

YENİKÖY KEMERKÖY

Yerli Kaynak Güçlü Enerji

Kemerköy Termik Santrali Kıyısal Alanında Deniz Çayırlarını Koruma ve Rehabilitasyonu Projesi

FİNAL RAPORU

MUĞLA



Doğu Akdeniz
Üniversitesi





İçindekiler

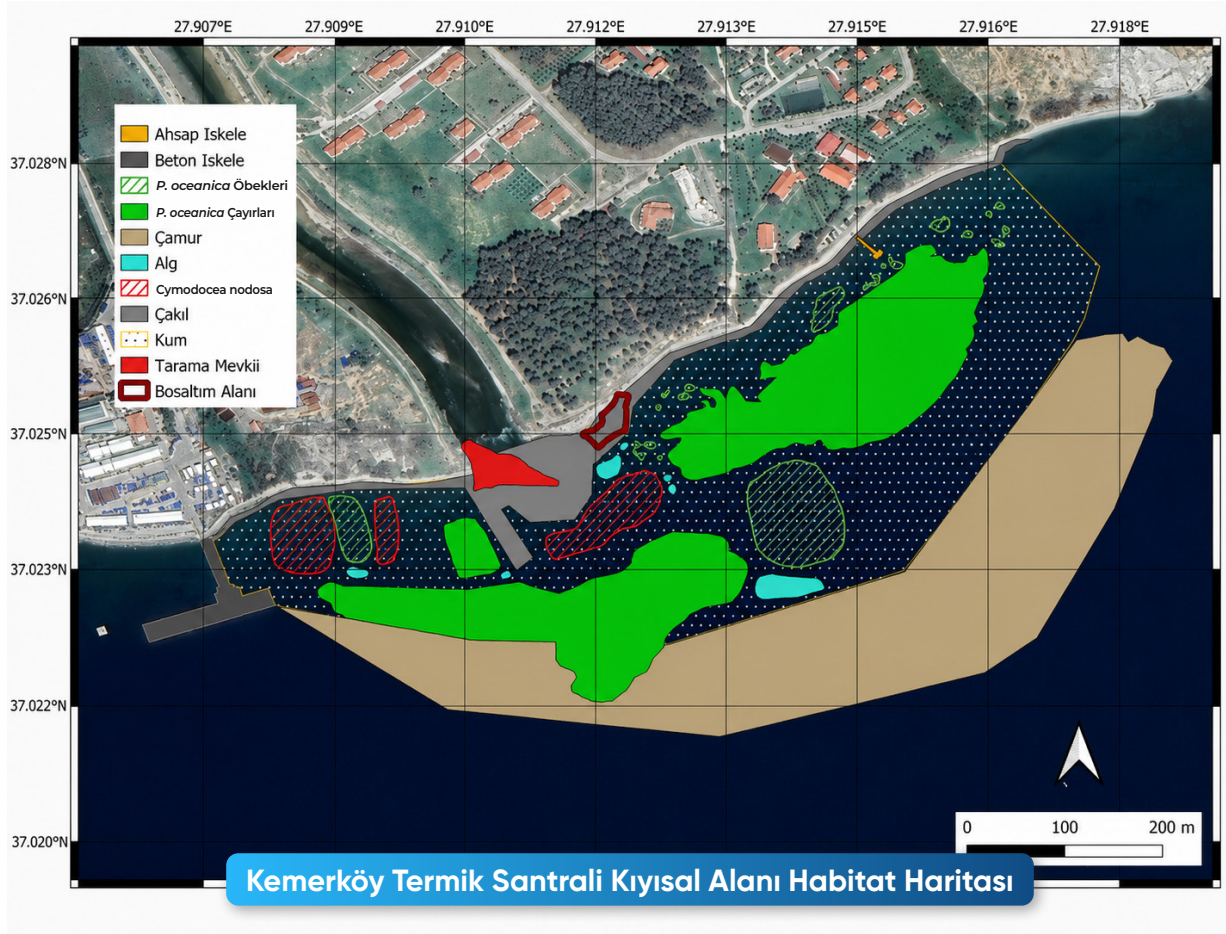
01 GİRİŞ	04
02 GENEL BİLGİLER	05
03 ÇALIŞMALARIN ÖZETİ	11
04 PROJE KAPSAMINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN FAALİYETLER VE BÜYÜME İZLEME ÇALIŞMALARI	19
05 SONUÇ	48
06 KAYNAKLAR	50

Giriş

Yeniköy Kemerköy Elektrik Üretim ve Ticaret A.Ş. tarafından işletilmekte olan Kemerköy Termik Santrali Muğla İli, Milas İlçesi, Türkevleri Mahallesi, Kereste Başı Mevki Sokak, No:1 adresinde elektrik üretim faaliyeti gerçekleştirmektedir. Yeniköy Kemerköy Elektrik Üretim ve Ticaret A.Ş ile Doğu Akdeniz Üniversitesi (DAÜ) tarafından yürütülen denizel ekolojik çalışmalar ve iş birliği 2019 yılında başlamıştır. Bu kapsamda, kıyusal alandaki ekosistem ve ekosistemdeki habitatlar ve biyolojik çeşitlilik detaylı olarak inceleme altına alınmıştır. Yapılan çalışmalarda, Kemerköy Termik Santrali kıyusal alanı habitat haritası oluşturulmuş ve habitatlara göre biyolojik çeşitlilik dağılımı belirlenmiştir. Kemerköy Termik Santrali kıyusal alanında deniz çayırı popülasyonunun/yayılımının oldukça yoğun olduğu;

ayrıca kontrol bölgelerinde yapılan alan çalışmaları sonuçları ile karşılaştırıldığında, soğutma suyu deşarjının da gerçekleştiği noktasal alanda biyolojik çeşitliliği olumlu etkilediği bulunmuştur.

Ancak, bölgenin geneli değerlendirildiğinde, yakın çevrede gözlenen balıkçılık, deniz turizmi, yat çekek yeri v.b. faaliyetleri etkisine ek olarak, endüstriyel amaçlı (boru hatları, liman dolgu vs.) uygulamaların deniz çayırları üzerinde oldukça olumsuz etkiler yarattığı belirlenmiştir. Bu verilere ve bulgulara istinaden, sağlıklı deniz çayırı habitatları ile birlikte yok olmuş/tahrip olmuş habitatların komşu bölgelerdeki dağılımı da incelenmiş ve belirlenmiştir.



Sonuç olarak, Mavi Vatan sınırları içerisinde, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine uygun olarak; Yeniköy Kemerköy Elektrik Üretim ve Ticaret A.Ş. ile Doğu Akdeniz Üniversitesi (DAÜ) arasında iş birliği protokolü

ve Tarım ve Orman Bakanlığı Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü'nden alınan izin ile "Kemerköy Termik Santrali Kıyusal Alanında Deniz Çayırlarını Koruma ve Rehabilitasyonu Projesi – (PROJE)" hayata geçirilmiştir.

— 2- Genel Bilgiler

● 2.1

Teknik, idari ve maddi olarak oldukça meşakkatli süreçler içermesine rağmen PROJE'nin *Posidonia oceanica* odaklı belirlenmesinin sebebi, bu bitkinin Akdeniz ekosistemi için en temel/önemli canlı bileşen olması ve ülkemizde de "kirlilik", "kıyisal inşaat/dolgu faaliyetleri", "dip tarama" ve "demirleme/çapalama (balıkçı, gezi, özel tekneler)" nedeni ile hızla tahrip olmasıdır. Ülkemiz kıyılarında insan faaliyetleri ve çevresel baskılar nedeniyle deniz çayırları ciddi şekilde gerilemektedir. Literatür değerlendirildiğinde, özellikle İzmir-Dikili açıklarındaki Kızkulesi Adası çevresinde bu çayırların sadece on yıl içinde tamamen yok olduğu belgelenmiştir (Taşkın et al., 2024). Bu kayıpların başlıca nedenleri arasında akuakültür faaliyetleri, kirlilik, kıyı yapılaşması ve turizm yer almaktadır.

Genel olarak Türkiye'nin Akdeniz ve Ege kıyılarında *P. oceanica*; arsenik gibi eser element kirliliği, aşırı avcılık, demirleme faaliyetleri, istilacı türlerin otlanma baskısı ve yoğun turizm gibi birçok tehditle karşı karşıyadır (Taşkın et al., 2024; Öztürk et al., 2021; Ozturk et al., 2021; Özvarol et al., 2011). Doğu Akdeniz'de istilacı *Siganus luridus* balığının yoğun otlanması, çayırların bozulmasına katkı sağlamaktadır (Özvarol et al., 2011).

Bazı bölgelerde deniz çayırlarının hâlen sağlıklı olduğu görülse de, birçok alanda sürgün yoğunlukları düşmüş veya anormal düzeylerde (Dural et al., 2012; Akçalı et al., 2020). Bu durum, yerel etkilerin ciddi boyutlara ulaştığını göstermektedir.

Ayrıca, yapılan analizlerde çoğu bölgede ağır metal kirliliği düşük olsa da istasyonların yaklaşık %65'inde yüksek arsenik düzeyi tespit edilmiştir (Öztürk et al., 2021; Ozturk et al., 2021). Bu da hem deniz çayırlarının sağlığı üzerinde olumsuz bir etki yaratmakta hem de gıda güvenliği açısından potansiyel risk oluşturmaktadır.

Sonuç olarak, Türkiye kıyılarındaki *Posidonia oceanica* çayırları hızla gerilemekte; bazı alanlarda tamamen yok olmakta, diğerlerinde ise bozulma devam etmektedir. Bu ekosistemin korunması için acilen etkili izleme ve koruma önlemleri geliştirilmesi gerekmektedir.

● 2.2- *Posidonia oceanica*'nın Deniz ve Kıyı Ekosistemi Açısından Önemi

Posidonia oceanica, Akdeniz'e özgü bir deniz çayırı türü olup, bölgenin kıyı ekosistemlerinin temel unsurlarından biri olarak kabul edilmektedir. Bu tür, kıyı koruması, karbon tutumu, deniz canlılarına habitat sağlama ve biyoçeşitliliği destekleme gibi temel ekosistem hizmetleri sunmaktadır. *Posidonia oceanica*'nın azalması, Akdeniz kıyı bölgelerinin ekolojik sağlığı ve stabilitesi açısından önemli riskler taşımaktadır.

Temel Ekosistem Hizmetleri:

- **Kıyı Koruma:** Yoğun çayırar ve kıyadaki yaprak birikintileri, dalga enerjisini azaltır, erozyonu önler ve sahilleri stabilize eder (Dentamare ve ark., 2025; Boudouresque ve ark., 2016; Vacchi ve ark., 2017; Bidak ve ark., 2021).
- **Karbon Tutumu ("Mavi Karbon"):** *P. oceanica* çayırararı, yüzyıllardan binyıllara uzanan sürelerle karbonu depolayarak en etkili doğal karbon yutakları arasında yer alır (Pergent-Martini ve ark., 2020; Cantasano, 2024; Dentamare ve ark., 2025; Boudouresque ve ark., 2016; Pisani ve ark., 2024).
- **Biyoçeşitlilik ve Habitat Oluşumu:** Çayırarar, balıklar, omurgasızlar ve meiofauna dahil yüksek çeşitlilikte canlıyı destekleyen karmaşık üç boyutlu habitatlar oluşturur (Bidak ve ark., 2021; García-Gómez ve ark., 2022; Michel ve ark., 2020; Di Montanara ve ark., 2024).
- **Su Kalitesi ve Oksijenlenme:** Çayırarar, su kolonunu oksijen açısından zenginleştirir ve su kalitesini artırarak genel ekosistem sağlığını destekler (Aramburu ve ark., 2024; García-Gómez ve ark., 2022).
- **Besin Döngüsü:** Ayrışan yapraklar ve kıyıya vuran yaprak birikintileri (banquette'ler), kıyısar besin ağlarını destekleyen önemli besin maddelerini serbest bırakır (Dentamare ve ark., 2025; Boudouresque ve ark., 2016; Vacchi ve ark., 2017).
- **Ekonomik ve Sosyal Değer:** Bu ekosistem hizmetlerinin ekonomik değeri yıllık milyonlarca euro seviyesinde olup, balıkçılık, turizm ve kıyı ekonomilerine destek sağlar (Campagne ve ark., 2015; Pisani ve ark., 2024; Rigo ve ark., 2021).

Posidonia oceanica, demirleme, kirlilik ve kıyı yapılaşması gibi insan faaliyetlerine karşı oldukça hassastır. Bu faaliyetler çayırararın gerilemesine ve ekosistem hizmetlerinin kaybına neden olmaktadır (Tursi ve ark., 2022; Güreşen ve ark., 2020; Bidak ve ark., 2021).

Posidonia oceanica'nın sağlığı, Avrupa Birliği direktifleri çerçevesinde kıyı ekosistemlerinin durumunun izlenmesinde biyolojik bir gösterge olarak kullanılmaktadır (Güreşen ve ark., 2020; Rigo ve ark., 2021).

Deniz koruma alanları ve sürdürülebilir kıyı uygulamaları gibi yönetim eylemleri, çayırararın korunmasına ve restorasyonuna katkıda bulunabilir (Tursi ve ark., 2022; Bordoni ve ark., 2025; Rigo ve ark., 2021).

Posidonia oceanica, Akdeniz kıyı ekosistemlerinin sürdürülebilirliği, kıyısar stabilite, iklim düzenlemesi, biyolojik çeşitlilik ve ekonomik refah açısından kritik bir türdür.

Bu çayırararın korunması ve restorasyonu, bölge kıyıların dayanıklılığı ve sürdürülebilirliği için hayati önem taşımaktadır.

● 2.3 – *Posidonia oceanica* Büyüme/Gelişme Özelliklerinin Karasal Bitkilerle Karşılaştırılması

Posidonia oceanica gelişimi oldukça uzun sürmektedir. Daha kolay anlaşılabilmesi açısından karasal bitkilerle karşılaştırılacak olursa, karasal bitkilere kıyasla belirgin farklılıklar gösteren büyüme ve gelişim özelliklerine sahiptir. Büyüme biçimi, deniz ortamına son derece uyum sağlamış olup kendine özgü mevsimsel ritimlere, yavaş üreme başarısına ve çevresel faktörlere güçlü bağımlılığa sahiptir. Genel olarak *P. oceanica*, karasal bitkilerin çoğuna göre daha yavaş büyür ve daha özel habitat koşulları gerektirir.

- **Büyüme Özellikleri ve Hızları Mevsimsel Büyüme:** *P. oceanica* geç yaz döneminde büyümeye başlar, yaprak üretimi ilkbaharda en yüksek düzeye ulaşır. Yaz ve sonbaharda büyümesi yavaşlar veya tamamen durur; bu durum, genellikle ilkbahar ve yaz aylarında daha hızlı büyüyen pek çok karasal bitkiden farklıdır (Ott, 1980; Pirc, 1985; Mutlu vd., 2022).
- **Üretkenlik:** İlkbaharda maksimum yaprak üretkenliği günde 12 g kuru ağırlık/m²'ye ulaşabilir. Yıllık yaprak üretimi yaklaşık 3110 g kuru ağırlık/m² civarındadır. Yaprak alan indeksi çok yüksek olabilir (22 m²/m²'ye kadar); ancak bu biyokütlenin önemli bir kısmı sistem dışına taşınır (Ott, 1980).
- **Yavaş Üreme:** Eşeyli üreme verimsizdir; çok sayıda çiçek ve meyve oluşmasına rağmen olgun tohumların sayısı azdır. Bu durum, popülasyonların iyileşmesini pek çok karasal bitkiye göre daha yavaş hale getirir (Mancini vd., 2024; Pereda-Briones vd., 2020).

• **Çevresel Hassasiyet Habitat Özgüllüğü:** Fidelerin başarılı bir şekilde tutunabilmesi için sıkı substratlar, makroalg örtüsü ve korunaklı alanlar gibi çok özel koşullar gerekir. Bu durum, fideleri çevresel değişimlere karasal bitkilere kıyasla daha duyarlı hale getirir (Pereda-Briones vd., 2020).

• **Strese Tepki:** Büyüme ve hayatta kalma, su sıcaklığı, tuzluluk, ışık ve besin maddesi gibi çevresel koşullarla yakından ilişkilidir. Çevresel stres faktörleri, büyümeyi ve deniz çayırı yapısını hızla etkileyebilir (Azcárate-García vd., 2023; Mutlu vd., 2022; Pirc, 1985).

Sonuç *Posidonia oceanica* çoğu karasal bitkiye göre daha yavaş büyür, daha az verimli ürer ve çevresel değişimlere daha duyarlıdır. Deniz ortamının zorluklarına özel adaptasyonları, büyüme ve gelişiminin karasal türlerden farklılaşmasına yol açar.

Bu açılardan PROJE önemli ama zor bir hedef ile yola çıkmıştır. Bu proje ile hem uluslararası literatür ve önceki deneyimler anlaşılmalı çalışılmakta, ayrıca ülkemiz ve bölge açısından uygun yöntemler belirlenmeye çalışılmaktadır.

Belirlenebildiği kadarı ile, *Posidonia oceanica* rehabilitasyon çalışmaları kapsamında uluslararası alanda uygulamalar/bilimsel/teknik çalışmalar yapılmış ancak büyük ölçekli uygulamalar konusunda adım atmak mümkün olmamıştır.



● 2.4 – Akdeniz’in Alt Bölümlerinin Fiziksel Kimyasal Değişkenleri ve Olası Uygulama Farklılıkları

Doğu Akdeniz, Ege ve Marmara Denizi; coğrafi konumları, su alışverişleri ve insan kaynaklı etkiler nedeniyle fiziksel özellikler ve su kalitesi açısından önemli farklılıklar göstermektedir. Marmara Denizi, özellikle besin maddesi zenginleşmesi ve ötrofikasyon (aşırı besin yüklenmesi) açısından daha fazla etkilenirken, Ege ve Doğu Akdeniz’de tuzluluk genellikle daha yüksektir ve sular daha berraktır.

Marmara Denizi, Karadeniz’den gelen daha az tuzlu ve besince zengin sularla beslenmektedir. Bu durum, özellikle kentsel ve endüstriyel bölgelerin yakınında, fosfat ve amonyum gibi besin maddelerinin yüksek konsantrasyonlarına ve sık görülen ötrofikasyona neden olmaktadır (Yalçın et al., 2017; Balcı & Balkıs, 2017; Berrojalbiz et al., 2011; DüNDAR, 2020). Ayrıca, yüzey altı sulara oksijen azalması sıkça gözlenmekte ve haloklin tabakasının altında hipoksik (oksijençe fakir) koşullar oluşabilmektedir.

Ege Denizi, Karadeniz çıkışının etkili olduğu kuzey kesimlerde yüzeyde daha düşük tuzluluk gösterirken, güneyde Akdeniz’in daha tuzlu sularının etkisi artmaktadır. Bu nedenle Ege, geçiş bölgesi niteliğindedir. Genel olarak su kalitesi daha iyidir; ancak yerleşim merkezlerine yakın bölgelerde yerel kirlilik ve mikropplastik birikimi daha fazladır (Adamopoulou et al., 2021; Zervakis & Georgopoulos, 2002).

Doğu Akdeniz ise yüksek tuzluluk, düşük besin seviyesi ve berrak, oligotrofik (besince fakir) sularıyla karakterizedir. Derin su oluşumu ve dolaşımı, Ege ve Adرياتik’ten gelen girdilerdeki değişimlerden etkilenmektedir (Roether et al., 1996; Zervakis & Georgopoulos, 2002).

Bu bölgeler arasında çözülmüş oksijen seviyeleri de farklılık göstermektedir. Marmara’da bazı bölgelerde oksijen tükenmesi görülürken, Ege ve Doğu Akdeniz genellikle iyi oksijenlenmiş durumdadır (Yalçın et al., 2017; Roether et al., 1996). Termal ve tuzluluk katmanlaşması tüm denizlerde görülmekle birlikte, Marmara’da bu katmanlaşma daha belirgindir (Balcı & Balkıs, 2017; Zervakis & Georgopoulos, 2002).

