarak doğal kaynaklara dayandığı için, Türkiye iklim değişikliğinin doğrudan etkilerinden en fazla etkilenecek ve risk altında olan bir ülkedir. Başta kıyı turizmi olmak üzere kış sporları turizmi vb. turizm çeşitleri iklim değişikliğinden etkilenmektedir ve bu etkinin gelecekte daha da artması beklenmektedir. Bu nedenle Türkiye'de turizmin iklim değişikliğinden kaynaklanan risklerinin belirlenmesi

ve buna yönelik önlemlerin geliştirilmesi, yani sektörün iklim değişikliğine uyum sağlaması zorunlu ve acil bir durumdur.

6. Sektörlere Göre Kırılabilirlik: Tarım

Prof. Dr. Zeynep Zaimoğlu

Dünya nüfusunun artması ile birlikte gelen baş edilmesi gereken sorunların arasında gıda talebi de bulunmaktadır. Sürülebilir bir yaşamda sürülebilir tarımda gıda talebini karşılamak gıda güvenliği için önem arz etmektedir. Gıda güvenliğini sağlamak için yapılan tarım politikalarında kısımlar oluşmaktadır. Tarım politikalarını yönlendiren ülkelerin, diğer ülkelerdeki tarımdan geçinimini sağlayan insanların yüzdelik dilimi dikkate alarak yönelime geçilecek yolun seçimi yapılmalıdır.

Gıda güvenliği için tarımda oluşan kısımlarda kişi başına düşen gıda üretimi ve tüketimi giderek düşmektedir. İnsan yaşamını sürdürmek için yaptıkları ile çevreye verilmekte olduğu zararlarla ve bunun sonuçlarını da kaçınılmaz hale getirmiştir

Temel ihtiyaçları karşılamada dahi zorluk çeken birçok ülke bulunmaktadır. Kısaca arz- talep ilişkisindeki orantısız bir durum söz konusu oluşmakta ve gıdada temel ihtiyaçları karşılayamamaktadır.

Doğal kaynakların kullanımı, tarıma elverişli toprağın, kullanılabilir su kaynaklarının azalması ve bilinçsizce tüketilmesi temel ihtiyaçların karşılanmamasında en büyük etkidir.

Hâlbuki iklim- tarım ilişkisinin canlı bir sistem olduğu göz önüne alındığında tarım sektöründeki kırılabilirliğin önüne geçmede bölgesel olarak ele almak gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Bulunan bölgenin kendi içerisindeki çevresel-iklimsel-ekonomik kırılabilirlikleri değerlendirilmeli ve yapılması gerekenleri tespit edip o doğrultuda politikaları takip etmek gerekmektedir.

7. Sektörlere Göre Kırılganlık: Enerji

Prof. Dr. Levent Aydın

Enerji endüstrisi petrol, kömür, doğal gaz ve elektrik gibi kendi içerisinde çeşitli sektörlerle ayrılmakta ve her bir sektör kendisine özgün özelliklere sahip olduğundan dolayı bu sektörlerin kırılganlık göstergeleri ayrı ayrı tanımlanmaktadır. Tanımlanan bu kırılganlık göstergelerini kullanarak iklim değişiminin enerji sektörünün adaptasyonu için ne tür önlemler alınabileceği kaynak, üretim, dağıtım, iletim ve talep bazında ayrıntılı olarak tartışılmaktadır. Enerji sektöründe adaptasyon türleri ve enerji piyasalarını koruyan adaptasyon çözümleri sıralandıktan sonra Türkiye enerji sektörünün savunmasız yönleri veya iklime karşı kırılganlıkları tartışılmaktadır.

8. Sektörlere Göre Kırılganlık: Sağlık

Prof. Dr. E. Didem Evcı Kiraz

İklim değişikliği sağlığa olan olumsuz etkileri nedeniyle kırılganlıkta, başrole yerleşmiştir. Bireysel-toplumsal-küresel, ulusal-uluslararası, hane-mahalle-bölge-şehir ve sınıraşan kırılganlık düzeyleri birbirinden farklıdır. Artan nüfus ve özellikle de kentsel nüfus yoğunluğu (kilometrekareye düşen insan sayısı) sağlıklı yaşam ortamlarının inşasını ve sürdürülmesini imkânsız hale getirmektedir. İnsanlar, taleplerini karşılayacak merkezlere yakın yerleşmeye çalışırken; bu merkezler çevre, sosyal yapı ve sağlık açısından riskli bölgeler haline gelmiştir. Geliştigini düşünen insanlar ve toplumlar, özellikle yaşama sağlıklı başlamak ve yaşamı kaliteli sürdürmek gibi sağlığın sosyal belirleyicilerini göz ardı etmeye başlamışlardır. Gündemi ve kafası karışık olan insanlara iklim değişikliğinin hızla artan etkilerini, hazırlıklı olma, uyum sağlama, direnç kazanma, olayları iyi yönetme ve etkiler ortadan kalktıktan sonra toplumu eski haline hızla döndürme süreçlerini anlatmaya çalışmak zorlaşmaktadır.

9. Sektörlere Göre Kırılgnalık: Ulaştırma

Prof. Dr. Cem Soruşbay

Türkiye nüfusunun büyük bölümü iklim değişikliği nedeniyle deniz seviyesinin yükselmesi, kıyı erozyonu, sel, meteorolojik aşırılıkların daha sık görüldüğü kıyı bölgelerinde yoğunlaşmıştır. Şiddetli yağış ve fırtınalar ulaştırma sektöründe kritik altyapılar için yüksek risk oluşturmakta, sistemin işletiminde geçici ve kalıcı aksamalara yol açmakta, ekonomik zararlara neden olmaktadır. Sıcaklık artışları demiryolu ulaşımında rayların deformasyonu gibi sorunlara neden olurken, karayolu ulaşımında yolcu konforunu etkilemektedir. İklim değişikliğinin ulaştırma sektörü üzerinde oluşturduğu olumsuz etkilerin ve olası risklerin önlenmesi için öncelikle kırılgn olan alt sektörler ve kırılgnlığın yüksek olduğu coğrafi bölgeler belirlenmelidir.

İklim değişikliğinin neden olduğu sel ve aşırı hava hareketi gibi etkilerin şiddetindeki ve gerçekleşme sıklığındaki artışlar ulaştırma alt yapısı (karayolları, köprüler, demiryolları, havaalanları, limanlar, su yolları vb.) için de önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Bu hususun bölgesel olarak belirlenmesi ve değerlendirilmesi sektördeki kırılgnalık düzeyini belirleyecektir.

Sektörün alt birimlerinde etkilenme oranı ve risk miktarı farklı olmakla birlikte genelde olumsuz etkilerin uzaklaştırılması ilk seçenektir. Ancak fayda-maliyet analizine göre bazı durumlarda da karayollarının, otoyolların veya demiryollarının olası kırılgn bölgelerden uzaklaştırılması da etkin bir yaklaşım olacaktır.

10. Sektörlere Göre Kırılgnalık: İnşaat ve Altyapı

Prof. Dr. Erdem Görgün

Kırılgnlık, bir sistemin iklim değişkenliği ve aşırı iklim olayları dahil olmak üzere iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı hassas olması ve onunla başa çıkamaması durumu olarak açıklanmıştır. Kırılgnlık değerlendirmesi sektörlerde

İklim değişikliğine karşı en duyarlı noktaların tespitine yardımcı olmaktadır. Tam bir kırılma değeri değerlendirilmesi, sistemdeki iklim uyarılarının yanı sıra maruziyet ve sistemin duyarlılığı ile uyum kapasitesinin değerlendirilmesi ile gerçekleşir.

İklim değişikliğine karşı inşaat ve altyapı sektörünün en savunmasız sektörlerden biri olduğu bilinmektedir. İklim değişikliğine karşı azaltma stratejileri uygulanıyor olsa dahi, etkileri önümüzdeki yıllarda devam edecektir. Bu nedenle iklim değişikliğinin potansiyel etki ve risklerine karşı kırılma değeri azaltmak adına adaptasyon, inşaat ve altyapı sektörü için bir zorunluluk haline gelmiştir.

11. Sektörlere Göre Kırılma Değeri: Sanayi

Prof. Dr. Erdem Görgün

Kırılma değeri, “bir sistemin uyum kapasitesi yetersizliğinde, çevresel ve toplumsal strese maruz kalması sonucunda karşılaşacağı zarara karşı duyarlılık seviyesi” olarak tanımlanmıştır. Uyum stratejilerinin belirlenmesi ve önceliklendirilmesinde etkilenebilirlik/kırılma değeri analizi yapılması bir sistemin hassas olup olmadığının, eğer hassas ise hassasiyetin ne ölçüde olduğunun belirlenmesine yardımcı olur. Etkilenebilirlik düzeyi bir sistemin maruz kaldığı iklim değişikliğinin ve değişkenliğinin özelliği, boyutu ve hızının, duyarlılığının ve uyarılma sağlama kapasitesine bağlı olarak değişir. Kırılma değeri analizi yapılırken gözlemlenen dört parametre maruziyet, duyarlılık, potansiyel etki ve uyum kapasitesidir.

Sanayi sektörünün iklim koşullarına duyarlılık derecesi, incelenen bölgedeki sanayi sektörünün gelişmişliği, su tüketim bilgileri, enerji kullanım bilgileri, atıksu miktarları ve özellikleri gibi faktörlerle ilişkilendirilebilir. Sanayi sektörünün iklim koşullarına uyum kapasitesi derecesi ise, bu bölgenin ekonomik kapasitesi, fiziki altyapısı, sosyal sermayesi, gelişmişlik düzeyi, kurumsal kapasitesi ve veri erişilebilirliği gibi indikatörlere bağlıdır.

12. Sektörlere Göre Kırılgnlık: Ekosistem Hizmetleri

Prof. Dr. Süha Berberoğlu

Ekosistemden sağlanan faydaların ekonomik değerinin belirlenmesi için birbirine zıt olan iki temel bakış açısı vardır. Bunlardan birincisi ekosistemin bir parçası olan su, oksijen, ve karbon gibi temel besin elementleri döngüsü içerisinde yer alan elementleri meta haline dönüştürerek alınıp satılmaması gerektiği görüşü olmuştur. Bunun aksi olan bir diğer görüş ise, sınırsızca kullanılmış olan doğal kaynakların eğer geçmişte ekonomik değeri olsaydı daha kısıtlı ve dikkatli kullanılacağı görüşüdür.

Ekosistem hizmetindeki kayıp ile doğal kaynak kullanımını arasındaki ekonomik farkın ortaya konulması çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik kazanç açısından hangi kullanımın daha avantajlı olduğu sorusunu yanıtlamayı hedeflemektedir Kyoto protokolü sonrası alınıp satılabilen bir emtiaya dönüştürülen karbon ekonomisi halen kesinlik arz eden tek bir yapıya veya mekanizmaya sahip değildir. Küresel iklim değişimine ait bu belirsizliklerin en az düzeye indirgenerek olası etkiler ve maliyetleri belirleyebilmek amacıyla doğa bilimciler ve ekonomistler tarafından Entegre Değerlendirme Modelleri (Integrated Assessment Models-IAMs) yaklaşımı kapsamında birden fazla model geliştirilmiştir. Bu modeller arasında MERGE, FUND, PAGE, DICE ve RICE modelleri öne çıkmaktadır. Bu modellerin ortak noktası küresel iklim değişiminin önlenmesi hedefiyle Marjinal Azaltım Maliyetinin, Marjinal Karbon Maliyetine eşit olduğu optimal düzeyi belirlemektir. Karbonun Sosyal Maliyeti (Social Cost of Carbon-SCC), küresel ısınma ve küresel ekonomi politikalarında önemli bir yer tutmaktadır. Karbonun Sosyal Maliyeti küresel olarak modellenebilen bir kavram olduğu gibi ülkesel veya bölgesel ölçeklerde de modellenebilmektedir.

13. Sosyal Kırılgnlık, Kentlerde Kırılgnlık ve Göstergeleri

Doç. Dr. A. Ufuk Şahin

Eriyen bir buzul parçasının üzerinde nereye gideceğini bilemeden bakan kutup ayısı,

İklim değişikliği ve onun olumsuz etkilerini simgeleyen ikonik bir fotoğraftır. İçinde yaşadığımız dünya baş döndüren bir hızla değişirken, insanlık yeni teknolojiler, çevre sorunları, sosyal adaletsizlik gibi birbirleriyle ilintili çok çeşitli, çok katmanlı sorunlarla boğuşmaktadır. Artan hızlı nüfus, küreselleşme, ticaret, sanayi, tarım, turizm gibi yoğun insani faaliyetler, günümüz dünyasını belki de geri dönüşü mümkün olmayan bir şekilde değiştirmek ve dönüştürmektedir. İklim değişikliğinin getireceği teknik sorunların dışında, bu değişikliğin yaratacağı insani krizler ve çeşitli sosyal sınıflar üzerindeki yansıması, yaşam tarzımızı, algıladığımız çevreyi ve kentleri daha da kırılgan hale getirebilmektedir. Bu bağlamda, bu çalışma boyunca iklim değişikliğinin ne olduğu kısaca özetlenerek, kentlerde yaratacağı kırılganlık ve olası çözüm senaryoları incelenecektir.

14. Belirsizlik ve Risk Yönetimi: Belirsizlik

Prof. Dr. Erdem Görgün

Belirsizlik, bilgi eksikliğinden ya da bilinen ve neyin bilinebileceği konusundaki anlaşmazlıklardan kaynaklanan bilişsel eksik bilgi durumunu ifade eder, nicel tedbirlerle veya nitel ifadelerle temsil edilebilir. Olasılık yoğunluğu fonksiyonları ve parametre aralıkları, belirsizliği karakterize etmek için en yaygın araçlar arasındadır. Belirsizliğin tanımlanması ve miktarının belirlenmesi, karar verme sürecinin bildirilmesinde değerli bir rol oynayabilir.

İklim değişikliğinin sonuçlarından biri de değişkenlik gösteren sıcaklıklardır. Küresel modellerin ortalama sıcaklık değişimleri incelendiğinde, sıcaklık artışlarının sera gazlarının antropojenik emisyon seviyesine bağlı olarak oldukça belirsiz olduğu görülmektedir. Farklı senaryolar atmosferdeki CO₂ emisyonlarında çok çeşitli eğilimler gösterse de yüzyılın sonuna kadar hepsi CO₂ konsantrasyonunda artış olacağını öngörmektedir. Farklı senaryoların tahminleri arasında olan büyük miktardaki değişimler belirsizliğin göstergesidir. Belirsizliklerin tanımlanması ve değerlendirilmesi, iklim değişikliğinin etkilerinin ve sonuçlarının anlaşılmasına ve uyum önlemlerinin alınmasına yardımcı bir yol olarak kullanılabilir.

15. Belirsizlik ve Risk Yönetimi: Risk

Prof. Dr. Erdem Görgün

Risk, bazı olası sonuçların istenmeyen bir etki veya önemli bir kayıp yarattığı bir belirsizlik durumudur. İklim değişikliğinde büyük riskler, ortamdaki değişikliklere uyum sağlanamaması nedeniyle yeterli düzeyde sosyal refahı tehdit eden ekonomik sistemlerin istikrarsızlığına ve güvensizliğine yol açmaktadır. İklim değişikliği riski, iklimsel faktörlerin yanı sıra iklimsel ve sosyo-ekonomik-çevresel sistemler arasındaki bağımlılıkları yöneten karar vericilerin kararlarına da bağılıdır. Yetersiz kararlar tüm sistemlerde sistemik riskin yayılmasına neden olabilir.

Riskler; kabul edilebilir, tolere edilebilir ve dayanılmaz riskler olarak üç kategoriye ayrılır. Risk analizi, bir riskin bu kategorilerden hangisine dâhil olduğunu belirlemeye yardımcı olur. Bunun yanı sıra risk analizi, iklim değişikliğinin potansiyel etkilerini tahmin etme ve yerel kırılganlık ile uyum kapasitesini değerlendirme sürecine katkıda bulunur.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM İÇİN BİLGİ KAYNAKLARI

Prof. Dr. Ayşe Gül Tanık



1. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM İÇİN BİLGİ KAYNAKLARI

İklim değişikliğine uyum toplumların ve ekosistemlerin, değişen iklim şartları ile baş edebilmelerine yardımcı olmak için gerçekleştirilen eylemler ve alınan önlemlerdir. İklim değişikliğine uyum; iklim olaylarının (risklerinin) etkileriyle mücadele etmek, fayda sağlamak ve etkileri yönetebilmek için stratejilerin güçlendirilmesi, geliştirilmesi ve uygulanması sürecidir. İklim değişikliğine neden olan faktörleri (sera gazı salımları, ormansızlaşma vb.) ortadan kaldırılsa bile etkilerinin 50 yıl daha devam edeceği bilinen bir gerçektir. Bu sebeple iklim değişikliğine uyum konusunun önemi, her geçen gün artmaktadır.

Diğer taraftan, iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlayabilmek için karşılanacak ekonomik maliyetin, yeterli ve gerekli önlemler alınmazsa iklim değişikliğinin vereceği zararın maliyetinden çok daha düşük olacağı IPCC 5. Değerlendirme Raporu'nda açıkça vurgulanmaktadır. Bu sebeple iklim değişikliğine uyum bir gereklilik değil, artık bir zorunluluk halini almıştır (IPCC, 2013). İklim değişikliğine uyum şu nedenlerle uygulanmalıdır:

- ▶ İklim değişikliğinin etkilerini iyi anlamak,
- ▶ Olumsuz etkilerini en aza indirmek,
- ▶ Bazı etkilerini fırsata çevirmek,
- ▶ Etkilere hazırlıklı olmak,
- ▶ Riski ve zararı en az maliyetle azaltmak,
- ▶ Mevcut problemleri çözmek.

1.1. Avrupa Komisyonu'nun Hazırladığı Yeşil Kitap

Avrupa Komisyonunun iklim değişikliği ve uyum konusunda temel amacı tüm Dünya'nın ve özellikle Avrupa'nın iklim değişikliğinden etkilenecek bölgelerin

hazırlıklı olmasını sağlamak ve toplum düzeyinde ilk ve temel eylemler için önceliklerin belirlenmesidir. Bu sebeple komisyon Yeşil Kitap altında yapılması gerekenleri 2007'de sıralamıştır.

Yeşil Kitap uyum ve azaltımın aynı perspektifte incelenmesi üzerinedir. Tüm dünya iklim değişikliği sebebi ile iki büyük sorunla karşı karşıyadır. Birincisi sera gazı emisyonlarıdır. Düşük karbon emisyonları için gerekli yasal düzenlemelerin yapılması Avrupa'nın ortak kararıdır. AB konseyinin amacı; sera gazı emisyonlarını 1990 senesine kıyasla, 2020 yılına kadar %20, 2050 yılına kadar da %50 oranında azaltmaktır. İkinci büyük sorun ise, her ne kadar iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak için küresel çaplı mücadele verilse de, toplumlar gelecek yıllar içinde bu etkilere maruz kalmak zorundadırlar. Uyum için emisyonlarda azaltıma gitmek zorunludur.

Yeşil Kitap, Avrupa'nın iklim değişikliğine karşı uygulayacağı politikaların, bölgesel ve yerel yönetimlerin alacağı etkin uyum stratejilerinin gözden geçirilmesi için hazırlanmıştır. Ayrıca Avrupa'nın alacağı önlemler, üye olmayan fakat koşulları AB üyesi ülkelerden herhangi biri ile örtüşen diğer ülkelerin de bundan faydalanmasını ve uygulamasını amaçlanmaktadır.

1.2. AB'nin Eylemlerine Odaklanma

AB'nin uyum sürecinde odaklandığı konular aşağıda kısaca özetlenmektedir.

Erken uyarı sistemleri

Mevcut ve gelecekteki mevzuat ve politikalar uygulanırken ve değiştirilirken adaptasyona entegrasyonun sağlanması

- ▶ Tarımsal ve kırsal kalkınma
- ▶ Sanayi ve hizmetler

- ▶ Enerji
- ▶ Ulaşım
- ▶ Sağlık
- ▶ Su
- ▶ Deniz ve balıkçılık
- ▶ Ekosistem ve biyolojik çeşitlilik
- ▶ Diğer doğal kaynaklar

Mevcut kamu fonu programlarına uyumun (adaptasyonun) entegre edilmesi

- ▶ Kamu destekli uyum programları yürütülürken, üye ülkelerin uyum faaliyetlerini uygulamaya geçirmeleri gerekmektedir.
- ▶ Bu faaliyetler kısmen altyapı sistemleri ile ilgilidir. Köprüler, havaalanları, otobanlar gibi büyük çaplı altyapıların kullanım ömürleri 80-100 yıl arasında iken, binaların kullanım ömürleri 20-50 yıl arasındadır.
- ▶ Orta ve uzun vadeli yatırımlarda 'iklim-geçirmezlik' ilkesinin hayata geçirilmesi gerekmektedir.
- ▶ Avrupa Sosyal Fonu da iklim değişikliğine karşı geniş ve kapsamlı toplum bilincini oluşturma konusunda oldukça etkin bir rol oynamaktadır.
- ▶ Bu fon sayesinde gençler için düşük karbon ekonomisini içeren yeni iş imkânları, çocuklar ve yaşlılar için koruyucu sağlık önlemleri gibi çeşitli olanaklar hazırlanmaktadır.

Uyumun (Adaptasyonun) AB dış faaliyetlerine entegre edilmesi

Ekonomik, siyasal, sosyal ve çevresel farklılıklar olsa da ülkelerde uygulanacak olan uyum stratejileri benzerdir. Bu sebeple uyum için eşgüdüm halinde çalışmak gerekmektedir. AB Ortak Dış Politika ve Güvenlik Politikası, AB kapasitesini arttırmak ve sınır anlaşmazlıkları ile başa çıkmak için önemli rol oynamaktadır. Bu bağlamda ülkeler gelişmişlik düzeylerine göre gruplandırılmıştır.

- ▶ Gelişmekte olan ülkeler
- ▶ Komşu ülkeler
- ▶ Sanayileşmiş ülkeler

Bütünleşik iklim araştırmaları yoluyla bilgi tabanını genişleterek belirsizliğin azaltılması

AB'nin 7. Çerçeve Programı Araştırması iklim değişikliği için öngörü kapasitesi, modelleme ve uyum stratejilerine güçlü bir vurgu yapmaktadır.

Avrupa toplumu, iş ve kamu sektörünü kapsayan koordineli ve kapsamlı uyum stratejilerinin hazırlanması

Uyum ihtiyacı tarım, ormancılık, yenilenebilir enerji, su, balıkçılık ve turizm, ya da özellikle iklim değişikliğine maruz kalan limanlar, sanayi altyapıları ve kıyı alanları, taşkın yatakları ve dağlardaki kentsel yerleşim alanları olan bölgeler gibi çeşitli ekonomik sektörlerde çok büyük yeniden yapılanmalara sebep olabilmektedir. Oluşacak sistematik sorunların tespiti için ilgili taraflar ve sivil toplum kuruluşları (STK) ile geliştirilmiş bir diyalog ortamının kurulması gerekmektedir.

1.3. Avrupa Komisyonu'nun Hazırladığı Beyaz Kitap

Yeşil Kitap'ın ardından AB komisyonu tarafından 2009'da çıkarılmış olan Beyaz Kitap'ın amacı, iklim değişikliğinin etkilerini en aza indirmek için temel bir çerçeve oluşturmak ve AB ülkelerinin bu çerçeve kapsamında birlikte hareket etmesini sağlamaktır. Genel itibarıyla belgede, iklim değişikliğine karşı oluşabilecek hassasiyetleri en aza indirecek şekilde, tarım, biyolojik çeşitlilik (biyo-çeşitlilik), kıyı ekosistemleri gibi Avrupa'nın önemli sektörlerinin dirençliliğini arttırmanın temel yolları açıklanmaktadır. AB çerçevesi kademeli bir yaklaşım benimsemiştir. Kademe-1 (2009-2012); Kademe-2(2013) sırasında uygulanacak olan AB uyum stratejilerinin hazırlanması için zemin çalışmasının yapılması amaçlanmaktadır.



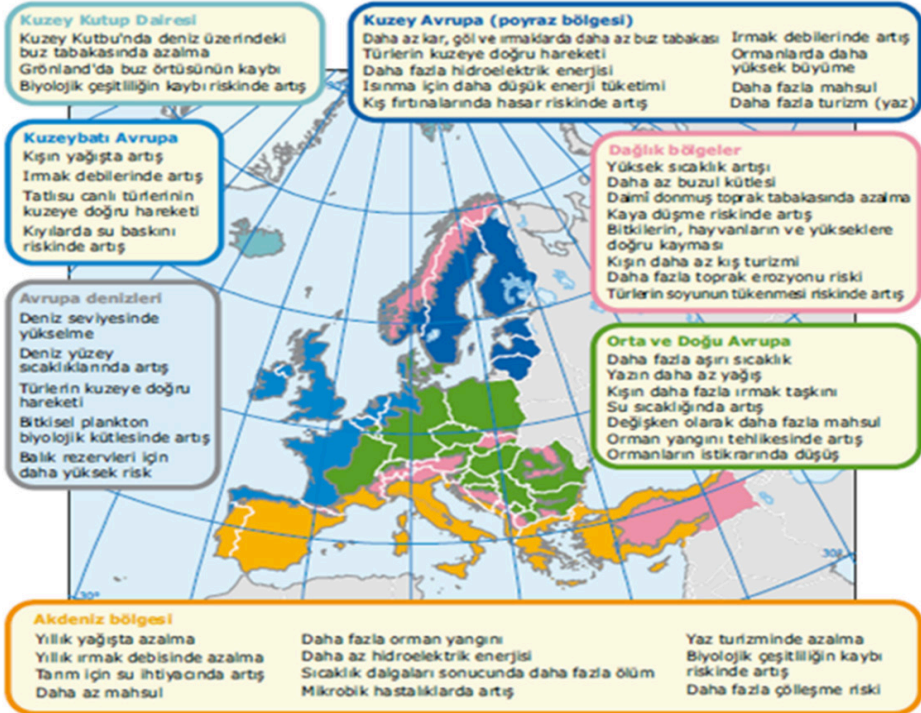
1.4. Uyumun (Adaptasyonun) AB Politikalarına Entegre Edilmesi

Uyum eylemlerinin AB politikalarına entegre edilmesi ile

- ▶ Sağlık ve sosyal politikaların dirençliliğinin artması
- ▶ Tarım ve ormanların dirençliliğinin artması
- ▶ Biyolojik çeşitliliğin, ekosistemlerin ve suyun dirençliliğinin artması
- ▶ Kıyusal ve denizel alanların dirençliliğinin artması
- ▶ Üretim sistemlerinin ve fiziksel altyapı sistemlerinin dirençliliğinin artırılması

sağlanmış olacaktır. Şekil 1'de iklim değişikliğinin Avrupa Bölgelerinde tahmin edilen etkileri harita üzerinde gösterilmektedir.

Şekil 1: İklim değişikliğinin Avrupa bölgelerinde tahmin edilen etkileri



AB'nin 2020 hedefleri arasında vurgulamak gerekenlere aşağıda yer verilmiştir.

- ▶ Çevre ve iklim politikası için güvenli yatırımların yapılması ve toplumsal faaliyetlerin çevresel yatırımlarının hesaplanması
- ▶ Çevresel sorunların diğer politika alanlarına daha iyi entegre edilmesi ve yeni politikalar oluşturulurken tutarlılığın sağlanması
- ▶ Birliğin şehirlerini daha sürdürülebilir hale getirilmesi
- ▶ Uluslararası çevresel ve iklim zorlukları ile daha etkin mücadele için Birliğe yardım edilmesi.

1.4.1. İnsan, Hayvan, Bitki Uyumu (Adaptasyonu) Faaliyetleri

İnsan sağlığı olmak üzere, hayvan ve bitki sağlığı ile ilgili AB müktesebatı hakkında kapsamlı bilgi vermektedir (AB Komisyonu, 2013d). Avrupada görülen veya görülmesi muhtemel olan tüm hastalıklara karşı AB'nin nasıl önlem alabileceğine odaklanılmıştır. Elde edilen veriler ve modeller belirsizliklerin ortadan kaldırılması bir dereceye kadar sağlansa da, mevcut durum gelecekteki iklim değişikliği etkilerinin en önemlisinin sağlık üzerinde olduğunu göstermektedir. Fırtınalar, sıcak hava dalgaları, özellikle su, gıda ve bulaşıcı hastalıkların konumsal dağılımı ve kardiyolojik hastalıklarının sıklığı gibi birçok hastalık aşırı hava olaylarından kaynaklı hastalık ve yaralanmalardır. Bazı Avrupa ülkeleri tarafından yapılan ve AB tarafından finanse edilen etki değerlendirmelerine göre, WHO'nun Avrupa Bölge Ofisi ve Hastalık Kontrol ve Önleme Avrupa Merkezi/ iklim değişikliğinin birçok felaketin ve sağlık koşullarının dağılımında büyük etkisi olduğunu kabul etmişlerdir.

Aşırı hava olaylarının artması ve insan sağlığına etkisi: Avrupada yıllık ortalama sıcaklıkların artmasından ötürü ölüm ve hastalıklardaki artış öncelikli sorunu teşkil etmektedir. Üye devletlerde yıllık ortalama sıcaklıktan kaynaklı ölümler %1 ila %4 arasında artış gösterdiği tahmin edilmektedir. Buna göre 2030 yılında sıcaklık kaynaklı ölümler 30.000 civarı, 2080 yılında ise 50.000-1100.00 arasında olacaktır.

Gıda ve taşıyıcı kaynaklı hastalıklar: Sıcaklığa hassas enfeksiyon hastalıklarının (Salmonella gibi gıda kaynaklı enfeksiyonlar) 2030 yılında ortalama 20.000 – 40.000 daha fazla vakada görüleceği tahmin edilmektedir. IPCC iklim değişikliğinin sebep olduğu, sivrisinekler ve keneler tarafından taşınan, bulaşıcı ve enfeksiyona yol açan hastalıkların, coğrafi düzende meydana gelen bozukluklar, nüfus büyüklüğü ve mevsimsel aktivitelerin bir sonucu olduğunu öngörmektedir.

Gıda ve gıda güvenliği sorunları: İklim değişikliğinin besin ve gıdaların içindeki mikotoksinler (mantarlar tarafından üretilen madde) üzerindeki etkisi oldukça büyüktür. İklim değişikliği tarımsal ekosistem üzerinde mantar kolonileşmesi ve mikotoksin üretimi konularında en önemli etkendir.

Su kaynaklı sorunlar: Yoğun yağışlar kanalizasyonlardan taşan kirlenmiş sular veya patojenlerin taşınmasından dolayı su yolu ile geçen hastalıkların yayılmasına yol açmaktadır. Ayrıca yaz aylarında meydana gelen düşük su akışı potansiyel bakteriyel ve kimyasal kontaminasyon riskini de arttırmaktadır. Yüksek su sıcaklıkları da zararlı alg patlamalarının artmasına yol açmaktadır.

Hava kalitesi: İklim değişikliğinin hava kalitesinde meydana getirdiği en büyük zarar ozon tabakasında görülmektedir. Sıcaklık, nem ve rüzgâr yönleri mevcut ozon seviyesini etkilemektedir.

Alerjiler: Giderek artan sıcaklıklar, küresel polen yükünü değiştirmektedir ve bu durum uzun süre boyunca alerjik duyarlılaşma hızını etkilemektedir. Havaya yayılan alerjenler sebebiyle meydana gelen alerjik hastalıklar geride bırakılan 10 yıl içinde artış göstermektedir. Genel nüfusta özellikle çocuklar risk teşkil eden sınıfta yer almaktadır. İnsanlar zaten astım gibi çeşitli kronik hastalıklarla mücadele etmektedirler ve bunun 2040 yılına kadar Avrupa nüfusunun %40'ında görüleceği tahmin edilmektedir.

Kızılötesi (UV) radyasyon: İklim değişikliğinin bir diğer dolaylı etkisi, değişen ultraviyole radyasyonudur. Ozon seviyesinin stratosfer tabakasında sabitlenmesinden dolayı ortalama UV radyasyon seviyesinde düşüş gözlemlenmektedir. UV ışınlarına aşırı maruziyetten dolayı kötü huylu tümör ve katarakt da dahil cilt kanserine yol açmaktadır.

Sağlık eşitsizliklerinin artması: İklim değişikliğinden dolayı meydana gelen sağlık hizmetlerindeki eşitsizlik dolayısıyla yoksul gruplar ayrıca stres kaynağı etkisi altına girmektedirler. Bu durum kalkınma hedeflerini de içeren birçok gelişme çabasını tehlikeye sokmaktadır.

Hassas gruplar: Sağlık ve refah seviyesinin gelir, konut, istihdam, eğitim, cinsiyet ve yaşam tarzı gibi sosyo-ekonomik etkenler ile yakından ilişkilendirilmesinden beri, iklim değişikliği etkileri ülkeler arasındaki sağlık eşitsizliğini, düşük gelir grubundan ve bazı hassas gruplar için dağılım dengesizliğini değiştirmektedir.

Çevresel kaynaklı göçler: İklim değişikliği ile çevresel bozunma ve uluslararası göç arasında karmaşık bir ilişki bulunmaktadır. Bu durum bir diğer çalışma belgesinde özetlenmektedir. Mevcut veriler gelecek çevresel değişikliklere rağmen çevresel kaynaklı göçlerin gelişmekte olan ülkeler ve AB arasında görüleceğine işaret etmektedir.

İklim değişikliğinin insan sağlığına etkilerine verilen tepkilerde AB kapasitesi

Yasal kural: Sağlık alanında üye devletlerarasındaki işbirliğini teşvik etmek ve Avrupa dayanışmasını desteklemek AB düzeyinde alınması gereken başlıca önlemler arasındadır. Bu durum özellikle en iyi pratik ve deneyimlerin paylaşılması için bir çerçeve oluşturulması konusunda önemlidir.

Uluslararası Sağlık Tüzüğü: AB Üye Devletler 2007 yılında yayınlanan Uluslararası Sağlık Tüzüğü'nü uygulamaktadır. Bu tüzük; hastalıkları tespit etmek ve halk

sağlığı riskleri ve acil durumlara müdahale etmek için kullanılan kolektif savunma mekanizmasını yöneten çok taraflı bir anlaşma niteliğindedir.

Siyasal bağlam: 2010 yılında İtalya'nın Parma kentinde toplanan Beşinci Çevre ve Sağlık Bakanlar Konferansı'nda tüm Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'ne üye AB Üye Devletleri, Eylem için Avrupa Bölgesel Çerçevesini oluşturan 'hareket etme taahhüdü/commitment to act' deklarasyonunu onaylamışlardır.

Avrupa Çevre ve Sağlık Eylem Planı: Bu doküman özellikle iklim değişikliği ve sağlık konularını ele almaktadır. Ayrıca çevre ve insan sağlığı üzerinde ortaya çıkan sorunların belirlenmesinde bir öngörü oluşmasını amaçlamaktadır.

AB Sağlık Stratejisi: İklim değişikliği ve sağlık tehditlerinin insan sağlığı üzerindeki etkilerine karşı vatandaşlarını koruma açısından önemli bir belgedir. Üye devletler AB düzeyinde bir sınır ötesi ya da (örneğin; Dünya çapında salgınlar veya biyoterörizm gibi) uluslararası etkisi olan önemli sağlık tehditleri ve sorunları karşısında işbirlikçi yaklaşımın kaçınılmaz olduğu sonucuna varmışlardır.

AB Sağlık Programı: 3 hedefi vardır.

- ▶ Vatandaşları sağlık güvenliğinin sağlanması ve geliştirilmesi,
- ▶ Sağlığın desteklenmesi ve sağlık eşitsizliklerinin giderilmesi.
- ▶ Sağlık bilgi ve enformasyonunun oluşturulması ve yayılmasıdır.

Bu program iklim değişikliğinin sağlık üzerinde oluşturduğu etkilerin giderilmesi için yapılan projeleri de finanse etmektedir.

AB istatistik programı: Sağlık konusunda kabul edilen Avrupa Sağlık Araştırması; Eurostat veri koleksiyonlarının bir parçası olarak çevre ile ilgili değişkenlerin de dahil olduğu sağlık izleme sistemini kullanmaktadır.

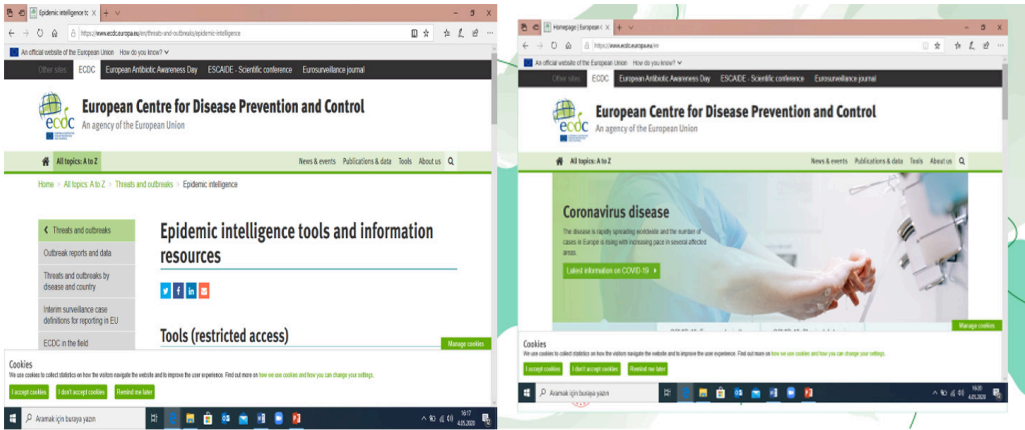
Epidemiyolojik sürveyans ve bulaşıcı hastalıkların kontrolü için ağ oluşturulması: Avrupa Komisyonu'nun yayınladığı 2119/98 / EC sayılı "Epidemiyolojik gözetimi

ve topluluk içinde bulaşıcı hastalıkların kontrolü için bir ağ kurulması” kararı ile 60 bulaşıcı hastalıkla ilgili bir Pan-Avrupa işbirliği kurulması için AB faaliyetleri başlatmıştır.

Sağlık Güvenlik Komitesi: Komitenin amacı özellikle biyoterörizmin önüne geçmektir.

Şekil 12’de Hastalık Kontrol ve Önleme Avrupa Merkezi/European Centre for Disease Prevention and Control- (ECDPC) web sayfası görüntülerine yer verilmektedir.

Şekil 2: Sağlık ile ilgili AB web sayfalarının görüntüleri



Kaynak: ECDPC, 2020

Avrupa Hastalık Önleme Kontrol Merkezi (ECDPC): Merkezin ana görevi insan sağlığı için risk teşkil edecek hastalık ve salgınların gözetiminin yapılmasını sağlamak ve risk değerlendirmesinin hazırlanmasını sağlamaktır. Merkez doğrudan iklim değişikliğinin insan sağlığı üzerinde oluşturduğu tehlikeleri araştırmaktadır.

Gıda güvenli tepki mekanizmaları: Avrupa Komisyonu Üye Ülkelerin yönetimleri arasında bilgi alışverişinin sağlanması amacıyla Gıda ve Besin için Hızlı Alarm Sistemi (RASFF) isimli bir araç geliştirmiştir. Bu sayede iklim değişikliği yüzünden

insan sağlığını tehdit eden gıda ve besin risklerini en hızlı şekilde tespit etmektedirler. Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) – gıda kaynaklı riskler: Komisyon mikotoksinlerin besinlerde oluşmasının yanı sıra, EFSA'nın veri toplanmasını ve derlenmesini zorunlu kılmıştır.

İnsan Sağlığı ile ilgili araştırmalar için AB Çerçeve Programları:

- ▶ Bütünleşik çevre sağlık etki değerlendirmesi birçok proje tarafından geliştirilmektedir. Bu projeler; INTARESE, URGENCHE ve PURGE'dir. Projelerin hepsi, tüm iklim değişikliği adaptasyon önlemlerinin insan sağlığı üzerindeki etkilerin bütünleşik değerlendirmesini yapmaktadır.
- ▶ CIRCE; iklim değişikliğinin Akdeniz Bölgesindeki etkileri değerlendirmektedir. Özellikle 10 Akdeniz kentinde bulaşıcı hastalık gibi risklerle, sıcaklık ve hava kirliliği arasındaki ilişkiyi incelemektedir.
- ▶ MICRODIS; taşkınların yarattığı çeşitli sağlık etkilerine ilişkin açıklayıcı analiz ve haritalama sağlayan bir sosyal, sağlık ve ekonomik çekirdek bölümü ile entegre edilmiş bir protokol geliştirilmiştir.
- ▶ VIROCLIME; su kaynaklı virüsler ile insan sağlığı ve iklim değişikliğinin tahmini etkileri arasındaki ilişkiyi açıklamak için geliştirilmiştir.

İklim değişikliğinin hayvan sağlığına etkilerine verilen tepkilerde AB kapasitesi:

AB mevzuatı ve Üye Devletlerin acil durum planları hayvan hastalıklarının yayılmasını önlemek için etkin ve ani tepki mekanizmaları oluşturmaktadır. Hayvan Hastalıkları Bilgi Sistemi (ADIS) risk yönetimi yapan kişilere mevcut salgın hastalık durumlarına göre kendi planlarını değiştirmeleri için daha anlaşılabilir epidemiyolojik veri sunmaktadır. Bu sistem Dünya Hayvan Sağlığı Örgütü (OIE)'nün bilgi sistemi olan Dünya Hayvan Sağlığı Bilgi Sistemi (WAHIS) ile birleştirilip daha kapsamlı hale getirilecektir. AB Veteriner Acil Ekibi (CVET) Üye Devletlerin yönetimlerini desteklemek için veya gelişmemiş ülkelerde ilk defa meydana gelen hayvan hastalığı salgınları ile ilgili çağrılabilir.

İklim değişikliğinin bitki sağlığına etkilerine verilen tepkilerde AB kapasitesi

AB'nin iklim değişikliğinin bitki sağlığı üzerine yarattığı etkileri ortadan kaldırmak için oluşturduğu yasal mevzuat bitki sağlığı, bitki üreme materyali, bitki koruma ürünlerinin piyasaya sürülmesi ve bunların sürdürülebilir kullanımı ve genetik yapısı değiştirilmiş organizmaların piyasaya arzı için oluşturulan yasal çerçeveye dayanmaktadır.

Direktifler agro-klimatik koşullara, kuraklığa ve hastalıklara dirençli bitki çeşitlerinin uyumu doğrultusunda bitki yetiştirme imkânı sunmaktadır.

Ek olarak haşerat ve salgınların kontrolünde iklim değişikliği sebebiyle riskleri artan bitkilerin korunması için AB tarafından oluşturulan bitki koruma ürünleri bugün ve gelecekte oldukça önemli rol oynamaktadır.

İklim değişikliğinin insan, hayvan ve bitki sağlığına etkileri üzerine Birliğin eylemleri

İnsan Sağlığı:

- Konsey ve Avrupa Parlamentosunun sağlıkla ilgili ciddi sınır ötesi tehditler konusunda Komisyon önerisi 2013 yılının ilk döneminde kabul edilmiştir.

Hayvan Sağlığı:

- Hayvan Sağlığı Yasası: 2013 yılında Avrupa Komisyonu'nun verdiği önerge 2014 yılında kabul edilmiştir.
- Hayvan Hastalıkları Bilgi Sistemi: 2014 yılında kullanılmaya başlanmıştır.
- Bazı Bulaşıcı Hayvan Hastalıkları ile İlgili AB'nin Hızlı Tepki Ağı ve Kriz Yönetimi: Bu mekanizmanın değerlendirilme önerileri uygulama eylemleri ile Hayvan Sağlığı Kanunu'nda yer almaktadır.

Bitki Sağlığı:

- ▶ Bitki Sağlığı Yasası: 2013 yılında Avrupa Komisyonu'nun verdiği önerge 2014 yılında kabul edilmiştir. Yasal teklif hazırlanırken iklim değişikliği sebebiyle alınacak önlemlerin belirlenmesinde AB'deki bitki haşeratlarının oluşması ve yayılmasına dikkat edilmiştir.
- ▶ AB sınırlarında teyakkuz: Birlik sınırlardaki kontroller özellikle Avrupa'ya yeni giren yabancı ve haşerat türlerini belirlemek için uygulanmaktadır. Birliğin bünyesindeki ormanlar, bitkiler ve süs bitkileri herhangi bir tehdit unsuru oluşturmamaktadır. Ancak gelişmemiş ülkelerden ithal edilen bitkilerin sevkiyatı sırasında gelen yeni zararlıların zamanında tespitini sağlamak için büyük önem teşkil etmektedir.

1.4.2. Denizel Uyum (Adaptasyon) Faaliyetleri

Denizel uyum faaliyetleri çeşitli başlıklar altında AB Komisyonu, (2012)'de detaylı olarak yer almaktadır. Bu aşamada faaliyetler ana başlıklar altında özetlenecektir.

- ▶ AB düzeyinde mevcut politika çerçevesi ve ilgili uyum faaliyetleri
- ▶ Deniz Çerçeve ve Taşkın Direktifleri
- ▶ Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi
- ▶ Bütünleşik kıyısız alan yönetimi
- ▶ Natura 2000, habitatlar ve kuş direktifleri
- ▶ Destek araçları ve bilgilendirme: Kıyısız alan yönetiminde uyum konusunda iyi uygulanmış örneklerin takas yöntemiyle yayılmasının artırılması için araçlar geliştirilmiştir.

İklim-ADAPT: Avrupa İklim Uyum Platformu Mart 2012 yılında yayınlanmıştır. Avrupa'daki uyumla ilgili örnek çalışmalar sayesinde edinilen bilgilerin paylaşılması ve kullanıcılara (kanun yapıcılar, araştırmacılar gibi) kendi iklim değişikliği uyum politikalarını üretmeleri ve potansiyel uyum seçeneklerini sunması için geliştirilmiştir.



OURCOAST: Bu veri tabanı AB’de uygulanan başarılı bütünleşik kıyısız alan yönetim uygulamalarının yüzlerce örnek çalışmasını içeren kapsamlı bir derlemesidir. Sistem iklim değişikliğine uyum, uyum bilgilendirme ve iletişim sistemleri, planlama ve arazi yönetim araçları ve koordinasyon mekanizmalarına odaklanmıştır.

EMODnet: (A European Marine Observation and Data Network/ Avrupa Deniz İzleme ve Veri Ağı): 2006 yılında başlatılıp, 2008 yılında sonlandırılmıştır. EMODnet araştırmacılar ve hizmet sağlayıcılarının insan faaliyetlerinin denizler ve okyanuslar üzerindeki etkilerini görebilmelerini sağlayan yüksek kaliteli veri için ortak bir geçiş noktasıdır.

WISE-Marine (Water Information System for Europe/ Avrupa için Su Bilgi Sistemi): Sistem deniz bileşenleri hakkında bilgilendirme sağlamak için geliştirilmiştir.

AB Fonu: İklim değişikliği konusunda üye devletler ve bölgeler arasında işbirliğini sağlamak amacıyla birçok fon oluşturmuştur. Çok-Yıllı Finans Çerçevesi kapsamında iklim ile ilgili 2014-2020 yılları arasında harcamaların en az %20’sini temsil edecektir.

Üye Devletlerin faaliyetleri ve AB Deniz Bölgeleri:

- ▶ Üye devletlerin faaliyetleri
- ▶ Kıyı havzaları: Helsinki Komisyonu (HELCOM) Eylem Planı (2007) Baltık Denizi Bölgesinde iklim değişikliğine karşı önlem alınması gerektiğinin üzerinde durmuştur. AB Baltık Stratejisi de Baltık Denizi’ndeki aşırı hava olayları için alınabilecek önlemleri belirtmiştir. BaltCICA (Climate Change: Impacts, Costs and Adaptation in the Baltic Sea Region 2009-2012/2009-2012 yılları arasında Baltık Denizi Bölgesi’nde İklim Değişikliği: Etkiler, Giderler ve Uyum) Projesi, bölgeleri ve belediyeleri iklim değişikliği etkilerine karşı uyum eylemleri geliştirmek için hazırlamıştır. 2009 senesinde komisyon OSPAR ile 15 hükümetin Kuzey-Doğu Atlantik’in sucul çevresinin korunması için işbirliği halinde hareket etmesini amaçlamaktadır. Alt bölgelerde Kuzey

Denizi Safecoast Projesi ile kıyısız taşkın ve erozyon risk yönetimi konularının değerlendirilmesini ve 2050 yılına kadar iklim değişikliği konusunda gelişimi amaçlamaktadır.

- En dış bölgeler: Dış bölgelerdeki iklim değişikliği hassasiyet araştırmaları devam etmesine rağmen öncelik uyum projeleri yerine riskleri anlamaya verilmektedir. Bu bölgelerin uyum yatırımları genellikle sel ve erozyon için yapılmaktadır. Bu önlemler için 1998-2015 yılları arası tahmin edilen maliyet ortalama 237 milyon Avro'dur.
- Arktik bölgeler: 1996'daki Ottawa Deklarasyonu Arktik Konseyi oluşturmuştur. Bu konsey Arktik ülkelerinde iletişim, koordinasyon ve etkileşimi destekleyen bir uluslararası forumdur. Altı adet çalışma grubu 'sürdürülebilir gelişim'in iklim değişikliğine adaptasyon için gerekli tematik alanlardan biri olduğunu vurgulamaktadır.

Daha iyi bilgilendirilmiş karar verme sistemleri: 2010 yılında hazırlanan 2020 Deniz Bilgilendirme Stratejisi/Marine Knowledge 2020 Strategy, Avrupa'da verilerin yüzlerce farklı kurum tarafından hazırlandığına işaret etmektedir. Stratejinin amacı; birçok farklı kaynaktan sağlanan deniz verileri sayesinde deniz bölgelerinin anlaşılabilirliğini geliştirmektir. Avrupa Dünya Takip Programı (GMES) ve programın okyanus hizmetleri, katma değerli servis sağlayıcılarına, kamu ve özel kullanıcılara hizmet ağı oluşturmayı amaçlamaktadır. Tüm bu bilgilerden yararlanmak amacıyla, Komisyonun gelecekteki amacı, OURCOAST, EMODnet, WISE-Marine ve Climate-ADAPT gibi programlar sayesinde aldığı verilerle oluşturduğu veri tabanı ile GMES programını birleştirmektir. Belirtilen tüm veri kaynakları sayesinde veriler Su Çerçeve Direktifi ve Taşkın Direktifi kapsamında toplanmaktadır.

Mavi Büyüme/Kitap:

- AB topraklarının dirençliliğinin artırılması
- Anahtar hassas sektörlerin dirençliliğinin artırılması: Mavi Büyüme sayesinde, 2020 Avrupa Stratejisi hedeflerine uygun olarak Komisyon uzun

vadede büyüme ve iş imkanı sağlayabileceğinin planlamaktadır. Bu hedeflerin başarılı olması için iklim değişikliğinin de hesaba katılması gerekmektedir.

AB Komisyonu tarafından hazırlanan Mavi Kitap (2012) genel olarak Avrupa'nın denizlerinden sürdürülebilir olarak maksimum faydalanmasını amaçlamaktadır. Şekil 13'de mavi büyümenin tanıtım broşürlerine yer verilmektedir.

Şekil 3: Mavi büyüme tanıtım broşürleri

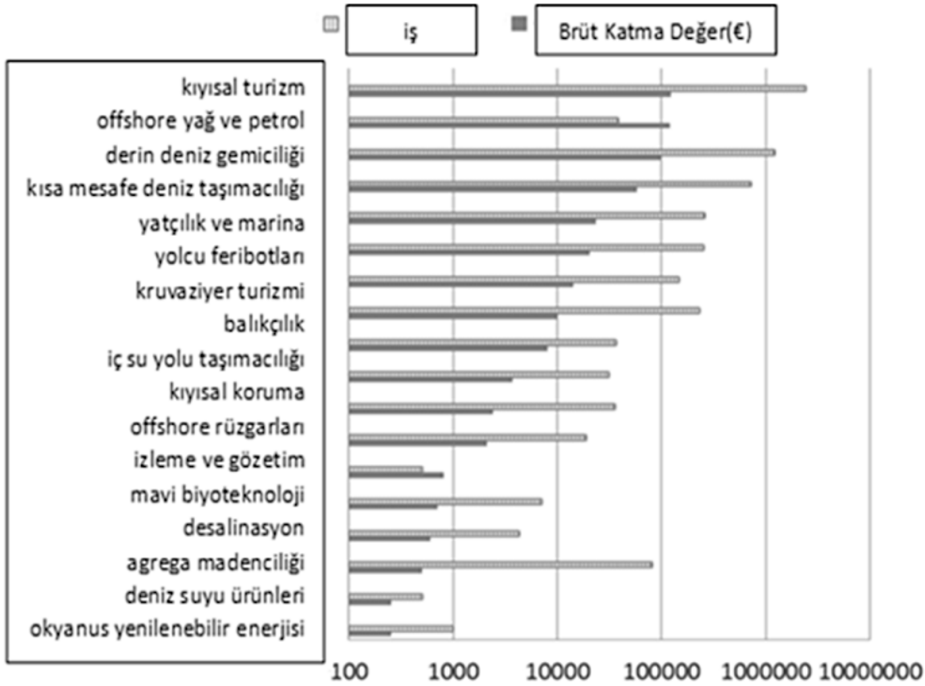


Kaynak: AB Komisyonu, 2012

Mavi ekonomi: Teknolojik ilerleme, demografik değişimler, doğal kaynakların artan kıtlığı ve komşu ülkeler de dâhil olmak üzere şimdiye kadar gelişmemiş olan ülkelerin ekonomilerinin büyümesi gibi konularda hazırlıklı olunması gerekmektedir.

Mavi ekonomi Faaliyetleri: Yeni ortaya çıkan sektörler büyük oranlarda istihdam sağlarken, geleneksel faaliyetlerin bazıları da yüksek oranlarda istihdam sağlamaya devam edecektir. Mavi ekonominin, sürdürülebilirlik rotasında ve narin denizel çevrenin potansiyel çevresel endişelerini göz önünde bulundurarak ilerlemeye devam etmesi gerekmektedir. Çalışmalar sırasında kirleticilerin emisyonları gibi denizel aktivitelerin olumsuz çevresel etkilerinin azaltılması öncelikli amaçtır.

Şekil 4'de deniz ve denizcilik ekonomik faaliyetlerinin ekonomik ve istihdam boyutları gösterilmektedir.

Şekil 4: Deniz ve denizcilik ekonomik faaliyetlerinin ekonomik ve istihdam boyutları (logaritmik ölçek)

Kaynak: AB Komisyonu, 2012

1.4.3. Orman Uyumu (Adaptasyonu)

Ormanlar ve ormanlık araziler Avrupa kıtasının %40'lık bölümünü kapsamaktadır. Ağaçlandırma ve doğal süksesyon sayesinde Avrupada ormanlar ortalama yıllık olarak %10 oranında artmaktadır. Ancak küresel olarak bakıldığında, ormanlar azalmaktadır. Ormanlar ekonomik, sosyal ve çevresel amaçlara hizmet eden çok fonksiyonlu yapılardır. Hayvanlar ve bitkiler için yaşam alanı oluşturmanın yanı sıra, iklim değişikliğinin azaltılmasında etkin rol oynamaktadır. AB ormanlarının yaklaşık olarak %25'i Natura 2000 kapsamında koruma altındadır. Ayrıca geriye kalan kısmın çoğu da AB doğa mevzuatı kapsamında korunmaktadır. Orman biyo-kütlesi yenilenebilir enerji için en önemli kaynaktır. Ayrıca, AB'nin toplam yenilenebilir enerji tüketiminin yaklaşık yarısını oluşturmaktadır.

Sürdürülebilir Orman Yönetimi konusunda önemli gelişmeler; büyüme ve istihdam için Avrupa 2020 stratejisi de dahil olmak üzere, Kaynak Verimliliği Yol Haritası ve 2020 hedefleri, Kırsal Kalkınma Politikası, Sanayi Politikası, Bitki Sağlığı ve Üreme Malzemeleri Stratejisi ve Biyolojik Çeşitlilik ve Biyo-Ekonomi Stratejileri, AB İklim ve Enerji Paketi ve 2020 Hedefleridir. 1998 yılında oluşturulan AB Orman Stratejisi bu konu için önemli bir çerçeve oluşturmaktadır (AB Komisyonu, 2013a). Şekil 15’de AB’nin orman adaptasyonu konusundaki bakış açısını yansıtan kitap kapağı ve orman yönetimi için hazırlanmış olduğu broşür yer almaktadır.

Şekil 5: AB’nin orman adaptasyonu konusundaki bakış açısını yansıtan kitap kapağı ve Nisan 2019’da düzenlenmiş olan ‘Ormanlarımızın Geleceği’ konulu uluslararası konferansın duyuru broşürü



Ormanlar ve orman tabanlı sektörler için iklim değişikliğinde AB stratejisi

Tutarlı ve bütüncül bir orman yönetimini, ormanlardan çoklu fayda sağlamayı, iç ve dış orman politikalarının bütünleştirilmesini ve tüm orman değer zincirini adres göstermektedir.

Kılavuz kurallar

- ▶ Dengeli bir şekilde mal ve hizmetlerin arz edilmesi ve ormanların korunmasının sağlanması sırasında sürdürülebilir orman yönetiminin ve ormanların çok fonksiyonlu rolünün dikkate alınması.
- ▶ Kaynak verimliliğinin sağlanması, ormanların ve orman sektörünün kırsal gelişime optimize edilmesi, geliştirilmesi ve yeni iş alanlarının oluşturulması.

2020 Orman hedefleri: AB'nin bu tutumu sürdürülebilir orman yönetiminin tanıtılmasını arttıracak ve ormansızlaşmanın küresel ölçekte azalmasını sağlayacaktır. Sekiz adet bağlantılı öncelikli alanlar:

Sürdürülebilir orman yönetimi ile ana sosyal hedeflere katkıda bulunulması:

- ▶ Kentsel ve kırsal toplumların desteklenmesi,
- ▶ Rekabetin teşvik edilmesi ve AB'nin orman tabanlı sektörlerinin sürdürülebilirliği, biyo-enerji ve daha yaygın yeşil ekonomi,
- ▶ Değişen iklimde ormanlar,
- ▶ Ormanların korunması ve ekosistem hizmetlerinin arttırılması.

Veri tabanının geliştirilmesi:

- ▶ LIFE+ gibi AB programları ihtiyaç duyulan kaynakların mobilize edilmesini sağlamaktadır. Komisyon ve üye devletler orman bilgi ve biyokütle ile ilgili çalışmaların ve biyolojik çeşitlilik ile ilgili devam eden çalışmaların olduğu bir modüler sistem geliştirmiştir.
- ▶ Yeni ve yenilikçi ormancılık ve katma değerli ürünler

Koordinasyonun ve iletişimin artırılması

- ▶ Tutarlı bir yönetim için çalışmaların birlikte yürütülmesi ve ormanlarımızı anlamak
- ▶ Küresel bakış açısıyla ormanlar

Bu stratejinin amacı, AB ve Üye Ülke devletleri arasındaki politikalarda tutarlılığı arttırmak, ormanlarla alakalı uluslararası düzeydeki sorunlar hakkında hedefleri ve taahhütleri belirlemektir. Bu sayede AB ve Üye Devletlere net ve tutarlı hedefleri formüle ederek destek sağlanmaktadır.

1.4.4. Altyapı Uyumu (Adaptasyonu)

Altyapı kelimesi, genellikle politika alanlarında geniş bir yelpazede iletişim, acil servisler, enerji, finans, gıda, sağlık, eğitim, sivil savunma, ulaşım ve su konularını içeren fiziksel oluşumları ifade etmektedir. Özel mülklerden okullara ya da endüstriyel kuruluşlara kadar binalar en yaygın altyapı türüdür.

Ağ altyapısı özellikle enerji (şebeke, enerji santralleri, boru hatları gibi), ulaşım (yollar, tren yolları, hava alanları gibi), BİT (veri kabloları gibi) ve su (su kaynağı boru hatları, atıksu arıtma tesisleri gibi) altyapısı gibi bugünün ekonomisini ve toplumlarını yönlendirmesi açısından oldukça önemlidir. Altyapıları iklim değişikliğine dirençli olarak tasarlamak erken uyum için önemli bir unsurdur (AB komisyonu, 2013b).

Şekil 6'da AB'nin altyapı üzerine hazırlamış olduğu proje raporunun kapağı ve ulaşım altyapısının iklim değişikliğinden etkilenmesi çalışmasının ilgili baş sayfasının görüntüsü yer almaktadır.

Şekil 6: AB'nin altyapı üzerine hazırlamış olduğu proje raporunun kapağı ve ulaşım altyapısının iklim değişikliğinden etkilenmesi çalışmasının ilgili baş ayfasının görüntüsü



İklim değişikliğinin altyapılara olan etkisi AB'deki devletlerin lokasyonlarına, risk maruziyetlerine, mevcut uyum kapasitelerine ve bölgesel ekonomik gelişim düzeylerine bağlı olarak değişmektedir.

Akımlar ve şekiller: İklim değişikliği sebebiyle meydana gelen tüm aşırı hava olayları altyapıların işleyişini ve sağlamlığını etkilemektedir. Bir altyapının bulunduğu bölge ile birlikte yerel yönetimlerin, hükümetlerin ve toplumların uyum kapasitesi genelde iklim hassasiyetinin ve etkilenebilirliğin boyutlarını belirlemektedir.

Karasal boyutlar: Avrupa çok büyük bir karasal çeşitliliğe sahiptir. Bu sebepten dolayı altyapıların dirençliliği genelde bölgesel ve yerel karasal koşullar ile alakalıdır.

- ▶ Şehirler ve kentsel alanlar
- ▶ Kıyısız alanlar
- ▶ Dağlık bölgeler
- ▶ En dış bölgeler

Sektörlere özgü etkiler

Ulaşım altyapısı: Sıcaklıkların artması ve deniz seviyesi yükselmesi gibi aşırı hava olaylarının (fırtınalar, taşkınlar ve ısı dalgaları gibi) sıklığının ve yoğunluğunun artması da AB'deki ulaşım altyapısının işleyişine büyük zararlar vermektedir. İklim değişikliği sadece ulaşım altyapısını değil, aynı zamanda ulaşım ve trafik akışlarının dağılımını da etkilemektedir (örneğin; sonuç olarak turizm şekillerinin değişmesi).

Enerji altyapısı: İklim değişikliği enerji iletim, dağıtım, üretim ve ihtiyacını etkilemektedir. Aşırı hava olaylarının fiziksel etkileri gibi yeni mevsimsel ve bölgesel ihtiyaçlar iletim ve dağıtım kanallarında yeni sorunların oluşmasına yol açmaktadır. Aynı zamanda bu sorunlar, yenilenebilir enerji kaynaklarından büyük miktarda elektrik üretiminin entegrasyonundan doğan dengeleme şartlarına tabidir.

Yapılar ve binalar: Binalar ve altyapıların tasarımları (fırtınalara karşı düşük dirençlilik) ve lokasyonları (taşkına meyilli alanlar, toprak kaymaları) sebebiyle iklim değişikliğine hassas olabilmektedirler.

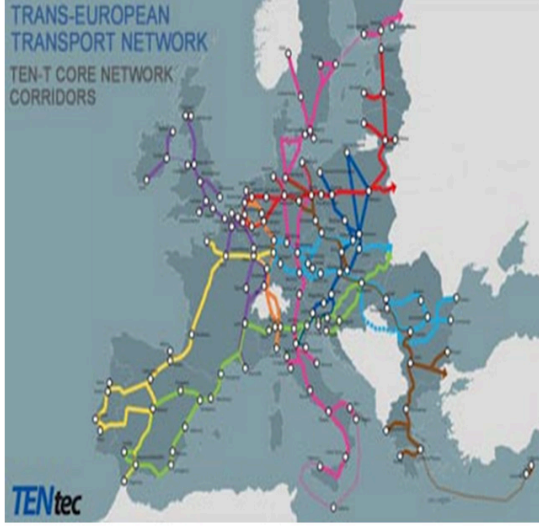
Sorunlar

- ▶ İnşa edildiği bölge, tasarım ve işletme açısından mevcut ve gelecekteki iklim koşulları göz önünde bulundurularak yeni altyapıların inşa edilmesi.
- ▶ Mevcut altyapıların güçlendirme ve/veya bakım rejimleri ile ömür boyunca iklim değişikliğinin etkilerine karşı dayanıklılığının artırılması.

Ulaşım: Ulaşım sektörü ekonomik ve sosyal faaliyetleri yerine getirme konusunda hayati önem taşımaktadır. Ayrıca bu sektör çevresel koşullara yüksek oranda bağımlıdır. Ulaşım altyapısına yapılan yatırımlar değişen iklim koşulları ve aşırı hava olaylarına bağlı bir şekilde artarak risk taşımaktadır. Yeni oluşturulan TEN-T/Trans European Transport Kılavuzu özellikle altyapı planlamasında risk değerlendirmesi ve uyum önlemlerinin iklim değişikliğine dirençli olması konusuna dikkat edilmesinin üzerinde durmaktadır.

Şekil 7’de bu oluşturulan TEN-T ağı gösterilmektedir.

Şekil 7: Avrupa’daki TENT-T (Trans-Avrupa Ulaştırma Ağları) ağı



Kaynak: AB Komisyonu, 2012

Gelişmiş iklim dirençliliği için AB belgeleri

Teknik standartlar

- ▶ Çevresel etki değerlendirme ve stratejik çevre değerlendirme
- ▶ Taşkın riskinin değerlendirilmesi ve yönetilmesi çerçevesi
- ▶ Altyapının iklim geçirmezliği

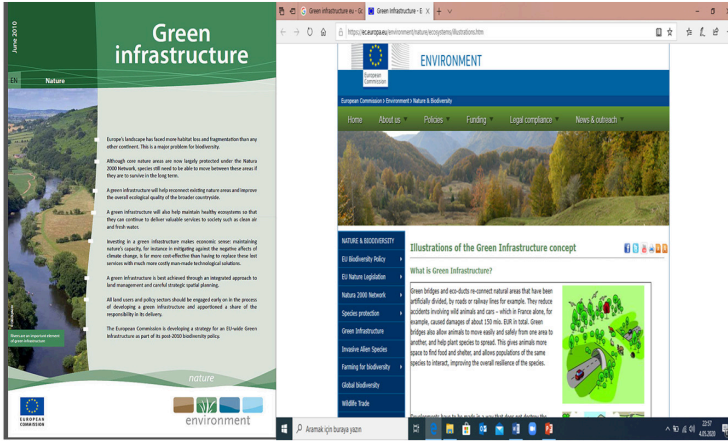
İklim değişikliğine dirençli altyapıların finansmanı

- ▶ AB Finansmanı
- ▶ Özel sektör yatırımları ve iş olanakları
- ▶ Sigortacılığın rolü

Yeşil Altyapı: Avrupa Komisyonu tarafından 2013'de yayınlanan Yeşil Altyapı Belgesi aynı mekânsal alan üzerinde birden çok işlev ve fayda sağlayan bir sistemdir. Bu işlevler ağırlıklı çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan oldukça önemlidir. Belge genellikle drenaj veya taşıma gibi tek işlevleri yerine getiren gri altyapı çözümleri yerine, yeşil altyapı projeleri ile aynı anda birden çok sorunla başa çıkma potansiyeli oluşturmaktadır.

Yeşil altyapı doğanın insanlara fayda sağlaması ve temiz hava ve su gibi çevresel hizmetlerden insanların yararlanması açısından doğanın kapasitesini artıran bir çeşit mekânsal planlama vasfındadır. Yeşil Altyapının bir diğer etkin özelliği de aynı mekânsal bölgede birden fazla işlevin yerine getirilmesini sağlamaktır. Şekil 18'de AB'nin Yeşil Altyapıyı tanıtan web sayfaları gösterilmektedir.

Şekil 8: AB'nin Yeşil Altyapıyı tanıtan web sayfaları tanıtım broşürleri



Kaynak: AB Komisyonu, 2013c

Yeşil altyapının faydaları

- ▶ Çevresel faydaları
- ▶ Sosyal faydaları
- ▶ İklim değişikliği adaptasyon ve azaltım faydaları
- ▶ Biyolojik çeşitliliğe faydaları

Natura2000 ile Yeşil Altyapı arasındaki ilişki: Natura2000 Yeşil Altyapının merkezinde yer almaktadır. Natura 2000 sadece bozulmuş ortamların yeniden canlandırılması amacıyla biyolojik çeşitliliğin ve sağlıklı ekosistemlerin korunması için önemli bir kaynak oluşturmakla kalmayıp, aynı zamanda topluma yıllık değeri 200–300 milyon Avro civarında kazanç sağlamaktadır. Avrupa Yeşil Altyapı oluşturma merkezleri sayesinde Natura 2000 alanları doğal çevrenin iyileştirilmesi ve yaşam kalitesini artırılması için stratejik odak noktasını oluşturmaktadır. Şekil 19’da yeşil altyapının potansiyel bileşenlerine yer verilmiştir.

Yeşil altyapının oluşturulması

- Mekânsal planlamanın stratejik düzeyde yapılmasının faydaları
- Yeşil altyapının muhtemel bileşenleri (çekirdek alanlar, restore edilen habitatlar, vahşi yaşam koridoru gibi davranan doğal özellikler, ekosistem hizmetlerini geliştiren yapay özellikler, sürdürülebilir olarak yönetilen tampon bölgeler, çok fonksiyonlu bölgeler)

Şekil 9: Yeşil altyapının potansiyel bileşenleri



Kaynak: AB Komisyonu, 2013c

1.4.5. Web Portal: Avrupa İklim Uyum (Adaptasyon) Platformu

AB'nin uyguladığı uyum faaliyetlerini yaymak ve uygulamak isteyen ülkelere web portal aracılığı yardımcı olmak amacıyla oluşturulmuş resmi internet sitesidir. Sitenin içeriğinde adaptasyon seçenekleri belirlenirken takip edilmesi gereken adımlar, genel kapsamıyla sektörel analiz ve uyum seçenekleri bulunmaktadır.

Uyum için gerekli adımlar

- ▶ Bölgenin uyuma hazırlanması
- ▶ İklim değişikliği risklerinin ve hassasiyetlerinin belirlenmesi
- ▶ Uyum seçeneklerinin belirlenmesi
- ▶ Uyum seçeneklerinin değerlendirilmesi
- ▶ Uygulama
- ▶ İzleme ve geliştirme

AB kaynaklı sektör politikaları

Avrupa'nın ortak sektör politikaları;

- ▶ Tarım ve ormancılık
- ▶ Biyolojik çeşitlilik
- ▶ Kıyusal alanlar
- ▶ Afet riskinin azaltılması
- ▶ Finans
- ▶ Sağlık
- ▶ Altyapı
- ▶ Deniz ortamı ve balıkçılık
- ▶ Su Yönetimi

AB'nin resmi İklim-UYUM/Climate-ADAPT portalinde iklim değişikliğine karşı uyum faaliyetleri kapsamında toplamda 62 adet uyum faaliyeti yer almaktadır. 9 ana sektör başlığı altında ise, ilgili sektörde ağırlık verilmesi gereken öncelikli sektörel tabanlı uyum eylemleri, söz konusu 62 önlem arasından seçilerek gruplandırılmıştır (Climate-ADAPT, 2020).



2. ABD EYLEM PLANLARI

AB'nin yanı sıra ABD'deki uyum süreci çalışmalarına da bu bölümde kısaca değinilmektedir.

2.1. Federal Hükümetin Uyum (Adaptasyon) Eylemleri

2009 yılının ilkbaharında Obama yönetiminde ve Beyaz Saray Çevre Kalite Konseyi ile Bilim ve Teknoloji Politikası Beyaz Saray Ofisi eş başkanlığında, Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) ve yirmiden fazla federal kurum temsilcileriyle Kurumlar arası İklim Değişikliğine Uyum Görev Gücü /The Interagency Climate Change Adaptation Task Force toplanmıştır. Ekim 2010'da Uyum (Adaptasyon) Görev Gücü politika hedefleri ve bir dizi öneri raporu Başkan'a sunulmuştur.

Ekim 2011'de Uyum (Adaptasyon) Görev Gücü ikinci bir rapor yayımlanmıştır. Bu raporda iklim değişikliğinin daha iyi anlaşılması konusunun yayılması ve güçlendirilmesi için federal hükümetinin görevlerinin altı çizilmiştir (ABD, 2014).

2.2. Başkan'ın İklim Eylem Planı

2013 Temmuz'unda Obama başkanlığında ülkenin ilk bütüncül İklim Eylem Planı yayımlanmıştır. Planda federal hükümetin karbon kirliliğini durdurması, ABD'yi iklim değişikliği etkilerine hazırlaması ve emisyonları azaltmak için uluslararası topluluklarla çalışması konularının üzerinde durulmuştur.

2.3. Ulusal kesişen uyum (adaptasyon) stratejileri

Ekim 2011'de federal kurumlar tarafından geliştirilen 'Ulusal Eylem Planı: Değişen İklim Yönetme Tatlısu Kaynakları için Öncelikler' planı ile su kalitesi, insan sağlığı ve sucul ekosistemler korunurken, su kaynaklarının planlanması amaçlanmaktadır.

Nisan 2013'te Ulusal Okyanus Politikası Uygulama Planı yayımlanarak iklim değişikliği ve okyanus asitleşmesine karşı dirençliliğin ve adaptasyonun sağlanması amaçlanmaktadır.

2.4. Kurum Uyum (Adaptasyon) Planı

Kurum Uyum Planı kapsamında yıllık sürdürülebilir planlama işlemlerinin yayımlanması kararlaştırılmıştır. Bu planlar uyum planlama ile tüm federal kurumların operasyonlarını, politikalarını ve programlarını birbirine entegre etmeyi amaçlamaktadır.

Kurumlar arası seçilmiş örnekler ve kurumlara özel ulusal uyum ile ilgili girişimlerin yönetilmesi

2006 yılında meclis tarafından oluşturulan Ulusal Bütünleşik Kuraklık Bilgi Sistemi /National Integrated Drought Information System ile kuraklığa karşı daha proaktif bir yaklaşımın benimsenmesi amaçlanmıştır. Web tabanlı ABD Kuraklık Portalı kullanıcılara NIDIS'in kamu erişimini sağlamaktadır.

Uyumun, Sandy Kasırgası süresince afet kurtarma ile beraber yürütülmesi

Mevcut verilerin topluma daha iyi anlatılması ve iklimle ilgili yeni karar verme araçlarının geliştirilmesi gerekliliği anlaşıldıktan sonra, federal yönetimler gelecek taşkın risk araç paketlerini tanıtmayı kararlaştırmışlardır. FEMA, CEQ, USGCRP, NOAA ve USACE verileri bir araya toplanarak yerel karar vericiler için anlaşılabilir bir araç geliştirmişlerdir.

Afet yönetiminin koordine edilmesi

Söndürülmesi güç yangınların yönetimi
Deniz seviyesi yükselmesi

ABD Coğrafik Araştırması, Ulusal Park Hizmetleri/National Park Services, ABD Balıkve Vahşi Yaşam Hizmetleri/The US Fish and Wildlife Services ve özel ve kar amacı gütmeyen organizasyonlar Ulusal Sahil Bölgesinin deniz seviyesi yükselmesine ve Kuzey Atlantik Sahilinin artan erozyon riskine karşı hassasiyet değerlendirmesinin yapılması ve adaptasyon önlemlerinin belirlenmesine çalışılmaktadır (ABD, 2014).

- ▶ Biyolojik çeşitliliğin korunması
- ▶ İklim değişikliği etkilerinin anlaşılması
- ▶ İnsan sağlığının korunması
- ▶ Doğal kaynakların yönetimi

ABD İç İşleri Bakanlığı ABD'de doğal kaynakların yönetimi ve iklim değişikliğine hazırlık için yerel ve eyalet bazında uğraşların desteklenmesi için bilgi sistemi geliştirmektedir. Bakanlığın WATERSMART programı eyaletlere hızlı nüfus artışı, iklim değişikliği, altyapıların eskimesi ve arazi kullanım değişikliği gibi konularda yardım sağlamaktadır.

- ▶ Tarım sektörünün desteklenmesi
- ▶ Daha dirençli ulaşım sektörünün inşa edilmesi
- ▶ Gelecekteki enerji gereksinimlerine hazırlık
- ▶ Yerel kararların desteklenmesi için araçların geliştirilmesi
- ▶ Toplum düzeyinde dirençliliğin desteklenmesi
- ▶ Hükümet kuruluşlarının korunması
- ▶ Altyapıların gelecek için tasarlanması
- ▶ Bölgesel, eyalet bazında, yerel ve kabile adaptasyon girişimleri.

KAYNAKÇA

- ▶ AB Komisyonu. (2012). The European Economic and social Committee and The Committee of The Regions, Blue Growth Opportunities for Marine and Maritime Sustainable Growth to Climate Change: Towards a European Framework for Action. European Commission, Commission of the European Communities.
- ▶ AB Komisyonu. (2013a). The European Economic and Social Committee and The Committee of The Regions, A new EU Forest Strategy: for Forests and the Forest-based Sector. European Commission, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council.
- ▶ AB Komisyonu. (2013b). The European Economic and Social Committee and The Committee of The Regions, An EU Strategy on Adaptation to Climate Change, Adapting Infrastructure to Climate Change. European Commission, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council.
- ▶ AB Komisyonu. (2013c). The European Economic and Social Committee and The Committee of The Regions, Building A Green Infrastructure for Europe. European Commission, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council.
- ▶ AB Komisyonu. (2013d). The European Economic and Social Committee and The Committee of The Regions, An EU Strategy on Adaptation to Climate Change, Commission Staff Working Document, Adaptation to Climate Change Impacts on Human, Animal and Plant Health. European Commission, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council.
- ▶ ABD (2014). United States Climate Action Report 2014, First Biennial Report of the United States of America Sixth National Communication of the United States of America Under the United Nations Framework Convention on Climate Change. The U.S. Department of State.

- ▶ Climate-ADAPT (2020). The European Climate Adaptation Platform <https://climate-adapt.eea.europa.eu/>
- ▶ ECDPC (2020). European Centre for Disease Prevention and Control, <https://www.ecdc.europa.eu/en>
- ▶ IPCC. (2013). Intergovernmental Panel on Climate Change AR5-Fifth Assessment Report. Cambridge: Cambridge University Press.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM TEKNOLOJİLERİ: İKLİM TAHMİNİ VE MODELLEMEDE GIS VE UZAKTAN ALGILAMANIN ROLÜ

Prof. Dr. Süha Berberoğlu



1. GİRİŞ

Küresel ölçekteki iklim değişikliği etkilerinin, bölgesel ölçekte genelden bağımsız daha heterojen bir yapıda olacağı tahmin edilmektedir. Bu kapsamda ekosistemler işlevleri ve hizmetleri üzerindeki riskler artacaktır. Bu amaçla iklim değişiminin mevcut ve potansiyel etkilerinin belirlenmesi ileri düzey modeller geliştirilerek, bölgesel ölçekte deniz ve karasal ekosistemlerin ekolojik risk limitlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Dolayısıyla, iklim değişimi doğrultusunda konumsal bilgi teknolojilerini (CBS, konumsal modeller, GPS ve uzaktan algılama) yer verileri ile birlikte kullanarak, iklim değişimi sonucunda oluşabilecek ekosistem değişimi ve ekosistem işlevleri arasındaki işleyiş mekanizmalarını anlamak ve bunun sonucunda oluşabilecek bazı çevresel risklerin (Erozyon, Net Birincil Üretim ve yangın vb.) konumsal dağılımını modelleyerek ülkesel ölçekte değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

Bu kapsamda erozyon, net birincil üretim ve orman yangın risklerinde oluşabilecek zamansal ve konumsal dağılım tahmini Türkiye ölçeğinde Pan-European Soil Erosion Risk Assessment (PESERA) erozyon modeli, bir karasal ekosistem modeli olan ve biyocoğrafya, vejetasyon dinamikleri, orman gelişimini simüle etmek için geliştirilmiş biyo-jeokimyasal/vejetasyon modeli NASA-CASA ve orman yangın riski çok-kriterli analizler ile modellenmiştir. Çalışmada kullanılan model girdileri toprak, jeoloji, topografya, iklim gibi temel verilerden üretilmiş 128 farklı veri setini içermektedir. Ayrıca uzaktan algılanmış veriler (MODIS ve yüksek konumsal çözünürlü veriler) yardımıyla üretilmiş, arazi örtüsü, NDVI ve ağaç kapalılık yüzdesi haritaları da bu kapsamdadır. Çalışmanın konumsal çözünürlüğü 250 m'dir. Geleceğe yönelik iklim değişikliği senaryosu olarak IPCC'nin beşinci raporunda tanımlanan RCP (Representative Concentration Pathways) temel alınmıştır.

Belirtilen çevresel değişkenler konumsal bilgi teknolojileri yardımıyla güncel ve geleceğe yönelik modellenmiştir. Ülke genelinde sonuçlar karşılaştırıldığında Net Birincil Üretimde 0.048 Pg karbon artışı, erozyonun ise 285,5 milyon tondan 323,5 milyon tona artacağı tahmin edilmiştir. Sonuçlar Türkiye genelinde mevsimsel ve konumsal olarak havzalar bazında ayrıntılı değerlendirilerek ülkemizdeki riskli bölgeleri oluşturulmuştur.



2. NET BİRİNCİL ÜRETİM

Tür çeşitliliğinin fazla olduğu ülkemizde öngörülen iklim değişikliğinin indikatörü olabilecek en önemli ekosistem bileşenlerinden birisi vejetasyonun Net Birincil Üretim (NBÜ) miktarıdır. Bitkiler, fotosentez süreci vasıtasıyla güneş enerjisini kullanarak elde ettikleri fotosentez ürünlerinin bir kısmını solunumda, geri kalanını bünyelerinde yeni dokular üretmek için kullanırlar. Bitkilerin bu reaksiyonuna brüt birincil üretim (BBÜ); solunumla kullanılan ürün (RA) ile brüt birincil üretimin farkına ise NBÜ denir (Berberoğlu ve ark., 2007). NBÜ aynı zamanda, birim alan ve zamanda bitki biyokütlesine kazandırılan net karbon miktarına eşittir.

► $NBÜ = BBÜ - RA$

NBÜ, vejetasyon aktivitesinin önemli biyofiziksel değişkenlerinden biridir ve küresel ölçekte karbon bütçesi bakımından büyük önem taşır. NBÜ, aynı zamanda karasal ekosistemler içerisinde yaşamın varlığı ve biyoçeşitliliğin devamı için en önemli ekosistem bileşenlerinden biri ve ekosistem performansı için önemli bir belirleyicidir.

