

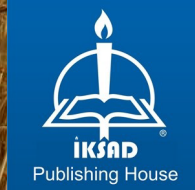
ÇEVRESEL, EKONOMİK, TEKNİK YÖNLERİYLE TARIM

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Esen ORUÇ

Prof. Dr. Bilge GÖZENER

Dr. Öğr. Üyesi Esra KAPLAN



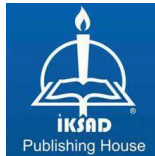
ÇEVRESEL, EKONOMİK, TEKNİK YÖNLERİYLE TARIM

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Esen ORUÇ
Prof. Dr. Bilge GÖZENER
Dr. Öğr. Üyesi Esra KAPLAN

YAZARLAR

Prof. Dr. Adnan ÇİÇEK
Prof. Dr. Arda YILDIRIM
Prof. Dr. Bilge GÖZENER
Prof. Dr. Dürdane YANAR
Prof. Dr. Esen ORUÇ
Prof. Dr. Gülistan ERDAL
Prof. Dr. Halil KIZILASLAN
Prof. Dr. Hilmi ERDAL
Prof. Dr. Nuray KIZILASLAN
Prof. Dr. Nihat YEŞİLAYER
Prof. Dr. Yusuf YANAR
Doç. Dr. Halil ERDEM
Doç. Dr. Kadriye ÖZLEM SAYGI
Doç. Dr. Şerife TOPKAYA
Dr. Öğr. Üyesi Abdulkadir ERİŞEK
Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül DURUKAN KUM
Dr. Öğr. Üyesi Ekrem BUHAN
Dr. Öğr. Üyesi Esra KAPLAN
Dr. Öğr. Üyesi Güzella YILMAZ VURAL
Dr. Öğr. Üyesi Öznur ÖZ ATASEVER
Öğr. Gör. Dr. Cabir Çağrı GENÇE
Dr. Ercan MEVLİYAOĞULLARI
Didem DOĞAR
Hüseyin USLU
Rukiye DEMİR
Zehra ERDOĞAN



Copyright © 2025 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or
transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical
methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses
permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social
Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

Iksad Publications – 2025©

ISBN: 978-625-378-414-0

Cover Photo Hilmi Murat ORUÇ

December / 2025

Ankara / Türkiye

Size: 16x24cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....1

BÖLÜM 1

SİVAS İLİ YILDIZ GÖLETİ SULAMA ALANINDAKİ TARIM İŞLETMELERİNİN EKONOMİK ANALİZİ

Zehra ERDOĞAN

Prof. Dr. Adnan ÇİÇEK.....3

BÖLÜM 2

MANDA YETİŞTİRİCİLİĞİ İŞLETMELERİNİN MEVCUT DURUMU VE KARLILIK ANALİZİ: TOKAT İLİ KAZOVA BÖLGESİ

Prof. Dr. Adnan ÇİÇEK

Didem DOĞAR.....25

BÖLÜM 3

ÜRETİCİLERİN TARIMSAL ÜRETİM VE DESTEKLEME POLİTİKALARINA İLİŞKİN GÖRÜŞ VE DÜŞÜNCELERİ (SAMSUN İLİ ARAŞTIRMASI)

Prof. Dr. Halil KIZILASLAN

Prof. Dr. Nuray KIZILASLAN.....45

BÖLÜM 4

KONYA İLİ EREĞLİ İLÇESİNDE SİYAH HAVUCUN ÜRETİM VE PAZARLAMA YAPISI ve SORUNLARI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Dr. Öğr. Üyesi. Esra KAPLAN

Prof. Dr. Bilge GÖZENER

Prof. Dr. Esen ORUÇ.....57

BÖLÜM 5

DOĞAL SERMAYE ÖLÇÜTÜ OLARAK “EKOSİSTEM HİZMETLERİ”: İKLİM DEĞİŞİMİNİN ETKİLENMESİ ve SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Ekrem BUHAN.....79

BÖLÜM 6

İKLİM DEĞİŞİMİ ve SÜRDÜRÜLEBİLİLİK KAPSAMINDA KENTSEL TARIM EKOSİSTEMLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Ekrem BUHAN

Doç. Dr. Halil ERDEM

Öğr. Gör. Dr. Cabir Çağrı GENÇE.....157

BÖLÜM 7

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE' DE ÇEVRE SORUNLARINA GENEL BİR BAKIŞ

Prof. Dr. Halil KIZILASLAN

Prof. Dr. Nuray KIZILASLAN.....205

BÖLÜM 8

PESTİSİTLERİN İNSAN VE ÇEVRE SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİSİ

Prof. Dr. Dürdane YANAR

Prof. Dr. Yusuf YANAR.....221

BÖLÜM 9

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAĞLAMINDA TÜRKİYE'DE KEKİK ÜRETİMİ: DENİZLİ İLİ ÖRNEĞİ

Prof. Dr. Gülistan ERDAL

Prof. Dr. Hilmi ERDAL.....257

BÖLÜM 10

TOPRAKTA SELENYUM (SE) ELEMENTİNİN BULUNUŞU, DAVRANIŞI VE İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Doç. Dr. Kadriye ÖZLEM SAYGI.....271

BÖLÜM 11

KABAKGİLLERİ ENFEKTE EDEN POTYVİRUSLER VE TÜRKİYE'DE MEVCUT DURUM

Doç. Dr. Şerife TOPKAYA.....285

BÖLÜM 12

TARIMSAL UYGULAMALARDA ALLELOPATİNİN ROLÜ VE POTANSİYELİ

Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül DURUKAN KUM.....303

BÖLÜM 13

YENİLEBİLİR FİLM-KAPLAMALAR ve UYGULAMA YÖNTEMLERİ

Rukiye Demir

Dr. Öğr. Üyesi Öznur ÖZ ATASEVER.....319

BÖLÜM 14

İÇ MEKÂN SÜS BİTKİSİ YETİŞTİRİCİLİĞİNDE EVSEL ATIK DEPOLAMA ÇAMURUNUN KULLANIMI

Dr. Öğr. Üyesi Güzella YILMAZ VURAL.....341

BÖLÜM 15

SİLİSYUM VE BİYOKÖMÜR UYGULAMALARININ LATİN ÇİÇEĞİNİN (*Tropaeolum Majus* L.) BÜYÜME VE GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Güzella YILMAZ VURAL.....355

BÖLÜM 16

KAPARİNİN (*Capparis Spinosa* L.) FİTOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ve KANATLI HAYVAN BESLEMEDE KULLANIM POTANSİYELİ

Prof. Dr. Arda YILDIRIM

Dr. Ercan MEVLİYAOĞULLARI

Prof. Dr. Nihat YEŞİLAYER369

BÖLÜM 17

SÜT SIĞIRCILIĞINDA GEÇİŞ DÖNEMİ

Dr. Öğr. Üyesi Abdulkadir ERİŞEK

Hüseyin USLU405

BÖLÜM 18

SÜT SİĞİRCİLİĞİNDA KARŞILAŞILAN METABOLİK HASTALIKLAR VE BESLEME STRATEJİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Abdulkadir ERİŞEK

Hüseyin USLU.....431

ÖNSÖZ

Tarım sektörü, ekolojik süreçlerden ekonomik dengelere, teknik uygulamalardan çevresel sürdürülebilirlik tartışmalarına kadar geniş bir yelpazede bilimsel ilgi uyandıran çok boyutlu bir çalışma alanıdır. Üretim sistemleri, doğal kaynaklar, iklimsel riskler, bitkisel ve hayvansal üretimin teknik sorunları ile gıda güvenliği gibi temel konular, disiplinler arası yaklaşımların önemini giderek artırmaktadır. Bu kitap, söz konusu geniş kapsamı ele alan özgün çalışmaları bir arada sunarak tarım bilimine çok yönlü bir katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Elinizdeki eser; hayvansal üretimde metabolik hastalıklar ve geçiş dönemi yönetiminden, tarımsal işletmelerin ekonomik analizlerine; tıbbi ve aromatik bitkilere ilişkin teknik değerlendirmelerden, pestisitlerin insan ve çevre sağlığı üzerindeki etkilerine; ekosistem hizmetleri, kentsel tarım, iklim değişikliği ve sürdürülebilirlik ilişkilerinden, toprak elementlerinin davranışlarına ve bitki sağlığına kadar pek çok farklı başlıkta hazırlanmış bölümlerden oluşmaktadır. Bu çeşitlilik, tarımın çevresel, ekonomik ve teknik yönlerinin bütüncül bir çerçevede ele alınabileceğini göstermesi bakımından son derece kıymetlidir.

Kitapta yer alan bölümler genel olarak şu temalar etrafında değerlendirilebilir:

- Tarım işletmelerinde ekonomik yapı, üretici eğilimleri ve bölgesel analizleri içeren çalışmalar,
- Bitkisel üretim, bitki sağlığı, toprak özellikleri ve çevresel etkileşimler üzerine yapılan bilimsel incelemeler,
- Hayvansal üretim süreçlerinin teknik ve yönetsel unsurlarına ilişkin değerlendirmeler,
- Tarım ve çevre ilişkisinin iklim, ekosistem ve doğal kaynak yönetimi bağlamında ele alındığı yaklaşımlar,
- Gıda, biyoteknoloji ve yenilikçi uygulamalara yönelik değerlendirmeler.

“Çevresel, Ekonomik, Teknik Yönleriyle Tarım” başlığı ile hazırlanan bu çalışmanın, akademik çevrelerden uygulayıcılara, politika yapıcılardan öğrencilere kadar geniş bir kitlenin araştırmalarına ve karar süreçlerine katkı sunmasını temenni ediyoruz. Kitapta emek veren tüm akademisyenlere ayrı ayrı

teşekkür eder, yayına hazırlık sürecindeki destekleri için İksad Yayınevi çalışanlarına da şükranlarımızı sunarız.

Editörler

Prof. Dr. Esen ORUÇ

Prof. Dr. Bilge GÖZENER

Dr. Öğretim Üyesi Esra KAPLAN

BÖLÜM 5

DOĞAL SERMAYE ÖLÇÜTÜ OLARAK “EKOSİSTEM HİZMETLERİ”: İKLİM DEĞİŞİMİNİNDEN ETKİLENMESİ ve SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Ekrem BUHAN¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17793223>

¹ Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, Tokat, Türkiye.
ekrem.buhan@gop.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-2680-1351

GİRİŞ

Doğa, modern insan toplumunun temelini oluşturur ve insan sağlığı, refahı, gıda ve güvenlik açısından vazgeçilmezdir. Tüm ekonomik faaliyetler, yılda yaklaşık 125 trilyon ABD doları değerinde olduğu tahmin edilen ekosistem hizmetlerine dayanır (WWF, 2018). Ancak artan nüfus ve doğal kaynakların aşırı kullanımı, Dünya'nın evrimsel tarihinde altıncı kitlesel yok oluşun yaşanmasına neden olacaktır (Wilson, 2002; IPCC, 2013). Habitat tahribatı ve arazilerin parçalanması, biyoçeşitliliği geri dönülmez biçimde azaltmakta ve büyük ölçekli ekolojik krizleri tetiklemektedir. İnsanlar, yiyecek ve barınaktan kutsal alanlara ve diğer kültürel ihtiyaçlara kadar çok sayıda toplumsal talebi karşılamak için uzun zamandır arazileri yönetmektedir (Ellis, 2015). Şimdi, Dünya'nın karasal yüzeyinin dörtte üçünden fazlası tarım, ormancılık ve yerleşimler yoluyla klasik insan ihtiyaçlarının bir kombinasyonunu karşılamak üzere yönetilirken (Venter ve ark.,2016) araziler giderek daha fazla çeşitli hizmetleri sürdürmek için kullanılmak istenmektedir; bunların çoğu daha önce yönetilmeyen araziler tarafından sağlanmıştır; yaban hayatı habitatından sel kontrolüne, su arıtmaya, tozlaşma hizmetlerine, bitki örtüsünde ve topraklarda karbon emisyonlarının tutulmasına ve biyolojik çeşitlilik kayıplarının önlenmesine kadar birçok katkı sunar(Watson ve ark.,2019; Ellis ve ark.,2019).

İnsanlık, yaşamını sürdürebilmek için ekosistemlerin sağladığı tedarik, düzenleme, kültürel ve destekleyici hizmetlere bağımlıdır (MEA, 2005). Tarih boyunca ekosistemler, insan ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla dönüştürülmüş, bu da doğal sistemlerin işlevselliğini etkilemiştir (Baciu ve ark., 2021). Doğal ekosistemlerin korunması, yalnızca biyolojik değil kültürel çeşitliliğin de sürdürülmesini gerektirir; çünkü her iki çeşitlilik biçimi birbirini besler (Roué ve ark., 2017). Doğal ekosistemler, onları şekillendiren insan kültürleri tanınmadan anlaşılabilir, korunamaz ve yönetilemez; çünkü biyolojik ve kültürel çeşitlilikler birbirini güçlendirir ve birbirine bağımlıdır(Roué ve ark.,2017).

Sağlıklı doğal ekosistemlerin insan ekonomileri için değeri, son yıllarda iyi bir şekilde belgelenmiştir. Bu belgeleme, insanlara sağlanan çok çeşitli ekosistem mal ve hizmetlerinin tanımlanması ve sınıflandırılmasını da içermektedir (Laurence ve ark.,2025). Ekosistemler, insan refahı, sağlığı, geçim kaynakları ve hayatta kalabilirliği için temel öneme sahip bir dizi

hizmet sağlar . Bu hizmetler “insan refahına doğrudan veya dolaylı olarak katkıda bulunan ekolojik özellikler, işlevler veya süreçlerdir ; yani, insanların işleyen ekosistemlerden elde ettiği faydalar” olarak Ekosistem Hizmetleri (ES) şeklinde tanımlanmıştır (Costanza ve ark., 1997 ; Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi-MEA, 2005; Costanza ve ark., 2014).

Doğal sermaye, ekosistemler, türler, toprak, su, mineraller, hava ve okyanuslar gibi doğanın tüm unsurlarını kapsar. Bu unsurlar, insanlara doğrudan veya dolaylı şekilde değer kazandıran süreçler aracılığıyla işlev görür (Potschin ve ark., 2016). Doğal sermayenin kıtlığı, erken Antropocen'den bu yana insan refahı ve ekonomik kalkınma için kritik sınırlayıcı faktör olarak insan yapımı sermayenin kıtlığının yerini almıştır (Vardon ve ark., 2021). 2050 yılına kadar 9 milyar insanın gıda güvenliğini sağlamak, su, toprak ve biyolojik kaynakların sürdürülebilir yönetimini gerektirir.

Ekosistem hizmetleri, tarım, su kaynakları, iklim düzeni ve sağlık gibi tüm yaşam destek sistemlerini bir arada sürdürür (Smith ve ark., 2017; Apostolaki ve ark., 2019). Dolayısıyla, doğa temelli çözümler, hem insan refahını hem de gezegenin ekolojik dengesini korumada en etkili yaklaşımlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Biyoçeşitlilik, ekosistemlerin hizmet sağlama kapasitesini belirler ve toplumların maddi-manevi refahını şekillendirir (Balvanera ve ark., 2017). Ekosistemlerin sürdürülebilir yönetimi, doğa ve ekonomi arasında köprü kurar; çünkü doğal sermaye, insanlığın geleceği için temel bir yatırımdır (TEEB, 2010). Ekosistem hizmetleri kavramı, çevre–ekonomi karşılığını ortadan kaldırarak doğayı ekonomik refahın ayrılmaz bileşeni olarak yeniden konumlandırır (Costanza ve ark., 2017). Ekosistem hizmetleri (ES), insan refahına doğrudan veya dolaylı katkı sağlayan ekolojik işlevlerdir (Costanza ve ark., 1997; MEA, 2005). Bu hizmetlerin parasal değeri, küresel GSYİH'nın iki katına ulaşmakta; 2011 yılı itibarıyla toplam değer 125–145 trilyon ABD doları, arazi kullanımından kaynaklanan kayıp ise 4,3–20,2 trilyon ABD doları olarak tahmin edilmektedir. Ancak ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesi, metalaştırmadan ziyade kamusal bir fayda anlayışıdır (Costanza ve ark., 2014).

Bu kitap bölümünde doğa temelli çözümlerden, “ekosistem ve doğal sermaye” kavramları açıklanarak; ekosistemlerin insanlara faydası olarak

bilinen “ekosistem hizmetleri” konusu geniş bir şekilde ele alınıp; bu hizmetlerin sürdürülebilirliği ve faydaların iklim değişiminden etkilenme durumu üzerinde durulacaktır.

1. EKOSİSTEM KAVRAMI VE GÜNCEL SINIFLAMASI

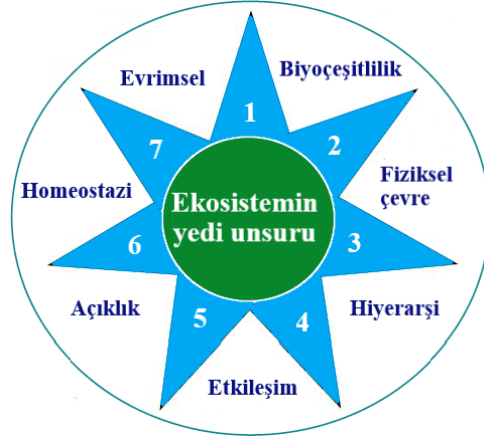
Doğal ekosistemler, onları şekillendiren insan kültürleri göz önünde bulundurulmadan tam olarak anlaşılamaz, korunamaz ve yönetilemez; çünkü biyolojik ve kültürel çeşitlilik karşılıklı olarak birbirini destekler ve birlikte evrimleşir (Roué ve ark., 2017). Bu bağlamda ekosistem yaklaşımı, ekoloji, çevre yönetimi ve sürdürülebilir kalkınma alanlarında giderek daha fazla önem kazanmıştır. Özellikle 1992 Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi (CBD), tür odaklı koruma anlayışından uzaklaşarak, insanı da ekolojik sistemlerin bir bileşeni olarak gören bütüncül bir yaklaşımı benimsemiştir (Chapin ve ark., 2011). Ekosistemlerin kapsamlı biçimde anlaşılması, su kaynaklarının kalitesinin ve miktarının korunması, iklim sisteminin dengelenmesi ve atmosferik süreçlerin düzenlenmesi açısından da kritik bir gereklilik haline gelmiştir (Postel & Richter, 2003; Chapin ve ark., 2011).

Bu yaklaşım, doğru uygulandığında hem insan topluluklarına hizmet sunan hem de yaban hayatı için yaşanabilir alanlar sağlayan sağlıklı ve dirençli ekosistemlerin sürdürülebilmesi için güçlü bir motivasyon sağlar (Smith ve ark., 2017). Ekosistem kavramı, canlı ve cansız bileşenlerin birbirleriyle madde döngüleri ve enerji akışı aracılığıyla etkileşim içinde bulunduğu bir sistemi ifade eder (Chapin & Stuart III, 2011).

Ekosistem, doğanın hem yapısal hem işlevsel temel birimi olarak, belirli bir alanda yaşayan organizmalar ile onların fiziksel çevresi arasındaki ilişkiler bütünüdür (Tansley, 1935). Yaklaşık bir asır önce tanımlanmış olmasına rağmen, kavramın özü değişmemiştir: her zaman türlerin çevreleriyle olan karşılıklı etkileşimlerini içermiştir. Ekosistem düşüncesi, günümüzde ekolojinin merkezî ilkelerinden biri olup, küresel çevresel değişimlerin ve antropojenik etkilerin analizinde temel bir kavramsal çerçeve sağlamaktadır (Venter ve ark., 2016; Gómez-Márquez, 2023).

Ekosistem, biyotik (canlı) ve abiyotik (cansız) unsurların sürekli etkileşimiyle madde, enerji ve bilgi akışını düzenleyen dinamik bir bütün olarak tanımlanır ve doğanın temel işleyiş sistemini oluşturur (Gómez-

Márquez, 2023). Gómez-Márquez (2023), ekosistemleri insan müdahalesi düzeyine göre üç kategoriye ayırmıştır; doğal yapısını koruyan ekosistemler , kısmen bozulmuş ve biyoçeşitlilik kaybı yaşayan ekosistemler ve insan yapımı, sentetik veya genetiği değiştirilmiş organizmaları içeren, öngörülmesi en zor ekosistemler (Gómez-Márquez, 2023). Bir ekosistemi tanımlayan yedi temel unsur bulunmaktadır. Bunlardan biyoçeşitlilik ve fiziksel çevre, sistemin yapısal temelini oluşturur. Hiyerarşi (trofik ilişkiler) ve etkileşim, organizasyonu düzenler. Açıklık, dış çevreyle alışverişi; homeostaz, iç dengeyi sağlama kapasitesini; ve evrim ise zaman içinde uyum sağlama yeteneğini ifade eder (Gómez-Márquez, 2023). Bu unsurların bütünlüğünde ekosistem, açık, homeostatik ve evrimsel bir sistem olarak işlev görür (Şekil 1). Gómez-Márquez (2023)'in kavramsal modeli, ekosistemi biyotik, abiyotik, enerji ve bilgi alemlerinin dinamik etkileşimi olarak betimleyerek, yapısal bütünlük, işlevsel esneklik ve evrimsel uyumu bir araya getiren bütüncül bir bakış açısı sunar (Gómez-Márquez, 2023).



Şekil 1. Tüm ekosistemlerde ortak olan yedi unsur (Gómez-Márquez,2023).

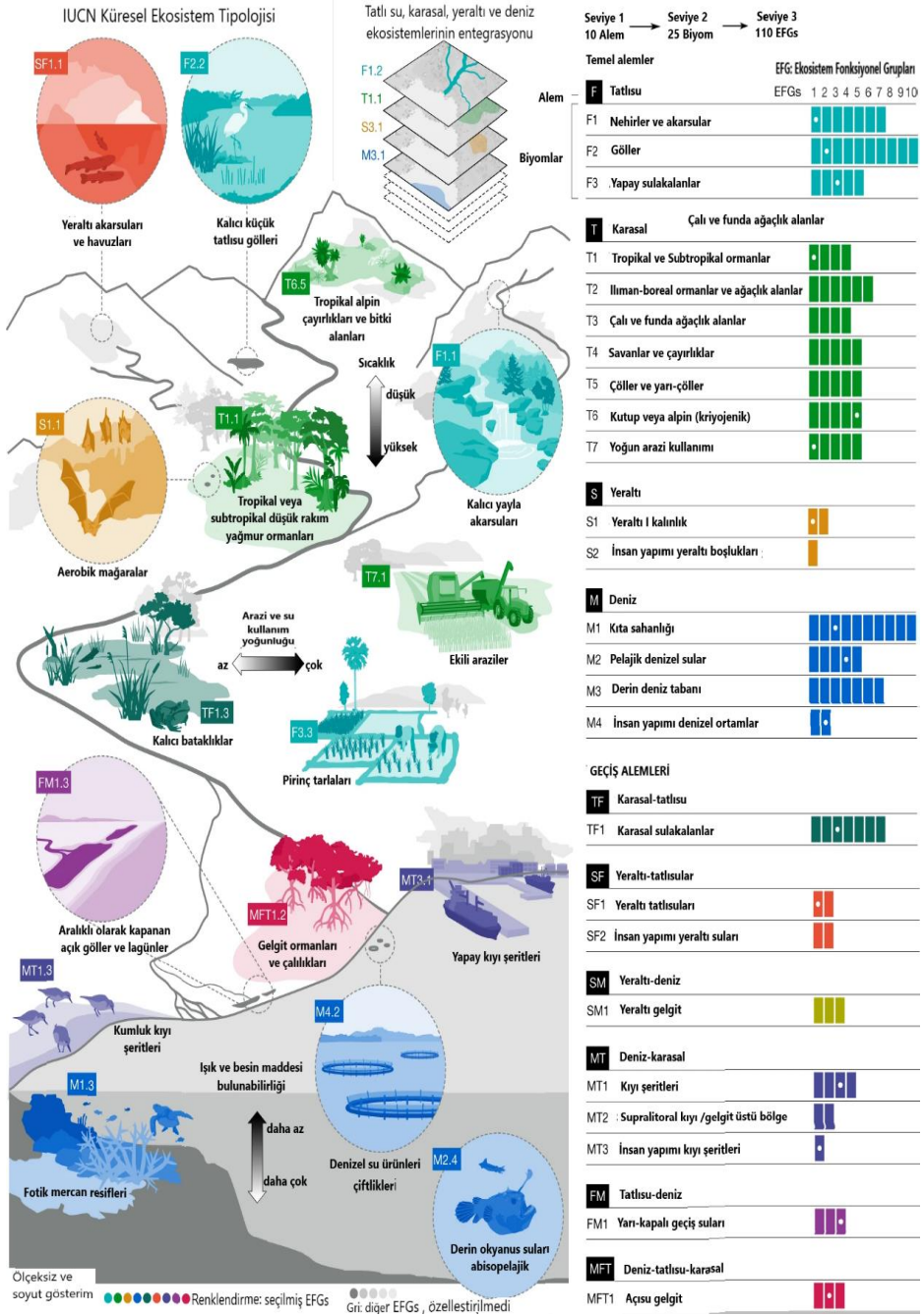
“**Ekosistem**” terimi ilk kez 1935 yılında İngiliz ekolojist Arthur Tansley tarafından kullanılmıştır. Kavram, Tansley’nin önerisiyle meslektaşları Arthur Roy Clapham tarafından türetilmiş olup, organizmalar ile çevreleri arasındaki madde ve enerji alışverişini açıklamak amacıyla ortaya konmuştur (Tansley, 1935; Willis, 1997). Tansley, bu kavramı yalnızca biyotik toplulukları değil, aynı zamanda bu toplulukların etkileşim içinde olduğu fiziksel çevresel faktörleri kapsayacak biçimde tanımlamıştır (Chapin ve

Stuart III, 2011). Daha sonra Howard T. Odum ve Eugene P. Odum kardeşler, ekosistemleri enerji akışı ve madde döngüleri açısından inceleyen bir “sistem yaklaşımı” geliştirerek, ekolojik dinamiklerin nicel analizine öncülük etmişlerdir (Odum, 1971; Chapin ve Stuart III, 2011).

Güncel ekolojik yönelimler, ekosistem kavramını yalnızca biyofiziksel süreçlerle değil, aynı zamanda toplumsal ve ekonomik sistemlerle etkileşim içinde ele almaktadır. Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi (CBD)’nin 2020 sonrası çerçevesi, “**doğayla uyum içinde yaşama**” vizyonuna dayalı yeni hedefler geliştirmekte; bu hedefler, biyoçeşitliliği korumanın yanı sıra ekosistem hizmetlerinin sürekliliğini güvence altına almayı amaçlamaktadır (Nicholson ve ark., 2021). Bu kapsamda, ekosistemlerin çevresel değişimlere verdiği tepkilerin öngörülebilmesi için güvenilir, ölçeklenebilir ve mekânsal olarak bütüncül sınıflandırma sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Gibson ve ark., 2011).

