



Nature-based reef solution for coastal protection and marine biodiversity enhancement



Progetto cofinanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del Programma LIFE 2021-2027 – Natura & Biodiversità



COMUNE DI RAVENNA



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



PARCO DELTA DEL PO
EMILIA-ROMAGNA



PROAMBIENTE
innovation & environment



FONDAZIONE FLAMINIA
PER L'UNIVERSITÀ
IN ROMAGNA

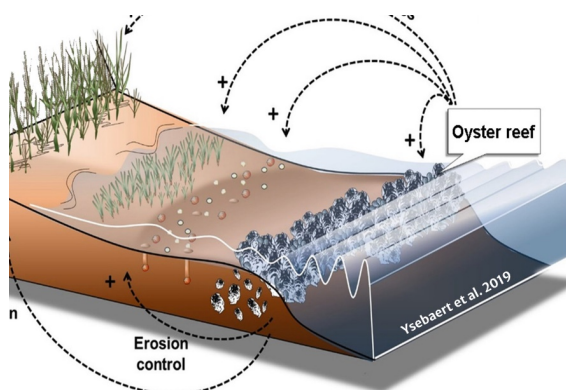


AREA INFRASTRUTTURE CIVILI SERVIZIO TUTELA AMBIENTE E TERRITORIO – U.O. GEOLOGICO

INTERVENTO: Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (**Life NatuReef**) - CUP-C68H24000140001.

FASE PROGETTUALE

STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA



Segretario Generale Dott. Paolo Neri	Assessore ai LL.PP.: Federica del Conte	Sindaco Michele de Pascale
Capo Servizio: Dott. Stefano Ravaioli	Capo Area: Ing. MASSIMO CAMPRINI	

RESPONSABILE UNICO DI PROGETTO:

Dott. Stefano Ravaioli

PROGETTISTA COORDINATORE:

Dott. Nannini Sergio

PROGETTISTA:

Dott. Nannini Sergio

COLLABORATORE ALLA PROGETTAZIONE

Dott. Alessandro Criscenti

COLLABORATORE ALLA PROGETTAZIONE

Dott.ssa Silvia Ulazzi

COLLABORATORE ALLA PROGETTAZIONE

Geom. Michela Chiarini

ELABORAZIONE GRAFICA:

Geom. Elisa Fortibuoni
Sig.ra Franca Bertozzi

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Rev.	Descrizione	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data:
------	-------------	----------	--------------	------------	-------

ELABORATO:

RELAZIONE DI SOSTENIBILITA' DELL'OPERA

odice intervento: fasc. 2023/6.5/182	Data: 19 marzo 2024	Codice Elaborato: 3R RSO
Scala:	File: 06.05/182 - PFTE - RSO	Revisione: R0

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. DESCRIZIONE DEGLI OBIETTIVI DELL'OPERA	4
2.1 Descrizione della situazione attuale:	4
2.2 Descrizione degli interventi da eseguire	4
2.3 Descrizione degli obiettivi primari.....	8
3. CONTRIBUTI SIGNIFICATIVI AD OBIETTIVI DI SOSTENIBILITA' AMBIENTALE	10
3.1 Mitigazione ed adattamento ai cambiamenti climatici:	11
3.2 Prevenzione e riduzione dell'inquinamento e protezione delle risorse marine:.....	11
3.3 Protezione e ripristino della biodiversità e degli ecosistemi:.....	12
4. STIMA DELLA CARBON FOOTPRINT DELL'OPERA	12
5. STIMA DELL'IMPATTO AMBIENTALE DELL'OPERA NEL SUO CICLO DI VITA - Life Cycle Assessment (LCA)	14
6. STIMA DEL CONSUMO COMPLESSIVO DI ENERGIA	15
7. MODALITA' DI TRASPORTO SOSTENIBILI.....	15
8. STIMA DEGLI IMPATTI SOCIO-ECONOMICI DELL'OPERA	15

1. PREMESSA

L'area oggetto di intervento si trova a nord della foce del torrente Bevano la quale comprende uno dei rari tratti di costa della regione ancora non urbanizzati e privi di intenso sviluppo turistico (Fig. 1). La foce del Bevano costituisce l'ultimo estuario meandriforme dell'Alto Adriatico libero di evolvere naturalmente, anche se una recente opera di ingegneria naturalistica ne ha, in parte, indirizzato lo sbocco diretto in mare al fine di proteggere le dune a Nord della foce. L'area rappresenta un'oasi naturalistica caratterizzata da ecotoni di transizione tra acque dolci, salmastre e marine e tra sistemi boschivi, dunali e di spiaggia. I suoi habitat terrestri e acquatici svolgono un importante ruolo ecologico come aree di riproduzione e vivaio. Per questi motivi l'intera area, che è demaniale italiana, è stata totalmente dedicata alla conservazione della natura (100%) e designata come sito NATURA 2000 (codice IT4070009, denominato "Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano", tipologia C SPA+SIC+SAC; Fig. 2).

Il sito rientra quasi totalmente nel Parco Regionale del Delta del Po (Stazione Pineta di Classe e Saline di Cervia) e comprende l'Oasi di Protezione "Ortazzo e Ortazzino" (800 ha), la Riserva Naturale dello Stato "Duna e Foce Bevano" (172 ha) e una zona umida di importanza internazionale ai sensi della Convenzione di Ramsar (430 ha).