Karasal ekosistemlerin tahmini için kullanılan NBÜ tahmin modelleri istatistiksel, parametrik ve süreç tabanlı olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Ruimy et al., 1999a). İstatistiksel modeller, temel düzeyde çalışmakta iklimsel verilerle NBÜ arasında istatistiksel ilişki kurarak NBÜ tahmininde bulunmaktadır. Parametrik modellerde gerekli parametreleri ve değişkenleri hesaplamak oldukça zordur (Prince, 1991; Potter et al., 1998; Foley, 1994; Ruimy et al., 1999b; Sun ve Zhu, 2001; Taşkınıs-Meydan ve ark. 2010). Bu modeller istatistiksel modellere kıyasla daha karmaşık yapıdadır. Süreç tabanlı modeller Fotosentetik Aktif Radyasyon (fPAR) ve vejetasyon indeksi arasındaki ilişki ve etkileşimi kullanarak NBÜ'yu tahmin eder (Running et al., 1989; Bonan, 1995; Foley, 1995; Liu et al., 1997; Meydan, 2008). Bu modellerde NBÜ ışık kullanım etkinliği baz alınarak hesaplanır. Süreç tabanlı fiziksel modeller, günümüzde NBÜ tahmininde sağladıkları yüksek doğruluk ile yaygın olarak kullanılmaktadır. Süreç tabanlı modeller, NBÜ'nün mevsimsel ve aylık alansal dağılımı ve değişimlerinin tahmininde gün ışığı şiddeti, solar radyasyon ve fotosentez enerjisi parametrelerini kullanmaktadır.

2.1. NASA-CASA Net Birincil Üretim Modelleme

NASA-CASA modeli yaklaşımı mevcut arazi örtüsü/kullanımını kullanarak ekosistemdeki azot ve karbon dönüşümlerini simüle eder. Alt örtüde besin varlığı, toprak nemi, sıcaklık, tekstür ve mikrobiyal akt iviteler gibi gaz akış kontrollerinin birbirleri ile ilişkilerini içerir. Model, karbon tespiti, besin dağılımı, döküntü, toprak-azot mineralizasyonu, CO₂ değişimi, ek olarak N₂O ve NO üretimi, CH₄ tüketimini günlük ve mevsimsel olarak simüle etmek için tasarlanmıştır (Potter et al., 2001). CASA Modeli, gün ışığı şiddeti, PAR (fotosentetik yönden aktif radyasyon (0,4-0,7 µm arasındaki dalgaboyu) - her ay için her metrekareye düşen megajoule cinsinden miktarı) ve NDVI (Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon İndeksi) kullanarak fPAR (absorbe edilen fotosentetik yönden aktif radyasyon fraksiyonu) verisini hesaplayarak, aylara göre NBÜ değerlerini tahmin etmektedir.

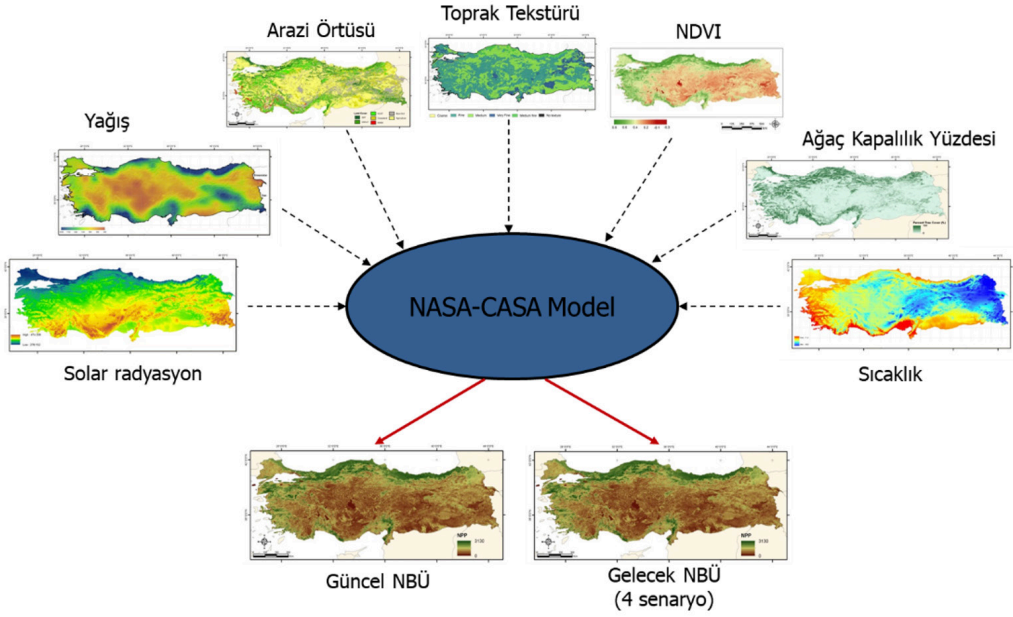
$$\blacktriangleright \text{NBÜ} = f(\text{NDVI}) \text{PAR} \epsilon T W$$

Bağıntıda, ϵ = ışık kullanım etkinliği (Türkiye için 0.35-0.40 aralığındadır), T = sıcaklığı ve W = yağışı temsil etmektedirler (Berberoğlu ve ark., 2007). Modelin kalibrasyonu ve diğer aşamalarında atmosferik CO₂'in yükselmesi ile birlikte ϵ^* değerinde oluşabilen yükselme, NBÜ değerinin yükselmesinde etkili olmaktadır. Sıcaklık ve yağış verileri ile de T ve W değerleri hesaplanmıştır.

Modelde aylık NBÜ döngüsü, vejetasyon tarafından emilen net karbonun belirlenmesi için ışık kullanım etkinliği baz alınarak hesaplanmıştır. Bu model kullanılarak bölgesel ve küresel ölçekte, karasal net birincil üretimdeki değişimler, farklı iklim değerleri ile geleceğe dönük olarak tahmin edilebilir. Modelin oluşturulabilmesi için, ışık kullanım etkinliği, sıcaklık, yağış, solar radyasyon, ağaç kapalılık yüzdesi, bölgenin arazi örtüsü ve toprak tekstür haritaları ve NDVI değerleri girdi verilerini oluşturmaktadır (Berberoğlu ve ark., 2007).

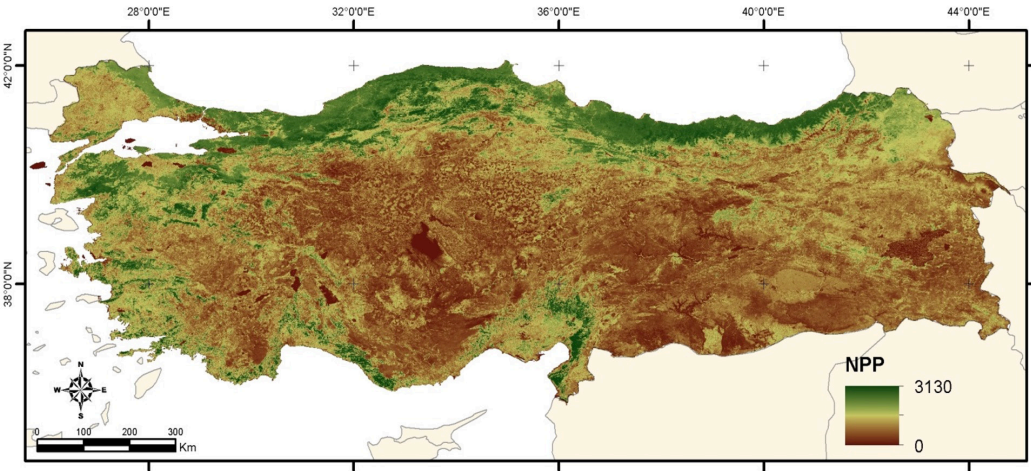
Model “x” alanda “t” zamanda NBÜ için, “fPAR” ve “ ϵ ” parametrelerini üretmek ile başlar (Potter et al., 2001). Modelde, ölçülebilir en yüksek ışık kullanım etkinliği (ϵ) önemli bir metriktir. CASA Modeli ile NBÜ tahmininde ışık kullanım etkinliği, sıcaklık, yağış, solar radyasyon, ağaç kapalılık yüzdesi, bölgenin arazi örtüsü ve toprak tekstür haritaları ve NDVI değerleri, girdi verileri olarak kullanılmıştır (Şekil 1). Bu girdiler, model algoritması içinde kullanılarak sonuç haritaları elde edilmiştir.

Şekil 1: NASA-CASA model girdileri.



Kaynak: Berberoğlu, 2014.

Şekil 2: Türkiye toplam yıllık NBÜ haritası.

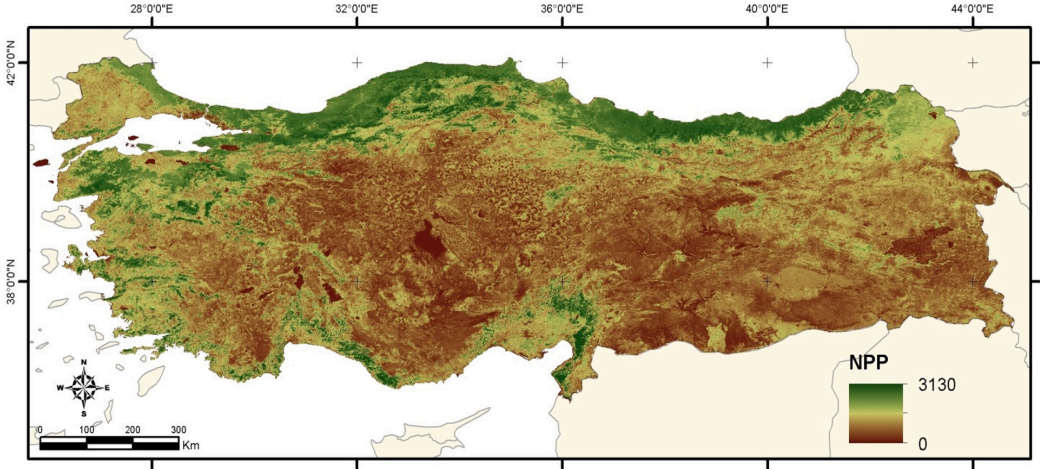


Kaynak: Berberoğlu, 2014.

Toplam yıllık orman NBÜ (2000-2010) miktarı 0.64 Pg y⁻¹ olarak tahmin edilmiştir. Güncel ve gelecek arasındaki NBÜ fark görüntüleri 250 m yersel çözünürlükte 4 farklı RCP senaryoları (RCP 8.5) için üretilmiştir (Şekil 3).

Türkiye’de NBÜ yersel dağılımında önemli farklılıklar görülmektedir. Gelecek senaryolarında artış miktarı +626 ile +703 gCm²y⁻¹ olarak tahmin edilmiştir. Artışın çoğunlukla geniş yapraklı ormanların bulunduğu Türkiye’nin kuzey bölümlerinde olacağı açıkça görülmektedir.

Şekil 3: NASA-CASA Modeli Net Birincil Üretim Gelecek (2060-2080) - Güncel (2000-2010) Fark Haritası (RCP85)



Kaynak: Berberoğlu, 2014

Bütün senaryolar Türkiye’nin kuzey kısımlarında artışın, güney kısımlarında ise yüksek bir azalmanın olacağını ifade etmektedir. Fark görüntüleri incelendiğinde özellikle yüksek bölgelerde yağışın ve sıcaklığın artmasından dolayı NBÜ’de en fazla artışın bu bölgelerde olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Model sonuçlarının arazi örtüsü sınıflarına göre karbon miktarı Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1: Arazi Örtüsü gruplarına göre güncel ve gelecek NBÜ değerleri

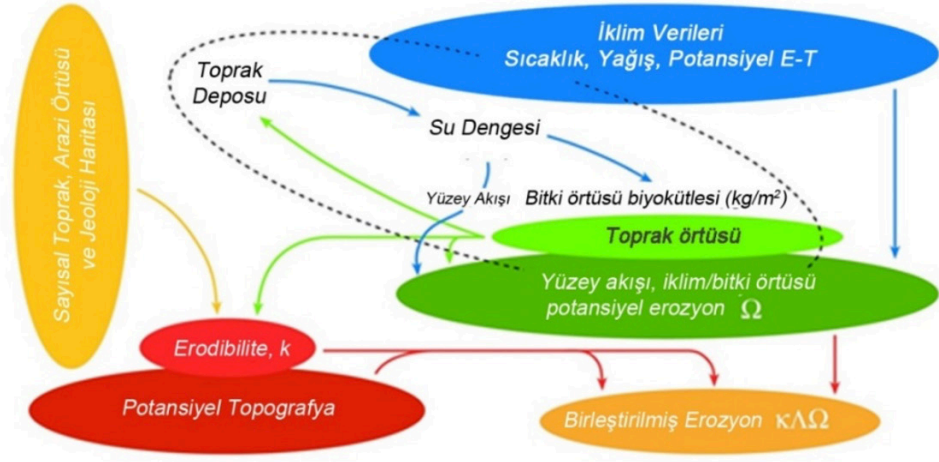
Arazi Örtüsü Sınıfları	2000-2010		2060-2080							
	Güncel NBÜ		RCP2.6		RCP4.5		RCP6.0		RCP8.5	
	Yıllık (gCm ² y ⁻¹)	Toplam (Pt)	Yıllık (gCm ² y ⁻¹)	Toplam (Pt)	Yıllık (gCm ² y ⁻¹)	Toplam (Pt)	Yıllık (gCm ² y ⁻¹)	Toplam (Pt)	Yıllık (gCm ² y ⁻¹)	Toplam (Pt)
BDF	1839.71	1.442	1969.54	1.544	1965.70	1.541	1981.30	1.553	1970.94	1.545
MBNLF	1311.06	1.028	1400.43	1.098	1407.68	1.103	1413.80	1.108	1418.99	1.112
NLEF	1665.93	1.306	1810.18	1.419	1832.89	1.437	1838.41	1.441	1860.31	1.458
Mera	875.59	0.686	943.90	0.740	950.00	0.745	949.74	0.744	954.74	0.748
BSBS	1260.99	0.988	1329.12	1.042	1364.75	1.070	1359.23	1.065	1393.80	1.093
Açık alan	665.35	0.522	708.10	0.555	709.27	0.556	709.43	0.556	710.19	0.557
Tarım	1008.15	0.790	1084.36	0.850	1097.09	0.860	1098.74	0.861	1110.12	0.870
Toplam	3130	2.454	3056	2.396	3093	2.425	3133	2.456	3186	2.497

BDF; Genişyapraklı orman, MBNLF; Geniş/İğne Yapraklı Karışık Meşcere, NLEF; İğne Yapraklı Orman, BSBS:Çalı/Yer örtücü. Kaynak: Berberoğlu (2014)

3. EROZYON

PESERA (Pan-European Soil Erosion Risk Assessment) modeli (Kirkby, 1999; Kirkby et al., 2000) çeşitli arazi kullanımı, toprak ve peyzaj özellikleri altında toprak erozyonunu tahmin etmek için bölgesel bir araç olarak geliştirilmiştir. Geçmişte bir çok toprak erozyon modeli USLE (Wischmeir ve Smith, 1978), USLE yönteminin geliştirilmesiyle Revised USLE (RUSLE) (Renard et al., 1991), WEPP (USDA- Water Erosion Prediction Project) (Nearing ve Nicks, 1998) ve EUROSEM (European Soil Erosion Model) (Quinton ve Morgan, 1998) geliştirilmiştir. USLE ve RUSLE modelleri öncelik olarak ortalama yıllık toprak kaybının değerlendirilmesi için geliştirilmiştir. Bu nedenle USLE ve RUSLE modelleri, karmaşık şekilli eğimli yamaç profillerinden birikimi ve sediment miktarını tahmin etmede ya da erozyonun zamansal ve mekânsal dağılımlarını tespit etmede zayıf kalmaktadır. EUROSEM, genellikle küçük alanlarda veri gereksinimlerini talep eden dönemlik periyotlar için kullanılan fiziksel temelli bir modeldir (Kirkby, 1998). WEPP modeli ise simülasyon için yaygın olarak kullanılan fiziksel temelli bir modeldir fakat büyük veri tabanına gereksinim duyar.

PESERA Modeli; iklim, vejetasyon, topografya ve toprak verilerini yüzey akışı ve toprak erozyonu hesaplayabilmek için tek bir yapıda entegre ederek birleştirmektedir (Şekil 4). Model dâhilindeki faktörlerin her biri için gerek duyulan veriler ilgili kaynaklardan elde edilerek fiziksel temelli bir modelde birleştirilerek toprak erozyonu için gerçekçi hesaplamalarda bulunulabilmektedir.

Şekil 4: PESERA Model Yaklaşımı

Kaynak: Irvine ve Kosmas, 2007

Erozyon başlıca iklim, vejetasyon, toprak ve topografya gibi faktörler tarafından kontrol edilmektedir (Kirkby, 2003). Toprak erozyonu PESERA Modelinde toprak aşınabilirliği (k), yüzey akışı ve iklim/bitki örtüsü potansiyeli ve topografya potansiyelinin entegre edilmesi ile hesaplanmıştır.

$$E=K \times L \times W$$

Eşitlikte;

- ▶ E: Toprak kaybı miktarı (ton/hektar/yıl)
- ▶ K: Aşınabilirlik (mm)
- ▶ L: Yüksekliğin (m) standart sapmasındaki topografya potansiyeli
- ▶ W: İklim verileri, bitki örtüsü, su dengesi ve bitki büyüme modelinden

hesaplanan yüzey akışı ve iklim/bitki örtüsü potansiyelidir.

$$W = \sum_{r>h} P (r - h)$$

Eşitlikte;

- ▶ W: Yüzey akışı (mm)
- ▶ P: Eşik değer üzerindeki yüzey akışı oranı (mm)
- ▶ r: toplam yağış (mm)
- ▶ h: eşik değerdir (mm).

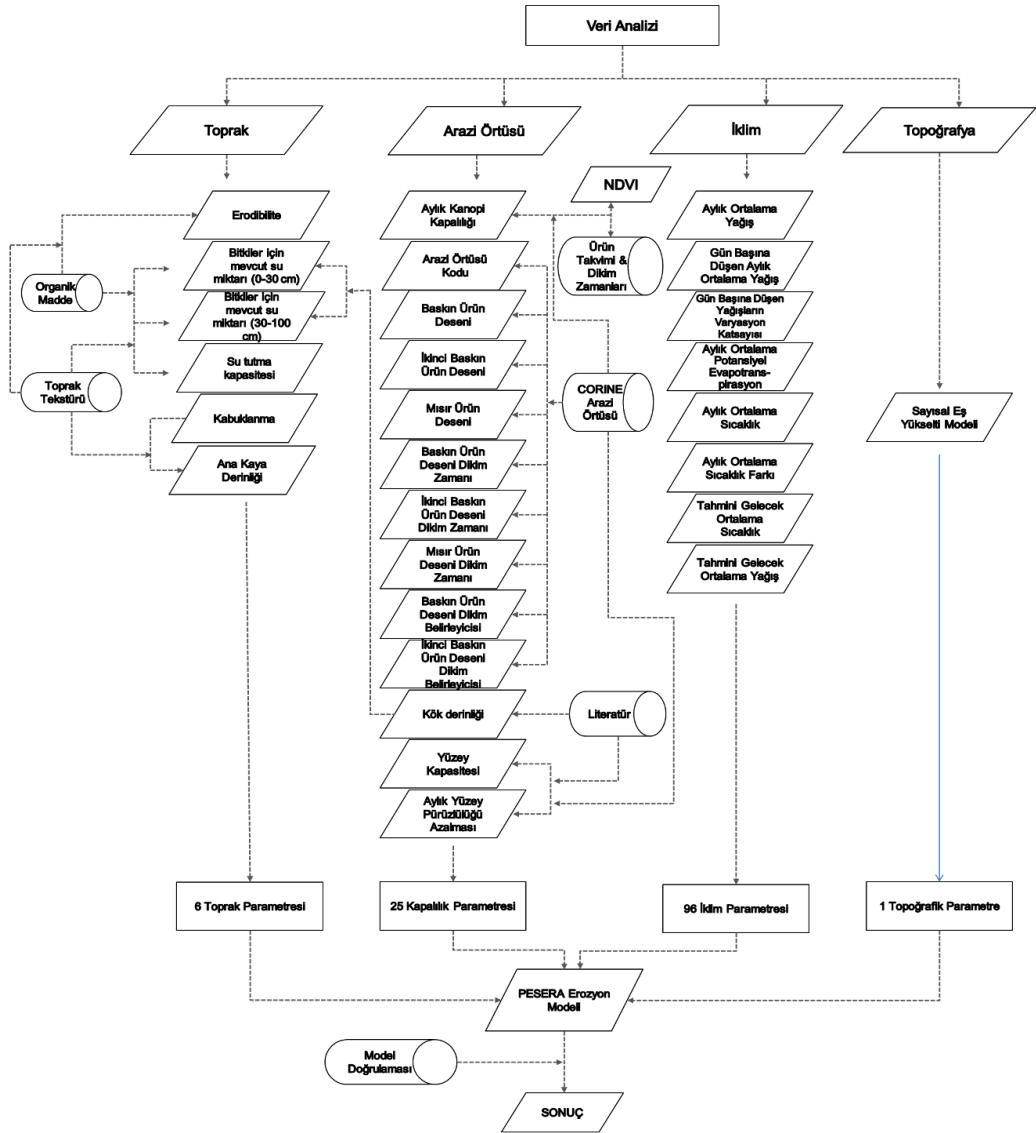
PESERA modelini uygulamak için; 128 adet grid formatında harita tamamlanmıştır. Bu verilerin önemli bir bölümü toprak ve iklim verilerine dayanmaktadır. Bu haritalardan 96 adet aylık iklim ve 25 adet arazi örtüsü verisi gibi çok sayıda katman kullanılmıştır. Diğerleri ise 6 adet toprak özellikleri ve 1 adet topografya ile ilgili katmanlardır (Şekil 5).

Erozyon modellemeleri sonucunda ülke yüzeyinden bir yılda kaybedilen toprak miktarı yaklaşık 285 milyon ton olduğu tahmin edilmiştir. Sadece tarım alanlarından kaybedilen verimli toprak miktarı ise yaklaşık 55 milyon ton/yıldır. Buda erozyonun %30'unun tarım alanlarında olduğu açıkça göstermektedir. Geriye kalan %68'lik kısmı çalılık ve bozulmuş orman alanlarında, %2'lik kısmı ise ormanlar ve yerleşim alanlarında olduğu tespit edilmiştir. Ortalama erozyon bakımından havzaların geneline baktığımızda 19 havzanın Türkiye genel ortalamasının altında olduğu, 6 havzanın ise ortalamanın üzerinde olduğu görülmüştür. Ortalamanın üzerinde bulunan Dicle, Doğu Akdeniz, Asi, Antalya, Ceyhan ve Seyhan havzaları olduğu görülmektedir (Tablo 2).

Erozyon miktarı en yüksek çalılık alanlarda, bozulmuş doğal alanlarda ve zeytinliklerde olduğu görülmüştür. Aylık erozyon miktarı sonuçlarına göre yağışların başladığı Eylül ayından itibaren erozyon miktarının Kasım ayına kadar arttığı gözlemlenmiştir. Kış aylarına gelindiğinde ise yağışın kara dönüşmesi ve yüzey akışının azalması erozyon miktarını azaltmaktadır. Nisan ayında ise karların

erimesiyle birlikte su rezervlerinin dolması ile yüzey akışına dönüşen eriyen kar sularında artış gözlenmektedir.

Şekil 5: Erozyonu kontrol eden temel faktörlerin akış diyagramı



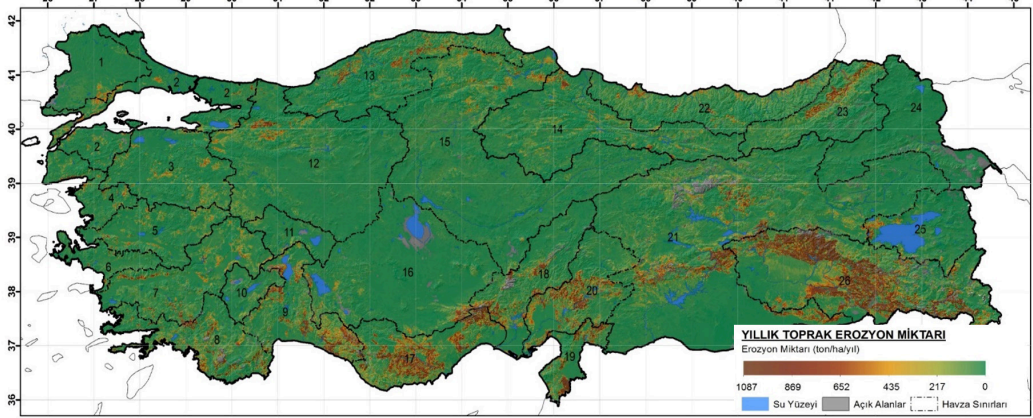
Tablo 2: Model sonucu Türkiye Havzalarındaki erozyon miktarları

Havza Adı	Toplam Alanı (Ha)	Yıllık Erozyon Miktarı				Standart Sapma	Toplam Erozyon Miktarı (%)
		(ton/ha/yıl)			(ton/yıl)		
		Min.	Mak.	Ort.	Toplam		
(01) Meriç Ergene Havzası	1446560	0	65,76	1,24	1671587,5	2,82	0,59
(02) Marmara Havzası	1686190	0	117,82	1,85	3976831,25	5,01	1,39
(03) Susurluk Havzası	2429150	0	109,29	1,74	4150856,25	4,46	1,45
(04) Kuzey Ege Havzası	988287	0	133,13	2,38	2306900	6,44	0,81
(05) Gediz Havzası	1715540	0	132,88	2,08	3512218,75	5,21	1,23
(06) Küçük Menderes Havzası	697435	0	147,80	1,72	1164087,5	4,58	0,41
(07) Büyük Menderes Havzası	2602000	0	265,80	3,04	7785237,5	8,05	2,73
(08) Batı Akdeniz Havzası	2100680	0	540,28	5,27	10371043,75	16,38	3,63
(09) Antalya Havzası	1953360	0	702,92	7,94	14281818,75	23,70	5,00
(10) Burdur Göller Havzası	647022	0	86,04	1,85	1083312,5	3,23	0,38
(11) Akarçay Havzası	799542	0	61,13	1,36	1022643,75	2,47	0,36
(12) Sakarya Havzası	5892650	0	331,54	1,58	9223881,25	4,27	3,23
(13) Batı Karadeniz Havzası	2887070	0	256,25	2,61	7422168,75	9,09	2,60

Havza Adı	Toplam Alanı (Ha)	Yıllık Erozyon Miktarı				Standart Sapma	Toplam Erozyon Miktarı (%)
		(ton/ha/yıl)			(ton/yıl)		
		Min.	Mak.	Ort.	Toplam		
(14) Yeşilirmak Havzası	3861560	0	111,26	2,17	8184812,5	5,28	2,87
(15) Kızılırmak Havzası	8223410	0	172,29	1,63	12996750	3,98	4,55
(16) Konya Kapalı Havzası	5437010	0	232,32	1,31	6476343,75	3,74	2,27
(17) Doğu Akdeniz Havzası	2235730	0	447,76	11,10	24071625	24,22	8,43
(18) Seyhan Havzası	2168070	0	313,90	3,93	7963843,75	12,32	2,79
(19) Asi Havzası	783898	0	316,20	8,84	6718737,5	22,93	2,35
(20) Ceyhan Havzası	2147080	0	549,62	6,88	14331275	18,85	5,02
(21) Fırat Havzası	12182200	0	443,97	2,92	32867312,5	9,24	11,51
(22) Doğu Karadeniz Havzası	2382610	0	524,58	3,07	7148293,75	7,10	2,50
(23) Çoruh Havzası	2023900	0	402,28	3,72	7131250	11,79	2,50
(24) Aras Havzası	2792860	0	63,82	0,57	1453393,75	0,86	0,51
(25) Van Gölü Havzası	1797260	0	492,69	2,03	2702225	7,45	0,95
(26) Dicle Havzası	5423800	0	1086,57	17,60	85413562,5	43,30	29,92
Türkiye Genel	77304874	0	1086,57	3,88	285432012,5	15,08	100

Ortalama erozyon miktarına baktığımızda Dicle Havzasından sonra Asi Havzası ve Antalya Havzası gelmektedir. Yıllık erozyon miktarının en az olduğu Aras havzasında ise ortalama erozyon 0,57 ton/ha/yıl ve toplam erozyon 1 453 394 ton/yıl olduğu hesaplanmıştır (Şekil 6).

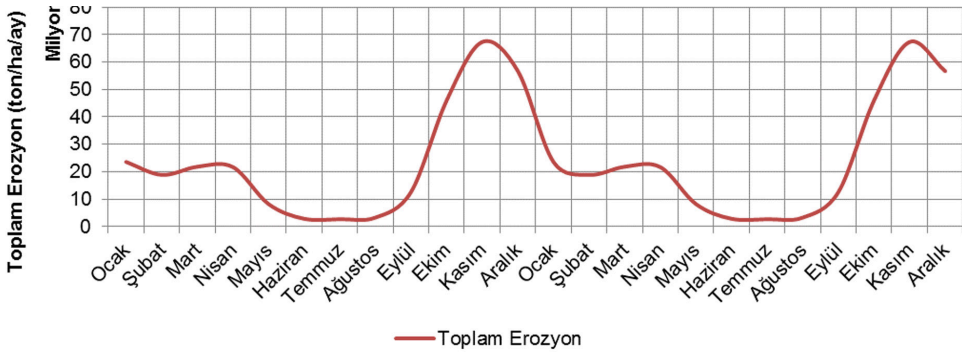
Şekil 6: Yıllık Toprak Erozyon Miktarı



Kaynak: Berberoğlu, 2014.

Yaz aylarında ise sıcaklığın artıp, yağışların azalmasından dolayı oluşan erozyon miktarı en düşük seviyelere gerilemektedir (Şekil 7).

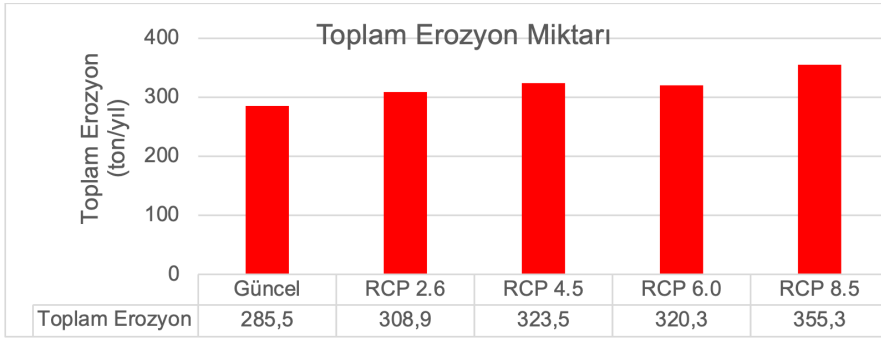
Şekil 7: Aylık toplam erozyonun döngüsü



Kaynak: Berberoğlu (2014)

5. IPCC Değerlendirme raporuna göre belirlenen 4 farklı RCP senaryolarına (Rcp 2.6, Rcp 4.5, Rcp 6.0 Ve Rcp 8.5) göre Hadley merkezi tarafından oluşturulan (HadGEM2-AO) 2060-2080 yılları arasına ait ortalama sıcaklık ve yağış verileri kullanılmıştır. Alınan bu veriler ön hazırlık işlemi yapıldıktan sonra PESERA erozyon modeli uygulanarak sonuçlar üretilmiştir. İklim değişikliği ile Türkiye'deki erozyon miktarının artacağı model sonuçlarına göre açıkça görülmektedir. Ortalama erozyon miktarı günümüzde 3.88 ton/ha/yıl iken, 2070 yılında RCP 2.6 senaryosuna göre 4.2 ton/ha/yıl olacağı, RCP 4.5 senaryosuna göre 4.41 ton/ha/yıl, RCP 6.0 senaryosuna göre 4.36 ve RCP 8.5 senaryosuna göre de 4.84 ton/ha/yıl olacağı öngörülmektedir. Ortalama erozyon miktarı artarken, ülkemizde toplam erozyon miktarının iklim değişikliği çerçevesinde artacağı açıkça görülmektedir (Şekil 8).

Şekil 8: Güncel ve Gelecek toplam erozyon miktarı değişimi



Kaynak: Berberoğlu, 2014.



4. ORMAN YANGIN RİSK MODELİ

Ege, Akdeniz, Batı Marmara ve kuzey İç Anadolu Bölgelerini kapsayan orman yangını risk analizi kapsamında ihtiyaç duyulan materyal yoğun olarak alanın doğal ve insan etkisi ile biçimlenmiş girdi verileridir. Orman yangınları açısından risk taşıyan alanlar, orman varlığı açısından zengin ancak iklimsel faktörler açısından yangını tetikleyecek özellikler içermektedir. Bu bağlamda orman varlığı açısından en zengin ve verimli ormanlara sahip Karadeniz Bölgesi bu nedenle bu analize dâhil edilmemiştir. Yangın oluşumuna etki edecek kuraklık, düşük nem, yağmurdan sonra geçen gün sayısının fazlalığı, maksimum sıcaklık ve solar radyasyon gibi iklimsel faktörler yangın oluşumunu etkileyen en büyük etkenlerdir.

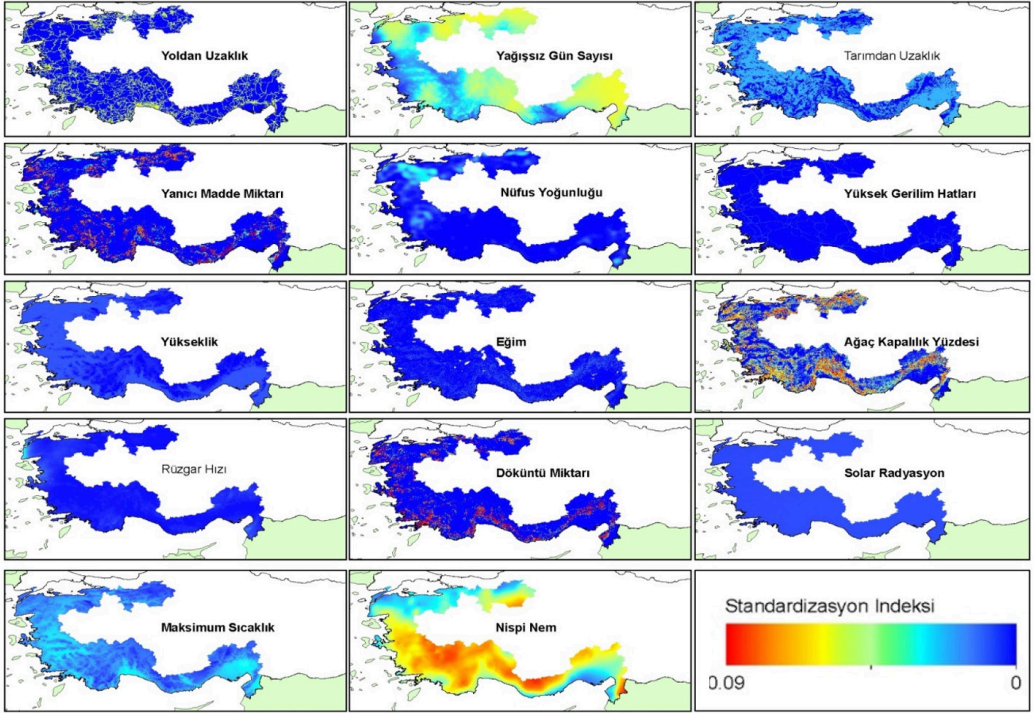
4.1. Orman Yangın Risk Faktörleri

Yükseklik, iklim [Solar radyasyon, rüzgâr hızı, nispi nem, maksimum sıcaklık ve yağmurdan sonra geçen gün sayısı (Her iklim değişkenine ilişkin 12 aylık veri üretilmiştir)]. Bu girdilere ek olarak eğim, CORINE arazi örtüsü, meşçere, orman kapalılık, döküntü miktarı, meşçere tipleri yanıcılık, yerleşim yoğunluğu, yol, enerji nakil hatları ve tarım alanlarına uzaklık haritaları üretilerek modele dâhil edilmiştir.

4.2. Orman Yangın Risk Faktörlerinin Standardizasyonu

Yangın riski üzerine etkin faktörlerin tespiti sonrasında farklı formatlarda, değerlerde ve aralıklarda bulunan bu faktör verilerinin aynı etkiyi yaratması için standardizasyonu gerekmektedir. Bu kapsamda çok kriterli analiz yaklaşımı için yaygın olarak kullanılan standardizasyon yöntemlerinden biri olan Fuzzy yöntemi kullanılmıştır. Bu süreçte orman yangını riskini oluşturan 14 farklı girdi verisi standart hale getirilmiştir (Şekil 9).

Şekil 9: Orman Yangını Risk Faktörlerinin Standardizasyonu



4.3. Orman Yangını Risk Faktörlerinin Ağırlıklandırılması

Orman yangını risk faktörlerinin standardizasyonunun ağırlıklandırılması adına anket çalışmasından yararlanılmıştır. Uzman görüşüne dayanan anket sonuçlarından yararlanılarak elde edilen risk faktörlerinin ağırlıkları simos yöntemi ile değerlendirilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3: Orman Yangını Risk Faktörlerinin Risk Katsayıları

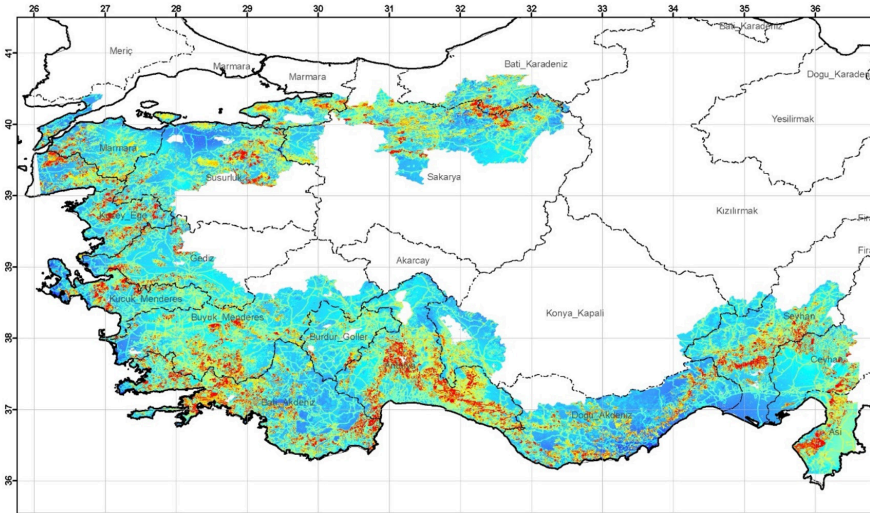
Orman Yangını Risk Faktörleri	Faktör Risk Katsayıları
Yükseklik	0,009
Yüksek Gerilim Hatları	0,009
Eğim	0,021
Tarım Alanlarına Uzaklık	0,021

Orman Yangını Risk Faktörleri	Faktör Risk Katsayıları
Nüfus Yoğunluğu	0,034
Yol Ağlarına Uzaklık	0,059
Yağmurdan Sonra Geçen Gün Sayısı	0,059
Solar Radyasyon	0,071
Nispi Nem	0,097
Ağaç Kapalılık Yüzdesi	0,109
Rüzgar Hızı	0,122
Döküntü Madde Miktarı	0,134
Meşcere Tiplerinin Yanıcılık İndeksi	0,134
Maksimum Sıcaklık	0,122

4.4. Orman Yangın Riskinin Belirlenmesi

Tablo 3'de verilen ağırlıklar temel alınarak, faktörlerin standardize edilmiş görüntüleriyle birlikte çok kriterli analiz işlemi gerçekleştirilmiş ve araştırma alanında orman yangın risk alanları görüntüsü üretilmiştir (Şekil 10). Orman yangını risk haritası oluşturulurken teoride riskin en yüksek olduğu yer için 1, en düşük olduğu yer için 0 değerler alacak şekilde kurgulanmıştır.

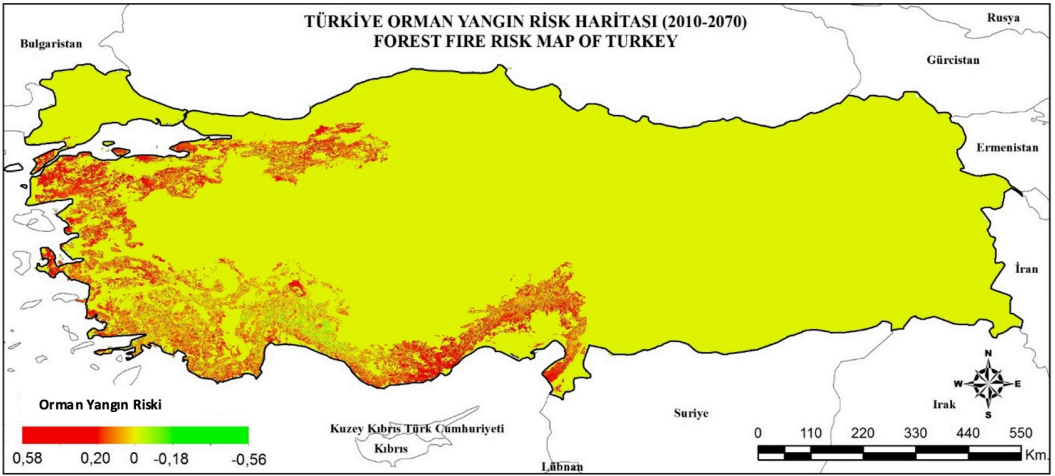
Şekil 10: Türkiye Orman Yangın Risk Haritası



Kaynak: Berberoğlu, 2014.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde en yüksek yangın riskine sahip alanların Antalya, Menderes ve Seyhan havzaları olduğu göze çarpmaktadır. Ayrıca bu çalışmada orman yangın riskinin yalnızca Akdeniz ve Ege kıyılarında olmadığı aynı zamanda İç Anadolu Bölgesinin kuzey kesimin içeren Sakarya ve Batı Karadeniz havzaları kesişiminde bulunan ormanlarında yangın riski taşıdığı ortaya konulmuştur. RCP senaryolarından elde edilen iklim verileri ile gerçekleştirilen geleceğe yönelik risk haritasıyla güncel risk karşılaştırıldığında Orta ve Doğu Akdeniz'de önemli risk artışı olacağı görülmektedir (Şekil 11).

Şekil 11: Güncel ve gelecek orman yangın risk değişim haritası



Kaynak: Berberoğlu, 2014.

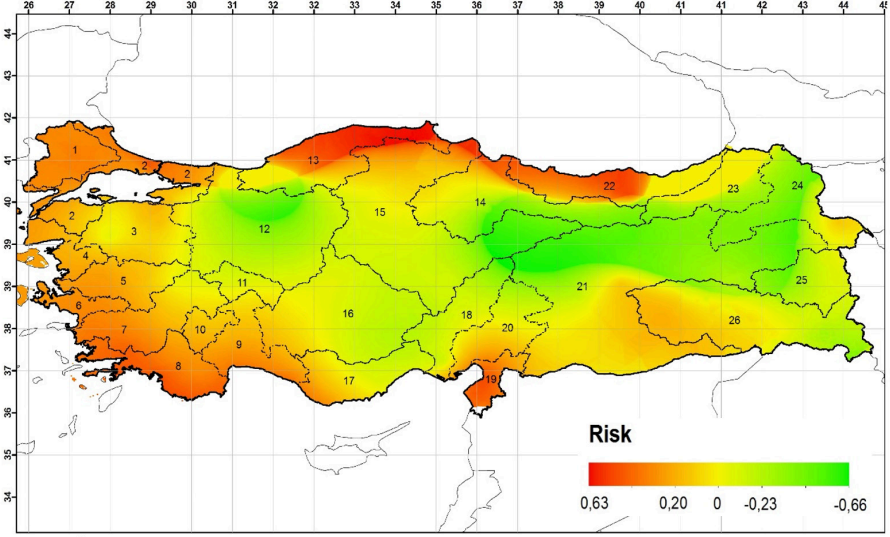
5. KURAKLIK İNDEKSİ

Mevcut duruma (1990'lı yıllara) göre gelecekteki (2070'li yılların) iklim değişikliği verileri, bölgesel bir iklim modelinin (RCM) tahmin sonuçlarından alınmıştır. Japonya'da geliştirilmiş olan Bölgesel İklim Modellerinin temeli, MRI modeline dayanmaktadır. İklim değişiminin potansiyel etkileri, salım senaryoları özel raporunun (SRES) A2 senaryosuna göre tahmin edilmiştir. Yağışın potansiyel evapotranspirasyona oranı olan kuraklık indeksi, günümüz koşulları için ölçülen iklim verileri ve gelecek yıllar için RCM ile kestirilen veriler kullanılarak hesaplanmıştır. Kuraklıktaki değişiklikler, bugünkü ile gelecekteki indeks değerleri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Kuraklık değişkenleri, jeostatistik metodları yardımıyla yersel dağılımı belirlemek amacıyla interpolate edilmiştir.

Türkiye'nin güney bölgelerinde, özellikle Akdeniz'in kıyı kesimlerinde, 2070'li yıllar için tahmin edilen yağış, şimdikinden %29,6 daha az olacaktır. Bunun aksine, Karadeniz kıyısı boyunca yağışta %22'ye ulaşan oranlarda bir artış kestirilmektedir. Model, ülkenin farklı bölgelerinde, 2,8-5,5 °C'lik sıcaklık artışı olabileceğini tahmin etmektedir. Sıcaklıktaki bu artış, atmosferde daha yüksek bir buharlaştırma talebine yol açabilecektir (ortalama olarak Akdeniz kıyı bölgelerinde % 18.4, Karadeniz kıyı şeridinde %22,2 ve tüm ülkede %17,8). Böylece, Kuzey-Doğu bölgesi hariç tüm Türkiye için kuraklıkta bir artış öngörülmektedir (Şekil 12). Gelecekteki bitki örtüsü ile şimdiki durumu karşılaştırdığımızda, kuzeydeki kıyı alanlarında yaprağını döken geniş yapraklı ormanlardan herdem yeşil iğne yapraklı ormanlara dönüş olacağı tahmin edilmektedir. Karışık orman örtüsü, gelecekte ülkemizin Doğu Anadolu'nun iç kısımlarına ve ülkenin kuzey-batı kısmına yayılabilecektir (Önder ve ark., 2009). Türkiye kuraklık indeksleri fuzzy yöntemi ile standardize edilerek kuraklık risk haritaları elde edilmiştir. Standardizasyon işlemlerinde eşik değerler olarak kuraklık indeksinde belirtilen bölgeler kullanılmıştır.

Hiper kurak bölge		$P/ET_0 < 0,9$
Kurak bölge	$0,9 \leq$	$P/ET_0 < 6,0$
Yarı kurak bölge	$6,0 \leq$	$P/ET_0 < 15,0$
Az nemli bölge	$15,0 \leq$	$P/ET_0 < 22,5$
Nemli bölge	$22,5 \leq$	P/ET_0

Şekil 12: Güncel ve gelecek kuraklık risk değişim haritası

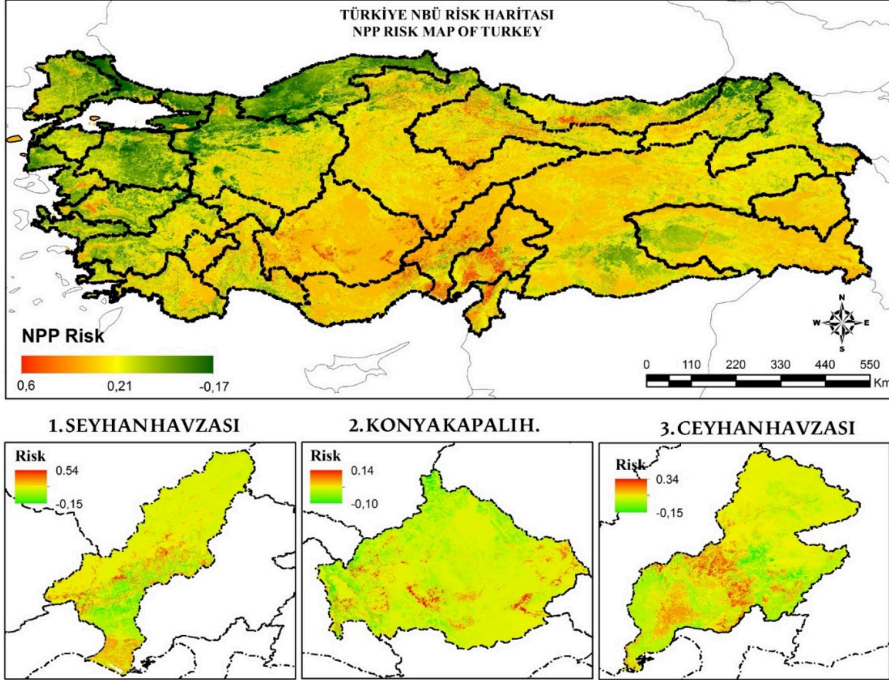


Kaynak: Önder ve ark., 2009.

6. SONUÇ

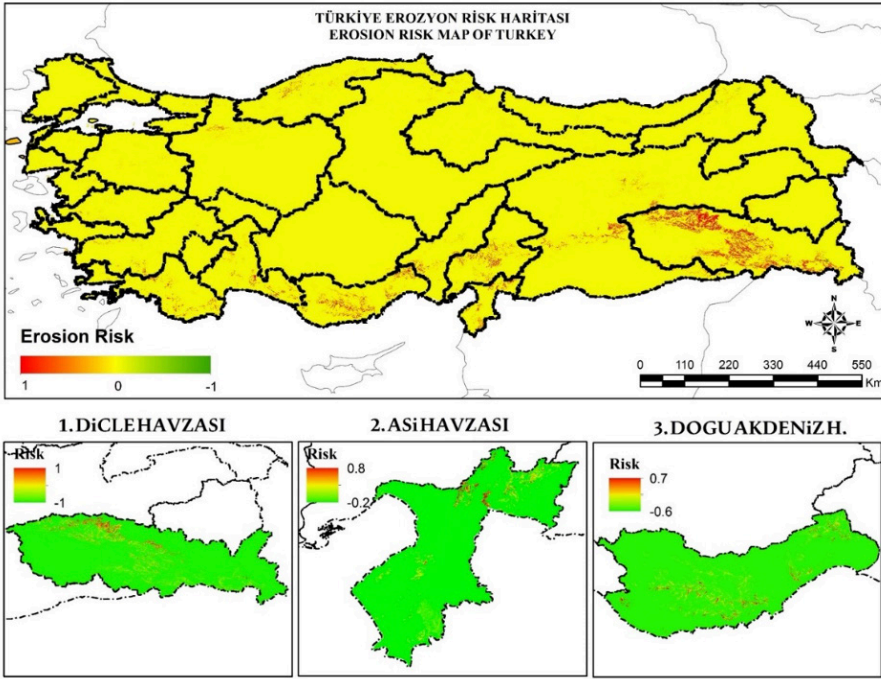
Batı Karadeniz ve Doğu Karadeniz Bölgelerinde Net Birincil Üretim bakımında riskin azalacağı, Doğu Akdeniz bölgesi ve Konya civarında ise gelecekte riskin artacağı tespit edilmiştir. Havzalardaki Toplam NBÜ değerleri incelendiğinde çok düşük bir artış ile Seyhan Havzası en riskli havza, sonra Asi havzası, Ceyhan havzası ve Doğu Akdeniz havzaları gelmektedir (Şekil 13). NBÜ artışı en yüksek havzalar Fırat, Sakarya ve Batı Karadeniz havzaları olduğu görülmektedir. Havzalardaki toplam NBÜ % artış değerleri bakımından %14,70 ile en yüksek Sakarya havzasında artışın olacağı, sonra Marmara ve Büyük Menderes Havzasının geldiği görülmektedir (Tablo 4).

Şekil 13: NBÜ için riskli üç havza



Erozyon bakımından gelecekte toplam erozyon miktarı en fazla Dicle Havzasında, Fırat Havzasında ve Sakarya Havzasında olacağı öngörülmektedir (Şekil 14). Doğu Karadeniz ve Çoruh havzasında ise İklim değişikliği RCP 4.5 senaryosuna göre erozyon miktarının azalacağı tahmin edilmektedir. Ülke genelinde RCP 4.5 senaryosuna göre yaklaşık 38 milyon ton erozyon miktarının artacağı öngörülmektedir. Her bir havzadaki güncel ve gelecek erozyon miktarları ve artış-azalış değerleri Tablo 5’de verilmektedir.

Şekil 14: Erozyon miktarı için riskli üç havza



Tablo 4: Havzalardaki Net Birincil Üretim Değişimi

Havzalar	Güncel Net Birincil Üretim		Standart Sapma	Toplam Yüzdesi (%)	Gelecek Net Birincil Üretim		Standart Sapma	Toplam Yüzdesi (%)	Yıllık Net Birincil Üretim Farkı		Standart Sapma	Yüzde NBÜ Fark Değişimi (%)
	(g C m ⁻² yr ⁻¹)	(Petagram)			(g C m ⁻² yr ⁻¹)	(Petagram)			(g C m ⁻² yr ⁻¹)	(Petagram)		
	Ort	Toplam			Ort	Toplam			Ort	Toplam		
(01) Meriç Ergene Havzası	1191,73	0,023	341,03	2,17	1327,56	0,025	379,05	2,24	379,05	0,003	78,18	11,58
(02) Marmara Havzası	1648,16	0,050	582,47	4,75	1818,59	0,055	646,64	4,85	646,64	0,005	87,37	10,88
(03) Susurluk Havzası	1532,49	0,048	553,03	4,58	1699,94	0,053	604,57	4,70	604,57	0,005	86,48	11,01
(04) Kuzey Ege Havzası	1422,91	0,018	554,10	1,72	1554,73	0,020	577,97	1,74	577,97	0,002	72,75	9,56
(05) Gediz Havzası	1088,02	0,024	480,97	2,26	1230,23	0,027	502,18	2,37	502,18	0,003	83,42	13,08
(06) Küçük Menderes Havzası	1499,47	0,013	598,53	1,25	1629,55	0,014	625,23	1,26	625,23	0,001	61,80	9,18
(07) Büyük Menderes Havzası	1069,08	0,035	503,12	3,34	1185,03	0,039	520,44	3,43	520,44	0,004	69,55	10,87
(08) Batı Akdeniz Havzası	1176,29	0,031	619,43	2,92	1237,08	0,032	633,15	2,84	633,15	0,002	61,17	5,93
(09) Antalya Havzası	1146,63	0,028	645,37	2,67	1207,77	0,030	654,99	2,60	654,99	0,002	70,02	5,43
(10) Burdur Göller Havzası	718,13	0,006	340,34	0,56	777,61	0,006	355,12	0,56	355,12	0,000	63,60	8,28
(11) Akarçay Havzası	855,61	0,009	435,89	0,83	944,21	0,010	449,05	0,85	449,05	0,001	52,98	10,35
(12) Sakarya Havzası	960,33	0,073	588,99	6,98	1101,37	0,084	644,51	7,41	644,51	0,011	83,16	14,70
(13) Batı Karadeniz Havzası	2003,81	0,077	406,57	7,29	2224,59	0,085	489,37	7,49	489,37	0,009	102,00	11,17
(14) Yeşilirmak Havzası	1307,39	0,066	512,25	6,28	1358,21	0,069	517,86	6,03	517,86	0,003	67,93	3,91
(15) Kızılırmak Havzası	942,41	0,101	541,89	9,58	1005,27	0,107	564,62	9,45	564,62	0,007	67,83	6,70
(16) Konya Kapalı Havzası	626,81	0,043	367,00	4,10	650,35	0,045	359,98	3,94	359,98	0,002	52,79	3,76
(17) Doğu Akdeniz Havzası	908,05	0,025	562,17	2,40	931,56	0,026	564,91	2,28	564,91	0,001	56,62	2,72
(18) Seyhan Havzası	920,74	0,025	481,28	2,39	924,76	0,025	474,70	2,23	474,70	0,000	72,32	0,47
(19) Asil Havzası	1243,57	0,012	748,11	1,15	1281,04	0,012	705,38	1,09	705,38	0,000	90,51	3,43
(20) Ceyhan Havzası	1089,20	0,029	645,87	2,80	1110,72	0,030	618,62	2,64	618,62	0,001	84,12	2,00
(21) Fırat Havzası	727,22	0,113	334,93	10,74	802,04	0,124	345,17	10,96	345,17	0,012	58,14	10,31
(22) Doğu Karadeniz Havzası	1983,33	0,062	500,48	5,91	2072,46	0,065	569,57	5,72	569,57	0,003	100,98	4,91
(23) Çoruh Havzası	1270,20	0,034	518,52	3,21	1377,29	0,037	601,50	3,22	601,50	0,003	103,01	8,48
(24) Aras Havzası	1114,46	0,041	392,67	3,86	1199,42	0,044	425,95	3,85	425,95	0,003	44,97	7,82
(25) Van Gölü Havzası	653,96	0,015	335,49	1,43	700,14	0,016	354,80	1,41	354,80	0,001	38,68	7,18
(26) Dicle Havzası	739,13	0,051	270,49	4,81	805,70	0,055	281,32	4,86	281,32	0,005	62,64	9,13
Türkiye Genel	1048	1,051	603,57	100	1134	1,136	643,48	100	1048	0,086	603,57	8,23

Kaynak: Berberoğlu, 2014

Tablo 5: Havzalardaki erozyon miktarının değişimi

Havzalar	Toplam Alan (ha)	Güncel Yıllık Erozyon		Standart Sapma	Toplam Yüzdeleri (%)	Gelecek Yıllık Erozyon (RCP 4.5)		Standart Sapma	Toplam Yüzdeleri (%)	Yıllık Erozyon Farkı (Gelecek-Güncel)		Standart Sapma	Yüzde Fark Değişimi (%)
		(ton/ha/yıl)	(ton/yıl)			(ton/ha/yıl)	(ton/yıl)			(ton/ha/yıl)	(ton/yıl)		
		Ort	Toplam			Ort	Toplam			Ort	Toplam		
(01) Meriç Ergene Havzası	1446560	1,25	1680393	2,83	0,59	1,62	2174390	4,05	0,67	0,37	493997	1,30	29,40
(02) Marmara Havzası	1686190	1,84	3977269	5,01	1,39	2,26	4842766	6,37	1,50	0,42	865497	1,74	21,76
(03) Susurluk Havzası	2429150	1,75	4149691	4,46	1,45	2,17	5150123	5,83	1,59	0,42	1000432	1,72	24,11
(04) Kuzey Ege Havzası	988287	2,39	2307754	6,45	0,81	2,68	2579235	7,35	0,80	0,31	271481	1,23	11,76
(05) Gediz Havzası	1715540	2,08	3510656	5,21	1,23	2,50	4223397	6,50	1,31	0,42	712741	1,78	20,30
(06) Küçük Menderes Havzası	697435	1,72	1162554	4,58	0,41	1,93	1299844	5,35	0,40	0,22	137290	0,88	11,81
(07) Büyük Menderes Havzası	2602000	3,04	7781877	8,05	2,73	3,39	8670585	9,05	2,68	0,35	888709	2,41	11,42
(08) Batı Akdeniz Havzası	2100680	5,28	10371128	16,38	3,63	5,98	11658013	18,61	3,60	0,70	1286885	4,39	12,41
(09) Antalya Havzası	1953360	7,94	14281298	23,70	5,00	7,97	14301704	22,93	4,42	0,03	20406	5,07	0,14
(10) Burdur Göller Havzası	647022	1,86	1084645	3,24	0,38	2,25	1317224	4,19	0,41	0,40	232579	1,31	21,44
(11) Akarçay Havzası	799542	1,36	1022955	2,47	0,36	1,63	1224376	3,07	0,38	0,27	201421	0,91	19,69
(12) Sakarya Havzası	5892650	1,58	9229103	4,27	3,23	1,96	11391187	5,31	3,52	0,37	2162084	1,33	23,43
(13) Batı Karadeniz Havzası	2887070	2,61	7429461	9,09	2,60	2,75	7832629	9,96	2,42	0,14	403168	4,04	5,43
(14) Yeşilirmak Havzası	3861560	2,17	8185246	5,29	2,87	2,35	8852063	4,81	2,74	0,18	666817	2,44	8,15
(15) Kızılırmak Havzası	8223410	1,63	12999138	3,98	4,55	1,86	14832626	4,28	4,59	0,23	1833488	1,53	14,10
(16) Konya Kapalı Havzası	5437010	1,31	6481597	3,74	2,27	1,46	7252429	3,70	2,24	0,16	770832	1,77	11,89
(17) Doğu Akdeniz Havzası	2235730	11,10	24081919	24,21	8,44	11,81	25539717	26,13	7,90	0,69	1457798	7,31	6,05
(18) Seyhan Havzası	2168070	3,93	7975201	12,34	2,79	4,11	8335723	12,45	2,58	0,18	360523	6,48	4,52
(19) Asi Havzası	783898	8,84	6716191	22,93	2,35	9,61	7238074	27,40	2,24	0,74	521884	7,19	7,77
(20) Ceyhan Havzası	2147080	6,88	14330509	18,86	5,02	8,07	16800904	24,88	5,19	1,19	2470395	10,47	17,24
(21) Fırat Havzası	12182200	2,92	32868784	9,23	11,51	3,54	39793938	10,84	12,30	0,62	6925154	3,79	21,07
(22) Doğu Karadeniz Havzası	2382610	3,08	7149896	7,10	2,50	1,75	4051295	4,17	1,25	-1,33	-3098601	5,92	-43,34
(23) Çoruh Havzası	2023900	3,72	7133061	11,79	2,50	2,86	5484484	6,93	1,70	-0,86	-1648576	9,22	-23,11
(24) Aras Havzası	2792860	0,57	1454000	0,86	0,51	0,63	1588620	0,93	0,49	0,05	134619	0,48	9,26
(25) Van Gölü Havzası	1797260	2,03	2697829	7,43	0,95	2,07	2745264	6,79	0,85	0,04	47436	4,64	1,76
(26) Dicle Havzası	5423800	17,60	85402421	42,30	29,92	21,53	104283897	50,34	32,24	3,92	18881476	19,90	22,11
Türkiye Genel	77304874	3,88	285.464.573	15,07	100	4,41	323.464.508	17,41	108	0,52	3799935,7	6,53	13,31

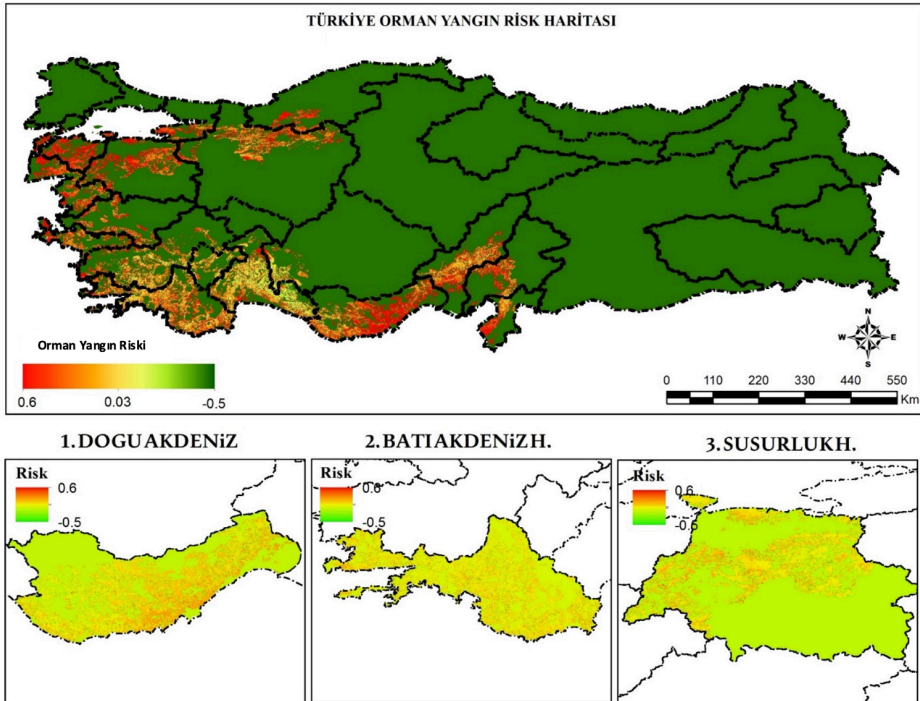
Kaynak: Berberoğlu, 2014.

Güncel orman yangın riskinin yanı sıra gelecek orman yangın riskinin elde edilmesi adına RCP 4.5 senaryosundan yararlanılmıştır. Güncel orman yangın riski haritasında en riskli havzalar Orta Akdeniz, Batı Akdeniz, Büyük Menderes, Seyhan havzaları ve buna ek olarak Sakarya havzası ile Batı Karadeniz havzası arasında kalan bölgede gözlenmektedir. Yangın riski yüksek çıkan alanlarda solar radyasyon düzeyinin yüksek olduğu gözlenmektedir. Solar radyasyon en yüksek Seyhan, Ceyhan, Doğu Akdeniz, buna ek olarak Bolu ve Sakarya'nın içerisinde bulunduğu Batı Karadeniz havzasının bir bölümü bulunmaktadır. Alanda solar radyasyona ek olarak orman yangının yüksek çıktığı kesimlerde maksimum sıcaklık oranının yüksek olması dikkat çekici bir unsurdur. Ayrıca bu bölgelerde yağıştan sonraki gün sayısının geçme oranı Ege ve Akdeniz kıyılarına oranla yüksek olarak elde edilmiştir. Bu süre arttıkça yangın çıkma olasılığı da artmaktadır.

Gelecek orman yangın riskinin belirlenmesi aşamasında 10 indikatör sabit tutulurken, nispi nem, yağış, maksimum sıcaklık ve solar radyasyon verileri RCP 4.5 senaryosuna göre güncellenmiştir. Gelecekte en yüksek orman yangın riski Akdeniz kıyılarından batı kıyı kesimlerine doğru bir risk eğilimi göstermektedir. Solar radyasyonun çalışma alanı sınırı içerisindeki ortalama değeri günümüzde 452,743 J/kg iken gelecekte bu ortalamanın 438,380 J/kg'a düşeceği hesaplanmıştır. Nispi nem açısından Seyhan ve Ceyhan havzaları negatif yönde bir eğilim sergilemektedir.

Çalışma alanındaki güncel ve RCP 4.5 nispi nem verileri karşılaştırıldığında genel olarak %7,66'lık bir artışın gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. Nitekim özellikle Marmara ve Batı Karadeniz havzalarında nem artışı dikkat çekicidir. Ancak nispi nemin düşmesi öngörülen Seyhan, Ceyhan ve Hatay havzalarında güncel göre gelecekte daha yüksek orman yangın riski barındıracağı tahmin edilmektedir (Şekil 15).

Şekil 15: Orman Yangın riski bakımından riskli üç havza



KAYNAKÇA

- ▶ Berberoğlu, S., Evrendilek, F., Ozkan, C., and Dönmez, C. 2007. Modeling Forest Productivity Using Envisat MERIS Data. *Sensors*, 7: 2115-2127.
- ▶ Berberoğlu, S. 2014. Climate Change and Environmental Risk Analysis of Turkey. Funded by Intensified Cooperation (IntenC): Promotion of German (BMBF)- Scientific and Technical Research Council of Turkey (TÜBİTAK).
- ▶ Irvine B., and Kosmas, C. 2007. Deliverable 15: PESERA Users Manual. Geography Department Leeds University. 133 s.
- ▶ Kirkby, M.J. 1998. Modelling across scales: the Medalus family of models. In: Modelling soil erosion by water, eds J Boardman & D Favis-Mortlock. NATO ASI Series 155 pp 61–173.
- ▶ Kirkby, M.J. 1999. “Regional desertification indicators (RDIs). In: The Medalus Project, Mediterranean desertification and land-use manual on key Indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification”, eds C Kosmas M Kirkby ve N Geeson, European Commission EUR 18882 Luxembourg pp 48–65.
- ▶ Kirkby, M.J. 2003. “Modelling erosion – the PESERA Project”, The first SCAPE (Soil Conservation and Protection for Europe) workshop in Alicante (ES), 14-16 June 2003, Amsterdam The Netherlands.
- ▶ Önder, D., Aydın, M., Berberoğlu, S., Önder, S., and Yano, T. 2009. The use of aridity index to assess implications of climatic change for land cover in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* , 33:305-314.
- ▶ Potter, C.S., Davidson, E., Nepstad, D., Carvalho, C.R. 2001. “Ecosystem Modeling and dynamic Effects of Deforestation on Trace Gas Fluxes in Amazon Tropical Forests”, *Forest Ecology and Management*, Vol.152, pp.97-117.
- ▶ Potter, C.S., ve ark. 1998. “Regional Application of an Ecosystem Production Model for Studies of Biogeochemistry in Brezilian Amazonia”, *Glob. Change Biol.*, Vol.4, pp.315-334.
- ▶ Prince, S., Tucker, C. 1986. “Satellite Remote Sensing of Rangelands in Botswana II. NOAA AVHRR and Herbaceous Vegetation”, *International*

Journal of Remote Sensing, Vol.7, pp.1555-1570.

- ▶ Quinton JN, Morgan RPC. 1998. EUROSEM: An evaluation with single event data from the C5 Watershed, Oklahoma, USA. In Modelling Soil Erosion, Proceedings of the European Workshop, September 1995, Oxford, UK. Boardman J, Favis-Mortlock D (eds). NATO ASI Series 1(55). Springer-Verlag: Berlin; 65–74.
- ▶ Prince, S.D., 1991. A Model of Regional Primary Production for Use With Coarse Resolution Satellite Data. International Journal of Remote Sensing, Vol.12, pp.1313-1330.
- ▶ Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., Porter, J.P., 1991. RUSLE: revised universal soil loss equation. J. Soil Water Conserv. 46 (1) 30–33.
- ▶ Ruimy, A., Saugier, B., Dedieu, G., 1999a. Methodology for the Estimation of Terrestrial Net Primary Production from Remotely Sensed Data. Journal of Geophysics Research, Vol.99(D3), pp.5263-5383.
- ▶ Ruimy, A., Kergoat, A., Bondeau, A., 1999b. Comparing Global Models of Terrestrial Net Primary Productivity (NPP): Analysis of Differences in Light Absorbption and Light-Use Efficiency. Global Change Biology, Vol.5(Suppl.1), pp.56-64.
- ▶ Running, S. W., Nemani,, R. R., Peterson, D. L., 1989. Mapping Regional Forest Evapotranspiration and Photosynthesis by Coupling Satellite Data with Ecosystem Simulation. Ecology, Vol.70, pp.1090-1101.
- ▶ Sun, R., Zhu, Q., 2001. Estimation of Net Primary Productivity in China Using NOAA-AVHRR Data. IEEE.
- ▶ Taskinsu-Meydan, S., Evrendilek, F., Berberoğlu, S. and Donmez, C. 2010. Modeling aboveground litterfall in eastern Mediterranean conifer forests using fractional tree cover, and remotely sensed and ground data. Applied Vegetation Science, 13: 485-497.
- ▶ Zhu, Z., Evans, D.L. 1994. “US Forest Types and Predicted Percent Forest Cover from AVHRR Data”, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol.60, No.5, pp.525-5.

İKLİM MODELLEMESİ, İKLİM TAHMİNLERİ, UYGULAMA TEKNOLOJİLERİ

Prof. Dr. Süha Berberoğlu



1. GİRİŞ

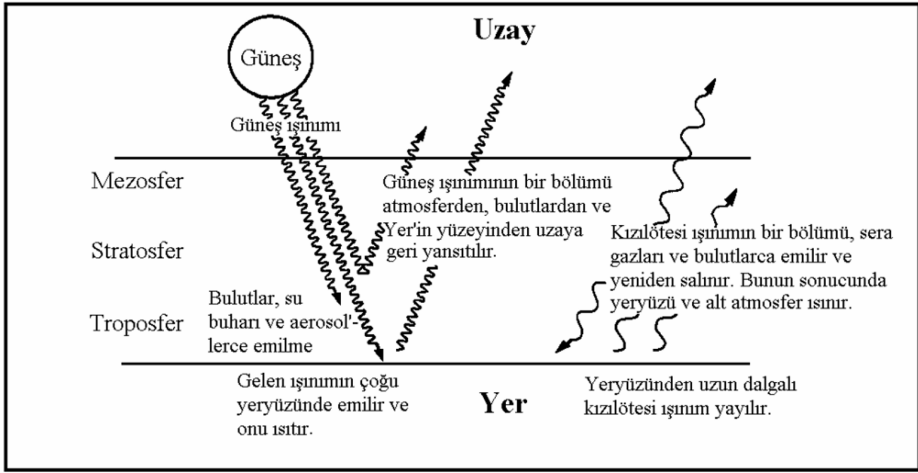
İklim sistemi, atmosfer, kara yüzeyleri, kar ve buz, okyanuslar ve diğer su kütleleri ile canlıları kapsayan karmaşık ve etkileşimli bir sistemdir. Bu sistem, zaman içinde kendi iç dinamiklerinin etkisi altında veya dış etmenlerdeki değişikliklere bağlı olarak yavaş yavaş değişim gösterir. Dış zorlamalar, volkanik patlamalar ve güneşle ilgili değişkenlikler gibi doğal olaylar ile atmosferin bileşimindeki insan kaynaklı değişiklikleri içerir. Güneş radyasyonu, iklim sisteminin güç kaynağıdır. Yerkürenin radyasyon dengesini etkileyen, dolayısıyla iklimi değiştiren üç temel süreç bulunmaktadır:

- ▶ Gelen güneş radyasyonundaki değişiklikler (Güneşin kendisindeki ya da Yerkürenin yörüngesindeki değişikliklere bağlı olarak)
- ▶ Güneş radyasyonunun yansıtılan kısmındaki değişiklikler (bu kısım albedo olarak adlandırılmaktadır ve bulut örtüsü, aerosoller denilen küçük parçacıklar ya da arazi örtüsündeki değişikliklere bağlı olarak değişebilmektedir)
- ▶ Yerküreden uzaya geri gönderilen uzun dalgalı radyasyondaki değişiklikler (sera gazı salımlarının atmosferdeki birikimlerine bağlı olarak). Bunların yanı sıra, rüzgârlar ve okyanus akıntılarının, Yerküre yüzeyi üzerindeki ısı dağılımında oynadıkları rol nedeniyle, iklim üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır (Anonim, 2019).

İnsan etkinliklerinden kaynaklanan sera gazı salımlarındaki hızlı artışa bağlı olarak küresel ortalama yüzey sıcaklıklarının arttığı ve iklimin değiştiği pek çok bilimsel çevre tarafından kabul edilen bir gerçektir. Bulutsuz ve açık bir havada, kısa dalgalı güneş ışınımının önemli bir bölümü atmosferi geçerek yeryüzüne ulaşır ve orada emilir. Ancak, Yerküre'nin sıcak yüzeyinden salınan uzun dalgalı yer ışınımının bir bölümü, uzaya kaçmadan önce atmosferin yukarı seviyelerinde bulunan çok sayıdaki ışınımsal olarak etkin eser gazlar (sera gazları) tarafından emilir ve sonra tekrar salınır. Doğal sera gazlarının en önemlileri, başta en büyük katkıyı sağlayan su buharı (H_2O) olmak üzere, karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), diazotmonoksit (N_2O) ve

troposfer ile stratosferde bulunan ozon (O_3) gazlarıdır. Ortalama koşullarda, uzaya kaçan uzun dalgalı yer ışınımı gelen Güneş ışınımı ile dengede olduğu için, Yerküre/atmosfer birleşik sistemi, sera gazlarının bulunmadığı bir ortamda olabileceğinden daha sıcak olacaktır. Atmosferdeki gazların gelen Güneş ışınımına karşı geçirgen, buna karşılık geri salınan uzun dalgalı yer ışınımına karşı çok daha az geçirgen olması nedeniyle Yerküre'nin beklenenden daha fazla ısınmasını sağlayan ve ısı dengesini düzenleyen bu doğal süreç sera etkisi olarak adlandırılmaktadır (Şekil 1) (Türkeş M., 2001).

Şekil 1: Sera etkisinin şematik gösterimi



Kaynak: WHO, 1996'ya göre Türkeş, 2000



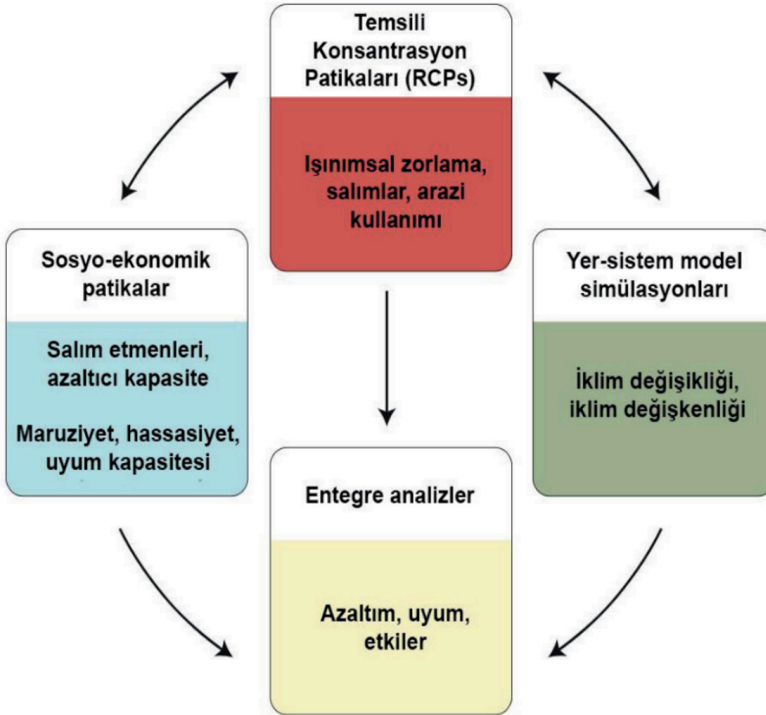
2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

İklim değişikliği, iklimin ortalama durumunda onlarca yıl ya da çok daha uzun süre boyunca gerçekleşen değişiklikler olarak tanımlanmaktadır. Jeolojik devirlerdeki iklim değişiklikleri, özellikle buzul hareketleri ve deniz seviyesindeki değişimler yoluyla yalnızca dünya coğrafyasını değiştirmekle kalmamış, ekolojik sistemlerde de kalıcı değişiklikler meydana gelmesine sebep olmuştur. İklimde meydana gelen değişiklikler insan ve tüm canlıların yaşamını doğrudan etkilemektedir. Gelecekte görülmesi muhtemel iklimin tahmin edilmesinde en önemli çalışma iklimin modellenmesidir (MGM, 2013; Demir, Ö., vd., 2013; Demircan, M. vd., 2014a; Demircan, M. vd., 2014b). Sanayi devrimiyle beraber insan faaliyetleri nedeniyle küresel olarak iklimde meydana gelen değişiklikleri önleyebilmek, azaltabilmek ve iklim değişikliği ile küresel ölçekte çalışmaları koordine etmek amacıyla 1988 yılında Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı tarafından Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kurulmuştur. IPCC günümüzde iklim değişikliği ile ilgili çalışmaları koordine eden en önemli kuruluşlardan biridir. IPCC'nin en önemli çalışma konularından bir tanesi geleceğe yönelik muhtemel alternatif durumların ortaya konması çalışmalarıdır. Senaryo, gelecekteki bazı olayları resmeden hikâyelerdir (Gregory ve Duran, 2001). Senaryo geleceğin tahmini değil, olması muhtemel alternatif durumların tanımlanmasıdır (IPCC, 2000).

İklim değişikliği çalışmaları bünyesindeki senaryo geliştirme sürecinde sera gazları konsantrasyonlarının gelecekteki potansiyel miktarlarını ortaya koyabilmek için emisyon senaryoları oluşturulmuştur. Bu bağlamda, emisyon senaryoları, sera gazları ve aerosoller gibi yer yüzünün radyasyon dengesini bozan maddelerin gelecekte atmosferdeki konsantrasyonlarının tahmin edilmesidir (Moss et al., 2010). Bunun yanında, emisyon senaryoları, iklim değişikliği çalışmalarının en önemli bileşenlerinden birini teşkil etmektedir. Bu senaryolarda, gelecek için sera gazı emisyonları hesaplanırken, değişik demografik gelişme, sosyo-ekonomik gelişme ve teknolojik değişim projeksiyonları kullanılmıştır. Atmosferdeki sera gazı miktarını

temsil etmek için güneş ışınımdaki sera gazları kaynaklı denge değişikliğini baz alan yeni yaklaşımlı senaryolardır (Şekil 2).

Şekil 2: Senaryoların çalışma prensibi

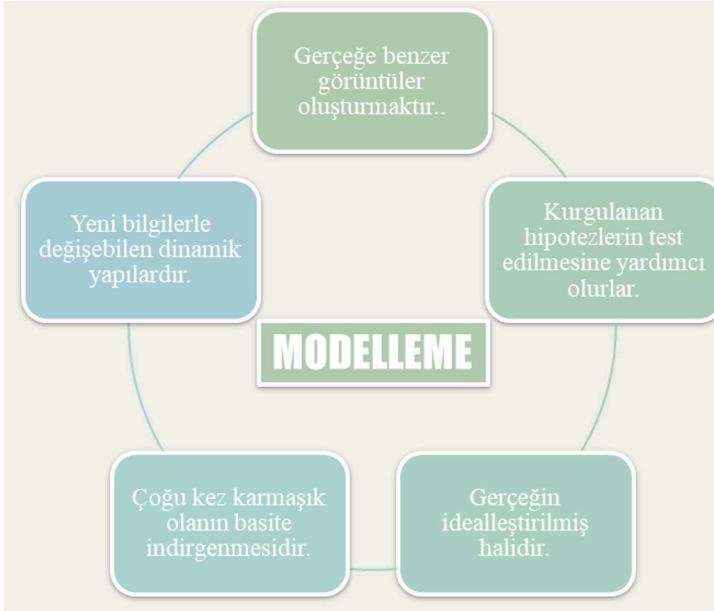


Kaynak: Gündoğan A. C., vd. 2017 tarafından O'Neill ve Schweizer 2011'den uyarlanmıştır

3. MODELLEME KAVRAMI

İnsanlık, bilimsel yöntemin henüz tanımlanmadığı ilk çağlardan bu yana karşılaştığı problemlerle başa çıkma, evreni anlama ve doğaya hâkim olma, daha rahat ve güvenli yaşama isteği doğrultusunda; ya sistemin kendisi üzerinde ya da soyut/somut bir model üzerinde deneyler yapma ihtiyacı hissetmiştir. Bu nedenle zamanla modelleme kavramı gelişmiştir. Modelleme, gerçeğe benzer görüntüler yapmaktır. Modeller kurguladığımız hipotezleri test etmemize yardımcı olurlar. Bu nedenle bilim alanında model kullanımı kaçınılmazdır. Diğer taraftan model, gerçeğin idealleştirilmiş halidir. Çoğu kez karmaşık olanın basite indirgenmesidir (Şekil 3). Modeller yeni bilgilerle değişebilen dinamik yapılardır. 20. yüzyıl içerisinde bilgisayar teknolojisi alanındaki gelişmelerle birlikte modelleme kavramı iklim için de kullanılmaya başlanmıştır (Akçakaya, vd., 2015).