Bu gereksinim doğrultusunda, Uluslararası Doğa Koruma Birliği (IUCN) tarafından Küresel Ekosistem Tipolojisi geliştirilmiştir (Keith ve ark., 2022). Bu tipoloji, tüm biyosferi işlevsel özelliklerine, biyotik yapısına, risk faktörlerine ve yönetim önceliklerine göre sınıflandıran kapsamlı bir çerçevedir. Disiplinlerarası bir yaklaşımla oluşturulan bu sistem, küresel ölçekte ekosistem politikalarının yerel düzeylere uyarlanmasına, ekosistem temelli restorasyon planlarının geliştirilmesine, doğal sermaye muhasebesi ve risk değerlendirmelerinin standardizasyonuna katkı sağlamaktadır (Keith ve ark., 2022).

Sistemin temel kavramları arasında alem, biyom ve ekosistem işlevsel grubu bulunur. Alem, biyosferin temel organizasyon ve işlev farklılıklarına göre beş ana bileşenini – karasal, tatlı su, denizel, yeraltı ve atmosferik sistemleri – tanımlar ve bu alemlerin kesiştiği geçiş zonlarını da içerir (Şekil 2). Biyom, belirli iklim koşulları ve baskın ekolojik sürücüler tarafından tanımlanan geniş ölçekli ekolojik alanları ifade ederken; ekosistem işlevsel grubu, aynı biyom içinde ortak çevresel faktörlere maruz kalan ve benzer biyotik özellikler sergileyen ekosistemlerin bir araya geldiği fonksiyonel bir birimdir (Keith ve ark., 2022).



Şekil 2. IUCN tarafından 2020 Dünya Koruma Kongresi'nde benimsenen ekosistem tipolojisi (Keith ve ark.,2022).

Ekosistem işlevi terimi, başlangıçta ekologlar tarafından ekolojik bir sistem içinde işleyen ekosistem süreçleri kümesini ifade etmek için kullanılıyordu. 1960'ların sonları ve 1970'lerin başlarında, bazı yazarlar ekolojik süreçlerin yaptığı "iş"i, insan toplumlarına sağlanan alanı ve sağlanan faydaları tanımlamak için "doğanın işlevleri" terimini kullanmaya başladılar (de Groot ve ark.,2017). Ekosistemler, insan refahı, sağlık, gıda güvenliği ve ekonomik sürdürülebilirlik için çok boyutlu hizmetler sunar (Costanza ve ark., 1997; MEA, 2005). Bu hizmetlerin temeli, biyoçeşitlilik kavramına dayanır. CBD (1992), biyoçeşitliliği “tür içi, türler arası ve ekosistem düzeyindeki canlı organizma çeşitliliği” olarak tanımlar. Bu kapsamda genetik varyasyon, tür zenginliği, ekosistem çeşitliliği ve ekosistemlerin alan kapsamı, doğal sermayenin temel bileşenleridir. Ekolojik ve ekonomik sistemlerin birbirine bağımlılığı, doğal sermayenin sürdürülebilir kalkınmadaki kritik rolünü açıkça ortaya koymaktadır (TEEB, 2010).

Ekosistem işlevlerinin sürdürülebilirliği, bu sistemlerin yapısını belirleyen biyotik-abiotik etkileşimlerin, enerji ve madde akışlarının ve ekolojik süreçlerin derinlemesine anlaşılmasını gerektirir (Likens, 1992; Scheffer ve ark., 2001). Ekosistem özellikleri olarak adlandırılan bu süreçler, sistemin kimliğini tanımlar ve çevresel değişimlere karşı tepkilerini şekillendirir (Primack & Corlett, 2005; Keith ve ark., 2022).

Farklı tür bileşimlerine sahip ekosistemler, eğer benzer işlevsel özellikler sergiliyorsa fonksiyonel benzerlik gösterebilirler. Dolayısıyla, ekosistemlerin kimliği yalnızca tür çeşitliliğiyle değil, aynı zamanda ekolojik işlevlerin bütünlüğüyle de tanımlanır. Bu işlevler, hem biyoçeşitliliğin sürdürülmesi hem de insan refahının korunması açısından kritik öneme sahiptir (Keith ve ark., 2022).

Ekosistem yaklaşımı artık yalnızca ekolojik süreçleri açıklamakla kalmamakta, aynı zamanda doğa-insan etkileşimini sistem düzeyinde kavramsallaştıran yeni bir paradigma sunmaktadır. Bu paradigma, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin, ekosistem hizmetleri ve doğal sermaye yönetimi ile bütünleştirilmesi açısından çağdaş ekoloji biliminin temelini oluşturmaktadır.

3. DOĞAL SERMAYEDEN EKOSİSTEM SERVİSLERİNE

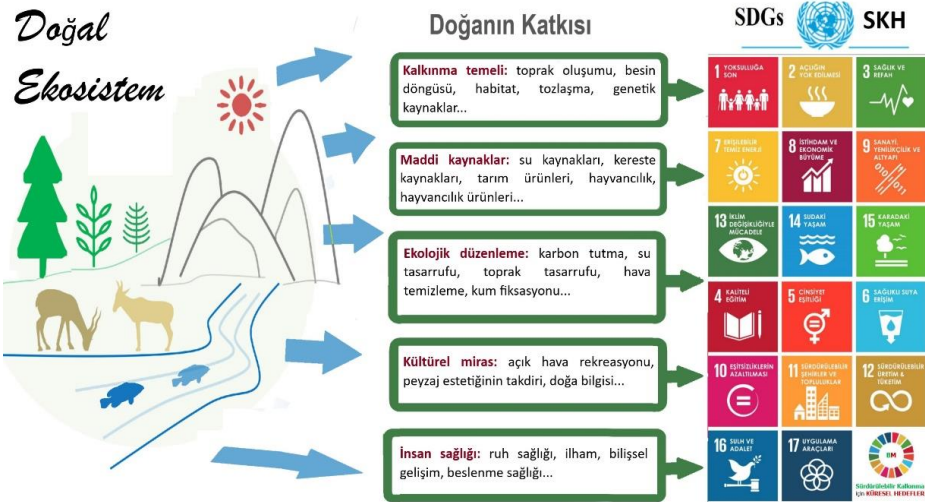
“Doğal sermaye”, insanlar tarafından üretilmiş unsurların dışında kalan, ekosistemlerin canlı ve cansız bileşenlerini kapsayan ve insan refahına doğrudan ya da dolaylı katkıda bulunan bir sermaye biçimidir. Bu kavram, doğanın mal ve hizmet üretiminde oynadığı temel rolü tanımlayarak, ekosistemlerin ekonomik sistemlerle olan karşılıklı bağımlılığını ortaya koymaktadır (Guerry ve ark., 2015). Sermaye kavramı genel olarak dört ana kategoriye ayrılır: üretilmiş sermaye (binalar, makineler, teknolojik altyapı), insan sermayesi (bilgi, beceri, deneyim ve sağlık), sosyal sermaye (kurumlar, ilişkiler ve yönetim yapıları) ve finansal sermaye (parasal kaynaklar). Doğal sermaye ise bu sistemlerin tamamlayıcısı olarak beşinci bir sermaye türü olarak kabul edilmiştir. Bu sermaye türleri birbirinden bağımsız değil, aksine karşılıklı etkileşim içinde çalışarak insanlara çeşitli ekosistem hizmetleri sunar. Örneğin balıkçılık faaliyeti, yalnızca balık stoklarının mevcudiyetine (doğal sermaye) değil, aynı zamanda balıkçı tekneleri (üretilmiş sermaye), balıkçıların bilgi ve deneyimi (insan sermayesi) ve etkin yönetim yapısına (sosyal sermaye) da bağlıdır.

Doğal sermaye, ekosistemler, türler, toprak, su, mineraller, hava ve okyanuslar gibi doğanın tüm unsurlarını kapsar. Bu unsurlar, insanlara doğrudan veya dolaylı şekilde değer kazandıran süreçler aracılığıyla işlev görür (Potschin ve ark., 2016). Dolayısıyla doğal sermaye, yalnızca biyotik (canlı organizmalar, detritus, mikroorganizmalar) değil, aynı zamanda abiyotik (kayalar, mineraller, hava, su) bileşenleri de içerir. Bu bileşenlerin etkileşimi, insan refahını destekleyen ekosistem hizmetlerinin –örneğin besin döngüsü, su arıtımı, karbon tutulumu, iklim düzenlemesi ve kültürel değerlerin korunması– temelini oluşturur (Palomo ve ark., 2016; Smith ve ark., 2017).

Doğal sermaye, sosyo-ekolojik sistemlerin sürdürülebilir yönetiminde bilgi temelli bir araç olarak giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Ancak bu sermaye türü, insan sermayesi, sosyal sermaye ve inşa edilmiş çevreyle (üretilmiş sermaye) etkileşime girmediği sürece faydalarını tek başına ortaya koyamaz. Costanza ve ark. (2014, 2017) doğal sermayenin, diğer sermaye biçimleriyle sinerji içinde olduğunda en yüksek toplumsal faydayı sağladığını vurgulamaktadır. Bu bütüncül bakış açısı, ekosistemlerin yalnızca biyolojik

varlıklar olarak değil, aynı zamanda ekonomik, kültürel ve sosyal sistemlerin işleyen parçaları olarak değerlendirilmesini mümkün kılar.

İnsanlık, doğa içinde evrimleşmiş, onun kaynaklarıyla büyümüş ve gelişmiştir. Doğa, sunduğu kaynak ve hizmetlerle modern medeniyetin temelini oluşturmuş; insanın teknolojik, kültürel ve ekonomik ilerleyişinin katalizörü olmuştur. Bugün modern toplumların sürdürülebilirliği, geçmişte gelişimimizi mümkün kılan aynı doğal kaynaklara olan bağımlılığını sürdürmektedir. Ancak bu bağımlılık çoğu zaman karar alma süreçlerine yeterince yansımamaktadır. Yönetim mekanizmalarında doğa genellikle “olması güzel” bir unsur olarak algılanmakta; ekonomik büyüme, istihdam, sanayi rekabeti veya fiyat istikrarı gibi hedefler karşısında ikincil bir konumda değerlendirilmektedir (WWF, 2018). Oysa tüm ekonomik faaliyetler, nihayetinde doğanın sunduğu ekosistem hizmetlerine dayanmaktadır. Küresel ölçekte doğanın yılda yaklaşık 125 trilyon ABD doları değerinde ekosistem hizmeti sağladığı tahmin edilmektedir (WWF, 2018). Bu durum, doğanın bir ulusun refah ve zenginliğinin yalnızca ekolojik değil aynı zamanda ekonomik bir bileşeni olduğunu açıkça göstermektedir. Günümüzde hükümetler, finans sektörü ve özel sektör, tarımsal üretim üzerindeki baskılar, toprak bozulması, su kıtlığı ve aşırı iklim olayları gibi çevresel risklerin makroekonomik performans üzerindeki etkilerini giderek daha fazla sorgulamaya başlamıştır.



Şekil 3. Doğanın Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine beş tür katkısı (Xu ve Peng,2024).

Doğal sermaye kavramı, doğa-insan ilişkisini yeniden tanımlayarak çevre ekonomisinin merkezine ekosistem işlevlerini yerleştirmekte ve doğa temelli çözümler (Nature-based Solutions, NbS) için bilimsel bir çerçeve sunmaktadır. Bu yaklaşım, ekosistemlerin korunması ile ekonomik kalkınmanın karşıt değil, karşılıklı olarak güçlendirici süreçler olduğunu ortaya koyarak, sürdürülebilir bir geleceğin inşasında temel bir paradigma haline gelmiştir. Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma için 2030 Gündemi, doğal sermayenin bu bütüncül rolünü açıkça tanımaktadır. Bu vizyona göre insan yaşam alanlarının güvenli, dayanıklı ve sürdürülebilir olduğu; tüketim ve üretim kalıplarının doğayla uyumlu hale geldiği bir dünya hedeflenmektedir (UN/BM, 2015). Bu çerçeve, doğanın insan refahına katkısının, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin (SDG'ler) gerçekleştirilmesinde merkezi bir güç olduğunu kabul etmektedir. Doğal sermayenin değeri, yalnızca ekonomik kazanç bağlamında değil, aynı zamanda ekolojik düzenleme, kültürel miras, insan sağlığı ve toplumsal refahın temeli olarak değerlendirilmelidir. Bu bağlamda, doğanın katkısının beş ana boyutu; kalkınma temeli, maddi kaynaklar, ekolojik düzenleme, kültürel miras ve insan sağlığı Remme ve ark. (2021) ile Xu & Peng (2024) tarafından detaylandırılmıştır (Şekil 3).

Doğal ekosistemler, onları biçimlendiren kültürel süreçler göz ardı edilmeden anlaşılabilir; zira biyolojik ve kültürel çeşitlilik birbirine sıkı biçimde bağlıdır (Roué ve ark., 2017). Bu karşılıklı bağımlılık, çevresel yönetim ve sürdürülebilir kalkınma politikalarının merkezinde yer alan "ortak yönetim (co-management)" kavramının da temelini oluşturur. Ortak yönetim yaklaşımı, doğal kaynakların kullanımına ilişkin sorumlulukların devlet, yerel topluluklar ve özel aktörler arasında paylaşılması gerektiği fikrine dayanır (Berkes ve ark., 1991). Böylece ekoloji, ekonomi ve toplum arasındaki etkileşim daha adil ve sürdürülebilir bir temele oturtulabilir.

Ekosistem kavramı, ekolojide çevresel sorunların analizinde en yararlı kavramsal araçlardan biri olarak kabul edilmektedir (Cherrett, 1989). Kaynakların hızla azaldığı bir dünyada ekolojistler, doğanın sağladığı "yaşam destek hizmetlerinin" (life-support services) yerinin teknolojiyle doldurulamayacağını ve bunların büyük kısmının piyasa sistemleri tarafından değer görmeden kullanıldığını vurgulamaktadır (Costanza ve ark., 1997). İnsan faaliyetlerinin biyosfer üzerindeki baskısı, yalnızca türlerin yok oluşunu

değil, aynı zamanda küresel biyojeokimyasal döngülerin bozulmasını da beraberinde getirmiştir. Bu süreç, ekosistem hizmetlerinde ölçülebilir düşüşlere yol açmakta ve ekolojik istikrar açısından ciddi tehditler oluşturmaktadır (Norberg, 1999).

Ekonomik süreçler insan, sosyal ve doğal sermaye ile iç içe geçmiş bir yapıdadır. Bu nedenle ekonomik performansın yalnızca büyüme göstergeleriyle değil, direnç (resilience) ve refah üretme kapasitesi açısından da değerlendirilmesi gerekir (Gourichon, 2019). Dirençli bir ekonomik sistem, ekolojik sürdürülebilirlik olmadan varlığını sürdüremez; çünkü insan refahının temeli, doğanın sağladığı ekosistem hizmetlerinin devamlılığına bağlıdır. Bu bakış açısı, doğanın korunmasını yalnızca çevresel bir gereklilik değil, aynı zamanda ekonomik sürdürülebilirliğin temel önkoşulu olarak konumlandırmaktadır. Hizmetleri sağlayan ekosistemler bazen, zaman içinde hizmet akışı sağlayan bir stok olarak sermayenin genel tanımını kullanarak **“doğal sermaye”** olarak adlandırılır (Costanza ve Daly, 1992). Burada 'sermaye' terimi, insan ekonomisini ekolojik boyutlarıyla yeniden bağlamak için faydalıdır. Bu faydaların gerçekleştirilebilmesi için, doğal sermayenin (inşa/ sürdürmek için insan faaliyeti gerektirmeyen), inşa etmek ve sürdürmek için insan müdahalesi gerektiren diğer sermaye biçimleriyle etkileşime girmesi gerekir . Bunlar şunları içerir: (1) inşa edilmiş veya üretilmiş sermaye; (2) insan sermayesi ; ve (3) sosyal veya kültürel sermaye. Bu dört genel sermaye türünün tümü, herhangi bir insan faydası üretmek için karmaşık kombinasyonlar halinde gereklidir. Dolayısıyla ekosistem hizmetleri, doğal sermayenin diğer sermaye türleriyle etkileşim halinde çeşitli insan faydalarının üretimine göreceli katkısını ifade eder. Bu hizmetler, bu kritik etkileşimler olmadan insan refahına doğrudan katkıda bulunmaz. Sonuç olarak, ekosistem hizmetlerini anlamak, modellemek, ölçmek ve yönetmek disiplinlerarası bir yaklaşım gerektirir (Costanza ve ark.,2017).

Doğal sermaye, insanların kolayca tanımlayıp ölçebildiği tarım arazisi, su ve mineraller gibi doğal kaynakları ve insanlara çeşitli hizmetler ve faydalar sağlayan ekosistemleri ifade eder (Fairbrass ve ark., 2020). Şekil 5, ekolojik ayak izleri ve ekosistem hizmetleri ile doğal sermayenin muhasebeleştirilmesi mekanizmalarını göstermektedir (Zhang ve ark.,2023). Ekolojik ayak izinin aksine, ekosistem hizmetleri, doğal sermaye stoğu tarafından üretilen bir gelir olarak kabul edilir ve bu, doğal sermayenin

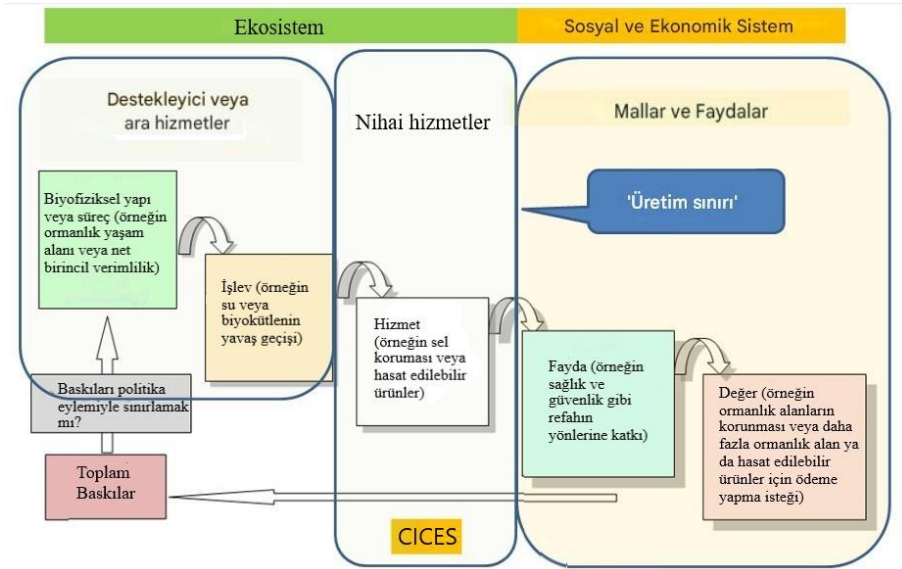
parasal değerlendirmesini elde etmek için sıklıkla kullanılan bir kavramdır (Maseyk ve ark., 2017). Sonuç olarak, ekosistem hizmetlerinin eksiksiz ve doğru bir şekilde tanımlanması, sonuçların bilimsel geçerliliği için kritik hale gelir (Ruijs ve van Egmond, 2017 ; Zhang ve ark.,2023).

Biyoeçşitlilik bu hizmetlerin tümünü destekleyen temel bir unsur olup, ekosistemlerin dayanıklılığını artırır ve hizmet çeşitliliğini zenginleştirir. Biyoeçşitliliğin korunması, yalnızca ekolojik değil, aynı zamanda kültürel ve ekonomik bir zorunluluktur; çünkü biyoeçşitlilik, kullanıma dayalı değerlerin yanı sıra, insanların doğayı “var olduğu için koruma” isteğini yansıtan kullanım dışı değerleri de barındırır (IPIECA, 2011). Ekosistem hizmetleri, insanların çevreden ve biyoeçşitlilikten (yani doğal sermayenin sağladığı fayda akışı) elde ettikleri faydalardır. Biyoeçşitlilik, ekosistemlerin temelini oluşturan habitatları, türleri ve genetik materyali içerir ve böylece tüm ekosistem hizmetlerini destekler (IPIECA, 2011).

Ekosistem hizmetleri (ES), ekosistem yapısı ve işlevinin (diğer girdilerle birlikte) insan refahına katkılarıdır. Bu, insanlığın, doğadan topluma sürekli bir ES akışının temelini oluşturan iyi işleyen ekosistemlere ve doğal sermayeye güçlü bir şekilde bağımlı olduğu anlamına gelir (Burkhard ve Maes, 2017). Son yıllarda Ekosistem Hizmetleri (ES) yaklaşımı, yalnızca doğanın parasal değerini değil, aynı zamanda nehirler, denizler, ormanlar ve toprak gibi doğal varlıkların içsel ekolojik değerini de yakalayan analitik bir çerçeve olarak doğal kaynak yönetiminde geniş kabul görmüştür (Daily ve ark., 2008). Ekosistem hizmetleri, doğal sermayenin insan refahına göreceli katkısıdır, doğrudan akmazlar (Costanza ve ark.,2017). Ekosistem hizmetleri, doğal çevre ile insan refahı arasında kritik bir ara yüz oluşturmaktadır (Akinsete ve ark., 2019). Bu hizmetler, doğanın insan yaşamına, ekonomik faaliyetlere ve toplumsal kalkınmaya katkılarını sistematik biçimde görünür kılar. Bu ilişkiyi açıklamada sıklıkla kullanılan “basamaklı model (cascade model)” (Haines-Young ve Potschin, 2011), ekosistem yapısı ve işlevlerinden toplumsal faydalara giden süreci tanımlar . Bu model, ekolojik işlevlerin (örneğin fotosentez, tozlaşma, karbon döngüsü) hizmetlere (örneğin gıda üretimi, iklim düzenlemesi) ve bu hizmetlerin toplumsal refah üzerindeki etkilerine (örneğin sağlık, gelir, kültürel değer) dönüşümünü gösterir. Dolayısıyla, ekosistem hizmetlerinin yönetimi yalnızca ekolojik bir mesele

değil, aynı zamanda sosyo-politik bir süreç olarak değerlendirilmelidir (Brock ve ark., 2018).

Ekosistem hizmetlerinin kavramsallaştırılmasında kullanılan “basamak modeli (cascade model)”, ekosistem işlevlerinden toplumsal faydaya ve oradan da ekonomik değere uzanan ardışık bir süreci temsil etmektedir (Potschin ve Haines-Young, 2017). Şekil 4'deki 'CICES', Ekosistem Hizmetlerinin Ortak Uluslararası Sınıflandırmasıdır ; doğa ile toplum arayüzünde yer alan nihai hizmetleri kategorize etmenin ve tanımlamanın bir yoludur. Sosyo-ekolojik sistemlerin nasıl işlediğini anlamak için, unsurlar arasındaki karşılıklı ilişkileri görmek üzere kademeli modeli "açıklamak" faydalıdır. Sosyo-ekolojik sistemin biyofiziksel unsurlarının sosyo-ekonomik unsurlarla nasıl bağlantılı olduğunu göstermeyi amaçlayan kademeli modelin merkezinde ekosistem hizmetleri yer alır; ES ise insanlar ve doğa arasındaki arayüzdür. (Haines-Young ve Potschin,2017).



Şekil 4. Basamaklı model (Haines-Young ve Potschin,2017).

Sosyo-ekolojik sistemler, elbette, Şekil 4' den daha karmaşıktır. Ancak bu basit diyagram, bir ekosistem hizmetinin gerçekte ne olduğunu ve insanları doğayla nasıl birbirine bağladığını gösterir, kademenin tüm farklı unsurlarının dikkate alınması gerektiğini anlamamıza yardımcı olur. Eksiksiz bir resim oluşturmak için tüm yol boyunca göstergeleri haritalamamız ve ölçmemiz

gerekir. Kademenin sol tarafı, bir ekosistemin hizmet sunma kapasitesini belirleyen önemli unsurları yakalarken, sağ tarafı bu unsurlara olan talebin yönlerini belirler. Ve bunlar arasındaki dengeyi anlamak, çağdaş sürdürülebilirlik tartışmasının merkezinde yer alır ve insanların ve doğanın nasıl birbirine bağlı olduğunu anlamamızın anahtarıdır (Haines-Young ve Potschin, 2017).

Ekolojik Ekonomi, ekosistemler ve ekonomik sistemler arasındaki ilişkiyi bütüncül bir şekilde ele alan bir disiplinlerarası yaklaşım olarak, sürdürülebilirlik, iklim değişikliği, biyoçeşitlilik kaybı ve gelir eşitsizliği gibi çağdaş sorunları ortak bir çerçevede inceler (Costanza, 1989). Neoklasik ekonomi çoğunlukla piyasa süreçlerine odaklanırken, ekolojik ekonomi doğayı “sınırlı bir sermaye stoku” olarak değerlendirir ve ekonomik sistemin ekolojik sınırlar içinde işleyebilmesini hedefler. Bu yaklaşım, doğal sermayeyi üretim süreçlerinin merkezine yerleştirerek insan ekonomisini ekosferin ayrılmaz bir bileşeni olarak yeniden tanımlar (Costanza ve Daly, 1992). Ekosistem hizmetlerini sağlayan doğal sistemler, zaman içinde sürekli bir “hizmet akışı (service flow)” üreten doğal sermaye stokları olarak değerlendirilir (Costanza ve Daly, 1992). Doğal sermaye, insan müdahalesi olmaksızın ekosistem süreçleri yoluyla fayda üreten bir stoktur; ancak bu faydaların ortaya çıkabilmesi için üretilmiş sermaye (altyapı, teknoloji), insan sermayesi (bilgi, beceri, sağlık) ve sosyal sermaye (kurumsal yapı, güven, yönetişim) ile etkileşime girmesi gerekir (Costanza ve ark., 2017). Bu dört sermaye türü birlikte çalışarak, ekosistem hizmetlerinin insan refahına dönüşmesini sağlar (Şekil 7). Costanza ve ark. (2014b) tarafından geliştirilen çerçeveye göre, ekosistem hizmetleri doğal sermayenin doğrudan çıktısı değil, diğer sermaye türleriyle etkileşim sonucunda oluşan göreceli katkılardır. Bu nedenle ekosistem hizmetlerini anlamak, modellemek ve yönetmek doğası gereği disiplinlerarası bir yaklaşım gerektirir.