Figura 1 - Fotografia aerea verso nord della foce del fiume Bevano, lagune e zone costiere. Sullo sfondo si vedono il villaggio di Lido di Dante e una piattaforma di gas offshore.

Il sito IT4070009 ha una superficie complessiva di 1255 ha, senza alcuna urbanizzazione, e si estende verso il mare dalla linea di costa mediamente per circa 300 m. Ha una superficie costiera di 64 ettari comprendente dune sommerse, dune emerse e aree retrodunali. L'autorità di gestione designata del sito IT4070009 è l'Ente di Gestione dei Parchi e della Biodiversità – Delta del Po. In quest'area la gestione della costa è affidata dalla Regione Emilia-Romagna al Comune di Ravenna. Inoltre l'area territoriale, compresa la pineta storica, è Riserva Statale gestita e presidiata dal Comando Carabinieri per la Tutela della Biodiversità e dei Parchi.

Per un'analisi dettagliata dei vincoli ricadenti nell'area si rimanda alla Relazione Tecnica.

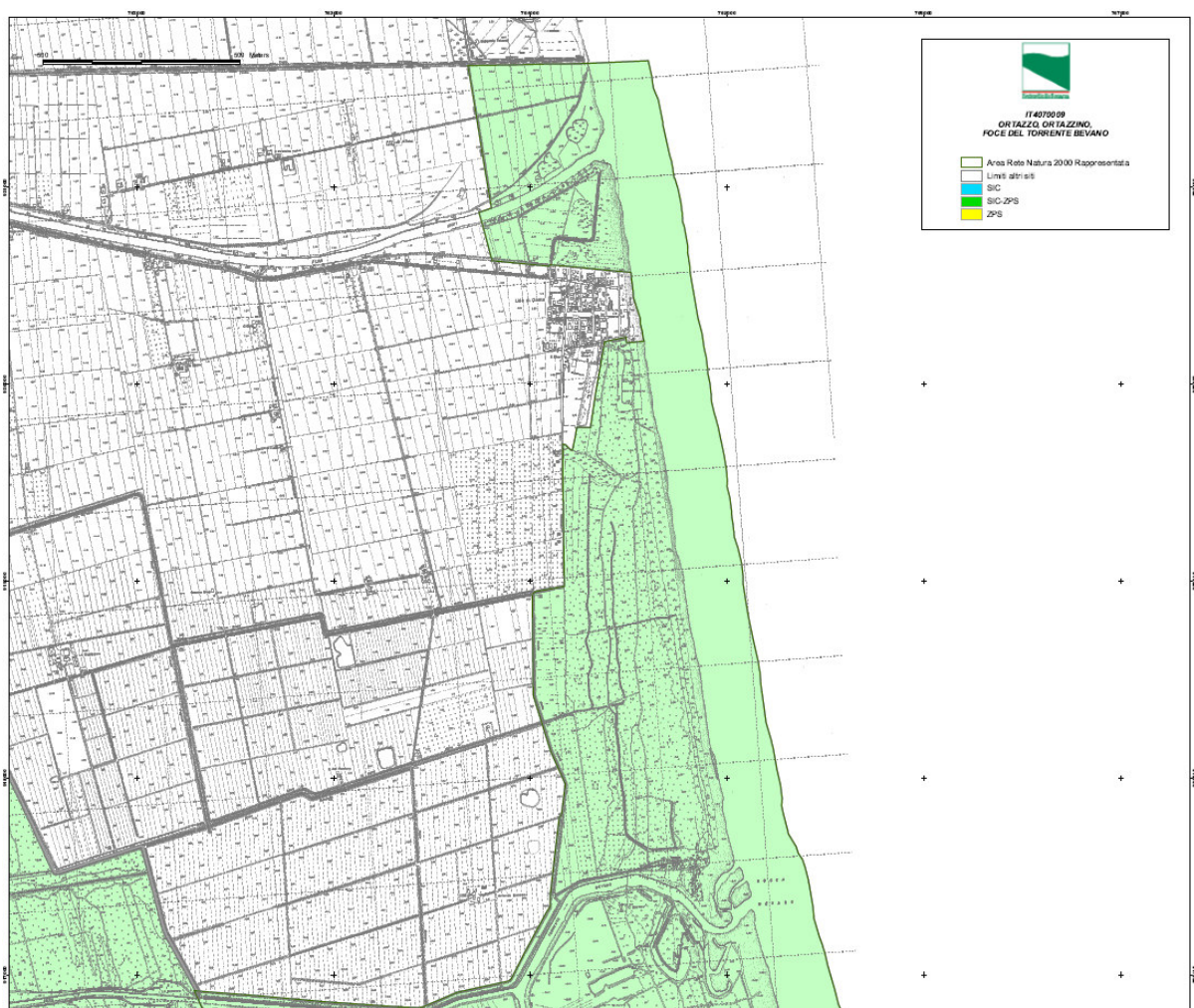


Figura 2 – porzione di sito NATURA 2000 (codice IT4070009, denominato “Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano”) in cui ricade l’intervento.