Şekil 3: Modelleme mantığı



Kaynak: Akçakaya A., vd., 2015. Yeni senaryolarla Türkiye iklim projeksiyonları ve iklim değişikliği

+30

+25

+20

+15

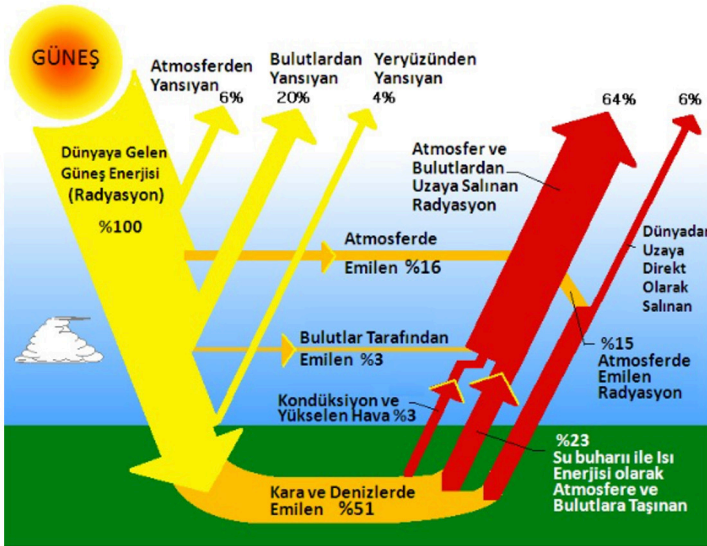
+10

4. İKLİM MODELLEMESİ

İklim bileşenleri (Atmosfer, litosfer, biyosfer, hidrosfer ve kriyosfer) arasındaki ilişkiyi kantitatif (ölçülebilir ve gözlemlenebilir) metotlarla göstermeye çalışan modellerdir. Bütün karmaşıklığına ve uygulamalardaki zorluklara rağmen gelecek iklimin tahmin edilmesinde en önemli araç iklimin modellenmesidir. Bu sayede mevcut durumlar dikkate alınarak ve çeşitli hesaplamalar yapılarak belli bir süre sonraki iklim şartlarının genel çerçevesi çizilmeye çalışılmaktadır. İklim modellerinin temel zorluklarından biri atmosferin kimyasal ve fiziksel yapısındaki gerçek zamanlı değişimlerden çok daha hızlı şekilde çalışması gerekliliğidir (Akçakaya, vd., 2015).

Bütün iklim modelleri temelde; kısa dalga radyasyon vasıtasıyla güneşten gelen enerji ve uzun dalga radyasyonla dünyadan giden enerjiyi hesaba katarak kurgulanırlar. Bu dengedeki herhangi bir değişiklik sıcaklıklarda değişime yol açar. Yaklaşık 20 yıldır uygulanan “iklim modelleme” yöntemi üç farklı ölçüm gerektiriyor; Sera gazı salım miktarlarının ölçümü, okyanus yüzeyi sıcaklık ölçümü ve toprak yüzeyi sıcaklık ölçümü (Şekil 4) (Çelik, 2011).

Şekil 4: İklim modellemesinin bileşenleri



Kaynak: Küresel İklim Modellemesi, MGM 2015

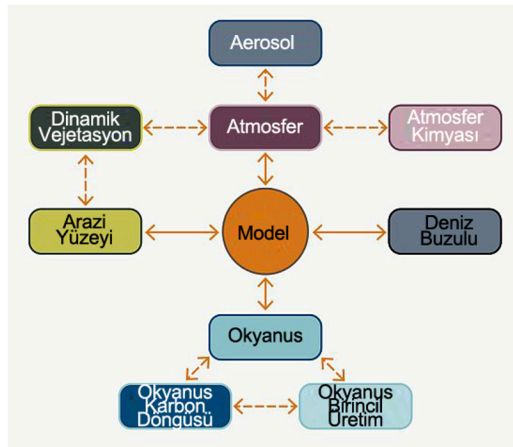
İklim modelleri çalışmaları:

- Küresel iklim modelleri (Global Climate Models-GCMs) ve
- Bölgesel iklim modelleri (Regional Climate Models-RCMs) olmak üzere iki farklı çalışma prensibine sahiptir

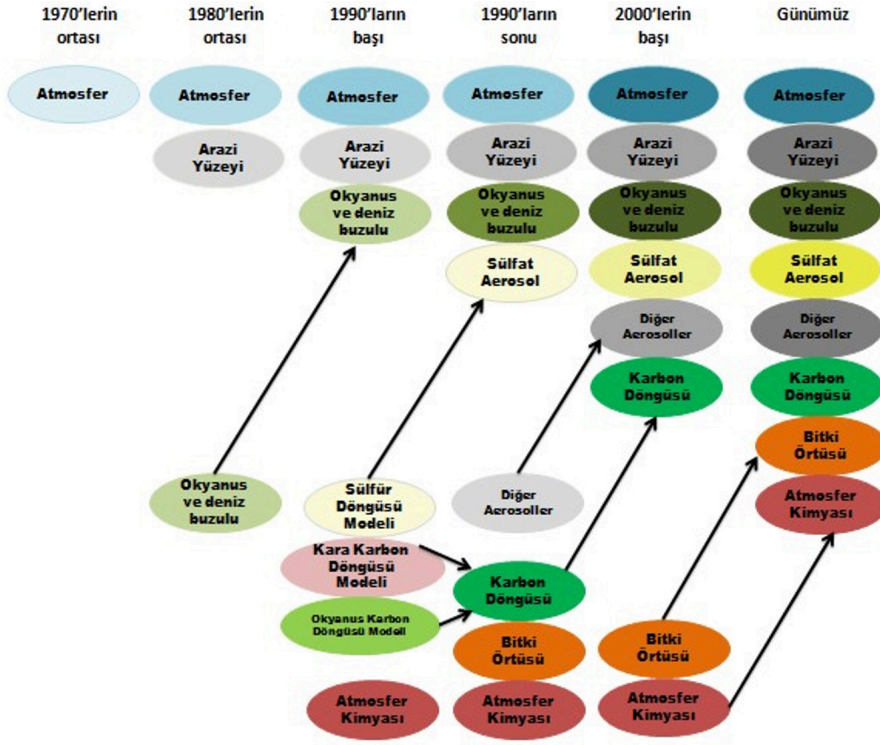
4.1. Küresel İklim Modelleri (Global Climate Models-GCMs)

Küresel İklim Modelleri (GCMs), akışkan hareketi ve enerji transferi ile her ikisinin zamanla entegre edildiği modellerdir. Basit modellerden farklı olarak, bu modellerde atmosfer ve okyanus yatayda ve dikeyde grid hesaplama birimlerine ayrılır. Atmosferik modeller, atmosferi modeller ve deniz yüzey sıcaklıklarını sınır koşulları olarak model içine empoze eder. Birleştirilmiş atmosfer-okyanus modelleri (coupled models) ise, atmosfer ve okyanus modellerini birleştirir (Şekil 5). Örneğin: HadCM3, EdGCM, GFDL, CM2.X vb. İlk Küresel İklim Modeli 1960'larda NOAA tarafından geliştirildi. GCM'ler iklim modelleri içerisinde en karmaşık olanlarıdır ve olabildiğince fazla süreç bu modellere yerleştirilmektedir. Fakat hâlâ geliştirilmeye devam ediliyorlar ve hâlâ belirsizlik devam etmektedir (Şekil 6.) (MGM, 2015).

Şekil 5: Küresel iklim modellerinin bileşenleri



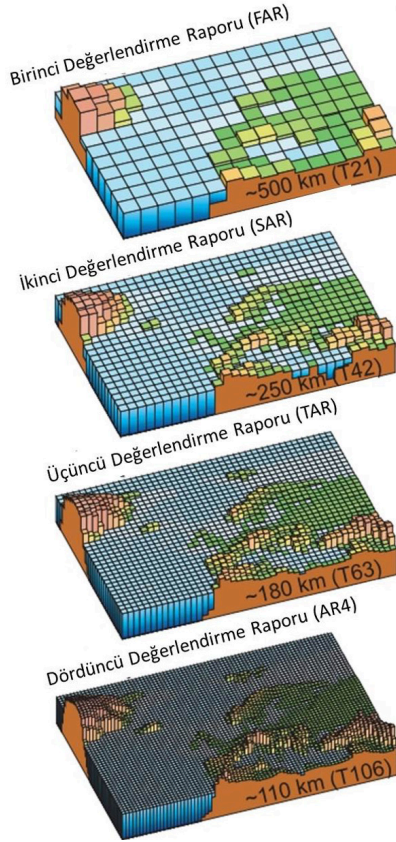
Kaynak: *Climate Change in Australia, 2015 teknik raporundan çevrilmiştir*

Şekil 6: Küresel İklim Modellerinin (GCMs) Bileşen Yapısındaki Tarihsel Gelişimi

Kaynak: Yeni Senaryolar İle Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları, TR2013-CC

Son on yıllık süreçte gelişen süper bilgisayarlarla artan hesaplama kapasitesi ile bu modellerin sürekli gelişimi sağlanmıştır. Bu hesaplama artışı gittikçe daha fazla bileşen ve süreç eklenerek çalıştırılan modeller ile simülasyonların uzunluğunda ve çözünürlükte de bir artışa neden olmuştur. Bu sayede gelecekteki iklim değişikliklerini değerlendirmek için kullanılan modeller zamanla gelişmiştir (Şekil 7) (Le Treut, H., et al., 2007).

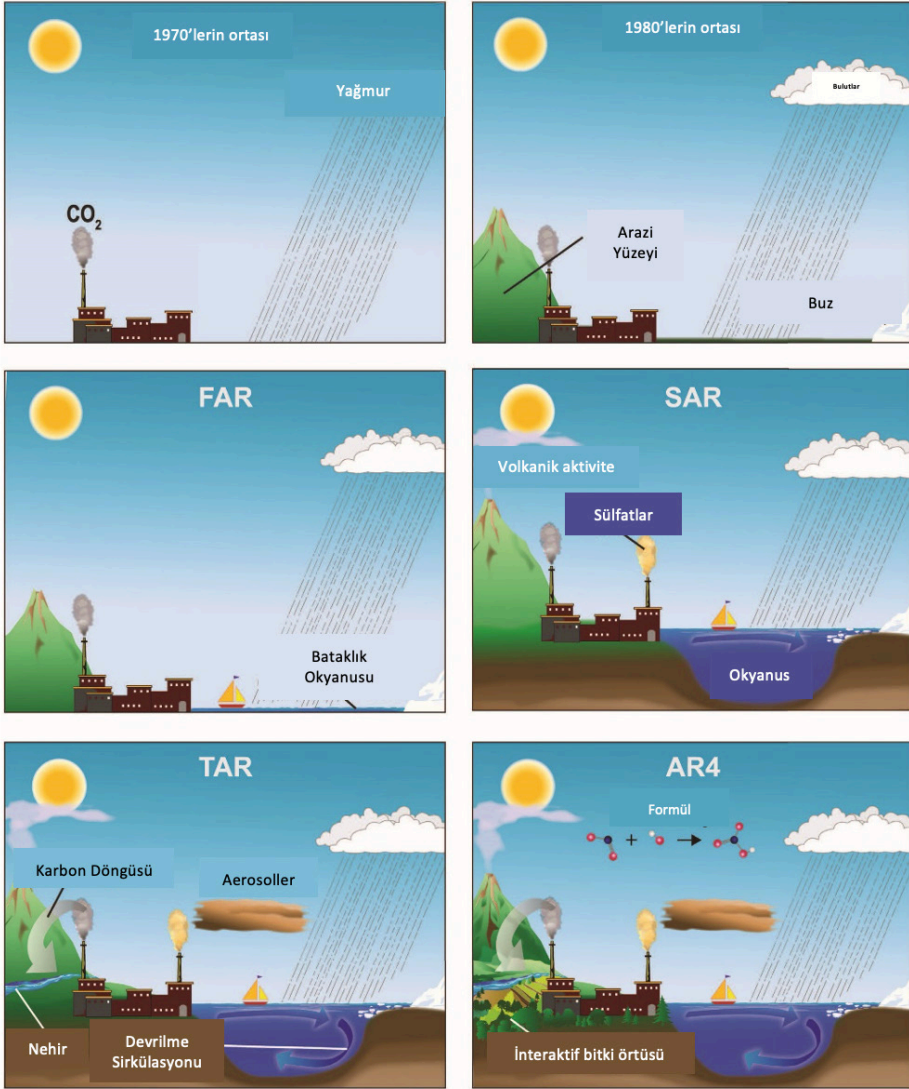
Şekil 7: IPCC Değerlendirme Raporlarında kullanılan iklim modellerinin coğrafi çözünürlükleri



Kaynak: Historical Overview of Climate Change Science, 2007

Eklenen bileşen ve süreçlerle daha karmaşık hale gelen modellere Şekil 8’de gösterildiği gibi dahil edilen ilave fizik süreçler ile daha kapsamlı ve kapasiteli modeller ortaya çıkmıştır. Mevcut iklim tahminleri kimyasal veya biyokimyasal bileşenler de dahil olmak üzere çok daha karmaşık birleşik okyanus-atmosfer modellerini kullanmakta ve İklim sürecinin zamana bağlı değişimini farklı senaryolar çerçevesinde değerlendirebilmektedir (Le Treut, H., vd., 2007).

Şekil 8: Küresel Modelleme Çalışmalarının Tarihsel Süreci



Kaynak: *Historical Overview of Climate Change Science, 2007*

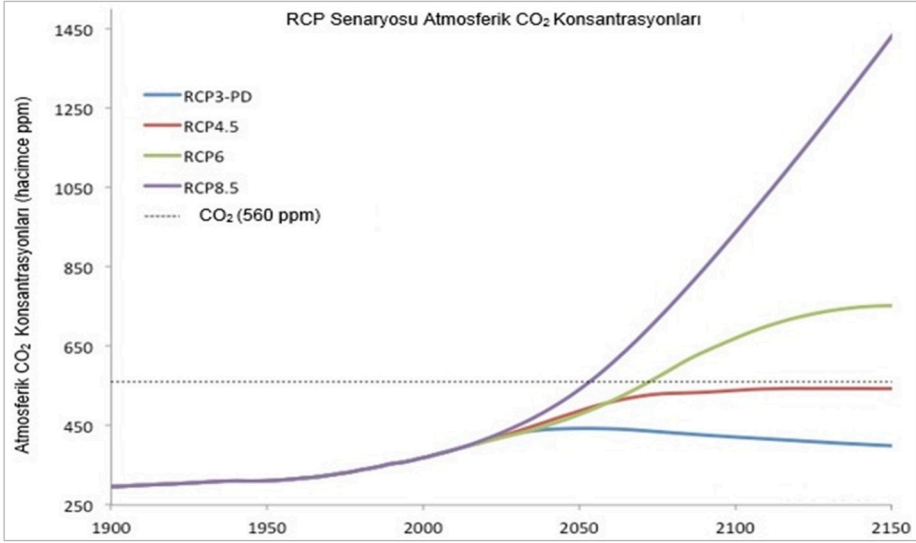
Tüm bu süreçler göz önüne alındığında gelişen teknoloji ile birlikte Küresel İklim Modelleri yapılarında sağlanan başarılar aşağıda özetlenmiştir;

- İklim modeli çalışmalarının başarısına en büyük etki hesaplama

teknolojilerinin (bilgisayar teknolojisi) gelişmesiyle olmuştur.

- Grid-hücre boyutları küçüldü, zaman adımları kısalarak zamansal çözünürlük arttı.
- Yatayda ve dikeyde hücre (grid) sayısı ve model bileşenleri sayısı arttı.
- Hesaplama kapasitesinin artması, modellere sürekli yeni bileşenlerin eklenmesine (başlangıç koşullarının daha iyi temsil edilmesine) olanak sağlamıştır.
- Hesaplama kapasitesinin gelişmesinin diğer bir olumlu etkisi modellerin yatay çözünürlüklerinin sürekli artmasına, yani daha ayrıntılı ürünler elde edilmesini sağlamıştır (İlk model 700 km çözünürlükteydi ve günümüze (150-200 km) göre çok basit yapıdaydı).

Küresel senaryolara karşılık gelen iklim model simülasyonu IPCC 5. Değerlendirme Raporu'nu destekleyen CMIP5 aracılığı ile Dünya genelindeki modelleme grupları tarafından geliştirilen küresel iklim modellerine dayanmaktadır. Bu projeksiyonlar, son IPCC değerlendirme raporunda kullanılan farklı sera gazı ve emisyon senaryoları ile arazi kullanım değişikliklerini temsil eden Temsili Konsantrasyon Rotası Senaryoları (Representative Concentration Pathways/RCPs) için hazırlanmıştır. Temsili konsantrasyon rotaları (RCP) 5. Değerlendirme Raporu (AR5) için IPCC tarafından adapte edilen sera gazlarına ait dört konsantrasyon yörüngesidir. Diğer bir deyişle temsili konsantrasyon rotaları, yeryüzünün radyasyon dengesini bozan emisyonlara ait konsantrasyon miktarları için oluşturulan senaryolardır. Radyatif zorlama seviyeleri ve rotalarına göre RCP'ler tanımlanmıştır. Bu dört senaryo 2100 yılında ne kadar sera gazının salınacağını göz önüne alarak geleceğe yönelik iklimi öngörür. Söz konusu dört RCP senaryosu 2100 yılında sanayi devrimi öncesine göre radyatif zorlamanın olası değerlerini göz önüne alan +2,6, +4,5, +6,0 ve + 8,5 W/m² referanslı RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6 ve RCP 8.5'dan oluşur. Bu senaryolar 2100 yılında ulaşılabilecek radyatif zorlamayı ifade etmektedir. Örneğin, RCP 2.6 senaryosu 2100 yılı öncesinde 3 W/m² lik ve 2100 yılında ise 2,6 W/m² lik bir radyatif zorlamaya karşı gelir (İBB, 2019). Sanayi devrimi yıllarından 2150 yılına kadar radyatif zorlamanın değişimi Şekil 9 ile gösterilmiştir.

Şekil 9: 1900 Yılından 2150 Yılına Kadar Radyatif Zorlamanın Değişimi

Kaynak: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2013

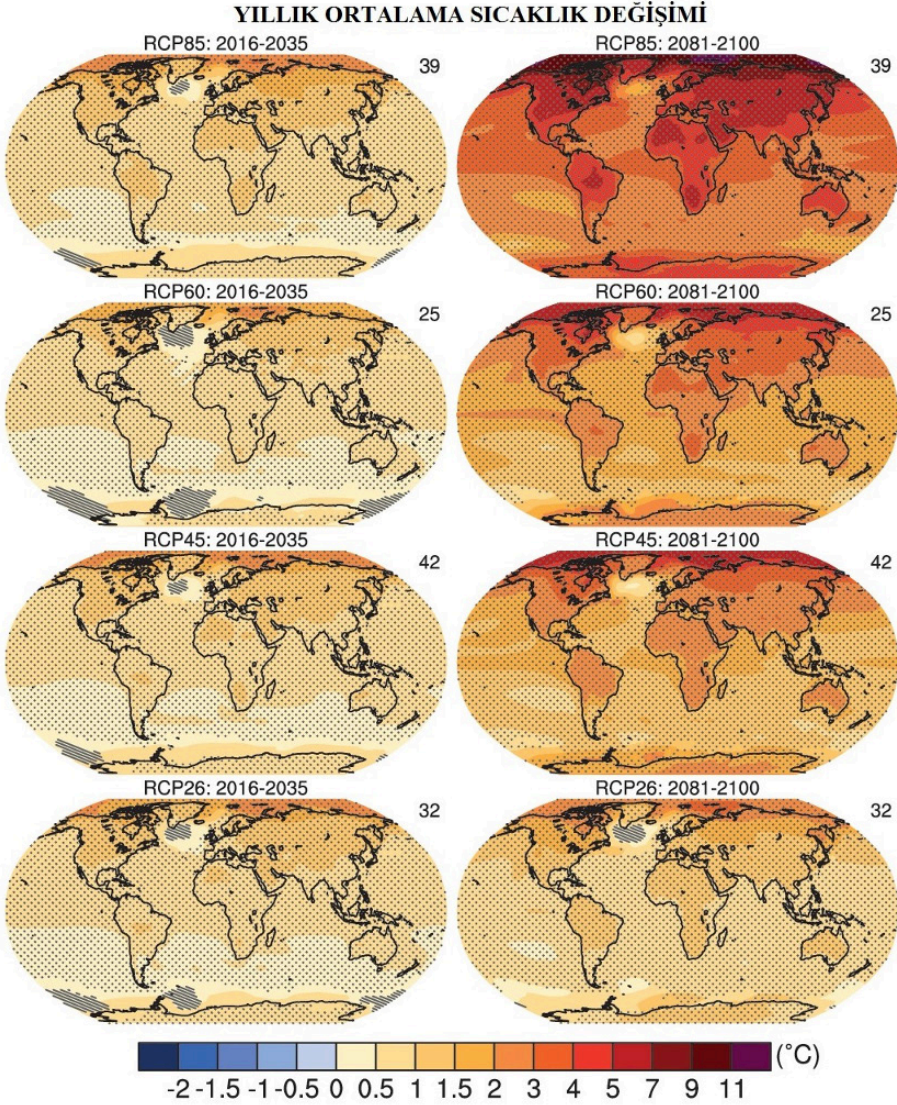
RCP 8.5 senaryosu radyatif gücün $8,5 \text{ W/m}^2$ ye yaklaştığı en yüksek risk grubu senaryosudur. 2100 yılında artan yüksek nüfus, kişi başına düşen gelirin gittikçe azaldığını kabul ederek, uzun dönemli enerji talebinin, sera gazı emisyonlarının ve arazi kullanımının etkisiyle teknolojinin gelişmesi ve enerji ihtiyacının artmasını baz alarak varsayımlar yapar. CO₂ eşdeğer konsantrasyonların yaklaşık olarak 2100 yılında 1370 ppm'e ulaştığını öngörür. RCP 4,5 senaryosu 2100 yılında uzun dönemdeki sera gazı emisyon eğilimlerinin ve arazi kullanımındaki değişimlerin radyatif gücün yaklaşık $4,5 \text{ W/m}^2$ de olmasına neden olduğunu, 2050 yılından itibaren radyatif enerji ve emisyonlarda düşüş olacağını kabul eden senaryoyu ifade eder. CO₂ eşdeğer konsantrasyonların 2100 yılında yaklaşık 650 ppm'e ulaşmasını öngörür (Tablo 1).

Tablo 1: Temsili Konsantrasyon Rotası Senaryoları (RCPs) tipleri

Adı (RCP's)	İşinimsal Zorlama	Zaman	İşinimsal Zorlama Değişimi	Konsantrasyonlar (CO ₂ eşdeğer)	Emisyonlar (Kyoto Protokolü Sera Gazları)
RCP 8.5	> 8,5 W/m ²	2100'de	Yükselme	> ~1370 (2100'de)	2100'e kadar artış devam ediyor
RCP 6.0	~6,0 W/m ²	2100 sonrası	Hedefi geçmeden Stabilizasyon	~ 850 ppm (2100'de)	Yüzyılın son çeyreğinde düşüş
RCP 4.5	~4,5 W/m ²	2100 öncesi	Hedefi geçmeden Stabilizasyon	~ 650 ppm (2100'de)	Yüzyılın ortalarından itibaren düşüş
RCP 2.6	~3,0 W/m ²	2100 öncesi	3,0 W/m ² 'e ulaşmadan zirve ve düşüş	Zirve ~ 490 ppm ve düşüş (2100'de)	Yüzyılın ilk çeyreğinde düşüş

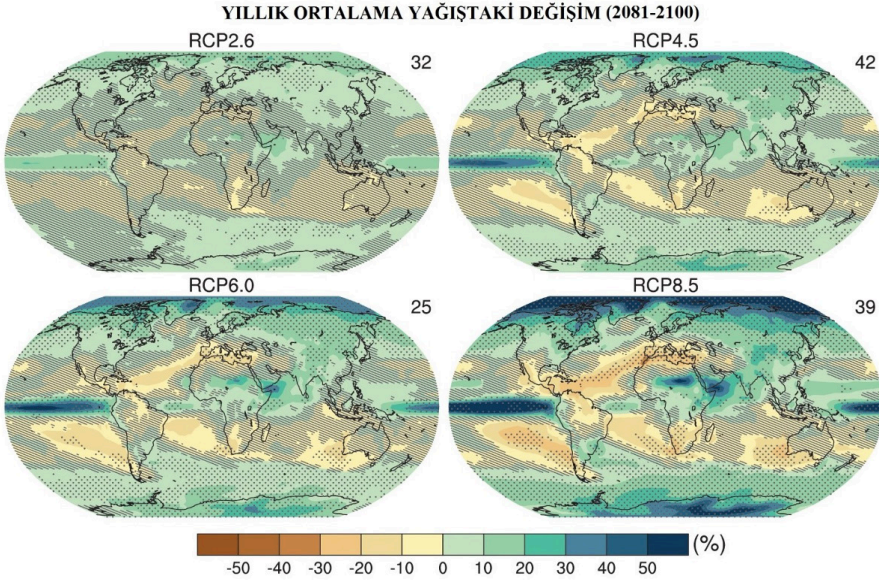
Kaynak: IPCC Expert Meeting Report, IPCC 2007.

Uluslararası alanda ortak çalışmalar yürütebilmek ve karşılaştırmaların sağlıklı ve kolay bir şekilde yapılabilmesi için Küresel İklim Modelleri IPCC kapsamında belirlenen senaryolar temel alınarak oluşturulmaktadır. Haritaların sağ üst bölümünde ye alan rakamlar her senaryo için çalıştırılan Küresel İklim Modeli sayısını belirtmektedir (Şekil 10., Şekil 11). IPCC 5. Değerlendirme Raporu kapsamında RCP4.5 (42 Küresel İklim Modeli) ve RCP8.5 (39 Küresel İklim Modeli) senaryoları en fazla tercih edilen senaryolar olmuştur.

Şekil 10: Yıllık Ortalama Sıcaklık Anomalileri Projeksiyonları

Kaynak: IPCC 5. Değerlendirme Raporu

Yıllık ortalama sıcaklık projeksiyonlarına göre tüm senaryolarda ve tüm periyot boyunca Türkiye genelinde artışlar öngörülmektedir. Yıllık toplam yağış projeksiyonlarına göre yüzyılın son bölümünde (2081-2100) Türkiye genelinde yağışlarda azalışlar öngörülmektedir.

Şekil 11: Yıllık Toplam Yağış Anomalileri Projeksiyonları

Kaynak: IPCC 5. Değerlendirme Raporu

Birleştirilmiş model karşılaştırma projesi (Coupled Model Intercomparison Project-CMIP); Birleştirilmiş Modelleme üzerine Çalışma Grubu (Working Group on Coupled Modelling-WGCM) tarafından atmosfer-okyanus genel dolaşım model çiftlerinden çalışılan çıktılar için standart deneysel protokol geliştirmek üzere yeni nesil iklim model çalışmalarını koordine etmek amacı ile 20 farklı iklim modelleme grubunu bir araya getirerek hayata geçirmiştir (Şekil 12) (Tablo 2).

Şekil 12: Coupled Model Intercomparison Project-CMIP döngüsü

Tablo 2: CMIP5 kapsamında üretilen küresel model veri setlerinden Başlıca Küresel İklim Modelleri

Model ismi	Ait olduğu ülke ve Enstitü	Entegre edilen RCP senaryoları
ACCESS-1.0	CSIRO-BOM, Australia	4.5,8.5
BCC-CSM1.1	BCC, CMA, China	4.5,6.0,8.5
CanESM2	CCCMA, Canada	2.6,4.5,8.5
CCSM4	NCAR, USA	4.5
CESM1-BGC	NSF-DOE-NCAR, USA	4.5, 8.5
CESM1-CAM5	NSF-DOE-NCAR, USA	4.5,6.0,8.5
CMCC-CM	CMCC, Italy	4.5, 8.5
CNRM-CM5	CNRM-CERFACS, France	2.6,4.5,8.5
CSIRO-MK3 6.0	CSIRO-QCCCE, Australia	2.6,4.5,6.0,8.5
GFDL-CM3	NOAA, GFDL, USA	2.6,4.5,6.0,8.5
GFDL-ESM2G	NOAA, GFDL, USA	2.6,4.5,6.0,8.5
GFDL-ESM2M	NOAA, GFDL, USA	2.6,4.5,6.0,8.5
HadCM3	MOHC, UK	4.5
HadGEM2-AO	NIMR-KMA, Korea	2.6,4.5,6.0,8.5
HadGEM2-ES	MOHC, UK	2.6,4.5,6.0

Kaynak: T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı, İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Proje Nihai Raporu, 2016

Bu modeller içerisinde en yaygın kullanılan model HadGEM2-ES Küresel Modeli (Global Environment Model Version 2)'dir. HadGEM2-ES modeli; İngiltere Meteoroloji Servisi'ne bağlı bir araştırma kuruluşu olan Hadley Centre tarafından geliştirilen 2. nesil küresel bir modeldir. Bu modelin benzer fiziksel özelliklere sahip fakat farklı yapılarda birçok sürümü bulunmaktadır. HadGEM2 serisi birleştirilmiş atmosfer-okyanus konfigürasyonu ve içerisinde dinamik vejetasyon, okyanus biyolojisi, atmosfer kimyasının da bulunduğu bir yer-sistem konfigürasyonunu içermektedir. HadGEM2 serisi IPCC 5. Raporu hazırlıklarında kullanılan modellerden bir tanesidir. Standart atmosfer birleşimi, 40 km'ye kadar yükselen 38 seviyeden oluşmaktadır. Modelin yatay çözünürlüğü, enlemi 1,25 derece ve boyları 1,875 derece olan, 192x145 adet grid hücresi ile küre temsil edilmektedir. Bu çözünürlük değerleri yaklaşık olarak Ekvator'da 208x139 km, 55. enlemlerde 120x139 km'dir. Genişletilmiş dikey yükseklik, stratosferin özelliklerini

ve küresel iklime etkisinin incelenmesi amacı ile 60 seviye ile dikeyde 85. km'ye kadar çıkabilmektedir. Bu modelin benzer fiziksel özelliklere sahip fakat farklı konfigürasyonda birçok versiyonu bulunmaktadır (Tablo 3).

Tablo 3: Güncel HadGEM2 Küresel Modeli Versiyonları

HadGEM2 Oluşumları	Model Süreci
HadGEM2-A	Troposfer, Yer yüzeyi ve Hidroloji, Aerosol
HadGEM2-O	Okyanus ve buzullar
HadGEM2-AO	Troposfer, Yer yüzeyi ve Hidroloji, Aerosol, Okyanus ve buzullar
HadGEM2-CC	Troposfer, Yer yüzeyi ve Hidroloji, Aerosol, Okyanus ve buzullar, Karbon döngüsü, Okyanus Biyojeokimya
HadGEM2-CCS	Troposfer, Yer yüzeyi ve Hidroloji, Aerosol, Okyanus ve buzullar, Karbon döngüsü, Okyanus Biyojeokimya, Stratosfer
HadGEM2-ES	Troposfer, Yer yüzeyi ve Hidroloji, Aerosol, Okyanus ve buzullar, Karbon döngüsü, Okyanus Biyojeokimya, Kimya

Kaynak: T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı, İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Proje Nihai Raporu, 2016

Küresel iklim projeksiyonları her ne kadar genel görünüm hakkında bilgi verse de çözünürlüklerinin düşük (110-300 km) olması nedeniyle yerel ölçekte ve sektör bazlı yapılacak etki, analiz ve araştırma çalışmalarında yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle Küresel İklim Modellerinin (GCMs) çıktılarını Bölgesel İklim Modellerinde (Regional Climate Model-RCM) girdi olarak kullanılarak daha detaylı projeksiyonlar elde edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

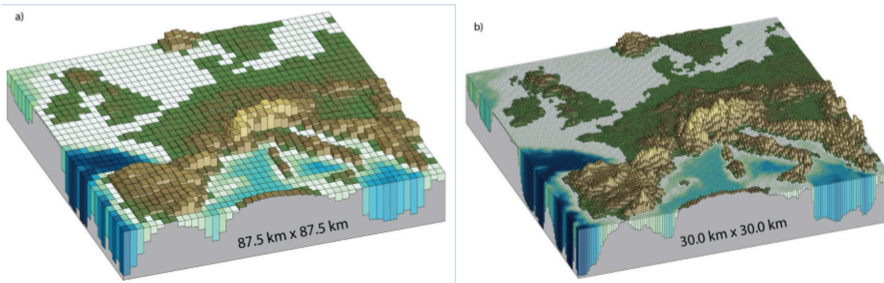
4.2. Bölgesel İklim Modelleri (RCMs)

Hesaplama zorluklarından dolayı Küresel İklim Modelleri (GCMs) genellikle 100-300 km yatay çözünürlüğe sahiptirler. Bu çözünürlükle bölgesel iklim değişimleri uygun şekilde yansıtılamamaktadır. Dolayısıyla ile, cephe sistemleri ya da yağış sistemleri gibi küçük ölçekli hava olayları ve atmosfer süreçleri ya GCM'lerde gösterilememekte ya da çok basit şekilde yer almaktadır. Sınırlı alanlarda sahip olunan hesaplama

kapasitesini en uygun şekilde kullanmak ve yukarıda bahsedilen eksiklikleri gidermek amacıyla bölgesel iklim modellerinden (RCMs) yararlanılmaktadır.

Küresel iklim modellerinin tamamlayıcısı olan bölgesel iklim modelleri, dünyanın pek çok bölgesi için kullanılmaktadır. Bu modeller, küresel iklim analizlerine veya simülasyonlarına daha fazla bilgi ekleyerek ayrıntılı iklim süreçlerini ortaya koyarlar. Küresel ve bölgesel iklim modelleri arasındaki ilişki, küresel ve bölgesel hava tahmin modelleri arasındaki ilişkiye çok benzemektedir. Son 20 yılda, bölgesel iklim modelleri üzerinde yapılan araştırmalarda önemli ilerlemeler elde edilmiş, çözünürlüğün artması, modellerin daha uzun dönemleri simüle etmesine olanaklı hale getirmiştir (Rajib ve Rahman 2012). Bir bölgesel model genellikle yerkürenin belirli bir alanını daha yüksek çözünürlükte temsil eder. Böylece yüksek çözünürlü sınırlı alan bölgesel iklim modeli ile ülke ölçeğinde projeksiyonlar üretilebilir (Orman Bakanlığı, 2016). Özetle küresel iklim modellerinden elde edilen düşük çözünürlükteki gridlenmiş bilgileri kullanarak daha küçük alanlar için daha ayrıntılı ve yüksek çözünürlüklü bilgiler üretilmesini sağlayan modeller bölgesel iklim modellerdir (Şekil 13). Cephe sistemleri ya da yağış sistemleri gibi küçük ölçekli hava olayları ve atmosfer süreçleri bölgesel iklim modelleri ile daha ayrıntılı ifade edilebilmektedir.

Şekil 13: Bölgesel iklim modelinde kullanılan gridleme mantığı



Kaynak: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2013

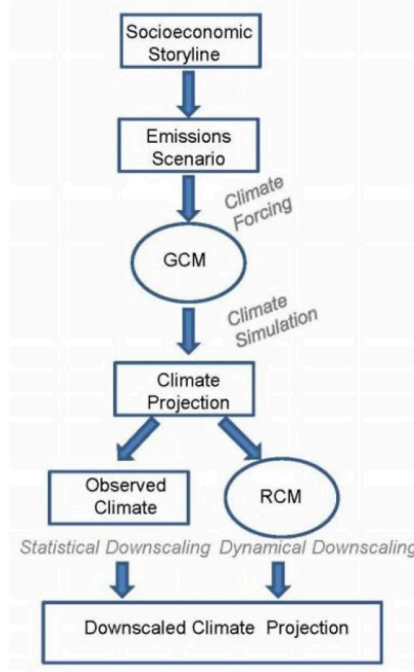
Temel olarak Bölgesel İklim Modeli (RCM) de Küresel İklim Modeli (GCM) gibi dinamik bir yapı sergiler, fakat 3 ana süreçten oluşur. Bunlar:

- ▶ GCM'den sınır değerlerinin alınması,
- ▶ Tanımlanan alan için kendi yerel verilerinin elde edilmesi,
- ▶ RCM'nin kendi dinamik denklemlerinin bu iki veri yardımı ile çözülerek yeniden tanımlanan alan için değerlerin üretilmesidir.

Sonuçlar bir anlamda GCM ve yerel özelliklerin birlikte belirlediği yerel tahminler olarak nitelendirilebilir. Buradaki en büyük zorluk ise, alan küçülmesine rağmen çözünürlüğün artması ve yerel şartların hesaplamalara dâhil olması nedeniyle önemli bir bilgisayar kapasitesine ihtiyaç duyulmasıdır. Bölgesel İklim Model Sistemi (Regional Climate Model System-RegCM) olarak tanımlanan aslında Amerikan Ulusal Atmosfer Araştırmaları Merkezi (NCAR) tarafından geliştirilmiş bir modele dayanmaktadır. İlk sürümü olan RegCM1, 1989 yılında bilim camiasına sunulmuş ve daha sonra üst sürümleri geliştirilmiştir (RegCM2-1993, RegCM2.5-1999, RegCM3-2006, RegCM4 2010).

4.3. Ölçek Küçültme

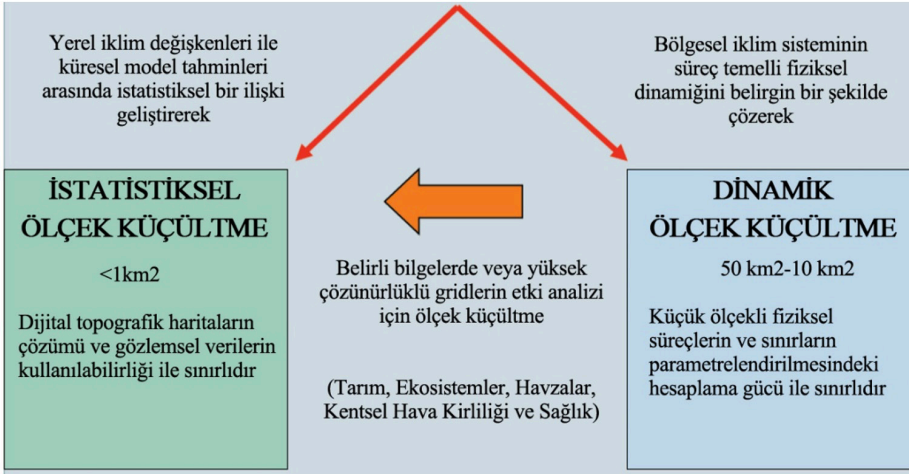
Ölçek küçültmenin amacı düşük çözünürlüklü sayısal simülasyonlardan ve dağınık gözlemlerden bölgesel detaylar elde etmektir. İklim bilgisini küçültmek için dinamik ve istatistiksel olmak üzere iki temel yaklaşım vardır (Şekil 14).

Şekil 14: Ölçek Küçültmedeki Bileşenler

Kaynak: Daniels et al., 2012'den çevrilmiştir

İstatistiksel ölçek küçültme, istatistiksel modeli oluşturmak için yerel sinoptik durumlar ile geniş ölçekli iklim arasındaki gözlemlenen ilişkiler kullanılır. Bu genellikle, ev sahibi küresel iklim modeli seçiminden bağımsız olarak, istatistiksel küçültme modelinde gözlemlenen iklimin çok yakın bir temsiline yol açar. Dinamik ölçek küçültme, düşük çözünürlüklü küresel modellerde iyi yansıtılmayan bölgesel şartları elde etmek için kullanılan yaygın bir yaklaşımdır. Bu yöntemde, RCM'de belirli bir alan tanımlanır ve GCM'den elde edilen belli dinamik iklim faktörleri belirlenen alana uygulanmaktadır (Şekil 15).

Şekil 15: Ölçek küçültme yöntemleri arasındaki ilişki



Kaynak: IPCC Third Assessment Report, 2009'dan çevrilmiştir.

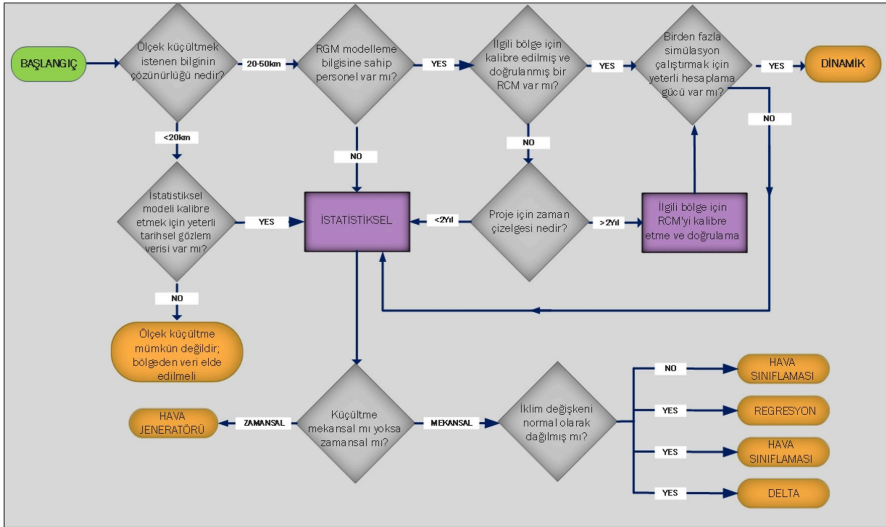
İstatistiksel Ölçek Küçültmenin Güçlü Yönleri;

- ▶ Hesaplama daha az bilgisayar gücü gerektirir
- ▶ Çok sayıda benzeşime olanak vermesi
- ▶ Kaba zamansal çözünürlükte sınırlı sayıda GCM girdi verisi gerektirmesi
- ▶ GCM simüle edilmiş değişkenleri doğrudan etkilerle ilgili parametrelere indirgeyebilmesi.
- ▶ İstatistiksel Ölçek Küçültmenin Zayıf Yönleri;
- ▶ Model parametrelerinin değişmediği kabulünün yapılması
- ▶ Dönüşüm faktörleri her zaman iyi anlaşılabilir fiziksel mekanizmalara dayanmaması
- ▶ Bölgesel zorlamadaki sistematik değişiklikleri yakalayamaması
- ▶ Ölçeklendirilmiş değişkenlerin sayısı olarak sınırlı ve tutarsız olması
- ▶ Bölgesel gözlemlerin mevcut haline ve kalitesine bağlı olması
- ▶ Dinamik Ölçek Küçültmenin Güçlü Yönleri;
- ▶ Dönüşüm faktörünün büyük ölçüde anlaşılabilir sayısal yöntemlere dayalı olması

- ▶ Sistemin matematiksel betimlemesini temelde koruması
- ▶ Dâhili olarak tutarlı küçültülmüş değişkenlerden oluşan tam set (çok seviyeli ve yüksek zaman frekansı) kullanması
- ▶ Gözlemlerin mevcudiyetine doğrudan bağlı olmayıp, her yerde uygulanabilir olması.
- ▶ Büyük ve küçük ölçekler arasındaki sabit olmayan ilişkilerin yanı sıra bölgesel zorlamadaki potansiyel değişiklikleri de kapsayabilmesi.
- ▶ Dinamik Ölçek Küçültmenin Zayıf Yönleri;
- ▶ Hesaplama yoğun bilgisayar gücü gerektirir
- ▶ Çok sayıda, (çoklu seviyeli, yüksek zaman frekansı) GCM girdi verisi gerektirmesi
- ▶ Bölgesel bazda yüzey değişkenlerinin hata oranının yüksek olması
- ▶ Etkiye uygun parametreleri doğrudan üretmemesi.

Uygulanacak projelerde uygun ölçek küçültme tekniğinin belirlenmesinde her iki tekniğin de güçlü ve zayıf yönleri dikkate alınmalıdır. Bu kapsamda Şekil 16'de verilen şema doğru ölçek küçültme tekniğine karar vermede yol gösterici olacaktır.

Şekil 16: Ölçek küçültme tekniği seçiminde kullanılacak aşamalar



Kaynak: African and Latin American Resilience to Climate Change (ARCC) 2014'den çevrilmiştir.



KAYNAKÇA

- ▶ Anonim, (2019). İklim Değişikliği Etkileri ve Çözümleri. Alıntılanma adresi:<https://www.abprojeyonetimi.com/iklim-degisikligi-etkileri-ve-cozumleri/#:~:text=%C4%B0iklim%20sistemi%2C%20atmosfer%2C%20kara%20y%C3%BCzeyleri,karma%C5%9F%C4%B1k%20ve%20etkile%C5%9Fimli%20bir%20sistemdir.&text=Bunlar%C4%B1n%20yan%C4%B1%20s%C4%B1ra%2C%20r%C3%BCzgarlar%20ve,iklim%20%C3%BCzerinde%20%C3%B6nemli%20etkileri%20bulunmaktad%C4%B1r>.
- ▶ African And Latin American Resilience To Climate Change (ARCC). (2014). A Review of Downscaling Methods for Climate Change Projections, Alıntılanma adresi: http://www.ciesin.org/documents/Downscaling_CLEARED_000.pdf (06.19.2020).
- ▶ Akçakaya, A., Eskioğlu, O., Atay, H., Demir, Ö. (2013). Yeni Senaryolar İle Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları- TR2013-CC. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Yayını, 67s., Ankara.
- ▶ Akçakaya, A., Sümer, U.M., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Gürkan, H., Yazıcı, B., Kocatürk, A., Şensoy S., Bölük, E., Arabacı, H., Açar, Y., Ekici, M., Yağan, S, Çukurçayır, F. (2015). Yeni senaryolarla Türkiye iklim projeksiyonları ve iklim değişikliği-TR2015-CC. Meteoroloji Genel Müdürlüğü yayını, Ankara.
- ▶ Çelik, A.B. (2011). Küresel Isınmanın Resmi: İklim Modelleme. Bilim ve Teknik Nisan 2011 Sayı:521 Sayfa 48-49
- ▶ Daniels, A.E., Morrison, J.F., Joyce, L.A., Crookston, N.L., Chen, S.C., McNully, S.G. (2012). Climate projections FAQ. General Technical Report. Fort Collins, CO, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station: 1-32.
- ▶ Demir Ö., Atay, H., Eskioğlu O., Tuvan, A., Demircan M., Akçakaya, A. (2013) RCP4.5 Senaryosuna Göre Türkiye’de Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları, III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 2013 3 - 5 Haziran 2013, İstanbul, <http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/rcp-45.pdf>

- ▶ Demircan, M.; Demir, Ö.; Atay, H.; Eskiöglü, O.; Tüvan, A. Akçakaya, A. (2014a). Climate Change Projections for Turkey with New Scenarios, The Climate Change and Climate Dynamics Conference 2014 – CCCD2014, İstanbul, Türkiye.
- ▶ Demircan M., Demir Ö., Atay, H., Eskiöglü O., Yazıcı, B., Gürkan, H., Tuvan, A., Akçakaya, A. (2014b). Türkiye’de Yeni Senaryolara Göre İklim Değişikliği Projeksiyonları, TÜCAUM - VIII. Coğrafya Sempozyumu, Ankara.
- ▶ Gregory, W.L., Duran, A. (2001). Scenarios and Acceptance of Forecasts. Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners, Edited by J. Scott Armstrong. Springer Science-Business Media, inc. New York.
- ▶ Gündoğan A.C., Aydın C.İ., Voyvoda E., Turhan E., Özen İ.C., (2017) Ataletin Bedeli: Ortak Sosyoekonomik Patikalar Üzerinden İklim Değişikliği Hedeflerine Ulaşamamasının Türkiye’ye Maliyeti Üzerine Bir Değerlendirme, Yeryüzü Derneği Yayınları (7)
- ▶ Hayhoe et al. (2009). IPCC Third Assessment Report. JGLR
- ▶ IPCC Climate Change (2000). Special Report on Emissions Scenarios, Cambridge University Press, England.
- ▶ IPCC Climate Change, (2007). Towards New Scenariosfor Analysis of Emissions, Climate Change, impacts, and Response Strategies: IPCC Expert Meeting Report. September, 2007, the Netherlands.
- ▶ IPCC Climate Change. (2013). The Physical Science Basis, Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, England. http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf
- ▶ İzmir Büyükşehir Belediyesi (İBB). (2019). İklim Değişikliğine Dirençli Kentler için bir Çerçeve: Yeşil Odaklı Uyarılama Kılavuzu, İZMİR, 2019 https://direnclikent2019.izmir.bel.tr/YuklenenDosyalar/Dokumanlar/YESIL_ODAKLI_UYARLAMA_KILAVUZU.pdf
- ▶ Le Treut, H, Somerville, R, Cubasch, U, Ding, Y, Mauritzen, C, Mokssit, A, Peterson, T, and Prather, M. (2007). Historical Overview of Climate Change Science. Chapter 1.
- ▶ Treut, L., Somerville, H., R., Cubasch, U., Ding, Y., Mauritzen, C., Mokssit,

A., Peterson, T., Prather, M. 2007: Historical Overview of Climate Change. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

- ▶ MGM,(2015). Küresel İklim Modellemesi, Alıntılanma adresi: <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx?s=kuresel>, (06.19.2020)
- ▶ Moss, R.H., Edmonds, J.A., Hibbard, K.A., Manning, M.R., Rose, S.K., Vuuren, D.P., Carter, T.R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G.A., Mitchell, J.F.B., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S.J., Stouffer, R.J., Thomson, A.M., Weyant, J.P., Wilbanks, T.J. (2010). The Next Generation Of Scenarios For Climate Change Research and Assesment, Nature, 2010 : Vol 463j1 1 February 2010doi:10.1038/nature08823.
- ▶ O'Neill, B.C., Schweizer, V. (2011). Projection and prediction: Mapping the road ahead. Nature Climate Change, 1(7), 352.
- ▶ Rajib, M., & Rahman, M. (2012). A Comprehensive Modeling Study on Regional Climate Model (RCM) Application-Regional Warming Projections in Monthly Resolutions Under IPCC A1B Scenario. Atmosphere, 557-572.
- ▶ T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2016). İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Proje Nihai Raporu, Alıntılanma adresi: http://iklim.ormansu.gov.tr/ckfinder/userfiles/files/Iklim_NihaiRapor.pdf.
- ▶ Türkeş, M. (2001). Hava, iklim, şiddetli hava olayları ve küresel ısınma. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Teknik Sunumlar, Seminerler Dizisi: 1: 187-205, Ankara.
- ▶ Türkeş, M. 2000. 'Küresel ısınma: yeni rekorlara doğru', Cumhuriyet Bilim Teknik Dergisi, 673, 20-21.
- ▶ WHO. (1996). Climate Change and Human Health, McMichael, A. J., et al., eds., An Assessment Prepared by a Task Group on behalf of the World Health Organization (WHO), the World Meteorological Organization (WMO) and the United Nations Environment Programme (UNEP), Geneva.

KIRILGANLIK (VULNERABILITY), KIRILGANLIK DEĞERLENDİRMESİ VE KIRILGANLIK GÖSTERGELERİ

Prof. Dr. Ayşe Gül Tanık



1. GİRİŞ

IPCC 4. Değerlendirme Raporu'nda da söz edildiği üzere iklim değişikliğine uyum konusunda öncelikle kırılganlık (etkilenebilirliğin) tespiti gereklidir. Etkilenebilirlik bir sistemin iklimden etkilenebilirliği ve aşırı iklim durumları dâhil olmak üzere iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden ne ölçüde etkilendiği ve bununla ne ölçüde başa çıkamadığını belirtmektedir. Etkilenebilirlik bir sistemin maruz kaldığı iklim değişikliğinin ve değişkenliğinin özelliği, boyutu ve hızının, duyarlılığının ve uyum sağlama kapasitesinin bir fonksiyonudur (IPCC, 2007).

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC); iklim değişikliğinden etkilenebilirliği 3 ana unsurun bir fonksiyonu olarak tanımlar. Bunlar;

- ▶ İklim değişikliğinin etkilerine maruz kalma türleri ve boyutu (Exposure-Maruziyet),
- ▶ Sistemlerin, belirli düzeyde maruz kalmaya duyarlılığı (Sensitivity-Duyarlılık),
- ▶ Sistemin başa çıkma veya uyum sağlama kapasitesidir (Adaptive Capacity-Uyum Kapasitesi).

Maruziyet (M): Aşırı hava olayları dâhil olmak üzere iklim değişkenliğindeki değişiklikler veya ortalama iklim şartlarındaki değişiklik hızları gibi incelenen sistemin dışındaki unsurları belirtir. Küresel ısınmaya bağlı olarak kuraklık olaylarının süre ve sıklığında meydana gelebilecek değişim nedeniyle kuraklığa olan maruziyet artacaktır. Maruziyet etkilenebilirliğin belirlenmesinde tek başına yeterli bir endeks değildir. Maruziyet endeksi duyarlılığın ve uyum kapasitesinin gücüne bağlı olarak değişmektedir. Yüksek maruziyet durumunda eğer duyarlılık düşük yani potansiyel etki düşük ve uyum kapasitesi yüksek ise etkilenebilirlik düşük olmaktadır.

Duyarlılık (D): Bir sistemin iklim değişkenliği veya değişikliğinden olumsuz veya olumlu şekilde etkilenme derecesidir. Bu etki, doğrudan (örneğin; ortalama sıcaklık, sıcaklık aralığı veya değişkenliğindeki bir değişiklik sonucunda ürün rekoltesinde bir değişim gibi) veya dolaylı (örneğin; deniz seviyesinin yükselmesi nedeniyle kıyılardaki sellerin sıklığındaki artışın neden olduğu hasar) olabilir. Duyarlılık topografya, farklı toprak tiplerinin erozyona karşı direnci, bitki örtüsü gibi sistemin doğal ve/veya fiziksel özelliklerine göre şekillenir. Duyarlılık aynı zamanda toprak yönetimi, su yönetimi, kaynak tüketimi ve nüfus baskısı gibi bir sistemin fiziksel yapısını etkileyen insan faaliyetlerini ifade eder.

Uyum Kapasitesi (UK): Bir sistemin, iklim değişikliği, değişkenliği ve muhtemel aşırı ve orta düzeydeki zararlara uyum sağlama, fırsatlardan yararlanma veya bunun sonuçları ile başa çıkma kabiliyeti demektir. Uyum kapasitesi uyum önlemlerini oluşturmak ve uygulamak için bir sistemin kapasitesini belirleyen faktörlerdir. Bu faktörlerden bazıları;

- ▶ Bilgi
- ▶ Teknolojik yapı
- ▶ Kurumsal yapılanma
- ▶ Ekonomi

olarak sıralanabilir.

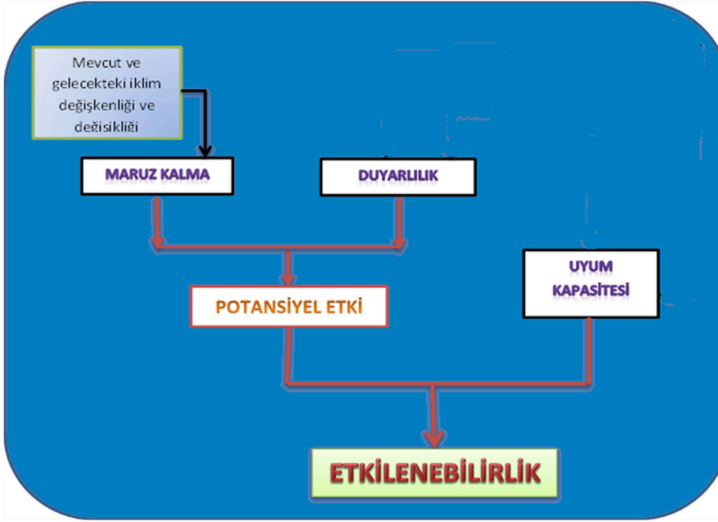
Bu bölümde kırılma değerlendirmesinin yanı sıra sektörel analizde kullanılan kırılma/etkilenebilirlik göstergeleri ülkemizde yakın zamanda yürütülmüş olan proje çıktıları örnek olarak kullanılarak anlatılacaktır.



2. UYUM ÖNLEMLERİ İLE ETKİLENEBİLİRLİĞİN AZALTILMASI

Uyum önlemleri etkilenebilirliği azaltmak amacıyla sektörel, ulusal ve yerelde yapılan uygulamalardır. Örneğin; etkin sulama sistemleri ile kuraklık ve su kıtlığı ile başa çıkılabilir. Şekil 1’de etkilenebilirliğin bileşenleri bir akış diyagramı ile gösterilmektedir.

Şekil 1: Etkilenebilirliğin bileşenleri

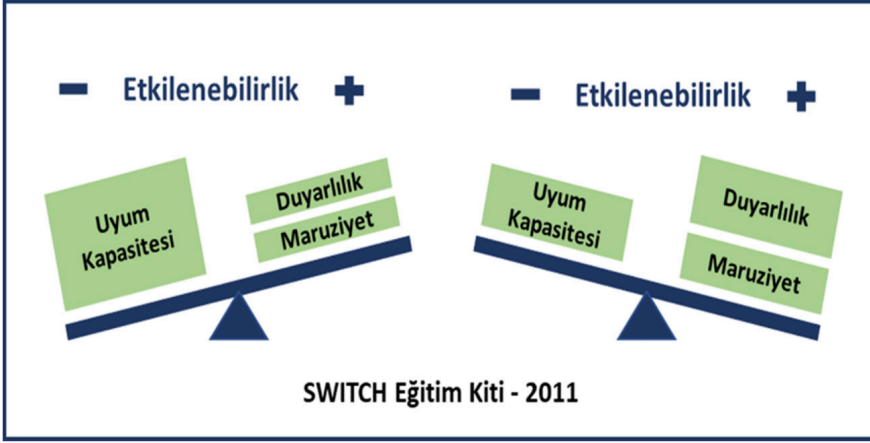


Kaynak: GIZ, 2012.

Potansiyel Etki: Maruz kalma ve duyarlılık birlikte değerlendirildiğinde meydana gelen potansiyel etkiyi belirler. Örneğin yağışlardaki azalma ve sıcaklıklardaki artış nedeniyle oluşan kuraklık (maruziyet), sınırlı su kaynakları (duyarlılık) ile bir araya geldiğinde tarımsal üretimde düşüşe (potansiyel etki) sebebiyet verir. İklim değişikliği ve kuraklığın etkileri biyofiziksel alandan sosyal alana uzanan doğrudan etkiler ve bunların neden olduğu dolaylı etkilere (Örneğin; verimde azalma, gelir düşüşü) bir zincir oluşturabilir. Birçok gelişmekte olan ülkede doğal kaynaklara

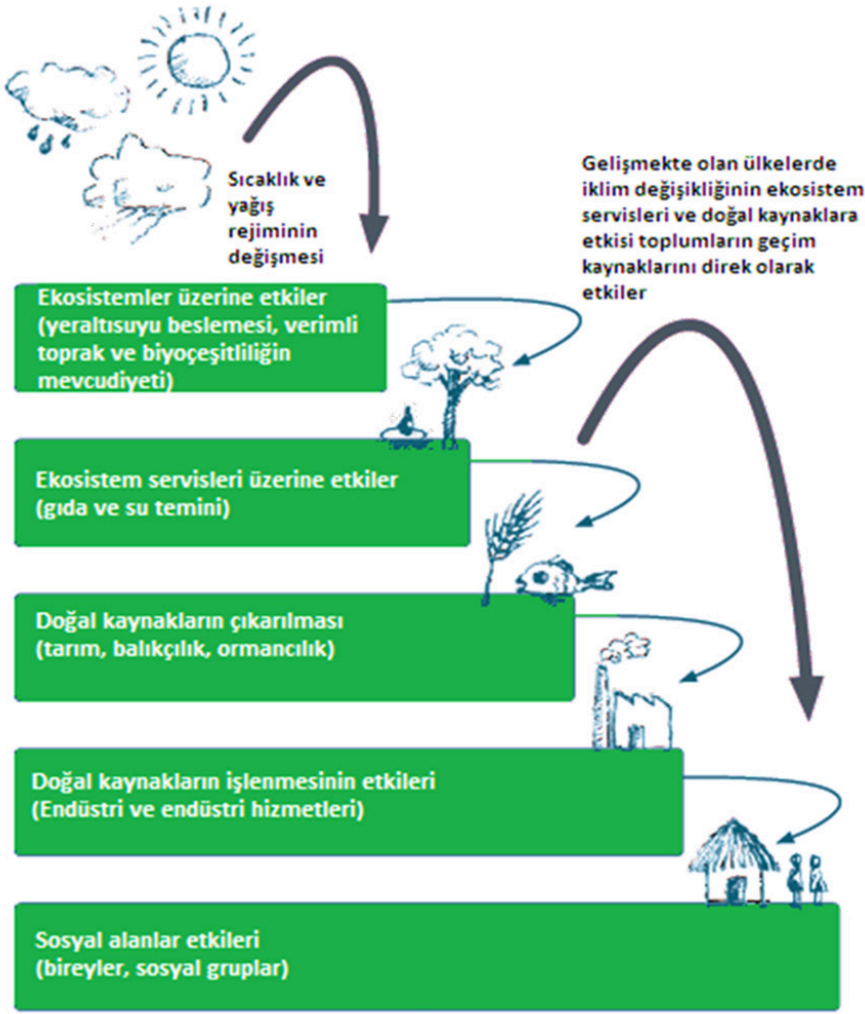
doğrudan bağımlı olunması, iklim değişikliğinin biyofiziksel etkileri–insan faaliyetleri–refah arasında çok kuvvetli bir bağlantı olduğu anlamına gelir. Şekil 2’de etkilenebilirlik analizi bileşenlerinin fonksiyonları, Şekil 3’de ise iklim değişikliğinin doğal kaynaklar ve geçim kaynakları üzerine zincir etkisi gösterilmektedir.

Şekil 2: Etkilenebilirlik Analizi Bileşenlerinin Fonksiyonları



Birçok gelişmekte olan ülkede doğal kaynaklara doğrudan bağımlı olunması, iklim değişikliğinin biyofiziksel etkileri–insan faaliyetleri–refah arasında çok kuvvetli bir bağlantı olduğu anlamına gelir (Şekil 3).

Şekil 3: İklim Değişikliğinin Doğal Kaynaklar ve Geçim Kaynakları üzerine Zincir Etkisi



Kaynak: GIZ, 2014

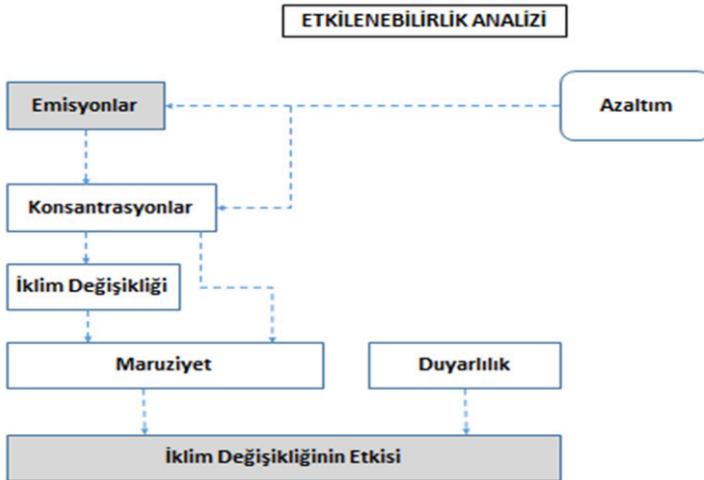
2.1. İklim Etkisinin Değerlendirilmesinde Öncü Kavramsal Çerçevesler

Etkilenebilirlik değerlendirilmesi konusundaki öncü çalışmalar etki değerlendirme yaklaşımlarıdır. Şekil 4’de iklim etkisinin değerlendirilmesinde ilk kavramsal çerçeve gösterilmektedir. Günümüzde kullanılan etkilenebilirlik değerlendirme yaklaşımları ise genelde Füssel ve Klein’in 2006 yılındaki bu ilk çalışmalarında temel alınan ana ilkelere dayanmaktadır.

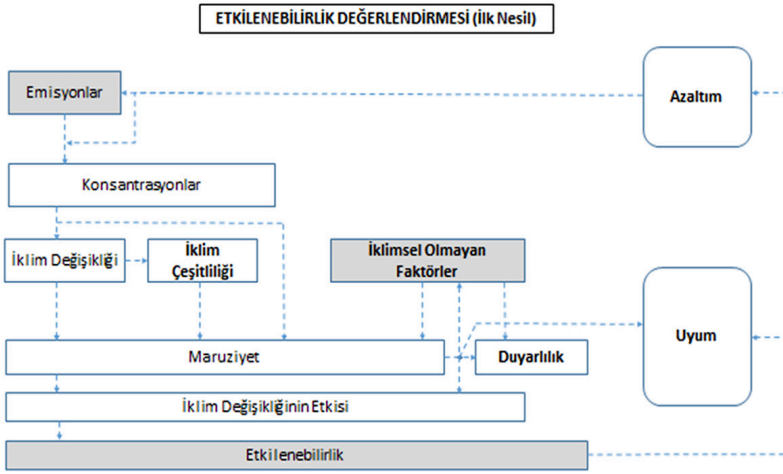
İlk ve ikinci nesil değerlendirmeleri kapsayan akım şemaları sırasıyla Şekil 5 ve Şekil 6’da verilmektedir. İlk nesil değerlendirmede uyum kapasitesine yer verilmediği dikkat çekmektedir. Ancak, 2. nesil çalışmada uyum kapasitesinin yanı sıra iklim dışı etkenlerin de devreye girdiği anlaşılmaktadır. Bu öncü çalışmalar ileriki yıllarda tüm ülkelerde bazı modifikasyonlarla daha da geliştirilerek kullanıldığı görülmektedir. Şekil 7’de ise, uyum politikası değerlendirme şeması verilmektedir.

Şekil 4. İklim değişikliğinin doğal kaynaklar ve geçim kaynakları üzerine zincir etkisi (GIZ, 2014)

Şekil 4: İklim etkisinin değerlendirilmesinde ilk kavramsal çerçeve

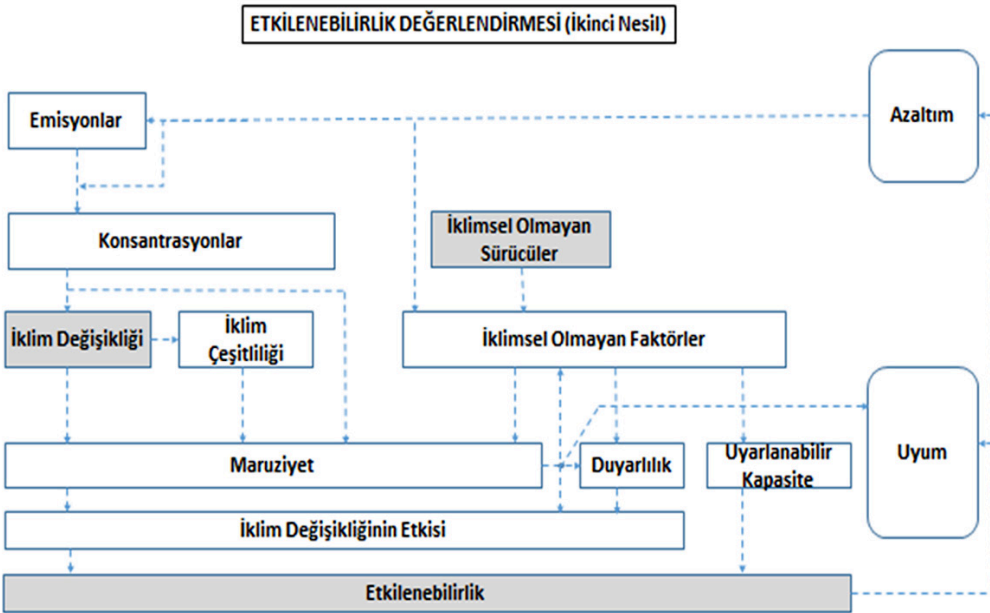


Şekil 5: İlk nesil etkilenebilirlik değerlendirmesi

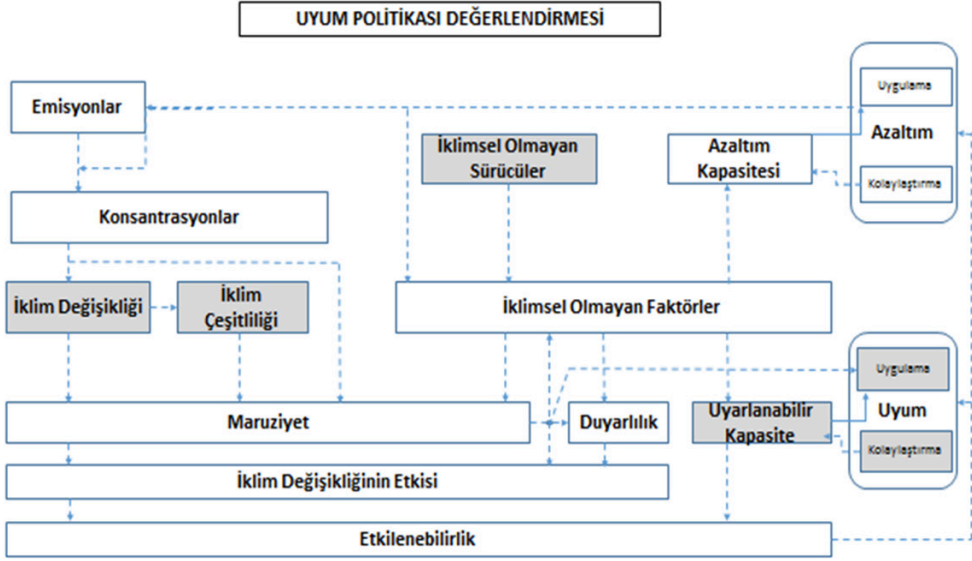


Kaynak: Füssel ve Klein, 2006

Şekil 6: İkinci nesil etkilenebilirlik değerlendirmesi



Kaynak: Füssel ve Klein, 2006

Şekil 7: Uyum politikası değerlendirme

Kaynak: Füssel ve Klein, 2006

2.2. Çeşitli Ülkelerde Yürütülen Risk Değerlendirme ve Etkilenebilirlik Değerlendirme Çalışmaları

İngiltere’de konuyla ilgili ilk çalışmalar ve ilk 5 yıllık süreç 2012 yılında ‘İklim Değişikliği Risk Değerlendirmesi/The Climate Change Risk Assessment (CCRA)’ adı ile başlatılmıştır. CCRA genel itibariyle İngiltere’de iklim değişikliği karşısında belli başlı olası riskleri ve fırsatları değerlendirmiştir. Bu bağımsız analizle çeşitli sektörlerdeki riskler gözden geçirilmiş ve değerlendirilmiştir. Böylelikle, çeşitli sektörlerin arasında karşılaştırma yapmak ve sektörler arası ve sektörler özelinde riskleri belirlemek kolaylaşacaktır. Londra Metropolitan’ındaki olası iklim değişikliği risklerinin özeti UK (2012) yayını içerisinde verilmektedir.

Avrupa'daki öncü nitelikteki bir diğer çalışmada Natura 2000 ağı kapsamındaki Avrupa habitatlarının iklim değişikliği karşısındaki değişimlerini değerlendirebilecek bir etkilenebilirlik metodolojisi geliştirilmiştir. Avrupa Birliği (AB) Habitat Direktifi 71 öncelikli habitatında (AB sınırlarında doğal hayatta görülen ve yok olma tehdidi altında bulunanlar) yer aldığı toplam 231 habitat türü listelenmiştir. Doğal hayatın korunması bağlamında (habitatların ve türlerin iklim değişikliği karşısında korunmaları da dahil olmak üzere), en etkilenebilir türlerin tanımlanarak önceliklendirilmesi ve uyum eylemlerinde ilk sırada düşünülmesini gerektirir. Etkilenebilirlik analizi, bu önceliklendirilen türler üzerinde karar verme mekanizmalarını haberdar etmek ve uyarmakla yükümlüdürler (ETC/ACC, 2010).

Avrupa ülkeleri için iklim değişikliği, etkileri ve etkilenebilirlik kavramları üzerine indikatör-bazlı bir rapor da 2012 yılında hazırlanmıştır (EEA, 2012).

Inter-Amerikan Kalkınma Bankası (IDB) Çevresel Koruma Önlemleri Birimi de özellikle Karaipler üzerine konu ile ilgili bir rapor 2014'de hazırlamıştır (IDB, 2014). Karaipler için hazırlanmış olan bu teknik içerikli dokümanda en uygun risk ve etkilenebilirlik analizi yöntemlerinden söz edilmektedir.

ABD'de Kaliforniya Eyaleti, iklim değişikliği politikalarının geliştirilmesi, planlanması ile iklim değişikliği ve etkileri konularında araştırma faaliyetlerine verdiği destekle tüm eyaletler arasında öncü bir rol üstlenmiştir. Kaliforniya Raporu, sektörel etki analizinde 'indikatörler' olarak kullanılacak çok sayıda bilimsel veriyi bir araya getiren ve sunan bir rapor niteliğindedir (California Report, 2013). Bu sözü edilen indikatörler, eyalette yürütülmüş olan izleme ve araştırma faaliyetlerinin yanı sıra federal temsilcilikler, üniversiteler ve diğer araştırma kuruluşları tarafından da üretilmişlerdir. Sektörel analiz için seçilenler ise genel itibarıyla iklim değişikliği ile sıcaklık ve yağmur gibi meteorolojik verilerin miktar, rejim ve sıklığının nasıl değiştiğini, yine bu durum karşısında sera gazlarının emisyonunda ısı kapanlarının rolünü anlatan güncel ve temsil edici nitelikteki indikatörlerdir. Bunlar, iklim değişikliği karşısında başta tatlısu ve denizel ekosistemleri olmak üzere, insanların, hayvanların ve bitkilerin kısacası tüm çevresel koşullarının nasıl etkilendiğini

gösterebilmeleri açısından önemlidirler. 2013 yılına ait bu rapor, ilk kez 2009 yılında basılmış halinin güncellenmiş sürümüdür.

Uluslararası uzmanların toplandığı Namibya'daki çalıştayda, FAO tarafından 2012-2013 yıllarında hazırlanmış olan bir genelge sunulmuştur. Bu genelgede iklim değişikliği konusunda çeşitli etkilenebilirlik metodolojileri tanıtılmıştır. Sözü geçen tüm metodolojilerin dipnotlarında bibliyografyaları da verilmiş olup, ağırlıklı iklim değişikliğinin balıklar ve deniz ürünleri sektöründeki etkilenebilirlikleri konusundaki yöntemler tanıtılmıştır (FAO, 2013).

GmbH (The Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit), yani kısa adıyla GIZ, bilindiği gibi uluslararası kalkınma konusunda uzmanlaşmış bir kuruluştur. Günümüzde dünyanın her yerinde sayısı giderek artan birçok iklim değişikliğine uyum projesi yürütmektedir. GIZ'in etkilenebilirlik analizi ve değerlendirmesi bağlamında tamamlanmış olan projeleri Hindistan, Kamboçya, Bolivya, Kenya, Tunus, Peru ve Ürdün'de çeşitli yerel ölçekte (GIZ, 2012).

En yeni çalışmalardan biri de, Batı Afrika ülkelerinde uygulamaya konulması düşünülen risk değerlendirmesine yönelik indikatör geliştirme üzerinedir. Bugüne kadar bilinen klasik yaklaşımlar yerine bu çalışmada çoklu-ölçekli katılım süreci kullanılmıştır (Asare-Kyei, Kloos, & Renaud, 2015). Gelinek nokta itibarıyla, çoklu-risk değerlendirmesi için uygun indikatörler ve bunların ağırlıkları henüz belirlenmiştir.

İklim değişikliği biliminin gelişmesi ve bu konuda dünya ülkelerinin deneyim kazanıp uyum eylemlerini belirleyip bunları hayata geçirebilmeleri; bunun yanı sıra olası etkilerin azaltılması yönündeki çalışmaların da paralelinde yürütülebilmesine bağlıdır. Dolayısıyla, iklim değişikliği konusunda çeşitli olası etkilerin incelenmesi için birçok eş zamanlı projenin hayata geçirilmesi önemlidir. Bu bağlamda, Birleşmiş Milletler'e (BM) büyük görev düşmektedir. İklim değişikliği ve etkileri sınır tanımadığından ve uluslararası öneme sahip ve her ülkeyi ilgilendiren bir sorun olduğundan dolayı küresel ölçekte çözüm arayışları da birçok projenin eş zamanlı

yürütölmesine vesile olmaktadır. Esasında bu çalışmalar birer zorunluluktur. BM 2011 yılında bir kitap yayınlamış ve o güne kadar dünyanın çeşitli ülkelerinde uygulanan etkilenebilirlik analizi çalışmalarına yer vererek, konuya ilgi duyan tüm tarafları bu analiz yöntemleri konusunda bilgilendirmiştir (UN, 2011). Diğer uluslararası bir kuruluş olan Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) de 2014 yılında dünyanın farkındalığını arttırmak adına iklim değişikliği karşısında risk değerlendirmesi konusunda ve gelecek projeksiyonları ile senaryolarının da sunulduğu bir rapor hazırlamıştır (WHO, 2014).

3. ETKİLENEBİLİRLİK DEĞERLENDİRMESİ

Uyum konusunda öncelikle kırılganlık/etkilenebilirlik kavramı önem taşımaktadır. Bu kavram iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin arkasında yatan gerçeğin anlaşılmasına ve iklim değişikliğine karşı en duyarlı noktaların tespitine yardımcı olmaktadır. Uyum önlemlerinin belirlenmesi ve önceliklendirilmesinde en etkili yöntem “etkilenebilirlik değerlendirmesi” yapmaktır. Etkilenebilirlik, risk çalışmalarında risk azaltımı yapmak için gerekli olan eylemlerin birden çok parametre doğrultusunda uygulanabilirliğinin değerlendirilmesinde yol göstericidir.

Sektörel etkilenebilirlik analizi ise doğal (taşkın, kuraklık, fırtına, deprem vb.) veya insan kaynaklı (terör saldırıları) felaketlerde, belirli sektörlerin bu durumdan nasıl etkilenebileceğini belirlemek için kullanılan bir değerlendirme sistematığıdır.

Etkilenebilirlik analizi çalışmalarında temel olarak dört yaklaşım öne çıkmaktadır.

Bunlar;

- ▶ Risk-Tehlike Yaklaşımı (RTY),
- ▶ Siyasal Ekonomi Yaklaşımı (SEY),
- ▶ Entegre Değerlendirme Yaklaşımı (EDY)
- ▶ Biyofiziksel Yaklaşım (BY)

Tablo 1’de etkilenebilirlik yaklaşımlarının ana hatları özetlenmektedir.

Tablo 1: Etkilenebilirlik yaklaşımları

Yaklaşım	Nitelik	Odak Noktası
RTY	Afetin durumu tanımlayıcıdan çok betimleyici bir yaklaşımla incelenmektedir. Bir başka ifadeyle, etkilenebilirlik donanımsal bir perspektifle ele alınmaktadır.	Afetlerin mühendislik ve teknik alanları üzerindeki etkilerine odaklanmaktadır.
SEY	Etkilenebilirlik kavramı “dahili sosyal etkilenebilirlik” veya “çapraz ölçekli sosyal etkilenebilirlik” olarak nitelendirilmektedir. “Tepki verme kapasitesi”, “baş etme kapasitesi” ve “esneklik” etkilenebilirliğin temel özellikleridir.	İnsanlar üzerine odaklanmakta ve “niçin” ve “kime” sorularını dikkate almaktadır.
EDY	Karma yöntem yaklaşımları, etkilenebilirliğin iç ve dış boyutları bir arada değerlendirilmektedir.	Etkilenebilirliğin hem sosyoekonomik hem de biyofiziksel boyutu odak noktasındadır.
BFY	Çevresel stresin hem sosyal hem de biyolojik sistemlerde neden olduğu hasar seviyesini değerlendirir.	Etkilenebilirliğin sosyal ve biyolojik boyutları ön plandadır.

Kaynak: Zarafshani et al., 2012

3.1. Sektörel Etkilenebilirlik Analizinin Uyum Stratejilerinin Planlamasında Kullanımı

Sektörel etkilenebilirlik analizi için IPCC tarafından geliştirilen bazı endeksler olmasına ve genel hatlarıyla etkilenebilirliğin nasıl değerlendirilmesi gerektiğine ilişkin ve yukarıda bahsedilen bir yöntem önerilmesine karşın, sektörel etkilenebilirlik analizi için dünya çapında kabul görmüş genel geçer bir yöntem bulunmamaktadır. Genellikle gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkeler IPCC tarafından önerilen yöntemi uygulamaktadır. Diğer taraftan, İspanya, İtalya, Yunanistan, Hollanda, Portekiz gibi bazı Avrupa ülkeleri de IPCC'nin etkilenebilirlik tanımını benimsemişlerdir.

ABD’nde etkilenebilirlik ve risk değerlendirmesi çalışmaları farklı bir yaklaşımla ele alınmaktadır. Eyaletlerin çoğu kendi yönetim planlarını oluşturmakta ve etkilenebilirlik analizi çalışmaları bu planların içinde yer almaktadır. Colorado, Arizona, Kansas, Texas ve Nebraska kuraklığa en çok maruz kalan eyaletlerdir. Örneğin, Colorado Eyaleti Kuraklık Yönetim Planı’nda maruziyet ve duyarlılık

endeksleri ayrı ayrı incelenmemekte, onun yerine “etki” endeksi kullanılmakta ve bu endeks sıcaklık artışı, yağış eksikliği, aşırı su tüketimi, kentleşme gibi çevresel baskıların tamamını yansıtmaktadır (Colorado Water Conservation Board, 2013). IPCC yöntemini benimseyen çalışmalarda ise, önceden de belirtildiği üzere etki, maruziyet ve duyarlılık olarak iki ayrı bileşen altında incelenmektedir.