Doğal sermaye, bir bölgenin ekonomik refahının ve dayanıklılığının temelini oluşturur. Bu sermaye, jeolojik yapı, toprak, su, hava ve tüm canlı organizmalardan meydana gelen doğal varlık stoklarını içerir (Vallecillo ve ark., 2019). İnsanlar bu stoktan, iklim düzenlemesi, sel kontrolü, tozlaşma, karbon tutulumu, rekreasyon ve estetik değer gibi yaşamsal hizmetler elde eder. Bu bağlamda doğal sermaye muhasebesi, doğal varlık stoklarındaki değişimleri ölçmek ve ekosistem hizmetlerinin ekonomik değerini ulusal

muhasebe sistemlerine entegre etmek için kullanılan bir araçtır (Vallecillo ve ark., 2019). Avrupa Birliği'nin 2020 Biyoçeşitlilik Stratejisi ve 7. Çevre Eylem Programı, doğal sermaye hesaplarının geliştirilmesini ve ekosistem hizmetlerinin ekonomik sistemlere entegrasyonunu hedeflemiştir. Bu strateji doğrultusunda, üye devletlerin ekosistemlerin durumunu haritalandırması, değerlendirmesi ve bu değerleri ulusal raporlama sistemlerine dahil etmesi zorunlu hale getirilmiştir.

Ekosistem hizmetlerinin doğa-ekonomi ilişkisinde nasıl konumlandırıldığına dair üç belirgin özelliği ortaya koymaktadır. İlk olarak, ekosistem hizmetleri kademeli (ecosystem services cascade) modeli, yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda sosyal ve kültürel değerleri de kapsamaktadır. Bu modelde hizmetler, insanların yaşam kalitesine yaptıkları çok boyutlu katkılar üzerinden değerlendirilir. Yani, ekosistemlerin sağladığı faydalar sadece piyasa değeri olan mal ve hizmetlerle sınırlı değildir; ahlaki, estetik ve kültürel değerleri de içeren geniş bir “sosyo-ekonomik sınır” tanımına dayanmaktadır (SEEA, 2012). Bu yönüyle model, Haines-Young ve Potschin (2013) tarafından önerilen klasik üretim temelli yaklaşımdan farklı olarak, doğayı insan toplumunun değer sistemine daha bütüncül biçimde entegre etmektedir.

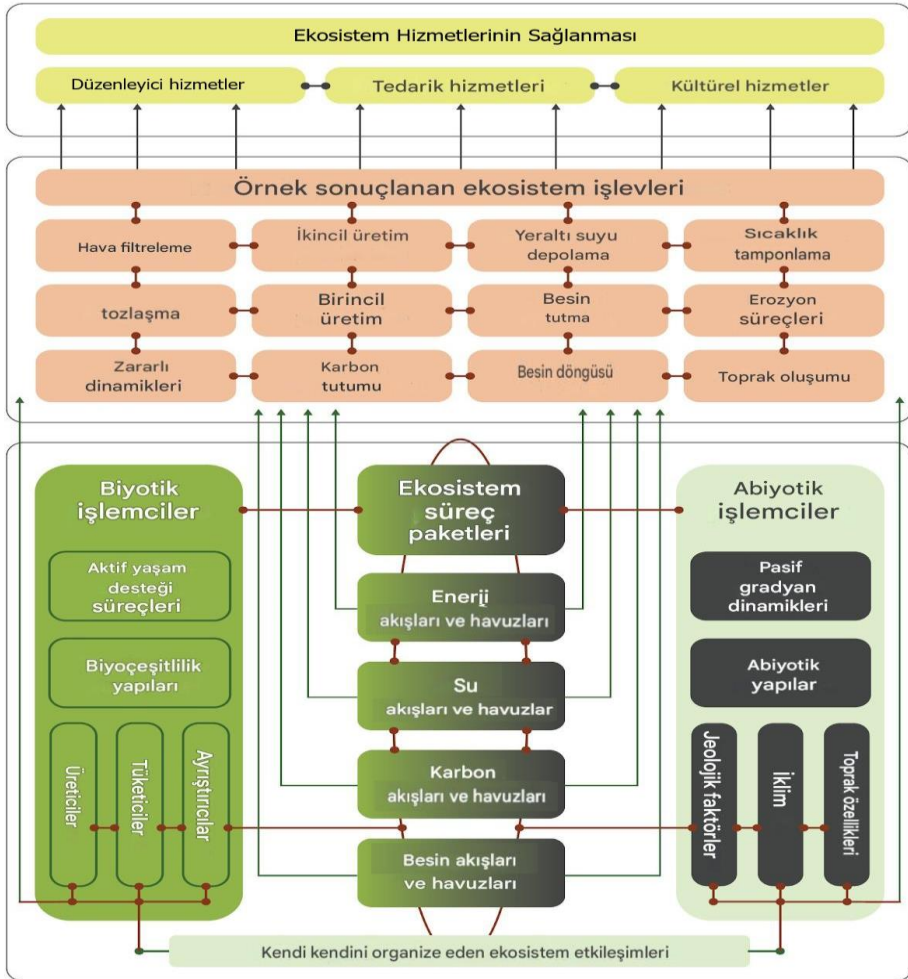
Ekosistem hizmet akışları ve doğal sermaye stokları kavramları, doğa ile insan sistemleri arasındaki karşılıklı bağımlılığı ölçmek için giderek daha yaygın kullanılan analitik araçlar haline gelmiştir (Costanza ve ark., 2014). Bu yaklaşım, doğa koruma stratejilerinin ekonomik ve sosyal boyutlarını bütünleştirerek, farklı paydaşlarla etkin iletişim kurulmasını sağlar. Özellikle Costanza ve ark. (2014) tarafından küresel ölçekte parasal birimlerle yapılan ekosistem hizmeti değerlemeleri, doğanın insan refahına katkısının küresel GSYİH'nın iki katına ulaşabileceğini göstermiştir. Bu parasal tahminler, yalnızca ekonomik kıyaslamalar için değil, aynı zamanda doğanın “görünmez ekonomik altyapısına” ilişkin farkındalık yaratmak açısından da büyük önem taşımaktadır. Böylece ekosistem hizmetlerinin ölçümü, ekonomik kalkınmanın çevresel temellerinin yeniden tanımlanmasına ve doğal sermayenin sürdürülebilir yönetiminin ekonomi politikalarına entegre edilmesine olanak sağlamaktadır.

Bu dönüşüm sürecinde yeşil ekonomi (green economy) kavramı, çevresel ve ekonomik baskılarla ortaya çıkan gıda, su ve enerji krizleri gibi

temel küresel sorunlara çözüm arayışında önemli bir paradigma değişimini temsil etmektedir. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP, 2010), ekosistem hizmetlerinin ekonomik değerinin gayri safi yurt içi hasıla (GSYİH) gibi mevcut makroekonomik göstergelere entegre edilmesini, kalkınma planlamasında ekosistemlerin hesaba katılmasının temel bir araç olacağını belirtmiştir. Yeşil ekonomi, düşük karbonlu, kaynak verimli ve kapsayıcı bir ekonomik yapıyı hedefleyerek kısa vadeli kâr odaklı büyüme modellerinden uzaklaşmayı amaçlar (Nugroho ve ark., 2022).

Temel ekosistem işlevlerinin ES arzını nasıl belirlediğini, biyolojik çeşitliliğe nasıl bağlı olduğunu ve bu işlevlerin teknolojik varyasyonlarla kısaltılmasının etkilerini anlamak, doğa temelli çözümler arayışında hayati önem taşımaktadır. Bu bileşenler arasındaki temel ilişkiler Şekil 5'de gösterilmektedir. Tüm bu unsurlar, karmaşık, kendi kendini organize eden etkileşim şemaları içinde işlemektedir (Schneiders ve Müller,20179).

Özellikleri, farklı işlevsel çıktı grupları altında toplanabilir. Bu karmaşık şemaların genel durumunu değerlendirmek için ekosistem bütünlüğü veya ekosistem sağlığı gibi toplu göstergeler geliştirilir(Şekil 5). Örneğin, ekosistem bütünlüğünün göstergesi, biyoçeşitlilik ve ekosistem heterojenliğinin erişilebilir sayıda yapısal ögesi ile ekosistemlerin enerji dengesi, su dengesi ve madde dengesini temsil eden işlevsel ögelerin birleştirilmesine dayanır (Schneiders ve Müller,20179). Bu yaklaşım çerçevesinde, biyoçeşitliliğin korunması ve ekosistem hizmetlerinin finansmanı için hem geleneksel hem de yenilikçi mekanizmalar kullanılmaktadır. Bu finansal araçlar arasında ekosistem hizmetleri ödemeleri (PES), yeşil tahviller, doğa temelli yatırım fonları, biyolojik çeşitlilik offset mekanizmaları, karbon piyasaları, ekolojik tazmin sistemleri ve kamu-özel ortaklıkları yer almaktadır (Nugroho ve ark., 2022). Bu mekanizmalar, doğanın sunduğu hizmetlerin ekonomik değerini finansal sistemlerle bütünleştirerek, sürdürülebilir kalkınma için güçlü bir doğa-ekonomi köprüsü oluşturmaktadır (Schneiders ve Müller,2017).



Şekil 5. Ekolojik yapılar ve süreçler ekosistem işlevleri ve ekosistem hizmetleri arasındaki ilişkileri gösterir (Schneiders ve Müller,2017).

Dünyanın ekonomik gücü ve refahı, verimli topraklardan ve çok işlevli ormanlardan verimli kara ve denizlere, kaliteli tatlı su ve temiz havadan tozlaşmaya, iklim düzenlemesine ve doğal afetlere karşı korumaya kadar insanlık için temel mal ve hizmetleri sağlayan ekosistemleri de içeren doğal sermayesi, yani biyolojik çeşitliliği tarafından desteklenmektedir (Burkhard ve Maes, 2017) . Costanza ve ark. (2017) tarafından önerilen “basamağın ötesinde” yaklaşımı, ekosistem hizmetlerini statik bir değer zinciri olarak değil, enerji, madde ve bilgi akışlarının yönlendirdiği karmaşık bir sistem olarak ele almaktadır. Bu sistemin etkin yönetimi, yalnızca ekolojik bilgi

değil, aynı zamanda ekonomik, sosyal ve politik sermayelerin uyumlu biçimde etkileşimini gerektirir. Dolayısıyla, doğa temelli karar alma süreçlerinin ekonomik modellere entegre edilmesi, hem sürdürülebilir kalkınma hem de insan refahı açısından kaçınılmaz bir zorunluluk haline gelmiştir (Costanza ve ark., 2017).

4.EKOSİSTEM HİZMETLERİ

4.1.Tanım ve Tarihsel Gelişimi

Ekosistem hizmetleri (ES), ekosistemlerin insan refahına doğrudan veya dolaylı katkılarıdır (TEEB, 2010) ve belirli bir zaman ve mekânda ekosistemlerden sosyo-ekonomik sistemlere aktarılan fayda akışlarını temsil eder (Maes ve ark., 2013; Vallecillo ve ark., 2019). ES kavramının temelinde, ekosistemlerin insan refahını nasıl desteklediğini açıklama amacı yer alır. Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi (MEA, 2005), ekosistem hizmetlerini “insanların ekosistemlerden elde ettiği faydalar” olarak tanımlarken, Ortak Uluslararası Ekosistem Hizmetleri Sınıflandırması (CICES), bunları “ekosistemlerin insan refahına yaptığı katkılar” şeklinde ifade eder (Haines-Young ve Potschin, 2011).

Bu kavram, ekolojik süreçlerin insan üzerindeki etkilerini anlamak ve çevresel karar alma süreçlerini desteklemek için yaygın biçimde kullanılmaktadır (Costanza ve ark., 2017; Steiner ve ark., 2021). ES değerlendirmesi, doğa koruma bilincini artırmanın yanı sıra kaynak kullanım senaryolarının maliyet-fayda analizini yaparak çevresel değerleri ekonomik kararlara entegre etmeye olanak tanır (Costanza ve ark., 2014; SEEA-EA, 2021; Chen ve Costanza, 2024).

ES kavramı, insan refahını ve ekosistem bütünlüğünü birbirine bağlayarak doğa-insan etkileşimini yeniden tanımlar (Costanza ve ark., 1997; 2014). ES değerlemesi, doğa koruma farkındalığını artırmanın yanı sıra, kaynak kullanımı ve çevresel politikaların ekonomik etkilerini değerlendirmede etkin bir araçtır (Costanza ve ark., 2014; SEEA-EA, 2021; Bidak ve ark., 2015).

Tüm ekosistem hizmetlerini sınıflandırmak için tek bir yöntem bulunmamakla birlikte, Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi (MEA, 2005) en yaygın kabul gören çerçeveyi sunmaktadır. ES’ler, insan refahını doğrudan ve dolaylı biçimde etkileyen çıktılar üretir ve bu özellikleriyle ekonomik

analizlere entegre edilebilir. ES değerlemesinin temel amacı, çevresel maliyet ve faydaların karar alma süreçlerine dahil edilmesini sağlayarak, politikaların ekolojik sürdürülebilirlik ve toplumsal refah üzerindeki etkilerini daha görünür hale getirmektir (DEFRA, 2007).

İnsanların doğal çevreden nasıl yararlandığını açıklamak amacıyla geliştirilen ekosistem hizmetleri (ES) kavramı, insan refahını ekosistem süreçleriyle ilişkilendiren en kapsamlı çerçevelerden biridir. Literatürde, insanların ekosistemlerden sağladığı mal ve hizmetleri — yani doğal stoklardan (stocks) elde edilen akışlar (flows) — tanımlamak üzere farklı modeller önerilmiştir. Bu çerçeveler, ekosistemlerin biyofiziksel işlevlerinden kaynaklanan faydaların topluma nasıl aktarıldığını kavramsallaştırır (Costanza ve ark., 1997; MEA, 2005).

Çoğu otorite, "ekosistem hizmetleri" teriminin 1981 yılında ortaya atıldığı konusunda hemfikirdir. 1980'lerde sürdürülebilir kalkınma tartışmalarıyla arka plana itilen bu terim, 1990'larda ekosistem hizmetlerinin profesyonel literatürde ana akıma girmesi ve ekonomik değerlerine daha fazla dikkat çekilmesiyle güçlü bir şekilde geri dönmüştür (de Groot ve ark.,2017). "Ekosistem hizmetleri" kavramının kökenleri, doğanın ekonomik değerini sorgulayan Westman (1977) ve Ehrlich ve Ehrlich (1981) gibi araştırmacılara dayanmaktadır (Ehrlich ve Mooney, 1983). Ancak, kavram Costanza ve ark. (1997) tarafından sistematik olarak tanımlanmış ve Daily (1997) ile birlikte bu iki temel yayın, kavramın bilim ve politika gündemine yerleşmesine öncülük etmiştir. Bu gelişmeler, doğal sermayenin tükenmesi karşısında ekolojik ekonominin temellerini atan öncü çalışmaların (örneğin, Boulding, 1966; Daly, 1968) bir uzantısıdır (Beddoe ve ark., 2009; Braat ve De Groot, 2012). Kavram, daha sonra MEA (2005), TEEB (2010) ve (CICES ;Haines-Young ve Potschin, 2018) gibi standart sınıflandırma çerçeveleriyle kurumsallaşmış ve paradigma değişimine katkıda bulunmuştur (Costanza ve ark., 2017). **Ekosistem hizmetleri kavramı, kökenini ekoloji, ekonomi ve sosyal bilimlerin kesişiminden alan disiplinlerarası bir yapı haline gelmiştir.** Günümüzde, doğal sermayenin sürdürülebilir yönetimi, biyoçeşitlilik politikaları ve yeşil ekonomi stratejileri gibi birçok alanda ekosistem hizmetleri temelli yaklaşımlar, bilimsel ve yönetsel kararların vazgeçilmez bileşeni olarak değerlendirilmektedir. Ekosistem hizmetleri (ES) kavramı, ekosistemlerin insan refahına katkılarını anlamak için ekolojik ve ekonomik

düşüncenin kesişiminde gelişmiştir. Başlangıçta ekosistem ekolojisi ve çevre ekonomisi alanları birbirinden kopuk ilerlemiş, ancak 1980'lerde bu boşluğu kapatmak amacıyla disiplinlerarası bir alan olan ekolojik ekonomi doğmuştur **Bu yeni yaklaşım, doğa, insan ve ekonomi ilişkilerini bütüncül bir sistem çerçevesinde ele almıştır** (Jansson, 1984; Costanza, 1989).

Ekosistem hizmetleri (ES) kavramının temel dönüm noktası, 1995 yılında düzenlenen ve Daily (1997) tarafından derlenen bir kitap etrafında şekillenen toplantıdır (Daily, 1997). Bu toplantı, dünyanın ilk küresel ES değerlendirme meta-analizi olan ve doğanın yıllık ekonomik değerini 33 trilyon USD olarak tahmin eden Costanza ve ark. (1997) çalışmasının önünü açmıştır (Costanza ve ark., 1997).

Günümüzde ise Ekosistem Hizmetleri kavramı, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH'ler), BM Biyoçeşitlilik Sözleşmesi, AB Yeşil Mutabakatı ve 2030 Biyoçeşitlilik Stratejisi gibi küresel politika araçlarının merkezinde yer almaktadır. Ayrıca, Ekosistem Değerlendirmesi ve Eşleme (MAES), Biyoçeşitlilik ve Ekosistem Hizmetleri Üzerine Hükümetlerarası Bilim-Politika Platformu (IPBES) ve Ekosistem Hizmetleri Ortaklığı (ESP) gibi uluslararası girişimler aracılığıyla, yüzlerce proje ile ekosistemlerin modellenmesi, değerlemesi ve bu bilgilerin karar destek sistemlerine entegre edilmesini sağlamaktadır (Maes ve ark., 2013; Costanza ve ark., 2014).

4.2. Ekosistem Hizmetlerinin Sınıflandırılması

Ekosistem hizmetleri, insan refahına katkı sağlayan ekolojik özellikler, işlevler ve süreçlerdir (Costanza ve ark., 1997; MEA, 2005). Ancak ekosistem süreçleri (örneğin besin döngüsü, birincil üretim) ile bunlardan doğan hizmetler (örneğin gıda, su, iklim düzenleme) eş anlamlı değildir; yalnızca insanlar için fayda sağladıklarında ekosistem hizmeti olarak tanımlanırlar (Braat, 2013). Bu yaklaşım, insanı doğanın merkezine koymadan, insan ve diğer türlerin ortak refahını esas alır (Costanza ve ark., 2017). Costanza vd. (1997) ve MEA (2005), ekosistem hizmetlerinin insan ve doğa arasındaki ilişkileri yeniden çerçeveleyerek refahın ekolojik temellerine dikkat çekmiştir. Bu yaklaşımla ES, hem doğanın insan yaşamına katkılarını görünür kılar hem de ekosistem yönetiminde ölçülebilir bir çerçeve sunar.

Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi (MA, 2005a) ekosistem hizmetlerini dört ana kategoriye ayırmıştır:

1. Tedarik hizmetleri: Ekosistemlerden doğrudan elde edilen ürünler (gıda, tatlı su, lif, yakıt, genetik kaynaklar, doğal ilaçlar).
2. Düzenleyici hizmetler: Ekosistem süreçlerinin düzenlenmesinden doğan faydalar (iklim, su, erozyon, atık ve doğal afet düzenlemesi).
3. Kültürel hizmetler: Manevi, estetik ve rekreasyonel katkılar (kültürel miras, bilgi sistemleri, mekân duygusu, ekoturizm).
4. Destekleyici hizmetler: Diğer hizmetlerin üretimi için gerekli temel süreçler (birincil üretim, besin ve su döngüsü).

Destekleyici hizmetlerin etkisi genellikle dolaylı ve uzun vadedir; buna karşılık tedarik ve düzenleyici hizmetler kısa vadede insan refahını doğrudan etkiler. Böylece, ES kavramı ekosistemlerin biyofiziksel süreçlerini ekonomik, sosyal ve kültürel faydalarla ilişkilendiren çok boyutlu bir köprü işlevi görür.

Ekosistem hizmetleri (ES) yaklaşımı, ekosistemlerin insan refahına katkılarını anlamak için çok disiplinli bilgi kaynaklarını ortak bir çerçevede birleştiren bir dildir (Granek ve ark., 2010). Bu yaklaşım, çevresel baskılara karşı politika eylemlerini teşvik eden analitik bir araç haline gelmiştir (Brondizio ve ark., 2019). ES'ler dört ana grupta incelenir:

1. Destekleyici (habitat) hizmetler: Göçmen türler için habitat sağlama, genetik çeşitliliğin korunması ve ekosistem işlevlerinin sürdürülmesi.
2. Tedarik hizmetleri: Gıda, tatlı su, hammadde, genetik, tıbbi ve süs kaynakları gibi doğrudan elde edilen ürünler.
3. Düzenleyici hizmetler: İklim kontrolü, su arıtımı, tozlaşma, zararlı kontrolü ve afet düzenlemesi gibi süreçlerden doğan faydalar.
4. Kültürel hizmetler: Manevi, estetik, rekreasyonel ve entelektüel deneyimlerden kaynaklanan maddi olmayan faydalar (Steiner ve ark., 2021).

Ekosistem faydaları için dört yaygın sınıflandırma sistemi; MEA (2005), TEEB (2010), CICES (Haines-Young & Potschin, 2018) ve IPBES (2019) temelde aynı işlevsel kategorilere dayanmakta, ancak kapsadıkları hizmet türleri ve uygulama ölçekleri bakımından farklılık göstermektedir. Bu sınıflandırmalar, ekosistem süreçleri ile insan refahı arasındaki karmaşık

etkileşimleri anlamak için kavramsal bir temel sunar. Ancak bu ilişkiler doğrusal değildir; bu nedenle değerlendirme süreçlerinde çoğulcu ve temkinli bir yaklaşım gerekmektedir (Costanza ve ark., 2017).

MEA ve onu izleyen sistemler, ekosistem hizmetlerinin hem ekolojik işlevleri hem de toplumsal ve ekonomik değerleri arasında köprü kurarak, doğa temelli karar alma süreçlerinin bilimsel temelini oluşturmuştur. Bu bütünlük anlayış, ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesi ve doğal sermaye muhasebesinin politika düzeyine entegre edilmesi açısından dönüm noktası niteliğindedir.

4.3. Önemli Ekosistemlerde Ekosistem Hizmetleri

Ekosistemler, "ekosistem hizmetleri" aracılığıyla insan yaşamını sürdürür ve gerçekleştirir. Ormanlık kıyı tamponları, toprağı yerinde tutar ve aşağı akıştaki insanlar için su kalitesini iyileştirir; sulak alanlar, yiyecek için yakalanan balık popülasyonlarını destekler; mangrovlar kıyı şeritlerini sabitler ve fırtınalardan kaynaklanan insan ve mal hasarını azaltır; ormanlar ve okyanuslar iklimin düzenlenmesine yardımcı olan karbonu depolar; göller ve dağlar estetik manzaralar, rekreasyon fırsatları ve manevi ilham sağlar.

Tablo 1. Habitat türüne göre tipik ekosistem hizmetleri (IPIECA, 2011).

Ekosistem Hizmetleri	Orman-lar	Sulak- alanlar, nehirler ve göller	Kutup-lar	Çöl-ler	Açık sular/ Derin sular	Kıyasal /geçiş bölgeleri
Tedarik						
Mahsuller	-	-	-	-	-	-
Hayvancılık	○	○	○	○	-	-
Balık avcılığı	-	●	●		●	●
Aquakültür	-	●	○		○	●
Yabani gıdalar	●	●	●	●	○	●
Kereste ve diğer ağaç lifleri	●	●	●	○	-	○
Lifler ve reçineler	●	●	○	○	-	○
Hayvan derileri	●	○	●	○	-	-
Kum, çakıl vb.		○	●	●	-	●
Süs eşyası kaynakları	●	○	○	○	○	●
Biyokütle yakıtları	●	○	○		-	○
Tatlısu	●	●	●	○	-	○
Genetik kaynaklar	●	●	●	●	●	●
Biyokimyasallar, doğal ilaçlar ve farmasötikler	●	○	○	○	●	●
Düzenleme						
Hava kalitesi düzenlemesi	●	○	○	○	○	○
Küresel iklim düzenlemesi	●	○	●	○	●	●
Bölgesel/yerel İklim düzenlemesi	●	○	○	●	-	○
Su düzenlemesi	○	●	○	○	-	●
Erozyon kontrol	●	○	○	○	-	●
Su arıtma	●	●	●	○	●	●
Atık asimilasyonu	●	●	○	○	●	●
Hastalık azaltımı	○	○	○	○	-	○
Toprak kalitesi düzenlemesi	●	○	○		-	○
Haşere/istilacı tür kontrolü	●	○	○	○	○	○
Tozlaşma	●	○	○	○	○	○
Doğal afet kontrolü	●	●	○	○	-	●
Kültürel						
Rekreasyon ve ekoturizm	●	●	●	●	○	●
Manevi ve dini değerler	●	●	●	●	●	●
Etik/kullanım dışı değerler	●	●	●	●	●	●
<i>Anahtar: Ekosistem hizmetinin önemi: ● yüksek, ○ orta/düşük, - ilgili değil/önemsiz MEA,2005'de göre düzenlenmiştir.</i>						

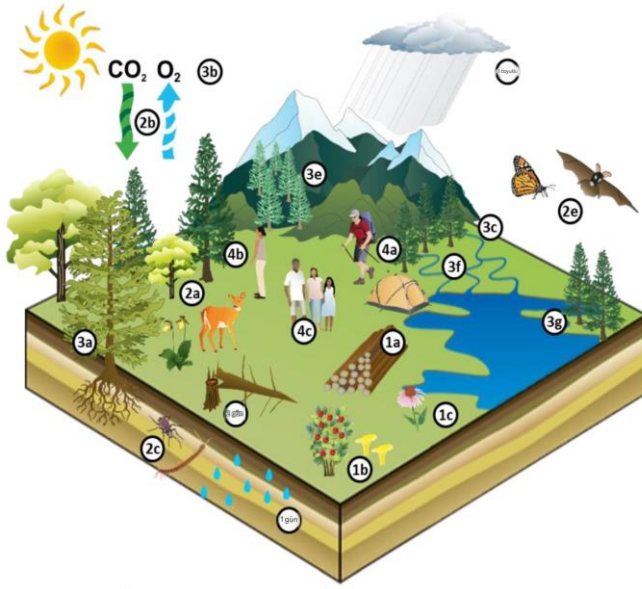
Ekosistem hizmetleri, insanlar için faydalar üreten veya üretmeye yardımcı olan ekosistemlerin koşulları ve süreçleridir. Bu faydalar, ekosistemdeki bitkiler, hayvanlar ve mikroplar arasındaki etkileşimlerin yanı sıra sosyal-ekolojik sistemlerin biyotik, abiyotik ve insan yapımı bileşenlerinden kaynaklanır (Guerry ve ark., 2015). ES’de altı habitat tipine odaklanmıştır. Altı tip habitat, makul ve temsili bir alt bölüm sayısı olarak değerlendirilmiştir (IPIECA, 2011). Tablo 1’de altı tip ekosistem için ekosistem hizmetlerini karşılaştırmalı sunulmuştur. Tablo 2 ‘ ise ekosistemlerin karşılaştırmalı ekonomik değerleri sunulmuştur.