Come la maggior parte della costa ravennate, anche il tratto di litorale oggetto del presente intervento, è da anni soggetto a marcati fenomeni erosivi, qui particolarmente intensi a causa di diversi fattori concomitanti quali:

- 1) forte riduzione del trasporto solido fluviale e del conseguente pressoché inesistente trasporto solido long-shore;
- 2) tassi di subsidenza antropica elevati, ben superiori ai tassi di subsidenza naturale, in quest’area per lo più riconducibili all’attività di estrazione di gas metano;
- 3) effetti dei cambiamenti climatici con innalzamento medio dei mari e aumento della frequenza e dell’intensità delle mareggiate che aumentano sensibilmente il rischio idraulico nell’area costiera.

La concomitanza di questi fenomeni ha negli anni comportato un sensibile arretramento della linea di riva (pari a circa 35 ml nel periodo 2003-2010) e la necessità di difendere la spiaggia e l’abitato di Lido di Dante con varie opere di difesa costiera.

Al fine di sperimentare un nuovo approccio alla difesa costiera, in grado di assolvere a molteplici servizi ecosistemici (stabilizzazione della costa, aumento biodiversità, miglioramento della qualità delle acque,...), l’Università di Bologna insieme ad altri partner tra cui anche il Comune di Ravenna ha presentato il progetto LIFE NatuReef (LIFE22-NAT-IT-LIFE-NatuReef/101113742),

finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del programma LIFE 2021-2027. Il progetto LIFE NatuReef (Nature-based reef solution for coastal protection and marine biodiversity enhancement) ha per scopo l'applicazione, a livello dimostrativo, delle migliori pratiche disponibili per il ripristino delle antiche scogliere di ostriche e sabellarie, reintroducendo le specie autoctone in un raro tratto costiero non urbanizzato della costa dell'Alto Adriatico, all'interno del sito protetto di interesse comunitario della Foce del Torrente Bevano (Sito NATURA 2000 codice IT4070009), parte del Parco del Delta del Po.

2. DESCRIZIONE DEGLI OBIETTIVI DELL'OPERA

2.1 Descrizione della situazione attuale:

L'area oggetto di intervento è interessata oltre che da una forte riduzione dell'apporto di sedimenti da trasporto solido fluviale anche a tassi di subsidenza elevati dovuti sia alle caratteristiche intrinseche dei sedimenti depositi in epoche molto recenti che a fenomeni di natura antropica.

Alla subsidenza si sommano i fenomeni legati ai cambiamenti climatici quali l'innalzamento medio dei mari e mareggiate intense sempre più frequenti che aumentano sensibilmente il rischio idraulico nell'area costiera.

Le mareggiate che costantemente durante la stagione invernale si verificano, incidono direttamente sull'arenile provocando erosione, con conseguente arretramento della linea di riva e allontanamento della sabbia erosa.

Dagli anni '80 per far fronte ai crescenti fenomeni erosivi si è intervenuti a più riprese realizzando diverse opere di difesa costiera quali:

- 2 barriere in massi calcarei parallele alla costa di tipo soffolto (sommersione -0.20 m) con un varco chiuso fino alla -1.50 m sul m.m.) a protezione della parte antistante l'abitato di Lido di Dante e il Camping Ramazzotti;
- Due pennelli in massi calcarei a Nord e a Sud;
- Una nuova barriera di lunghezza pari a 500 m sommergente alla -1.50 m sul m.m. in prolungamento verso Sud realizzata nel 2020;
- Una barra in sabbia (sand motor) con lunghezza pari a 1400 m;
- Realizzazione più a Sud di un nuovo pennello in legno filtrante;

Sotto il profilo ambientale, le caratteristiche e lo stato dei luoghi descritti, mostrano una evidente necessità di intervento per salvaguardare il precario equilibrio naturalistico cui sono sottoposti. La barriera di difesa, si presume vada a mitigare notevolmente i fenomeni erosivi e gli effetti delle mareggiate sul tratto di costa in oggetto, migliorandone anche gli aspetti legati alla biodiversità (aumento delle specie animali e vegetali che caratterizzano l'ambiente) e alla qualità delle acque.

2.2 Descrizione degli interventi da eseguire

L'ipotesi progettuale è quella di realizzare una difesa sperimentale soffolta (Basal Limestone Reef BLR), costituita nella parte superiore di materiale calcareo di pezzatura tale da favorire poi il successivo impianto e colonizzazione di ostriche e sabellarie alla base.

Per ottenere un'efficace protezione di un rilevante tratto di costa dalle mareggiate e dall'erosione, e per fornire un habitat idoneo alla formazione di scogliere biogene ad elevata biodiversità e compatibilmente con le risorse finanziarie disponibili, la dimensione prevista della BLR sarà di circa 20 m di larghezza e 200 m di lunghezza, approssimativamente parallelo alla costa. La sommergenza (-1,20 sul m.m.) dell'opera è stata individuata in seguito a modellazione numerica preventiva (MIKE 21¹) in modo tale da avere un cospicuo coefficiente di riduzione sulla trasmissione dell'onda frangente e tenendo conto anche delle esigenze ecologiche e delle precedenti esperienze in Europa e nel Mare Adriatico (vedi Fig. 3).