Türkiye genelinde gerçekleştirilen sektörel etkilenebilirlik çalışmaları incelendiğinde ise iki çalışma ön plana çıkmaktadır. İklim değişikliğinin yüzeysel sular ve yeraltı sularına havza ölçeğindeki etkisinin tespiti ve uyum faaliyetlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi (İklimSu)” kapsamında, üç pilot havzada (Büyük Menderes, Ceyhan ve Meriç-Ergene) iklim değişikliğinin sektörel etkilenebilirlik analizi havza bazında gerçekleştirilmiş. Bu analizde içme ve kullanma suyu, tarım, sanayi ve ekosistem gibi temel sektörlerin yanı sıra her havzada öne çıkan, o havza için önem teşkil eden sektörler de incelenmiştir. Örneğin, turizm sektörü Büyük Menderes’te, enerji sektörü Ceyhan Havzası’nda ve sanayi sektörü Meriç-Ergene Havzası’nda incelenmiştir (İklim, 2016). Tüm havzalar için yürütülmekte olan bu çalışmanın sonuçları çağımızın önemli küresel sorunlarından birisi olan iklim değişikliğine uyum çalışmalarının geliştirilmesi açısından faydalı bir kaynak olacaktır. Konya, Akarçay, Doğu Akdeniz, Kuzey Ege, Küçük Menderes, Antalya, Burdur ve Van havzaları özelinde alt havzalar bazında gerçekleştirilen Kuraklık Yönetim Planları çalışmaları ise Türkiye’de kuraklık ölçeğinde sektörel etkilenebilirlik analizi çalışmaları gerçekleştirilen önemli çalışmalardır (Kuraklık, 2019).

Etkilenebilirliğin belirlenmesi için nitel ve nicel yaklaşımların bir arada kullanıldığı bu çalışmalarda tarım, içme ve kullanma suyu, sanayi ve ekosistem temel sektörlerinin kuraklık olayından etkilenme seviyeleri alt havzalar bazında belirlenmiştir. Uyum stratejileri türlerin, doğal sistemlerin ve insan topluluklarının değişen koşulların getireceği olumsuzluktan daha az etkilenmelerini sağlayan eylemleri kapsamaktadır. Bu stratejiler pek çok farklı şekilde uygulanabilir. Literatürde yer alan çoğu çalışmada bu stratejiler; direnç, esneklik ve kolay dönüşüm olmak üzere üç ayrı başlık altında sınıflandırılmıştır. Uyum için direnç stratejileri iklim değişikliğinin

doğrudan etkilerini önlemeyi amaçlamaktadır. Esneklik stratejileri, kritik ekolojik sürecin yüksek bir işlev ya da bütünlük seviyesine getirilmesini sağlayarak, iklim değişikliğinin etkileri ile başa çıkma kapasitesinin artırılmasını amaçlamaktadır (Kuraklık, 2019).

Kolaylaştırılmış dönüşüm stratejileri iklim değişikliğine bağlı geçişlerin doğasını öngörür ve bu beklenen eğilimlerle birlikte çalışarak ekolojik bozulmayı en aza indirirken gelecekteki iklim koşullarıyla uyumlu geçişleri kolaylaştıran eylemler içerir. Bazı görüşler, direnç ve esneklik stratejilerini doğal koşulların korunması ve restorasyonu olarak nitelendirmektedir. Buna karşın kolaylaştırılmış dönüşüm, gelecekteki koşullara dayandığı için 'öngörülen' stratejiler dizisi olarak ele alınmaktadır.

Füssel ve Klein (2006) tarafından uyum kapasitesi dâhil olmak üzere iklim dışında etkilenebilirliği belirleyen faktörlerin uyum çalışmalarına dâhil edilmesi ve beklenen zararların tahmininden ziyade bu zararların azaltılmasının hedeflenmesi konuları ağırlık kazanmıştır. Geleceğe dönük yönetim eylemlerini belirlenebilmesi için geçmişin ve mevcut koşulların planlamacılarca titizlikle değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu değerlendirme, gerçekleşmesi muhtemel değişimin davranışını ve büyüklüğünü belirlemek için karar alma süreçlerinde kullanılmaktadır. Bu bağlamda, sektörel etkilenebilirlik analizi de iklim değişikliğine uyum stratejileri geliştirmek amacıyla yaygın olarak kullanılan bir araçtır.

Dünyada birçok farklı ülkede iklim değişikliğine uyum sağlayabilmek için yapılan çalışmalarda sektörel etkilenebilirlik analizi kullanılmaktadır. Duyarlılık ve uyum kapasitesi endeksleri sistemin mevcut durumunu yansıttığı için hangi noktalarda sistemin iklim koşullarına duyarlılığının arttığı ve ne gibi politikaların, teknolojilerin geliştirilmesiyle iklim değişikliğinden sektörün etkilenebilirliğinin azalacağı belirlenecektir.

3.2. Sektörel Etkilenebilirlik Analiz Yöntemleri

Sektörel etkilenebilirlik analizi ve değerlendirmesinin ilk aşamasında Türkiye ve dünya genelinde konuyla ilgili gerçekleştirilen çalışmalar üzerinde ayrıntılı bir literatür araştırması çalışması yürütülmüştür.Yapılan literatür çalışmasında;

- ▶ Literatürde yer alan bilimsel makaleler (Ravindranath et al., 2011; Zarafshani et al., 2012; Xiaoqian et al., 2013; Brown et al., 2016; Ruminata ve Handoko, 2016)
- ▶ Farklı iklim kuşaklarında bulunan ABD, Bangladeş, Yunanistan, Almanya, Etiyopya, Güney Afrika, Avustralya gibi ülkeler tarafından hazırlanmış çalışma raporları (Rajsekhar ve Singh, 2015; Sehgal et al., 2013; Deressa, Hassan & Ringler, 2008; Zebisch et al., 2005),
- ▶ IPCC (2014), UNEP (2009); EC (2014) vb. farklı kurumlar tarafından hazırlanan raporlar incelenerek dünyanın farklı noktalarından çeşitli ekonomik, sosyal ve iklimsel özelliklere sahip ülkelerde uygulanan yöntemlere ilişkin bir karşılaştırma yapılmıştır.

Literatür çalışması sonucunda;

- ▶ Etkilenebilirlik analizi çalışmalarında kullanılan sektörler,
- ▶ Etkilenebilirliğin maruziyet, duyarlılık, ekonomik değer ve uyum kapasitesi bileşenlerinin formüle edilmesinde kullanılan yöntemler,
- ▶ Her bir sektör için yaygın olarak kullanılan endeksler (parametreler),
- ▶ Etkilenebilirlik analizi çalışmalarında kullanılan normalizasyon yöntemleri,
- ▶ İndekslerin hesaplanması için kullanılmakta olan ağırlıklandırma yöntemleri

belirlenmiştir.

3.2.1. Maruziyet, duyarlılık ve uyum kapasitesi endekslerinin hesaplanması

Etkilenebilirliğin belirlenebilmesi amacıyla maruziyet, duyarlılık ve uyum kapasitesi bileşenlerinin formüle edilmesinde kullanılan yöntemler incelendiğinde; endeks, indikatör ve parametre olmak üzere üç ana değişkenin kullanıldığı görülmüştür.

Belirli bir birime sahip olan parametreler, dünya standartlarıyla karşılaştırılabilinen değişkenlerdir ve bir araya gelerek fiziksel, sosyal, ekonomik vb. çerçevede genel durumu yansıtan indikatörleri oluşturmaktadır.

İndikatörler, endekslerin hangi fiziksel, sosyal, ekonomik etkenlere dayandığını yansıtmaktadır.

Endeksler ise etkilenebilirliğin kaynaklarının toplumsal veya iklim koşullarından ya da yönetsel eksikliklerden ötürü artıp veya azaldığını göstermektedir.

Bu kapsamda belirtilen bu değişkenlere bakılarak doğal kaynaklarda meydana gelen statü değişimi görülebilecek ve bu değişimin sistemin etkilenebilirliğine olan etkisi değerlendirilecektir.

Şekil 8'de etkilenebilirliği oluşturan endeks, indikatör ve parametreler gösterilmektedir.

Şekil 8: Etkilenebilirliği oluşturan endeks, indikatör ve parametreler



İklim değişikliğinin sosyo-ekonomik yaşantı üzerindeki etkisinin fark edilmesine bağlı olarak uyum stratejilerinin geliştirilmesi hükümetler tarafından önemsenmeye başlanmıştır.

Etkilenebilirlik hesaplamaları için dünya genelinde kabul gören bir önceden de belirtildiği üzere etkilenebilirliğin maruziyet, duyarlılık ve uyum kapasitesi endekslerinin bir fonksiyonu olarak ele alınması gerektiği etkilenebilirlik çalışmalarını yürüten pek çok ülkede kabul edilmiştir. Bu doğrultuda yapılan literatür araştırması sonucunda maruziyet, duyarlılık ve uyum kapasitesi indekslerinin kullanılarak etkilenebilirliğin hesaplanmasına yönelik olarak 5 ana yöntemin öne çıktığı görülmüştür.

Bu ana yöntemler şunlardır;

- ▶ $E = (M + D) - (UK)$ (1)
- ▶ $E = (M \times D) / (UK)$ (2)
- ▶ $E = (M - UK) \times (D)$ (3)
- ▶ $E = (M + D) / (UK)$ (4)
- ▶ $E = (M + D + UK) / 3$ (5)

3.2.2. Ülkemizde kullanılan etkilenebilirlik hesaplaması

Ekonomik değer, gerçekleşen iklim olayı sonrası gözlenen kâr/zarar durumlarını ifade etmektedir ve genelde ülkemizdeki çalışmalarda ayrı bir endeks olarak değerlendirilmektedir.

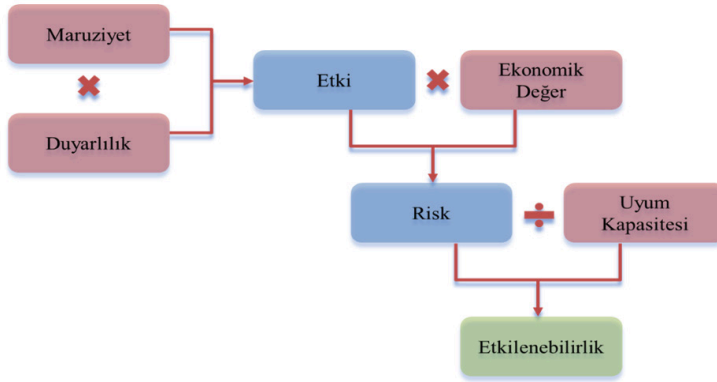
IPCC tarafından önerilen üç ana elemana ek olarak ekonomik değer de bir başka endeks olarak literatürde öne çıkmaktadır.

Etkilenebilirlik hesaplamalarında öne çıkan sektörler;

- ▶ İçme ve kullanma suyu,
- ▶ Tarım,
- ▶ Sanayi,
- ▶ Ekosistem,

4 temel sektördür. Bu temel sektörlerin dışında enerji, turizm ve sağlık ve diğer sektörlerde incelenebilir. Şekil 9'da ülkemizde kullanılan etkilenebilirlik hesaplaması şematik olarak verilmektedir. Etkilenebilirlik yöntemlerinden de Denklem (2)'ye benzerlik göstermektedir.

Şekil 9: Ülkemizde kullanılan etkilenebilirlik hesaplaması



Kaynak: İklim, 2016; Kuraklık, 2019

Yapılan çalışmalara bakıldığında tarım sektörüne ilişkin çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Özellikle Bangladeş, Hindistan, Pakistan gibi az gelişmiş olan ülkelerde gerçekleştirilen çalışmalar genellikle tarım sektörü ile ilgilidir. Yunanistan, İspanya, İtalya, Hollanda, Almanya, Portekiz gibi gelişmiş Avrupa ülkelerinde, ABD'nin kuraklıktan en çok etkilenen Colorado, Nebraska, Texas, Kansas gibi eyaletlerinde ve Avusturalya'da tarım dışı sektörleri de içeren yönetim planları oluşturulmakta ve bu planlar çalışmalarını da içermektedir. Çalışmalarda tarım sektörü dışında endüstri, turizm, içme ve kullanma suyu ve ekosistem sektörlerine ilişkin olarak yapılan çalışmalar da yer almaktadır. Enerji ve madencilik sektörlerinin ise çoğunlukla sanayi sektörü altında incelendiği görülmüştür (Kuraklık, 2019).

3.2.3. Sektörlerin etkilenebilirlik endekslerinde kullanılan parametreler

Maruziyet, duyarlılık ve uyum kapasitesi indekslerinin sayısal bir değer olarak elde edilebilmesi kapsamında öncelikli olarak indikatörlerin belirlenmesi, indikatörlerin belirlenebilmesi için ise belirli bir indikatörü ifade eden parametrelerin ele alınması gerekmektedir.

Maruziyet her bir sektör için aynı anlama gelmektedir. Örneğin, kuraklık olayı yağış miktarındaki azlık ve/veya yüksek sıcaklık dolayısıyla mevcut su miktarındaki azalmayı ifade ettiği için sektörler özelinde değişkenlik göstermemektedir.

Duyarlılık ve uyum kapasitesi indeksleri ise sektörlerin sosyo-ekonomik statülerini belirlediği ve su kullanımına bağımlılıklarını yansıttığı için her bir sektör özelinde farklılaşmaktadır.

Parametrelerin Birleştirilmesi: Her sektöre ilişkin etkilenebilirlik analizi çalışması kapsamında belirlenen parametreler birbirinden farklı birimlere sahip olduğundan hesaplamaların sonuçlarının karşılaştırılabilir olması amacıyla normalizasyon işleminin uygulanması gerekmektedir. Bu aşamada yapılan normalizasyon çalışmasının prosedürü büyük önem taşımaktadır. Dünya genelinde yürütülen sektörel etkilenebilirlik analizi çalışmalarında normalizasyon işleminin gerçekleştirilmesi için yaygın olarak Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) tarafından İnsani Gelişmişlik İndeksi hesaplamalarında da kullanılan maksimum-minimum normalizasyon yöntemi benimsenmiştir.

Denklem (1) ve Denklem (2) sırasıyla etkilenebilirlik değeriyle pozitif ve negatif korelasyona sahip parametreler için kullanılan normalizasyon yöntemlerini göstermektedir.



Normalize edilmiş değer=

$$\frac{(\text{Gerçek Değer}-\text{Minimum Değer})}{(\text{Maksimum Değer}-\text{Minimum Değer})}\times 100$$

(1)

Normalize edilmiş değer=

$$1-\frac{(\text{Gerçek Değer}-\text{Minimum Değer})}{(\text{Maksimum Değer}-\text{Minimum Değer})}\times 100$$

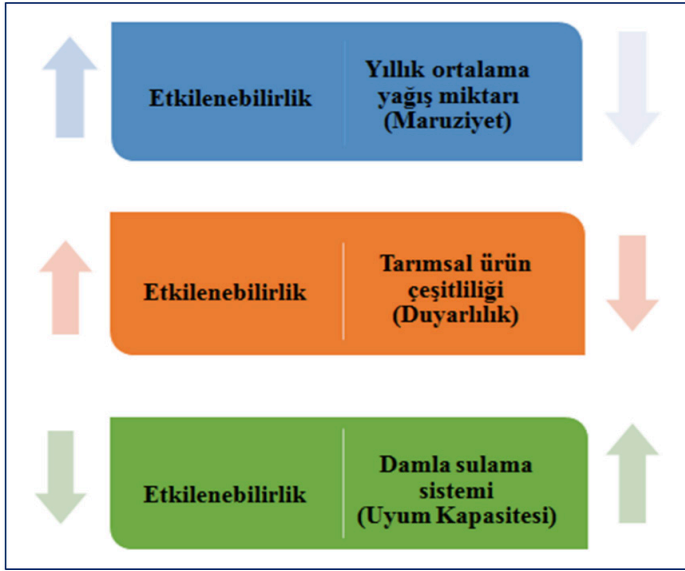
(2)

Denklemlerde ifade edildiği üzere parametrelerin etkilenebilirlikle olan korelasyonunun önem taşıdığı görülmektedir.

Etkilenebilirliğin Parametrelerle Korelasyonu

Şekil 9'da örnek olarak tarım sektöründe etkilenebilirlikle parametreler arasındaki bağıntının nasıl kurulduğu gösterilmektedir. Şekildeki örnekte, yıllık yağış miktarının azalması tarım sektörünün kuraklık olayına daha ciddi şekilde maruz kaldığını göstermektedir. Yıllık yağış miktarının azalması maruziyet endeksinin değerini artıracak ve bu da etkilenebilirlik derecesinin artmasına sebep olacaktır. Bu durumda yıllık yağış miktarı ile etkilenebilirlik pozitif korelasyona sahiptir ve bu parametrenin normalizasyonunda Denklem (1) kullanılmalıdır.

Benzer şekilde tarımsal ürün çeşitliliğinin azalması sonucunda tarım sektörünün kuraklığa olan duyarlılığı artacaktır. Bu durum duyarlılık endeksinin artışına sebep olacaktır. Kullanılan hesaplama denklemi göz önüne alınırsa, duyarlılık endeksinin artması etkilenebilirlik değerinin artmasına sebep olacaktır. Dolayısıyla tarımsal ürün çeşitliliği ve etkilenebilirlik değeri de pozitif korelasyona sahiptir. Damla sulama sisteminin varlığı veya kullanım oranının fazlalığı ise uyum kapasitesi endeksinin değerini artıracığı için etkilenebilirlik değerini düşürmektedir. Bu durumda damla sulama sistemi varlığı veya kullanım oranı etkilenebilirlik ile negatif korelasyona sahiptir ve normalizasyon Denklem (2) ile gerçekleştirilmelidir.

Şekil 10: Etkilenebilirliğin parametrelerle korelasyonu

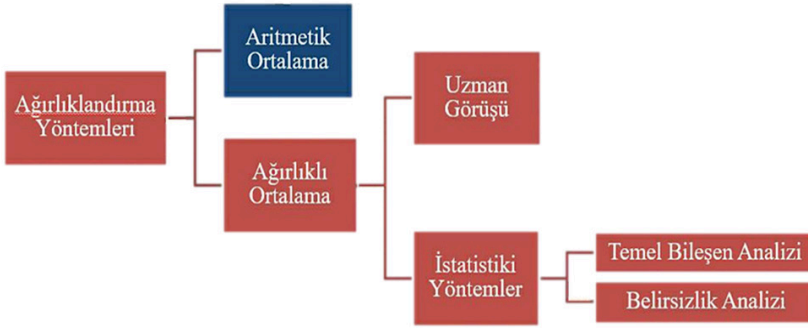
Endekslerin Puanlandırılması ve Dereceleri: Normalizasyon işlemine göre parametrelerin ve endekslerin 0 – 1 arası değerler almasından dolayı etkilenebilirlik hesabında bütün indeksler 1–4 arasında puanlandırılabilir.

Tablo 2: Endekslerin puanlandırılması ve dereceleri

Normalize Değer Aralığı	Derece	Etkilenebilirlik Derecesi	Maruziyet Derecesi	Duyarlılık Derecesi	Ekonomik Değer Derecesi	Uyum Kapasitesi Derecesi
0 - 0,25	1	Az	Az	Az	Az	Az
0,25 - 0,50	2	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta
0,50 - 0,75	3	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
0,75 - 1,00	4	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Çok Yüksek

Parametrelerin Ağırlıklandırılması: Parametrelerin normalizasyonundan sonra parametrelerin birleştirilebilmesi için ikinci adım olan ağırlıklandırmanın gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Literatürde ağırlıklı ortalama ve aritmetik ortalama olmak üzere iki temel yöntem öne çıkmaktadır. Şekil 11'de bu yöntemler şematik olarak gösterilmektedir.

Şekil 11: Parametrelerin Ağırlıklandırılması



Ağırlıklı Ortalama: Ağırlıklı ortalamanın hesaplanabilmesi için parametrelerin etki oranlarını gösteren katsayıların belirlenebilmesi kapsamında bazı istatistiki yöntemlerden veya uzman görüşlerinden yararlanılmaktadır. İstatistiki yöntemler ile mevcut veri setleri değerlendirilerek, parametreleri ağırlıklandıran katsayılar belirlenmektedir. Temel bileşen analizi ve belirsizlik analizi bu yöntemlere örnek teşkil etmektedir. Ancak bu gibi istatistiki yöntemler, sistemin genel davranışını değerlendirebilmek için geniş veri setlerine ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle ciddi veri boşluklarının olması durumunda sistemin farklı yorumlanmasına sebep olmakta ve yanıltıcı sonuçlar verebilmektedir.

Aritmetik Ortalama: Bu yöntemde bütün parametrelerin sektörlerin etkilenebilirliği için eşit ağırlıkta olduğu varsayılırken, ağırlıklı ortalama yönteminde sektörlerin etkilenebilirliği üzerinde her bir parametrenin farklı ölçüde etkili olduğu kabul edilmektedir. Veri yetersizliği gibi durumlarda istatistiki yöntemlerin kullanım zorluğu ve her bir sektörde yetkinleşmiş uzmanların bulunmasının zorluğu

nedeniyle uzman görüşünden yararlanılamayacağı için en kullanılabilir yöntem olarak aritmetik ortalama yöntemi görülmektedir. Bu nedenle tercih edilir. Yapılan tüm hesaplamalar sonucunda örneğin, her bir alt havza için bir etkilenebilirlik derecesi belirlenir ve söz konusu havzanın/havzaların alt havzaları kendi içlerinde karşılaştırılır. Karşılaştırma sonucunda (olaya) en yüksek oranda maruz kalan ve bu (olaya) sosyo-ekonomik açıdan en duyarlı olan alt havza belirlenmiş olur.

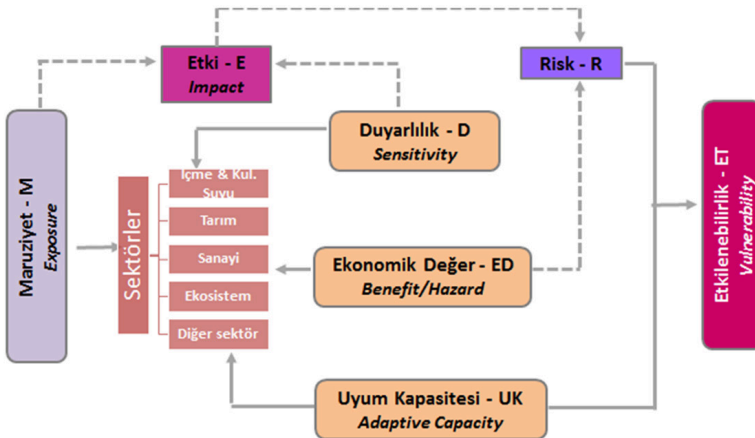
Etkilenebilirlik (kırılgnalık) göstergeleri 2 örnek proje çalışması (Sektörel Etkilenebilirlik Analiz Sonuçları) üzerinden anlatılacaktır.

Bunlar;

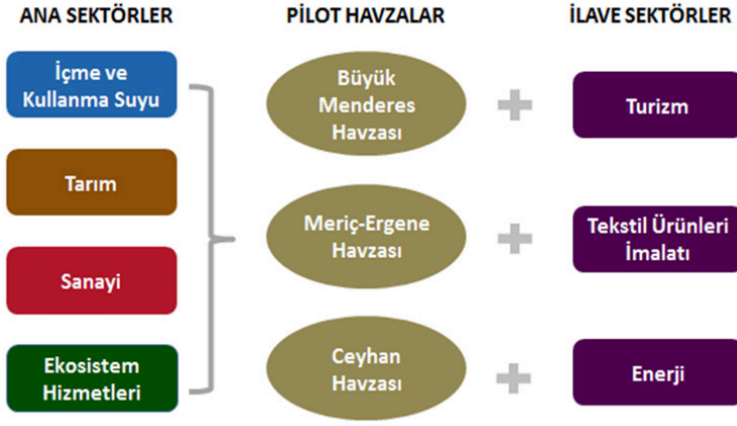
- İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi (2016) ve
- Seyhan, Ceyhan ve Asi Havzaları Kuraklık Yönetim Planlarının Hazırlanması Projesi (2019)'dir.

Şekil 11'de İklim projesinde sektörel etkilenebilirlik analizinde kullanılan yöntem şematik olarak gösterilmektedir. Şekil 12'de ise aynı projedeki analizlerde kullanılan sektörler ve örnek havzalar belirtilmektedir.

Şekil 12: İklim projesi kapsamında sektörel etkilenebilirlik analizinin şematik gösterimi



Şekil 13: İklim projesi kapsamında sektörel etkilenebilirlik analizlerinde kullanılan sektörler ve örnek havzalar



Kaynak: İklim, 2016

Bu projede 3 farklı iklim modeli ve her modelde RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları kullanılmıştır. Her model için farklı maruziyet değerleri hesaplanmamıştır. %50 olasılığa göre ortada kalan modelin su potansiyeli değeri (medyan) maruziyet indislenmesinde kullanılan veri olmuştur. İklim projeksiyonları her 10 yıllık dönemlerde yapıldığından, her 10 yıllık dönemde farklı modellerin değerleri maruziyet indislenmesinde kullanılmıştır. Tablo 3'de maruziyet eşitliğinin ne olduğu belirtilmiştir. Tabloyu takip eden Şekil 13'de de Büyük Menderes Havzası'nda örnek olarak 2061-2070 dönemindeki maruziyet değerinin nasıl hesaplandığı gösterilmektedir.

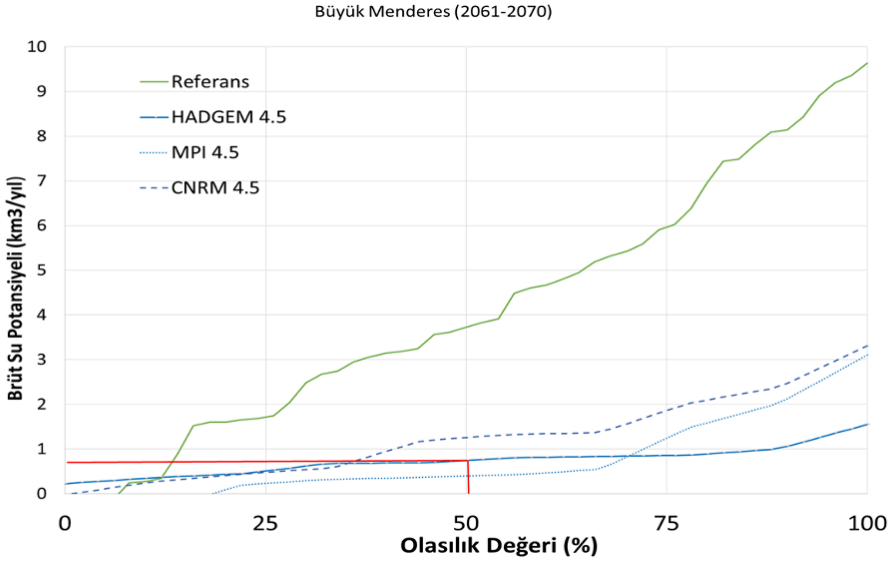
Tablo 3: Maruziyet eşitliği

x	Su potansiyeli (Teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir ve kullanılabilir olmayan su miktarı)
c	İçme ve kullanma suyu ihtiyacı
d	Sanayi suyu ihtiyacı
e	Tarımsal su ihtiyacı
f	Ekolojik su ihtiyacı (su potansiyeli değerinin %10'u)

Kaynak: İklim, 2016

$$\text{Maruziyet Değeri} = C + D + E + F / X$$

Şekil 14: Büyük Menderes Havzası 2061-2070 dönemi maruziyet değerinin bulunması örneği



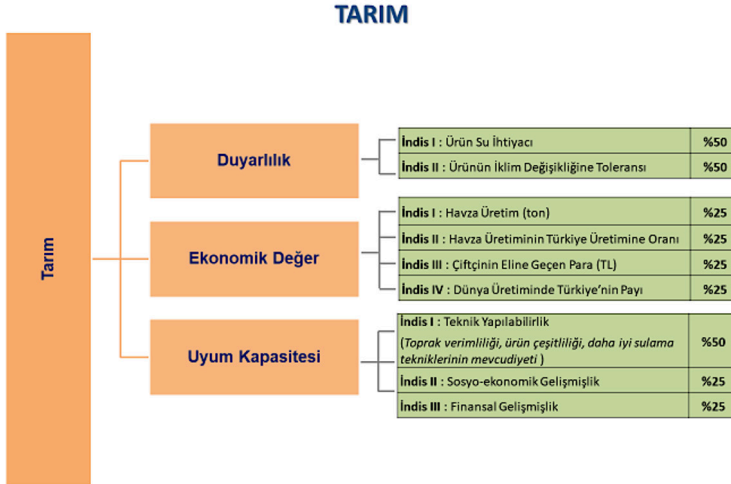
Kaynak: İklim, 2016

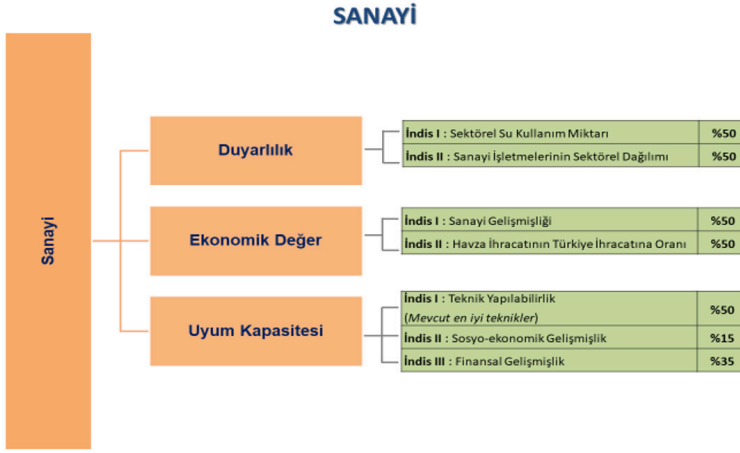
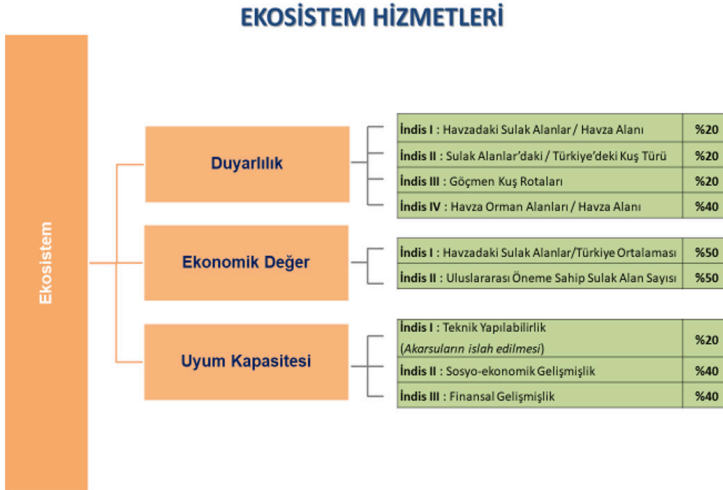
4. SEKTÖRLER VE ETKİLENEBİLİRLİK GÖSTERGELERİ

4.1. İklim Projesi Örnekleri

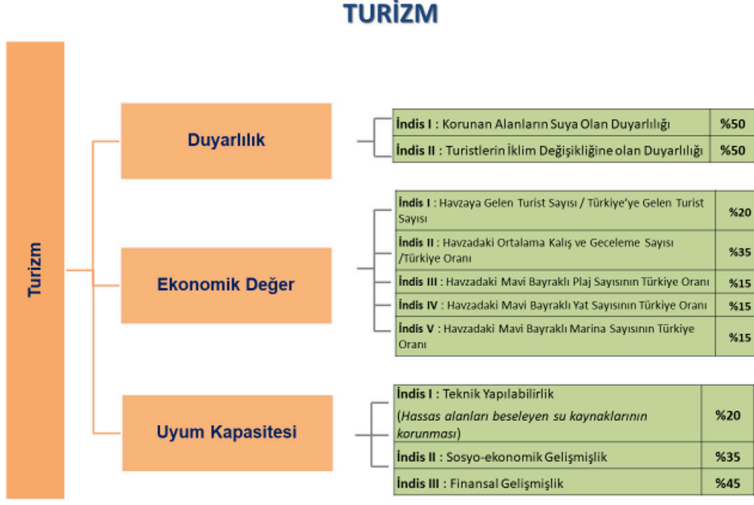
Projenin sektörel etkilenebilirlik analizi kapsamında ilgili her sektörün şematik olarak duyarlılık, ekonomik değer ve uyum kapasitesinin belirlenmesinde kullanılan indisler ve uzman görüşü çerçevesinde belirlenen ağırlıkları şemalar olarak sunulmaktadır. Sektörler arasında sadece İçme ve Kullanma Suyu sektörü örnek olarak ele alınarak indislerin hangi yöntemlerle ve nasıl indislerinin hesaplandığı detaylı olarak anlatılmıştır. Sırasıyla Şekil 14 tarım, Şekil 15 sanayi, Şekil 16 ekosistem hizmetleri, Şekil 17 turizm, Şekil 18 enerji ve Şekil 19 içme ve kullanma suyu sektörlerinin indislerine yer vermektedir.

Şekil 15: Tarım sektörü etkilenebilirlik göstergeleri

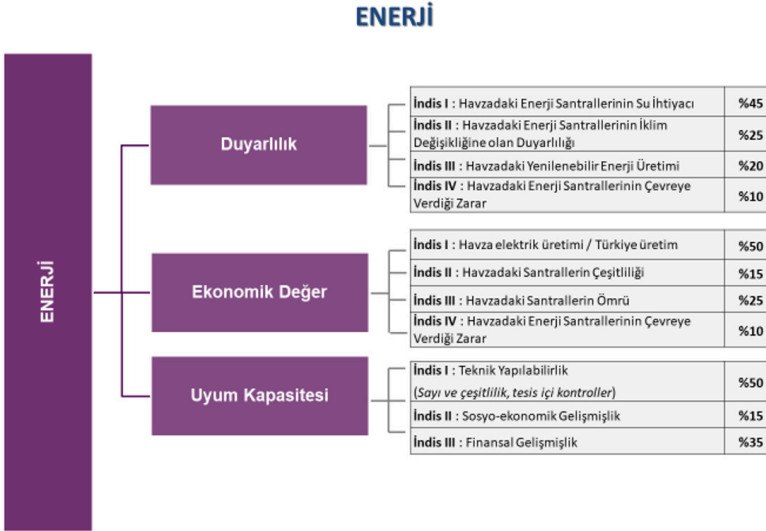


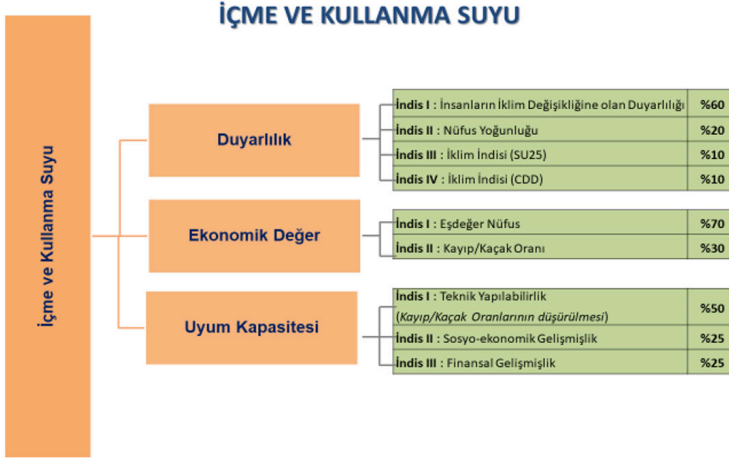
Şekil 16: Sanayi sektörü etkilenebilirlik göstergeleri**Şekil 17:** Ekosistem hizmetleri sektörü etkilenebilirlik göstergeleri

Şekil 18: Turizm sektörü etkilenebilirlik göstergeleri



Şekil 19: Enerji sektörü etkilenebilirlik göstergeleri



Şekil 20: İçme ve Kullanma suyu sektörü etkilenebilirlik göstergeleri

İçme ve Kullanma Suyu sektörünün göstergeleri bu aşamada detaylı olarak anlatılacaktır.

Duyarlılık: İçme ve Kullanma Suyu sektörü duyarlılık parametresi için 4 farklı indis belirlenmiş olup, bu indisler ve etki oranları Tablo 4’de verilmektedir.

Tablo 4: İçme ve kullanma suyu duyarlılık indisleri

İndis	İndis Tanımları	Etki Oranı
İndis I	İnsanların İklim Değişikliğine Olan Duyarlılığı	%60
İndis II	Nüfus Yoğunluğu	%20
İndis III	İklim İndisi (SU25)	%10
İndis IV	İklim İndisi (CDD)	%10

İndis I - İnsanların İklim Değişikliğine olan Duyarlılığı

İçme ve kullanma suyu miktarının iklim değişikliğine bağlı olarak farklılık göstereceği, insanların ve diğer canlıların bu yöndeki duyarlılıklarının çok yüksek olup, değişmeyeceği öngörülmüştür. Dolayısıyla, herhangi bir sınıflandırmaya

gidilmeksizin insanların aynı duyarlılığı göstereceği kabulü yapılarak bu indis en yüksek etki değeri olan 4 olarak belirlenmiştir. Ancak daha detaylı çalışmalarla her havzanın içme ve kullanma sularının temin edildiği kaynaklar da (yüzeysel ve yeraltı suyu potansiyeli, havzada yer alan barajlar ve su tutma kapasiteleri vb.) dikkate alınarak değerlendirilebilir.

İndis II - Nüfus Yoğunluğu

Türkiye’de her bir akarsu havzasının nüfus yoğunluğu değerleri hesaplanmış olup, 25 havza için nüfus yoğunluklarına göre puanlama yapılmıştır. Nüfus yoğunluğu için belirlenen indis aralıkları Tablo 5’de verilmektedir.

Nüfus yoğunluğu indis aralık değerlerinin belirlenebilmesi için Türkiye’deki 25 nehir havzasının nüfus yoğunluk değerleri hesaplanmış ve tüm havzaları dikkate alan aralık değerleri oluşturulmuştur.

Tablo 5: Nüfus yoğunluğu için indis aralıkları

Nüfus Yoğunluğu (kişi/ha)	İndis II
<0,5	1
0,5 ≤ - <1	2
1 ≤ - <5	3
≥5	4

Büyük Menderes Havzası’ndaki nüfus yoğunluğu 0,83 kişi/ha olarak hesaplanmıştır. Büyük Menderes Havzası nüfus yoğunluğu aralık değerlerine bakıldığında 2 indis değerini alarak orta etki seviyesinde olduğu tespit edilmiştir.

İndis III - İklim İndisi (SU25)

Yaz günlerinde 25 °C üzerinde olan gün sayısını ifade eden iklim indisi değeri, referans dönemi gözlem verilerinin ortalaması alınarak her bir havza için belirlenmiştir. Bu

İndis için İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi kapsamında üretilen veriler kullanılmıştır. Yaz günlerinde 25 °C üzerinde olan gün sayısını ifade eden iklim indisi için belirlenen aralık değerleri Tablo 6 ile verilmektedir.

Tablo 6: İklim indisi (SU25) için indis aralıkları

İklim İndisi (SU25)	İndis III
≤100	1
101 - 120	2
121 - 139	3
≥140	4

Büyük Menderes Havzası için yaz günlerinin 25 °C üzerinde olan 137 gün olarak hesaplanmış olup, bu değer 3 indis değerini alarak yüksek etki seviyesi kategorisinde değerlendirilmiştir.

İndis IV - İklim İndisi (CDD)

Ardışık kurak gün sayısını ifade eden iklim indisi değeri, referans dönemine ait gözlem verileri ortalaması alınarak her bir havza için belirlenmiş olup, 25 havza için puanlama yapılmıştır. Bu indis için İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi kapsamında üretilen veriler kullanılmıştır. Ardışık kurak gün sayısını ifade eden iklim indisi için belirlenen aralık değerleri Tablo 7'de verilmektedir.

Tablo 7: İklim indisi (CDD) için indis aralıkları

İklim İndisi (CDD)	İndis IV
≤50	1
51 - 70	2
71 - 84	3
≥85	4

Büyük Menderes Havzası'ndaki küçükbaş ve büyükbaş hayvanların da tükettikleri su miktarlarının dâhil edilebilmesi için havzanın eşdeğer nüfus değeri hesaplanmıştır. Hesaplama havzadaki yerleşik nüfusun ve 2014 yılı büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayıları değerleri ile bulunan su tüketimi değerleri kullanılmıştır.

Tablo 8: İçme ve kullanma suyu duyarlılık ağırlıklı indis değeri

İndis	İndis Tanımları	Değer	Etki Oranı	Ağırlıklı İndis Değeri
İndis I	İnsanların İklim Değişikliğine Olan Duyarlılığı	4	%60	2,40
İndis II	Nüfus Yoğunluğu	2	%20	0,40
İndis III	İklim İndisi (SU25)	3	%10	0,30
İndis IV	İklim İndisi (CDD)	3	%10	0,30
Duyarlılık				3,40

Ekonomik Değer: İçme ve kullanma suyu sektörü ekonomik değer parametresi için 2 farklı indis belirlenmiş olup, bu indisler ve etki oranları Tablo 9'da verilmektedir.

Tablo 9: İçme ve kullanma suyu ekonomik değer indisleri

İndis	İndis Tanımları	Etki Oranı
İndis I	Eşdeğer Nüfus	%70
İndis II	Kayıp/Kaçak Oranı	%30

İndis I - Eşdeğer Nüfus

Büyük Menderes Havzası'ndaki küçükbaş ve büyükbaş hayvanların da tükettikleri su miktarlarının dahil edilebilmesi için havzanın eşdeğer nüfus değeri hesaplanmıştır. Hesaplama havzadaki yerleşik nüfusun ve 2014 yılı büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayıları değerleri ile bulunan su tüketimi değerleri kullanılmıştır.

Büyük Menderes Havzası'nın eşdeğer nüfus değeri, Türkiye eşdeğer nüfus değerinin %3'ünü oluşturmaktadır (Tablo 10).

Tablo 10: Büyük Menderes Havzası eşdeğer nüfus

Tür	Nüfus (kişi/hayvan)	Türkiye *Nüfusu (kişi)	Su Tüketimi (L/kişi.gün)	Eşdeğer Nüfus (kişi-havza)	Eşdeğer Nüfus (kişi-Türkiye)
İnsan	2.186.525	77.695.904	200	2.186.525	77.695.904
Büyükbaş	723.862	14.244.673	50	180.966	3.561.168
Küçükbaş	1.506.717	41.462.349	15	113.004	3.109.676
Toplam				2.480.494	84.366.748
Havzanın Ülke Eşdeğer Nüfusuna Oranı				%3	

*Nüfus verileri TÜİK'ten alınan 2014 yılı verileridir.

Eşdeğer nüfus indisi için belirlenen indis aralık değerleri Tablo 11'de verilmektedir.

Tablo 11: Eşdeğer nüfus için indis aralıkları

Eşdeğer Nüfus	İndis I
≤%2	1
%2,01 - %4	2
%4,01 - %10	3
≥%10,01	4

Büyük Menderes Havzası eşdeğer nüfus değeri %3 olarak hesaplanmış olup, bu değer orta etki sınıfında yer alarak 2 indis değerine karşılık gelmektedir.

İndis II - Su İletim Hatlarında Kayıp/Kaçak Oranı

Kayıp kaçak oranı indisi, havza içinde yer alan illerin su iletim hatlarında kayıp/kaçak oranları ve illerin havza içerisindeki alansal oranları doğrultusunda hesaplanan ortalama bir kayıp/kaçak değerini ifade etmektedir. Havzada yer alan illerin kayıp/

kaçak oranları bulunmuştur. Bu verinin bulunmadığı iller için ise Türkiye'nin mevcut durumunu temsil eden kayıp/kaçak oranı %45 değeri kullanılmıştır. İllerin kayıp/kaçak oranları, illerin havzadaki alansal oranları dikkate alınarak havza ölçeğine getirilmiştir.

Ekonomik değer parametresinin bir indisini temsil eden kayıp/kaçak oranları için belirlenen indis aralık değerleri Tablo 12'de verilmektedir.

Tablo 12: Kayıp/kaçak oranları indis aralıkları

Kayıp/Kaçak Oranı	İndis II
≤ %20	1
%21 - %35	2
%36 - % 49	3
≥%50≤	4

Büyük Menderes Havzası için bu kapsamda belirlenen kayıp/kaçak oranları Tablo 13'de verilmektedir.

Tablo 13: Büyük Menderes Havzası için il bazındaki kayıp/kaçak oranları

İller	Kayıp/Kaçak Oranı	İl Alanının Havzaya Giren Kısmı (%)	Havzadaki Kayıp/Kaçak Oranı
Denizli	%50	%37	%18,5
Aydın	%45	%27	%12,2
Afyon	%43	%13	%5,6
Uşak	%45	%12	%5,4
Muğla	%33	%11	%3,6
Büyük Menderes Havzası			%45,3

Büyük Menderes Havzası için su iletim hatlarındaki kayıp/kaçak oranı %45 değeri ile yüksek etki seviyesindedir. İçme ve Kullanma Suyu sektörü ekonomik değer parametresi için ağırlıklı indis değeri Tablo 14’de verilmektedir.

Tablo 14: İçme ve kullanma suyu ekonomik değer parametresi için ağırlıklı indis değeri

İndis	İndis Tanımları	Değer	Etki Oranı	Ağırlıklı İndis Değeri
İndis I	Eşdeğer Nüfus	2	%70	1,40
İndis II	Kayıp/Kaçak Oranı	3	%30	0,90
Ekonomik Değer				2,30

Uyum Kapasitesi

İçme ve Kullanma Suyu sektörü uyum kapasitesi için 3 farklı indis belirlenmiş olup, bu indisler ve etki oranları Tablo 15’de verilmektedir. Kayıp/Kaçak oranlarının düşürülmesi için uygulanabilir yöntemlerin mevcut olmasıdır. Teknik yapılabirlik indisi değeri için havzaların sosyo-ekonomik ve finansal gelişmişlikleri dikkate alınmıştır. Ayrıca bu indis için her havza özelinde alt yapı zorlukları, arazi eğimleri vb. değişkenler de göz önünde bulundurularak detaylı biçimde değerlendirilebilir.

Tablo 15: İçme ve kullanma suyu uyum kapasitesi indisleri

İndis	İndis Tanımları	Etki Oranı
İndis I	Teknik Yapılabirlik	%50
İndis II	Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik	%25
İndis III	Finansal Gelişmişlik	%25

İndis I - Teknik Yapılabirlik

Buna ek olarak İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği ile kayıp/kaçak oranlarının azaltılması zorunluluk haline gelmiştir. Söz konusu indisin teknik yapılabirlik indisi 3 kabul edilmiştir.

İndis II - Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik

Büyük Menderes Havzası'nda yer alan illerin sosyo-ekonomik gelişmişlik endeksleri bulunarak ilgili illerin havzadaki nüfus oranları ile havzanın sosyo-ekonomik gelişmişlik indisi belirlenmiştir (SEGE, 2011). Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik indisi için belirlenen indis aralıkları Tablo 16'da, havzaya ait sosyo-ekonomik gelişmişlik verileri ise Tablo 17'de gösterilmektedir.

Tablo 16: Sosyo-ekonomik gelişmişlik endeks değeri için indis aralıkları

Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik İndeksi	İndis II
<-1	1
(- 1) - 1	2
1 - 3	3
>3	4

Tablo 17: Büyük Menderes Havzası sosyo-ekonomik gelişmişlik indisi (SEGE, 2011)

İller	İllerin Gelişmişlik Endeksi	Havza İçine Giren Nüfus Oranı (%)	Havzadaki Gelişmişlik İndisi
Denizli	0,91	%30	0,27
Aydın	0,56	%30	0,17
Afyon	-0,1	%5	-0,004
Uşak	0,37	%33	0,12
Muğla	1,00	%2	0,02
Büyük Menderes Havzası Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik İndisi			0,58

Büyük Menderes Havzası sosyo-ekonomik gelişmişlik indisi 0,58 değerini alarak orta etki (2) seviyesindedir.

İndis III - Finansal Gelişmişlik

Büyük Menderes Havzası'nda yer alan illerin finansal gelişmişlik endeksleri bulunarak ilgili illerin havzadaki nüfus oranları ile havzanın finansal gelişmişlik endeksi belirlenmiştir (İktisadi Araştırmalar Bölümü, 2014). Finansal Gelişmişlik indisi için belirlenen indis aralıkları Tablo 18'de verilmektedir.

Tablo 18: Finansal gelişmişlik endeks değeri için indis aralıkları

Finansal Gelişmişlik İndeksi	İndis II
<-2	1
(-1) - (-2)	2
(-1) - 1	3
>1	4

Havzaya ait finansal gelişmişlik verileri Tablo 19'da gösterilmektedir.

Tablo 19: Büyük Menderes Havzası finansal gelişmişlik indisi (İktisadi Araştırmalar Bölümü, 2014)

İller	İllerin Gelişmişlik Endeksi	Havza İçine Giren Nüfus Oranı (%)	Havzadaki Gelişmişlik İndisi
Denizli	1,28	%30	0,38
Aydın	0,37	%30	0,11
Afyon	-0,9	%5	-0,05
Uşak	-0,98	%33	-0,32
Muğla	2,64	%2	0,05
Büyük Menderes Havzası Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik İndisi			0,18

Büyük Menderes Havzası finansal gelişmişlik endeksi 0,18 değerini alarak oldukça yüksek etki (3) seviyesindedir.

İçme ve kullanma suyu sektörü ekonomik değer parametresi için ağırlıklı indis değeri Tablo 20’de verilmektedir.

Tablo 20: İçme ve kullanma suyu uyum kapasitesi için ağırlıklı indis değeri

İndis	İndis Açıklaması	Değer	Etki Oranı	Uyum Kapasitesi Ağırlıklı İndis Değeri
İndis I	Teknik Yapılabilirlik	3	%50	2,75
İndis II	Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik	2	%25	
İndis III	Finansal Gelişmişlik	3	%25	

Büyük Menderes Havzası için hesaplanmış olan sosyo-ekonomik ve finansal gelişmişlik indisleri tüm sektörlerin ilgili indislerinde kullanılmıştır.

Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları

Büyük Menderes Havzası için İçme ve Kullanma Suyu, Tarım, Sanayi, Ekoloji ve Turizm olmak üzere 5 ana sektörün Duyarlılık (D), Ekonomik Değer (D) ve Uyum Kapasitesi (UK) parametreleri ağırlıklı indis değerleri belirlenmiştir. Bu parametreler için belirlenen indis değerlerinin projeksiyon dönemi boyunca değişmeyeceği kabulü yapılmış olup, havzayı temsil eden değerlerdir. Bu değerlerin 5 yılda bir güncellenmesi önemlidir. Tablo 21’de havzayı karakterize eden indis değerleri sektörler bazında topluca verilmektedir.

Tablo 21: Büyük Menderes Havzası için sektörlerin ağırlıklı indis değerleri

Sektör / Parametre	Duyarlılık (D)	Ekonomik Değer (ED)	Uyum Kapasitesi (UK)
İçme ve Kullanma Suyu	3,40	2,30	2,75
Tarım	1,82	2,13	3,25
Sanayi	2,75	2,50	2,85
Ekosistem	2,20	1,50	2,40
Turizm	3,23	1,50	2,45

Sektörel etkilenebilirlik analizi için geliştirilen metodolojide tek değişken olan Maruziyet (M) parametresi her 10'ar yıllık dönemler için hesaplanmıştır.

Sektörel Etkilenebilirlik Analizi çalışması kapsamında geliştirilen metodolojiye göre Maruziyet (M) ve havza ve sektör özelinde belirlenen Duyarlılık (D) parametrelerinin çarpılmasıyla Etki (E) değeri elde edilmektedir. Etki (E) parametresi havzaya özel belirlenmiş olan Ekonomik Değer (ED) parametresi ile çarpılarak Risk (R) değerini oluşturmaktadır. Risk (R) parametresi de havzaya özel belirlenmiş olan Uyum Kapasitesi (UK) değerine bölünerek sektörün Etkilenebilirlik (ET) değeri elde edilmektedir.

Büyük Menderes Havzası 2015-2020 dönemi için RCP4.5 senaryosuna göre belirlenmiş olan etkilenebilirlik değerleri hesaplamalara örnek teşkili etmesi açısından Tablo 22'de verilmektedir. Tablo 23'de verilen etkilenebilirlik aralığı ve seviyesine göre de projeksiyon dönemleri boyunca her 2 senaryoya göre etkilenebilirlik değerleri Tablo 24'de sunulmaktadır.

Tablo 25'de çalışmanın sonucu olan etkilenebilirlik seviyeleri ise RCP4.5 senaryosuna göre verilmektedir.

Ayrıca, Şekil 20'de tablo halinde sunulan verilen harita üzerine işlenmiş görsel haline de yer verilmektedir. Böylelikle sektörel etkilenebilirlik değerlendirmesi tamamlanmıştır.

Tablo 22: RCP4.5 senaryosu 2015-2020 dönemi sektörel etkilenebilirlik analizi

Sektör	Maruziyet (M)	Duyarlılık (D)	Etki (E)	Ekonomik Değer (ED)	Risk (R)	Uyum Kapasitesi (UK)	Etkilenebilirlik (ET)
İçme ve Kullanma Suyu	1	3,40	3,40	2,30	7,82	2,75	2,8
Tarım	1	1,82	1,82	2,13	3,89	3,25	1,2
Sanayi	1	2,75	2,75	2,5	6,88	2,85	2,4

Sektör	Maruziyet (M)	Duyarlılık (D)	Etki (E)	Ekonomik Değer (ED)	Risk (R)	Uyum Kapasitesi (UK)	Etkilenebilirlik (ET)
Ekosistem	1	2,20	2,20	1,5	3,30	2,4	1,4
Turizm	1	3,23	3,23	1,5	4,85	2,45	2,0

Tablo 23: Etkilenebilirlik aralığı ve seviyesi

Etkilenebilirlik Aralığı	Etkilenme Seviyesi	Etkilenme Şiddeti
1 - 3	1	Az Etki
4 - 6	2	Orta Etki
7 - 9	3	Yüksek Etki
9<	4	Çok Yüksek Etki

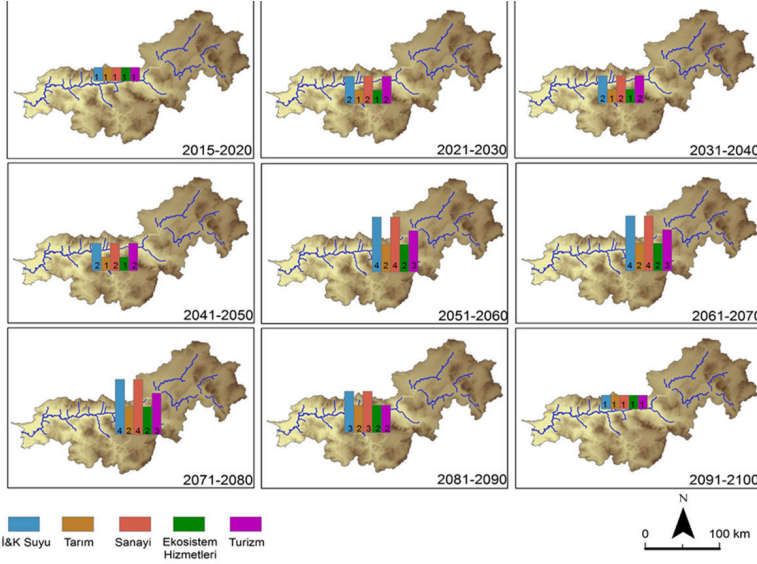
Tablo 24: Büyük Menderes Havzası sektörel etkilenebilirlik değerleri

Sektörler / Yıllar	İçme ve Kullanma Suyu		Tarım		Sanayi		Ekosistem		Turizm	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
2015-2020	2,8	5,7	1,2	2,4	2,4	4,8	1,4	2,8	2	4
2021-2030	5,7	2,8	2,4	1,2	4,8	2,4	2,8	1,4	4	2
2031-2040	5,7	2,8	2,4	1,2	4,8	2,4	2,8	1,4	4	2
2041-2050	5,7	11,4	2,4	4,8	4,8	9,6	2,8	5,5	4	7,9
2051-2060	11,4	8,5	4,8	3,6	9,6	7,2	5,5	4,1	7,9	5,9
2061-2070	11,4	11,4	4,8	4,8	9,6	9,6	5,5	5,5	7,9	7,9
2071-2080	11,4	11,4	4,8	4,8	9,6	9,6	5,5	5,5	7,9	7,9
2081-2090	8,5	11,4	3,6	4,8	7,2	9,6	4,1	5,5	5,9	7,9
2091-2100	2,8	11,4	1,2	4,8	2,4	9,6	1,4	5,5	2,9	7,9

Tablo 25: Büyük Menderes Havzası RCP4.5 senaryosuna göre sektörlerin etkilenebilirlik seviyeleri

Yıllar/Sektörler	İçme ve Kullanma Suyu	Tarım	Sanayi	Ekosistem	Turizm
2015-2020	1	1	1	1	1
2021-2030	2	1	2	1	2
2031-2040	2	1	2	1	2
2041-2050	2	1	2	1	2
2051-2060	4	2	4	2	3
2061-2070	4	2	4	2	3
2071-2080	4	2	4	2	3
2081-2090	3	2	3	2	2
2091-2100	1	1	1	1	1

Şekil 21: Büyük Menderes Havzası RCP4.5 senaryosuna göre sektörlerin etkilenebilirlik seviyelerinin karşılaştırılması



4.1. Kuraklık Yönetim Projesi Örnekleri

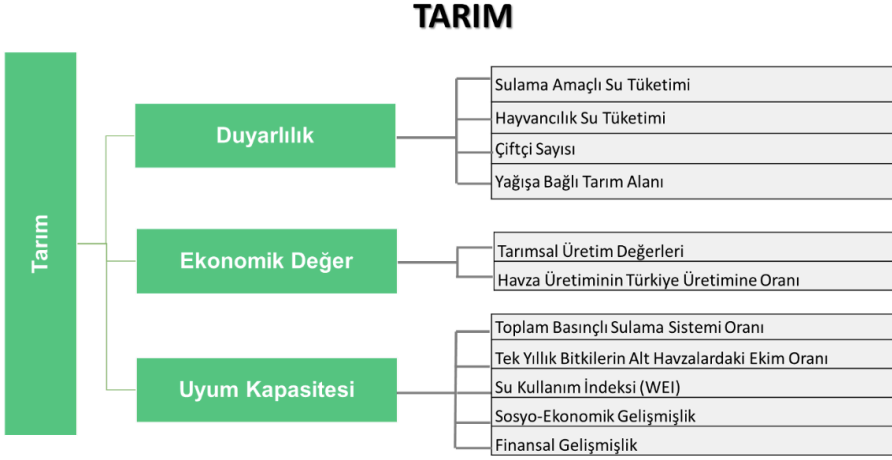
Seyhan Havzası için tarım sektörü etkilenebilirlik analizi hesaplamaları

Havza/alt havzalardaki; sulama amaçlı su tüketimleri, hayvancılık su tüketimi, çiftçi sayısı ve yağışa bağlı tarım alanı oranları dikkate alınarak duyarlılık analizi yapılmıştır. Tarımsal üretim ve havzadaki tarımsal üretimin ülke üretimine oranına bakılarak ekonomik değer analizi gerçekleştirilmiştir. Basınçlı sulama sisteminin oranı, tek yıllık bitkilerin ekiliş oranı, su kullanımı endeksi, sosyo-ekonomik ve finansal gelişmişlik değerleri dikkate alınarak da uyum kapasitesi belirlenmiştir. Hesaplamalar ile tarım sektörü etkilenebilirlik analizi yapılmıştır. Şekil 21'de tarım sektörünün etkilenebilirlik göstergeleri verilmektedir.

Etkilenebilirliğin ifade edilmesinde kullanılan duyarlılık endeksi bir sistemin iklim olayından olumlu veya olumsuz yönde etkilenme yatkınlığını tanımlamaktadır. Sistemin iklim koşullarına duyarlılık derecesi coğrafi koşulların yanı sıra nüfus,

alt yapı, gelir dağılımı gibi sosyo-ekonomik faktörlerle de ilişkilendirilmektedir. Duyarlılık indeksi değeri belirlenirken bahsedilen faktörlerin oluşturduğu parametreler için en güncel durumlar dikkate alınmaktadır.

Şekil 22: Tarım sektörü etkilenebilirlik göstergeleri



Tarım sektörünün kuraklık iklim olayına karşı duyarlılığının belirlendiği bu bölümde duyarlılık indeksi sulama amaçlı su tüketimi, hayvancılık su tüketim miktarı, çiftçi sayısı ve yağışa bağlı (kuru tarım) tarım alanı oranı parametreleri kullanılarak hesaplama yapılmıştır.

Ekonomik değeri ifade eden parametre ve indikatörler dünya genelinde yapılan çalışmalarda genellikle duyarlılık indeksi içerisinde kullanılmaktadırlar.

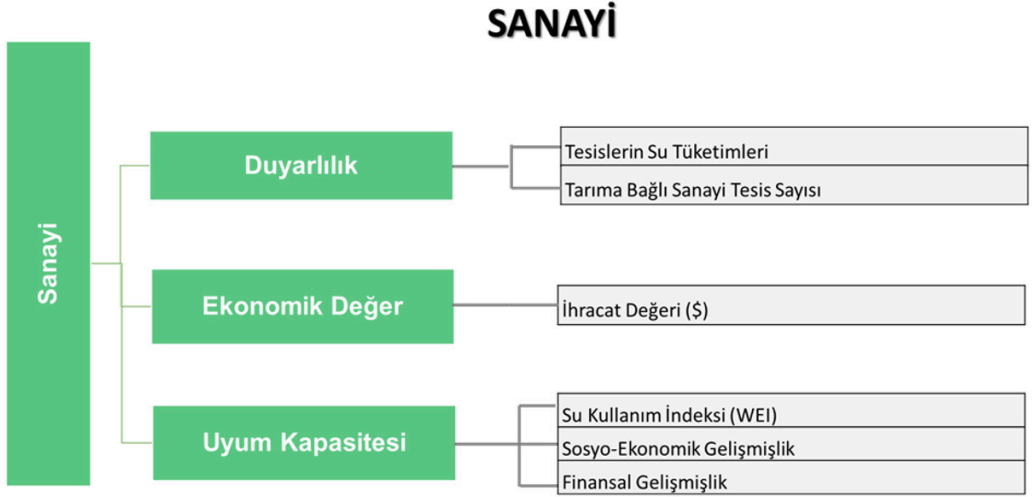
Bu çalışmada kuraklık-ekonomik değer ilişkisini daha net gözlemleyebilmek amacıyla ekonomik değer ayrı bir endeks olarak kullanılmıştır. Tarım sektörünün ekonomik değeri bu çalışmada alt havzadaki tarımsal üretim değerlerinin Türkiye'deki tarımsal üretim değerleri ile kıyaslanması sonucu Türkiye'deki ve/veya dünyadaki üretim payı/ekonomik değeri yüksek ve havza için önemli tarımsal ürünlerin ülkedeki üretim payları aracılığıyla ifade edilmiştir.

Ekonomik değer endeksi hesaplamalarında, havzadaki belli başlı ekonomik değeri olan ürünler dikkate alınmıştır. Bu çalışmada havzadaki toplam tarımsal üretim oranı, soya, Narenciye (mandalina, limon, greyluft, portakal), elma, çerezlik kabak, yer fıstığı, karpuz ve buğday üretimi oranı parametreleri ile hesaplanmıştır. Türkiye'deki üretim payı yüksek ve havza için önemli olan tarımsal ürünlerin ekonomik katkılarının parametre olarak "Toplam Tarımsal Üretim Oranı" parametresiyle birlikte kullanılması havzada homojen dağılıma sahip olmayan ancak ülkedeki üretim payı yüksek bazı ürünlerin de etkilenebilirlik analizine dâhil edilmesine imkan sağlamıştır.

Uyum kapasitesi endeksi, sistemin iklim olayından kaynaklı zararları tolere edebilme kabiliyetini ifade etmektedir. Uyum kapasitesi endeksinin de doğru bir şekilde ifade edilebilmesi için Duyarlılık endeksi gibi çeşitli faktörlerin oluşturduğu bazı indikatörlere ihtiyaç duyulmaktadır. Uyum kapasitesini ifade eden başlıca indikatörlere bir bölgenin ekonomik kapasitesi, fiziki alt yapısı, sosyal sermayesi, kurumsal kapasitesi ve veri erişilebilirliği gibi özellikleri örnek olarak verilebilir. Uyum kapasitesi indeksi değeri belirlenirken bahsedilen faktörlerin oluşturduğu parametreler için en güncel durumlar dikkate alınır. Tarım sektörünün kuraklık iklim olayına karşı uyum kapasitesinin belirlendiği bu bölümde uyum kapasitesi indeksleri su tasarrufu sağlayan basınçlı sulama sistemlerinin kullanım oranları, ürün deseninin kuraklığa uyumlu hale getirilmesi amacıyla belirlenen tek yıllık bitkilerin ekim oranı, su kullanım endeksi (WEI), sosyo-ekonomik gelişmişlik ve finansal gelişmişlik ile hesaplanmıştır.

Seyhan Havzası için sanayi sektörü etkilenebilirlik analizi hesaplamaları

Sanayi sektörünün iklim koşullarına duyarlılık derecesi, incelenen bölgedeki sanayi sektörünün gelişmişliği, su tüketim miktarları gibi faktörlerle ilişkilendirilmektedir. Bu sektör için hazırlanmış olan etkilenebilirlik göstergeleri Şekil 22'de gösterilmektedir.

Şekil 23: Sanayi sektörü etkilenebilirlik göstergeleri

Duyarlılık endeksi değeri belirlenirken bahsedilen faktörlerin oluşturduğu parametreler için en güncel durumlar dikkate alınır. Sanayi sektörünün kuraklık olayına karşı duyarlılığının belirlendiği bu bölümde duyarlılık endeksi alt havzalardaki Su Tüketim Değerlerinden oluşmaktadır. Sanayi su tüketim değerleri, alt havzalardaki sanayi sektörlerinin kuraklık ve su kıtlığı durumlarında ne kadar duyarlı olduklarını ifade eden bir parametredir. Literatürde de farklı sektörlerde su tüketim miktarları etkilenebilirlik değerini değiştiren bir parametre olarak kullanılmıştır (Swenson et al., 2013). Alt havza bazında sanayi su kullanımlarının hesaplanmasında her faaliyet alanı için su kullanım değerleri ve tesislerin büyüklükleri birlikte değerlendirilmiştir. Havzadaki endüstriler, üretim alanları ve büyüklükleri Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'ndan elde edilmiştir. Her faaliyet alanı için su kullanımları tesisler ile gerçekleştirilen görüşmelerden elde edilmiştir. Tesislerden elde edilemeyen değerler için literatürden her NACE kodu için elde edilen su kullanım bilgileri kullanılmıştır. Su tüketim değerleri sektörler arasında karşılaştırılmış ve her bir sektör için su tüketim derecesi elde edilmiştir. Belirlenen su tüketim değerleri alt havzalardaki tesisler bazında toplanarak alt havzalardaki toplam su tüketim değerini ifade etmiştir. Ekonomik değer endeksi bu çalışmada sanayi sektörünün alt havzalara ekonomik olarak katkısının bir ölçütü olarak çalışan işçi sayıları ve ihracat değerlerini içermektedir.

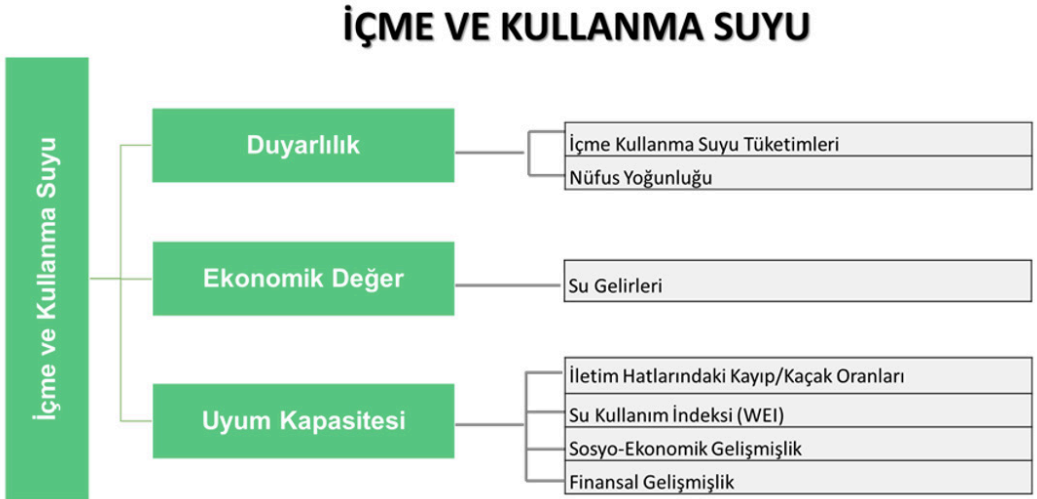


Uyum kapasitesi endeksi, sistemin iklim olayından kaynaklı zararları tolere edebilme kabiliyetini ifade etmektedir. Uyum kapasitesi indeksinin de doğru bir şekilde ifade edilebilmesi için duyarlılık endeksi gibi çeşitli faktörlerin oluşturduğu bazı indikatörlere ihtiyaç duyulmaktadır. Uyum kapasitesini ifade eden başlıca indikatörlere bir bölgenin ekonomik kapasitesi, fiziki altyapısı, sosyal sermayesi, kurumsal kapasitesi ve veri erişilebilirliği gibi özellikleri örnek olarak verilebilir. Uyum kapasitesi endeksi değeri belirlenirken bahsedilen faktörlerin oluşturduğu parametreler için en güncel durumlar dikkate alınır. Sanayi sektörünün kuraklık iklim olayına karşı uyum kapasitesinin belirlendiği bu bölümde su kullanım endeksi (WEI), sosyo-ekonomik ve finansal gelişmişlik parametreleri kullanılmıştır.

Seyhan Havzası için içme ve kullanma suyu sektörü etkilenebilirlik analizi hesaplamaları

Şekil 24'de bu sektörün etkilenebilirlik göstergeleri sunulmaktadır.

Şekil 24: İçme ve kullanma suyu sektörü etkilenebilirlik göstergeleri



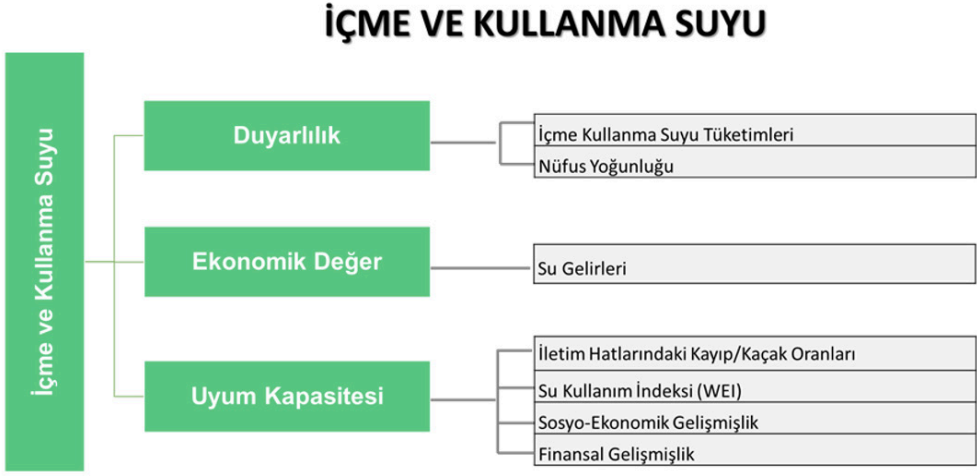
İçme ve kullanma suyu sektörünün iklim koşullarına duyarlılık derecesi incelenen bölgedeki içme ve kullanma suyu tüketimi ile belirlenebilir. Daha fazla içme ve kullanım suyu teminine ihtiyaç duyan bölgelerde bu sektör iklim olaylarına karşı daha duyarlıdır. Duyarlılık indeksi değeri belirlenirken bahsedilen faktörlerin oluşturduğu parametreler için en güncel durumlar dikkate alınır. İçme ve kullanma suyu sektörünün kuraklık iklim olayına karşı duyarlılığının belirlendiği bu bölümde içme ve kullanma suyu tüketimleri ve nüfus yoğunluğu parametreleri alt havzalardaki duyarlılık derecelerini belirlerken kullanılmıştır.

İçme ve kullanma suyu sektörünün kuraklık ekonomik değer ilişkisinin incelenmesi amacıyla alt havzaların ekonomik durumunu ifade eden belediyelerin su gelirleri parametresi kullanılmıştır. Uyum kapasitesi endeksi, içme ve kullanma suyu sektörünün iklim olayından kaynaklı zararları tolere edebilme kabiliyetini ifade etmektedir.

Uyum kapasitesi endeksi değeri belirlenirken bahsedilen faktörlerin oluşturduğu parametreler için en güncel durumlar dikkate alınır. İçme ve kullanma suyu sektörünün kuraklık iklim olayına karşı uyum kapasitesinin belirlendiği bu bölümde alt havzalardaki su kullanım endeksi (WEI), iletim hatlarındaki kayıp-kaçak oranının düşürülmesi, havzanın sosyo-ekonomik gelişmişlik ve finansal gelişmişlik parametreleri uyum kapasitesini belirlemek için kullanılmıştır.

Seyhan Havzası için ekosistem sektörü etkilenebilirlik analizi hesaplamaları

Şekil 25'te bu sektörün etkilenebilirlik göstergeleri sunulmaktadır.

Şekil 25: Ekosistem sektörü etkilenebilirlik göstergeleri

Kullanılabilir su miktarında azalmalara sebep olan ve ekosistem dinamiklerini değiştiren kuraklık olayı ekosistemdeki doğal dengenin bozulmasına ve ekosistemin kalitesinin düşmesine sebep olmaktadır. Ekosistemin iklim koşullarına karşı duyarlılık derecesi ekosistemin sağlıklı olarak varlığını sürdürebilmesi için ihtiyacı olan su miktarı, ekosistemdeki canlı türlerinin herhangi bir baskı faktörüyle popülasyonlarının sağlık durumu ve ekosistem zenginliği bakımından gelişmiş olan orman alanlarının yangınlara yatkınlığı parametreleri kullanılarak belirlenebilir.

Duyarlılık endeksi değeri belirlenirken bahsedilen faktörlerin oluşturduğu parametreler için en güncel durumlar dikkate alınır. Ekosistemin kuraklık iklim olayına karşı duyarlılığının belirlendiği bu bölümde duyarlılık endeksi alt havzalardaki ekosistem su ihtiyacı, orman yangınına hassas orman türü miktarı ve tehlike altında bulunan türlerin sayıları ile hesaplanmıştır.

Uyum kapasitesi endeksi, ekosistemin iklim olayından kaynaklı zararları tolere edebilme kabiliyetini ifade etmektedir. Uyum kapasitesi endeksinin de doğru bir şekilde ifade edilebilmesi için Duyarlılık endeksi gibi çeşitli faktörlerin oluşturduğu

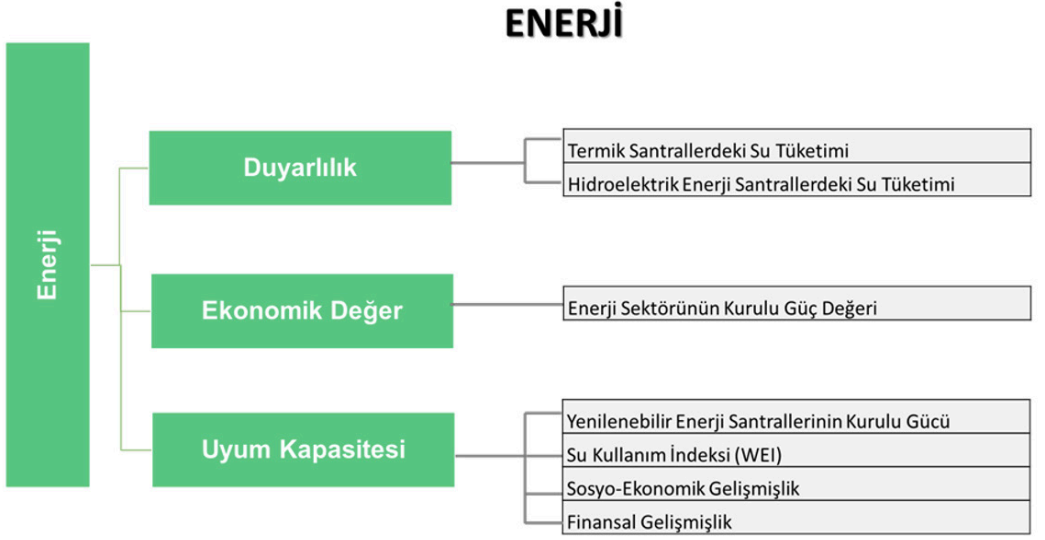
bazı indikatörlere ihtiyaç duyulmaktadır. Ekosistemin iklim olaylarına karşı uyum kapasitesini, farklı ekosistemlerin yaşadığı bölgelerin çevresel kalitesi, ekosistem kalitesini yükseltmek adına insanların yürüttüğü faaliyetler, ekosistemin yaşamını sürdürdüğü habitatın iklim koşulları tarafından baskılandığında yeni habitat yaratabilme imkânı olarak ifade edilebilir. Uyum kapasitesi endeksi değeri belirlenirken bahsedilen faktörlerin oluşturduğu parametreler için en güncel durumlar dikkate alınır. Ekosistemin kuraklık iklim olayına karşı uyum kapasitesinin belirlendiği bu bölümde havzadaki su kütlelerinin su kalite dereceleri, kentsel alanların toplam alt havza alanlarına oranı, biyo-çeşitlilik, su kullanım endeksi (WEI), korunan alanların oranı, sosyo-ekonomik ve finansal gelişmişlik parametreleri kullanılmıştır.

Seyhan Havzası için enerji sektörü etkilenebilirlik analizi hesaplamaları

Şekil 26'da bu sektörün etkilenebilirlik göstergeleri sunulmaktadır. Enerji sektörünün kuraklık iklim olayına karşı duyarlılık derecesinin belirlendiği bu bölümde alt havzalardaki termik enerji santralleri ve hidroelektrik santrallerinin su tüketimi parametresi duyarlılık durumunu ifade etmek amacıyla kullanılmıştır.

Ekonomik değer indeksi bu çalışmada enerji sektörünün kurulu güç değeri parametresiyle hesaplanmıştır.

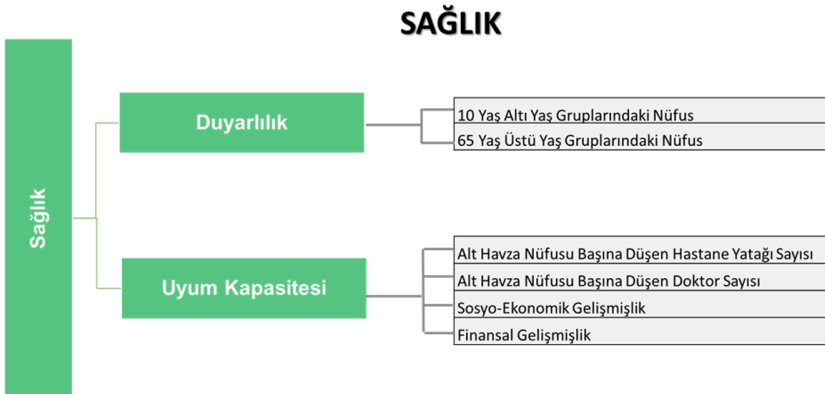
Enerji sektörünün kuraklık iklim olayına karşı uyum kapasitesinin belirlendiği bu bölümde alt havzalardaki güneş ve rüzgâr enerji santrallerinin kurulu güç değerleri ve su kullanım endeksi (WEI) parametresi uyum kapasitesini ifade etmek için kullanılmıştır. Termik santraller enerji üretim yöntemleri arasında, soğutma suyu ihtiyacı sebebiyle en fazla su tüketen enerji sistemleri iken, rüzgâr ve güneş enerji üretim santralleri daha az su tüketmektedir. Ayrıca biyo-kütle enerji tesislerinde de su tüketimi yok denecek kadar azdır.

Şekil 26: Enerji sektörü etkilenebilirlik göstergeleri

Daha az su tüketen enerji sistemlerinin yaygın olarak bulunması bir bölgenin su kıtlığı ve kuraklığa olan uyum kapasitesini artırmaktadır.

Seyhan Havzası için sağlık sektörü etkilenebilirlik analizi hesaplamaları

Şekil 27'de bu sektörün etkilenebilirlik göstergeleri sunulmaktadır.

Şekil 27: Sağlık sektörü etkilenebilirlik göstergeleri

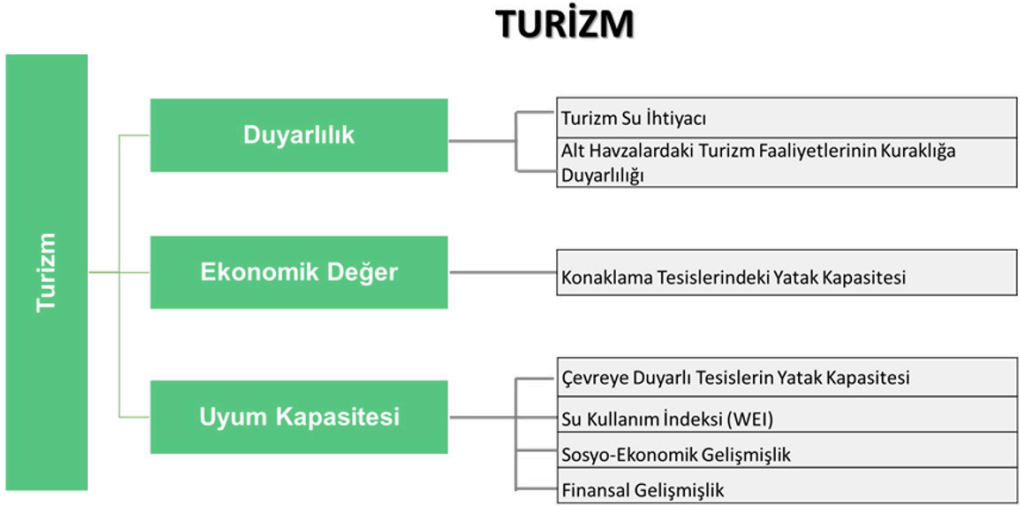
Halk sağlığının kuraklık olayına karşı duyarlılığı, iklim olaylarına ve su kıtlığı gibi olaylara karşı daha hassas nüfusun toplam nüfusa oranı parametresiyle ifade edilmiştir.