Tablo 2. Ekosistemlerin ekonomik değerleri (De Groot ve ark.,2012).

Ekosistemler	En düşük değerlerin toplamı (\$/ha/yıl)	En yüksek değerlerin toplamı (\$/ha/yıl)
Açık okyanuslar	85	1664
Mercan resifleri	36.794	2.129.122
Kıyı sistemleri	26.167	42.063
Kıyı sulak alanları	300	887.828
İç sulak alanlar	3018	104.924
Nehirler ve göller	1.446	7.757
Tropikal orman	1.581	20.851
Ilıman orman	278	16.406
Ormanlık alanlar	1.373	2.188
Çayırlar	124	5.930

4.3.1.Orman Ekosistem Hizmetleri

Dünya'nın kara alanının neredeyse üçte birini kaplayan ve 4 milyar hektardan biraz fazla olan ormanlar (FAO,2020), küresel karbon döngüsünde önemli bir rol oynar (Canadell ve Paupach, 2008) ve dünyanın karasal biyolojik çeşitliliğinin önemli bir bölümüne ev sahipliği yapar (Betts ve ark.,2017). Ormanlar ayrıca besin döngüsü ve toprak oluşumu gibi destekleyici hizmetler; gıda, kereste ve tıbbi bitkiler gibi tedarik hizmetleri; ve erozyon kontrolü , sel azaltma, su ve hava temizleme, tozlaşma ve zararlı ve hastalık kontrolü gibi düzenleyici hizmetler de dahil olmak üzere çok çeşitli diğer ekosistem hizmetleri de sağlar (Nugroho ve ark., 2022). Bu ekosistem hizmetleri insan refahına muazzam katkıda bulunur (Şekil 6). Hizmetler, tedarik hizmetleri, destekleyici hizmetler, düzenleyici hizmetler ve kültürel hizmetler olarak gruplandırılabilir.



Semboller Maryland Üniversitesi Çevre Bilimleri Merkezi'nin Entegrasyon ve Uygulama Ağının izniyle kullanılmıştır (ian.umces.edu/symbols/)

Ormanların ekosistem hizmetleri

1. Tedarik Hizmetleri

- Kereste/Lif (inşaat, enerji)
- Yiyecek (geyik, meyveler, otlar, tohumlar, bal)
- Kimyasal ve tıbbi ürünler
- su

2. Destek Hizmetleri

- Fauna ve flora için habitatlar (biyoçeşitlilik)
- Fotosentez/Birincil üretim
- Toprak oluşumu
- Besin döngüsü
- Tozlaşma, tohum dağılımı

3. Düzenleme Hizmetleri

- Karbon depolama (yer üstü/yer altı)
- Havanın arıtılması
- Suyun arıtılması
- İklim düzenlemesi
- Erozyona/çığlara karşı koruma
- Sel azaltma
- Kıyı erozyonu ve fırtınalara karşı koruma

4. Kültürel Hizmetler

- Rekreasyon/Estetik
- Maneviyat
- Eğitim

Şekil 6. Ormanların ekosistem hizmetleri (Holzwarth ve ark.,2020).

Ormanlar, odun veya bitki lifi (inşaat odunu, mobilya odunu, kağıt, kömür vb.), doğrudan ve dolaylı gıda ürünleri (otlar, meyveler, kuruyemişler, bal, mantarlar, av hayvanları, böcekler vb.) ve kimyasal maddeler ve tıbbi ürünler (terebentin, yağlar, reçine vb.) gibi hammaddeler sağlamanın yanı sıra çoğu zaman saf su kaynaklarına erişim sağlar. Ormanlar, flora ve fauna için habitatları destekler, çok çeşitli biyolojik çeşitliliğe ev sahipliği yapar ve toprak oluşumuna ve besin döngüsüne katkıda bulunur. Dahası, ormanlar kıyı şeritleri boyunca kıyı erozyonu veya dağlık bölgelerde yamaç erozyonu gibi erozyona karşı arazinin korunmasını destekler. Kendi kendini düzenleyen hizmetler arasında su filtrasyonu ve hava filtrasyonu, su tutma, sel ve kuraklık kontrolü, bitkilerde ve topraklarda havadan karbon fiksasyonu yoluyla iklim değişikliğinin dengelenmesi ve tozlaşmaya ve tohumların yayılmasına katkı sağlanması gibi hizmetler yer alır. Kültürel hizmetler arasında rekreasyon (örneğin yürüyüş, doğa yürüyüşü, bisiklet, binicilik, kros kayağı, avcılık vb.), estetik, çevre eğitimi ve manevi hizmetler yer alır (Holzwarth ve ark.,2020).

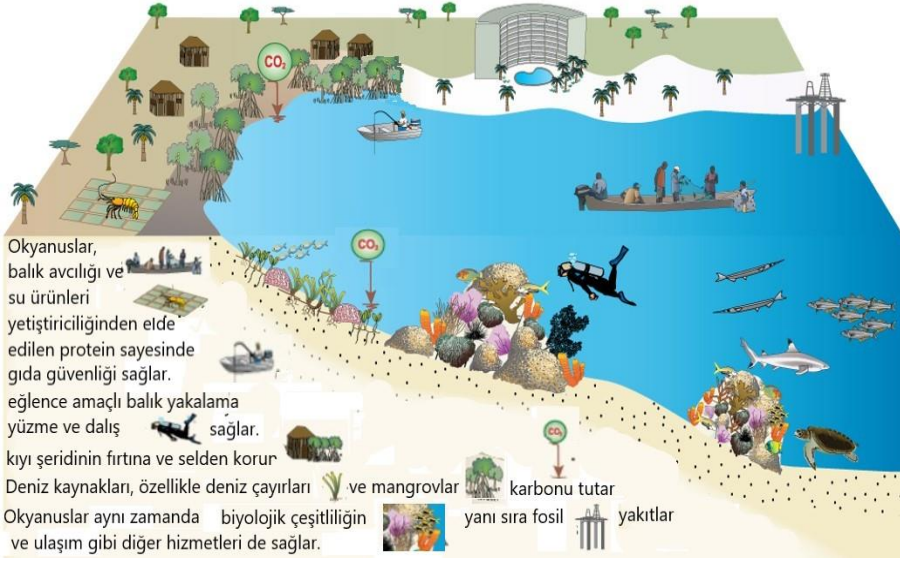
4.3.2. Deniz Ekosistem Hizmetleri

Kıyı ve deniz ortamları, 100 kilometreye kadar iç kesimlerde başlayıp kıta sahanlığına kadar uzanabilir ve 50 metre derinliğe kadar sulara sahip okyanus sistemlerini içerebilir. Bu ortamlarda bulunan belirgin deniz ekosistemleri arasında haliçler ve bataklıklar ve mangrovlar gibi kıyı sulak alanları, kumlu plajlar ve kumullar, deniz çayırı yatakları ve mercan ve istiridye resifleri bulunur (Barbier,2017). Okyanus, insan refahına doğrudan fayda sağlayan birçok hizmet sunmaktadır. Dünya nüfusunun yarısından fazlası kıyı şeridinde 160 km mesafede yaşamaktadır ve dünyanın en büyük 30 şehrinden 20'si kıyı şeridinde yer almaktadır. Uzak bölgelere erişim giderek artmakta ve insan refahı ile deniz ortamı arasında önemli bağlantılar bulunmaktadır. Deniz ekosistemleri, dünya genelinde en çok sömürülen ekosistemlerden bazılarını temsil eder. Örneğin, kıyı bölgeleri dünyanın toplam kara alanının yalnızca %4'ünü ve dünya okyanuslarının %11'ini oluşturmasına rağmen dünya nüfusunun üçte birinden fazlasını barındırır ve deniz balıkçılığında elde edilen avın %90'ını oluşturur (Barbier,2017).

Deniz ekosistemlerinin yapısı ve işleyişi, ekosistem hizmetlerinin ekolojik üretimini sağlar. Tablo 3 ve Şekil 7'de gösterildiği üzere bu mal, hizmet ve kültürel faydaların bazıları insan refahını doğrudan etkilerken , diğerleri değerli ekonomik varlıkları ve üretim faaliyetlerini destekleyerek veya koruyarak insan refahını dolaylı olarak etkiler (Barbier,2017). Deniz ekosistemi hizmetleri tarafından üretilen mallar, balık avı, yabancı bitki ve hayvan kaynakları ve soyutlanmış su gibi bu habitatlardan elde edilen ürünlerdir. Gelişmekte olan ülkelerde, deniz ekosistemlerinin daha önemli kullanımlarından bazıları, yerel halkların geçim kaynaklarını desteklemek için hem küçük ölçekli ticari hem de "gayri resmi" ekonomik faaliyetleri içerir; örneğin balıkçılık, avcılık, yakacak odun çıkarma vb. (Barbier,2017).

Tablo 3. Değerlendirme protokollerine dahil edilen denizel ekosistemi hizmetleri (Laurence, J.M., et al.2025).

Ekosistem hizmetleri	WWF ortak varlık fonu	Doğal sermaye değerlendirme teknik direktifler	Okyanus hesapları (SEEA-EA)
Tedarik hizmetleri			
1. Gıda üretimi (balıkçılık dahil)	✓	✓	✓
2. Oksijen/temiz hava üretimi	✓	✓	✓
3. Malzeme üretimi (kimyasallar, ilaçlar, vb.)	✓	✓	✓
4. Genetik kaynakların sağlanması	✗	✗	✓
Düzenleme hizmetleri			
5. İklim düzenlemesi	✓	✓	✓
6. Karbon sekestrasyonu	✓	✓	✓
7. Atık işleme/kaldırma	✓	✓	✓
8. Biyolojik/hastalık kontrolü	✗	✗	✓
9. Rahatsızlık düzenlemesi (kıyı koruma dahil)	✓	✗	✓
Kültürel hizmetler			
10. Rekreasyonel (turizm dahil)	✓	✓	✓
11. Kültürel/miras değeri	✓	✗	✓
12. Bilimsel değer	✗	✓	✓
13. Eğitimsel değer	✗	?	✓
14. Manevi/terapötik değer	✗	?	✓
Destek hizmetleri			
15. Birincil üretim	✓	✗	✓
16. Besin döngüsü	✓	✗	✓
17. Biyolojik çeşitlilik korunması	✓	✓	✓
18. Habitat temini	✓	?	✓



Şekil 7. Okyanuslar/denizler tarafından sağlanan ekolojik hizmetler (Caroline Donovan, Integration and Application Network/ ian.umces.edu/media-library).

4.3.3. Tatlısu Ekosistem Hizmetleri

İç sulak alanlar en az 9,5 milyon km²'lik bir alanı (yani Dünya kara yüzeyinin yaklaşık %6,5'ini) kaplar; iç ve kıyı sulak alanları ise toplamda en az 12,8 milyon km²'lik bir alanı kaplar (Finlayson ve ark.,1999). Bu sulak alanlar, insanların ekosistemlerden elde ettiği faydalar olan bir dizi ekosistem hizmeti sunar (Finlayson ve ark., 1999; MA 2005). Ekosistem hizmetlerinin en bilinen ve yaygın tanımı, bunları dört gruba ayıran Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi raporunda (MA, 2005) önerilen tanımdır: tedarik edici, düzenleyici, kültürel ve destekleyici ekosistem hizmetleri. Tatlı su ekosistemleri, ister yüzey suları (nehirler, göller, akarsular ve sulak alanlar), ister yeraltı suları veya buzullar şeklinde olsun, insan yaşamı ve engin biyolojik çeşitliliği, doğal süreçleri ve döngüyü desteklemek için temel öneme sahiptir (Apostolaki ve ark.,2019). Sulak alanlar, gelgit bataklıkları, çamur düzlükleri ve turbalıklar gibi çeşitli habitatları kapsar. Mevsimsel, iç veya kıyı habitatları olabilirler ve gelgitli veya gelgitsiz olabilirler. Nehirler (ve akarsular), göllere veya denize akan su kütleleridir. Göller, iç kesimlerde (genellikle) tatlı su kütleleri olarak sınıflandırılır. Göller, nehirler ve sulak alanlar, su, gıda, yakıt ve inşaat malzemeleri şeklinde tedarik hizmetleri

sağlar. Balık ve kabuklu deniz ürünleri ile bitkisel gıda yoluyla birçok yerel topluluğa protein sağlıyorlar (Şekil 8, Tablo 4). Turba ayrıca yakıt kaynağı olarak bataklıklardan hasat edilir ve sazlar bir şeyler yapmak ve evler inşa etmek için kullanılır. Bu habitatlardaki düzenleyici hizmetler arasında yeraltı suyu beslemesi, su depolama, taşkın kontrolü ve su arıtma yer alır (IPIECA, 2011).



Şekil 8. Tatlısu ekosistemlerinin sunduğu ekosistem hizmetleri (Web1-Naturvardsverket'den değiştirilerek)

Ramsar Sulak Alan Türleri Sınıflandırması, üç geniş kategoriden birine ait 42 sulak alan türünü içerir (Ramsar Sözleşmesi Sekreterliği, 2011; Russi ve ark.,2013) ; 1-İç sulak alanlar; 2-Deniz/kıyı sulak alanları; 3-İnsan yapımı sulak alanlar (su ürünleri yetiştiriciliği, çiftlik göletleri ve pirinç tarlaları, tuzlalar, rezervuarlar, çakıl ocakları, arıtma çiftlikleri ve kanallar gibi kalıcı veya geçici olarak sular altında kalmış tarım arazileri) yer alır. Hidrojeomorfoloji ve/veya bitki örtüsü özelliklerine göre farklı amaçlar için kullanılan bir dizi başka sulak alan sınıflandırması da mevcuttur (Russi ve ark.,2013):

- Deniz (kıyı lagünleri, kayalık kıyılar ve mercan resifleri dahil kıyı sulak alanları);

- Haliç (deltalar, gelgit bataklıkları ve mangrov bataklıkları dahil);
- Göl (göllerle ilişkili sulak alanlar);
- Nehir (nehirler ve akarsular boyunca uzanan nehirler ve sulak alanlar); ve
- Palustrin (bataklıklar, bataklıklar ve sazlıklar).

Tablo 4. Sulak Alan Ekosistem Hizmetleri ve ilgili ekosistem yapıları ve işlevleri (Russi ve ark.,2013).

Ekosistem Hizmetleri	Ekosistem Yapısı ve İşlevi
Kıyı koruma	Dalgaları ve tamponları zayıflatır ve/veya dağıtır
Erozyon kontrolü	Sediment stabilizasyonu ve toprak tutulmasını sağlar
Taşkın koruma	Su akışının düzenlenmesi ve kontrolü
Su temini	Yeraltı suyu beslemesi/deşarjı
Su arıtma	Besin ve kirlilik alımının yanı sıra tutulmasını ve partikül birikimini sağlar
Karbon tutma	Biyojeokimyasal aktivite, tortulaşma ve biyolojik üretkenlik oluşturur
Sıcaklık ve yağışın korunması	İklim düzenlemesi ve stabilizasyonu
Hammadde ve gıda	Biyolojik üretkenlik ve çeşitlilik oluşturur
Balıkçılık, avcılık ve yiyecek toplama faaliyetlerinin sürdürülmesi	Uygun üreme habitatu ve gelişme alanları, korunaklı yaşam alanı sağlar
Turizm, rekreasyon, eğitim ve araştırma	Benzersiz ve estetik bir manzara, çeşitli fauna ve flora için uygun bir yaşam alanı sağlar
Kültür, manevi ve dini faydalar, miras değerleri	Kültürel, tarihi veya manevi anlamı olan benzersiz ve estetik bir manzara sağlar

Sulakalanlar ayrıca önemli karbon tutma hizmetleri de sunar. Ekoturizm ve kuş gözlemciliği kültürel hizmetlere örnektir. Bu habitatlar, özellikle endemik ve göçmen kuş popülasyonları ve timsah, deniz ineği ve kaplumbağa gibi korunan türler nedeniyle tanınmaktadır (IPIECA, 2011).

Tablo 5. Sulak alanların sağladığı hizmetlerin parasal değerleri (\$/ha/yıl)

Sulak alan kategorileri	Hizmet kategorisi	En düşük değer (\$/ha/yıl)	En yüksek değer (\$/ha/yıl)
Mercan resifleri	tedarik hizmetleri	6	20.892
	düzenleyici hizmetler	8	33.640
	habitat hizmetleri	0	56.137
	kültürel hizmetler	0	1.084.809
	Toplam	14	1.195.478
Kıyı sistemleri (sığ denizler, kayalık kıyılar ve haliçler gibi habitat kompleksleri)	tedarik hizmetleri	1	7.549
	düzenleyici hizmetler	170	30.451
	habitat hizmetleri	77	164
	kültürel hizmetler	0	41.416
	Toplam	248	79.580
Mangrovlar ve gelgit bataklıkları	tedarik hizmetleri	44	8.289
	düzenleyici hizmetler	1,914	135.361
	habitat hizmetleri	27	68.795
	kültürel hizmetler	10	2.904
	Toplam	1,995	215.349
Nehirler ve göller dışındaki iç sulak alanlar (taşkın yatakları, bataklıklar ve turbalıklar)	tedarik hizmetleri	2	9.709
	düzenleyici hizmetler	321	23.018
	habitat hizmetleri	10	3.471
	kültürel hizmetler	648	8.399
	Toplam	981	44.597
Nehir ve göller	tedarik hizmetleri	1.169	5.776
	düzenleyici hizmetler	305	4,978
	habitat hizmetleri	0	0
	kültürel hizmetler	305	2,733
	Toplam	1,779	13,487
<i>TEEB (2010); de Groot ve ark., (2010)'e düzenlenmiş ve Russi ve ark.,2013) 'den alınmıştır</i>			

Tatlı su, aslında birçok ekosistem hizmetini bütünleştiren ve insan yaşamının çeşitli yönlerine çok sayıda fayda sağlayan kesişen bir unsurdur. Sağlanan ekosistem hizmetlerinin türü ve sayısı her ekosisteme özgüdür ve farklı tatlı su kütlesi türleri, su kütesinin türüne, konumuna ve koşullarına bağlı olarak bir dizi farklı ekosistem hizmeti sunar. Bunlardan bazıları Tablo 5- 6'da sunulmuştur (Apostolaki ve ark.,2019).

Tablo 6. Farklı tatlısu kütlelerince sağlanan çeşitli ekosistem hizmetleri

EKOSİSTEM FAYDALARI*					
Tatlısu Ekosistemleri	Nehirler ve akarsular	Tedarik	Düzenleyici	Kültürel	Destekleyici
	Sulakalanlar	<ul style="list-style-type: none"> - Tüketim amaçlı su (miktar ve kalite) (içme, evsel kullanım, tarım ve endüstriyel kullanım) - Tüketim dışı kullanım amaçlı su (enerji, ulaşım/navigasyon üretimi için) - Gıda ve ilaç için organizmalar 	<ul style="list-style-type: none"> - Su kalitesinin korunması (doğal filtrasyon ve su arıtımı) - Taşkın akışlarının tamponlanması, su/toprak etkileşimleri ve taşkın kontrol altyapısı aracılığıyla erozyon kontrolü 	<ul style="list-style-type: none"> - Rekreasyon (nehir raftingi, kano, yürüyüş ve spor olarak balıkçılık) - Turizm (nehir izleme) - Varoluş değerleri (serbest akan nehirlerden duyulan kişisel memnuniyet) - Kültürel değerler (dini, tarihi veya arkeolojik değer) 	<ul style="list-style-type: none"> - Besin döngüsündeki rolü (taşkın yatağı verimliliğinin korunmasındaki rolü), - Toprak oluşumu - Avcı/av ilişkileri ve ekosistem dayanıklılığı
	Yeraltı suyu	<ul style="list-style-type: none"> - Gıda (tarım, su ürünleri yetiştiriciliği, balıkçılık) - Yakıt ve bahçecilik için turba üretimi - Kürk hayvanı ve diğer hayvan hasadı - Kereste üretimi 	<ul style="list-style-type: none"> - Taşkın kontrolü -Yeraltı suyu yenileme - Kıyı şeridi sabitleme ve fırtına koruması - Sediment ve besin maddesi tutulması ve dışarı atılması - Su arıtımı - İklim değişikliğinin azaltılması ve adaptasyonu (CO₂ yakalama) - Peyzaj estetiği - İnsanların dinlenme alanları - Ekoloji eğitimi 	<ul style="list-style-type: none"> - Kültürel değerler (dini, tarihi veya arkeolojik değer) - Rekreasyon - Turizm (yürüyüş, balık tutma, kuş gözlemciliği, fotoğrafçılık ve avcılık) - Varoluş değerleri 	<ul style="list-style-type: none"> - Biyoçeşitlilik rezervuarları - Nadir ve nesli tükenmekte olan türler için habitat - Sulak alanların sulak alan işlevi; su kaynakları, su yutakları ve dönüştürücüler olarak hizmet etmesi ve su depolaması gibi işlevleri
	Buzullar	<ul style="list-style-type: none"> - Tüketim amaçlı su (miktar ve kalite) (içme, evsel kullanım, tarım ve endüstriyel kullanım) - Tüketim dışı kullanım amaçlı su (jeotermal ve enerji üretimi, tıbbi tedavi amaçlı kaplıcalar) - Su organizmaları 	<ul style="list-style-type: none"> - Erozyon ve sel kontrolü - İklim değişikliğinin azaltılması ve adaptasyonu (kuraklıktaki mekânsal değişkenliğe karşı tampon) 	<ul style="list-style-type: none"> - Rekreasyon (kaplıcalar, mineral kaplıcaları) - Tarihi/kültürel değer (kutsal kaynaklar) - Manevi bilgi ve bilgelik 	<ul style="list-style-type: none"> - Hidrolojik döngünün sürdürülmesi (su taşıyan tabakanın beslenmesi ve boşaltılması)
		<ul style="list-style-type: none"> - Tatlı su depolaması 	<ul style="list-style-type: none"> - İklim değişikliğinin azaltılması ve adaptasyonu (albedo - ısı ve güneş ışığının dünyadan yansımaları) 	<ul style="list-style-type: none"> - Eğitim ve bilgi (buz çekirdeklerinde korunan Dünya iklim tarihinin kaydı) 	<ul style="list-style-type: none"> - Mikrobiyal topluluk (algler, bakteriler ve küçük tüketiciler) için habitat - Genç kriller, penguenler ve foklar için beslenme alanı

*Apostolaki ve ark.,2019'a göre düzenlenmiştir.

4.3.4. Çayır (-Mera) Ekosistem Hizmetleri

FAO'ya göre, otlaklar dünya kara alanının %28'ini oluşturur ve bunun %63'ü Rusya Federasyonu, Avustralya, Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Kanada, Çin, Kazakistan ve Brezilya'da yoğunlaşmıştır (FAOSTAT , 2021). Çayır tanımları, dikkate alınan yönlere bağlı olarak farklılık gösterir. FAO (1990) çayırı "*çimlerle kaplı ve %2'den az ağaç veya çalı örtüsüne sahip arazi*" olarak tanımlamıştır. Uluslararası Bitki Örtüsü Sınıflandırması dört farklı çayır türü belirlemiştir: **tropikal çayırlar, Akdeniz çayırları, ılıman çayırlar ve yarı çöl çayırları** (Faber-Langendoen ve ark.,2016) . Allen ve ark.(2011) ise, çayırlarla ilgili net uluslararası iletişimi sağlamak için terimler ve tanımlar konusunda bir fikir birliği geliştirme amacıyla, küresel düzeyde birçok otlatma arazisi terimi tanımlamıştır. Bunlar arasında, mera arazisi, "*otlatma, kesme veya her ikisiyle hasat için getirilen veya yerli yem üretimine ayrılmış arazi (ve üzerinde büyüyen bitki örtüsü)*" olarak tanımlanmaktadır ve "*geniş anlamda otları, baklagilleri ve diğer otları içerecek şekilde yorumlanan bir bitki örtüsüne sahip, oluşturulmuş bir otlatma alanı ekosistemine atıfta bulunduğu çayırda eş anlamlıdır ve zaman zaman odunsu türlerin de mevcut olabilir*". Diğer tanımlar arasında, yazarların "yerel bitki örtüsünün ağırlıklı olarak ot, ot benzeri bitki, otlatılan veya otlatılma potansiyeli olan ot veya çalılardan oluştuğu ve otlayan hayvancılık ve yaban hayatı üretmek için doğal bir ekosistem olarak kullanılan bir arazi" olarak tanımladığı mera tanımları da mevcuttur. Keza doğal çayırları, savanları, çalılıkları, birçok çölü, bozkırları, tundraları, alpin toplulukları ve bataklıkları içerir (Pergola, ve ark.,2024). Allen ve ark.(2011) tarafından tanımlanan farklı çayır türlerinin tipolojileri ve tanımları aşağıda sunulmaktadır (Pergola ve ark.,2024);

- **Yıllık:** *Yem bitkileri her yıl yenilenir.*
- **Yetiştirilmiş:** *Yem bitkileri, periyodik tarımsal işlemler gören evcilleştirilmiş türlerle oluşturulmuştur.*
- **Kalıcı:** *Diğer kullanımları engelleyen sınırlayıcı faktörler (aşırı eğim, sığ toprak derinliği, çıkıntılı kayalıklik, taşlılık) nedeniyle süresiz veya sıklıkla hayatta kalabilen çok yıllık veya kendiliğinden tohumlanan yıllık yem bitkileri*
- **Gecici:** *Bitki örtüsü, yalnızca birkaç yıl tutulan yıllık, iki yıllık veya çok yıllık yem bitkilerinden oluşur*

- **Tanıtırılmış:** *Yem bitkileri türleri, esas olarak kendilerini kurmuş ve mevcut çevre ve yönetim koşullarında uzun süre varlığını sürdürmüş diğer coğrafi yerlerden getirilmiştir.*
- **Yarı doğal:** *Yerli veya doğal olarak oluşan otlar ve diğer otsu türlerin hakim olduğu yönetilen bir ekosistem.*

Çayırlar, bozkırlar, savanlar ve diğerleri dahil olmak üzere otlak habitatları, doğal otların baskın bitki örtüsü olduğu alanlar olarak tanımlanır. Çayır alanlarındaki tedarik hizmetleri, tüketim için bitki ve yabancı av hayvanları ile hayvan otlatma için yem içerir. Çayır habitatları, bağlama bağlı olarak atık asimilasyonu, karbon tutma ve su düzenleme hizmetleri sunabilir. Çayırlar, kültürel açıdan önemli kuş ve otlayan türler için önemli habitatlardır; özellikle tropikal savanlar, simgesel türleri ve nesli tükenmekte olan yaban hayatını desteklemeleriyle bilinir. Ayrıca ekoturizm için önemli destinasyonlar da olabilirler (IPIECA, 2011). Çayırlar, üç kategoriye (ekolojik, sosyokültürel ve ekonomik) ayrılabilen geniş bir yelpazede tedarik, destek, düzenleme ve kültürel ekosistem hizmeti sağlar (Pergola, ve ark.,2024). Bu otlak türlerinin her biri önemli tedarik, destek, düzenleme ve kültürel ekosistem hizmetleri (ES) sağlar, yani insanların otlak işlevlerinden elde ettiği faydalar . Geçmişte, otlaklar hayvanlar için yem üreten alanlar olarak insanların geçim kaynaklarında önemli bir rol oynamıştır. Günümüzde ise, hayvansal ürünlere olan artan talep, tarım arazilerinde yem üretimi ve iyileştirilmiş otlaklarla karşılanmaktadır . Çayırların yalnızca yerel bir öneme, biyolojik çeşitliliğin, tozlaşmanın ve gıda üretiminin korunmasına değil, aynı zamanda bölgesel (su ve erozyon düzenlemesi, rekreasyon, ilham) ve küresel ölçeklerde (iklim düzenlemesi) de sahip olduğu büyük ölçüde kabul edilmektedir(Bengtsson, ve ark., 2019; Pergola, ve ark.,2024).