Ayrıca, mikropplastik ve kalıcı organik kirleticiler açısından Marmara Denizi özellikle kentsel ve sanayi bölgelerine yakın alanlarda daha yüksek seviyelere sahiptir. Ege’de bu kirlilik yerleşim merkezlerine yakın alanlarda artarken, Doğu Akdeniz’in açık sularında bu seviyeler genellikle düşüktür (Adamopoulou et al., 2021; Berrojalbiz et al., 2011).

Ülkemiz Akdeniz’in farklı alt bölümlerinden oluşan kıyı şeridinde sahiptir. Ayrıca alt bölgeler içerisindeki farklı alanlarda da çevresel faktörler farklılık gösterebilmektedir. *Posidonia oceanica* Doğu Akdeniz (Levant), Ege ve Marmara girişinde bulunmaktadır. Bu üç bölgenin de ekolojik karakterleri (fiziksel koşulları ve su kalitesi parametreleri) farklıdır. Elbette farklı bölgelerde yapılacak uygulamalar değişiklik gösterecektir ancak maddi, idari ve teknik temel uygulama kriterleri bütün alt bölgelerde uygulanabilecektir. Bu açıdan PROJE kapsamında elde edilmekte olan bilgi birikimi (know – how) büyük önem arz etmektedir.



● 2.5 – Akdeniz’de sürdürülen *Posidonia oceanica* Rehabilitasyon, Restorasyon, Transplantasyon ve İmplantasyon Çalışmaları

Akdeniz’e endemik ve ekolojik önemi nedeniyle hayati öneme sahip olan *Posidonia oceanica*’nın restorasyonu, insan faaliyetlerinden kaynaklanan sürekli azalması nedeniyle kritik bir odak noktasıdır. Son araştırmalar, zarar görmüş çayıruları onarmak ve biyolojik çeşitlilik desteği ile karbon depolama gibi ekosistem hizmetlerini sürdürmek için çeşitli rehabilitasyon, transplantasyon ve implantasyon yöntemlerini incelemiştir.

Restorasyon çabaları çok çeşitlidir. Sahile vuran tohumlardan laboratuvar ortamında yetiştirilen fideler ve donör çayırılardan alınan kesimlerle yapılmaktadır. Yerleştirme teknikleri arasında, biyolojik olarak parçalanabilen matlar, hindistan cevizi lif ağları ve metal ağ üzerine ekim yer alır ve bunlar genellikle stabilite için deniz tabanına sabitlenir (Zenone vd., 2025; Boulenger vd., 2024; Robello vd., 2024; De Luca vd., 2024; Chimienti vd., 2023).

Başarı, sediment tipi, hidrodinamik koşullar ve geçmişteki rahatsızlıklar gibi faktörlerin dikkatli bir şekilde değerlendirildiği alan seçimine bağlıdır. Akustik haritalama, uzaktan kumandalı araç (ROV) ile yapılan incelemeler ve sediment analizlerini içeren multidisipliner değerlendirmeler, uygun alanların belirlenmesinde kullanılmaktadır (De Luca vd., 2024; Castejón-Silvo & Terrados, 2021).

Hayatta kalma oranları büyük farklılıklar göstermektedir. Orta seviyedeki ekim yoğunlukları ve bozulmamış, konsolide substratlarda daha yüksek hayatta kalma oranları (%90’a kadar) elde edilirken, bozulmuş veya gevşek sedimentli deniz tabanlarında sonuçlar kötü olmaktadır (Zenone vd., 2025; Castejón-Silvo & Terrados, 2021; Boulenger vd., 2024; Robello vd., 2024; De Luca vd., 2024).

Transplant edilen çayırılar yaklaşık on yıl içinde doğal sürgün yoğunluklarına ulaşabilmektedir ancak bitki sağlığı ve ekosistem fonksiyonlarının tam olarak iyileşmesi daha uzun zaman alabilir (Bacci vd., 2024). Fırtınalar, demir atma ve altyapı projeleri restorasyonu engelleyebilir. Deniz tabanının (ölü matların) bütünlüğünün korunması başarı açısından kritiktir (Castejón-Silvo & Terrados, 2021; Robello vd., 2024).

Donör materyaldeki yüksek genetik çeşitlilik, transplantasyon başarısını ve dayanıklılığını artırmaktadır (Procaccini & Piazzzi, 2001). Foto-fizyolojik ve metabolik belirteçler, transplantasyon sonrası bitki sağlığını ve adaptasyonunu değerlendirmekte kullanılmakta ve gelecek restorasyon stratejilerine yön vermektedir (Boulenger vd., 2024; Blanco-Murillo vd., 2024).

Tohum tabanlı restorasyon üzerine Zenone vd. (2025), büyük ölçekli transplantasyon üzerine Bacci vd. (2024), Robello vd. (2024) ve De Luca vd. (2024), genetik faktörler üzerine Procaccini ve Piazzzi (2001), paydaş görüşleri üzerine Zenone vd. (2021) ve CO2 depolama potansiyeli üzerine Baiocchi vd. (2024) tarafından önemli çalışmalar yapılmıştır.

Akdeniz’de *Posidonia oceanica*’nın restorasyonunda umut verici tekniklerle ilerleme sağlanmaktadır. Başarı, alan koşulları, genetik çeşitlilik ve devam eden yönetim faaliyetlerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu kritik deniz çayırılarının etkin bir şekilde rehabilitasyonu ve korunması için uzun vadeli izleme ve uyarlanabilir stratejiler gereklidir.

● 2.6 – *Posidonia oceanica* Rehabilitasyon Restorasyon Transplantasyon ve İmplantasyon Çalışmalarının İzlenmesi İmplantasyon Çalışmaları

Posidonia oceanica çayırlarının restorasyonu ve izlenmesi, Akdeniz kıyı ekosistemlerinin korunması açısından kritik öneme sahiptir. Rehabilitasyon, restorasyon, transplantasyon, implantasyon ve izleme çalışmalarında kullanılan temel parametreler arasında hayatta kalma oranları, sürgün yoğunluğu, büyüme metrikleri, substrat tipi ve fizyolojik sağlık göstergeleri yer almaktadır. Bu parametreler, restorasyon çalışmalarının etkinliğini ve uzun vadeli başarısını değerlendirmeye yardımcı olmaktadır.

Hayatta kalma oranları, transplantasyon sonrası bir yıl içerisinde genellikle kullanılan yöntemle ilgili olarak %59 ila %90 arasında değişmektedir (Zenone vd., 2025; Boulenger vd., 2024; Robello vd., 2024; Bacci vd., 2024; Mancini vd., 2024; De Luca vd., 2024; Pansini vd., 2024). Sürgün yoğunluğu, metrekare başına sürgün sayısı olarak ölçülmekte olup, çayırların iyileşmesini ve sağlık durumunu göstermekte ve 12 yıl sonunda yaklaşık 331 sürgün/m² gibi değerler rapor edilmiştir (Bacci vd., 2024; De Luca vd., 2024; Pirrotta vd., 2014; Calvo vd., 2021).

Günlük yaprak üretimi, yeni yaprak büyüme oranını ölçerek bitki canlılığını ve adaptasyonunu yansıtır ve genellikle transplant edilmiş çayırlarda doğal çayırlara kıyasla daha yüksek değerler göstermektedir (Mancini vd., 2022; Mancini vd., 2021; Mancini vd., 2024; Pansini vd., 2024). Biyokütle birikimi, toplam bitki kütlesindeki artışı göstererek üretkenliği ve yerleşim başarısını ortaya koymaktadır; ancak bu parametre saha koşullarına bağlı olarak önemli farklılıklar göstermektedir (Zenone vd., 2025; Boulenger vd., 2024; Bacci vd., 2024; Calvo vd., 2021).

Yama veya çayır örtüsünün izlenmesi, alan genişlemesini değerlendirir ve ortalama yama büyüklüğü ve genel örtüdeki artışları göstermektedir (Mancini vd., 2022; Mancini vd., 2023). Substrat türü ve stabilitesi, köklenme ve hayatta kalmayı önemli ölçüde etkiler ve en iyi sonuçlar genellikle ölü mat veya kaba kayalık substratlar üzerinde elde edilmektedir (Castejón-Silvo & Terrados, 2021; Escandell-Westcott vd., 2023; Zenone vd., 2023).

Fotosentez aktivitesi, pigment içeriği ve karbonhidrat rezervleri gibi fizyolojik parametreler, transplantasyon sonrası bitki stresini ve adaptasyonunu değerlendirmek amacıyla izlenmektedir (Boulenger vd., 2024; Pansini vd., 2024). Ayrıca derinlik, hidrodinamik koşullar, sedimentasyon ve ışık erişimi gibi çevresel faktörler hayatta kalma ve büyümeyi güçlü şekilde etkilemektedir (Zenone vd., 2025; Mancini vd., 2021; Boulenger vd., 2024; De Luca vd., 2024; Escandell-Westcott vd., 2023). Çevresel veya teknik nedenlerle meydana gelen kopma veya ölüm oranları, adaptif yönetim için yakından takip edilmektedir (Pirrotta vd., 2014; Castejón-Silvo & Terrados, 2021).

İzleme ve değerlendirme yaklaşımları arasında, mekânsal haritalama ve örtü değerlendirmesi için fotomozaikler

ve görsel taramalar (Mancini vd., 2022; Mancini vd., 2023), yaprak uzunluğu, yaprak sayısı, pigment analizi ve karbonhidrat içeriği analizleri gibi biyometrik ve fizyolojik ölçümler (Boulenger vd., 2024; Pansini vd., 2024) ve uzun vadeli izleme çalışmaları bulunmaktadır. İyileşme eğilimlerinin belirlenmesinde kritik olan uzun vadeli izlemelerde önemli kilometre taşlarına genellikle 2 ila 4 yıl içinde ulaşmakla birlikte, doğal çayırlara tam eşdeğer hale gelmesi on yıl veya daha uzun sürebilmektedir (Bacci vd., 2024; Pirrotta vd., 2014; Calvo vd., 2021).

Başarılı bir *Posidonia oceanica* restorasyonu, dikkatli alan seçimi ve uzun vadeli izlemenin yanı sıra hayatta kalma, sürgün yoğunluğu, büyüme ve fizyolojik sağlık parametrelerinin izlenmesine bağlıdır. Bu parametrelerin entegre edilmesi, güçlü bir değerlendirme sağlar ve çayırların başarılı bir şekilde iyileşmesi için adaptif yönetimi yönlendirir.

Posidonia oceanica, Akdeniz ekosisteminin temelini oluşturan ve ekolojik önemi nedeniyle insan etkilerine karşı hassas olan bir deniz çayırı türüdür. Bu nedenle, uzun yıllardır rehabilitasyon, restorasyon, transplantasyon, implantasyon ve izleme çalışmalarının merkezinde yer almaktadır. Bu müdahalelerin başarısını ve ilerleyişini değerlendirmek amacıyla çeşitli parametreler kullanılmaktadır. Bunlar arasında yapısal metrikler (örneğin sürgün yoğunluğu, yama büyüklüğü, hayatta kalma oranları), fonksiyonel göstergeler (örneğin günlük yaprak üretimi, fotosentez aktivitesi, karbonhidrat içeriği), fizyolojik ve biyokimyasal belirteçler (örneğin pigment konsantrasyonu, fenolik içerik, eser element birikimi) ve çevresel değişkenler (örneğin sediment kimyası, substrat tipi, hidrodinamik koşullar) bulunmaktadır (Pierre vd., 2025; Zenone vd., 2025; Mancini vd., 2022; Mancini vd., 2021; Boulenger vd., 2024; Robello vd., 2024; Pansini vd., 2022; Bacci vd., 2024; Mancini vd., 2024; De Luca vd., 2024). Son dönem çalışmalarda fotogrametri, uzaktan algılama ve ses ortamı analizleri gibi gelişmiş izleme teknikleri de kullanılmaktadır (Boulenger vd., 2024; Ventura vd., 2021; La Manna vd., 2024; Rende vd., 2022; Borfecchia vd., 2013). Bu parametrelerin seçimi ve kombinasyonu, restorasyon sonuçlarının değerlendirilmesi, ekolojik süreçlerin anlaşılması ve uyarlanabilir yönetim stratejilerinin belirlenmesi açısından kritik öneme sahiptir (Pansini vd., 2022; Pansini vd., 2024; Calvo vd., 2021; Signa vd., 2024; Escandell-Westcott vd., 2023).

Posidonia oceanica restorasyonu çalışmalarında en sık kullanılan parametreler sürgün yoğunluğu, yama büyüklüğü, hayatta kalma oranları ve biyokütle birikimi gibi yapısal metriklerdir (Pierre vd., 2025; Zenone vd., 2025; Mancini vd., 2022; Robello vd., 2024; Bacci vd., 2024; De Luca vd., 2024; Pirrotta vd., 2014; Calvo vd., 2021). Bitki canlılığı ve çayır genişlemesini değerlendirmek için günlük yaprak üretimi (DLP), yaprak büyüme oranları ve dallanma oranları gibi fonksiyonel göstergeler yaygın olarak kullanılmaktadır (Mancini vd., 2022; Mancini vd., 2021; Mancini vd., 2024; Alagna vd., 2019; Pansini vd., 2024; Calvo vd., 2021).

Bitki sağlığı ve stres tepkilerinin değerlendirilmesi için fotosentez aktivitesi, pigment konsantrasyonları (klorofil, karotenoidler), karbonhidrat içeriği ve fenolik bileşikler gibi fizyolojik ve biyokimyasal parametreler giderek daha fazla tercih edilmektedir (Boulenger vd., 2024; Pansini vd., 2024; Signa vd., 2024; Blanco-Murillo vd., 2024; Alagna vd., 2024). Donör materyalinin genetik çeşitliliği ve kökeni, uzun vadeli dayanıklılık ve adaptasyon açısından önem taşımakta ve heterozigotluk ile genetik uyumluluğun transplantasyon başarısında rolü vurgulanmaktadır (Procaccini ve Piazzzi, 2001; Mancini vd., 2024; Balestri vd., 2021).

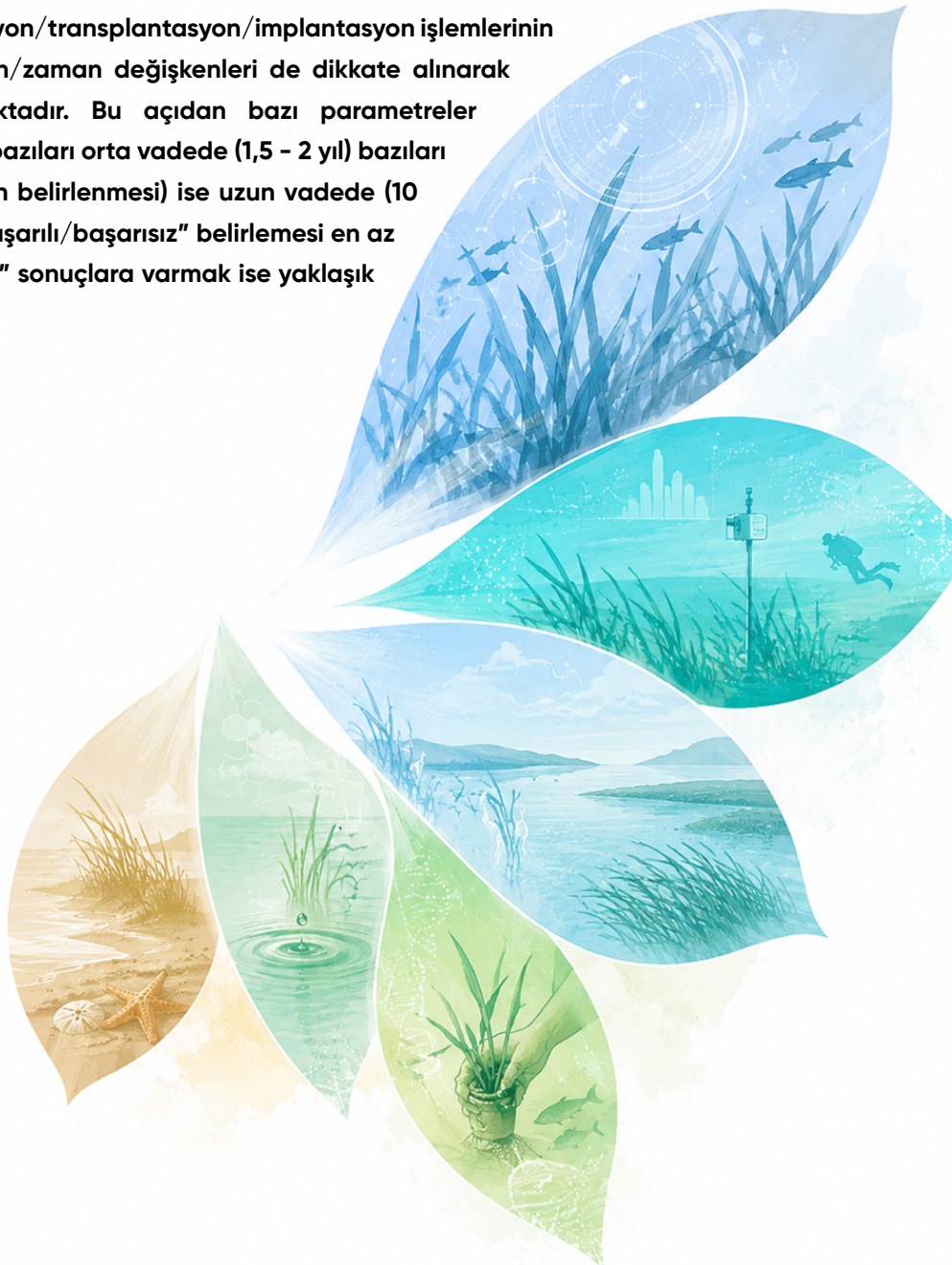
Sediment kimyası, substrat tipi (örneğin ölü mat, kum, kaya), hidrodinamik koşullar ve su kalitesi gibi çevresel

parametreler, alan seçimi ve transplantasyon sonrası izleme için kritik önemdedir (Pierre vd., 2025; Zenone vd., 2025; De Luca vd., 2024; Castejón-Silvo ve Terrados, 2021; Escandell-Westcott vd., 2023; Zenone vd., 2023; Guerrero-Meseguer vd., 2017). Fiziksel çevrenin uygunluğu, transplant edilen materyalin hayatta kalmasını ve büyümesini belirleyici rol oynar; konsolide substratlar ve uygun hidrodinamik koşullar daha iyi sonuçlar sağlamaktadır (Castejón-Silvo ve Terrados, 2021; Escandell-Westcott vd., 2023; Zenone vd., 2023; Guerrero-Meseguer vd., 2017).

Fotogrametri, uzaktan algılama ve ses ortamı analizleri gibi gelişmiş izleme teknikleri, çayır yapısını, mekansal dinamikleri ve ekosistem fonksiyonlarını yüksek çözünürlükte değerlendirmek için kullanılmaktadır (Boulenger vd., 2024; Ventura vd., 2021; La Manna vd., 2024; Rende vd., 2022; Borfecchia vd., 2013). Bu teknikler örtü yüzdesi, yama dinamikleri, üç boyutlu yapı ve akustik karmaşıklık gibi parametrelerin ölçülmesine imkan tanıyarak restorasyon sürecine ve habitat kalitesine bütünsel bir bakış sağlar.

Sonuç olarak, *Posidonia oceanica* restorasyonu ve transplantasyonu projelerini izlemek ve değerlendirmek için çok çeşitli yapısal, fonksiyonel, fizyolojik, genetik ve çevresel parametreler kullanılmaktadır. Yapısal ve fonksiyonel metrikler daha yerleşik olmakla birlikte, fizyolojik, genetik ve gelişmiş izleme tekniklerinin entegrasyonu, sağlam ve çok boyutlu değerlendirme imkânlarını artırmaktadır. Bu müdahalelerin potansiyelini tam olarak gerçekleştirmek için metodolojik uyum ve uzun vadeli izleme çalışmaları devam etmelidir.

