Interreg NEXT Black Sea Basin

Co-funded by the European Union

Carbon Binding Blue Black Sea Project



KARADENİZ'DEKİ DENİZ ÇAYIRI YATAKLARI İÇİN EKOSİSTEM TABANLI ETKİ DEĞERLENDİRME KILAVUZU

Versiyon 1.0 Aralık 2025

This project is co-financed by the European Union and the Republic of Turkey.

KARADENİZ'DEKİ DENİZ ÇAYIRI YATAKLARI İÇİN EKOSİSTEM TABANLI ETKİ DEĞERLENDİRME KILAVUZU

Versiyon 1.0 Aralık 2025

CONTENTS

ÖNSÖZ 6
KISALTMALAR LİSTESİ 7
TERİMLER SÖZLÜĞÜ 8
BÖLÜM A 10
STRATEJİK ÇERÇEVE 10
1. GİRİŞ 11
2. KARADENİZ'İN DENİZ ÇAYIRI EKOSİSTEMLERİ 12
2.1. DENİZ ÇAYIRLARININ TANIMI 12
2.2. HEDEF TÜR TANIMI 14
2.2.1. *Zostera marina* (Deniz Eriştesi) 14
2.2.2. *Zostera noltii* (Cüce Deniz Eriştesi) 16
2.2.3. Akdeniz Türlerinden Ayrım (*Posidonia oceanica*) 17
2.3. DAĞILIM VE DERİNLİK SINIRLARI 18
2.4. "MAVİ KARBON" DEĞER ÖNERMESİ 18
2.4.1. Karbon Yutağı Mekanizması 18
2.4.2. Ortak Faydalar ve Ekosistem Hizmetleri 19
BÖLÜM B 20
DEĞERLENDİRME SÜRECİ 20
3. AŞAMA I: ELEME (YER SEÇİMİ VE FİZİBİLİTE) 21
3.1. HASSAS BÖLGELERİN BELİRLENMESİ 21
3.1.1. "Deniz Çayırı Potansiyel Bölgesi" (DÇPB) 21
3.1.2. Hassasiyet Haritalama ve Bölgeleme 21
3.2. PROJE ELEME KRİTERLERİ 22
3.2.1. "Kırmızı Bayrak" Göstergeleri (Girilmez / Yüksek Risk) 22
3.2.2. Eleme Karar Matrisi 22
4. II. AŞAMA: KAPSAM BELİRLEME VE TEMEL DURUM ÇALIŞMALARI 23
4.1. ETKİ ALANININ TANIMLANMASI 23
4.1.1. Fiziksel Ayak İzi (Doğrudan Etki Bölgesi) 23
4.1.2. Ekolojik Etki Bölgesi (Dolaylı Etki Bölgesi) 24
4.2. BİYOLOJİK TEMEL DURUM METODOLOJİLERİ 24
4.2.1. Haritalama Teknolojileri 24
4.2.2. Saha Örnekleme Protokolleri 25
4.3. SOSYO-EKONOMİK KAPSAM BELİRLEME 26

4.3.1. Paydaş Katılım Protokolleri 26
4.3.2. Katılımcı Haritalama (Yerel Ekolojik Bilgi) 27
5. III. AŞAMA: ETKİ TAHMİNİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ 28
5.1. TEHDİT TİPOLOJİSİ 28
5.1.1. Doğrudan Etkiler (Fiziksel Yıkım) 28
5.1.2. Dolaylı Etkiler (Fizyolojik Stres) 29
5.2. KÜMÜLATİF ETKİ DEĞERLENDİRMESİ 29
5.2.1. Mevcut Baskıların Değerlendirilmesi 30
5.2.2. Sinerjik Etki Mekanizması 30
5.2.3. "Kümülatif Etkiler Kaydı" 30
5.3. KAYBIN DEĞERLEMESİ 30
5.3.1. Mavi Karbon Stoğunun Nicelleştirilmesi 31
5.3.2. Ekosistem Hizmetlerinin Değerlendirilmesi 31
5.3.3. "Net Kayıp Olmaması" Bilançosu 31
BÖLÜM C 32
YÖNETİM VE AZALTIM 32
6. AZALTIM HİYERARŞİSİ 33
6.1. SAKINMA (KAÇINMA) STRATEJİLERİ 33
6.1.1. Alternatif Yer Seçimi (Mekansal Sakınma) 33
6.1.2. Tasarım Değişiklikleri (Teknik Sakınma) 33
6.1.3. "Sıfır Seçeneği" 34
6.2. EN AZA İNDİRME TEKNİKLERİ 34
6.2.1. Bulanıklık ve Tortu Kontrol Önlemleri 34
6.2.2. Zamansal ve Mevsimsel Kısıtlamalar 35
6.2.3. Operasyonel Yönetim (Demirleme ve Trafik) 35
6.3. RESTERASYON VE DENKLEŞTİRME 35
6.3.1. "Son Çare" İlkesi 35
6.3.2. Transplantasyon (Nakil) Uygulanabilirlik Değerlendirmesi 36
7. İZLEME VE UYARLANABİLİR YÖNETİM 37
7.1. İZLEME PROGRAMI TASARIMI 37
7.1.1. BACI Protokolü (Öncesi-Sonrası-Kontrol-Etki) 37
7.1.2. İzlemenin Sıklığı ve Süresi 37
7.2. ERKEN UYARI GÖSTERGELERİ VE UYARLANABİLİR ÖNLEMLER 38
7.2.1. Üç Katmanlı Tetik Sistemi 38
7.2.2. Uyarlanabilir Yönetim Önlemleri 39
7.3. RAPORLAMA VE VERİ PAYLAŞIMI 39

7.3.1. 39
7.3.2. Bölgesel Veritabanları ile Entegrasyon 39
7.3.3. 39
7.3.4. 40
BÖLÜM 1: İSTASYON ÜSTVERİLERİ 41
PART 2: BİYOLOJİK PARAMETRELER (Yıkıcı Olmayan) 42
BÖLÜM 3: BİYOLOJİK PARAMETRELER (Yıkıcı - Laboratuvar Analizi) 43
Yalnızca Başlangıç (Aşama II) ve Nihai Denetim (Aşama IV) için gereklidir. 43
KAYNAKLAR 44
LİTERATÜR & KILAVUZLAR 44

ÖNSÖZ

Karadeniz, tarihsel olarak dayanıklı ancak insan kaynaklı baskılara karşı giderek daha savunmasız hale gelen eşsiz bir deniz ekosistemidir. En kritik doğal varlıkları arasında, *Zostera marina* ve *Zostera noltii* türlerinin oluşturduğu deniz çayırı yatakları yer almaktadır. Bu su altı ormanları sadece birer yaşam alanı değildir; karbon tutulumundan su filtrasyonuna ve ticari balıkçılığın devamlılığına kadar uzanan temel ekosistem hizmetleri sağlayan denizimizin "Mavi Ciğerleri"dir.

Ekolojik önemlerine rağmen, deniz çayırı yatakları bölgedeki kalkınma süreçleri içerisinde uzun süredir özel yasal koruma ve standart izleme eksikliğinden zarar görmektedir. Bilimsel anlayış ile idari uygulamalar arasındaki bu boşluk, sıklıkla bu hayati karbon yutaklarının sessizce tahrip olmasına yol açmıştır.

"Carbon Binding Blue Black Sea (BlueC)" projesi bu boşluğu doldurmak amacıyla başlatılmıştır. Interreg NEXT Karadeniz Havzası Programı kapsamında Avrupa Birliği tarafından ortak finanse edilen bu girişim; Türkiye, Bulgaristan, Ukrayna ve Moldova'dan bilimsel ve akademik uzmanlığı bir araya getirmektedir. Ortak misyonumuz, Mavi Karbon değerini kıyı şeritlerimizi şekillendiren karar alma mekanizmalarına entegre etmektir.

Bu "Karadeniz'deki Deniz Çayırı Yatakları İçin Ekosistem Tabanlı Etki Değerlendirme Kılavuzu S1.0", söz konusu iş birliğinin temel çıktılarından birini temsil etmektedir. Bu kılavuz; proje geliştiricileri, Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) uygulayıcıları ve yetkili makamlar için pratik ve bilimsel açıdan sağlam bir el kitabı olarak hizmet etmek üzere tasarlanmıştır. Deniz çayırlarını yalnızca durağan biyolojik unsurlar olarak gören geleneksel değerlendirme modellerinin aksine, bu kılavuz Ekosistem Yaklaşımını benimseyerek, onları tüm Karadeniz havzasının sağlığı için gerekli dinamik ve fonksiyonel birimler olarak kabul etmektedir.

Bu belge, yaşayan bir standardın ilk sürümü niteliğindedir. Deniz izlemedeki mevcut en iyi uygulamaları sentezlemekte, Avrupa Birliği Direktifleri (WFD, MSFD, Habitatlar) ile uyum sağlamakta ve ortak ülkelerdeki kapsamlı paydaş anketleri yoluyla belirlenen yerel sosyo-ekonomik gerçekleri bünyesinde barındırmaktadır.

Bu rehberin sadece deniz çayırı yataklarının korunmasını standartlaştırmakla kalmayıp, aynı zamanda kıyı kalkınması ve deniz korumanın el ele ilerlediği yeni bir "Mavi Ekonomi" kültürünü teşvik edeceğini umuyoruz.

BlueC Proje Ekibi
Aralık, 2025

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi (Proje Yürütücüsü)

[List of Partner Institutions...]

KISALTMALAR LİSTESİ

Kısaltma	Tanım
ÖSKE	Öncesi-Sonrası-Kontrol-Etki (İzleme Tasarımı)
BKU	Biyolojik Kalite Unsuru
BÇS	Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirmesi
ETY	Ekosistem Tabanlı Yaklaşım
AB	Avrupa Birliği
İÇD	İyi Çevresel Durum
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
DSÇD	Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (2008/56/EC)
DMP	Denizel Mekansal Planlama
NKO	Net Kayıp Olmaması
SÇD	Stratejik Çevresel Değerlendirme
SÇD	Su Çerçeve Direktifi (2000/60/EC)*
BHO	Batı Hint Okyanusu (Restorasyon protokollerinde referans verilmiştir)

TERİMLER SÖZLÜĞÜ

Temel Durum Çalışması (Referans Çalışması) Herhangi bir geliştirme veya bozulma meydana gelmeden önce bir proje alanında var olan çevresel koşulların (biyolojik, fiziksel ve kimyasal) kapsamlı bir analizi. Gelecekteki etkilerin ölçüldüğü referans noktası olarak hizmet eder.

Mavi Karbon Kıyı ve deniz ekosistemlerinde, özellikle deniz çayırı yataklarında, mangrovlarda ve tuzlu bataklıklarda depolanan karbon. Bu karbon, bitkilerin canlı biyokütlesinde tutulur ve daha da önemlisi, binlerce yıl boyunca alttaki tortularda hapsolur.

Kümülatif Etki Geçmiş, mevcut ve makul ölçüde öngörülebilir gelecekteki faaliyetlerin birleşik etkisi. Deniz çayırları bağlamında bu, birden fazla küçük projenin (örneğin, birkaç küçük iskele) veya stres faktörünün (örneğin, inşaat artı besin kirliliği) birlikte önemli bozulmaya neden olduğu eklemeli stresi ifade eder.

Ekosistem Tabanlı Yaklaşım (ETY) Arazi, su ve canlı kaynakların entegre yönetimi için korumayı ve sürdürülebilir kullanımı adil bir şekilde teşvik eden bir strateji. İnsanların ekosistemlerin ayrılmaz bir bileşeni olduğunu kabul eder ve sadece tek bir türe değil, sistemin işlevsel bütünlüğünü korumaya odaklanır.

Ekosistem Hizmetleri İnsanların ekosistemlerden elde ettiği doğrudan ve dolaylı faydalar. Deniz çayırı yatakları için bunlar şunları içerir:

- **Tedarik Hizmetleri:** Balıkçılık desteği, hammaddeler.
- **Düzenleyici Hizmetler:** Karbon tutulumu, erozyon kontrolü, su arıtımı.
- **Kültürel Hizmetler:** Turizm, eğitim, bilimsel araştırma.

Epifitler Deniz çayırlarının yaprakları üzerinde büyüyen organizmalar (bitkiler veya hayvanlar). Ekosistemin doğal bir parçası olsalar da, besin kirliliğinin (ötrofikasyon) neden olduğu aşırı epifit yükü güneş ışığını engelleyebilir ve deniz çayırı konakçısına zarar verebilir.

Azaltım Hiyerarşisi Çevresel riskleri yönetmek için sıralı bir çerçeve:

- **Sakınma (Kaçınma):** Etkinin meydana gelmesini önlemek için alınan önlemler (örneğin, proje yerinin değiştirilmesi).
- **En Aza İndirme (Azaltma):** Etkilerin süresini, yoğunluğunu ve/veya kapsamını azaltmaya yönelik önlemler (örneğin, silt perdelerinin kullanılması).
- **Restorasyon (İyileştirme):** Bozulmuş ekosistemleri onarmaya yönelik önlemler.
- **Telafi/Tazmin (Ofset):** Kalan, kaçınılmaz zararı telafi etmeye yönelik önlemler (örneğin, başka bir yerde eşdeğer bir alanı korumak).

Rizom (Kök Sap) Bir deniz çayırı bitkisinin yatay, yeraltı gövdesi. Bitkiyi tortuya sabitler ve karbonhidrat depolar. Rizom ağının sağlığı, çayırın dayanıklılığı ve bozulmadan sonra iyileşmesi için kritiktir.

Sürgün Yoğunluğu Deniz çayırı sağlığı için standart bir metrik; metrekare başına dikey sürgün (yaprak demetleri) sayısı olarak tanımlanır (sürgün/m^2).

Bulanıklık Genellikle asılı tortulardan etkilenen su berraklığının bir ölçüsü. Yüksek bulanıklık güneş ışığını engelleyerek deniz çayırlarında fotosentezi önler ve kıyı inşaat faaliyetlerinin (tarama, doldurma) yaygın bir etkisidir.

BÖLÜM A

STRATEJİK ÇERÇEVE

1. GİRİŞ

Karadeniz'in *Zostera noltii* ve *Zostera marina* türlerinin baskın olduğu deniz çayırı yatakları, bölgenin en kritik ancak değeri en az bilinen doğal varlıklarından birini temsil etmektedir. Bu su altı ekosistemleri; kıyı sedimanlarını sabitlemekten suyu arıtmaya ve ticari değeri yüksek balık stokları için yavrulama alanı olmaya kadar uzanan temel hizmetleri sağlayarak havzanın "Mavi Ciğerleri" olarak işlev görmektedir. En önemlisi, hızlanan iklim krizi bağlamında, bu çayırlar karasal ormanların oranlarını çok aşan bir hızda karbon hapsederek önemli karbon yutakları olarak hareket etmektedir. Ancak, ekolojik ve ekonomik önemlerine rağmen, Karadeniz'deki deniz çayırı habitatları; yönetilmeyen kıyı altyapı gelişimi, dip tarama ve ötrofikasyon gibi insan kaynaklı baskılar nedeniyle ciddi bir bozulma ile karşı karşıyadır.