Duyarlılık endeksi değeri belirlenirken bahsedilen faktörlerin oluşturduğu parametreler için en güncel durumlar dikkate alınır. Halk sağlığının kuraklık iklim olayına karşı duyarlılığının belirlendiği bu bölümde 65 yaş üstü nüfus ve 10 yaş altı nüfus alt havzalardaki duyarlılık derecelerini belirlerken kullanılmışlardır.

Uyum kapasitesi endeksi, halk sağlığının iklim olayından kaynaklı zararları tolere edebilme kabiliyetini ifade etmektedir. Halk sağlığının uyum kapasitesini ifade eden başlıca indikatörlere bir bölgenin sağlık kurum ve kuruluşlarının sayısı ve gelişmişliği örnek olarak verilebilir. Uyum kapasitesi endeksi değeri belirlenirken bahsedilen faktörlerin oluşturduğu parametreler için en güncel durumlar dikkate alınır. Halk sağlığının kuraklık iklim olayına karşı uyum kapasitesinin belirlendiği bu bölümde alt havzalardaki hastanelerde bulunan doktor ve yatak sayılarının nüfusa oranları ve sağlık merkezine ulaşımı olan kırsal nüfus oranı parametreleri uyum kapasitesini belirlemek için kullanılmışlardır.

Seyhan Havzası için turizm sektörü etkilenebilirlik analizi hesaplamaları

Şekil 28'de bu sektörün etkilenebilirlik göstergeleri sunulmaktadır.

Şekil 28: Turizm sektörü etkilenebilirlik göstergeleri

Turizm sektörünün kuraklık iklim olayına karşı duyarlılık derecesinin belirlendiği bu bölümde alt havzalardaki turizm faaliyetleri duyarlılık durumunu ifade etmek amacıyla kullanılmıştır. Ekonomik değer endeksi bu çalışmada turizm sektörünün alt havzaların ekonomik durumunu ifade eden konaklama tesislerinin yatak kapasitesi parametresiyle hesaplanmıştır. Turizm sektörünün kuraklık iklim olayına karşı uyum kapasitesinin belirlendiği bu bölümde alt havzalardaki Su Kullanım endeksleri (WEI) parametresi uyum kapasitesini ifade etmek için kullanılmıştır.

Seyhan Havzası kuraklık yönetim planı hazırlanırken tüm etkilenebilirlik göstergelerinin etkisi eşit olarak alınmıştır.

KAYNAKÇA

- ▶ Asare-Kyei, D., Kloos, J., & Renaud, F. (2015). Multi-scale participatory indicator development approaches for climate change risk assessment in West Africa. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 11, 13-34.
- ▶ Brown, J. R., Kluck, D., McNutt, C., & Hayes, M. (2016). Assessing drought vulnerability using a socioecological framework. *Rangelands*, 162-168.
- ▶ California Report. (2013). Indicators of Climate Change in California. California Environmental Protection Agency.
- ▶ Colorado Water Conservation Board. (2013). Colorado Drought Mitigation and Response Plan. Department of Natural Resources, Colorado.
- ▶ Deressa, T., Hassan, R. M., Ringler, C. (2008). Measuring Ethiopian Farmers' Vulnerability to Climate Change Across Regional States. IFPRI.
- ▶ EC (2014). Future Drought Impact and Vulnerability - Case Study Scale. European Commission.
- ▶ EEA (2012). Climate Change, Impacts and Vulnerability in Europe. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.
- ▶ ETC/ACC. (2010). A Methodology for Assessing the Vulnerability to Climate Change of Habitats in the Natura 2000 Network, ETC/ACC Technical Paper 2010/14.
- ▶ FAO (2013). Vulnerability Assessment Methodologies: An Annotated Bibliography for Climate Change and the Fisheries and Aquaculture Sector.
- ▶ Füssel, H., Klein, R. (2006). Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. *Climate Change*, 75, 301-329.
- ▶ GIZ (2012). Vulnerability Assessments: Experiences of GIZ with Vulnerability Assessments at the Local Level.
- ▶ GIZ (2014). The Vulnerability Sourcebook: Concept and guidelines for standardized vulnerability assessments.
- ▶ IDB (2014). Climate Change Data and Risk Assessment Methodologies for the Caribbean. Inter-American Development Bank, No: IDB-TN-633.
- ▶ İktisadi Araştırmalar Bölümü (2014). 2010 ve 2012 Verileriyle Türkiye'deki

İllerin Gelişmişlik Düzeyi Araştırması. Türkiye İş Bankası.

- ▶ IPCC (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change, 4th Assessment Report (AR4), Working Group II Report, Impacts, Adaptation and Vulnerability.
- ▶ IPCC (2014). Intergovernmental Panel on Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability (AR5), IPCC Working Group II Contribution to AR5 Working Group II Report.
- ▶ UK (2012). UK Climate Change Risk Assessment: Government Report.
- ▶ Rajsekhar, D., Singh, V. P. (2015). Drought Hazard and Vulnerability Maps for Texas. Texas Water Resources Institute.
- ▶ Ravindranath, N. H., Rao, S., Sharma, N., Nair, M., Gopalakrishnan, R., Rao, A. S., . . . Bala, G. (2011). Climate change vulnerability profiles for North East India. *Current Science*, 384-394.
- ▶ Ruminata, ve Handoko. (2016). Vulnerability assessment of climate change on agriculture sector in the South Sumatra Province, Indonesia. *Asian Journal of Crop Science*, 31-42.
- ▶ UN (2011). *Assessing Climate Change Impacts and Vulnerability: Making Informed Adaptation Decisions*, UN Framework Convention on Climate Change.
- ▶ UNEP (2009). *IEA Training Manual Volume Two: Vulnerability and Impact Assessments for Adaptation to Climate Change*. UNEP.
- ▶ WHO (2014). *Quantitative Risk Assessment of the Effects of Climate Change on Selected Causes of Death, 2030s and 2050s*.
- ▶ İklim (2016). *İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Proje Nihai Raporu – EK 28*, Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- ▶ Kuraklık (2019) *Seyhan, Ceyhan ve Asi Havzalarının Kuraklık Yönetim Planlarının Hazırlanması Projesi*, Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- ▶ SEGE (2011). *İllerin ve Bölgelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması*. Ankara: T.C. Kalkınma Bakanlığı.
- ▶ Sehgal, V. K., Singh, M. R., Chaudhary, A., Jain, N., Pathak, H. (2013). *Vulnerability of Agriculture to Climate Change District Level Assessment in*

the Indo-Gangetic Plains. New Delhi: Indian Agricultural Research Institute.

- ▶ Swenson, D., Eathington, L. (2013). Investigating Iowa's Industrial Vulnerability to Reductions in Water Resources. Iowa State University.
- ▶ Zarafshani, K., Sharafi, L., Hosseininia, G. H., Maeyer, P. D., Witlox, F., Azadi, H. (2012). Drought vulnerability assessment: the case of wheat farmers in Western Iran. *Global and Planetary Change*, 122-130.
- ▶ Zebisch, M., Grothmann, T., Schröter, D., Hasse, C., Fritsch, U., Cramer, W. (2005). *Climate Change in Germany*. Potsdam Institute for Climate Impact Research.
- ▶ Xiaoqian, L., Wang, Y., Peng, J., Braimoh, A. K., Yin, H. (2013). Assessing vulnerability to drought based on exposure, sensitivity and adaptive capacity: a case study in Middle Inner Mongolia of China. *Chinese Geographical Science*, 13-25.

1. GİRİŞ

İklim, kıyılar, okyanuslar, dağlar, ormanlar, yaban yaşamı ve onlarla ilişkili ekosistemler pek çok destinasyon için çekicilik sağlarlar (Holden, 2008). Bu anlamda iklim önemli bir turistik çekiciliktir. İklim aynı zamanda turizm faaliyetleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu yüzden iklim, turizm yöreleri için avantajlar sağladığı gibi ve dezavantajlar da yaratabilir. Turizm alan ve bölgelerinde yılın belli mevsimlerinde turizm, diğer zamanlardan daha yoğun hale gelir. Yüksek sezon olarak bilinen en popüler sezonun uzunluğu, turizm alanlarının iklim koşullarına göre değişmektedir. Turistik aktivitelere bağlı olarak ideal kabul edilebilen iklim koşulları turizm bölgelerinin rekabeti bakımından hayati öneme sahiptir.

Hem turizm işletmeleri hem de turistler dezavantajlı iklimleri avantajlı iklimler kadar tercih etmezler. Dolayısıyla iklim, turistlerin belirli destinasyonları seçmesinde belirleyici bir özelliğe sahiptir. Çünkü turistlerin tatillerini veya turistik etkinliklerini verimli bir şekilde gerçekleştirebilmeleri en başta turistik alandaki hava ve iklim koşullarına bağlıdır (Güçlü, 2015). Bu bakımdan turizm destinasyonlarının iklim algısı destinasyon imajının önemli bir bileşeni olabilir (Day et al., 2013).

İklim, başta deniz veya kıyı turizmi, kış turizmi, sağlık turizmi ve su sporları gibi etkinlikler olmak üzere hava ve iklim koşullarına bağlı olan çeşitli turizm etkinlikleri için bir kaynaktır. Güneş, tatile giden büyük kitleler için önem taşımaktadır. Bu nedenle güneşten hoşlanan, güneşli yerlerin peşinde olan büyük turist kitlelerinin davranış biçimi olan ve “günedoğrulum” (Heliotropism) olarak adlandırılan olgu, turistler için temel bir argüman olarak değerlendirilmektedir (WTO, 2001’den aktaran Martin, 2005). Kıyı turizminin Avrupa ve Türkiye’de Akdeniz kıyılarında gelişmesinin nedeni budur. Zira bu turizm çeşidinde hareket, soğuk ve nemli iklimlerden sıcak ve ılıman iklimlere doğru olmaktadır (Doğaner, 2001). Nitekim bu durum bir ülke içinde dahi gözlenebilmektedir. Türkiye buna en iyi örnektir. 8.333 km’lik kıyı uzunluğuna sahip ve kıyılarının büyük bölümü Akdeniz ikliminin etkisi altında olan Türkiye’de, kıyı turizmi tüm kıyılarda aynı ölçüde gelişmemiştir.

Bunda kıyı jeomorfolojisi, erişilebilirlik ve diğer altyapı olanaklarının da etkisi olmakla birlikte, asıl belirleyici olan iklimdir. Nitekim Türkiye kıyılarında kıyı turizminin uygun koşullar altında yapılabilme süresini iklim belirlemektedir. Buna göre bir yerde denize girilmesi, kıyıda ve denizde çeşitli rekreasyonel etkinliklerin yapılabilmesi, hava ve deniz suyu sıcaklıkları ile güneşlenme süresi bakımından uygun koşulların varlığına bağlıdır. Bu nedenle iklimin kıyı turizmine uygun olduğu dönemler ortalama olarak Karadeniz ve Marmara kıyılarında 3 ay, Ege Denizi'nin kuzey kıyılarında 5 ay, güney kıyılarında 6 ay, Güneybatı Anadolu kıyılarında 7 ay ve Akdeniz kıyılarında 8 ay olmaktadır. Akdeniz kıyılarında temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık bunaltıcı değerlere ulaşmakla birlikte, kıyı turizmi daha erken başlamakta daha geç sona ermektedir (Doğaner, 2001). Bu durum kıyı turizminin Akdeniz ve Ege kıyılarında uluslararası düzeyde gelişmesine, Marmara ve Karadeniz kıyılarında ise yeterince gelişmemesine yol açmıştır.

Benzer şekilde kış sporları doğrudan iklim kaynaklarına bağlıdır ve bu bağımlılık kayak sporunun yapılabilmesi için kış turizmi merkezlerinde istikrarlı ve yeterli miktarda karın yağması gerektiği anlamına gelmektedir. Kar ve düşük sıcaklıklar olmasa, kış turizmi veya kayak sporları merkezlerinin geliştirilmesi mümkün olmazdı (Martin, 2005). Nitekim son yıllarda karı yetersiz kışlar, kış sporları endüstrisinin gelişmiş olduğu Alplerde, İskoçya ve Kanada'da kayak sektörünün küresel ısınma ve buna bağlı iklim değişikliğinin bir göstergesi olarak görülmektedir. Bu anlamda dünyada kitlesel olarak yapılmakta olan kıyı turizmi ve kış turizmi, başta sıcaklık, güneşlenme süresi ve kar yağışı gibi iklim elemanlarına bağımlıdır.

Hava, iklim ve turizm ilişkisi bağlamında değinilmesi gereken bir konu da iklim konforudur. Turizm alanının iklim konforu önem taşımaktadır. İklim konforu, turistik aktivitelere katılan insanların bulunulan ortamdaki iklim koşulları ile ilgili memnuniyet düzeyi olarak tanımlanır. Nitekim turizm alanlarındaki iklim konforu durumu, her yaştan turistin açıkavada yapacakları her türlü turistik etkinliği sağlıklı ve rahat bir şekilde yapabilmeleri ve turiste beklentisi olan bütün yararları sağlaması bakımından önemlidir. Ayrıca turistleri muhtemel risklerden korumak ve iklim koşullarına göre gerçekçi planlamaları yapabilmeleri için turizm planları

ve pazarlamacılarının da dikkate alması gereken önemli bir husustur (Güçlü, 2015). Sonuç olarak iklim ve onun elemanları olan güneşlenme süresi, sıcaklık, yağış, rüzgâr, vd. turistik talebi karşılamak için tasarlanmış bir dizi faaliyetler için genellikle başlıca kaynaktır. Bununla birlikte iklim her yerde turizm için temel kaynak olmayabilir. Kimi yerlerde de iklim diğer temel kaynakları tamamlayıcı özelliktedir. Bu gibi durumlarda iklim doğrudan turizmi yaratmaz fakat hava ve iklim koşullarının izin verdiği ölçüde, doğa yürüyüşü, rafting, golf, avcılık, balıkçılık, dağcılık gibi rekreasyonel aktivitelerin veya açık hava etkinliklerinin yapılabilmesi ile turizmin gelişimini kolaylaştırır (Martin, 2005).

Endüstrileşme süreci ile kullanılmaya başlayan ve giderek kullanımı artan fosil yakıtlar, atmosferde yoğunluğu gittikçe artan sera gazları birikimine neden olmuştur. Yoğun sera gazı birikimi ise insanlığın bilinen tarihi boyunca karşılaştığı en ciddi, en karmaşık ve en büyük ölçekli tehdit olan küresel iklim değişikliğine yol açmıştır (ÇŞB, 2016). Ekonomik ve sosyal bakımdan bu denli önemli olan turizmin hava ve iklimle çok yakından bağlantılı olduğu ve bu unsurlara karşı son derece duyarlı olduğu açıktır. Bu nedenle Türkiye de dahil olmak üzere özellikle turizm sektörünün ön plana çıktığı ülkelerde iklim değişikliğinin yaratacağı etkiler büyük önem kazanmaktadır. Bu etkilerin farklı yörelerin turizm açısından çekiciliğini olumlu veya olumsuz şekilde etkilemesi beklenmektedir (Somuncu, 2016; Somuncu, 2018).



2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TURİZME ETKİSİ VE SEKTÖRÜN KIRILGANLIĞI

Dünyanın iklimi değişiyor ve bu değişimi ortaya koyan yeterli bilimsel kanıt bulunmaktadır. Bu değişimin en önemli nedeninin insan faaliyetlerinin doğrudan bir sonucu olarak atmosferdeki sera gazlarındaki artış olduğu konusunda küresel bir fikir birliği vardır (Alagedik ve diğ., 2016; Gautier, 2014; IPCC, 2014; NASA, 2020; ÇŞB, 2016; Türkeş, 2008a; Türkeş 2008b). Kontrolsüz denebilecek düzeyde meydana gelen nüfus artışı ve buna bağlı olarak gerçekleşen arazi kullanım değişiklikleri ile ekonomik kalkınma, insanlığın dünya iklimi üzerinde sayısız tehdit yaratmasına neden olmaktadır (Eraydın ve diğ., 2011; IPCC, 2014).

18. yüzyılda endüstrileşmenin başlangıcından bu yana, başta karbondioksit olmak üzere atmosferdeki sera gazlarının yoğunluğundaki olağan dışı yükseliş, dünyadaki iklim dengeleri bakımından iki önemli eşiğin aşılmasına neden olmuştur. Bunlardan ilki, iklim dengeleri için atmosferdeki karbondioksitin yoğunluğu açısından güvenli sınır olan 350 ppm'in 1988 yılında aşılmış olmasıdır. İkincisi ise, 2014 yılı Nisan ayı ortalamasının ilk defa 400 ppm seviyesini aşmış olmasıdır. Dünyanın 400 ppm seviyesini 4,5 milyon yıl önce yaşadığı bilinmektedir. 5-3,6 milyon yıl önceki Pliyosen döneminde küresel düzeydeki sıcaklığın, bugünkünün 3 °C ya da 4 °C üstünde seyrettiği, kutupların 10°C daha sıcak olduğu, deniz seviyesinin ise bugünkü seviyeden 5-40 metre daha yüksek olduğu ortaya konulmaktadır (Alagedik ve diğ., 2016).

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin 5. Değerlendirme Raporu'nun (AR5/2014) (IPCC, 2014) ortaya çıkardığı bu bulgular, küresel iklim dengelerindeki bozulmaları açıklamakla beraber, ileri aşamalarda oluşacak sonuçlara ilişkin önemli ipuçları da vermektedir. Sıcaklık artışının endüstrileşme öncesine göre 2 °C'ye yaklaşması durumunda riskler daha fazla artacak ve aşırı hava olayları olağan hale gelecektir. Bilimsel modeller, atmosferdeki karbondioksit miktarı 450 ppm'e

yaklaştıkça sıcaklık artışının durdurulamayacağını ve iklim dengelerinin kaybolma riskini ortaya koymaktadır (Alagedik ve diğ., 2016). Şu anda bu rakam Mart 2020 itibariyle 413 ppm'e ulaşmış durumdadır (NASA, 2020).

1880-2012 yılları arasında sıcaklık ortalamasının 0,85 °C yükselmiş olması (günümüzde bu değer 0,98 °C), en sıcak üç yılın son on yılda yaşanmış olması ve 2016 yılının ölçülmüş en sıcak yıl olarak kayıtlara geçmesi uzun dönemli bilimsel tahminlerin güncel göstergeleri olarak belirtilmektedir (Alagedik ve diğ., 2016; IPCC, 2014; NASA, 2020).

Turizmde kurulmuş olan akışlar genellikle belirli varsayımlara bağlıdır. Örneğin, Akdeniz'de sıcak ve kurak bir yazın olacağı, Karayipler'de, her yıl öngörülebilir bir zamanda kuru bir sezonun olacağı ve Avrupa ve Kuzey Amerika'nın kayak merkezlerinde kış aylarında düzenli kar yağışının olacağı şeklindeki kabuller, turizmde ve turistlerin destinasyon seçiminde belirleyici bir role sahiptir. Ancak bu varsayımlar küresel ısınmanın bir sonucu olarak gelişen iklim değişikliklerinin tehdidi altındadır. Kaygı verici olan, geçimleri turizme bağlı olanlar için, iklim değişikliğinin turizm talebini nasıl etkileyeceği konusundaki belirsizliktir (Holden, 2008).

Turizm iklime duyarlılığı çok yüksek olan bir sektördür. Lokasyonların turistik aktivitelere uygunluğu, turizm sezonu ve faaliyetler gibi pek çok unsurun belirlenmesinde iklim koşulları rol oynamaktadır. Sıcaklık artışı, deniz seviyesindeki yükselme ve aşırı hava olayları kitle turizmini doğrudan etkileyecektir. Kuraklık ve çölleşme, orman yangınları, su kıtlığı, biyoçeşitlilik kayıpları, kıyı erozyonu, aşırı hava olaylarına bağlı gözlenen hastalıklar ve vektör kaynaklı bulaşıcı hastalıkların gözlenmesi gibi olayların da turizm faaliyetlerini etkilemesi, iklim değişikliğinin turizme dolaylı etkileridir (Simpson et al., 2008). Dünya turizm Örgütü ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı'nın 2008 yılında yayımladığı OECD Ülkelerinde İklim Değişikliği ve Turizm Politikası raporunda Akdeniz Havzası'nda iklim değişikliğinin etkileri nedeniyle gözlenebilecek olaylar arasında daha sıcak yazlar, su stresi, karasal ve sucul ekosistemlerde biyolojik çeşitlilik kayıpları ve salgın hastalıklar

bulunmaktadır (UNWTO ve UNEP, 2008). Dünya Turizm Örgütü'nün 2003 yılında Tunus'ta düzenlemiş olduğu İklim Değişikliği ve Turizm Konferansı'nın sonuç bildirgesinde Akdeniz havzası için oldukça çapıcı öngörüler mevcuttur. Bu bildirgeye göre sıcaklıkların her on yılda bir 0,3 °C ile 0,7 °C arasında artacağı, ısı indeksinin (Sıcaklık-Bağıl Nem İndeksi) yükseleceği ve 40 °C'nin üstündeki günlerin sayısının artacağı belirtilmektedir (ÇŞB, 2016; UNWTO, 2003).

2.1. Kıyı Turizmindeki Kırılganlık

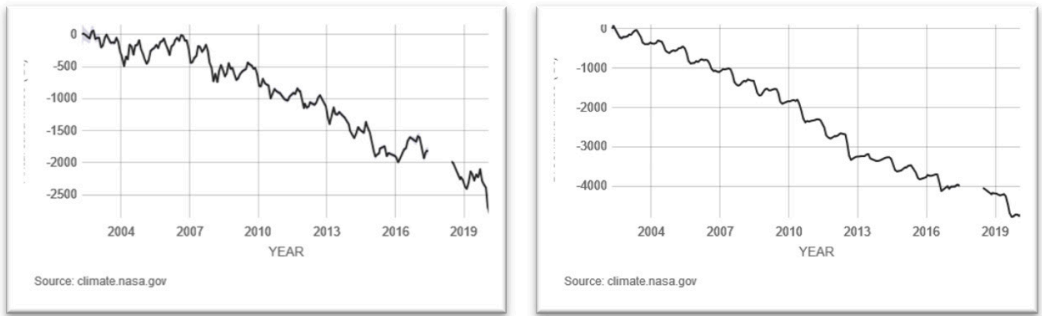
Avrupalıların %60'ından fazlası tatil için kıyı alanlarını tercih etmektedir. ABD'de turizm gelirlerinin %80'den fazlası kıyı turizminden elde edilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin özellikle de küçük ada ülkelerinin turizm ekonomisi kıyı turizmine dayalıdır. Bu nedenle kıyı turizmi küresel turizm endüstrinin en önemli pazar bölümünü oluşturmaktadır (Nicholls, 2014; UNWTO ve UNEP, 2008). Ancak dünya deniz ve okyanusları iklim değişikliğinin etkilerinden dolayı risk altındadır. Yükselen deniz seviyelerinin kıyı turizmi üzerinde çoklu ve güçlü etkileri olacaktır. Deniz seviyesindeki yükselme, kumsallar gibi bazı turizm yapılarını sular altında bırakacak ve çekiciliklerini yitirmelerine yol açacaktır. Örneğin, Karayip tatil merkezlerinin neredeyse üçte biri yüksek su seviyesinin bir metreden daha az üzerindedir. Bir metrelik bir deniz seviyesi yükselişi bölgenin turizm merkezi mülklerinin %49-%60'ına hasar verecek, 21 havalanının zarar veya hasar görmesine yol açacak ve yaklaşık 35 liman arazisi su altında kalacaktır. 2050 yılı itibarıyla bölgedeki turizm merkezlerinin yeniden inşa edilmesinin maliyetinin 10 milyar ile 23,3 milyar AB Doları arasında olması beklenmektedir. Daha yüksek su seviyeleri ve daha büyük fırtınalar aynı zamanda sahillerin, kum tepelerinin ve falezlerin erozyona uğramasını da hızlandıracaktır. Kıyılarda oluşacak bu bozulma veya tahribat, turizm mekânlarının çekiciliğini azaltacaktır. Kıyı erozyonunun gelecekte işletmecilerin konaklama için talep edebilecekleri fiyatları da düşürme olasılığı vardır (Nicholls, 2014). Bu da az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkeler için önemli bir gelir kaynağı ve ekonomik kalkınma aracı olan turizmin büyük bir darbe alacağı anlamına gelmektedir.

Deniz seviyesi yükselmesi küresel ısınma ile ilgili iki faktörden kaynaklanmaktadır.

Bunlar; kara buzullarının erimesiyle deniz suyu miktarının artması ve ısındığı için deniz suyunun genleşmesidir. Okyanuslar gezegenin ısıtım bütçesinde şu anki dengesizlikten kaynaklanan ilave enerjinin %90'ından fazlasını emdikleri için ısı içerikleri de yükselmiştir. Bu fazla ısı geçtiğimiz 40 yıl boyunca dünya okyanuslarının yüzlerce metre derinliklerine nüfuz etmiştir. Bu aşırı ısınma nedeniyle üst okyanus suyu seviyesi genişerek küresel deniz seviyesi ortalamasında belirgin bir yükselmeye neden olmuştur. Son yıllarda yapılan ölçümlere göre, deniz seviyesindeki yükselmenin yarısı ila üçte ikisinin deniz suyunun ısıl genleşmesinden, geriye kalanın ise buzul ve buz örtülerinin erimesi ile ortaya çıkan suyun okyanusa boşalmasından kaynaklandığı görülmüştür (IOCC 2007b'den aktaran Gautier, 2014).

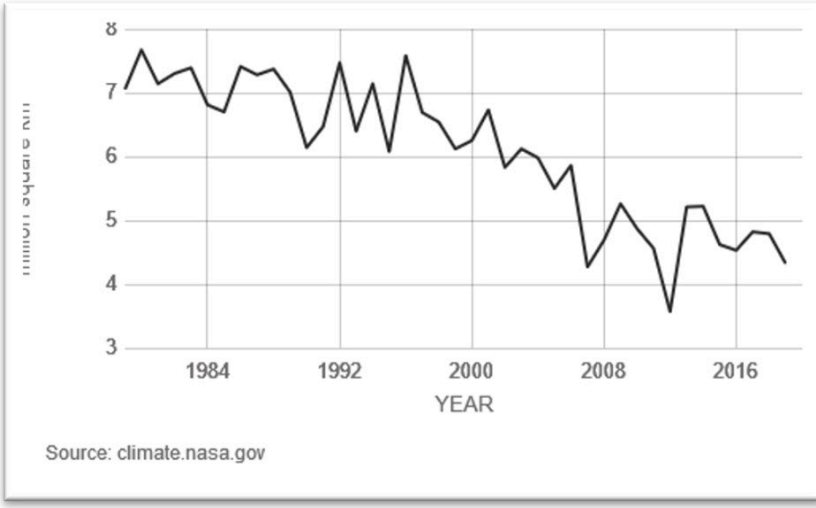
Küresel deniz seviyesi ortalaması 20. yüzyılda toplamda yaklaşık 0,2 metre artmıştır. Günümüzde ise yılda 2,3 ila 3 mm hızla artmaktadır (Gautier, 2014). Şekil 1'de kıyı mareograf verilerden elde edilen verilerle oluşturulan grafikte, 1870-2013 yılları arasında deniz seviyesi değişikliklerindeki eğilim açık biçimde görülmektedir (NASA, 2020).

Şekil 1: 2002'den Beri Antarktika ve Grönlad'daki Buz Kütlelerindeki Değişim



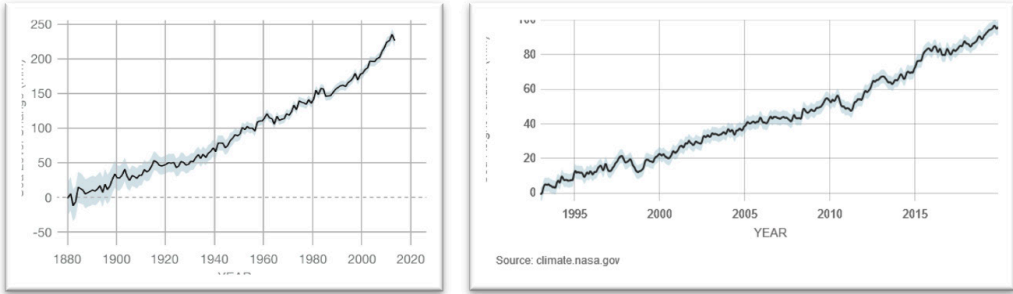
Kaynak: NASA, 2020

Şekil 2: 1979'dan Beri Arktik Deniz Buzundaki Değişim



Kaynak: NASA, 2020

Şekil 3: Deniz Seviyesindeki Değişim (1870-2019)



Kaynak: NASA, 2020

Yapılan modellemelere göre 2100 yılında deniz seviyesi yükselmesinin 31-65 cm arasında olabileceği ortaya koyulmuştur (UNWTO ve UNEP, 2008). Bu durum dikkate alındığında küçük ada ülkelerinin yanı sıra denize kıyısı olan ülkeleri bekleyen risklerin ve tehlikenin ne denli büyük olduğu açıktır. Nitekim uydu görüntülerine dayalı olan NASA (Amerika Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi) verilerine göre 1993-2016 dönemi içinde deniz seviyesindeki değişim oranı yılda ortalama 3,41 mm'dir.

2018 Haziran ayında yapılan son ölçümler çerçevesinde 1993'ten bu yana deniz seviyesindeki yükselme NASA tarafından $86 (\pm 4)$ mm olarak verilmektedir (NASA, 2020; UNWTO ve UNEP, 2008).

Bir Mikronezya ada devleti olan Kiribati, deniz seviyesindeki yükselmenin günümüzdeki ve gelecekteki durumunu yansıtması bakımından çok çarpıcı bir örnektir. Kiribati veya resmî adıyla Kiribati Cumhuriyeti, Büyük Okyanus'un orta kesiminde, takımadalardan oluşan bir ada ülkesidir. 100.000'in üzerinde nüfusa sahip olan Kiribati'de yaşayanlar ülke topraklarını oluşturan ve mercan resiflerinden oluşan atollerden meydana gelen 33 adaya yayılmıştır. Ülkede kişi başına yıllık gelir 950 ABD Doları olup temel geçim kaynağı tarım, balıkçılık ile fosfat madeni çıkarımı ve ihracatıdır. Kiribati'nin büyük bölümünün yükseltisi deniz seviyesinden itibaren 5 metreden fazla değildir ve 1991 yılından beri adaların çevresindeki okyanus suları yılda 5 mm civarında yükselmektedir (Moseley et al., 2014). Doğal koşullar bu şekilde sürececek olursa, Kiribati'nin adalarının çoğunun gelecek 50 yıl içinde sular altında kalacağı tahmin edilmektedir. Kiribati Cumhurbaşkanı Anote Tong konuyla ilgili olarak, deniz seviyesinin yükselmesinden adaların kırsal kesimindeki toplulukların etkilendiğini belirterek, bir köyün yok olduğunu ve birçok toplulukta içme suyu havuzlarına ulaşan deniz suyunun şimdi de gıda ürünlerini etkisi altına aldığını ifade etmiştir (Moseley et al., 2014).

Küresel ısınmaya bağlı olarak buzulların erimesi ve deniz seviyesinin yükselmesi sonucu risk altında olan yalnızca küçük ada ülkeleri değildir. NASA'ya ait iklim değişikliği ile ilgili web sayfasında yer alan "Grönland eriyor ve dikkat etme zamanı" başlıklı yazıda, Grönland buzulunun erimesinin hızlandığı belirtilerek gezegendeki ikinci büyük buz tabakasının erimesinin yakın zamanda yavaşlamayacağı tersine hızlandığı vurgulanmaktadır. Yalnızca son on yılda bir yangın hortumu gibi buzdan fişkıran 2 trilyon ton tatlı suyun Kuzey Atlantığe boşaldığının NASA'nın ikiz GRACE uyduları tarafından ölçüldüğü ifade edilmektedir. Yazının en dikkat çekici bölümü ise, bu hızlanan deniz seviyesi yükselmesine en fazla katkıda bulunan ülkelerden biri olan ABD'de deniz seviyesinin 4 feet (yaklaşık 121,9 cm) üzerinde 2,6 milyon evde 5 milyon insanın yaşadığının belirtilmesidir (NASA, 2018a; NASA,

2020). Gerçekten de uydu görüntülerinden elde edilen verilere göre 2002 yılından beri Antarktika ve Grönland'daki buzulların erimesi çok hızlanmıştır. Bu dönemden itibaren Antarktika'daki buzullardaki kayıp yılda 127 Gigaton iken Grönland'daki kayıp yılda 286 Gigaton olarak gerçekleşmiştir (NASA, 2018a).

Yükselen sıcaklıklar ve okyanusların asitlenmesi deniz habitatlarını ve organizmalarını etkilemektedir. Özellikle mercan resifleri tehdit altındadır. Resifler ve barındırdıkları deniz yaşamı turistlerin ilgi odağıdır ve küresel turizm gelirlerine yılda 1,5 milyar ABD doları katkı sağlamaktadır. 100'den daha fazla sayıda ülke, mercan resiflerinin rekreasyon değerinden yarar sağlamaktadır. Okyanusların asitlenmesi, resifleri oluşturan mercanlar için gerekli kalsiyum karbonatın varlığını azaltmakta ve mercan resiflerinin bozulmasına yol açmaktadır. Resifler ayrıca mercanların yüksek oranda 'beyazlama' vakaları sonucu ölümüne yol açacak yüksek sıcaklığa karşı hassastırlar. Dalış meraklısı turistler, özellikle de daha deneyimli dalgıçlar bu mercan beyazlamalarına karşı hassas olabilirler. Dalış meraklısı turistler arasında beyazlamaya yönelik farkındalık seviyesi karışık olmakla birlikte bu hususun ekonomik etkileri belirsizdir. 1998 yılında dalış ile ilgilenen turistler arasında anket yapılanların yarısından biraz azı, o yıl meydana gelen mercan beyazlamalarının yayılması konusunda endişeliyken, diğer araştırmalar ölü mercanlar sebebiyle azalan turist memnuniyeti kaydetmişlerdir. 2050-2100 yıllarına kadar en az 2 °C'lik bir küresel ısınmayı varsayan bir senaryo da, resif yapılarının Avustralya, Karayipler ve diğer küçük ada devletlerindeki turizm için ciddi sonuçlar doğurarak azaldığını görmektedir. Yüzyılın ortasına kadar mercanların egemen olduğu resif sistemlerinin (%30'dan daha fazla mercan örtüsüne sahip olanlar) bazı bölgelerde ortadan kalkması çok olasıdır (Nicholls, 2014).

2.2. Kış Sporları Turizmindeki Kırılganlık

İklim değişikliğinin turizm bakımından etkilerinin şimdiden ciddi şekilde görülmeye başladığı yerlerden biri de, kış sporlarının yapıldığı kış turizmi merkezleri ve dolayısıyla dağlık alanlardır. Ekonomik bakımdan yerel, bölgesel ve ulusal düzeyde önemli olan dağ turizminde, özellikle kayak sporu ile ilgili olarak son otuz yılda güçlü bir büyüme olmuştur. Günümüzde 67 ülkede 2.113 kayak merkezi, bu merkezlerde 26.334 mekanik tesis ve 6.000 kayak alanı bulunmaktadır. Dünyadaki kış turizmi merkezlerindeki toplam ticari yatak kapasitesi ise 6 milyondur. Kayak merkezlerini yılda yaklaşık 400 milyon kayakçı ziyaret etmektedir. Ancak bu ziyaretler sayılı ülke ve hatta kayak merkezinde çok dar bir kalıba sıkışmış ve son yıllarda küresel pazarda büyüme durağanlaşmıştır (Vanat, 2018).

Böylesi büyüklüğe sahip olan bu ekonomik sektörün en büyük zayıflığı, iklim ve kar koşullarının yıllık değişkenliği ile uzun vadeli eğilimlerine güçlü bağımlılığının olmasıdır. İklim değişikliği kar sporları turizminin sürdürülebilirliği karşısında tehdit olmaya devam etmektedir. Sıcaklık artışına ve kar yağışlarındaki azalmaya bağlı olarak kış turizmi merkezlerinde ortaya çıkan olumsuzluklar birkaç yıl öncesine kadar bazı uzmanlar tarafından dile getirilirken günümüzde bu olumsuzluklar gözle görülür hale gelmiştir. Isınmanın artması ve yetersiz kar yağışı nedeniyle kayak sezonu kısalmaktadır. Karın yetersiz olduğu yerlerde makinelerle yapay kar üretmek suretiyle bu eksiklik giderilmeye çalışılmaktadır. Ancak sıcaklık artışının devam etmesi halinde düşük rakımlı yerlerde ve güneye bakan yamaçlardaki pistlerde yapay kar üretmek mümkün olmayacaktır. Değişken kar yağışı, geri çekilen buzullar ve daha ılık kış ayları Avrupa ve Kuzey Amerika'da kış sporları alanlarında ziyaretçi sayısını düşürmüştür. Isınma, özellikle düşük rakımda bulunan ve 'kara bel bağlayan' tesis sayısını düşürmenin yanı sıra kayak sezonunu daha da kısaltacaktır.

Küresel sıcaklığın daha da artması halinde, başta Alpler olmak üzere diğer dağlık alanlarda kar güvenilirliği hattının (Bir kayak merkezinin 10 yılın en az 7'sinde en az 100 gün boyunca en az 30 cm kar örtüsüne sahip olması, kar güvenilirliği hattı olarak

tanımlanmaktadır.) daha yükseğe kayması beklenmektedir Yapılan çalışmalara göre 2030 yılında Alplerde kar güvenirligi hattı 300 metre daha yükselecektir. Bu seviye, Alpler için ortalama 1500 m civarındır (Ehmer ve Neyman, 2008). Kayak merkezlerinin daha yükseklere çıkması belki kış turizminde bir çöküşü getirmeyecektir ancak ciddi bir gerilemenin olabileceğini söylemek mümkündür.

20. yüzyıl başlarından günümüze dek yaklaşık 0,9 °C artan küresel sıcaklıkların, yüksek dağlar özelinde 2 °C'ı aştığı ve doğal olarak kar örtüsüne olumsuz etki ettiği bilinmektedir. 2001-2002 ve 2006-2007 kış sezonlarında normalden çok daha yüksek olan sıcaklıklar, olumsuz etkinin daha şimdiden kayak turizmine nüfuz etmesine yetmiş, Alpler ve ABD gibi belli başlı destinasyonlarda %7 ile %84 arasında ziyaret kayıpları yaşanmıştır. Yakın gelecekte bu olumsuzluklar sürdüğü takdirde ziyaretçiler, aynı kayak merkezini daha sık ve kısa süreli ziyaret edeceklerini ya da rakip merkezleri deneyeceklerini, uzun vadede ise kayağı bırakma seçeneği de dahil olmak üzere ziyaret alışkanlıklarını değiştirebileceklerini ve destinasyon sadakatlerini gözden geçireceklerini belirtmektedirler. Bu durum, Avrupa'daki önemli kış turizmi merkezlerinden biri olan Avusturya'nın özellikle alçak rakımlı kayak merkezleri için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Innsbruck Üniversitesi'nden Dr. Robert Steiger tarafından yapılan son çalışmalar, günümüzde Avusturya'daki kayak merkezlerinin ancak %37'sinin kar güvenirliginin bulunduğunu, yapay karlama sistemleri sayesinde bu oranın %96'ya çıktığını göstermiştir. Özellikle çok sıcak geçen 2006-2007 sezonu sonrası ülkedeki karlama yatırımları artarak günümüzde merkezlerin %70'ine yayılmıştır. Bununla birlikte, önümüzdeki 20-30 yıl için beklenen 2 °C'lık sıcaklık artışı ile kar güvenirligi bulunan merkez oranı yapay karlama desteğine rağmen %68'e gerileyebilecek, yüzyıl sonunda beklenen 4 °C artış ile %29'a düşebilecektir (Demiroğlu, 2015). Bu olumsuzluklar yalnızca Alplerle sınırlı değildir. ABD, Kanada ve Türkiye'de benzer olumsuzlukların yaşandığı artık bilinen bir durumdur. Küresel ısınma ve buna bağlı iklim değişikliğinin turizm üzerindeki etkileri bunlarla sınırlı olmayıp sektör üzerinde çeşitli etkileri olabilir. Bunlar kısaca aşağıda özetlenmiştir.



2.3. İklim Değişikliğinin Turizme Doğrudan ve Dolaylı Diğer Etkileri

Yükselen sıcaklıklar mümkün olan yerlerde canlı türlerinin kutuplara ve daha yüksek rakımlara doğru kaymasına neden olmaktadır. Bunun doğal rezervlerin coğrafi olarak artan şekilde izole olması ile birlikte safari işletmeleri gibi ekoturizm sektöründe ciddi etkileri olabilir. Sahra altı Afrika'da ulusal parklardaki canlı türlerinin %40'a kadar olan bir oranının göç edemedikleri varsayımı altında 2080 yılına kadar bu nesillerin tükenme tehlikesi ile karşı karşıya kalması olasıdır. Çoğu şarap üreticisi bölgenin bağcılık için uygunluğu azalabilir ve bunun şarap turizmine ilişkin sonuçları olacaktır (Geographical, 2016; NASA, 2018b; Nicholls, 2014).

Yüksek sıcaklıklar dünyanın bazı yerlerinde daha fazla sayıda ve daha yoğun orman yangınlarına yol açabilir. Örneğin, güney Avrupa'da yangın sezonu uzayabilir ve yüksek yangın tehlikesi bulunduran günlerin sayısında bir artış olabilir. Ancak, kuzey Avrupa'da artan nemin orman yangınlarını seyrekletmesi öngörülmektedir. Kuzey Amerika'da ciddi kuraklıklar ormanlardaki ağaçların tepeden köke doğru kurumasına katkıda bulunmuş ve kırsal alanlardaki yangınlar sıklık ve süre açısından artış göstermiştir. Ayrıca zararlı salgınlar da ormanların geniş ölçekte tepeden köke doğru kurumasına yol açmıştır.

İklim değişikliğinin bazı turizm merkezleri, oteller ve tesisleri 'tükenmiş varlığa' dönüştürmesi, yatırımcılar ve işletmecilerin finansal kayıplar yaşamasına sebep olarak kullanılmaz hale getirmesi riski bulunmaktadır.

İklim değişikliğinin dünyanın zaten kurak olan bazı bölgelerindeki yağışları daha da azaltacağı öngörülmektedir. Tatlı su varlığı, özellikle küçük adalarda genellikle sınırlı olan tedarikle birlikte, pek çok turizm mekânında zaten baskı altındadır. Suyun varlığındaki veya kalitesindeki düşüşlerin turizm işletmecileri üzerinde olumsuz etkileri olabilmektedir. İklim değişikliği su mevcudiyetini üç şekilde etkileyebilir: Dağ buzullarının erimesi; yağış ve buharlaşma modellerinin değişmesi ve yer altı

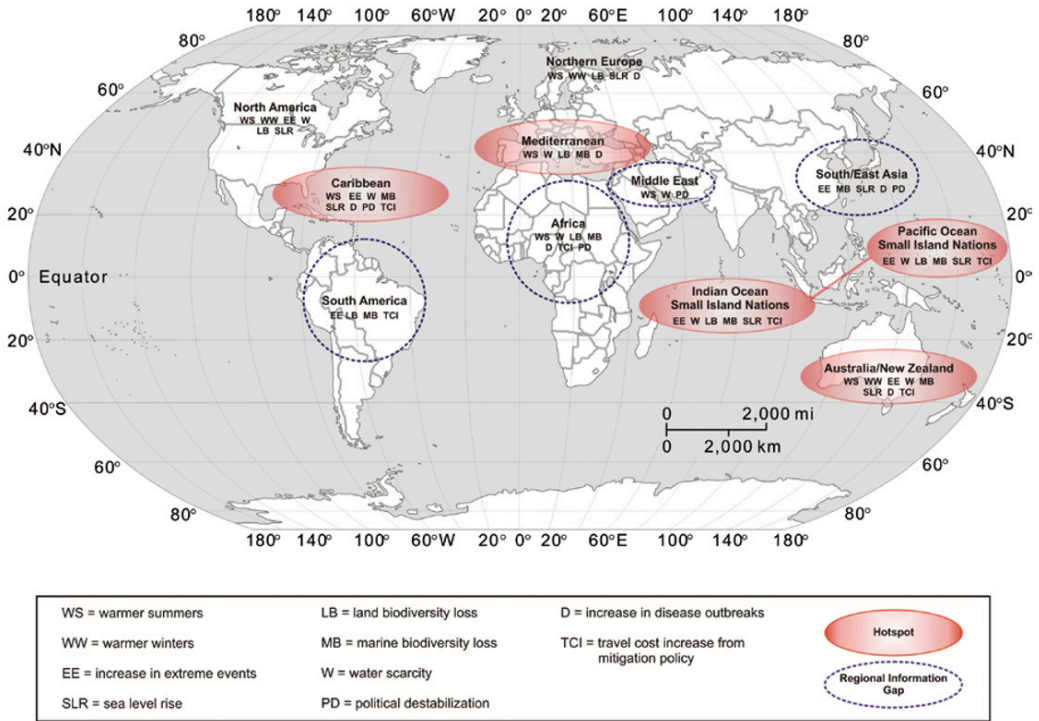
suyu kaynaklarının tuzlanmasına sebep olan deniz seviyesi yükselişi. Tarımsal sulama veya diğer endüstriyel kullanımlara yönelik artan su talebi su mevcudiyeti üzerindeki baskıyı artıracaktır. Bu nedenle su konusunda turizm işletmecilerinin yerleşik kullanıcılarla rekabete girdiği görülebilir.

Pek çok endüstri gibi turizm de iklim değişikliğine bağlı şiddetli hava koşullarının etkilerinden zarar görmeye açıktır. Özellikle de kıyı turizmi risk altındadır. Getirdikleri rüzgârlar, dalgalar, yağmurlar ve fırtına kabarmaları ile birlikte şiddetli fırtınalar endüstrinin dayanmakta olduğu ulaşım, elektrik gücü ve su şebekesi alanlarında aksaklıklara sebep olabilir. Sigorta şirketlerinin daha sık ve daha şiddetli hava olayları sonucu daha büyük hak taleplerine cevap vermesi sigorta primlerinde artışlara yol açabilir. Risk seviyeleri belirli eşikleri aştığında, sigortacılar artık teminat kapsamı sunmayacak veya primleri risk altında olanların karşılayamayacağı yüksekliğe getireceklerdir. Bunun başta kıyı alanlarındakiler olmak üzere turizm işletmecileri üzerinde ciddi etkileri olabilir. Daha yoksul ülkeler şiddetli hava koşullarının etkilerine daha az dirençli olma ve daha şiddetli hava koşullarına daha az uyum sağlayabilme eğilimi göstermektedirler. Buna bağlı olarak, yerel altyapılara dayandıkları ölçüde, bu ülkelerdeki turizm endüstrileri zarar görmeye zengin ülkelerdekilerden daha açık olacaktırlar (Nicholls, 2014).

Martinique'deki devamlı yağışlara veya Anguilla'daki kasırgalara ilişkin çalışmaların da göstermiş olduğu gibi, aşırı hava olayları ziyaretçilerin belirli bir turizm mekânının çekiciliğine ilişkin algılarını etkileyebilmektedir. İklim değişikliğinin insan sağlığı ve güvenliği üzerindeki etkisi en çok, iklime bağlı sağlık etkilerinden zarar görmeye daha açık olan, yetersiz beslenmenin veya gıda-su kaynaklı hastalıkların yaşandığı yerlerdeki nüfus tarafından hissedilecektir. Dünyanın bazı kısımlarında gıda ve su kaynakları iklim değişikliğinin tehdidi altındadır ve bu trendin artması öngörülmektedir. İklim etkileri, daha hassas veya daha az gelişmiş ülkelerde, toplumların tepki verme becerilerini bastırma potansiyeline sahiptir. Turizm işletmeleri, özellikle de dünyanın daha yoksul kesimlerinde bulunanlar, iklimin gıda ve su güvenliği ve kamu sağlığı üzerindeki etkilerinin sebep olacağı azalmış güvenlik ve sosyal huzursuzluğa karşı daha hassas olacaktırlar (Nicholls,2014).

2007 yılı Ekim ayında Davos'ta yapılan "İklim Değişikliği ve Turizm Konferansı"nda, dünyanın en büyük on turizm bölgesinin beşi "sıcak noktalar" olarak tanımlanmıştır (UNWTO ve UNEP, 2008); (Şekil 2). Bu bölgeler Avustralya, Pasifik Okyanusu, Hint Okyanusu, Akdeniz ve Karayipler'dir. Sözü edilen bölgeler, iklim değişikliğinin tehdidi altındaki bölgelerdir. Her bölge iklim değişikliğinin doğrudan ve dolaylı etkilerine göre ayrıca derecelendirilmiştir (Hoegh-Guldberg, 2008); (Tablo 1). Listenen bölgelerden Karayipler ile Avustralya ve Yeni Zelanda, on kriterden sekizinin tehdidi altındadır. Türkiye'nin de içinde yer aldığı Akdeniz Havzası ise, on kriterden beşinin tehdidi altındadır.

Şekil 4: Turizm Odaklarını Etkileyen Temel İklim Değişikliği Etkilerinin Coğrafi Dağılımı



Kaynak: UNWTO ve UNEP, 2008

Avrupa, uluslararası turizm bakımından dünyanın en önemli bölgesidir. Dünya Turizm Örgütü'nün verilerine göre, 2017 yılında dünya genelindeki uluslararası turist varışları 1,3 milyar olup bunun içinde Avrupa ülkelerinin payı yaklaşık %51'dir (672 milyon). Avrupa'yı ziyaret eden uluslararası ziyaretçilerin %39,7'si ise (267 milyon) Türkiye'nin de içinde yer aldığı Akdeniz ülkelerini ziyaret etmişlerdir (UNWTO, 2018). Dolayısıyla dünya turizmi bakımından bu denli önemli olan bir bölge iklim değişikliğinden kaynaklanan risklerle karşı karşıyadır (Ehmer ve Heymann, 2008).

Tablo 1: 21. Yüzyılın Ortalarından Sonuna Doğru Turizm Destinasyonlarını Bekleyen Riskler

Bölgeler	Sıcak bölge	Sıcak yazlar	Ilık kışlar	Aşırı hava olaylarında artış	Deniz seviyesinin yükselmesi	Karasal biyoçeşitlilikte azalma	Denizel biyoçeşitlilikte azalma	Su kıtlığı	Politik istikrarsızlık	Bulaşıcı hastalıklarda artış	Seyahat bedellerinde artış
Avustralya/Yeni Zelanda	●	●		●	●		●	●		●	●
Pasifik Okyanusu*				●	●	●	●	●			●
Hint Okyanusu*				●	●	●	●	●			●
Güneydoğu Asya				●	●		●		●	●	
Ortadoğu	●							●	●		
Afrika	●					●	●	●	●	●	●
Akdeniz	●					●	●	●		●	
Kuzey Avrupa	●	●			●	●	●			●	
Güney Amerika				●		●	●				●
Karayıpler	●			●	●		●	●	●	●	●
Kuzey Amerika	●	●		●	●	●		●			

*Küçük ada ülkeleri.

Kaynak: Hoegh-Guldberg, 2008

Akdeniz Bölgesi için tanımlanan riskler, daha sıcak yaz ayları, karasal bölgelerdeki ve denizlerdeki biyoçeşitlilik kayıpları, su kıtlıkları, bulaşıcı hastalıkların artması olarak sayılabilir. İklim değişikliğinden kaynaklanan tüm bu riskler ise bölgedeki turizm faaliyetlerini olumsuz etkileyecek potansiyele sahiptir.



3. SONUÇ

Buraya kadar yapılan açıklamalardan da anlaşılacağı gibi, turizm endüstrisi ve destinasyonlar iklim değişkenliğine ve değişime açıkça duyarlıdır. İklim, trilyonlarca dolarlık turizm endüstrisinde mevsimlerin uzunluğunu ve kalitesini belirler ve destinasyon seçimi ile turist harcamalarında önemli bir rol oynar. Birçok yerde turizm doğal çevre ile yakından bağlantılıdır. İklim, kar koşulları, vahşi yaşam verimliliği ve biyolojik çeşitlilik, su seviyeleri ve kalitesi gibi turizm için kritik olan çok çeşitli çevresel kaynakları etkilemektedir. Aynı zamanda turizm operasyonlarının çeşitli yönlerini de etkiler (örneğin, kar üretimi, sulama ihtiyaçları, ısıtma-soğutma maliyetleri gibi). IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) tarafından öngörülen ve turizm sektörü için en büyük potansiyel öneme sahip iklim değişikliğinin başlıca etkileri Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2: Turizm Destinasyonlarında Başlıca İklim Değişikliği Etkileri ve Turizme Muhtemel Etkileri

Etki	Turizme muhtemel etkileri
Daha yüksek sıcaklıklar	Mevsimselliğin değişmesi, turistler için ısı stresi, soğutma maliyetleri, bitki-yaban hayatı-böcek popülasyonlarında ve dağılışında değişiklikler, bulaşıcı hastalıkların yayılışı.
Azalan kar örtüsü ve küçülen buzullar	Kış sporları destinasyonlarında kar yetersizliği, kar yapma maliyetlerinde artış, daha kısa kış sporları mevsimi, peyzajın estetiğinin azalması.
Aşırı fırtınaların yoğunluğunda ve sıklığında artış	Turizm tesisleri için risk, sigorta maliyetlerinde artış/sigorta edilebilirlikte kayıp, iş kesintisi maliyetleri.
Bazı bölgelerde buharlaşmanın artışı ve yağışın azalması	Su kıtlığı, turizm ve diğer sektörler arasında su konusunda rekabet, çölleşme, talebi etkileyen ve altyapıyı tehdit eden yangınların artması.
Bazı bölgelerde yoğun yağışların sıklığında artış	Tarihsel mimari ve kültürel varlıklarda sel hasarı, turizm altyapısına zarar, değişen mevsimsellik.
Deniz seviyesinin yükselmesi	Kıyı erozyonu, plaj alanı kaybı, liman bölgelerini korumak ve sürdürmek için yüksek maliyetler.
Deniz yüzeyi sıcaklıklarında artış	Mercanların beyazlamasında artış, şnorkel ve dalış destinasyonları ile deniz kaynakları ve estetikte bozulma.
Karasal ve denizel biyoçeşitlilikte değişiklikler	Destinasyonlardaki türler ve doğal çekiciliklerin kaybı, tropikal-subtropikal ülkelerde daha yüksek hastalık riski.

Etki	Turizme muhtemel etkileri
Daha sık ve büyük orman yangınları	Doğal çekiciliklerin kaybı, sel riskinin artması, turizm altyapısına zarar.
Topraktaki değişiklikler (Örneğin: nem düzeyleri, erozyon ve asitlik)	Destinasyon çekicikleri üzerindeki etkiler ile arkeolojik varlıklar ve diğer doğal kaynakların kaybı.

Kaynak: UNWTO ve UNEP, 2008

Turizm sektörü, iklim değişikliğine karşı son derece duyarlı ve olumsuz yönde etkilenen ekonomik sektörlerden biridir. Bunun yanında iklim değişikliğinin yol açtığı ve açacağı olumsuzluklara karşı mücadele etmek için de önemli bir role sahiptir. Ancak iklim değişikliği - turizm ilişkisinin iki farklı boyutu vardır. Turizm sektörü ve onun tüm paydaşları bir yandan iklim değişikliğinin olumsuz etkisine karşı mücadele ederken bir yandan da karbon emisyonundan kaynaklanan, sektörün küresel iklim değişikliği üzerindeki etkisini azaltmaya yönelik eylem ve girişimlerde bulunmalıdırlar. Turizm sektörünün iklim değişikliği ile ilgili bu mücadelesinde iklimin turizm üzerindeki etkilerine bakıldığında, iklimsel değişimlere uyum sağlamak bilinen en acil yol olarak görülmektedir. Ancak turizmin iklim üzerindeki etkileri incelendiğinde temel tartışmalar etki azaltma çalışmaları üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bundan dolayı, sorunları çözmek için bütçe, zaman ve diğer kaynaklar kısıtlı olduğundan, etki azaltma ve uyum çalışmalarının birlikte ele alınarak bir arada yürütülmesi gerekmektedir. Ayrıca, genel olarak çevre ve ekonominin taban tabana zıt olduğu düşünülse de, bir yöndeki ilerlemenin ancak diğer yönde yapılacak gelişmeler ile mümkün olacağı açıktır (Patterson, 2005).

Turizm ağırlıklı olarak doğal kaynaklara dayandığı için, Türkiye iklim değişikliğinin doğrudan etkilerinden en fazla etkilenen ve risk altında olan bir ülkedir. Başta kıyı turizmi olmak üzere kış sporları turizmi vb. turizm çeşitleri iklim değişikliğinden etkilenmektedir ve bu etkinin gelecekte daha da artması beklenmektedir. Bu nedenle Türkiye'de turizmin iklim değişikliğinden kaynaklanan risklerinin belirlenmesi ve buna yönelik önlemlerin geliştirilmesi, yani sektörün iklim değişikliğine uyum sağlaması zorunlu ve acil bir durumdur. Nitekim 2015 ve 2016 yıllarında

konjonktürel durumlardan kaynaklanan olumsuzluklara bağlı olarak Türkiye'ye gelen ziyaretçi sayısı ve turizm gelirlerinde önemli düşüşler yaşanmıştır. 2016 yılı verilerine göre Türkiye'ye gelen ziyaretçi sayısı 30,2 milyon, uluslararası turizm geliri ise yaklaşık 10 milyar dolar azalarak 18,7 milyar ABD Doları olarak gerçekleşmiştir (UNWTO, 2018). Geçici olumsuzlukların bu denli etkilediği turizm sektörünün, iklim değişikliğine bağlı olarak daha kalıcı olumsuzluklarla karşı karşıya kalması kaçınılmazdır. Bu nedenle Türkiye'deki turizm sektörü için iklim değişikliğinin etkilerine karşı azaltım ve uyum çabaları ve çalışmaları hayati önem taşımaktadır. Ancak bu bu şekilde iklim değişikliğinin sektör üzerindeki tehditleri fırsata dönüştürülebilir.

KAYNAKÇA

- ▶ Alagedik, Ö., Bayar, H.İ., Biçer, B.E., Çelik, E., Keleş, M., Kocaman, H., Talu, N. (2016).
- ▶ TBMM'nin İklim Değişikliği Politikasındaki Rolü, Küresel Denge Derneği Yayını, Ankara.
- ▶ Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2016). Türkiye İklim Değişikliği 6. Bildirimi, Ankara.
- ▶ Day, J., Chin, N., Sydnor, N., Cherkauer, K. (2013). Weather, Climate, and Tourism
- ▶ Performance: A Quantitative Analysis, Tourism Management Perspectives, 5: 51-56.
- ▶ Demiroğlu, O.C. (2015). Kayak Turizmi Forumu'ndan Kayak Turizmi Politikasına Notlar,
- ▶ İPM-Mercator Politika Notu, Alıntılanma adresi: http://ipc.sabanciuniv.edu/en/wp-content/uploads/2015/09/cenkdemiroglu_kayakturizmiforumu.pdf (10.09.2018).
- ▶ Doğaner, S. (2001). Türkiye Turizm Coğrafyası, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- ▶ Ehmer,P., Heymann, E. (2008). Climate Change and Tourism: Where will the Journey Lead?,
- ▶ Deutsche Bank Research, April 11, 2008.
- ▶ Eraydın, A., Gedikli, B., Salmaner, G.,Edizel, H.Ö. (2011). Kentsel Turizm ve İklim Değişikliği:
- ▶ Antalya Örneği, TÜBİTAK Proje No: 108K612, Proje Raporu, Ankara.
- ▶ Gautier, C. (2014). Petrol, Su ve İklim, (Çeviri: Sevgi Genç), TÜBİTAK Popüler Bilim
- ▶ Kitapları, Ankara.
- ▶ Geographical. (2016). No more Merlot: France's vineyards under threat, Alıntılanma adresi:
- ▶ <http://geographical.co.uk/nature/climate/item/1550-no-more-merlot> (08.08.2018).

- ▶ Güçlü, Y. (2015). The Climate Comfort Conditions in Terms of Tourism in Turkey's Göller
- ▶ (Lakes) District, In: Demiroğlu, O.C., De Freitas, C.R., Scott, D., Kurnaz, M.L., Ünalın, D., (eds.), Proceedings of the 4th International Conference on Climate, Tourism and Recreation – CCTR2015, İstanbul.
- ▶ Hoegh-Guldberg, H. (2008). The impact of climate change and ocean acidification on the Great
- ▶ Barrier Reef and its tourist industry, *Garnaut Climate Change Review*,1-33.
- ▶ Holden, A. (2008). *Environment and Tourism*, (Second edition), Routledge, London and New
- ▶ York.
- ▶ IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II*
- ▶ and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
- ▶ Martin, M.B.G. (2005). *Weather, Climate and Tourism A Geographical Perspective*, *Annals of*
- ▶ *Tourism Research*, 32(3): 571–591.
- ▶ Moseley, W.G., Perramond, E., Hapke, H.M., Laris, P. (2014). *An Introduction to Human-Environment Geography: Local Dynamics and Global Processes*, Wiley-Blackwell, UK.
- ▶ NASA. (2020). *Global Climate Change Vital Sciences of the Planet*, Alıntılanma adresi: <http://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/> (05.05.2020).
- ▶ NASA. (2018a). *Global Climate Change Vital Sciences of the Planet*, “Greenland is melting and it’s time to pay attention, Alıntılanma adresi: <http://climate.nasa.gov/blog/2416> (25.09.2018).
- ▶ NASA. (2018b). *Global Climate Change Vital Sciences of the Planet*, “Climate change is shifting wine grape harvests in France and Switzerland” Alıntılanma adresi: <https://climate.nasa.gov/news/2418/climate-change-is-shifting-wine-grape-harvests-in-france-and-switzerland/> (13.10.2018).

- ▶ Nicholls, M. (2014). IPCC Climate Science Business Briefings, Climate Change: Implications for Tourism, Key Finding from the Intergovernmental Panel on Climate Change Fifth Assessment Report, University of Cambridge, Alıntılanma adresi: <http://www.cisl.cam.ac.uk/business-action/low-carbon-transformation/ipcc-briefings/tourism> (19.10.2018).
- ▶ Patterson, T. (2004). Knowledge Management for Tourism, Recreation and Bioclimatology: Mapping the Interactions (Part II), In: Matzarakis, A., De Freitas, C.R., Scott, D.(Eds.) Advances in Tourism Climatology, Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg Nr. 12, 215-222.
- ▶ Somuncu, M. (2018). İklim Değişikliği Türkiye Turizmi için Bir Tehdit mi, Bir Fırsat mı?
- ▶ TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 3-6 Ekim 2018, Bildiriler Kitabı, Ankara, 748-771.
- ▶ Somuncu, M. (2016). İklim Değişikliğinin Dünya ve Türkiye Turizmine Etkileri, İçinde: Somuncu, M., (ed.), Küresel İklim Değişikliği ve Etkileri, Türkiye Çevre Vakfı Yayını, Yayın No: 191, Ankara, 157-182.
- ▶ T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2016). Türkiye İklim Değişikliği 6. Bildirimi, Ankara.
- ▶ Türkeş, M. (2008a). İklim Değişikliği ve Küresel Isınma Olgusu: Bilimsel Bir Değerlendirme, İçinde: Karakaya, E. (ed.), Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimsel ve Politik Analizi, Bağlam Yayıncılık, İstanbul, 21-57.
- ▶ Türkeş, M. (2008b). IPCC “İklim Değişikliği 2007: Fiziksel Bilim Temeli” Raporunun Başlıca Sonuçları, İçinde: Karakaya, E. (ed.), Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimsel ve Politik Analizi, Bağlam Yayıncılık, İstanbul, 59-85.
- ▶ UNWTO.(2018). UNWTO Tourism Highlights 2018 Edition, Alıntılanma adresi: <https://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284419876> (20.10.2018).
- ▶ UNWTO and UNEP. (2008). Climate Change and Tourism – Responding to Global Challenges, Madrid, Spain.

- ▶ UNWTO. (2003). Proceedings of the 1st International Conference on Climate Change and Tourism, World Tourism Organization, Tunisia, Alıntılanma adresi: http://sdt.unwto.org/sites/all/files/pdf/tunisia_finrep_en.pdf (20.09.2018).
- ▶ Vanat, L. (2018). 2018 International Report on Snow & Mountain Tourism - Overview of the key industry figures for ski resorts, Alıntılanma adresi: (<https://vanat.ch/RM-world-report-2018.pdf>) (31.10.2018).

SEKTÖRLERE GÖRE KIRILGANLIK: TARIM

Prof. Dr. Zeynep Zaimoğlu



1. GİRİŞ

Sürdürülebilir tarımın temel sorunu gıda talebini karşılamaktır. Gelecek nesillerin ihtiyaçlarını feda etmeden şimdiki neslin gıda güvenliğini sağlamak sürdürülebilirliğin temelidir. Tarım sektörü, özellikle açlık ve yoksulluğun ortadan kaldırılması, istihdam ve geçim fırsatlarının yaratılması, ticaret ve konjonktüre dayalı kazançların yaratılması konularında sosyal ve ekonomik ilerleme için kritik öneme sahiptir. Tarım aynı zamanda çevresel kaygıların da merkezinde doğal kaynakların yönetimi, arazi bozulması, su kıtlığı, ormansızlaşma ve biyolojik çeşitlilik tehdidini içermektedir.

İklim değişikliğinin tarım sektörüne yansımalarının etkilerinin ülkemizde ve dünyada en çok görülebileceği ve kırılganlık olarak ifade edilebilecek etkiler şu şekilde sıralanabilir:

- ▶ Verim azalışı,
- ▶ Sulama suyu talep ve maliyetinin artışı,
- ▶ Dikim ve hasat zamanında kaymalar veya değişiklikler
- ▶ Ürün yetiştirme elverişliliğinde azalma,
- ▶ Daha fazla hastalık

Bu bilinen kırılganlıklar karşısında, İklim değişikliğinin etkilerinin ve gelecekte başta tarım sektörü olmak üzere birçok alanda zararlarının neler olacağını tam olarak öngörülmemesi, Politika yapımcıların somut ve acil önlemler almalarını engellememelidir (FAO, 2009).

Tarım sektörü kırılganlığı sosyal, ekonomik, çevresel kırılganlıklar olarak üç ayrı grupta incelenebilir



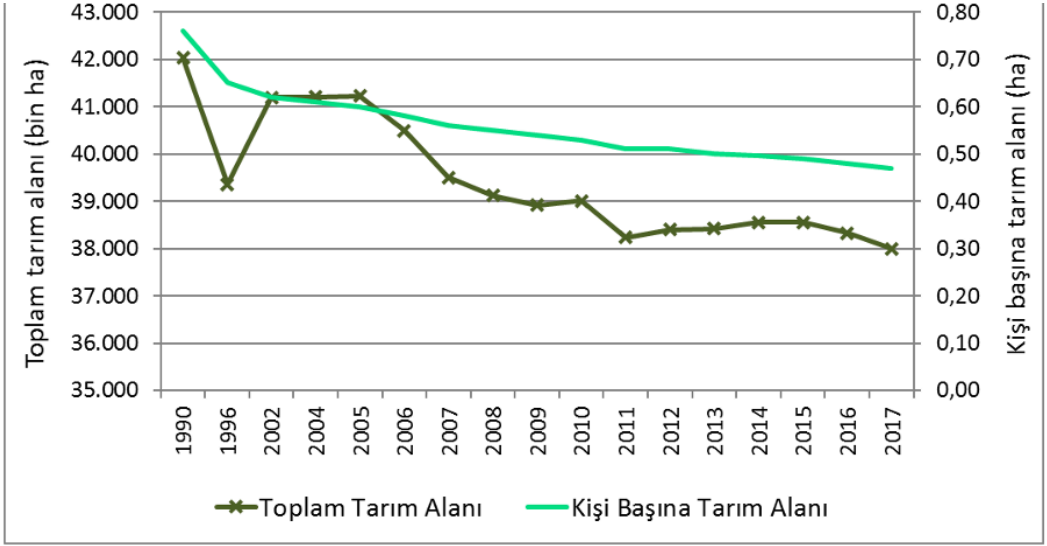
2. SOSYAL KIRILGANLIK

Hızlı nüfus artışı, yoksulluk ve açlık, sağlık hizmetlerine ulaşamama, düşük eğitim düzeyleri, cinsiyet gibi sosyal güvenlik açığına katkıda bulunan birçok sosyal kırılğınlıktan kırsal da ve tarım sektöründe yaşayan insanlar adına söz etmek mümkündür. Açlık ve yoksulluk sorunları birbirine bağlıdır ve çözülemez. Bugün dünyanın en güçlü tarımsal politikaları yöneten siyasi lobileri, Washington DC, Brüksel, Tokyo gibi metropollerden yönetilse de bu metropollerde nüfusun yalnızca %3'ü doğrudan geçimini tarımdan sağlamaktadır. Tarımda politika yapıcı olarak söz sahibi ülkelerde nüfusunun %3'ünden azı doğrudan tarımdan geçim kaynağı sağlamaktadır.

Oysa ki gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkeler de nüfusun 3 te 2 si geçimini doğrudan tarımdan sağlamaktadır. Buna rağmen, kırsal ve tarım toplulukları en zayıf siyasi lobiler arasında ve çiftçilik en az saygı duyulan meslekler arasında sayılmaktadır.

Önümüzdeki 50 yıl içinde dünya nüfusunun artması bekleniyor. Nüfustaki bu artışın, özellikle Sahra altı Afrika, Güney Asya ve Orta Doğu'da daha da yüksek bir artış hızına sahip olması bilinen bir gerçektir.

Dünya tarım alanları ve kişi başına düşen tarım arazisi miktarı göz önüne alındığında tarımda kırılğınlığın sosyal ekonomik kırılğınlıkla ne kadar eş zamanlı tartışılması gerektiği de anlaşılabilir (Şekil 1).

Şekil 1: Dünya Tarım Alanlarının Miktarı İle Kişi Başına Düşen Alan Oranı

Kaynak: TÜİK, Tarım ve Orman Bakanlığı

Ciddi endişe kaynağı ise, son 20 yılda kişi başına gıda üretiminin dünya genelinde %10 azaldığı ve bu azalış sonucu en az gelişmiş 46 ülkeden oluşan gruptur en acı olan ise dünya nüfusunun %10'unu oluşturan ve dünya gelirinin %1'i ne ancak sahip olan yetersiz beslenen insan nüfusu sayısı iki katına çıktı (FAO, 2019).

Benzer şekilde Asya'da açlık yüzdesi 1960 yılı sonlarından itibaren Sahra Altı Afrika'da benzer şekilde yarıya indi ve hala da düşmeye devam ediyor.

Yaklaşık 30 yıl önceden itibaren, dünya uzmanların felaket senaryolarında yazdığı, kıtlığına yol açacağını tahmin ettikleri küresel bir gıda sıkıntısıyla karşı karşıya kaldı. Bu tehlike, yoğun bir uluslararası araştırma çabasının gelişmesini ve çiftçinin benimsemesini sağlamasıyla ve kırılganlık analizlerinin sonuçlarına bağlı olarak tarım lobilerinin çalışması ile önlenabilir.

Yatırım ve bilginin yönlendirdiği bu “Yeşil Devrim”, çevresel koşulların olduğu yerlerde en etkili olanıydı.

3. EKONOMİK KIRILGANLIK

Tarımın ekonomik kırılganlığı (Şekil 2), ulusal ekonomi ve ticaretteki önemi de dahil olmak üzere bir dizi etkileşimli unsurla ilgilidir. Döviz kazançları, yardım ve yatırımlar, uluslararası tarımsal emtia ve girdi fiyatları ile üretim ve tüketim alışkanlıkları bu kırılganlıkları etkileyen en önemli etkenlerdendir.

Dünya düzeyinde, tarımın toplam gayri safi hasıla içindeki payı (GSYH), gelişmiş ülkelerde %2'nin olmasının aksine, gelişmekte olan ülkelerde yaklaşık %13'tür. Orta, doğu ve batı Afrika için bu oran %31'in üzerindedir ve Güney Asya %25 civarındadır. Bazı gelişmekte olan yaklaşık 25 ülkede ise bu pay, yaklaşık %40-%60'dır. Afrika örneğinde, yaşam standardındaki düşüş arttı ve Ortalama bir Afrikalının tüketim harcamalarının çeyrek yüzyıl öncesine göre beşte bir daha düşük olduğu tespit edildi (Boulanger et al., 2019). Dünya nüfusunun en zengin %20'si dünya gelirinin %85'ini tüketirken, en yoksul %20'si küresel gelirin yaklaşık %1'ini yaşıyor.

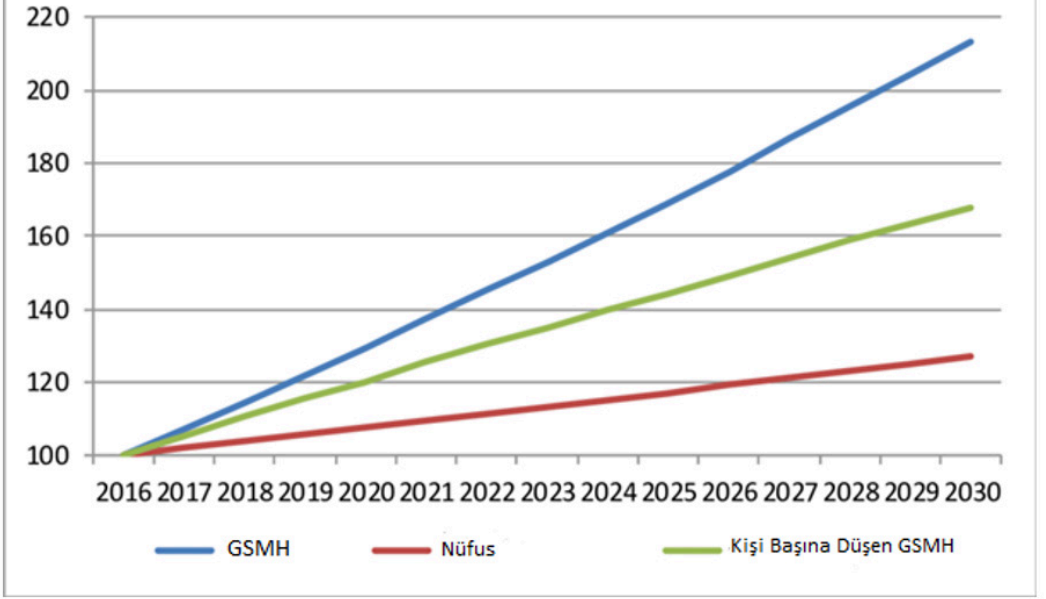
Gelişmekte olan ülkeler için ekonomik zorluk, belirli tarımsal ve kırsal kalkınma ihtiyaç ve fırsatlarını tanımlamak ve yatırımları gıda güvenliği ve yoksulluğu kontrol altına alabilecek şekilde planlanmaktadır.

Dünyanın toprak ve su kaynakları insanın hayatta kalması için kritik öneme sahiptir. Gıda ve diğer tarım ürünlerinin yanı sıra diğer temel yaşam gereksinimlerini de sağlarlar.

Artan bir nüfus için artan gıda talebi, insanlar hâlihazırda üretimde olan topraklardan en iyi şekilde yararlanmaya çalıştıklarından doğal kaynakları tehdit edilmekte ve Hasar giderek daha belirginleşmektedir.

Erozyon, tuzluluk, çölleşme ve kentsel yayılma nedeniyle kaybedilen ekilebilir topraklar; su kıtlıkları; kaybolan ormanlar ve tehditleri biyolojik çeşitlilik kaybı ekonomik kırılganlık ile çevresel kırılganlığın kesiştiği noktadır.

Şekil 2: Nüfusa Bağlı Gayri Safi, Milli Hasıladaki Değişikliklerin İleriye Dönük Model Sonuçları



Kaynak: Boulanger et al., 2019

4. ÇEVRESEL KIRILGANLIK

21. yüzyılda, arazi ve su ekosistemlerine zarar verme ve üretim potansiyelinin kaybı, pandemi ve iklim değişikliğinin her sektörde görünen etkileri ile daha yıkıcı, bir çevre ve doğa ile karşı karşıyayız.

İklim değişikliğiyle mücadele, sürdürülebilir kalkınma arayışı için hayati önem taşımaktadır; eşit olarak, sürdürülebilir kalkınma arayışı, kalıcı iklim değişikliğinin ayrılmaz bir parçasıdır.

Sürdürülebilir tarımsal arazi kullanımı, sağlam tarımsal ilkelere dayanmalı, aynı zamanda kısıtlamalar ve etkileşimleri benimsemelidir.

Tarımsal üretimin diğer boyutlarının, geniş bir genetik tabanı çeşitlendirme ve geliştirme esnekliği de dahil olmak üzere, değişen koşullar, Arazi yönetimi uygulamaları, arazi bozulması ve bu bağlamdaki verimlilikleri, belirli bir arazi kullanımının sürdürülebilirliğini büyük ölçüde yönetecektir.

Ayrıca, sürdürülebilirlik kurumsal, çevre sorunlarını şiddetlendirebilecek politik, sosyal ve ekonomik baskılar ile sürdürülebilirliğin sağlanması için geleceğe dönük planlanmalıdır.



5. İKLİMSEL KIRILGANLIK

Kırılğanlık kavramı genel olarak bir sosyal bilim kavramı olarak düşünülse de 2003 yılında Turner ve arkadaşları bu kavramı azaltım ve uyum süreci çerçevesinde, küresel çevre uygulamalarında kullanmak için oluşturmuştur (Turner et al., 2003). Ardından kırılğanlık tanımı birçok alanda da kullanılmaya başlanmıştır. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 2014 yılında genel olarak kırılğanlık olgusunu “olumsuz yönde etkilenmeye olan yatkınlık” olarak tanımlamıştır (IPCC, 2014).

- ▶ İklimle ilgili maruziyetin (iklimsel etkilenmenin) büyüklüğü ve süresi;
- ▶ Hedef sistemin iklim riskine duyarlılığı;
- ▶ Bir sistemin maruz kalmaya dayanma veya ondan kurtulma yeteneği kırılğanlığın bileşenleri olarak tanımlanır (Kuş, 2019)

Bu bileşenlerin bağlantılı olduğu iklimsel etkilenme, hassasiyet ve uyum kapasitesi tanımları ise şu şekilde aktarılmıştır.

İklimsel etkilenme: Olumsuz olarak etkilenmesi muhtemel yerlerde beşeri, ekonomik, sosyal veya kültürel değerlerin bulunması.

Hassasiyet: Bir olgunun, nesne veya canlının iklim değişikliğinden olumlu ya da olumsuz yönde etkilenme derecesi olarak düşünülebilir. Ancak burada önemli olan husus, etkinin sadece direkt olarak değil aynı zamanda dolaylı yoldan da oluşabileceğinin bilinmesidir. (Örneğin deniz seviyesinin yükselmesi sonucu oluşan arazi kaybı ve nitelik değişimi)

Uyum kapasitesi: Bir olgunun, nesne veya canlının oluşan imkânlarla ya da zararlara uyumlanabilme yeteneği.

Açıkça tanımlanmış bir metodoloji sağlamasa da, IPCC'nin bu tanımı kırılğanlık literatüründe yapılan birçok çalışmanın temeli haline gelmiştir (Kuş, 2019).

Bu kavramlar arasındaki ilişki ise genel olarak şu şekilde düşünülebilir;

$$\text{Kırılabilirlik} = \text{İklimsel Etkilenme} + \text{Hassasiyet} - \text{Uyum kapasitesi}$$

Tarım sektörü, kırılabilirlik bakımından hassasiyetin en yüksek olduğu alanlardan biridir (Luo ve Lin, 1999; Tao et al., 2011; Neset et al., 2019). Bu konuda her bir bölgenin üzerinde yapılması gereken analizlerin birbirinden bağımsız olarak yapılarak beraber analiz edilmesi gerekmektedir. Hem iklim hem de tarım çok dinamik sistemler olduğundan dolayı sabit bir kırılabilirlik metodolojisi olmamakla beraber kullanılacak fazlaca farklı metod bulunmaktadır. Bölge özelliklerine göre farklı yöntemlerin belirlenmesi bu konudaki en önemli husustur.

Metodoloji genel olarak şu şekilde özetlenebilir;

İklimsel etkilenme, hassasiyet ve uyum kapasitelerinin her biri kendi içlerinde değerlendirilmek üzere ele alınır. İklimsel etkilenme analizleri yapılırken bölge için ideal iklim projeksiyonu doğrultusunda, seçilmiş belli yıllarda maksimum ve minimum sıcaklıkların değişimi, yağış rejim değişiklikleri, don başlangıç ve bitiş tarihleri, potansiyel geç donlar ve kuraklık gibi değişkenler beraber olarak incelenir. Kuraklık değişkeninin metodolojisi ile bölgeye göre kendi içinde de farklılık gösterebilir. SPI, PDSI veya Emberger veya PNI gibi farklı yöntemlerden faydalanılabilir.

Hassasiyet için spesifik bir bitki deseni kullanılabilmesi gibi, genel olarak coğrafyanın hassasiyeti de çalışılabilir. Arazi kullanımı, erozyon durumu ve toprak yapısı buradaki en önemli parametrelerdir. Özellikle kuru tarımın varlığı iyi değerlendirilmelidir. Tarımsal kırılabilirlik hesaplamalarının uyum kapasitesi çalışmalarında ise en önemli parametre sulama gerekliliğidir. Su kaynaklarına mesafe, toprağın yapısı ve organik içeriği, çevredeki doğal alanların niceliği ve niteliği, toprağın su tutma kapasitesi, yeraltı su yoğunluğu ve derinliği gibi değerler analiz edilmelidir.

