

Orman Mühendisliğinde Ekosistem Yönetimi



Editör
HUREM DUTAL



BİDGE Yayınları

Orman Mühendisliğinde Ekosistem Yönetimi

Editör: HUREM DUTAL

ISBN: 978-625-372-986-8

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 2025-12-25

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidegyayinlari.com.tr - bidegyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



ÖNSÖZ

Orman Mühendisliği ekosistemlerin sürdürülebilir yönetimi, doğal kaynakların çok işlevli kullanımı ve çevresel değişkenlere uyum sağlama kapasitesinin artırılması açısından stratejik öneme sahip bir disiplindir. Son yıllarda, ekosistem hizmetleri yaklaşımı orman ekosistemlerinin yalnızca odun üretim fonksiyonu üzerinden değil; karbon döngüsü, su rejimi, toprak koruma, rekreasyon ve biyoçeşitlilik gibi çok yönlü katkılarıyla değerlendirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda ekosistem temelli yönetim anlayışı, ormancılık politikalarının ve planlama süreçlerinin temel paradigması hâline gelmiştir.

“Orman Mühendisliğinde Ekosistem Yönetimi” başlıklı bu eser, söz konusu paradigma değişimini farklı boyutlarıyla ele alan bilimsel katkıları bir araya getirmektedir. Kuraklığın ekosistemler üzerindeki etkileri, Türkiye’de kalkınma planlarında orman ekosistemlerinin tarihsel konumu, iklim değişikliğine doğa tabanlı çözümler, ekoturizm faaliyetlerinin sürdürülebilirlik perspektifi ve iklim değişikliği–orman amenajmanı ilişkisi gibi konular; ekosistem dinamiklerinin yönetimsel, sosyoekonomik ve politik bağlamlarıyla birlikte incelenmiştir. Kitabın, ekosistem temelli ormancılık yaklaşımlarının güçlendirilmesine, adaptif yönetim ve iklim değişikliğine uyum stratejilerinin geliştirilmesine katkı sunacağına inanıyoruz.

Başta değerli yazarlar olmak üzere emeği geçen herkese teşekkür eder; bu çalışmanın literatürde nitelikli bir başvuru kaynağı olarak değerlendirileceğini ümit ederim.

EDİTÖR

Doç. Dr. Hurem DUTAL

Aralık 2025

İÇİNDEKİLER

TÜRKİYE’DE KALKINMA PLANLARINDA ORMAN EKOSİSTEMİ VE EKOSİSTEM HİZMETLERİNİN TARİHSEL ANALİZİ (1963–2028)	1
<i>ŞEYMA YETİŞ PEHLİVAN</i>	
KURAKLIĞIN ETKİLERİ	25
<i>HUREM DUTAL</i>	
NATURE-BASED SOLUTIONS TO CLIMATE CHANGE: WATER MANAGEMENT IN V-SHAPED MICRO-WATERSHEDS	53
<i>YASİN KARAŞİN, BÜLENT TOPRAK, MUHAMMED ALİ AYDIN</i>	
KÖYCEĞİZ’DE EKOTURİZM KAYNAKLARININ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERSPEKTİFİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ	80
<i>HATİCE ULUSOY, NURGÜL AY</i>	
BİR KAYIN AĞACI	99
<i>MEHMET MISIR, NURAY MISIR</i>	
KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ORMAN AMENAJMANI İLİŞKİSİ	109
<i>NURAY MISIR, MEHMET MISIR</i>	
THE RUSLE AND WEPP MODELS USED IN SOIL EROSION PREDICTION	122
<i>YASİN KARAŞİN, MUHAMMED ALİ AYDIN</i>	

BÖLÜM 1

TÜRKİYE’DE KALKINMA PLANLARINDA ORMAN EKOSİSTEMİ VE EKOSİSTEM HİZMETLERİNİN TARİHSEL ANALİZİ (1963– 2028)

1. ŞEYMA YETİŞ PEHLİVAN¹

Giriş

Türkiye’de kalkınma planları, planlı dönemin başladığı 1963 yılından bu yana ekonomik büyümeyi, toplumsal refahı, çevresel sürdürülebilirliği ve kurumsal kapasite gelişimini bütüncül bir yaklaşımla ele alan temel politika belgeleri olarak önemli bir işlev üstlenmiştir (Geray, 1998; Cılız, 2019). Kalkınma planları yalnızca makroekonomik politika hedeflerini belirleyen belgeler değil, aynı zamanda ülkenin doğal kaynak yönetimine ilişkin uzun vadeli stratejik yönelimlerinin şekillendirildiği ulusal çerçeve dokümanlarıdır. Bu nedenle doğal kaynakların yönetimi, özellikle de orman ekosistemlerinin korunması, geliştirilmesi ve toplum yararına sürdürülebilir biçimde kullanılması, kalkınma planlarının değişmez unsurları arasında yer almıştır (Gümüş, 2004). Türkiye’de kalkınma planlarında kırsal kalkınma ile orman kaynaklarının tahribatı

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ormancılık Bölümü, Orcid: 0000-0001-5789-3952

arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar da, politika yönelimlerinin orman kaynakları üzerinde belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır (Türker, Yeşilyurt & Yılmaz, 2017).

Orman ekosistemleri, çok çeşitli ekolojik süreçleri barındıran karmaşık yapılar olup toplum refahına doğrudan ve dolaylı katkı sağlayan çeşitli hizmetler sunmaktadır. Su döngüsünün düzenlenmesi, toprak erozyonunun kontrolü, biyoçeşitliliğin korunması, karbon depolama ve iklim düzenleme, rekreasyon imkanları, yaban hayatı habitatı sağlama ve kültürel değerler sunma gibi işlevler orman ekosistemlerinin temel ekosistem hizmetlerindendir (Burkhard & Maes, 2017). Küresel literatürde bu hizmetlerin sistematik bir çerçevede ele alınması, özellikle Costanza & ark., (1997) tarafından ekosistem hizmetlerinin ekonomik değerinin ilk kez kapsamlı biçimde hesaplanmasıyla ivme kazanmış; bu yaklaşım 2005 yılında yayımlanan Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005) ile daha geniş ve bütüncül bir sınıflandırmaya kavuşmuştur. MEA'nın ortaya koyduğu dört temel hizmet kategorisi—düzenleyici, destekleyici, tedarik edici ve kültürel hizmetler—ekosistem işlevlerinin sosyal refah üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde uluslararası standart haline gelmiştir.

Türkiye’de, 1960’lı ve 1970’li yıllarda hazırlanan kalkınma planları değerlendirildiğinde ormanların büyük ölçüde odun üretimi, kaçak kesimle mücadele, orman-halk ilişkilerinin iyileştirilmesi, kadastro çalışmaları ve bozuk alanların ıslahı gibi klasik ormancılık konuları üzerinden ele alındığı görülmektedir (DPT, 1963; 1973; 1979). Bu dönemde ormanların ekolojik ve sosyal işlevlerine plan metinlerinde sınırlı düzeyde yer verilmiş, ekosistem temelli yönetim yaklaşımı henüz kurumsal bir çerçeveye oturmamıştır. Bu yaklaşımın doğal bir sonucu olarak orman kaynakları, ekonomik bir üretim sektörü olarak değerlendirilmiş ve çok yönlü ekosistem işlevleri politika belgelerine yeterince yansımamıştır.

1980 sonrası, hem uluslararası çevre hareketlerinin güçlenmesi hem de Türkiye'nin küresel çevre sözleşmelerine taraf olmasıyla birlikte, çevresel sürdürülebilirlik teması kalkınma belgelerinde daha görünür hale gelmiştir. Bu dönemde biyolojik çeşitlilik, doğal kaynakların korunması, çevre yönetimi ve ekolojik süreçlerin önemi kalkınma planlarına yansımaya başlamış; böylece orman ekosistemlerinin çok yönlü işlevleri daha sistematik şekilde değerlendirilmiştir (DPT, 1985; 1990). Özellikle 1990'lar, Türkiye'de ekosistem yaklaşımının ormancılık politikalarına giriş yaptığı dönemdir. Bu yaklaşım, ormanların yalnızca ekonomik bir kaynak değil, aynı zamanda bir ekolojik bütünün parçası olarak değerlendirilmesi gerektiğine vurgu yapmaktadır.

2000'li yıllar, Türkiye'de sürdürülebilir kalkınmanın ulusal politika belgelerine entegrasyonunun hızlandığı ve ekosistem hizmetleri kavramının görünürlüğünün arttığı bir dönem olmuştur. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'ndan (2001–2005) itibaren su üretimi, karbon depolama, biyolojik çeşitlilik, toprak muhafaza ve rekreasyon gibi düzenleyici ve kültürel hizmetler ormancılık politikalarının ayrılmaz bileşenleri arasında yer almaya başlamıştır. Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007–2013) ve sonrasındaki plan metinlerinde sürdürülebilir orman yönetimi, ekosistem tabanlı planlama, iklim değişikliğine uyum ve ekosistem hizmetlerinin ekonomik değeri daha güçlü biçimde vurgulanmıştır (SBB, 2014; 2019; 2023).

Ancak ekosistem hizmetleri kavramının politika düzeyinde görünür hale gelmesine karşın uygulamaya yansımaları sınırlı kalmıştır. Çeşitli çalışmalar, ekosistem hizmetlerinin ulusal planlarda yer almasına rağmen kurumsal kapasite yetersizliği, bütçe kısıtları, uzun vadeli uygulama mekanizmalarının eksikliği ve planlar arası sürekliliğin tam sağlanamaması gibi nedenlerle bu politikaların hayata geçirilmesinde sorunlar yaşandığını ortaya koymaktadır (Kaya, 2002; Ok, 2018). Bu durum, ekosistem

hizmetlerinin ulusal planlama süreçlerine kavramsal düzeyde entegre edildiğini; ancak uygulamada sürdürülebilir bir yönetim modeline dönüşmekte güçlük yaşandığını göstermektedir.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de 1963–2028 yılları arasında hazırlanan kalkınma planlarında orman ekosistemi ve ekosistem hizmetleri kavramlarının nasıl ele alındığını kapsamlı biçimde değerlendirmektir. Bu amaç doğrultusunda planlarda kavramların ilk ortaya çıkış zamanı, dönemsel değişimi, planlama dilindeki konumu, çevresel politikalarla ilişkisi ve uygulama kapasitesi analiz edilmektedir. Böylece Türkiye’de ormancılık politikalarının tarihsel gelişimi, ekosistem hizmetleri perspektifiyle bütüncül bir biçimde ele alınmakta; ekosistem hizmetlerinin ulusal planlama mekanizmalarındaki mevcut düzeyi ve geleceğe yönelik potansiyel dönüşümü değerlendirilmektedir.

Kalkınma Planlarının Tarihsel ve Belgesel Analizi: Yöntemsel Çerçeve

Bu çalışma, Türkiye’de 1963–2028 yılları arasında hazırlanan kalkınma planlarında orman ekosistemi yaklaşımının ve ekosistem hizmetleri kavramının nasıl ele alındığını inceleyen nitel bir doküman analizi araştırmasıdır. Araştırmanın birincil veri setini, planlı kalkınma döneminin başlangıcından günümüze kadar yayımlanan on iki kalkınma planı ile ormancılık sektörüne ilişkin Özel İhtisas Komisyonu Raporları oluşturmaktadır. Bu belgeler tamamen orijinal metinlerden analiz edildiği için çalışma bir derleme niteliği taşımamakta; birincil dokümanlara dayalı özgün bir inceleme niteliği kazanmaktadır.

Araştırmada doküman analizi yöntemi kullanılmıştır. Doküman analizi, yazılı içeriklerin sistematik biçimde incelenmesi, temaların belirlenmesi ve elde edilen bilgilerin yorumlayıcı bir çerçevede değerlendirilmesine olanak sağlayan nitel bir araştırma yöntemidir (Yıldırım & Şimşek, 2011). Bu kapsamda kalkınma

planlarının tümü incelenmiş, metinlerde yer alan ifadeler kodlanmış ve belirli temalar altında sınıflandırılmıştır. Araştırmanın temel amacı, kavramların planlara giriş zamanını, dönemsel gelişimini, politika düzeyindeki konumunu ve uygulama kapasitesini ortaya koymaktır.

Veri setini oluşturan kalkınma planları; birinci plan (1963–1967), ikinci plan (1968–1972), üçüncü plan (1973–1977), dördüncü plan (1979–1983), beşinci plan (1985–1989), altıncı plan (1990–1994), yedinci plan (1996–2000), sekizinci plan (2001–2005), dokuzuncu plan (2007–2013), onuncu plan (2014–2018), on birinci plan (2019–2023) ve on ikinci plan (2024–2028) olmak üzere toplam on iki resmi belgeyi kapsamaktadır. Bu planlar “orman ekosistemi”, “ekosistem hizmetleri”, “biyoçeşitlilik”, “koruma”, “çok amaçlı yararlanma”, “su kaynakları”, “karbon”, “iklim değişikliği” ve “sürdürülebilirlik” gibi anahtar ifadeler bakımından taranmıştır.

Belge analizinde elde edilen veriler, içerik analizi yaklaşımıyla tematik bir çerçeveye yerleştirilmiştir. Kodlar; orman ekosisteminin ele alınış biçimi, ekosistem hizmetlerinin planlara giriş süreci, üretim odaklı ormancılık politikalarının dönüşümü, çok amaçlı yararlanma anlayışı, koruma odaklı yaklaşım ve iklim değişikliğine uyum temaları altında sınıflandırılmıştır. Bu temalar doğrultusunda kalkınma planlarının tarihsel gelişimi beş ana dönem altında değerlendirilmiştir. Bu dönemsel sınıflandırma, Türkiye’de ormancılık politikalarının tarihsel bağlamda nasıl değiştiğini açıklamakta ve ekosistem hizmetleri kavramının planlama süreçlerine entegrasyonunun izlenmesine olanak sağlamaktadır.

Tablo 1. Türkiye’de Kalkınma Planlarının Dönemsel Sınıflandırması

Dönem	Kapsanan Planlar	Dönemin Genel Özelliği
1963–1985	1., 2., 3., 4. ve 5. Planlar	Üretim odaklı ormancılık; odun üretimi, kadastro, ağaçlandırma
1985–1994	5. ve 6. Planlar	Ekosistem yaklaşımının ilk kez görünür olduğu dönem
1994–2005	6., 7. ve 8. Planlar	Çok amaçlı yararlanma ve koruma politikalarının güçlenmesi
2005–2014	9. ve 10. Planlar	Sürdürülebilir orman yönetimi ve çevresel politikaların belirginleşmesi
2014–2028	10., 11. ve 12. Planlar	Ekosistem hizmetlerinin ulusal planlara sistematik entegrasyonu

Bu dönemsel sınıflandırma, Türkiye ormancılık politikalarının tarihsel bağlamda nasıl değiştiğini göstermekte ve ekosistem hizmetleri kavramının planlara giriş sürecini analitik bir biçimde takip etmeye olanak tanımaktadır.

Son aşamada, kalkınma planlarında elde edilen bulgular Costanza & ark., (1997), Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005) ve Burkhard & Maes (2017) gibi uluslararası ekosistem hizmetleri çerçeveleri ile karşılaştırılmıştır.

Kalkınma Planlamasında Orman Ekosistemleri ve Ekosistem Hizmetleri: Kuramsal ve Politik Çerçeve

Türkiye’de kalkınma planlarının orman ekosistemlerine ve ekosistem hizmetlerine yaklaşımını değerlendirebilmek için bu kavramları şekillendiren bilimsel, kuramsal ve politik çerçevenin ortaya konulması gerekmektedir. Bu bölümde kalkınma planlaması, orman ekosistemleri, ekosistem hizmetleri ve bu hizmetlerin kamu politikalarındaki yeri uluslararası literatür ışığında ele alınmakta; kavramların tarihsel gelişimi açıklanmaktadır.

Kalkınma Planlaması ve Çevresel Politikalar: Kalkınma planlaması, ulusların ekonomik ve sosyal hedeflerini belirlemek amacıyla oluşturdukları uzun vadeli stratejik politika belgeleridir.

Türkiye’de planlı kalkınma dönemi 1963 yılında başlamış ve kalkınma planları, ekonomik büyümenin yanı sıra toplumsal refah, bölgesel dengesizliklerin giderilmesi ve doğal kaynak yönetimi gibi geniş kapsamlı hedefleri içermiştir (Geray, 1998; Cılız, 2019).

Çevresel konuların kalkınma planlarına dahil edilmesi ise küresel çevre hareketlerinin güçlenmesine paralel olarak özellikle 1980’lerden itibaren artmıştır. Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu’nun (WCED, 1987) yayımladığı “Ortak Geleceğimiz” raporu sürdürülebilir kalkınmayı küresel gündeme taşımış; bu yaklaşım 1992 Rio Zirvesi, 2002 Johannesburg Zirvesi ve 2015 Paris İklim Anlaşması gibi kilometre taşlarıyla uluslararası politika sistemine yerleşmiştir.

Bu süreç, doğal kaynak yönetiminde sürdürülebilirlik, ekosistem temelli yaklaşım, biyolojik çeşitlilik koruma ve iklim değişikliğiyle mücadele gibi kavramların kalkınma planlarına yansımaları sağlamıştır. Türkiye de bu küresel politik eğilimlere paralel biçimde doğal kaynak yönetimini kalkınma planlarının temel bileşenlerinden biri haline getirmiştir.

Orman Ekosistemi Kavramının Bilimsel Temelleri: Orman ekosistemleri, canlı ve cansız unsurların birbiriyle etkileşim halinde bulunduğu, madde döngüleri ve enerji akışıyla işleyen karmaşık ekolojik sistemlerdir. Tansley’in (1935) ekosistem tanımı, doğal süreçlerin bütüncül bir sistem olarak değerlendirilmesini sağlamış; bu yaklaşım ormanların yalnızca biyolojik bir varlık değil, aynı zamanda fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerin birlikte işlediği sosyal-ekolojik sistemler olduğunu ortaya koymuştur. Buna göre orman ekosistemlerinin temel özellikleri;

- Yapısal Bütünlük: Ağaçlar, otsu bitkiler, toprak, mikroorganizmalar, fauna ve abiyotik faktörler.
- İşlevsel Süreçler: Madde döngüleri, su döngüsü, karbon döngüsü, enerji akışı.

- Ekolojik Hizmetler: Habitat sağlama, iklim düzenleme, toprak koruma.

biçiminde sınıflandırılabilir.

Orman ekosistemlerinin bu çok yönlü yapısı, ormancılık politikalarının yalnızca üretim odaklı olmamasını; aynı zamanda ekolojik süreçleri ve sosyal işlevleri de dikkate alacak şekilde yürütülmesini zorunlu kılmıştır.

Sürdürülebilir orman yönetimi yaklaşımı (FAO, 1999), ekosistem temelli yönetim yaklaşımının ormancılık alanındaki somut karşılığıdır ve bugün birçok ülkenin ormancılık politikasında temel ilke haline gelmiştir.

Ekosistem Hizmetleri: Kavramın Gelişimi ve Literatürdeki Yeri: Ekosistem hizmetleri kavramı, ekosistemlerin insan refahına sağladığı faydaların tanımlanmasını ve sınıflandırılmasını amaçlayan bir çerçevedir. Kavram ilk kez 1970’lerde kullanılmaya başlanmış olsa da 1990’larda özellikle Costanza & ark., (1997) tarafından yapılan çalışmalarla uluslararası düzeyde büyük ilgi görmüştür. Bu çalışma, dünya ekosistemlerinin sağladığı hizmetlerin ekonomik değerini hesaplayarak doğa-insan etkileşiminin önemini güçlü biçimde ortaya koymuştur.

Ekosistem hizmetlerinin küresel ölçekte kuramsal çerçevesi ise Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005) ile tam anlamıyla sistematik bir sınıflandırma kazanmıştır. MEA’ya göre ekosistem hizmetleri dört ana kategoride toplanmaktadır:

1. Tedarik edici hizmetler: Odun, su, besin, lif, yakıt
2. Düzenleyici hizmetler: Karbon depolama, iklim düzenleme, su döngüsü, erozyon kontrolü
3. Kültürel hizmetler: Rekreasyon, estetik değerler, kültürel miras

4. Destekleyici hizmetler: Toprak oluşumu, biyogeokimyasal döngüler, habitat sağlama

Bu sınıflandırma daha sonra TEEB (2010), IPBES (2019) ve Burkhard & Maes (2017) gibi uluslararası girişimler tarafından geliştirilmiş; ekosistem hizmetleri kavramı çevresel yönetim politikalarının ve planlama süreçlerinin temelini oluşturmaya başlamıştır.

Burkhard & Maes (2017) ekosistem hizmetlerinin mekansal olarak haritalanması ve planlamaya dahil edilmesi için yöntemler geliştirmiş; böylece ekosistem hizmetlerinin karar verme süreçlerinde somut bir araç olarak kullanılmasını kolaylaştırmıştır.

Ekosistem Hizmetlerinin Politika ve Planlama Sistemlerindeki Yeri: Ekosistem hizmetleri günümüzde doğal kaynak yönetimi, kent planlama, su yönetimi, iklim değişikliğiyle mücadele ve tarımsal politikalar gibi alanlarda kritik bir karar destek unsuru hâline gelmiştir. Birçok ülke ekosistem hizmetlerini kamu politikalarına entegre etmiş; çevresel sürdürülebilirlik yaklaşımını politik planlama süreçlerinin ana bileşeni haline getirmiştir (TEEB, 2010; IPBES, 2019).

Kamu politikalarında ekosistem hizmetlerinin kullanılmasının başlıca amaçları;

- Doğal kaynakların ekonomik ve ekolojik değerlerinin bütüncül değerlendirilmesi
- Planlama süreçlerinde doğa temelli karar alma
- Ekosistem bozulmalarının ekonomik etkilerinin hesaplanması
- Doğa temelli çözümler (nature-based solutions) üretme
- Karbon depolama ve iklim politikalarının desteklenmesi

olarak sıralanabilir. Birleşmiş Milletler'in 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları da ekosistem hizmetleri yaklaşımının politika süreçlerinde kullanılmasına güçlü vurgu yapmaktadır.

Türkiye'de Ekosistem ve Ekosistem Hizmetleri Yaklaşımı: Türkiye'de ekosistem temelli yaklaşımlar 2000'li yıllardan itibaren hem bilimsel literatürde hem de politika belgelerinde görünür hale gelmiştir. Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi, Türkiye İklim Değişikliği Stratejisi, Ulusal Ormancılık Programı gibi politika belgelerinde ekosistem işlevleri giderek daha kapsamlı biçimde yer almaya başlamıştır.

Bununla birlikte Türkiye'de ekosistem hizmetlerinin uygulanmasında çeşitli sınırlılıklar bulunmaktadır. Bunlar;

- Ekosistem hizmetlerine ilişkin ulusal veri eksikliği
- Ekonomik değerlendirme çalışmalarının sınırlı olması
- Kurumsal koordinasyon zayıflıkları
- Planlama ve uygulama araçlarının parçalı yapısı
- Yerel ölçekte ekosistem hizmeti envanterlerinin bulunmaması

olarak ifade edilebilir. Türkiye'de havza ölçeğinde ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesine yönelik sınırlı sayıda çalışma bulunmakta olup, Murat Nehri Havzası'nda yapılan çalışma bu alandaki önemli örneklerden biridir (Yetiş Pehlivan, 2022). Bu nedenle ekosistem hizmetlerinin kalkınma planlarında nasıl ele alındığının ortaya konulması, ulusal politika süreçlerinin analiz edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Kalkınma Planlarında Orman Ekosistemi Yaklaşımı ve Ekosistem Hizmetlerinin Dönemsel Analizi

Bu bölümde, Türkiye'nin planlı kalkınma döneminde hazırlanan kalkınma planlarında orman ekosistemi ve ekosistem hizmetlerinin nasıl ele alındığı bütüncül bir yaklaşımla analiz edilmiştir. İnceleme, 1963–2028 yılları arasında yayımlanan on iki kalkınma planının içeriksel, kavramsal ve politik bağlam açısından sistematik olarak karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Değerlendirme sürecinde, hem planların ormancılık politikalarını hangi paradigma çerçevesinde şekillendirdiği hem de ekosistem yaklaşımı ve ekosistem hizmetleri gibi kavramların ulusal politika belgelerine hangi aşamalarda ve hangi içeriklerle dahil olduğu ayrıntılı biçimde ortaya konulmuştur.

Bu kapsamda analiz yalnızca plan metnlerinin betimleyici bir sunumuyla sınırlı tutulmamış; her plan dönemi dört analitik ölçüt çerçevesinde incelenmiştir. Bu ölçütleri;

- orman kaynaklarının planlarda hangi sektörel üst başlık altında konumlandırıldığı
- “ekosistem yaklaşımı”, “çok yönlü yararlanma”, “sürdürülebilir orman yönetimi” gibi kavramlara yapılan doğrudan veya dolaylı göndermeler
- ekosistem hizmetleri kavramının açık ya da örtük biçimde plan metnlerine hangi dönemden itibaren girdiği
- ekosistem hizmetlerinin haritalandırma, ekonomik değerlendirme, karbon tutumu gibi uygulamaya dönük mekanizmalarla desteklenip desteklenmediği

biçiminde sıralamak mümkündür. Söz konusu ölçütler doğrultusunda yapılan içerik çözümlemesi, kalkınma planlarının orman ekosistemlerine ilişkin yaklaşımının zaman içinde belirgin bir

dönüşüm sergilediğini göstermektedir. Bulgular, 1963–1984 döneminde ormanların büyük ölçüde odun üretimi, erozyon kontrolü, kadastro ve kırsal kalkınma ekseninde değerlendirildiğini ve ekosistem–ekosistem hizmetleri kavram setinin henüz politika söylemine girmediğini ortaya koymaktadır. 1985–2000 döneminde “ekosistem yaklaşımı” ve “çok yönlü yararlanma” ilkelerinin plan metinlerinde görünür hale gelmesi, Türkiye’nin ormancılık politikalarında kavramsal bir dönüşümün başladığını göstermektedir. 2001 sonrası dönemde ise sürdürülebilir kalkınma, iklim değişikliği, yeşil ekonomi ve ekosistem hizmetlerine ilişkin kavramlar giderek güçlenen bir şekilde planlara entegre edilmiş; özellikle On Birinci ve On İkinci Kalkınma Planları ekosistem hizmetlerinin tanımlandığı, hedeflendiği ve uygulama araçlarıyla desteklendiği dönemleri temsil etmektedir.

Kalkınma planları bütüncül olarak irdelendiğinde, Türkiye’nin ormancılık politikalarında ve ekosistem yaklaşımında yaklaşık altmış yıllık süreçte belirgin bir kavramsal ve yönetsel dönüşüm yaşandığını ortaya koymaktadır. Elde edilen sonuçlar, bu dönüşümün doğrusal ilerleyen bir süreçten ziyade, üç temel dönemde yoğunlaşan aşamalı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Tablo 2, kalkınma planlarının dönemsel dönüşümünü özetleyen analitik çerçeveyi sunmaktadır. Ek olarak her bir plan döneminde orman ekosistemi ve ekosistem hizmetleri kavramlarının nasıl konumlandırıldığı ayrıntılı biçimde değerlendirilmektedir.

Tablo 2. Kalkınma Planlarında Orman Ekosistemi ve Ekosistem Hizmetlerinin Dönemsel Görünümü

Nitelik	Kalkınma Planı Dönemi	Kalkınma Planlarının Kavramsal Odakları
Kavramsal Odak	I. Dönem	Üretim odaklı ormancılık
	II. Dönem	Ekosistem yaklaşımına geçiş
	III. Dönem	Sürdürülebilir orman yönetimi
	IV. Dönem	Ekosistem hizmetleri entegrasyonu
Orman Ekosistemi Yaklaşımı	I. Dönem	Odun üretimi, erozyon kontrolü, köylü kalkınması
	II. Dönem	Çok yönlü yararlanma, peyzaj, biyoçeşitlilik
	III. Dönem	Su yönetimi, biyolojik çeşitlilik, rekreasyon
	IV. Dönem	Karbon, iklim uyumu, yeşil ekonomi
Ekosistem Hizmetleri Yaklaşımı	I. Dönem	Yok
	II. Dönem	Dolaylı işlevler görünür
	III. Dönem	Kavramsal alt bileşenler belirgin
	IV. Dönem	Açık şekilde tanımlı
Politik Yansıma	I. Dönem	Kaynak-çıktı ilişkisi, tek fonksiyonlu ormancılık
	II. Dönem	Ekosistem yaklaşımının politik dile girmesi
	III. Dönem	Sürdürülebilir kalkınma ile uyum
	IV. Dönem	Ekosistem hizmetlerinin haritalanması, uygulama aracı olması

I. Dönem (1963–1984): Üretim Odaklı ve Sosyo-Ekonomik Yaklaşım: Bu dönemde ormanlar daha çok odun üretimi, yakacak odun ihtiyacının karşılanması, bozuk ormanların ıslahı, erozyon kontrolü ve orman köylüsünün kalkındırılması ekseninde ele alınmıştır. Plan metinlerinde ekosistem kavramına, ekosistem işlevlerine veya ekosistem hizmetlerinin bütüncül bir çerçeve olarak tanımlanmasına rastlanmamaktadır. Bu dönemi karakterize eden temel unsur, ormancılık politikalarının “kaynak-çıktı” ilişkisine indirgenmiş olması ve çok işlevli orman yönetiminin henüz kurumsal bir karşılık bulmamasıdır.

II. Dönem (1985–2000): Ekosistem Yaklaşımına Geçişin Başlaması: Beşinci ve Altıncı Kalkınma Planları ile birlikte ekosistem yaklaşımı klasik ormancılık söyleminin içine girmeye başlamış, ormanların yalnızca odun üretim alanları değil, *su rejiminin düzenlenmesi, erozyon kontrolü, rekreasyon, biyolojik*

çeşitlilik gibi işlevleri olan ekolojik sistemler olduğu tanınmıştır. Bu dönemden itibaren “çok yönlü yararlanma”, “orman peyzajı”, “tabii değerlerin korunması” gibi ifadeler politik söyleme eklenmiş; ekosistem hizmetleri kavramının temelini oluşturan odun dışı faydalar görünür hâle gelmiştir. Bu dönüşüm Türkiye’nin uluslararası ormancılık yaklaşımı ile (FAO’nun 1990’larda geliştirdiği sürdürülebilir orman yönetimi kriterleri gibi) uyum sağlama çabasının erken sinyallerini içermektedir.

III. Dönem (2001–2013): Sürdürülebilir Orman Yönetimi ve Ekosistem İşlevlerinin Genişlemesi: Sekizinci, Dokuzuncu ve Onuncu Kalkınma Planlarında “ekosistem yaklaşımı” artık temel politika ilkesi haline gelmiştir. Ormanların; biyoçeşitlilik, su kaynakları yönetimi, yaban hayatı, ekoturizm, erozyon ve çölleşme ile mücadele gibi temalarla ilişkilendirilmesi, orman ekosistemlerinin çok katmanlı işlevlerinin politika düzeyine taşındığını göstermektedir. Bu dönem, ekosistem hizmetleri kavramının açıkça kullanılmadığı ancak kavramın alt bileşenlerinin politika dilinde güçlü biçimde yer aldığı bir “geçiş dönemi” niteliğindedir.

IV. Dönem (2014–2028): Ekosistem Hizmetlerinin Politika Belgelerine Entegrasyonu: Onuncu, On Birinci ve On İkinci Kalkınma Planları, ekosistem hizmetleri perspektifinin plan belgelerine sistematik şekilde girdiği dönemi temsil etmektedir. Bu dönemde; karbon tutma ve karbon piyasaları, iklim değişikliğine uyum, yeşil ekonomi, ekosistem hizmetlerinin haritalandırılması, ekosistem hizmetlerinin ekonomik değerlemesi, amenajman planlarına entegrasyon gibi uygulamaya dönük mekanizmalar açık politika hedefi haline gelmiştir. Özellikle On İkinci Plan, ekosistem hizmetlerini yalnızca kavramsal olarak değil, ölçülebilir ve raporlanabilir bir yönetim aracı olarak tanımlaması bakımından dönüşümün en ileri aşamasını temsil etmektedir.

Genel Değerlendirme: Dönemsel karşılaştırma, üç temel noktayı açıkça ortaya koymaktadır:

- Türkiye’de ormancılık politikaları, uzun yıllar boyunca üretim ve koruma ekseninde şekillenmiş; ekosistem yaklaşımına geçiş gecikmeli olarak gerçekleşmiştir.
- Ekosistem hizmetleri kavramı ancak 2010 sonrasında plan metinlerine açık bir politika aracı olarak girebilmiştir.
- Kavramsal dönüşümün hızlanmasına karşın; uygulamaya dönük kurumsal kapasite, veri altyapısı, ekonomik değerlendirme mekanizmaları ve sektörel koordinasyon gibi temel unsurlar henüz beklenen düzeyde değildir.

Bu üç temel nokta, kalkınma planlarının yalnızca söylemsel değil, aynı zamanda yönetsel dönüşümün dinamiklerini yansıttığını; ancak ekosistem hizmetleri temelli ormancılık yaklaşımının hala gelişim sürecinde olduğunu göstermektedir.

İlkesel Düzeyden Uygulamaya: Kalkınma Planlarında Ekosistem Hizmetleri Yaklaşımının Eleştirel Analizi

Bu araştırmada, Türkiye’de planlı kalkınma döneminde hazırlanan kalkınma planlarının orman ekosistemi ve ekosistem hizmetleri bağlamında geçirdiği kavramsal ve yönetsel dönüşüm analiz edilmiş; bulgular uluslararası literatür ışığında değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, Türkiye’nin ormancılık politikalarında zaman içinde üretim odaklı yaklaşımdan ekosistem temelli yönetim anlayışına doğru bir geçiş yaşandığını göstermektedir. Bu dönüşüm, küresel ormancılık paradigmasında 1980’lerden itibaren görülen çok işlevli orman yönetimi, sürdürülebilir ormancılık ve ekosistem hizmetleri temelli yönetim yaklaşımlarıyla uyumludur (FAO, 2015; MEA, 2005; IPBES, 2019).