Bu Ekosistem Tabanlı Etki Değerlendirme Kılavuzu'nun temel amacı, bilimsel anlayış ile idari uygulamalar arasındaki süregelen boşluğu doldurmaktır. " Carbon Binding Blue Black Sea (BlueC)" projesi çerçevesinde geliştirilen bu belge; Türkiye, Bulgaristan, Ukrayna ve Moldova genelindeki geliştiriciler, ÇED uygulayıcıları ve yetkili makamlar için standartlaştırılmış bir operasyonel araç olarak hizmet vermektedir. Geleneksel ÇED prosedürleri deniz çayırlarını genellikle haritalanması gereken durağan biyolojik özellikler olarak ele alırken, bu kılavuz ETY'ye doğru bir geçişi zorunlu kılmaktadır. Bu yaklaşım, paydaşların potansiyel etkileri sadece bir çayırın fiziksel kapladığı alan üzerinde değil, tüm kıyı ekosisteminin işlevsel bütünlüğü üzerinde değerlendirmesini gerektirir. Bir deniz çayırı yatağının kaybının sadece bitki örtüsü kaybı olmadığını, aynı zamanda kıyı erozyonuna karşı biyofiziksel bir kalkanın ve hayati bir karbon deposunun yok olması anlamına geldiğini kabul eder.

Bu belge, sağlam bir uluslararası ve bölgesel yasal çerçeveye dayanmaktadır. Belge, BÇS ilkeleriyle, özellikle de Ekosistem Yaklaşımı için operasyonel rehberlikle uyumludur ve deniz çayırlarını İÇD'nin belirlenmesi için merkezi BKU'lar olarak sınıflandıran başta SÇD ve DSÇD olmak üzere temel AB direktiflerinin hedeflerini destekler. Ayrıca, ulusal yönetmeliklerin inşaat izin süreçlerinde deniz çayırlarının korunmasına yönelik açık protokollerden genellikle yoksun olduğu Karadeniz bölgesinde tespit edilen özel yasal boşlukları da ele almaktadır.

Bu kılavuzların temel amacı, kıyı kalkınmasında "NKO" ilkesini kurumsallaştırmaktır. Etkilerden sakınmayı en aza indirmeye tercih eden ve restorasyonu yalnızca son çare olarak gören sıkı bir Azaltım Hiyerarşisi uygulayarak; bu kılavuzlar, Karadeniz'deki ekonomik kalkınmanın ekolojik geleceği pahasına gerçekleşmemesini sağlamayı amaçlamaktadır. Nihai hedef, kıyı altyapısı ve deniz korumanın birbirine zıt güçler değil, dayanıklı bir Karadeniz yönetim stratejisinin entegre bileşenleri olduğu sürdürülebilir bir Mavi Ekonomi'yi teşvik etmektir.

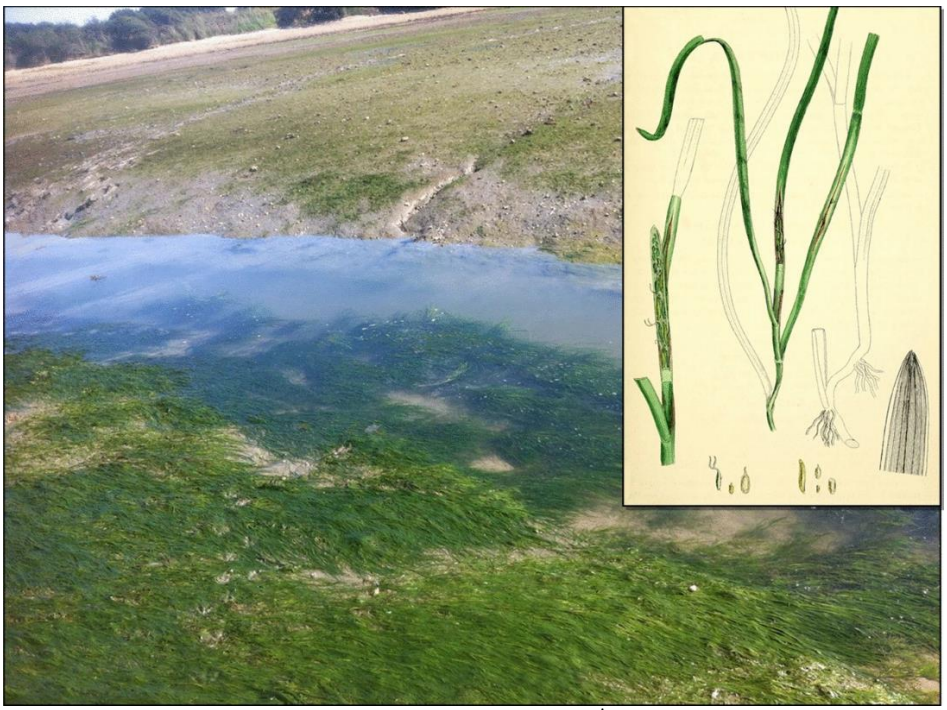
2. KARADENİZ'İN DENİZ ÇAYIRI EKOSİSTEMLERİ

Karadeniz kıyı kuşağının ekolojik bütünlüğü, su altı bitki örtüsünün sağlığıyla ayrılmaz bir şekilde bağlantılıdır. Kolayca görülebilen ve ölçülebilen karasal ormanların aksine, deniz çayırı yatakları "gizli" ekosistemlerdir. Bu bölüm, Etki Değerlendirme süreci sırasında doğru tanımlama ve yönetimi sağlamak amacıyla; Karadeniz'deki deniz çayırlarının ve hedef türlerin belirli biyolojik ve ekolojik özelliklerini tanımlayarak, bunları diğer deniz florasından ayırır.

2.1. DENİZ ÇAYIRLARININ TANIMI

Deniz çayırları, acı veya tuzlu suda tamamen su altında yaşamaya uyum sağlamış deniz kapalı tohumlu bitkileridir (Angiospermler) (Şekil 1). Bulundukları ortamda tortu birikimini teşvik eder, zemini (substratı) sabitler, su hızını azaltır ve su kolonundaki kirleticileri uzaklaştırarak haliç filtrasyon sisteminin bir parçası olarak işlev görürler.

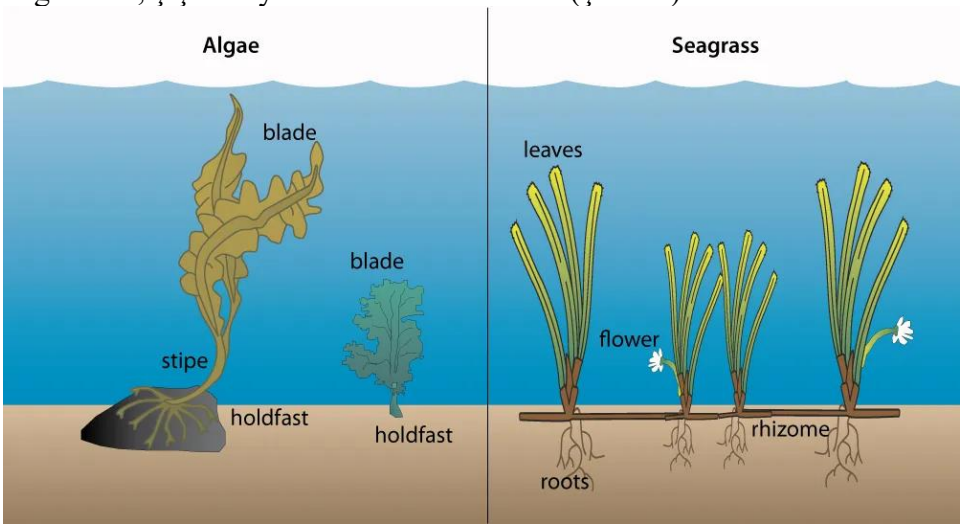
Deniz çayırları ayrıca deniz ortamına; besin döngüsü, ticari açıdan önemli bir dizi balık türünü yavrulama habitatı olarak destekleme ve yeşil deniz kaplumbağaları, dugonglar ve manatlar gibi mega otçullar için önemli bir besin kaynağı olma dahil olmak üzere bir dizi başka ekosistem hizmeti de sağlar.



Şekil 1: Düşük gelgit sırasında açığa çıkan deniz çayırı yatağı. Birleşik Krallık, İngiltere, Hayling Adası'nda düşük gelgit sırasında *Zostera angustifolia*'nın baskın olduğu parçalı deniz çayırı yatağı. Fotoğraf: Mariana Lima; *Zostera marina* (deniz eriştesi) deniz çayırının toprak üstü (sürgünler ve yapraklar) ve toprak altı (kökler ve rizomlar) canlı bileşenlerini ve tohumlarını gösteren anatomik bilimsel çizimini içermektedir. (Watson & Dallwitz, 1992'den).

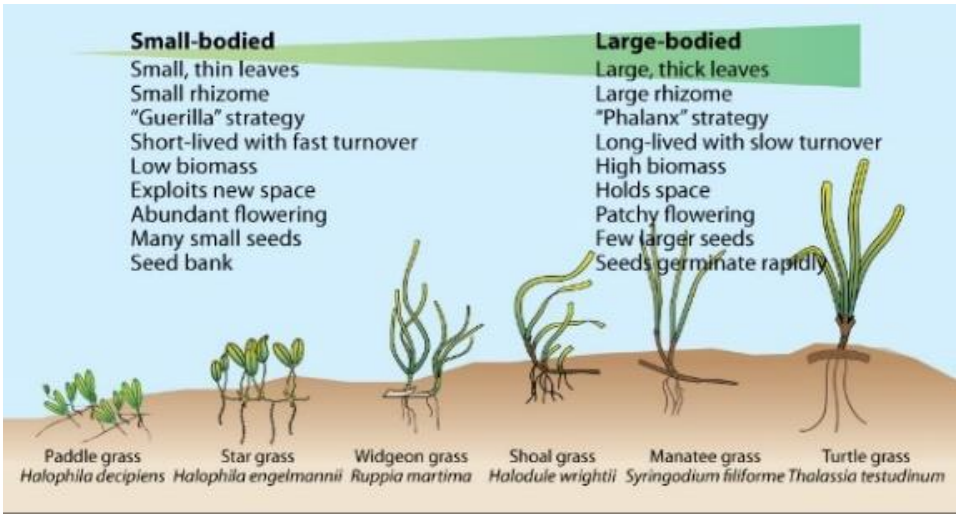
Karasal (karada yaşayan) bitkiler gibi, deniz çayırları da; damarlar (besin, besin maddeleri ve suyu bitki bünyesinde taşıyan odunlaşmış iletim dokusu), gövde, kökler (zemine gömülü) ve çiçek ile meyve gibi üreme organları şeklinde kısımlara ayrılabilir. Alglerin yapraklarında

damar bulunmaz; ayrıca köklere (zemin yüzeyine bir tutunma organı ile tutunurlar) sahip değillerdir, çiçek veya tohum da üretmezler (Şekil 2).



Şekil 2: *Algler veya "deniz yosunları" (solda), deniz çayırlarından (sağda) çeşitli şekillerde ayrılır. Deniz tabanındaki alglerin bir tutunma organı (holdfast) vardır ve besin maddelerini vücutları boyunca difüzyon yoluyla taşırlar; oysa deniz çayırları kökleri ve dahili bir taşıma sistemi olan çiçekli damarlı bitkilerdir. (Maryland Üniversitesi Çevre Bilimi Merkezi, Entegrasyon ve Uygulama Ağı'nın (ian.umces.edu) izniyle)*

Çoğu şerit benzeri, çimensi yapraklara sahip olduğu için bunlara "deniz çayırı" denir. Pek çok deniz çayırı türü vardır ve bazıları hiç de çimene benzemez. Deniz çayırları, tırnağınızın büyüklüğünden 7 metre uzunluğunda yapraklara sahip bitkilere kadar çeşitlilik gösterir. Farklı deniz çayırı türlerinin bazı yaprak şekilleri ve boyutları arasında oval (kürek) şekli, eğrelti otu şekli, uzun spagetti benzeri bir yaprak ve şerit şekli bulunur (Şekil 3).



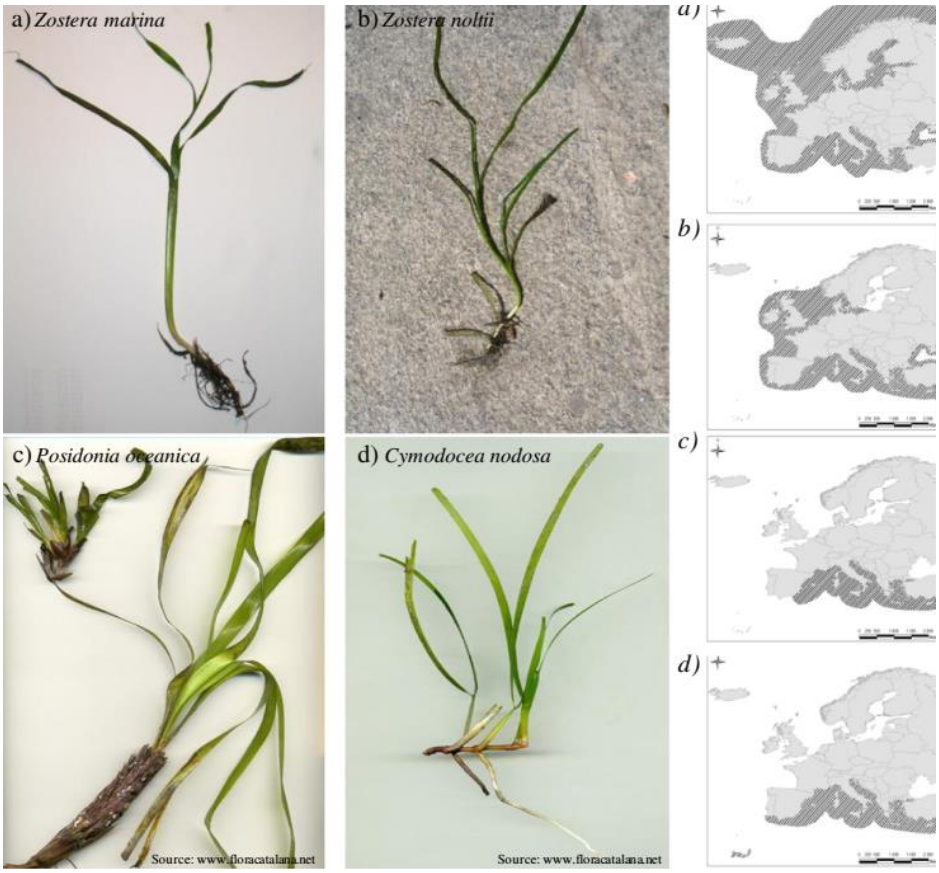
Şekil 3*: Bazı yaygın deniz çayırı türlerinin bu kavramsal diyagramında gösterildiği gibi, deniz çayırı türleri birçok farklı şekil ve boyutta olabilir. ("Tropical Connections: South Florida's marine environment" (s. 260) kitabından; Maryland Üniversitesi Çevre Bilimi Merkezi, Entegrasyon ve Uygulama Ağı'nın (ian.umces.edu) izniyle)*

Avrupa'da dört deniz çayırı türü bulunmaktadır:

- *Zostera marina* (deniz eriştesi)
- *Zostera noltii* (cüce deniz eriştesi)
- *Cymodocea nodosa*
- *Posidonia oceanica*

Deniz çayırları oldukça farklı görünebilir, ancak Avrupa türleri birkaç ortak özelliğe sahiptir (Şekil 4). Deniz çayırlarının toprak üstü, görünür kısmı; 3 ila 10 arası doğrusal yaprağa sahip

sürgünlerden veya yaprak demetlerinden oluşur. Sürgünler, köklerin deniz tabanının daha derin katmanlarına nüfuz ettiği tortunun içinde veya üzerinde sürünen rizomlara (dikey ve/veya yatay) bağlıdır. Rizomlar bölünerek yeni yaprak demetleri oluşturur ve her bir dallanmış rizom sistemi, genetik olarak özdeş birçok sürgünü barındırabilir; bunlar daha sonra diğer klonal bitkilerde olduğu gibi tek bir birey olarak birbirine bağlıdır.