Avrupa'ya bakıldığında, Tablo 7'de Avrupa'daki başlıca çayırılık tipolojilerinin işlevleri ve sağladıkları göreceli ekosistem hizmetleri rapor edilmektedir(Pergola ve ark.,2024).

Tablo 7. Avrupa çayırlarının ana tipolojilerinin sağladığı ES'ler (Pergola ve ark.,2024).

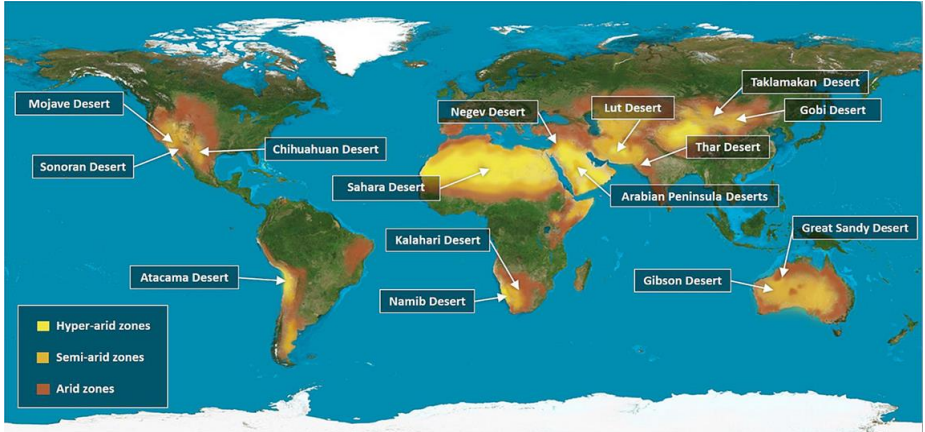
Avrupa Bölgesi	Çayır Türü	Sağlanan Ana Fonksiyonlar	Ekosistem Hizmetleri Kategorisi
İskandinav ülkeleri (Danimarka, Finlandiya, İzlanda, Norveç ve İsveç)	Doğal	hayvancılık üretimi	Tedarik
	Yarı doğal	otlatma, biyolojik çeşitliliğin korunması, manzaranın korunması	Tedarik Destekleme
	Yetiştirilmiş	yazın kış yemi sütü	Tedarik
Ilıman bölgeler (İrlanda, Birleşik Krallık, Fransa, Benelüks, Almanya, Çek Cumhuriyeti, Slovakya ve Polonya gibi)	Kalıcı	yem üretimi, biyolojik çeşitliliğin korunması, toprak erozyonunun kontrolü	Tedarik Destekleme Düzenleme
	Geçici	yem üretimi biyoçeşitliliğin korunması	Tedarik Destekleme
Akdeniz havzası	Doğal/ Yarı doğal	hayvancılık üretimi toprak erozyon kontrolü karbon tutulması biyolojik çeşitliliğin korunması peyzajın bakımı	

4.3.5.Çöl Ekosistem Hizmetleri

Kara alanlarının çöl olarak nasıl sınıflandırıldığına bağlı olarak çöller küresel kara yüzeyinin %13'ünü (Costanza ve ark., 2014), %20'sini (National Geographic, 2023a) veya %33'ünü (Alsharif ve ark., 2020) kaplayabilir (Chen ve Costanza,2024). Başlıca çöller Sahra, Arap Yarımadası, Batı Asya, Güneybatı Afrika, Orta ve Güney Avustralya, Arjantin, Güneybatı Amerika Birleşik Devletleri ve Kuzey Meksika'ya dağılmıştır (Keith ve ark., 2020). Çöller yalnızca önemli biyolojik çeşitliliğe (en çok tehlike altındaki türlerden bazıları dahil), jeoçeşitliliğe ve ekosistem hizmetlerine (ES) ev sahipliği yapmakla kalmaz, aynı zamanda en yoksul ve en dışlanmış insanlardan bazıları da dahil olmak üzere küresel nüfusun %6'sına da ev

sahipliği yapar (UN, 2010; Chen ve Costanza,2024). Bunların işlevlerini, küresel rollerini ve değerlerini anlayıp sürdürülebilir bir şekilde yönetmek kritik önem taşımaktadır (Chen ve Costanza,2024).

Çöl ve yarı kurak habitatlar, düşük ortalama yağış miktarı, yüksek buharlaşma oranları ve yüksek ortalama sıcaklıklarla karakterize edilir. Çöl ve kurak alanlardaki tedarik hizmetleri arasında yiyecek (örneğin yabani av hayvanları, bitkiler ve meyveler), tatlı su (genellikle sınırlı ve değerli) ve hayvancılık için otlatma alanı bulunur. Çöl bitkileri, erozyon kontrolü şeklinde düzenleyici bir hizmet sunar. Atık asimilasyonu da çöl alanlarında önemli bir düzenleyici hizmettir. Çöller ve kurak alanlar, aslanlar, antiloplar ve büyük yırtıcı kuşlar gibi bir dizi simgesel ve kültürel açıdan önemli türün yanı sıra Baobab gibi ağaçlara da ev sahipliği yapar. Bazı çöl alanları doğa temelli turizm için önemliyken, diğerleri yerel halk için önemli manevi ve kültürel değere sahiptir (IPIECA, 2011).



Şekil 9. Başlıca küresel çöllerin konumları (Cherlet ve ark., 2018).

Çöllerin başlıca tipleri arasında sıcak ve kuru çöller, yarı kurak çöller, kıyı çöller ve soğuk çöller yer alır (Şekil 9-10). Çöllerin iklimi, coğrafyası ve ekosistemlerindeki farklılıklar, çöllerin farklı algılanmasına ve yorumlanmasına yol açabilir ve bu da çöllerini kesin olarak tanımlanması nispeten zor bir biyom haline getirir (Cioruța ve Coman, 2020). Bununla birlikte, çöller tipik olarak "suyun biriktiği çöküntüler dışında, seyrek bitki örtüsüne sahip kurak manzaralardan oluşur. Kumlu, taşlı veya kayalık alt tabaka, araziye bitki örtüsünden daha fazla katkıda bulunur (IUCN, 2012).



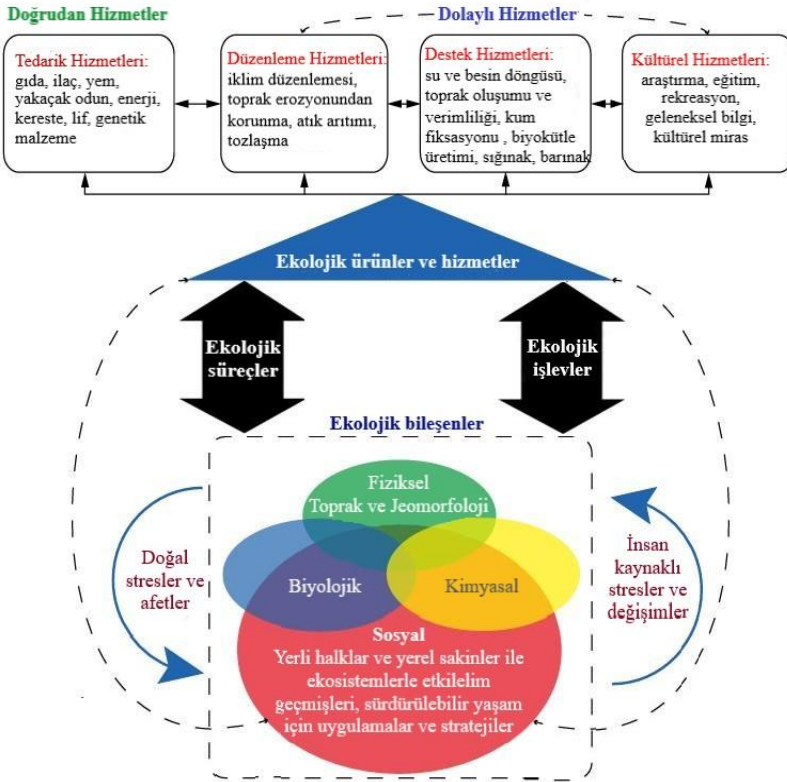
Şekil 10. Çöl kategorileri (Cioruța ve Coman, 2020'den).

Çöller kırılgan olmalarına ve düşük verimlilik seviyelerine sahip olmalarına rağmen, sürekli bulunabilirlikleri rasyonel arazi yönetimi uygulamalarının benimsenmesine bağlı olan çeşitli mal ve hizmetler sağlarlar (Bidak ve ark.,2015). Çöller, hem yerel halkın hem de çevredeki diğer toplulukların taleplerini karşılayabilen birçok fayda sağlar. Bu faydalar arasında su, gıda temini, ilaç ve hammaddeler bulunur. Ancak bu biyomun sağladığı hizmetler ve mallar hakkında mevcut bilgiler parçalıdır. Sonuç olarak çöller, ekosistem değerlendirme çalışmalarının çoğunda göz ardı edilmiştir (De Groot ve ark., 2012). Çöl ekosistemlerinin önemli bir bileşeni bitki örtüsüdür . Yapısı ve dinamikleri ekosistem hizmetlerinin sağlanmasını kontrol eder (Havstad ve ark., 2007 ; Bidak ve ark.,2015).

Tablo 8. Ekosistem Hizmetleri Değerleme Veritabanından (<https://www.esvd.info/>) derlenen Çöl ES'lerinin birim değerleri (Chen ve Costanza,2024).

Ekosistem Hizmetleri	En düşük değer (\$/ha/yıl)	En yüksek değer(\$/ha/yıl)	Ortalama değer(\$/ha/yıl)
Hammadde tedariki	6	139	37
İçme suyu için yüzey suyu	23	3.542	563
Toprak verimliliğinin korunması	1	1241	621
Genetik çeşitliliğin sürdürülmesi	36	36	363
Varoluş ve miras	0,03	85	15

Çöllere, diğer tüm doğal ekosistemler gibi, insan refahını ve hayatta kalmasını destekleyen çok sayıda hizmet ve mal sağlar. Çöllere elde edilen faydalar yalnızca orada yaşayan yerel toplumların ihtiyaçlarını karşılamakla kalmaz, aynı zamanda çevredeki kentsel ve banliyö toplumlarının ihtiyaçlarını da destekler. Bu faydalar arasında diğerlerinin yanı sıra yiyecek, barınak, ilaç ve çok sayıda hammadde kaynağı sağlanması yer alır. Birçok kişi için çöllere uzak, yaşanmaz, erişilemez, değersiz alanlar olarak kabul edilir; ancak bu ekosistemler binlerce yıldır büyük Bedevi nüfuslarını ve göçebe toplumları desteklemiştir. Çöl ekosistemlerinin değeri, bu ekosistemlerin yerel sakinlere sunduğu mal ve hizmetlerin belirlenmesiyle vurgulanabilir. Bu ekosistemlerin sağladığı mal ve hizmetler hakkında mevcut bilgiler iyi belgelenmemiştir (Bidak ve ark., 2015).



Şekil 11. Geleneksel bilgi, çöl ekosistemlerinin bileşenlerinin bir parçasını oluşturur ve yerel halkın ekosistemin farklı bileşenleriyle etkileşimi sonucu gelişimi (Bidak ve ark. 2015'ten uyarlanmıştır ; Roué ve ark.,2017'den alıntılanmıştır).

Bu durum, birçok ekosistem değerlendirme çalışmasında çöllerin ihmal edilmesine yol açmıştır. Çöl ekosistemlerinde bitki örtüsünün diğer doğal ekosistemlere kıyasla düşük olduğu düşünülse de, yerel toplulukların geçim kaynaklarının bağlı olduğu önemli bir bileşendir. Mevcut çalışmanın sonuçları (Şekil 11) çöl ekosistemlerinde yaşayan türlerin, özellikle de yerel bitki türlerinin, çok sayıda doğrudan ve dolaylı hizmet sağladığını ortaya koymuştur (Roué ve ark., 2017).

4.3.6. Dağ Ekosistem Hizmetleri

Dağ habitatları burada yüksek rakımlı (dağlık, subalpin ve alpin) otlaklar ve çalılıklar olarak tanımlanır (dağ ormanları Orman habitatı kategorisine girer). Dağ habitatlarından sağlanan tedarik hizmetleri arasında önemli tatlı su kaynaklarının yanı sıra kereste, yabancı av hayvanları, fındık, çilek ve diğer yabancı yiyecekler bulunur. Dağ habitatları, su akışlarının (örneğin buzullar ve kar erimesi), hava kalitesinin (ve hava hareketinin) düzenlenmesi ve karbon tutulması gibi düzenleyici hizmetler sunar. Dağlar, önemli rekreasyon alanlarıdır ve yürüyüş, kar sporları ve yaban hayatı gözlemciliği önemli kültürel aktiviteler olarak değerlendirilir. Birçok dağ, yerel halk için manevi öneme sahiptir ve bazıları kültürel açıdan önemli yerler olarak küresel öneme sahiptir. Dağ habitatları, geyik, ayı, dağ aslanı, kartal ve diğer nadir ve nesli tükenmekte olan türler gibi çok çeşitli simgesel türlere ev sahipliği yapar (IPIECA, 2011).

Tasser ve ark., (2020) genel olarak dağ ekosistemlerinin 19 hizmetini belirlemiştir (Şekil 12, Tablo 9). Tüm bu ES'leri ölçmek mümkün olmadığından, dağ *meraları*: mera ve yem üretimi (yem miktarı ve kalitesi ile gösterilir), iklim üzerindeki olumlu etki (karbon depolaması ile gösterilir), estetik ilham (renk bolluğu), tozlaşan böcekler için habitatlar (tozlayıcılar için besin kaynakları) ve biyoçeşitliliğin korunması (bitki çeşitliliği) (Pauler, ve ark.,2025; Tasser ve ark.,2020).

Tablo 9. Hedef değişkenler. Tasser ve diğerlerine (2020) dayalı ekosistem hizmetleri (ES) terminolojisi (Tasser ve ark.,2020; Pauler ve ark.,2025).

Ekosistem hizmet türü	Ekosistem hizmeti	Ekosistem göstergesi	Ölçüldüğü gibi
ES Tedarik	Mera ve yem üretimi	Yem miktarı	Otlatma mevsimi boyunca büyüyen bitki biyokütlesi kuru maddesi
		Yem kalitesi	Sindirilebilir organik madde yüzdesi
ES'yi Düzenleme	İklim üzerinde olumlu etki	Karbon depolama	Toprak organik karbon stoğu
Kültürel ES	Estetik ilham	Renk bolluğu	Renkli çiçekli bitki türlerinin bolluk yüzdesi
ES'yi Desteklemek	Tozlaşma yapan böcekler için yaşam alanı sağlamak	Tozlayıcılar için besin kaynakları	Polen ve nektarın çiçek ödülü göstergesinin örtü ağırlıklı ortalaması
	Biyçeşitliliğin korunması	Bitki çeşitliliği	25 m ² başına vasküler bitki türü sayısı



Şekil. Dağların Ekosistem Faydaları (NATURVÅRDSVERKET ,2018)

Şekil 12. Dağ ekosistemlerinin sunduğu ekosistem hizmetleri (Web1-Naturvardsverket'den değiştirilerek)

4.3.7.Kutup/Buzul Ekosistem Hizmetleri

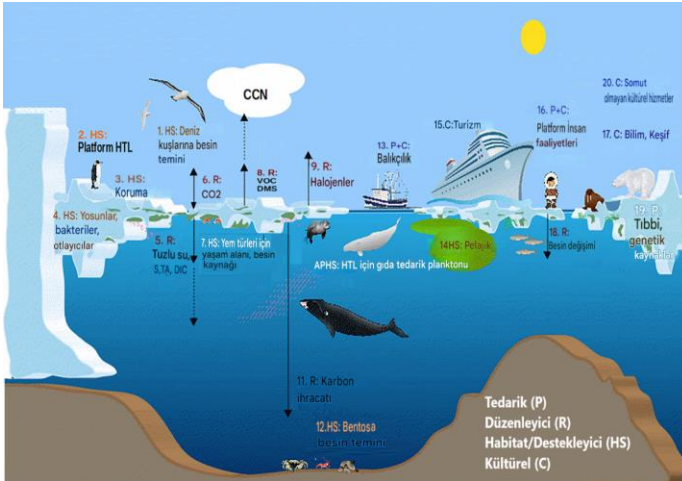
Mevsime bağılı olarak yaklaşık 6-16 milyon km² (Arktik) ve 4-19 milyon km² (Güney Okyanusu) deniz buzuyla kaplıdır , deniz buzu Dünya'daki en büyük ve en dinamik yüzey biyomlarından birini temsil eder (Arrigo, 2014 ; Steiner ve ark., 2021). Kutup habitatları, Kuzey ve Güney kutuplarını çevreleyen bölgelerde bulunur. Bu habitatların sağladığı tedarik hizmetleri (lütfen "tedarik hizmetleri" yerine "ekosistem hizmetleri"nin bir alt başlığı olarak kullanıldığını varsayalım, eğer "tedarik" kastınız buysa) arasında balık, ren geyiği, fok, deniz kuşları, likenler (likenler yosun değildir, "ren geyiği yosunu" aslında bir likenidir), turba (yakıt olarak) ve yerel topluluklar tarafından toplanan meyve ve mantarlar yer alır (Şekil 13). Ayrıca, inşaat malzemeleri ve tatlı su kaynakları da bu bölgelerdeki önemli tedarik hizmetlerindedir. Kutup habitatlarındaki düzenleyici hizmetler diğer ekosistemlere kıyasla daha az belirgin olabilir, ancak karbon tutulumu, arazi yüzeyi stabilitesi, su filtrasyonu ve atık özümleme gibi kritik süreçleri içerir(Steiner ve ark., 2021).

Kültürel hizmetler ise geleneksel yaşam tarzlarının yanı sıra kutup ayıları, penguenler ve kutup sularında mevsimsel olarak görülen çeşitli nesli tükenmekte olan deniz memelileri gibi ikonik türleri kapsar (IPIECA, 2011). Deniz buzu ekosistemi ve onunla bağlantılı sistemler, dört ekosistem hizmeti kategorisinin tamamını destekler. Deniz buzu ekosistemleri, ekolojik ve biyolojik açıdan önemli deniz alanları kriterlerini karşılar. İklim değişikliğine yol açan küresel emisyonlar, doğrudan deniz buzu ekosistemlerinin ve bunların sağladığı hizmetlerin kaybıyla ilişkilidir. Bu nedenle, deniz buzu ekosistemlerinin deniz koruma alanı planlamasında özel olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Steiner ve ark., 2021).

Deniz buzu, sıvı tuzlu su, yoğun tuzlar ve buz yapısı içinde hapsolmuş gaz kabarcıklarından oluşan çok fazlı bir ortamdır. İçindeki tuzlu su kanalları ve gözenekler, virüslerden bakterilere, mantarlara, alglerden otçul mikroorganizmalara kadar çeşitli mikrobiyal yaşam formları için habitat oluşturur. Bu türlerin bir kısmı deniz buzuna özgü (buza bağımlı) iken, diğerleri bentik (deniz tabanı) veya pelajik (açık su) yaşam evrelerine sahiptir. Deniz buzu habitatını kullanmak, benzersiz evrimsel adaptasyonlar gerektirir. Sonuç olarak, bu habitatlar dünyanın başka hiçbir yerinde bulunmayan türlere ev sahipliği yaparak küresel biyolojik çeşitliliğe benzersiz bir katkıda bulunur.

Dinamik bir ara yüzey olarak deniz buzu, küresel okyanusu atmosferden ayırmak yerine, bu iki sistemi birbirine bağlayan kritik bir köprü işlevi görür (Arrigo, 2014; Steiner ve ark., 2021). Kutup bölgelerindeki çevresel değişimin hızı ve büyüklüğünün, özellikle yüksek emisyon senaryosunda 21. yüzyılın ikinci yarısında yoğunlaşmasının öngörülmesiyle, deniz buzunun sağladığı ekosistem hizmetlerinin de değişmesi muhtemeldir (Steiner ve ark., 2021). Şekil 13'de sunulduğu üzere kutuplarda ES açısından, 3 ana bileşeni tanımlanabilir:

- (1) deniz buzu ekosistemlerinin alt trofik seviyeleri, deniz buzu içinde yaşar ve daha yüksek trofik seviyedeki, hasat edilen türler için besin zincirinin temelini oluşturur ve ayrıca karbon ihracına ve temel besin döngüsüne katkıda bulunur;
- (2) otlayanları ve yırtıcıları desteklemek için yüzen bir yaşam alanı olarak deniz buzu, yani pelajik ve bentik türler için bir sığınak ve kreş sağlamanın yanı sıra bazı daha yüksek trofik türler için üreme ve dinlenme platformu; ve
- (3) deniz buzu, insan geçim kaynakları, kültürel uygulamalar, turizm, bilim ve diğer tedarik ve kültürel kullanımlar için bir destek ve platform olarak (Steiner ve ark., 2021).

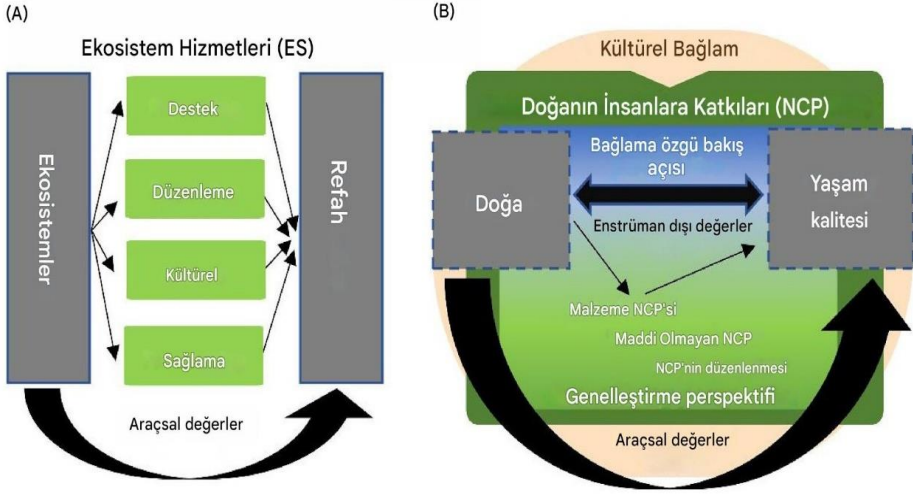


Şekil 13. Deniz buzu ekosistem hizmetlerinin temel örnekleri. Kutup deniz buzu ekosistemleri tarafından sağlanan tedarik (P), düzenleyici (R) habitat/destekleyici (H) ve kültürel (C) ekosistem hizmetlerine örnekler: (1) Daha yüksek trofik seviyedeki türlere ve deniz kuşlarına besin temini; (2) Daha yüksek trofik türlerin doğumu ve

yenidoğan bakımı için platform; (3) Buza adapte olmuş türler için yırtıcılardan koruma; (4) Sempajik algler, bakteriler, otlayıcılar (buz, eriyik göleti, sulu kar toplulukları) için habitat; (5) Tuz (S), toplam alkalinite (TA), çözülmüş inorganik karbon (DIC) ihraç eden tuzlu su drenajı; (6) CO₂ değişimi; (7) Önemli yiyecek arayan türler (amfipodlar, Antarktika krili, Arktik morinası) için habitat ve besin temini; (8) Uçucu organik bileşikler (VOC) ve dimetilsülfür (DMS) dahil olmak üzere bulut yoğunlaşma çekirdekleri (CCN) için aerosol öncüllerinin emisyonu; (9) Don çiçekleri ve kar yoluyla halojen oksidasyonu; (10) Daha yüksek trofik seviyedeki türler (balıklar, foklar, balinalar) için besin temini; (11) (Derin) okyanusa karbon ihracatı; (12) Bentik türlere besin temini; (13) Balıkçılık ve hasat; (14) Pelajik fitoplanktonlara besin temini; (15) Turizm; (16) İnsan taşımacılığı ve geçimlik hasat platformu; (17) Manevi bağlantı ve ilham, bilim ve keşif; (18) Besin değişimi; (19) Tıbbi ve genetik kaynaklar; ve (20) kıyı topluluklarını deniz buzuna bağlayan manevi deneyim ve yerli ve yerel bilgi gibi tüm maddi olmayan kültürel hizmetler (Steiner ve ark., 2021'den).

4.3. Ekosistem Hizmetlerinde Değerleme ve Tartışmalar

İnsanlar, yiyecek ve barınaktan kutsal alanlara ve diğer kültürel ihtiyaçlara kadar çok sayıda toplumsal talebi karşılamak için uzun zamandır arazileri yönetmektedir (Ellis, 2015). Şimdi, Dünya'nın karasal yüzeyinin dörtte üçünden fazlası tarım ,ormancılık ve yerleşimler yoluyla klasik insan ihtiyaçlarının bir kombinasyonunu karşılamak üzere yönetilirken (Venter ve ark.,2016) araziler giderek daha fazla bir çeşitli ilave hizmetleri için kullanılmak istenmektedir; bunların çoğu daha önce yönetilmeyen araziler olup; yaban hayatı habitatından sel kontrolüne, su arıtmaya , tozlaşma hizmetlerine, bitki örtüsünde ve topraklarda karbon emisyonlarının tutulmasına ve biyolojik çeşitlilik kayıplarının önlenmesine (Şekil 14) kadar birçok katkı sunar (Watson ve ark.,2019; Ellis ve ark.,2019). ES'de ekosistemler, genellikle olumlu bir şekilde, ölçüm, parasallaştırma, piyasa sistemleri içinde değişim ve vergiler, sübvansiyonlar ve diğer ekonomik teşvik planları (örn. PES) gibi mevcut politika araçlarına pazarlık ve entegrasyon yoluyla uygun görülen ayrı ES türlerinin 'akışları' aracılığıyla insan refahıyla bağlantılıdır (Ellis ve ark.,2019).