İlk dönem (1963–1984) bulguları, Türkiye’de ormancılık politikalarının uzun süre “geleneksel ormancılık paradigması” olarak tanımlanan üretim-merkezli yaklaşımın hakimiyetinde olduğunu göstermektedir. Bu yaklaşım, literatürde “üretim odaklı ormancılık” olarak anılmakta ve pek çok gelişmekte olan ülkede 20. yüzyıl boyunca baskın olmuştur (Puettmann, Coates & Messier, 2009). Bu dönemde ekosistem kavramının politika belgelerinde yer almaması, dünya ormancılık gündemiyle de paralellik gösterir; zira ekosistem hizmetleri kavramı dahi o yıllarda bilimsel literatürde henüz gelişmemiştir (MEA, 2005).

1985–2000 dönemi, Türkiye’nin uluslararası ormancılık yaklaşımındaki değişime uyum sağlamaya başladığı bir eşik niteliğindedir. Bu yıllarda Avrupa ormancılık politikalarında çok işlevli orman yönetimi ve ekosistem yaklaşımı öne çıkmış; ekosistemlerin ekonomik, sosyal ve ekolojik hizmetlerinin birlikte değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Mery & ark., 2011). Türkiye’de de Beşinci ve Altıncı Kalkınma Planlarında ekosistemlerin su rejimi, erozyon kontrolü ve rekreasyon gibi odun dışı işlevlerinin tanınmaya başlanması, bu küresel dönüşümün yansıması niteliğindedir.

2001–2013 döneminde, sürdürülebilir kalkınma ilkeleri ile sürdürülebilir orman yönetimi anlayışı ulusal politika belgelerine sistematik biçimde dahil olmuştur. Bu durum Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi (1992, 2000) ve FAO’nun sürdürülebilir orman yönetimi kriterleri ile uyum içindedir (FAO, 2015). Orman ekosistemlerinin biyoçeşitlilik, su yönetimi, ekoturizm ve arazi bozunumu gibi temalarla ilişkilendirilmesi, literatürde “ekosistem temelli ormancılık” olarak adlandırılan yaklaşımın Türkiye’de güçlendiğini göstermektedir (Kimmins, 2004). Ancak bu dönem, ekosistem hizmetlerinin açık olarak kullanılmadığı, fakat bileşenlerinin politika belgelerinde güçlü şekilde yer aldığı bir geçiş aşaması niteliğindedir.

2014 sonrası dönem, Türkiye'nin ekosistem hizmetleri yaklaşımını politika düzeyinde tanımladığı ve çeşitli uygulama araçlarıyla desteklemeye başladığı bir dönemi temsil etmektedir. Bu durum özellikle IPBES'in "Nature's Contributions to People" çerçevesinin (IPBES, 2019) uluslararası gündeme girmesinden sonra hızlanmıştır. Onuncu, On Birinci ve On İkinci Kalkınma Planlarında ekosistem hizmetlerinin ekonomik değerlemesi, haritalandırılması ve karbon piyasası gibi uygulamaların hedef olarak belirlenmesi, Türkiye'nin küresel çevre yönetimi normlarıyla uyum sağlama çabasını göstermektedir. Ayrıca yeşil ekonomi yaklaşımı, UNEP (2011) ve OECD (2015) çerçeveleriyle paralel biçimde ulusal planlara entegre edilmiştir.

Ancak bu çalışmanın en önemli bulgularından biri, kavramsal gelişimin uygulama kapasitesiyle eş zamanlı ilerlemediğini ortaya koymasındır. Ekosistem hizmetlerinin ekonomik değerlemesi için gerekli veri altyapısının sınırlı olması (Bateman & ark., 2013), ulusal ölçekte bütüncül ekosistem hizmetleri haritalarının henüz tamamlanmamış bulunması ve ormancılık dışı sektörlerle (tarım, enerji, su yönetimi vb.) zayıf eşgüdüm, literatürde "politika-uygulama açığı" olarak tanımlanan yapısal sorunun Türkiye'de de geçerli olduğunu göstermektedir (Cash & ark., 2003).

Ayrıca, ekosistem hizmetlerinin planlama süreçlerine entegrasyonu, pek çok ülkede olduğu gibi Türkiye'de de yönetsel kapasite, kurumlar arası koordinasyon ve teknik uzmanlık gerektirmektedir. Dolayısıyla, kalkınma planlarında ekosistem hizmetlerinin tanımlanması olumlu bir gelişme olmakla birlikte, bu kavramın yerel ve ulusal ölçekli planlama araçlarına tam entegrasyonu için daha kapsamlı çabalara ihtiyaç vardır (Daily & ark., 2009).

Sonuç olarak, kalkınma planlarının tarihsel analizi Türkiye'nin ormancılık politikalarında önemli bir kavramsal gelişim

yaşandığını göstermekte; ancak ekosistem hizmetlerine dayalı bütüncül bir yönetim anlayışının tam olarak yerleşebilmesi için uygulamaya dönük mekanizmaların güçlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma ve iklim değişikliğine uyum hedeflerini destekleyen ormancılık politikalarının geliştirilmesinde önemli bir çerçeve sunmaktadır.

Sonuç

Bu çalışma, Türkiye'de planlı kalkınma döneminde hazırlanan kalkınma planlarında orman ekosistemi ve ekosistem hizmetlerinin ele alınış biçimini tarihsel ve analitik bir yaklaşımla incelemiştir. Bulgular, Türkiye'nin ormancılık politikalarında geleneksel üretim odaklı yaklaşımdan ekosistem temelli yönetim anlayışına doğru aşamalı bir dönüşüm yaşandığını göstermektedir. Bu dönüşüm, küresel çevre yönetişimi çerçevelerinde 2000'li yıllardan itibaren güçlenen ekosistem hizmetleri yaklaşımıyla uyumludur (MEA, 2005; IPBES, 2019).

Dönemsel analizler, 1963–1984 döneminde orman politikalarının daha çok odun üretimi, erozyon kontrolü ve kırsal kalkınma ekseninde şekillendiğini; ekosistem kavramının politika söylemine henüz girmediğini ortaya koymuştur. 1985–2000 döneminde çok işlevli ormancılık ve ekosistem yaklaşımı kavramlarının görünür hâle gelmesi, Türkiye'nin uluslararası ormancılık politikalarındaki dönüşümle paralel bir yönelim izlediğini göstermektedir (Mery & ark., 2011). 2001–2013 döneminde sürdürülebilir orman yönetimi yaklaşımının planlara sistematik biçimde yansımaları ise biyoçeşitlilik, su yönetimi ve rekreasyon gibi ekosistem işlevlerinin politika düzeyinde önem kazandığını ortaya koymaktadır.

2014 sonrası dönem, ekosistem hizmetlerinin kalkınma planlarına bütüncül bir kavram olarak girdiği ve karbon yönetimi, ekonomik değerlendirme ve haritalandırma gibi uygulamaya dönük mekanizmaların tanımlandığı aşamayı temsil etmektedir. Bu durum, ekosistem hizmetlerine dayalı yönetimin küresel ölçekte yaygınlaşması ile uyumludur (UNEP, 2011). Ancak çalışma, politika belgelerinde kavramsal ilerlemenin hızlı olmasına karşın uygulamaya dönük kapasite, veri bütünlüğü ve kurumlar arası koordinasyon gibi alanlarda belirgin sınırlılıklar olduğunu da ortaya koymaktadır. Bu durum, literatürde “policy–implementation gap” olarak tanımlanan uygulama açığı ile örtüşmektedir (Cash & ark., 2003).

Bu çerçevede elde edilen bulgular, Türkiye’de ekosistem temelli ormancılık anlayışının kurumsal düzeyde güçlendiğini, ancak uygulamaya dönük mekanizmaların daha da geliştirilmesine ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Bu gereksinim doğrultusunda, kalkınma planlarında yer alan hedeflerin somutlaştırılması ve ekosistem hizmetlerinin ulusal politika ve planlama süreçlerine etkin biçimde entegre edilmesi önem kazanmaktadır. Özellikle orman ekosistemlerine ilişkin ulusal düzeyde güncel, mekansal ve tematik olarak bütünleşik bir ekosistem hizmetleri veri altyapısının oluşturulması gerekmektedir. Bu kapsamda karbon stokları, su düzenleme kapasitesi, rekreasyonel kullanım yoğunluğu ve biyolojik çeşitlilik göstergeleri gibi temel hizmetlerin ülke düzeyinde standart yöntemlerle haritalandırılması kritik bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır.

Bununla birlikte ekosistem hizmetlerinin ekonomik değerlemesi, kalkınma planlarında ve ormancılık stratejilerinde hedef olarak yer almakla birlikte henüz kurumsal bir araç niteliği kazanmamıştır. FAO, TEEB ve IPBES çerçeveleri doğrultusunda parasal değerlendirme, maliyet-etkinlik analizi ve ekosistem muhasebesi yaklaşımlarının teknik rehberler hâline getirilmesi, bu alandaki

önemli bir boşluğu giderebilecektir. Ekosistem hizmetlerinin çok sektörlü doğası dikkate alındığında, tarım, enerji, su yönetimi ve turizm gibi sektörlerle koordinasyonun artırılması; özellikle havza ölçekli yönetim, arazi kullanım planlaması ve iklim uyum stratejileri açısından gereklidir.

Ayrıca ekosistem temelli orman yönetiminin etkin biçimde uygulanabilmesi için Orman Genel Müdürlüğü ve ilgili kurumlarda teknik kapasitenin güçlendirilmesi önem taşımaktadır. Bu bağlamda CBS altyapısının geliştirilmesi, ekosistem hizmetleri modelleme becerilerinin artırılması ve planlama süreçlerine yönelik eğitimlerin yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bunun yanı sıra kalkınma planlarında yer alan hedeflerin sorumlu kurumlar, bütçe kaynakları ve izleme göstergeleriyle birlikte daha açık biçimde tanımlanması, politika–uygulama açığının azaltılması açısından kritik bir rol oynayacaktır. Son olarak, amenajman planlarında ekosistem hizmetlerinin dikkate alınması henüz istenilen düzeyde olmadığından, meşcere ve havza bazlı yaklaşımlarla uyumlu ekosistem hizmetleri modüllerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Genel olarak çalışma, Türkiye’de ormancılık politikalarının kavramsal olarak önemli bir ilerleme kaydettiğini, ancak ekosistem hizmetlerine dayalı yönetim anlayışının kurumsal, teknik ve finansal yönleriyle daha da geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu çerçevede ortaya konulan değerlendirmeler, hem kalkınma planlarında tanımlanan hedeflerin uygulanabilirliğinin artırılması hem de ekosistem hizmetlerinin ulusal politika ve planlama süreçlerine etkin biçimde entegre edilmesi açısından yol gösterici niteliktedir.

Kaynakça

Bateman, I. J., Mace, G. M., Fezzi, C., Atkinson, G., & Turner, K. (2013). Economic analysis for ecosystem service assessments. *Environmental and Resource Economics*, 57 (3), 367–372.

Burkhard, B., & Maes, J. (2017). *Mapping ecosystem services*. Sofya: Pensoft Publishers.

Cash, D. W., Clark, W. C., Alcock, F., Dickson, N., Eckley, N., Guston, D. H., Jäger, J., & Mitchell, R. B. (2003). Knowledge systems for sustainable development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100 (14), 8086–8091.

Cılız, Y. (2019). *Kalkınma planlamasında stratejik planlamaya geçişin Türk kamu yönetimi üzerindeki etkisi: Devlet hava meydanları işletmesi örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). Mersin: Mersin Üniversitesi.

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253–260.

Daily, G. C., Polasky, S., Goldstein, J., Kareiva, P. M., Mooney, H. A., Pejchar, L., Ricketts, T. H., Salzman, J., & Shallenberger, R. (2009). Ecosystem services in decision making: Time to deliver. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7 (1), 21–28.

DPT. (1963). *Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1963–1967)*. Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı.

DPT. (1968). *İkinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1968–1972)*. Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı.

DPT. (1973). *Üçüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı (1973–1977)*. Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı.

DPT. (1979). *Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı (1979–1983)*. Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı.

DPT. (1985). *Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1986–1990)*. Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı.

DPT. (2007). *Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007–2013)*. Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı.

FAO. (1999). *State of the world's forests 1999*. (16/06/2025 tarihinde <https://www.fao.org/4/w9950e/w9950e01.htm> adresinden ulaşılmıştır).

FAO. (2015). *Global forest resources assessment 2015: How are the world's forests changing?* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nation.

Geray, U. (1998). *Ulusal çevre eylem planı: Orman kaynaklarının yönetimi*. Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı Yayınları.

Gümüş, C. (2004). *Ormancılık politikası (Cilt 1)*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Matbaası.

IPBES. (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services*. Germany: Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.

Kaya, G. (2002). *Pazarı olmayan ürünler çerçevesinde orman kaynaklarının değerinin belirlenmesi*. (Doktora Tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi.

Kimmins, J. P. (2004). *Forest ecology: A foundation for sustainable forest management and environmental ethics in forestry*. New Jersey: Prentice Hall.

MEA. (2005). *Millennium ecosystem assessment: Ecosystems and human well-being: Synthesis report*. Washington, DC: Island Press.

Glück, P., Rayner, J., & Cashore, B. (2011). Changes in the Governance of Forest Resources. Mery, G., Katila, P., Galloway, G., Alfaro, R. I., Kanninen, M., Lobovikov, M., & Varjo, J. (Eds.), *Forests in the global balance – Changing paradigms* (Volume 25, pp. 51-74). Helsinki: IUFRO World Series.

OECD. (2015). *Towards green growth? Tracking progress*. France: OECD Publishing.

Ok, K. (2018). *Doğa, orman ve ekonomi üzerine notlar*. e-Kitap.

Yetiş Pehlivan, Ş. (2022). *Murat Nehri Havzasında ormanların bazı ekosistem hizmetleri değerlerinin belirlenmesi*. (Doktora Tezi). Çankırı: Çankırı Karatekin Üniversitesi.

Puettmann, K. J., Coates, K. D., & Messier, C. (2009). *A critique of silviculture: Managing for complexity*. Washington, DC: Island Press,.

SBB. (2014). *Onuncu Kalkınma Planı (2014–2018)*. Ankara: Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı.

SBB. (2019). *On Birinci Kalkınma Planı (2019–2023)*. Ankara: Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı.

SBB. (2023). *On İkinci Kalkınma Planı (2024–2028)*. Ankara: Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı.

Tansley, A. G. (1935). The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, 16 (3), 284–307.

TC Kalkınma Bakanlığı. (1990). *Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı (1990–1994): Ormancılık Özel İhtisas Komisyonu Raporu*. Ankara: Kalkınma Bakanlığı.

TC Kalkınma Bakanlığı. (1995). *Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1996–2000): Ormancılık Özel İhtisas Komisyonu Raporu*. Ankara: Kalkınma Bakanlığı.

TC Kalkınma Bakanlığı. (2001). *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001–2005): Ormancılık Özel İhtisas Komisyonu Raporu*. Ankara: Kalkınma Bakanlığı.

TEEB. (2010). *Mainstreaming the economics of nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*. Malta: TEEB – United Nations Environment Programme.

Türker, M. F., Yeşilyurt, E. N., & Yılmaz, C. (2017). Evaluation of the relationship between rural development and destruction of forest resources in Turkish forestry in the framework of Turkish development plans and determinations for Kazakh forestry. *Biological Diversity and Conservation*, 10 (2), 68–72.

UNEP. (2011). *Towards a green economy: Pathways to sustainable development and poverty eradication*. Nairobi: United Nations Environment Programme.

World Commission on Environment and Development (WCED). (1987). *Our common future*. New York: Oxford University Press.

BÖLÜM 2

KURAKLIĞIN ETKİLERİ

HUREM DUTAL¹

Giriş

Kuraklık, doğal afetler arasında etkisi en geniş alanlara yayılan, ortaya çıkışı yavaş ancak sonuçları uzun süre hissedilen bir olgudur. Diğer doğa olaylarından farklı olarak, kuraklık belirli bir anda meydana gelmemektedir. Uzun süreli yağış azlığı, artan sıcaklıklar ve su kaynaklarının tükenmesiyle zaman içinde gelişmektedir. Bu özelliği nedeniyle kuraklık, hem izlenmesi hem de yönetilmesi en güç çevresel sorunlardan biridir (Wilhite & Pulwarty, 2017).

Son yıllarda, küresel iklim değişikliği kuraklığın sıklığını, şiddetini ve süresini önemli ölçüde artırmıştır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin 6. Değerlendirme Raporu'na göre, 1950'lerden bu yana özellikle Akdeniz havzası, Güney Afrika, Batı Amerika ve Avustralya gibi bölgelerde meteorolojik ve hidrolojik kuraklıkların daha sık ve yoğun yaşandığı tespit edilmiştir (IPCC, 2021). Bu durum, yalnızca su kaynakları yönetimini değil, tarımsal

¹ Doçent Doktor, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Orcid: 0000-0002-0944-6872

retimden enerji arzına, gıda güvenliğinden toplumsal istikrara kadar birçok alanı doğrudan etkilemektedir (FAO, 2023a).

Kuraklık olgusu genellikle meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklık olarak sınıflandırılmaktadır. Meteorolojik kuraklık, uzun süreli yağış azlığına dayanmaktadır. Tarımsal kuraklık, toprağın nem içeriğinin bitkisel üretimi sürdüremeyecek düzeye inmesiyle tanımlanmaktadır. Hidrolojik kuraklık, yüzey ve yeraltı su kaynaklarında önemli düşüşlerle kendini göstermektedir. Tüm bunların bir sonucu olarak sosyoekonomik kuraklık ise su kıtlığının ekonomik faaliyetler ve toplumsal yaşam üzerindeki sonuçlarını ifade etmektedir (Wilhite & Glantz, 1985). Bu türlerin birbiriyle keşişen etkileri, kuraklığın çok boyutlu yapısını ortaya koymaktadır.

Kuraklığın etkileri yalnızca fiziksel veya çevresel düzeyde kalmamaktadır. Ekonomik ve sosyal sistemleri etkileyen zincirleme bir süreç oluşmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde tarımsal üretimin iklim koşullarına yüksek bağımlılığı ekonomik kırılganlığı artırmaktadır. Ayrıca su teminine bağlı sektörlerde istihdam ve gelir kayıplarına yol açmaktadır (OECD, 2016). Bununla birlikte, kuraklığın toplumsal etkileri genellikle ekonomik ve çevresel etkiler kadar görünür olmasa da uzun vadede daha derin sonuçlar yaratmaktadır (UNCCD, 2023).

Bu çalışmada kuraklığın ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri bütüncül bir bakış açısıyla incelenecektir. Böylece kuraklığın yalnızca bir su kıtlığı olgusu değil, küresel ölçekte ekonomik istikrarı, toplumsal refahı ve ekolojik dengeyi tehdit eden çok boyutlu bir kriz olduğu vurgulanacaktır.

Kuraklığın Ekonomik Etkileri

1. Doğrudan Ekonomik Etkiler

Kuraklığın doğrudan ekonomik etkileri, genellikle doğal kaynak temelli üretim faaliyetlerinde ortaya çıkan somut kayıplar üzerinden tanımlanabilir. Bu etkiler tarımsal üretimde azalma, hayvancılık sektöründe verim düşüşü, enerji üretiminde kesintiler ve su kaynaklarının kullanım maliyetlerindeki artış gibi sonuçlar doğurmaktadır (FAO, 2021). Bu bağlamda, kuraklığın doğrudan etkileri özellikle tarım ve suya bağımlı sektörlerde yoğunlaşmaktadır.

a. Tarımsal Üretim Üzerindeki Etkiler

Tarımsal üretim, iklim koşullarına en duyarlı ekonomik faaliyetlerden biridir. Yağışların azalması ve toprak neminin düşmesi, bitkisel üretimde ciddi verim kayıplarına yol açmaktadır. FAO'nun verilerine göre, son 20 yılda küresel ölçekte tarımsal üretim kayıplarının yaklaşık üçte biri kuraklıktan kaynaklanmıştır. Özellikle tahıl, bakliyat ve yem bitkileri gibi suya bağımlı ürünlerde üretim kayıpları dramatik seviyelere ulaşabilmektedir (FAO, 2021). Örneğin, 2010 yılında Çin'in kuzeyinde yaşanan şiddetli kuraklık, ülkenin buğday üretimini düşürmüştü ve küresel tahıl piyasalarında fiyat dalgalanmalarına neden olmuştur (FAO, 2011). Benzer biçimde, 2012–2016 yılları arasında ABD'nin Kaliforniya eyaletinde yaşanan kuraklık döneminde, mevcut verilere göre eyaletin toplam tarımsal gelirinde yaklaşık 3,8 milyar ABD doları tutarında kayıp yaşanmıştır (Lund & ark, 2018). Bu örnekler, kuraklığın yalnızca yerel üretimi değil, küresel gıda arz zincirini de doğrudan etkilediğini göstermektedir.

b. Hayvancılık ve Gıda Üretim Zinciri

Kuraklık, otlak alanların kuruması ve yem üretimindeki azalma nedeniyle hayvancılık sektörünü de doğrudan etkilemektedir. Su kıtlığı, hayvanların beslenme ve sağlık koşullarını zorlaştırırken, üretim maliyetlerini artırmaktadır. Avustralya'da 2017-2019 yılında yaşanan uzun süreli kuraklık, ülkenin sığır sayısında azalmaya neden

olmuş ve et fiyatlarında ciddi artışlar yaşanmıştır (Zhang, 2025). Benzer şekilde, Etiyopya’da sıklaşan kuraklık dönemleri tarıma bağımlı toplulukların geçim kaynaklarını tehdit etmiş, hayvan ölümleri ve göç hareketleriyle sonuçlanmıştır (Tofu, 2024). Bu durum, kuraklığın doğrudan ekonomik etkilerinin yalnızca üretim kaybıyla sınırlı olmadığını aynı zamanda geçim ekonomileri üzerinde yıkıcı sonuçlar doğurduğunu ortaya koymaktadır.

c. Enerji Üretimi ve Sanayi Sektörü

Kuraklık, hidrolojik döngüyü etkileyerek hidroelektrik üretimini azaltmaktadır. Akarsu debilerinin ve baraj seviyelerinin düşmesi enerji arzında kesintilere neden olmaktadır. Bu durum yalnızca enerji üretim kapasitesini azaltmakla kalmamakta aynı zamanda sanayi ve hizmet sektörlerinde üretim maliyetlerini artırmaktadır (Scanlon & ark, 2013; Qiu & ark, 2023). Brezilya’da 2015 yılında yaşanan şiddetli kuraklık sırasında ülkenin hidroelektrik üretim kapasitesi oldukça azalmış ve enerji fiyatları kısa bir süre içinde artmıştır (Hunt & ark, 2018). Güney Afrika’da 2016 yılında yaşanan kuraklık hem enerji hem de su temin maliyetlerinde ciddi artışlara yol açarak üretim sektörlerinde verim düşüşüne neden olmuştur (Afuye & ark, 2025).

d. Su Kaynakları Yönetimi ve Ekonomik Maliyetler

Kuraklığın doğrudan etkilerinden biri de suyun ekonomik değerini hızla artırmasıdır. Su arzının azalması, tarım, sanayi ve hane halkı kullanımında rekabeti artırmakta ve suyun fiyatlandırılmasını karmaşık bir hale getirmektedir. Birçok ülkede kuraklık dönemlerinde su tahsis politikaları gözden geçirilmekte, bu da kısa vadede maliyet artışları ve üretim kısıtlamalarıyla sonuçlanmaktadır (OECD, 2015). Su kaynaklarının azalması ayrıca altyapı yatırımlarını zorunlu kılmaktadır. Yeni kuyuların açılması, sulama sistemlerinin modernizasyonu veya su transfer projeleri gibi

önlemler, kamu bütçeleri üzerinde ek yük oluşturmaktadır. Dolayısıyla, kuraklık yalnızca gelir kayıplarına değil, ek yatırım maliyetlerine de neden olarak doğrudan ekonomik baskı yaratmaktadır (OECD, 2025).

2. Dolaylı Ekonomik Etkiler

Kuraklığın ekonomik etkileri, yalnızca üretim ve gelir kayıplarıyla sınırlı değildir. Kuraklık, ekonomi genelinde dolaylı etkiler yaratarak piyasa istikrarını, istihdamı, gelir dağılımını ve kamu maliyesini etkileyen çok katmanlı bir kriz haline gelmektedir. Bu etkiler genellikle zincirleme süreçler aracılığıyla ortaya çıkmaktadır. İlk olarak tarımsal üretim kaybı gıda arzını düşürmektedir. Sonrasında fiyat artışları enflasyonu tetiklemektedir. Bu durumdan düşük gelirli kesimler daha fazla etkilenmekte ve sonuç olarak ekonomik eşitsizlikler derinleşmektedir (UNDRR, 2021).

a. Gıda Fiyatları ve Enflasyonist Baskılar

Kuraklık dönemlerinde en belirgin dolaylı ekonomik etki gıda fiyatlarındaki artışlardır. Yağış azlığı ve üretim düşüşleri özellikle tahıl ve temel gıda ürünlerinin arzını azaltarak fiyat oynaklığını artırmaktadır (Kacperska & ark, 2025). 2010 yılında Rusya’da yaşanan şiddetli kuraklık, buğday ihracatını ciddi ölçüde azaltmıştır. Bu durum küresel gıda fiyat endeksinde %20 artışa yol açmıştır (Hunt & ark, 2021). Bu gibi artışların tetiklediği ekonomik baskının özellikle ithalata bağımlı ülkelerde yaşam maliyetlerini yükselteceği ve gelir grupları arasındaki farkı daha da derinleştireceği gayet açıktır. Kuraklık süreci yalnızca tarımsal üreticileri değil, tüketici pazarlarını ve kamu ekonomilerini de etkilemektedir. Enflasyonist baskılar düşük gelirli hane halklarının gıda erişimini zorlaştırdığından devletlerin sosyal yardım harcamalarının artmasına neden olmaktadır. Böylece kuraklık,

dolaylı biçimde kamu bütçelerinde ek bir mali yük yaratmaktadır (Aslin & Russell, 2008).

b. İstihdam Kaybı ve Gelir Dağılımı Üzerindeki Etkiler

Kuraklık, tarım ve suya bağlı sektörlerde istihdam kayıplarına yol açmaktadır. Tarımsal üretimdeki azalma, iş gücü talebini düşürürken kırsal kesimden kentlere göçü teşvik etmektedir (Foresight, 2011, Almulhim & ark, 2024). Bu göç hareketi, kentlerde işsizlik oranlarının artmasına ve kayıt dışı istihdamın yaygınlaşmasına neden olabilmektedir. Ayrıca, kuraklıktan en fazla etkilenen kesimler genellikle düşük gelirli, küçük ölçekli üreticiler ve gündelik işçiler olmaktadır. Bu gruplar, gelirlerini tarımsal faaliyetlerden sağladıkları için kuraklık dönemlerinde gelir eşitsizlikleri daha da artmaktadır. Bu durum, uzun vadede yoksulluk oranlarında kalıcı artışlara ve toplumsal refahın azalmasına neden olmaktadır (Tahasin & ark, 2024).

c. Sigorta, Finans ve Kredi Sistemleri Üzerindeki Etkiler

Kuraklık, finansal sistemler üzerinde de dolaylı etkiler yaratmaktadır. Sigorta sektörü tazminat taleplerinin artması nedeniyle büyük maliyetlerle karşılaşmaktadır. Sigorta sisteminin yeterince gelişmediği ülkelerde, üreticiler zararlarını telafi edememekte ve borçlarını ödemekte zorlanmaktadır. Bu durum, kredi geri ödemelerinde aksama ve finansal risklerin artışı anlamına gelmektedir (Gürbüz & Bayazıt Hayta, 2020). Örneğin, ABD’de 2012 yılı kuraklığı sırasında tarım sigortası tazminat ödemeleri 11 milyar ABD dolarını aşmış, bu da sigorta şirketlerinin likidite sorunlarıyla karşılaşmasına neden olmuştur (Vergara & Zuba, 2012).

d. Makroekonomik İstikrar ve Bütçe Dinamikleri

Kuraklığın dolaylı etkileri ulusal ekonomilerde makroekonomik istikrarı da tehdit edebilmektedir. Tarımsal üretimdeki düşüş ihracat gelirlerinde azalmaya yol açarken, artan gıda fiyatları ise ithalat bağımlılığının yükselmesine neden olmaktadır. Bu durum dış ticaret dengesini olumsuz etkilemektedir (IMF, 2021). Aynı zamanda devletlerin, gıda sübvansiyonları, sosyal yardım programları ve su altyapısı yatırımları için ek bütçeler ayırması gerekebilmektedir. Bu mali baskı, özellikle gelişmekte olan ülkelerde kamu borç oranlarını artırmasına neden olarak uzun vadeli mali sürdürülebilirliği zayıflatmaktadır (UNDP, 2024). Dolaylı ekonomik etkiler, ayrıca yatırım kararlarını ve üretim planlamasını da etkilemektedir. Kuraklık riskinin yüksek olduğu bölgelerde özel sektör yatırımları azalmaktadır. Sigorta primleri ve risk maliyetleri yükseldiği için üreticiler daha düşük riskli ancak düşük getirili sektörlere yönelmektedir (GCA, 2022). Bu durum, ekonomik büyüme potansiyelinin sınırlanmasına neden olmaktadır.

Sonuç olarak kuraklığın doğrudan ekonomik etkileri kısa vadede ölçülebilir üretim kayıpları şeklinde görülse de, uzun vadede bu etkiler ekonomik sistemleri zayıflatmaktadır. Tarım ve enerji gibi stratejik sektörlerdeki kayıplar ekonomik büyüme hedeflerini sekteye uğratmaktadır. Gıda güvenliği, istihdam ve gelir dağılımı üzerinde de zincirleme sonuçlar doğurmaktadır. Kuraklığın dolaylı ekonomik etkileri ise, doğrudan kayıplardan daha uzun süreli ve karmaşık sonuçlar doğurmaktadır. Gıda fiyatlarındaki artış, istihdam kaybı, gelir eşitsizliği ve finansal istikrarsızlık gibi süreçler ekonomilerin yapısal kırılganlıklarını artırmaktadır. Tüm bu etkiler tablo 1’de toplu halde görülebilir.

Tablo 1. Kuraklığın Ekonomik Etkileri

Etkiler	Nedenler	Sonuçlar
Tarımsal üretim kayıpları	Yağış azalması, sulama kısıtları	Ürün veriminde düşüş, gıda arzında azalma, tarımsal gelir kaybı

Etkiler	Nedenler	Sonuçlar
Hayvancılıkta üretim gerilemesi	Otlakların kuruması, su yetersizliği	Sığır ve küçükbaş hayvan kayıpları, yem maliyetlerinde artış
Su Kaynakları maliyetinde artma	Su arzının azalması	Suyun ekonomik değerinin artması, devlet maliyesine ek yük
Gıda fiyatlarında artış ve enflasyon	Arz-talep dengesizliği	Küresel gıda fiyat endeksinde artış, ithalat bağımlılığı
Enerji üretiminde azalma	Hidroelektrik rezervuar seviyelerinin düşmesi	Elektrik üretiminde kesintiler, enerji fiyatlarında dalgalanma
İstihdam kayıpları	Tarım ve yan sektörlerde üretim daralması	Kırsal işsizlikte artış, kentlere göç
Makroekonomik etkiler	GSYİH büyümesinde azalma, bütçe açıkları	Kalkınma hızında yavaşlama, ekonomik kırılganlık artışı
Sigorta ve finans sektörüne etkiler	Tarımsal hasar ödemeleri, risk primlerinde artış	Tarım sigortası sistemlerinde mali yük, finansal istikrarsızlık

Kuraklığın Çevresel (Ekolojik) Etkileri

1. Doğrudan Çevresel Etkiler

a. Su Kaynaklarının Azalması ve Hidrolojik Dengesizlik

Kuraklık, su döngüsünün tüm bileşenlerini etkileyerek hidrolojik dengesizlik yaratmaktadır. Yağış miktarındaki azalma yeraltı su seviyelerinin düşmesine, göl ve nehirlerin kurumasına ve su kalitesinin bozulmasına yol açmaktadır (FAO, 2021). Özellikle kapalı havzalarda (örneğin Aral Gölü, Çad Gölü gibi), uzun süreli kuraklık dönemleri su kaynaklarının daralma süreçlerini hızlandırmıştır. Yeraltı sularının aşırı çekilmesiyle birleşen kuraklık koşulları akiferlerin tükenmesi ve toprak çökmesi gibi kalıcı jeomorfolojik değişimlere neden olmaktadır (UN, 2022). Ayrıca su sıcaklıklarındaki artış çözünmüş oksijen miktarını azaltarak tatlı su ekosistemlerinde biyotik bir stres yaratmaktadır (Yavuz, 2025).

b. Toprak Bozulması ve Erozyon Süreçleri

Kuraklık, toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini olumsuz yönde etkileyerek verimliliği düşürmektedir. Nem eksikliği organik madde döngüsünü yavaşlatmaktadır. Ayrıca toprak mikroorganizmalarının aktivitesi azalmakta ve agregat stabilitesi de bozulmaktadır. Bununla birlikte devam eden süreçte bitki örtüsünün azalmasıyla birlikte rüzgâr ve su erozyonu hızlanmaktadır. Özellikle yarı kurak ve kurak bölgelerde, bu süreç çölleşme riskini artırmaktadır. Kuraklık toprağın yalnızca fiziksel özelliklerinin kötüleşmesine değil, aynı zamanda biyolojik üretkenlik açısından da azalmasına yol açmaktadır (Lal, 2001).

c. Bitki Örtüsü ve Ekosistem Üretkenliği Üzerindeki Etkiler

Bitkiler, su stresine karşı en hızlı tepki veren canlılardır. Kuraklık dönemlerinde fotosentez oranı azalmakta, bitki büyümesi yavaşlamakta ve dolayısıyla biyokütle üretimi düşmektedir (Ciais & ark, 2005). Uzun süreli su eksikliği, kök sistemlerinin zayıflamasına ve bitki ölümlerinde artışa neden olmaktadır. Bir çalışmada dağlık bitki örtüsündeki kaybın yaklaşık %11'i öncelikli olarak kuraklığa atfedilmektedir (Yang & ark, 2025). Kuraklık ve sıcak hava dalgalarının birlikte etkisiyle orman yangınları artmaktadır (Knutzen & ark, 2025). Bu durum, karbon döngüsünde tersine bir etki yaratarak atmosferdeki CO₂ yoğunluğunu yükseltmektedir (Jones & ark, 2024).