Şekil 4. *Zostera marina, Zostera noltii, Posidonia oceanica ve Cymodocea nodosa'nın Avrupa kıyı sularındaki morfolojisi ve coğrafi dağılımına ilişkin detaylar (Borum vd., 2004'ten).*

2.2. HEDEF TÜR TANIMI

Akdeniz, endemik *Posidonia oceanica*'nın varlığı ile karakterize edilirken, Karadeniz'in daha düşük tuzluluğu ve belirgin hidrolojik koşulları farklı bir deniz çayırı topluluğunu destekler. Bu Kılavuzun amacı doğrultusunda, zorunlu değerlendirme için "Hedef Türler", *Zostera* cinsine ait iki baskın kapalı tohumlu bitkidir (angiosperm).

2.2.1. *Zostera marina* (Deniz Eriştesi)

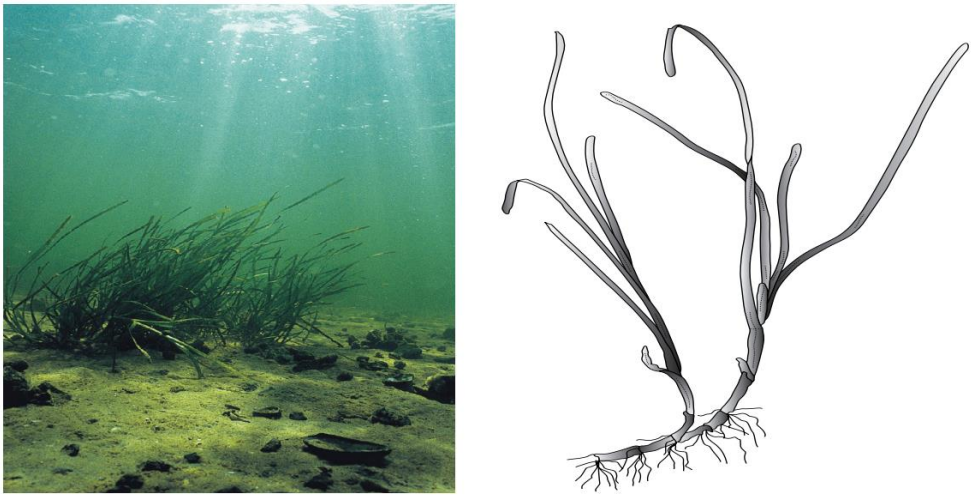
Zostera marina, Karadeniz'deki en büyük ve en geniş dağılıma sahip deniz çayırı türüdür. Genellikle korunaklı koylarda ve kumlu veya çamurlu zeminlerde bulunan çok yıllık çiçekli bir bitkidir.

- **Morfoloji:** *Zostera marina* sürgünleri 3 ila 7 yaprağa sahiptir. Yaprak genişliği genç bitkiler için 2 mm ile büyük bireyler için 10 mm arasında değişir. Yapraklar genellikle 30 ila 60 cm uzunluğundadır, ancak orta derinliklerdeki yumuşak tortul tabakalar üzerindeki yataklarda 1,5 m'ye kadar çıkabilir.

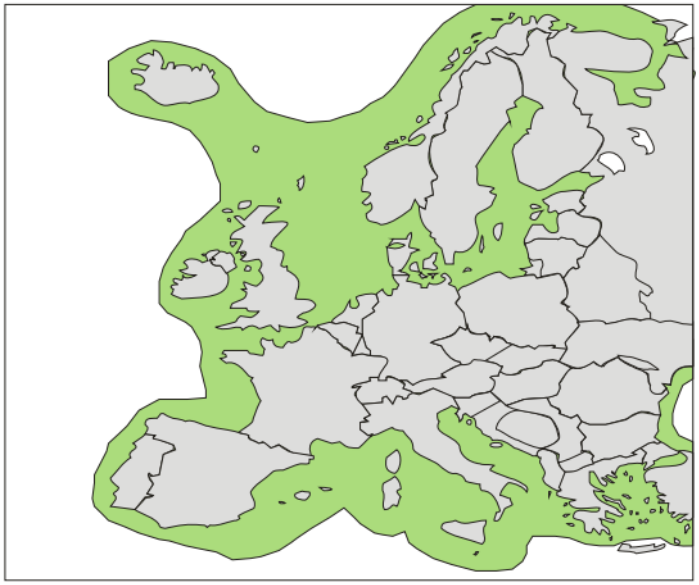
- **Kök Sistemi:** Bitki, karmaşık bir sürünen rizom ve kök sistemi ile zemine tutunur. Bu rizomlar tortu stabilizasyonu için çok önemlidir ve karbonhidratlar için birincil depolama organlarıdır; bu da bitkinin kışı geçirmesini ve yeniden büyümesini sağlar.

- **Ekolojik Rol:** Kanopi yüksekliği nedeniyle, *Zostera marina*, balıklar için kritik yavrulama alanları ve omurgasızlar için barınak görevi gören karmaşık üç boyutlu habitatlar oluşturur.

Zostera marina (Şekil 5); birkaç ay buz örtüsü altında hayatta kalabildiği kuzey Norveç kıyılarındaki arktik sulardan, Akdeniz'e kadar (Şekil 6) bulunur. Tür; Baltık Denizi, Kuzey Denizi ve kuzey İspanya'ya kadar uzanan Atlantik kıyıları boyunca çok boldur. Daha güneyde, *Z. marina* daha nadir hale gelir ve Akdeniz'de tür çoğunlukla küçük, izole kümeler halinde bulunur; ancak özellikle lagünlerde yoğun deniz eriştesi yataklarına rastlanır. *Zostera marina* ağırlıklı olarak gelgit altı (subtidal) bölgede bulunur ve su berraklığına bağlı olarak 10-15 metre derinliğe kadar büyüyebilir. *Zostera marina* çoğunlukla çok yıllıktır, ancak Wadden Denizi'ndeki gelgit bölgelerinde tek yıllık topluluklara da rastlanır.



***Şekil 5**. Zostera marina (deniz eriştesi), suyun berrak olduğu alanlarda gelgit kuşağından 10-15 metre derinliklere kadar yoğun topluluklar oluşturur. Tür, yalnızca yatay rizomlar üzerindeki uç sürgünleri ile kolayca ayırt edilir. Fotoğraf: P.B. Christensen; çizim: Dawes 1981'den yeniden çizilmiştir.*



***Şekil 6** Zostera marina'nın (deniz eriştesi) Avrupa kıyı sularındaki coğrafi dağılımı. Deniz eriştesi, Kuzey Norveç kıyılarındaki arktik sulardan Akdeniz'e kadar uzanan bölgede bulunur; Akdeniz'de daha seyrektir ve yalnızca bazı lagünlerde yoğun ve geniş yataklar oluşturur. Deniz eriştesi, İzlanda çevresinde yetişen tek deniz çayırı türüdür.*

2.2.2. *Zostera noltii* (Cüce Deniz Eriştesi)

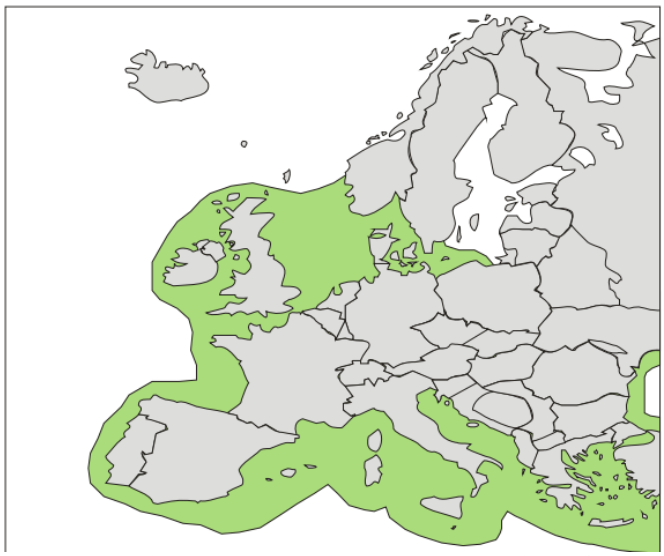
Eski literatürde sıklıkla *Zostera noltii* olarak anılan bu tür, tipik olarak daha sığ, gelgit kuşağında veya üst gelgit altı bölgelerde yaşayan daha küçük bir türdür.

- **Morfoloji:** *Zostera noltii* (cüce deniz eriştesi; Şekil 7), *Zostera marina*'nın kurumaya karşı daha düşük toleransı nedeniyle seyrek olduğu gelgit alanlarının çamurlu kumlarında yoğun yataklar oluşturur. *Zostera noltii*, yatay bir rizoma bağlı 2 ila 5 dar yapraklı küçük yaprak demetlerine sahiptir. Her rizom, rizom segmentleri ile ayrılmış kısa dallar üzerinde birçok sürgün taşır. Yapraklar 0,5-2 mm genişliğinde ve 5 ila 25 cm uzunluğundadır.
- **Büyüme Modeli:** Genellikle çok sığ sularda (0,2 m ila 2 m derinlik) yoğun, halı benzeri çayırlar oluşturur; burada kurumaya ve dalgalanan tuzluluk oranlarına karşı oldukça toleranslıdır.
- **Ekolojik Rol:** Yoğun kök örtüsü, yüksek enerjili sığ bölgelerde yüzey tortularını sabitlemede son derece etkilidir ve kıyı erozyonunu önler.

Zostera noltii; Norveç'in güney kıyılarından Akdeniz'e, Karadeniz'e, Kanarya Adaları'na kadar dağılım gösterir ve güneyde Moritanya kıyılarına kadar kaydedilmiştir (Şekil 8).



Şekil 7 *Zostera noltii (cüce deniz eriştesi), diğer deniz çayırı türlerinin dışlandığı gelgit kuşağında yoğun topluluklar oluşturur. Tür en iyi, yatay bir rizoma kısa dallarla bağlı, dar yapraklı birçok küçük sürgünü ile ayırt edilir. Fotoğraf: J. Borum; çizim: NN'den yeniden çizilmiştir.*

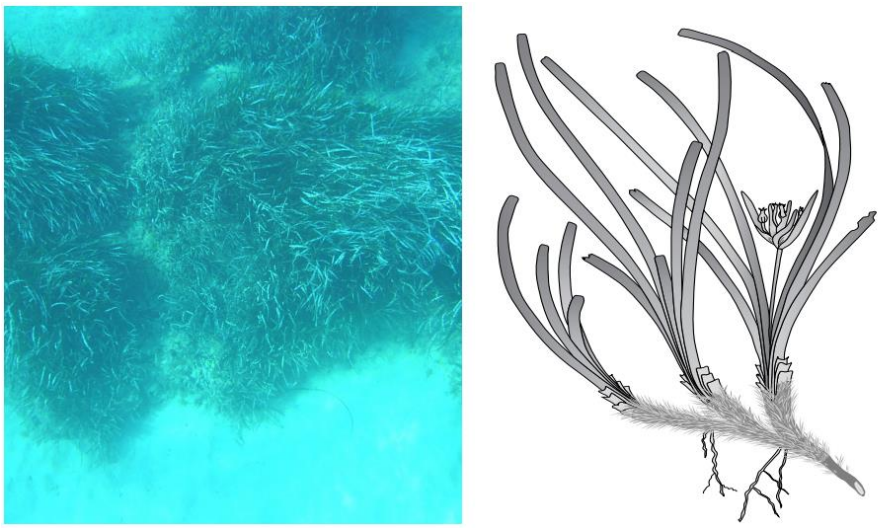


Şekil 1 *Zostera noltii'nin (cüce deniz eriştesi) Avrupa kıyı sularındaki coğrafi dağılımı. Cüce deniz eriştesi, Norveç'in güney kıyılarından Akdeniz'e ve hatta güneyde Moritanya kıyılarına kadar uzanan bölgede bulunur.*

2.2.3. Akdeniz Türlerinden Ayrım (*Posidonia oceanica*)

Bölgesel Çevresel Etki Değerlendirmelerinde yapılan yaygın bir hata, Karadeniz deniz çayırlarının Akdeniz kriterleri kullanılarak yanlış sınıflandırılmasıdır. *Posidonia oceanica*'nın Karadeniz'de bulunmadığını belirtmek kritiktir.

Posidonia oceanica (Şekil 9) Akdeniz ile sınırlıdır ve dağılımı, Akdeniz'in batı kısmında Akdeniz ve Atlantik sularının karıştığı sınır hattında son bulur (Şekil 10). *Posidonia oceanica*, sığ gelgit altı sularından, suların çok berrak olduğu alanlarda 50-60 m derinliğe kadar büyür. *Posidonia oceanica* Akdeniz'deki en yaygın yüksek yapılı bitkidir ve *Posidonia* yapraklarının kıyı birikintileri (banquettes) büyük miktarlarda bulunabilir. *Posidonia oceanica*, dikey rizomlara bağlı 5 ila 10 yapraktan oluşan yaprak demetlerine sahiptir. Yapraklar geniştir (5 ila 12 mm) ve uzunlukları genellikle 20 ila 40 cm arasında değişir ancak 1 m'ye kadar çıkabilir.



Şekil 9. *Posidonia oceanica, suyun berrak olduğu alanlarda gelgit altı bölgeden 50-60 m derinliğe kadar çok yoğun topluluklar oluşturur. Tür; yoğun, geniş yaprakları ve rizomlar ile sürgünlerin alt kısımları etrafındaki tüylü kalıntıları ile kolayca ayırt edilir. Fotoğraf: P.B. Christensen; çizim: Luque ve Templado 2004'ten yeniden çizilmiştir.*



Şekil 2 *Posidonia oceanica'nın Avrupa kıyı sularındaki coğrafi dağılımı. Posidonia oceanica kesinlikle Akdeniz'e özgüdür ve dağılımı, Akdeniz'in batı kısmında sıcak Akdeniz sularının soğuk Atlantik sularıyla karıştığı noktada son bulur.*

- *Posidonia*, devasa, binlerce yıllık "mat" yapıları oluşturur ve kalın, şerit benzeri yapraklara sahiptir.
- Karadeniz'deki *Zostera* türleri yüksek "mat"lar oluşturmaz; bunlar daha hızlı büyüyen, daha dinamik ve farklı bir toparlanma profiline sahip türlerdir.
- **Düzenleyici Çıkarım:** *Posidonia* (Habitat Direktifi kapsamında öncelikli habitat olarak kesinlikle korunan) için tasarlanan azaltım önlemleri; farklı transplantasyon başarısına ve büyüme oranlarına sahip *Zostera* için uyarlama gerektirebilir. Ancak, Karadeniz'deki birincil karbon yutağı olma rolleri nedeniyle, işlevsel koruma statüleri eşit derecede yüksek tutulmalıdır.

2.3. DAĞILIM VE DERİNLİK SINIRLARI

Karadeniz'deki deniz çayırlarının dikey dağılımı, öncelikle ışık mevcudiyeti (fotosentetik olarak aktif radyasyon - PAR) ile sınırlıdır. Deniz çayırlarının 40 metreye kadar uzanabildiği Akdeniz'in berrak sularının aksine, Karadeniz ötrofiktir ve genellikle bulanıktır.

  - **Kritik Bölge (0 m – 15 m):** Batı Karadeniz'den (Bulgaristan ve Türkiye'deki son araştırmalar dahil) elde edilen bilimsel veriler, *Zostera* çayırlarının neredeyse tamamen 0 ile 15 metre arasındaki derinliklerle sınırlı olduğunu göstermektedir.
  - *Zostera noltii sığ kıyı şeridinde baskındır* (**0.5 m – 2 m**).
  - *Zostera marina* daha derin gelgit altı (subtidal) bölgede (1 m – 12 m) baskındır; olağanüstü berrak sularda 15 m'den daha derinlerde nadiren görülür (**1 m – 12 m**).
- **Mekansal Planlama İçin Çıkarım:** 0–15 metre izobatı (eş derinlik eğrisi) içinde planlanan herhangi bir kıyı altyapı projesi (iskeleler, dalgakıranlar, dip tarama), deniz çayırı etkileşimi açısından otomatik olarak "**Yüksek Risk**" olarak işaretlenmelidir. Bu derinlik aralığı, Temel Durum Çalışması için zorunlu araştırma alanını tanımlar.