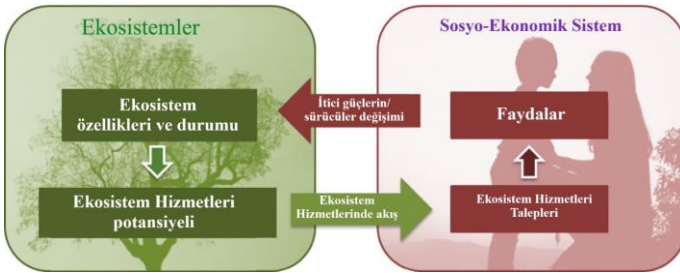
Şekil 14. (a) Ekosistem Hizmetlerinden (ES); (b) Doğanın İnsanlara Katkılarına (NCP); kadar ki Çerçeveseler (Ellis ve ark.,2019).

Değerler, insan inançlarını, davranışlarını ve kararlarını rasyonelleştiren standartlardır ve sıklıkla biyolojik ve sosyoekonomik ihtiyaçları kapsar (Schwartz, ve Bilksy,1987). Değer sistemleri, ekoloji ve sosyolojiyi birbirine bağlamak için kavramsal bir köprü sağlayabilir; bu nedenle, antropojenik aktivitenin beklenmeyen sonuçlarını belirlemek ve insan-doğal sistemler ve adil enerji geçişi hedefleriyle ilgili kararların sosyoekolojik etkilerini ölçmek için yararlı olabilirler (Carpenter ve ark.,2009; Grodsky ve ark.,2020).

Ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesi, doğa ile toplum arasındaki çok katmanlı ilişkilerin sistematik biçimde analiz edilmesini gerektirir. Değerleme kavramı, yalnızca ekonomik değil; etik, kültürel ve sosyo-ekolojik boyutları da kapsayan çok disiplinli bir süreçtir. Değerler, bireylerin inançlarını, davranışlarını ve kararlarını şekillendiren temel normatif ilkeler olup (Schwartz ve Bilksy, 1987), ekolojik karar süreçlerinde hem bireysel hem kolektif düzeyde rehberlik eden unsurlar arasında yer alır. Dolayısıyla ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesi, insan-doğa etkileşiminin yalnızca ekonomik bir analiz değil, aynı zamanda sosyal adalet, etik sorumluluk ve sürdürülebilirlik ilkeleri çerçevesinde yeniden tanımlanmasını sağlar. Bu yönüyle ekosistem hizmetleri, ekoloji, ekonomi, etik ve politika disiplinlerini birleştiren bütüncül bir düşünme biçiminin merkezinde yer almaktadır (Carpenter ve ark., 2009; Grodsky ve ark., 2020).

Ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesi, uluslararası düzeyde standardizasyon gerektiren bir alandır. Bu kapsamda geliştirilen Ortak Uluslararası Ekosistem Hizmetleri Sınıflandırması (CICES v5.1), ekosistem muhasebesi, haritalama ve değerlendirme süreçlerinde en yaygın kullanılan referans sistemlerinden biridir (Haines-Young ve Potschin, 2018). Birleşmiş Milletler İstatistik Bölümü (UNSD), Dünya Bankası ve Avrupa Çevre Ajansı (EEA) tarafından oluşturulan bu sistem, ekosistem hizmetlerine ilişkin verilerin hiyerarşik bir yapıda toplanmasını sağlayarak, farklı ekosistem türleri ve hizmet kategorileri arasında uluslararası karşılaştırılabilirlik imkânı sunar. Bu yaklaşım, ekosistemlerin sunduğu faydaların hem biyofiziksel hem ekonomik olarak ölçülebilmesini ve ulusal hesap sistemleriyle bütünleştirilebilmesini sağlamıştır.

Ekosistemler ve toplum, bir Sosyal-Ekolojik Sistem içinde yakından bağlantılıdır . Ekosistemden topluma doğru akış, ES arzı yoluyla sağlanır. Sisteme geri akış ise, toplumun ekosistem üzerindeki itici güçler ve yönetim tarafından oluşturulan etkisidir. Sistem içindeki her adım, doğal sermayemizin toplam stoğu veya canlı kısmı olan biyoçeşitlilikle ilişkilidir. Sistemin kendi kendini düzenleme kapasitesini ve dayanıklılık veya uyum gibi biyoçeşitlilik dinamiklerinin tutumlarını belirler (Schneiders ve Müller, 2017) . Ekosistem hizmetleri hesapları, ekosistemlerden sosyo-ekonomik sistemlere bir işlem olarak anlaşılan hizmetin gerçek akışına odaklanır (Şekil 15). Bu anlamda, ekosistemlerin ve sosyo-ekonomik sistemlerin farklı bileşenleri, hizmetin gerçek akışını değerlendirmek ve zaman içindeki değişiklikleri anlamak için temeldir (Hein ve ark., 2016).



Şekil 15. Ekosistem hizmetlerinin değerlendirme yönleri (Syrbe ve ark., 2017 ; Vallecillo ve ark.,2019'den değiştirilerek).

Ekosistemlerin, insanların talebinden bağımsız olarak sağlayabileceği hizmet miktarı (yani, ES potansiyeli), genellikle dikkate alınan hizmetle ilgili olduğu kabul edilen ekosistemin özellikleri ve koşullarına dayanarak değerlendirilir (Şekil 15). Bir ES akışı, ekosistemleri sosyo-ekonomik sistemlere bağlayarak nihayetinde faydalar üretir. Bununla birlikte, sosyo-ekonomik sistemlerden türetilen değişim itici güçleri, ekosistemlerin özelliklerini ve koşullarını değiştirerek de etki eder (Şekil 15). Ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesi, ekonomik analizlerin ötesinde, ekolojik süreçlerin bütüncül anlaşılmasını gerektirir. TEEB (2010) raporlarında da vurgulandığı üzere, ekosistemlerin ve biyoçeşitliliğin değerlendirilmesi, farklı değer sistemlerini ve kültürel normları dikkate alan çok boyutlu bir çerçeve gerektirir. Bu çerçevede, doğa yalnızca piyasa değeri üzerinden değil; kültürel, estetik, manevi ve ekolojik değerler üzerinden de değerlendirilmelidir. Parasal değerlendirme, özellikle ölçülebilir hizmetler —örneğin karbon tutma, su arıtma, sel kontrolü, odun üretimi— için uygun olsa da, kültürel veya manevi hizmetler için çoğu zaman yetersizdir. Bu nedenle, bağlama uygun bir değerlendirme yaklaşımı benimsemek, doğanın çok boyutlu işlevselliğini daha doğru biçimde yansıtır.

Ekosistem hizmetlerinin ekonomik değerlendirilmesi, piyasa fiyatı, piyasa dışı değerlendirme ve değer transferi yöntemleriyle yapılmaktadır (Nugroho ve ark., 2022). Piyasa fiyatı yöntemi, doğrudan ticareti yapılan ürünlerin ekonomik değerini belirlerken; seyahat maliyeti, hedonik fiyatlandırma ve koşullu değerlendirme gibi piyasa dışı yöntemler, doğrudan fiyatlandırılmayan ekosistem hizmetlerinin parasal değerini tahmin etmeye yöneliktir. Değer transferi ise bir bölgede yürütülmüş değerlendirme çalışmalarının bulgularının benzer ekolojik ve sosyoekonomik koşullara sahip diğer bölgelere uygulanması prensibine dayanır. Bu yöntemler, özellikle geniş ölçekli analizlerde ve veri sınırlılığı olan bölgelerde faydalı araçlardır (Tablo 10).

Ancak ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesi yalnızca ekonomik araçlarla sınırlı tutulmamalıdır. Sosyo-kültürel değerlendirme, bireylerin ve toplulukların doğa ile kurduğu ilişkileri anlamada eşsiz bilgiler sunar (Raymond ve ark., 2013). Katılımcı yöntemler, anlatısal yaklaşımlar, tercih anketleri veya kolektif karar alma platformları, ekosistem hizmetlerine ilişkin algı, değer ve öncelikleri daha kapsamlı biçimde ortaya koyar. Bu yöntemler,

özellikle kültürel miras, manevi değerler ve kimlik temsili gibi konularda parasal göstergelerin ötesinde bir anlayış kazandırır (Lin ve ark., 2017).

Ekosistem hizmetlerinin parasal birimlerle ifade edilmesi, doğanın özelleştirilmesi veya metalaştırılması anlamına gelmez. Çoğu ekosistem hizmeti kamusal mal veya ortak havuz kaynağı niteliği taşır (Daly, 1998). Dolayısıyla, parasal değerlendirme araçları, doğanın ekonomik bir piyasa nesnesi haline gelmesinden ziyade, ekosistemlerin görünmeyen ekonomik katkılarını karar süreçlerinde görünür kılmak amacı taşır (Costanza, 2006; Monbiot, 2012). Bu anlamda, değerlendirme süreci, doğanın sağladığı faydaların “sıfır fiyat” algısından kurtarılmasına ve ekolojik kararların ekonomik rasyonaliteyle desteklenmesine hizmet eder (Farley ve Costanza, 2010). Değerleme süreci, bir hedefe ulaşmak için yapılan fayda–maliyet uzlaşmalarının analizine dayanır (Farber ve ark., 2002). Bu bağlamda, her çevresel karar, ister açık ister örtük biçimde, bir değerlendirme eylemidir (Costanza ve ark., 2011). Ekosistem hizmetlerinin insan refahına göreli katkısının belirlenmesi, doğa–insan etkileşimlerinin anlaşılmasında temel bir gerekliliktir (MEA, 2005; Costanza ve ark., 1997). Costanza ve ark. (2014), insan refahının dört sermaye bileşeni —doğal, beşeri, sosyal ve inşa edilmiş sermaye— arasındaki etkileşimler üzerinden şekillendiğini ortaya koymuştur. Bu çerçevede doğa, diğer üç sermaye biçimiyle etkileşimde bulunduğu ekosistem hizmetleri biçiminde fayda üretir. *Dolayısıyla doğanın sunduğu hizmetler doğrudan “akışlar” değil, toplumsal sistemler ve altyapılar aracılığıyla insan refahına dönüştürülen karmaşık süreçlerdir.*

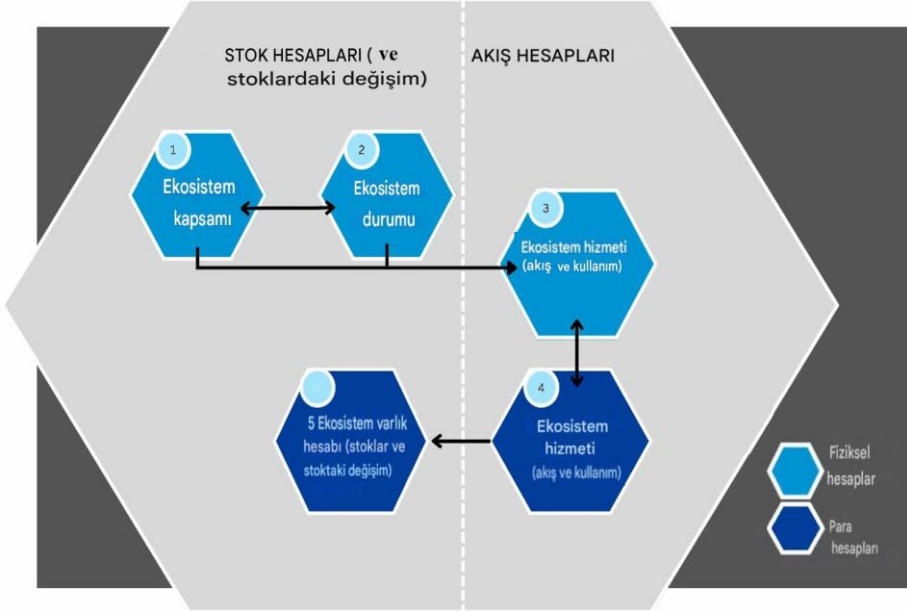
Değerlemenin teorik çerçevesi, ekosistem hizmetlerinin insan refahına katkısının dört temel bileşenle ilişkilendirilmesini gerektirir: arz, teslimat, refaha katkı ve değer (Tallis ve ark., 2012; Balvanera ve ark., 2017). Arz, bir ekosistemin belirli bir hizmeti üretme kapasitesini temsil ederken; teslimat, bu hizmetin topluma gerçekten ne kadar ulaştığını gösterir. Refaha katkı, ekosistem hizmetinin yaşam kalitesi, sağlık ve güvenlik üzerindeki etkilerini yansıtır; değer ise, bu hizmetin toplum tarafından algılanan önemini ve toplumsal öncelikler içindeki yerini tanımlar. Bu bileşenler arasında karşılıklı geri bildirim döngüleri bulunur. Tersini durumda, doğa temelli çözümlerle sağlanan iyileşmeler toplumsal değer algısını güçlendirebilir ve koruma politikalarına desteği artırabilir (Díaz ve ark., 2015). Ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesinde, doğal sermaye muhasebesi kavramı giderek önem

kazanmaktadır. Birleşmiş Milletler’in geliştirdiği SEEA–EA (System of Environmental-Economic Accounting–Ecosystem Accounting) çerçevesi, ekosistem varlıklarının kapsamı, durumu ve sağladıkları hizmetlerin hem biyofiziksel hem de parasal birimlerle değerlendirildiği uluslararası bir standarttır (UNCEEA, 2021). Bu sistem, ekosistem stokları (doğal varlıklar) ve akışlarını (hizmetler) bütüncül biçimde analiz ederek, ekosistemlerin zaman ve mekân ölçeğinde ürettikleri değeri ortaya koyar (De Valck ve ark., 2023). SEEA-EA’nın en önemli katkılarından biri, çevresel stokların ekonomik göstergelerle ilişkilendirilmesini sağlayarak, doğanın ekonomik planlama süreçlerinde “hesap verebilir” bir bileşen haline gelmesidir (Şekil 16). Avrupa Birliği’nde yürütülen ekosistem hizmet hesapları, doğa temelli rekreasyon, karbon tutma, su arıtma ve toprak verimliliği gibi hizmetlerin parasal değerini ortaya koymuştur. AB genelinde doğa temelli rekreasyon faaliyetlerinden yıllık yaklaşık 50 milyar avro değerinde ekonomik katkı sağlandığını, bu değerın 2000 yılından itibaren %26 oranında arttığını bildirmiştir. Bu sonuçlar, doğa temelli ekonominin Avrupa çevre politikalarında temel bileşen haline geldiğini göstermektedir. (Vallecillo ve ark., 2019).

Tablo 10. ES göstergeleri “doğanın değerinin nicel ölçütleri” olarak yararlıdır (Russi ve ark.,2013).

Ekosistem Hizmeti	Ekosistem Hizmet Göstergesi
Tedarik Hizmetleri	
Gıda: Sürdürülebilir şekilde üretilen/hasat edilen ürünler, meyveler, yabani meyveler, mantarlar, kuruyemişler, çiftlik hayvanları, yarı evcil hayvanlar, av hayvanları, balıklar ve diğer su kaynakları vb.	Sürdürülebilir [organik] kaynaklardan elde edilen bitkisel üretim (ton ve/veya hektar) Sürdürülebilir [organik] kaynaklardan elde edilen hayvancılık (ton ve/veya hektar). Sürdürülebilir [organik] kaynaklardan elde edilen balık üretimi (ton canlı ağırlık) (örneğin, güvenli biyolojik sınırlar içinde yakalanan balık stoklarının oranı)
Su miktarı	Toplam tatlı su kaynakları (milyon m ³)
Hammaddeler: Sürdürülebilir şekilde üretilen/hasat edilen yün, deri, post, bitkisel lif (pamuk, saman vb.), kereste, mantar vb.; Sürdürülebilir şekilde üretilen/hasat edilen yakacak odun, biyokütle vb.	İnşaat için kereste (doğal ve/veya sürdürülebilir yönetilen ormanlardan elde edilen milyon m ³)
Düzenleme hizmetleri	
İklim/iklim değişikliği düzenlemesi: karbon tutma, sıcaklık ve yağışın korunması ve kontrolü	Toplam tutulan/depolanan karbon miktarı = hektar başına tutma/depolama kapasitesi x toplam alan (Gt CO ₂)
Aşırı olayların azaltılması: sel kontrolü, kuraklığın azaltılması	Zararlı doğal afet sayısındaki eğilimler Olay olasılığı

Su düzenlemesi: yüzeysel suyu akışının düzenlenmesi, akifer beslenmesi vb.	Bir ekosistemin sızma kapasitesi/oranı (örneğin, su miktarı/yüzeysel alanı) - birim alan/zaman başına hacim Toprak suyu depolama kapasitesi (mm/m) Taşkın yatağı su depolama kapasitesi (mm/m)
Su arıtma ve atık yönetimi: besin maddelerinin ve kirleticilerin ayrıştırılması/tutulması, su kütlelerinin ötrofikasyonunun önlenmesi vb.	Sulak alanlar tarafından besin maddelerinin uzaklaştırılması (ton veya yüzde) Su ekosistemlerindeki su kalitesi (tortu, bulanıklık, fosfor, besin maddeleri vb.)
Erozyon kontrolü: besin maddelerinin ve toprak örtüsünün korunması ve erozyonun olumsuz etkilerinin önlenmesi (örneğin, toprağın fakirleşmesi, su kütlelerinin artan sedimentasyon seviyesi)	Arazi kullanım türüne göre toprak erozyon oranı
Kültürel ve sosyal hizmetler	
Peyzaj ve doğal güzellik değerleri: ekosistemin doğal güzellikleri, kültürel çeşitlilik ve kimlik, manevi değerler, kültürel miras değerleri vb.	Yerleşim yeri sakinlerinin sayısı ve gayrimenkul değerlerindeki değişimler
Ekoturizm ve rekreasyon: yürüyüş, kamp, doğa yürüyüşleri, koşu, kayak, kano, rafting, amatör balıkçılık, dalış, hayvan gözlemciliği vb.	Yıllık alan ziyaretçi sayısı Doğa turizmi miktarı
Kültürel değerler ve ilham verici hizmetler, örneğin eğitim, sanat ve araştırma	Bir alanda düzenlenen toplam eğitim gezisi sayısı, alanları ve çevresini konu alan TV programı, çalışma, kitap vb. sayısı, Bilimsel yayın ve patent sayısı



Şekil 16. Kullanımları, kullanıcıları ve faydaları anlamak için SEEA-EA çerçevesi (UN, 2021; de Valck ve ark.,2023).

Ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesi, yalnızca bilimsel bir faaliyet değil, aynı zamanda yönetim ve etik bir zorunluluktur. Kumar

(2012), ekosistem değerlendirmelerinin mekânsal ve zamansal bağlama duyarlı, senaryo temelli ve paydaş katılımını içeren bir yapı içinde yürütülmesi gerektiğini vurgulamıştır. Bu yaklaşım, belirsizliklerin azaltılmasını, risk analizinin güçlendirilmesini ve karar alma süreçlerinde şeffaflığın artırılmasını sağlar. Ayrıca, farklı paydaşların (kullanıcılar, sağlayıcılar, etkilenen gruplar) rollerinin açık biçimde tanımlanması, ekosistem hizmetlerinin adil paylaşımı açısından kritik önemdedir.

Ekosistem hizmetlerine ve biyoçeşitliliğe parasal açıdan değer biçmek karmaşık ve tartışmalı olabilir. Biyoçeşitlilik, yerelden küresel düzeye kadar birçok hizmet sunarken, biyoçeşitlilik kaybına verilen tepkiler duygusal olandan faydacı olana kadar değişmektedir. Aynı zamanda, birçok ekonomik değerlemenin temelini oluşturan doğa bilimi hala yeterince anlaşılmamıştır. Bununla birlikte, hem ekonomi hem de etik, biyoçeşitlilik ve ekosistem hizmetlerinin değerlerine daha sistematik bir şekilde dikkat edilmesini gerektirmektedir. Değerleme metodolojisinde önemli ilerleme kaydedilmiştir ve bu süreç, özellikle yerel ölçekte birçok ekosistem hizmeti için tartışmasız olmalıdır. Bir ekosistem hizmeti perspektifi, biyoçeşitliliğin ekonomik değerlemelerine bilgi sağlamalı ve karar vericilerin doğayı koruma veya restore etmenin faydalarını ve maliyetlerini nasıl dikkate alabileceklerine odaklanmalıdır. İlgili ekosistem hizmetleri belirlendikten sonra, kararın bağlamı hangi yöntemlerin ve ne ölçüde niceliksel ve parasal değerlemenin uygun olduğunu belirleyecektir (TEEB, 2010).

Sonuç olarak, ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesi yalnızca doğanın ekonomik değerinin ölçülmesi değil, aynı zamanda toplumun doğayla olan ilişkisini yeniden tanımlama sürecidir. Ekonomik, sosyal, etik ve ekolojik boyutların bir arada ele alındığı bu çok yönlü çerçeve, doğa temelli kararların meşruiyetini güçlendirir. Ekosistem hizmetleri, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesi, yoksulluğun azaltılması, iklim değişikliğine uyum ve insan refahının uzun vadeli güvence altına alınması için vazgeçilmez bir kavramsal araçtır. Bu nedenle, ekosistem hizmetleri yaklaşımı, yalnızca çevre yönetimi politikalarının değil, aynı zamanda sürdürülebilir ekonomi ve sosyal adaletin de kurumsal temeli olmalıdır.

4.4. Ekosistem Hizmetleri ve Sürdürülebilirlik

Ekosistemlerde, peyzajlarda ve tür çeşitliliğinde değerin tanınması, tüm insan toplumlarının ortak bir özelliği olup, kimi zaman bu farkındalık tek başına koruma ve sürdürülebilir kullanımın sağlanması için yeterli olabilmektedir (TEEB, 2010). Bununla birlikte, birçok ekosistemin işlevsel bütünlüğünü tehdit eden kritik eşiklere (thresholds) ve devrilme noktalarına (tipping points) yaklaşmakta olduğu yönünde artan bilimsel kanıtlar bulunmaktadır. Bu eşiklerin aşılması, ekosistemlerin sunduğu hizmetlerin sürdürülebilirliğini ciddi biçimde tehlikeye atabilir. Ancak, farklı ekosistemlerin geri dönüşsüz bozulmalar yaşamadan önce ne ölçüde baskıya dayanabileceği konusunda hâlâ büyük belirsizlikler mevcuttur. Bu nedenle, ekosistemlerin uzun vadeli sağlık durumunu ve hizmet akışının sürekliliğini koruyacak önleyici tedbirlerin alınması gerekmektedir (TEEB, 2010).

Yoksulluk ile biyolojik çeşitlilik arasındaki ilişki karmaşık ve çok boyutludur. Gelişmekte olan ülkelerde yoksul haneler, gelirlerinin önemli bir bölümünü doğrudan doğal sermayeden (tarım, balıkçılık, ormancılık vb.) elde etmekte, dolayısıyla doğal kaynakların bozulmasından orantısız biçimde etkilenmektedir. Bu haneler, su arıtımı, afetlerden korunma veya toprak verimliliği gibi kritik ekosistem hizmetlerinin kaybına karşı savunmasızdır. Bu nedenle, doğal sermayenin sürdürülebilir yönetimi, yoksulluğun azaltılması ve Binyıl Kalkınma Hedefleri'nin gerçekleştirilmesi için temel bir bileşen olarak değerlendirilmektedir (TEEB, 2010).

Biyoçeşitliliğin ve ekosistem hizmetlerinin tam değerinin görünür kılınması, sürdürülebilir kaynak yönetimine yönelik toplumsal ve politik bağlılığı güçlendirmektedir. Bu bağlamda doğal sermayenin ana akım politikalara entegrasyonu, çeşitli sektörlerde uygulanabilir (TEEB, 2010):

- Ekonomik, ticaret ve kalkınma politikaları: yeni düzenlemeler, yatırımlar ve anlaşmalarda biyoçeşitlilik etkilerinin değerlendirilmesi.
- Ulaşım, enerji ve madencilik: altyapı planlamasında ve çevresel izin süreçlerinde doğa değerlerinin hesaba katılması.
- Tarım, ormancılık ve balıkçılık: biyoçeşitliliğin ekonomik değerinin politika reformlarına entegre edilmesi.
- Kurumsal stratejiler: doğal sermayenin kurumsal sosyal sorumluluk ve finansal raporlama süreçlerine dahil edilmesi.

- Kalkınma planlaması: yerel, bölgesel ve ulusal düzeyde doğal sermaye muhasebesinin yaygınlaştırılması.
- Tüketim ve kamu alımları: ekolojik etiketleme ve sürdürülebilir sertifikasyon sistemlerinin geliştirilmesi.

Bu çok katmanlı yaklaşım, doğanın yalnızca ekolojik değil, aynı zamanda ekonomik ve sosyal bir varlık olarak değerlendirilmesini sağlayarak, doğa temelli kalkınma paradigmasının uygulanabilirliğini artırmaktadır.

Sürdürülebilirlikle ilgili üç bilgi türünün tipografisine Şekil 20'de sunulmuştur. Bunlar; Sistem bilgisi, sosyal ve ekolojik sistem işleyişinin, sosyal-ekolojik etkileşimler ve bu etkileşimlerden kaynaklanan mevcut ve potansiyel gelecekteki ekosistem hizmeti akışları dahil, betimleyici bir anlayışıyla ilgilidir. Sistem bilgisi, ekosistem hizmetleriyle ilgilenen birden fazla araştırma kolundan gelen bilgiyi bütünleştirerek disiplinler arası olmalıdır. Normatif bilgi, bir sistemin nasıl olması gerektiğine dair yargılarla ilgilidir. Normatif bilgi, hem istenen sistem durumları hakkındaki bilgiyi (normatif hedefler veya hedef bilgi hem de dünyanın alternatif potansiyel durumlarını değerlendirmeye ilişkin değer yargılarının rasyonalizasyonu ile ilgili bilgiyi kapsar. Son olarak, normatif bilgiden türetilen toplumsal hedeflere doğru ekosistemleri yönetmek için somut stratejiler geliştirmek amacıyla dönüştürücü bilgiye ihtiyaç vardır. Dönüştürücü bilgi yalnızca belirli politika müdahaleleriyle ilgili değildir, aynı zamanda katılım, güçlendirme, eğitim ve iletişim gibi daha genel stratejileri de kapsar (Lattera ve ark.,2017).