2. Dolaylı Çevresel Etkiler

a. Biyolojik Çeşitliliğin Azalması

Kuraklık, habitat kaybı ve ekosistem parçalanması yoluyla biyolojik çeşitliliğin azalmasına neden olmaktadır. Suya bağımlı ekosistemler (örneğin sulak alanlar, nehir deltaları ve göl çevreleri) en yüksek risk altındaki alanlardır. Kuraklık, yalnızca türlerin yok

olmasına değil, aynı zamanda göçü ve üreme dlerinin bozulmasına da yol amaktadı. Kuş türleri, balıklar ve amfibiler gibi suya bağımlı organizmalar habitat kaybı nedeniyle popülasyonlarını sürdüremez hale gelmektedir (Convention on Wetlands, 2025). Bu durum, ekosistem hizmetlerinde (rneğin tozlaşma, su arıtımı, karbon depolama) azalmaya neden olmaktadır (Cardinale & ark, 2012).

b. Karbon ve Azot Dlerinde Bozulma

Kuraklık, karasal ekosistemlerde karbon yutak kapasitesini azaltmaktadır (Zeng & ark, 2023). Aynı zamanda, mikroorganizma faaliyetlerinin azalması azot dsn bozmaktadır. Bu durum toprak verimliliğinin düşmesine ve biyokimyasal dengesizliklere yol açmaktadır (Homyak & ark, 2017). Uzun süreli kuraklıklar, özellikle tropik ormanlarda karbon nötrlüğünü tehdit eden bir etki yaratmaktadır. IPCC raporuna göre, 21. yüzyılın ortalarına kadar kuraklık nedeniyle tropik ormanların yıllık karbon yutak kapasitesinde %30'a varan azalma beklenmektedir (IPCC, 2022).

c. Ekosistem Hizmetlerinde Azalma

Kuraklık, doğanın insanlara sunduğu ekosistem hizmetlerinin (gıda üretimi, su arıtımı, iklim düzenleme, kültürel hizmetler) kalitesini düşürmektedir. Örneğin, toprak neminin azalması suyun doğal filtrasyon sürecini bozmaktadır. Bununla birlikte orman kaybı su tutma kapasitesini düşürürken, sulak alanların yok olmasıyla biyolojik arıtma süreçleri zayıflamaktadır (MEA, 2005). Bu durum, insan toplumlarının ekolojik dayanıklılığını da azaltmaktadır. Özellikle tarım ve su yönetimi sistemleri doğrudan bu ekosistem hizmetlerine bağımlı olduğundan, çevresel bozulma ekonomik ve sosyal kırılganlığı artırmaktadır (UNEP, 2021).

d. İklim Sistemi Üzerindeki Geri Besleme Etkileri

Kuraklık yalnızca iklim değişikliğinin bir sonucu değil, aynı zamanda onu hızlandıran bir süreçtir. Toprak neminin azalması ve bitki örtüsünün tahribi, albedo artışı ve buharlaşma azalması yoluyla atmosferik enerji dengesini değiştirmektedir (Seneviratne & ark, 2010). Bu da yüzey sıcaklıklarının yükselmesine ve daha sık sıcak hava dalgalarına neden olmaktadır. Ayrıca, bitki örtüsünün azalmasıyla birlikte karbon salımı artmakta ve atmosferik geri besleme mekanizmaları devreye girmektedir. Bu süreç, özellikle Akdeniz gibi yarı kurak bölgelerde sıcaklık ve kuraklık arasında kısır bir döngü oluşmasını tetiklemektedir (IPCC, 2022).

Sonuç olarak kuraklığın çevresel ya da ekolojik etkileri doğrudan su ve toprak kaynakları üzerindeki baskılardan başlayarak, ekosistemlerin yapısal bütünlüğüne kadar uzanan çok boyutlu bir süreçtir. Bu bağlamda biyolojik çeşitlilik kayıpları, karbon döngüsündeki bozulmalar ve ekosistem hizmetlerindeki azalmalar küresel çevre krizinin önemli bileşenlerini oluşturmaktadır. Kuraklığın çevresel (ekolojik) etkileri tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Kuraklığın Çevresel (Ekolojik) Etkileri

Etkiler	Nedenler	Sonuçlar
Su kaynaklarının azalması	Yağış eksikliği, yeraltı su çekimi, buharlaşma artışı	Nehir ve göllerin küçülmesi, su kalitesinin düşmesi, ekosistem kaybı
Toprak bozulması ve erozyon	Toprak neminin azalması, bitki örtüsü kaybı	Organik madde azalışı, çölleşme, toprak verimliliğinde kalıcı düşüş
Bitki örtüsü tahribi	Fotosentez azalması, ısı stresi	Bitki mortalitesinde artış, orman yangınları, karbon salımı artışı
Biyolojik çeşitlilik kaybı	Habitat daralması, suya bağımlı türlerin yok oluşu	Sulak alan kayıpları, tür göç döngülerinde bozulma

Etkiler	Nedenler	Sonuçlar
Karbon ve azot döngüsünde bozulma	Fotosentez azalması, mikrobiyal aktivite düşüşü	Karbon salımı artışı, toprak verimliliği kaybı
Ekosistem hizmetlerinde azalma	Su tutma ve filtrasyon kapasitesinin zayıflaması	Tarımsal üretim düşüşü, gıda güvencesi riski
İklim geri besleme etkileri	Buharlaşıma azalması, albedo artışı	Yüzey sıcaklıklarının yükselmesi, kuraklık-sıcaklık döngüsü

Kuraklığın Sosyal Etkileri

1. Doğrudan Sosyal Etkiler

Kuraklığın doğrudan sosyal etkileri, su ve gıda kıtlığı, yaşam standartlarında düşüş, sağlık sorunları, göç hareketleri ve eğitim hizmetlerinde aksama gibi hemen hissedilen toplumsal sonuçlar üzerinden tanımlanmaktadır. Bu etkiler, doğrudan insan yaşamını tehdit eden, kısa vadede fiziksel ve psikososyal refahı azaltan dinamiklerdir (Wilhite & Pulwarty, 2017). Özellikle kırsal alanlarda ve suya bağımlı geçim sistemlerinin hâkim olduğu bölgelerde, kuraklık toplumsal yapıyı hızla dönüştürebilmektedir (FAO, 2021).

a. Su ve Gıda Erişiminde Kısıtlılık

Kuraklığın en belirgin ve doğrudan sosyal sonucu, suya erişimde azalmadır. Azalan yağışlar, yeraltı su seviyelerinin düşmesi ve su kaynaklarının kirlenmesi, hem içme suyu hem de tarımsal sulama açısından ciddi yetersizlikler yaratmaktadır. Bu durum, özellikle düşük gelirli toplum kesimlerinde günlük yaşam koşullarını zorlaştırmaktadır (UN, 2023). CRED & UNDRR (2020) verilerine göre, 2000-2019 yılları arasında yaşanan şiddetli kuraklık olayları dünya genelinde 1,43 milyar insanın su güvencesizliği yaşamasına yol açmıştır. Afrika Boynuzu, Güney Asya ve Latin Amerika'nın kurak bölgelerinde, hanelerin suya ulaşmak için kat etmek zorunda kaldıkları mesafe ve süre belirgin biçimde artmıştır. Örneğin Afrika

ve Asya’da kırsal kesimde yaşayan kadınlar günlük su temini için ortalama 6 kilometre yürümek zorunda kalmaktadır (Edelstein, 2013). Gıda erişimi açısından ise kuraklık, üretim kayıplarının yanı sıra gıda fiyatlarının artışı yoluyla beslenme yetersizliğine neden olmaktadır. Bu durum, özellikle çocuklarda ve yaşlılarda beslenme yetersizlikleri ve mikrobesein eksiklikleri gibi ciddi sağlık sorunlarına yol açmaktadır (Vellakkal & ark, 2015).

b. Sağlık Üzerindeki Doğrudan Etkiler

Kuraklık, hem fiziksel sağlık hem de ruhsal sağlık üzerinde doğrudan etkilere sahiptir. Fiziksel sağlık açısından en önemli sonuçlar, su kaynaklı hastalıkların (örneğin kolera, dizanteri, tifo) artması, toz fırtınaları nedeniyle solunum yolu rahatsızlıklarının çoğalması ve ısı stresine bağlı hastalıkların yaygınlaşmasıdır (Bellizzi & ark, 2020). Sahel bölgesinde 2017 kuraklığı çocuklarda geçen yıla oranla %50 daha fazla akut yetersiz beslenme sorununa neden olmuş ve yaklaşık 1,6 milyon çocuğu etkilemiştir (URL-1). Ruhsal sağlık açısından, uzun süreli kuraklık dönemleri bireylerde anksiyete, depresyon ve umutsuzluk duygularını artırmaktadır. Avustralya’da kuraklık dönemlerinde kırsal bölgelerde yaşayan çiftçilerin intihar oranlarının arttığı belirtilmektedir (Hanigan & ark, 2012). Bu durum, kuraklığın yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda psikososyal bir kriz olduğunu göstermektedir.

c. Eğitim ve Toplumsal Yaşam Kalitesindeki Düşüş

Kuraklık, hane halkı gelirlerini azaltarak çocukların eğitime erişimini doğrudan etkilemektedir. Birçok bölgede aileler, gıda veya su temini için çocuk iş gücüne başvurmakta ya da eğitim harcamalarını kısma yoluna gitmektedir (UNICEF, 2023). Kuraklık ayrıca toplumsal yaşam kalitesini de düşürmektedir. Kadınların ve çocukların su temini için harcadıkları zamanın artması eğitim, sosyal katılım ve istihdam olanaklarını sınırlamaktadır. Bu durum

toplumsal cinsiyet eşitsizliklerini derinleştirmekte ve kadınların ekonomik bağımsızlıklarını olumsuz etkilemektedir (UN Women & UNEP, 2020).

d. Zorunlu Göç ve Yerinden Olma

Kuraklığın en somut sosyal etkilerinden biri zorunlu göçtür. Tarımsal üretimin sürdürülemez hale gelmesi kırsal nüfusu geçim kaynaklarını kaybetmeye zorlamaktadır. Bu durum kırsal alanlardan kent merkezlerine doğru yoğun göç hareketleri doğurmaktadır. Göç eden topluluklar çoğu zaman barınma, sağlık, eğitim ve iş olanaklarına erişimde ciddi zorluklar yaşamaktadır. Bu süreç, hem göç veren hem de göç alan bölgelerde sosyal baskıları artırmakta ve kentlerde altyapı üzerinde ek yük oluşturmaktadır (Rigaud & ark, 2018).

e. Toplumsal İlişkiler ve Sosyal Uyum

Kuraklık, kaynak kıtlığı nedeniyle toplum içinde rekabeti artırmaktadır. Su ve gıda kaynaklarına erişim konusunda ortaya çıkan eşitsizlikler, sosyal çatışma riskini yükseltmektedir. Bu durum, özellikle zayıf yönetim yapılarına sahip bölgelerde etnik veya topluluk temelli gerilimleri tetikleyebilmektedir. Örneğin, 2007–2010 yılları arasında Suriye’de yaşanan şiddetli kuraklık, kırsal nüfusun büyük bölümünü tarımsal üretimden koparmış ve iç göç dalgasını tetikleyerek kentsel alanlarda sosyal istikrarsızlığı artırmıştır (Kelley & ark, 2015). Bu örnek, kuraklığın doğrudan sosyal etkilerinin siyasi ve güvenlik boyutlarına da uzanabileceğini göstermektedir.

2. Dolaylı Sosyal Etkiler

Kuraklığın dolaylı sosyal etkileri, genellikle zaman içinde birikerek ortaya çıkan, toplumların sosyal dokusunu, kültürel yapısını ve yönetim süreçlerini dönüştüren sonuçlardır. Bu etkiler, doğrudan fiziksel kayıplardan ziyade sosyoekonomik dinamikler

üzerindeki uzun vadeli değişimleri temsil etmektedir. Dolaylı sosyal etkiler; yoksulluk döngüsünün derinleşmesi, toplumsal eşitsizliklerin artması, sosyal sermayenin zayıflaması, kültürel mirasın erozyonu ve güvenlik risklerinin yükselmesi gibi çok boyutlu süreçleri içermektedir (Wilhite & Pulwarty, 2017).

a. Yoksulluk Döngüsünün Derinleşmesi

Kuraklık geçici bir doğal afet olmaktan öte uzun vadede yoksulluk döngüsünü pekiştiren bir süreçtir. Tarımsal gelirlerdeki düşüş, istihdam kayıpları ve artan yaşam maliyetleri özellikle kırılgan toplum kesimlerinde sürdürülebilir geçim kaynaklarını ortadan kaldırmaktadır (FAO, 2023b). Bu durum, yoksulluğun yapısal hale gelmesine ve sosyal hareketliliğin sınırlandırılmasına yol açmaktadır. Kuraklık dönemlerinin ardından hane halkı gelirlerinde azalmalar yaşanabilmekte ve bu azalmalar bir sonraki nesillerin eğitim ve sağlık harcamalarını da kısıtlayabilmektedir (Hyland & Russ, 2019).

b. Toplumsal Eşitsizlik ve Sosyal Adalet Sorunları

Kuraklık mevcut toplumsal eşitsizlikleri derinleştirmekte ve kaynaklara erişim açısından adaletsizlikleri artırmaktadır. Su, gıda ve enerjiye erişimde ortaya çıkan farklılıklar, sosyoekonomik sınıflar arasındaki uçurumu büyötmektedir. Özellikle kırsal-kentsel ayrımı, bu süreçte belirginleşmektedir. Kentlerde yaşayan nüfus, altyapı olanakları nedeniyle su ve gıdaya daha kolay ulaşabilirken, kırsal bölgelerde yaşayanlar göreceli olarak yoksullaşma sürecine girmektedir (Abrams & ark, 2021). Toplumsal cinsiyet açısından da benzer bir asimetri gözlenmektedir. Kuraklık dönemlerinde kadınlar su temini, gıda hazırlığı ve aile bakımında artan iş yüküyle orantısız biçimde etkilenmektedir (UNCCD & FAO, 2024). Bu durum, kadınların eğitim ve istihdam fırsatlarını sınırlamakta ve toplumsal cinsiyet temelli yoksulluğu kalıcı hale getirmektedir.

c. Sosyal Sermayenin ve Toplumsal Dayanışmanın Zayıflaması

Kuraklık toplumların sosyal dokusunu oluşturan güven, yardımlaşma ve dayanışma ilişkilerini zayıflatabilmektedir. Su ve gıda gibi sınırlı kaynaklar üzerinde ortaya çıkan rekabet, toplumsal dayanışma mekanizmalarını aşındırmaktadır (Sesugh Aule, 2025). Bu süreç, topluluk içi işbirliği ağlarının çözülmesine, bireysel çıkarların ön plana çıkmasına ve sosyal sermayenin azalmasına yol açmaktadır. Özellikle uzun süreli kuraklık yaşayan bölgelerde, geleneksel kolektif su yönetimi sistemleri bozulmakta ve yerini bireysel çıkar ilişkilerine bırakmaktadır. Bu değişim, yalnızca kaynak yönetimini değil, kültürel aidiyet ve topluluk kimliği unsurlarını da zayıflatmaktadır (Lester & ark, 2022).

d. Kültürel ve Toplumsal Değerlerde Değişim

Kuraklık, insanların çevreyle olan ilişkisini dönüştürerek kültürel kimlik ve değer sistemlerinde de değişime yol açmaktadır. Örneğin göçebe hayvancılık, sulu tarım veya nehir balıkçılığı gibi suya dayalı geleneksel yaşam biçimleri kuraklık nedeniyle sürdürülemez hale geldiğinde topluluklar kültürel pratiklerini kaybetmeye başlamaktadır (Bennett & ark, 2016). Bu durum, özellikle yerli halklar açısından kültürel erozyon ve kimlik kaybı anlamına gelmektedir. Örneğin; kuraklık nedeniyle Avustralya Aborjin topluluklarında kutsal su kaynaklarının kuruması, dini ritüellerin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir (Green & ark, 2009).

e. Güvenlik ve Sosyal İstikrar Üzerindeki Dolaylı Etkiler

Kuraklığın uzun vadeli sosyal etkilerinden biri de sosyo-politik istikrarsızlık riskinin artmasıdır. Kaynak kıtlığı, işsizlik ve göç hareketleri, toplumsal huzursuzlukları tetikleyebilmektedir. Örneğin; 2007–2010 Suriye kuraklığının, kırsal bölgelerde gelir

kaybı ve iç göçü hızlandırarak, ülkenin toplumsal istikrarını zayıflattığı ve iç savaş dinamiklerine zemin hazırladığı bildirilmektedir (Kelley & ark, 2015). Benzer biçimde, Sahel bölgesinde kuraklık ve su kıtlığı, göçmen topluluklar ile yerleşik gruplar arasında kaynak temelli çatışmaların artmasına yol açmaktadır (OECD, 2025). Bu durum, kuraklığın yalnızca çevresel değil, aynı zamanda insan güvenliği ve barış meselesi olduğunu göstermektedir.

f. Eğitim, İstihdam ve Toplumsal Uyum Üzerindeki Kalıcı Etkiler

Kuraklığın dolaylı etkileri arasında eğitimde sürekliliğin bozulması, istihdam olanaklarının daralması ve genç nüfusun kentlere göçü sonucu, toplumsal yapının dönüşmesi yer almaktadır. Uzun süreli kuraklık yaşayan bölgelerde, eğitim düzeyinin düşmesi ve kırsal nüfusun yaşlanması gibi demografik değişimler gözlemlenebilmektedir (Kiem, & ark, 2010). Bu süreç, kentlerde işsizlik oranlarını artırmakta ve sosyal uyumu zorlaştırmaktadır. Göç eden genç nüfus, yeni çevrelerine ekonomik olarak entegre olamadığında sosyal dışlanma ve marjinalleşme riskleriyle karşı karşıya kalmaktadır (Batista & ark, 2024). Dolayısıyla kuraklığın etkileri, sadece su ve gıda eksikliğiyle sınırlı kalmayıp, toplumların uzun vadeli kalkınma potansiyelini de zayıflatmaktadır.

Sonuç olarak kuraklığın doğrudan sosyal etkileri, insan yaşamının en temel unsurlarını olan su, gıda, sağlık, barınma ve güvenlik ihtiyacını tehdit etmektedir. Bu etkiler yalnızca kısa vadeli krizler değil, uzun vadeli sosyal dönüşümlerin de başlangıcını oluşturabilmektedir. Su ve gıda kıtlığı, göç, sağlık sorunları ve toplumsal eşitsizlikler, kuraklığın yarattığı çok katmanlı sosyal kırılganlık yapısının temel bileşenlerini oluşturmaktadır. Dolaylı sosyal etkilere gelindiğinde, kuraklığın görünmeyen ancak en kalıcı sonuçlarını temsil etmekteledir. Toplumlar üzerinde yoksulluğun

yeniden üretimi, sosyal eşitsizliklerin derinleşmesi, toplumsal dayanışmanın zayıflaması ve güvenlik risklerinin artması gibi yapısal izler bırakmaktadırlar. Kuraklığın sosyal etkileri tablo 3 'te verilmiştir.

Tablo 3. Kuraklığın Sosyal Etkileri

Etkiler	Nedenler	Sonuçlar
Su kıtlığı ve erişim sorunu	Yağış azalması, yeraltı su seviyelerinin düşmesi	İçme ve kullanma suyu yetersizliği, günlük yaşam koşullarında zorlanma
Gıda güvencesizliği	Tarımsal üretim düşüşü, gıda fiyatlarında artış	Yetersiz beslenme, çocuk ve yaşlılarda sağlık sorunları
Sağlık sorunları	Su ve hijyen eksikliği, sıcaklık artışı	Su kaynaklı hastalıklar (kolera, tifo), solunum rahatsızlıkları, ısı stresi
Ruhsal sağlık etkileri	Geçim kaybı, uzun süreli stres ve belirsizlik	Depresyon, anksiyete, çiftçi intiharlarında artış
Zorunlu iç göç	Geçim kaynaklarının kaybı, su ve gıda kıtlığı	Kırsal alanlardan kentlere yönelen göç, demografik değişim
Eğitimde aksama	Gelir kaybı, çocuk işçiliği artışı	Okul terk oranlarında yükselme, özellikle kız çocuklarının eğitime erişiminde azalma
Toplumsal yaşam kalitesinde düşüş	Su temini ve geçim faaliyetleri için artan iş yükü	Kadınlar ve çocuklar üzerindeki fiziksel ve zaman baskısının artışı
Toplumsal gerilimler	Kaynak paylaşımı ve rekabet	Yerel düzeyde sosyal huzursuzluk ve mikro çatışmalar
Yoksulluk döngüsünün derinleşmesi	Tarımsal gelir kaybı, istihdam azalışı	Hane halkı gelirinde kalıcı azalma, sosyal hareketlilikte azalma
Toplumsal eşitsizlik	Kaynaklara erişimde gelir, cinsiyet ve bölgesel farklılıklar	Sosyal adaletsizlik, toplumsal cinsiyet temelli yoksulluk
Sosyal sermayenin zayıflaması	Dayanışma ve güven ilişkilerinin bozulması	Toplumsal uyumun zayıflaması, bireysel çıkarıcılıkta artış

Etkiler	Nedenler	Sonuçlar
Kültürel erozyon	Geleneksel su yönetimi ve üretim biçimlerinin kaybı	Yerel bilgi sistemlerinde zayıflama, kimlik kaybı
Eğitim ve sağlıkta yapısal bozulma	Sosyal hizmetlerin yetersizliği	Eğitimde fırsat eşitsizliği, sağlık sistemlerinde kalıcı yük artışı
Toplumsal istikrarsızlık ve güvenlik riski	Kaynak temelli çatışmalar, göç baskısı	Siyasi gerilimler, toplumsal huzursuzluk, güvenlik sorunları

Sonuç

Kuraklık, yalnızca meteorolojik bir olgu değil, ekonomik, sosyal ve çevresel sistemleri aynı anda etkileyen çok boyutlu bir kriz olarak değerlendirilmelidir. Bu kriz, kısa süreli doğal bir felaketten ziyade, uzun vadede toplumların kalkınma dinamiklerini ve ekosistemlerin taşıma kapasitesini dönüştüren bir süreç olarak görülmelidir.

Bu kitap bölümünde incelendiği üzere, kuraklığın doğrudan etkileri, genellikle fiziksel ve ekonomik kayıplar şeklinde gözlemlenirken; dolaylı etkiler, sosyal yapıyı, yönetim biçimlerini ve çevresel sistemlerin sürdürülebilirliğini zayıflatan daha karmaşık süreçleri temsil etmektedir. Bu nedenle, kuraklığın etkilerinin yönetimi yalnızca afet sonrası müdahalelere değil, önleyici, bütüncül ve uyum odaklı yaklaşımlara dayanmalıdır.

Kaynakça

Abrams, A. L., Carden, K., Teta, C., & Wågsæther, K. (2021). Water, sanitation, and hygiene vulnerability among rural areas and small towns in South Africa: Exploring the role of climate change, marginalization, and inequality. *Water*, 13(20), 2810. <https://doi.org/10.3390/w13202810>

Afuye, G. A., Majahana, J. M., Kalumba, A. M., Zhou, L., & Mazinyo, S. P. (2025). Drought disasters, vulnerability, severity, preparedness and response to the water sector: A comprehensive model approach for water governance and policy in South Africa. *Progress in Disaster Science*, 26, 100417. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2025.100417>

Almulhim, A. I., Alverio, G. N., & Sharifi, A. (2024). Climate-induced migration in the Global South: An in-depth analysis. *npj Climate Action*, 3, 47. <https://doi.org/10.1038/s44168-024-00133-1>

Aslin, H., & Russell, J. (2008). Social impacts of drought: Review of literature. Bureau of Rural Sciences. <https://www.agriculture.gov.au/sites/default/files/abares/documents/socimpctdroughtlitrev2008-1.0.0.pdf>

Batista, C., Knipper, M., Sedas, A. C., Farante, S. V., Wainstock, D., Borjas-Cavero, D. B., Rojas Araya, K., Arteaga España, J. C., & Yglesias-González, M. (2024). Climate change, migration, and health: Perspectives from Latin America and the Caribbean. *The Lancet Regional Health – Americas*, 40, 100926. <https://doi.org/10.1016/j.lana.2024.100926>

Bellizzi, S., Lane, C., Elhakim, M., & Nabeth, P. (2020). Health consequences of drought in the WHO Eastern Mediterranean Region: Hotspot areas and needed actions. *Environmental Health: A*

Global Access Science Source, 19(1), 114.
<https://doi.org/10.1186/s12940-020-00665-z>

Bennett, N. J., Blythe, J., Tyler, S., et al. (2016). Communities and change in the Anthropocene: Understanding social-ecological vulnerability and planning adaptations to multiple interacting exposures. *Regional Environmental Change*, 16, 907–926. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0839-5>

Cardinale, B., Duffy, J., Gonzalez, A., et al. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486, 59–67. <https://doi.org/10.1038/nature11148>

Ciais, P., Reichstein, M., Viovy, N., et al. (2005). Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature*, 437, 529–533. <https://doi.org/10.1038/nature03972>

Convention on Wetlands. (2025). Global wetland outlook 2025: Valuing, conserving, restoring and financing wetlands. Secretariat of the Convention on Wetlands. <https://doi.org/10.69556/GWO-2025-eng>

CRED & UNDRR. (2020). The human cost of disasters: An overview of the last 20 years (2000–2019). Geneva, Switzerland.

Edelstein, B. (2013). Water poverty in rural Ethiopia: Effects on women, health and the poverty cycle. *Global Majority E-Journal*, 4(1), 40–53.

FAO. (2011). FAO global information and early warning system on food and agriculture (GIEWS), special alerts/reports No. 330. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/4/al975e/al975e00.pdf>

FAO. (2021). The impact of disasters and crises on agriculture and food security: 2021. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb3673en>

FAO. (2023a). The state of food and agriculture 2023: Water resources under pressure. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2023b). The state of food and agriculture 2023 – Revealing the true cost of food to transform agrifood systems. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc7724en>

Foresight. (2011). Migration and global environmental change: Future challenges and opportunities. Government Office for Science.

https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/287717/11-1116-migration-and-global-environmental-change.pdf

GCA. (2022). State and trends in adaptation reports 2021 and 2022: Executive summaries and syntheses. Global Center on Adaptation.

Green, D., Jackson, S., & Morrison, J. (2009). Risks from climate change to indigenous communities in the tropical north of Australia. Department of Climate Change and Energy Efficiency: Canberra.

Gürbüz, G. B., & Bayazıt Hayta, A. (2020). Sürdürülebilir kalkınma ile sürdürülebilir sigortacılık ilişkisi. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(4), 609–619. <https://doi.org/10.29106/fesa.771026>

Hanigan, I. C., Butler, C. D., Kokic, P. N., & Hutchinson, M. F. (2012). Suicide and drought in New South Wales, Australia, 1970–2007. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(35), 13950–13955. <https://doi.org/10.1073/pnas.1112965109>

Homyak, P. M., Allison, S. D., Huxman, T. E., Goulden, M. L., & Treseder, K. K. (2017). Effects of drought manipulation on soil

nitrogen cycling: A meta-analysis. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 122, 3260–3272. <https://doi.org/10.1002/2017JG004146>

Hunt, E., Femia, F., Werrell, C., Christian, J. I., Otkin, J. A., Basara, J., Anderson, M., White, T., Hain, C., Randall, R., & McGaughey, K. (2021). Agricultural and food security impacts from the 2010 Russia flash drought. *Weather and Climate Extremes*, 34, 100383. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2021.100383>

Hunt, J. D., Stilpen, D., & de Freitas, M. A. V. (2018). A review of the causes, impacts and solutions for electricity supply crises in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 88, 208–222. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.02.030>

Hyland, M., & Russ, J. (2019). Water as destiny – The long-term impacts of drought in sub-Saharan Africa. *World Development*, 115, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.11.002>

IMF (International Monetary Fund). (2021). World economic outlook: Managing divergent recoveries. International Monetary Fund.

IPCC. (2021). Climate change 2021: The physical science basis. Cambridge University Press.

IPCC. (2022). Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. In H.-O. Pörtner et al. (Eds.), Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>

Jones, M. W., et al. (2024). Global rise in forest fire emissions linked to climate change in the extratropics. *Science*, 386, ead15889. <https://doi.org/10.1126/science.ad15889>

Kacperska, E. M., Łukasiewicz, K., Skrzypczyk, M., & Stefańczyk, J. (2025). Price volatility in the European wheat and

corn market in the Black Sea Agreement context. *Agriculture*, 15(1), 91. <https://doi.org/10.3390/agriculture15010091>

Kelley, C. P., Mohtadi, S., Cane, M. A., Seager, R., & Kushnir, Y. (2015). Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(11), 3241–3246. <https://doi.org/10.1073/pnas.1421533112>

Kiem, A. S., Askew, L. E., Sherval, M., Verdon-Kidd, D. C., Clifton, C., Austin, E., McGuirk, P. M., & Berry, H. (2010). Drought and the future of rural communities: Drought impacts and adaptation in regional Victoria, Australia. Gold Coast, Australia: National Climate Change Adaptation Research Facility.

Knutzen, F., Averbeck, P., Barrasso, C., Bouwer, L. M., Gardiner, B., Grünzweig, J. M., et al. (2025). Impacts on and damage to European forests from the 2018–2022 heat and drought events. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 25, 77–117. <https://doi.org/10.5194/nhess-25-77-2025>

Lal, R. (2001). Soil degradation by erosion. *Land Degradation & Development*, 31(9), 1132–1150.

Lester, L., Flatau, P., & Kyron, M. (2022). Understanding the social impact of drought. Perth: The University of Western Australia.

Lund, J., Medellín-Azuara, J., Durand, J., & Stone, K. (2018). Lessons from California's 2012–2016 drought. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 144(10).

MEA (Millennium Ecosystem Assessment). (2005). Ecosystems and human well-being: Synthesis. Island Press.

OECD. (2015). Water resources allocation: Sharing risks and opportunities. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264229631-en>

OECD. (2016). Mitigating droughts and floods in agriculture: Policy lessons and approaches. OECD Studies on Water. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264246744-en>

OECD. (2025). Global drought outlook: Trends, impacts and policies to adapt to a drier world. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/d492583a-en>

Qiu, M., Ratledge, N., Azevedo, I. M. L., Diffenbaugh, N. S., & Burke, M. (2023). Drought impacts on the electricity system, emissions, and air quality in the western United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(28), e2300395120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2300395120>

Rigaud, K. K., de Sherbinin, A., Jones, B., Bergmann, J., Clement, V., Ober, K., Schewe, J., Adamo, S., McCusker, B., Heuser, S., & Midgley, A. (2018). Groundswell: Preparing for internal climate migration. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29461>

Scanlon, B. R., Duncan, I., Reedy, R. C., Faunt, C. C., & Reilly, T. (2013). Drought and the water–energy nexus in Texas. *Environmental Research Letters*, 8, 045033. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/4/045033>

Seneviratne, S. I., et al. (2010). Investigating soil moisture–climate interactions in a changing climate: A review. *Earth-Science Reviews*, 99(3–4), 125–161.

Sesugh Aule, D. (2025). Resilience dynamics in Sub-Saharan Africa: A multidimensional framework for climate policy analysis. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1009408>

Tahasin, A., Haydar, M., Hossen, M. S., & Sadia, H. (2024). Drought vulnerability assessment and its impact on crop production and livelihood of people: An empirical analysis of Barind Tract.

Heliyon, 10(20), e39067.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39067>

Tofu, D. A. (2024). Evaluating the impacts of climate-induced East Africa's recent disastrous drought on the pastoral livelihoods. *Scientific African*, 24, e02219.
<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2024.e02219>

UN Women & UNEP. (2020). Gender, climate & security. United Nations Environment Programme, UN Women, UNDP, and UNDP/PA/PBSO.

UN. (2022). The United Nations world water development report 2022: Groundwater – Making the invisible visible. UNESCO.

UN. (2023). The United Nations world water development report 2023: Partnerships and cooperation for water. UNESCO.

UNCCD & FAO. (2024). Women-led solutions for drought resilience. Platz der Vereinten Nationen 1, D-53113 Bonn, Germany.

UNCCD. (2023). Global drought snapshot 2023. United Nations Convention to Combat Desertification.
<https://www.unccd.int/sites/default/files/2023-12/Global%20drought%20snapshot%202023.pdf>

UNDP. (2024). Financing climate resilience: Balancing access and impact in the IGAD region. United Nations Development Programme. <https://sdgfinance.undp.org/sites/default/files/2024-11/PolicyBrief-Financing%20Climate%20Resilience-SinglePage-WebFINAL.pdf>

UNDRR. (2021). GAR special report on drought 2021. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

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

UNICEF. (2023). The climate-changed child: A children's climate risk index supplement. United Nations Children's Fund, New York.

URL. (2018). Acute food and nutrition crisis in Sahel: Call to action, June 2018. <https://reliefweb.int/report/chad/acute-food-and-nutrition-crisis-sahel-call-action-june-2018> (Erişim Tarihi: 15.11.2025)

Vellakkal, S., Fledderjohann, J., Basu, S., Agrawal, S., Ebrahim, S., Campbell, O., Doyle, P., & Stuckler, D. (2015). Food price spikes are associated with increased malnutrition among children in Andhra Pradesh, India. *The Journal of Nutrition*, 145(8), 1942–1949. <https://doi.org/10.3945/jn.115.211250>

Vergara, O., & Zuba, G. (2012). The 2012 US drought event and its impact on the crop insurance industry. AIR Currents, 138949. AIR Worldwide Corporation.

Wilhite, D. A., & Glantz, M. H. (1985). Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International*, 10(3), 111–120.

Wilhite, D. A., & Pulwarty, R. S. (2017). Drought and water crises: Integrating science, management, and policy (2nd ed.). CRC Press.