2.4. "MAVİ KARBON" DEĞER ÖNERMESİ

"Mavi Karbon" terimi, dünya okyanus ve kıyı ekosistemleri tarafından tutulan karbonu ifade eder. Karadeniz'de, deniz çayırı yatakları bu sürecin şampiyonlarıdır. Bir ÇED sürecindeki değerleri, sadece kapladıkları alanla değil, sağladıkları "hizmetlerle" hesaplanmalıdır.

2.4.1. Karbon Yutağı Mekanizması

Deniz çayırları karbonu iki temel yolla hapseder:

- **Biyokütle Birikimi (Kısa Vadeli):** Karbon; bitkilerin yapraklarında, köklerinde ve rizomlarında depolanır.
- **Tortu Tutma (Uzun Vadeli):** Deniz çayırı yatağının kanopisi (üst örtüsü) su akıntılarını yavaşlatarak asılı partiküllerin (organik madde) su sütunundan çökmesine neden olur. Yoğun kök sistemleri bu materyali tortu içinde hapseder. Tortunun anoksik (oksijence fakir) koşullarında, bu karbon çok yavaş bozunur ve yüzyıllar veya bin yıl boyunca kilitli kalabilir.

Not: Bir deniz çayırı yatağını taramak (dip taraması) sadece bitkileri öldürmekle kalmaz; aynı zamanda bu kadim tortul karbonu yeniden mineralize ederek bir karbon yutağını bir karbon kaynağına dönüştürür (CO_2'yi tekrar suya ve atmosfere salar).

2.4.2. Ortak Faydalar ve Ekosistem Hizmetleri

Karbonun ötesinde, bu çayırları korumaya yönelik "Değer Önermesi" şunları içerir:

- **Kıyı Dayanıklılığı:** Rizom matrisi deniz tabanını sabitleyerek dalga enerjisini azaltır ve fırtınalar sırasında kıyı şeritlerini erozyondan korur; bu hizmet, iklim değişikliği kaynaklı deniz seviyesi yükselmesiyle giderek daha değerli hale gelmektedir.
- **Su Kalitesinin İyileştirilmesi:** Asılı tortuları tutarak ve tarımsal sızıntılardan gelen fazla besin maddelerini (Azot ve Fosfor) emerek, deniz çayırları doğal biyofiltreler gibi davranır ve su berraklığını artırır.
- **Biyolojik Çeşitlilik Desteği:** Ticari Karadeniz balık türleri (örn. Tirsi balığı, Kalkan yavruları) için temel yavrulama alanları ve nesli tehlike altındaki deniz atları (*Hippocampus guttulatus*) için yaşam alanı sağlarlar.

BÖLÜM B

DEĞERLENDİRME SÜRECİ

3. AŞAMA I: ELEME (YER SEÇİMİ VE FİZİBİLİTE)

Eleme, ETY sürecinin ilk ve en kritik aşamasını oluşturur. Bu Kılavuz bağlamında eleme, bir ÇED'in yasal olarak gerekli olup olmadığını belirleyen basit bir idari onay kutusu değildir; stratejik bir yer seçimi ve fizibilite mekanizmasıdır. Temel amacı, Azaltım Hiyerarşisinin ilk adımını uygulamaktır: **Sakınma (Kaçınma).**

Deniz çayırı yataklarının belirli derinlik bölgelerinde yoğunlaştığı ve kıyısal değişikliklere karşı oldukça hassas olduğu Karadeniz bölgesinde, "Net Kayıp"ı önlemenin en etkili yolu, altyapıyı hassas habitatlardan uzağa konumlandırmaktır. Bu nedenle, Eleme Aşaması, ayrıntılı mühendislik tasarımları kesinleşmeden çok önce, ön fizibilite aşamasında gerçekleştirilmelidir.

Bu aşama, önerilen proje yerinin Kritik Deniz Çayırı Bölgeleri ile geri dönülemez bir şekilde çatışmadığını gösterme konusundaki ispat yükümlülüğünü proje geliştiricisine yükler. Titiz bir eleme süreci, kabul edilemez ekolojik maliyetler nedeniyle tam kapsamlı etki değerlendirmesi sırasında nihayetinde reddedilecek projelerin ilerlemesini önleyerek, "ölümcül hataları" erkenden belirler; böylece zaman ve kaynak tasarrufu sağlar.

3.1. HASSAS BÖLGELERİN BELİRLENMESİ

Hassas bölgelerin belirlenmesi, önleyici yaklaşımın temel taşıdır. Yüksek çözünürlüklü yerel verilerin yokluğunda, **İhtiyatlılık İlkesi** geçerlidir: *Zostera* büyümesi için uygun fotik zon (ışıklı bölge) içindeki herhangi bir deniz tabanı alanı, aksi kanıtlanana kadar potansiyel bir çayır olarak ele alınmalıdır.

3.1.1. "Deniz Çayırı Potansiyel Bölgesi" (DÇPB)

Karadeniz'deki *Zostera marina* ve *Zostera noltii*'nin batimetrik dağılımına dayanarak, Kritik Bölge 0 m ile 15 m derinlik arasındaki kıyı kuşağı olarak tanımlanır.

- **Çıkarım:** Bu izobat (eş derinlik eğrisi) dahilinde proje planlayan geliştiriciler, otomatik olarak deniz çayırlarının varlığını varsaymalı ve özel bir Deniz Çayırı Araştırması başlatmalıdır.
- **İstisna:** 15 m'den (veya olağanüstü berrak sularda 20 m'den) daha derin alanlar, tarihsel veriler aksini göstermedikçe ayrıntılı Deniz Çayırı Elemesi'nden hariç tutulabilir.

3.1.2. Hassasiyet Haritalama ve Bölgeleme

Yetkili makamlar ve geliştiriciler, aşağıdaki risk seviyelerine göre kategorize edilmiş Hassasiyet Haritalarını kullanmalı (veya oluşturmalıdır):

- **Kırmızı Bölge (Kritik Habitat):** Doğrulanmış yoğun çayırlar (>50 sürgün/m²) veya sığ sulardaki (<2 m) *Z. noltii* yatakları. Bunlar, doğrudan ayak izi (inşaat alanı) oluşturacak yapılar için "**Girilmez**" alanlardır.
- **Sarı Bölge (Tampon/Geçiş):** Parçalı çayırlar, restorasyon alanları veya bir Kırmızı Bölge'nin 100 m içerisindeki alanlar. Burada yapılaşma, sıkı azaltım önlemlerine bağlıdır.

- **Yeşil Bölge (Düşük Hassasiyet):** Çayırlardan net bir şekilde ayrılmış, dolaylı etki potansiyeli (örn. tortu sürüklenmesi) olmayan bitkisiz kumlu/çamurlu zeminler.

3.2. PROJE ELEME KRİTERLERİ

Eleme Aşaması, projenin deniz çayırlarına özgü tam kapsamlı bir Etki Değerlendirmesi gerektirip gerektirmediğine dair bir kararla sonuçlanır. Bu karara, proje türü ve konumuyla ilgili "Tamam / Devam Etme" (Go / No-Go) göstergeleri rehberlik eder.

3.2.1. "Kırmızı Bayrak" Göstergeleri (Girilmez / Yüksek Risk)

Aşağıdaki özellikleri gösteren projeler Yüksek Risk olarak işaretlenir ve yeniden tasarlanmadıkları sürece genellikle "NKO" (Net Kayıp Olmaması) hedefiyle uyumsuzdur:

- **Doğrudan Dip Tarama:** Doğrulanmış bir *Zostera* yatağı üzerinde doğrudan planlanan herhangi bir tarama faaliyeti.
- **Kalıcı Gömülme:** Deniz çayırı yataklarının üzerine dalgakıranların, dolgu alanlarının veya yapay adaların inşası.
- **Hidrodinamik Tıkanıklık:** Bir çayıra giden su sirkülasyonunu keserek durgunluğa ve sıcaklık artışına neden olacak yapılar (örn. katı setler/yollar).

3.2.2. Eleme Karar Matrisi

Yetkili makam, projeyi şu üç akıştan birine kategorize etmelidir:

Eleme Kararı	Kriterler	Gerekli İşlem
Kategori A: Tam Kapsamlı Değerlendirme Gerekli	Proje **0–15 m** kuşağı içinde yer almakta VEYA bir çayıra ulaşması muhtemel bulanıklık bulutları oluşturmaktadır.	**II. Aşama: Kapsam Belirleme ve Temel Durum Çalışmalarına Geçin.** Tam Kapsamlı ÇED gereklidir.
Kategori B: Basitleştirilmiş Değerlendirme	Proje kıyı kuşağında ancak **15 m** izobatının dışındadır ve tortu taşınımı riski asgaridir.	Yokluğun teyidi için masa başı çalışması ve hızlı saha doğrulaması gereklidir.
Kategori C: Elemeyle Kapsam Dışı Bırakılan	Projenin denizel ayak izi ve denize deşarj yolu yoktur (örn. iç kesimlerdeki karasal çalışmalar).	Özel bir deniz çayırı değerlendirmesi gerekli değildir.

4. II. AŞAMA: KAPSAM BELİRLEME VE TEMEL DURUM ÇALIŞMALARI

Bir proje "Kategori A" (Yüksek Risk/Tam Kapsamlı Değerlendirme Gerekli) olarak elendikten sonra, süreç Kapsam Belirleme ve Temel Durum Çalışması aşamasına ilerler. Bu aşama, Etki Değerlendirmesinin bilimsel omurgasını oluşturur. Temel amacı, gelecekteki tüm izleme verilerinin ve potansiyel kayıpların ölçüleceği istatistiksel olarak sağlam bir "Sıfır Durumu" (referans koşulu) oluşturmaktır.

Karadeniz bölgesinde, deniz çayırı dağılımına ilişkin tarihsel veriler genellikle güncelliğini yitirmiş, parçalı veya metodolojik tutarlılıktan yoksundur. Bu nedenle, uyumlu bir Ekosistem Tabanlı Etki Değerlendirmesi için yalnızca literatür incelemelerine güvenmek yetersizdir. Projeye özgü, saha tabanlı bir temel durum çalışması zorunludur.

Veri kalitesini ve bölgesel karşılaştırılabilirliği sağlamak için, bu aşamanın metodolojisi uluslararası en iyi uygulamalarla uyumlu olmalıdır. Özellikle, bu Kılavuzlar, UNEP/MAP-RAC/SPA (***Deniz Manolyofitlerinin Haritalama ve İzleme Yöntemlerinin Standardizasyonu Kılavuzu***) tarafından ana hatları verilen standardizasyon protokollerini benimsemekte ve bunları Karadeniz türlerinin (*Zostera marina* ve *Zostera noltii*) spesifik biyolojik özelliklerine uyarlamaktadır.

Kapsam Belirleme süreci iki kritik işleve hizmet eder:

1. **Metodolojik Standardizasyon:** Genellikle amaca özel (ad-hoc) yöntemlerin kullanılmasından kaynaklanan veri tutarsızlıklarını önlemek için kalibre edilmiş haritalama ve örnekleme tekniklerinin (AB SÇD ve DSÇD ile tutarlı) kullanımını zorunlu kılar.
2. **Mekansal Tanımlama:** Değerlendirmenin kesin fiziksel ve ekolojik sınırlarını belirleyerek, çalışma alanının yalnızca inşaat ayak izini değil, tüm "Etki Bölgesi"ni kapsamasını sağlar.

Bu standartlaştırılmış kriterleri karşılayan bir temel durum çalışmasının yürütülmemesi, sonraki Etki Tahmini aşamasını spekülatif ve yasal olarak savunulamaz hale getirir.

4.1. ETKİ ALANININ TANIMLANMASI

Geleneksel ÇED'lerde yaygın bir metodolojik hata, değerlendirme kapsamını kesinlikle projenin inşaat sınırlarıyla sınırlamaktır. Ekosistem Tabanlı Yaklaşım (ETY) kapsamında "Etki Alanı", mülkiyet sınırlarıyla değil, geliştirme projesinden etkilenen fiziksel ve biyolojik süreçlerin kapsamıyla tanımlanır.

Temel Durum Çalışması amacıyla, Çalışma Alanı iki ayrı bölgeye ayrılmalıdır:

4.1.1. Fiziksel Ayak İzi (Doğrudan Etki Bölgesi)

Bu, deniz tabanının fiziksel olarak değiştirileceği, kaldırılacağı veya kapatılacağı alandır. Şunları içerir:

- Önerilen yapıların kesin koordinatları (örn. dalgakıran temelleri, kazıklar).
- Dip tarama koridorları ve gemiler için dönüş daireleri.
- Islah/dolgu alanları.
- Geçici inşaat bölgeleri (örn. mavnalar için demirleme alanları).

Bu bölge içinde, deniz çayırları üzerindeki etki tipik olarak tam ve geri döndürülemezdir (%100 kayıp). Bu nedenle, buradaki Temel Durum Çalışması, tazminat gerekliliklerini belirlemek için ortadan kaldırılacak kesin "Mavi Karbon Stoğu"nu hesaplamaya odaklanır.

4.1.2. Ekolojik Etki Bölgesi (Dolaylı Etki Bölgesi)

Bu bölge, doğrudan inşaat gerçekleşmese bile, projenin çevresel koşulları deniz çayırı yataklarını strese sokacak veya bozacak kadar değiştirebileceği daha geniş alanı kapsar. Bu bölgenin sınırları, saha araştırmalarından önce Hidrodinamik ve Dispersiyon Modellemesi yoluyla belirlenmelidir.

Bu bölgeyi tanımlayan temel faktörler şunlardır:

- **Bulanıklık Bulutları:** Tarama veya inşaat sırasında, asılı tortular ışık geçirgenliğini (PAR) azaltır. Etki Bölgesi, asılı tortu konsantrasyonunun (SSC) arka plan eşiğini %10 veya daha fazla aştığı maksimum mesafeye kadar uzanır. Yüksek ışık gereksinimine sahip *Zostera* türleri için bu bulut, kaynaktan kilometrelerce uzakta ölümlere neden olabilir.
- **Hidrodinamik Değişim:** Kıyı yapıları dalga enerjisini ve akıntı hızını değiştirebilir. Bu şunlara yol açabilir:
  - **Erozyon:** Bitişik alanlarda deniz tabanının oyulması, rizomların sökülmesi.
  - **Gömülme:** *Zostera noltii* gibi kısa yapraklı türleri boğan artan tortulaşma oranları.
- **Gölgeleme:** Su üstü yapıların (örn. iskeleler, yüzer rıhtımlar) gölgelediği, ışık seviyelerinin *Zostera* fotosentezi için telafi noktasının altına düştüğü alan.

Gereklilik: Temel Durum Çalışması, ÖSKE (Öncesi-Sonrası-Kontrol-Etki) izleme tasarımını karşılamak için tüm Ekolojik Etki Bölgesi'ni artı bu bölgenin dışında bulunan bir Referans (Kontrol) Sahasını kapsamalıdır.

4.2. BİYOLOJİK TEMEL DURUM METODOLOJİLERİ

Karadeniz bölgesi genelinde veri karşılaştırılabilirliğini ve AB standartlarına (SÇD ve DSÇD) uyumu sağlamak için, biyolojik temel durumun standartlaştırılmış, çok ölçekli bir yaklaşım kullanılarak oluşturulması gerekir. Bu metodoloji, *Zostera* türlerinin fenolojik özelliklerine uyarlanmış UNEP/MAP-RAC/SPA "Deniz Manolyofitlerinin Haritalama ve İzleme Yöntemlerinin Standardizasyonu Kılavuzu" ile uyumludur.