Bu metodoloji doğrultusunda bulunan değerler genellikle normalize edilerek en az 3 katmanlı bir haritalandırma kullanarak kırılabilirlik her bölge için hesaplanabilir. Her bilimsel metotta yapılması gerektiği gibi doğruluğun anlaşılabilirliği için yapılan işlemlerin gerçek verisimleri ile geçmiş yıllara uygulanarak değerlendirilmesi ve sağlanmasının yapılması da büyük önem arz etmektedir.

Kırılabilirliğin analiz edilerek azaltılması sürdürülebilir tarım için anahtar bir rol oynarken, küresel iklim değişikliğine uyum adına da en önemli adımlardan biridir. Kırılabilirliğin arttığı bir coğrafyada devamlı yapılması gereken bitki deseni değişiklikleri iklimsel felaketlerle beraber gıda tedarik zincirini giderek zorlayacaktır. Ayrıca su kaynaklarının ve havzanın su rejiminin bozulması mevcut ekosistemi birinci dereceden etkileyeceği için bütün canlı yaşamının etkileneceği, ekosistemin dinamik yapısından dolayı tarım ürünlerinin de aynı zamanda ikincil nedenlerle de zarar görebileceği açıktır (zararlı istilaları vb.).



6. SONUÇ

Tarımsal riskler aynı zamanda tarım sektöründeki kırılganlıkları da ifade eder. Normal koşullarda tarımsal üretimde olabilecek kayıp veya zararlardır. Bunlar istatistiksel yöntemlerle tahmin edilebilmektedir. İki tür risk var. Birincisi, Tesadüfi (Mutlak) Riskler; işin doğal yapısına ve akışına bağlı olmaksızın meydana gelen ve işletme tarafından meydana gelmesi engellenemeyen hasarlardır. Don, dolu, yangın gibi riskler bu gruba girer. İkincisi ise, Ticari Riskler; fiyat ve maliyetlerden kaynaklanan ekonomik girdileri esas alan risklerdir.

Tarımda riskleri yönetmek, önlem almak için belli araçlara ihtiyaç vardır ve o araçlar kullanılır. Bu araçlar şöyle sıralanabilir; doğrudan mali yardımlar, destekleme alımları, İşletmenin üretim deseninde ürün çeşitlendirmesi, zararı azaltıcı teknolojik gelişmelerden yararlanma, suyu en ekonomik kullanan sulama sistemlerinin kullanılması, hastalık ve zararlılar ile kuraklık ve don gibi risklere karşı dayanıklı ürün çeşitlerinin geliştirilmesi, üretici tasarruflarının kullanılması, işletme organizasyonu, lisanslı depoculuk, sözleşmeli üretim, vadeli işlem piyasaları ve tarım sigortası.

Tarımda dünya genelinde iklim değişikliğine bağlı kırılganlıkları kontrol altına alabilmek gıda güvenliğinden başlayan sosyal ekonomik ve çevresel tüm kırılganlıkların kontrol edilebildiği global siyasi yapılarla mümkün olabilmektedir.

7. KAYNAKÇA

- ▶ Boulanger, P., Ferrari, E., Mainar, A., Sartori, M., Beshir, M., Hailu, K., & Tsehay, S. (2019). Policy Options to support the Rural Job Opportunity Creation Strategy in Ethiopia. Publications Office of the EU. DOI= 10.2760/738904
- ▶ FAO, (2009), Coping with a changing climate: considerations for adaptation and mitigation in Agriculture Environment And Natural Resources, Management Series 15.
- ▶ FAO. (2019). Dünyada Gıda Güvenliği ve Beslenme Durumu - 2019 (The State of Food Security and Nutrition in the World 2019). <http://www.fao.org/3/ca5249tr/ca5249tr.pdf> (28.05.2020)
- ▶ IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151.
- ▶ Kuş, M. (2019). Climate Change Vulnerability In Agriculture And Adaptation Strategies Of Farmers To Climatic Stresses In Konya, Turkey. Phd thesis ODTÜ
- ▶ Luo, Q., & Lin, E. (1999). Agricultural Vulnerability and Adaptation in Developing Countries: The Asia-Pacific Region. *Climatic Change*, 43, 729–743. <https://doi.org/10.1023/A:1005501517713>
- ▶ Neset T.S., Wiréhn, L., Opach, T., Glaas E., & Linnér, B.O. (2019). Evaluation of indicators for agricultural vulnerability to climate change: The case of Swedish agriculture, *Ecological Indicators*, 105, 571-580, ISSN 1470-160X, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.042>.
- ▶ Tao, S., Xu, Y., & Liu, K. et al. (2011). Research progress in agricultural vulnerability to climate change. *Adv. Clim. Change Res.*, 2(4), DOI:10.3724/SPJ.1248.2011.00203.
- ▶ Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., & Polsky, C. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the national academy of sciences*, 100(14), 8074-8079.
- ▶ TÜİK, Tarım ve Orman Bakanlığı, (<https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/kisi-basina-tarim-alani-i-85832>) (29.05.2020)

SEKTÖRLERE GÖRE KIRILGANLIK: ENERJİ

Prof. Dr. Levent Aydın



1. ENERJİ SEKTÖRÜNDE KIRILGANLIK GÖSTERGELERİ

Bir sistemin durumunu, gelişimini ve en önemlisi kararları, politikaları ve eylemleri ayarlama ihtiyacı göz önüne alındığında, ölçüm önemlidir. İklim değişkenleri enerji segmentlerini farklı şekilde etkileyebileceğinden, bu değişkenlere göre kırılگانlıklarını haritalanması ve tüm enerji sistemi üzerindeki etkilerin analiz edilmesi iklimin dayanıklılığının iyi bir ölçüsünü sunabilir. Tarihi bilgiler aynı zamanda mevcut değişkenliklere göre gelecekteki iklim değişkenliğinin etkilerinin çıkartılacağı bir temel de sağlayabilir.

İklim değişikliğinin gerçek etkilerini ölçmek ve doğal (mevcut) iklim değişkenliğinin neden olduğu etkilerden ayırt etmek de zor olabilir. İklim etkisi değerlendirmeleri, genellikle üzerinde inşa edilen gelecekteki iklim gelişimi için senaryolara dayanmaktadır. Bu tür iklim senaryolarının kullanılması ve enerji sistemi performansının mevcut iklimle karşılaştırılması bir dizi gösterge yaratabilir, ancak bu göstergelerin enerji sisteminin gerçek direncini ne ölçüde temsil ettiği net değildir.

Bu nedenle, mevcut ve gelecekteki iklimin karşılaştırılmasına dayalı olarak bir sistemin esnekliğini değerlendirmek için birkaç gösterge kullanılabilir. Kaynak bağışlarındaki esneklik çoğunlukla potansiyel enerji üretimindeki kayıplarla (veya kazançlarla) ilişkiliyken, enerji arzının esnekliği de enerji üretimi ve dönüşümünün verimliliğine bağlıdır. İlk durumda, mevcut iklimdeki toplam mevcut birincil enerjinin iklim değişikliği senaryoları ile karşılaştırılması genel bir kayıp veya kazanç ölçüsü sağlar. Belirli enerji bölümlerinin (örneğin hidroelektrik, rüzgâr enerjisi veya petrol rezervleri) analiz edilmesi, özellikle enerji sistemleri sınırlı çeşitliliğe sahip olduğunda da önemlidir.



Enerji üretiminin çeşitlendirilmesi seviyesi, tek bir enerji kaynağına büyük ölçüde dayanan sistemler iklim etkilerine daha fazla maruz kalabileceğinden, önemli bir esneklik ölçüsü sağlar. Bir sistemin çeşitliliği ise, tek bir göstergenin iyi bir dayanıklılık ölçüsü olarak kullanılmasına izin vermez. Yine de, enerji sistemleri hakkındaki bilgilere dayanan birçok gösterge, bu sistemlerin iklim değişikliğine ne kadar açık olduğunu değerlendirmek için kullanılabilir. Enerji çeşitliliği açısından, toplam birincil ve nihai enerji tedarikindeki yakıt payları ile toplam elektrik üretimi ve kurulu kapasite, gösterge olarak kullanılabilir. Yenilenebilir enerji iklimdeki değişikliklere karşı daha savunmasız olduğundan, yenilenebilir kaynakların toplam enerji arzına ve elektrik üretim/kurulu kapasiteye katılımı iklim dayanıklılığının değerlendirilmesinde de önemlidir.

Enerji tedariki için, iklim değişikliğinin neden olduğu toplam sistem verimliliğindeki (örneğin, toplam nihai enerji ile birincil enerji tüketiminin oranı olarak ölçülen) varyasyonlar, enerji dönüşümünün ve ulaşımının iklim değişikliğinden nasıl etkilenebileceğini gösterebilir. Her ne kadar bu önlem enerji arzı üzerinde toplam etkiler gösterebilse de, sistemin arz güvenlik açığının anlaşılmasını tamamlamak için belirli enerji kaynakları için bazı önlemler gerekmektedir. İklim değişikliğinin yenilenebilir elektrik üretim kapasitesi faktörü üzerindeki etkileri (ortalama ve kritik üretim koşulları varsayarak) hidroelektrik ve rüzgâr enerjisi üretimi gibi kaynaklar için iyi bir önlemdir. Termal (fosil veya nükleer) elektrik üretimi üzerindeki etkiler ise dönüşüm verimliliği veya kapasite değişimleri açısından açıklanmaktadır. Sıvı biyoyakıt üretimi üzerindeki iklim etkileri, tarımsal ve uyumlu üretkenlikteki değişimler (örneğin, ekilen alan başına enerji) ile değerlendirilebilir.

Enerji zincirinin sonunda, ceteris paribus koşullarını varsayarak, tüketen bir sektörün enerji yoğunluğundaki farklılıklar, talep tarafından bir kırılma resmini canlandırabilir. Buradaki en büyük zorluk, uzun vadede gerçekleştirilen iklim değişikliği değerlendirmelerinde katı bir ceteris paribus analizi yapmaktır. Son olarak, bilgi düzeyi (hem iklim hem de enerji) ve enerji ilişkileri hakkındaki bilgi, iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamak için daha iyi bir anlayışa ve daha erken eyleme izin verdiği için esnekliğin bir göstergesi olarak düşünülmelidir.

Yakın zamanda yapılan bir araştırma, enerji sistemlerinin kırılabilirliği ve esnekliği için metrikleri inceliyor ve aşağıdaki gibi bir tabloyu öneriyor. Kilit enerji sistemleri üzerindeki iklim kaynaklı etkilerin özetlenmesi ve aşağıdakileri dikkate alan olası uyum önlemlerinin ana hatlarını verir:

1.1. Kırılabilirlik Göstergeleri

Kömür

- Deniz seviyesinden 1 metreden daha az bir mesafede bulunan ve mevcut rekürrens süresi 100 yıl olan bir sel tarafından su basabilecek alanda bulunan kömür madeni tesisi sayısı.

Petrol ve gaz

- Gelecek 20 yıl içinde 70 m/s'den fazla fırtınadan etkilenmesi muhtemel açık deniz petrol ve gaz tesislerinin payı (%)
- Önümüzdeki 20 yıl içinde (%) 70 m / s fırtınadan fazla fırtınadan etkilenmesi muhtemel rafinerilerin payı / sayısı.

Tüm Fosil Yakıtlar

- Deniz seviyesinden 1 metreden daha az bir mesafede bulunan ve mevcut 100 yıllık bir tekrarlama süresine sahip olan bir sel tarafından su altında kalacak bölgede bulunan termik (kömür, petrol ve gaz) enerji santrallerinin sayısı
- Ek bilgiler: önümüzdeki 30 yıl içinde termik santrallerin kapasitesinin %10'dan fazla azalmasına neden olan beklenen kuraklık sayısı

Hidroelektrik

- Gelecek 20-50 yıl içinde beklenen yağış değişimi (%) ve / veya her havzada

sel olasılığı

- ▶ Bugün ülkedeki çoklu kullanım barajlarının sayısı: her baraj için su hacmi (m^3)
- ▶ Suyun yüzdesi ne için kullanıldığını açıklayın: tarım; güç; içme; ek bilgi: buzul erimesinden beklenen ek akış (milyon m^3)

İletim Sistemleri

- ▶ Ülke içi, yer üstü iletim ve dağıtım hatlarının uzunluğu (km)
- ▶ Aşağıdakileri ayırt edin: yüksek-(iletim); orta ve alçak gerilim hatları (Dağılımı)
- ▶ Ulus ötesi hatları tanımlayın
- ▶ Elektrik kesintilerinin sayısı ve uzunluğu (hava durumu nedeniyle meydana gelen arızalar veya ekipman arızası ve tayinlamadan kaynaklanan kesintiler)
- ▶ Yıllık ortalama kesinti saatleri
- ▶ 50 km'nin üzerinde bölgesel ulaşım gerektiren enerji arzının yüzdesi
- ▶ % fosil yakıt nakliyesi
- ▶ % biyokütle taşınması; mümkünse kayıt dışı sektör hakkında yorum yapın

Biyo-kütle

- ▶ Toplam biyokütle üretiminde enerji amaçlı kullanılan biyokütle oranı (%)
- ▶ Mümkünse farklı kaynaklar ve farklı uygulamalar arasında ayırım yapın-tarımsal biyokütle hasadı; elektrik; sıcaklık
- ▶ Orman (BM Gıda ve Tarım Örgütü FAO tarafından tanımlandığı gibi) biyokütle hasadı: elektrik; sıcaklık
- ▶ Gelecek 20-50 yılda beklenen yağış değişimi (%)
- ▶ Ek bilgi: kilit biyokütle ürünlerinin 20 yıl içinde biyolojik ısı toleransının ötesinde sıcaklık artışı olasılığı (%)



Rüzgâr

- ▶ Deniz seviyesinden 1 metreden daha az rüzgâr türbini sayısı
- ▶ Bölgesel iklim modellerine bağlı olarak önümüzdeki 20 yıl için ortalama rüzgâr hızının öngörülen değişimi (%)

Güneş

- ▶ Mevcut güneş enerjisi tesisatı kapasitesi (m²) PV (MW) ve termal (m²) arasındaki farkı ayırın
- ▶ Mülkiyet (özel, hükümet, kamu/özel ortaklık, vb.)
- ▶ PV kapasitesi ile ilgili gelecek 20 yıl içinde beklenen sıcaklık (° C) artışı

Kilit enerji sistemleri üzerindeki iklim kaynaklı etkilerin özetlenmesi ve aşağıdakileri dikkate alan olası uyum önlemlerinin ana hatlarını verir:

- ▶ Enerji sisteminin hasara ve işlev kaybına direnme yeteneği (teknik);
- ▶ Acil durumla ilgili kurumsal performansı (sivil/örgütsel) iyileştirmek için kurumsal kapasite, planlama, eğitim, liderlik, deneyim ve bilgi yönetimi;
- ▶ Yönetici işletmenin afet sonrası iyileştirme, doğaçlama, yenilikçilik ve kaynak ikamesi (ekonomik) için zamanında uyum sağlama kapasitesi;
- ▶ Karar vericilerin enerji sisteminin yerel ekosistemler ve ekosistem hizmetleri (çevre) üzerindeki etkisini tahmin etme yeteneği; ve,
- ▶ Sosyal grupları enerji sistemiyle ilgili felaketsel (sosyal ve kültürel) daha savunmasız veya daha uyumlu hale getiren, etkilenen nüfusun ve toplumun özellikleri.

Tablo 8: Enerji Sektöründe İklim Değişikliğine Karşı Kırılganlık

Item	İlgili iklim etkileri İlgili iklim etkileri			Enerji sektörü üzerine etkileri
	Genel	Spesifik	Ek	
İklim değişikliğinin kaynak desteği üzerindeki etkileri				
Hidroelektrik	Akış	Miktarı (+/-) Mevsimsel akışlar yüksek ve düşük akışlar Aşırı olaylar	Erozyon Siltasyon	Azaltılmış firma enerjisi Artan değişkenlik Artan belirsizlik
Rüzgâr gücü	Rüzgâr alanı özellikleri, rüzgâr kaynağındaki değişiklikler	Yoğunluktaki değişiklikler, rüzgâr hızı Artan rüzgâr değişkenliği Bitki	Bitki örtüsünde değişiklikler (pürüzlülüğü ve mevcut rüzgârı değiştirebilir)	Artan belirsizlik
Biyoyakıtlar	İklim değişikliğine bitki tepkisi	Ürünlerin üretimi Agro-ekolojik bölgeler kaydırır	Zararlıları, Su talebi Kuraklık, donmalar, fırtınalar	Artan belirsizlik Aşırı olayların artan sıklığı
Güneş enerjisi	Atmosferik geçirgenlik	Bulut özellikleri Cloud characteristics		Olumlu veya olumsuz etkiler
Dalga ve gelgit enerjisi	Okyanus iklimi	Rüzgâr alanı özellikleri Gelgitler üzerinde etkisi yok	Rüzgâr hızı ve dalga gücü arasında güçlü doğrusal olmayan bir ilişki vardır	Artan belirsizlik Aşırı olayların artan sıklığı
İklim değişiminin enerji arzı üzerine etkileri				
Hidroelektrik	Su mevcudiyeti ve mevsimsellik	Su kaynakları değişkenliği Beklenen enerji çıktısının artan belirsizliği	Şebeke üzerindeki etki Aşırı üretim israfı Aşırı olaylar	Artan belirsizlik Sistem güvenilirliğinin revizyonu İletim ihtiyaçlarının gözden geçirilmesi
Rüzgâr gücü	Rüzgâr hızı frekans dağılımında değişiklik	Enerji üretimindeki artan belirsizlik	Kısa ömür iklim değişikliğiyle ilişkili riski azaltır Aşırı olaylar	Enerji üretiminde artan belirsizlik
Biyoyakıtlar	Daha az dönüşüm verimliliği	Yüksek sıcaklıklar termal üretim verimliliğini azaltır	Aşırı olaylar	Azaltılmış enerji Artan belirsizlik
Güneş enerjisi	Düşük güneş pili verimliliği	Güneş pili verimliliği daha yüksek sıcaklıklar nedeniyle azalır	Aşırı olaylar	Azaltılmış enerji üretimi Artan belirsizlik
Termal enerji santralleri	Üretim döngüsü verimliliği Soğutma suyu mevcudiyeti	Azalan verimlilik Örneğin sıcak hava dalgaları sırasında artan su ihtiyaçları	Aşırı olaylar	Azaltılmış enerji üretimi Artan belirsizlik
Petrol ve gaz	Aşırı olaylara karşı savunmasız	Siklonlar, seller, erozyon ve siltasyon (kıyı bölgeleri, karada)	Aşırı olaylar	Azaltılmış enerji üretimi Artan belirsizlik

İletim, dağıtım ve transferler üzerindeki etkiler				
İletim, dağıtım ve transferler	Aşırı olayların sıklığının artması Deniz seviyesinin yükselmesi	Rüzgâr ve buz Heyelanlar ve sel Kıyı erozyonu, deniz seviyesinin yükselmesi	Erozyon ve siltasyon Taşımayı engelleyen hava koşulları	Mevcut varlıkların artırılmış güvenlik açığı
Tasarım ve operasyonlar üzerindeki etkiler				
Yerleştirme altyapısı	Deniz seviyesinin yükselmesi	Artan aşırı olaylar Deniz seviyesinden yükselen kıyı erozyonu Aşırı olayların artan sıklığı	Su mevcudiyeti Permafrost eritme	Mevcut varlıklara karşı daha fazla güvenlik açığı Yeni iyi oturma konumlarına artan talep
Kesinti ve sistem darboğazları	Aşırı hava olayları	Yalıtılmış altyapı üzerindeki etkiler Enerji sistemindeki birden çok varlık üzerindeki bileşik etkiler	Toplum en çok ihtiyaç duyduğunda enerji sistemi tam olarak çalışmaz	Artan güvenlik açığı Düşük güvenilirlik Daha iyi performans için artan sosyal baskı
Enerji ticareti	Aşırı olaylara karşı daha fazla güvenlik açığı	Soğuk dönemler ve ısı	Aşırı olaylara karşı artan belirsizlik iletimde dalgalanmalar	Artan tepe dağılımı ve enerji transfer altyapı sistemine talep
Enerji talebine etkileri				
Enerji kullanımı	İç mekân soğutması için artan talep	Isıtmaya olan talebin azalması İç mekân soğutması için artan enerji kullanımı	Artan sıcaklık ile ilişkili verimlilik azalması	Artan talep ve pik talep, iletim ve dağıtım sistemlerini zorlaması
Diğer etkiler				
Sektörler arası etkiler	Su kaynakları için rekabet Yeterli oturma yerleri için rekabet	Stresli hava koşullarında su dağıtımındaki çatışmalar İyi oturma yerleri için rekabet	Enerji ve enerji dışı ürünler arasında potansiyel rekabet Toprak ve su kaynakları için	Arttırılmış güvenlik açığı ve belirsizlik Artan maliyetler

1.2. Türkiye Enerji Sektörü Kırılganlıkları

- ▶ Son yıllarda Türkiye’de gerçekleşen hortum, sel, yıldırım düşmesi, aşırı sıcak hava ve dolu gibi afetlerin sayısında belirgin bir artış gözlenmekte
- ▶ Türkiye’de iklim değişikliğine bağlı olarak sellerin neden olduğu ekonomik kayıplar sismik afetler nedeniyle olan ekonomik kayıplardan sonra ikinci sırada
- ▶ Hidroelektrik potansiyeli iklim değişikliğine uyum altında ele alındığında kırılgan görülmekte
- ▶ Türkiye su potansiyeli bakımından “su stresi” olan bir ülke
- ▶ Türkiye genelinde, toplam yağışlardaki düşüşün, özellikle 2041 yılından sonra daha çok hissedileceği tahmin edilmekte
- ▶ Evde aileler, ısıtma, soğutma, aydınlatma, temizlik ve kişisel bakım gibi faaliyetler için önemli miktarda enerji tüketmekte
- ▶ Kadınlar günlük ev aktiviteleri sırasında, yani enerji tüketiminde önemli bir rol oynamakta
- ▶ Kadınlar hedef kitle olarak enerji tüketiminde en kırılgan grup olarak ortaya çıkmakta
- ▶ İklim değişikliğinin neden olduğu sıcaklık artışı, hava hareketlerindeki dengesizlik, kuraklık ve ani yağışlar enerji talebinin sürdürülebilir bir şekilde karşılanmasını zora sokmakta
- ▶ Enerji üretimi ve istemi, iklim değişikliği etkilerine özellikle duyarlılığı artmakta
- ▶ Hem ısıtma (kışın) hem de soğutma (yazın) gereksinimlerinin görece yüksek olduğu Türkiye gibi subtropikal kuşak Akdeniz ve orta enlem iklim ülkelerinde daha büyük olabilecek
- ▶ Elektrik enerjisi üretimi için gerekli birincil enerji kaynakları daha fazla kullanılmak zorunda kalacak
- ▶ Kuvvetli tipi, kar ve buz fırtınalarının alansal yayılışı, etki süresi, sıklığı ve şiddeti enerji altyapısını, enerji iletim hatları, doğal gaz ve petrol boru hatlarını etkilemekte
- ▶ Hidroelektrik üretimi ise, özellikle kar erimesinin etkili olduğu akarsu

havzalarında su varlığındaki değişikliklerce etkilenebilecek

- ▶ Büyük su yapılarına dayalı hidroelektrik üretimi tehlikeye girmekte
- ▶ Termik enerji santralleri, üretim, soğutma ya da yıkama süreçlerinde su tüketim ve kullanımları artabilecek
- ▶ Yağış rejiminin değişmesi ve artan kuraklıklar nedeniyle enerjiye dayalı üretim durabilecek
- ▶ Yeni santrallerin havza ya da coğrafi alanlardaki potansiyel su kullanımları konusundaki kaygı ve şikâyetleri artacak
- ▶ Su ve enerji arasındaki bağlantılar, enerji üretiminde su kullanımı ile su iletimi, dağıtımı ile atık su arıtımında enerji kullanımı nedeniyle aksayabilecek
- ▶ İklim değişikliğinden en fazla etkilenen yoksul kesime yönelik özel bir koruma verilmesi gerekmekte
- ▶ Başta dezavantajlı gruplar olmak üzere toplumun her kesiminin iklim değişikliğinin yarattığı kırılganlığı en aza indirecek tedbirler gerekmekte
- ▶ Düşük gelir grupları için enerji yoksulluğunun azaltılması hedeflenmeli
- ▶ Afet ile ilgili kurumların iklim değişikliği, uyum ve enerji altyapısı konusunda uzmanlaşması gerekmekte



KAYNAKÇA

- ▶ Adger, W. N. 2006. "Vulnerability." *Global Environmental Change* 16 (3): 268–281.
- ▶ African Development Bank (AfDB). 2011. *The Cost of Adaptation to Climate Change in Africa*.
- ▶ Aivalioti, S. 2015. *Electricity sector: adaptation to heat heaves*. Columbia Law School.
- ▶ Altwater, S. et al. 2012. *Adaptation Measures in the EU: Policies, Costs, and Economic Assessment*. Report for the European Commission.
- ▶ Asian Development Bank (ADB). 2012. *Climate risk and adaptation in the electric power sector*. Mandaluyong City, Philippines.
- ▶ Asian Development Bank (ADB). 2010. *Ho Chi Minh City: Adapting to Climate Change*. Summary report. Manila.
- ▶ Braun, M. and Fournier, E. 2016. *Adaptation Case Studies in the Energy Sector – Overcoming Barriers to Adaptation*, Report presented to Climate Change Impacts and Adaptation Division, Natural Resources Canada, p. 114.
- ▶ Centre for International Governance Innovation (CIGI). 2009. *CIGI Special Report: Climate Change in Africa: Adaptation, mitigation and governance challenges*, Waterloo, Canada.
- ▶ Droogers, P. 2009. *Climate Change and Hydropower, Impact and Adaptation Costs: Case Study Kenya*, The Netherlands: Future Water.
- ▶ Ebinger, J, Walter, V., *Climate Impacts on Energy Systems; Key Issues for Energy Sector Adaptation*, Worldbank study, ESMAP, 2011
- ▶ Energy Information Administration (EIA). 2016. *International Energy Outlook 2016*.
- ▶ EUEI PDF. 2017a. *Cameroon: National Energy Efficiency Policy, Strategy and Action Plan in the electricity sector* (http://www.euei-pdf.org/sites/default/files/field_publication_file/140605_euei_factfile_cameroon_rz_01_web.pdf)
- ▶ EUEI PDF. 2017b. *Development of Energy Security Indicators and Support to the Regional Implementation Plan (I)* (www.euei-pdf.org/en/seads/capacity-

building/ development-of-energy-security-indicators-and-support-to- the-regional)

- ▶ EUEI PDF. 2017c. Improvement of the Policy and Regulatory Framework for Clean Energy Mini-grids (www.euei-pdf.org/en/seads/policy-strategy-and-regulation/improvement-of-the-policy-and-regulatory-framework-for-clean)
- ▶ European Commission (EC). 2016. Climate Change and Major Projects, Brussels
- ▶ Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 2017a. Adapting to climate change in the Caribbean to conserve natural resources and diversify farming and forest management (www.giz.de/en/worldwide/24160.html)
- ▶ Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 2017c. Climate change adaptation in the Western Balkans (www.giz.de/en/worldwide/29000.html)
- ▶ Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 2017d. Vulnerability Sourcebook (www.adaptationcommunity.net/vulnerability-assessment/vulnerability-sourcebook/)
- ▶ Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH/International Institution for Sustainable Development (IISD). 2014. Repository of Adaptation Indicators: Real case examples from national Monitoring and Evaluation Systems, Eschborn, Germany.
- ▶ Hamududu and Killingtveit. 2010. Estimating effects of climate change on global hydropower production. Norwegian University of Science and Technology. Hydropower 10 — 6th International Conference on Hydropower; Hydropower supporting other renewable Tromsø, Norway, 1–3 February 2010.
- ▶ International Energy Agency (IEA)/Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). 2015. World Energy Outlook: Special Report, Energy and Climate Change, Paris, France.
- ▶ International Energy Agency (IEA)/Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). 2016. International Energy Outlook 2016 (IEO), Paris, France.

- ▶ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. Mimura, N., L. Nurse, R.F.
- ▶ McLean, J. Agard, L. Briguglio, P. Lefale, R. Payet and G. Sem, 2007: Small islands. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 687–716.
- ▶ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2012. Cardona, O.D., M.K. van Aalst, J. Birkmann, M. Fordham, G. McGregor, R. Perez, R.S. Pulwarty, E.L.F. Schipper, and B.T. Sinh, 2012. Determinants of risk: exposure and vulnerability. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 65–108.
- ▶ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 151.
- ▶ Karekezi, S. et al. 2005. The potential contribution of non-electrical renewable energy technologies to poverty reduction in East Africa. AFREPEN/FWD, Nairobi.
- ▶ Linnerud, Kristin, Ruebbelke, Dirk, and Voegele, Stefan. 2010. Heat waves can close nuclear power plants. Klima (Oslo 2007), (2), 14.
- ▶ Maplecroft. 2012. Climate Change Vulnerability Index 2011 (<https://maplecroft.com/about/news/ccvi.html>)
- ▶ Mertz, Ole & Halsnæs, Kirsten & Olesen, Jørgen & Rasmussen, Kjeld. (2009). Adaptation to Climate Change in Developing Countries. Environmental management. 43. 743-52. 10.1007/s00267-008-9259-3.

- ▶ Neumann, J. and J. Price. 2009. Adapting to Climate Change: The Public Policy Response: Public Infrastructure. Resources for the Future Climate Policy Program. June.
- ▶ Overseas Development Institute (ODI). 2014a. Climate Funds Update. Climate Finance Thematic Briefing: Adaptation Finance, London, December 2014.
- ▶ ODI (Overseas Development Institute). 2014b. Climate finance: is it making a difference? A review of the effectiveness of Multilateral Climate Funds, London, England.
- ▶ Solomon et al. 2009. 'Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions', The National Academy of Sciences of the USA, vol. 106 no. 6.
- ▶ United Nations Development Programme (UNDP). 2011. Paving the Way for Climate-Resilient Infrastructure: Guidance for Practitioners and Planners. New York, New York: United Nations Development Programme.
- ▶ Winkelman, S. 2016. Green Resilience: Adaptation + Mitigation synergies. Centre for Clean Air Policy.
- ▶ World Bank (WB). 2008. Eberhard, A., V. Foster, C. BricenoGarmendia, F. Ouedraogo, D. Camos, and M. Shkaratan. Underpowered: The State of the Power Sector in SubSaharan Africa. Africa Infrastructure Country Diagnostic Background Paper. World Bank, Washington DC, May 2008.
- ▶ World Bank (WB). 2009. World development report 2009: Reshaping economic geography, Washington, D.C.
- ▶ World Bank (WB). 2010. Economics of Adaptation to Climate Change, Synthesis Report, Washington D.C.
- ▶ World Bank (WB). 2015. World Development Indicators Database, Washington D.C.
- ▶ World Bank (WB). 2017. Net official development assistance and official aid received (current US\$)<http://data.worldbank.org/indicator/DT.ODA.ALLD.CD?end=2010&start=2010&view=bar>
- ▶ World Bank (WB). 2011. Ebinger and Vergara, Climate Impacts on Energy Systems Key Issues for Energy Sector Adaptation, World Bank, Washington.
- ▶ World Economic Forum (WEF)/ HIS CERA. 2012. Energy for Economic Growth, Energy Vision Update 2012.

SEKTÖRLERE GÖRE KIRILGANLIK: SAĞLIK

Prof. Dr. Didem Evcı Kiraz



1. GİRİŞ

Bilinmez, kesin olmayan, ulaşılamayan için endişe duymak normaldir. Ancak, bu durumun uzun sürmesi, gelecek kaygısı yaratabilir. İklim değişikliği de bireylerde ve toplumlarda kaygı düzeyini arttırmaktadır. Aslında, iklim değişikliği olgusu bireylerde görülen “süreğen hastalıklar (şeker hastalığı, obezite, tansiyon yüksekliği gibi)” grubuna benzer şekilde hayatın bir parçası haline gelmiştir. Süreğen hastalıklarda önemli olan; erken tanı, sürekli izlem, uygun tedavi, ömür boyu süren tedavi protokollerine uymak, rehabilitasyon (gerekliyorsa), yaşam kalitesini arttırmak (beslenme, fiziksel aktivite, aktif yaşam, sosyal yaşam, bağımsız yaşam) ve hayata umutla bakmaktır.

Birey kendi sağlığından sorumludur. Toplum sağlıklı bireylerle ve sağlıklı yaşam ortamlarıyla sağlıklı olabilir. Bir birey, bir topluluk veya bir bölgenin hassas durumu söz konusu olduğunda, şehrin kırılganlığı ve ülkenin kırılganlığı söz konusu olacaktır. İklim değişikliğinin sağlığa olan olumsuz etkileri, söz konusu kırılganlıkta, başrole yerleşmiştir.



2. SAğLIKTA KIRILGANLIK

Kırılğanlık sağlık alanında, dezavantajlı kelimesiyle eş anlamlı kullanılmaktadır. Dezavantajlı yanı sıra, incinebilir, hassas, savunmasız gibi kelimeler de kırılğanlık yerine kullanılmaktadır. Aslında, bu kelimelerin anlam farklılıklarından çok, kullanım alanları farklıdır.

Kırılğanlık, özellikle yaşlı sağlığında, ilerleyen yaşla beraber vücut sistemlerinde ortaya çıkan yıpranma ve güçsüzlüğün sonucu artan hassasiyet olarak tanımlanmaktadır (Çiftçili, 2012). Yaş alan kişiler kırılğan gruba dâhil edilir. Diğer grup üyeleri, halk sağlığı yaklaşımıyla, sağlık sorumluluğunu bilmeyenler, sağlık okuryazarlığı olmayanlar, topluma sunulan sağlık hizmeti gibi yaygın hizmet avantajlarından eşit ve hakkaniyetli yararlanamayanlar, fonksiyon kaybı veya yeti yitimi olanlar, cinsiyet-yaşadığı yer-sosyal çevresi gibi özelliklerine göre sınıflandırılanlar olarak sayılabilir (Soner ve Aydın Avcı, 2019; Kalkınma Bakanlığı, 2018).

3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAĞLAMINDA KIRILGANLIK YAKLAŞIMI

Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kırılabilirliği şöyle tanımlamıştır: “Bir sistemin iklim değişkenliği ve aşırılıklar da dahil olmak üzere iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden etkilenme derecesi veya bunlarla baş edememe derecesi” (IPCC, 2001). Sağlıkta kırılabilirlik açıklamasında olduğu gibi; iklim değişikliğinde de kırılabilirlik tanımı dönemin önceliklerine göre farklılaşmaktadır. Afet riski ve kırılabilirlik, uyum sürecinde ve sonrasında ortaya çıkan kırılabilirlikler, güvenlik açığı yaratan kırılabilirlikler bunlara örnek olarak verilebilir (Downing, 2017).

Kabaca kırılabilirliği (K) hesaplamak için üç bileşene ihtiyaç vardır: iklim değişikliğine maruziyet (M), etkilerine duyarlılık (D) ve etkilerle başa çıkmak için uyum kapasitesi (EUK). Formül şudur: $K = f(M, D, EUK)$ (Carter ve Mäkinen, 2011). Kırılabilirlik değerlendirmesi bu üç bileşenin izlenmesi, ölçülmesi, analiz edilmesi ve yeniden değerlendirilmesine dayanır. Kim, neyle, hangi koşullarda etkilenebilir, bu etkilere karşı ne kadar savunmasız, etkiyi arttıran bireysel ve toplumsal özellikler neler, iç ve dış-makro ve mikro çevrelerin güvenlik açığı var mı sorularına yanıt arama ve kanıt toplama yöntemidir (Downing, 2017).

4. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ VE KIRILGANLIK

İklim değişikliği ve sağlık açısından, Dünya'da en kırılganlar listesi, zamanla değişebilme potansiyeli olmakla birlikte, beş maddeden oluşmaktadır.

- ▶ En kırılgan nokta: Kentler
- ▶ En kırılgan sektör: Sağlık sektörü (Her etki tepkiyi yaratır. Etkinin büyüklüğüne bağlı olarak, tepkinin büyüklüğü de artacaktır. Birey ve toplumu etkileyen her türlü olay, beraberinde anında, hızlı, acil, öncelikli, sınırsız ve sürekli hizmet gerektiren yeni ve/veya artan sağlık sorunlarını getirecektir.
- ▶ En kırılgan grup: İklim değişikliğinin toplumda gösterdiği etkiye göre değişmektedir. Değişimde rol oynayan temel belirleyiciler sağlığın fiziksel, ruhsal ve sosyal belirleyicileridir. Yaş ve cinsiyet, toplu yaşam alanları, yoğun nüfus hareketliliği, enerjiye/teknolojiye erişimi kısıtlı olanlar, şehir yoksulları, yalnız yaşayanlar, bakım altında olanlar her etki ortaya çıktığında hatırlanmalıdır.
- ▶ En kırılgan ülke: Hazırlıksız, dirençsiz, uyum politikaları olmayan ülke
- ▶ En kırılgan ekonomi: En kötü senaryoya hazırlıklı olmayan ekonomi

ABD'de yapılan bir çalışmada iklim değişikliğinin ve değişkenliğinin sağlık üzerindeki potansiyel etkileri incelenmiştir. Akademisyenler, devlet görevlileri ve özel sektör temsilcilerinden oluşan grup, değişen iklim koşullarına karşı tedbirli olmak, özellikle hassas grupların etkilenmelerini azaltmak için halk sağlığı politikalarının ve iyileştirilmelerinin yapılması gerekliliği sonucuna varmıştır (Patz et al., 2000). Sıcak hava uyarı sistemi olan AB ülkelerinde eylem planında yaşlılar, çocuklar ve diğer hassas grupların korunması ve uyarılması öncelikli kabul edilmiştir. Sıcaktan kaçınmak, açık hava etkinliği sınırlamak, açık renkli giysiler giymek, su içmek, buldukları ortamı soğutmak, sağlık yardımı almak, sıcaklık tahminlerini ve iç ortam sıcaklığını takip etmek, güneşten koruyan kremler

sürmek, gece seyahat etmek, çalışma saatlerinin günün daha az sıcak zamanlarına kaydırmak gibi öneriler ve önlemler sunulmaktadır (HHWS, 2016). 1991-2015 yılları arasında, özellikle Doğu Avrupada gerçekleşen, 1 milyon ölümden 28'inin aşırı soğuk nedeniyle olduğu belirlenmiştir. 28 Şubat 2018'de DSÖ soğuk hava dalgaları ile ilgili bir uyarı yayımlamıştır. Bu uyarı metninde; yoksul ve incinebilir grupların risk altında olduğu ve soğuk havanın yol açacağı sağlık sorunları, sağlık ve sosyal hizmetlerin, bireylerin ve toplumun alacağı önlemler belirtilmiştir (WHO, 2018).

İklim değişikliğine halk sağlığı uyumu ne kadar gecikirse o kadar yaşanan sorunların boyutu değişecek ve bu örnekler artacaktır. Kırılganlık ve olumsuz etkilerini azaltmak için uyum önlemlerini artırmak, halk sağlığı uyum stratejisini belirlemek bir amaç olmalıdır. Bunlar birer "hazırlanması zorunlu" doküman haline dönüşmeden, "canlı, değişebilen, uygulamayla gelişen, herkesi kucaklayan" faaliyetler dizisi şeklinde, yaşamın parçası olmalıdır. Nepal örneğinde faaliyetler dizisi şu başlıklar altında toplanmıştır (Government of Nepal, 2015):

- ▶ İklim değişikliği ve sağlık üzerindeki etkileri konusunda halkın bilinçlendirilmesi
- ▶ İklim değişikliğinin ulusal ve uluslararası sağlık üzerindeki etkileri konusunda kanıtlar üretmek
- ▶ Bulaşıcı hastalıkların morbiditesini ve mortalitesini azaltmak (vektör, su, hava ve
- ▶ Gıda kaynaklı hastalıklar) ve iklim değişikliğine atfedilen yetersiz beslenmeyi göz önünde bulundurmak
- ▶ Aşırı iklim olaylarının risklerini yönetmek
- ▶ İnsan sağlığını iklim değişikliğinden korumak için çok sektörlü müdahale yoluyla
- ▶ Tüm politikalarda sağlık

Halk sağlığı, iklime duyarlı sağlık sonuçları ile başa çıkma deneyimine sahiptir. Risk yönetimi bakış açısı, sağlık etki değerlendirmesi kültürü, sağlığın sosyal göstergelerini her zaman analizlerinde kullanması yanı sıra epidemiyoloji en güçlü araçtır. Epidemiyoloji Last'in 1988'de yaptığı tanıma göre; "belirli bir toplumda, sağlıkla ilgili olgu ve durumların ve bunların belirleyicilerinin dağılımının incelenmesi ve bu çalışmaların sağlıkla ilgili sorunların kontrolünde kullanılmasıdır" (Beaglehole et.al., 1998). Epidemiyoloji araştırma yöntemlerini kullanarak, sağlık sonuçlarını ve toplumda yaratacağı yükü tespit edebilir veya ön görebilir. Araştırma yöntemleri, nitel ne nicel verileri, tanımlayıcı ve analitik yöntemlerle ölçüp, değerlendirmeye açabilir, politika oluşturma ve yönetim için alternatifli yol haritası sunabilir.

John Snow, epidemiyolojiyi kullanarak, etkeni bulunmadan bir hastalığın tüm yönlerini ortaya koyan bir hekimdir. 1848-49 ve 1853-54 yıllarında, Londra'da, koleradan ölen her kişinin evini harita üzerinde tek tek belirlemiş ve içme suyunun sağlandığı kaynak ile ölümler arasında ilişki olduğunu ortaya koymuştur (Beaglehole et.al, 1998). Bu çalışma epidemiyolojinin kullanımı, çevre sağlığı yaklaşımı ve coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) sağlıkta kullanımı için en değerli çalışma olarak kabul edilmektedir.

Halk sağlığı yaklaşımıyla kırılabilirlik değerlendirmesi için epidemiyoloji ile birlikte CBS kullanımı gerçeğe yakın veriler elde edilmesini sağlamaktadır. Dünya'da en kırılabilirlik listesindeki beş madde, coğrafi katmanlar üzerine sağlık verilerini oturtarak, rahatlıkla tespit edilebilir. Böylece, iklim değişikliğinin etkileri gibi sağlıkta acil durumların ortaya çıktığı her olayda, önleme, koruma, müdahale ve geliştirme amacıyla, daha kesin, hızlı ve güvenli hedef seçimi yapılabilir.

Gelişen dijital platformlarla uyumlu, kırılabilirlik göstergelerini takip eden, anında uyarı veren sistemler yaygınlaşmaktadır. Kaliforniya Halk Sağlığı Birimi CalBRACE Projesi kapsamında, "İklim değişikliği ve Sağlık Profili"ni hazırlamıştır. Bunu "Kaliforniya için İklim Değişikliği ve Kırılabilirlik Göstergeleri" başlıklı etkileşimli veri görselleştirme platformunda (<https://skylab.cdph.ca.gov/CCHVIz/>) paylaşmaktadır.

Göstergeler

- ▶ Çevresel Tehlikeler
- ▶ Nüfusun Duyarlılığı
- ▶ Uyum kapasitesi olarak üç başlıkta düzenlenmiştir.
- ▶ Kaliforniya örneğine göre her bir göstergenin altında yer alan ölçütler şunlardır:
 - ▶ Çevresel Tehlikeler
 - ▶ Aşırı sıcak günler
 - ▶ Hava kalitesi (PM2,5)
 - ▶ Hava kalitesi (Ozon)
 - ▶ Orman yangınları
 - ▶ Deniz seviyesinin artışı
 - ▶ Nüfusun Duyarlılığı
 - ▶ Çocuk
 - ▶ Yaşlı
 - ▶ Yoksul
 - ▶ Eğitim
 - ▶ Dışarıda çalışanlar
 - ▶ Araç kullananlar
 - ▶ Dil nedeniyle toplumdan soyutlananlar
 - ▶ Fiziksel yetersizlik
 - ▶ Ruhsal bozukluk
 - ▶ Sağlık Sigortası
 - ▶ Şiddetli suç oranı
 - ▶ Uyum kapasitesi
 - ▶ Klima
 - ▶ Ağaç gölgesi
 - ▶ Geçirimsiz yüzeyler

Bu örnekten hareketle , kırılmalık değerlendirmelerine göre, her ülke, bölge, şehir ve mahalle düzeyinde göstergeler değişebilir.



5. SONUÇ

Bireysel-toplumsal-küresel, ulusal-uluslararası, hane-mahalle-bölge-şehir ve sınıraşan kırılma düzeyleri birbirinden farklıdır. Plan ve politikaların da buna göre hazırlanması gerekir. Halk sağlığı açısından iklim değişikliğinin kırılma değerlendirmesi ve yönetimi için zaman, insan gücü, birlikte yapma kültürü ve bütçe belirlenmelidir. Elde edilen deneyimler, büyük verinin en verimli şekilde kullanılmasının önemini, yenilik ihtiyacını ve sayısallaştırmanın (dijitalizasyon) gelecek olduğunu insanlığa hatırlatmıştır. Artan nüfus ve özellikle de nüfus yoğunluğu (kilometrekareye düşen insan sayısı) sağlıklı yaşam ortamlarının inşasını ve sürdürülmesini imkânsız hale getirmektedir. İnsanlar, taleplerini karşılayacak merkezlere yakın yerleşmeye çalışırken; bu merkezler çevre, sosyal yapı ve sağlık açısından riskli bölgeler haline gelmiştir. Geliştğini düşünen insanlar ve toplumlar, özellikle yaşama sağlıklı başlamak ve yaşamı kaliteli sürdürmek gibi sağlığın sosyal belirleyicilerini göz ardı etmeye başlamışlardır. Toprağa çıplak ayakla basmak yerine yürüyen bantlarla ve/veya ışınlanarak eve ulaşmanın derdine düşmüşlerdir. Gündemi ve kafası bu kadar karışık olan insanlara iklim değişikliğinin hızla artan etkilerini, hazırlıklı olma, uyum sağlama, direnç kazanma, olayları iyi yönetme ve etkiler ortadan kalktıktan sonra toplumu eski haline hızla döndürme süreçlerini anlatmaya çalışmak zorlaşmaktadır.

Soyut gibi görünen bir olayı somutlaştırmak için, “kanıt gerekir”. 2019 Aralık ayında Dünya’ya gelen COVID-19 pandemisi bir kanıt olabilir. Diğer kanıtlar için, COP 24 ve COP 25’de DSÖ tarafından yayınlanan raporlar, ders kitabı niteliğindedir.

KAYNAKÇA

- ▶ Çiftçili, S.S. (2012). Kırılgan Yaşlı. Türkiye Klinikleri J Fam Med-Special Topics, 3(6): 16-20.
- ▶ Soner, G., Aydın Avcı, İ.(2019).Savunmasız Gruplar, Risk Yönetimi ve Halk Sağlığı Hemşiresinin Rolü. Samsun Sağ Bil Der, 4(1):14-22.
- ▶ Kalkınma Bakanlığı. (2019). On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023): Çocuk Ve Gençlik Özel İhtisas Komisyonu , Çocuk Çalışma Grubu Raporu. Ankara: Yayın No: KB: 3022 - ÖİK: 803.
- ▶ IPCC. (2001). IPCC Third Assessment Report: Climate Change 2001. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- ▶ Downing, C., (2017). Assessing Adaptation Knowledge in Europe: Vulnerability to Climate Change-Final Report. Ecofys: 340202/2015/719923/SER/CLIMA.C.3.
- ▶ Carter, T., & Mäkinen, K. (2011). MEDIATION D2.1 Review of existing methods and metrics for assessing and quantifying impacts and vulnerability identifying key shortcomings and suggesting improvements Status: Final Version 4 Alıntılanma adresi:<http://mediation-project.eu/output/downloads> (10.05.2020).
- ▶ Patz, J.A. and et.al.. (2000). The Potential Health Impacts of Climate Variability and Change for The United States: Executive Summary of the Report of the Health Sector of the U.S. National Assessment. Environmental Health Perspectives, 108(4): 367-376.
- ▶ Heat / Health Warning Systems (HHWS). Development, Implementation, and Intervention Activities. Alıntılanma adresi: <http://publichealth.med.miami.edu/documents/HHWS> (24.08.2016).
- ▶ WHO, (2018). WHO Warns: Stay Alert and Help Vulnerable as Cold Grips Europe. Alıntılanma adresi: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/Climate-change/news/news/2018/2/who-warns-stay-alert-and-help-vulnerable-as-cold-grips-europe> (14.05.2020).
- ▶ Government of Nepal, Ministry of Health (2015). Health National Adaptation Plan (H-NAP) Climate Change Health Adaptation Strategies and Action Plans of Nepal (2016-2020).
- ▶ Beaglehole R. et.al (1998). Temel Epidemiyoloji. (N.Bilgel, Çev.). Nobel&Güneş Tıp Kitapevi(1993).
- ▶ <https://skylab.cdph.ca.gov/CCHVIZ/>

SEKTÖRLERE GÖRE KIRILGANLIK: ULAŖTIRMA

Prof. Dr. Cem SoruŖbay



1. GİRİŞ

İklim değişikliği ile mücadele çerçevesinde günümüzde yürütülmekte olan global faaliyetler azaltım politikaları ve buna yönelik uygulamalar ile bu uygulamalarla eş zamanlı olarak yürütülen uyum stratejilerinden oluşmaktadır.

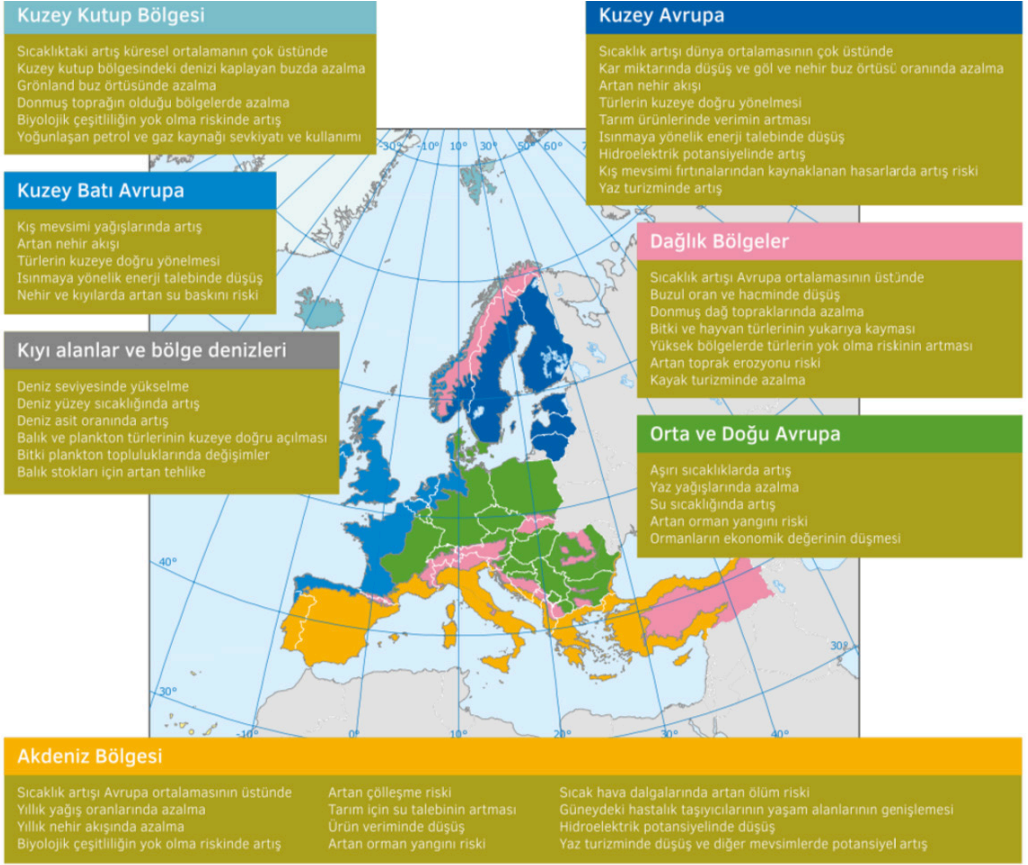
Türkiye nüfusunun büyük bölümünün yerleşimi, ulaştırma altyapısı ve ekonomik faaliyetler kıyı bölgelerinde yoğunlaşmıştır. İklim değişikliğinin etkileri ile deniz seviyesinin yükselmesi, kıyı erozyonu, sel, meteorolojik aşırılıkların daha sık görülmesi, iç bölgelerde de aşırı iklim şartlarının gözlemlenmesi, yüksek hava sıcaklıkları birçok sektörle birlikte ulaştırma sektörünü de olumsuz etkilemektedir. IPCC Değerlendirme Raporunda, küresel sıcaklık artışının 2 °C' ye ulaşması durumunda Türkiye'nin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası'nda genel sıcaklık artışının 1-2 °C' ye ulaşacağı, kuraklığın hissedildiği bölgelerin artış göstereceği, iç kesimlerde sıcak hava dalgalarının ve aşırı sıcak gün sayısının artacağı vurgulanmıştır (Silkin, 2014). Bölgeden bölgeye değişim göstermekle beraber Türkiye'de ileriki yıllarda 5 °C'yi bulan ortalama sıcaklık artışları görülebilecektir. İklim koşullarının bütün bu olumsuz etkileri ulaştırma sektörünün hassas konumunu göstermektedir (Şekil 1.).

Uyum sağlama süreçlerinin geliştirilmesinde öncelikle sektör bazlı risklerin, stratejik seçeneklerin ve maliyetlerin belirlenmesi gerekmektedir. Uyum planı toplumları daha dirençli hale getiren, uzun dönemli sonuçlar alınabilecek ve sürdürülebilir bir yaklaşım olmalıdır. Ayrıca sektörler arasında entegrasyon sağlayacak şekilde, birleşik etkiler dikkate alınarak hedefler ve stratejiler belirlenmelidir.

İklim değişikliğine uyum için strateji geliştirmede karşılaşılan önemli bir zorluk olumsuz etkileri, kırılganlıkları ve belirsizlikleri gerçekçi bir biçimde belirlemede karşılaşılan engellerdir. İklim değişikliğinin sektör bazındaki etkilerinin ve belirsizliklerin yeterince bilinmemesi, ölçülememesi ve kapsamlı olarak matematiksel modeller ile analiz ve değerlendirme yapılamaması sağlıklı bir strateji geliştirmeyi

zorlaştırmaktadır. Doğru stratejiler için sektördeki risklerin ve kırılganlıkların net olarak ve doğru değerlendirilmesi gerekmektedir.

Şekil 1: İklim Değişikliğinin Etkilerine Dair Tahminler (Avrupa Çevre Ajansı).



Kaynak: European Environment Agency, 2014

Ulaştırma sektöründe genel stratejiler için ülke bütünündeki riskler ve kırılganlıklar tanımlanabileceği gibi daha çok yerel şartlar dikkate alınarak bölgesel anlamda risk ve kırılganlık tanımları yapılmalıdır. Özellikle ülkemizde bölgelerin ekonomik altyapısı, coğrafi, demografik ve iklimsel özellikleri ile ulaştırma altyapıları çok büyük farklılık göstermektedir.

2. KIRILGANLIK TANIMI

Kırılğanlık veya Etkilenebilirlik (Vulnerability) kavramları, iklim değişikliğinin etkilerinden olumsuz yönde etkilenme yatkınlığını ifade etmektedir. Kırılğanlık bir sistemin uyum sağlama kapasitesinin kısıtlılığını ve olumsuz etkilerle ne derece başa çıkamadığını göstermekte olup sistemin maruz kaldığı iklim değişikliğinin ve değişkenliğinin özelliği, boyutu ve hızının, duyarlılığının ve uyum sağlama kapasitesinin bir fonksiyonu olarak ifade edilmektedir.

IPCC tanımına göre kırılğanlık, maruz kalma (iklim koşullarındaki değişikliklerin etkisi altında bulunma), duyarlılık (olumsuz koşullardan etkilenme derecesi) ve uyum sağlama kapasitesinin (aşırı düzeydeki zararlara uyum sağlama, sonuçları ile başa çıkabilme kabiliyeti) bir fonksiyonudur (IPCC, 2014).

İklim değişikliği insan sağlığını, gıda güvenliğini, yaşam tarzını, ekonomik yapıyı ve göç dinamiklerini etkileyebilmektedir. İklim değişikliğinin neden olduğu sel ve aşırı hava hareketi gibi etkilerin şiddetindeki ve gerçekleşme sıklığındaki artışlar ulaştırma alt yapısı (karayolları, köprüler, demiryolları, havaalanları, limanlar, su yolları vb) için de önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Bu hususun bölgesel olarak belirlenmesi ve değerlendirilmesi sektördeki kırılğanlık düzeyini belirleyecektir (İBB ve diğ., 2018a)

Ülkemizde nihai enerji tüketiminin %25'ine sahip olan (2016) ulaştırma sektörü bireylerin yaşam kalitesini belirleyiciliğinin yanı sıra ekonomik ve stratejik anlamda önemi bulunan bir sektördür. Bu nedenle iklim değişikliğinden etkilenebilirlik analizi sonucu oluşabilecek risklerin azaltımı önem taşımaktadır.



3. KIRILGANLIK ANALİZİ

İklim değişikliğine uyum stratejisi planlanırken ilk aşamada mevcut durum analizi yapılmalıdır. Sonrasında iklim değişikliğinin etkilerinin değerlendirilmesi, risklerin tespiti ve bölgesel olarak kırılabilirlik analizi yapılarak strateji belirlenmelidir.

Ulaştırma sektörü için değerlendirildiğinde, sektörün en çok etkileneceği, yüksek risk oluşturan değişimler şiddetli yağışlar, fırtınalar, sıcak hava dalgaları, sel ve taşkınlar, deniz seviyesindeki artışlar ve yaz dönemi sıcaklık artışları olmaktadır.

Şiddetli yağış ve fırtınalar ulaştırma sektöründe kritik altyapılar için yüksek risk oluşturmakta, sistemin işletiminde geçici ve kalıcı aksamalara yol açmakta, ekonomik zararlara neden olmaktadır. Sıcaklık artışları demiryolu ulaşımında rayların deformasyonu gibi sorunlara neden olurken, karayolu ulaşımında yolcu konforunu etkilemektedir. Dolayısı ile risklerin ve etkilerin değerlendirilmesi alt sektörler ve ayrıca bölgeler bazında ele alınmalıdır. İstanbul için gerçekleştirilen çalışmada ulaşılan aşama Tablo 1'de verilmiştir (İBB, 2018b). Tabloda yeşilden, sarı ve kırmızıya giderken uyum planında tamamlanan aşamalar («tamamlandı/bitmek üzere», «uygulama aşamasında» ve «başlamadı») belirtilmiştir.

Tablo 1: Ulaştırma Sektörü Kırılabilirlik Analizi

	Toplam Risk	Ort. Sıcaklık Artışı	Yaz Sıcaklık Artışı	Sıcak Hava Dalgası	Nem	Yağış Değişimi	Şiddetli Yağışlar	Sel ve Taşkın	Fırtına	Deniz Seviyesi Değişimi	Kıyı Erozyonu	Hava Kalitesi	Kent Isı Adası	Kuraklık
Yol Köprü Tünel														
Karayolu Ulaşımı														
Kaldırımlar														
Havaalanları														
Havayolu Ulaşımı														

	Toplam Risk	Ort. Sıcaklık Artışı	Yaz Sıcaklık Artışı	Sıcak Hava Dalgası	Nem	Yağış Değişimi	Şiddetli Yağışlar	Sel ve Taşkın	Fırtına	Deniz Seviyesi Değişimi	Kıyı Erozyonu	Hava Kalitesi	Kent Isı Adası	Kuraklık
Limanlar	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Red	Red	Red	Yellow	Green	Yellow	Green
Denizyolu Ulaşımı	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Green
Demiryolu Ulaşımı	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Red	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green
Tren Rayları	Yellow	Yellow	Red	Red	Green	Green	Yellow	Red	Red	Yellow	Green	Green	Yellow	Green

Kaynak : İBB ve diğ., 2018b

3.1. Karayolu Ulaşımı

Şiddetli yağışlar, dolu, sel ve taşkınlar karayolu taşımacılığı için yüksek risk oluşturmaktadır. Kentleri birbirine bağlayan karayollarında ve kent içi ulaşımında aşırı yağışlar sistemin işlevini yitirmesine ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Asfalt ve beton yollar yağmur suyunu geçirmediğinden ani yağmurlar, bu konuda uyum çalışmaları yapılarak önlem alınmazsa su baskınına neden olmaktadır. Ayrıca risk oluşturan kritik bölgelerde yol eğimlerinin uygun tasarlanması ve ilave drenaj hatlarının yapılması riski azaltacaktır.

Yüksek sıcaklıklar asfalt yollarda bozulmaya yol açmakta ve ulaşımında risk oluşturmaktadır. Ortalama hava sıcaklıklarının mevsimsel düşüşü de yollarda donma ve buzlanma riskini artıracaktır.

İklim değişikliğinin olumsuz etkileri ile uyum sağlayarak bu etkileri azaltmaya yönelik olarak karayolu teknolojisinde bazı gelişmeler sağlanmaktadır. Bu konuda, örneklerinden ikisi Şekil 2'de verilmiş olan çeşitli Avrupa Birliği destekli projeler yürütülmekte (FEHRL, 2018 a ve b). Günümüzde giderek yaygınlaşması beklenen otonom araçların tasarımına yönelik taşıt tekniği konusunda çalışmalar sürdürülmektedir. Otonom taşıtların kullanımının gerektirdiği yol altyapısı ile uyum

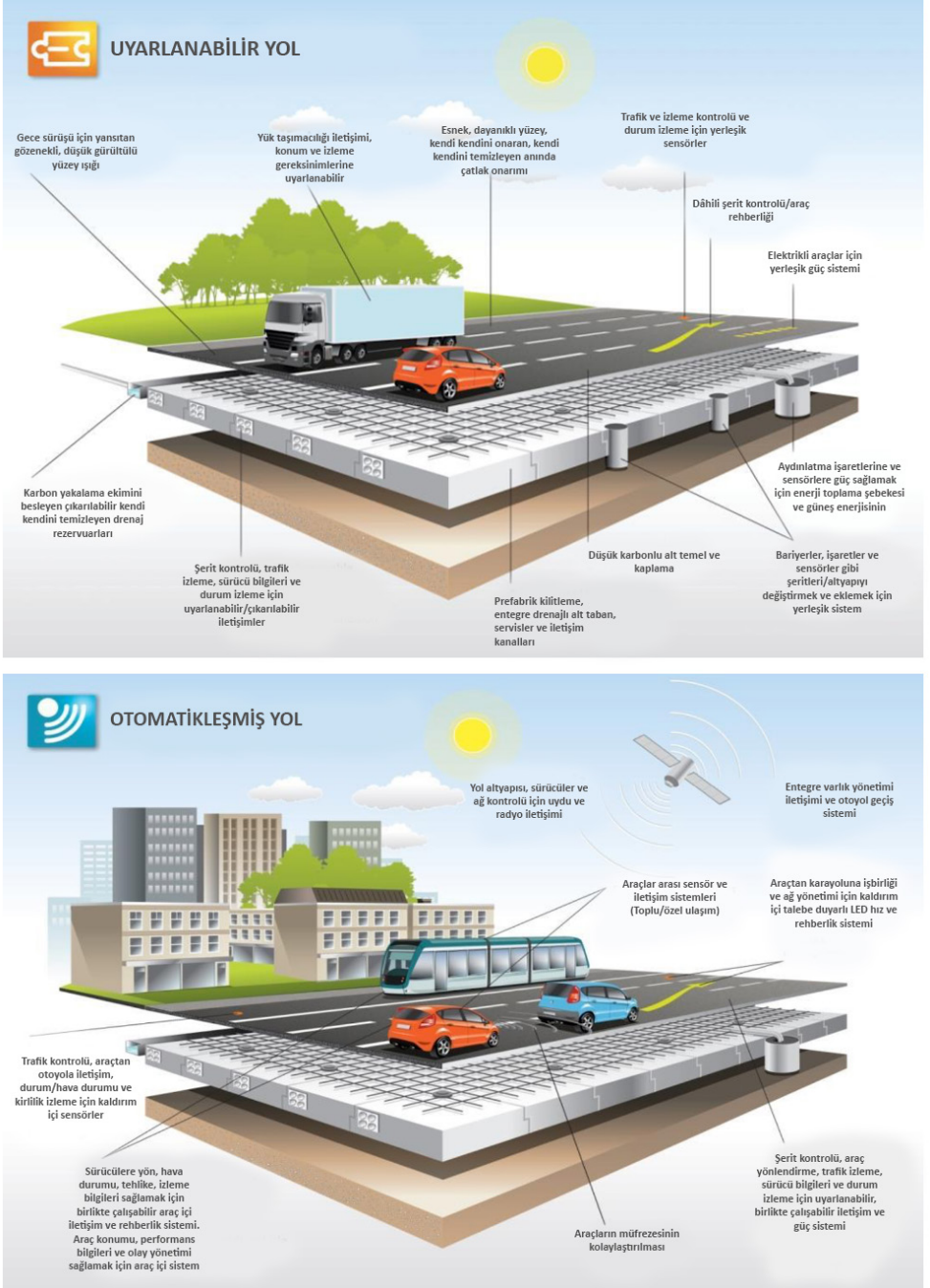
konusundaki çalışmalar birleştirilmektedir. Bu yollardaki erken uyarı sistemleri ve araçlar arası iletişim vb teknolojiler de risk azaltımına katkı sağlamaktadır.

Şehir içi ulaşımda yol, köprü ve tüneller önemli bir yer kaplamaktadır. Kişilerin sağlıklı olarak seyahat edebilmeleri için bu altyapıların iklim değişikliği karşısında dirençli olması gerekir. Yaz sıcaklık artışı, sıcak hava dalgası, sel ve taşkınlar ve fırtınalar yüksek risk oluşturmaktadır. Özellikle şiddetli yağmur, dolu ve fırtınalı havalarda karayolu ulaşımı güçlükle yapılabilenkte, yapısal eksiklikler sürüş güvenliğini azaltmakta ve kazalara neden olmaktadır. Şehir yapısı içerisinde yer alan çevre yollarında araçların daha yüksek hızla seyir etmeleri nedeniyle bu risk artmakta ve daha vahim kazalara neden olabilmektedir.

Şehir içi ulaşımdaki risklerin önlenmesi için bölgesel olarak risk analizlerinin yapılması ve önlemler alınması gerekir. Bunun için yerel stratejiler geliştirilmeli ve eylem planları yapılmalıdır.

Trafik akışı açısından ulaşımda önemli kolaylıklar sağlayan tüneller, ana yollardaki alt geçitler gerekli önlemler alınmazsa sel ve su basma riski oluşturmaktadır. Ulaşımında karşılaşılabilecek aksaklıkların önlenmesi için yağmur suyu tahliye sistemlerinin kapasitesinin aşırı yağışlar dikkate alınarak belirlenmesi, kanalizasyondan ayrılmış bağımsız olarak tasarlanması gerekmektedir.

Şekil 2: Karayolu Teknolojisindeki Gelişmeler ve İklim Değişikliğine Uyum



Kaynak : FEHRL, 2018 a ve b

Karayolu, otoyol ve liman gibi yapılar, taşkın sularının hızlı olarak ve en kısa yoldan denize ulaştırılmasında engel olmayacak şekilde yapılandırılmalıdır.

Şehir içi yaya ulaşımında kaldırımların buzlanma, aşırı yağış vb olumsuz iklim koşullarından etkilenmesi de yaya ulaşımı ve insan sağlığı açısından tehlike oluşturmaktadır. Aşırı yağış durumunda su birikiminin önlenmesi için kaldırımların tasarımı, yoldan yüksekliği, eğimi önemlidir. Özellikle engellilerin kullanımında riskin önlenmesi, kaldırım kalitesinin yükseltildiği yapıların kullanılması gerekmektedir.

3.2. Havayolu Ulaşımı

İklim değişikliğinden etkilenecek kritik yapılardan biri de havaalanları ve havayolu ulaşımıdır. Havayolu ulaşımında fırtınalar, sel ve taşkınlar, yüksek sıcaklıklar oluşacak riski artırmaktadır.

Buzlanma, şiddetli rüzgar, aşırı yağış, kar fırtınası vb koşullarda havaalanı pistleri olumsuz etkilenecek, uçakların kalkış ve inişleri etkilenecek, uçuş güvenliği riski artacaktır. Ayrıca yolcuların fırtına ve aşırı yağış gibi durumlar sebebiyle havalimanlarına ulaşımında yaşanabilecek aksamalar, havayolu işletmeciliğinde ek zorluk oluşturmaktadır.

3.3. Demiryolu Ulaşımı

Demiryolu ulaşımı iklim koşullarından diğer alt ulaşım segmentlerine göre en az etkilenendir. Ancak tren ray sisteminde sıcaklık artışı, sel ve taşkın, fırtına gibi iklim koşullarının oluşturduğu riskler önlenerek şekilde tasarım yapılmalıdır.

Tren rayları sıcaklık artışına bağlı olarak genişmekte ve deforme olarak fonksiyonunu yitirmekte, önemli kazalara neden olabilmektedir. Bu nedenle hatların tasarımının buna göre yapılması gerekir. Ayrıca tren hattı boyunca yer alan köprüler, tüneller ve

geçitler de iklim değişiminin olumsuz etkilerinden (sel ve taşkınlar) arındırılmalıdır. Aşırı yağış ve sel vb durumlarda suyun sistemin altyapısından uzaklaştırılmasını sağlayan drenaj kanalları bulunmalıdır. Altyapıdaki olası aksaklıklar nedeniyle ray sisteminde oluşan hasar kazalara yol açmakta olup özellikle yüksek hızlı tren uygulamaları için risk artırmaktadır.

3.4. Denizyolu Ulaşımı

Türkiye'nin kuzey, batı ve güneyini çevreleyen denizler yolcu ve yük taşımacılığında ulaşımın önemli bir bileşenidir. Ayrıca İstanbul, İzmir vb büyük şehirlerde şehir içi ulaşımında da denizyolu günlük hayatta yaygın olarak kullanılmaktadır.

İklim değişikliğinden kaynaklanan şiddetli yağışlar, sel ve taşkınlar, fırtınalar, deniz seviyesindeki değişim bu alt sektör için risk oluşturmaktadır.

Deniz seviyesindeki artış limanların işlevlerinde olumsuzluklarla sonuçlanacaktır. Bu nedenle ticari limanların buna göre düzenlenmesi, yolcu taşımacılığında kullanılan iskelelerde, marinalarda da gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

Şehir içi deniz ulaşımındaki aksaklıklar, kişilerin karayolu gibi alternatif ulaşım yöntemlerine yönelmesine neden olmakta, trafik sıkışıklıkları yaratmakta, enerji tüketiminde artışa neden olarak sera gazı emisyonlarını da artırmaktadır.



4. SONUÇLAR

İklim değişikliğinin ulaştırma sektörü üzerinde oluşturduğu olumsuz etkilerin ve olası risklerin önlenmesi için öncelikle kırılgan olan alt sektörler belirlenmelidir. Ulaştırma genelde olumsuz iklim şartlarından ve aşırı hava hareketlerinden ve yağışlardan etkilenmektedir.

Sektörün alt birimlerinde etkilenme oranı ve risk miktarı farklı olmakla birlikte genelde olumsuz etkilerin uzaklaştırılması ilk seçenektir. Ancak fayda-maliyet analizine göre bazı durumlarda da karayollarının, otoyolların veya demiryollarının olası kırılgan bölgelerden uzaklaştırılması da etkin bir yaklaşım olacaktır.

KAYNAKÇA

- ▶ FEHRL (2018a). The Adaptable Road, A Roadmap for Research, An Element of the Forever Open Road, Report, FEHRL Secretariat, Brussels.
- ▶ FEHRL (2018b). The Automated Road, A Roadmap for Research, An Element of the Forever Open Road, Report, FEHRL Secretariat, Brussels.
- ▶ European Environment Agency, Adaptation of transport to climate change in Europe Challenges and options across transport modes and stakeholders, EEA Report No 8/2014, 2014.
- ▶ IPCC (2014). Climate Change 2014 Impacts, Adaptation, and Vulnerability Part A: Global and Sectoral Aspects, NY : Cambridge University Press.
- ▶ İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İklim.İstanbul ve İSTAÇ, (2018 a). İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı, İklim Değişikliği Risk, Fırsat ve Kırılmalıklar Analiz Raporu, İstanbul.
- ▶ İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İklim.İstanbul ve İSTAÇ, (2018 b). İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı, Final Raporu, İstanbul.
- ▶ Silkin, H. (2014). İklim Değişikliğine Uyum Özelinde Bazı Uygulamaların Türkiye Açısından Değerlendirilmesi, Orman ve Su İşleri Uzmanlık Tezi, OSİ Bakanlığı, Su Yönetimi Gn. Md., Ankara.

SEKTÖRLERE GÖRE KIRILGANLIK:
İNŞAAT VE ALTYAPI
Prof. Dr. Erdem Görgün



1. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Artan dünya nüfusu, artan gıda, su ve enerji talebi ve azalan doğal kaynak tabanı ile iklim değişikliği, kaynak kıtlığını artırarak ve sosyo-ekolojik sistemler üzerinde daha fazla stres yaratan bir 'tehdit çarpanı' olarak hareket edecektir (CNA, 2007). Bugüne kadar gördüğümüz şiddetli seller, fırtınalar, kuraklıklar ve sıcak hava dalgalarının yanı sıra, arazi ve ormanların bozulması ve yeraltı su kaynaklarının tuzlanması, genellikle çevre üzerindeki diğer antropojenik etkilerle etkileşime giren iklim değişikliğinin bir öncüsü olarak görülmektedir (GIZ, 2014).

2. KIRILGANLIK

Bir sistemin iklim değişkenliği ve aşırı iklim olayları dahil olmak üzere iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı hassas olması ve onunla başa çıkamaması durumudur (IPCC, 2014). Kırılğanlık, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin arkasında yatan gerçeğin anlaşılmasına ve iklim değişikliğine karşı en duyarlı noktaların tespitine yardımcı olmaktadır.

İklim riskleri, iklim kaynaklı tehlikelerin insan ve doğal sistemlerin kırılğanlığı ve maruziyeti ile etkileşimi sonucu ortaya çıkar.

Hem iklim sisteminde , hem de sosyoekonomik süreçlerin dahil olduğu adaptasyon ve azaltma maruziyete ve kırılğanlığa sebep olur.

İklim değişikliği etkileri ve kırılğanlık değerlendirmeleri:

- ▶ Bilgi üretme,
- ▶ Farkındalık yaratma,
- ▶ İklim etkilerinin ve kırılğanlığın kilit yönlerini belirleme,
- ▶ Paydaşlar arasındaki işbirliği geliştirme

gibi farklı açık ve örtük amaçları yerine getirmektedir (Buth et al., 2017).

Kırılabilirlik değerlendirme çeşitli bölümleri içerir:

- ▶ İklim ve iklim etkisi araştırması,
- ▶ İklim etkisi değerlendirme,
- ▶ Uyum kapasitesinin değerlendirilmesi,
- ▶ Kırılabilirlik değerlendirme

Kırılabilirlik, olumsuz iklim değişikliği etkilerinin arkasında yatanları anlamamıza ve iklim değişikliğine karşı en duyarlı noktaları tespit etmemize yardımcı olur.

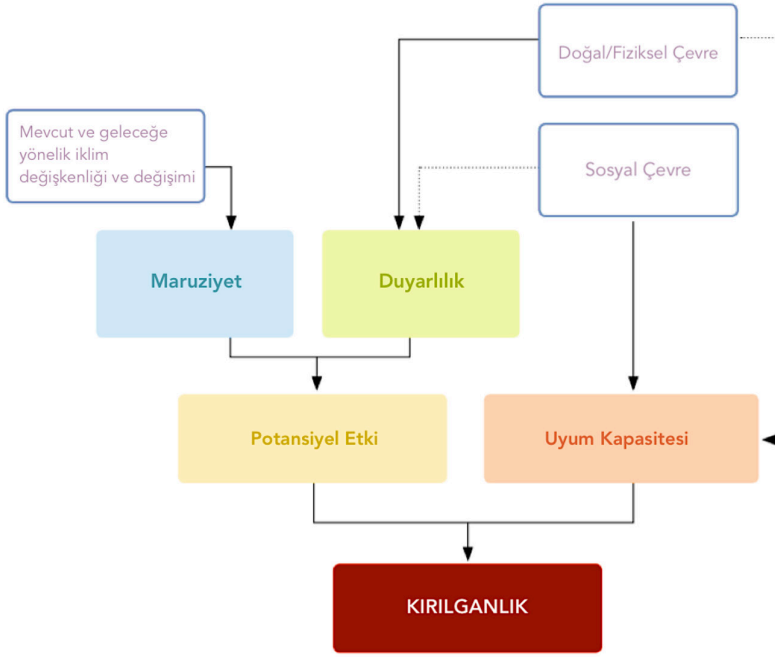
Adaptasyon önlemlerini tanımlamanın ve önceliklendirmenin son derece etkili bir yolu, bir kırılabilirlik değerlendirme yapmaktır.

Tam bir kırılabilirlik değerlendirme, sistemdeki iklim uyarılarının yanı sıra maruziyet ve sistemin duyarlılığı ile uyum kapasitesinin değerlendirilmesini gerektirir.

Kırılabilirlik, sıcaklık, yağış veya tarımsal üretim gibi bir sistemin ölçülebilir bir özelliği değildir. Bir sistemin iklim değişikliğinin etkilerine olan duyarlılığını belirleyen farklı faktörlerin karmaşık etkileşimini ifade eden bir kavramdır.

Bununla birlikte, hangi faktörlerin dikkate alınacağını veya bunları ölçmek için kullanılan yöntemleri tanımlayan sabit bir kural yoktur. Bu nedenle, kırılabilirliği 'ölçmek' yerine 'değerlendirme' hakkında konuşuyoruz.

Şekil 1: Kırılabilirlik Bileşenleri

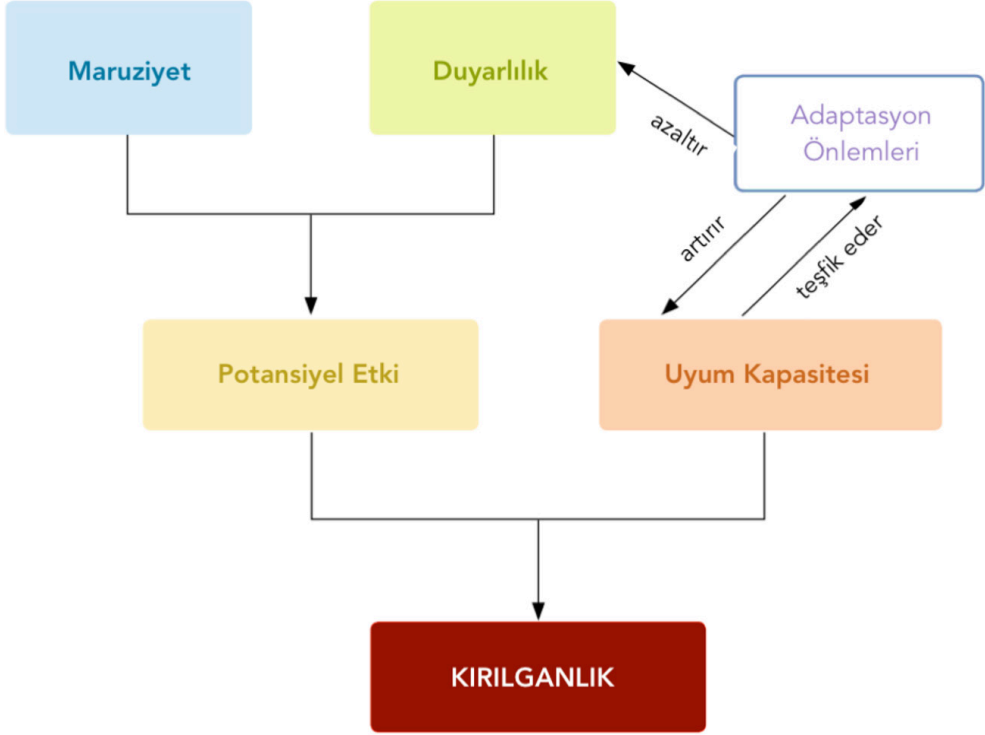


Kaynak: GIZ, 2014

Tam bir kırılabilirlik değerlendirmesi, sistemdeki iklim uyarılarının yanı sıra maruziyet ve sistemin duyarlılığı ile uyum kapasitesinin değerlendirilmesini gerektirir.

Uyum önlemleri ile kırılabilirlik nasıl azaltabilir?

Şekil 2: Uyum önlemleri ile Kırılabilirlik arasındaki ilişki



Kaynak: GIZ, 2014

İnşaat faaliyetlerinin önemli bir kısmı açık ortamda gerçekleştiği için, iklim değişikliğine maruz kalma ve hassasiyet oldukça yüksektir.

Fiziksel altyapının zarar görmesinden ticari faaliyetlerin aksamasına, sağlık ve güvenlik sorunlarına yol açabilmektedir.

Sektördeki kırılabilirlik değerlendirmeleri, iklim değişikliğine karşı risklerin kaynaklarını, kırılabilir grupları, olası riskleri ve potansiyel müdahaleleri tanımlar.

Kırılganlık değerlendirmeleri, iklim değişikliğine karşı risk altında olan kritik altyapıyı tanımlar ve daha sonra potansiyel uyum ile önleme metotları geliştirir.

İklim değişikliğine karşı inşaat ve altyapı sektörü en savunmasız sektörlerden biridir (World Bank, 2010).

İklim değişikliğine karşı BUGÜN azaltma önlemleri uygulansa bile, etkileri önümüzdeki yıllarda DEVAM edecektir.

İklim değişikliğine karşı UYUM dünyadaki ülkeler için bir zorunluluk haline gelmiştir.



3. POTANSİYEL ETKİ VE RİSKLER

İnşaat ve altyapı sektöründe iklim değişikliğinden etkilenebilecek alt sektörler:

- ▶ Su
- ▶ Enerji
- ▶ Telekomünikasyon
- ▶ Ulaşım
- ▶ Binalar

Su Sektörü

İklim değişikliğiyle ilgili ana riskler:

- ▶ Yağmur suyu,
- ▶ Drenaj,
- ▶ Kanalizasyon altyapısının kapasitesi ve bakımını

etkileyen aşırı günlük yağış olaylarının sıklığının artması potansiyelidir.

Su sistemleri bir sezonda aşırı olaylarla veya birden fazla olayla baş edemez ise, önemli hasar maliyetleri ve çevresel dökülmeler olması muhtemeldir.