Yang, C., Xu, H., Li, Q., Wang, X., Tang, B., Chen, J., Tu, W., Zhang, Y., Shi, T., Chen, M., Ma, W., Liu, H., & Chase, J. M. (2025). Global loss of mountain vegetated landscapes and its impact on biodiversity conservation. *Nature Communications*, 16(1), 8971. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-64449-0>

Yavuz, V. S. (2025). Impact of temperature and flow rate on oxygen dynamics and water quality in major Turkish rivers. *Scientific Reports*, 15, 22830. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-06433-8>

Zeng, Z., et al. (2023). Increasing meteorological drought under climate change reduces terrestrial ecosystem productivity and carbon storage. *One Earth*, 6(10), 1326–1339

Zhang, X. (2025). The influence of natural disasters on beef price in Australia. Proceedings of the 2025 3rd International Academic Conference on Management Innovation and Economic Development (MIED 2025). https://doi.org/10.2991/978-94-6463-835-6_80

BÖLÜM 3

NATURE-BASED SOLUTIONS TO CLIMATE CHANGE: WATER MANAGEMENT IN MICROCATCHMENTS

1. Yasin KARAŞIN¹

2. Bülent TOPRAK²

3. Muhammed Ali AYDIN³

Introduction

Global climate change is a process that exerts adverse ecological and economic impacts on global forestry. Increases in temperature, disruptions in precipitation regimes, and the rising frequency of extreme weather events associated with climate change severely impair the structural and functional integrity of forest ecosystems (Allen, et al., 2010, pp. 660-684; Lindner, et al., 2014, pp. 698-709). Temperature increases and prolonged drought periods, which are among the primary drivers intensifying the risks of forest fires, insect outbreaks, and the spread of forest diseases, pose

¹ Arş. Gör. Dr, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Orman Mühendisliği, Orcid: 0000-0002-4781-2458

² Doç.Dr, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Orman Mühendisliği, Orcid: 0000-0001-6500-7885

³ Arş. Gör, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Orman Mühendisliği, Orcid: 0000-0002-4778-651X

significant threats to forest ecology (Seidl, Schelhaas, Rammer, & Verkerk, 2017, pp. 832-836).

Forest ecosystems located in arid and semi-arid regions are among the most vulnerable to the negative consequences of global climate change, facing substantial losses in terms of biodiversity and carbon storage capacity (Anderegg, Kane, & Anderegg, 2015, pp. 30-36). The increasing occurrence of extreme weather events reduces seedling survival rates, thereby disrupting the natural regeneration processes of forests (Millar & Stephenson, 2015, pp. 823-826). While short-term extreme precipitation events may lead to soil water saturation, causing root hypoxia and root rot in seedlings, prolonged drought conditions result in reduced photosynthetic rates in trees, ultimately slowing their growth (Allen, et al., 2010, pp. 660-684; Choat, et al., 2012, pp. 752-755). These extreme climatic conditions diminish the carbon sink capacity of forests, which play a critical role in the global carbon cycle, and consequently contribute to an increase in atmospheric carbon concentrations (Pan, et al., 2011, pp. 988-993).

Approximately 37% of Türkiye is characterized by semi-arid climatic conditions, while the extent of arid and semi-arid areas reaches nearly 51 million hectares. It is projected that drought events experienced in the past will, under the influence of global climate change, increase in terms of frequency, severity, and spatial extent in the future (Anonymous, 2014). Forest ecosystems located in arid and semi-arid regions are therefore being severely affected by the adverse conditions induced by global climate change. Recent increases in temperature and irregular precipitation patterns have led to a decline in water resources and disruptions in soil moisture balance in these areas (Breshears, et al., 2005, pp. 15144-15148; Allen, et al., 2010, pp. 660-684). Rising temperatures have resulted in increased evapotranspiration rates, thereby elevating the risk of water stress for vegetation in arid and semi-arid environments

(Choat, et al., 2012, pp. 752-755). In Türkiye, particularly during the summer months, extreme temperatures cause pronounced water stress in arid and semi-arid regions (Tüfekçioğlu & Tüfekçioğlu, 2018, pp. 103-108). Reduced survival rates have been observed in drought-stressed and fire-prone tree species, leading to a decline in the regenerative capacity of forest ecosystems (Millar & Stephenson, 2015, pp. 823-826).

In forest areas degraded by wildfires and canopy loss, the exposure of bare soil surfaces significantly increases erosion risk and soil loss (Zhao & Running, 2010, pp. 940-943). The Mediterranean Basin is recognized as one of the region's most vulnerable to the localized impacts of climate change and global warming. An analysis of Copernicus/ECMWF ERA5 climate data (Hersbach, et al., 2020, pp. 1999–2049) for the study areas located within the Mediterranean Basin indicates increasing irregularity in annual precipitation regimes, along with intensified precipitation and temperature anomalies. The upward trends in annual maximum, minimum, and mean temperatures, combined with the growing severity of interannual anomalies and the concentration of precipitation events during periods when soil moisture levels are already high, further increase the vulnerability of the study areas to climate change.

Forests, due to their ecological characteristics and ecosystem functions, represent one of the most critical natural assets for climate change mitigation, adaptation, and resilience enhancement. Within this framework, the concept of “Climate-Smart Forestry,” which has gained prominence in recent years, emphasizes the implementation of resilience-enhancing forest management practices aimed at improving adaptation to climate change and global warming while ensuring ecosystem continuity with minimal degradation (Tognetti, Smith, & Panzacchi, 2021, p. 40). In arid and semi-arid regions, the limited availability of water resources renders the collection and conservation of precipitation critically important, making water

harvesting techniques indispensable. Beyond meeting plant water requirements, water harvesting methods are widely implemented to conserve soil moisture and reduce erosion risk. As a consequence of climate change-induced disruptions and declines in precipitation regimes, arid and semi-arid regions represent some of the areas where forestry activities are most adversely affected. The availability of water resources constitutes the most critical factor determining the success of afforestation efforts in arid and semi-arid environments. Seedlings exposed to water stress in these regions exhibit markedly reduced survival rates, growth performance, and physiological functioning (Tadros, Al-Mefleh, Othman, & Al-Assaf, 2021, p. 243). In this context, rainwater harvesting techniques play a pivotal role in supporting sustainable forestry practices in arid and semi-arid areas by providing effective and alternative solutions (García-Ávalos, et al., 2018, pp. 319-326.). Water harvesting practices applied across different landscapes offer a wide range of ecological benefits, including the conservation of soil moisture, improvement of soil quality, enhancement of biodiversity, increased carbon sequestration, erosion control through the reduction of surface runoff, and contributions to combating desertification. Moreover, these practices significantly improve seedling survival rates, particularly during the early establishment years (Tadros, Al-Mefleh, Othman, & Al-Assaf, 2021, p. 243). In soils characterized by high permeability and low water-holding capacity, water harvesting applications facilitate plant root access to available water, thereby positively influencing aboveground plant growth and development (García-Ávalos, et al., 2018, pp. 319-326). By generating synergistic benefits across multiple ecological processes, water harvesting has emerged as a strategic approach for ensuring the sustainability of forest ecosystems.

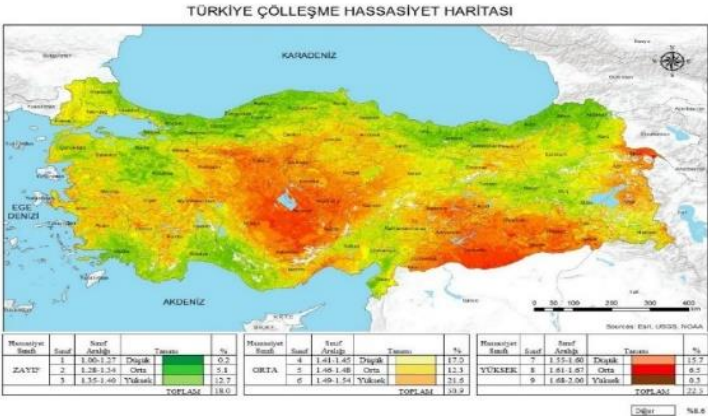
Plant-supporting applications integrated with water harvesting techniques play a crucial role in mitigating the effects of

water stress on seedlings. In forestry practices, mycorrhizal fungi, osmoprotectants (e.g., glycine and betaine), and polymers are widely recognized as effective growth-enhancing applications for afforestation efforts in arid and semi-arid regions (Birhane, Sterck, Fetene, Bongers, & Kuyper, 2012, pp. 895-904; Kaya, Ashraf, Sonmez, Aydemir, & Tuna, 2020, pp. 67–73). In areas characterized by water scarcity and pronounced water stress, these applications exert distinct yet complementary effects on seedling performance. Mycorrhizal inoculation enhances seedling root surface development, thereby promoting water and mineral uptake from the soil while simultaneously strengthening tolerance mechanisms against abiotic stress conditions. Osmoprotectants, as another biological support application, increase water retention within plant cells, helping to maintain osmotic balance under drought stress. Through the presence of glycine and betaine, osmoprotectants contribute to the stabilization of cellular structures and the continuity of essential physiological function. Polymers applied to the seedling root zone (e.g., straw-based water-retaining hydrogels) increase the retention of infiltrated precipitation within the soil, thereby facilitating plant access to water during periods of developing water deficit. (Kaya, Ashraf, Sonmez, Aydemir, & Tuna, 2020, pp. 67-73)

As an outcome of global climate change, declining precipitation, increasing water scarcity, and the rising incidence of forest fires have emerged as some of the most pressing challenges affecting living conditions in Türkiye in recent years. Numerous national and international assessments identify Türkiye as one of the country's most severely exposed to drought-related impacts under ongoing climate change, with particularly high vulnerability observed in the Aegean and Mediterranean regions (Boydak & Çalışkan, 2015; Cebeci, et al., 2019, pp. 169-176; Bağçacı, Yucel, Düzenli, & Yilmaz, 2021; Deligöz & Gencer, 2021, pp. 211–217). According to the Türkiye Desertification Sensitivity Map,

approximately 51% of the country is classified as having moderate sensitivity to desertification, while an additional 23% falls within the high-sensitivity category (Figure 1, ÇEM, 2021, p. 84). Climate projections indicate that, in the near- to mid-term future, spring precipitation coinciding with the period of peak physiological activity and growth in vegetation is expected to decline substantially, particularly in the Aegean and Mediterranean regions (Bağçacı , Yucel , Duzenli, & Yilmaz , 2021). Consequently, drought conditions across Türkiye are anticipated to intensify relative to current conditions (Cebeci, et al., 2019, pp. 169-176; Turkes, Turp, An, Ozturk, & Kurnaz, 2020, pp. 467-491).

Figure 1 Desertification sensitivity map of Turkey



Source: ÇEM, 2021, accessed Dec 11, 2025). <https://cem.csb.gov.tr/turkiye-collesme-modeli-ve-hassasiyet-haritasi-i-103686>

Drought and Rainwater Harvesting Techniques

Water resources constitute one of the most essential natural assets required by all living organisms on Earth, with no viable alternative capable of replacing their fundamental role. Of the total water resources available globally, only approximately 1.5% consists of usable freshwater. Between 1960 and 1997, the amount of available freshwater per capita worldwide declined by nearly

60%. Considering current demographic growth and environmental trends, this figure is projected to decrease by an additional 50% by (Özdemir, 2010; Rosa, Chiarelli, Rulli, Dell'Angelo, & D'Odorico, 2020). Water resources, which represent one of the most critical parameters for sustaining life, are increasingly being adversely affected by the combined impacts of global climate change and population growth. As a result, water scarcity is expected to emerge as one of the most significant challenges confronting humanity in the 21st century (Prinz, 2002, pp. 107-122; Lancaster, 2019). Arid regions, defined as areas where the ratio of annual precipitation to mean annual evapotranspiration is below 0.65, cover approximately 41% of the Earth's land surface and are home to nearly two billion people (FAO, 2019).

In Türkiye, arid, semi-arid, and dry sub-humid (ASA) regions are highly vulnerable due to a combination of environmental constraints, including limited precipitation, elevated temperatures and evapotranspiration rates, shallow and stony soils, low organic matter content, increased erosion susceptibility, and soil compaction (Çalışkan & Boydak, 2017, pp. 317–330). Afforestation plays a critical role in reducing the sensitivity of these landscapes to drought stress while supporting their ecological restoration and functional improvements (Cortina, et al., 2011, pp. 1377–1384; Boydak & Çalışkan, 2015). Afforestation initiatives in such environments contribute to the provision of essential ecosystem services by fostering habitats that enhance biodiversity, mitigating erosion and desertification processes, and regulating water availability, microclimatic conditions, and soil fertility. In addition to their ecological benefits, these practices generate economic outputs that help alleviate existing environmental, social, and economic pressures within these regions (Çalışkan & Boydak, 2017, pp. 317-330; FAO, 2019).

The increasing frequency and intensity of drought events associated with climate change pose severe threats to forest ecosystems, particularly those located in arid and semi-arid regions. Numerous studies highlight water availability as one of the primary determinants of tree growth, demonstrating that water limitation can lead to reductions in plant biomass ranging from 30% to 70% (Tüfekçioğlu & Tüfekçioğlu, 2018, pp. 103-108). In Türkiye, drought periods occurring after the 1990s have been associated with widespread forest decline, including mortality in red pine (*Pinus brutia*) stands in the Aegean region, black pine (*Pinus nigra*), Scots pine (*Pinus sylvestris*), and fir (*Abies* spp.) in Central Anatolia, as well as Scots pine and spruce (*Picea* spp.) in the Black Sea (Altun, Yavuz, Baskent, & Yılmaz, 2002, pp. 168–175; Semerci, Çelik, Şanlı, Eczacıbaşı, & Şahin, 2004). Semerci et al. (2004) further reported that approximately 37% of the observed forest dieback in Central Anatolia was directly attributable to drought stress. Drought acts as a dominant environmental stressor that directly constrains plant growth and distribution. It can reduce aboveground biomass development by 30–70%, while prolonged drought conditions may restrict the natural distribution ranges of plant species (Çepel, 1989). At the European scale, the extreme drought event of 2003 resulted in an estimated 30% decline in total forest biological productivity (Ciais, et al., 2005, pp. 529-533). In the same year, forest growth losses of up to 40% were recorded in the Bavarian forests of Germany (Raspe, et al., 2004, pp. 19-20). Moreover, Vennetier et al. (2004) documented needle loss rates ranging between 50% and 80% in pine species (*Pinus* spp.) along the Mediterranean coast of France following the 2003 drought. In afforestation practices implemented in arid and semi-arid environments, successful outcomes depend not only on biophysical site suitability but also on careful consideration of species selection, soil properties, and plant nutrient dynamics. These landscapes are typically characterized by soils with low organic matter content and limited nutrient availability.

In soil conservation and rehabilitation initiatives implemented in arid and semi-arid regions, priority should be given to plant species that are native or well-adapted to local conditions and exhibit high tolerance to environmental stressors. In afforestation projects conducted in warm arid, semi-arid, and dry sub-humid (ASA) environments, such as those characteristics of the Aegean region, coniferous species including Aleppo pine (*Pinus halepensis*), Turkish red pine (*Pinus brutia*), and stone pine (*Pinus pinea*) are frequently recommended.

In addition to these conifers, several broadleaved species have been identified as possessing high potential under such ecological conditions. These include Turkey oak (*Quercus cerris* L.), almond (*Prunus amygdalus*), Russian olive (*Elaeagnus angustifolia*), terebinth (*Pistacia terebinthus*), walnut (*Juglans regia*), hackberry (*Celtis tournefortii*), Judas tree (*Cercis siliquastrum*), wild pear (*Pyrus elaeagnifolia*), and mahaleb cherry (*Prunus mahaleb*), all of which have been highlighted as suitable candidates for afforestation in arid and semi-arid landscapes (Mert, Özkan, Şentürk & Negiz, 2016, pp. 1633–1638; Çalışkan & Boydak, 2017, pp. 317–330; Deligöz & Gencer, 2021, pp. 211–217). Moreover, these species have demonstrated considerable success not only in Türkiye but also in afforestation and land rehabilitation programs carried out across a wide range of regions, including the Mediterranean Basin, North Africa, Iran, Uzbekistan, Pakistan, and other comparable environments (Khamzina, Lamers, Worbes, Botman, & Vlek, 2006, pp. 129–141; Enescu, 2015, pp. 3–15; Karimi, Yadollahi, Arzani, Imani, & Aghaalikhani, 2015, pp. 29–34; Azmat, et al., 2020, pp. 151–160; Repullo-Ruibérriz de Torres, et al., 2021, p. 387; Rodríguez-González, et al., 2021).

Increasing the proportion of broadleaved tree species in arid, semi-arid, and dry sub-humid (ASA) ecosystems not only enhances the range and sustainability of ecosystem services derived from these

landscapes but also facilitates adaptation to climate change. A higher representation of broadleaved species within forest stands may contribute to reducing the impacts of disturbances such as forest fires, windthrow events, and insect outbreaks, which have become increasingly prominent in recent years. In this context, forestry practices that promote mixed stands composed of native tree species, rather than monocultures, and that foster higher levels of biological diversity are expected to improve the resilience of forest ecosystems to potential environmental stresses (Küçükosmanoğlu, 1990, pp. 67–84; Dedrick, et al., 2007, p. 13; Moreira, et al., 2011, pp. 2389–2402; Deligöz & Gencer, 2021, pp. 211–217; Buechel, Slater, & Dadson, 2024, pp. 1–31). The successful implementation of afforestation efforts in drought-affected areas critically depends on addressing a range of survival-limiting constraints, including water scarcity, competition with existing vegetation, biotic pressures such as insect damage, elevated temperatures, and persistent wind exposure (FAO, 1989). Failure to adequately account for these factors often results in high seedling mortality and unsuccessful establishment. Consequently, the identification and application of alternative planting techniques and silvicultural practices are essential for improving afforestation outcomes in areas under increasing drought pressure (Critchley, 1991; Prinz, 2002, pp. 107–122). Rainwater harvesting is a technique that involves the collection and storage of rainfall for its efficient use at a later time. Areas that are shaped with slopes and embankments to facilitate the conveyance and retention of water within the plant root zone are defined as micro-watersheds. Water stored within micro-watersheds remains available to plants for extended periods and is effectively protected against evaporative losses (Anser, et al., 2014, pp. 1–21). By capturing and harvesting rainfall, microcatchment systems positively influence seedling establishment success and growth performance (Critchley, 1991; Azigwe, Duku, Laare, & Adda, 2016, s. 49–63; Lancaster, 2019). In addition, these systems play a critical role in soil conservation,

particularly on sloping terrains. Rainwater harvesting techniques applied worldwide share similar objectives; however, they are referred to by different names and are adapted to local environmental conditions depending on regional climatic and geomorphological characteristics (Critchley, 1991). Micro-watershed-based applications are especially effective in arid and semi-arid landscapes, where they enable the storage of runoff generated from rainfall events, thereby supplying plant water requirements during dry periods, promoting vegetation establishment, and reducing erosion processes (Şen, Yılmaz, Topdemir, & Alkan, 2019, s. 122-129).

The primary objective of rainwater harvesting is to redirect rainfall that would otherwise remain unused toward locations where it can be utilized more efficiently, thereby maximizing the benefits derived from precipitation (Oweis, Prinz, & Hachum, 2001). These techniques represent some of the oldest land management practices, having been employed since early agricultural civilizations. In agricultural settings, rainwater harvesting systems have the capacity to regulate the spatial distribution of water across the soil surface and enhance productivity in low-yield environments (Anschütz, Kome, Nederlof, Neef, & Ven, 2003). There is no universally accepted classification system for rainwater harvesting methods, as their design and implementation vary according to regional climatic and topographic conditions (Balci, 1996). Microcatchment systems such as terraces, small planting pits, semicircular bunds, negarims, and meskats are generally classified as passive rainwater harvesting techniques. The common characteristic of these methods is their reliance on natural processes to capture, store, and conserve rainfall within the soil profile (Oweis, Prinz, & Hachum, 2001).

Among rainwater harvesting techniques, the most widely applied microcatchment systems include small planting pits (e.g., zai, tassa), negarims, meskats, and small crescent-shaped bunds (Reddy, 2016, pp. 209-222). Small planting pits represent one of the

traditional techniques extensively used in areas of declining agricultural productivity, particularly in West and East Africa. The diameter of these pits typically ranges from 0.3 to 2.0 m, while their depth varies between 5 and 15 cm, depending on soil characteristics (Wright & Bonkougou, 1985, s. 79-68). One of the most well-known applications is the “zai” system, which is widely practiced in Burkina Faso. In the zai system, manure and various organic materials are mixed with a portion of the excavated soil and placed inside the pit, while the remaining soil is used to form small bunds around the pit margins (Oweis, Prinz, & Hachum, 2001). In Kenya, a similar practice is referred to as the “Katumani pit” system (Hatibu & Mahoo, 1999, s. 312-326).

These planting pits contribute not only to the capture and storage of rainwater but also to the conservation of soil moisture and the improvement of soil structure, thereby enhancing overall site productivity (Figure 2, Mazvimavi, Ndlovu, Nyathi, & Minde, 2010)

Figure 2. The zai method: (a) excavation of manure pits with an average width of 20–30 cm and a depth of 10–20 cm; (b) placement of compost into the pits following the first rainfall event; (c) crop yield obtained from the zai system

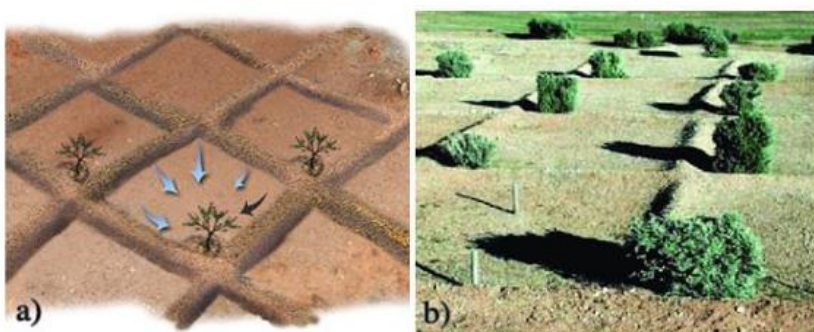


Source: Reij et al., 1990.

Negarims, one of the widely used rainwater harvesting techniques, are diamond-shaped microcatchment structures bordered by low earthen bunds and designed to collect rainfall within the plant root zone. These systems operate on the principle of directing surface runoff generated by rainfall along the steepest slope

direction, typically parallel to the longer diagonal of the structure, thereby ensuring the accumulation of water at the lowest corner where the plant is established. In areas where slope gradients exceed 5%, increasing bund height is recommended to minimize soil loss and enhance structural stability (Oweis, Prinz, & Hachum, 2001). Negarim systems are widely applied in arid and semi-arid environments characterized by limited water availability, as they effectively contribute to the control of both soil and water erosion while improving moisture availability for vegetation establishment (Figure 3, Kuzucu, 2019, s. 576-582).

Figure 3 (a) Negarim micro-watersheds integrated with planting pits; (b) an example of a planted negarim microcatchment system



Source: a) Critchley, 1991; Oweis et al., 2001; b) Pradhan & Sahoo, 2019

Another rainwater harvesting technique involves the construction of semicircular earthen embankments or bunds (Figure 4). These structures refer to artificial soil accumulations designed primarily to provide protection against runoff and flooding and are commonly established along stream banks or within flood-prone areas. In addition, semicircular bunds are widely applied as an effective method for rangeland rehabilitation, the cultivation of certain forage crops, and the establishment of tree and shrub species (Moges, 2004). This technique is particularly prevalent in areas where fruit trees such as almond, apricot, pistachio, and olive are

cultivated. Semicircular bunds are typically constructed on land with gentle slopes ranging from 0.5% to 5% and are arranged in rows with widths varying between 1 and 7 m, ensuring that adjacent structures do not overlap (İncebel, 2012). Furthermore, the incorporation of materials such as compost, organic residues, and crop by-products within these structures enhances soil fertility while enabling prolonged soil moisture retention (Reddy, 2016).

Figure 4. Examples of semicircular earthen bunds in Kenya: (a) Naibunga Conservancy, Kenya; (b) Olorika region, Kenya

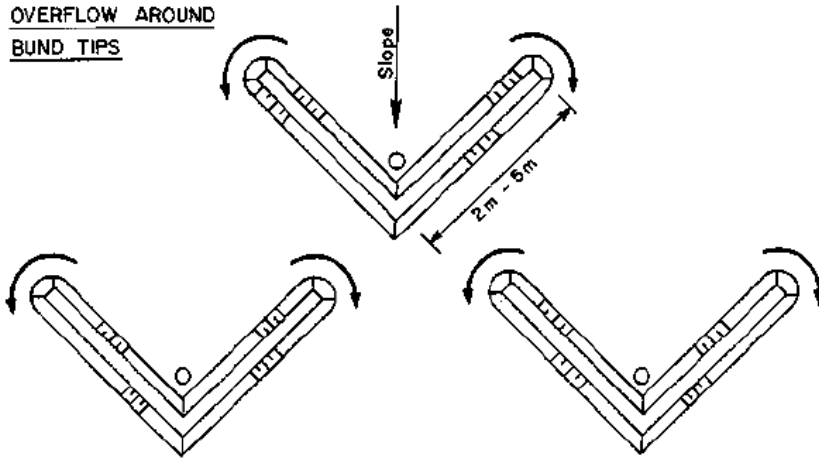


Source: Adhola, et al., 2024

V-shaped micro-watersheds, developed and defined by FAO (FAO, 1991) stand out as one of the most applicable rainwater harvesting techniques, particularly in arid and semi-arid regions characterized by limited water resources. In this approach, V-shaped earthen bunds are constructed in accordance with the natural slope of the terrain to direct surface runoff toward the plant root zone. Through this mechanism, rainwater is used more efficiently while simultaneously reducing erosion risk (Figure 5). The literature emphasizes that these structures are especially effective in enhancing soil moisture under single-tree planting schemes and low-density agricultural practices. Moreover, the use of low-cost, locally available materials in their construction enhances the sustainability

and practical applicability of this method, particularly in rural landscapes (FAO, 1991).

Figure 5. V-shaped micro-watersheds



Source: FAO, 1991.

Figure 6. V-shaped micro-watersheds with dimensions of 6×4 m implemented in İzmir and Manisa (Photo: Yasin KARAŞİN).



In a recent study conducted in the İzmir and Manisa provinces of Türkiye (Karaşin et. al., 2024, pp. 352-369), 6×4 m V-shaped micro-catchments were implemented and compared with the conventional terracing method. One year after implementation, the V-shaped micro-catchments were found to increase average soil moisture by approximately twofold and to significantly enhance early-stage plant growth compared to traditional terracing methods (Figures 6).

Conclusion

Rainwater harvesting (RWH) methods are of critical importance for the success of afforestation efforts carried out in arid, semi-arid, and dry sub-humid (ASA) regions, where the impacts of climate change and drought are increasingly pronounced. Rainwater harvesting practices such as V-shaped micro-catchments enhance seedling survival and growth by improving soil moisture retention, while also contributing to erosion control, carbon sequestration, and the strengthening of ecosystem services. The implementation of

these methods in Türkiye and other regions with a Mediterranean climate offers a strategic solution for ecologically and socio-economically sustainable forestry. Therefore, RWH-based approaches should be planned and promoted at a broader scale as an integral component of climate change adaptation and land restoration strategies.

Acknowledgments: This book chapter was derived from the doctoral dissertation entitled “Ecosystem Rehabilitation Against Climate Change Through the Efficient Use of Water in V-Shaped Micro-Catchments.”

References

- Adhola, T., Malaki, P., Okita, B., Funnell, S., Wandera, A., Okello, C., & Owuor, M. (2024). *Semi-Circular Bunds and Community-based Conservation at the Naibunga Community Conservancy*. Laikipia County, Northern Kenya: Wyss Academy for Nature.
- Allen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Kitzberger, T., . . . Cobb, N. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 660-684.
- Altun, L., Yavuz, H., Baskent, E., & Yılmaz, M. (2002). Evaluating tree mortality in pure spruce stand using environmental and dendroclimatic factors. *Journal of Balkan Ecology*, 168–175.
- Anderegg, W. R., Kane, J. M., & Anderegg, L. D. (2015). Consequences of widespread tree mortality triggered by drought and temperature stress. *Nature Climate Change*, 30-36.
- Anonim. (2014). *Türkiye Kuraklık Değerlendirme Raporu*. Retrieved from Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü: [https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/2014/T%C3%BCrkiye-Kuraklik Degerlendirmesi-2014.pdf](https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/2014/T%C3%BCrkiye-Kuraklik-Degerlendirmesi-2014.pdf)
- Anschütz, J., Kome, A., Nederlof, M., Neef, R., & Ven, T. (2003). *Water harvesting and soil*. Wageningen: Agromisa Foundation.

- Anser, M. R., Hussain, B., Munir, S., Hasan, S. Z., Sajjad, M., & Khan, M. A. (2014). TRAINING MANUAL ON SOIL & WATER CONSERVATION TECHNOLOGIES. Chakwal: Soil and Water Conservation Research Institute.
- Azigwe, J., Duku, I., Laare, J., & Adda, G. (2016). Rainwater Harvesting for Planting and Growing Trees to Green The Polytechnic Campus: A Case Study of Bolgatanga Polytechnic. *British Journal of Environmental Sciences*, 49-63.
- Azmat, M., Khan, A., Khan, I., Buerkert, A., Buerkert, A., & Wiehle, M. (2020). Morphology, biochemistry, and management of Russian olive (*Elaeagnus angustifolia* L.) accessions in Gilgit-Baltistan, northern Pakistan. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 151–160.
- Bağçacı , S. Ç., Yucel , I., Duzenli, E., & Yilmaz , M. T. (2021). Intercomparison of the expected change in the temperature and the precipitation retrieved from CMIP6 and CMIP5 climate projections: A Mediterranean hot spot case, Türkiye. *Atmospheric Research*.
- Balcı, N. (1996). Su Erozyonunun Kontrolünde Kullanılan Mekanik Önlemler. In *Toprak Koruması*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi.
- Birhane, E., Sterck, F. J., Fetene, M., Bongers, F., & Kuyper , T. W. (2012). Arbuscular mycorrhizal fungi enhance photosynthesis, water use efficiency, and growth of frankincense seedlings under pulsed water availability conditions. *Oecologia*, 895-904.

- Boydak, M., & Çalışkan, S. (2015). *Afforestation in arid and semi-arid regions*. The General Directorate of Combating Desertification and Erosion.
- Breshears, D. D., Cobb, N. S., Rich, P. M., Price, K. P., Allen, C. D., Balice, R. G., . . . Meyer, C. W. (2005). Regional vegetation die-off in response to global-change-type drought. *PNAS*, 15144-15148.
- Buechel, M., Slater, L., & Dadson, S. (2024). Broadleaf afforestation impacts on terrestrial hydrology insignificant compared to climate change in Great Britain. *Hydrology and Earth System Sciences*, 1-31. doi:<https://doi.org/10.5194/hess-28-2081-2024>
- Cebeci , İ., Demirkıran , O., Doğan, O., Sezer, K. K., Öztürk , Ö., & Elbaşı , F. (2019). Türkiye'nin İller Bazında Kuraklık Değerlendirmesi. *Toprak Su Dergisi*, 169-176.
- Choat, B., Jansen, S., Brodribb, T. J., Cochard, H., Delzon, S., Bhaskar, R., . . . & Zanne , A. E. (2012). Global convergence in the vulnerability of forests to drought. *Nature*, 752-755.
- Ciais, P., Reichstein, N., Viovy, A., Granier, J., Ogée, V., Allard , M., . . . Valentini,, V. (2005). Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature*, 529-533.
- Cortina, J., Amat, B., Castillo, V., Fuentes, D., Maestre, F., Padilla, F., & Rojo, L. (2011). The restoration of vegetation covers in the semi-arid Iberian southeast. *Journal of Arid Environments*, 1377–1384.
- Critchley, W. (1991). *A Manual for the Design and Construction of Water Harvesting Schemes for Plant*. Rome: FOOD AND

AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.

- Çalışkan, S., & Boydak, M. (2017). Afforestation of arid and semiarid ecosystems in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 317–330. doi:<https://doi.org/10.3906/tar-1702-39>
- ÇEM. (2021). *Çölleşme ve erozyonla mücadele faaliyetleri*. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. Ankara: Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü. Retrieved from https://www.tarimorman.gov.tr/CEM/Belgeler/yay%C4%B1nlar/yay%C4%B1nlar%202021/CEM%20_DOSYA.pdf
- Çepel, N. (1989). *Orman Ekolojisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Dedrick, S., Spiecker, H., Orazio, C., Tom , M., Martinez, I., & (eds.). (2007). Plantation or conversion: The debate. *European Forest Research Institute Discussion* (p. 13). Joensuu, Finland: European Forest Institute.
- Deligöz, A., & Gencer, O. (2021). Saçlı meşe (*Quercus cerris* L.)’nin fidan kalitesi üzerinde tüp boyutu ve kökçük kırmanın etkisi. *Turkish Journal of Forestry*, 211–217.
- Enescu, C. M. (2015). Shrub and tree species used for improvement by afforestation of degraded lands in Romania. *Forestry Ideas*, 3–15.
- FAO. (1991). *A Manual for the Design and Construction of Water Harvesting Schemes for Plant Production*. Food and Agriculture Organization: <https://www.fao.org/4/u3160e/u3160e00.htm> adresinden alındı

- FAO. (2019). *Trees, forests and land use in drylands: The first global assessment*. Rome: FAO Forestry.
- García-Ávalos, S., Rodriguez-Caballero , E., Miralles , I., Luna, L., Domene, M. A., Solé-Benet, A., & Cantón , Y. (2018). Water harvesting techniques based on terrain modification enhance vegetation survival in dryland restoration. *Catena*, 319-326.
- Hatibu, N., & Mahoo, H. (1999). Rainwater harvesting technologies for agricultural production: a case for Dodoma, Tanzania. *Conservation tillage with animal traction*, 312-326.
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J.,Thépaut, J.-N. (2020). The ERA5 Global Reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 1999–2049.
- İncebel, C. (2012). Alternatif su kaynaklarının endüstriyel kullanıma kazandırılması için çatı . *Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstriyel Teknoloji Eğitimi. Yüksek Lisans Tezi*.
- Karaşin, Y., Toprak, B., Aydın, M.A., Eşen, D., & Ünlü, M.A. (2024). V-Şekilli Mikro Havzaların Dar Yapraklı Dişbudak Fidanlarının Ağa çlandırma Başarısına Etkisi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 352-369.
- Karimi, S., Yadollahi, A., Arzani, K., Imani, A., & Aghaalikhani, M. (2015). Gas-exchange response of almond genotypes to water stress. *Photosynthetica*, 29–34.
- Kaya, C., Ashraf, M., Sonmez, O., Aydemir, S., & Tuna, A. (2020). Exogenous application of nitric oxide and glycine betaine regulates oxidative defense system and improves drought tolerance in maize. *Plant Physiology and Biochemistry*, 67–73.