Come meglio dettagliato in “Relazione generale” l'opera sarà realizzata essenzialmente in massi calcarei di 2° categoria apposti in modo da formare una sorta di “vasca” rettangolare (~200×20 m) al disopra di un geotessuto di base. Tale “vasca” sarà riempito con massi di 1° categoria e al di sopra della struttura saranno posti dei “materassi” in rete metallica a doppia torsione, riempito con scapolame calcareo di pezzatura adeguata tale da poter ospitare le colonie di organismi previste a formare un Reef naturale; lo sviluppo complessivo dell'intervento è di circa 200 ml per un'ampiezza di m 20 (20 m alla base e 15 m sulla sommità dell'opera) e con un apporto complessivo di circa 11.000,00 ton di materiale litoide (tra massi di I e II categoria e spaccato).

Da un punto di vista operativo si procederà dapprima alla sistemazione e fissaggio del geotessuto di base delle dimensioni opportune sul fondale sabbioso in modo tale da non fare affossare i massi; successivamente, a mezzo di motopontone, si passerà alla realizzazione del “lato lungo” (~200 m) più prossimo alla costa; a seguire saranno posati in opera i “lati corti” (~20 m) con massi di II categoria; si procederà poi al riempimento della vasca con massi di I categoria calcarei con progressione est/ovest per tratti da 6,00 x 200,00 ml., paralleli alla riva. Ciò consentirà la posa del primo allineamento dei materassini (5,00x2,00), completata la prima stesa si procederà poi come sopra descritto sino alla chiusura lato ovest della struttura, mediante la realizzazione dell'ultimo bordo in masso di II° categoria e successiva posa dei materassini. Sui materassi saranno seminate le colonie di ostriche e alla base della scogliera saranno insediate le sabellarie che prediligono una maggiore profondità.

¹ MIKE 21 è un modello numerico professionale per la simulazione di correnti, onde, trasporto solido e qualità delle acque in fiumi, laghi, baie, aree costiere e mare aperto.

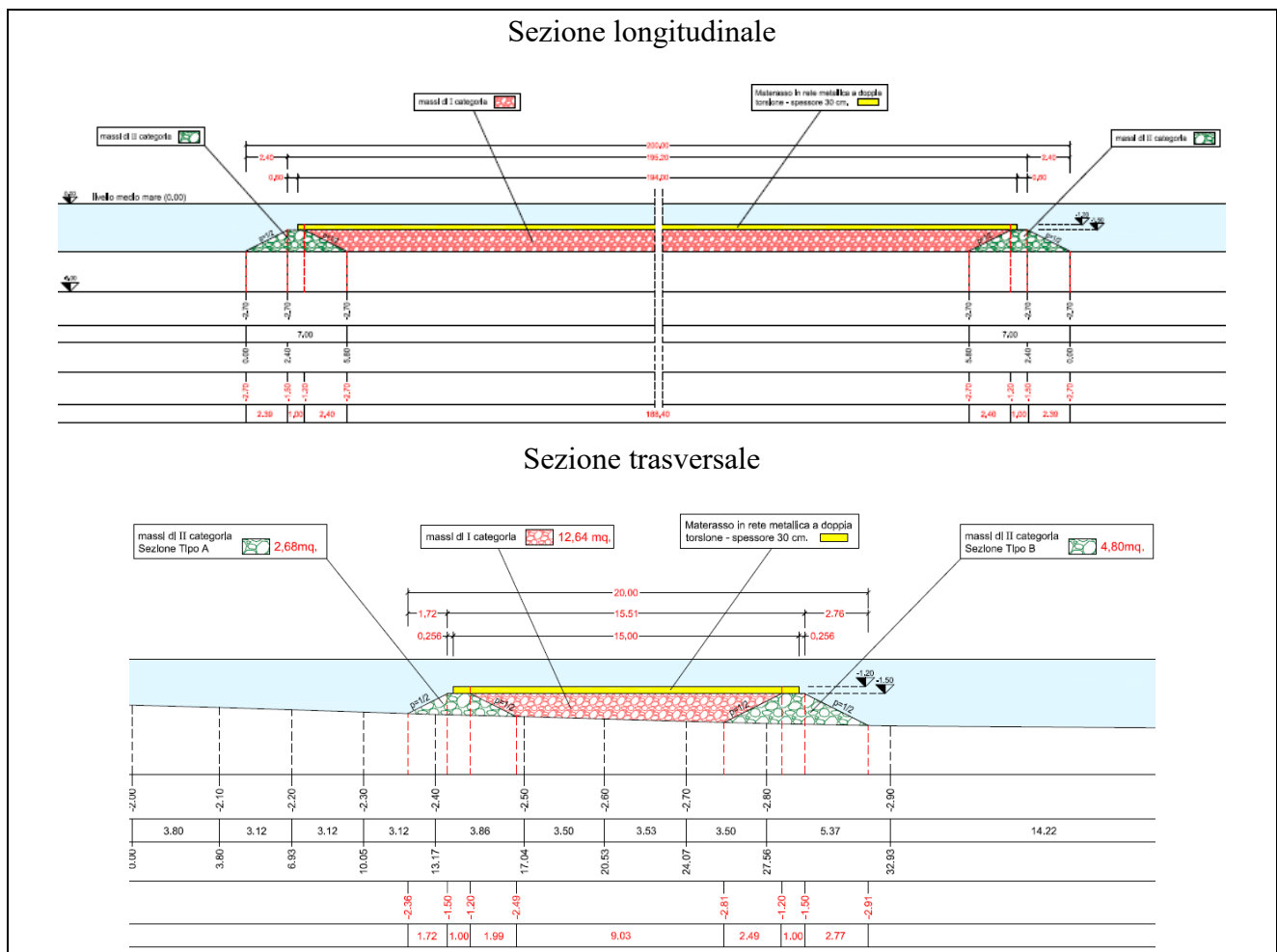


Figura 3 – sezioni longitudinale e trasversale della scogliera denominata Basal Limestone Reef.