PROJE kapsamında yapılan rehabilitasyon/transplantasyon/implantasyon işlemlerinin izlemesi bu çalışmalara uygun, mekan/zaman değişkenleri de dikkate alınarak belirlenen parametrelerle yapılmaktadır. Bu açıdan bazı parametreler operasyondan hemen sonra (3- 6 ay), bazıları orta vadede (1,5 - 2 yıl) bazıları (ortam koşullarına göre büyüme hızının belirlenmesi) ise uzun vadede (10 yıl) izlenebilmektedir. Genel olarak, "başarılı/başarısız" belirlemesi en az 6 ay, "ölçülebilir (büyümenin ölçülmesi)" sonuçlara varmak ise yaklaşık 2. yıldan sonra mümkün olabilmektedir.



3- Çalışmaların Özeti

● 3.1 – Projenin Resmi Başvurusu

Tarım ve Orman Bakanlığı Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü'ne Kemerköy Termik Santrali Kıyısal Alanında Deniz Çayırılarını Koruma ve Rehabilitasyon Projesinin yapılması ile ilgili resmi bir başvuru yapılmıştır. Yapılan başvuruya 6.10.2023 tarihinde Araştırma İzni onayı verilmiştir. Alınan onaya ilave olarak Projeye Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü' de projeye paydaş olarak dahil olmuştur.

● 3.2 – Proje kapsamında yapılan alan çalışmaları:

Alan çalışmaları öncesinde başta Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü olmak üzere, ilgili kurumlara iş planları sunulmuş, onay alındıktan sonra alan çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

● I. Alan Çalışması

● I. İş Planı sunulması:

8.11.2023 tarihinde 1. İş Planı ve Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nü iletilmiştir.

● I. Alan Çalışmaları:

13 -15 Kasım 2023 içerisinde Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nün de resmi olarak saha çalışmalarına katılımı ile 1. Alan Çalışma saha çalışmaları başlatılmıştır. Proje kapsamında gerçekleştirilen ilk alan çalışmasına Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü (Balıkçılık ve Su Ürünleri Şube Müdürlüğü)'nden 5 personel refakat etmiş, ayrıca Sahil Güvenlik Komutanlığı tarafından deniz güvenliğinin sağlanması amacıyla bölgede devriye görevi sürdürülmüştür. 1. Alan çalışması kapsamında mevcutta bulunan deniz çayırılarının yerleri tekrar kontrol edilmiş, I. Alan çalışmasında öncelikle daha önceki çalışmalarda oluşturulan habitat haritasının derinlik sınırlarının kontrol edilmesi amaçlanmış ve bu amaç gerçekleştirilmiştir.

● II. Alan Çalışması

● II. İş Planı sunulması:

3 Ocak 2024 tarihinde 2. İş Planı ve Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nü iletilmiştir.

● II. Alan Çalışmaları:

22 – 26 Ocak 2024 tarihinde 2. Alan Çalışması planlanmıştır. Çalışmaya Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü (Balıkçılık ve Su Ürünleri Şube Müdürlüğü)'nden 6 personel dalış çalışmalarına refakat etmiş, 2 personel ise tüm çalışmalarda alanda bulunmuşlardır. İkinci alan çalışmasında, 22 Ocak 2024 Pazartesi günü basın toplantısı hazırlıkları ve toplantıya çağrılan medya kuruluşları için görüntü temin edilmesi sağlanmış 23 Ocak Salı günü ise basın toplantısı ve alanda incelemeler gerçekleştirilmiştir. Bu açıdan belirtilen çalışma takvimine ek olarak, 27 Ocak Cumartesi, 29 Ocak Pazartesi ve 30 Ocak Salı günleri de alan çalışmaları devam ettirilmiştir. İkinci alan çalışmalarında deniz çayırılarının dikimleri gerçekleştirilmiştir.

● III. Alan Çalışması

● III. İş Planı Sunulması:

Resmi bildirimler 06 Mayıs 2024 de Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'ne yapılmıştır.

● III. Alan Çalışmaları:

09 Mayıs 2024 – 11 Mayıs 2024 tarihinde 3. Alan Çalışması planlanmıştır. Alan çalışmalarına katılan, Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü (Balıkçılık ve Su Ürünleri Şube Müdürlüğü)'nden 6 personel dalış çalışmalarına refakat etmiş, Yeniköy Kemerköy Elektrik Üretim ve Ticaret A.Ş.'den 2 personel ise tüm çalışmalarda alanda bulunmuşlardır. Üçüncü alan çalışmasının ilk gününde (09 Mayıs 2024), transplantasyonu (bitki nakli) yapılan deniz çayırı öbeklerinin fotoğraflanması yapılmıştır. 10 – 11 Mayıs 2024 tarihinde ise fotoğraflı belgeleme çalışmaları devam ettirilmiş ayrıca video görüntüleri alınmıştır. Alan çalışmaları bitirildikten sonra Kurum ve Şirket yetkilileri ile değerlendirme toplantısı yapılmıştır. Toplantıda, dördüncü alan çalışmasının Temmuz 2024'te gerçekleştirilmesi planlanmıştır.

● IV. Alan Çalışması

● IV. İş Planı Sunulması:

Resmi bildirimler 19 Temmuz 2024 de Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'ne yapılmıştır.

● IV. Alan Çalışmaları:

22 Temmuz – 25 Temmuz tarihinde 4. Alan Çalışması planlanmıştır. Dördüncü alan çalışmasında, Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü (Balıkçılık ve Su Ürünleri Şube Müdürlüğü)'nden 2 personel dalış çalışmalarına refakat etmiş, Yeniköy Kemerköy Elektrik Üretim ve Ticaret A.Ş.'den 2 personel ise tüm çalışmalarda alanda bulunmuşlardır. Dördüncü alan çalışmasının ilk gününde (22 Temmuz 2024), planlandığı gibi transplantasyon çalışmaları sırasında alanda bırakılan organik malzemelerin toplanması gerçekleştirilmiştir. İkinci ve üçüncü gün alan çalışmaları (23-24 Temmuz 2024) pilot bölgede transplantasyonu yapılan deniz çayırlarının etiketlenmesi ve pilot bölgede transplantasyonu yapılan deniz çayırlarının sağlık durumlarının belirlenmesi/ölçümlerinin yapılması gerçekleştirilmiştir. Üçüncü gün alan çalışmasında (24 Temmuz 2024) ayrıca pilot bölgede transplantasyonu yapılan deniz çayırlarından fotoğraf ve video görüntülerinin alınması da gerçekleştirilmiştir. 25 Temmuz 2024 tarihinde Yeniköy Kemerköy Elektrik Üretim ve Ticaret A.Ş. yetkilileri ile değerlendirme toplantısı yapılmıştır. Toplantıda, beşinci alan çalışmasının Mart 2025'te gerçekleştirilmesi planlanmıştır.

● V. Alan Çalışması

● V. İş Planı Sunulması:

Resmi bildirimler 28 Şubat 2025'te Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'ne yapılmıştır.

● V. Alan Çalışmaları:

03 Mart – 07 Mart tarihinde 5. Alan Çalışması planlanmıştır. Beşinci alan çalışmasında, Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü (Balıkçılık ve Su Ürünleri Şube Müdürlüğü)'nden 4 personel dalış çalışmalarına refakat etmiş, Yeniköy Kemerköy Elektrik Üretim ve Ticaret A.Ş.'den 2 personel ise tüm çalışmalarda alanda bulunmuşlardır. Beşinci alan çalışmasının ilk gününde (03 Mart 2025), planlandığı gibi, hava durumunun da elverişli olmasıyla birlikte pilot bölgede transplantasyonu yapılan deniz çayırlarının sağlık durumlarının belirlenmesi/ölçümlerinin yapılması işleminin gerçekleştirilmesi işlemine başlanmıştır. Bu işlemler yapılırken kısmen pilot bölgede transplantasyonu yapılan deniz çayırlarından fotoğraf ve video görüntülerinin alınması işlemi de gerçekleştirilmiştir. Beşinci alan çalışmasının ikinci gününde (04 Mart 2025) pilot bölgede transplantasyonu yapılan deniz çayırlarının sağlık durumlarının belirlenmesi/ölçümlerinin yapılması işlemine devam edilmiş ve bitirilmiştir. Üçüncü, dördüncü ve beşinci gün alan çalışmalarında (05 – 06- 07 Mart 2025), proje hedeflerinde belirtilen 2.tip uygulama olan implantasyon (TDK: İsim, tıp: Doku ekimi) çalışmalarına başlanmıştır. İlk aşama olan mat parçası/materyali içermeyen ancak köklü ve yapraklı bitkilerin taban/ölü mat üzerinde sabitleme ve implantasyona uygun duruma getirilerek, uygulama noktasına aktarılacak üzere hazırlanması işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamada, tarama alanlarından alınan ve öbeklere oranla oldukça küçük gövdeli (köklü ve yapraklı) implantlar birbirinden ayrı ayrı hazırlanmış ve kök stabilitesinin sağlanması için uygun tekniklerle güçlendirilerek dikim için hazırlanmıştır. Bu uygulamalarda, stres faktörlerini azaltmak için (sıcaklık, oksijen, ışık) hazırlanan köklerin (deniz suyu dolu tanklarda çok uzun süre bekletilmeden) gruplar halinde (her grupta yaklaşık 50- 100 fide/kök) dikilmesine karar verilmiştir. Bu uygulama ertesi günlerde de aynı şekilde devam ettirilmiştir. Bu şekilde, tarama alanında bulunan kopmuş/ parçalanmış mat yapılarından her seferinde 50 – 100 fide/kök elde edilecek kadar sürgün deniz dışına çıkarılarak işlem yapılmış ve bunların dikimi gerçekleştirilmeden diğer grubun hazırlığına/dikimine başlanılmamıştır. 05 Mart ve 07 Mart 2025 tarihlerinde Yeniköy Kemerköy Elektrik Üretim ve Ticaret A.Ş. yetkilileri ile değerlendirme toplantısı yapılmıştır.

● VI. Alan Çalışması

● VI. Alan Çalışması Kapsamı

VI. Alan çalışmasında uygulanması planlanan iş planı Tablo 1'de sunulmuştur. Bu açıdan iş planının hava şartları ve toplantı takvimine göre değişebileceği de belirtilmiştir. VI. İş Planı sunulması kapsamında resmi bildirimler 18 Aralık 2025'te Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'ne yapılmıştır. Altıncı alan çalışmasında, 2 Şirket personeli tüm çalışmalarda alanda bulunmuşlardır.

Tablo 1. Altıncı Alan Çalışması İş Programı

Çalışma Konuları	21 Aralık 2025 Pazar	22 Aralık 2025 Pazartesi	23 Aralık 2025 Salı	24 Aralık 2025 Çarşamba	25 Aralık 2025 Perşembe
1. Pilot bölgede mat (kök) öbekleri şeklinde transplantasyonu yapılan deniz çayırlarının izlenmesi.					
Pilot bölgede transplantasyonu yapılan deniz çayırlarının sağlık durumlarının belirlenmesi/ölçümlerinin yapılması	X	X			
Pilot bölgede transplantasyonu yapılan deniz çayırlarından fotoğraf ve video görüntülerinin alınması	X	X			
2. Pilot bölgede implantasyon çalışması					
İmplantasyona uygun deniz çayırlarının uygulama noktasına aktarılacak üzere hazırlanması		X	X	X	
İmplantasyona uygun olarak hazırlanan deniz çayırlarının tabana yerleştirilmesi		X	X	X	
İmplantasyonu gerçekleştirilen fidelerin etiketlenmesi, fotoğraf ve video görüntülerinin alınması				X	
3. Toplantı					
Şirket ve Kurum yetkilileri ile 2 Toplantı			X		X

Tablo 1 ve 2’de tamamlanan çalışma başlıkları ve iş planı maddeleri sunulmuştur. Bu tabloda uygulanan iş planı maddeleri belirtilmiştir. Bununla birlikte günlük akış gün bazında ayrı ayrı verilmiştir. Çalışma planı kapsamında gerçekleştirilen bütün çalışmalarının detayları ve sonuçları genel olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 2. Uygulanan İş Planı

Çalışma Konuları	Uygulama Durumu
1. Pilot bölgede mat (kök) öbekleri şeklinde transplantasyonu yapılan deniz çayırlarının izlenmesi.	
Pilot bölgede transplantasyonu yapılan deniz çayırlarının sağlık durumlarının belirlenmesi/ölçümlerinin yapılması	Gerçekleştirildi
Pilot bölgede transplantasyonu yapılan deniz çayırlarından fotoğraf ve video görüntülerinin alınması	Gerçekleştirildi
2. Pilot bölgede implantasyon çalışması	
İmplantasyona uygun deniz çayırlarının uygulama noktasına aktarılacak üzere hazırlanması	Gerçekleştirildi
İmplantasyona uygun olarak hazırlanan deniz çayırlarının tabana yerleştirilmesi	Gerçekleştirildi
İmplantasyonu gerçekleştirilen fidelerin etiketlenmesi, fotoğraf ve video görüntülerinin alınması	Gerçekleştirildi
3. Toplantı	
Şirket ve Kurum yetkilileri ile 2 Toplantı	Gerçekleştirildi

● VI. Alan Çalışması Günlük Akış

📅 21 Aralık 2025

Yapılan ilk gün/ilk alan çalışmasında programa uygun olarak, hava durumunun da elverişli olmasıyla birlikte pilot bölgede transplantasyonu yapılan deniz çayırlarının sağlık durumlarının belirlenmesi/ölçümlerinin yapılması işleminin gerçekleştirilmesi işlemine başlanmıştır. Bu işlemler yapılırken kısmen pilot bölgede transplantasyonu yapılan deniz çayırlarından fotoğraf ve video görüntülerinin alınması işlemi de gerçekleştirilmiştir.

📅 22 Aralık 2025

İkinci alan çalışması gününde pilot bölgede transplantasyonu yapılan deniz çayırları ile 5. Alan çalışmasında uygulamasına başlanan ve implantasyon (TDK: İsim, tıp: Doku ekimi) işlemi yapılan fidelerin sağlık durumlarının belirlenmesi/ölçümlerinin yapılması işlemi bitirilmiştir. Ayrıca, 4. Çalışmada yaklaşık 30 metrekarelik ölü mat yapısına sahip iki küçük alanda yapılan implantasyon uygulaması ve fidelerin sağlık durumlarının belirlenmesi/ölçümlerinin yapılması işlemi bitirilmiştir.

İmplantasyon, öbeklere oranla oldukça küçük gövdeli (köklü ve yapraklı) ve mat parçası/materyali içermeyen fidelerin mat üzerinde sabitlenme kapasitesinin ve mat içermeyen köklü – yapraklı bitkilerin yaşama başarısının incelenmesidir. Ölü mat üzerine iki noktada yapılan implantasyon uygulamasının görsel değerlendirmesi uygulamanın genel olarak başarılı olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte bu izleme döneminde fidelerden klorofil analizi için örnek numune de alınmıştır.

Ölü mat üzerine yapılan uygulama genel olarak ölü/yarı ölü mat mikrobiyotasının kök gelişimine daha uygun olması ve özellikle köklerin daha sıkı tutunabilmesi (akıntı gibi fiziksel etkilerle yerinden ayrılmaması) açısından daha uygun olmasıdır. Ancak buna rağmen bazı köklerin yerinden ayrıldığı belirlenmiştir. Bu açıdan ölü mat ve/veya normal zemin üzerinde yapılacak uygulamaların "sabitleme" potansiyelini artıracak şekilde olması için köklere 20 – 50 gramlık ağırlıklar sabitlenmiştir.

📅 23 Aralık 2025

23 Aralık 2025 tarihinde, proje hedeflerinde belirtilen 2.tip uygulama olan implantasyon (TDK: İsim, tıp: Doku ekimi) çalışmalarına başlanmıştır. İlk aşama olan implantasyona uygun deniz çayırlarının uygulama noktasına aktarılacak üzere hazırlanması işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamada, tarama alanlarından alınan, öbeklere oranla oldukça küçük gövdeli (köklü ve yapraklı) implantlar birbirinden ayrı ayrı hazırlanmış ve kök stabilitesinin sağlanması için uygun tekniklerle güçlendirilmiştir (ağırlık) ve dikim için hazırlanmıştır.

V. Alan çalışmasında olduğu gibi, stres faktörlerini azaltmak için (sıcaklık, oksijen, ışık) hazırlanan köklerin dışarıda (deniz suyu dolu tanklarda çok uzun süre bekletilmeden gruplar halinde (her grupta yaklaşık 50 – 100 fide/kök) dikilmesine karar verilmiştir. Bu uygulama ertesi günlerde de aynı şekilde devam ettirilmiştir.

Kurum yetkilileri ile yapılan alan çalışmalarında başarılı bir şekilde gözlemler gerçekleştirilmiş, ve iş planında hedeflendiği gibi toplantı gerçekleştirilmiştir. **Alan çalışması sonrasında yapılan toplantıda rehabilitasyon (özellikle implantasyon) çalışmalarının yapıldığı bölgenin yakınında başka bir tesis tarafından geniş çaplı tarama faaliyetlerinin gerçekleştirilmiş olmasının tabanda hareketlenme yarattığı ve taban morfolojisini bozacak şekilde erozyona sebep olduğu, bu durumun tarama yapılan bölgeye yakın noktalardaki fideleri olumsuz etkilediği belirtilmiştir.**

24 Aralık 2025

23 Aralık 2025 tarihinde başlayan uygulama [küçük gövdeli (köklü ve yapraklı) implantların hazırlandıktan sonra gruplar halinde nakledilmesi işlemi] aynı şekilde (her grupta yaklaşık 50 - 100 fide/kök) devam ettirilmiş ve bitirilmiştir.

İş planında 24 Aralık 2025 tarihinde bitirilmesi yönünde hedef konulmasına rağmen, fotoğraflama ve belgeleme işlemleri akıntı ve bulanıklık nedeni ile son alan çalışması gününe ertelenmiştir.

25 Aralık 2025

Son alan çalışması gününde, implantasyonu gerçekleştirilen fidelerin etiketlenmesi, fotoğraf ve video görüntülerinin alınması işlemi gerçekleştirilmiştir.

Alan çalışmaları bitirildikten sonra şirket yetkilileri ile toplantı yapılmıştır. Toplantıda genel sonuçlar değerlendirilmiştir. Proje genelinde transplantasyon ve implantasyon uygulamaları yüksek başarı ile gerçekleştirilmiştir. Ancak rehabilitasyon uygulama bölgesinde başta tarama faaliyetleri olmak üzere insan etkisinin yüksek olması implantasyon alanını olumsuz etkilediği belirtilmiştir.

3.3 – Proje ve İzleme Çalışmalarının Genel Değerlendirmesi

Proje Hedefi

Mavi Vatan sınırları içerisinde, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine uygun olarak; Yeniköy Kemerköy Elektrik Üretim ve Ticaret A.Ş. ile Doğu Akdeniz Üniversitesi (DAÜ) arasında iş birliği protokolü ve Tarım ve Orman Bakanlığı Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü (Tarım Bakanlığı)’nden alınan izin ve Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Balıkçılık ve Su Ürünleri Şube Müdürlüğü (Muğla) personelinin çalışmaların her aşamasında sağladıkları teknik ve idari katkıları ile “Kemerköy Termik Santrali Kıyısız Alanında Deniz Çayırlarını Koruma ve Rehabilitasyonu Projesi – (PROJE)” 06.10.2023 resmileşmiş, alan çalışmalarına Kasım 2023’de başlamıştır.