Malzemelerin bozulmasının hızlandırılması ve su temini, kanalizasyon ve yağmur suyu boru hatlarının yapısal bütünlüğü, artan yer hareketi ve yeraltı sularındaki değişiklikler yoluyla meydana gelebilir.

Artan sıcaklıklar, azalan mevcut nem ve artan nüfus ile ilişkili suya daha fazla talep olması nedeniyle su kıtlığı oluşabilir.

Su toplama havzalarındaki yıllık yağış miktarındaki azalma su arzını etkileyecektir.

Enerji Sektörü

Aşırı fırtına olaylarının artan sıklığı ve yoğunluğu, elektrik iletim altyapısı ve hizmetinde önemli hasara neden olabilir.

Artan rüzgar ve şimşek, iletim hatları ve yapılarına zarar verebilirken; aşırı yağış olayları güç trafo merkezlerini sular altında bırakabilir.

Fırtına faaliyetindeki artış, elektrik kesintilerinin sıklığı ve uzunluğu ile hizmetlerin kesintisinden dolayı güç kaynağı ve altyapı bakım maliyetlerinde önemli artışlar sağlayabilir.

Uzun kesintiler özellikle üretim yapan, soğutma ve ısıtma sistemleri kullanan diğer sektörleri de olumsuz etkileyebilir.

Aşırı sıcak hava dalgası olaylarının frekansta artması ve klima için elektrik talebinin zirvesinde bir artış yaratması muhtemeldir.

Yüksek yaz sıcaklıklarının iletim hattı iletkenliği üzerindeki etkisinden dolayı iletimin verimliliği düşecektir.

Telekomünikasyon Sektörü

Aşırı rüzgar, yıldırım ve orman yangını olaylarının artan sıklığı ve yoğunluğu, yer üstü sabit hat iletim altyapısı ve hizmetinde önemli hasara neden olabilir.

Artan aşırı yağış olaylarının yer altı telekomünikasyon tesislerini etkilemesi muhtemeldir.

Fırtına faaliyetindeki artış, şebeke kesintilerinin sıklığı ve uzunluğundan ve iletişim hizmetlerinin aksamasından dolayı, telekomünikasyon arz ve altyapı bakımının maliyetinde önemli bir artış sağlayabilir.

Ulaşım Sektörü

Aşırı yağış olaylarının sıklığının ve yoğunluğunun artması karayolu, demiryolu, köprü, havaalanı, liman ve özellikle tünel altyapısında önemli taşkın hasarına neden olabilir.

Demiryolu, köprüler, havaalanları ve limanlar aşırı rüzgar olaylarına karşı hassastır. Fırtına dalgalanmaları deniz seviyesinin yükselmesi ile birleştiğinde limanlar ve kıyı altyapısı özellikle risk altındadır.

Artan sıcaklık ve güneş radyasyonu, yol yüzeylerindeki ve havaalanı asfaltlarındaki asfalt ömrünü azaltabilir.

Artan sıcaklık ve genleşme, köprülerdeki ve raylardaki çeliği baskılar.

Artan sıcaklık, köprülerde ve havaalanı altyapısında beton derzleri ve koruyucu kaplamaların genişlemesine neden olur.

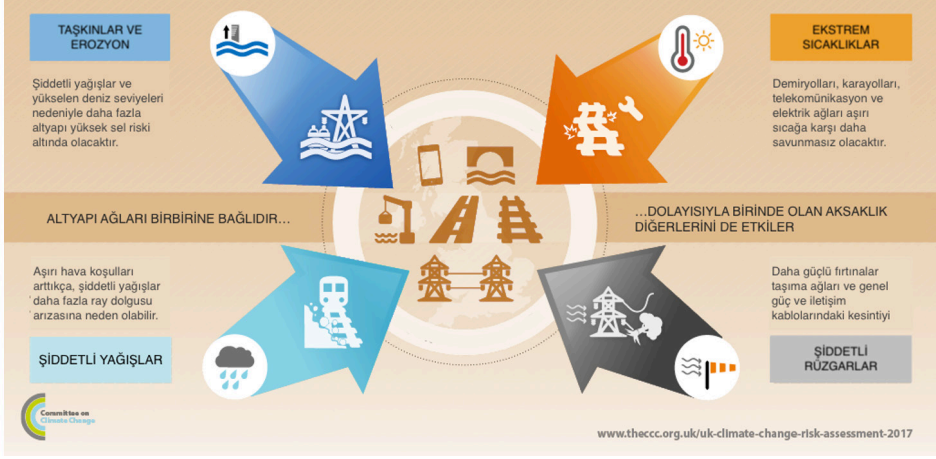
Bina Sektörü

Aşırı yağış, rüzgar ve yıldırım olaylarının artan sıklığı ve yoğunluğu, binalar ve tesislerde önemli hasara neden olabilir. Sahile yakın binalar ve tesisler, deniz seviyesinin yükselmesi ile risk altındadır.

Artan sıcaklık ve güneş radyasyonu, beton derzleri, çelik, asfalt, koruyucu kaplama, sızdırmazlık malzemeleri ile kereste ve duvar malzemelerinin genleşmesine neden olup malzemelerin parçalanması nedeniyle bina ve tesis elemanlarının ömrünü azaltabilir.

İklim değişikliğinin inşaat ve altyapı sektörü için önemli risklere neden olacağı öngörülmektedir.

Şekil 3: İklim değişikliğinin altyapı sektöründe oluşabilecek etkileri



Kaynak: Richard Dawson, Newcastle University, 2017

Burada Şekil 4'te görülen yeşil renkler göz ardı edilebilir riski, sarı renkler kesin riski ifade eder.

Şekil 4: İklim Değişikliğine karşı Maruziyet ve Altyapı sektörünün Duyarlılık Matrisi

Altyapı Tipi	İklim Değişikliğinin Etkileri											
	Artan Güneş Işımını	Mevcut Su Buharının Azalması	Yağış ve kuraklık süreçlerinin değişkenliğinin artması	Artan Sıcaklıklar & Isı Dalgaları	Yağışlarda Azalma	Günlük Ekstrem Yağışlarda Artış	Fırtına Sıklığında ve Şiddetinde Artış	Ekstrem Rüzgar Olaylarında Artış	Oraj gibi Hava Olaylarında Artış	Çalılış Yangınlarında Artış	Deniz Seviyesinde Artış	Nemlilik
Su	■											
Atıksu	■											
Yağmur Suyu	■											
Elektrik												
Gaz ve Petrol												
Sabit Hat												
Telekom												
Şebeke												
Mobil Ağ												
Yollar												
Ray Hattı												
Köprüler												
Tüneller												
Havalimanları												
Limanlar												
Binalar ve Yapılar												
Kentsel Tesisler												

4. UYUM ÖNLEMLERİ

Sürdürülebilir planlamalar adaptasyonu teşvik edip, uygulanabilir kapasiteyi ve dayanıklılığı artırarak iklim değişikliğine karşı kırılganlığı azaltabilir.

Sektör için iklime dayanıklı alınabilecek uyum önlemleri:

- ▶ Yapıların fırtına, sel ve sıcak hava dalgaları gibi aşırı hava olaylarındaki potansiyel artışlara ve aşırı soğuk havaya dayanıklı olmasını sağlamak.
- ▶ Yatırım kararlarının iklim değişikliğinin bir sonucu olarak değişen tüketici talebi modellerini dikkate almasını sağlamak.
- ▶ Yapıların gelecekte aşırı maliyet yaratmadan değiştirilebilmesi için esnekliğin artırılmasını sağlamak.
- ▶ Organizasyonların ve profesyonellerin uyum önlemlerini uygulamak için doğru beceri ve kapasiteye sahip olmalarını sağlamak.
- ▶ Öngörülen iklim etkileriyle başa çıkabilen daha esnek ve sağlam bir altyapı ağı kurmak.



KAYNAKÇA

- ▶ Buth, M., Kahlenborn, W., Greiving, S., Fleischhauer, M., Zebisch, M., Schneiderbauer, S., Schauser, I., 2017: Guidelines for Climate Impact and Vulnerability Assessments. Umweltbundesamt
- ▶ CNA Corporation 2007: National Security and the Threat of Climate Change. Report. Alexandria: CNA Corporation. Retrieved 25.03.2014 from http://www.npr.org/documents/2007/apr/security_climate.pdf
- ▶ GIZ, 2014: The Vulnerability Sourcebook. Federal Ministry for Economic Cooperation and Development.
- ▶ IPCC, 2014: Climate Change 2014 Impacts, Adaptation, and Vulnerability Part A: Global and Sectoral Aspects. New York: IPCC.
- ▶ The Committee on Climate Change, 2017: <https://www.theccc.org.uk/preparing-for-climate-change/uk-climate-change-risk-assessment-2017/ccra-chapters/infrastructure/>
- ▶ VG, 2007: Infrastructure and climate change risk assessment for Victoria, Report to the Victorian Government
- ▶ World Bank, 2010: World Development Report 2010: Development and Climate Change. Washington D.C.

SEKTÖRLERE GÖRE KIRILGANLIK: SANAYİ

Prof. Dr. Erdem Görgün



1. GİRİŞ – KIRILGANLIK NEDİR?

Kırılğanlık, ilk olarak Exeter Üniversitesi, Doğa ve Çevre Bilimleri Öğretim Üyesi Prof. Neil Adger tarafından “bir sistemin uyum kapasitesi yetersizliğinde, çevresel ve toplumsal strese maruz kalması sonucunda karşılaşılaacağı zarara karşı duyarlılık seviyesi” olarak tanımlanmıştır.

Kırılğanlık İngilizcede «vulnerability» sözcüğünün karşılığı olarak kullanılmaktadır. «etkilenebilirlik» olarak da anılmaktadır.

Kırılğanlık, günümüzde iklim değişikliği nedeniyle ortaya çıkan aşırı hava olayları sonucunda oluşan afetlerin sosyo-ekonomik etkilerinin yorumlanabilmesi için bu kavram IPCC tarafından dünya genelinde kabul edilmiştir.

Kırılğanlık, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin arkasında yatan gerçeğin anlaşılmasına ve iklim değişikliğine karşı en duyarlı noktaların tespitine yardımcı olmaktadır.

Uyum önlemlerinin belirlenmesi ve önceliklendirilmesinde en etkili yöntem “etkilenebilirlik (kırılğanlık) değerlendirmesi” yapmaktır (Özdemir ve Yazıcı, 2017).

Şekil 3.1’ de kırılğanlığın fonksiyonları şematik olarak verilmektedir. Sistemin maruz kaldığı iklim değişikliğinin ve değişkenliğinin özelliği, boyutu ve hızının, duyarlılığının ve uyum sağlama kapasitesinin bir fonksiyonudur (Kadıoğlu ve diğ., 2017)

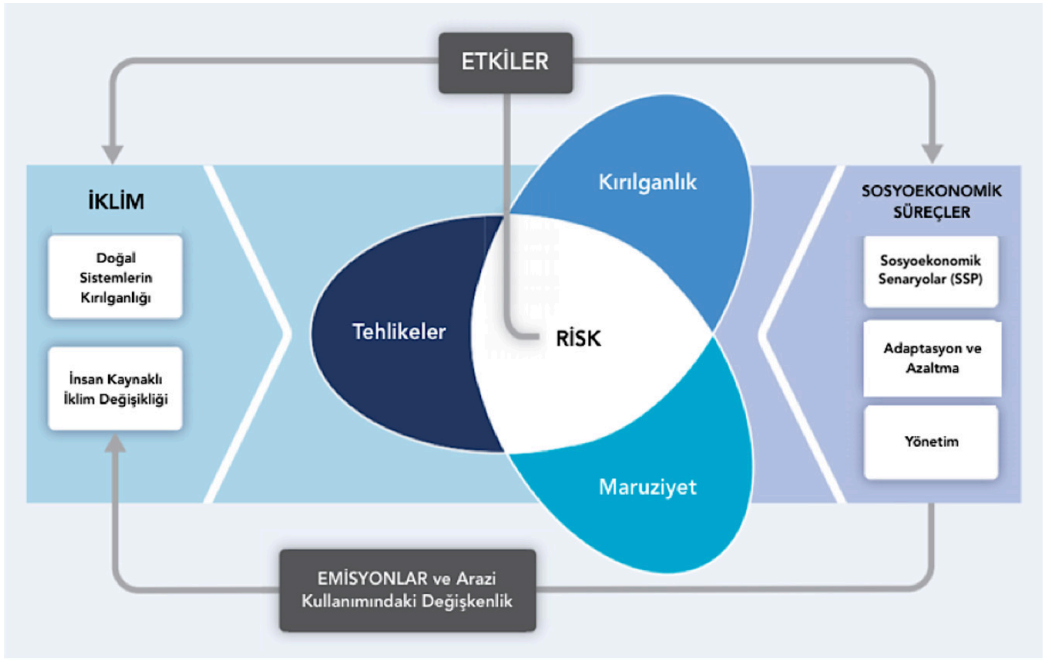
IPCC, iklim değişikliğinden etkilenebilirliği üç unsurun bir fonksiyonu olarak tanımlar, bunlar;

- ▶ İklim değişikliğinin etkilerine maruz kalma türleri ve boyutu,
- ▶ Hedef sistemlerin, belirli düzeyde maruz kalmaya duyarlılığı, ve

- Hedef sistemin başa çıkma veya uyarlama sağlama kapasitesidir.

Aşırı hava olayları dâhil olmak üzere iklim değişikliğindeki değişiklikler veya ortalama iklim koşullarındaki değişiklik hızları gibi incelenen sistemin dışındaki unsurları maruz kalma (exposure) denir. Bazı durumlarda yüksek düzeyde maruz kalma durumları gözlemlenir.

Şekil 1: Fiziksel iklim sistemi, maruziyet ve kırılganlık üreten riskler arasındaki etkileşimin şeması



IPCC'nin 4. Değerlendirme Raporunda kırılganlık; “bir sistemin iklim değişikliği ve aşırı iklim olayları dahil olmak üzere iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı hassas olması ve onunla başa çıkamaması durumudur”.



2. KIRILGANLIK PARAMETRELERİ

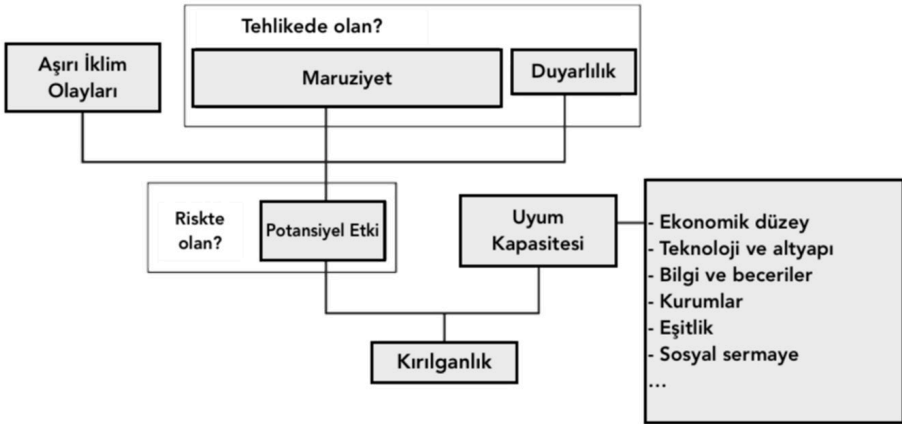
Kırılğanlık analizlerinde dört parametre;

- ▶ Maruziyet,
- ▶ Duyarlılık,
- ▶ Potansiyel Etki,
- ▶ Uyum Kapasitesi

bir sistemin hassas olup olmadığını, eğer hassas ise bunun ne ölçüde olduğunu belirlememize yardımcı olur.

Bir olaya karşın maruz kalma ve duyarlılık birlikte değerlendirildiğinde potansiyel etkiyi belirler. Kırılğanlık, potansiyel etki ve uyum kapasitesinin birleşimidir (Şekil 2).

Şekil 2: Potansiyel etkilere ve kırılğanlığa katkıda bulunan faktörler



Maruziyet: Doğrudan iklim parametreleriyle ilişkili olup bunlar iklimdeki değişiklik ve değişimin karakteri, büyüklüğü ve hızıdır.

Sistemin iklim olayına maruz kalma derecesini yansıtan iklim maruziyeti indikatörleri; sıcaklık artışı, şiddetli yağış, kuraklık ve deniz seviyesindeki yükselişi içermektedir (IPCC, 2014). Yüksek düzeyde maruz kalma durumları, yüksek uyum sağlama kapasitesi ile bertaraf edilebilir ve daha düşük etkilenebilirlik değerleri elde edilir.

- Duyarlılık: Bir sistemin belirli bir iklim değişikliği maruziyetinden olumsuz veya olumlu şekilde etkilenme derecesidir.

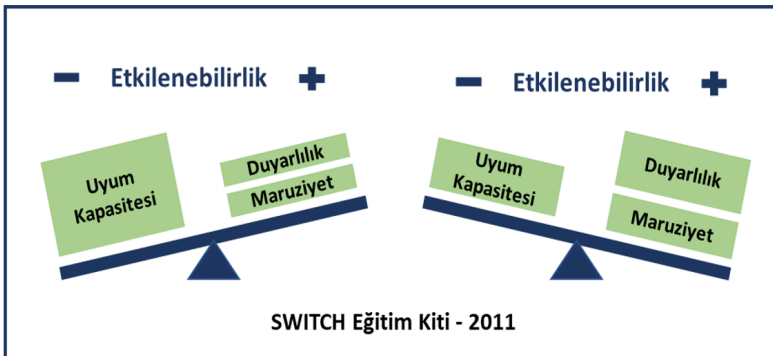
Duyarlılık sistemin doğal ve/veya fiziksel özelliklerine göre şekillenir.

Duyarlılık aynı zamanda toprak yönetimi, su yönetimi, kaynak tüketimi ve nüfus baskısı gibi bir sistemin fiziksel yapısını etkileyen insan faaliyetlerini de içerir.

- Potansiyel Etki: Maruz kalma ve duyarlılık birlikte iklim değişikliğinin potansiyel etkisini belirler.
- Uyum Kapasitesi: Bir sistemin, iklim değişikliği ve değişkenliği ile bunun muhtemel zararlarına uyum sağlama, fırsatlardan yararlanma veya bunun sonuçları ile başa çıkma kabiliyetini ifade eder.

Duyarlılık indeksine benzer şekilde, uyum kapasitesi de mevcut durumu ifade etmektedir.

Şekil 3: Etkilenebilirlik (Kırılğanlık) Analizi Bileşenlerinin Fonksiyonları



Şekil 3 uyum kapasitesi ve duyarlılık arasındaki farklı senaryoların sonuçlarını özetlemektedir.

Yüksek uyum kapasitesi ve düşük duyarlılığı olan sistemler iklim değişikliği etkilerini tolere edebilirler ve düşük kırılma derecesine sahiptirler.

Yüksek duyarlılığı ve düşük uyum kapasitesi olan sistemler ise iklim değişikliği etkilerine karşı daha hassas olurlar ve daha yüksek kırılma derecesine sahiptirler.

Şekil 4: Kırılma Denklemi



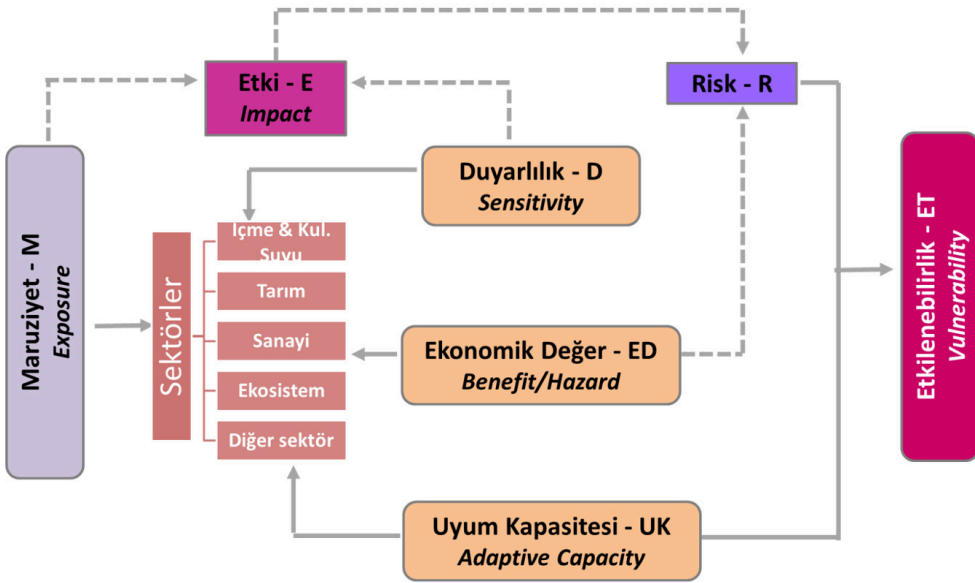
Literatürde farklı kırılma denklemleri mevcuttur. Biri potansiyel etkiden uyum kapasitesi farkını alarak kırılma hesaplanırken; diğeri potansiyel etkinin uyum kapasitesine olan oranını bularak kırılma hesaplanmaktadır (Şekil 4).

3. ETKİLENEBİLİRLİK ANALİZİ

2013-2016 yılları arasında mülga Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü için hazırlanmış olan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkilerinin Araştırılması” projesi çerçevesinde, farklı sektörler için kırılگانlık/etkilenebilirlik analizi yapılabilmesi amacıyla bir metodoloji geliştirilmiştir.

Şekil 5, bu metodolojinin temel bileşenlerini özetlemektedir. Geliştirilen bu yöntem, seçilmiş bazı nehir havzaları için uygulamış ve sonuçlar, proje raporunda detaylı olarak sunulmuştur (İklimsu, 2016).

Şekil 5: Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Temel Bileşenleri



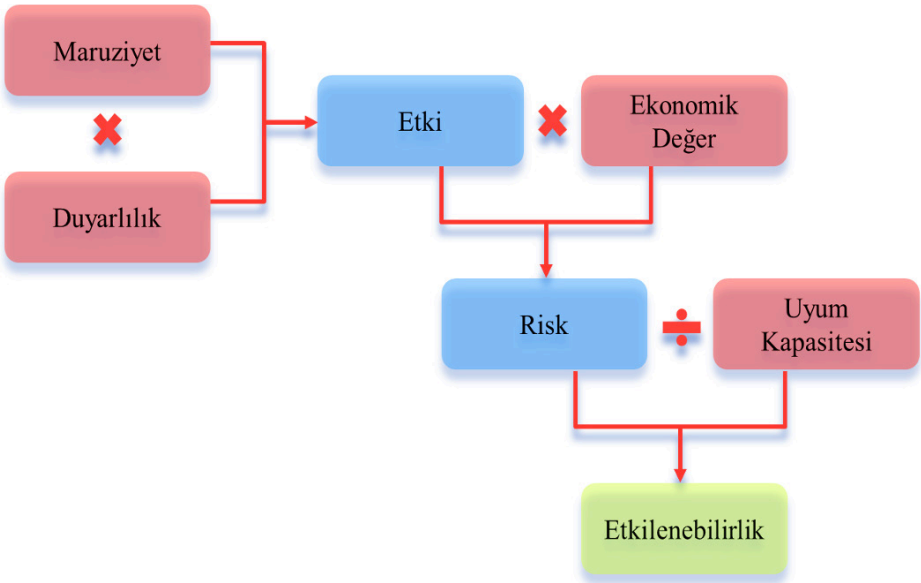
Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC); iklim değişikliğinden etkilenebilirliği 3 ana unsurun bir fonksiyonu olarak tanımlar.

- Exposure – Maruziyet : Aşırı hava olayları dâhil olmak üzere iklim değişkenliğindeki değişiklikler veya ortalama iklim şartlarındaki değişiklik hızları gibi incelenen sistemin dışındaki unsurları belirtir.

- Sensitivity – Duyarlılık : Bir sistemin iklim değişkenliği veya değişikliğinden olumsuz veya olumlu şekilde etkilenme derecesidir. Bu etki, doğrudan veya dolaylı olabilir.
- Adaptive Capacity – Uyum Kapasitesi: Bir sistemin, iklim değişikliği, değişkenliği ve muhtemel aşırı ve orta düzeydeki zararlara uyum sağlama, fırsatlardan yararlanma veya bunun sonuçları ile başa çıkma kabiliyeti demektir.

Şekil 6'da, bu unsurlardan oluşan kırılganlık denklemi gösterilmiştir.

Şekil 6: Kırılganlık Denklemi



Burada,

- Maruziyet – M: Sistem içerisindeki tek değişkendir. 10'ar yıllık projeksiyon dönemlerinde %50 olasılıkla ortalamayı yansıtan modelin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları sonuçlarına göre hesaplanacaktır.
- Duyarlılık-D: Her bir sektör için mevcut durumu yansıtır nitelikte hesaplanmıştır.
- Etki-E: Maruziyet (M) x Duyarlılık (D)

- ▶ Ekonomik Değer-ED: Her bir sektör için (içme kullanma suyu, tarım, sanayi, ekosistem ve turizm) mevcut durumu yansıtır nitelikte hesaplanmıştır.
- ▶ Risk - R: Etki (E) x Ekonomik Değer (ED)
- ▶ Uyum Kapasitesi-UK: Her bir sektör için (içme kullanma suyu, tarım, sanayi, ekosistem ve turizm) mevcut durumu yansıtır nitelikte hesaplanmıştır. 2014 yılı verileri kullanılmıştır.
- ▶ Etkilenebilirlik-ET: Risk (R)/Uyum Kapasitesi (UK)

Olarak ifade edilmektedir.

4. SANAYİ SEKTÖRÜNDE KIRILGANLIK

Sanayi sektörünün iklim koşullarına duyarlılık derecesi, incelenen bölgedeki sanayi sektörünün gelişmişliği, su tüketim bilgileri, enerji kullanım bilgileri, atıksu miktarları ve özellikleri gibi faktörlerle ilişkilendirilmektedir.

Bölgede yer alan orta ve büyük ölçekli sanayi tesislerine ait bilgiler, çalışan sayıları, tesislerin faaliyet alanları duyarlılık derecesi hesabı için birer indikatör olarak kullanılabilir.

Sanayi sektörünün iklim koşullarına uyum kapasitesi derecesi, incelenen bölgenin ekonomik kapasitesi, fiziki altyapısı, sosyal sermayesi, gelişmişlik düzeyi, kurumsal kapasitesi ve veri erişilebilirliği gibi indikatörler kullanılmaktadır. Çalışmalarda bu indikatörlerin en güncel durumları dikkate alınmalıdır.



5. SANAYİ SEKTÖRÜNDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ FARKINDALIĞI

Massachusetts Institute of Technology (MIT) ve Boston Consulting Group (BCG) tarafından gerçekleştirilen ve ABD’de 2000’e yakın şirket yöneticisinin katıldığı güncel bir anket çalışmasında; iklim değişikliğinin firmaların “sürdürülebilirlik” gündeminde oldukça düşük bir sırada yer aldığı ortaya konmuştur. İşletmelerin %67’si iklim değişikliğinin gerçek olduğuna inanmasına rağmen, bunun çok önemli bir konu olduğunu belirtenlerin oranı sadece %11’dir.

Ankete katılan şirketlerin %27’si iklim değişikliğinin kendileri için bir risk olduğunu düşünmekle birlikte, sadece %9’u bu risklere hazırlıklı olduklarını düşünmektedirler (Arat vd., 2003; Gandhi et al., 2006; Hilmioğlu vd., 2015; Davarcıoğlu, 2017).

Benzer bir anket bugün Türkiye’de genel sanayi profilini temsil edecek bir kitleye uygulansa sanayicilerin cevapları ne olacaktır?

İklim değişikliği sorununa karşı azaltım ve uyum faaliyetlerinin sanayici tarafından benimsenmesi büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

- ▶ Arat, G., Türkeş, M., Saner, E., (2003), Vizyon 2023: Bilim ve Teknoloji Stratejileri Teknoloji Öngörü Projesi-Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Tematik Paneli-Vizyon ve Öngörü Raporu, TÜBİTAK, Ankara, ss:64.
- ▶ Davarcıoğlu, B., (2017), Adaptation to Climate Change and Eco-Efficiency (Cleaner Production) for More Effective Environmental Management in Industry, International Journal of Recent Trends in Engineering and Research, 3(2): 100-112
- ▶ Gandhi N.M.D., Selladurai, V., Santhi, P., (2006), Unsustainable Development to Sustainable Development: A Conceptual Model, Management of Environmental Quality: An International Journal, 17(6): 654-672
- ▶ GIZ, 2014: The Vulnerability Sourcebook: Concept and guidelines for standardized vulnerability assessments.
- ▶ Hilmioğlu, B., Avinal, A., Çakmak, E.G., Doğan, T., Türe, İ., Dinçbaş, T., Şatır, D.S., Konaklı, B., (2015), İklim Değişikliği ve Sanayi, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ankara, ss:244.
- ▶ IPCC (2001). The Global Climate of the 21st Century WG I (Science) Summary for Policy-Makers, Third Assessment Report.
- ▶ IPCC (2014). Climate Change 2014 Impacts, Adaptation, and Vulnerability Part A: Global and Sectoral Aspects. New York: IPCC.
- ▶ İKLİMSU (2016) İklim Değişikliğini Su Kaynaklarına Etkilerinin İncelenmesi Projesi Nihai Raporu, Mülga Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- ▶ Kadioğlu vd. (2017) Türkiye’de İklim Değişikliği ve Tarımda Sürdürülebilirlik, Türkiye Gıda ve İçecek Dernekleri Federasyonu (TGDF) Raporu.
- ▶ Özdemir, A.D., Demirel, Yazıcı, D. (2017). İklim Değişikliğine Uyum, IV. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi-TİKDEK 2017, 5-7 Temmuz 2017, İstanbul.
- ▶ Tanık, A. (2016) İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SU KAYNAKLARINA ETKİSİ PROJESİ SEKTÖREL ETKİLENEBİLİRLİK ANALİZ SONUÇLARI & ÇIKTILAR, “İklim Değişikliğinin Etkileri” Konulu Hizmet İçi Eğitim Programı, 24-26 Ekim 2016, Afyonkarahisar

SEKTÖRLERE GÖRE KIRILGANLIK: EKOSİSTEM HİZMETLERİ

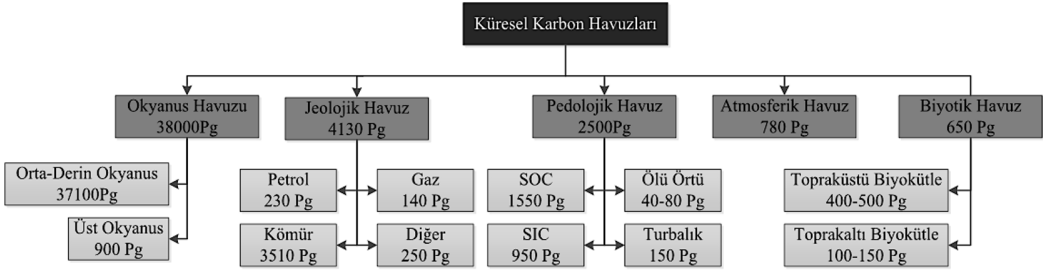
Prof. Dr. Süha Berberoğlu



1. GİRİŞ

Küresel iklim değişikliği ile mücadele kapsamında artan karbon salımının engellenmesi ve oluşturduğu çevresel problemlerin önüne geçilmesi için ulusal ve uluslararası düzeyde çözüm arayışlarına gidilmiştir. Küresel iklim değişikliğinin önde gelen sebeplerinden bir tanesi olarak karbon havuzları arasındaki akış dengesinin bozulması gelmektedir. Atmosferik karbon emisyonlarının artışı ile sonuçlanan karasal karbon depolarının zarar görmesi, sanayi ve arazi kullanım değişiminden kaynaklı etkilerden dolayı meydana gelmektedir. Atmosferik karbon emisyonlarının sera gazı etkisini azaltarak küresel iklim değişikliğinin önlenmesi için doğal süreçlerden biri ise karbonun karasal havuzlara depo edilmesidir (Şekil 1).

Şekil 1: Küresel karbon havuzları



Kaynak: Ersoy, 2017

Karbon havuzları beş temel kategoriden oluşmaktadır. Bu yutaklar arasında en büyük rolü okyanuslar üstlenmektedir. Fakat insan etkisinin görüldüğü ve karbon havuzlarının değişimine sebep olan havuzlar, biyotik, pedolojik ve atmosferik karbon havuzları arasında gerçekleşmektedir. Küresel iklim değişikliği ile ilgili farkındalığın artması ile birlikte atmosferik karbonunun azaltılması yönünde birtakım projeler geliştirilmiştir. Bu projeler kapsamında jeolojik havuzlara atmosferik karbonun sıvılaştırılarak enjekte edilmesi gibi öneriler geliştirilmiştir. Ancak bu gibi öneriler karbon sızıntılarının olabileceği, deprem riskinin bulunması ve ekonomik yükün

fazla olması gibi olumsuzluklardan ötürü eleştiri almaktadır. Bu sebeple doğal süreçler ile ekosisteme ait biyotik ve pedolojik karbon havuzlarının önemi giderek artmaktadır (Lal, 2008).

Dünyanın en büyük organik karbon deposu olarak kabul edilen topraklar (pedolojik havuz) karasal ekosisteme ait karbon havuzlarının yaklaşık %50-75'ini oluşturmakta ve Toprak Organik Karbonu (TOK) ve Toprak İnorganik Karbon (TİK) havuzlarından meydana gelmektedir (Mondal et al., 2016). TOK ise Toprak Organik Maddesi, TOM'den meydana gelmektedir. TOM ise genel olarak biyokütle, ölü örtü ve humus bileşenlerinde bulunan organik maddelerden oluşmaktadır. Toprakta bulunan TOM düzeyinin yaklaşık olarak %58'i TOK düzeyini belirlemektedir (Lal, 2014a). Canlı veya ölü bitki-hayvan artıklarının toprağa karışması halinde toprakta bulunan organik madde miktarı ve dolayısı ile organik karbon miktarı artış göstermektedir. Toprak havuzundaki artış topraktaki karbon tutulumunu sağlamaktadır. Bu artış iklim değişikliğini azaltma veya adaptasyon konusunda önerilen doğal çözümlerden biri olmuştur (Brandy ve Weil 2010). Ek olarak, çevresel faktörler sebebiyle bitki örtüsünden toprak yüzeyine dökülen bitki artıkları içerdikleri organik madde ile verimliliği arttıran faktörlerden biridir (IPCC, 2003). Toprak örtüsü üzerinde bulunan çalı ve ağaçlara ait sürgün, dal, kozalak ve meyvelerin dökülmesi ile ölü örtü tabakasının oluşması sağlanmaktadır. Ölü örtü toprak yüzeyinde çürüyerek kimyasal reaksiyona uğramakta ve karbon, kükürt, azot ve fosfor gibi bileşenlerine ayrılmaktadır (Saatçi, 1975). Orman örtüsü kapalılığı ve bitki türü ise ölü örtü miktarı ile doğru orantılı olarak ifade edilebilir. Yapraklı ormanlarda kapalılığın artışı ölü örtü miktarının da artışını beraberinde getirmektedir. Bu sebeple ölü örtü aracılığıyla toprağa karışan organik madde ve karbon bileşenlerindeki artış, karbon yutaklarında da olası bir artış beraberinde getirmektedir.



2. EKOSİSTEM HİZMETİ OLARAK KARBON BİLEŞENLERİNİN MODELLENMESİ

Karasal ekosistemlerde toprak üstünde bağlanan karbonun % 80'inden fazlası, tüm toprak organik karbonunun da %70'inden fazlası orman ekosistemleri tarafından bağlanmaktadır (Jandl et al., 2007). Bu durum orman ekosistemlerinin önemini daha fazla artırmıştır. Orman ekosistemleri ve diğer karasal ekosistemlerde karbon sanıldığı gibi aksine sadece bitkilerde depolanmamaktadır, topraklar da önemli bir depolanma yeridir. Karasal ekosistemlerdeki vejetasyonda depolanmış olan karbon miktarı yaklaşık 500 x 106 tondur (Janzen, 2004).

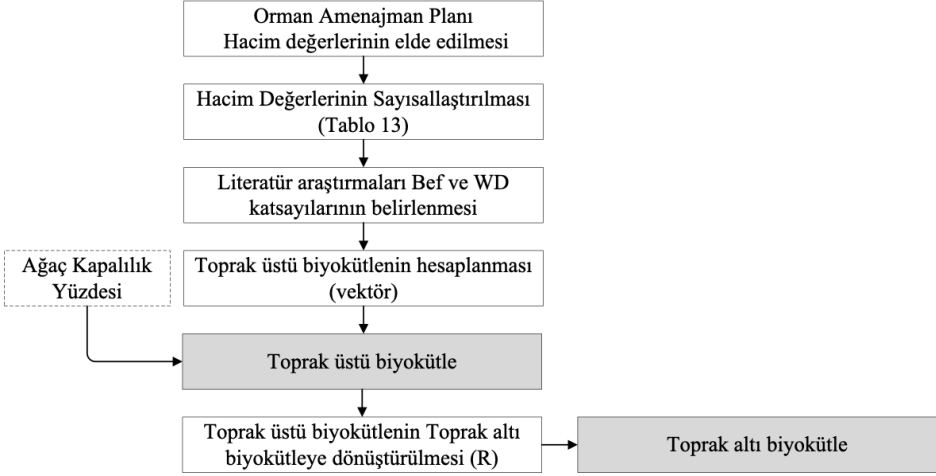
Toprak içindeki karbon, yerüstü biyokütleyle bağlı olarak değişmekte ve orman ekosisteminde tutulan toplam karbon içinde büyük bir orana (%23-%46) sahip bulunmaktadır. Türkiye'de orman topraklarındaki karbon miktarları çeşitli amaçlarla yapılan araştırmalarda (beslenme-büyüme ilişkileri, toprak haritaları vb.) az da olsa incelenmiştir. Türkiye'de orman topraklarındaki organik karbon miktarlarının yapıldığı araştırmaların derlendiği bir çalışmada 1234 adet örnek alan için ortalama toprak organik karbonu 78 ton/ha olarak bulunmuştur. Ancak doğrudan orman topraklarının karbon biriktirme potansiyelleri ile ilgili araştırma bulunmamaktadır (Tolunay ve Çömez 2008).

2.1. Toprak Üstü Biyokütle Karbonu

Canlı biyokütle temel olarak iki kısma ayrılmaktadır. Bunlar toprak üstü ve toprak altı biyokütledir. Toprak üstü biyokütle; toprak üstündeki gövde, kütük, kabuk, tohum ve dallardır. Toprak altı biyokütle ise; toprak altındaki kökleri kapsamaktadır (IPCC, 2013). BMİDÇS ve Kyoto Protokolüne taraf olan ülkelerdeki orman ekosistemlerinde bulunan orman biyokütlesini ve bunların değişimlerini ortaya koymak için rehber niteliğinde standart bir yöntem olan Arazi Kullanımı, Arazi Değişimi ve Ormanlık İyi Uygulama Kılavuzu [Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change

and Forestry (GPG-LULUCF)] kullanılmaktadır. Bu yaklaşım genelinde öncelikle toprak üstündeki biyokütle elde edilmekte ve toprak üstü biyokütleyle bağlı olarak toprak altı biyokütle tahmin edilmektedir (Şekil 2).

Şekil 2: Toprak üstü ve toprak altı biyokütle hesaplama yöntem akışı



2.2. Toprak Altı Biyokütle Karbonu

Toprak üstü biyokütlenin toprak altı biyokütleyle dönüştürülmesi için R katsayısı (Root/Shoot Ratios) kullanılmaktadır.

$$\text{BGB(Below Ground Biomass)} = \text{GS} * \text{WD} * \text{BEF} * \text{R}$$

R katsayısı sayesinde toprak üstü biyokütleden, toprak altı biyokütle elde edilmektedir (Çömez, 2012; FRA, 2010; Levy et al., 2003). Farklı çalışmaların her birinde arazi çalışması yapılarak ağaç ve kök sökme gibi işlemlerin yapılması, ağırlıkların ölçülmesi ve oranlanması gerçekleştirilemeyeceğinden bu konuda daha önceden yapılmış araştırma sonuçlarından yararlanılmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1: Toprak üstü biyokütleyi toprak altı biyokütleyle çevirme faktörü

Tür Sınıfı	Topraküstü Biyokütle (Mg ha ⁻¹)	R
	<50	0.46
İbrelili Türler	50-150	0.32
	>150	0.23
Yapraklı Türler	<75	0.43
	75-150	0.26
	>150	0.24

Kaynak: IPCC, 2003

2.3. Toprak Organik Karbonu (TOK)

Topraklar, Toprak Organik Karbonu (TOK) ve Toprak İnorganik Karbon (TİK) havuzlarından meydana gelmektedir (Mondal et al., 2016). TOK ise Toprak Organik Maddesi, TOM'den meydana gelmektedir. TOM, genel olarak biyokütle, ölü örtü ve humus bileşenlerinde bulunan organik maddeden oluşmaktadır. Toprakta bulunan TOM düzeyinin yaklaşık %58'i TOK düzeyini belirlemektedir (Lal, 2014a). Canlı veya ölü bitki ve hayvan artıklarının toprağa karışarak ayrışması sayesinde toprakta bulunan organik madde miktarı ve dolayısı ile organik karbon artış göstermektedir. Toprak havuzundaki artış toprakta karbon tutulumunu sağlayarak iklim değişikliğini azaltma veya adaptasyon konusundaki doğal yardımcılardan biridir (Brandy ve Weil 2010). Toprakta bulunan karbon miktarının belirlenmesi amacı ile arazi çalışmaları ile toprak örnekleri alınmaktadır. Bu toprak örneklerinin kimyasal analizleri yapılarak organik madde tayini gerçekleştirilir (Ersoy, 2017).

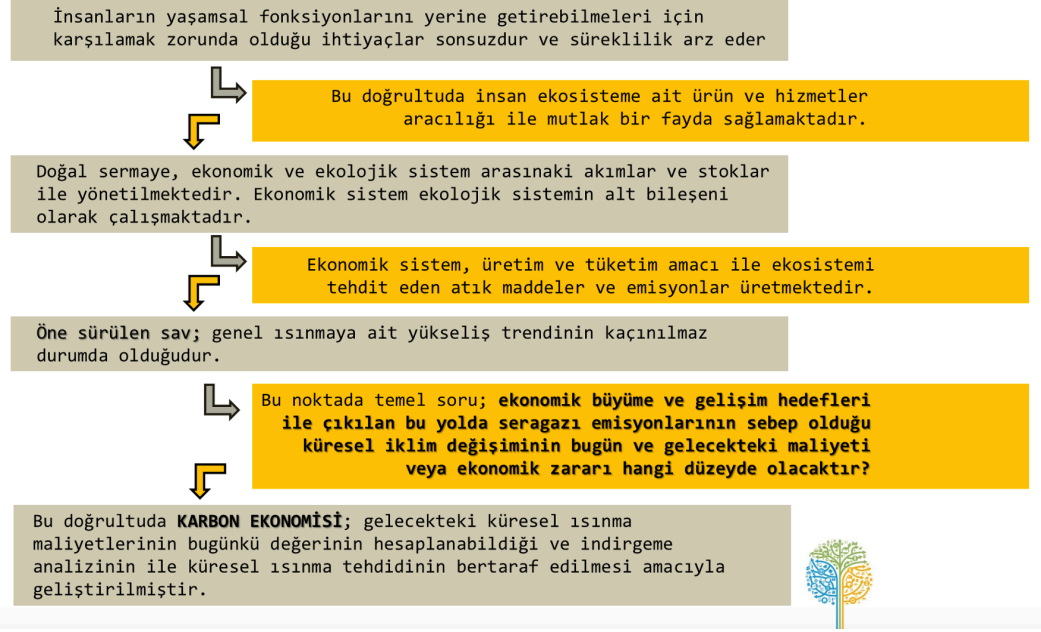
2.4. Döküntü (Ölü Örtü)

Toprak üstü biyokütle havuzu ve toprağa ait karbon havuzu arasında ara geçit olarak önemli bir yere sahip olan döküntü miktarı organik maddenin toprak üzerinde ayrışarak toprağa ulaşmasında ve toprak karbonunun birikiminde büyük öneme sahiptir.

3. EKONOMİK DEĞERLEME VE KARBONUN SOSYAL MALİYETİ

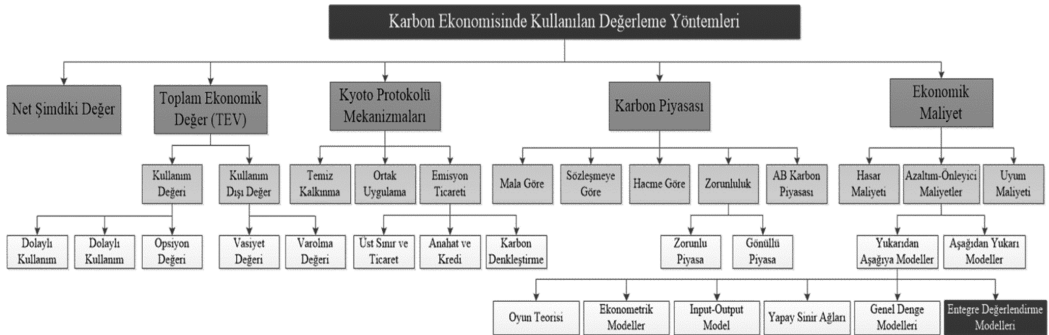
Ekosistem ürün ve hizmetleri kavramındaki temel bakış açısı, insanların doğrudan veya dolaylı olarak ekosistemden sağladığı faydaların ekonomik değerinin belirlenmesidir. Ekosistemden sağlanan faydaların ekonomik değerinin belirlenmesi için birbirine zıt olan iki temel bakış açısı vardır. Bunlardan birincisi ekosistemin geçmişten günümüze kadar insanlığa karşılıksız olarak fayda sağladığı ve bu sağladığı faydalar doğrultusunda ekosistemin bir parçası olan su, oksijen ve karbon gibi temel besin elementleri döngüsü içerisinde yer alan elementleri meta haline dönüştürerek alınıp satılmaması gerektiği görüşü olmuştur. Bunun aksi olan bir diğer görüş ise, sınırsızca kullanılmış olan doğal kaynakların eğer geçmişte ekonomik değeri olsaydı daha kısıtlı ve dikkatli kullanılacağı görüşüdür. Bu görüşe göre insan faydası adına kullanılan her kaynağın ekonomik bir değeri vardır ve kullanıcı sağladığı fayda doğrultusunda bu ekonomik değeri ödemeyi göze almış olmalıdır. Nitekim gelişen ve gelişmekte olan ülkelerin temel ekonomik hedefi şüphesiz ki ekonomik büyümedir. Ancak sınırsız ekonomik büyüme hedefleri varken gözardı edilen temel nokta doğal kaynakların ve Dünya'nın sınırlı olduğudur. Ayrıca doğal kaynakların bedava sermaye olarak kullanılması ve bunun önünde herhangi bir engel bulunmaması gelecek nesiller için adalet dengelerini sarsan bir unsurdur. Artan atmosferik karbon emisyonları ve küresel ısınma tehdidi bu durumu destekleyen en önemli göstergedir. Bu doğrultuda ekosistem ürün ve hizmetlerinin ekonomik değerlerinin belirlenmesi hakkında gerçekleştirilen çalışmalar uluslararası literatürde giderek yaygınlaşmaktadır. Ekonomik amaç ile ekosistem dengesindeki olası kaybın yine ekonomik bedel ile ölçülmesi, arazi kullanımı ve peyzaj yönetimi alanında alternatiflerin geliştirilmesinde yardımcı olmaktadır. Ekosistem hizmetindeki kayıp ile doğal kaynak kullanımı arasındaki ekonomik farkın ortaya konulması çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik kazanç açısından hangi kullanımın daha avantajlı olduğu sorusunu yanıtlamayı hedeflemektedir (Şekil 3).

Şekil 3: Küresel iklim değişikliği ve karbon ekonomisi çerçevesi



Kyoto protokolü sonrası alınıp satılabilen bir emtiaya dönüştürülen karbon ekonomisi halen kesinlik arz eden tek bir yapıya veya mekanizmaya sahip değildir. Ülkemizde ve dünyada birden fazla yaklaşım ile ele alınan karbon ekonomisi yöntemleri Şekil 4’te özetlenmiştir. Burada karbon ekonomisi yöntemlerinin genel çerçevesi kategorize edilirken farklı çalışmalarda kullanılan, analiz edilen veya aktarılan yöntemlerin derlemesi sağlanmıştır (Mirici ve Berberoğlu, 2017).

Şekil 4: Karbon Ekonomisinde Kullanılan Değerleme Yöntemleri



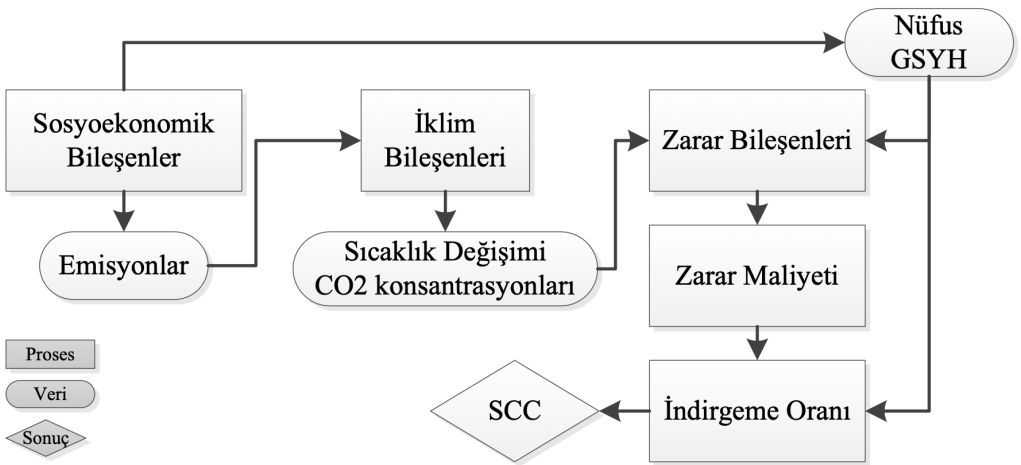
Kaynak: Mirici ve Berberoğlu (2017)

3.1. Entegre Değerlendirme Modelleri

Küresel iklim değişimi ülkelerin sahip olduğu ekonomik güç, nüfus, teknoloji ve enerji kullanımları gibi çok bileşene bağlıdır. Bu nedenle de belirsizliğini ve stokastik yapısını korumakta olan bir olgudur. Küresel iklim değişimine ait bu belirsizliklerin en az düzeye indirgenerek olası etkiler ve maliyetleri belirleyebilmek amacıyla doğa bilimciler ve ekonomistler tarafından Entegre Değerlendirme Modelleri (Integrated Assessment Models-IAMs) yaklaşımı kapsamında birden fazla model geliştirilmiştir. Bu modeller arasında MERGE, FUND, PAGE, DICE ve RICE modelleri öne çıkmaktadır (Kumar, 2013). Bu modellerin ortak noktası küresel iklim değişiminin önlenmesi hedefiyle Marjinal Azaltım Maliyetinin, Marjinal Karbon Maliyetine eşit olduğu optimal düzeyi belirlemektir (İşcan ve Yılmaz, 2011).

Karbonun Sosyal Maliyeti (Social Cost of Carbon-SCC), küresel ısınma ve küresel ekonomi politikalarında önemli bir yer tutmaktadır. SCC küresel olarak modellenebilen bir kavram olduğu gibi ülkesel veya bölgesel ölçeklerde de modellenebilmektedir (Şekil 6).

Şekil 5: Karbonun sosyal maliyetinin genel çerçevesi

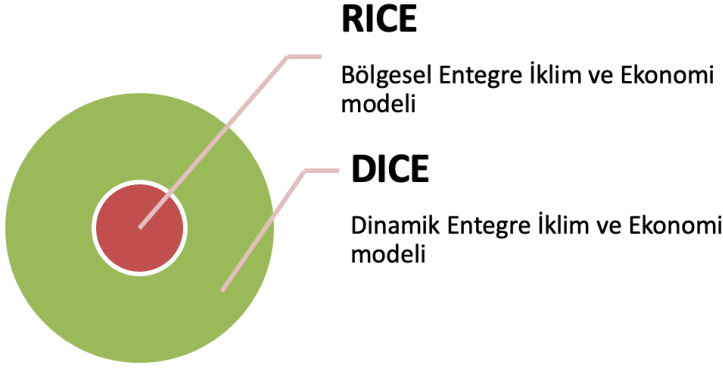


Kaynak: NASEM, 2017; Nordhaus ve Sztorc, 2013; Stern, 2006

SCC, antropojenik etkiler ile atmosfere eklenen her bir ton CO₂ emisyonunun sebebiyet verdiği ekonomik zarara bağlı maliyet olarak tanımlanabilmektedir. CO₂ emisyonundaki birim artışın, ekonomik olarak zarar maliyeti, günümüzde ve gelecekte olası ekonomik tahribatın şimdiki değerini ifade etmektedir. SCC'ye yönelik tahminler genel anlamda hedef ülke ekonomisi, atmosfere salınan emisyon miktarı ve küresel jeofiziksel küresel ısınma parametrelerinden yararlanarak üretilmektedir (Bijgaart et al., 2014; İşcan ve Yılmaz, 2011; Nordhaus, 2011). Bu çerçevede (i) optimal emisyon düzeyi ve emisyon dinamikleri odaklı modeller, (ii) belirsizliklere odaklı modeller ve (iii) yüzeysel detay ağırlıklı modeller olmak üzere genel üç farklılaşan model yaklaşımı bulunmaktadır. Bu modellerin ortak noktası ise küresel iklim değişiminin önlenmesi hedefiyle marjinal azaltım maliyetinin, marjinal karbon maliyetine eşit olduğu optimal düzeyi belirlemektir. Karbon ekonomisinde IAMs yaklaşımını kullanan FUND, PAGE, DICE ve RICE modelleri öne çıkmaktadır (Kumar, 2013).

3.1.1. RICE Model Çerçevesi

Küresel iklim değişikliği ve ekonomi alanında yapılmış olan önemli çalışmalardan biri Nordhaus (1991) tarafından gerçekleştirilmiştir. 1980 yılından günümüze kadar olan dönem sürecinde Nordhaus, DICE - İklim ve Ekonominin Dinamik Entegrasyonu (Dynamic Integrated model of Climate and Economy) ve RICE- İklim ve Ekonominin Bölgesel Entegrasyonu (Regional Integrated model of Climate and Economy) modellerini geliştirmiş, yaptığı sonraki çalışmalarla da modellerin sürekli güncel kalmasını sağlamıştır. Bu çalışmaların genel amacı sera gazlarının kontrollerinin sağlanması ve iklim değişikliğinin yavaşlatılması olmuştur. RICE modeli en son 2010, DICE modeli ise 2016 yılında güncellenmiştir. DICE 2016 modeli küresel düzeyde karbonun sosyal maliyetini 30,69 ABD Doları (2015ppp) olarak tahmin ederken, RICE modeli ise bölgesel düzeyde farklı değerler ile modellenmiştir (Nordhaus, 1991; 2010; 2011; 2013; 2017). DICE modeli, RICE modelinin kökenini oluşturmaktadır. Bu bağlamda DICE modeli yapısal olarak RICE modelini kapsamaktadır.

Şekil 6: RICE ve DICE modeli

RICE modeli temel olarak üçe keskin birleşiminden oluşmaktadır. Bunlar; (i) ekonomik sektör, (ii) küresel jeo-fiziksel göstergeler ve (iii) politika optimizasyonlarıdır. Optimizasyon mekanizmasının sağladığı en önemli nokta ekonomik büyümeden tamamiyle feragat etmeden hem optimal düzeyde büyüme hem de ekonomik ve küresel göstergeler ile ülkelere özgü farklı ağırlıklarla hesaplanacak olan optimal indirgeme faktörünü modellemektir (Ersoy, 2017).

3.1.2. Neoklasik ekonomi yaklaşımı

Neoklasik iktisat alanının temel yaklaşımı; tüketim, üretim ve yatırım gibi ekonomik olgular, bireysel karar ve tercihlerin uygulanması ile ortaya çıkmaktadır. Bu sayede fiyat mekanizması karar ve tercihler arasında denge sağlamayı hedeflemektedir. Bu noktada neoklasik düşüncenin dayanak noktası toplumsal ve ekonomik dengedir. Bu kapsamda birey hem üretici hem tüketicidir. Birey tüketicisi olduğunda fayda maksimizasyonu, birey üretici olduğunda ise kar maksimizasyonu normlarına göre rasyonellik sağlamaktadır. Esas olarak neoklasik iktisat teorisi, bireysel davranışlardan hareketle bazı evrensel kurallar bulmayı amaçlamaktadır. Tüketicisi davranışlarındaki rasyonellik, sınırlı olan doğal kaynaklar ile sınırsız olan talepler arasında dengenin kurulmasını sağlamaktır. Eş-marjinalite her mala yapılmış olan harcamanın son biriminde elde ettikleri kazancın eşitlenmesi durumu olarak tanımlanabilir (Akyüz, 2009).

3.1.3. Marjinal Fayda Teorisi

Neoklasik yaklaşım, kullanım değeri kavramını daha niceliksel hale dönüştürerek fiyat belirlenmesi ise marjinal fayda kavramı ile sağlanmaktadır. Fayda-değer teorisine bağlı olarak malların değeri içerdiği toplam faydaya değil fiyata bağlıdır. Marjinal fayda bir malın tüketilen miktarı ile ters oranıdır. Bu nedenle bir mal ne kadar kıt ise, o malın marjinal fiyatı ve faydası o ölçüde yüksektir. Bu durumda kaynakların az olması malların marjinal faydalarını ve değerlerini belirleyen en temel unsurdur.

$$U = U(x)$$

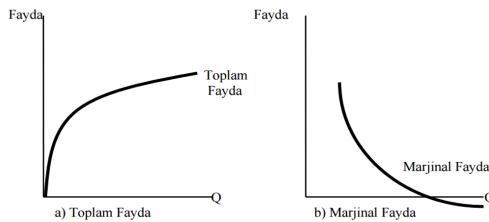
$$U' = U'(x) > 0$$

Tüketim-fayda ilişkisi fayda fonksiyonu ile tanımlandığında istendiğinde X malının x birimden sağladığı toplam fayda fonksiyonu U ile ifade edilir. Tüketim arttıkça toplam fayda da artış görülmektedir. Bu fonksiyonunun türevi ise marjinal faydayı verir. Bu durumda marjinal fayda; tüketimdeki bir birimlik artışın toplam fayda üzerindeki değişimini göstermektedir. Tüketilen malda δx birimlik bir artışın toplam faydaya sağladığı artış ise aşağıdaki ile sağlanmaktadır.

$$\delta U = \frac{dU}{dx} \delta x$$

Tüketilen malın artışı toplam faydayı arttırırken marjinal fayda azalmaktadır. Tüketimdeki azalma ise marjinal faydanın artmasını sağlamaktadır. Bu ilişkiyi aşağıdaki şekilde gözlemlemek mümkündür (Şekil 7).

Şekil 7: Toplam fayda ve marjinal fayda



Tüketim miktarı arttıkça marjinal faydanın azalması durumu azalan marjinal fayda olarak isimlendirilir. Fayda soyut bir kavram olarak neoklasik yaklaşım çerçevesinde çok tartışılmıştır. Bu noktada fayda tüketicinin bir birim ek mal için harcamak için vazgeçtiği bedeldir. Sürekli biçimde artan tüketim mal birimlerinden gelecek faydayı azaltmaktadır (Akyüz, 2009).

3.1.4. İndirgeme Oranı ve Zaman Tercihi

Bireyin aynı düzeydeki iki tüketim değerinden daha önceki dönemlerde eline geçecek olanı tercih etmesi ve güncel tüketiminden tasarruf ederek gelecekte daha çok tüketme düşüncesi gelecekte yapacağı tüketimin bugün belli bir miktarda indirgenmeye tabi tutularak değerlendirilmesine neden olmaktadır.

t döneminde X kadar malın bugünkü tüketimi : X_t

t+n döneminde X kadar malın gelecekteki tüketimi : X_{t+n} olduğu varsayıldığında, tüketicinin X_t 'ye X_{t+n} 'den daha çok değer vermesi, $MU(X_t) > MU(X_{t+n})$ olduğu anlamına gelmektedir. Bu durumda bu malın t+n dönemindeki tüketiminden sağlanacak faydanın bugünkü değeri, aynı malın t dönemindeki tüketiminden sağlanacak faydadan düşük olduğu sonucuna varılır. Bu nedenle birey geleceği değil, bugünü tercih etmiş olmaktadır. Tüketim geciktiği sürece daha az fayda sağlayarak zaman indirgenmektedir. Zamanlar arası tercihlerin modellenmesi için indirgenmiş fayda teorisi kullanılmaktadır. Bunun için bugün ve geleceğe ait tüketimin marjinal faydası kıyaslanarak indirgeme oranı tahmin edilmektedir. Bireyin zaman tercih oranı gelirin zaman içindeki dağılımının bir fonksiyonudur. Mevcut tüketimin bugünkü marjinal faydası ile gelecekteki tüketimin bugünkü marjinal faydası arasındaki farkın, gelecekteki tüketimin bugünkü marjinal faydasına oranı zaman tercih oranını (p) belirlemektedir (Akyüz, 2009; Taşdemir, 2006).

$$p = \frac{MU(X_t) - MU(X_{t+n})}{MU(X_{t+n})}$$

p, zamanın tercih oranı $R(t)$, indirgeme oranını doğrudan etkileyen en önemli faktördür. İndirgenmiş fayda çoğu araştırmacı tarafından bazı belirsizlik ve kişisel tercihlerin değişkenliği sebebi ile eleştirilmesine rağmen sağladığı kolaylık ve basit çerçeveden dolayı tercih sebebidir (Nordhaus, 2011). Bireysel ölçekten çıkarak ülkesel tüketime ulaşan indirgeme oranı, bugün ve gelecekteki tüketimin marjinal faydasına göre belirlenmektedir. Bir ülke veya bölge için yapılan tahminlerde gelecekteki gelir az ve marjinal fayda yüksek ise indirgeme faktörü azalır ve dolayısı ile SCC değeri artış gösterir. Bunun tam tersi gelecekte gelir yüksek ve marjinal fayda düşük ise indirgeme faktörü artar ve dolayısı ile SCC değeri azalır. Dolayısı ile Diwany (2011)'in belirttiği gibi “yarının değerini bugünden ayırmak” olan bu yaklaşım, bireylerin bugün ve gelecek arasındaki tüketim tutumları aracılığı ile iklim değişimine ve dolayısı ile karbon fiyatının artması veya azalmasına etki gösteren en önemli faktördür.

RICE modelinin dayanağı olan ekonomik bakış açısı neoklasik ekonomik büyüme teorisidir. Temel sebebinin ekonomik büyüme olduğu düşünülen küresel iklim değişimi, sera gazı konsantrasyonlarının artışı, endüstriyel kaynaklı CO_2 artışı ve doğal kaynakların kirliliği gibi çoğu çevresel problemi çözmeyi amaçlayan DICE/RICE modeli, ekonomik büyüme modeli olarak Ramsey (1928) tarafından üretilmiştir. Ramsey'in büyüme kurgusunda tüketim üzerinden bireyin refahının yükseltilmesi hedeflenmiş, bunun sağlanması için de şimdiki zamana ait tüketimlerden tasarruf edilmesi öngörülmüştür. Neoklasik büyümede önemli bir yere sahip olan yatırımlar bu modelde doğal sermaye aracılığı sayesinde uygulanmaktadır. Ancak modeldeki önemli bir nokta ise CO_2 ve sera gazı emisyonlarının negatif doğal sermaye olarak kullanılmış olmasıdır. Bu teoriye göre doğal sermaye olan sera gazı emisyonları azaltılmalıdır. RICE modeli, neoklasik iktisatta sermaye stoklarının doğal sermaye olarak stoklanmasını sağlayarak emisyonlarla bağdaştırmış ve bunu negatif yönüyle kurgulamıştır. Modelde kullanılan ve optimal düzeyde büyümenin modern teorilerinden biri refah fonksiyonu ile temsil edilmiştir (Koopmans, 1965; Nordhaus, 2017; Nordhaus ve Sztorc, 2013).

$$W = \sum_{t=1}^{Tmax} U[c(t)]L(t)R(t)$$

Yukarıda verilen denklemde sosyal refah fonksiyonu olan W , kişi başına tüketim miktarının nüfus-fayda ağırlık toplamlarındaki indirgemeyi ifade etmektedir. $c(t)$ kişi başı tüketim, $L(t)$ nüfus ve $R(t)$ indirim faktörünü temsil etmektedir. İndirim faktörü küresel iklim değişimi sürecinde zamanlararası tercihleri etkileyen en önemli etkenlerden biridir. İndirim faktörü, toplumun günümüz tüketimleri ve gelecekteki tüketimleri arasındaki dengenin kurulmasında kullanılan oran olarak ifade edilebilir. İndirim faktörü zamanlararası tercihi öyle iyi belirlemelidir ki, ne bugünkü tüketim azlığından dolayı mağdur olmalı ne de gelecek nesillere adaletsiz davranmayacak ölçüde tutulmalıdır. Nitekim gelecek nesillere karşı duyulan sorumluluk, şimdiki nesilden beklenen tasarruf yolundan geçmektedir (Ceylan, 2012; Uzunkaya, 2012).

$$R = (1 + p)^{-t}$$

R indirim faktörü, p indirim oranı veya sosyal zaman tercihinin saflık oranı, t zamanı ifade etmektedir. Tüketimin faydası aşağıdaki formülle temsil edilmektedir. Fayda fonksiyonu $U(c)$ üzerinde belirleyici olan indikatör, tüketimin marjinal faydasının esneklik sabitidir. Esneklik (elastikiyet) parametresi nesiller arası eşitsizlik veya adaletsizlikten kaçınmanın en önemli bileşenidir. Esneklik katsayısı düşük ise nesiller arası tüketim farkı az, esneklik yüksek ise nesiller arası fark fazladır. Bu durumda esneklik fayda teorisinde nesiller arası duyarlılığın bir ölçüsüdür (Nordhaus 2011; Nordhaus, 2013).

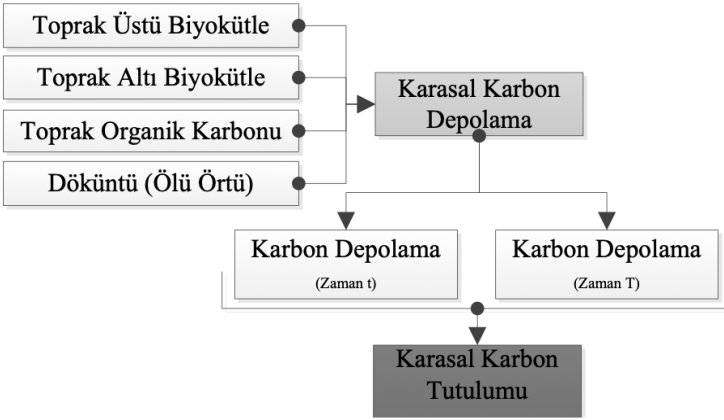


5. INVEST MODEL YAKLAŞIMI

Ekosistem hizmetleri değerlemesi ve Takasının Bütünleştirilmesi (Integration Valuation of Ecosystem Services and Tradeoff-InVEST) modeli, Stanford Üniversitesi tarafından geliştirilmiş The Natural Capital Projesi kapsamında, ekolog ve ekonomistlerden oluşan bir grup araştırmacı tarafından ortaya konulmuş bir modeldir. InVEST modeli, içerisinde tedarik, destek, düzenleyici ve kültürel hizmetlerin de yer aldığı spesifik hizmet değerlendirme süreçlerini ekolojik ve ekonomik düzeyde modellemektedir. Farklı ekosistem hizmetleri spesifik olarak farklı arayüzler altında çözümlenmekte, Python dilinde geliştirilen algoritmaların CBS entegrasyonunun sağlanması ve değişik arayüzler altında çözümlenmesi bakımından ciddi avantajlar sağlamaktadır. InVEST modeli, peyzajlarda depolanmakta olan mevcut karbon depolama kapasitesinden yola çıkarak güncel ve gelecek arasında gerçekleşmesi olası karbon tutulumunu ve bu tutulumun ekonomik değerini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Modellemede farklı yöntemler ile üretilmiş olan temel girdi veriseti aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır:

- ▶ Güncel ve gelecek Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı (AÖ/AK)
- ▶ Karbon havuzları (Toprak üstü, toprak altı, toprak, döküntü)
- ▶ Biyofiziksel tablo (AÖ/AK ve karbon bileşenleri ilişkisi)
- ▶ Karbonun Sosyal Maliyeti (SCC)

Modelin çalışma prensibi göz önüne alındığında karbon depolarının yüksek hassasiyet ile modellenebilmesi ve farklı peyzaj karakter tipleri kullanılarak AÖ/AK tiplerinin atanması üzerine kurgulanmıştır. Belli bir zaman dilimi içerisinde birim alanda depolanan karbon kapasitesinin değişimi göz önünde bulundurularak karbon tutulumu tahmin edilmektedir. Bu durumda sık olarak karıştırılan karbon depolama ve tutulum mekanizması aşağıda kısaca özetlenmiştir (Şekil 8).

Şekil 8: Karasal karbon depolama ve karbon tutulumu arasındaki ilişki

InVEST Modeli, karbon depolama kapasitesini AÖ/AK grid verisi üzerinde haritalamaktadır. Bu nedenle AÖ/AK haritaları modelde en önemli girdilerden biridir. Karbon salımından kaynaklanan zarardan kaçınma maliyetinin haritalanması için güncel ve geleceğe ait AÖ/AK haritalarının üretilmesi gerekmektedir. Karbon tutulumu zaman içinde değişen peyzajın karbon miktarının farkını hesaplayarak karbonun her birimdeki ekonomik değerini tahmin etmektedir. Birim alanda karbonun ekonomik karşılığı değerlendirme olarak da ifade edilmektedir. InVEST modeli sağladığı birçok avantajın yanı sıra bazı temel belirsizlikleri de barındırmaktadır. Bu belirsizlikler model içerisinde belirli konulardaki sınırlamalardan kaynaklanmaktadır. Modelin temel sınırları, karbon döngüsünün basitleştirilmiş bir mekanizma ile sunulması, zaman içerisinde tutulan karbonun doğrusal değişim varsayımına dayanması ve potansiyel olarak indirgeme oranının geleceğe yönelik tahmin veya temel varsayımlara dayandırılmasıdır. Buna ek olarak karbon tutulumu için fotosentez oranı ve aktif toprak organizmalarının varlığı gibi hassas göstergeler modelde göz ardı edilmektedir.

KAYNAKÇA

- ▶ Akyüz, Y., 2009. Sermaye Bölüşüm Büyüme. Ankara: Eflatun Yayınevi.
- ▶ Bijgaart, I., Gerlagh, R., Korsten, L., Liski, M., 2014. A Simple Formula for the Social Cost of Carbon.
- ▶ Brandy, N. C., Weil, R. R., 2010. Toprağın Oluşumu ve Özellikleri (N. Güzel & K. Y. Gülüt, Trans. Vol. 289). Adana: Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın.
- ▶ Ceylan, Ş., 2012. Nesiller Arası Adalete Faydacı Yaklaşım. AÜHFD, 2, 749-771.
- ▶ Çömez, A., 2012. Orman Ekosisteminde Karbon Hesapları. Ekoloji Dergisi. ÇŞB., 2012. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Türkiye'de Karbon Piyasası. Çevre Yönetimi Müdürlüğü.
- ▶ Diwany, T. E., 2011. Faiz Sorunu (M. Saraç, Trans.). İstanbul: İz Yayıncılık.
- ▶ Ersoy, M., 2017, Küresel İklim Değişimi Çerçevesinde Ekosistem Hizmetlerinin Karbon Temelli Modellenmesi Ve Peyzaj Planlama Çalışmalarında Kullanım Olanakları, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- ▶ FRA., 2010. Guidelines For Country Reporting to FRA 2010. Rome. Global Forest Resources Assessment.
- ▶ IPCC., 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry. Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
- ▶ İşcan, İ. H., Yılmaz, B., 2011. Dünya Ekonomisi Açısından İklim Değişikliği Sorunu ve Ekonomik Maliyetinin Tespitine Yönelik Analiz Yöntemleri. Anadolu International Conference in Economics II, Eskişehir.
- ▶ Jandl, R., Lindner, M., Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., Johnson, D. W., Minkinen, K., Byrne, K.A., 2007. How strongly can forest management influence soil carbon sequestration?, Geoderma 137:253-268
- ▶ Janzen, H. H., 2004. Carbon cycling in earth systems-a soil science perspective, Agriculture, Ecosystems and Environment 104:399-417
- ▶ Koopmans, T., 1965. On the Concept of Optimal Economic Growth. Academiae Scientiarum Scripta Varia, 28 1-75.

- ▶ Kumar, S., 2013. Integrated Assessment Model of Climate Change: DICE/RICE Model.
- ▶ Lal, R., 2008. Sequestration of atmospheric CO₂ in global carbon pools. *Energy Environmental Science*, 1(1). DOI: 10.1039/B809492F
- ▶ Lal, R., 2014a. Societal value of soil carbon. *Journal of Soil and Water Conservation*, 69, 186-192. doi:10.2489/jswc.69.6.186A
- ▶ Levy, P., Hale, S., & Nicoll, B. 2003. "Biomass Expansion Factor and Root: Shoot Ratios for Coniferous Tree Species in Great Britain", *Forestry*, 77, 421-430.
- ▶ Mirici, M. E., Berberoğlu, B., 2017. İklim Değişimi Çerçevesinde Karbon Ekonomisi, Karbonun Sosyal Maliyeti (SCC) ve RICE Modeli. VI. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi-TİKTEK. İstanbul.
- ▶ Mondal, A., Khare, D., Kundu, S., Mondal, S., Mukherjee, S., Mukhopadhyay, A., 2016. Spatial soil organic carbon (SOC) prediction by using remote sensing data. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Scape Sciences*, 20 (1). DOI: 10.1016/j.ejrs.2016.06.004.
- ▶ NASEM., 2017. Valuing Climate Damages: Updating Estimation of the Social Cost of Carbon Dioxide. Washington, DC: National Academies of Sciences, Engineering,
- ▶ Nordhaus, W., 1991. To Slow or Not to Slow: The Economics of The Greenhouse Effect. *The Economic Journal*, 101, 920-937.
- ▶ Nordhaus, W., 2010. Economic aspect of global warming in post-Copenhagen environment. *PNAS*, 107, 11721-11726. doi: 10.1073/pnas.1005985107
- ▶ Nordhaus, W., 2011. Estimates of the Social Cost of Carbon: Background and Results from the RICE-2011 Model. Cowles Foundation Discussion Paper 1826. .
- ▶ Nordhaus, W., 2017. Revisiting the social cost of carbon. *PNAS* 144, 1518-1523.
- ▶ Nordhaus, W., Sztorc, P., 2013. DICE 2013R Introduction and User Manuel.
- ▶ Norgaard, R.B., 2010. Ecosystem services: from eye-opening metaphor to complexity blinder. *Ecol. Econ.* 69, 1219–1227.

- ▶ Ramsey, F., 1928. A Mathematical Theory of Saving. *Economic Journal*, 38, 543-559.
- ▶ Saatçi, F., 1975. Toprak İlmi. İzmir. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- ▶ Stern, N., 2006. The Economic Effects of Climate Change The Stern Review: Cambridge University Press.
- ▶ Taşdemir, M., 2006. Dinamik Genel Denge Modellerinde Zamanlararası Tercihler: İndirgenmiş Fayda Teorisi Ve Yetersizlikleri. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 12, 114-129.
- ▶ Tolunay, D., Çömez, A., 2008. Türkiye Ormanlarında Toprak ve Ölü Örtüde Depolanmış Organik Karbon Miktarları Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu Hatay.
- ▶ Uzunkaya, Z. C., Uzunkaya, M., 2012. Türkiye İçin Ekonomik İndirgeme Oranı Tahmini: Yatırım Programlama, İzleme ve Değerlendirme Genel Müdürlüğü.

SOSYAL KIRILGANLIK, KENTLERDE KIRILGANLIK VE GÖSTERGELERİ

Doç. Dr. A. Ufuk Şahin



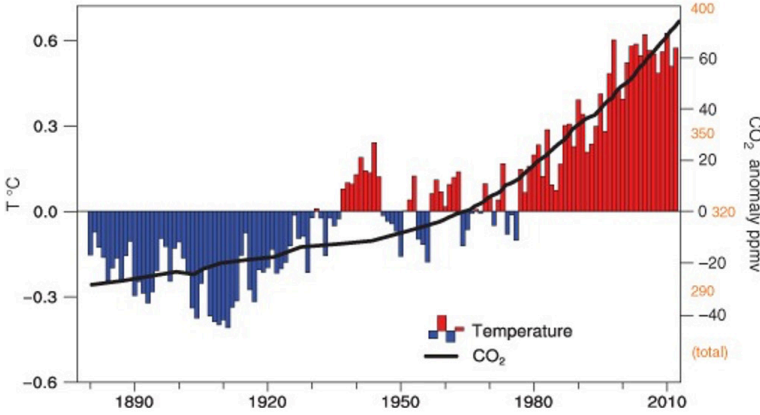
1. GİRİŞ

Eriyen bir buzul parçasının üzerinde nereye gideceğini bilemeden bakan kutup ayısı, iklim değişikliği ve onun olumsuz etkilerini simgeleyen ikonik bir fotoğraftır. İçinde yaşadığımız dünya baş döndüren bir hızla değişirken, insanlık yeni teknolojiler, çevre sorunları, sosyal adaletsizlik gibi birbirleriyle ilintili çok çeşitli, çok katmanlı sorunlarla boğuşmaktadır. Hızlı nüfus artışı, küreselleşme, ticaret, sanayi, tarım, turizm gibi yoğun insani faaliyetler, günümüz dünyasını belki de geri dönüşü mümkün olmayan bir şekilde değiştirmek ve dönüştürmektedir. İklim değişikliğinin getireceği teknik sorunların dışında, bu değişikliğin yaratacağı insani krizler ve çeşitli sosyal sınıflar üzerindeki yansıması, yaşam tarzımızı, algıladığımız çevreyi ve kentleri daha da kırılgan hale getirebilmektedir. Bu bağlamda, bu çalışma boyunca iklim değişikliğinin ne olduğu kısaca özetlenerek, kentlerde yaratacağı kırılganlık ve olası çözüm senaryoları incelenecektir.

2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ NEDİR?

İklim değişikliği, istatistiki testlerle kanıtlanmış iklimdeki değişimler ya da uzun bir dönem boyunca gözlemlenen değişkenliklerdir. Zaman içindeki insan faaliyetleri ya da doğal değişkenlikle iklimde yaşanan herhangi bir değişimdir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)'nin tanımına göre, doğrudan ya da dolaylı yollardan insan faaliyetleri nedeniyle küresel atmosferin bileşimini değiştiren ve belli dönem içinde gerçekleşen değişkenliklerdir. İklim değişikliğinin itici gücü ise su buharı (H₂O), karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve nitroz oksit (N₂O) gibi sera gazları salınımındaki artıştır. Özellikle Sanayi devriminden sonra karbon salınımı ve sıcaklıktaki değişim belirgin bir şekilde fark edilmektedir. Dünya Bankası verilerine göre, dünya böyle devam ederse 2060 yılında ortalama sıcaklıklardaki artışın 4°C olması beklenmektedir. Şekil 1'de yıllara göre sıcaklık ve CO₂ miktarındaki değişimler gösterilmektedir (Trenberth and Fasullo, 2013).

Şekil 1: 1880-2010 arası ortalama sıcaklık ve karbon değişimi

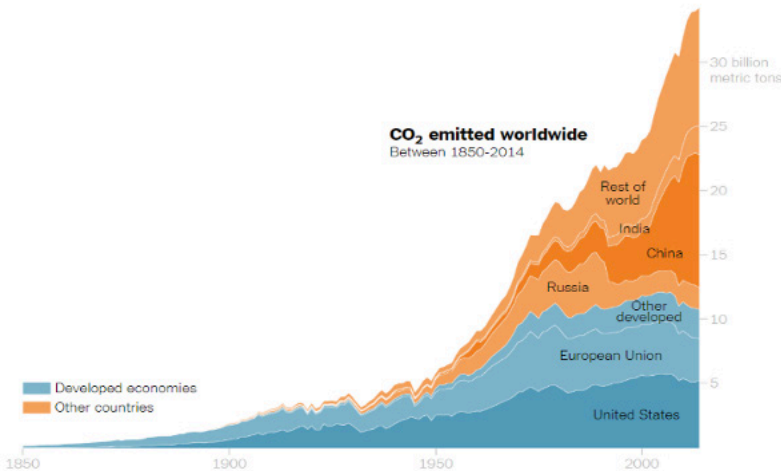


Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'ne göre iklim değişikliğindeki temel insani kaynaklar %56 ile fosil yakıtlar, %17'lik bir payla ormansızlaşmadır. Fosil yakıtların %43'ü kömür kaynaklıdır ve %36 ile petrol, %20 ile doğalgaz takip eder. Kömür,

üretilen bir birim enerji başına doğalgazın 1,7 katı CO₂'yi atmosfere salar (IPCC 2012).

Şekil 2'de 1800'lü yıllardan günümüze kadar karbon salınımına katkıda bulunan ülkeler resmedilmiştir (Gonchar, 2019). Buna göre A.B.D'nin başını çektiği sanayileşmiş ülkeler emisyon salınımından başlıca sorumlu ülkelerdir. Öte yandan, 1990'lı yıllara kadar kimi kesimler tarafından sadece teori ya da varsayım olarak değerlendirilen iklim değişikliği günümüzde tüm dünya tarafından kabul edilen bir tehdittir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS, 1992) iklim değişikliği sorununa karşı küresel tepkinin temelini oluşturmak üzere 1992 yılında kabul edilmiştir. Bu sözleşme mihenk taşı olarak kabul edilse de 72' Stockholm Konferansı ve 87' Brundtland Raporu bu sözleşmenin oluşmasında önemli etkileri bulunmaktadır. İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinden sonraki her sene taraflar konferansı (COP) düzenlenmiş bu girişimlerinin meyvelerini Kyoto Protokolü (1997) ve Paris İklim Anlaşması (2015) ile büyük ölçüde toplamaya başlamıştır. Uluslararası konjonktürlere ve ülke performanslarına (taahhütlerine) bağlı olarak da gelişen COP toplantılarının sonuç belgeleri, iklim değişikliği müzakerelerinde hangi aşamaya gelin(eme)diğinin de açık birer sembolleri haline gelmektedir. En son Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinde yer bulmuştur.