- Khamzina, A., Lamers, J., Worbes, M., Botman, E., & Vlek, P. (2006). Assessing the potential of trees for afforestation of degraded landscapes in the Aral Sea Basin of Uzbekistan. *Agroforestry Systems*, 129–141.
- Kuzucu, M. (2019). Kuru Üretim Zeytin Bahçelerinde Yağmur Suyu Hasadı Malç Uygulamasıyla Toprak ve Su Muhafazasının İncelenmesi. *Türkiye Tarım Dergisi*, 576-582.
- Küçükosmanoğlu, M. (1990). Kızılçam orman yangınları ilişkisi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri B*, 67–84.
- Lancaster, B. (2019). *Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond*. Tucson, Arizona: Rainsource Press.
- Li et al. (2020). Effects of rainwater harvesting on plant growth and soil moisture in semi-arid and cold climates: A case study in the Ergune River Basin. *Environmental Monitoring and Assessment*, 22.
- Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., . . . Marchetti, M. (2014). Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 698-709.
- Mazvimavi, K., Ndlovu, P., Nyathi, P., & Minde, I. (2010). Conservation agriculture practices and adoption by smallholder farmers in Zimbabwe. *3rd AAAE Conference*. Cape Town, South Africa: African Association of Agricultural Economists (AAAE) .
- Mert, A., Özkan , K., Şentürk, Ö., & Negiz , M. (2016). Changing the potential distribution of Turkey oak (*Quercus cerris* L.) under climate change in Turkey. *Polish Journal of*

Environmental Studies, 1633–1638.
doi:<https://doi.org/10.15244/pjoes/62230>

- Millar, C. I., & Stephenson, N. L. (2015). Temperate forest health in an era of emerging megadisturbance. *Science*, 823-826.
- Moges, Y. (2004, March). *Water Harvesting Techniques: Training and Construction Manual Consultancy Sub-report*. Retrieved from https://cambioclimatico.ineter.gob.ni/bibliografia/Adaptacion%20al%20cambio%20climatico/waterharvesting_manual.pdf
- Moreira, F., Viedma, O., Arianoutsou, M., Curt, T., Koutsias, N., Rigolot, E., . . . Bilgili, E. (2011). Landscape–wildfire interactions in southern Europe: Implications for landscape management. *Journal of Environmental Management*, 2389–2402.
- Oweis, T., Prinz, D., & Hachum, A. (2001). *Water Harvesting: Indigenous Knowledge for the future of the Drier Environments*. Beirut, Lebanon: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA).
- Özdemir, A. C. (2010). İstanbul içme suyu havzalarında arazi kullanımlarının su kalitesine olan etkisinin değerlendirilmesi. *Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul, Türkiye.
- Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., & ...& Hayes, D. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 988-993.
- Prinz, D. (2002). The role of water harvesting in alleviating water scarcity in arid areas. *international conference on water*

- resources management in arid regions* (pp. 107-122). Kuwait: Kuwait Institute for Scientific Research.
- Raspe, S., Dietrich, H., Dobler, G., Gietl, G., Grimmeisen, W., Kroll, F., . . . Schubert, A. (2004). Bavarian forest ecosystem monitoring program: a useful tool to analyze the drought 2003 and its effects on forests. *Impacts of the Drought and Heat in 2003 on Forests*, (pp. 19-20). Freiburg, Germany.
- Reddy, P. (2016). Micro-Catchment Rainwater Harvesting. In *Sustainable Intensification of Crop Production* (pp. 209-222). Singapore: Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- Repullo-Ruibérriz de Torres, M. A., Moreno-García, M., Ordóñez-Fernández, R., Rodríguez-Lizana, A., Rodríguez, B. C., García-Tejero, I. F., . . . Carbonell-Bojollo, R. M. (2021). Cover crop contributions to improve the soil nitrogen and carbon sequestration in almond orchards (SW Spain). *Agronomy*, 387.
- Rodríguez-González, P. M., Colangelo, M., Sánchez-Miranda, Á., Sánchez-Salguero, R., Campelo, F., Rita, A., . . . Camarero, J. (2021). Climate, drought and hydrology drive narrow-leaved ash growth dynamics in southern European riparian forests. *Forest Ecology and Management*.
- Rosa, L., Chiarelli, D. D., Rulli, M. C., Dell'Angelo, J., & D'Odorico, P. (2020). Global agricultural economic water scarcity. *Science advances*. doi:<https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz6031>
- Seidl, R., Schelhaas, M.-J., Rammer, W., & Verkerk, P. J. (2017). Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. *Nature Climate Change*, 832-836.

- Semerci, A., Çelik, O., Şanlı, B., Eczacıbaşı, B., & Şahin, Ö. (2004). Drought induced damages and mortalities in *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.), *Pinus sylvestris* L. and *Abies cilicica* (Ant. et Kotschy.) Carr. species in Semiarid Central Anatolia Region of Turkey. *Impacts of the Drought and Heat in 2003 on Forests*. Freiburg, Germany.
- Şen, S., Yılmaz, G., Topdemir, T., & Alkan, Ü. (2019). Zeytin Fidan Gelişimine Mikrohavza Su Hasadı Tekniği İle Toprak Su Tutma Kapasitesini Artırıcı Bazı Uygulamaların Etkisi. *Toprak Su Dergisi*, 122-129.
- Tadros, M. J., Al-Mefleh, N. K., Othman, Y. A., & Al-Assaf, A. (2021). Water harvesting techniques for improving soil water content, and morpho physiology of pistachio trees under rainfed conditions. *Agricultural Water Management*, 243.
- Tognetti, R., Smith, M., & Panzacchi, P. (2021). Forestry in Mountain Regions. *Climate-Smart Forestry in Mountain Regions*, 40.
- Turkes, M., Turp, M. T., An, N., Ozturk, T., & Kurnaz, M. L. (2020). Impacts of climate change on precipitation climatology and variability in Turkey. In *Water resources of Turkey. Water resources of Turkey*, 467-491.
- Tüfekçioğlu, A., & Tüfekçioğlu, M. (2018). Kuraklık ve orman ekosistem dinamikleri etkileşimi. *Turkish Journal of Forestry*, 103-108.
- Wright, P., & Bonkounou, E. (1985). Soil and water conservation as a starting point for rural forestry: the OXFAM project in Ouahigouya. Burkina Faso: Rural Africana.

Zhao, M., & Running, S. W. (2010). Drought-induced reduction in global terrestrial net primary production from 2000 through 2009. *Science*, 940-943.

BÖLÜM 4

KÖYCEĞİZ'DE EKOTURİZM KAYNAKLARININ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERSPEKTİFİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

HATİCE ULUSOY¹
NURGÜLAY²

Giriş

Ülkemizde, özellikle Akdeniz ve Ege bölgelerinde yoğunlaşan, deniz-güneş-kum üçlüsüne dayalı talep, her geçen gün artmaktadır. Yaz aylarında faaliyet gösteren turizmi tüm yıla yayabilmek ve bölgesel yoğunluğu ortadan kaldırabilmek için alternatif turizm türlerine olan ihtiyaç çoğalmıştır (Erdoğan, 2003). Bu doğrultuda ekoturizm, doğal ve geleneksel çevreye önem veren, küçük ölçekli işletmeler tarafından küçük turist gruplarına hizmet veren ve yerel halkın refahını gözetten bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ekoturizm dünyada ve ülkemizde hızla gelişme göstermektedir. Doğaya saygılı ve yerel halkın refahını yükseltmeye yönelik sürdürülebilir bir turizm şeklidir. Eğer iyi planlanır ve uygulanırsa bu yapı yerel yönetimler, işletmeler ve seyahat acentaları ile birlikte doğal ve kültürel kaynakların korunması üzerinde etkili olacak ve bu da ülke ekonomisine fayda sağlayacaktır.

Dünya Turizm Örgütünün 2002 yılını, Ekoturizm yılı olarak ilan etmesiyle birlikte, bu kavram turizm literatüründe çok sık kullanılan bir kavram haline gelmiştir.

¹ Doçent, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Köyceğiz Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, Orcid: 0000-0003-0960-3388

² Profesör, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orcid: 0000-0002-2654-962X

Ekoturizm doğal ve kültürel kaynakları tahrip etmeden, turizm faaliyetlerinin gerçekleştirilebilmesini ve sürekliliğini amaçlamaktadır. Köyceğiz ve çevresi de gerek doğal güzellikleri, gerekse kültürel değerleri ile Türk turizmi için önemli bir destinasyon merkezidir. Doğal olarak bu merkezin turizm amaçlı daha etkin kullanımı ve geliştirilebilmesi için ekoturizmin ilkeleri ışığında plan ve programların yapılması gerekmektedir. Bu nedenle bu çalışmada ekoturizm tanımlanarak Köyceğiz ve çevresindeki ekoturizm imkanları incelenmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur.

Turizm ve Gelişme Süreci

Turizm, yabancıların sürekli yerleşmemek ve kazanç elde etmemek amacıyla, gittikleri bölgelerdeki seyahatlerin ve geçici konaklamalardan doğan olguların bütünüdür. Turizm, “turist tanımına giren ziyaretçilerin seyahat ve konaklamaları sırasında gerçekleştirmiş oldukları toplumsal ve ekonomik faaliyetler bütünü” olarak tanımlanmıştır (Ürger, 1992).

Günümüzde ulaşımın kolaylaşması, teknolojinin gelişmesi, haberleşme ve toplumlararası iletişim imkanlarının artmasına paralel olarak turist sayısı artmakta ve turizm sektörü gelişmektedir. Bu sektör, dünyada en hızlı gelişme gösteren sektörlerden biri olmakla birlikte, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için ekonomik kalkınmanın önemli bir aracı olarak görülmektedir.

Turizm sektörü gelişimini, doğal değerler ile çevresel koşulları kullanarak hızlandırmaktadır. Turizmin kaynak kullanım alanı çevresel değerlerdir. İlk çağlardan beri insanların seyahatlerinde önemli bir tercih sebebi olan iklim, termal kaynaklar, göl ve denizler, milli parklar, ormanlar, doğal peyzaj güzellikleri olan akarsular, şelaleler, dağlar, vadiler, yaban hayvan toplulukları, jeolojik yapı olarak volkanlar, mağaralar ve yeraltı gölleri gibi tüm ekolojik çevre değerleri turizm etkinliklerinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Turizmin sürdürülebilirliği de bu kaynakların korunması ile mümkün olabilmektedir (Akıllı, 2004). Ancak artan turizm aktiviteleri, beraberinde çevresel değerlerin bozulması ve azalmasına neden olmuştur.

Ekoturizm

Ekoturizm kavramı, “turizmde sürdürülebilirlik” arayışları ile birlikte literatüre girmiştir. Turizm alanında, doğaya dayalı turizm olarak tanımlanan ekoturizm, bir sürdürülebilir kalkınma aracı olarak görülmektedir (Kahraman ve Türkay, 2004). Günümüzde ulusal ve bölgesel boyutta en yaygın olarak üzerinde durulan ekoturizm kavramı, doğaya dayalı turizm, yumuşak turizm, özel ilgi turizmi, yeşil turizm, sorumlu turizm, bilinçli turizm, kırsal turizm, alternatif turizm ve sürdürülebilir gibi türlerle birlikte veya o türler içinde ele alınır ve tanımlanır (Kuşluvan, 1999).

Ekoturizm, genellikle küçük gruplar halinde, ailelerin işlettiği küçük tesislerde, geleneksel mimarinin ve yerel kaynakların kullanımını hedef almaktadır. Ekoturizm

amacına uygun gerçekleştirildiği takdirde hassas ekosistemlerin korunması ve bu bölgelerin içerisinde ve çevresinde yaşayan nüfusun sosyo-ekonomik gelişmesi için kaynak yaratabilen bir araçtır (Altıparmak, 2002). Önemli ekoturizm potansiyeli olan dağlık ve ormanlık bölgelerdeki köylerde yaşayan halkın yoksulluğu göz önüne alındığında, ekoturizmin sosyal sınıflar arasındaki dengesizliği azaltan bir işlevinin olduğu da ortaya çıkmaktadır.

Ekoturizm en büyük yararı, yerel ölçekte ve “küçük güzeldir” felsefesine uygun gerçekleştiği durumda sağlamaktadır. Ekoturizmin küçük gruplar halinde yapılması, konaklamaların genellikle ailelerin işlettiği pansiyonlarda gerçekleştirilmesi işlerin lokal çapta ve küçük miktarlardaki sermayelerle listelenmesi, geleneksel mimarinin ve yerel kaynakların kullanılması bu yaklaşımın temelini oluşturmaktadır (Ozoner, 2002). Bu anlamda ekoturizmin sürdürülebilirliği, turizm sektörü, idareciler, yerel halk ve turistlerin işbirliği yapmasıyla sağlanabilmektedir.

Ülkemiz ekoturizm açısından çok zengin bir potansiyele sahip olup sürdürülebilirlik konusunda devamlılık arz edebilmesi doğanın ve çevrenin korunmasına bağlıdır. Türkiye, sahip olduğu doğal çevre özellikleri ve bu özelliklerde görülen çeşit zenginliği yönünden “doğa tabanlı turizm” açısından potansiyeli yüksek olan bir ülkedir (Akesen, 2009). Söz konusu özelliklere ülkemizin çok renkli kültürel, tarihsel, yöresel mimari, geleneksel yaşam biçimi vb. gibi sosyal doku zenginlikleri de katıldığında karşımıza küresel boyutlarda dikkat çekici bir “ekoturizm potansiyeli” çıkmaktadır.

Ekoturizm Türleri

Botanik Turizmi

Türkiye’nin üç kıtayı birbirine bağlayan coğrafi konumu ve bu farklılığın getirdiği iklim çeşitliliği, Anadolu Yarımadası’nı dünyada benzerine az rastlanan bir bitki çeşitliliğine sahip kılmıştır. Bu da kişilerin belli bir bölgede yetişen, özellikle de endemik türlerin görülmesi ve incelenmesi merakını arttırmıştır. Günümüzde özel amaçlarla oluşturulan botanik bahçelerinin ve parkların ziyareti de rekreasyon etkinlikleri olarak yer almıştır (URL-1).

Doğa Fotoğrafçılığı

Doğa turizmi genel olarak, doğal ortamlara yapılan seyahatleri ifade etmektedir. Doğaya dayalı turizm, kırsal mekanlarda yapılan rekreasyonel ve macera türü spor faaliyetlerini içine almaktadır. Doğa, onu oluşturan öğelerin gösterdiği çeşitlilik ve estetik çekiciliğiyle fotoğrafçılar tarafından büyük ilgi görmektedir (URL-1).

Tarım - Çiftlik Turizmi

Tarım turizmi; ekonomik katkılarının yanında, sosyal anlamda dinlendirici ve tedavi edici, çevresel anlamda eğitici özellikler gösteren zirai, ekolojik ve kültürel ürünlerin birleşmesinden meydana gelmektedir. Genel olarak tarım turizmi, sürdürülebilir turizmin gelişimini sağlayan, çevreye saygı gösteren, bölgelerin kültürel mirasına ve otantik özelliklerine değer veren bir turizm çeşididir (URL-1).

Yayla Turizmi

Ekoturizm etkinlikleri arasında en fazla talep yayla turizmine olmaktadır. Günümüzde büyük şehirlerde yaşayan insanlar şehrin gürültüsü ve kirliliğinden kaçıp, doğal güzelliklere sahip olan sessiz alanları tercih etmektedirler. Özellikle kıyı şeridindeki tatil yörelerinin sıcak ve nemli havasına karşılık yaylaların; çok çeşitli bitki örtüsüne sahip olması, ormanları, krater gölleri, ırmakları, tarihsel, kültürel ve arkeolojik değerleri, dağ ve doğa yürüyüşleri, rafting, kış sporları, av, olta balıkçılığı, çim kayağı, şifalı suları, yayla şenlikleri ve el sanatları gibi değerler taşıması nedeniyle turizm açısından çekim merkezi olmalarını sağlamıştır (Kozak ve diğerleri, 2000).

Dağ Turizmi

Dağ turizmi, dağların temiz ve güzel havasından yararlanmak için insanların dağlara yönelik olarak gerçekleştirdikleri turizm türüdür. Gelişmekte ve gelişmiş olan ülkelerde ortaya çıkan çevre sorunları, kişilerin sağlıklı bir iklimde ve doğal çevrede bulunma ihtiyacını arttırmaktadır. İnsanlar sağlıklarını korumak için, sağlıklı iklim koşullarının olduğu yerleri tercih etmektedirler. Bu da bu özelliğe sahip olan yörelerin çekiciliğini arttırmaktadır. Bu amaçla dağ turizmi ve dağ sporları, bu gereksinime yanıt verecek turizm türü olarak karşımıza çıkmaktadır (Tunç ve Saç, 1998).

Dağ-Doğa Yürüyüşü (Trekking)

Trekking; bir bölgenin dağlık kesimlerinde, dağcılık tekniği gerektirmeden, zor ve sarp yerlere girmeden, küçük patikaların takip edildiği, belirli zorluklar ve özellikler gösteren doğa koşullarında, yaş gruplarına uygun ve zamanla sınırlı olarak düzenlenen uzun yürüyüşlerdir. Başlangıçta doğasever insanların, doğal güzellikleri yaşamak ve doğada bulunmak amaçlı gerçekleştirdikleri kişisel veya arkadaş çevresi etkinlikleri olarak başlayan trekking, günümüzde alternatif turizm çatısı altında giderek ekonomik boyut kazanmış ve büyümüştür (Erdoğan, 2003). Bugün trekking, genelde şehrin stresinden kurtulmak isteyenlerin, hafta sonu günübirlik şehre yakın parkurlarda ya da yabancı ülkelerde 2 - 3 haftalık turlar şeklinde, profesyonel bir rehber eşliğinde gerçekleştirdikleri bir spor durumundadır.

Av Turizmi

Av turizmi, bilinçli ve belli bir eğitime dayanarak, doğaya zarar vermeden yapılan sadece olgunluğa erişmiş hayvanların avlanması olayıdır (Kozak, 2012). Avcılık sadece avlanma değil, aynı zamanda av hayvanlarının korunması ve üretilmesi faaliyetlerinin de

yer aldığı bir aktivitedir. Av turizmi, bilinçli ve kurallara uygun olarak yapılması durumunda her yönden olumlu etkileri olan bir turizm türüdür. Bir yandan ülkenin yaban hayatını koruyup geliştirirken, diğer yandan da, önemli bir gelir kaynağını oluşturmaktadır.

Akarsu Turizmi (Rafting- Kano)

Akarsu kaynaklarının çeşitli rekreatif amaçlarla kullanılmasına ve buralarda yapılan turizm amaçlı sportif aktiviteleri içeren faaliyetlerin tümüne akarsu turizmi adı verilmektedir. Rafting, trekking, kano ve akarsu kayağı, yüzme, av turizmi (balık avlama) gibi spor türleri, çeşitli akarsularda (nehir, dere, ırmak vb.) yapılması durumunda akarsu turizmi kapsamında yer almaktadır (URL-1).

Sportif Olta Balıkçılığı

Sportif, rekreasyonel ve animatif faaliyetler, bu yöndeki ihtiyaçları karşılayarak, konaklama süresini uzatan, dolayısıyla turizmin ekonomik katkısını arttıran faaliyetler olarak ülkemiz açısından büyük önem taşımaktadır. Ancak yapılan araştırmalar sonucu, ülkemize gelen turistlerin kalış sürelerinin, diğer Akdeniz ülkelerine oranla düşük olması ülkemizdeki rekreasyonel faaliyetlerin sınırlı kalmasına bağlanmaktadır. Sportif olta balıkçılığının da bu doğrultuda, özellikle giderek artan doğayla baş başa kalma ihtiyacını karşılayabilecek rekreasyonel spor olarak ele alınması ve bir proje çerçevesinde geliştirilmesine yönelik çalışmalara hız verilmelidir (Bakırcı, 2002).

Bisiklet Turizmi

Bisiklet turizmi, “boş zamanlarını bisiklet sürerek geçiren insanların şehrin dışında hoş bir hafta sonu geçirmek amacıyla veya uzak bir destinasyona seyahat yapmak amacıyla gerçekleştirdikleri uzun “bisiklet turları” olarak tanımlanabilir (Altan, 2006). Bütün dünyada hızla yayılan doğa turizmi anlayışına paralel olarak ülkemizde de bisiklet turları son yıllarda seyahat acentaları tarafından doğal güzelliklere sahip kırsal alanlarda düzenlenmektedir (Erdoğan, 2003).

Atlı Doğa Yürüyüşü

Turizmin çeşitliliği içinde yer alan atlı doğa yürüyüşleri tarihi ve doğal güzelliklerin bulunduğu yörelerimizde düzenlenen günübirlik veya birkaç günlük gezi programları ile yapılmaktadır (Erdoğan, 2003).

Balon Turizmi

Balonla uçuş sporu ülkemizde de yoğun ilgi görmektedir. Uzun yıllardır bireysel sportif amaçlı yapıldığı gibi, turistik yörelerdeki yerel etkinliklerde balonla kent turları düzenlenmektedir (URL-1).

Macera Turizmi

Macera turizmi, ekoturizm etkinliklerinin aktif bir formudur. Şehir yaşamının stresinden kurtulmak için birçok turist, güç koşullar altında doğal ve tehlikeli ortamlarda değişik spor aktivitelerine katılmak istemektedir. Bu aktiviteler katılanlara heyecan verici ve aynı zamanda gerilim yaşatacak türdendir (Kahraman ve Türkay, 2004). Macera turizmi tamamen dağlar, ırmaklar, ormanlar gibi doğal kaynaklara bağlıdır.

Yaban Hayatı (Fauna) Gözlemciliği

Yaban hayatı gözlemciliği tüm dünyada ve turizm endüstrisinde popüler olmaya başlamıştır. “Yaban hayatı” deyimini doğayı oluşturan canlı ve cansız tüm nesneleri kapsar. Küçük veya büyük, insanlar için yararlı veya zararlı olan tüm bireyler yaban hayatını zenginleştiren önemli varlıklardır. Canlı türlerindeki çeşitlilik, az bulunurluk ve tehlike ziyaretçilerin yaban hayatı gözleme turlarında hedef seçimini etkileyen en önemli motivasyon unsurlarıdır. Dolayısıyla bu turlar macera turizmi, özel ilgi turizmi ve ekoturizmin bir kombinasyonu olarak görülmektedir (URL-1).

Yamaç Paraşütü

Yamaç paraşütü sporunun bir ülkede yaygınlaşması, o ülkenin coğrafi yapısıyla yakından ilgilidir. Türkiye’nin coğrafi yapısının engebeli olması, dört bir yanının tepeler ve dağlarla çevrili bulunmasından dolayı hemen hemen her bölgede yamaç paraşütüyle uçuş yapmak mümkündür. Bu yönüyle ülkemiz son derece ayrıcalıklı özelliklere sahiptir (URL-1).

Kuş Gözlemciliği

Kuşları, kuşların yaşam alanlarını ve giderek tüm doğayı tanımayı ve korumayı amaçlayan bir ekoturizm aktivitesidir. Kuş gözlemciliği etkinliği dünyada yaban hayatı izleme türleri arasında ön plana çıkmış ve büyük ilgi görmektedir (URL-1).

Termal Turizm

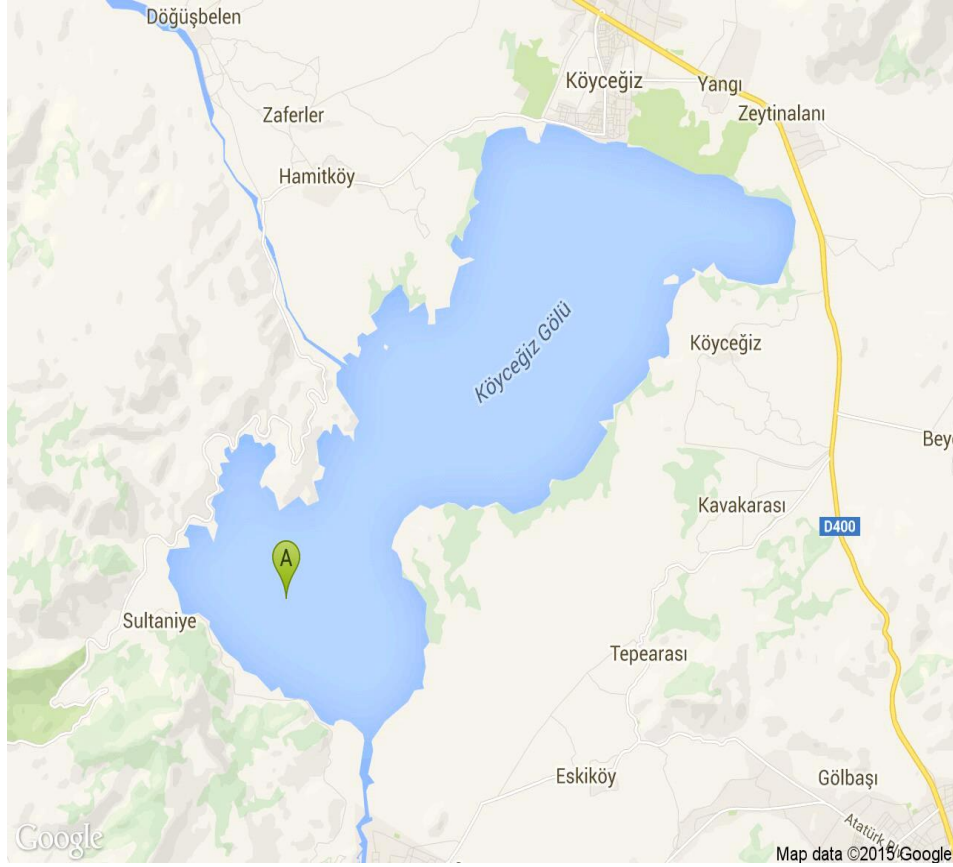
Termal turizm yirmi birinci yüzyılın ihtiyacı haline gelen bir turizm şekli olmaktadır. Günümüzde yaşam koşulları ve çevre sorunları insanoğlunun sağlığını bozmakta ve bozulan sağlığını tekrar iyileştirmek için bu duruma çare düşünülmektedir. Çare olarak da, sağlığına iyi gelecek yerlere seyahat ve oradaki temel su kaynaklarından yararlanmak düşünülmüştür. Eskiden bu seyahatler halk arasındaki söyleyişlerden kaynaklanırken şimdi tıp dünyasındaki uzman kişilerin yönlendirilmesiyle yasal boyutlarda bir olay halini almıştır (Beyhan, 2004).

Köyceğiz Hakkında Genel Bilgiler

Coğrafi Konumu

Köyceğiz İlçesi, Akdeniz ve Ege Bölgeleri'nin birleştiği yerde, Muğla-Fethiye Karayolu'nun 60. Km'sinde, zengin doğal güzellikler ve narenciye bahçeleri içinde, sakin bir turistik ilçedir. İlçe, adını aldığı Köyceğiz Gölü'nün kuzeyindedir (URL-2).

Şekil 1. Köyceğiz'in coğrafik konumu



Kaynak: <https://tr.wikipedia.org> (URL-3)

Resim 1. Köyceğiz'in görünümü



Kaynak: <https://www.google.com> (URL-4).

Ulaşımı

Karayoluyla, Muğla-Fethiye karayolu izlenerek Gökova Kavşağından Marmaris'e ayrılmadan Fethiye yönüne devam edildiği takdirde yaklaşık 30 km sonra Köyceğiz gölü sağınızda kalmaktadır. Köyceğiz anayoldan 1 km içeride, göl kenarındadır. Havayoluyla ulaşım olanağı Köyceğiz'e 32 km uzaklıktaki Dalaman Havalimanıyla sağlanmaktadır (URL-5).

Tarihi

Köyceğiz'in tarihi M.Ö. 3400 yıllarına kadar uzanır. Bu yörede varlık gösteren ilk uygarlık Karyalılarıdır. Sonra sırasıyla İskitler, Asurlular, İyonyalılar, Dorlar, Akalar, Persler, Hellenler, Seleykoslar, Romalılar, Selçuklular, Menteşeoğulları ve Osmanlılar yöreye hakim olmuştur. Köyceğiz'in tarihi ile ilgili ilk bilgileri tarihçi Herodot, coğrafyacı Strabon ve İngiliz arkeolog Hoskin vermektedir.

M.Ö. 2000 yıllarında Yunanlar ve Akalar'ın deniz yolu ile Ege kıyılarına çıkmaları ile sahilde yeni koloniler kurulmuş, iç kısımlarda ise Karyalıların kolonileri ile gelişim sağlanmıştır. Böylece ilçe M.Ö. 1000 yıllarında oldukça iyi bir konuma gelmiştir. Köyceğiz Gölü'nün Akdeniz'le birleştiği yerde Kaunos şehri Karya'nın önemli limanlarından ve ticaret merkezlerinden biri olmuştur. Akropol, ünlü mabetler ile Harab ve Susan kaleleri önemli tarihi eserlerdir.

Osmanlılar döneminde ilçe Hurşit Paşa'nın Muğla Mutasarrıflığına getirildiği dönemde bugün bulunduğu yer olan Yüksekum'a taşınmıştır (1884). İstiklal Savaşı'nda düşman saldırısına uğramış, 1919 yılı sonunda Tahirağa, Mehmet Zeki Osman Ağa ve Tevfik Bey'lerin öncülüğünde Kuva-i Milliye Teşkilatı kurularak yurt savunmasına dahil edilmiştir. Köyceğiz adının nereden geldiğine gelince: Efsanelere göre Köyceğiz, gölün alanı üzerinde bulunan bir ovada kurulmuş. Bilinmeyen bir zamanda ovayı sular basmış. Felaketin seyrine gelenler gölün doğu kısmında kalan birkaç evi ve insanı görünce: "Bütün şehir batmış, sadece kıyıda bir Köyceğiz kalmış." demişler. Bugün hâlâ gölün altında bir batık şehir olduğuna inanılır (URL-5).

İklimi

Köyceğiz'in kıyı kesiminde Akdeniz iklimi, dağlık bölgelerde ise Karasal iklim görülür. Türkiye'nin Rize' den sonra en çok yağış alan Köyceğiz'de kış yağmurlarının 2-3 ay sürdüğü görülmüştür.

Bitki örtüsünün doğal görünümü içinde, bir maki türü olan zakkumların özel bir yeri bulunmaktadır. Bu ağaççık demetler halinde açan pembe çiçekleriyle yörenin simgesi olmuş aynı zamanda Köyceğiz'de yol kenarlarının, park ve bahçelerin süslemesinde kullanılmaktadır (URL-5).

Ekonomisi

İlçe nüfusunun %85'i mahallede yaşamakta olup geçimini tarım, hayvancılık, ormancılık, turizm ile sağlamaktadır. İlçenin en büyük gelir kaynağı tarımdır. İlçede polikültür tarım yapılmakta olup, iklim ve coğrafi yapı birçok ürünün yetiştirilmesine elverişlidir. İlçenin diğer bir geçim kaynağı, gezginci arıcılıktır. Köyceğiz gölü ve gölü Akdeniz'e bağlayan Dalyan Boğazı'nda kefal balığı üretimi yapılmaktadır. Beyobası mahallesinde alabalık tesisleri kurulu olup, üretimini sürdürmektedir. İlçede 3 adet narenciye yıkama, mumlama, standardizasyon ve paketleme fabrikası kurulu olup, ihracatlar buradan yapılmaktadır. Ayrıca ilçemizde 2 adet su şişeleme fabrikası bulunmaktadır. İlçenin adını taşıyan Köyceğiz Köyü'nde tarım alet ve makineleri üreten bir fabrika bulunmaktadır.

Dünyada beş türü olan sığla ağacı Türkiye'de Köyceğiz çevresinde yayılış göstermiştir. Sığla ormanlarının en yoğun olduğu yer Köyceğiz çevresi olup bütün sığla orman sahasının %74'ünü barındırır. Yerel dilde günlük ağacı da denilen bu ağacın mobilyasından çok balsamından (sığla yağı) faydalanılmaktadır. Köyceğiz çevresi ormanlarında topluluklar oluşturan bu ağaç, görsel açıdan çekicilik yarattığı gibi, reçinesinin sağladığı güzel koku, çevrenin doğal ortamının ayırıcı özelliğini oluşturur (URL-5).

Nüfus

Köyceğiz nüfusu 2024 yılı verilerine göre 41.205'dir (URL-5).

Köyceğiz İlçesinin Ekoturizm Potansiyeli Açısından Değerlendirilmesi

Köyceğiz ve çevresi sahip olduğu doğal değerlerle ekoturizm açısından çok uygun olanaklara sahiptir. Köyceğiz doğal ve kültürel öğeleri ile ilgi çekici özellikler taşımakta, turizm ve rekreasyon aktiviteleri için potansiyel oluşturmaktadır. Tüm bu imkanlar, gölün doğal güzellikleri ve tarihi kalıntıları sayesinde ilçe, her yıl azımsanamayacak sayıda turist çekmektedir. Köyceğiz ve çevresi birçok özgün doğal, tarihi ve kültürel özellikleri değişik alternatif turizm hareketleri için yüksek potansiyel içermektedir. Köyceğiz'de yapılan ekoturizm türleri içerisinde yer alan kırsal turizmi yüksek bir potansiyele sahip olup, kaynaklar yeterince kullanılmamaktadır. Bununla birlikte ekoturizm faaliyetleri kırsal turizmi tetiklemekte ve kırsal alanların canlandırılmasına neden olmaktadır. Köyceğiz'de yapılan ekoturizm etkinlikleri aşağıda belirtilmiştir. Köyceğiz ilçesinde mevcut ekoturizm potansiyeli olan alanlar ve bu alanlarda etkin şekilde yapılan ekoturizm faaliyetleri değerlendirilmiştir. Buna göre;

Köyceğiz Gölü

Muğla ilinin güneydoğusunda kalan, Menteşe yöresinde bulunan bir göldür. Tektonik bir çukurun sularla dolması ve Dalaman Çayının getirdiği alüvyonların körfezin

önünü tıkaması sonucu oluşmuştur. Derinliği 20 ile 60 m arasında, uzunluğu 52 km², deniz yüzeyinden yüksekliği 8 metre, kapladığı alan 6300 hektar olarak bilinen bu göl, tatlı su gölü olarak da adlandırılmaktadır. Göl, dağlardan üç kol halinde inen; Yuvarlak Çay, Namnam Çayı ve Kargacık Çayı sularıyla beslenmektedir.