4.2.1. Haritalama Teknolojileri

Haritalamanın amacı, Etki Alanı içindeki deniz çayırı yataklarının asgari 1:2.000 ölçeğinde coğrafi referanslı bir dağılım haritasını üretmektir. Karadeniz'in değişken bulanıklığı ve derinlik gradyanları nedeniyle, üç tamamlayıcı teknolojinin bir kombinasyonu gereklidir:

- **Uydu Görüntüleri (Makro Ölçekli Görüntüleme):**
  - Kullanımı**:** Büyük kıyı sektörlerinin ön elemesi için yüksek çözünürlüklü ticari uydu görüntüleri (örn. WorldView, Pleiades) veya Sentinel-2 verileri kullanılır.
  - *Sınırlılık:* Karadeniz'de güvenilir optik tespit, bulanıklık nedeniyle genellikle ilk 2–4 metre derinlikle sınırlıdır. Bir altlık katman olarak hizmet eder ancak tek başına ayrıntılı etki değerlendirmesi için yetersizdir.
- **Drone Fotogrametrisi (Sığ ve Gelgit Kuşağı Bölgeleri):**
  - Kullanımı*:* Sığ sulardaki (0–2 m) *Zostera noltii* yataklarının haritalanması için polarize filtrelerle donatılmış İnsansız Hava Araçları (İHA) zorunludur.
  - *Protokol:* Yama sınırlarının hassas bir şekilde belirlenmesine olanak tanıyan yüksek çözünürlüklü ortofotolar (<5 cm/piksel) oluşturmak için uçuşlar; sakin deniz durumlarında ve güneş parlamasının düşük olduğu koşullarda gerçekleştirilmelidir.
- **Yanal Taramalı Sonar (Derin ve Bulanık Bölgeler):**
  - Kullanımı*:* Akustik haritalama, 3 metreden daha derin sularda veya bulanıklığın optik görüşü engellediği yerlerde *Zostera marina*'nın haritalanması için endüstri standardıdır.
  - *Protokol:* Yanal Taramalı Sonar (SSS), deniz çayırı kanopisinin pürüzlü dokusunu çıplak kumun pürüzsüz dokusundan ayıran akustik darbeler yayar. Transekt aralıkları, deniz tabanının %100 örtüşmesini (mozaik kapsamı) sağlamalıdır.
  - *Doğrulama:* Akustik hedefler, tür kimliğini doğrulamak için bırakma kamerası (drop-camera) veya dalgıç kontrolleri yoluyla yer doğrulamasına (ground-truthing) tabi tutulmalıdır.

4.2.2. Saha Örnekleme Protokolleri

Haritalama çayırın kapsamını tanımlarken, saha örneklemesi onun canlılığını ve değerini belirler. Örnekleme, vejetatif büyümenin zirve yaptığı mevsimde (Karadeniz için Haziran – Eylül) yapılmalıdır.

Veriler, aşağıdaki temel göstergeleri ölçen kuadratlar (standart boyut: 25 x 25 cm veya 50 x 50 cm) ile tabakalı rastgele örnekleme kullanılarak toplanmalıdır:

- **Sürgün Yoğunluğu (*Sürgün*/m^2):**
  - *Tanım:* Metrekare başına vejetatif sürgün sayısı.
  - *Önemi:* Çayır yoğunluğunun ve dayanıklılığının birincil göstergesidir. Sürgün yoğunluğundaki düşüş, genellikle insan kaynaklı stresin (örn. çapa hasarı veya gömülme) ilk işaretidir.
- **Biyokütle (*g KA*/m^2):**
  - *Tanım:* Metrekare başına bitki materyalinin kuru ağırlığı..
  - *Protokol:* Yıkıcı (tahripli) örnekleme gereklidir. Örnekler Toprak Üstü Biyokütle (yapraklar) ve Toprak Altı Biyokütle (rizomlar ve kökler) olarak ayrılmalıdır.
  - *Önemi:* Toprak altı biyokütle, Mavi Karbon Stoğunu hesaplamak ve tortu bozulduğunda potansiyel CO2 salınımını tahmin etmek için kritik metrik ölçümdür.
- **Yaprak Alan İndeksi (LAİ):**
  - *Tanım:* Birim zemin yüzey alanı başına toplam tek taraflı fotosentetik doku alanı (m² yaprak / m² zemin).

    - *Önemi:* LAİ, çayırın fotosentetik kapasitesini ve dalgaları sönümleme yeteneğini (kıyı koruma işlevi) gösterir. Yalnızca yoğunluktan daha işlevsel bir değerlendirme yapılmasını sağlar.
- **Epifit Yükü:**
    - *Tanım:* Deniz çayırı yapraklarında büyüyen epifitik alglerin biyokütlesi; genellikle epifit ağırlığının yaprak ağırlığına oranı olarak ifade edilir.
    - *Önemi:* Yüksek epifit yükleri genellikle ötrofikasyonu (aşırı besin maddeleri) gösterir. Bir Etki Değerlendirmesinde, inşaatla ilgili etkiler (örn. bulanıklık) ile önceden var olan stresi (örn. ötrofikasyon/epifitler) ayırt etmek, sorumluluk açısından çok önemlidir.

4.3. SOSYO-EKONOMİK KAPSAM BELİRLEME

Ekosistem Yaklaşımı'nın (BÇS) 1. İlkesine göre, "Arazi, su ve canlı kaynakların yönetim hedefleri toplumsal bir tercih meselesidir." Bu nedenle, insan boyutunu göz ardı eden bir etki değerlendirmesi eksiktir. Sosyo-Ekonomik Kapsam Belirleme aşaması, deniz çayırı hizmetlerine bağımlı kullanıcıları belirlemeyi ve yerel bilgilerini değerlendirme sürecine entegre etmeyi amaçlar.

4.3.1. Paydaş Katılım Protokolleri

Karadeniz bölgesi genelinde (BlueC projesi kapsamında) yürütülen son ulusal anketler kritik bir ikilemi ortaya koymuştur: Kamuoyunun deniz ekosistemlerini koruma isteği yüksek olsa da, deniz çayırlarının belirli biyolojik işlevleri ve yasal statüsü konusunda önemli bir "Bilgi Boşluğu" bulunmaktadır. Çoğu paydaş, değerli deniz çayırı yatakları ile istenmeyen/zararlı alg patlamaları arasındaki farkı ayırt edememektedir.

Sonuç olarak, paydaşlar anlamlı geri bildirim sağlamak için gereken teknik okuryazarlıktan yoksun olduğundan, standart halkın katılımı toplantıları genellikle etkisiz kalmaktadır. Bunu ele almak için, Kapsam Belirleme Aşaması hedefe yönelik bir "Bilgilendirilmiş İstişare" Mekanizması içermelidir:

- **Standartlaştırılmış Eğitim Araçlarının Kullanımı:** Geliştiriciye yeni materyaller oluşturma konusunda aşırı bir yük bindirmeden bilgi boşluğunu doldurmak için, değerlendirme süreci Mavi Karbon Eğitim Programı (BCEP) kaynaklarının kullanımını zorunlu kılar.
    - *Gereklilik:* Geri bildirim istemeden önce, geliştirici veya ÇED uygulayıcısı BCEP standartlaştırılmış materyallerini (BlueC Proje Portalı ve ilgili eğitim merkezlerinde mevcuttur) sunacaktır.
    - *İçerik:* Bu materyaller görsel olarak "Mavi Karbon" değerini, ticari balık stokları için yavrulama işlevini ve *Zostera* ile algler arasındaki farkı gösterir.
    - *Amaç:* Bu, paydaşların (balıkçılar, turizm işletmecileri, belediyeler) proje etkilerini tartışmadan önce kaybın değerini anlamalarını sağlar.
- **Hedef Gruplar:** Değerlendirme, deniz çayırı bölgeleriyle en yüksek etkileşime sahip olduğu belirlenen üç temel gruba açıkça danışmalıdır:
    1. **Küçük Ölçekli Balıkçılar:** Habitatın doğrudan kullanıcıları.

2. **Kıyı Turizmi İşletmecileri:** Su berraklığına ve plaj kalitesine bağımlı kullanıcılar.
3. **Yerel Belediyeler:** Kıyı planlaması ve deşarj yönetiminden sorumlu olanlar.

- **"Bilgilendirilmiş İstişare" Protokolü:** Geri bildirim istemeden önce, geliştirici veya ÇED uygulayıcısının şunları açıklayan Teknik Olmayan Bir Bilgilendirme (görsel yardım) sağlaması gerekmektedir:
  - Deniz çayırlarının ne olduğu (istenmeyen alglerden ayırt edilmesi).
  - "Mavi Karbon" değeri (iklim katkısı)
  - Yerel balıkçılığa sağladığı özel faydalar (yavrulama işlevi).
  - *Gerekçe:* Anket sonuçları, deniz çayırları ile balık stokları arasındaki bağlantı açıkça anlatıldığında koruma desteğinin önemli ölçüde arttığını göstermektedir.

4.3.2. Katılımcı Haritalama (Yerel Ekolojik Bilgi)

Karadeniz'in pek çok yerinde, deniz çayırı dağılımına ilişkin bilimsel haritalar güncelliğini yitirmiş veya kaba ölçeklidir. Ancak yerel balıkçılar, deniz tabanı hakkında gerçek zamanlı ve yüksek çözünürlüklü bilgiye sahiptir; deniz çayırlarını genellikle belirli balıkçılık alanları veya ağlara dolanması nedeniyle kaçınılması gereken bölgeler olarak görürler.

Katılımcı Haritalama, Bölüm 4.2'de oluşturulan biyolojik temel durumu doğrulamak için zorunlu bir adımdır:

- **Metodoloji:** Structured interviews with veteran fishermen using nautical charts.
- **Veri Toplama:** Stakeholders are asked to mark:
  - Yerel olarak "Ot," "Yosun" veya "Çayır" olarak tanımlanan alanlar. erel olarak "Ot," "Yosun" veya "Çayır" olarak tanımlanan alanlar.
  - Temel türler (örn. Tirsi, Kalkan) için yumurtlama alanı olarak gözlemlenen bölgeler.
  - Tarihsel gerileme (örn. "10 yıl önce ot olan ama şimdi kaybolan alanlar").
- **Doğrulama Protokolü:** Bu "anekdotal" haritalar, bilimsel araştırma ekibi için bir rehber görevi görür. Bir balıkçı bir alanı deniz çayırı yatağı olarak işaretlerse, ancak uydu/sonar araştırması (Bölüm 4.2.1) sinyal göstermezse, bilimsel ekip o koordinatta belirli bir yer doğrulaması (dalgıç/bırakma kamerası) **YAPMALIDIR**. Bu protokol, Yerel Ekolojik Bilgiye (YEB) saygı duyar ve uzaktan algılama ile görülemeyen düşük yoğunluklu çayırların gözden kaçırılması riskini azaltır.

5. III. AŞAMA: ETKİ TAHMİNİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

II. Aşamada biyolojik "Sıfır Durumu"nun (Temel Durum) oluşturulmasının ardından, süreç Etki Tahmini ve Değerlendirmesi aşamasına ilerler. Bu aşama, ÇED'in analitik çekirdeğini temsil eder. Gözlemden (orada ne var?) tahmine (ona ne olacak?) geçiş yapar.

Bu aşamanın amacı sadece inşaat faaliyetlerini listelemek değil, bu faaliyetlerin deniz çayırının hayatta kalması için gerekli fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreleri nasıl değiştireceğini bilimsel olarak modellemektir. "Mavi Karbon" çerçevesi bağlamında, değerlendirme kaybolan bitki örtüsünün yüzey alanını (m^2) hesaplamanın ötesine geçmeli; ekosistemin işlevsel kaybını—özellikle karbon hapsetme, suyu oksijenlendirme ve balıkçılığı destekleme kapasitesini—nicel olarak belirlemelidir.

Metodolojik İlkeler: AB Direktifleri tarafından zorunlu kılınan ihtiyatlılık ilkesine uyumu sağlamak için, tahmin süreci aşağıdaki standartlara uymalıdır:

1. **"En Kötü Durum" Senaryosu:** Tortu dağılımı veya hidrodinamik değişikliklere ilişkin kesin verilerin yokluğunda, değerlendirme en kötü durum senaryosunu (örn. maksimum bulanıklık bulutu yayılımı) modellemelidir.
2. **Kaynak-Yol-Alıcı Modeli:** Etkiler, Kaynaktan (örn. tarama başlığı) Yol (örn. siltin su sütununda taşınması) boyunca Alıcıya (örn. *Zostera* yaprak yüzeyi) kadar izlenmelidir.
3. **Geri Döndürülemezlik Kontrolü:** Değerlendirme, geçici bozulmalar (çayırın 2-3 yıl içinde toparlanabileceği) ile kalıcı habitat dönüşümleri (rizom matrisinin geri dönülemez kaybı) arasında ayrım yapmalıdır.

Bu aşama etkileri üç ayrı katmana ayırır: Doğrudan, Dolaylı ve Kümülatif; her biri özel modelleme ve değerleme teknikleri gerektirir.

5.1. TEHDİT TİPOLOJİSİ

Deniz çayırı habitatlarının "Net Kaybını" doğru bir şekilde tahmin etmek için, etki değerlendirmesi tehditleri etki mekanizmalarına göre kategorize etmelidir. Bu ayrım hayati önem taşır çünkü doğrudan etkiler genellikle denkleştirmeyi (tazminat) gerektirirken, dolaylı etkiler genellikle azaltım teknolojileriyle yönetilebilir.

5.1.1. Doğrudan Etkiler (Fiziksel Yıkım)

Doğrudan etkiler, bitki kanopisinin ve alttaki rizom matrisinin anında fiziksel yıkımını içerir. *Zostera* çayırları bağlamında, bu etkiler türlerin yanal büyüme hızlarının yavaş olması nedeniyle insan zaman dilimleri içinde genellikle geri döndürülemez olarak kabul edilir.

- **Mekanik Söküm (Dip Tarama ve Kazı):** Etkinin en şiddetli biçimidir. Deniz tabanı zemininin tamamen kaldırılmasını içerir.
    - *Mekanizma:* Seyir kanalları, boru hendekleri veya agrega çıkarımı için yapılan tarama, yüzyıllar boyunca biriken "Mavi Karbon" tortu deposunu ortadan kaldırır.
    - *Sonuç:* Ekosistemin tamamen kaybı ve depolanan karbonun yeniden mineralizasyonu. Büyük ölçekli zemin rekonstrüksiyonu ve aktif yeniden dikim olmadan iyileşme imkansızdır.

- **Gömülme (Boğulma):** Deniz çayırları dolgu malzemesi (arazi ıslahı, plaj besleme) veya bertaraf faaliyetlerinden kaynaklanan ağır tortulaşma ile örtüldüğünde meydana gelir.
    - *Hassasiyet: Zostera noltii*, kısa yaprak uzunluğu (<20 cm) nedeniyle özellikle savunmasızdır. 5 cm'lik ani tortu birikimi bile ölümcül olabilir ve kök sisteminde anoksiye (oksijen açlığı) neden olabilir..
    - *Eşik:* Kanopi yüksekliğinin %50'sini aşan gömülme, ölümcül etki olarak sınıflandırılır.
- **Parçalanma:** Büyük, sürekli çayırların daha küçük, izole yamalara bölünmesi.
    - *Mekanizma:* Boru hatları, kablolar gibi doğrusal altyapılar veya izinsiz tekne pervane izleri çayırı böler.
    - *Sonuç: Bu durum "Kenar Etkisi"ni artırarak kalan yamaları erozyona ve dalga hasarına karşı daha savunmasız hale getirir. Açık kumdan geçmeyi reddeden hareketli türler (örn. deniziğnesi) için bariyerler oluşturur.*

5.1.2. Dolaylı Etkiler (Fizyolojik Stres)

Dolaylı etkiler, bitkiyi fiziksel olarak ortadan kaldırmaz ancak çevresel koşulları (ışık, su hareketi, kimya) türün tolerans sınırlarının ötesinde değiştirir.