Lattera ve ark. (2017) tarafından vurgulanan sistem bilgisi, normatif bilgi ve dönüştürücü bilgi arasındaki ilişki, ekosistem hizmetlerinin yönetimini yalnızca tanımlayıcı bir çerçeveden çıkarıp eyleme dönük bir vizyon haline getirmektedir. Bu dönüşüm, ekosistem hizmetleri araştırmalarının sadece akademik bir alan değil, aynı zamanda toplumsal dönüşümün stratejik aracı olmasını sağlayacaktır (Şekil 20).

TEEB (2010) raporu, doğanın ekonomik sistemler ve karar alma süreçlerine entegrasyonunun yalnızca çevresel değil, aynı zamanda sosyoekonomik bir zorunluluk olduğunu vurgulamaktadır. Rapor, doğanın insan geçim kaynaklarına, sağlığa, güvenliğe ve kültürel refaha olan katkısının her düzeydeki karar vericiler tarafından tanınması gerektiğini ve bu katkıların ekonomik değerlerle görünür kılınmasının politika araçlarına entegre edilmesini savunmaktadır. Bu kapsamda, doğal sermayenin ekonomik

değerinin piyasa temelli ya da piyasa dışı mekanizmalar yoluyla yakalanması, çevre ve kalkınma politikalarının merkezine yerleştirilmelidir. Geleceğe yönelik olarak, ekosistem hizmetleri biliminin normatif temelleri yeniden değerlendirilmelidir.

Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH), sürdürülebilir kalkınmayı sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarıyla birlikte ele alan bütüncül bir çerçeve sunmaktadır (Costanza ve ark., 2016). 2030 Gündemi ile kabul edilen SKH'ler, Binyıl Kalkınma Hedefleri'ne kıyasla daha sistemik bir yaklaşım benimseyerek kalkınmanın önündeki yapısal engelleri ele almakta ve yönetim süreçleriyle entegrasyonu güçlendirmektedir (BM, 2015). SKH'ler, yalnızca gelişmekte olan ülkeler için değil, tüm ülkeler için geçerlidir ve küresel ölçekte sistem dönüşümünü hedeflemektedir. Bununla birlikte, 17 hedef, 169 alt amaç ve 300'ü aşkın gösterge içermesi, uygulama açısından belirsizlikler ve önceliklendirme zorlukları yaratmaktadır.

Costanza ve ark. (2014a), sürdürülebilir kalkınmanın ekolojik ekonomi ilkeleriyle yeniden çerçevelenmesini önermektedir. Daly'nin (1992) klasik yaklaşımını temel alan bu modelde sürdürülebilir refah üç bileşene ayrılmaktadır: ekolojik sürdürülebilirlik (ölçek), adil paylaşım (dağılım) ve ekonomik verimlilik (tahsis). Buna göre, ekonomik büyüme ve toplumsal refah çevresel sınırların içinde kalmalı; çevresel sistemlerin taşıma kapasitesi gözetilerek planlanmalıdır. Bu model, SKH'lerin alt hedeflerinin ekosistem hizmetleriyle doğrudan ilişkilendirilmesine olanak tanır.

Son yıllarda SKH çerçevesine entegre edilen döngüsel ekonomi paradigması, kaynak kullanımında verimliliği artırmayı, atık üretimini en aza indirmeyi ve sistemdeki madde ve enerji döngülerini kapatmayı amaçlamaktadır. Bu yaklaşım, "al-üret-tüket-at" şeklindeki doğrusal ekonomik modeli sorgulayarak, sürdürülebilir kalkınmanın ekolojik temellerini güçlendirmektedir (Aarikka ve ark., 2021).

Ekosistem hizmetlerinin SKH'lere katkısı üzerine yapılan değerlendirmeler, bu hizmetlerin özellikle SDG2 (Açlığa Son), SDG6 (Temiz Su ve Sanitasyon), SDG13 (İklim Eylemi) ve SDG15 (Karasal Yaşam) hedeflerinde merkezi bir rol oynadığını ortaya koymaktadır (Wood ve ark., 2018). Xu ve Peng (2024) tarafından gerçekleştirilen kapsamlı analiz, 1960'lardan günümüze ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilir kalkınmadaki

ağırlığının giderek arttığını göstermektedir. Bu çalışma, ekosistem hizmetlerinin 17 SKH'nin tamamına potansiyel katkı sağladığını; ancak bu katkının yoğunluğunun hedefler arasında değiştiğini belirtmektedir.

Buna göre, ekosistem hizmetleri yalnızca çevresel sürdürülebilirliği destekleyen unsurlar değil, aynı zamanda sosyal adalet, ekonomik istikrar ve yönetim etkinliği için de temel bileşenlerdir. Doğal sermayenin ekonomik, sosyal ve kültürel boyutlarıyla tanınması, sürdürülebilir kalkınmanın bütüncül şekilde başarılabilmesi için zorunludur.

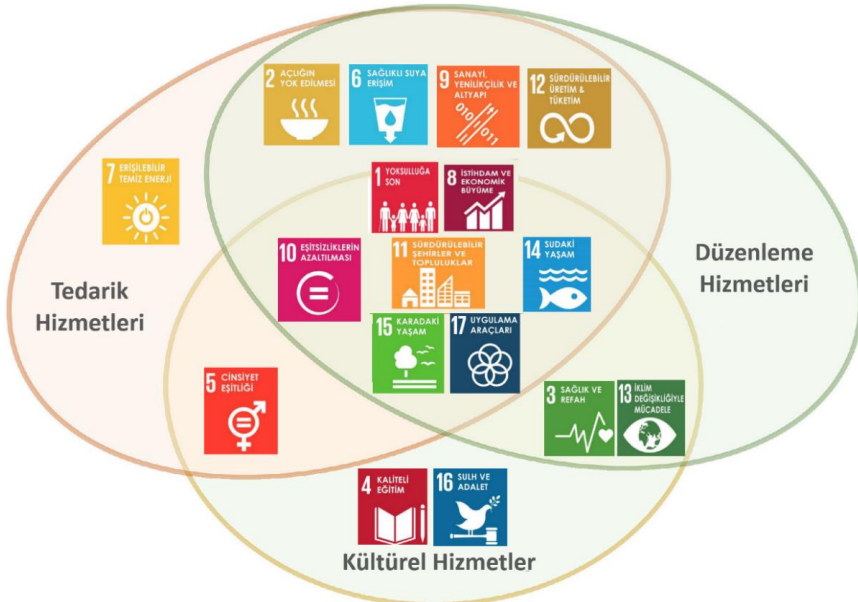
Antropojenik faaliyetlerin hız kazanmasıyla birlikte insanlık, Antropocen Çağı olarak adlandırılan yeni bir jeolojik döneme girmiştir. Bu dönemde, insan etkisi gezegenin jeofiziksel süreçlerini geri döndürülemez biçimde dönüştürmüş, kara ve deniz ekosistemlerinde derin yapısal değişimlere neden olmuştur. Dünya, iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik kaybı, toprak bozulması ve tatlı su kaynaklarının tükenmesi gibi gezegensel sınırların çoğuna yaklaşmış veya bazılarına aşmıştır. Bu durum, hem insan hem de doğa sistemlerinin sürdürülebilirliğini tehdit eden küresel ekolojik krizlerin merkezinde yer almaktadır (Xu ve Peng, 2024).

Bu gidişatı tersine çevirmek amacıyla, 2015 yılında düzenlenen Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi'nde 17 ana hedef ve 169 alt hedefi kapsayan Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) kabul edilmiştir (BM, 2015). SKH'ler, insan refahı, ekonomik kalkınma ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki karmaşık ilişkileri bütüncül bir çerçevede ele alarak, uzun vadeli refah ve adil kaynak kullanımına dayalı bir gelecek vizyonu oluşturmayı amaçlamaktadır.

Bu bağlamda ekosistem hizmetleri (ES), doğanın sürdürülebilir kalkınmaya katkısını değerlendirmede sezgisel bir çerçeve sunar. Tedarik, düzenleyici ve kültürel hizmetler yoluyla ES, gıda güvenliği, temiz su temini, iklim düzenlemesi, afet dayanıklılığı, habitat bütünlüğü ve estetik refah gibi çok boyutlu faydalar üretir (Costanza ve ark., 1997). Dolayısıyla, ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilir biçimde yönetilmesi, SKH'lerin gerçekleştirilmesi için temel bir süreçtir (IPBES, 2016; ICSU, 2015).

Xu ve Peng (2024), ekosistem hizmetlerinin 17 SKH'nin tamamına potansiyel katkı sağladığını, ancak katkının türlere ve hedeflere göre değiştiğini ortaya koymuştur. Örneğin; tedarik, düzenleme ve kültürel hizmetlerin tümü SDG1 (Yoksulluğa Son), SDG8 (İnsana Yakışır İş ve

Ekonomik Büyüme), SDG11 (Sürdürülebilir Şehirler), SDG14 (Sudaki Yaşam), SDG15 (Karasal Yaşam) ve SDG17 (Amaçlar için Ortaklıklar) hedeflerine doğrudan katkı sağlamaktadır. Buna ek olarak, tedarik ve düzenleme hizmetleri SDG2 (Açlığa Son), SDG6 (Temiz Su ve Sanitasyon), SDG9 (Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı) ve SDG12 (Sorumlu Üretim ve Tüketim) hedeflerine katkıda bulunurken; kültürel hizmetler SDG4 (Nitelikli Eğitim), SDG5 (Toplumsal Cinsiyet Eşitliği) ve SDG16 (Barış, Adalet ve Güçlü Kurumlar) gibi sosyal boyutlu hedeflerde önemli rol oynamaktadır (Şekil 17).



Şekil 17. ES'nin Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına potansiyel katkısı (Xu ve Peng, 2024).

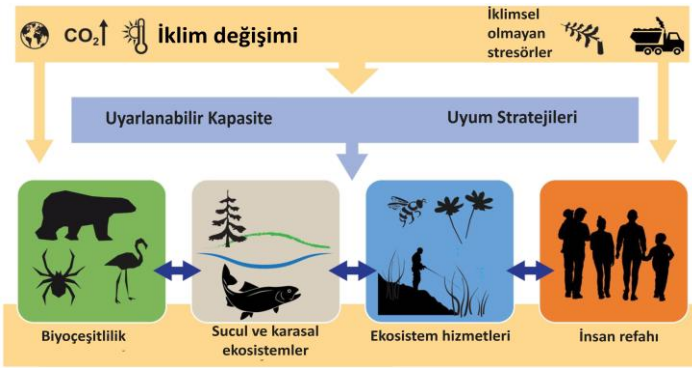
Dolayısıyla, ekosistem hizmetleri yalnızca çevresel fayda sağlayan unsurlar değil, aynı zamanda sosyal eşitlik, ekonomik istikrar ve yönetim kalitesi üzerinde doğrudan belirleyicidir. 17 SKH'nin bütüncül olarak başarılması, birden fazla ekosistem hizmeti türünün eş zamanlı katkısını gerektirmektedir. Bu hizmetlerden herhangi birinin eksikliği, sürdürülebilir kalkınma sürecinde dengesiz ilerlemelere neden olabilmektedir (Xu ve Peng, 2024). Sonuç olarak, ekosistem hizmetleri yalnızca çevresel dayanıklılığı değil, aynı zamanda sürdürülebilir kalkınmanın sosyal ve ekonomik boyutlarını da destekleyen sistemsel bağlayıcı unsurlardır. Bu nedenle, ES

kavramının SKH politikalarına entegrasyonu, 2030 Gündemi'nin başarısı için vazgeçilmezdir.

4.5. Ekosistem Hizmetleri ve İklim Değişiminin Etkileri

İklim değişikliği, ekosistem hizmetlerinin kapsamını ve boyutlarını doğrudan ve dolaylı olarak niteliksel ve niceliksel biçimde etkilemektedir. Biyokütle üretimi, besin döngüsü, toprak oluşumu, oksijen üretimi ve su döngüsü gibi destekleyici hizmetler; gıda, içme suyu, kereste, yem ve lif gibi tedarik hizmetleri; ayrıca karbon tutma, su düzenleme, sel kontrolü ve tozlaşma gibi düzenleyici hizmetler bu etkilerden önemli ölçüde zarar görmektedir. Turizm, kültürel miras, estetik ve manevi değerler gibi kültürel hizmetlerin de azalması beklenmektedir. Bu nedenle, iklim değişikliğinin ekosistem hizmetleri üzerindeki etkilerini anlamak, hem adaptasyon hem de azaltım stratejilerinin geliştirilmesi için kritik önemdedir. Ekosistemlerin korunması, restorasyonu ve sürdürülebilir yönetimi bu süreçlerin temelini oluşturur (Bakure ve ark., 2022).

Ekoloji ve iklim, aynı biyojeofizik sistemin iki tamamlayıcı boyutunu temsil eder (Şekil 18). Bu iki alanın entegrasyonu, hem yerel topluluk temelli hem de küresel politika düzeyindeki yaklaşımların uyumlaştırılmasıyla daha etkili sürdürülebilirlik politikalarına olanak sağlar (Pielke ve ark., 2022). BM'nin Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) ve özellikle Hedef 13 (İklim Eylemi), ekoloji-iklim ilişkisini dikkate alan bütüncül yaklaşımların önemini vurgulamaktadır.



Şekil 18. İklim, fiziksel, biyolojik bileşenlerinin bağlantıları (Pielke ve ark., 2022'den).

Ancak iklim değişikliği hâlen çoğunlukla fiziksel süreçlerle açıklanmakta; biyojeokimyasal döngüler, biyolojik çeşitlilik ve ekosistem dinamikleri yeterince bütüncül ele alınmamaktadır (Şekil 22). Bu ayrım, dünya sisteminin bileşenleri arasındaki etkileşimi sınırlı yansıtarak öngörülerini zayıflatmaktadır. Oysa atmosfer, toprak, su ve biyota arasındaki geri beslemeler, iklimsel değişkenliğin anlaşılmasında belirleyicidir (Pielke ve ark., 2022).

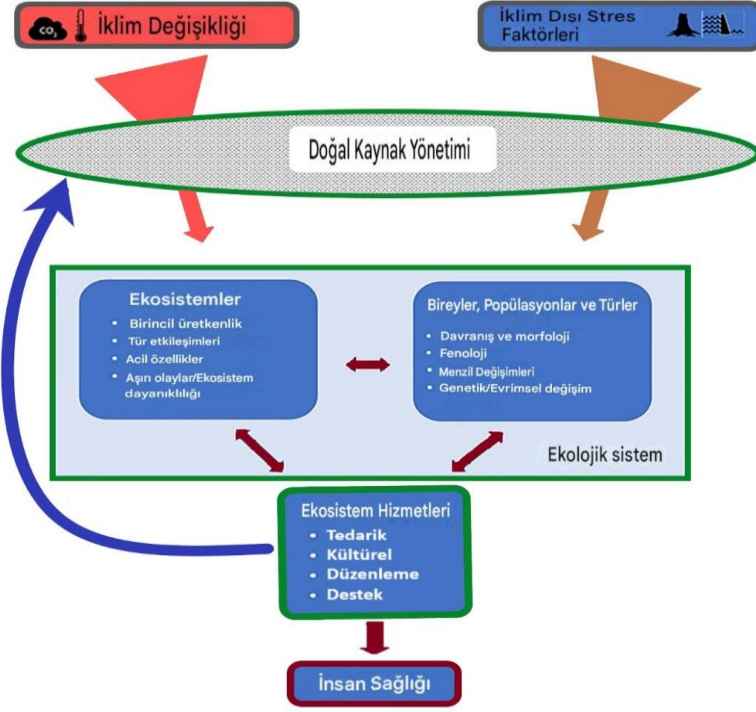
IPCC (2018) raporlarına göre, küresel ısınmanın 1,5 °C eşliğini aşması, ekosistem dayanıklılığını zayıflatacak ve biyoçeşitlilik kaybını hızlandıracaktır. İnsan faaliyetlerinin arazi kullanımı, ormansızlaşma ve kaynak aşımı gibi etkileri, ekosistemlerin iklimsel tamponlama kapasitesini azaltarak felaket risklerini artırmaktadır (Salles, 2011; Baciu ve ark., 2021). Paris Anlaşması'nın ısınmayı 2 °C'nin altında sınırlama hedefi, bu riskleri azaltmayı amaçlamaktadır (Shepardson ve ark., 2012). Küresel ölçekte artan sıcaklıklar, aşırı hava olayları ve habitat kaybı, ekosistem yapısının ve işlevinin %25–40'ını tehdit etmektedir (Yang ve ark., 2021). Biyoçeşitliliğin azalması, tedarik, düzenleme, destekleme ve kültürel hizmetlerin sürekliliğini zayıflatmakta, dolayısıyla ekosistem temelli adaptasyonun (EbA) aciliyetini artırmaktadır (Díaz ve ark., 2019).

Doğal altyapıya yatırım yapmak, hem ekonomik hem ekolojik açıdan rasyonel bir stratejidir. Mangrovlar, sulak alanlar ve orman havzalarının korunması, atık su arıtma tesisleri veya setler gibi mühendislik çözümlerine kıyasla daha sürdürülebilir ve düşük maliyetlidir. Ayrıca, orman restorasyonu ve REDD+ gibi girişimler, karbon sekestrasyonunu artırarak iklim değişikliğini hafifletme fırsatları sunmaktadır (TEEB, 2010).

Arktik deniz buzundaki azalma, küresel iklim değişikliğinin en belirgin göstergelerindedir. Artan ışık geçirgenliği fitoplankton üretimini artırırken, buz kaybı deniz faunasının yok olmasına, metan salımına ve küresel ısınmanın hızlanmasına neden olmaktadır (Lannuzel ve ark., 2020).

IPCC (AR4) raporuna göre, yüzyıl sonuna kadar birçok ekosistemin dayanıklılığı sel, kuraklık, orman yangını ve okyanus asitlenmesi gibi streslerle aşılabılır. Özellikle tundra, boreal ormanlar, Akdeniz ekosistemleri, mercan resifleri ve mangrovlar risk altındadır. Ortalama sıcaklıkların 2–3 °C artması, değerlendirilen türlerin %20–30'unun yok olma riskiyle karşı karşıya kalmasına yol açacaktır (Mooney ve ark., 2009).

Ekosistem bozulması, yalnızca biyolojik çeşitliliğin azalmasına değil, aynı zamanda karbon yutaklarının kaynaklara dönüşmesine neden olarak iklim değişikliğini hızlandırır. Bu süreç, doğal ve insan sistemlerinin felaketlere karşı kırılabilirliğini artırır. Dolayısıyla, ekosistemlerin izlenmesi, dayanıklılığının güçlendirilmesi ve biyolojik temellerin yeniden yapılandırılması, iklim uyum politikalarının merkezinde yer almalıdır (Mooney ve ark., 2009; Weiskopf ve ark., 2020). İklim değişikliği, biyoçeşitlilik ve ekosistemler için yaygın ve büyüyen küresel bir tehdittir. İklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik ve ekosistemler için yaygın ve giderek artan küresel bir tehdittir. İklim değişikliği, bireysel türleri ve bunların diğer organizmalarla ve yaşam alanlarıyla etkileşim kurma biçimlerini etkileyerek ekosistemlerin yapısını ve işlevini ve doğal sistemlerin topluma sağladığı mal ve hizmetleri değiştirir (Şekil 23). Çeşitli biyolojik topluluklar ve işleyen ekosistemler, insan refahını destekleyen ekosistem hizmetlerinin sürdürülmesi açısından kritik öneme sahiptir (Díaz ve ark., 2019). Bu nedenle, iklim değişikliğinin türler, popülasyonlar ve ekosistemler üzerindeki etkileri, tedarik, düzenleme, destekleme ve kültürel hizmetlerdeki değişiklikler de dahil olmak üzere ekosistem hizmetlerinin kullanılabilirliğini ve sunumunu etkilemektedir (Díaz ve ark., 2019; Weiskopf ve ark., 2020).



Şekil 19. İklim değişikliği ve iklim dışı stres faktörleri, ekolojik sistemlerin birden fazla ölçekte etkileşimi (Weiskopf ve ark.,2020).

Şekil'19 da verilen birleşik stres faktörleri, bireyleri, popülasyonları ve türlerin yanı sıra ekosistem süreçlerini ve özelliklerini de etkiler. İklim değişikliğinin diğer stres faktörlerine göre göreceli etkisi, türe veya ekosisteme bağlı olarak değişir. Çeşitli biyolojik topluluklar ve işleyen ekosistemler, insan refahını destekleyen ekosistem hizmetlerinin (MEA, 2005) sürdürülmesi için kritik öneme sahiptir (Díaz ve ark., 2019). Doğal kaynak yönetimi, biyolojik çeşitliliği, ekosistemleri ve hizmetlerini etkiler ve iklim değişikliği ile iklim dışı stres faktörlerini hafifletebilir veya şiddetlendirebilir (Weiskopf ve ark.,2020).

SONUÇ

Ekosistem yaklaşımı, doğa-insan etkileşimini sistem düzeyinde kavramsallaştıran yeni bir paradigma sunmakta ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerini ekosistem hizmetleri ile bütünleştirmektedir. Ekosistem hizmetleri,

insan refahı için doğanın ekonomik, sosyal ve ekolojik değerlerini bütünleştiren kapsamlı bir çerçeve sunar. Ancak, bu kavramın yönetsel ve ekonomik karar alma süreçlerine entegrasyonu birçok ülkede sınırlıdır. CICES gibi sınıflandırmalar, ekosistem hizmetlerinin muhasebeleştirilmesi ve izlenmesinde küresel standardizasyon sağlayarak biyofiziksel göstergelerin ekonomik göstergelerle uyumlaştırılmasına olanak tanır. Ekosistem hizmetlerinin etkin yönetimi, biyofiziksel ölçütlerin yanı sıra sosyal faktörlere de dayanmalıdır. CICES ve SEEA-EEA gibi entegre muhasebe sistemleri, ekosistem hizmetlerinin ekonomik ve çevresel boyutlarının izlenmesine olanak tanıyarak rasyonel karar destek mekanizmaları oluşturur. Bu çabaların sürdürülebilirliği, disiplinler arası iş birliği ve güçlü yönetim yapıları gerektirir.

TEEB (2010) vurguladığı üzere, doğanın görünmezliği politik ve yatırım kararlarında "değer körlüğüne" yol açmakta, ekosistem tahribatı ise sosyoekonomik maliyetleri artırmaktadır. Bu nedenle, doğal sermayenin değerlendirilmesi piyasa temelli analizlerle sınırlı kalmamalı; sosyal faydalar ve ekolojik direnç kapasitesi de dikkate alınarak çok boyutlu bir değerlendirme yaklaşımı benimsenmelidir. Costanza vd. (2014, 2017), ekosistem hizmetlerinin parasal değerinin GSYİH gibi göstergelerden daha kapsamlı bir refah ölçütü sunduğunu ortaya koymuştur.

Yoksulluk ve biyoçeşitlilik arasındaki etkileşim, ekosistem hizmetleri perspektifinde kritik öneme sahiptir. Doğal sermaye, düşük gelirli toplulukların geçim kaynağı olduğundan, ekosistem bozulması sosyoekonomik kırılganlıkları artırmaktadır. Doğa temelli çözümler, hem yoksulluğun azaltılması hem de ekosistem kapasitesinin güçlendirilmesi için merkezi stratejilerdir. Biyoçeşitliliğin korunması ve ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilir yönetimi, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) ile doğrudan bağlantılıdır. Özellikle SKH 2, 6, 13 ve 15 gibi hedefler, ekosistem hizmetlerinin güvenli arzına bağlıdır. Ancak, iklim değişikliği ve biyoçeşitlilik kaybı gibi küresel değişimler, ekosistem hizmetlerinin sürekliliğini tehdit etmektedir. IPCC (2018) projeksiyonlarına göre, birçok ekosistemin dayanıklılığı aşılabilecek ve tür kayıpları artacaktır. Bu nedenle, ekosistem tabanlı adaptasyon ve doğa temelli çözümler, toplumsal dayanıklılığı artırmak için kritik öneme sahiptir.

Sonuç olarak, ekosistem hizmetleri yaklaşımı, doğayı korumanın ötesinde ekonomik kalkınma, sosyal adalet ve küresel refahı bütünleştiren yeni bir kalkınma paradigmasıdır. Ekosistem hizmetlerinin ulusal planlama, ekonomik muhasebe ve refah göstergelerine entegre edilmesi, dayanıklı ve adil bir gelecek inşası için zorunludur.

KAYNAKÇA

- Aarikka-Stenroos, L.; Ritala, P.; Thomas, L.D.W. (2021).Circular economy ecosystems: A typology, definitions, and implications. In Handbook of Sustainability Agency; Teerikangas, S., Onkila, T., Koistinen, K., Mäkelä, M., Eds.; Edgar: Cheltenham, UK,
- Akinsete, E., Apostolaki, S., Chatzistamoulou, N., Koundouri, P. and Tsani, S. (2019) Linking Integrated Water Resource Management and Human Wellbeing: Assessing Four River Basins in Europe. *Water*, 11(3), 508.
- Allen, V.G.; Batello, C.; Berretta, E.J.; Hodgson, J.; Kothmann, M.; Li, X.; Mcivor, J.; Milne, J.; Morris, C.; Peeters, A.; et al. (2011). An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass Forage Sci.* , 66, 2–28.
- Alsharif, W., Saad, M.M., Hirt, H., (2020). Desert microbes for boosting sustainable agriculture in extreme environments. *Front. Microbiol.* 11, 496411.
- Apostolaki, S., Akinsete, E., Koundouri, P., Samartzis, P.(2019). Freshwater: The importance of freshwater for providing ecosystem services . Department of International and European Economic Studies , Athens University of Economics and Business, Working Paper Series, p 22.
- Arrigo, KR. (2014). Sea-ice ecosystems. *Annual Reviews of Marine Science* 6: 439–467.
- Baciu, G. E., Dobrotă, C. E., & Apostol, E. N. (2021). Valuing Forest Ecosystem Services. Why Is an Integrative Approach Needed? *Forests*, 12(6), 677.
- Bakure,B.Z., Kitessa Hundera, K. and Abara, M. (2022). Review on the effect of climate change on ecosystem services. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1016 012055DOI 10.1088/1755-1315/1016/1/012055.
- Balvanera, P. et al. (2017). Ecosystem Services. In: Walters, M., Scholes, R. (eds) *The GEO Handbook on Biodiversity Observation Networks*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27288-7_3.
- Barbier, E. B. (2017). Marine ecosystem services. *Current Biology. Cell Press.* <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.03.020>
- Beddoe, R., Costanza, R., Farley, J., Garza, E., Kent, J., Kubiszewski, I., Martinez, L., McCowen, T., Murphy, K., Myers, N., Ogden, Z.,

- Stapleton, K., Woodward, J., (2009). Overcoming systemic roadblocks to sustainability: The evolutionary redesign of worldviews, institutions, and technologies. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 106 (8), 2483–2489.
- Bengtsson, J.; Bullock, J.M.; Egoh, B.; Everson, C.; Everson, T.; O’Connor, T.; O’Farrell, P.J.; Smith, H.G.; Lindborg, R. (2019). Grasslands—More important for ecosystem services than you might think. *Ecosphere* 10, 1–20.
- Berkes, F., George, P.J. , Preston, R.J. (1991), The evolution of theory and practice of the joint administration of living resources, *Alternatives*, 18 (2) pp. 12-18.
- Betts, M.G.; Wolf, C.; Ripple, W.J.; Phalan, B.; Millers, K.A.; Duarte, A.; Butchart, S.H.M.; Levi, T. (2017). Global forest loss disproportionately erodes biodiversity in intact landscapes. *Nature*, 547, 441–444.
- Bidak, L. M., Kamal, S. A., Halmy, M. W. A., & Heneidy, S. Z. (2015). Goods and services provided by native plants in desert ecosystems: Examples from the northwestern coastal desert of Egypt. *Global Ecology and Conservation*, 3, 433–447.
- Braat, L.C., (2013). The value of the ecosystem services concept in economic and biodiversity policy. In: Jacobs, S., Dendoncker, N., Keune, H. (Eds.), *Ecosystem Services, Global Issues, Local Practices*. Elsevier, Amsterdam.
- Braat, L.C., de Groot, R., (2012). The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. *Ecosyst. Serv.* 1 (1), 4–15.
- Brock, T., et al., (2018). *Ecological Recovery and Resilience in Environmental Risk Assessments at the European Food Safety Authority, Integrated Environmental Assessment and Management*, Volume 14, Issue 5, Pages 586–591.
- Brondizio, E, Settele, J, Diaz, S, Ngo, H eds. (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services. IPBES secretariat.