La parte sommitale del letto di ciottoli calcarei, costituita dai materassini dovrà sostenere la crescita di barriere coralline di ostriche e vermi sabellariidi efficaci nel stabilizzare e trattenere la sabbia, in grado di crescere naturalmente, adattandosi all'innalzamento del livello del mare. Si tratta infatti di specie gregarie che necessitano di un adeguato substrato iniziale per il primo insediamento ma che in buone condizioni ambientali riescono a creare l'habitat ideale per un insediamento continuativo nel tempo. Per questi motivi, sfruttando le conoscenze acquisite nell'ambito di altri progetti di ricostruzione di barriere di ostriche sperimentate soprattutto nel nord Europa, si ricreeranno le condizioni iniziali ideali per l'insediamento di queste specie innescando il processo di biocostruzione mediante una pre-semina con ostriche autoctone raccolte e/o allevate (*Ostrea edulis*) e trapianto alla base degli scogli di rocce vive costruite da *Sabellaria spinulosa* (piccoli policheti che aggregano la sabbia, formano "biocostruzioni" naturali, molto diffuse in passato) provenienti da aree limitrofe svolgendo così un ruolo cruciale nel consolidare le strutture e aumentare la biodiversità.

Queste due specie, ostriche e sabellarie, sono in grado di creare strutture tridimensionali ricche di nicchie ecologiche che consentono un'elevata biodiversità e un habitat adatto per la riproduzione di molte altre specie.

Inoltre le scogliere di ostriche naturali lungo le coste spesso si trovano a profondità relativamente basse, di solito tra la zona di marea bassa e la zona di marea alta. Questo intervallo può variare a seconda delle condizioni locali, ma di solito si trovano a una profondità massima di circa 1-2 metri.

Ciò è dovuto principalmente alle caratteristiche biologiche delle ostriche. Le ostriche sono organismi filtratori che si nutrono di particelle di cibo presenti nell'acqua, come plankton e detriti organici. Per fare ciò, devono essere esposte all'acqua di marea per consentire il flusso delle particelle alimentari attraverso i loro branchi branchiali.

Inoltre, le ostriche richiedono luce solare per la fotosintesi delle alghe simbiotiche che vivono nelle loro valve. Pertanto, le scogliere di ostriche tendono ad essere situate in zone dove possono ricevere sufficiente luce solare durante le alte maree.

Pertanto anche il posizionamento dell'opera sarà più a riva rispetto alle scogliere più a nord (vedi Figg. 4 e 5) in modo da garantire una sommergezza media di -1,20 sul l.m.m. con l'obiettivo di offrire protezione alla costa e alla retrostante duna costiera, in un'area soggetta a forte erosione e nel contempo sperimentare la possibilità che la stessa possa essere popolata da organismi in grado di trasformare la struttura artificiale in un vero e proprio Reef, con tutti i benefici che ne conseguono, in termini di accrescimento e naturalizzazione della stessa e ripristino di habitat.