- **Bulanıklık ve Işık Zayıflaması:** Deniz çayırları su kalitesi için "kıyı kanaryalarıdır"; çok yüksek ışık gereksinimlerine sahiptirler (tipik olarak yüzey ışınımının >%11'ini gerektirirler)
    - *Mekanizma: İnşaat faaliyetleri (tarama, kazık çakma) Bulanıklık Bulutları oluşturur. Asılı partiküller güneş ışığını saçar ve emerek deniz tabanına ulaşan Fotosentetik Aktif Radyasyonu (FAR) azaltır.*
    - *Sonuç:* Işık seviyeleri 2-3 haftadan fazla bir süre "Telafi Noktası"nın altına düşerse, bitkiler karbonhidrat rezervlerini tüketir ve açlıktan ölür. Bu, Karadeniz'de büyük ölçekli deniz çayırı kaybının önde gelen nedenidir..
- **Hidrodinamik Değişiklikler:** Dalgakıranların, mahmuzların veya limanların inşası doğal dalga ve akıntı modellerini değiştirir..
    - *Erozyon:* Artan akıntı hızı deniz tabanını oyarak rizomları sökebilir.
    - *Durgunluk:* Azalan su değişimi, sıcaklık artışlarına ve yerel hipoksiye (düşük oksijen) yol açarak bitkileri strese sokabilir.
- **Ötrofikasyon (İnşaat Kaynaklı):** Tipik olarak tarımla ilişkilendirilse de, inşaat yerel ötrofikasyonu tetikleyebilir..
    - *Mekanizma:* Derin anoksik tortuların taranması, hapsolmuş besin maddelerini (azot ve fosfor) ve hidrojen sülfürü (H2S) su kolonuna salar.
    - *Sonuç:* Bu ani besin darbesi, Epifitlerin (deniz çayırı yapraklarında büyüyen algler) ve serbest yüzen makroalglerin hızlı büyümesini uyarır. Bu rakipler deniz çayırı yapraklarını gölgeleyerek, suyun kendisi berrak görünse bile onları etkili bir şekilde boğar.

5.2. KÜMÜLATİF ETKİ DEĞERLENDİRMESİ

Geleneksel ÇED uygulamasındaki temel bir kusur, genellikle "binlerce küçük kesikle ölüme" (kümülatif yıkıma) yol açan "proje bazlı" onay yaklaşımıdır. Tek bir küçük iskele veya dip tarama operasyonu ekolojik çöküş eşiğini aşmayabilirken, halihazırda stres altındaki bir sisteme eklenmesi bir kırılma noktasını tetikleyebilir.

Ekosistem Tabanlı Yaklaşım (ETY) kapsamında, Kümülatif Etki Değerlendirmesi (KED) isteğe bağlı değildir; alıcı ortamın yeni stres faktörlerini absorbe edecek **Taşıma Kapasitesine** sahip olup olmadığını belirlemek için zorunlu bir bileşendir.

5.2.1. Mevcut Baskıların Değerlendirilmesi

Karadeniz kıyı kuşağı tarihsel bozulmadan ağır bir şekilde etkilenmiştir. ÇED, aşağıdakilerin neden olduğu "Temel Stres Seviyesini" karakterize etmelidir:

- **Kıyısal Kentleşme:** Deniz çayırlarının karaya doğru doğal göçünü engelleyen mevcut geçirimsiz yüzeylerin (beton) ve kıyı tahkimatlarının yoğunluğu.
- **Kirlilik ve Ötrofikasyon:** Nehir girdileri ve atık su deşarjlarından kaynaklanan besin maddelerinin (Azot/Fosfor) arka plan yükü.

5.2.2. Sinerjik Etki Mekanizması

Değerlendirme, yeni projenin mevcut baskılarla nasıl etkileşime girdiğini modellemelidir. Karadeniz'de, en ölümcül sinerji **Ötrofikasyon** ve **Bulanıklık** arasında gerçekleşir:

- *Bilimsel Temel:* Besin açısından zengin (ötrofik) sularda, deniz çayırları hayatta kalmak için daha fazla ışığa ihtiyaç duyar; çünkü nitrat alımına karşı iç karbon dengelerini düzenlemek için ekstra enerjiye gereksinim duyarlar.
- *Çatışma:* Eğer bir proje, halihazırda ötrofik (yüksek besin yükü olan) bir alana bulanıklık (ışığı azaltan) eklerse, *Zostera* için ölümcül eşiğe temiz suya kıyasla çok daha hızlı ulaşılır.
- *Gereklilik: ÇED, ışık toleransı için genel "literatür değerlerini" kullanamaz. Temel su kalitesi kötüyse, tolerans eşiklerini aşağı çekmelidir (daha muhafazakâr değerler kullanmalıdır).*

5.2.3. "Kümülatif Etkiler Kaydı"

Bu değerlendirmeyi standartlaştırmak için, geliştiricinin aşağıdakileri içeren bir sicil derlemesi gereklidir:

- **Geçmiş Projeler:** Etki Alanı içinde son 10 yılda gerçekleştirilen kıyısal değişiklikler.
- **Mevcut Faaliyetler:** Devam eden bakım taramaları veya aktif balıkçılık (dip trolü).
- **Gelecek Projeler:** Henüz başlamamış ancak resmi olarak planlanmış veya izin verilmiş gelişmeler.

Karar Kuralı: Belirli bir su kütlesindeki kümülatif deniz çayırı habitatı kaybı, tarihsel temel durumun %5'ini aşarsa, projenin "**Önemli Olumsuz Etki**"ye sahip olduğu kabul edilir; bu da en üst düzeyde azaltım önlemlerini veya projenin reddedilmesini tetikler.

5.3. KAYBIN DEĞERLEMESİ

Geleneksel ÇED çerçevesinde, etki genellikle tamamen mekansal terimlerle tanımlanır (örn. "0,5 hektar bitki örtüsü kaldırılacaktır"). Ancak, ETY işlevsel kaybın değerlendirilmesini gerektirir. Değerlendirme şu soruyu yanıtlamalıdır: "**Bu çayır yok edilirse toplum hangi hizmetleri kaybedecek?**"

5.3.1. Mavi Karbon Stoğunun Nicelleştirilmesi

BlueC Kılavuzları için birincil metrik, sera gazlarının potansiyel emisyonudur. Bir deniz çayırı yatağını yok etmek sadece gelecekteki karbon tutulumunu durdurmakla kalmaz; aynı zamanda binlerce yıl boyunca tortuda depolanan karbonun serbest kalma riskini de doğurur.

- **Hesaplama Modeli:** Geliştirici, Temel Durum Çalışmasından (Bölüm 4.2) elde edilen verileri kullanarak Toplam Potansiyel Karbon Emisyonunu (TPCE) hesaplamalıdır:

  TPCE (tCO_2e) = Alan (ha) x [$C_{biyokütle}$ + (C_{tortu} x R Yeniden Mineralizasyon Faktörü)] x 3.67

  - *Alan:* Doğrudan etki bölgesinin büyüklüğü.
  - *C_biyokütle:* Yapraklar ve rizomlardaki karbon (ton/ha).
  - *C_tortu: Toprağın ilk 1 metresinde depolanan karbon (ton/ha).*
  - Yeniden Mineralizasyon Faktörü*:* Dip tarama faaliyetleri için, bozulan profildeki tortu karbonunun %100'ünün oksitleneceği ve CO2 olarak salınacağı varsayılır.
  - *3.67:* Karbonun (C) Karbondioksite (CO_2) dönüşüm faktörü.
- **Önem Eşiği:** Projenin 10.000 tondan fazla CO2e salacağı tahmin ediliyorsa, "**Yüksek İklim Etkisi**" olan proje olarak sınıflandırılır ve özel ofset (denkleştirme) önlemleri (örn. karbon kredisi satın alma veya başka bir yerde restorasyonu finanse etme) gerektirir.

5.3.2. Ekosistem Hizmetlerinin Değerlendirilmesi

Karbonun ötesinde, kayıp, kaybedilen hizmetler açısından nicelleştirilmelidir. Tam ekonomik değerleme (parasal karşılık bulma) karmaşık olsa da, ÇED; Yüksek/Orta/Düşük önem ölçeğini kullanarak Yarı Nicel Bir Değerlendirme yapmalıdır:

- **Yavrulama İşlevi (Balıkçılık Değeri):**
  - **Metrik:** Çayır, ticari açıdan önemli türler (örn. *Psetta maxima* - Kalkan, *Alosa immaculata* - Tirsi) için bir yumurtlama alanı mı?
  - **Değerleme:** "Yüksek Değerli" bir yavrulama alanının kaybı, yerel balıkçılık topluluğu için ekonomik bir risk olarak kabul edilir.
- **Kıyı Koruma (Erozyon Kontrolü):**
  - **Metrik:** Dalga sönümleme kapasitesi.
  - **Değerleme:** Çayır kaldırılırsa, geliştiricinin kıyıyı korumak için yapay dalgakıranlar inşa etmesi gerekecek mi? Bu yapay altyapının "İkame Maliyeti", kaybedilen deniz çayırı hizmetinin değerini temsil eder.

5.3.3. "Net Kayıp Olmaması" Bilançosu

III. Aşamanın nihai çıktısı, Kaybın bir "Bilanço"sudur.

- **Girdi:** Fiziksel yıkım (m^2) + İşlevsel Kayıp (tCO2e + Balıkçılık İndeksi).
- **Çıktı:** Bu açık, projenin son aşamasında (restorasyon oranı) gereken Tazminat/Ofset (Denkleştirme) büyüklüğünü tanımlar.

BÖLÜM C

YÖNETİM VE AZALTIM

6. AZALTIM HİYERARŞİSİ

Bu Kılavuzların temel operasyonel ilkesi Azaltım Hiyerarşisidir. Bu, kalkınmanın deniz çayırı ekosistemleri üzerindeki olumsuz etkilerini sınırlamak için tasarlanmış sıralı bir çerçevedir. Bu, bir geliştiricinin içinden seçim yapabileceği bir "seçenekler menüsü" değildir; katı, adım adım uygulanan bir protokoldür.

Hiyerarşi, Tazminatın (Restorasyon/Ofset) ancak **Sakınma** ve **En Aza İndirme** (Azaltma) konusundaki tüm ciddi girişimler tüketildikten sonra dikkate alınmasını emreder. Bu katı sıralama kritiktir; çünkü Deniz Çayırı Restorasyon Kılavuzlarında (bkz. Bölüm 6.3) ayrıntılandırıldığı üzere, deniz çayırı transplantasyonunun başarı oranı değişkendir ve genellikle maliyetlidir. Bu nedenle, mevcut bir "Mavi Karbon" yutağının zarar görmesini önlemek, bir tanesini yeniden yaratmaya çalışmaktan katlanarak daha değerlidir.

Hiyerarşi dört sıralı adımdan oluşur:

1. **Sakınma (Kaçınma):** Yer seçimi veya tasarım değişikliği yoluyla etkiyi tamamen önlemek.
2. **En Aza İndirme (Azaltma):** Kaçınılamayan etkilerin süresini, yoğunluğunu ve kapsamını azaltmak.
3. **Restorasyon (İyileştirme):** Proje tarafından bozulan ekosistemleri (yerinde) onarmak.
4. **Ofset (Denkleştirme/Telafi):** Kalan, kaçınılmaz kayıpları (saha dışında) telafi etmek.

6.1. SAKINMA (KAÇINMA) STRATEJİLERİ

Sakınma, hiyerarşideki en etkili önlemdir ve tortuda depolanan kadim karbon stoklarının "Net Kayıp Olmaması"nı garanti eden tek önlemdir. Sakınma önlemleri, projenin Ön Fizibilite ve Kavramsal Tasarım aşamalarında entegre edilmelidir.

6.1.1. Alternatif Yer Seçimi (Mekansal Sakınma)

Birincil sakınma stratejisi, proje ayak izini I. Aşamada (Eleme) belirlenen Kritik Deniz Çayırı Bölgelerinin dışına yerleştirmektir.

- **"Kırmızı Bölge" Protokolü:** Temel durum araştırması, önerilen ayak izi içinde yoğun bir *Zostera marina* çayırını (>50 sürgün/m²) veya sığ bir *Zostera noltii* yatağını doğrularsa, geliştiricinin alternatif yerleri araştırması gerekir.
- **Mikro Yer Seçimi:** Doğrusal altyapı (örn. boru hatları, kablolar) için rota; doğrudan bitki örtüsü içinden hendek açmak yerine, çayır içindeki doğal boşluklardan veya kumlu koridorlardan geçecek şekilde deniz tabanının mikro topografyasına göre ayarlanmalıdır.

6.1.2. Tasarım Değişiklikleri (Teknik Sakınma)

Üstün kamu yararı nedeniyle proje yeri değiştirilemiyorsa, mühendislik tasarımı deniz tabanının fiziksel yıkımından kaçınacak şekilde temelden değiştirilmelidir.

- **Dolgu Alanından Kazıklara:** Gömülme yoluyla %100 ölüme neden olan katı arazi ıslahı (denizin kayalarla/kumla doldurulması) yerine, yapılar Kazıklı Platformlar olarak tasarlanmalıdır.
    - **Fayda:** Bu, fiziksel ayak izini sadece kazıkların çapına indirgeyerek alttaki deniz tabanını korur.
- **Yüzer Yapılar:** Marinalar ve yanaşma tesisleri için, sabit beton iskeleler yerine elastik halatlarla (örn. eko-bağlama sistemleri) demirlenmiş Yüzer Dubaların kullanılması zorunludur.
    - **Fayda:** Deniz tabanı kazısından kaçınır ve su sirkülasyonuna izin verir.
- **Hidrodinamik Şeffaflık:** Dalgakıranlar ve set yollar, menfezler veya akış kanalları içermelidir. Bu, *Zostera* türleri için ölümcül olan su durgunluğuna ve sıcaklık artışına neden olan "baraj etkisini" önler.

6.1.3. "Sıfır Seçeneği"

Projenin bölgesel olarak önemli bir deniz çayırı çayırının (örn. Sosyo-Ekonomik Kapsam Belirleme aşamasında tanımlanan kritik bir yavrulama alanı) çöküşüne neden olacağı tahmin edildiğinde ve hiçbir mühendislik çözümü bu kaybı hafifletemediğinde, "Sıfır Seçeneği" (projenin terk edilmesi) geçerli bir düzenleyici sonuç olarak kalmalıdır.

6.2. EN AZA İNDİRME TEKNİKLERİ

Bir proje yerinin değiştirilemediği durumlarda (Sakınma), geliştirici hasarın mekansal ve zamansal kapsamını sınırlamak için sıkı mühendislik kontrolleri uygulamalıdır. En aza indirme, öncelikle su kalitesini korumaya ve onaylanmış ayak izi dışındaki fiziksel hasarı önlemeye odaklanır.

6.2.1. Bulanıklık ve Tortu Kontrol Önlemleri

Işık zayıflaması *Zostera* çayırlarına yönelik en önemli dolaylı tehdit olduğundan, tüm Kategori A projeleri için asılı tortuların hapsedilmesi zorunludur.