Projenin hedefi Ören kıyısız alanında çapalama, tarama ve benzeri insan faaliyetleri nedeni ile zarar görmüş *Posidonia oceanica* çayır alanlarının restorasyonudur. Ancak bu projenin çok önemli bir hedefi daha bulunmaktadır, bu da bütün Akdeniz kıyılarında kullanılabilecek bilgi birikimi ve teknik kapasite oluşturmaktır.

Hedefler doğrultusunda gerçekleştirilmesi planlanan 3 farklı temel yöntem:

- 1. Yöntem:** Deniz çayırları (*Posidonia oceanica*) mat öbeklerinin platforma alınması, transplantasyona (TDK: İsim, bitki bilimi: Bitki nakli) uygun hale getirilmesi ve tekrar deniz tabanına gömülerek yerleştirilmesidir.
- 2. Yöntem:** Deniz çayırlarından fideler oluşturulması ve bunların implantasyonunu (TDK: İsim, tıp: Doku ekimi) içermektedir.
- 3. Yöntem:** Deniz çayırları tohumlarının yapay ortamda veya korunaklı bir deniz ortamında köklendirilerek fide oluşturulması ve deniz tabanına dikimidir.

Bu temel yöntemlerden ilk ikisinin uygulamaları başlamış olup üçüncü yöntem olan tohumların köklendirilmesi çalışmaları için bölgedeki *Posidonia oceanica* çayırları çiçeklenme/tohumlanma zamanı açısından izlenmektedir. Kasım 2023 – Nisan 2026 arasında çiçeklenme/tohumlanma

4 - Proje Kapsamında Gerçekleştirilen Faaliyetler ve Büyüme İzleme Çalışmaları

4.1- Gerçekleştirilen Faaliyetler (Teknik İzleme)

Proje kapsamındaki birinci dönem çalışmaları, Kasım 2023'te transplantasyon ve implantasyon bölgelerinin seçimi ve çevresel şartların belirlenmesine yönelik ilk çalışmanın yapılmasından sonra, 6 alan çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalarda hedef ve pilot uygulamalar ile izleme yapılırken bir tanesinde sadece izleme çalışması (Temmuz 2024) yapılmıştır. Birinci dönem Proje süreci ve yapılan alan çalışmaları Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. Proje Zaman Çizelgesi

 Faaliyet	 Tarih	 Amaç
 Proje geliştirme toplantısı (YK Enerji - DAU)	 Mayıs 2023	 Toplantı
 Proje geliştirme toplantısı (YK Enerji - DAU - Muğla)	 Mayıs 2023	 Toplantı
 Proje işbirliği anlaşması yapılması (YK Enerji - DAU)	 24 Temmuz 2023	 Toplantı - Onay süreci başlatılması
 Proje için "Araştırma İzni Onayı" alınması (Tarım Bakanlığı)	 06 Ekim 2023	 Toplantı - Onay süreci
 1. Alan Çalışması	 12-16 Kasım 2023	 Planlama
 2. Alan Çalışması	 21-30 Ocak 2024	 Transplantasyon uygulaması
 3. Alan Çalışması	 8 - 12 Mayıs 2024	 İzleme, etiketleme
 Ara Dönem Alan Çalışması	 5 - 6 Temmuz 2024	 İzleme
 4. Alan Çalışması	 20 -23 Temmuz 2024	 İzleme, etiketleme, implantasyon
 5. Alan çalışması	 3-7 Mart 2025	 İzleme, implantasyon
 6. Alan Çalışması	 21-25 Aralık 2025	 İzleme, implantasyon

Süreç içerisindeki alan çalışması faaliyetleri özetlenecek olursa:

1. Alan Çalışması

Bölge kıyısız alanları batimetrik ve fiziksel yapısı açısından değerlendirilmiştir. Transplantasyon ve implantasyon alanları belirlenmiştir. Transplantasyon için kullanılacak öbekler tarama faaliyetinden geleceği için bu alanda değerlendirme yapılmamıştır.

2. Alan Çalışması

Alan çalışmasında (22 Ocak 2024 – 30 Ocak 2024) pilot uygulama olarak, yaklaşık 8 hektarlık alanda gerçekleştirilen transplantasyon işlemleri, deniz çayırlarının tabandan alınması, platformda öbekler halinde paketlenmesi ve önceden belirlenen hat boyunca tabana gömülmesi aşamaları ile uygulanmıştır. Pilot uygulamada tabandan alınan kök yapıları irili ufaklı (kök yapısına daha çok zarar vermemek için köklerin en kolay ayrılabilceği noktalardan buketler oluşturulmuştur – bu açıdan buketler standart ölçülere sahip değildir) 58 adet buket haline getirilmiştir. Tabana yerleştirilen buketler dalgıç marifetiyle önceden belirlenen hatlar boyunca yerleştirilmeye çalışılmıştır. Ayrıca, tarama faaliyetlerinden elde edilen numunelerden de buketler oluşturulmuştur. Ancak bu mat/köklü çayır kısımlarının tabandan alınması ekibimizin kontrolü dışında olduğu için bu buketler izleme çalışmasında değerlendirmeye alınmamıştır (142 adet) İlk pilot uygulama yaklaşık 8 hektarlık alanda gerçekleştirilmiştir.



Tabana indirilen *Posidonia oceanica* buketleri (2. Alan çalışması).



**Tabana indirilen *Posidonia oceanica* buketlerinin
dalgıçlar tarafından yerleştirilmesi (2. Alan çalışması).**

3. Alan Çalışması

İzleme faaliyetlerini içeren 3. Alan çalışmasında (09 Mayıs 2024- 11 Mayıs 2024) izleme ve etiketleme faaliyetlerine ağırlık verilmiştir. Bu çalışmada, 2. Alan çalışmasında, bulanıklık ve akıntı yüzünden dalgıçların, belirlenen çizgi üzerinde dikim yapmakta zorlandıkları belirlenmiştir. Elde edilen görüntüler *Posidonia oceanica* buketlerinin tek sıra halinde nakil edilemediği ve yer yer sapmalar olduğu, bazı noktalarda da hava mualefeti ve teknik koşullar nedeniyle bazı buketleri bir arada yerleştirdikleri belirlenmiştir. Ancak pilot uygulamada araştırılması hedeflenerek, dalgıçlardan buketlerin nakli sırasında uyması istenilen derinlik özelliklerinden sapma olmadığı belirlenmiştir.



**Teknik nedenler nedeniyle (akıntı, bulanıklık, iş süresi)
yanyana nakledilen *Posidonia oceanica* buketleri.**



Teknik nedenler nedeniyle (akıntı, bulanıklık, iş süresi) yanyana

nakledilen *Posidonia oceanica* buketleri.

Transplantasyon (nakil) çalışmaları sırasında hava koşullarının bozulmaya yüz tutması nedeni ile çalışmaların hızlandırılması nakil çizgisinin kaymasına neden olmakla birlikte dalgıçların *Posidonia oceanica* buketlerini içine alan doğal malzemeden yapılmış (bitki lifleri – keten) torbaları alanda bırakmak zorunda kalmalarına neden olmuştur. Doğal malzeme olmasına rağmen kötü görüntü oluşturduğu için bir sonraki alan çalışmasında toplanmasının hedeflendiği belirtilmiştir.

İzleme çalışmasında, pilot uygulama olarak oluşturulan ve farklı derinliklere nakli gerçekleştirilen 58 adet büyük *Posidonia oceanica* buketinin koşulların izin verdiği ölçüde gözlemlenmesi hedeflenmiştir. İzleme çalışmalarında 6 buketin yerinden çıktığı/parçalanarak dağıldığı belirlenmiştir. Bu durumun, özellikle bir buket için bir deniz aracı / çapalama- tonozlama) ortaya çıktığı tahmin edilmektedir. Bununla birlikte dalgıç marifeti ile yapılan çalışmalarda dalgıçların buketi istenildiği kadar derin ekmediği de tahmin edilmektedir.



Teknik nedenler nedeniyle (akıntı, bulanıklık, iş süresi) kökü belirlenen

derinliğe yerleştirilemeyen *Posidonia oceanica* buketi.



Nakil çizgisinden sapma göstermeyen *Posidonia oceanica* buketleri.

Pilot uygulamada nakil edilen *Posidonia oceanica* buketlerinin derinlik ve buna bağlı parametrelerden nasıl etkilenecekleri araştırılacak/izlenecektir. Bu açıdan derinlikler kayıt edilmektedir. İlk izleme çalışmasında elde edilen izlenim sığ kısımlara nakil edilen buketlerin ortama daha iyi adapte olduğu, pigmentasyonunu hiçbir şekilde kaybetmediği belirlenmiştir. Bununla birlikte derinlere gidildikçe pigmentasyonun (yeşil yapraklar) kısmen düşük olduğu belirlenmiştir. Ancak aynı derinlikte bulunan doğal deniz çayırlarının da aynı pigmentasyona sahip olduğu (bulanıklık ve ışık geçirgenliğine bağlı pigment seviyesinin değişmesi yaprak yüzeyinin silt ile kaplanması gibi). Ayrıca derinlik/bulanıklık farklılıkları görüntü alan cihazların da kapasitesini/etkinliğini değiştirebilmektedir. Bu açıdan pilot uygulamanın sonuçları zaman içerisinde kesinlik kazanacağı ifade edilmiştir.



Sığ noktalara (5m) nakledilen *Posidonia oceanica* buketi.



Derin noktalara (9- 10 m) nakil edilen *Posidonia oceanica* buketi.

4. Alan Çalışması

Dördüncü alan çalışmasından önce 4-6 Temmuz tarihlerinde Ara Dönem İzleme Çalışması yapılmış ve rehabilitasyon alanı genel olarak taranmıştır. Bu çalışmada 4. Alan çalışmasında yapılması gerekenler belirlenmiş, hazırlıklar yapılmıştır.

Ara dönem izleme çalışmasında geniş alan tarandığı için transplantasyonda kullanılan organik lifli torbaların akıntı ile alana dağıldığı bölgeler tesbit edilmiştir. Dördüncü alan çalışmasında transplantasonu sağlanan buketlerin etrafında bulunan ve aktarma sırasında daha sonra toplanmak üzere kuma sabitlenen organik yapılı (bitki lifleri) buket taşıma torbalarının ortamdaki uzaklaştırılması büyük ölçüde sağlanmıştır. Organik materyalden yapılmış olmalarına ve zaman içerisinde kendiliğinden rejenere olması beklenmesine rağmen, akıntı ile yüzerlilik kazanma olasılığı olduğu için ortamdaki uzaklaştırılması sağlanmıştır.

Dördüncü alan çalışmasında etiketleme ve fotoğraflama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Daha önceki alan çalışmalarında kullanılan etiket sistemi değiştirilmiş, daha pratik ve fotoğraflamaya uygun etiket sistemi uygulaması yapılmıştır.



Yenilenen etiket uygulaması.



Yenilenen etiket uygulaması ve *Posidonia oceanica* buket/öbeklerinin bazıları.

Dördüncü alan çalışması 20 Temmuz 2024 ile 25 Temmuz 2024 arasında gerçekleştirilmiştir. 4. Alan çalışmasında yapılan izleme faaliyetlerinde 3. Alan çalışmalarında belirlenen başarı oranının (%89,66) kalıcı olarak devam ettiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, bölgedeki deniz çayırlarının tabandaki kök – mat yapısının ölçümlerine dayanarak belirlenen derinliğe (30 cm) nakil edilen bütün buketlerin durumunun/gelişiminin bölgede aynı derinlikte bulunan doğal deniz çayırlarına paralel seyrettiği belirlenmiştir. İzleme faaliyetleri Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü (Balıkçılık ve Su Ürünleri Şube Müdürlüğü) yetkilileri denetiminde gerçekleştirilmiştir.



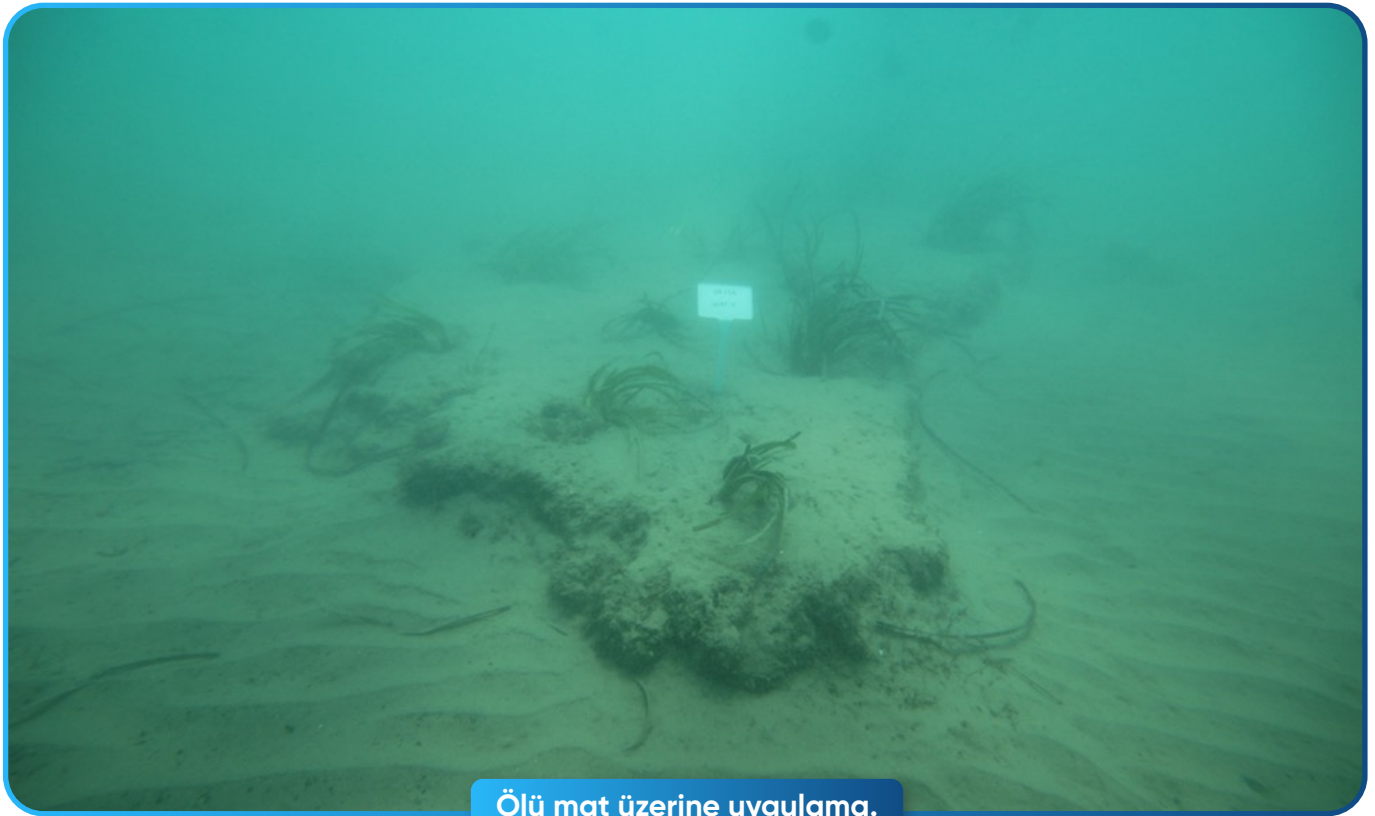
Yetkililerle birlikte yapılan izleme çalışmaları (Transplantasyon ile dikimi gerçekleştirilen matlı öbeklerin izlenmesi).



Yetkililerle birlikte yapılan izleme çalışmaları (Transplantasyon ile dikimi gerçekleştirilen matlı öbeklerin izlenmesi).

Dördüncü alan çalışmasında, çalışma alanına yakın noktada bulunan başka bir tesis için yapılan derinleştirme işlemlerinden elde edilen *Posidonia oceanica* çayırı parçaları (köklü – gövdeli – yapraklı) kullanılarak; proje kapsamında belirlenen ikinci yöntem olan "implantasyon (TDK: İsim, tıp: Doku ekimi)" uygulaması ile rehabilitasyon çalışmaları için bir pilot uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu uygulama için kullanılan *Posidonia oceanica* çayırı parçaları plansız bir şekilde elde edildiği için implantasyon uygulaması için geliştirilmekte olan ekipman kullanılmamıştır. Bu açıdan ilk pilot uygulamanın *Posidonia oceanica* gövdelerini gelişim evresinde sabit tutması için ölü mat üzerinde yapılması uygun görülmüştür.

Pilot implantasyon uygulaması için ölü mat yapısına sahip yaklaşık 30'ar metrekairelik iki küçük alan seçilmiştir. Bu uygulamada amaç proje hedeflerinde belirtilen 2.tip uygulama olan implantasyon çalışmalarının ön hazırlığının gerçekleştirilmesi olup, öbeklere oranla oldukça küçük gövdeli (köklü gövdeli ve yapraklı) ve mat parçası/ materyali içermeyen bitkilerin mat üzerinde sabitlenme kapasitesinin ve mat içermeyen köklü – yapraklı bitkilerin yaşama başarısının incelenmesidir.



Ölü mat üzerine uygulama.



Ölü mat üzerine uygulama (ikinci pilot uygulama alanındaki ölü mat kum hareketleri ile örtülmüştür).



Ölü mat üzerine uygulama (ikinci pilot uygulama alanındaki ölü mat kum hareketleri ile örtülmüştür).

Bu uygulamada belirlenen alanlar ve bitkiler etiketlenmiştir. Plan dahilinde olmamasına rağmen yapılan bu uygulamada kullanılan *Posidonia oceanica* bitki parçaları, çalışma alanına yakın doktada bulunan başka bir tesis içinde yapılan derinleştirme faaliyeti sonucunda elde edilmiştir. Ölü mat üzerine iki noktada yapılan pilot implantasyon uygulaması izleme çalışmaları Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü (Balıkçılık ve Su Ürünleri Şube Müdürlüğü) yetkilileri denetiminde gerçekleştirilmiştir. Uygulama başarısının (bitki parçalarının mata tutunma oranı) 5. İzleme çalışmasında kapsamlı olarak değerlendirileceği belirtilmiştir.



Ölü mat üzerine yapılan pilot implantasyon uygulaması ve yetkililerin katılımıyla yapılan izleme çalışmaları



Ölü mat üzerine yapılan pilot implantasyon uygulaması ve yetkililerin katılımıyla yapılan izleme çalışmaları

Sonuç olarak, dördüncü dönem alan çalışmalarında hedeflenen temizlik, etiketleme ve izleme çalışmaları gerçekleştirilmiş ve proje kapsamında uygulanması hedeflenen implantasyon çalışmaları uygulama detayları için bir de pilot çalışma gerçekleştirilmiştir.

5. Alan Çalışması

Beşinci izleme/alan çalışmaları 3 – 7 Mart 2025'de gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, izleme faaliyetlerine ek olarak implantasyon uygulaması yapılmıştır.