Köyceğiz Gölü'nün gideğeni ise "Dalyan Boğazı" dır. Derinliği 1,5 metre kadar olan bu kanal Köyceğiz Gölü'nü Akdeniz'e bağlamaktadır. Bu tür göllere ayaklı göl adı verilir. Dünyada bu tür göllerden sadece 7 tane bulunmaktadır. Güneyinde nesli tükenmekte olan Nil Kaplumbağası da bu gölde yetişmektedir.

Hemen hemen her zaman sakin olan bu gölde yılın 8 ayında su kayağı yapılır. Yüzme, sörf, yelken, kürek gibi su sporları yapmaya uygun olan göl, aynı zamanda 2 km'lik gezi kordonu ile güzel bir doğa yürüyüşü yapmak isteyenler için de elverişlidir.

Göl plankton bakımından zengin olduğu için kefal, levrek ve çipura gibi birçok balık türü yetişmektedir. Bu da aktivite olarak balık tutmak isteyenlere güzel bir imkan sağlamaktadır.

Köyceğiz gölü ve çevresi göç eden su kuşları için kışlama, konaklama ve kuluçka alanı olarak önem taşımaktadır. Yoz atmaca (*Accipiter brevipes*), saz delicesi (*Circus aeruginosus*), ortanca ağaçkakan (*Dendrocopos medius*), leylek (*Ciconia ciconia*), gökdoğan (*Falco peregrinus*), küçük balaban (*Ixobrychus minutus*) ve İzmir yalıçapkını (*Halcyon smyrnensis*) alanda üreyen önemli türlerdir. Yüksek sayıda Macar ördeği (*Netta rufina*) ve sakarmeke (*Fulica atra*) alanı kışlamak için kullanılmaktadır (Doğaner, 1994). Çok çeşitli kuş türleri arasında en önemlileri nesilleri son yıllarda azalan İzmir yalıçapkını ve Alaca yalıçapkınıdır. Göl çevresinde ufak teknelerle yapılan günlük gezi turları sayesinde sazlık ve ağaççıklarda bu nadir görülen kuşların gözlemciliğini yapabilmek, manzara seyretmek, doğa fotoğrafları çekmek mümkündür. Bu rekreasyon faaliyetleri sayesinde göl, yerli halkın ve turistlerin oldukça ilgisini çekmektedir (URL-5).

Sultaniye Kaplıcaları

Köyceğiz ilçesinde yer alan kaplıca, Köyceğiz Gölü'nün güneybatı kıyısında ve Ölemez Dağı'nın eteklerinde bulunmaktadır. Muğla-Marmaris karayolu üzerindeki kaplıca Köyceğiz'e 20 km uzaklıktadır. Sultaniye Kaplıcaları olarak bilinen bu maden suyu kaynakları, kaplıca turizminde günlük rekreasyon alanları olarak kullanılmaktadır. Sultaniye'de yer alan bu maden suları ve çamurlarında bulunan doğal radyoaktifler, insan vücudu üzerinde uyarı etki yaptığından "gençlik suları" ve "gençlik çamuru" olarak bilinirler. Bu yüzden Türkiye'nin maden suları arasında radyoaktiflik açısından ilk sırada yer alırlar. 39 derece sıcaklıktaki su kalsiyum klorür, kalsiyum sülfat, kalsiyum sülfür, bromür ve radon bakımından zengin olduğu için rehabilite edici özelliği vardır (URL-3).

Çoğunlukla gününbirlik ziyaretçilere hizmet sunan kaplıca suyunun romatizma, böbrek ve idrar yolları rahatsızlıkları, deri, kalp ve kan dolaşımı, solunum yolları, kadın hastalıkları, sinir ve kas yorgunluğu, sinirsel hastalıklar, eklem ve kireçlenme, göz ve ameliyat sonrası rahatsızlıklara olumlu etkisi bulunmaktadır (Aksu ve Aktuğ, 2011).

Genel olarak Muğla ilinde Dalaman, Girmeler ve Sultaniye Kaplıcaları termal turizme yönelik hizmet veren kaplıcalardır. Sayı olarak az olan bu termal kaynakların en bilineni Sultaniye kaplıcaları olmasına rağmen bu bölgede termal turizm alanındaki tesis sayısı ve kapasitesi oldukça sınırlıdır. Sultaniye'deki termal turizmin diğer turizm türlerinin gölgesinde kalmasını önlemek ve alanı daha çekici kılmak için çalışmalar yapılmalıdır. Bu yüzden termal kaynakların daha etkin kullanılabilmesi ve mevcut konaklama tesislerinin modern şekilde yeniden düzenlenmesi gerekmektedir. Böylece yerli ve yabancı daha fazla turistini ilgisini çekecek ve bölge ekoturizme kazandırılmış olacaktır.

Ekincik Plajı Koyu

Bitki örtüsü ekoturizm için, turizm alanlarının çekici özelliklerinden birisidir. Akdeniz ikliminin hakim olduğu Köyceğiz ve çevresinin doğal bitki örtüsünü, turizmde önemli olan, daima yeşil kalabilen yapraklarıyla makiler ve su bitkileri oluşturur. Bunlar ekincik koyunda deniz kıyısında maviyle yeşilin birleştiği bir renk ahengi yaratarak bu koyu turizm açısından çekici hale getirirler.

Ekincik Koyu, uzun plajı, nefis koyu ve yat limanı, su sörfü, su kayağı ve yüzme sporu için elverişli yerlerden biridir. Yılın dört mevsimi kamp yapmayı sevenler veya karavan tutkunları için ideal bir koydur. İnsanın üzerine yapışmayan iri kumlu plajı ve temiz denizi ile yerli ve yabancı turistlerin yoğun ilgisini çekmektedir. Ayrıca koy, bisiklet tutkunları için de idealdir. Doğa yürüyüşünü sevenler için Ekincik-Çandır arası trekking için keyifli bir parkurdur (URL-5).

Yuvarlak Çay

Köyceğiz Gölü'nü besleyen en önemli akarsulardan biri olan Yuvarlak Çay, ekonomik ve ekolojik açıdan oldukça önemli bir yere sahiptir. Yaklaşık 30 km uzunluğunda ve 3,61 m³/s ortalama debiye sahip olan Yuvarlak çay, Türkiye'nin en büyük kapasiteli alabalık üretim tesislerinden birinin su kaynağını oluşturmaktadır. Türkiye'deki en büyük alabalık tesisi de bu bölgede bulunmaktadır. Bu da bölgeyi balık faunası gözlemciliği açısından çekici kılmaktadır.

Sandras Dağının kar sularından beslenen çay, yaz aylarında sıcaklardan bunalan yöre halkı için klimasız doğal bir serinlik fırsatı sunmaktadır. Böylece sıcaktan bunalmadan çevresine güzel koku veren mersin ağacı, nar, çınar, limon, ceviz ağaçlarıyla dolu alanda doğa yürüyüşü yapmak, eşsiz fotoğraflar çekmek mümkündür.

Bıldırcın ve keklik gibi kuş türleri açısından da oldukça zengin olan bölge kuş gözlemciliğine imkan tanımakta ve kış aylarında bölgede yaban domuzu, ördek avı da yapılabilmektedir. Turizm acentaları tarafından da turlar düzenlenmektedir (URL-5).

Ölemez Dağı

Eteklerinde Sultaniye Kaplıcalarının bulunduğu Ölemez Dağının zirvesinden Köyceğiz gölü, Dalyan kanalları ve Kaunos antik kentine kadar çok geniş bir alan

görülebilmektedir. Yoğun orman alanları doğa yürüyüşleri için ideal mekanlardır (URL-5).

Delta Plajı

Plaj, gölün hemen yanında 50 dönüm arazi üzerinde Günlük Ağaçları(Sığla) ile kaplı, Türkiye'nin her tarafından gelen kişiler için kamp yapmaya uygun bir mekandır. Köyceğiz Belediyesi tarafından daha yaşanabilir bir yer yaratmak için çevre düzenlemesi çalışmaları başlatılmış ve bu çalışmalar sayesinde tesisin daha kullanılabilir hale gelmesi sağlanmıştır (URL-5).

Palmiye Merkezi

Türkiye'nin ilk Palmiye Müzesi olma özelliğini gösteren, Dr. Ragıp Esener tarafından bahşedilen Palmiye Merkezi, Köyceğiz' e 2 km uzaklıkta Ekincik yolu üzerindedir. Botanik Bahçesi, Palmetum (yaşayan palmiye müzesi), Kaktüs ve Sukkulent evi, Tropik Sera, Tropik Meyveler Bölümü ve Su Bahçelerinden oluşmaktadır. 140 tür palmiye yanında, ülkemizde ilk üretimi yapılan, tropik ve subtropik bitkiler, zengin su bitkileri koleksiyonu, tropik meyveler, sikaslar, nolinalar, starliçeler bulunmaktadır. 1000'den fazla bitki çeşidi ve botanik bahçesi dışında, Merkezin 7000 m kare kapalı, yaklaşık 25.000 m kare açık alanında çok çeşitli türden bitki üretimi yapılmakta ve satışa sunulmaktadır (URL-5).

Ağla Yaylası

Ağla Yayla'sı Köyceğiz'e 11 km uzaklıkta ve 800 metrelik rakıma sahip, Köyceğiz'in doğusunda yer alan, 4 kilometresi asfalt, 8 kilometresi stabilize yol ile ulaşılabilen bir yayladır. Köyceğiz'in içme suyu kaynaklarının çıktığı Ağla yaylası, ekonomik amaçlı olmayıp Köyceğiz'de oturan yerli halka ait yazlık konutların yer aldığı bir yayladır.

Uzun bir zaman diliminde unutulmuş olan Ağla, tüm doğa güzelliğini inatla koruyarak, yayla yaşamının önem kazandığı son yıllarda yerini almayı hak etmiştir. Yaz sıcaklarından bunalan insanları, bol oksijeni, çağıl çağıl akan suları ve serin havasıyla kucaklayan Ağla, gürültüden uzakta yorgunluk ve stres atmanın tam merkezidir. Asırlık çam, çınar ağaçları, meyve ve sebze bahçeleri ile iç içe olan yayla köyüne, Köyceğiz halkı, yoğun olarak gidip, doğayla bütünleşmiş ahşap yayla evlerinde tatillerini geçirmektedirler. Köyde, Ağustos ayının 13'den sonraki ilk perşembe günü 'Mahya Şenlikleri' yapılmaktadır. Yayla ile Çiçek baba yaylası arasında 18 km'lik bir güzergahtan oluşan trekking yolu bulunmaktadır. Çiçek baba yaylasında bulunan göl kıyısı da kamp kurmak için elverişlidir. Bu yaylaya ekoturizm de özel istekle küçük gruplara doğal hayatı gözlemlemek için (kelebek ve kuş gibi) günlük turlar düzenlenmektedir (URL-5).

Toparlar Şelalesi

Köyceğiz'e sadece 8 km uzaklıktaki Toparlar Şelalesi, yılın en sıcak aylarında dahi Trekking ve doğa hayranları için, 15 dakikalık bir doğa yürüyüşü ile ulaşarak, serinleyebilecekleri yerlerden biridir. Toparlar deresi, su hacminde çok az değişim

göstererek tüm yıl akar ve şelalenin altında bulunan doğal ve küçük göl, yüzmeye uygundur (URL-5).

Gökçe Ova Gölü ve Sandras Dağları

2294 metre yüksekliğindeki Sandras, Muğla bölgesinin en yüksek dağıdır. Sandras dağı, geniş sığla ormanları içinde zengin bitki örtüsü ve temiz havası nedeniyle rekreatif yaylacılık faaliyetlerinin önem kazandığı bir merkez haline gelmiştir.

Sandras dağının zirvesine doğru tırmanırken Altın Sivrisi tepesi eteğinde 50 dönümlük bir alanı kaplayan yapay bir göl olan Gökçe Ova Gölü bulunmaktadır. Her santimi temiz hava ve huzur dolu olan bu yer, alternatif bir çadır kampı mekanıdır. Ayrıca 1000 yaşından fazla yüzlerce ağacın bir arada yer aldığı bu alan safari içinde oldukça uygundur.

Bu bölge kış aylarında dağcıları, bahar aylarında doğa yürüyüşçülerini, yaz aylarında ise piknik ve doğa kampı yapanları konuk etmektedir. Ayrıca gölde balık tutma imkanı da bulunmaktadır (URL-5).

Akköprü

Köyceğiz'e 33 kilometre uzaklıkta olan köprü, 30 metre yüksekliğinde ve 50 metre uzunluğunda, 2 kemerli ve 3 ayak üzerine yapılmıştır. Yapımında kullanılan taşların beyaz olması nedeniyle halkın "Akköprü" adını verdiği köprü, aradan geçen zamana rağmen aslını ve tarihi yapısını korumuştur. Dalaman Çayı üzerinde rafting yapanların son durağı olma özelliğini taşıyan köprü, dünyanın dört bir yanından gelen rafting severler için ev sahipliği yapmaktadır. Rafting turizminin her zorluk derecesindeki parkurlarının mevcut olması burayı raftingçilerin odağı haline getirmiştir (URL-5).

Köyceğiz Yaban Hayatı Geliştirme Sahası

Köyceğiz Yaban Hayatı Geliştirme Sahası 'nın kapladığı alan 31.483,00 Ha 'dır.16.10.2005 yılında bakanlar kurulu kararı ile ilan edilmiştir. Başta hedef tür Yaban Keçisi olmak üzere Türkiye'de nadir görülen Karakulak, Boz Ayı, ayrıca Yaban domuzu, Tavşan sıkça görülebilen türlerdendir. Muğla Fethiye Karayolu üzerinde bulunan Kızılyaka Köyünden Yaklaşık 30 km mesafede stabilize orman yolu ile 45 dk, ayrıca Muğla Fethiye Karayolu Köyceğiz İlçesi Hamitköy Köyünden 23 km asfalt 17 km stabilize orman yolu olmak üzere toplam 40 km gidilmek suretiyle Köyceğiz Yaban Hayatı Geliştirme Sahasına ulaşılmaktadır. Sahanın Köyceğiz İlçesi mülki hudutları içerisinde Ekincik, Sultaniye, Hamitköy ile Ula İlçesi mülki hudutları içerisinde Yeşilçam ile Çörüş köyleri bulunmaktadır (URL-6).

Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı, Muğla İli Köyceğiz İlçesinin ekoturizm potansiyelini değerlendirerek ilçenin ekoturizm ile ilgili güçlü ve zayıf yönlerini, tehdit ve fırsatları SWOT analizi yardımıyla ortaya koymaktır. Araştırmada Köyceğiz ilçesinin seçilmesinin ana sebebi coğrafik konumu ve zenginliği sahip olduğu turizm kaynaklarının işlenmesi,

çekiciliğinin ortaya çıkarılarak turiste sunulması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması için yapılmıştır.

Araştırmanın Önemi

Bu araştırma Köyceğiz ilçesinin sahip olduğu ekoturizm potansiyelinin ortaya çıkarılması ve değerlendirilmesi, kırsal alanların kalkınması, kırsal turizmi geliştirmeye yönelik adımlar atılmasına katkı sağlayacak bir çalışma olması açısından önem arz etmektedir.

Veri Toplama Yöntemi

Araştırma amacı doğrultusunda, Köyceğiz ilçesinin ekoturizm potansiyelini belirlemek üzere, yazılı-basılı ve elektronik kaynaklar yardımıyla literatür taraması yapılmış ve ekoturizm hakkında bilgiler verilmiştir. Daha sonra Köyceğiz ilçesinin mevcut durumunu değerlendirmek üzere saha gezisi yapılmış, yerli halkın yaşam tarzı ve faaliyetleri hakkında gözlemler yapılmış ve yerli halkın görüşlerine başvurularak bilgi toplanmıştır. Elde edilen bu bilgi ve verilerle birlikte Köyceğiz ilçesinin ekoturizm potansiyeli SWOT analizi yapılarak değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Köyceğiz İlçesi'nin Ekoturizm Potansiyeline Yönelik SWOT Analizi

SWOT analiz tekniği bir firmanın, sektörün, yatırımın, ülkenin veya coğrafi bölgenin kendi bireysel özelliklerinden kaynaklanan güçlü ve zayıf yönleri ile geleceğe yönelik olarak kontrol edilebilen veya edilemeyen çevre faktörlerinden kaynaklanan fırsat ve tehditlerin saptanmasını amaçlayan bir tekniktir. SWOT analizi, bir işletmenin güçlü ve zayıf yönlerini ve çevresindeki fırsat ve tehditleri tanımlamayı amaçlayan bir metottur. Bu faktörlerin tanımlanmasıyla, stratejiler güçlü yönler üzerine kurulmakta, zayıflıklar giderilmekte, fırsatlar ortaya çıkarılmakta veya tehditlere karşı önlem alınmaktadır. Günümüzde durum tespiti için sıkça kullanılan SWOT analizi işletmelerin kendisini ve çevresini daha gerçekçi bir yaklaşımla değerlendirmesine ve sonuçlara göre geleceğe yönelik sağlıklı bir şekilde hazırlanmasına yardımcı olacaktır (Toksoy vd., 2009). Turizm açısından ele alındığında, ülke veya bölgelerin kırsal turizmde güçlü ve zayıf yönlerinin açıkça bilinmesi ve analiz edilmesi, ülke veya bölgenin hedeflerine uygun stratejinin seçilmesinde yardımcı olacaktır. Ayrıca, kırsal turizm imkanlarının her zaman değerlendirmeye tabi tutulması, bu alanda yapılabilecek hataların görülmesine ve düzeltilmesine fırsat veren bir araç olacaktır (Çeltek ve Ahıpaşaoğlu, 2006). Kırsal turizmin SWOT analizi ile değerlendirildiği çalışmaların yerli ve yabancı literatürde örneklerini görmek mümkündür. (Ongun vd., 2016) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada Burdur İli Yeşilova İlçesi'nin kırsal turizm potansiyeli SWOT analizi ile incelenmiş, bu ilçenin kırsal turizmdeki güçlü- zayıf yönleri, tehdit ve fırsatları ortaya konmaya çalışılmıştır. Yerli ve yabancı literatürde yapılan bu çalışmalar doğrultusunda, Muğla İli Köyceğiz İlçesi'nin ekoturizm turizm açısından güçlü yönleri (Strengths), zayıf

yönleri (Weaknesses), tehditler (Threats) ve fırsatlar (Opportunities) aşağıda Tablo 1'de ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Tablo 1. Köyceğiz İlçesi'nin SWOT Analizi

GÜÇLÜ YÖNLER	ZAYIF YÖNLER
Köyceğiz İlçesinin orman varlığı ve doğal güzellikler açısından zengin olması	Ekoturizm konusunda yerli halkın yeri kadar bilinçli olmaması
Flora ve fauna bakımından çeşitliliğe ve kuş gözlemine elverişli olması	Yöre halkının yaşadığı alan hakkında yeterli bilgi sahibi olmayışından kaynaklanan problemler
Alternatif turizm türlerinin güçlü olması	Seyahat acentalarının bilgi ve birikim eksikliği
Ekoturizm için doğal kaynaklar ve bozulmamış doğal çevre	İşbirliğine dayalı ekoturizm geliştirme olanağı olmaması
Dağları trekking, yamaç paraşütü, dağcılık gibi sporlara yapılabilirlik sağlaması	Ekoturizm konusunda deneyim yetersizliği
Köyceğiz Gölünün çeşitli rekreasyonel faaliyetler için uygun olması	Bölgenin kaynak değerlerinin yeteri kadar tanınmaması
Av turizmi açısından av hayvanlarının çeşitliliğinin çok olması	Özellikle yabancı turistlerle ilgili yöre halkının yabancı dil bilmemesi
Özellikle mesire alanlarının şehir merkezine yakınlığı ve ulaşımın kolaylığı	Turizm açısından sadece bazı çeşitlere ve alanlara yönelmesi (Sultaniye Kaplıcaları, Köyceğiz Gölü v.b.) bundan dolayı diğer alanların ön plana çıkmaması
Yaban hayatı sahalarının koruma altına alınmış olması	Kırsal turizm veya ekoturizmin gelişmesi yönünde oluşturulacak ekoçiftlikler için organizasyonların ve girişimlerin olmayışı
Doğa turizmine yönelik yapılabilecek olan turizm türleri için uygun alan yapısına sahip olması	Yöresel ürünlerin el sanatları yemekler ve benzeri tanıtımları için fuarların organize edilmemesi
Kırsal alanların rekreasyonel etkinliklere uygun olması	Kırsal turizm veya ekoturizm potansiyelinin olduğu alanlarda konaklama, ulaşım için organizasyonların olmayışı veya yetersiz oluşu
Ekoçiftliklerin oluşturulması bakımından uygun kırsal alanların bulunması	Kırsal gençlik için istihdam çalışmalarının eksikliği
Tarihi bakımdan zengin bir geçmişe ve birikime sahip olması	Doğal kaynak zenginliğinin farkında olunmaması
Halkının ılımlı olmasından dolayı birçok ekoturizm	Çeşitli spor aktiviteleri için ilgili STK'ların

faaliyetinin yapılmasına olanak sağlaması	bulunmaması
Fay hatının geçtiği bölge olmasından dolayı kaplıca ve ılıcaların bulunması	Yetki karmaşasının bulunması
FIRSATLAR	TEHDİTLER
Diğer illerden ziyaretler için havaalanına ve karayolu ulaşım ağına yakın olması	Ekoturizm planlamasında olası başarısızlıklar
Yöre halkı için kırsal ve ekoturizmin alternatif gelir kaynakları oluşturması	Biyoçeşitliliğin zarar görmesi
Kırsal turizm ve ekoturizm için yapılan ziyaretlerin yöre halkının sosyal yapısını geliştirmesi, sosyal etkileşimini arttırması	Doğal ve kültürel değerlerin tahribi
Köyceğiz ilçesinin genel anlamda gelişmişliğinin artması	Antropojen etkenler (Tarımsal faaliyetler, yeni imar alanlarına olan talep v.b.)
Ekoturizm ve kırsal turizmin canlanmasıyla birlikte yaratılan istihdamla ilişkili olarak kadının ailedeki ve toplumdaki statüsünün güçlendirilmesi	Alternatif turizm adıyla yapılabilecek yanlışlıklar
Kır-Kent arasındaki gelir ve bölgesel farklılıkların en aza indirilmesi	Yanlış arazi kullanımı
Av turizmi ilgilileri için ilgili birimler tarafından tescillenmiş alanların olması	Avcılıkta kaçak avcılığın önüne geçilememesi ve birçok avlak türünün tehlikede olması
Çevre bilincinin arttırılması	Kırsal turizm veya ekoturizm için etkin kullanılabilecek potansiyele sahip olan alanların atıl durumda olması
Döviz kazancının artması	Köyceğiz ilçesinde fay hatları olmasından dolayı deprem riski taşınması
Turizm yatırımları için sağlanabilecek teşvikler	Plansız ekoturizmin gelişim İ ile tarımsal alanların azalması
Yeni keşfedilebilecek alanların varlığı	
Kamu ve sivil toplumun ortak tanıtım çabaları	
Ekoturizm faaliyetlerinin çeşitlendirilebilir olması	

Sonuç ve Öneriler

Köyceğiz ilçesi; tarih, kültür, inanç, termal, dağcılık, av, yayla ve alternatif turizm cenneti olarak yerli ve yabancı turistler ve araştırmacılar için bulunmaz zengin olanaklar sunmaktadır.

Tüm bu turizm potansiyeli düşünüldüğünde yeni stratejik hedefler belirlenmesi gerektiği açıktır. Ancak bu hedeflerin doğru belirlenerek doğru gelişme planı ve stratejisi için; doğru kaynak analizi yapılması gerekmektedir.

Köyceğiz İlçesinin ekoturizm açısından potansiyeli çeşitli değerlere ve alanlara sahipliği göz önüne alındığında; ayrıca gerekli fizibilite çalışmaları yapıldığında aktif şekilde ilçenin kalkınmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

İlçe doğal kaynakları ve değerleri bakımından zenginlik göstermektedir. Halkın çekimserliğinin en az seviyeye indirilmesi, bilinç düzeyinin artırılması için yayım çalışmaları yapılması ve girişimciliğin ekoturizm alanlarında artırılması ve yatırımlarını bu doğrultuda gerçekleştirmeleri teşvik edilmelidir.

Köyceğiz için yapılan planlama ve projeksiyonlara ekoturizm dahil edilmeli ve ekoturizm için ayrı bütçe kalemi oluşturulmalıdır. Bu doğrultuda Köyceğiz ilçesindeki tüm kurum ve kuruluşlar (Kaymakamlık, Belediye, Üniversite, Ege Kalkınma Ajansı, Sivil Toplum Kuruluşları, Odalar, Muhtarlar vb) koordinasyon içinde ekoturizm ile ilgili strateji ve programlar belirlemelidir.

Ekoturizmin geliştirilmesi için eğitim, finans, teknik ve sağlık gibi iyileştirmelere ve geliştirmelere gidilmelidir. Doğal ve tarihi koruma alanlarının artırılarak bu konuya duyarlılığın geliştirilmesi gerekmektedir.

Ekoturizm için gerekli olan diğer bir konu ise tanıtımdır. Tanıtımın ulusal ve uluslararası düzeyde yapılması için, her bir alanın web sitelerinin açılması, yöresel ürünler ve el sanatları gibi öğeler için fuarların organize edilmesi, broşür, afiş gibi destek yayınların yapılması, özel ve resmi televizyon kanallarının programlarına misafir olunması gerekmektedir. Tüm bunların olması için ekoturizm konusunda deneyimli personelin yetiştirilmesi ya da deneyimli personelin istihdamının yapılması gerekmektedir.

Köyceğiz ilçesinde ekoturizm ile birlikte yerel halkın gelirinin ve refahının artacağını ayrıca hem ekonomik hem de sosyal kalkınmanın sağlanacağını söylemek mümkündür.

Sonuç olarak; Köyceğiz'de ekoturizm faaliyetlerinin sürdürülebilirliği; çevresel hassasiyetleri gözetin planlama uygulamaları, yerel toplulukların karar alma süreçlerine aktif katılım, alternatif turizm çeşitlerinin dengeli kullanımı ve ziyaretçi yönetimi stratejilerinin güçlendirilmesi ile mümkün olabilecektir.

Kaynakça

- Akesen, A. (2009). Sürdürülebilir Turizm Yaklaşımında Ekoturizmin İşlevsel Önemi. (s.365–374). 10. Ulusal Turizm Kongresi Bildiriler Kitabı. 21–24 Ekim. Mersin. Detay Yayıncılık. Ankara.
- Akıllı, H. (2004). *Turizmin Sosyo Kültürel, Ekonomik, Yönetmel ve Çevresel Etkiler Bakımından İrdelenmesi; Antalya Köprülü Kanyon Milli Parkı* (Yüksek Lisans Tezi). Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Aksu, C. ve Aktuğ, E. (2011). “Güney Ege Bölgesi Termal Turizm Araştırması”. Güney Ege Kalkınma Ajansı.
- Altan, Ş. (2006). *Türkiye’de Ekoturizm Uygulamaları ve Ekonomiye Katkıları* (Yüksek Lisans Tezi). Niğde Üniversitesi, Niğde.
- Altıparmak, M. (2002). Turizm Çeşitlendirmesi Sürdürülebilir Turizm ve Planlama. *II.Turizm Şurası Bildiriler Kitabı* içinde, (s. 275). II. Cilt, T. C. Turizm Bakanlığı, Ankara.
- Bakırcı, M. (2002). Ekoturizm (243–252). II. Turizm Şurası Bildirileri. II.Cilt. 12-14 Nisan 2002. Ankara.
- Beyhan, Ş.G. (2004). Kültürel Süreklilik ve Çağdaş Gereksinimler Bağlamında Sürdürülebilir Turizm ve Kimlik Kavramsal Modeli: Pamukkale Örneği, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çeltek, E., Ahıpaşaoğlu, S., 2006, Sürdürülebilir Kırsal Turizm, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Doğaner, S. (1994). “Köyceğiz-Dalyan Çevresinde Coğrafi Özelliklerin Turizm Açısından Değerlendirilmesi”, Turizm Yıllığı, 1994, s. 94-107.
- Erdoğan, N. (2003). Çevre ve Ekoturizm. Ankara: Erk Yayınları.
- Kahraman, N. ve Türkay, O. (2004). Turizm ve Çevre. Ankara, Detay Yayıncılık.
- Kozak, N., Kozak, M. A., ve Kozak, M. (2000). Genel Turizm İlkeler-Kavramlar. Geliştirilmiş 4. bası, Ankara: Turhan Kitabevi.
- Kuşlvan, S. (1999). Ekoturizm Kavramına Yapısal Yaklaşım ve Türkiye Açısından Bir Değerlendirme. Turizmde Seçme Makaleler:31, İstanbul: TUGEV Yayın No:48, s.61–71.
- Ozaner, S. (2002). Ekoturizm Nedir Ne Değildir? 2002 Dünya Ekoturizm Yılıının Amacı Nedir? (s.319–323). II. Turizm Şurası Bildirileri, II.Cilt, 12-14 Nisan 2002, Ankara.

Ongun,U.,Gövdere, B.,Çiçek, U., (2016). Yeşilova'nın Kırsal Turizm Potansiyelinin Swot Analizi ile Değerlendirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Vizyoner Dergisi, Cilt:7, Sayı:16, ss.75-88.

Toksoy, D., Yenigün, M., Şen, G., (2009). Orman Köylerindeki Tarımsal Kalkınma Kooperatiflerinin Swot Analizi İle Değerlendirilmesi (Maçka İlçesi Örneği),Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Cilt:9, Sayı:1,12-18

URL-1: <https://turkiyeturizmansiklopedisi.com>

URL-2: <http://www.koycegiz.gov.tr>

URL-3: <https://tr.wikipedia.org>

URL-4:<https://www.google.com>

URL-5: <https://www.mugla.bel.tr>

URL-6: <https://bolge4.tarimorman.gov.tr>

Ürger, S. (1992). Genel Turizm Bilgisi. Akdeniz Üniv. Yayınları, Antalya, s.15.

BÖLÜM 5

BİR KAYIN AĞACI

MEHMET MISIR¹

NURAY MISIR²

Giriş

Yaşadığımız bu dönemde küresel iklim değişikliğine bağlı olarak dünyamızın en önemli sorunları arasında küresel ısınma gösterilmektedir. Küresel iklim değişikliğinin en önemli sonuçlarından biri, atmosferdeki karbondioksit (CO₂) ve diğer sera gazlarının artışıdır. Küresel iklim değişikliği ile mücadele kapsamında 1970’li yıllardan beri uluslararası düzeyde pek çok konferans düzenlenmiş onlarca sözleşme imzalanmıştır. 1992 yılında Brezilya’da düzenlenen Birleşmiş Milletler (BM) Çevre ve Kalkınma konferansı, bu anlamda en önemli konferanslardan biridir ve bu toplantı sonucunda BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi imzalanmıştır. Sözleşmenin amacı, iklim değişikliğine neden olan karbondioksit ve sera gazı emisyonlarının azaltılması ve bu amaçla alınacak tedbirler için gelişme yolundaki ülkelere finansman kaynağı ve teknoloji transferi sağlanmasıdır. Sözleşme, taraf

¹ Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Orcid: 0000-0002-5686-9739

² Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Orcid: 0000-0002-1686-2874

lkeleri; sera gazı salınımlarını azaltmaya, araştırma ve teknoloji üzerinde işbirliği yapmaya ve sera gazı yutaklarını korumaya teşvik etmektedir. BM İklim değişikliği çerçeve sözleşmesi ve devamında imzalanan diğer sözleşme ve anlaşmalar küresel iklim değişikliği ile mücadelede en önemli görevi sera gazı yutak alanları olarak Ormanlara yüklemektedir.

Bu bağlamda sosyal medya ve internette ormanlar ve orman ağaçları ile ilgili pek çok bilginin paylaşıldığı görülmektedir. Bunlardan belki de en sık karşılaşılanlardan bazıları;

- 100 yaşındaki bir kayın ağacı, saatte 40 kişinin çıkardığı 2,35 kilogram karbondioksiti yok eder.
 - 25 metre boyunda bir kayın ağacı saatte 1,5 kilogram oksijen üretir.
 - Bir kayın ağacı olgunlaştığında yılda yaklaşık 20–25 kg CO₂ depolar.
- şeklinde-dir.

Görüleceği üzere örnekler genellikle kayın ağaç türü üzerinden verilmektedir. Bu nedenle kayın ağaç türüne ilişkin detaylı bir bilgilendirmenin yapılması gerekli görülmüştür.

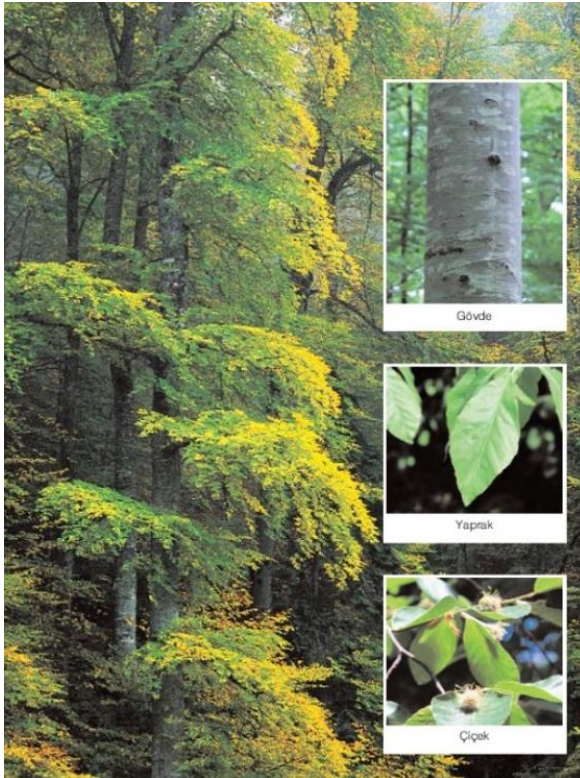
“Kayın” kelimesi, Türkçede çok eski dönemlerden beri kullanılan bir ağaç adı olup kökeni Eski Türkçeye dayanmaktadır. Eski Türkçede “kadın / kayın” biçimlerinde kullanıldığı, zamanla ses değişimleri geçirerek günümüz Türkçesindeki “kayın” formunu aldığı kabul edilmektedir. Kelimenin, Orta Asya Türk topluluklarının yaşadığı bölgelerde yaygın olan geniş yapraklı orman ağaçlarını tanımlamak amacıyla kullanıldığı düşünülmektedir.