Fig.4 Posizionamento del Basal Limestone Reef

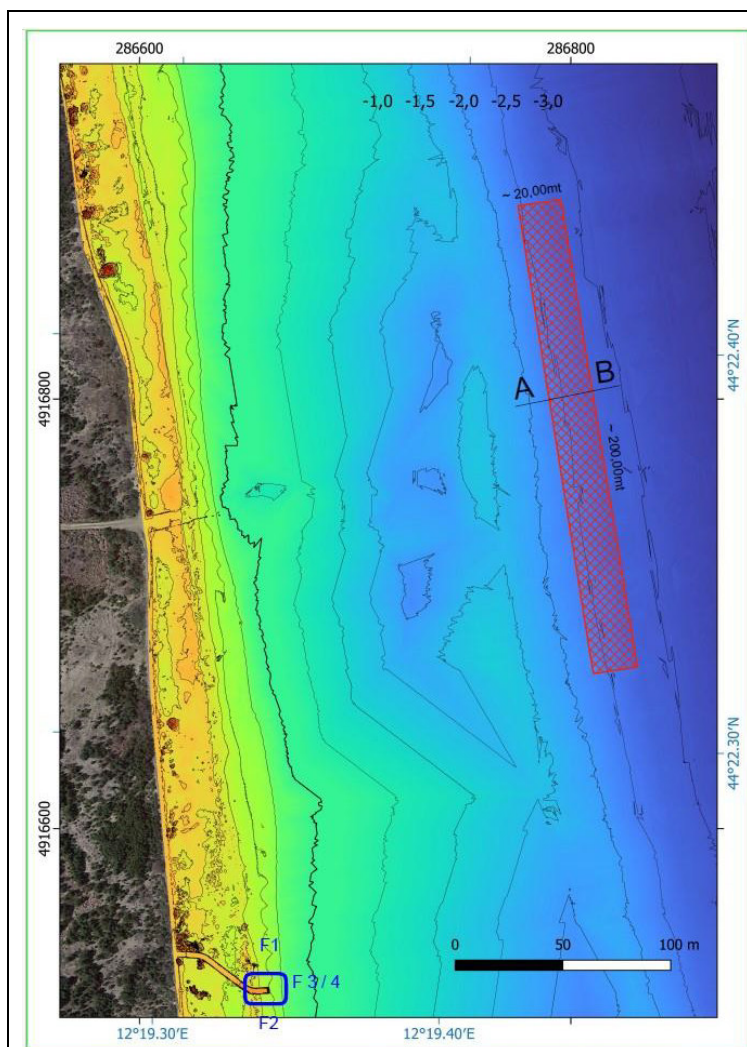


Fig. 5 posizionamento della scogliera su mappa batimetrica.

La scogliera sarà realizzata nel tratto di mare antistante la zona di spiaggia ove è visibile la delimitazione tra le zone di RNS a protezione semintegrale e quella integrale (Zona Rossa), posta circa a 600 m dalla fine della scogliera rigida.

2.3 Descrizione degli obiettivi primari

Obiettivo primario dell'opera finanziato con il progetto Life NatuReef è quello di proteggere un breve tratto di litorale tra Lido di Dante e foce Bevano mediante la realizzazione della barriera soffolta in progetto, nel contempo, la barriera costituirà il substrato di rocce calcaree ideale sulla quale saranno posate le giovani ostriche e piccole colonie di sabellarie che fungeranno da nuclei di aggregazione per altri individui. Tale soluzione basata sulla natura avrà la funzione primaria di proteggere e ripristinare gli ambienti marini e costieri, creando habitat e comunità marine e costiere resistenti e resilienti ai cambiamenti climatici.

Si prevede infatti che la costruzione di questa barriera corallina biogenica entro 200 m dalla costa, estenderà i suoi effetti protettivi contro i processi di erosione, l'intrusione salina e gli eventi di inondazione al corrispondente litorale e agli habitat vicini della foce del fiume Bevano contribuendo a ripristinare gli habitat storicamente perduti e in gran parte a proteggere e valorizzare un sottoinsieme rilevante dei tipi di habitat prioritari e non prioritari già inclusi in questo sito Natura 2000.

Il miglioramento degli habitat marini e l'aumento di biodiversità, fornirà condizioni migliori per le specie a rischio di estinzione già presenti nell'area, come la tartaruga marina *Caretta caretta* e altre

specie protette e/o in via di estinzione documentate qui in passato o note associate a barriere coralline simili nel Mare Adriatico, come i cavallucci marini *Hippocampus hippocampus* e *H. guttulatus*.

Inoltre tale progetto pilota servirà per testare l'efficacia di un nuovo approccio alla difesa costiera orientata al ripristino delle barriere naturali seminando specie autoctone un tempo abbondantemente presenti nelle nostre coste ed oramai estinte e a valutarne la replicabilità in contesti simili. I reef biogenici sono infatti più resilienti ai cambiamenti climatici e dopo una fase iniziale di adattamento sono in grado di accrescersi in modo autonomo ed assolvere a numerosi servizi ecosistemici (stabilizzazione della costa, aumento biodiversità, miglioramento della qualità delle acque,...).

Non si prevedono impatti negativi, anche sotto l'aspetto paesaggistico, in quanto l'opera è sommersa e non visibile da terra (anche con la bassa marea) e pertanto anche se l'area oggetto dei lavori ricade in Ambiti di tutela ambientale, come individuati dal Codice dei Beni culturali e del paesaggio D.Lgs. 42/2004 non ricade tra quelli soggetti ad Autorizzazione Paesaggistica ai sensi dell'art.146 del D.Lgs n. 42/2004 e s.m.i. , in quanto assimilabile alla fattispecie di cui al Punto 15 dell'Allegato A del DPR. 31/2017 *“Regolamento recante individuazione degli interventi esclusi dall'autorizzazione paesaggistica o sottoposti a procedura autorizzatoria semplificata.”*.

Relativamente ai portatori di interesse si ritiene che l'opera sia a beneficio di tutta la collettività in quanto tale intervento di protezione costiera oltre a contrastare i fenomeni erosivi e di ingressione marina, che in quest'area sono molto intensi, rispondono anche all'obiettivo di protezione delle dune che in questo tratto di costa sono ancora presenti e della retrostante pineta oltreché la salvaguardia delle specie che vi abitano.

I benefici complessivi derivanti dal ripristino della barriera biogeniche andranno oltre la conservazione della natura. I possibili benefici attesi riguarderanno il benessere degli abitanti della zona costiera, un ambiente marino sano, il turismo, che attira soprattutto gli amanti della natura, e i settori della pesca locale (ad esempio, pescatori ricreativi e commerciali), e quindi la promozione dell'economia locale sostenibile (Fig. 6);

I processi di biocostruzione, sedimentazione ed erosione costiera e la biodiversità nell'area di intervento saranno monitorati durante tutto il progetto e oltre. Le azioni di public engagement coinvolgeranno cittadini, bagnanti, pescatori e altri soggetti interessati, sensibilizzandoli e migliorando il monitoraggio della biodiversità.