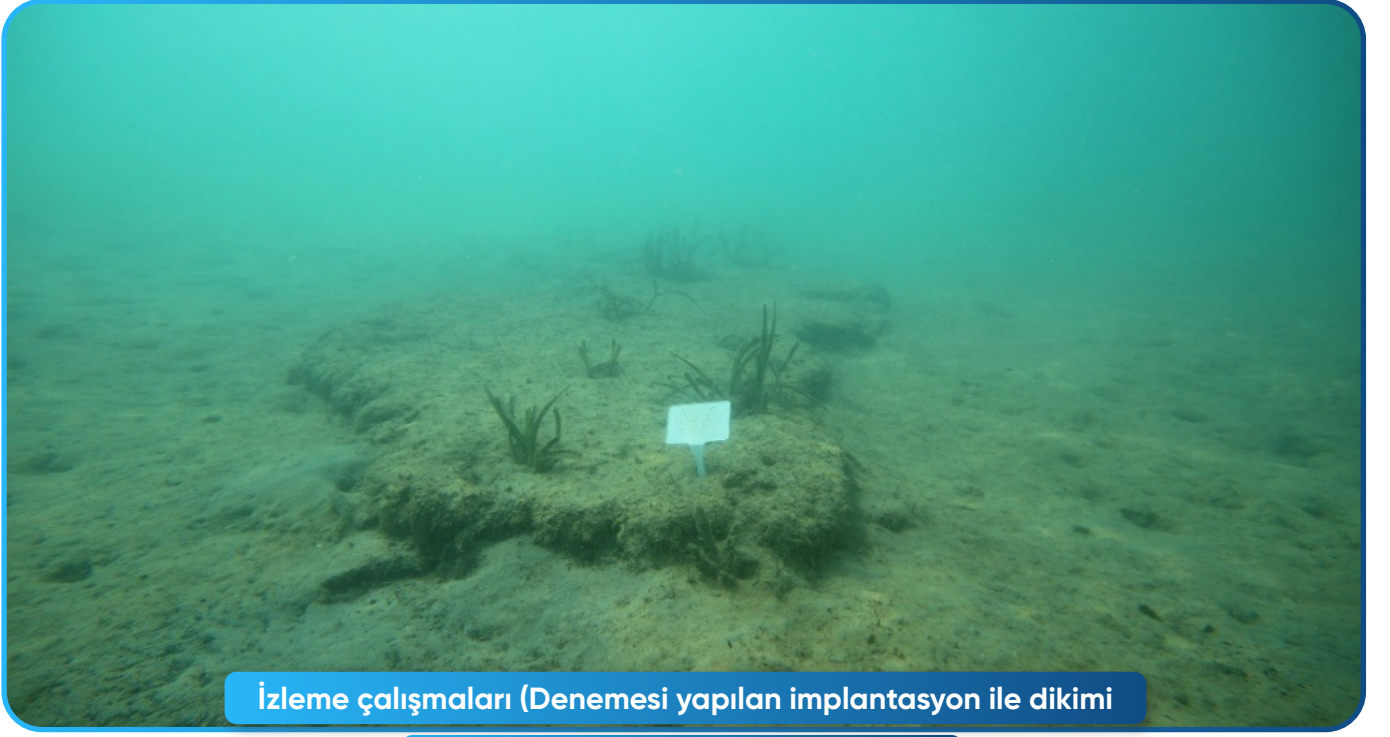
Yapılan ilk gün/ilk alan çalışmasında programa uygun olarak, hava durumunun da elverişli olmasıyla birlikte 2. Alan çalışmasında transplantasyonu yapılan deniz çayırlarının sağlık durumlarının belirlenmesi/ölçümlerinin yapılması ve fotoğraflanması işlemleri gerçekleştirilmiştir.



İzleme çalışmaları (Transplantasyon ile dikimi gerçekleştirilen matlı

öbeklerin izlenmesi).

Beşinci Alan çalışmasının izleme faaliyetleri kapsamında, 4. Alan çalışmasında yaklaşık 2 x 30 metre karelik ölü mat üzerinde gerçekleştirilen pilot uygulama kontrol edilerek fotoğraflanmıştır. Bu uygulama, Proje hedeflerinde belirtilen 2. tip uygulama olan implantasyon (TDK: İsim, tıp: Doku ekimi) çalışmalarının da ön hazırlığının gerçekleştirilmesi olup, öbeklere oranla oldukça küçük gövdeli (köklü ve yapraklı) ve mat parçası/materyali içermeyen bitkilerin mat üzerinde sabitlenme kapasitesinin ve mat içermeyen köklü – yapraklı bitkilerin yaşama başarısının incelenmesidir.



İzleme çalışmaları (Denemesi yapılan implantasyon ile dikimi
gerçekleştirilen fidelerin izlenmesi).



İzleme çalışmaları (Denemesi yapılan implantasyon ile dikimi
gerçekleştirilen fidelerin izlenmesi).



İzleme çalışmaları (Denemesi yapılan implantasyon ile dikimi

gerçekleştirilen fidelerin izlenmesi).

Ölü mat üzerine iki noktada yapılan implantasyon uygulamasının görsel değerlendirmesi uygulamanın genel olarak başarılı olduğunu göstermektedir. Ancak bu izleme döneminde implantlar yeni olduğu için klorofil analizi için örnek numune alınmamıştır.

Ölü mat üzerine yapılan uygulama genel olarak ölü/yarı ölü mat mikrobiyotasının kök gelişimine daha uygun olması ve özellikle köklerin daha sıkı tutunabilmesi (akıntı gibi fiziksel etkilerle yerinden ayrılması) açısından daha uygun olmasıdır. Ancak buna rağmen bazı köklerin yerinden ayrıldığı belirlenmiştir. Oldukça düşük bir oran olmasına rağmen, ölü mat ve/veya normal zemin üzerinde yapılacak uygulamanın "sabitleme" potansiyelini artıracak şekilde olması kararlaştırılmıştır.

05 Mart 2025 tarihinde, proje hedeflerinde belirtilen 2.tip uygulama olan implantasyon (TDK: İsim, tıp: Doku ekimi) çalışmalarına başlanmıştır. İlk aşama olan mat parçası/materyali içermeyen bitkilerin mat üzerinde sabitleme implantasyona uygun deniz çayırlarının uygulama noktasına aktarılacak üzere hazırlanması işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamada, tarama alanlarından alınan, öbeklere oranla oldukça küçük gövdeli (köklü ve yapraklı) implantlar birbirinden ayrı ayrı hazırlanmış ve kök stabilitesinin sağlanması için uygun tekniklerle güçlendirilmiştir ve dikim için hazırlanmıştır.

Stres faktörlerini azaltmak için (sıcaklık, oksijen, ışık) hazırlanan köklerin dışarıda (deniz suyu dolu tanklarda çok uzun süre bekletilmeden gruplar halinde (her grupta yaklaşık 100 kök) dikilmesine karar verilmiştir. Bu uygulama [küçük gövdeli (köklü ve yapraklı) implantların hazırlandıktan sonra gruplar halinde nakledilmesi işlemi] bundan sonraki uygulamalarda aynı şekilde devam ettirilmiştir.



5. Alan/İzleme çalışmasında yapılan implantasyon çalışmaları



5. Alan/İzleme çalışmasında yapılan implantasyon çalışmaları



5. Alan/İzleme çalışmasında yapılan implantasyon çalışmaları

İmplantasyon çalışmalarında 850 fidan tabana yerleştirilmiş, alansal olarak hedeflenen transplantasyon ve implantasyon çalışmalarının yaklaşık %96,88'i gerçekleştirilmiştir.

6. Alan Çalışması

Altıncı izleme/alan çalışmaları 21-25 Aralık 2025'de gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, izleme faaliyetlerine ek olarak implantasyon uygulaması yapılmıştır.

Yapılan ilk gün/ilk alan çalışmasında programa uygun olarak, hava durumunun da elverişli olmasıyla birlikte 2. Alan çalışmasında transplantasyonu yapılan deniz çayırının sağlık durumlarının belirlenmesi/ölçümlerinin yapılması ve fotoğraflanması işlemleri gerçekleştirilmiştir.



6. Alan/İzleme çalışmaları (Transplantasyon ile dikimi

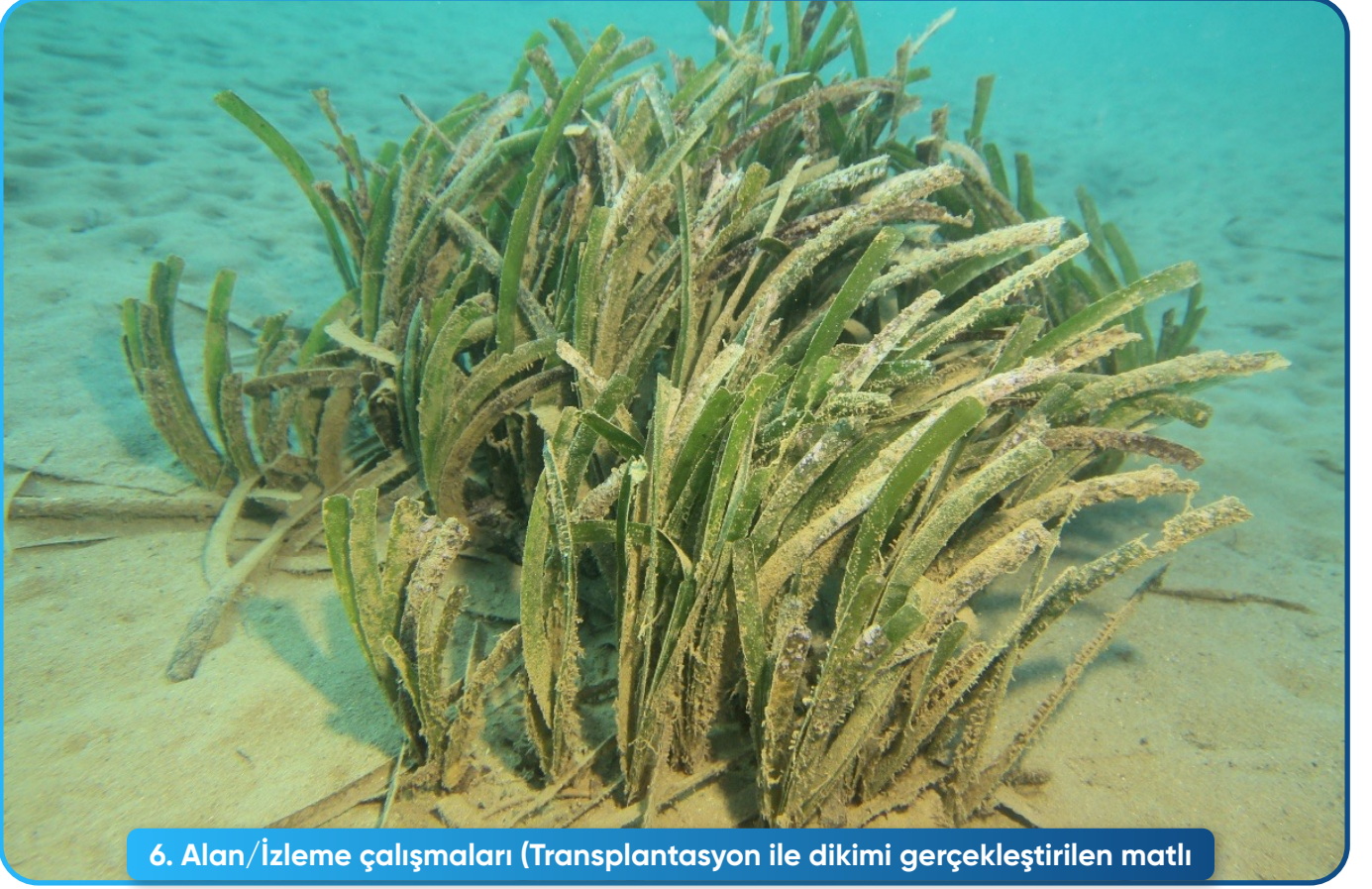
gerçekleştirilen matlı öbeklerin izlenmesi).



6. Alan/İzleme çalışmaları (Transplantasyon ile dikimi gerçekleştirilen matlı öbeklerin izlenmesi).



6. Alan/İzleme çalışmaları (Transplantasyon ile dikimi gerçekleştirilen matlı öbeklerin izlenmesi – yosunlanan etiketlerin değiştirilmesi).



6. Alan/İzleme çalışmaları (Transplantasyon ile dikimi gerçekleştirilen matlı

öbeklerin izlenmesi – yakın çekim, sürgün/yaprak sayımı).

Yapılan ikinci gün alan çalışmasında programa uygun olarak, akıntı ve bulanıklık çok olmasına rağmen, 4. ve 5. Alan çalışmasında implantasyon ile yerleştirilen fidelerinin sağlık durumlarının belirlenmesi/ölçümlerinin yapılması ve fotoğraflanması işlemleri gerçekleştirilmiştir.



6. Alan/İzleme çalışmaları (Pilot implantasyon ile dikimi

gerçekleştirilen fidelerin izlenmesi).



6. Alan/İzleme çalışmaları (Pilot implantasyon ile dikimi gerçekleştirilen fidelerin izlenmesi – yosunlanan etiketlerin değiştirilmesi).



6. Alan/İzleme çalışmaları (Pilot implantasyon ile dikimi gerçekleştirilen fidelerin izlenmesi).



6. Alan/İzleme çalışmaları (Pilot implantasyon ile dikimi gerçekleştirilen fidelerin izlenmesi – yakın çekim, sürgün/yaprak sayımı).



6. Alan/İzleme çalışmaları (İmplantasyon ile normal zemine dikimi gerçekleştirilen fidelerin izlenmesi).



6. Alan/İzleme çalışmaları (İmplantasyon ile normal zemine dikimi

gerçekleştirilen fidelerin izlenmesi).



6. Alan/İzleme çalışmaları (İmplantasyon ile normal zemine dikimi

gerçekleştirilen fidelerin izlenmesi).

Yapılan altıncı alan/izleme çalışmasında ikinci, üçüncü ve dördüncü alan çalışması günlerinde proje hedeflerinde belirtilen 2.tip uygulama olan implantasyon (TDK: İsim, tıp: Doku ekimi) çalışmalarına başlanmıştır. İlk aşama olan mat parçası/materyali içermeyen bitkilerin mat üzerinde sabitlenme implantasyona uygun deniz çayırlarının uygulama noktasına aktarılmak üzere hazırlanması işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamada, tarama alanlarından alınan, öbeklere oranla oldukça küçük gövdeli (köklü ve yapraklı) implantlar birbirinden ayrı ayrı hazırlanmış ve kök stabilitesinin sağlanması için uygun tekniklerle güçlendirilerek dikim için hazırlanmıştır.

Stres faktörlerini azaltmak için (sıcaklık, oksijen, ışık) hazırlanan köklerin dışarıda (deniz suyu dolu tanklarda çok uzun süre bekletilmeden gruplar halinde (her grupta yaklaşık 100 kök) dikilmesine karar verilmiştir. Bu uygulama [küçük gövdeli (köklü ve yapraklı) implantların hazırlandıktan sonra gruplar halinde nakledilmesi işlemi] bütün alan çalışmalarında aynı şekilde devam ettirilmiştir.



6. Alan/İzleme çalışmasında yapılan implantasyon çalışmaları



6. Alan/İzleme çalışmasında yapılan implantasyon çalışmaları

Altıncı izleme/alan çalışmaları 21 – 25 Aralık 2025'de gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, izleme faaliyetlerine ek olarak implantasyon uygulaması yapılmıştır. 450 fidan tabana yerleştirilmiş, hedeflenenden yaklaşık 15,5 % daha geniş bir alanı kapsayacak şekilde transplantasyon ve implantasyon çalışmaları bitirilmiştir.

● 4.2 – Büyüme (Biyolojik İzleme)

Farkındalığın artmasıyla birlikte, Akdeniz çapında doğal ve rehabilite/restore edilen *Posidonia oceanica* çayırlarının/habitatlarının biyolojik izlemesi çalışmaları 1980'lerden beri yapılmaktadır. İzleme çalışmaları çayırların yayılımı gibi geniş coğrafi bölgeleri kaplayabildiği gibi, hücresel/metabolizma düzeyinde de olabilmektedir. Bu çalışmalara raporun genel bilgiler kısmında yer verilmiş olup, son dönem çalışmalar Tablo 4'de genel olarak özetlenmiştir.

Tablo 4. Doğal ve Rehabilite/Restore Edilen *Posidonia oceanica* Çayırlarının/Habitatlarının Biyolojik İzleme Çalışmalarında Değerlendirilen Parametreler

 Parametre Kategorisi	 Özel Parametreler	 Açıklama-Kullanım	 Kaynaklar
 Yapısal	Sürgün yoğunluğu, yama büyüklüğü, yama sayısı, toplam örtü, hayatta kalma oranı, biyokütle	Çayır yapısını, bitki hayatta kalma oranını ve genişlemeyi değerlendirmek	(Zenone vd., 2025; Mancini vd., 2022; Mancini vd., 2021; Bacci vd., 2024; Mancini vd., 2024; De Luca (Mancini vd., 2021; Bacci vd., 2024; Mancini vd., 2024; Pansini vd., 2024; Calvo vd., 2021)
 Fonksiyonel	Günlük Yaprak Üretimi (DLP), yaprak büyüme oranı, dallanma oranı, primer üretim	Bitki verimliliğini ve iyileşme dinamiklerini ölçmek	(Boullenger vd., 2024; Pansini vd., 2024)
 Morfolojik	Yaprak uzunluğu, yaprak sayısı, yaprak yüzey alanı, rizom uzunluğu	Bitki sağlığı ve adaptasyonunu değerlendirmek	(Boullenger vd., 2024; Pansini vd., 2024)
 Fizyolojik	Fotosentez aktivitesi, pigment içeriği (klorofil, karotenoidler), karbonhidrat içeriği	Bitkinin fizyolojik durumunu ve stres tepkisini değerlendirmek	(Boullenger vd., 2024; Robello vd., 2024)
 Substrat/Çevresel	Substrat türü (ölü mat. kum, kaya), sediment özellikleri, hidrodinamik koşullar, deniz tabanı eğimi	Alan uygunluğunu ve çevresel faktörlerin restorasyon başarısına etkisini değerlendirmek	(Zenone vd., 2025; Mancini vd., 2022; Castejón-Silvo ve Terrados, 2021; Escandell-Westcott vd., 2023; Zenone vd., 2023)
 Mekansal/Haritalama	Yüksek çözünürlüklü fotomozaiklar, yama haritalama, örtü yüzdesi, mekansal dinamikler	Mekansal değişimleri ve çayır genişlemesini takip etmek	(Mancini vd., 2022; Pirrotta vd., 2014; Chimienti vd., 2023; Mancini vd., 2023)
 Genetik	Genetik çeşitlilik, donör materyalinin kökeni	Uzun vadeli dayanıklılık ve adaptasyonu değerlendirmek	(Bacci vd., 2024)
 Diğer	Sabitleme araçlarının performansı, mat bütünlüğü, kesimlerin kopması/ölüm oranları	Transplantasyon ve restorasyonun teknik yönlerini değerlendirmek	(Mancini vd., 2021; Alagna vd., 2019; Chimienti vd., 2023; Bedini vd., 2020)

Ancak, bu çalışmalarda da değinildiği gibi, oldukça yavaş büyüyen *Posidonia oceanica*'nın biyolojik başarısının izlenmesi zaman almaktadır. İzleme, öncelikle transplant/implantların stabilizasyonun ve sağlık durumunun kontrolü (ilk 0 – 6 ay), sonra fizyolojik/metabolik başarının izlenmesi (1. yıldan sonra) ve büyüme ve gelişmenin izlenmesi (1,5 – 2. yıldan sonra) şeklinde olmaktadır. Bu açıdan bütün parametrelerin izlemesi aynı anda başlayamamakta ve implant/transplantın bölge bağlı gelişim parametreleri (ölçülebilir büyüme değerleri) kesin olarak 10. Yıldan sonra belirlenebilmektedir. Sonuç olarak, 18 – 24 aylık süreçten sonra biyolojik uyum (adaptasyon) tespit edilerek transplantasyon/implantasyon çalışmasının başarısı belirlenebilmekte ancak bölgeye bağlı büyüme/gelişme değerleri uzun vadede elde edilebilmektedir. Büyüme/gelişmenin uzun vadede izlenebilmesinin çok farklı sebepleri vardır. Bunlar, genetik olduğu gibi çevresel faktörler ve organizmanın bu parametrelerin etkisi altında geliştirdiği adaptasyon sürecine bağlıdır.