Divān Lgati’t-Türk’te ve eski Türk yazılı kaynaklarında kayın ağacının, dayanıklı odunu ve uzun ömürlü yapısıyla öne çıktığı, günlük yaşamda ve yapı malzemesi olarak değerlendirildiği

belirtilmektedir. Bu durum, kayının yalnızca botanik bir tür adı değil, aynı zamanda kültürel ve ekonomik bir değer olarak da Türk toplumlarında erken dönemlerden itibaren yer edindiğini göstermektedir.

Kayın (*Fagus spp.*) türleri, Kuzey Yarımküre'nin ılıman iklim kuşağında geniş yayılış gösteren ve orman ekosistemlerinin yapısal bütünlüğü açısından önemli bir yere sahip olan yapraklı ağaç türlerindendir (Saatçioğlu, 1976: 282, Şekil 1). Ekolojik toleranslarının geniş olması, uzun ömürlü yapıları ve yüksek biyokütle üretim kapasiteleri sayesinde kayın ormanları, hem doğal ekosistemlerin sürekliliğinde hem de ormancılık faaliyetlerinde stratejik bir rol üstlenmektedir (Atalay, 2018: 12).

Şekil 1. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky)



Türkiye ormancılığında kayın türleri içerisinde özellikle Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), yayılış alanının genişliği ve saf ya da karışık meşcereler oluşturabilme yeteneği ile dikkat çekmektedir. Karadeniz Bölgesi başta olmak üzere Marmara ve Doğu Anadolu'nun kuzey kesimlerinde yaygın olarak bulunan kayın ormanları, su rejiminin düzenlenmesi, toprak erozyonunun önlenmesi ve biyolojik çeşitliliğin korunması gibi çok sayıda ekosistem hizmeti sunmaktadır (Erdem & Özalp, 2016:88).

Kayın ormanları, son yıllarda artan iklim değişikliği tartışmaları kapsamında da önemli bir araştırma konusu hâline gelmiştir. Yüksek karbon tutma ve depolama kapasiteleri sayesinde kayın meşcereleri, orman ekosistemlerinin karbon yutağı fonksiyonunu güçlendirmekte ve sera gazı salımlarının dengelenmesine katkı sağlamaktadır. Bu özellikleri, kayın türlerini sürdürülebilir orman yönetimi ve iklim değişikliğiyle mücadele politikaları açısından ön plana çıkarmaktadır.

Kayın ağaçları, Fagaceae familyası içerisinde yer alan ve geniş yapraklı orman ekosistemlerinin karakteristik türleri arasında bulunan *Fagus* cinsine dâhildir. Fagaceae familyası; meşe (*Quercus*), kestane (*Castanea*) ve kayın (*Fagus*) gibi ekonomik ve ekolojik açıdan önemli cinsleri kapsamaktadır.

Fagus cinsi, dünya genelinde sınırlı sayıda türe sahip olmakla birlikte, özellikle Avrupa, Asya ve Kuzey Amerika'nın ılıman bölgelerinde yayılış göstermektedir. Bu cins içerisinde yer alan türler, benzer morfolojik özelliklere sahip olmakla birlikte ekolojik toleransları ve yayılış alanları bakımından farklılık göstermektedir (Mayer & Aksoy, 1998: 22).

Başlıca kayın türleri şunlardır:

- *Fagus orientalis* Lipsky (Doğu Kayını)
- *Fagus sylvatica* L. (Avrupa Kayını)

- *Fagus grandifolia* Ehrh. (Amerikan Kayını)

Türkiye ormancılığı açısından en önemli tür Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) olup, bu tür Anadolu'nun doğal orman ekosistemlerinin asli bileşenlerinden biridir (Genç, 2012:280). Kayın ağaç türü, asli ağaç türlerimiz arasında yayılış alanı bakımından dördüncü sırada (1,9 milyon hektar) yer almakta olup, toplam orman alanının yaklaşık %8,15'ini oluşturmaktadır.

Doğu Kayını, nemli ve serin iklim koşullarını tercih eden bir türdür. Yıllık yağışın genellikle 800 mm'nin üzerinde olduğu alanlarda optimum gelişim gösterir. Derin, iyi drenajlı, tınlı ve asidik karakterli topraklar kayın için en uygun yetiştirme ortamlarını oluşturmaktadır (Atalay, 2015:16).

Yükselti isteği bakımından deniz seviyesinden başlayarak yaklaşık 1.800–2.000 m rakımlara kadar çıkabilmektedir. Özellikle kuzey bakılarda daha sağlıklı ve verimli meşcereler oluşturduğu bilinmektedir. Gölgeye dayanıklı bir tür olması, kayının karışık ormanlarda uzun süre varlığını sürdürebilmesine olanak tanımaktadır.

Türkiye'de Doğu Kayını, başta Karadeniz Bölgesi olmak üzere Marmara ve Doğu Anadolu'nun kuzey kesimlerinde geniş yayılış göstermektedir (Şekil 2). Saf kayın ormanlarının yanı sıra, ladin, göknar, meşe ve kestane türleri ile karışık meşcereler oluşturabilmektedir (Kalıpsız 1998:164). Karadeniz Bölgesi'nde, özellikle Doğu Karadeniz kuşağında, kayın ormanları ekosistemin ana bileşenlerinden biri konumundadır.

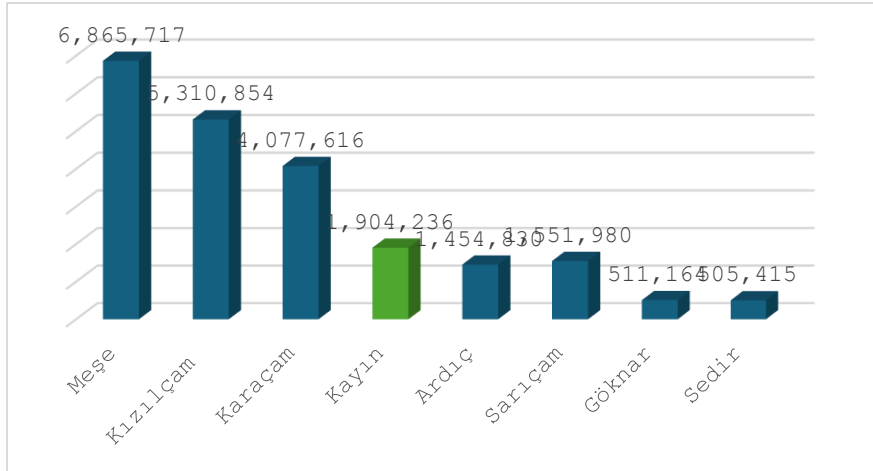
Kayın ormanları, sundukları çok yönlü ekosistem hizmetleri ile doğal denge açısından kritik bir role sahiptir. Yoğun yaprak örtüsü ve gelişmiş kök sistemi sayesinde toprak yüzeyini koruyarak erozyonu önler ve suyun toprak içerisine süzülmesini kolaylaştırır.

Şekil 2. Doğu Kayınının (*Fagus orientalis* Lipsky) Yayılışı



Kaynak: OGM, 2020

Şekil 3. Türkiye Ormanlarında Ağaç Türlerine Göre Yayılış Alanları



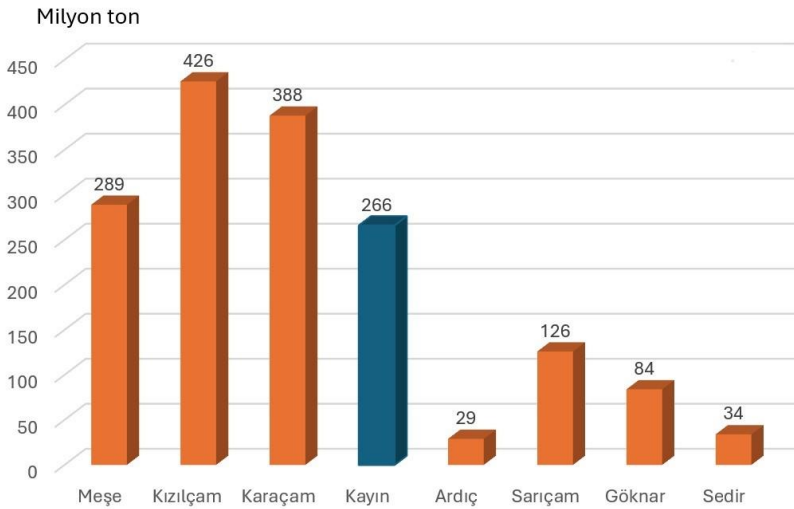
Kaynak: OGM, 2020

Bunun yanı sıra, kayın ormanları yüksek karbon tutma ve depolama kapasitesine sahiptir (Mısır & ark., 2013: 43). Geniş gövde hacmi ve uzun yaşam süresi, atmosferden alınan karbonun uzun

yıllar boyunca biyokütle ve toprakta depolanmasını sağlamaktadır. Bu özellik, kayın meşcerelerini iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir karbon yutağı hâline getirmektedir. Ayrıca kayın ormanları, zengin flora ve fauna çeşitliliğine ev sahipliği yaparak biyolojik çeşitliliğin korunmasına katkı sunmaktadır.

Bu çalışmada Kayın ağaç türü ile birlikte ülkemiz ormanlarında yayılış gösteren diğer asli ağaç türlerimizin karbon depolama miktarları hesaplanmıştır.

Şekil 4. Türkiye Ormanlarında Ağaç Türlerinin Karbon Depolama Miktarları



Şekil 4’te OGM 2020 verileri ve Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığının 299 sayılı Tebliği esas alınarak hesaplanan Türkiye ormanlarında başlıca ağaç türlerine ait karbon depolama miktarları sunulmaktadır (OGM, 2017:153-154). Grafik incelendiğinde, karbon depolama miktarlarının büyük ölçüde türlerin yayılış alanı, biyokütle üretimi ve odun yoğunluğu ile ilişkili olduğu görülmektedir.

Sonuç

Meşe ve ibreli türler geniş yayılış alanları nedeniyle yüksek toplam karbon depolama değerlerine sahip olmakla birlikte, kayın (*Fagus orientalis*) ormanlarının yayılış alanına oranla dikkate değer bir karbon depolayabildiği dikkat çekmektedir. Yaklaşık 1,9 milyon hektarlık yayılış alanına sahip olan kayın ormanlarında depolanan karbonun, diğer bazı daha geniş yayılışlı türlerle karşılaştırılabilir düzeyde olması bu türün yüksek biyokütle üretimi ve uzun idare süresi ile açıklanabilir. Nitekim bazı çalışmalarda da kayın meşcerelerinin hektar başına düşen canlı ve ölü biyokütle miktarlarının yüksek olduğu, bu durumun karbon depolama kapasitesini artırdığı belirtilmektedir (Schütz, 2001: 89; Pretzsch, 2009:80). Bu bağlamda Şekil 4'te sunulan veriler, kayın ormanlarının yalnızca alansal büyüklükleriyle değil, birim alan başına sundukları karbon yutak fonksiyonu ile de Türkiye orman ekosistemleri içerisinde stratejik bir konuma sahip olduğunu göstermektedir.

Kaynakça

Atalay, İ. (2015). *Türkiye'nin Vejetasyon Coğrafyası*. İzmir: Meta Basım.

Atalay, İ. (2018). *Türkiye Coğrafyasının Ekolojisi*. İzmir: Meta Basım.

Erdem, R., & Özalp, G. (2016). Kayın (*Fagus orientalis Lipsky*) ormanlarının ekolojik özellikleri ve silvikültürel önemi. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 17(2), 85–94.

Genç, M. (2012). *Silvikültürün Temel Esasları*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları.

Kalıpsız, A. (1998). *Orman Hasılat Bilgisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Mayer, H., & Aksoy, H. (1998). *Türkiye Ormanları*. Ankara: Orman Bakanlığı Yayınları.

Mısır, M., Mısır, N., Ülker, C., Erkut, S. (2013). Saf Kayın Meşcerelerinin Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesi (Trabzon Orman bölge Müdürlüğü Örneği, Karadeniz Teknik Üniversitesi 1224 nolu BAP Projesi Sonuç Raporu, 51 sayfa.

OGM (2017). Ekosistem Tabanlı fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul ve Esaslar, Tebliğ no: 299, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, 215 sayfa.

OGM (2020). *Türkiye Orman Varlığı*. Ankara: Orman Genel Müdürlüğü.

Pretzsch, H. (2009). *Forest Dynamics, Growth and Yield*. Berlin: Springer

Saatçioğlu, F., 1976. Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Schütz, J. P. (2001). Opportunities and strategies of transforming regular forests to irregular forests. *Forest Ecology and Management*, 151(1–3), 87–94.

BÖLÜM 6

KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ORMAN AMENAJMANI İLİŞKİSİ

NURAY MISIR¹
MEHMET MISIR²

Giriş

Orman fonksiyonları geleneksel olarak odun üretimi, koruma ve sosyal-kültürel işlevleri içermektedir. Bununla birlikte, iklim değişikliğine bağlı olarak dünya genelinde ortaya çıkan çevresel sorunların büyüklüğünün farkına varılmasından sonra çevresel etkilerle ilgili dördüncü bir sınıf eklenmiştir (Galatsidas, 2001:78). Ormanların hem sera gazı kaynağı hem de sera gazı yutağı şeklindeki çift yönlü rolü, iklim üzerindeki etkilerini fazlasıyla önemli hale getirmektedir (Misir & ark., 2018:9). Bu nedenle orman

1 Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Mühendisliği, Orcid:0000-0002-1686-2874

2 Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Mühendisliği, Orcid:0000-0002-5686-9739

amenajmanında iklim değişikliğini azaltma ve uyum konusuna öncelik verilmektedir. Ancak, iklim değişikliğini azaltmaya yönelik olan meşcere seviyesindeki stratejilerle uyuma yönelik olanlar arasında bazı dengeler mevcuttur (D’Amato & ark., 2011: 805; Galatsidas, 2012:209; Sharma & ark., 2016:4). Ormancılık faaliyetleri karbon havuzu büyüklüğünü arttırarak iklim değişikliği etkisini azaltmaya odaklanmalıdır. Bu dünya genelinde tavsiye edilen bir azaltma önlemidir (D’Amato & ark., 2011: 806; Jandl & ark., 2015: 5; Behera & ark., 2016:7). Avrupa’da karbon stoğunun muhafaza edilmesi ve ormanların karbon birikiminin arttırılması Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolünün uygulanmasına katkıda bulunmaktadır. Bu aynı zamanda Avrupa ve Avrupa Topluluğundaki Ormanların Korunmasıyla ilgili Bakanlar Konferansını imzalayan devletlerin taahhütlerinden biridir. İklim değişikliği yeni orman alanları oluşturarak ya da sürdürülebilir orman amenajmanı ile azaltılabilir. Her iki yaklaşım da hem orman biyokütlesi ve topraklarında hem de hasat edilmiş orman ürünlerinde karbon birikimi ve döngüsünü sağlar. Dolayısıyla bu konulardaki araştırmaları ve analizleri destekleyerek, karbon stoğu ve karbon stok değişimlerinin sürdürülebilir orman amenajmanına dahil edilmesi gerekmektedir. 1991-2015 dönemi boyunca toplam ormanlık alanın %7’sini oluşturan yapay ormanlar, toplam alandaki sürekli artışın neden olduğu doğal orman yutağıyla (-1.08’e karşılık -1.44 Gt CO₂/yıl) karşılaştırılabilir özellikteki küresel ortalama karbon yutağının

sebebi olarak görülmektedir (Federici & ark., 2015:95). Türkiye’de Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrol Seferberliği Eylem Planı (2008-2012) ve Erozyonla Mücadele Eylem Planının (2013-2017) uygulanmasıyla birlikte 2010’dan sonra yapay ormanlar %50’nin üzerinde artmıştır (FAO, 2015:6). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinin nihai hedefine ulaşmayı hedefleyen, 2021-2030 dönemini kapsayan Türkiye Cumhuriyeti Ulusal Niyet Katkı Beyanı, orman yutağı alanların arttırılmasına yönelik özel eylemler ve Ulusal Ağaçlandırma Seferberliği önerisi sunmaktadır. Bu eylemlerin sağlayacağı katkıya yeni orman plantasyonlarıyla ulaşılması planlanmaktadır. Sürdürülebilir orman amenajmanı, ormanlardaki karbon stoklarını (topraküstü ve toprakaltı biyokütle, ölü odun, ölü örtü ve toprak dahil olmak üzere) koruyarak ve genişleterek iklim değişikliğinin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır (Misir & ark., 2018:9).

Yakın zaman önce Avrupa Birliği, 20-20-20 hedefini 2030 yılına kadar 40-27-27’ye çıkararak iklim değişikliği stratejisini güçlendirmiştir. 2050’ye doğru düşük karbon ekonomisi yol haritası, Sera Gazı emisyonunu 1990 seviyelerine kıyasla %80 azaltma amacıyla temel unsurlar olarak CO₂’nin depolanması ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının geliştirilmesiyle ilgilidir. Ormanlar net birincil kaynağı olup okyanuslardan sonra en büyük karbon havuzudur. Dolayısıyla, ağaçlandırma ve yeniden ormanlaştırma yoluyla orman örtüsünü arttırmanın, bir yandan Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının sağlayıcısı olarak diğer yandan

büyük karbon havuzu olarak 2050 hedeflerine katkıda bulunmak yoluyla düşük karbon ekonomisinde stratejik ve çift yönlü bir rol oyması beklenmektedir. Orman koruma diğer bir ifadeyle ormansızlaşmanın önlenmesi COP16'dan itibaren tüm Taraflar Konferansında resmi olarak sera gazı emisyonlarını dengeleyerek iklim değişikliğiyle mücadeleye yönelik Kyoto sonrası iklim politikalarının en önemli seçeneklerden biri olarak kabul edilmiştir (Ding & ark., 2016:151). Ayrıca sera gazı emisyonlarıyla ilgili hesaplama kurallarının yer aldığı 529/2013/EU sayılı kararda tüm arazi kullanımının holistik bir şekilde değerlendirilmesi gerektiği ve Arazi Kullanımı, Arazi Kullanımındaki Değişiklikler ve Ormancılığın (AKAKDO) Avrupa Birliği'nin iklim politikası dâhilinde ele alınması gerektiği belirtilmektedir. Dolayısıyla Üye Devletler orman amenajmanı sonucunda elde edilen, tüm emisyon ve salınımları doğru bir şekilde yansıtan hesaplamaları hazırlamalı ve bunları sürdürmelidir. Karbon stoğu değişimlerinin, AKAKDO faaliyetleri için IPCC İyi Uygulama Rehberi'nde belirtildiği gibi belirsizliklerin tespit edilmesini ve zamanla azaltılmasını sağlayacak şekilde tarafsız, şeffaf ve tutarlı bir biçimde tahmin edilmesi gerekmektedir (Beets & ark., 2011:1127). Federici ve arkadaşlarına göre (2015), karbon stoğu kazanımlarını ve karbon stoğu kayıplarını ayrı ayrı içeren ve orman türüne (bakir orman, diğer doğal yollarla gençleştirilmiş ormanlar gibi) göre ayrılmış gelişmiş ülke verileri, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü tarafından hazırlanan 2020 Orman Kaynakları Değerlendirmesini (FRA) önemli ölçüde

geliştireceği düşünülmektedir. Sürdürülebilir orman amenajmanında iklim değişikliğine uyum ve azaltım yönlerinin birleştirilmesi, sürdürülebilir orman amenajmanı potansiyelinin tamamını kullanmak için gereklidir. Bununla birlikte, bu görevi desteklemek için yine de çok çeşitli politika önlemlerine (örneğin, ağaçlandırma ve yeniden ormanlaştırma girişimleri, vergilendirme, odun kullanımını teşvik eden kamu ihalesi kuralları, inşaat sektöründe ahşap kullanımını arttıran ulusal ve bölgesel mevzuat, uygun Teknik ve biyolojik orman eğitimi) ihtiyaç olduğu görüşü hakimdir (Misir & ark., 2018: 5).

İklim Değişikliğine Yönelik Orman Amenajmanı Uygulamaları

İklim değişikliğine yönelik Orman Amenajmanı stratejilerinin geliştirilmesi dünya genelinde giderek önem kazanan bir konu haline gelmiştir. Mevcut durumda orman karbon depolarını arttırarak iklim değişikliğini azaltmayı amaçlayan amenajman yaklaşımlarının önerildiği herkesin malumudur (Misir & ark., 2018: 69). Ormanların sürdürülebilir amenajmanı, ağaçlandırma ve rehabilitasyonu orman karbon stoklarını korumanın veya hatta arttırmanın etkili yollarından olsa da ormansızlaşmanın ve yetersiz orman amenajmanının karbon stoklarını azalttığına da dikkat edilmelidir (UNFCCC, 2016: 18). Bu kapsamda azaltma faaliyetleri arasında büyük biyokütle stoklarına sahip ormanların ormansızlaşmadan korunması, yüksek miktarda karbonun atmosfere salınmasının önlenmesi ve orman amenajmanının sürdürülebilir olarak karbon birikim potansiyellerini eski haline getirecek şekilde

yapılması yer almaktadır (Keith & ark., 2009:11638). Orman amenajmanında karbon birikiminin ve depolanmasının birleştirilmesi, yaş, idare süresi, meşcere yapısı ve karışımı ayrıca amenajman uygulamalarıyla ilgili pek çok konuyu gündeme getirmektedir. Ulusal veya yerel ormancılık politikalarının farklı analizleri, verimli ormanlarda orman amenajmanının uygulanmaması sonucunda, hâlihazırda hasat edilmiş odunun ikame etkisiyle sağlananlara kıyasla çok daha düşük azaltıcı etkiler elde edileceğini ortaya koymaktadır (Misir, 2013: 8344). Karbon stokları idare süreleri uzatılarak muhafaza edilebilir ve arttırılabilir. Bu tavsiye, topraküstü karbon depolarının ve meşcere yaşının arasındaki pozitif ilişkilerin varlığının yaygın olarak belgelendirilmesiyle desteklenmektedir (Yavuz & ark., 2010: 96). Yaşları 15 ila 80 arasında değişen ormanlardaki (toprak dahil) net karbon dengesi genellikle pozitifdir ve doğal yaşlı ormanların karbon biriktirmeye devam ettiği görülmektedir (Luyssaert & ark., 2008, 214. Ancak genç ormanlarda karbon birikim oranları yüksek olup ormanlar yaşlandıkça bu oranlar azalmaktadır. Olgun/yaşlı ormanlar sonunda birikimin gerçekleşmediği veya çok az gerçekleştiği böylece azaltım potansiyeli ve karbon depolama kapasitesi zamanla sınırlandığı bir dengeye ulaşırlar (Misir & ark., 2018: 69). Ayrıca ormanların iklim değişikliği etkilerine karşı direnci genellikle meşcere yaşı ve göğüs yüzeyi arttıkça azalmaktadır (Seidl & ark., 2017:10). Üzerinde düşünülmesi gereken kritik soru ise canlı biyokütle karbon stoğunun, ölü örtü karbonunun ve toprak karbonunun ne zaman değiştirilmesi

gerektiğidir. Karbon havuzları ve akışlar genel olarak uygulanan idare sürelerine, aralama yoğunluğuna ve ormanların ait olduğu yaş sınıfı dağılımına göre belirlenir. Kısa idare süresi karbon birikim oranını arttırsa da, biyokütledeki ortalama karbon stoğunun daha düşük olmasını ve diğer çatışmaların, örneğin doğanın korunmasıyla ilgili olanların nedenini açıklamaktadır (Misir & ark., 2018: 71). Yaşlı ağaçların büyük bir kısmını koruyan gençleştirme yöntemleri ve aralama işlemleri, alan dışı depolamanın düşünüldüğü durumlarda bile daha yoğun giderimlere kıyasla karbon depolarının muhafaza edilmesinde daha etkilidir (D'Amato & ark., 2011:812). Ayrıca toprak organik maddesinin ayrışmasında artışa neden olabilen yoğun aralamalar sonrasında oluşan açık alanlarda toprak sıcaklığı artabilir. Bununla birlikte genç meşcerelerde mutedil aralamanın atmosfere net CO₂ akışına neden olduğu görülmemektedir (Misir & ark., 2018: 71). Dolayısıyla orta yaşlı meşcereler ormanların bozulmalara karşı direncini arttırmada etkin araçlar olarak önerilmektedir (Kuuluvainen 2012: 730; Lafond & ark., 2014: 179; Seidl & ark., 2017:11). Değişik yaşlı meşcereler eşityaşlı meşcerelerden genel olarak daha karmaşık meşcere yapısı oluşturur (Yapısal Meşcere Çeşitliliği) ve istikrarlı bir hasılat akışı sağlar, böylece topraküstü karbon stoklarını korur (Sharma & ark., 2016:5). Seçme kuruluşu, geç ardışımalsal orman karakteristiklerini ve tür topluluklarını, en azından meşcere ölçeğinde ve kısa vadede, eşityaşlı meşcerelere kıyasla daha iyi korur (Kuuluvainen & ark., 2012: 725). Hem eşityaşlı hem de değişikyaşlı orman amenajmanı

seçeneklerinin üretimi ve karbon depolanmasını geliştirme potansiyeli vardır ve hiçbir eylem yapılmadığı duruma kıyasla bunlar önemli bir gelişmedir (Misir & ark., 2018:72). Avrupa birliği ülkelerinde mevcut araştırmaların çokluğuna rağmen yine de iklim değişikliğinin ormanlar üzerindeki etkilerine dair pek çok belirsizlik vardır. Türkiye’de ise bu belirsizlik yapılan araştırmaların yetersizliği nedeniyle daha çoktur.

Sonuç

Sonuç olarak iklim değişikliği ormanları kısmen zıt şekillerde etkiler ve dolayısıyla tasarlanması ve planlanması zor adaptasyon faaliyetleri gerektirebilir (Lindner & ark., 2014:79). Karbon birikimi, iklim değişikliğiyle ilgili orman amenajmanı kararlarını yönlendiren amaçlardan yalnızca biri olmalıdır. Orman ekosistemlerinden sürekli olarak en uygun şekilde çoklu fayda elde edilebilmek için üretim ve karbon depolamasını iyileştiren ve aynı zamanda ekosistem direncini artıran yönetim stratejilerinin çeşitlendirilmesi gerekir (Misir & ark., 2018: 73). Değerlendirilmesi gereken bir diğer planlama seçeneği ise türlerin karışımının desteklenmesidir (Misir, 2013: 8349). Karışık meşcerelerin gelişme ve orman üretimi üzerindeki etkileri ‘hiç etkisi yok’ ile ‘%50’ye ulaşan verimlilik artışı’ şeklinde farklılık gösterebilmektedir çünkü türler, mevcut kaynakları alan veya zaman bakımından farklı şekillerde kullanmaktadır. Karma meşcereler bozulmalara daha dirençlidir ve dolayısıyla adaptasyon için uygun bir uygulamadır (Misir & ark., 2018:69).

Ormanların karbon depolaması aslında bir dizi faktör tarafından kontrol edilmektedir. İlk olarak genel iklim koşulları ile değişen iklim koşullarıdır. Kuzey Avrupa'nın soğuk ikliminden ve Güney Avrupa'daki kuraklıktan dolayı Kuzey ve Güney Avrupa ormanlarındaki karbon yoğunluklarının Orta Avrupa ormanlarındakinden daha düşük olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca, doğal faktörler (yangın, böcekler, kasırga, vb gibi), insanların yaptığı planlama (yani hasatla ne yapıldığı) ile ulusal ve küresel ölçekli politikalar da karbon birikimini ve depolanmasını etkilemektedir (Misir &ark., 2018: 4). Türkiye ormanlarındaki karbon birikimini arttırmak için karbon yönetim yaklaşımını orman amenajmanına göre uyarlamak gerekmektedir. Karbon yönetiminin temel amacı orman ekosistemlerinde biriken karbon miktarını arttırmaktır. Ormansızlaşmanın, orman yangınlarının, kaçak kesimlerin azaltılması ile ağaçlandırma karbon birikimini arttırmaya yönelik başlıca önlemlerdir. Özellikle Türkiye ormanlarının yaklaşık yarısını oluşturan bozuk ormanlar rehabilite edilmelidir. Karbon stokları çeşitli silvikültürel önlemler alınarak da arttırılabilir (Tolunay, 2011: 277). Bir başka deyişle ormanlar, planlamalarının nasıl yapıldığına bağlı olarak önemli karbon yutakları haline gelirler. Türkiye'de hacim artışından dolayı ormanlarda biriken karbon, amenajman planlarında belirtilen şekilde yakacak odun ve endüstriyel yuvarlak odun üretimi aracılığıyla ormanlardan uzaklaştırılmaktadır. Tolunay'a (2011) göre, 1990-2005 yılları boyunca endüstriyel tomruk üretimi için yılda ortalama 7,26 milyon m³ kesim

yapılmışken, yakacak odun üretimi için yılda ortalama 6,86 milyon m³ kesim yapılmıştır. Ayrıca hacim artışından dolayı yıllık 18,69 m³'lük bir hacim de yok edilmiştir, 2004 yılında ise Türkiye ormanlarındaki istihsal nedeniyle bu rakam 36,28 milyon m³'e ulaşmış iken giderek bu değerler artma eğilimindedir. Diğer taraftan baltalıkların koruya dönüştürülmesi, bozuk ormanların rehabilitasyonu ve ağaçlandırmaların artması karbon birikiminde bir artışa neden olacağı bilinen bir durumdur.

Ülkemizin her bir ekolojik bölgesindeki karbon salınım/birikim dengesini geliştirmeye yönelik önlemleri ve orman amenajmanı uygulamalarını değerlendirmek ve doğrulamak gerekmektedir.

Kaynakça

Beets, P. N., Brandon, A. M., Goulding, C. J., Kimberley, M. O., Paul, T. S. H., & Searles, N. (2011). The inventory of carbon stock in New Zealand's post-1989 planted forest for reporting under the kyoto protocol. *Forest Ecology and Management*, 262(6), 1119–1130.

Behera, L. ., Nayak, M. ., Gunaga, R. ., Dobriyal, M. ., & Jadeja, D. (2016). Potentiality of planted forest towards carbon sequestration and climate change mitigation. *International Journal of Forest Usufructs Management*, (July 2015).

D'Amato, A. W., Bradford, J. B., Fraver, S., & Palik, B. J. (2011). Forest management for mitigation and adaptation to climate change: Insights from long-term silviculture experiments. *Forest Ecology and Management*, 262(5), 803–816.

Ding, H., Chiabai, A., Silvestri, S., & Nunes, P. A. L. D. (2016). Valuing climate change impacts on European forest ecosystems. *Ecosystem Services*, 18, 141–153.

FAO. (2015). Global Forest Watch data for Turkey. Monitoring forests in real time. Retrieved March 11, 2016, from <http://www.globalforestwatch.org/country/TUR>

Federici, S., Tubiello, F. N., Salvatore, M., Jacobs, H., & Schmidhuber, J. (2015). New estimates of CO₂ forest emissions and removals: 1990-2015. *Forest Ecology and Management*, 352, 89–98.

Galatsidas S., 2001. Analysis of non-timber functions in the frame of management inventories. *Mitteilung der Abteilung für forstliche Biometrie* 2001-2. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. 131 p.

Galatsidas, S. (2012). The management framework of Greek forests. In A. Papageorgiou, G. Karetsos, & G. Katsadorakis (Eds.),

The Forest. An integrated approach (in Greek) (pp. 201–211). Athens.

Jandl, R., Bauhus, J., Bolte, A., Schindlbacher, A., & Schöler, S. (2015). Effect of Climate-Adapted Forest Management on Carbon Pools and Greenhouse Gas Emissions. *Current Forestry Reports*, 1(1), 1–7.

Keith, H., Mackey, B. G., & Lindenmayer, D. B. (2009). Re-evaluation of forest biomass carbon stocks and lessons from the world's most carbon-dense forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(28), 11635–11640. <http://doi.org/10.1073/pnas.0901970106>

Kuuluvainen, T., Tahvonen, O., & Aakala, T. (2012). Even-aged and uneven-aged forest management in boreal fennoscandia: A review. *Ambio*, 41(7), 720–737.

Lafond, V., Lagarrigues, G., Cordonnier, T., & Courbaud, B. (2014). Uneven-aged management options to promote forest resilience for climate change adaptation: effects of group selection and harvesting intensity. *Annals of Forest Science*, 71(2), 173–186.

Lindner, M., Fitzgerald, J. B., Zimmermann, N. E., Reyer, C., Delzon, S., van der Maaten, E., Hanewinkel, M. (2014). Climate change and European forests: What do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? *Journal of Environmental Management*, 146, 69–83.

Luyssaert, S., Schulze, E.-D., Börner, A., Knohl, A., Hessenmöller, D., Law, B. E., Grace, J. (2008). Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature*, 455(7210), 213–215.

Misir, M. (2013). Changes in forest biomass carbon stock in Northern Turkey between 1973 and 2006. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(10), 8343–8354.

Misir, N., Vlachaki, D. M., Galatsidas, S., Misir, M. & Karanikola, P. (2018). Project: Development of a common Protocol to Assess the Impact of Forest Management Practices on Climate Change, Trabzon: Sakarya Matbaası.

Seidl, R., Vigl, F., Rössler, G., Neumann, M., & Rammer, W. (2017). Assessing the resilience of Norway spruce forests through a model-based reanalysis of thinning trials. *Forest Ecology and Management*, 388, 3–12.

Sharma, A., Bohn, K., Jose, S., & Dwivedi, P. (2016). Even-Aged vs. Uneven-Aged Silviculture: Implications for Multifunctional Management of Southern Pine Ecosystems. *Forests*, 7(4), 86.

Tolunay, D., (2011). Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey, *Turkish Journal of Agricultural and Forestry*, 35 (3), 265-279.

UNFCCC. (2016). Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF). Retrieved December 8, 2017, from http://unfccc.int/land_use_and_climate_change/lulucf/items/1084.php

Yavuz H, Mısır, N., Mısır, M., Tüfekçioğlu, A., Altun, L. (2010). Karadeniz Bölgesi Saf ve Karışık Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcereleri için Mekanistik Büyüme Modellerinin Geliştirilmesi, Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi, TÜBİTAK Projesi, Proje No: **TOVAG-1060274**.