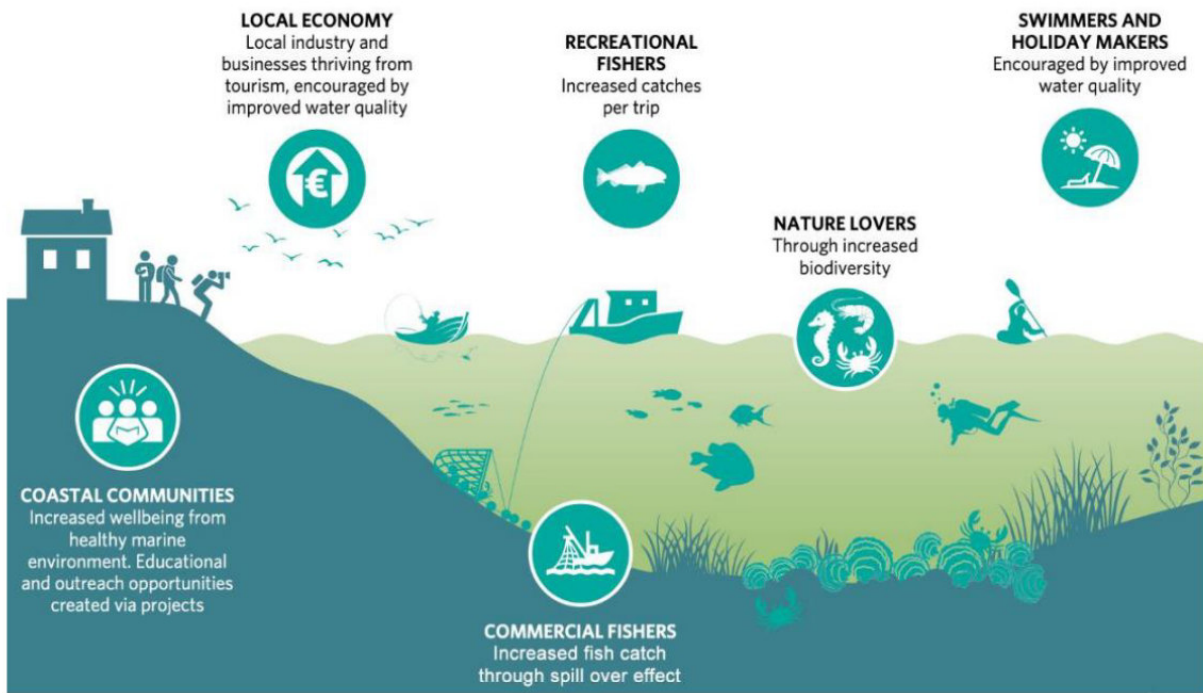


Figura 6 - Beneficiari del ripristino delle ostriche autoctone.

3. CONTRIBUTI SIGNIFICATIVI AD OBIETTIVI DI SOSTENIBILITA' AMBIENTALE

I servizi ecosistemici assolti da una scogliera con ostriche e sabellarie sono riassunti nella Fig. 7 e includono:

- **aumento della biodiversità**, formando una struttura complessa che fornisce riparo e cibo per una varietà di specie (sono state trovate più di 180 specie di invertebrati bentonici associati alle barriere coralline di ostriche);
- **stabilizzazione dei sedimenti**, riducendo la risospensione dei sedimenti fini;
- **aumento della produzione ittica**, fornendo aree adatte per l'alimentazione e la crescita dei pesci;
- **il ripristino delle popolazioni di ostriche** che ha ricadute sulla pesca locale delle ostriche;
- **valori culturali** che in passato hanno costituito il cuore delle comunità costiere;
- **migliore limpidezza dell'acqua**, che può essere benefica per le fanerogame marine e altri ambienti acquatici costieri;
- **rimozione dei nutrienti in eccesso** attraverso la denitrificazione;