Bu açıdan Proje kapsamında sürdürülen biyolojik izleme aşamaları da uygulama, zaman ve mekan ilişkileri dikkate alınarak oluşturulmuştur. Hemen hemen aynı parametreler değerlendirilmekle birlikte, zamanlamanın farklı olması nedeni ile transplantasyon ve implantasyon çalışmaları izleme tabloları ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Transplantasyon Uygulaması Biyolojik İzleme

Transplantasyon, Satihtan alınan mekanik destek ile *Posidonia oceanica* kök öbeklerinin belirlenen uygun bölgelere aktarılması çalışması 8 hektarlık alanda gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık öbek sayısı 200 olup (bu kök öbeklerinin %75'i yandaki tesislerde yapılan tarama faaliyetlerinden elde edilmiştir. Tarama faaliyetlerinden elde edilen buketlerin söküm işlemleri sırasında kontrol ekip tarafından sağlanmadığı için izleme kapsamı dışında tutulmuştur), bu amaç doğrultusunda yapılan genel izleme çalışmalarında 58 buket görsel kontrol ve fotoğraflama ile, 10 buket ise ileri tekniklerle (klorofil analizi) izlenmektedir.

Genel başarının değerlendirilmesi için seçilen 58 buketten, dikim çalışmasında yapılan hatalar nedeni ile (dalgıçların buketleri gereken derinliğe yerleştirememesi) 6 buketin yerinden çıkarak kısmen dağıldığı belirlenmiştir. Dağılan köklerden bazıları istenilen şekilde büyümese de kısmen gelişimine devam ettiği de belirlenmiştir.



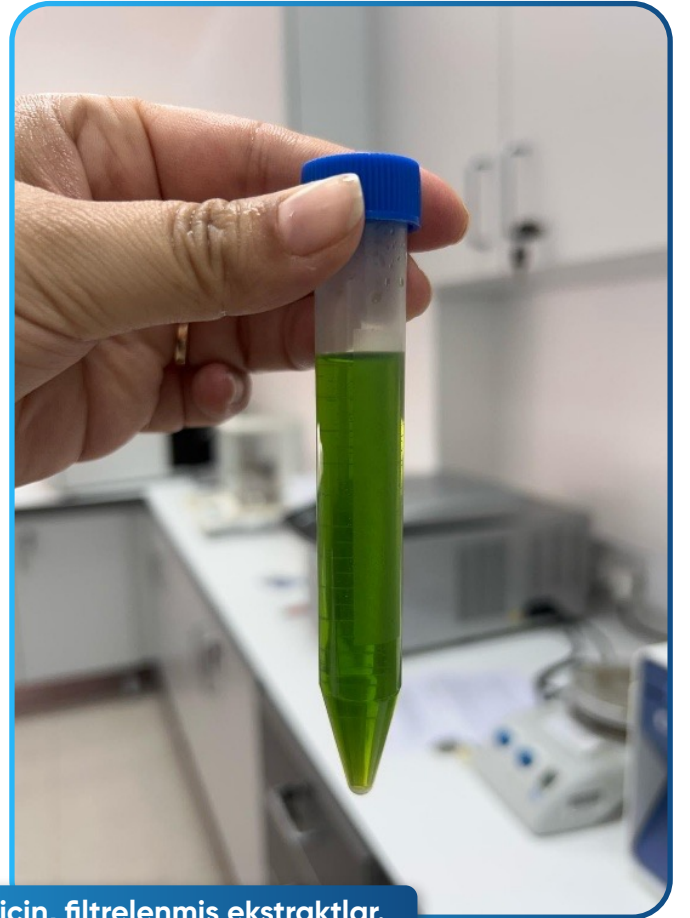
Hedeflenen şekilde tabana yerleştirilemeyen buketlerdeki gelişme

İzleme kapsamında kontrolleri yapılıyor olsa da, bu buketler "başarısız" olarak değerlendirilmiş ve genel olarak transplantasyon uygulamasının (mat yapısı ile birlikte yerinden alınarak yerleştirilen kök/rizom ve yaprak parçalarına sahip öbekler) %89,66 oranında başarılı olduğu ve bu oranın Aralık 2025'de kalıcı olarak devam ettiği belirlenmiştir. Ayrıca bu kökler ileri biyolojik izleme çalışmalarında dikkate alınmamıştır.

İleri izleme çalışmaları öncelikli olarak klorofil analizleri ile başlatılmış büyüme evrelerine göre diğer parametreler de değerlendirilmiştir. Klorofil analizi, alan çalışmasında alınan yaprakların dondurulduktan sonra DAÜ laboratuvarlarına taşınması ve analizi ile yapılmıştır. Spektrofotometrik ölçümler için, filtrelenmiş ekstrakt spektrofotometre kuvvetlerine yerleştirilir ve klorofil a için 663 nm, klorofil b için 645 nm, isteğe bağlı olarak karotenoid için ise 470 nm dalga boylarında ölçümler yapılır. Klorofil miktarları, Arnon (1949) tarafından belirtilen formüller ile hesaplanır.

Klorofil analizi protokolü, *Posidonia oceanica* yapraklarından %80 aseton kullanılarak klorofil ekstraksiyonu ve spektrofotometrik analizine yönelik hazırlanmıştır. Gerekli malzemeler arasında *Posidonia* yaprakları, %100 aseton, saf su (distile veya deiyonize), havan ve pistil veya homogenizer, santrifüj tüpleri, filtre kağıdı (örneğin Whatman No.1), spektrofotometre, küvetler, pipet ve uçlar, tercihen buzlu su banyosu bulunur. %80'lik aseton çözeltisi hazırlamak için 80 mL %100 aseton ve 20 mL saf su karıştırılır ve serin, kapalı bir ortamda saklanır.

Ekstraksiyon işlemine başlarken, yaklaşık 0.1–0.5 g yaprak dokusu ince ince doğranır; eğer yapraklar kurutulmuşsa iyice öğütülür. Ardından, yapraklar 5–10 mL %80 aseton ile havanda ezilerek homojenize edilir ve bu işlem buz üzerinde gerçekleştirilir. Homojenize edilmiş karışım, ışığa maruz kalmayacak şekilde alüminyum folyo ile sarılarak karanlıkta 15–30 dakika bekletilir. Daha sonra, karışım 4°C'de 10.000 rpm hızda 10 dakika santrifüjlenir ve üstteki süpernatant dikkatlice alınır; süpernatant filtre kağıdından geçirilerek partiküllerden arındırılır.



Spektrofotometrik ölçümler için, filtrelenmiş ekstraktlar.

İzleme çalışmalarında elde edilen gözlemler, değerlendirmeler ve alınan numunelerle oluşturulan transplantasyon izleme değerleri Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. Transplantasyon İzleme Tablosu

İzleme Parametresi	TR 1	TR 2	TR 3	TR 4	TR 5	TR 6	TR 7	TR 8	TR 9	TR 10	Kontrol 1	Kontrol 2
Transplantasyon tarihi	Ocak 24	Ocak 24	Ocak 24	Ocak 24	Ocak 24	Ocak 24	Ocak 24	Ocak 24	Ocak 24	Ocak 24	N/A	N/A
3. Alan/İzleme Çalışması (8-12 Mayıs 2024)												
Matkük stabilitesi	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil
Pigmentasyonu kaybetmiş yaprak sayısı	3	4	6	1	3	4	5	2	1	-	2	1
Yeni Sürgün Sayısı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Epifit Gözlemi	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yoğun	Yoğun
Klorofil Ölçümü	Gelişme/tutunma aşamasında olan bitkilerden örneklem amaçlı ile numune alınmamıştır											
Gözlemsel Not												
4. Alan/İzleme Çalışması (20-23 Temmuz 2024)												
Matkük stabilitesi	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil
Pigmentasyonu kaybetmiş yaprak sayısı	1	-	-	1	3	-	2	-	1	-	1	-
Yeni Sürgün Sayısı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Epifit Gözlemi	Orta	Orta	-	Yüksek	Orta	-	Orta	Yüksek	-	Orta	Yüksek	Orta
Klorofil-a (µg/mL)	26.74	26.55	26.76	27.12	27.36	27.65	27.59	26.99	-	26.48	27.49	27.38
Klorofil-b (µg/mL)	12.45	12.52	12.41	12.66	12.88	12.45	12.78	13.12	12.35	12.44	12.17	12.18
Toplam Klorofil (µg/mL)	39.19	39.07	39.17	39.78	40.34	40.1	40.37	40.11	39.56	38.92	39.66	39.56
Gözlemsel Not												
5. Alan/İzleme Çalışması (03-07 Mart 2025)												
Matkük stabilitesi	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil
Pigmentasyonu kaybetmiş yaprak sayısı	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
Yeni Sürgün Sayısı	6	5	5	3	-	4	1	3	-	-	1	2
Epifit Gözlemi	Yüksek	Orta	Yüksek	Orta	Orta	Yüksek	Yüksek	Orta	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Orta
Klorofil-a (µg/mL)	27.89	26.92	28.41	27.62	26.55	25.41	29.38	26.33	26.98	26.78	27.53	27.21
Klorofil-b (µg/mL)	12.12	12.52	12.11	12.58	12.91	12.19	12.35	12.13	12.25	12.32	12.15	12.18
Toplam Klorofil (µg/mL)	40.01	39.44	40.52	40.2	39.46	37.6	41.73	38.46	39.23	39.1	39.68	39.39
Gözlemsel Not												
6. Alan/İzleme Çalışması (21-25 Aralık 2025)												
Matkük stabilitesi	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil
Pigmentasyonu kaybetmiş yaprak sayısı	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
Yeni Sürgün Sayısı	6	6	5	4	1	3	2	4	2	-	2	2
Epifit Gözlemi	Orta	Yüksek	Yüksek	Orta	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Orta	Yüksek	Orta	Orta	Yüksek
Klorofil-a (µg/mL)	28.41	25.44	28.66	27.5	27.42	26.04	28.95	27.14	27.23	27.02	27.66	27.31
Klorofil-b (µg/mL)	12.09	12.52	12.31	12.11	12.69	12.11	12.34	12.21	12.26	12.29	12.34	12.15
Toplam Klorofil (µg/mL)	40.5	37.96	40.97	39.61	40.11	38.15	41.29	39.35	39.49	39.31	39.67	39.67
Gözlemsel Not												

Yapılan genel değerlendirme, biyolojik izleme altına alınan buketlerin kontrol grubu (doğal çayırlar) ile paralel bir metabolizmaya sahip olduğu belirlenmiştir. Bu değerlendirme genellikle klorofil a/klorofil b oranına göre yapılmaktadır. *Posidonia oceanica*'da klorofil a/b oranı, bitkinin fizyolojik durumunu ve çevresel koşullara verdiği yanıtı gösteren önemli bir biyobelirteçtir. Özellikle ışık koşullarındaki değişimlere karşı bitkinin adaptasyon süreçlerini yansıtan bu oran, bitkinin maruz kaldığı stres düzeyini belirlemede yaygın olarak kullanılmaktadır. Sağlıklı *Posidonia oceanica* yapraklarında klorofil a/b oranı genellikle 2,0 ile 3,5 arasında değişmekle birlikte, ışık miktarının azalması veya yaprakların epifitlerle kaplanarak gölgelenmesi durumlarında klorofil b miktarının göreceli olarak artması nedeniyle bu oranın düştüğü gözlenmektedir. Bu durum, bitkinin fotosistem antenlerini büyütürken düşük ışık koşullarına uyum sağlamaya çalıştığını göstermektedir. Benzer şekilde, derin ve sığ sulardaki *Posidonia* yaprakları arasında farklı klorofil a/b oranları rapor edilmiş olup, bu durum ışık koşullarına bağlı olarak bitkinin fotosentetik sisteminde meydana gelen fizyolojik adaptasyonları ortaya koymaktadır. Bu nedenle klorofil a/b oranı, *Posidonia oceanica*'nın çevresel değişimlere yanıtını anlamak, stres koşullarını tanımlamak ve deniz çayırlarının genel sağlık durumunu izlemek için değerli bir parametre olarak kullanılmaktadır (Costa vd., 2015; Procaccini vd., 2017).

İmplantasyon Uygulaması Biyolojik İzleme

İmplantasyon çalışmaları 4. Alan çalışmasında küçük bir alanda ölü mat üzerine yapılan pilot uygulama/deneme ile başlamıştır. Bununla birlikte 5. Alan çalışmasından itibaren ölü mat içermeyen zemin üzerinde de implantasyon çalışmaları başlatılmıştır. Ölü mat ve normal zemin üzerinde yapılan implantasyon izleme çalışmalarının sonuçları ayrı tablolar halinde sunulmuştur (Tablo 6 ve Tablo 7).

Ölü mat üzerinde yapılan implantasyon çalışmalarında, tarama faaliyetlerinden elde edilen fidelerin yaklaşık 2 x 30 metre karelik ölü mat üzerine, kök/gövde sistemi üzerinde herhangi bir uygulama yapılmadan, doğrudan yerleştirilmesiyle yapılmıştır.

Ölü mat üzerine yerleştirilen fide sayısı 30 adet olup, 5. Alan çalışmasında bunların 7, 6. Alan çalışmasında ise 8 adedinin fiziksel koşullar nedeni ile söküldüğü/kaybolduğu belirlenmiştir. 5. Alan çalışmasında ölü matın yapısı gereği (taban üzerinde bulunan ölü mat yapısının zamanla aşındığı ve taban seviyesine inme eğiliminde olduğu) ve devamlı suretle erozyona uğradığı ve özellikle ölü mat yapısının çeperlerine denk gelen fidelerin tutunma yüzeyini kaybettiği belirlenmiştir. Ayrıca, 6. Alan çalışmasında, sadece ölü mat yapısının erozyona açık olan özelliği nedeni ile değil, alanda yapılan tarama faaliyetlerinin implantasyon yapılan bölgede taban morfolojisini devamlı suretle değiştirdiği, tabandaki kumun tarama yapılan bölgeye doğru kaydığı, boşalan bölgelere de sahildeki kumun kaydığı belirlenmiştir (Bu durum sahil erozyonuna da sebep olmaktadır). Bu açıdan, pilot uygulama olarak gerçekleştirilen ölü mat üzerine yapılan implantasyon başarısı toplam fide sayısı dikkate alındığında 50% olarak gerçekleşmiştir. Sökülen/kaybolan fidelerin 2 tanesi de biyolojik (detaylı) izleme yapılan fidelerdir.

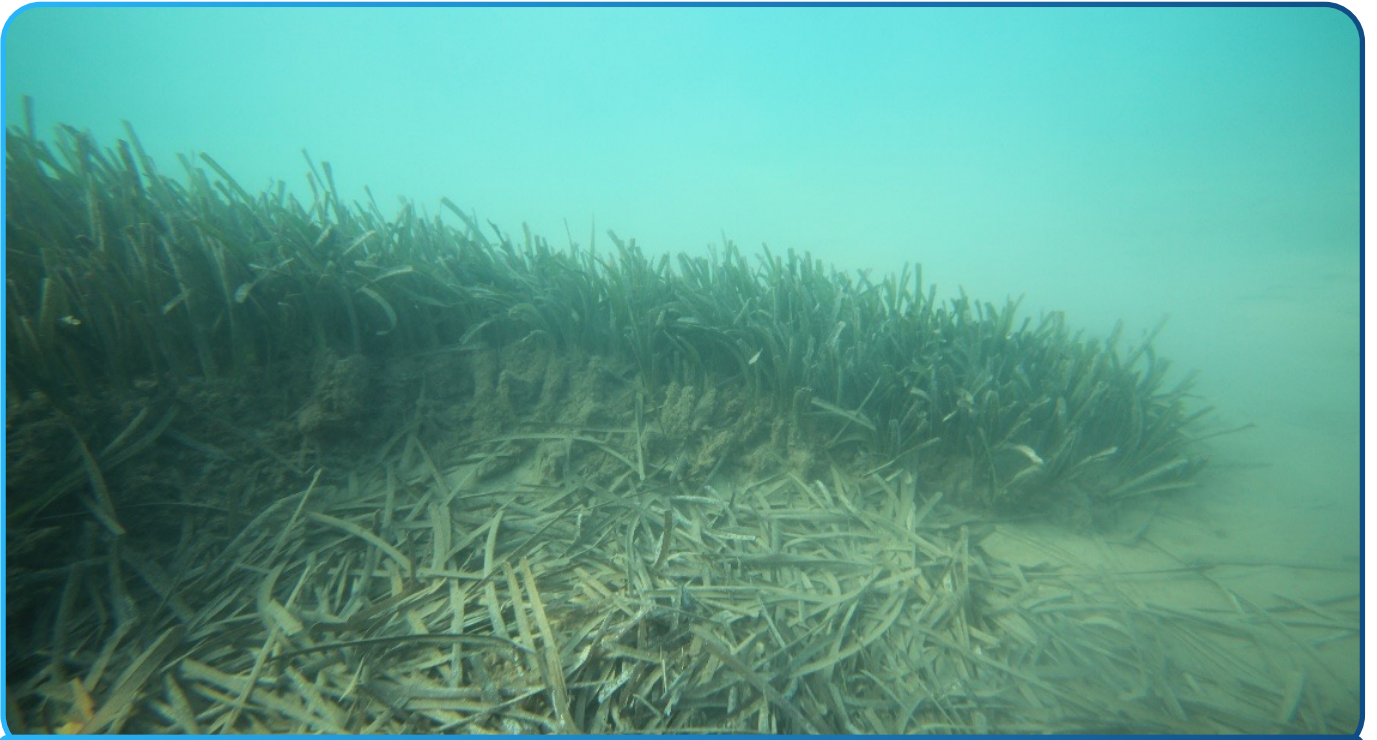
5. Alan çalışmasında, fidelerin 10 adedinde izleme çalışması başlatılmıştır. 6. Alan çalışmasında bu fidelerin 2 tanesi bulunamamıştır. 6. Alan çalışmasında, biyolojik izleme yapılan fidelerden klorofil analizi için örnek alınmıştır. Yapılan analizlerin metodolojisi transplantasyon izleme çalışması ile aynı şekilde uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde fidelerin canlılığını başarılı bir şekilde koruduğu ancak transplantasyondan biraz farklı olarak klorofil b seviyelerinin biraz daha yüksek olduğu ve klorofil a/klorofil b oranının klorofil b yönünde çok az da olsa arttığı belirlenmiştir. Bu durumun implantasyon ile yer değiştirmesinin fideler üzerinde fizyolojik stres oluşturduğunu işaret etmektedir. Bununla beraber klorofil a/klorofil b oranı sağlıklı *Posidonia oceanica* yapraklarında görülen 2,0 ile 3,5 aralığında olup, sağlıklı bir şekilde yaşamsal faaliyetlerini yerine getirdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak ölü mat üzerinde yapılan uygulamanın, fideler erozyon veya diğer nedenlerle sökülmediği/gömülmediği sürece başarılı olduğu belirlenmiştir. Gerçekleştirilen İzleme çalışması sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Ölü Mat Üzerinde İmplantasyon İzleme Tablosu

Pilot implantasyon (ölü mat) fide ID	IMP 1	IMP 2	IMP 3	IMP 4	IMP 5	IMP 6	IMP 7	IMP 8	IMP 9	IMP 10
İmplantasyon tarihi	Temmuz 24	Temmuz 24	Temmuz 24	Temmuz 24	Temmuz 24	Temmuz 24	Temmuz 24	Temmuz 24	Temmuz 24	Temmuz 24
5. Alan/İzleme Çalışması (03-07 Mart 2025)										
Mat/kök stabilitesi	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil
Pigmentasyonunu kaybetmiş yaprak sayısı	1	2	-	1	2	1	1	2	1	-
Yeni sürgün sayısı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Epifit gözlemi	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Orta	Yüksek	Yüksek	Orta	Yüksek	Yüksek
Klorofil ölçümü	Gelişim/tutunma aşamasında olan bitkilerden örneklemeye amacı ile numune alınmamıştır.									
Gözlemsel not										
6. Alan/İzleme Çalışması (21-25 Aralık 2025)										
Mat/kök stabilitesi	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	-	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil
Pigmentasyonunu kaybetmiş yaprak sayısı	2	2	-	2	1	-	1	2	-	-
Yeni sürgün sayısı	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Epifit gözlemi	Orta	Orta	-	Orta	Yüksek	-	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Orta
Klorofil-a (µg/mL)	27.12	24.22	-	26.33	26.14	-	27.42	26.59	25.32	25.61
Klorofil-b (µg/mL)	13.14	13.16	-	13.56	13.85	-	14.16	12.45	12.58	12.11
Toplam klorofil (µg/mL)	40.26	37.38	-	39.89	39.99	-	41.58	39.04	37.9	37.72
Gözlemsel not			Erozyon etkili	Erozyon etkili	Erozyon etkili	Erozyon etkili	Erozyon etkili	Erozyon etkili	Erozyon etkili	Erozyon etkili

Beşinci ve altıncı alan/izleme çalışmalarında normal (ölü mat içermeyen) zemin üzerine yapılması planlanan implantasyon çalışmaları altıncı alan çalışmasında tamamlanmıştır. Pilot uygulamada elde edilen deneyim ile implante edilecek fidelerin sabitlenmesinin önemi belirlenmiş, 5. ve 6. Alan/İzleme çalışmalarında gerçekleştirilen implantasyon uygulamasında kök/fidelerin sabit kalmasını sağlayacak uygulamalar yapılmıştır. Bu uygulamada elde edilen fidelerin kök kısımlarına 30 – 50 gramlık metal ağırlıklar sabitlenmiştir. 6. Alan çalışmasında ağırlık uygulaması yapılan fidelerin erozyon ile örtülmeyen/kaybolmayanların hepsinin sabit kaldığı ve yaşamsal özelliklerini tam olarak sürdürdüğü belirlenmiştir.