- **Silt Perdeleri (Geotekstil Bariyerler):** Yüzer silt perdelerinin yerleştirilmesi, deniz çayırı bölgelerinin yakınındaki tarama veya doldurma işlemleri için birincil gerekliliktir.
    - **Özellikler:** Perdeler yüzeyden deniz tabanının 0,5 metre yakınına kadar uzanmalıdır (dip tortusunu yeniden havalandırmadan gelgit hareketine izin vermek için).
    - **Bakım:** Günlük olarak denetlenmelidirler. Bariyerden kaçan bir bulut gözlemlenirse, operasyonlar derhal durdurulmalıdır.
    - **Sınırlama:** Yüksek akıntı (> 0,5 m/s) veya yüksek dalga enerjisi olan alanlarda perdeler etkisizdir. Bu gibi durumlarda, tarama metodolojisinin kendisi değiştirilmelidir.
- **Kapalı Çevresel Kepçeler:** Mekanik tarama için, standart "açık" ağızlı kepçelerin deniz çayırı yataklarının yakınında kullanılması yasaktır. Geliştiriciler, tortuyu su sütunu boyunca yukarı kaldırmadan önce mühürleyen ve bulanıklık oluşumunu %70'e kadar azaltan Çevresel Kapaklı Kepçeler (kapalı kepçeler) kullanmalıdır.

6.2.2. Zamansal ve Mevsimsel Kısıtlamalar

Ekosistem Yaklaşımını uygulamak için, inşaat programları hedef türlerin ve daha geniş ekosistemin biyolojik ritmine uyarlanmalıdır.

- **"Deniz Çayırı Büyüme Penceresi" (Fenolojik Kısıtlama):** Karadeniz'deki *Zostera marina* ve *Zostera noltii*, yaz aylarında en yüksek vejetatif büyüme ve karbonhidrat depolama gösterir.
    - **Kısıtlama:** Yüksek bulanıklık oluşturan faaliyetler (tarama/doldurma), en yoğun fotosentetik mevsim boyunca (1 Haziran – 30 Eylül) askıya alınmalı veya ciddi şekilde sınırlandırılmalıdır.
    - **Gerekçe:** Bu pencere sırasında ışığı engellemek, bitkilerin kışı geçirmek için gereken enerji rezervlerini oluşturmasını önler ve ertesi yıl çayırın çökmesine yol açar.
- **Balık Yumurtlama Pencereleri:** Bölüm 4.3'te tanımlanan sosyo-ekonomik değerlerle uyumlu olarak, deniz çayırı koridorlarını kullanan temel ticari türlerin (örn. Tirsi - *Alosa immaculata*) yumurtlama göçü sırasında çalışmalardan kaçınılmalıdır.

6.2.3. Operasyonel Yönetim (Demirleme ve Trafik)

"Gereksiz" hasarın yaygın bir nedeni, inşaat gemilerinin aktif çalışma bölgesi dışında ihmalkar bir şekilde işletilmesidir.

- **Gemi Su Çekimi (Draft) Yönetimi:** Sığ *Zostera noltii* yatakları (< 2m derinlik) üzerinde çalışan iş mavnaları ve römorkörler, pervane oyulmasını (motor itkisiyle deniz tabanının erozyonu) önlemek için sığ su çekimine sahip olmalıdır. Sığ bölgelerde jet itkili gemiler, pervaneli gemilere tercih edilir.
- **Demirleme Yasak Bölgeler:** "Ekolojik Etki Bölgesi" (II. Aşamada tanımlanan), şamandıralarla "Demirleme Yasak Bölge" olarak işaretlenmelidir. Tüm inşaat gemileri belirlenmiş bağlama noktalarını veya dinamik konumlandırma sistemlerini kullanmalıdır. Bir deniz çayırı yatağına ağır bir çapa bırakmak, oluşması onlarca yıl süren bir rizom yamasını yok edebilir.

6.3. RESTERASYON VE DENKLEŞTİRME

Ekosistem yönetimi hiyerarşisinde, Restorasyon ve Denkleştirme son aşamayı temsil eder. Bunlar, ancak tüm sakınma ve en aza indirme önlemleri uygulandıktan sonra geriye kalan etkiler söz konusu olduğunda uygulanabilir.

6.3.1. "Son Çare" İlkesi

Kıyısal kalkınmada yaygın bir yanlış kanı, deniz çayırı yataklarının kolayca "taşınabileceği" veya "yeniden yaratılabileceği"dir. Karadeniz'den ve küresel vaka çalışmalarından elde edilen bilimsel kanıtlar bunun tersini kanıtlamaktadır.

- **Yüksek Başarısızlık Oranları:** Deniz çayırı transplantasyonu tarihsel olarak zordur ve standartlaştırılmamış projelerde uzun vadeli hayatta kalma oranları genellikle %40'ın altındadır.

- **Karbonun "Zamansal Gecikmesi":** Transplantasyon başarılı olsa bile, yeni bir çayırın kadim bir çayırda bulunan toprak karbon stoğunu (C_{tortu}) biriktirmesi on yıllar alır. Bu nedenle, olgun bir çayırı yenisiyle değiştirmek, en az 20–50 yıl boyunca karbon tutma kapasitesinde net bir kayba neden olur.
- **Düzenleyici Duruş:** Sonuç olarak restorasyon, kaçınılabilir yıkımı haklı çıkarmak için birincil bir azaltım stratejisi olarak önerilemez. Bu, son çare olarak başvurulacak bir tazminat önlemidir.

6.3.2. Transplantasyon (Nakil) Uygulanabilirlik Değerlendirmesi

Herhangi bir tazminat planı onaylanmadan önce, geliştirici teknik fizibiliteyi (yapılabilirliği) kanıtlamalıdır. Bu süreç, "BlueC Deniz Çayırı Restorasyon Kılavuzları"nda (projeye özgü teknik eke bakınız) ayrıntılandırılan teknik protokollere sıkı sıkıya bağlı kalmalıdır.

Bir Uygulanabilirlik Değerlendirmesi dört kritik kriteri ele almalıdır:

1. **Saha Uygunluğu ("Neden" Sorusu):** Alıcı saha biyolojik olarak uygun olmalıdır. Şu anda orada deniz çayırları büyümüyorsa, değerlendirme bunun nedenini açıklamalıdır. Gerilemenin asıl nedeni (örn. o zamandan beri durmuş olan tarihsel kirlilik) belirlenip ortadan kaldırılmadıkça, dikim başarısız olacaktır.
2. **Verici Saha Bütünlüğü:** Transplantasyon için bitki temini, mevcut sağlıklı bir çayırı bozmamalıdır. Verici yatağın bir büyüme mevsimi içinde tamamen iyileşmesini sağlamak için verici çayırdan hasat oranı sınırlandırılmalıdır (tipik olarak sürgünlerin %10'undan az).
3. **Genetik Uyumluluk:** Transplantlar (nakledilecek bitkiler), alıcı sahanın tuzluluk ve sıcaklık rejimine benzer genetik adaptasyona sahip yerel bir popülasyondan temin edilmelidir.
4. **Zorunlu Pilot Çalışma:** Büyük ölçekli "ofset" (denkleştirme) dikimi hemen başlayamaz. Tam ölçekli uygulamaya izin verilmeden önce hayatta kalmayı kanıtlamak için bir Pilot Transplantasyon (küçük ölçekli deneysel parsel) yürütülmeli ve en az 12 ay (tam bir mevsimsel döngü) boyunca izlenmelidir.

7. İZLEME VE UYARLANABİLİR YÖNETİM

İnşaat aşamasının tamamlanması, geliştiricinin sorumluluğunun sona erdiği anlamına gelmez. Deniz ekosistemlerinin dinamik doğası, özellikle Karadeniz'in kendine özgü ortamında, Etki Tahminlerinin (III. Aşama) her zaman belirli bir belirsizlik derecesi taşıdığı anlamına gelir.

Bu nedenle, ekosistemi yalnızca "seyretmek" için değil, bir doğrulama mekanizması olarak işlev görmek için sağlam bir **İzleme Programı** gereklidir. Bu program iki yasal ve teknik amaca hizmet eder:

- **Uyumluluk Doğrulaması:** Projenin onaylanan azaltım önlemlerine uyduğunu teyit etmek (örn. silt perdelerinin çalıştığını doğrulamak).
- **Etki Doğrulaması:** Gerçekleşen ekolojik kaybın tahmin edilen kayıpla eşleşip eşleşmediğini belirlemek. Etkiler tahminleri aşarsa, düzeltici eylemleri uygulamak için "**Uyarlanabilir Yönetim**" protokolü tetiklenir.

7.1. İZLEME PROGRAMI TASARIMI

ÇED izlemelerinde yaygın bir hata, nedenselliği kanıtlayabilecek istatistiksel bir çerçeve olmaksızın "veri olsun diye veri" toplanmasıdır. Bunu önlemek için BlueC Kılavuzları, hipotez tabanlı bir tasarımı zorunlu kılar.

7.1.1. BACI Protokolü (Öncesi-Sonrası-Kontrol-Etki)

Deniz çayırı sağlığındaki bir düşüşün doğal faktörlerden (örn. bölgesel bir sıcak hava dalgası veya fırtına) değil, projeden kaynaklandığını bilimsel olarak kanıtlamak için izleme programı BACI tasarımına uymalıdır.

- **Etki Sahası (I):** Stresin beklendiği "Ekolojik Etki Bölgesi" içindeki alan (Bölüm 4.1'de tanımlanmıştır).
- **Kontrol Sahası (C):** Aynı türleri (*Zostera marina/noltii*) ve benzer derinlik/tortu özelliklerini içeren, ancak projenin etki bulutunun dışında bulunan referans alan.

Mantık:

- Yoğunluk Etki Sahasında düşerken Kontrol Sahasında sabit kalırsa, sorumlu projedir $\rightarrow$ **Eylem Gerekli.**
- Yoğunluk her iki sahada da düşerse, bu muhtemelen bölgesel bir çevresel anomalidir $\rightarrow$ **Sorumluluk Yok.**

7.1.2. İzlemenin Sıklığı ve Süresi

İzleme programı, farklı yoğunluklara sahip iki ayrı aşamaya ayrılır:

Faz A: İnşaat İzlemesi (Yüksek Sıklık)

- **Amaç:** "İşi Durdur" emirlerini tetiklemek için akut stresin (örn. gömülme, bulanıklık) anında tespiti.
- **Bulanıklık/Su Kalitesi:** Karışım bölgesinin kenarında **Günlük veya Haftalık** ölçümler.
- **Biyolojik Göstergeler:** Yapraklarda tortu birikimini kontrol etmek için aktif dip taraması sırasında **Aylık** görsel incelemeler (dalgıç/ROV).

Faz B: İşletme İzlemesi (Uzun Vadeli İyileşme)

- **Amaç:** Kronik etkilerin ve "Mavi Karbon" yutağı işlevinin iyileşmesinin değerlendirilmesi.
- **Program:** İzleme, "Net Kayıp Olmaması" iddiasını doğrulamalıdır.
    - **1. Yıl:** Üç aylık araştırmalar (anında hayatta kalmayı değerlendirmek için).
    - **3. Yıl:** Yaz araştırması (rizom genişlemesini değerlendirmek için).
    - **5. Yıl:** Nihai denetim. Çayır Temel Durum seviyelerine ulaşmamışsa, Tazminat (Ofset) gereklilikleri yeniden değerlendirilir.
- **Mevsimsellik:** Tüm biyolojik nicel araştırmalar, Temel Durum Çalışması ile karşılaştırılabilir olması için biyokütlenin zirve yaptığı mevsimde (Haziran – Eylül) yapılmalıdır.

7.2. ERKEN UYARI GÖSTERGELERİ VE UYARLANABİLİR ÖNLEMLER

Geleneksel izleme genellikle etkileri ancak gerçekleştikten sonra (örn. ölü sürgünleri sayarak) tespit eder. Ekosistem Tabanlı bir çerçevede amaç önlemedir. Bu nedenle, izleme programı "**Erken Uyarı Göstergelerini**"—geri döndürülemez ölüm gerçekleşmeden önce stresin başladığını işaret eden ince fizyolojik veya fiziksel değişiklikleri—takip etmelidir.

7.2.1. Üç Katmanlı Tetik Sistemi

Kılavuzlar, belirli nicel eşiklere dayalı müdahale için bir "**Trafik Işığı**" sistemi kurar. Bu eşikler, Temel Veriler (Sıfır Durumu) ve Kontrol Sahası (doğal dalgalanmaları elemek için) ile karşılaştırılır.

Seviye 1: İzleme Durumu (Sarı Işık)

- **Tetik:**
    - **Bulanıklık:** Günlük ortalama bulanıklık, çayır kenarında arka plan seviyelerini %20'den fazla aşar.
    - **Işık (FAR):** Işık mevcudiyeti, 3 ardışık gün boyunca yüzey ışınımının %15'inin altına düşer.
- **Gerekli Eylem:** İzleme sıklığını haftalıktan günlüğe çıkarın. Silt perdelerini sızıntılara karşı inceleyin.

Seviye 2: Eylem Durumu (Turuncu Işık)

- **Tetik:**
    - **Biyolojik:** Kontrol Sahasına göre sürgün yoğunluğunda %10-15'lik bir azalma.
    - **Fizyolojik:** Besin darbelerini veya durgunluğu gösteren ani epifit yükü artışı (yaprak kaplaması >%20).
- **Gerekli Eylem:** Belirli yüksek etkili faaliyetleri (örn. taşma taraması) duraklatın. Ek silt bariyerleri yerleştirin. Yöntem beyanını gözden geçirin ve değiştirin.

Seviye 3: Kritik Durdurma Durumu (Kırmızı Işık)

- **Tetik:**
    - **Biyolojik:** Sürgün yoğunluğunda >%25 azalma veya önemli gömülme (>5 cm) gözlemlenmesi.
    - **Işık (FAR):** Işık mevcudiyeti >10 ardışık gün boyunca fizyolojik telafi noktasının altında kalır.
- **Gerekli Eylem: ACİL İŞİ DURDURMA EMRİ.** Tüm deniz inşaatı durmalıdır. Neden belirlenip düzeltilinceye ve deniz çayırı sağlık göstergeleri stabilizasyon işaretleri gösterinceye kadar operasyonlar devam edemez

7.2.2. Uyarlanabilir Yönetim Önlemleri

Bir eşik aşıldığında, "**Uyarlanabilir Yönetim**" protokolü proje yürütme şeklinin değişmesini emreder. Sadece ihlali kaydetmek yeterli değildir. Önceden onaylanmış uyarlanabilir önlemler şunları içerir:

- **Metodoloji Değiştirme:** Bulutlar kontrol edilemezse mekanik taramadan (yüksek bulanıklık) hidrolik vakumlu taramaya (daha düşük bulanıklık) geçiş.
- **Zaman Kaydırma:** Bulanıklık bulutlarının gece boyunca çökmesine izin vermek için günlük çalışma saatlerinin sayısını azaltmak.
- **Yer Değiştirme:** Tarama malzemesinin deşarj noktasını, çayırın hidrodinamik etkisinden uzağa, daha açık bir konuma taşımak.

7.3. RAPORLAMA VE VERİ PAYLAŞIMI

Tarihsel olarak, ÇED süreçleri sırasında toplanan değerli çevresel veriler, bilim camiası ve karar vericiler için erişilemez olan statik PDF raporlarına hapsedilmiştir. BlueC Kılavuzları, projenin kurulu dijital altyapısı aracılığıyla Açık Veriye geçişi zorunlu kılar.

7.3.1. Standartlaştırılmış Raporlama Protokolleri

Geliştiricinin Yetkili Makama iki ayrı türde teslimat yapması gerekmektedir:

1. **Yönetim Raporu (PDF):** Azaltım önlemlerine uyumu, eşik ihlallerini (varsa) ve alınan uyarlanabilir eylemleri özetleyen anlatısal bir belge.
2. **Dijital Veri Gönderimi (BlueC Anket Aracı):** Ortak ülkeler arasında veri birliğini sağlamak için, geliştiriciler kendi anket bulgularını (konum, tür, yoğunluk) doğrudan **BlueC Standartlaştırılmış Veri Gönderim Formuna** girmelidir.
    - **Erişim:** Veri girişi resmi anket portalı veya proje QR Kodu aracılığıyla yapılır.
    - **Bağlantı:** https://arcg.is/u19n91
    - **Amaç:** Bu, format uyumsuzluklarını (örn. farklı Excel yapıları) ortadan kaldırır ve doğrudan bölgesel veritabanını besler.