- Burkhard, B., Santos-Martin, F., Nedkov, S., Maes, J., (2018). An operational framework for integrated Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES). *One Ecosyst.* 14, e22831.
- Burkhard, B., Maes, J., (2017). *Mapping Ecosystem Services*. Advanced Books. <https://doi.org/10.3897/ab.e12837>
- Carpenter, S. R. et al. (2009). Science for managing ecosystem services: beyond the Millennium Ecosystem Assessment. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 106, 1305–1312.
- CBD – Convention on Biological Diversity (1992) ‘Text of Convention’. URL: www.cbd.int/convention/articles.shtml?a=cbd-02.
- Chapin, F. Stuart III (2011). "Chapter 1: The Ecosystem Concept". *Principles of terrestrial ecosystem ecology*. P. A. Matson, Peter Morrison Vitousek, Melissa C. Chapin (2nd ed.). New York: Springer. ISBN 978-1-4419-9504-9. OCLC 755081405.
- Chapin, F.S., Matson, P.A., Vitousek, P.M. (2011). The Ecosystem Concept. In: *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9504-9_1.
- Chen, H., & Costanza, R. (2024). Valuation and management of desert ecosystems and their services. *Ecosystem Services*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101607>.
- Cherlet, M., Hutchinson, C., Reynolds, J., Hill, J., Sommer, S., von Maltitz, G., (2018). *World Atlas of Desertification*. Publication Office of the European Union, Luxembourg.
- Cherrett, J.M. (Ed.). (1989). *Ecological Concepts, the Contribution of Ecology to an Understanding of the Natural World*, Blackwell, Oxford pp. 1-16.
- Cioruța B.V., and Coman, M., (2020). Global Desert Areas Vs Local Mining Areas from Maramureș County (Romania) . *Asian Journal of Geographical Research*, 3(2): 45-52.
- Costanza, R. (1989). What is ecological economics? *Ecological Economics*, 1(1), 1–7.
- Costanza, R. (2024). Misconceptions about the valuation of ecosystem services. *Ecosystem Services*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101667>.

- Costanza, R., (2000). Social goals and the valuation of ecosystem services. *Ecosystems* 3 (1), 4–10.
- Costanza, R., (2006). Nature: ecosystems without commodifying them. *Nature* 443, 749.
- Costanza, R., (2008). Ecosystem services: multiple classification systems are needed. *Biol. Conserv.* 141 (2), 350–352.
- Costanza, R., Atkins, P.W., Bolton, M., Cork, S., Grigg, N.J., Kasser, T., Kubiszewski, I., (2017). Overcoming societal addictions: what can we learn from individual therapies? *Ecol. Econ.* 131, 543–550.
- 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., (1998). The value of ecosystem services: putting the issues in perspective. *Ecol. Econ.* 25, 67–72.
- Costanza, R., Daly, H.E., (1992). Natural capital and sustainable development. *Conserv. Biol.* 6 (1), 37–46.
- Costanza, R., Daly, L., Fioramonti, L., Giovannini, E., Kubiszewski, I., Mortensen, L. F., ... Wilkinson, R. (2016). Modelling and measuring sustainable wellbeing in connection with the UN Sustainable Development Goals. *Ecological Economics*, 130, 350–355.
- Costanza, R., Daly, M., Folke, C., Hawken, P., Holling, C.S., McMichael, A.J., Pimentel, D., Rapport, D., (2000). Managing our environmental portfolio. *Bioscience* 50, 149–155.
- Costanza, R., d’Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., Oneill, 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.
- Costanza, R., de Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., ... Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>.
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., ... Turner, R. K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26(1), 152–158.

- Costanza, R., Kubiszewski, I., (2012). The authorship structure of ecosystem services as a transdisciplinary field of scholarship. *Ecosyst. Serv.* 1, 16–25.
- Costanza, R., Kubiszewski, I., Ervin, D., Bluffstone, R., Boyd, J., Brown, D., Chang, H., Dujon, V., Granek, E., Polasky, S., Shandas, V., Yeakley, A., (2011). Valuing ecological systems and services. *F1000 Biol. Rep.* 3, 14.
- Costanza, R., Kubiszewski, I., Giovannini, E., Lovins, H., McGlade, J., Pickett, K.E., Ragnarsdottir, K.V., Roberts, D., De Vogli, R., Wilkinson, R., (2014). Time to leave GDP behind. *Nature* 505, 283–285.
- Costanza, R., Pe´rez-Maqueo, O., Martinez, M.L., Sutton, P., Anderson, S.J., Mulder, K., (2008). The value of coastal wetlands for hurricane protection. *AMBIO: J. Hum. Environ.* 37, 241–248.
- Costanza, R., Quatrini, S., Øystese, S., (2012). Response to George Monbiot: The Valuation of Nature and Ecosystem Services is Not Privatization. *Responding to Climate Change (RTCC)*.
- Costanza, R., Voinov, A., (2003). *Landscape Simulation Modeling: A Spatially Explicit, Dynamic Approach*. Springer, New York.
- Costanza, R., (2004). Value theory and energy. *Encyclopedia of Energy*. C. J. Cleveland. Amsterdam, Elsevier. 6: 337–346.
- Costanza, R.; D’Arge, R.; De Groot, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K.; Naeem, S.; O’Neill, R.V.; Paruelo, J.; et al. (1997). The value of the world’s ecosystem services and natural capital. *Nature* , 387, 253–260.
- Costanza, R.; De Groot, R.; Sutton, P.; Van der Ploeg, S.; Anderson, S.J.; Kubiszewski, I.; Farber, S.; Turner, R.K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Glob. Environ. Chang.* 26, 152–158.
- Daily, G.C. and. Matson, P.A. (2008). Ecosystem services: From theory to implementation, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 105 (28) 9455-9456,
- Daily, G.C., (1997). *Nature’s Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington D.C.
- Daly, H.E., (1998). The return of Lauderdale’s paradox. *Ecol. Econ.* 25, 21–23.

- De Valck, J., Jarvis, D., Coggan, A., Schirru, E., Pert, P., Graham, V., & Newlands, M. (2023). Valuing ecosystem services in complex coastal settings: An extended ecosystem accounting framework for improved decision-making. *Marine Policy*, 155. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105761>.
- DEFRA (2007). An introductory guide to valuing ecosystem services Department for Environment, Food and Rural Affairs (www.defra.gov.uk).
- Díaz et al., (2019). Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Germany.
- Díaz, S., et al., (2018) . Assessing nature's contributions to people, *Science*, 359 270–272.
- Ehrlich, P.R., Mooney, H.A., (1983). Extinction, substitution, and ecosystem services. *Bioscience* 33 (4), 248–254.
- Ellis, E. C., Pascual, U., & Mertz, O. (2019). Ecosystem services and nature's contribution to people: negotiating diverse values and trade-offs in land systems. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.05.001>
- Ellis, E.C. (2015). Ecology in an anthropogenic biosphere. *Ecol Monogr*, 85:287-331.
- Faber-Langendoen, D.; Keeler-Wolf, T.; Meidinger, D.; Josse, C.; Weakley, A.; Tart, D.; Navarro, G.; Hoagland, B.; Ponomarenko, S.; Fults, G.; et al. (2016). Classification and Description of World Formation Types; Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR, Volume 346, p. 222., US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station: Fort Collins, CO, USA.
- Fairbrass, A., Mace, G., Ekins, P., Milligan, B., (2020). The natural capital indicator framework (NCIF) for improved national natural capital reporting. *Ecosyst. Serv.* 46, 101198 <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101198>.
- Fairbrass, A., Mace, G., Ekins, P., Milligan, B., (2020). The natural capital indicator framework (NCIF) for improved national natural capital

- reporting. *Ecosyst. Serv.* 46, 101198
<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101198>.
- FAO (1990). Guidelines: Land Evaluation for Extensive Grazing, FAO Soil Bulletin 58. (<https://www.fao.org/4/t0412e/t0412e.pdf>).
- FAO (2020). Global Forest Resources Assessment (2020); FAO: Rome, Italy, 2020.
- FAOSTAT (2021). Data on Land Cover (Grassland).
<https://www.fao.org/faostat/en/#data/LC>.
- Farber, S.; Costanza, R.; Childers, D.L.; Erickson, J.; Gross, K.; Grove, M.; Hopkinson, C.S.; Kahn, J.; Pincetl, S.; Troy, A.; et al. (2006). Linking Ecology and Economics for Ecosystem Management. *BioScience* 56, 121–133.
- Farley, J., Costanza, R., (2010). Payments for ecosystem services: from local to global. *Ecol. Econ.* 69, 2060–2068.
- Finlayson, C.M., Davidson N.C., Spiers A.G., Stevenson N.J. (1999). Global wetland inventory – current status and future priorities. *Marine & Freshwater Research* 50: 717-727.
- Gibson, L. et al. (2011). Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. *Nature* 378, 378–381.
- Gómez-Márquez, J. (2023). A new definition and three categories for classifying ecosystems. *Academia Biology*, 1.
<https://doi.org/https://doi.org/10.20935/AcadBiol6072>.
- Gourichon, H. (2019). How can urban food policies contribute to a sustainable city economy? The case of London, DPU Working Paper No. 200.
<https://www.ucl.ac.uk/bartlett/development/publications/dpu-working-papers>.
- Granek, E, Polasky, S, Kappel, C, Reed, D, Stoms, D, Koch, E, Kennedy, C, Cramer, L, Hacker, S, Barbier, E, Aswani, S, Ruckelshaus, M, Perillo, G, Silliman, B, Muthiga, N, Bael, D, Wolanski, E. (2010). Ecosystem services as a common language for coastal ecosystem-based management. *Conservation Biology* 24: 207–216.
- Grodsky, S.M., Hernandez, R.R. (2020). Reduced ecosystem services of desert plants from ground-mounted solar energy development. *Nat Sustain* 3, 1036–1043.

- de Groot, R., (1987). Environmental functions as a unifying concept for ecology and economics. *Environmentalist Summer 7*, 105–109.
- de Groot, R., Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., ... van Beukering, P. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, 1(1), 50–61.
- de Groot, R., Brander, L., Costanza, R. (2017). A short history of the ecosystem services concept, Chapter 2. Background ecosystem services, In: Burkhard, B., Maes, J. (Eds.), *Ecosystem Services Mapping*. Pensoft Publishers, Bulgaria, pp. 29–32.
- Guerry, A.D., et al. (2015). Natural capital and ecosystem services informing decisions: from promise to practice. *PNAS* 112 (24), 7348–7355.
- Haines-Young, R, Potschin, M. (2011). Common international classification of ecosystem services (CICES): 2011 Update. European Environment Agency (www.cices.eu).
- Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure [Online], Fabis Consulting Ltd., Nottingham, UK, (www.cices.eu).
- Havstad, K.M., Peters, D.P.C., Skaggs, R., Brown, J., Bestelmeyer, B., Fredrickson, E., Herrick, J., et al., (2007). Ecological services to and from rangelands of the United States. *Ecol. Econ.* 64, 261–268.
- Hein, L., Bagstad, K., Edens, B., Obst, C., de Jong, R., Lesschen, J.P., (2016). Defining ecosystem assets for natural capital accounting. *PLoS ONE* 11, e0164460. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164460>.
- Hill, R., S. Díaz, U. Pascual, M. Stenseke, Z. Molnár, V.A.N. Velden, J, Nature's contributions to people: Weaving plural perspectives, *One Earth* 4 (2021) 910–915.
- Holzwarth, S., Thonfeld, F., Abdullahi, S., Asam, S., Da Ponte Canova, E., Gessner, U., Huth, J., Kraus, T., Leutner, B., & Kuenzer, C. (2020). Earth Observation Based Monitoring of Forests in Germany: A Review. *Remote Sensing*, 12(21), 3570.
- IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change (2013) 'Summary for policymakers', in T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley

- (eds) , Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge.
- IPIECA, (2011). Ecosystem services guidance Biodiversity and ecosystem services guide and checklists. OGP Report Number 461. <https://www.ipieca.org/resources/ecosystem-services-guidance-biodiversity-and-ecosystem-services-guide>.
- Jansson, A.M., (1984). Integration of Economy and Ecology: An Outlook for the Eighties. University of Stockholm, Stockholm.
- Jiang, W., Fu, B., & Lü, Y. (2020). Assessing Impacts of Land Use/Land Cover Conversion on Changes in Ecosystem Services Value on the Loess Plateau, China. *Sustainability*, 12(17), 7128.
- Keith, D. A., et al. (2022) A function-based typology for Earth's ecosystems *Nature* 610, 513–518. DOI:10.1038/s41586-022-05318-4.
- Keith, D.A., Ferrer-Paris, J.R., Nicholson, E., Kingsford, R.T., (2020). The IUCN Global Ecosystem Typology 2.0: Descriptive profiles for biomes and ecosystem functional groups. IUCN, Gland, Switzerland.
- Kumar, P. (Ed.), (2012). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*; Routledge: London, ISBN 978-1-136-53880-3.
- Lannuzel, D., Tedesco, L., van Leeuwe, M. et al. (2020). The future of Arctic sea-ice biogeochemistry and ice-associated ecosystems. *Nat. Clim. Chang.* 10, 983–992.
- Laterra, P., Martín-López, B., Mastrángelo, M., & Garibaldi, L. A. (2017). Ecosystem services in Latin America. From research to action. *Ecologia Austral. Asociacion Argentina de Ecologia.* <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.04.012>.
- Laurence, J.M., et al.,(2025). Marine ecosystem services and natural capital in China: Opportunities for improved understanding, valuing, and policy, *PNAS Nexus*, Volume 4, Issue 5, May 2025, pgaf110.
- Likens, G. E. (1992). *The Ecosystem Approach: Its Use and Abuse—Excellence in Ecology*, Vol. 3 (Ecology Institute, 1992).

- Lin, J., Huang, J., Hadjikakou, M., Huang, Y., Li, K., & Bryan, B. A. (2021). Reframing water-related ecosystem services flows. *Ecosystem Services*, 50. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101306>.
- MA/MEA-Millennium Ecosystem Assessment, (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC, USA
- Maes, J., Liqueste, C., Teller, A., Erhard, M., Paracchini, M. L., Barredo, J., et al. (2016). An indicator framework for assessing ecosystem services in support of the EU Biodiversity Strategy to 2020. *Ecosystem Services*, 17, 14–23.
- Maes, J., Teller, A., Erhard, M., Liqueste, C., Braat, L., et al., (2013). *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: An Analytical Framework for Ecosystem Assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020 (Discussion paper. Technical Report)*. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Maseyk, F.J.F., Mackay, A.D., Possingham, H.P., Dominati, E.J., Buckley, Y.M., (2017). Managing natural capital stocks for the provision of ecosystem services. *Conserv. Lett.* 10 (2), 211–220.
- Monbiot, G., (2012). Putting a price on the rivers and rain diminishes us all. *The Guardian*.
- Mooney, H., Larigauderie, A., Cesario, M., Elmquist, T., Hoegh-Guldberg, O., Lavorel, S., ... Yahara, T. (2009). Biodiversity, climate change, and ecosystem services. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2009.07.006>.
- Nicholson, E. et al. (2021). Scientific foundations for an ecosystem goal, milestones and indicators for the post-2020 Global Biodiversity Framework. *Nat. Ecol. Evol.* 5, 1338–1349.
- Norberg, J. (1999). Linking nature's services to ecosystems: Some general ecological concepts. *Ecological Economics*, 29(2), 183–202.
- Nugroho, H. Y. et al. (2022). Mainstreaming Ecosystem Services from Indonesia's Remaining Forests. *Sustainability*, 14(19), 12124.
- Odum, Eugene P (1971). *Fundamentals of Ecology (third ed.)*. New York: Saunders. ISBN 978-0-534-42066-6.
- Palomo, I., Felipe-Lucia, M.R., Bennett, E.M., Martín-López, B., Pascual, U., (2016). Chapter Six– Disentangling the Pathways and Effects of Ecosystem Service CoProduction. In: Woodward, G., Bohan, D.A.

- (Eds.), *Advances in Ecological Research*. Academic Press, pp. 245–283.
- Pauler, C. M., Homburger, H., Lüscher, A., Scherer-Lorenzen, M., & Schneider, M. K. (2025). Ecosystem services in mountain pastures: A complex network of site conditions, climate and management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 377. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109272>.
- Pergola, M., De Falco, E., & Cerrato, M. (2024). Grassland Ecosystem Services: Their Economic Evaluation through a Systematic Review. *Land*, 13(8), 1143.
- Pielke, R. A., Sr., Peters, D. P. C., & Niyogi, D. (2022). Ecology and Climate of the Earth—The Same Biogeophysical System. *Climate*, 10(2), 25.
- Potschin, M. and R. Haines-Young (2011): Ecosystem Services: Exploring a geographical perspective. *Progress in Physical Geography* 35(5): 575-594.
- Potschin, M., Haines-Young, R., (2017). Linking people and nature: Socio-ecological systems. In: Burkhard, B., Maes, J. (Eds.), *Ecosystem Services Mapping*. Pensoft Publishers, Bulgaria, pp. 41–43.
- Potschin, M., Haines-Young, R., Heink, U., Jax, K. [eds] (2016) *OpenNESS. Glossary (V3.0)*, pp. 39, OpenNESS project, Grant Agreement No 308428. Available from: <http://www.openness-project.eu/glossary>.
- Primack, R. B. & Corlett, R. T. (2005). *Tropical Rain Forests: An Ecological and Biogeographical Comparison* (Blackwell, 2005).
- Remme, R.P., et al., (2021). An ecosystem service perspective on urban nature, physical activity, and health. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 118 (22) Article e2018472118.
- Roué, M., N. Césard, Y. C. Adou Yao and A. Oteng-Yeboah (eds.), (2017). *Knowing our Lands and Resources: Indigenous and Local Knowledge of Biodiversity and Ecosystem Services in Africa*. *Knowledges of Nature* 8, 156 pp., UNESCO, Paris.
- Ruijs, A., van Egmond, P., (2017). Natural capital in practice: how to include its value in Dutch decision-making processes. *Ecosyst. Serv.* 25, 106–116.
- Russi D., ten Brink P., Farmer A., Badura T., Coates D., Förster J., Kumar R. and Davidson N. (2013). *The Economics of Ecosystems and*

- Biodiversity for Water and Wetlands. IEEP, London and Brussels; Ramsar Secretariat, Gland. <https://www.cbd.int/financial/values/g-ecowaterwetlands-teeb.pdf>.
- Salles, J.M. (2011). Valuing biodiversity and ecosystem services: Why put economic valuation Nature? *Comptes Rendus Biol.* , 334, 469–482.
- Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J. A., Folke, C. & Walker, B. (2001). Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413, 591–596.
- Schneiders, A. and Müller, F.(2017). A natural base for ecosystem services. In: Burkhard, B., Maes, J. (Eds.), *Ecosystem Services Mapping*. Pensoft Publishers, Bulgaria, pp. 33–38.
- Schwartz, S. H. & Bilksy, W. (1987). Toward a universal psychology structure of human values. *J. Person. Soc. Psychol.* 58, 878–891.
- SEEA (2012). System of Environmental-Economic Accounting: Central Framework. http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/White_cover.pdf
- Shepardson, D.P.; Niyogi, D.; Roychoudhury, A.; Hirsch, A. (2012). Conceptualizing climate change in the context of a climate system: Implications for climate and environmental education. *Environ. Educ. Res.* 18, 323–352.
- Smith, A. C., Harrison, P. A., Pérez Soba, M., Archaux, F., Blicharska, M., Egoh, B. N., ... Wyllie de Echeverria, V. (2017). How natural capital delivers ecosystem services: A typology derived from a systematic review. *Ecosystem Services*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.06.006>.
- Steiner, NS, et al. (2021). Climate change impacts on sea-ice ecosystems and associated ecosystem services. *Elementa: Science of the Anthropocene* 9(1).
- Syrbe, R.-U., Schröter, M., Grunewald, K., Walz, U., Burkhard, B., (2017). What to map? In: Burkhard, B., Maes, J. (Eds.), *Mapping Ecosystem Services*. Opensoft Publisher, Sofia, Bulgaria.
- Tallis, H. T., Ricketts, T., Guerry, A. D., Wood, S. A., Sharp, R., Nelson, E., et al. (2013). InVEST 3.0.0 user's guide. Stanford, USA: The Natural Capital Project. Online: http://ncp-dev.stanford.edu/~dataportal/invest-releases/documentation/3_0_0/.

- Tansley, A.G. (1935). The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*,16:284–307.
- Tasser, E., Schirpke, U., Zoderer, B.M., Tappeiner, U., (2020). Towards an integrative assessment of land-use type values from the perspective of ecosystem services. *Ecosyst. Serv.* 42, 101082.
- TEEB Synthesis (2010). *Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB*. Earthscan, London and Washington.
- TEEB-UNEP,(2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB*; UNEP: Nairobi, Kenya, 2010.
- UN (2017). *Technical Recommendations in support of the System of EnvironmentalEconomic Accounting 2012– Experimental Ecosystem Accounting* (White cover publication). https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/technical_recommendations_in_support_of_the_seea_ea_final_white_cover.pdf.
- UNCEEA (2021). *System of Environmental-Economic Accounting— Ecosystem Accounting: Final draft for the Global Consultation on the complete document prepared by the United Nations Committee of Experts on Environmental-Economic Accounting*. Department of Economic And Social Affairs, Statistics Division, UN.
- UNEP (2010). *The Role of Ecosystems in Developing a Sustainable ‘Green Economy’*; United Nation Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- UN (2010). *United Nations Decade for Deserts and the Fight against Desertification*.
- UN (2015). *Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>.
- UN and et al., (2021). *System of Environmental-Economic Accounting— Ecosystem Accounting (SEEA EA)*. White cover publication, pre-edited text subject to official editing (<https://seea.un.org/ecosystem-accounting>).
- United Nations, (2010). *System of National Accounts 2008*, United Nations.

- United Nations, (2014). System of Environmental Economic Accounting 2012—Experimental Ecosystem Accounting, United Nations,, New York, USA,
- Valck, J., Jarvis, D., Coggan, A., Schirru, E., Pert, P., Graham, V., & Newlands, M. (2023). Valuing ecosystem services in complex coastal settings: An extended ecosystem accounting framework for improved decision-making. *Marine Policy*, 155.
- Vallecillo, S., La Notte, A., Zulian, G., Ferrini, S., & Maes, J. (2019). Ecosystem services accounts: Valuing the actual flow of nature-based recreation from ecosystems to people. *Ecological Modelling*, 392, 196–211.
- Vardon, M.J., Keith, H., Burnett, P., Lindenmayer, D.B., (2021). From natural capital accounting to natural capital banking. *Nat. Sustain.* 4 (10), 832–834. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00747-x>.
- Venter, O., Sanderson, E.W., Magrath, A., Allan, J.R., Beher, J., Jones, K.R., Possingham, H.P., Laurance, W.F., Wood, P., Fekete, B.M. et al. (2016). Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation. *Nat Commun*, 7.
- Venter, O, et al. (2016). Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation. *Nature Commun.* 7:12558.
- Watson, K., Galford, G., Sonter, L., Koh, I., Ricketts, T.H. 2019. Effects of human demand on conservation planning for biodiversity and ecosystem services. *Conserv Biol.* 33(4):942-952. doi: 10.1111/cobi.13276.
- Web1. Naturvardsverket (online: <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/markochvattenanvandning/ekosystemtjanster/fragor-och-svar/>
- Weiskopf, S. R., Rubenstein, M. A., Crozier, L. G., Gaichas, S., Griffis, R., Halofsky, J. E., ... Whyte, K. P. (2020). Climate change effects on biodiversity, ecosystems, ecosystem services, and natural resource management in the United States. *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V. (<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137782>).

- Willis, A.J. (1997). "The Ecosystem: An Evolving Concept Viewed Historically". *Functional Ecology*. 11 (2): 268–271. doi:10.1111/j.1365-2435.1997.00081.x.
- Wilson, E. O. (2002) *The Future of Life*, Alfred E.Knopf, New York.
- Wood, S. L. R., Jones, S. K., Johnson, J. A., Brauman, K. A., Chaplin-Kramer, R., Fremier, A., ... DeClerck, F. A. (2018). Distilling the role of ecosystem services in the Sustainable Development Goals. *Ecosystem Services*, 29, 70–82.
- WWF. 2018. *Living Planet Report (2018)*. Aiming Higher. Grooten, M. and Almond, R.E.A.(Eds). WWF, Gland, Switzerland.
- Xu, Z., & Peng, J. (2024). Recognizing ecosystem service's contribution to SDGs: Ecological foundation of sustainable development. *Geography and Sustainability*. Beijing Normal University Press. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2024.05.001>.
- Yang, H.; Gou, X.; Yin, D. (2021). Response of Biodiversity, Ecosystems, and Ecosystem Services to Climate Change in China: A Review. *Ecologies* , 2, 313-331.
- Zhang, R., Li, P., Xu, L., & Zhong, S. (2023). Reconciling ecological footprint and ecosystem services in natural capital accounting: Applying a novel framework to the Silk Road Economic Belt in China. *Journal of Environmental Management*, 330. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117115>