Şekil 2: Yıllara göre çeşitli ülkelerin karbon emisyonları



3. KIRILGANLIK VE KENTLERDE KIRILGANLIK

Kırılğanlık sözlük tanımı itibari ile temel fonksiyonların yerine getirilebilmesi için bir yardıma ihtiyaç duyulması hali, yani bir nevi bağımlılık, başkalarıyla iletişime geçmeyi engelleyen bir durumun bulunması ve saldırılardan, kötü davranışlardan, kötüye kullanımlardan korunamama durumu olarak tanımlanmaktadır. Günümüz dünyası için bu tanım, toplumların/bireylerin risklere karşı gösterdiği tutum ya da tavır olarak genişletilebilir. Toplum içinde kırılğan kesimler yoksullar, kayıt dışı çalışanlar, kadınlar, çocuklar, engelliler, göçmenler gibi sosyal sınıflar gösterilebilir. Özellikle gelişmekte olan ülkeler açısından daha özel bir değerlendirme gerektiren kırılğanlık, İnsani Gelişme Raporu'nda (2014) yer alan, aşağıdaki şekilde aktarıldığı gibi (Şekil 3) özellikle kadınlar, engelliler, göçmenler, azınlıklar, çocuklar, yaşlılar ve gençler gibi kırılğan gruplar doğal afetlere, iklim değişikliğine ve endüstri kazalarına karşı daha hassas ve daha kırılğan olmaktadır. Toplumların coğrafi konumlarından, sürdürülebilir kalkınma ve gelişmedeki yetersizlikleri ve sosyal kırılğanlıkları afetlere dirençlilik kapasitesini azaltmaktadır.

Şekil 3: Kırılğanlık ve sosyal katmanları



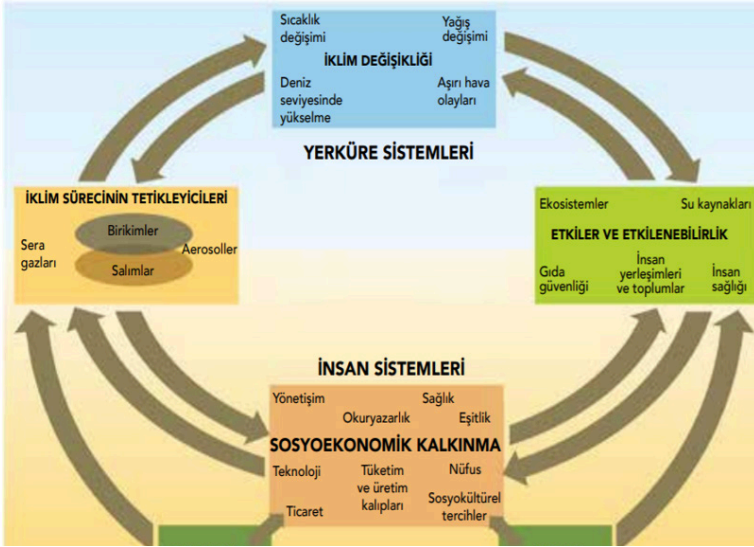
İklim değişikliği ve kırılğanlık arasındaki ilişkinin ortaya konulabilmesi için ilk olarak iklim değişikliğinin kentlere olan etkilerinin ortaya koymak gerekmektedir.

İklim değişikliğinin kentler üzerine etkileri doğrudan ve dolaylı olarak sınıflandırılabilir. Sıcaklık artışı sonucunda buharlaşmanın artması, yağış rejiminin değişmesi ile daha az yağışların görülmesi, kentleşme ile yüzey akışının artması, yeraltı sularının yetersiz beslenmesi gibi nedenlerle su çevrimi bozulabilir. Bilinçsiz su kullanımı, sanayi ve tarım faaliyetleri hali hazırda kısıtlı bulunan su kaynakları üzerindeki baskıyı arttıracaktır. Yetersiz su kaynağı her kenti tehdit eden, toplumun her kesimi ilgilendiren çok önemli bir sorundur. Bununla beraber sanayi, tarım ve evsel kullanım kökenli arıtılmayan atıksular çevre açısından ciddi bir sorun teşkil etmektedir. Öte yandan, iklim değişikliğini tetikleyen hava kirliliği (emisyon artışları), kent içi yoğun yapı kümeleşmesi nedeniyle artan ısı adaları kentler için ciddi birer kırılma noktası göstergeleridir. İklim değişikliği nedeniyle kentlerin ekonomik altyapıları etkilenebilir, verimli tarım arazileri yok olabilir. Kirlilik nedeniyle turizm, balıkçılık, tarım, hizmet sektörleri gibi ekonomik sektörler olumsuz etkilenebilir. Örneğin, IPCC öngörülerine göre, Akdeniz Havzası küresel iklim değişikliğine karşı yerkürenin en hassas bölgelerinden birisidir. Mevsimsel ve bölgesel farklılıklar göstermekle beraber sıcaklık artışının kış mevsiminde 4 °C, yazın ise 6 °C civarına ulaşması bekleniyor (1960-1990 döneminde göre), kış yağışlarında Türkiye'nin genelinde azalma görülürken bir tek Kuzey Anadolu'nun doğu yarısında yağışlarda artış görülecek. 2011 yılında yayımlanan İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı da, Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklığın gelecek yıllarda 2,5 °C - 4 °C artacağını, artışın Ege ve Doğu Anadolu Bölgeleri'nde 4 °C'yi, iç bölgelerinde ise 5 °C'yi bulacağını öngörürken, Türkiye'nin yakın gelecekte daha sıcak, daha kurak ve yağışlar açısından daha belirsiz bir iklim yapısına sahip olacağını ortaya koyuyor (ÇŞB, 2011; TCİDEP, 2011; 2023). Bu da gösteriyor ki ülkemizin hemen hemen her kenti, her sektörü iklim değişikliğinin etkilerini hissedecektir.

Kentler üzerinde, iklim değişikliğinin dolaylı olarak etkileri arasında yukarıda çizilen senaryoların sonuçları olarak göç dalgasının artması, kent nüfuslarının artışı, çarpık şehirleşmenin artması ve bunların neticesinde işsizlik, sosyal dengenin bozulması, kent altyapısının yetersiz kalması, sağlık ve eğitim sisteminin yetersiz kalması veya çökmesi gibi altyapı yatırımlarının yetersiz kalması gösterilebilir.

Kırılganlık karşısında “esneyebilirlik temelli planlama” yaklaşımının olması gerekmektedir. Benzer şekilde iklim değişikliğinde uyum politikalarının ana bileşenleri olarak kırılganlık ve uyum kapasitesi gösterilebilir. İklim değişikliği yerleşimleri, diğer bir deyişle, kentsel (ve kentsel alanları oluşturan sistemler) ve kırsal alanlar üzerinde belirli etkilere sahiptir ve bu etkiler yerleşimin kırılganlığı ile ilişkilidir. Kırılganlık insanların, ekosistemlerin ve yapılı çevrenin maruz kaldığı iklim değişikliği tehditlerinden zarar görme eğilimi; uyum kapasitesi ise, iklim değişikliğine uyum sağlama ve bunu şekillendirme kapasitesi olarak tanımlanabilir. Şekil 4 bu döngüyü özetlemektedir.

Şekil 4: Uyum ve İklim döngüsü



Kaynak: IPCC Sentez Raporu, 2007, (Climate Change 2007: The Synthesis Report)

Özellikle kıyı kentleri ya da yerleşimleri, deniz seviyesinin yükselmesi riski altında olduğu için, iklim değişikliğinden etkilenen en hassas coğrafi bölgelerde yer almaktadır. Bu yerleşimler, taşkınlar ve erozyonların oluşumu, tuzlu su girişi, altyapı ve ekilebilir arazi kayıpları, içilebilir suyun azalması ve kirlilik, kıyı ekosistemlerinin tahribatı veya kaybı, turizm sektöründe ekonomik zararlar vb. olası etkilerle başa çıkmada üretilen mekânsal kararlar gereği genellikle savunmasız ya da düşük dirençli yerleşimlerdir.

3.1. Paskalya Adası Örneği

Paskalya adası, güneybatı Pasifikte, günümüzde Şili'ye bağlı yaklaşık 164 km²lik alanı kaplayan küçük bir adadır. Ada Şili anakarasına yaklaşık 3000 km uzaklıktadır. Adanın su kaynakları çok kısıtlı olmasına rağmen, en büyüğü 10 m uzunluğunda 82 ton ağırlığında “Moai” adı verilen insan figürlü taş heykelleriyle ünlüdür. Bu heykellerden 1250-1500 yılları arasında 900 adet dikildiği tahmin edilmektedir. Bu heykellerin yapılması, taşınması ve dikilmesi için yoğun insan gücü ve tomruk gibi orman kaynaklarına ihtiyaç duyulmuştur. Henüz tam olarak hangi amaçla dikildiği bilinmese de kabileler arası güç gösteri ve hâkimiyet kurma fikri öne çıkmaktadır. Ada ile Avrupalılar ilk temasını 1722 yılında gerçekleştirir. Bir önceki yüzyılda 15000 civarındaki nüfus, 1700'lerde 2000-3000 arasına, 1862-1888 yılları arasında ise kalan nüfusun %94 kadarı yok olmuş ve adada kalan yerli nüfus 111 kişiye kadar düşmüştür. Bunun sebebi ise kültürel rekabetten dolayı heykel dikme yarışı sonucunda var olan ormanlar tamamen yok edilmiş, aşırı avlanma, ormansızlaşma ve aşırı ekip-dikme gibi yoğun insani faaliyetler ile iklim değişikliği sonucunda, toplum giderek kırılğan hale gelmiştir. Avrupalılarla temas sonucunda yeni hastalıklar ve köleleştirme sonucunda Paskalya adası ve yerli kültürü yok olma noktasına gelmiştir. Saygın birçok bilim insanına göre, Paskalya adası örneği iklim değişikliğinin toplumlar üzerindeki etkisi için küçük ölçekli bir deneydir. Detaylar için (Diamond, 2005; West, 2008) 'e bakılabilir.

4. ÇARE: SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA

İklim değişikliğine kentlerdeki ve toplumdaki kırılganlığın önüne geçebilmek için bir takım önlemlerin alınması gerekmektedir. İklim değişikliği, Avrupa Birliği (AB) tarafından küresel bir sorun olarak kabul edilmekte olup, AB, iklim değişikliği politikası için Sanayi Devrimi öncesi döneme göre küresel ısınmanın iki derecenin altında kalmasını sağlamayı ve “sürdürülebilir kalkınma ile entegre edilmiş bir çevre yönetimini” benimsemektedir. Bütünleyicilik İlkesi gereğince AB’de yaşam kalitesini bozacak her türlü çevre kirliliğinin önlenmesi ve bunun için de tüm sektörleri içine alan ve diğer politika alanlarıyla entegre olmuş bir “koruma ve izleme” tekniklerinin yaygınlaştırılması esastır. AB, uluslararası zirvelerde sera gazı emisyonlarını azaltıcı hedefleri çerçevesinde, Sözleşme ve Kyoto Protokolü müzakerelerinde, tarafların süreçte aktif rol almaları ve yükümlülük altına girmeleri konusunda çağrı yapan bir rol oynamaktadır. AB, “iklim değişikliğinde uyum ve azaltım” konularını, politikasının önemli kriterlerini içeren yönetim anlayışı kabul etmekte ve bu konuda uluslararası uygulamalara yön vermeyi amaçlamaktadır. Bu politikaların başarısı sürdürülebilir kalkınma modeli ile mümkündür. Gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme olanağından ödün vermeksizin günümüz kuşaklarının ihtiyaçlarını karşılayabilecek kalkınma modelidir. 1970’lerdeki paradigmaya göre, çevre, toplum ve ekonomi arasında az da olsa etkileşim halinde bir ilişki vardır. 1980 –1990’larda ise çevre, toplum ve ekonomi doğrudan kesişmekte ve merkezinde sürdürülebilir kalkınma vardır. Günümüzde ise çevre kapsayıcıdır. Çevre olmazsa toplum olmaz, toplum olmazsa ekonomi olmaz.

Sürdürülebilir kalkınma hedefleri (SKH), sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarına dengeli şekilde ağırlık vermek üzere yoksulluktan iklim değişikliğine, sağlıktan ekonomik büyümeye, eğitimden istihdama, tarımdan sanayileşmeye, uluslararası işbirliklerine ve başka birçok konuyu bünyesinde barındıran 17 hedef altındaki (bkz. Şekil 5) 169 adet alt hedeften oluşmaktadır. Bu hedefler,

- ▶ Yoksulluğun tüm biçimlerini her yerde sona erdirmek
- ▶ Açlığı bitirmek, gıda güvenliğine ve iyi beslenmeye ulaşmak ve sürdürülebilir tarımı desteklemek
- ▶ Sağlıklı ve kaliteli yaşamı her yaşta güvence altına almak
- ▶ Kapsayıcı ve hakkaniyete dayanan nitelikli eğitimi sağlamak ve herkes için yaşam boyu öğrenim fırsatlarını teşvik etmek
- ▶ Cinsiyet eşitliğini sağlamak ve tüm kadınlar ile kız çocuklarını güçlendirmek
- ▶ Herkes için erişilebilir su ve atıksu hizmetlerini ve sürdürülebilir su yönetimini güvence altına alma
- ▶ Herkes için karşılanabilir, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerjiye erişimi sağlamak
- ▶ İstikrarlı, kapsayıcı ve sürdürülebilir ekonomik büyümeyi, tam ve üretken istihdamı ve herkes için insana yakışır işleri desteklemek
- ▶ Dayanıklı altyapılar tesis etmek, kapsayıcı ve sürdürülebilir sanayileşmeyi desteklemek ve yenilikçiliği güçlendirmek
- ▶ Ülkelerin içinde ve arasındaki eşitsizlikleri azaltmak
- ▶ Şehirleri ve insan yerleşimlerini kapsayıcı, güvenli, dayanıklı ve sürdürülebilir kılmak
- ▶ Sürdürülebilir üretim ve tüketim kalıplarını sağlamak
- ▶ İklim değişikliği ve etkileri ile mücadele için acilen eyleme geçmek
- ▶ Sürdürülebilir kalkınma için okyanusları, denizleri ve deniz kaynaklarını korumak ve sürdürülebilir kullanmak
- ▶ Karasal ekosistemleri korumak, iyileştirmek ve sürdürülebilir kullanımını desteklemek; sürdürülebilir orman yönetimini sağlamak; çölleşme ile mücadele etmek; arazi bozunumunu durdurmak ve tersine çevirmek; biyolojik çeşitlilik kaybını engellemek
- ▶ Sürdürülebilir kalkınma için barışçıl ve kapsayıcı toplumlar tesis etmek, herkes için adalete erişimi sağlamak ve her düzeyde etkili, hesap verebilir ve kapsayıcı kurumlar oluşturmak
- ▶ Uygulama araçlarını güçlendirmek ve sürdürülebilir kalkınma için küresel ortaklığı canlandırmak

Şekil 5: Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri

Her ne kadar farklı başlıklar altında incelemiş olsa da, sürdürülebilir kalkınmadaki her bir hedef diğeri ile ilişkilidir. Her birinin merkezinde çevre ve iklim değişikliği yer almaktadır. İklim değişikliğiyle mücadele hedefi incelendiğinde, alt hedefler şunlardır:

- ▶ Hedef 13.1: Tüm ülkelerde iklim değişikliğiyle ilgili tehlikeler ile doğal afetlere karşı dayanıklılık ve uyum kapasitesini güçlendirmek
- ▶ Hedef 13.2: İklim değişikliğine yönelik önlemleri ulusal politikalara, stratejilere ve planlama süreçlerine dâhil etmek
- ▶ Hedef 13.3: İklim değişikliğinin önlenmesi ve etkilerinin azaltılması ile iklim değişikliğine uyum ve erken uyarı konularında eğitim, farkındalık bireysel ve kurumsal kapasite geliştirmek
- ▶ Hedef 13.a: Anlamlı azaltım eylemleri ve uygulamada şeffaflık bağlamında gelişmekte olan ülkelerin ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla; 2020 yılı itibarıyla tüm kaynaklardan yıllık 100 milyar ABD Dolarının ortaklaşa harekete geçirilmesi amacıyla yönelik Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine taraf olan gelişmiş ülkelerin taahhütlerini gerçekleştirmelerini

sağlamak ve Yeşil İklim Fonunu sermaye oluşumunun bir an önce tamamlanması suretiyle faaliyete geçirmek.

Bu hedefler için kullanılan göstergeler ise

- ▶ 13.1.1: 100.000 kişi başına afetlerden doğrudan etkilenen, kaybolan ve ölen kişi sayısı
- ▶ 13.1.2: Sendai Afet Risk Azaltımı Çerçeve Belgesi, 2015-2030 ile uyumlu olarak ulusal afet riski azaltma stratejilerini kabul eden ve uygulayan ülkelerin sayısı
- ▶ 13.1.3: Ulusal afet riski azaltma stratejileri ile uyumlu yerel afet riski azaltma stratejilerini uygulayan ve kabul eden yerel yönetimlerin oranı
- ▶ 13.2.1: Gıda üretimini tehdit etmeyen bir şekilde düşük sera gazı emisyonu ve iklim direncini geliştirmek; iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine uyum yeteneğini arttıran entegre politika/strateji/planların uygulanmasını tebliğ eden ülkelerin sayısı (ulusal bir uyum planı, belirlenen ulusal katkı, ulusal iletişim, iki yıllık güncelleme raporu vb.)
- ▶ 13.3.1: Birincil, ikincil ve üçüncül öğretim programlarına (iklim değişikliği hakkında) hafifletme, uyum, etki azaltma ve erken uyarı entegre etmiş ülkelerin sayısı
- ▶ 13.3.2: Kalkınma uygulamaları, teknoloji transferi (iklim değişikliği hakkında), azaltma ve uyum konularını uygulamak için kurumsal, sistemik ve bireysel kapasite geliştirmenin güçlendirilmesini tebliğ eden ülkelerin sayısı
- ▶ 13.a.1: 2020-2025 arasında 100 milyar dolarlık ödenebilir taahhüt doğrultusunda her yıl için seferber edilen ABD doları miktarı
- ▶ 13.b.1: Kadınlara, gençlere, yerel ve dışlanmış topluluklara odaklanmayı içeren iklim değişikliğiyle ilişkili etkili yönetim ve planlama kapasitelerinin yükseltilmesi mekanizmaları için finans, teknoloji ve kapasite geliştirmeyi kapsayan özel destek ve bir miktar destek alan en az gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan küçük ada devletlerinin sayısı



Görüleceği üzeri tüm göstergeler kentler ve sosyal kırılganlığı işaret eden parametreler olarak tanımlanabilir. Türkiye, sürecin başından beri en etkin devletlerden biridir. 22 gönüllü ülke arasında yer alarak VNR raporu hazırlanmış, 2016 yılında sunmuştur. 2019 yılında yol haritasını bu kapsamda hazırlamıştır. Çeşit alanlarda eylem planları ile entegre olacak bir şekilde diğer planlamalarına devam etmektedir. Örneğin 11. Kalkınma Planı'nda sürdürülebilir kalkınma ile kırılganlığı azaltacak tedbir ve hedeflere yer verilmiştir (11. Kalkınma Planı, 2019).

5. SONUÇ

İklim değişikliği, kentleri baskı altında tutmaktadır. Kentlerin ve toplumların kırılganlığı artmaktadır. Kırılgan kesimlere yönelik özelleşmiş yardımların kapsamının genişletilmesi, çalışabilir durumdaki kişileri işgücü piyasasına kazandırmaya yönelik desteklerin artırılması, sosyal koruma harcamalarının etkinleştirilmesi, görelî yoksullukla ilgili daha çok veri üretilmesi ve bu verilere göre farklılaştırılmış politikaların geliştirilmesi önemlidir. Kentler ve yaşam, iklim değişikliğini gözetilerek yeniden kurgulanmalıdır. Öte yandan, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) kırılganlığın etkilerini en aza indirmek için gerekli politikaları üretmeye yardımcı olmaktadır.

KAYNAKÇA

- ▶ Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, 1992, http://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf, erişim tarihi Mayıs 2020.
- ▶ Birleşmiş Milletler İnsani Gelişmişlik Raporu, 2014, https://www.tr.undp.org/content/turkey/tr/home/library/human_development/hdr-2014.html, erişim tarihi Mayıs 2020.
- ▶ Çevre Şehircilik Bakanlığı, 2011, İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı, https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/editordosya/Iklim_Degisikligi_Uyum_Stratejisi_ve_Eylem_Plani.pdf, erişim tarihi Mayıs 2020.
- ▶ Gonchar, Michael 2019, Teach About Climate Change With These 24 New York Times Graphs, <https://www.nytimes.com/2019/02/28/learning/teach-about-climate-change-with-these-24-new-york-times-graphs.html>, erişim tarihi Mayıs 2020.
- ▶ Diamond, Jared (2005). Collapse. How Societies Choose to Fail or Succeed. New York: Viking. ISBN 978-0-14-303655-5.
- ▶ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.
- ▶ 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
- ▶ Trenberth, Kevin & Fasullo, John. (2013). An apparent hiatus in global warming?. Earth's Future. 1. 10.1002/2013EF000165.
- ▶ Türkiye Cumhuriyeti İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2023, https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/file/eylem%20planlari/Iklim%20Degisikligi%20Eylem%20Plani_TR.pdf, erişim tarihi: Mayıs 2020.
- ▶ Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, <http://www.surdurulebilirlikalkinma.gov.tr/amaclari/>, erişim tarihi Mayıs 2020
- ▶ West, Barbara A. (2008) Encyclopedia of the Peoples of Asia and Oceania Archived12 April 2016 at the Wayback Machine. Infobase Publishing. p. 684. ISBN 0-8160-7109-8
- ▶ 11. Kalkınma Planı, <http://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf>, erişim tarihi: Mayıs 2020.

BELİRSİZLİK VE RISK YÖNETİMİ: BELİRSİZLİK

Prof. Dr. Erdem Görgün



1. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

1850'lerden bu yana sıcaklıklar bir önceki 30 yıllık ortalamalara göre giderek yükselmeye devam etmektedir. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından yapılan son çalışmalara göre ise dünyanın ortalama yüzey sıcaklığının 21. yüzyılın geri kalanında da artmaya devam etmesi öngörülmektedir.

Sanayileşme öncesi döneme göre, küresel ortalama yüzey sıcaklığı artışı 2100 yılına kadar 1,5-4,8 °C aralığında olacağı öngörülmektedir. Günümüze kadar atmosfere salınan sera gazı emisyonları, 2050 yılına kadar küresel ısınmaya katkıda bulunmaya devam edecektir.

Sera gazı emisyon salımları bugün tamamen durdurulsa bile ısınma devam edecektir.

2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ETKİLERİNDEKİ BELİRSİZLİK

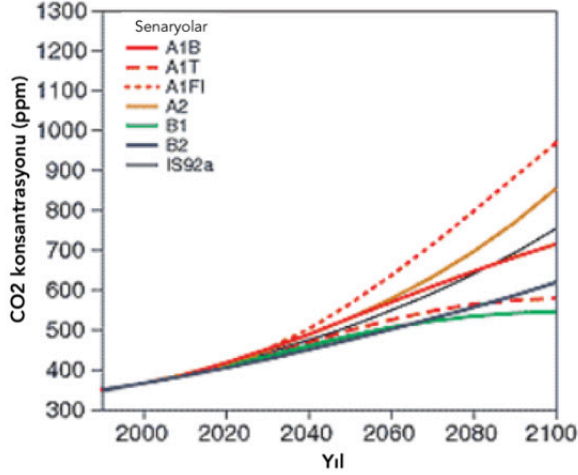
Küresel modellerin ortalama sıcaklık değişimleri incelendiğinde, sıcaklık artışının kapsamı sera gazlarının antropojenik emisyon seviyesine bağlı olarak oldukça belirsizdir. Bu belirsizlik ile birlikte tüm senaryolar sıcaklık artışı öngörmektedir.

İklim değişikliğinin etkileri üzerine tartışmalar belirsizlikle doludur. Öncelikle, öngörülen sıcaklık artışları üzerinde büyük bir belirsizlik vardır ve bu giriş, öngörülen etkiler üzerinde bir devrilme etkisine sahiptir. En son IPCC raporları bu belirsizliği yansıtmaktadır ve bir dizi farklı emisyon senaryosuna bağlı model sıcaklık aralıklarına dayanmaktadır.

Farklı senaryolar atmosferdeki CO₂ emisyonlarında çok çeşitli eğilimler gösterse de yüzyılın sonuna kadar hepsi CO₂ konsantrasyonunda artış olacağını

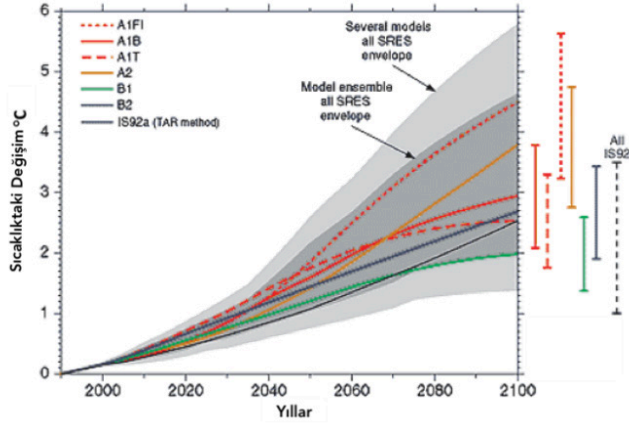
öngörmektedir. Şekil 1'de görülebileceği gibi bazı senaryolarda belli bir yıldan sonra CO₂ konsantrasyonundaki artışın hızlanacağı öngörülürken, bazı senaryolarda ise yine belli bir yıldan itibaren CO₂ konsantrasyonundaki artışın yavaşlayacağı öngörülmüştür.

Şekil 1: Yıllara göre farklı senaryolarda konsantrasyonlarında olması öngörülen artış grafiği



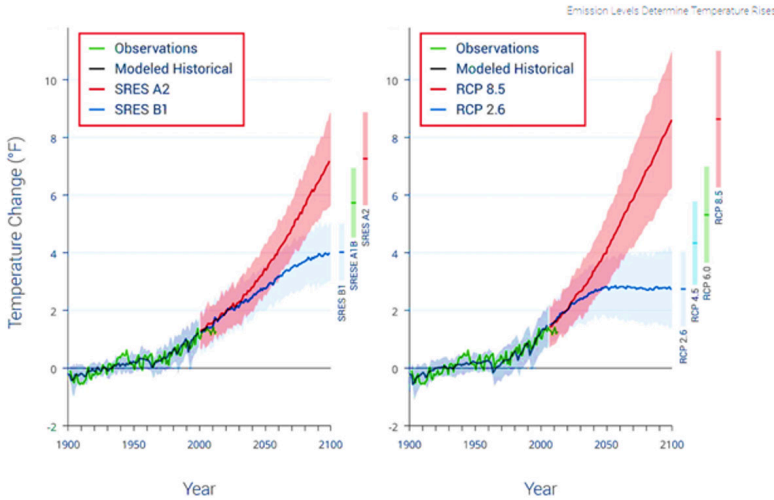
Kaynak: IPCC, 2001

Şekil 2'de görülebileceği gibi tüm senaryoların artan CO₂ konsantrasyonlarına karşın, iklim modelleri sıcaklık değişimlerinde yine artışlara işaret ederken, bu değişimlerin aralığı 1,5 °C ile 6 °C arasında değişmektedir.

Şekil 2: Farklı senaryoların uygulanması sonucunda yıllara göre öngörülen sıcaklık artışları

Kaynak: IPCC, 2001

Farklı senaryoların tahminleri arasındaki bu büyük miktardaki değişimler, iklim tahminlerinin yapılmasındaki karmaşıklığın ve iklim değişikliği modellerinde bulunan büyük miktarda belirsizliğin altını çizmektedir. Şekil 3'te de yine başka bir çalışmada sıcaklık değişimindeki değişim aralığı ve belirsizlikler gösterilmek istenmiştir.

Şekil 3: Küresel ölçekte sıcaklıktaki değişimler ve belirsizlikler

Kaynak: NCA, 2014



3. BELİRSİZLİK NEDİR?

Belirsizlik, verilerdeki ölçülebilir hatalardan belirsiz tanımlanmış kavramlara veya terminolojiye, insan davranışının belirsiz projeksiyonlarına kadar birçok kaynağa sahiptir (IPCC, 2014).

Belirsizlik, nicel tedbirlerle (örneğin bir olasılık yoğunluk fonksiyonu) veya nitel ifadelerle (örneğin bir uzman ekibinin kararını yansıtarak) temsil edilebilir.

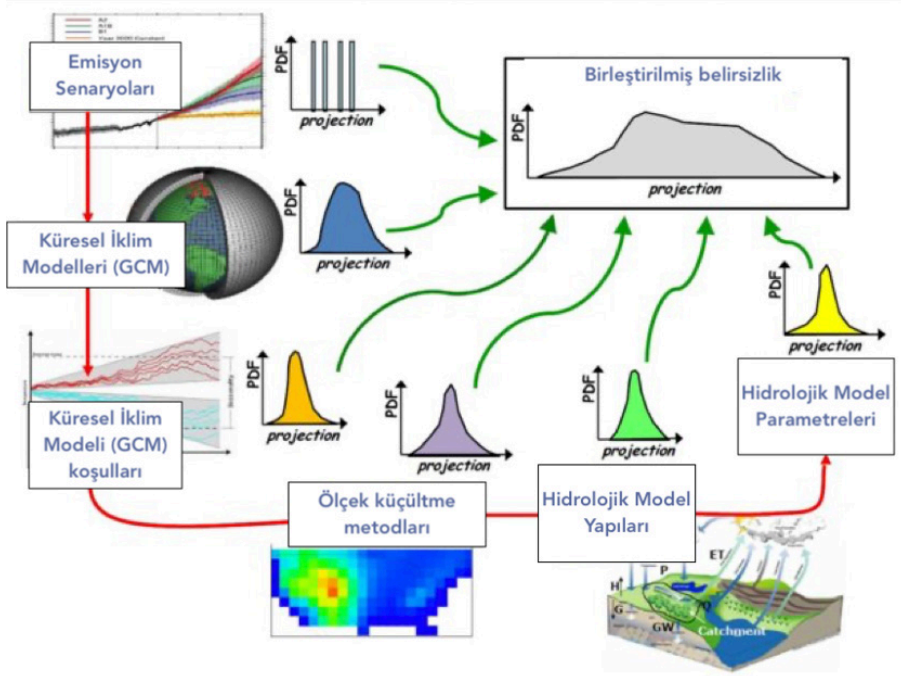
Olasılık yoğunluğu fonksiyonları ve parametre aralıkları, belirsizliği karakterize etmek için en yaygın araçlar arasındadır.

Şekil 4: Belirsizlik çağırısı paradigmasının temsili



Kaynak: Wilby ve Dessai, 2010

Şekil 4'teki diyafram, değişiklik etkilerinin değerlendirilmesi için temel metodolojik seçimleri ve belirsizliklerinin nihai bir öngörülen zarf oluşturmak için nasıl birleştiğini göstermektedir (Wilby ve Dessai, 2010).

Şekil 5: Birleştirilmiş belirsizliği oluşturan parametreler

Belirsizliğin tanımlanması ve miktarının belirlenmesi, karar verme sürecinin bildirilmesinde değerli bir rol oynayabilir.

- ▶ Nicelleştirme belirsizliği ortadan kaldıramaz, ancak uğraştığımız belirsizlik seviyelerini anlamaya yardımcı olabilir.
- ▶ Olasılıksal bilgi, olası geleceklerin olma ihtimalini açıklamanın yararlı bir yolu olabilir.
- ▶ Olasılıksal bilgiler, gelecekteki değişikliklerin tanımları, ne beklenmesi ve nasıl karar verileceği konusunda değerli bilgiler sağlayabilir.
- ▶ İstatistiksel yöntemler ve modeller, gözlemlenen iklim verilerinin ve sayısal iklim modellerinden projeksiyonların yorumlanmasında ve sentezlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

4. BELİRSİZLİK NASIL ÖLÇÜLÜR VE TANIMLANIR?

IPCC, bulgularındaki kesinlik derecesini değerlendirmek ve iletmek için ortak bir yaklaşım ve kalibre edilmiş bir dil geliştirmiştir.

Bu yaklaşım "IPCC Guidance Note on Consistent Treatment of Uncertainties (IPCC, 2010)" ortaya konmuş; IPCC 5. Değerlendirme Raporu (IPCC AR5, 2013-2014) ve "Special Report on Global Warming of 1,5 °C (IPCC SR1.5, 2018)"nda uygulanmıştır.

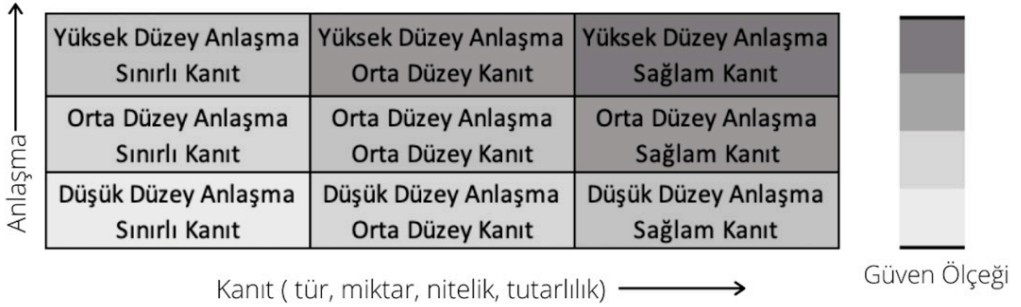
Bu yaklaşım, IPCC yazar ekiplerinin temeldeki bilimsel anlayışı değerlendirmelerine dayanarak kilit bulgularda kesinlik derecesi,

- ▶ Güven (Confidence) ve
- ▶ Olasılık (Likelihood)

metriklerine dayanmaktadır.

Güven

- ▶ Niteliksel olarak ifade edilir.
- ▶ Bilimsel bulguların geçerliliğinden ne kadar emin olduğumuzu söyler.
- ▶ Beş niteleyici, çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek arasında değişen kilit bulgulara olan güven düzeylerini ifade etmek için kullanılır.
- ▶ Güven düzeyi, kanıt türü, miktarı, kalitesi ve tutarlılığına göre belirlenir.
- ▶ Güven düzeyinin temeli, kanıt/evidence (sınırlı, orta, sağlam) ve anlaşmanın/agreement (düşük, orta ve yüksek) bir kombinasyonu olarak verilmiştir.

Şekil 6: Güven Düzeyinin Ölçülmesi

Şekil 7’de güven düzeyinin temeli, kanıt- evidence (sınırlı, orta, sağlam) ve anlaşmanın- agreement (düşük, orta ve yüksek) bir kombinasyonu olarak verilmiştir. Sağ üst köşeye doğru güven artar.

Genel olarak, kanıtlar, yüksek kalitede birden fazla, tutarlı bağımsız çizgiler olduğunda en sağlamdır (Mastrandrea et al., 2010).

- “Çok yüksek güven” bulgunun doğru olma şansının en az 10’da 9 olduğu anlamına gelir.

Şekil 7: Güven derecelerine göre bir bulgunun doğru olma şansı

Güven Terminolojisi	Doğru Olma Konusunda Güven Derecesi
Çok Yüksek Güven	10 ihtimalde en az 9
Yüksek Güven	10 ihtimalde yaklaşık 8
Orta Düzey Güven	10 ihtimalde yaklaşık 5
Düşük Güven	10 ihtimalde yaklaşık 2
Çok Düşük Güven	10 ihtimalde 1’den az

Olasılık

- ▶ Niceliksel belirsizliği tanımlamak için kalibre edilmiş bir dil sağlar.
- ▶ Bilimsel bulguların kesinliği olasılıklar kullanılarak tanımlanır.
- ▶ Tek bir olayın veya bir sonucun (örneğin, bir iklim parametresi, gözlenen eğilim veya belirli bir aralıkta öngörülen değişiklik) meydana gelme olasılığını tahmin etmek için kullanılabilir.
- ▶ Olasılık, istatistiksel veya modelleme analizlerine, uzman görüşlerinin ortaya çıkarılmasına veya diğer nicel analizlere dayanabilir.

Şekil 8: Olasılık Ölçeği (Likelihood Scale)

Olasılık Ölçeği	
Neredeyse Kesin	% 99-100 Olasılık
Çok Olası	% 90-100 Olasılık
Olası	% 66-100 Olasılık
Neredeyse Olası Değil	% 33-66 Olasılık
Olası Değil	% 0-33 Olasılık
Hiç Olası Değil	% 0-10 Olasılık
Neredeyse İmkansız	% 0-1 Olasılık

Bu tabloda tanımlanan kategorilerin “bulanık” sınırları olduğu düşünülebilir. Bir sonucun “olası” olduğu ifadesi, bu sonucun olasılığının $\geq 66\%$ (ima edilen bulanık sınırlar) ile %100 olasılık arasında değişebileceği anlamına gelir.

İklim değişikliğinin desteklenmesi için olasılıklı kanıtların yokluğunda;

- ▶ Etki ve kırılganlık değerlendirmeleri,
- ▶ Senaryolar ve
- ▶ Gelecekteki değişikliklerin diğer nitel açıklamaları

sıklıkla kullanılır.

Senaryolar:

Senaryolar, geleceğin nasıl gelişebileceğine dair makul açıklamalar olarak, temel itici güçler (örneğin teknolojik değişim hızı, fiyatlar) ve ilişkiler hakkında mantıklı ve tutarlı bir dizi varsayım temel alınarak hazırlanırlar.

Senaryolar, ne tahmin ne de öngörüdür.

Gelişmelerin ve eylemlerin sonuçları hakkında bir fikir verir.

Yollar (Pathways):

Yollar, doğal ve/veya insan sistemlerinin gelecekteki bir duruma doğru zamansal evrimini tanımlar.

Yol kavramları, potansiyel geleceklerin nicel ve nitel senaryolarından (veya anlatılarından) arzu edilen toplumsal hedefleri amaçlayan çözüm odaklı karar verme süreçlerine kadar uzanmaktadır.

Yol yaklaşımları tipik olarak biyofiziksel, tekno-ekonomik ve/veya sosyo-davranışsal yörüngelere odaklanır.

Yol yaklaşımları farklı ölçeklerde çeşitli dinamikleri, hedefleri ve aktörleri içerir.

Emisyon Senaryoları:

Sera gazı ve aerosol emisyonlarının gelecekteki gelişiminin, itici güçler (demografik ve sosyoekonomik gelişme, teknolojik değişim gibi) ve bunların temel ilişkileri gibi mantıklı ve tutarlı bir dizi varsayımlara dayanmaktadır.

Emisyon senaryolarından türetilen konsantrasyon senaryoları, iklim projeksiyonlarını çoklu ölçeklerde hesaplamak için iklim modellerine girdi olarak kullanılmaktadır.

Temsili Konsantrasyon Yolları (Representative Concentration Pathways- RCPs) IPCC AR5'ten (2014) bağımsız olarak geliştirilen bir dizi senaryodur.

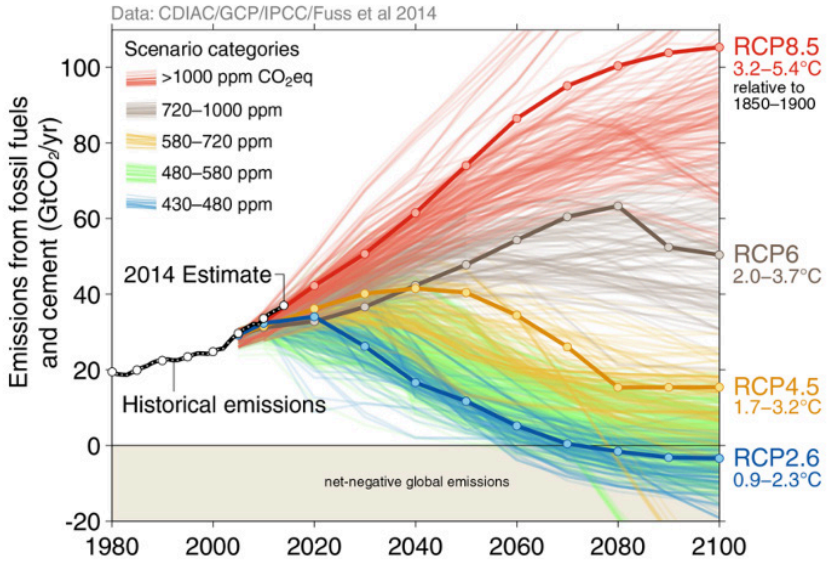
Temsili kelimesi, her RCP'nin, özel ışımaya zorlama özelliklerine yol açabilecek birçok olası senaryodan yalnızca birini sağladığını belirtir. Bunlar, kesin senaryolar değil, altta yatan birden fazla sosyoekonomik senaryo ile potansiyel olarak gerçekleştirilebilecek içsel olarak tutarlı (zamana bağlı) zorlama projeksiyonları olduğunu vurgulamak için yollar olarak adlandırılır.

RCP kısaltmasından sonraki sayı, 2100'de ulaşılması beklenen radyoaktif zorlamanın (W m⁻² cinsinden) yaklaşık değerini tanımlar (IPCC AR5, 2013).

IPCC AR5'teki iklim tahminleri ve projeksiyonları için dört RCP seçilmiş ve kullanılmıştır: RCP2.6 (sıkı etki azaltma); RCP4.5 ve RCP6.0 (ara stabilizasyon senaryoları); ve RCP8.5 (çok yüksek sera gazı emisyonları).

RCP'ler, iklim sistemi için sonuçlarını yansıtmak üzere çok çeşitli iklim modeli simülasyonlarına girdi olarak Entegre Değerlendirme Modelleri (IAM) kullanılarak geliştirilmiştir.

İklim projeksiyonları etki ve adaptasyon değerlendirmeleri için kullanılmaktadır (IPCC AR5, 2014).

Şekil 9: Yıllara ve farklı RCP'lere göre fosil yakıt emisyonlarındaki değişim

Şekil 9’da görüldüğü üzere farklı RCP’ler ile oluşturulan senaryolar geleceğe yönelik farklı emisyon projeksiyonlarını ortaya koymuştur. Buradan sonuçla şu anki durumun kırmızı ile gösterilen “RCP 8.5” yolunda olduğu ve bu durumda mevcut durumda öngörülen en kötü senaryonun yaşanmakta olduğu söylenebilir.

Sosyo-ekonomik Senaryolar (SSP):

İklim değişikliğinin ulusal düzeyden yerel düzeye etkilerini anlama ile ilgili olası bir geleceği nüfus, gayri safi yurtiçi hasıla ve diğer sosyoekonomik faktörler açısından tanımlamaktadır.

Sosyo-ekonomik yollar, adaptasyon ve azaltma önlemleri için RCP’leri değişen sosyo-ekonomik zorluklarla tamamlamak üzere geliştirilmiştir (O’Neill et al., 2014).

Beş anlatıya dayanarak, SSP'ler, sürdürülebilir kalkınma (SSP1), bölgesel rekabet (SSP3), eşitsizlik (SSP4), fosil yakıtlı kalkınma (SSP5) ve bir ortayı içeren iklim politikası müdahalesinin yokluğunda alternatif sosyo-ekonomik gelecekleri tanımlamaktadır.

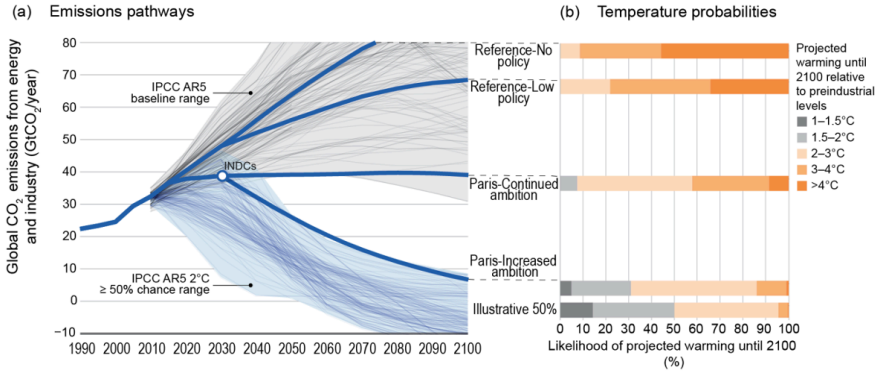
SSP tabanlı sosyo-ekonomik senaryoların ve RCP tabanlı iklim projeksiyonlarının kombinasyonu, iklim etkisi ve politika analizi için bütünleştirici bir çerçeve sunmaktadır.

İklim Projeksiyonları:

İklim sisteminin (veya iklime duyarlı bir sistemin) genellikle iklim modelleri kullanılarak türetilen sera gazı ve aerosollerin gelecekteki emisyon veya konsantrasyon senaryolarına benzetilmiş tepkileridir.

İklim projeksiyonları genellikle iklim (değişim) senaryolarının oluşturulması için hammadde görevi görür, ancak bunlar genellikle gözlemlenen mevcut iklim gibi ek bilgiler gerektirir.

Önemli politika kararlarını veya önemli yatırım kararlarını bildiren uygulamalar için, karar vericilerin mevcut tüm iklim değişikliği (ve etkileri) senaryolarını ve model bilgilerini kullanmaları önerilir.

Şekil 10: Yıllara göre küresel karbondioksit emisyonları projeksiyonu ve beklenen sıcaklık değişimleri

Şekil 10'da 1990 yılından 2100 yılına kadar olan süreçte enerji ve endüstri kaynaklı karbondioksit emisyon salımlarının projeksiyonu ile birlikte bu emisyonlar sonucunda beklenebilecek sıcaklık değişimi miktarları görülmektedir. Burada görülebileceği gibi belirsizlikler mevcuttur ve iklim değişikliği senaryoları veya Sosyoekonomik senaryolar, analistler tarafından iklim değişikliğine karşı gelecekteki kırılganlığı değerlendirmek için kullanılır.

Senaryolar üretmek, gelecekteki nüfus seviyeleri, ekonomik faaliyet, yönetim yapısı, sosyal değerler ve teknolojik değişim kalıplarının tahminlerini gerektirir.

Ekonomik ve enerji modellemesi bu tür sürücülerin etkilerini analiz etmek ve ölçmek için kullanılabilir.



5. BELİRSİZLİK FAKTÖRLERİ NELERDİR?

Tam bilgi eksikliği, bilim ve politika yapımının tüm alanlarında ortak bir özellik olduğundan, belirsizlik yönetimi risk yönetiminin ayrılmaz bir parçasıdır.

Karar vericiler, kararlarındaki makul gelişmeleri dikkate alabilmeleri için belirli veri kaynaklarıyla ilişkili belirsizlik derecesinin farkında olmalıdır.

Belirsizlikler kararların alınmasını engellememelidir (EEA, 2017).

Planlamadaki belirsizlikle başa çıkmak için farklı yaklaşımlar geliştirilmiştir.

Doğal belirsizlikle uyum kararları alırken uygulanacak bazı yararlı yaklaşımlar ve ilkeler şunları içerebilir:

- ▶ Senaryo Planlama:
- ▶ Uyarlanabilir Yönetim,
- ▶ Sağlam veya Dayanıklı Stratejiler,
- ▶ Uygulama maliyetlerini en aza indiren seçenekler
- ▶ Belirsizlikle karşı karşıya kalan karar vericiler, birden fazla makul sonucu dikkate almayı tercih edebilirler.
- ▶ Senaryolar bir dizi farklı, akla yatkın gelecek koşulları sunar.
- ▶ Daha sonra, senaryoların farklı gelecek koşulları altında ne kadar iyi performans gösterdiğini karşılaştırmak için karar analizi yapılır.
- ▶ Belirsizliğin yararlı bir tanımını sunmanın yanı sıra, senaryolar karar verme sürecinde netlik sağlayabilir.

Uyarlanabilir Yönetim:

Eldeki konular ve geleceğin nasıl ortaya çıktığı hakkında daha fazla bilgi edindikçe daha iyi performans elde etmek için değiştirilebilecek bir stratejinin seçilmesini içerir.

Uyarlanabilir yönetimin temel bir özelliği, karar vericilerin deneyim ve araştırmalardan yeni anlayışlar kazandıktan sonra değiştirilebilecek stratejiler aramalarıdır.

Öğrenme, deneme ve değerlendirme bu yaklaşımın temel unsurlarıdır ve karar almada aktif olarak planlanmalıdır.

Sağlam veya Dayanıklı Stratejiler:

Bu yaklaşım, gelecekte karşılaşılabilecek olası gelecek koşulların aralığını belirler.

Daha sonra bu aralııda oldukça iyi çalışacak stratejileri belirlemeye çalışır.

Sağlam bir strateji, çok çeşitli alternatif gelecek üzerinde iyi performans gösteren bir strateji olarak tanımlanabilir.

Uygulama maliyetlerini en aza indiren seçenekler:

İklim adaptasyonunun belirsizlik altında planlanması sırasında karar vericiler için farklı seçenekler mevcuttur.

En uygun seğenek, alınan kararın niteliğine, bu kararın belirli iklim etkilerine duyarlılığına ve tolere edilebilecek risk düzeyine bağlı olacaktır.

Ancak, adaptasyon seçeneklerini belirlerken karar vericiler, uygulama maliyetlerini en aza indirenlere öncelik vermeyi tercih edebilirler.

KAYNAKÇA

- ▶ A.A. Fawcett, G.C. Iyer, L.E. Clarke, J.A. Edmonds, N.E. Hultman, H.C. McJeon, J. Rogeli, R. Schuler, J. Alsalam, G.R. Asrar, J. Creason, M. Jeong, J. McFarland, A. Mundra, and W. Shi, 2015: Can Paris pledges avert severe climate change? *Science*, 350 6266,1168-1169.
- ▶ EEA, 2017. <https://www.eea.europa.eu/articles/climate-change-in-europe-responding-1>
- ▶ IPCC, 2001. The Global Climate of the 21st Century WG I (Science) Summary for Policy-Makers, Third Assessment Report.
- ▶ IPCC, 2010. Mastrandrea, M.D., Field, C.B, Stocker, T.F, Edenhofer, O., Ebi, K.L., Frame, D.J., Held, H., Kriegler, E., Mach, K.J., Matschoss, P.R., Plattner, G., Yohe, G.W., Zwiers, F.W, Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties, IPCC Cross-Working Group Meeting on Consistent Treatment of Uncertainties Jasper Ridge, CA, USA 6-7 July 2010 https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2017/08/AR5_Uncertainty_Guidance_Note.pdf
- ▶ IPCC, 2014. Kunreuther H., S. Gupta, V. Bosetti, R. Cooke, V. Dutt, M. Ha-Duong, H. Held, J. Llanes-Regueiro, A. Patt, E. Shittu, and E. Weber, 2014: Integrated Risk and Uncertainty Assessment of Climate Change Response Policies. In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter2.pdf
- ▶ Moss R, Babiker M, Brinkman S, Calvo E, Carter T, Edmonds J, Elgizouli I, Emori S, Erda L, Hibbard KA et al, 2008: Towards new scenarios for analysis of emissions, climate change, impacts, and response strategies. IPCC Expert Meeting Report on New Scenarios. Intergovernmental Panel on Climate Change, Noordwijkerhout
- ▶ NCA, 2014. Melillo, Jerry M., Terese (T.C.) Richmond, and Gary W. Yohe,

Eds., 2014: Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment. U.S. Global Change Research Program, 841 pp. doi:10.7930/J0Z31WJ2 http://s3.amazonaws.com/nca2014/high/NCA3_Climate_Change_Impacts_in_the_United%20States_HighRes.pdf?download=1

► O'Neill, B.C., Kriegler, E., Riahi, K., Ebi, K.L., Hallegatte, S., Carter, T.R., Mathur, R., Vuuren, D.P., 2014: A new scenario framework for climate change research: the concept of shared socioeconomic pathways. *Climatic Change* 122, 387–400

► Wilby, R.L. and Dessai, S., 2010: Robust adaptation to climate change, Royal Meteorological Society, <https://doi.org/10.1002/wea.543>

BELİRSİZLİK VE RİSK YÖNETİMİ: RİSK

Prof. Dr. Erdem Görgün



1. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ RİSK YÖNETİMİ SORUNU MUDUR?

1850'lerden bu yana sıcaklıklar bir önceki 30 yıllık ortalamalara göre giderek yükselmeye devam etmektedir. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından yapılan son çalışmalara göre ise dünyanın ortalama yüzey sıcaklığının 21. yüzyılın geri kalanında da artmaya devam etmesi öngörülmektedir.

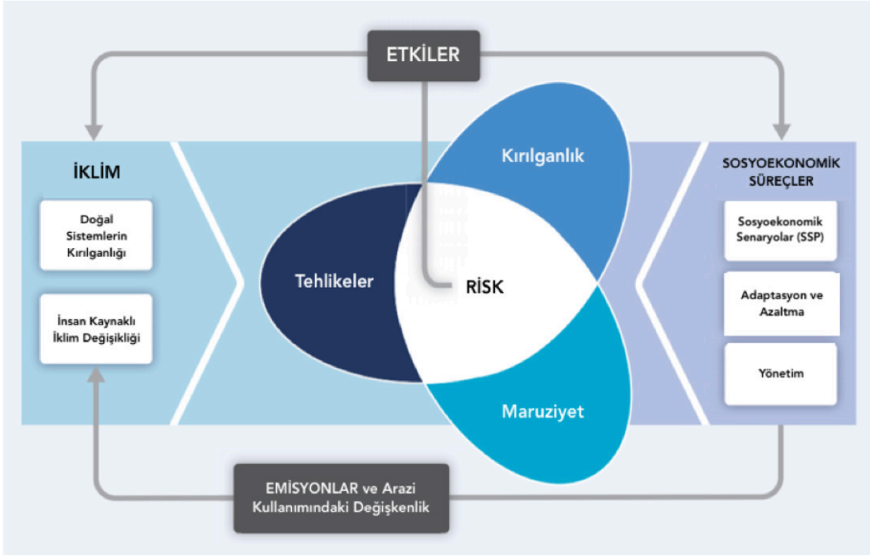
Sanayileşme öncesi döneme göre, küresel ortalama yüzey sıcaklığı artışı 2100 yılına kadar 1,5 °C-4,8 °C aralığında olacağı öngörülmektedir. Günümüze kadar atmosfere salınan sera gazı emisyonları, 2050 yılına kadar küresel ısınmaya katkıda bulunmaya devam edecektir.

Sera gazı emisyon salımları bugün tamamen durdurulsa bile ısınma devam edecektir.

2. RİSK NEDİR?

İklim riskleri, iklim kaynaklı tehlikelerin insan ve doğal sistemlerin kırılganlığı ve maruziyeti ile etkileşimi sonucu ortaya çıkar.

Şekil 1'de görüldüğü üzere hem iklim sisteminde (solda), hem de sosyoekonomik süreçlerin dahil olduğu adaptasyon ve azaltma maruziyete ve kırılganlığa sebep olur.

Şekil 1: Fiziksel iklim sistemi, maruziyet ve kırılganlık üreten riskler arasındaki etkileşimin şeması

Risk, bazı olası sonuçların istenmeyen bir etki veya önemli bir kayıp yarattığı bir belirsizlik durumudur.

Risk, sonuç belirsiz olduğunda, yaşamlar, geçim kaynakları, sağlık, ekosistemler, ekonomik, sosyal ve kültürel varlıklar, hizmetler ve altyapı üzerindeki olumsuz sonuçlar için potansiyel olarak tanımlanabilir.

Risk kavramı, olasılık ve belirsizliğin boyutlarını tehditlere karşı toplumsal tepkileri şekillendiren maddi ve normatif boyutlarla bütünleştirir (Renn, 2008).

Risk aynı zamanda subjektiftir. Kişilerin belirli bir durum hakkında sahip olduğu bilgi ve algıya dayanmaktadır.

İklim politikalarında yapılan düzenlemeler risk doğurabilir. İklim değişikliğinde büyük riskler, ortamdaki değişikliklere uyum sağlanamaması nedeniyle yeterli düzeyde sosyal refahı tehdit eden ekonomik sistemlerin istikrarsızlığına ve güvensizliğine yol açmaktadır.

İklim değişikliği riski, iklimsel faktörlerin yanı sıra iklimsel ve sosyo-ekonomik-çevresel sistemler arasındaki bağımlılıkları yöneten karar vericilerin kararlarına (kasıtlı veya kasıtsız) bağılıdır.

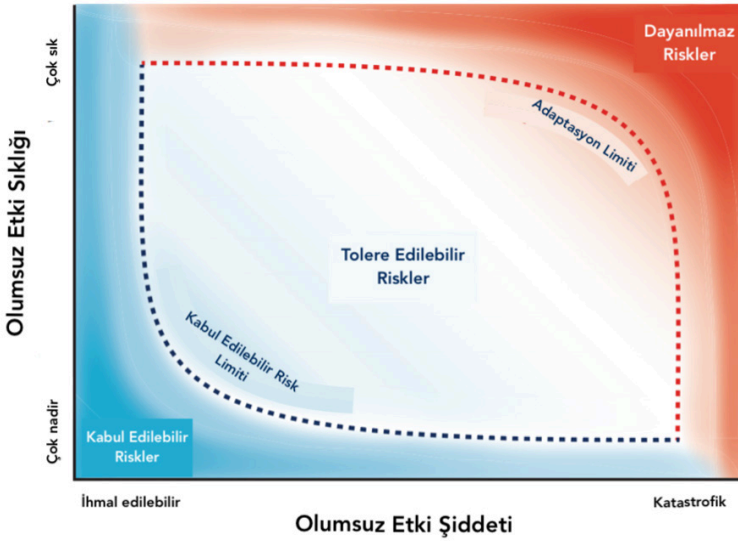
Yetersiz kararlar tüm sistemlerde sistemik riskin yayılmasına neden olabilir.

3. RİSK KATEGORİLERİ

Genel olarak, 3 geniş risk kategorisi kullanılır (Klinke ve Renn, 2002):

- ▶ Kabul edilebilir (Acceptable) riskler,
- ▶ Tolere edilebilir (Tolerable) riskler,
- ▶ Dayanılmaz (Intolerable) riskler (sosyal olarak müzakere edilen normu aşan)

Şekil 2: Kabul edilebilir, tolere edilebilir ve dayanılmaz risklerin belirleyicilerinin kavramsal modeli ve bunların uyum sınırlamaları üzerindeki etkileri



Şekil 2'de gösterilen kavramsal şemada, uyum çabalarının hedefleri riskleri tolere edilebilir risk alanı içinde tuttuğu görülmektedir. Fırsatlar ve kısıtlamalar, aktörlerin riskleri tolere edilebilir bir aralıkta tutma kapasitesini etkiler.

Kesikli çizgiler, iklimle ilgili risklerin sıklığı ve yoğunluğuyla risk toleransına ilişkin bireysel veya toplu görüşlerin sabit olmadığını, ancak zaman içinde değişebileceğini göstermektedir.

Gölgeli alanlar, aktörler arasındaki perspektifte potansiyel farklılıkları temsil eder.

Kabul Edilebilir (Acceptable) Riskler:

Ek risk azaltma çabalarının gerekli görülmediği kadar düşük kabul edilen risklerdir.

Tolere Edilebilir (Tolerable) Riskler:

Risklerin makul seviyelerde tutulması için uyarlanabilir risk yönetimi çabalarının gerekli olduğu ve etkili olduğu durumlarla ilgilidir.

Tolere edilebilir alana giren risklerin kapsamı, adaptasyon fırsatları ve kısıtlamalarından etkilenir.

Risklerin sınıflandırılması mekansal, yargı ve zamansal olarak değişir.

Fırsatlar ve kısıtlamalar fiziksel, teknolojik, ekonomik, kurumsal, yasal, kültürel veya çevresel nitelikte olabilir.

Dayanılmaz (Intolerable) Riskler:

Sosyal olarak müzakere edilen normu (örneğin temiz içme suyunun mevcudiyeti) veya bir değeri (örneğin bir yaşam biçiminin sürekliliği) aşan risklerdir.

Dayanılmaz riskler sağlık, refah, güvenlik veya sürdürülebilirlik ile ilişkili temel sosyal hedeflere yönelik tehditlerle ilgili olabilir (Klinke ve Renn, 2002; Renn, 2008; Dow et al., 2013a, b).

Artan risklerden kaçınmak için uygulanabilir veya uygun fiyatlı adaptasyon seçenekleri mevcut olmadığında, riskler tahammül edilemez hale gelir.

Dayanılmaz risklerden kaçınmak için bazı uyarlanabilir (adaptive) dönüşümler gerçekleştirilmelidir.

Risk türü, potansiyel etkinin derecesine ve ayrıca olasılığına (sıklığına) bağlıdır.

Düşük olasılıklı felaket olayları, orta derecede etkiye sahip çok muhtemel olaylarla aynı yüksek risk derecesine sahip olabilir.

Kabul edilebilir, tolere edilebilir ve tahammül edilemez risklerin nitel tanımından dolayı sınırlar bulanık bir yapıya sahiptir.

Adaptasyon, şekilde gösterilen risk alanına göre tolere edilebilir bir alan içinde verilen değerli bir hedefin (teknik bir taşkın koruma normu gibi) konumunu korumayı amaçlayan eylem olarak görülebilir.

Karmaşık entegre sistemlerde, bir sektörde kabul edilebilir risk, farklı bir sektörde yıkıcı bir olaya yayılabilir ve böylece tüm sistemde dayanılmaz bir risk oluşturabilir.

4. RİSKİ HAFİFE ALMAK

Modeller kaçınılmaz olarak basitleştirmeler ve yaklaşımlardan ibarettir, bu nedenle tek bir iklim değişikliği modeli yoktur.

Modeller belirsizliği hafife alma eğilimindedir.

Çoğu model ölçülmesi zor olan çok çeşitli etkileri göz ardı etme eğilimindedir.

Sistematik olarak riskin hafife alınması yönünde eğilimli olmaları muhtemeldir. Bu nedenle 4 °C veya 6 °C ısınma olasılığı modellerin tahmininden daha yüksek olabilir.

İklim politikasının son 30 yıldaki gelişimi, fiziksel iklim etkilerini toplumsal ve ekonomik modellerle birleştirmeye çalışan Entegre Değerlendirme Modellerine (IEM) dayanmaktadır.

Bir olasılığın dikkate alınma değeri ne kadar düşük de olsa, karar vericiler risk derecesini ancak tüm senaryoları özellikle de en kötü senaryoları anlayarak değerlendirebilirler.



5. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM İÇİN RİSK ANALİZİ

Risk analizi, ilk olarak sistemde kazalara neden olabilecek arızaların, operasyon hatalarının ve harici olayların tanımlanmasını içerir (örneğin, aşırı sel barajın bozulmasına neden olabilir).

Daha sonra, sıklıkları ve/veya sonuçları açısından daha kritik olan kazaların ayrıntılı olarak analiz edilmesini gerektirir (örneğin, azalan yağış nedeniyle ürün verimlerini sistematik olarak azaltmak veya mahsulü tamamen yok eden nadir kuraklıklar).

Risk analizinin nihai amacı, incelenen sistemlerin kaza ve arızalarının etkisini tanımlamak ve ölçmektir.

Risk analizi, iklim değişikliğinin potansiyel etkilerini tahmin etme ve yerel kırılganlık ile uyum kapasitesini değerlendirme sürecine katkıda bulunur.

İklim değişikliğinde büyük riskler, ortamdaki değişikliklere uyum sağlanamaması nedeniyle yeterli düzeyde sosyal refahı tehdit eden ekonomik sistemlerin istikrarsızlığına ve güvensizliğine yol açmaktadır.

Riskler iklimsel ve antropojenik belirsizliklerden, yani doğal ve beşeri sistemler arasındaki bağımlılıklardan, temsilcilerin kararlarından vb. etkilenir.

Uyumsuz adaptasyon kararları, bağımlı ekonomik sistemlerde risk yayılımını daha da tetikleyebilir, böylece “başlangıç” risklerini büyüten sistemik risklere neden olabilir.

Bir sistemin risk değerlendirmesi beş analitik süreç ile belirlenebilir:

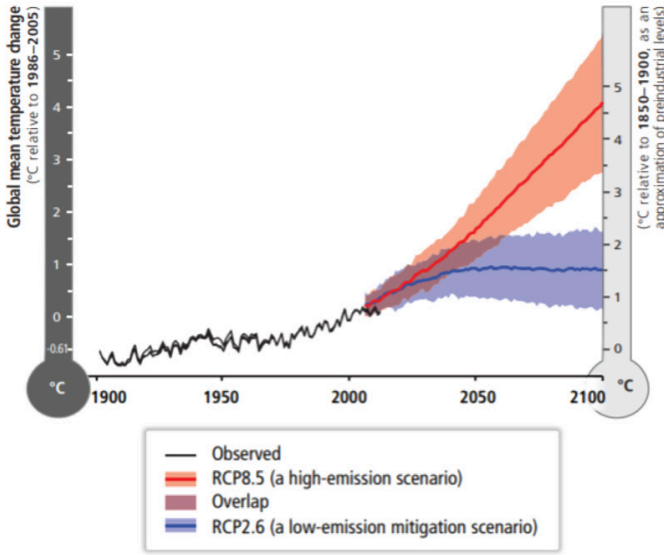
- ▶ Entegre sistemlerin tanımı ve modellenmesi (örneğin, entegre iklim ve arazi kullanım sistemleri),
- ▶ Sistemik riskleri tetikleyen ve güvenli sistemlerin çalışmasını tehlikeye atan doğal (kuraklık, seller, sıcak hava dalgaları, vb.) ve insan yapımı (uyumsuzluk politikaları) olayların tanımlanması,
- ▶ Olayların başlatılmasından kaynaklanan kazaların sayısal analizi (yani olasılıklarının/sıklıklarının ve sonuçlarının tahmini),
- ▶ Güvenli sistemlerin çalışmasını sağlayan uygun risk önlemlerinin (güvenlik, emniyet, güvenilirlik vb.) tanıtılması,
- ▶ Uygulanabilir sağlam, birbirine bağımlı adaptasyon seçeneklerinin değerlendirilmesi.

Risk seviyeleri, IPCC 5. Değerlendirme Raporu'na göre:

- ▶ Orta,
- ▶ Yüksek,
- ▶ Çok Yüksek

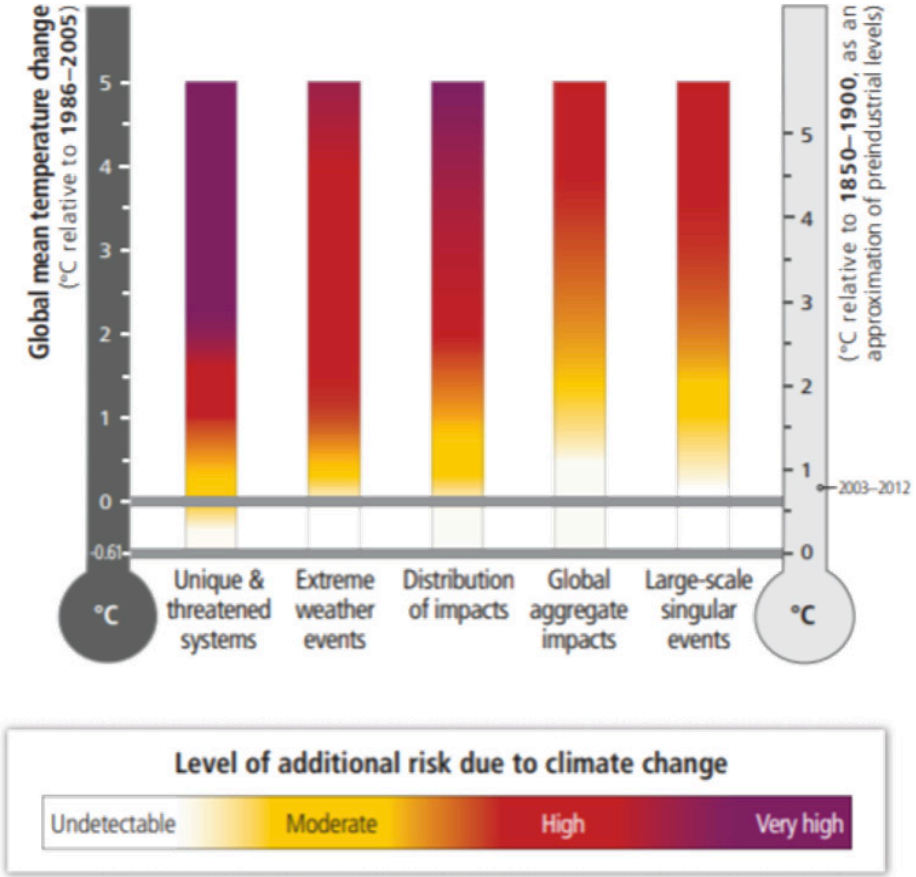
olarak tanımlanır (IPCC WGII AR5 Summary for Policymakers).

İklim değişikliğine bağlı ilave risk seviyeleri, küresel ortalama sıcaklık değişikliğine bağlı olarak, farklı iklim değişikliği etkileri için tahmin edilmiştir.

Şekil 3: Geçmiş ve öngörülen küresel yıllık ortalama yüzey sıcaklığı değişimi

Şekil 3'te üç farklı yol görülmektedir. Siyah ile gösterilen kısım şu ana kadar olan ölçülmüş küresel ortalama sıcaklık değişimlerini ifade eder. Dramatik bir artış gösterilen senaryo kötümser senaryo olup, yüzeysel ortalama sıcaklık değişiminin 5 °C'ye kadar çıkabileceği öngörülmüştür. Diğer yandan artışın belli bir yıldan sonra duracağını gösteren senaryo iyimser bir senaryo olup maksimum 2 °C'lik sıcaklık artışı öngörmektedir.

Endişe kaynağı (Reasons For Concerns-RFC) olan beş bütüncül neden, sektörler ve bölgeler arasındaki temel riskleri özetlemek için bir çerçeve sunmaktadır. İlk olarak IPCC 3. Değerlendirme Raporunda tanımlanan RFC'ler, ısınma ve insanlar, ekonomiler ve ekosistemler için uyum sınırlarının etkilerini göstermektedir.

Şekil 4: İklim değişikliğine karşı RFC'ler ve risk seviyeleri

Şekil 4'teki grafiğin x eksenini "Reasons For Concerns (RFC)" endişe kaynağı olan beş bütüncül nedeni temsil ediyor. Şekilde açık renkten koyu renge doğru iklim değişikliğinin oluşturduğu risk seviyeleri artmaktadır.

RFC'ler, iklim sistemine olan tehlikeli antropojenik etkileşimleri değerlendirmek için bir başlangıç noktası sağlarlar.

Endişe kaynağı (Reasons For Concerns-RFC) olan beş bütüncül neden:

- ▶ Eşsiz ve tehdit altındaki sistemler
- ▶ Aşırı hava olayları
- ▶ Etkilerin dağılımı
- ▶ Küresel toplam etkiler
- ▶ Büyük ölçekli tekil olaylar

1. Eşsiz (Unique) ve tehdit altındaki sistemler:

Ekosistemler ve kültürler dahil olmak üzere bazı benzersiz ve tehdit altındaki sistemler iklim değişikliğinden nedeniyle zaten risk altındadır.

Yaklaşık 1°C'lik ilave ısınma ile, ciddi risk taşıyan bu tür sistemlerin sayısı daha yüksektir.

Uyum kapasitesine sahip birçok tür ve sistem, özellikle Arktik-deniz-buz ve mercan kayalığı sistemleri olmak üzere 2 °C'lik ilave ısınma ile çok yüksek risklere tabidir.

2. Aşırı hava olayları:

Sıcak hava dalgaları, aşırı yağış ve kıyı taşkınları gibi aşırı olaylardan kaynaklanan iklim değişikliğine bağlı riskler zaten orta derecededir ve 1°C ek ısınma ile yüksektir. Bazı uç olaylarla (örneğin, aşırı sıcaklık) ilişkili riskler, yüksek sıcaklıklarda daha da artar.

3. Etkilerin dağılımı:

Riskler eşit olmayan bir şekilde dağılmıştır ve genellikle tüm gelişme düzeylerindeki ülkelerdeki dezavantajlı insanlar ve topluluklar için daha fazladır.

Özellikle mahsul üretimi üzerindeki bölgesel olarak farklılaştırılmış iklim değişikliği etkileri nedeniyle riskler zaten orta düzeydedir.

Bölgesel mahsul veriminde ve su mevcudiyetinde öngörülen düşüslere bağılı olarak, 2 °C'nin üzerindeki ek ısınma için eşit olmayan şekilde dağılmış etki riski yüksektir.

4. Küresel toplam etkiler:

Küresel toplam etkilerin riskleri, hem Dünya'nın biyolojik çeşitliliğı hem de genel küresel ekonomi üzerindeki etkileri yansıtan 1-2 °C arasındaki ek ısınma için ılımlıdır.

Ekosistem mal ve hizmetlerinin kaybı ile birlikte aşırı biyoçeşitlilik kaybı, yaklaşık 3 °C ek ısınma ile yüksek risklere neden olur.

Toplam ekonomik zararlar artan sıcaklıkla birlikte hızlanır, ancak 3 °C veya üzerinde ek ısınma için birkaç nicel tahmin tamamlanmıştır.

5. Büyük ölçekli tekil olaylar:

Artan ısınma ile birlikte, bazı fiziksel sistemler veya ekosistemler ani ve geri döndürülemez değişiklikler riski altında olabilir.

Sıcaklık, 1-2 °C'lik ilave ısınma arttıkça, buz tabakası kaybından kaynaklanan büyük ve geri dönüşümsüz bir deniz seviyesi yükselme potansiyeli nedeniyle riskler orantısız bir şekilde artar.

İklim değişikliğine bağılı ilave risk seviyeleri, küresel ortalama sıcaklık değişikliğine bağılı olarak, farklı iklim değişikliği etkileri için tahmin edilmiştir.

Tespit edilemeyen risk (Beyaz): İlişkili etkilerin saptanamayacağını ve iklim değişikliğine atfedilebileceğini gösterir.

Orta derecede risk (Sarı): İlişkili etkilerin hem en az orta düzeyde güvenle iklim değişikliğine bağlanabilir, hem de ilişkilendirilebilir olduğunu gösterir.

Ayrıca temel riskler için diğer spesifik kriterleri de hesaba katar.

Yüksek risk (Kırmızı): Ciddi ve yaygın etkileri gösterir.

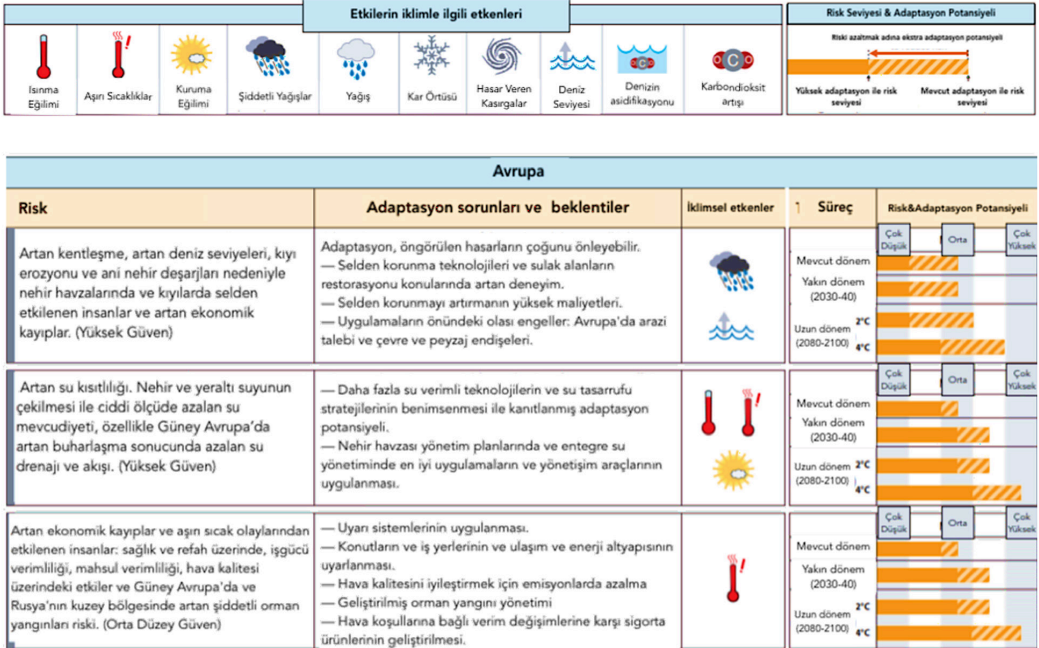
Ayrıca kilit riskler için diğer spesifik kriterleri de hesaba katar.

Çok yüksek risk (Mor): Çok yüksek riskin kilit riskler için tüm spesifik kriterlerle belirtildiğini göstermektedir (IPCC, 2014).

6. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNDEN KAYNAKLANAN BÖLGESEL RİSKLER VE UYUM

Her kilit risk, üç zaman dilimi için çok düşük ile çok yüksek olarak karakterize edilir. Mevcut dönem, yakın dönem 2030-2040 ve daha uzun vadeli 2080-2100. Yakın vadede, öngörülen küresel ortalama sıcaklık artışı seviyeleri farklı emisyon senaryoları için önemli ölçüde farklılık göstermemektedir. Uzun vadede, küresel ortalama sıcaklık artışının iki senaryosu için risk seviyeleri sunulmaktadır (sanayileşme öncesi seviyelerin 2 °C ve 4 °C üzerinde). Bu senaryolar iklim değişikliğiyle ilgili riskleri azaltmak için etki azaltma ve adaptasyon potansiyelini göstermektedir.

Şekil 5: İklim değişikliğinden kaynaklanan bölgesel riskler ve adaptasyon ve azaltma yoluyla riskleri düşürme potansiyeli



İklim Riski Yönetimi ve Adaptasyon Araçları

İklim değişikliğiyle mücadelede temel alınan 2 hedef vardır. Birincisi sera gazı salımlarının (GHG) azaltılması, diğeri ise iklim olaylarının etkileriyle mücadele etmek, iklim riski yönetimi ve fayda sağlama stratejilerinin geliştirilmesi, güçlendirilmesi ve uygulanması sürecidir (IPCC, 2007). Bu sürece kısacası adaptasyon süreci denir. Bu sürecin aşamaları, ClimateADAPT Platformu'ndan alınan bir örnek ile Şekil 6'da görsel olarak ifade edilmiştir.

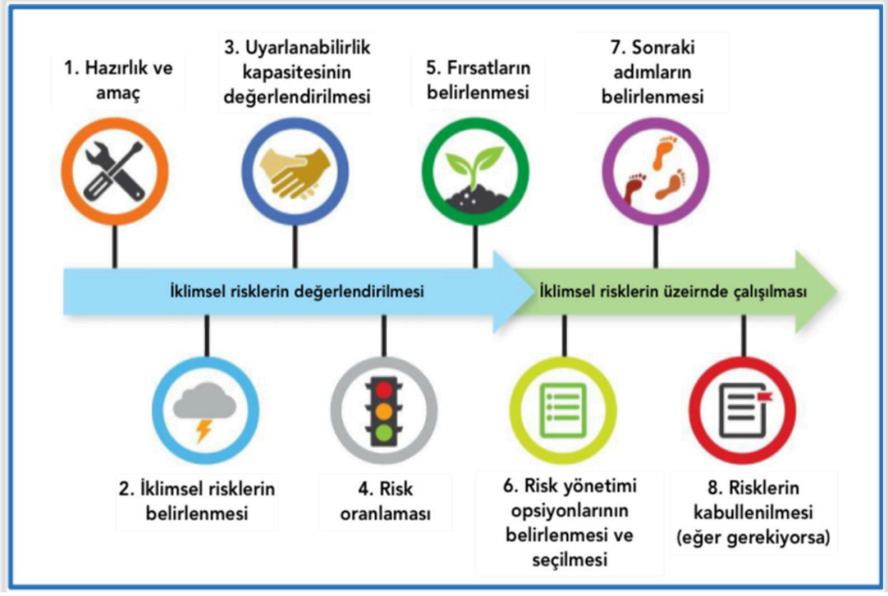
Şekil 6: ClimateADAPT Platformu, uyum politikası döngüsünde aşamaların görsel temsili



Kaynak: Makinen et al., 2018

USAID (USA International Development), iklim riski tarama ve yönetimini strateji, proje ve aktivite tasarımında desteklemek için araçlar geliştirmiştir. Bu araçlar, kullanıcının iklim riskini değerlendirmesine ve ele almasına yardımcı olarak geliştirme müdahalelerinin etkinliğini ve sürdürülebilirliğini arttırmayı amaçlamaktadır.

Şekil 7: USA International Development'tan alınan bir adaptasyon süreci örneği



Kaynak: USAID, 2017

KAYNAKÇA

- ▶ Dow, K., F. Berkhout, B.L. Preston, R.J.T. Klein, G. Midgley, and R. Shaw, 2013: Limits to adaptation. *Nature Climate Change*, 3, 305-307
- ▶ IPCC, 2014: *Climate Change 2014 Impacts, Adaptation, and Vulnerability Part A: Global and Sectoral Aspects*. New York: IPCC. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wgII_spm_en-1.pdf
- ▶ Klinke, A. and O. Renn, 2002: A new approach to risk evaluation and management: risk-based, precaution-based, and discourse-based strategies. *Risk Analysis*, 22, 1071-1094.
- ▶ Makinen, K., Karali, E., Prutsch, A., Leitner, M., 2018: Indicators for adaptation to climate change at national level - Lessons from emerging practice in Europe. ETC/CCA Technical Paper 2018/3
- ▶ Renn, O., 2008: *Risk Governance: Coping with Uncertainty in a Complex World*. Earthscan, London, UK, 368 pp.
- ▶ Renn, O. and A. Klinke, 2013: A framework of adaptive risk governance for urban planning. *Sustainability*, 5, 2036-2059
- ▶ USAID, 2017: <https://www.climatelinks.org/resources/climate-risk-screening-management-tool>

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü



Mustafa Kemal Mah. Eskişehir Devlet Yolu
(Dumlupınar Bulvarı) 9. Km No:278
Çankaya / Ankara



Tel: +90 (312) 410 10 00

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



iklimiduy.org



facebook.com/iklimiduy



twitter.com/iklimiduy



[İklimi Duy Projesi](#)



instagram.com/iklimiduy