Bununla birlikte büyük ölçüde tarama faaliyetlerinden kaynaklandığı tahmin edilen erozyon ve kum hareketinin implantasyon ile yerleştirilen fidelerin yaklaşık 30%'unu örttüğü/parçaladığı/aşındırdığı belirlenmiştir. Çalışma alanında şamandıralama/etiketleme için kullanılan aparatlarla yapılan kum hareketi belirleme çalışmasında, başta tarama yapılan bölge yakınlarında olmak üzere, implantasyon bölgesinde genel olarak 2 – 25 cm arası seviye farklılığı (gövde/kök – kum) olduğu belirlenmiştir. Tarama faaliyetlerinin kum hareketi üzerindeki etkisi ile birlikte implantasyondan sonra meydana gelen fırtınanın da tarama faaliyeti ile ortaya çıkan boşluğu doldurma etkisini artırdığı tahmin edilmiştir. Tek başına büyük fırtınaların kum hareketleri ve *Posidonia* üzerindeki etkisi literatürde gösterilmiştir. Büyük fırtınaların ve kum hareketleri nedeni ile ortaya çıkan yığılmanın kum – kök seviyesinde oluşturacağı 4-5 cm'lik farkın sağlıklı çayırarda bile 100% tahribata sebep olduğu gösterilmiştir (Gera ve ark., 2014). Aşırı fırtınalar çayıruları hızla aşındırabilir veya gömebilir. Yaklaşık 4-5 cm'yi aşan gömülme, %100 sürgün mortalitesine neden olmakta ve 4 yıl boyunca herhangi bir iyileşme gözlenmemektedir; sık alanlar bu durumdan özellikle daha fazla etkilenmektedir (Gera ve ark., 2014). Tek bir fırtına, gömülme ve kökünden sökölme yoluyla canlı örtünün yaklaşık %50'sinin kaybına neden olmuştur (Oprandi ve ark., 2020); başka bir fırtına ise çayırardan 40 cm'ye kadar sedimenti uzaklaştırarak matın açığa çıkmasına ve geniş döküntü alanlarının oluşmasına yol açmıştır (Marco-Méndez ve ark., 2023). 7 cm'lik gömülme bile bu tür için hayatta kalma sınırlarına yaklaşmaktadır (Marco-Méndez ve ark., 2023; Gera ve ark., 2014). Sayısal ve arazi modellemeleri, erozyon/gömülme desenlerinin hidrodinamik maruziyet ve sediment akıları ile ilişkili olduğunu göstermekte; *Posidonia*'nın gerileme başlamadan önce yalnızca sınırlı düzeyde gömülme/erozyona dayanabildiğini ortaya koymaktadır (Bonamano ve ark., 2021; Vacchi ve ark., 2017; Tursi ve ark., 2022). Çayırar bir kez aşındığında veya gömüldüğünde, yeniden kolonizasyon son derece yavaştır ve büyük ölçüde kararsız, konsolide olmamış substratlarla sınırlanır; bozulmuş kumlar, başarılı transplantasyonu veya doğal toparlanmayı genellikle engeller (Castejón Silvo & Terrados, 2021; Boulenger ve ark., 2025; Pansini ve ark., 2022; Tursi ve ark., 2022). Matın kaybı ayrıca depolanmış karbonun ve ince sedimanların yeniden mobilize olmasına yol açarak su kalitesini bozar ve deniz tabanını daha da istikrarsız hale getirir (Falco ve ark., 2000; Boudouresque ve ark., 2016; López-Merino ve ark., 2017). Bu nedenle, bozulmamış ve süreklilik gösteren çayırarın ve bunlara ait ölü matın korunması, erozyon-çayır kaybı-daha fazla erozyon döngüsünü kırmak açısından kritik öneme sahiptir. *Posidonia oceanica* çayırar, deniz tabanı erozyonunu azaltan ve sedimanları stabilize eden doğal bir kıyı savunma sistemi işlevi görür. Deniz tabanı erozyonu ve gömülme, türün tolerans sınırlarını aştığında, fırtınalar veya insan faaliyetleri hızlı ve çoğu zaman uzun süreli çayır kayıplarına yol açabilir (Oprandi ve ark., 2020; Marco-Méndez ve ark., 2023; Pansini ve ark., 2022; Vu ve ark., 2017; Tursi ve ark., 2022).



Erozyon/kum hareketleri ile taban morfolojisinin değişmesinin *Posidonia oceanica* üzerindeki etkisi (Matın erozyona uğraması ve köklerin ortaya çıkması ve aşınma).

Bununla beraber, beşinci alan/izleme çalışmasında gerçekleştirilen implantasyonun başarısı geriye kalan 7 fide ile biyolojik (detaylı) izlemeye tabi tutulmuştur.

Tablo 7. Taban Üzerinde Yapılan İmplantasyon Çalışmaları İzleme Tablosu

İmplantasyon fide ID	IMP 11	IMP 12	IMP 13	IMP 14	IMP 15	IMP 16	IMP 17	IMP 18	IMP 19	IMP 20
İmplantasyon tarihi	Mart 25	Mart 25	Mart 25	Mart 25	Mart 25	Mart 25	Mart 25	Mart 25	Mart 25	Mart 25
6. Alan/İzleme Çalışması (21 - 25 Aralık 2025)										
Mat/kök stabilitesi (%)	90	95	80	60	85	90	90	80	95	90
Pigmentasyonunu kaybetmiş yaprak sayısı (adet)	1	0	0	0	1	4	2	1	0	1
Yeni Sürgün Sayısı (adet)	3	4	5	2	1	3	1	5	2	1
Epifit Gözlemi	Yok	Yok	Yok	Yok	Hafif	Orta	Hafif	Yok	Yok	Yok
Klorofil a (µg/L)	2,1	2,3	1,8	1,4	1,7	1,9	2,0	1,6	2,2	1,8
Klorofil b (µg/L)	1,1	1,2	0,9	0,7	0,8	1,0	1,0	0,8	1,1	0,9
Toplam Klorofil (µg/L)	3,2	3,5	2,7	2,1	2,5	2,9	3,0	2,4	3,3	2,7
Gözlemsel Not	Erozyon yok	Erozyon yok	Hafif erozyon	Orta erozyon	Hafif erozyon	Orta erozyon	Hafif erozyon	Hafif erozyon	Erozyon yok	Hafif erozyon

İmplantasyon başarısını ölçmek üzere biyolojik izleme yapılan fidelerden klorofil analizi için örnek alınmıştır. Yapılan analizlerin metodolojisi transplantasyon ve pilot implantasyon (ölü mat üzerine uygulanan) izleme çalışması ile aynı şekilde uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde fidelerin canlılığını başarılı bir şekilde koruduğu ancak ölü mat üzerine yapılan uygulamada olduğu gibi, transplantasyondan biraz farklı olarak klorofil b seviyelerinin biraz daha yüksek olduğu ve klorofil a/klorofil b oranının klorofil b yönünde çok az da olsa arttığı belirlenmiştir. Bu durumun implantasyon ile yer değiştirmesinin fideler üzerinde daha çok fizyolojik stres oluşturduğunu işaret etmektedir. Bununla beraber klorofil a/klorofil b oranı sağlıklı *Posidonia oceanica* yapraklarında görülen 2,0 ile 3,5 aralığında olup, sağlıklı bir şekilde yaşamsal faaliyetlerini yerine getirdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, zemin (kum – çamur) üzerinde yapılan uygulamanın, fideler erozyon veya diğer nedenlerle sökülmediği/gömülmediği sürece başarılı olduğu belirlenmiştir. Gerçekleştirilen İzleme çalışması sonuçları Tablo 7’de verilmiştir.

— Sonuç

Yapılan literatür çalışmaları ve uluslararası uzmanlarla yapılan görüşmelere dayanarak, proje kapsamında uygulanan birinci yöntem olan transplantasyon ile *Posidonia oceanica* bitki dikimi çalışmalarında başarı oranı oldukça yüksek bulunmuştur. Tabana yerleştirilen köklü öbeklerin hedeflenen şekilde yerleştirilenlerin hepsi kontrol grubu ile hemen hemen aynı fizyolojik izleme parametre değerlerine sahiptir. İmplantasyon çalışmaları daha sonra başlamış olup izleme çalışmaları devam etmektedir. Ancak tabana tutunmuş, tarama faaliyetleri ve erozyon ile örtülmemiş/kaybolmamış fidelerin de biyolojik analiz sonuçları olumludur.

Proje kapsamında, *Posidonia oceanica* transplantasyonu ve implantasyonu için kullanılmak üzere yenilikçi enstrümanlar geliştirme çalışmaları başarı ile sürdürülmüştür.

Kasım 2023’de bölgede gerçekleştirilen ilk alan çalışmasında, bütün bileşenleri ile rehabilitasyon programının başlatılmasından önce deniz çayırının güncel durumu ile transplantasyon ve implantasyon yapılacak noktalar tekrar kontrol edilmiş; ikinci alan çalışmasında (Ocak 2024) ise pilot transplantasyon uygulaması gerçekleştirilmiştir. Pilot transplantasyon uygulamasının ilk izlemesi Mayıs 2024’de gerçekleştirilen III. Alan çalışmasında gerçekleştirilmiştir. IV. Alan çalışmasında (Temmuz 20224) ise pilot transplantasyon uygulamasının izlenmesi yanısıra pilot implantasyon uygulaması da yapılmıştır. V. ve VI. Alan çalışmalarında ise izlemeye ek olarak implantasyon çalışmaları yapılmış ve alansal olarak transplantasyon/implantasyon çalışmaları hedefi 15,5% oranında aşarak tamamlanmıştır. Transplantasyon ve implantasyon çalışmaları Tablo 8’de özetlenmiştir.

Tablo 8. *Posidonia oceanica* Restorasyon Çalışmalarının Özet Sonuçları

Transplantasyon ve implantasyon uygulamalarının temel sonuç göstergeleri

Uygulama	Yerleştirilen Birim Sayısı	Başarılı Birim Sayısı	Başarı Oranı (%)
 Transplantasyon (Öbek/Buket)	200	194	%89,66
 İmplantasyon (Fidan)	1.300	910	%70,0*

* Son izleme çalışmasında sağlıklı ve yerinde sabit olarak bulunan fidan sayısına göre hesaplanmıştır. Rapor genelinde implantasyon başarısı yaklaşık %65–70 aralığında değerlendirilmiştir.

Rakamsal olarak değerlendirildiğinde, yaklaşık 8 hektarlık alanda geręekleřtirilen *Posidonia oceanica* transplantasyon uygulaması kapsamında 200–210 adet büyük çayır öbeği (kök ve mat yapısını koruyan) buketler halinde hazırlanarak yeni yaşam alanlarına taşınmıştır. İstatistiksel değerlendirmelerde toplam öbek sayısı 200 olarak kabul edilmiştir. Yerleştirilen öbeklerden 6 adedi, canlılığını korumasına rağmen planlanan şekilde sabitlenememesi ve doğal çayır öbeği formunu kaybetmesi nedeniyle başarısız olarak değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda transplantasyon uygulamasının başarı oranı %89,66 olarak hesaplanmıştır. İmplantasyon çalışmaları kapsamında ise yaklaşık 8 hektarlık uygulama alanına toplam 1300 *Posidonia oceanica* fidanı yerleştirilmiştir. Son izleme çalışmasında bu fidanların 910 adedinin sağlıklı durumda ve yerinde sabit olarak bulunduğu tespit edilmiştir. Buna göre implantasyon uygulamasında başarı oranı yaklaşık %65–70 arasında belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, her iki restorasyon yönteminin de uygulanabilir ve başarılı olduğunu göstermekle birlikte, özellikle kök ve mat yapısını koruyan büyük çayır öbeklerinin kullanıldığı transplantasyon yönteminin daha yüksek başarı oranına sahip olduğunu ortaya koymaktadır.



— Kaynaklar

- Adamopoulou, A., Zeri, C., Garaventa, F., Gambardella, C., Ioakeimidis, C., & Pitta, E. (2021). Distribution Patterns of Floating Microplastics in Open and Coastal Waters of the Eastern Mediterranean Sea (Ionian, Aegean, and Levantine Seas). **, 8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.699000>
- Akçali, B., Taşkın, E., Kaman, G., Evcen, A., & Çalık, H. (2020). *Posidonia oceanica* monitoring system on the coast of Aegean Sea of Turkey. **, 126, 475–482. <https://doi.org/10.36253/978-88-5518-147-1.47>
- Alagna, A., D'Anna, G., Musco, L., Fernández, V., Gresta, M., Pierozzi, N., & Badalamenti, F. (2019). Taking advantage of seagrass recovery potential to develop novel and effective meadow rehabilitation methods.. Marine pollution bulletin, 149, 110578. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110578>
- Alagna, A., Giacalone, V., Zenone, A., Martinez, M., D'Anna, G., Buffa, G., Cavalca, C., Poli, A., Varese, G., Prigione, V., & Badalamenti, F. (2024). Tannins and copper sulphate as antimicrobial agents to prevent contamination of *Posidonia oceanica* seedling culture for restoration purposes. Frontiers in Plant Science, 15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1433358>
- Aramburu, P., Flecha, S., Lujan-Williams, C., & Hendriks, I. (2024). Water column oxygenation by *Posidonia oceanica* seagrass meadows in coastal areas: A modelling approach.. The Science of the total environment, 173805. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173805>
- Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24(1), 1–15. <https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1>
- Astudillo, C., Gracia, V., Cáceres, I., Sierra, J., & Sánchez-Arcilla, A. (2022). Beach profile changes induced by surrogate *Posidonia oceanica*: Laboratory experiments. Coastal Engineering. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2022.104144>
- Azcárate-García, T., Beca-Carretero, P., & Brun, F. (2023). Plant and Meadow Structure Characterisation of *Posidonia oceanica* in Its Westernmost Distribution Range. Diversity. <https://doi.org/10.3390/d15010101>
- Bacci, T., Scardi, M., Tomasello, A., Valiante, L., Piazzì, L., Calvo, S., Badalamenti, F., Di Nuzzo, F., Raimondi, V., Assenzo, M., Cecchi, E., Penna, M., Bertasi, F., Piazzì, A., & La Porta, B. (2024). Long-term response of *Posidonia oceanica* meadow restoration at the population and plant level: implications for management decisions. Restoration Ecology, 33. <https://doi.org/10.1111/rec.14360>
- Baiocchi, V., Cianfanelli, F., & Marzaioli, V. (2024). Impact Simulation of *Posidonia Oceanica* (L.) Delile Planting for CO2 Storage in Lazio Region. 2024 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor), 118–123. <https://doi.org/10.1109/MetroAgriFor63043.2024.10948765>
- Balçı, M., & Balkis, N. (2017). Assessment of phytoplankton and environmental variables for water quality and trophic state classification in the Gemlik Gulf, Marmara Sea (Turkey).. Marine pollution bulletin, 115 1–2, 172–189. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.12.007>

- Balestri, E., Menicagli, V., & Lardicci, C. (2021). Managing biotic interactions during early seagrass life stages to improve seed-based restoration. *Journal of Applied Ecology*. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13980>
- Berrojalbiz, N., Dachs, J., Del Vento, S., Ojeda, M., Valle, M., Castro-Jiménez, J., Mariani, G., Wollgast, J., & Hanke, G. (2011). Persistent organic pollutants in Mediterranean seawater and processes affecting their accumulation in plankton.. *Environmental science & technology*, 45 10, 4315–22. <https://doi.org/10.1021/es103742w>
- Bidak, L., Heneidy, S., Wenzhao, L., Fakhry, A., El-Kenany, E., El-Askary, H., & Abdel-Kareem, M. (2021). Mediterranean Tapeweed *Posidonia oceanica* (L.) Delile, an Endangered Seagrass Species. **, 0–0. <https://doi.org/10.21608/EJBO.2021.67942.1652>
- Blanco-Murillo, F., Marín-Guirao, L., Sola, I., Carbonell-Garzón, E., Rodríguez-Rojas, F., Sánchez-Lizaso, J., & Sáez, C. (2024). Metabolic responses to desalination brine discharges in field-transplanted *Posidonia oceanica*: Advances for the development of specific early warning biomarkers. *Desalination*. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2024.117395>
- Bonamano, S., Piazzolla, D., Scanu, S., Mancini, E., Madonia, A., Piermattei, V., & Marcelli, M. (2021). Modelling approach for the evaluation of burial and erosion processes on *Posidonia oceanica* meadows. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 254, 107321. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107321>
- Bordoni, R., Paoli, C., Montefalcone, M., Oprandi, A., Rigo, I., Ruggeri, F., & Vassallo, P. (2025). Habitat suitability modeling for *Posidonia oceanica* distribution along a Mediterranean region (NW Italy). *Environmental and Sustainability Indicators*. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.100587>
- Borfecchia, F., De Cecco, L., Martini, S., Ceriola, G., Bollanos, S., Vlachopoulos, G., Valiante, L., Belmonte, A., & Micheli, C. (2013). *Posidonia oceanica* genetic and biometry mapping through high-resolution satellite spectral vegetation indices and sea-truth calibration. *International Journal of Remote Sensing*, 34, 4680 – 4701. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.781701>
- Boudouresque, C., Blanfuné, A., Pergent, G., & Thibaut, T. (2021). Restoration of Seagrass Meadows in the Mediterranean Sea: A Critical Review of Effectiveness and Ethical Issues. *Water*, 13, 1034. <https://doi.org/10.3390/W13081034>
- Boudouresque, C., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Ruitton, S., Thibaut, T., & Verlaque, M. (2016). The necromass of the *Posidonia oceanica* seagrass meadow: Fate, role, ecosystem services and vulnerability. *Hydrobiologia*, 781, 25–42. <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2333-y>
- Boudouresque, C., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Ruitton, S., Thibaut, T., & Verlaque, M. (2016). The necromass of the *Posidonia oceanica* seagrass meadow: fate, role, ecosystem services and vulnerability. *Hydrobiologia*, 781, 25–42. <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2333-y>
- Boulenger, A., Chapeyroux, J., Fullgrabe, L., Marengo, M., & Gobert, S. (2025). Assessing *Posidonia oceanica* recolonisation dynamics for effective restoration designs in degraded anchoring sites. *Marine Pollution Bulletin*, 216, 117960. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.117960>