7.3.2. Bölgesel Veritabanları ile Entegrasyon

Anket aracıyla gönderilen veriler otomatik olarak **BlueC Entegre Veritabanında** birleştirilir. Bu merkezi havuz, yerel ÇED verilerinin havza çapındaki karbon stokları envanterine katkıda bulunmasını sağlar ve proje kapsamında geliştirilen *Zostera* dağılım modellerini destekler.

- **EMODnet Uyumluluğu:** Veritabanı yapısı, Avrupa veri setleriyle gelecekteki birlikte çalışabilirliği sağlamak için EMODnet (Avrupa Deniz Gözlem ve Veri Ağı) biyoloji standartlarıyla uyumludur.

7.3.3. Kamusal Şeffaflık ve Görselleştirme

Çevresel bilgiye erişim konusundaki Aarhus Sözleşmesi uyarınca, toplanan mekansal veriler halka açık hale getirilir.

- **BlueC İnteraktif Kontrol Paneli (Dashboard):** Doğrulanmış deniz çayırı dağılım verileri ve izleme sonuçları, projenin web tabanlı CBS platformunda görselleştirilir. Paydaşlar, hassas çayırların önerilen proje sahalarına yakınlığını gerçek zamanlı olarak görüntüleyebilir.
    - **Erişim:** https://experience.arcgis.com/experience/70772126052e42b0846d862c673661c8

- **Fayda:** Bu şeffaflık, yerel paydaşlarla (balıkçılar, STK'lar) güven inşa eder ve Karadeniz havzası genelinde kümülatif etki izlemesine olanak tanır.

7.3.4. Küresel Ağlarla Bağlantı (Seagrass-Watch)

Düzenleyici veriler için birincil havuz BlueC Entegre Veritabanı olsa da, proje küresel izleme çabalarıyla bağlantıyı teşvik eder.

- **Metodolojik Uyum:** "Katılımcı Haritalama" aşamasında (Bölüm 4.3) kullanılan görsel değerlendirme protokolleri, standartlaştırılmış Seagrass-Watch protokolleriyle uyumludur.
- **Gönüllü Katkı:** Geliştiriciler ve STK'lar, dünya çapındaki deniz çayırı eğilimlerinin değerlendirilmesine katkıda bulunmak için hassas olmayan biyolojik çeşitlilik verilerini Seagrass-Watch küresel veritabanına yansıtmaya teşvik edilir.
    - **Bağlantı:** www.seagrasswatch.org

EKLER

EK A: STANDART SAHA ARAŞTIRMASI VERİ FORMLARI

(Başlangıç Çalışmaları ve İzleme Aşaması için kullanılacaktır)

Tüm CBS verileri dijitalleştirilmeli veya **BlueC Standartlaştırılmış Veri Gönderim Formuna** yüklenmelidir https://arcg.is/u19n91

Talimatlar:

1. Her örnekleme istasyonu için bir form kullanın.
2. **Kadrat Size:** Zostera türleri için standart 25 × 25 cm (0,0625 m²).

BÖLÜM 1: İSTASYON ÜSTVERİLERİ

Alan	**Giriş**
Proje Adı	_____
Araştırma Tarihi	GG / AA / YYYY
İstasyon Kimliği	(örn., ST-01-Etki / ST-01-Kontrol)
Koordinatlar (WGS84)	Enlem: _____ Boylam: _____
Derinlik (m)	_____ metre (Harita Datumuna Göre Düzeltilmiş)
Deniz Durumu / Görüş Mesafesi	_____
Gözlemci Adı	_____

PART 2: BİYOLOJİK PARAMETRELER (Yıkıcı Olmayan)
Aynı istasyon içinde tekrarlı ölçümler (min. 3 kadrat)

Parametre	**Kadrat 1**	**Kadrat 2**	**Kadrat 3**	**Ortalama**
Sediment Tipi	(Kum / Çamur / Kaya)	(Kum / Çamur / Kaya)	(Kum / Çamur / Kaya)	-
Mevcut Türler	(*Z. marina* / *Z. noltii*)	_____	_____	-
Sürgün Yoğunluğu (Sayım)	_____ sürgün	_____ sürgün	_____ sürgün	_____ **sürgün /m²**
Kaplama % (0-100)	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %
Kanopi Yüksekliği (cm)	_____ cm	_____ cm	_____ cm	_____ cm
Epifit Yükü (Düşük/Orta/Yüksek)	_____	_____	_____	-
Çürüme Hastalığı (% siyah yaprak)	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %

BÖLÜM 3: BİYOLOJİK PARAMETRELER (Yıkıcı - Laboratuvar Analizi)

Yalnızca Başlangıç (Aşama II) ve Nihai Denetim (Aşama IV) için gereklidir.

Parametre	**Kadrat 1 (g KA*)**	**Kadrat 2 (g KA)**	**Kadrat 3 (g KA)**	**Toplam Biyokütle (g/m²)**
Toprak Üstü Biyokütle (Yapraklar)	_____ g	_____ g	_____ g	X 16 = _____
Toprak Altı Biyokütle (Rizomlar)	_____ g	_____ g	_____ g	X 16 = _____
Toplam Biyokütle	_____ g	_____ g	_____ g	X 16 = _____

*KA = Kuru Ağırlık

(Not: 25X25 cm'lik kadrat kullanılıyorsa, g/m² değerini elde etmek için numune ağırlığını 16 ile çarpın.)

KAYNAKLAR

YASAL & POLİTİKA ÇERÇEVELERİ (AB Direktifleri ve Uluslararası Sözleşmeler)

Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi (CBD). (2018). Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi Taraflar Konferansı tarafından kabul edilen 14/9 sayılı Karar: Deniz ve kıyı biyolojik çeşitliliği: ekolojik veya biyolojik olarak önemli deniz alanları (EBSA'lar). Sharm El-Sheikh, Mısır.

Konsey Direktifi 21 Mayıs 1992 tarihli, doğal habitatların ve yabani fauna ve floranın korunmasına ilişkin 92/43/EEC sayılı (Habitat Direktifi).

Direktif 2000/60/EC 23 Ekim 2000 tarihli, su politikası alanında Topluluk eyleminin çerçevesini oluşturan 2000/60/EC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi (Su Çerçeve Direktifi).

Direktif 2008/56/EC 17 Haziran 2008 tarihli, deniz çevre politikası alanında topluluk eyleminin çerçevesini oluşturan 2008/56/EC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi (Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi).

Direktif 2011/92/EU 13 Aralık 2011 tarihli, belirli kamu ve özel projelerin çevre üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine ilişkin 2011/92/EU sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi (ÇED Direktifi).

LİTERATÜR & KILAVUZLAR

Amone-Mabuto, M., Bandeira, S., & da Silva, A. (2017). Long-term changes in seagrass coverage and potential links to climate-related factors: the case of Inhambane Bay, southern Mozambique. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*, 16(2), 13–25.

Asmala, E., Gustafsson, C., Krause-Jensen, D., et al. (2019). Role of eelgrass in the coastal filter of contrasting Baltic Sea environments. *Estuaries and Coasts*, 42(7), 1882-1895.

Bester, K. (2000). Effects of pesticides on seagrass beds. *Helgoland Marine Research*, 54, 95-98.

Björk, M., Short, F., Mcleod, E., & Beer, S. (Eds.) (2008). *Managing Seagrasses for Resilience to Climate Change*. IUCN, Gland, Switzerland.

BlueC Project. (2024). *Blue Carbon Education Programme (BCEP) Activities and Resources*. Retrieved from https://www.blue-c.org

Bortone, S.A. (2000). *Seagrasses: Monitoring, Ecology, Physiology, and Management*. CRC Press.

Borum, J., Duarte, C.M., Krause-Jensen, D., & Greve, T.M. (Eds.) (2004). *European seagrasses: an introduction to monitoring and management*. The M&MS Project. ISBN: 87-89143-21-3.

Coles, R., & Fortes, M.D. (2001). Protecting seagrasses – approaches and methods. In F.T. Short & R.G. Coles (Eds.), *Global Seagrass Research Methods* (pp. 445–463). Elsevier.

Dawes, C.J. (1981). *Marine Botany*. John Wiley & Sons, New York.

de los Santos, C.B., Scott, A., Arias-Ortiz, A., et al. (2020). Seagrass ecosystem services: Assessment and scale of benefits. In *Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people*. United Nations Environment Programme.

Den Hartog, C. (1970). *The Seagrasses of the World*. North Holland Publ. Co., Amsterdam.

Duarte, B., Martins, I., Rosa, R., et al. (2018). Climate change impacts on seagrass meadows and macroalgal forests: An integrative perspective on acclimation and adaptation potential. *Frontiers in Marine Science*, 5, 190.

European Commission. (2019). *The EU Blue Economy Report 2019*. Publications Office of the European Union.

Flindt, M.R., Rasmussen, E.K., Valdermarsen, T., et al. (2016). Using a GIS-tool to evaluate potential eelgrass reestablishment in estuaries. *Ecological Modelling*, 338, 122–134.

Fourqurean, J.W., Duarte, C.M., Kennedy, H., et al. (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience*, 5, 505–509.

Goodchild, M., Huadong, G., Annoni, A., et al. (2012). Next-generation digital Earth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109, 11088–11094.

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., et al. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27.

Green, E.P., & Short, F.T. (2003). *World Atlas of Seagrasses: Present Status and Future Conservation*. University of California Press.

Hemminga, M.A., & Duarte, C.M. (2000). *Seagrass Ecology*. Cambridge University Press.

Herr, D., Agardy, T., Benzaken, D., et al. (2015). *Coastal "Blue" Carbon: A Revised Guide to Supporting Coastal Wetland Programs and Projects*. IUCN.

Hind-Ozan, E.J., & Jones, B.L. (2017). Seagrass science is growing: A report on the 12th International Seagrass Biology Workshop. *Marine Pollution Bulletin*, 134, 223–227.

Holon, F., Boissery, P., Guilbert, A., et al. (2015). The impact of 85 years of coastal development on shallow seagrass beds (*Posidonia oceanica*) in South Eastern France. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 165, 204–212.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2013). *2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands*. Switzerland.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2019). *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*.

International Finance Corporation (IFC). (2016). *Climate Investment Opportunities in Emerging Markets*. Washington D.C.

Jayathilake, D.R.M., & Costello, M.J. (2018). A modelled global distribution of the seagrass biome. *Biological Conservation*, 226, 120–126.

Koch, M., Bowes, G., Ross, C., & Zhang, X-H. (2013). Climate change and ocean acidification effects on seagrasses and marine macroalgae. *Global Change Biology*, 19(1), 103–132.

Liquete, C., Piroddi, C., Drakou, E.G., et al. (2013). Current status and future prospects for the assessment of marine and coastal ecosystem services: a systematic review. *PLoS ONE*, 8(7), e67737.

Luque, A., & Templado, J. (2004). *Praderas y bosques marinos de Andalucía*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.

Marbà, N., Duarte, C.M., Cebrián, J., et al. (1996). Growth and population dynamics of *Posidonia oceanica* in the Spanish Mediterranean coast: elucidating seagrass decline. *Marine Ecology Progress Series*, 137, 203-213.

Martin, A., Landis, E., Bryson, C., et al. (2016). *Blue Carbon – Nationally Determined Contributions Inventory*. GRID-Arendal.

McKenzie, L.J., Campbell, S.J., & Roder, C.A. (2003). *Seagrass-Watch: Manual for Mapping & Monitoring Seagrass Resources by Community (citizen) Volunteers*. Cairns.

McKenzie, L.J., Nordlund, L.M., Jones, B.L., et al. (2020). The global distribution of seagrass meadows. *Environmental Research Letters*.

McMahon, K., van Dijk, K.-J., Ruiz-Montoya, L., et al. (2014). The movement ecology of seagrasses. *Proceedings of the Royal Society B*, 281.

Milchakova, N.A., & Phillips, R.C. (2003). Black Sea seagrasses. *Marine Pollution Bulletin*, 46, 695-699.

Nahirnick, N.K., Reshitnyk, L., Campbell, M., et al. (2019). Mapping with confidence; delineating seagrass habitats using Unoccupied Aerial Systems (UAS). *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 5, 121–135.

Nordlund, L.M., Unsworth, R.K.F., Gullström, M., & Cullen-Unsworth, L.C. (2018). Global significance of seagrass fishery activity. *Fish and Fisheries*, 19, 399–412.

O'Brien, K.R., Waycott, M., Maxwell, P., et al. (2017). Seagrass ecosystem trajectory depends on the relative timescales of resistance, recovery and disturbance. *Marine Pollution Bulletin*, 134, 166–176.

Ondiviela, B., Losada, I.J., Lara, J.L., et al. (2014). The role of seagrass in coastal protection in a changing climate. *Coastal Engineering*, 87, 158–168.

Phillips, R.C., & McRoy, C.P. (1990). *Seagrass Research Methods*. UNESCO, Paris.

Reynolds, L.K., Waycott, M., McGlathery, K.J., & Orth, R.J. (2016). Ecosystem services returned through seagrass restoration. *Restoration Ecology*, 24(5), 583–588.

Serrano, O., Lavery, P., Masque, P., et al. (2016). Seagrass sediments reveal the long-term deterioration of an estuarine ecosystem. *Global Change Biology*, 22(4), 1523–1531.

Topouzelis, K., Makri, D., Stoupas, N., et al. (2018). Seagrass mapping in Greek territorial waters using Landsat-8 satellite images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 67, 98–113.

Traganos, D., Aggarwal, B., Poursanidis, D., et al. (2018). Towards global-scale seagrass mapping and monitoring using Sentinel-2 on Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 10(8), 1227.

Turner, S., & Schwarz, A.M. (2006). Management and conservation of seagrass in New Zealand: an introduction. *Science for Conservation*, 264.

UNEP/MAP-RAC/SPA. (2015). *Guidelines for Standardization of Mapping and Monitoring Methods of Marine Magnoliophyta in the Mediterranean*. (Pergent-Martini, C., Ed.). RAC/SPA, Tunis.

UNEP-WCMC & Short, F.T. (2018). *Global Distribution of Seagrasses (version 6.0)*. Cambridge.

Unsworth, R.K.F., Collier, C.J., Waycott, M., et al. (2015). A framework for the resilience of seagrass ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 100, 34–46.

Unsworth, R.K.F, McKenzie, L.J., Collier, C.J., et al. (2019). Global challenges for seagrass conservation. *Ambio*, 48(8), 801–815.

van Katwijk, M.M., Thorhaug, A., Marbà, N., et al. (2016). Global analysis of seagrass restoration: the importance of large-scale planting. *Journal of Applied Ecology*, 53(2), 567–578.

Veettil, B.K., Ward, R.D., Lima, M., et al. (2020). Opportunities for seagrass research derived from remote sensing: a review of current methods. *Ecological Indicators*, 117, 106560.

Wolf, E., Arnell, N., Friedlingstein, P., et al. (2017). *Climate updates: Progress since the fifth Assessment Report (AR5) of the IPCC*. The Royal Society.

World Bank & UN DESA. (2017). *The Potential of the Blue Economy*. Washington D.C.

Yaakub, S.M., McKenzie, L.J., Erftemeijer, P.L., et al. (2014). Courage under fire: seagrass persistence adjacent to a highly urbanised city-state. *Marine Pollution Bulletin*, 83(2), 417-424.