BÖLÜM 7

THE RUSLE and WEPP MODELS USED IN SOIL EROSION PREDICTION

1. Yasin KARAŞİN¹

2. Muhammed Ali AYDIN²

Introduction

Erosion is one of the most significant environmental problems in our country and refers to the processes of soil detachment and transport that occur as a result of human-induced alterations to the vegetation cover, which normally stabilizes and protects the soil. Official forestry strategic documents indicate that soil loss due to erosion in Türkiye was estimated to be in excess of 250 million tons per year in the early 21st century, and institutional plans set a target of reducing this amount to around 150 million tons annually by 2023 through afforestation and erosion control activities (OGM, 2015; OGM, 2017)

¹ Arş. Gör. Dr. İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Orman Mühendisliği, Orcid: 0000-0002-4781-2458

² Arş. Gör. İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Orman Mühendisliği, Orcid: 0000-0002-4778-651X

While our country ranks among the highest globally in terms of erosion risk, it also occupies a leading position in afforestation and erosion control initiatives. Addressing this problem depends on watershed-based studies aimed at identifying areas where soil loss is most concentrated and determining the underlying causes of erosion.

Nevertheless, the direct measurement of soil erosion is a highly labor-intensive process. For large areas, soil erosion can only be estimated rather than directly measured. This limitation primarily arises from the presence of multiple interacting factors influencing soil erosion and the considerable temporal and financial challenges associated with measuring these factors.

Recent significant advances in technology have provided substantial facilitation in the identification of erosion-prone areas and in the planning and implementation of studies conducted in these areas. These developments have enabled the use of mathematical relationships to estimate the data required for determining digital soil erosion models. The application of technological innovations has increasingly expanded in identifying the factors controlling erosion processes and, in particular, in analyzing the interactions among these factors, with Geographic Information Systems (GIS) being one of the most prominent tools.

GIS allows spatial data transferred into a computer environment to be stored as map layers and enables the integration and analysis of these layers. Consequently, GIS is widely used in the estimation of soil losses caused by erosion, as well as in the identification and mapping of areas at risk of erosion (Başığit and Dinç, 2003). Moreover, these systems make it possible to model the factors controlling erosion processes within a digital environment.

The erosion risk maps generated in a virtual environment not only reduce the costs and time losses associated with determining soil loss but also enhance the accuracy of erosion assessments. In

addition, GIS provides a significant advantage by enabling future updates of these analyses. With the support of Geographic Information Systems, it is possible to assess whether currently non-eroded areas are at risk, to identify priority areas for conservation, and to monitor the effectiveness of implemented interventions.

The high costs and extensive time requirements associated with measuring soil loss under field conditions, together with the necessity of continuous measurements to obtain reliable results, and the inability of laboratory-based simulation studies to adequately represent natural conditions, highlight the applicability and economic advantages of the Water Erosion Prediction Project (WEPP) model (Flanagan & Livingston, 1995; Hacısalıhoğlu, Kalay, & Okatan, 2008, pp. 40-45).

For this reason, soil erosion estimation and modeling studies at the watershed scale initially employed the Universal Soil Loss Equation (USLE) (Wischmeier & Smith, 1965), followed by the WEPP methodology, with both approaches increasingly being implemented using computer-based techniques and Geographic Information Systems (GIS) (Flanagan & Nearing, 1995; Foster & Lane, 1987; Nearing, Foster, Lane, & Finkner, 1989, pp. 1587-1593).

Countries such as the United States and Canada have long made extensive use of GIS, whereas in recent years GIS has begun to be applied in watershed management studies in our country. GIS is of particular importance for countries where natural forest resources have been severely degraded, productivity has declined, and sustainability is under threat. Therefore, it is essential to promote the widespread use of GIS technology and its integrated application with the WEPP (Water Erosion Prediction Project) model in watershed management practices in our country. The WEPP erosion model is a continuous simulation model capable of predicting the temporal and spatial distribution of net soil loss and deposition over large areas (Flanagan & Nearing, 1995; Ascough II, Baffaut,

Nearing, & Liu, 1997, pp. 921-933; Baffaut, Nearing, Ascough Ii, & Liu, 1997, pp. 935-943). Among erosion models, WEPP has become one of the most widely used tools in recent years and has been integrated with GIS through the development of the GeoWEPP program, which is extensively utilized by practitioners. Moreover, this model has replaced the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), with several parameters modified and enhanced. One of the major challenges in applying the WEPP model—the accurate representation of complex topography—can be effectively addressed using Digital Elevation Models (DEMs).

The GeoWEPP program, which integrates GIS, WEPP, and TOPAZ, facilitates the organization and processing of complex datasets and provides application opportunities particularly for large rainfall-driven watersheds. In addition to GeoWEPP, TOPAZ and its associated tools are also used to determine watershed topographic characteristics (Garbrecht & Martz, 1999). The WEPP model consists of three main application modules: the Hillslope Version, the Watershed Version, and the Grid or GIS Version (Flanagan & Livingston, 1995).

RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) Erosion Model

The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) is a soil erosion risk prediction model developed to estimate the amount of soil loss per unit area. It represents a revised and improved version of the Universal Soil Loss Equation (USLE), which was updated in 1987 to enhance its predictive capability. RUSLE was formulated based on extensive prior research and empirical observations, resulting in a more robust and flexible erosion estimation framework. In Türkiye, the RUSLE model has been widely applied across various studies and landscapes, demonstrating its applicability under different environmental and land-use conditions (İrvem & Tülücü, 2004; Ekinci, 2005, pp. 109-119; Cürebal &

Ekinci, 2006, pp. 115-129; Ekinci, 2007; Değerliyurt, 2013, pp. 1745-1764).

The original USLE model was developed by Wischmeier and colleagues and was primarily intended for use in agricultural areas. Introduced in 1972, the model was initially applied to construction sites and subsequently extended to rangelands and forested areas (Erkal, Yıldırım, & Taş, 2012). Both USLE and RUSLE estimate long-term average annual soil loss by quantifying the relationships among rainfall erosivity, soil erodibility, topography, land use, and vegetation cover. While USLE was mainly designed to assess soil erosion on gently sloping agricultural lands (Wischmeier & Smith, 1978), RUSLE offers a broader scope of application. The revised model is suitable for a wide range of environments, including degraded lands, rangelands, and forest ecosystems, thereby extending its usefulness beyond traditional agricultural settings (Renard, Foster, Weesies, Mccool, & Yoder, 1997).

The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) estimates the long-term average annual soil loss using the following equation:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

where:

- a. A represents the average annual soil loss ($\text{t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$),
- b. R is the rainfall erosivity factor, expressing the erosive power of rainfall ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ yr}^{-1}$),
- c. K denotes the soil erodibility factor, indicating the susceptibility of soil to erosion ($\text{t ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ h mm}^{-1}$),
- d. L is the slope length factor (m),
- e. S is the slope steepness factor (%),

- f. C represents the cover and management factor related to vegetation and land use (dimensionless),
- g. P is the support practice factor reflecting the effectiveness of soil conservation measures (dimensionless).

The rainfall erosivity factor (R) represents the potential of rainfall to cause soil erosion and reflects the erosive force generated by precipitation events (Chen et al., 2011). The estimation of the R factor is based on both the total amount of rainfall and the kinetic energy of rainfall impacting the soil surface. In assessing the erosive effect of rainfall, the product of the total kinetic energy of a rainfall event and its maximum 30-minute rainfall intensity—commonly referred to as the erosion index (EI)—plays a critical role in soil loss calculations within the RUSLE framework (Cürebal & Ekinçi, 2006). Higher rainfall intensity and energy generally result in greater erosive potential, making the R factor a key driver of spatial and temporal variability in soil erosion.

Soil erodibility (K) expresses the inherent susceptibility of soil to erosion and its resistance to detachment and transport under erosive forces. This factor reflects the combined influence of several intrinsic soil properties, including texture, structure, organic matter content, and permeability. As a result, soils with different physical and chemical characteristics may respond differently to the same erosive conditions. While some soils exhibit high resistance to erosion, others are more easily detached and transported, making them more vulnerable to soil loss (Balçı, 1996).

In the Universal Soil Loss Equation (USLE), originally developed by Wischmeier and Smith (1978), the K factor was defined to quantify soil resistance to erosion as a function of organic matter content, particle size distribution, soil structure, and infiltration capacity. This concept was retained and refined in the

RUSLE model, where the K factor remains a fundamental parameter for representing soil sensitivity to erosive processes.

The LS factor in the RUSLE model represents the combined effects of slope length (L) and slope steepness (S) on soil erosion. Slope length is defined as the horizontal distance from the point where surface runoff begins to the point where either deposition occurs due to a reduction in slope gradient or runoff enters a well-defined channel (Wischmeier & Smith, 1978). Longer and steeper slopes generally promote higher runoff velocity and energy, thereby increasing erosion potential.

Numerous studies have focused on calculating the LS factor within a Geographic Information Systems (GIS) environment, primarily because direct field-based estimation of slope length and steepness is difficult and time-consuming. GIS-based methods enable spatially distributed and more accurate computation of the LS factor, making them particularly suitable for watershed-scale erosion modeling applications.

In the USLE and RUSLE models, the cover and management factor (C) represents the effect of vegetation cover and land management practices on soil erosion. This factor is widely used to evaluate and compare the effectiveness of different management strategies in reducing soil loss and is considered one of the most important parameters in soil conservation planning. The C factor reflects the potential average annual soil loss under specific land cover conditions as well as the degree of soil disturbance that may occur over a given period when alternative management practices are applied (Renard, Foster, Weesies, Mccool, & Yoder, 1997).

Variations in vegetation cover strength are primarily controlled by site-specific conditions and seasonal changes. In addition, differences in land productivity, annual precipitation regimes, and vegetation growth stages further influence the spatial

and temporal variability of the C factor. Consequently, the C factor should be determined through analytical approaches that account for local environmental conditions rather than being assumed as a constant value across different landscapes (Özsoy, 2007).

The support practice factor (P) represents the influence of soil conservation measures designed to reduce the rate of erosion by modifying runoff pathways and surface flow direction. Practices such as contour farming, strip cropping, and terracing can either slow down or accelerate erosion depending on whether soil tillage is conducted parallel or perpendicular to the slope gradient. Despite its importance, there is currently no widely accepted methodology for spatially distributing the P factor at the scale of large watersheds. In Türkiye, soil conservation practices are applied at a limited level or are absent in many regions. For study areas where no soil conservation measures are present, the P factor is assumed to be 1.0, in accordance with the approach proposed by Wischmeier and Smith (1978). This assumption indicates the absence of any conservation practices intended to reduce soil erosion.

While the RUSLE model provides a practical and efficient framework for estimating long-term average soil loss over large areas, its empirical nature limits its ability to represent event-based hydrologic processes, sediment transport dynamics, and temporal variability in erosion. In particular, RUSLE does not explicitly simulate runoff generation, channel processes, or deposition mechanisms. To address these limitations, physically based and process-oriented erosion models have been developed, among which the Water Erosion Prediction Project (WEPP) model represents a major advancement in soil erosion modeling.

WEPP (Water Erosion Prediction Project) Model

The Water Erosion Prediction Project (WEPP) model was developed to overcome many of the conceptual and structural

limitations of empirical erosion models by explicitly representing the physical processes governing runoff, soil detachment, sediment transport, and deposition. Unlike RUSLE, WEPP operates as a continuous simulation model, allowing the assessment of erosion processes at finer temporal and spatial scales under varying climatic, soil, topographic, and land management conditions.

The WEPP (Water Erosion Prediction Project) Erosion Model was developed in the United States as a result of a collaborative effort conducted between 1985 and 1995 by scientists from the U.S. Forest Service, Agricultural Research Service, Soil Conservation Service, and the U.S. Geological Survey. In 1995, the WEPP erosion model began to be successfully implemented using different approaches for agricultural lands, forests, rangelands, and other land uses (Eliot, Foltz, & Luce, 1995, pp. 178-186). Within the scope of the integration of these organizations, GeoWEPP was introduced through the integration of the WEPP erosion model with Geographic Information Systems (GIS) and has since been widely adopted by practitioners (Wu, Wu, & Elliot, 2000; Yüksel, Akay, Gundogan, & Cetiner, 2008, pp. 1222-1236).

The WEPP model incorporates climate data, surface and subsurface hydrology, irrigation practices, vegetation growth history, fallow periods, harvest timing, soil storage, as well as sediment storage and transport processes. During the creation of input data files, a simple DOS-based interface can be used to generate climate, soil, and vegetation files. However, with the rapid advancement of computer technology, these files can now be created in a Windows™ environment, and model output files can be visualized using Windows-based graphical interfaces.

The WEPP erosion model is a continuous computer simulation program that identifies when and where soil loss and sediment generation occur on hillslopes, as well as soil loss, sediment transport, and deposition locations within river channels. It

is an effective tool for supporting the implementation of preventive measures and for selecting the most appropriate erosion control strategies. The WEPP model is based on the integration of numerous concepts used to calculate and predict soil erosion and sediment transport processes.

Some of these are listed below:

- h. Climate (precipitation parameters, temperature [maximum and minimum], solar radiation, wind)
- i. Winter processes (freeze–thaw cycles, snow accumulation, snowmelt)
- j. Agricultural irrigation (sprinkler, drip)
- k. Hydrology (infiltration, depression storage, surface runoff)
- l. Water balance (evapotranspiration, percolation, drainage)
- m. Soils (soil types and properties)
- n. Crop and vegetation growth (agricultural lands, rangelands, and forest areas)
- o. Dead cover accumulation
- p. Effects of tillage practices on infiltration and erodibility
- q. Erosion processes (rill, interrill, and gully erosion)
- r. Sediment distribution and deposition

WEPP Model Inputs

Slope File: The slope file represents the slope or topographic conditions of the watershed. It is generated either by measuring slope gradients directly in the field or by creating a Digital Elevation Model (DEM) using Geographic Information Systems (GIS), thereby characterizing the slope conditions of the rainfall watershed.

Climate File: Climate is one of the most important factors influencing erosion in watersheds or hillslopes. For each region, a climate file is developed based on available climatic data and is subsequently used as input in the model.

Soil File: In the soil file created for WEPP, the maximum soil depth is defined as 180 cm. The WEPP model allows the use of values for up to eight distinct soil layers. For example, when the total soil depth is 100 cm, values from three independent layers—0–200 mm, 200–500 mm, and 500–1000 mm—can be utilized. During the preparation of soil files, separate soil files are generated for each hillslope or for each Overland Flow Element (OFE) within the study area. Changes in soil properties across the landscape result in corresponding changes in the OFEs on hillslopes. The soil file used in the WEPP model incorporates specific physical and hydrological properties of the soil that are required for erosion prediction.

Management File (Vegetation Management File): The study area consists of forest and rangeland. Information such as vegetation height, canopy cover ratio, grazing status, and grazing timing of rangeland and forest vegetation was determined, and a vegetation management file was created within a GIS environment. This file was then applied to hillslopes in the GeoWEPP environment to represent land use conditions. For this purpose, an initial DEM of the watershed was generated and integrated with TOPAZ, and appropriate land use practices were assigned to the relevant areas.

GeoWEPP

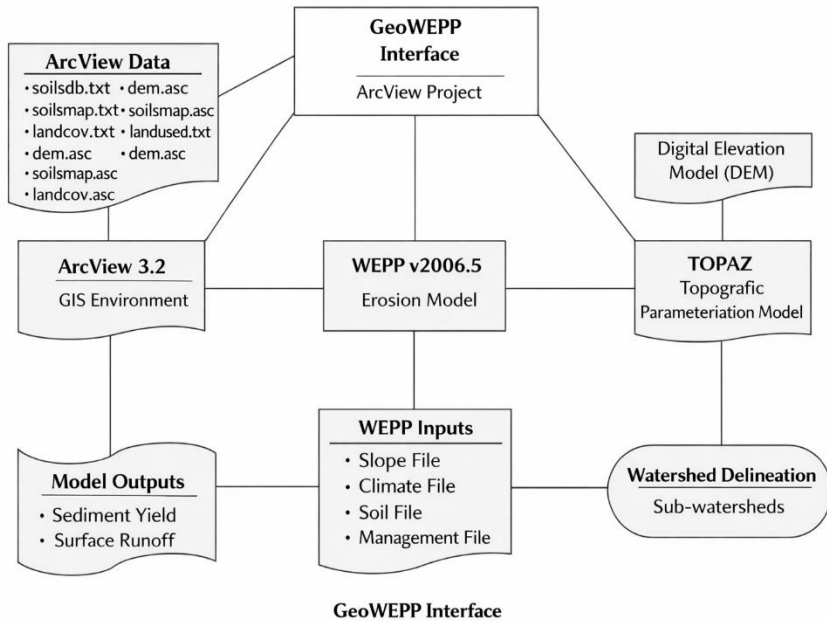
The GeoWEPP program represents the most recent WEPP-based technology, integrating GIS, WEPP, and TOPAZ to enable applications at the scale of large rainfall-driven watersheds. GeoWEPP overcomes several limitations of the standalone WEPP erosion model. Since the WEPP model typically operates in a Windows environment, it is generally capable of simulating soil loss

and sediment yield primarily for small watersheds or individual hillslopes. In contrast, because the Digital Elevation Model (DEM), vegetation cover, and soil files for large rainfall watersheds are generated within a GIS environment in GeoWEPP, soil loss and sediment yield characteristics for each spatial unit can be presented, mapped, and printed in the form of graphical maps.

One of the major challenges in applying the WEPP model is the difficulty in distinguishing slope-related and input parameters, particularly those associated with land surface characteristics. To address this limitation, the WEPP model was integrated with ArcView 3.2 GIS and TOPAZ, leading to the development of the GeoWEPP model. In GeoWEPP, the required input files—including vegetation cover, land use, slope, soil, and management—are generated through the combined use of WEPP and TOPAZ.

Furthermore, the integrated GeoWEPP modeling framework utilizes a database comprising files such as soilsdb.txt, soilsmap.txt, landcov.tst, and landusedb.txt. The GeoWEPP model extracts the necessary information for each spatial layer by employing ASCII-format grid data (e.g., dem.asc, soilsmap.asc, and landcov.asc) converted from raster datasets. Consequently, watershed-scale outputs are generated and visualized within the GIS environment (Figure 1, Yüksel, Akay, Gundogan, & Cetiner, 2008)

Figure 1 Workflow Diagram of the GeoWEPP Model



Source: Yüksel ve ark., 2008

In general, after the input data files are entered into the WEPP program, the amount of soil loss generated from sloping terrain or a rainfall watershed is calculated, and the model outputs are displayed on the computer screen. In addition, through integration with GIS, Digital Elevation Models (DEMs) of the terrain can be generated using ArcView and GRID modules, enabling more effective computation of watershed spatial data and the production of GIS-based maps.

Depending on the parameters used in the WEPP model, output results can be obtained on a daily, monthly, and annual basis. In both text-based outputs and graphical displays, values such as hillslope or watershed soil loss, sediment storage, surface runoff, watershed area, and related variables can be examined. Furthermore,

in the GIS-integrated GeoWEPP program, results can also be generated and visualized as raster images.

By running the WEPP model, hydrological data, soil loss estimates, and land management conditions can be viewed directly on the computer screen. Within the WEPP model interface, users can interactively examine soil properties, slope conditions, management practices, and soil loss status along each model segment using mouse-based navigation.

Despite its advanced process-based structure, the practical application of the WEPP model has traditionally required extensive data preparation, technical expertise, and familiarity with specialized software environments. These requirements have limited its widespread use by land managers and practitioners. In response to these challenges, web-based and GIS-integrated implementations of WEPP have been developed, culminating in the WEPPcloud platform, which aims to improve accessibility, automation, and usability while retaining the core modeling capabilities of WEPP.

WEPPcloud: A Web-Based Watershed-Scale Hydrologic and Erosion Modeling System

WEPPcloud is not a new erosion model but rather a web-based implementation and decision-support platform built upon the WEPP modeling framework. By integrating automated data acquisition, cloud-based processing, and interactive visualization tools, WEPPcloud enables users to apply the WEPP model more efficiently and with reduced technical barriers, particularly for watershed-scale and forested landscape applications.

Modeling hydrologic processes and soil erosion at the watershed scale plays a crucial role in assessing water quality and sediment transport, particularly within forest ecosystems. Nevertheless, the practical application of process-based hydrologic models is often constrained by their structural complexity, extensive

data requirements, and the need for advanced technical expertise. As a result, land and watershed managers may face significant challenges when attempting to implement such models effectively (Elliot, 2004, pp. 299-309; Robichaud & Ashmun, 2013, pp. 95-105). In response to these limitations, WEPPcloud has been developed as a web-based and user-oriented implementation of the Water Erosion Prediction Project (WEPP) model, offering enhanced accessibility and usability (Lew, et al., 2022a).

WEPPcloud is an online hydrologic modeling platform designed to simulate surface runoff, soil erosion, and sediment transport processes at the watershed scale using the WEPP modeling framework. The system is developed in the Python programming language and operates through a Flask-based web interface supported by an application programming interface (API). At the core of the platform lies the wepppy software framework, which provides an open-source, modular architecture. This framework not only facilitates the execution of the WEPP model but also enables the integration and development of additional hydrologic models within the same computational environment (Lew, 2021; Lew, et al., 2022a).

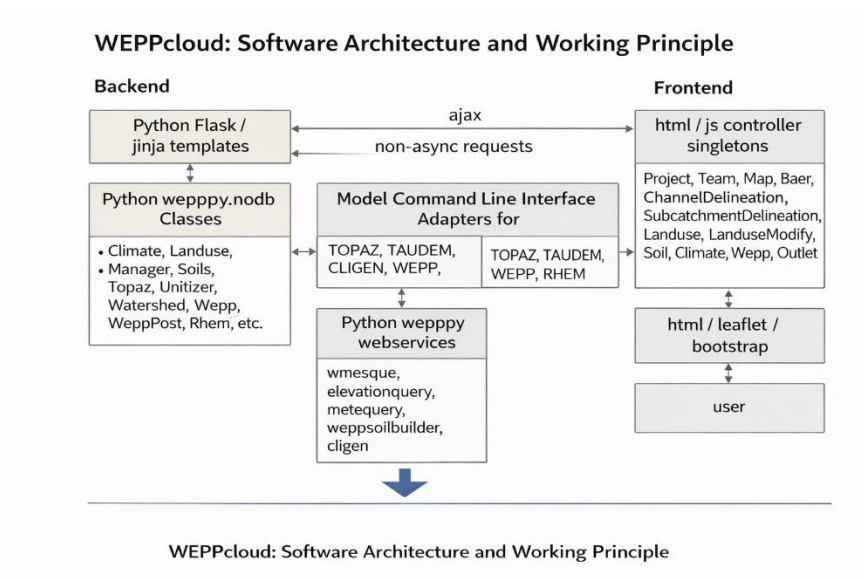
One of the key strengths of WEPPcloud is its ability to automatically generate model input datasets. Essential spatial and environmental inputs—including Digital Elevation Models (DEMs), climate variables, soil characteristics, and land cover information—are derived from openly accessible national datasets such as PRISM, Daymet, GridMET, SSURGO, and NLCD, and subsequently converted into formats compatible with the WEPP model (Daly, Neilson, & Phillips, 2000, pp. 140–158; Abatzoglou, J. T., 2011, pp. 111–122; Thornton, et al., 2016). This automated data processing substantially reduces the need for advanced GIS expertise, thereby broadening the potential user base of the model.

Compared to traditional WEPP interfaces, WEPPcloud is particularly well suited for forested watersheds of medium to large size (approximately 300–10,000 ha). The platform incorporates additional process representations, including baseflow simulation, frozen soil dynamics, and the transport of ash and other pollutants, which are especially relevant for post-fire hydrologic assessments (Elliot, Miller, & Enstice, 2016, pp. 876-887; Dobre, et al., 2022). Furthermore, users are able to modify key parameters such as post-disturbance ground cover, channel properties, and saturated hydraulic conductivity, allowing for flexible scenario-based analyses.

Model outputs generated by WEPPcloud are available at daily, monthly, and annual temporal resolutions and include estimates of surface runoff, sediment yield, and water balance components. These results can be visualized in both numerical and spatial formats, including raster-based maps, enhancing interpretability and practical applicability. Consequently, WEPPcloud serves not only as a research-oriented modeling tool but also as an effective decision-support system for forest management, post-wildfire emergency response (e.g., BAER), and watershed planning applications (Lew, et al., 2022).

The overall workflow, system architecture, and interactions among the frontend interface, backend services, and modeling components within the WEPPcloud platform are illustrated in Figure 2.

Figure 2. Schematic representation of the WEPPcloud software architecture and workflow.



Source: Lew et al., 2022

Through its web-based architecture, automated data processing, and modular design, WEPPcloud represents a significant step toward bridging the gap between advanced process-based erosion modeling and practical watershed management. The platform facilitates scenario analysis, post-disturbance assessment, and decision-making processes, thereby enhancing the applicability of WEPP for both scientific research and operational land management. Given the complex topography, high erosion susceptibility, and widespread data limitations in many regions of Türkiye, both empirical and process-based erosion models play complementary roles. While RUSLE remains valuable for regional-scale assessments, the increasing availability of spatial datasets and web-based tools such as WEPPcloud offer new opportunities for applying process-based modeling approaches in forested watersheds.

Accordingly, the choice of an erosion modeling approach should be guided by study objectives, spatial scale, data availability, and user expertise. RUSLE is well suited for rapid, large-scale erosion risk assessments where long-term average soil loss estimates are sufficient. In contrast, WEPP and its web-based implementation, WEPPcloud, are more appropriate for detailed watershed-scale analyses, event-based simulations, and scenario evaluations, particularly in forested and post-disturbance environments.

Conclusion

Soil erosion remains one of the most critical environmental challenges affecting land productivity, water quality, and ecosystem sustainability, particularly in countries characterized by complex topography and intensive land use. In this chapter, two widely used soil erosion prediction approaches—RUSLE and WEPP—have been comprehensively reviewed with respect to their theoretical foundations, data requirements, modeling capabilities, and applicability at different spatial scales. The RUSLE model offers a relatively simple, empirical framework for estimating long-term average annual soil loss. Its ease of implementation, moderate data requirements, and compatibility with Geographic Information Systems make it a practical tool for regional-scale erosion risk assessments and preliminary planning studies. However, the model is limited in its ability to represent dynamic hydrological processes, event-based erosion, and sediment transport mechanisms, particularly in complex terrains and forested watersheds. In contrast, the WEPP model represents a physically based, process-oriented approach capable of simulating surface runoff, soil detachment, sediment transport, and deposition processes at fine temporal and spatial resolutions. The integration of WEPP with GIS through GeoWEPP and, more recently, through web-based platforms such as WEPPcloud has significantly enhanced its applicability for large watersheds and forested landscapes. WEPPcloud, in particular,

addresses many of the practical limitations associated with traditional WEPP implementations by automating data acquisition, reducing technical barriers, and providing user-friendly visualization tools. Based on the comparative evaluation presented in this chapter, it can be concluded that no single erosion model is universally optimal for all applications. The selection of an appropriate model should be guided by study objectives, spatial scale, data availability, and user expertise. For large-scale erosion risk mapping and rapid assessments, RUSLE remains a valuable and efficient tool. For detailed watershed-scale analyses, scenario evaluations, and post-disturbance assessments—especially in forested environments—WEPP and WEPPcloud provide more robust and physically meaningful results.

Future studies should focus on integrating field observations with model outputs to improve calibration and validation processes. In addition, increasing the availability and quality of spatial datasets, expanding the use of web-based modeling platforms, and promoting interdisciplinary collaboration will further enhance the effectiveness of soil erosion modeling as a decision-support tool for sustainable land and watershed management. Future advancements in erosion modeling are expected to increasingly rely on web-based platforms, automated data integration, and coupled hydrologic–ecologic modeling frameworks to support sustainable land and watershed management.

References

- Abatzoglou, J. T. (2011). Development of gridded surface meteorological data for ecological applications and modelling. *International Journal of Climatology*, 111–122.
- Ascough II, J., Baffaut, C., Nearing, M., & Liu, B. (1997). The WEPP watershed model: I. Hydrology and erosion. *Transactions of the ASAE*, 921-933.
- Baffaut, C., Nearing, M., Ascough II, J., & Liu, B. (1997). The WEPP Watershed Model: II. Sensitivity Analysis and Discretization on Small Watersheds. *Transactions American Society of Agricultural Engineers*, 935-943.
- Cürebal, İ., & Ekinci, D. (2006). Kızılkeçili Deresi havzasında CBS tabanlı RUSLE (3d) yöntemiyle erozyon analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 115-129.
- Daly, C., Neilson, R., & Phillips, D. (2000). A statistical-topographic model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain. *Journal of Applied Meteorology*, 140–158.
- Değerliyurt, M. (2013). Antakya şehri ve yakın çevresinde meydana gelen erozyonun coğrafi dağılışı ve analizi. *Electronic Turkish Studies*, 1745-1764.
- Dobre, M., Srivastava, A., Lew, R., Deval, C., Brooks, E., Elliot, W., & Robichaud, P. (2022). WEPPcloud: an online watershed-scale hydrologic modeling tool. Part II Model performance assessment and applications to forest management and wildfires. *Journal of Hydrology*, 127776.
- Ekinci, D. (2005). CBS tabanlı uyarlanmış rusle yöntemi ile kozlu deresi havzasında erozyon analizi. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Dergisi*, 109-119.

- Ekinci, D. (2007). Estimating of soil erosion in lake Durusu basin using revised USLE 3D with GIS.
- Eliot, W., Foltz, R., & Luce, C. (1995). Validation of the WEPP Model for Low Volume Forest Roads. *Proceedings of the Sixth International Conference on Low- Volume Roads* (pp. 178-186). Washington D.C.: Transpiration Research Board.
- Elliot, W. J. (2004). WEPP INTERNET INTERFACES FOR FOREST EROSION PREDICTION 1. . *Journal of the American Water Resources Association*, 299-309.
- Elliot, W., Miller, M., & Enstice, N. (2016). Targeting forest management through fire and erosion modelling. *International Journal of Wildland Fire*, 876-887.
- Erkal, T., Yıldırım, Ü., & Taş, B. (2012). *RUSLE Yöntemi ile Akarçay Havzası Orta Kesiminin Erozyon Risk Tahmini ve Erozyonun Beşeri Faaliyetlere Etkileri*. Afyonkarahisar: Afyon Kocatepe Üniversitesi.
- Flanagan, D., & Livingston, S. (1995). WEPP User Summary (USDA-Water Erosion Prediction Project). Indiana, west lafayette, ABD. Retrieved from <https://www.ars.usda.gov/ARSEUserFiles/50201000/WEPP/usersum.pdf>
- Flanagan, D., & Nearing, M. (1995). *USDA-Water Erosion Prediction project: Hillslope profile and watershed model documentation*. West Lafayette: USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory.
- Foster, G., & Lane, L. (1987). *User requirements UDSA-Water Erosion Prediction Project (WEPP)*. West Lafayette: USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory.

- Garbrecht, J., & Martz, L. (1999). TOPAZ: An Automated Digital Landscape Analysis Tool for Topographic Evaluation, Drainage Identification, Watershe Segmentation and Subcatchment Parameterization; TOPAZ Overview. *SDA-ARS Publication*.
- Hacısalıhoğlu, S., Kalay, H., & Okatan, E. (2008). oprak Aşınımı (Erozyon) Benzetim (Simülasyon) Modelleri. *TMMOB Orman Mühendisleri Odası Dergisi*, 40-45.
- İrvem, A., & Tülücü , K. (2004). Coğrafi bilgi sistemi ile toprak kaybı ve sediment verimi tahmin modelinin (EST) oluşturulması ve Seyhan-Körkün Alt Havzasına uygulanması. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*.
- Lew, R. (2021). *wepppy: A Python framework for WEPP modeling*. USDA Forest Service.
- Lew, R., Dobre, M., Srivastava, A., Brooks, E., Elliot, W., Robichaud, P., & Flanagan, D. (2022). WEPPcloud and WEPP performance assessment and applications to forest management and wildfires. *Journal of Hydrology*.
- Lew, R., Dobre, M., Srivastava, A., Brooks, E., Elliot, W., Robichaud, P., & Flanagan, D. (2022a). WEPPcloud: An online watershed-scale hydrologic modeling tool. Part I: Model description. *Journal of Hydrology*, 127603.
- Nearing, M., Foster, G., Lane, L., & Finkner, S. (1989). A process based soil erosion model for USDA-Water Erosion Prediction Project technology. *Trans. ASAE.*, 1587-1593.
- OGM. (2015). *Annual Activity Report*. Ankara, Turkey: OGM. Orman Genel Müdürlüğü.

- OGM. (2017). *Annual Activity Report 2017 (or Strategic Plan)*. Ankara, Türkiye: Orman Genel Müdürlüğü.
- Özsoy, G. (2007). Doktora Tezi. *Uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemi kullanarak (CBS) erozyon riskinin belirlenmesi*. Bursa, Türkiye: Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Renard, K., Foster, G., Weesies, G., McCool, D., & Yoder, D. (1997). *Predicting Soil Erosion By Water: A Guide To Conservation Planning With The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. Washington, DC.: Agriculture Handbook No.703.
- Robichaud, P., & Ashmun, L. (2013). Tools to aid post-wildfire assessment and erosion-mitigation treatment decisions. *International Journal of Wildland Fire*, 95-105.
- Thornton, P., D. M. M. , T., B. W. , M., Y. , W., R. L. , C., R. B. , W., & R. R. , V. (2016). *Daymet: Daily Surface Weather and Climatological Summaries (Version 3)*. Retrieved from Daymet: https://daac.ornl.gov/cgi-bin/dsviewer.pl?ds_id=1328
- Wischmeier, W., & Smith, D. (1965). *Rainfall Erosion Losses from Cropland East of Rocky Mountains*. USDA Science and Education Administration Handbook No. 282.
- Wischmeier, W., & Smith, D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses*. Washington D.C.: USDA Agricultural Handbook.
- Wu, J., Wu, A., & Elliot, J. (2000). Adapting WEPP (Water Erosion Prediction Project) for the Forest Watershed Erosion Modeling. *2000 ASAE Annual International Meeting*, (p. 2069). Milwaukee, Wisconsin.
- Yüksel, A., Akay, A., Gundogan, R., & Cetiner, M. (2008). Application of GeoWEPP for determining sediment yield

and runoff in the Orcan Creek watershed in Kahramanmaras, Turkey. *Sensors*, 1222-1236.

GEÇİCİ KAPAK

*Kapak tasarımı
devam ediyor.*