Boulenger, A., Roberty, S., Velosa, M., Marengo, M., & Gobert, S. (2024). The Use of Photo-Biological Parameters to Assess the Establishment Success of *Posidonia oceanica* Cuttings after Transplantation. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w16121702>

Briciu, A. (2024). A Graphic Review of Studies on Ocean and Mediterranean Sea Environment Quality. *Hydrology*. <https://doi.org/10.3390/hydrology11100175>

Calvo, S., Calvo, R., Luzzu, F., Raimondi, V., Assenzo, M., Cassetti, F., & Tomasello, A. (2021). Performance Assessment of *Posidonia oceanica* (L.) Delile Restoration Experiment on Dead matte Twelve Years after Planting—Structural and Functional Meadow Features. *Water*. <https://doi.org/10.3390/W13050724>

Campagne, C., Salles, J., Boissery, P., & Deter, J. (2015). The seagrass *Posidonia oceanica*: Ecosystem services identification and economic evaluation of goods and benefits.. *Marine pollution bulletin*, 97 1–2, 391–400. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.05.061>

Cañada, J. (2024). Ambivalence in Environmental Care: Marine Care Ethics and More-Than-Human Relations in the Conservation of Seagrass *Posidonia oceanica*. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*. <https://doi.org/10.1007/s10806-024-09924-2>

Cantasano, N. (2024). *Posidonia oceanica* Meadows as Carbon Sink in the Mediterranean Sea. *Journal of Biomedical Research & Environmental Sciences*. <https://doi.org/10.37871/jbres1897>

Castejón-Silvo, I., & Terrados, J. (2021). Poor success of seagrass *Posidonia oceanica* transplanting in a meadow disturbed by power line burial. *Marine Environmental Research*, 170, 105406. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2021.105406>

Castejón-Silvo, I., & Terrados, J. (2021). Poor success of seagrass *Posidonia oceanica* transplanting in a meadow disturbed by power line burial.. *Marine environmental research*, 170, 105406. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2021.105406>

Chimienti, G., Tursi, A., Saponari, L., Lovat, V., Santoro, F., & Mastrototaro, F. (2023). A new method for the transplanting of the seagrass *Posidonia oceanica*. 2023 IEEE International Workshop on Metrology for the Sea; Learning to Measure Sea Health Parameters (MetroSea), 83–87. <https://doi.org/10.1109/MetroSea58055.2023.10317405>

Costa, M. M., Barrote, I., Silva, J., Olivé, I., Alexandre, A., Albano, S., & Santos, R. (2015). Epiphytes modulate *Posidonia oceanica* photosynthetic production, energetic balance, antioxidant mechanisms, and oxidative damage. *Frontiers in Marine Science*, 2, Article 111. <https://doi.org/10.3389/fmars.2015.00111>

De Falco, G., Ferrari, S., Cancemi, G., & Baroli, M. (2000). Relationship between sediment distribution and *Posidonia oceanica* seagrass. *Geo-Marine Letters*, 20, 50–57. <https://doi.org/10.1007/s003670000030>

De Luca, M., Piazzzi, L., Guala, I., Cinti, M., Marras, P., Pansini, A., Pinna, F., Puccini, A., Santonastaso, A., Stelletti, M., Stipcich, P., & Pascucci, V. (2024). Restoration of *Posidonia oceanica* Meadow Using Cuttings from an Area Impacted by Harbor Extension Project. *Journal of Marine Science and Engineering*. <https://doi.org/10.3390/jmse13010003>

- Dentamare, I., Capasso, L., Chianese, E., Calicchio, R., Franzese, P., Grande, U., Russo, G., & Buonocore, E. (2025). Ecological Implications of *Posidonia oceanica* Banquette Removal: Potential Loss of Natural Capital and Ecosystem Services. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w17091362>
- Di Montanara, C., Semprucci, F., Rendina, F., Russo, G., & Sandulli, R. (2024). Re-discovering macerating *Posidonia oceanica* bottoms: characterization of meiofaunal community inhabiting a peculiar Mediterranean habitat. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2024.108956>
- Dündar, S. (2020). Observing the Water Quality in the Vicinity of Green Ports Located in the Marmara Sea, Turkey. ****, 6, 1-13. <https://doi.org/10.28979/comufbed.660739>
- Dural, B., Aysel, V., Demir, N., Yazici, I., & Erduğan, H. (2012). The status of sensitive ecosystems along the Aegean coast of Turkey: *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows. ****, 18.
- Escandell-Westcott, A., Riera, R., & Hernández-Muñoz, N. (2023). *Posidonia oceanica* restoration review: Factors affecting seedlings. *Journal of Sea Research*. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2023.102337>
- García-Gómez, G., García-Herrero, Á., Sánchez, N., Pardos, F., Izquierdo-Muñoz, A., & Fontaneto, D. (2022). Meiofauna is an important, yet often overlooked, component of biodiversity in the ecosystem formed by
- Gera, A., Pagès, J., Arthur, R., Farina, S., Roca, G., Romero, J., & Alcoverro, T. (2014). The effect of a centenary storm on the long-lived seagrass *Posidonia oceanica*. *Limnology and Oceanography*, 59(6), 1910–1920. <https://doi.org/10.4319/lo.2014.59.6.1910>
- Guerrero-Meseguer, L., Sanz-Lázaro, C., Suk-Ueng, K., & Marín, A. (2017). Influence of substrate and burial on the development of *Posidonia oceanica*: implications for restoration. *Restoration Ecology*, 25. <https://doi.org/10.1111/rec.12438>
- Güreşen, A., Pergent, G., Güreşen, S., & Aktan, Y. (2020). Evaluating the coastal ecosystem status of two Western and Eastern Mediterranean islands using the seagrass *Posidonia oceanica*. *Ecological Indicators*. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105734>
- La Manna, G., Guala, I., Pansini, A., Stipcich, P., Arrostuto, N., & Ceccherelli, G. (2024). Soundscape analysis can be an effective tool in assessing seagrass restoration early success. *Scientific Reports*, 14. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-71975-2>
- López-Merino, L., Colás-Ruiz, N., Adame, M., Serrano, O., Cortizas, A., & Mateo, M. (2017). A six-thousand-year record of climate and land-use change from Mediterranean seagrass mats. *Journal of Ecology*, 105, 1267–1279. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12741>
- Mancini, G., Casoli, E., Ventura, D., Lasinio, J., Belluscio, A., & Ardizzone, G. (2021). An experimental investigation aimed at validating a seagrass restoration protocol based on transplantation. *Biological Conservation*. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109397>
- Mancini, G., Ventura, D., Casoli, E., Belluscio, A., & Ardizzone, G. (2022). Transplantation on a *Posidonia oceanica* meadow to facilitate its recovery after the Concordia shipwrecking. *Marine pollution bulletin*, 179, 113683. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113683>

Mancini, G., Ventura, D., Casoli, E., Belluscio, A., & Ardizzone, G. (2023). COLONIZATION OF TRANSPLANTED *POSIDONIA OCEANICA* : UNDERSTANDING THE SPATIAL DYNAMICS THROUGH HIGH-SPATIAL RESOLUTION UNDERWATER PHOTOMOSAICS. **.

Mancini, G., Ventura, D., Casoli, E., Michelangeli, F., Panarello, G., Belluscio, A., & Ardizzone, G. (2024). *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 seedlings as a potential integrative tool for restoring damaged meadows. Restoration Ecology, 32. <https://doi.org/10.1111/rec.14156>

Marco-Méndez, C., Marbà, N., Amores, Á., Romero, J., Minguito-Frutos, M., García, M., Pagès, J., Prado, P., Boada, J., Sánchez-Lizaso, J., Ruiz, J., Muñoz-Ramos, G., Sanmartí, N., Mayol, E., Buñuel, X., Bernardeau-Esteller, J., Navarro-Martínez, P., Marín-Guirao, L., Morell, C., Wesselmann, M., Font, R., Hendriks, I., Seglar, X., Camps-Castellà, J., Bonfill, E., Requena-Gutiérrez, A., Blanco-Murillo, F., Aguilar-Escribano, J., Jiménez-Gutiérrez, S., Martínez-Vidal, J., Guillén, J., Cefali, M., Pérez, M., Marcos, M., & Alcoverro, T. (2023). Evaluating the extent and impact of the extreme Storm Gloria on *Posidonia oceanica* seagrass meadows. Science of the Total Environment, 168404. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168404>

Michel, L., Dauby, P., Dupont, A., Gobert, S., & Lepoint, G. (2020). Selective top-down control of epiphytic biomass by amphipods from *Posidonia oceanica* meadows: implications for ecosystem functioning. Belgian Journal of Zoology, 145. <https://doi.org/10.26496/BJZ.2015.49>

Mudie, P., Rochon, A., Aksu, A., & Gillespie, H. (2004). Late glacial, Holocene and modern dinoflagellate cyst assemblages in the Aegean–Marmara–Black Sea corridor: statistical analysis and re-interpretation of the early Holocene Noah's Flood hypothesis. Review of Palaeobotany and Palynology, 128, 143–167. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(03\)00117-9](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(03)00117-9)

Mutlu, E., Olguner, C., Gökoğlu, M., & Özvarol, Y. (2022). Seasonal Growth Dynamics of *Posidonia oceanica* in a Pristine Mediterranean Gulf. Ocean Science Journal, 57, 381 – 397. <https://doi.org/10.1007/s12601-022-00078-8>

Oprandi, A., Mucerino, L., Leo, F., Bianchi, C. N., Morri, C., Azzola, A., Benelli, F., Besio, G., Ferrari, M., & Montefalcone, M. (2020). Effects of a severe storm on seagrass meadows. Science of the Total Environment, 748, 141373. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141373>

Ott, J. (1980). Growth and Production in *Posidonia Oceanica* (L.) Delile. Marine Ecology, 1, 47–64. <https://doi.org/10.1111/J.1439-0485.1980.TB00221.X>

Öztürk, R., Gedik, K., Şahin, A., Özvarol, Y., & Mutlu, E. (2021). Comparative trace element trends in *Posidonia oceanica* and its sediments along the Turkish-Mediterranean Sea coast. Environmental Science and Pollution Research, 28, 61397 – 61407. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15089-6>

Özvarol, Y., Ertan, Ö., & Turna, I. (2011). The grazing effect of *Siganus luridus* Rüppell, 1828 on *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 meadows in Turkish Mediterranean coast (Gazipaşa/Antalya).

Pansini, A., Bosch-Belmar, M., Berlino, M., Sarà, G., & Ceccherelli, G. (2022). Collating evidence on the restoration

efforts of the seagrass *Posidonia oceanica*: Current knowledge and gaps. *Science of the Total Environment*, 158320. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158320>

Pansini, A., Bosch-Belmar, M., Berlino, M., Sarà, G., & Ceccherelli, G. (2022). Collating evidence on the restoration efforts of the seagrass *Posidonia oceanica*: Current knowledge and gaps.. *The Science of the total environment*, 158320. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158320>

Pansini, A., Deroma, M., Guala, I., Monnier, B., Pergent-Martini, C., Piazzì, L., Stipcich, P., & Ceccherelli, G. (2024). The resilience of transplanted seagrass traits encourages detection of restoration success.. *Journal of environmental management*, 357, 120744. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120744>

Pansini, A., Stipcich, P., Frasca, S., Migliore, L., & Ceccherelli, G. (2024). Different thermal regimes and susceptibility to herbivory do not constrain seagrass seedling restoration.. *Marine environmental research*, 204, 106918. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2024.106918>

Pereda-Briones, L., Terrados, J., Agulles, M., & Tomas, F. (2020). Influence of biotic and abiotic factors of seagrass *Posidonia oceanica* recruitment: Identifying suitable microsites.. *Marine environmental research*, 162, 105076. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105076>

Pergent-Martini, C., Pergent, G., Monnier, B., Boudouresque, C., Mori, C., & Valette-Sansevin, A. (2020). Contribution of *Posidonia oceanica* meadows in the context of climate change mitigation in the Mediterranean Sea.. *Marine environmental research*, 165, 105236. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105236>

Pierre, D., Sébastien, P., Sylvie, G., Arnaud, B., Michèle, L., Gwenaëlle, D., Adèle, B., Guilhem, M., Holon, F., & Julie, D. (2025). Seagrass sod transplantation: a relevant tool for preventing the destruction of meadows in coastal construction projects. *Environmental Challenges*. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2025.101087>

Pirc, H. (1985). Growth Dynamics in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Marine Ecology*, 6, 141-165. <https://doi.org/10.1111/J.1439-0485.1985.TB00135.X>

Pirrotta, M., Tomasello, A., Scannavino, A., Maida, G., Luzzu, F., Bellissimo, G., Bellavia, C., Costantini, C., Orestano, C., Sclafani, G., & Calvo, S. (2014). Transplantation assessment of degraded *Posidonia oceanica* habitats: site selection and long-term monitoring. *Mediterranean Marine Science*, 16, 591-604. <https://doi.org/10.12681/MMS.1045>

Pisani, D., De Lucia, C., Pazienza, P., Mastrototaro, F., Tursi, A., & Chimienti, G. (2024). Assessing the economic value of *Posidonia oceanica* (L.) at Tremiti Islands (Mediterranean Sea): An ecosystem condition-based approach.. *Marine pollution bulletin*, 202, 116274. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116274>

Posidonia oceanica . *Invertebrate Biology*. <https://doi.org/10.1111/ivb.12377>

Procaccini, G., & Piazzì, L. (2001). Genetic Polymorphism and Transplantation Success in the Mediterranean Seagrass *Posidonia oceanica*. *Restoration Ecology*, 9. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2001.009003332.x>

Procaccini, G., Ruocco, M., Marín-Guirao, L., Dattolo, E., Brunet, C., D'Esposito, D., Lauritano, C., Mazzuca, S.,

- Serra, I. A., Bernardo, L., Piro, A., Beer, S., Björk, M., Gullström, M., & Buapet, P. (2017). Depth-specific fluctuations of gene expression and protein abundance modulate the photosynthetic performance of the seagrass *Posidonia oceanica*. *Scientific Reports*, 7(1), Article 42890. <https://doi.org/10.1038/srep42890>
- Rende, S., Bosman, A., Menna, F., Lagudi, A., Bruno, F., Severino, U., Montefalcone, M., Irving, A., Raimondi, V., Calvo, S., Pergent, G., Pergent-Martini, C., & Tomasello, A. (2022). Assessing Seagrass Restoration Actions through a Micro-Bathymetry Survey Approach (Italy, Mediterranean Sea). *Water*. <https://doi.org/10.3390/w14081285>
- Rigo, I., Paoli, C., Dapuelto, G., Pergent-Martini, C., Pergent, G., Oprandi, A., Montefalcone, M., Bianchi, C., Morri, C., & Vassallo, P. (2021). The Natural Capital Value of the Seagrass *Posidonia oceanica* in the North-Western Mediterranean. *Diversity*. <https://doi.org/10.3390/d13100499>
- Robello, C., Acunto, S., Leone, L., Mancini, I., Oprandi, A., & Montefalcone, M. (2024). Large-Scale Re-Implantation Efforts for *Posidonia oceanica* Restoration in the Ligurian Sea: Progress and Challenges. *Diversity*. <https://doi.org/10.3390/d16040226>
- Roether, W., Manca, B., Klein, B., Bregant, D., Georgopoulos, D., Beitzel, V., Kovačević, V., & Luchetta, A. (1996). Recent Changes in Eastern Mediterranean Deep Waters. *Science*, 271, 333 - 335. <https://doi.org/10.1126/science.271.5247.333>
- Signa, G., Tomasello, A., Cilluffo, G., Tramati, C., Mazzola, A., Calvo, S., & Vizzini, S. (2024). Does transplanted *Posidonia oceanica* act as a sink or source of trace elements? Ecological implications for restoring polluted coastal areas.. *Journal of environmental management*, 359, 121008. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121008>
- Taşkın, E., Bilgiç, F., Minareci, E., & Minareci, O. (2024). Effect of the aquaculture on the seagrass *Posidonia oceanica*: a decade before and after in the Aegean Sea. *International Journal of Environment and Geoinformatics*. <https://doi.org/10.30897/ijgeo.1398963>
- Tursi, A., Mastrototaro, F., Montesanto, F., De Giosa, F., Lisco, A., Bottalico, A., & Chimienti, G. (2022). The status of *Posidonia oceanica* at Tremiti Islands Marine Protected Area (Adriatic Sea). *Biology*, 11(6), 923. <https://doi.org/10.3390/biology11060923>
- Tursi, A., Mastrototaro, F., Montesanto, F., De Giosa, F., Lisco, A., Bottalico, A., & Chimienti, G. (2022). The Status of *Posidonia oceanica* at Tremiti Islands Marine Protected Area (Adriatic Sea). *Biology*, 11. <https://doi.org/10.3390/biology11060923>
- Vacchi, M., De Falco, G., Simeone, S., Montefalcone, M., Morri, C., Ferrari, M., & Bianchi, C. N. (2017). Biogeomorphology of the Mediterranean *Posidonia oceanica* seagrass meadows. *Earth Surface Processes and Landforms*, 42, 42–54. <https://doi.org/10.1002/esp.3932>
- Vacchi, M., De Falco, G., Simeone, S., Montefalcone, M., Morri, C., Ferrari, M., & Bianchi, C. (2017). Biogeomorphology of the Mediterranean *Posidonia oceanica* seagrass meadows. *Earth Surface Processes and Landforms*, 42, 42 – 54. <https://doi.org/10.1002/esp.3932>
- Ventura, D., Mancini, G., Casoli, E., Pace, D., Lasinio, G., Belluscio, A., & Ardizzone, G. (2021). Seagrass restoration

monitoring and shallow-water benthic habitat mapping through a photogrammetry-based protocol.. Journal of environmental management, 304, 114262. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114262>

Vu, M., Lacroix, Y., & Nguyen, V. (2017). Investigating the impacts of the regression of *Posidonia oceanica* on hydrodynamics and sediment transport in Giens Gulf. Ocean Engineering, 146, 70–86. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2017.09.051>

Yalçın, B., Artüz, M., Pavlidou, A., Çubuk, S., & Dassenakis, M. (2017). Nutrient dynamics and eutrophication in the Sea of Marmara: Data from recent oceanographic research.. The Science of the total environment, 601-602, 405-424. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.179>

Zenone, A., Giacalone, V., Martinez, M., Pipitone, C., Alagna, A., Infantes, E., D'Anna, G., & Badalamenti, F. (2025). Stitching up *Posidonia oceanica* (L.) Delile anchorage scars using beach-cast seeds: Results of a six-year study. Biological Conservation. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2025.111032>

Zenone, A., Kovalev, A., Badalamenti, F., & Gorb, S. (2023). Natural rock roughness as a key parameter for optimizing seedling adhesion and restoration of the seagrass *Posidonia oceanica* in its native environment. Restoration Ecology, 32. <https://doi.org/10.1111/rec.14084>

Zenone, A., Pipitone, C., D'Anna, G., La Porta, B., Bacci, T., Bertasi, F., Bulleri, C., Cacciuni, A., Calvo, S., Conconi, S., Gravina, M., Mancusi, C., Piazzzi, A., Targusi, M., Tomasello, A., & Badalamenti, F. (2021). Stakeholders' Attitudes about the Transplantations of the Mediterranean Seagrass *Posidonia oceanica* as a Habitat Restoration Measure after Anthropogenic Impacts: A Q Methodology Approach. Sustainability. <https://doi.org/10.3390/su132112216>

Zervakis, V., & Georgopoulos, D. (2002). Hydrology and circulation in the North Aegean (eastern Mediterranean) throughout 1997 and 1998. Mediterranean Marine Science, 3, 5-19. <https://doi.org/10.12681/MMS.254>

MUĞLA



**Doğu Akdeniz
Üniversitesi**

YENİKÖYKEMERKÖY

Yerli Kaynak Güçlü Enerji