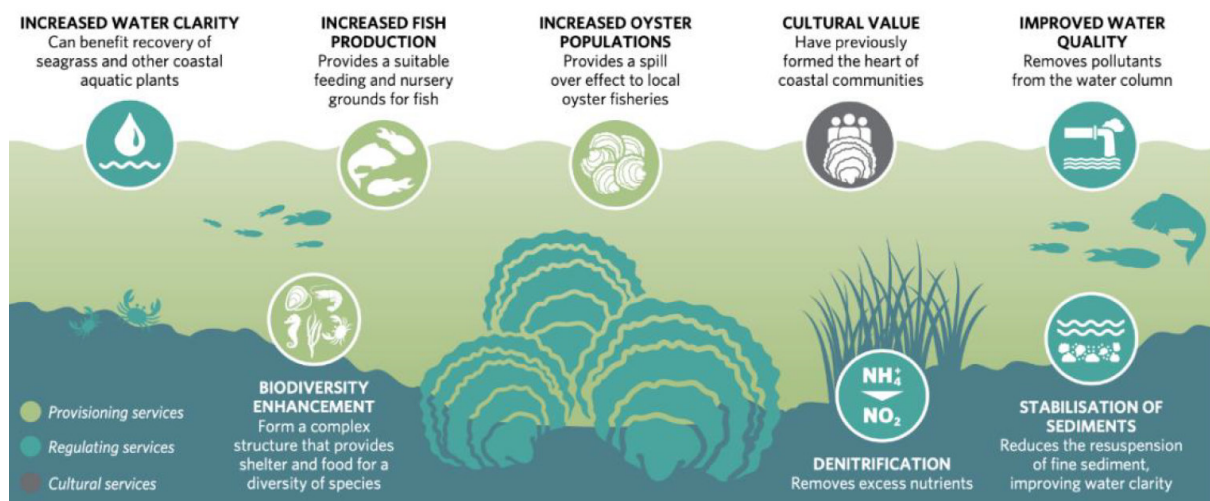


Figura 7. Servizi ecosistemici forniti dalle ostriche autoctone europee (da Preston et al., 2020) ed analogamente anche dai reef a sabellaria.

Pertanto per quanto attiene la verifica degli eventuali contributi significativi ad almeno uno o più degli obiettivi ambientali, come definiti nell'ambito dei regolamenti (UE) 2020/852 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 18 giugno 2020 e 2021/241 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 12 febbraio 2021, tenendo in conto il ciclo di vita dell'opera si ritiene che l'opera possa dare un contributo significativo al raggiungimento dei seguenti obiettivi ambientali:

3.1 Mitigazione ed adattamento ai cambiamenti climatici:

come descritto sopra l'opera costituirà il substrato ideale per l'impianto e l'accrescimento di colonie di ostriche e sabellarie, le quali, in base alle informazioni raccolte in diversi progetti di ripristino delle ostriche di successo, soprattutto nel nord Europa, saranno in grado di accrescersi e adattarsi ai cambiamenti climatici in modo più efficiente rispetto alle classiche opere di difesa costiera estendendo la loro azione di stabilizzazione della costa anche ai paraggi limitrofi.

3.2 Prevenzione e riduzione dell'inquinamento e protezione delle risorse marine:

Il conseguente aumento di biodiversità dell'area contribuirà a migliorare la qualità e la limpidezza dell'acqua rimuovendo gli agenti inquinanti dalla colonna d'acqua e i nutrienti in eccesso attraverso la denitrificazione.

In particolare le ostriche svolgono un ruolo significativo nel miglioramento della qualità delle acque marine attraverso diversi meccanismi:

Filtrazione dell'acqua: Le ostriche infatti filtrano grandi quantità di acqua per nutrirsi di piccoli organismi, particelle organiche e detriti e trattengono le particelle inquinanti. Ogni bivalve filtra e ripulisce da 110 a 190 litri di acqua al giorno. Questo processo aiuta a rimuovere particelle sospese e sostanze nutritive come il fosforo e il nitrito dall'acqua, contribuendo a regolare i cicli dell'azoto e del fosforo nell'ecosistema marino e a migliorare la trasparenza e la qualità generale dell'acqua.

Riduzione dei nutrienti: Le ostriche possono ridurre i livelli di nutrienti nell'acqua attraverso il loro metabolismo. Assorbendo nutrienti come il fosforo e l'azoto durante l'alimentazione, le ostriche incorporano questi nutrienti nei loro tessuti, riducendo così la disponibilità di tali sostanze nell'ambiente circostante e contribuendo a contrastare il fenomeno dell'eutrofizzazione.

Denitrificazione: Le ostriche possono promuovere la denitrificazione, un processo attraverso il quale il nitrito e il nitrato, due forme di azoto inorganico, vengono convertiti in gas azoto inerte

(N₂) e rilasciati nell'atmosfera. Questo processo avviene grazie all'attività microbica sui banchi di ostriche e sulle loro conchiglie, che forniscono un substrato favorevole alla crescita di batteri denitrificanti. La denitrificazione riduce la quantità di azoto disponibile nell'ecosistema, contribuendo a regolare il ciclo dell'azoto e del fosforo nell'ecosistema marino.

Inoltre il presente intervento prevede una movimentazione complessiva di circa 11.000,00 ton di materiale litoide, che saranno trasportati e posati solo via mare.

In questo modo, come evidenziato nel successivo Cap. 5, si riduce notevolmente la produzione di CO₂eq e di inquinanti atmosferici dovuta agli autocarri adibiti al trasporto del materiale da aree esterne che, visto anche il livello di protezione del sito e il delicato contesto in cui si opera sarebbe di difficile attuazione.

3.3 Protezione e ripristino della biodiversità e degli ecosistemi:

Il ripristino della barriera corallina di ostriche e vermi sabellariidi è lo scopo principale del progetto, insieme alla biodiversità che possono ospitare e ai beni e servizi ecologici che possono fornire. Il progetto consentirà la creazione di un reef di ostriche, come quelli storicamente presenti in quest'area. Inoltre, consentirà di estendere le scogliere di sabellaridi, ormai marginalmente limitate ad un'area antropizzata, all'area di maggior valore ecologico e interesse conservazionistico all'interno del sito Natura 2000 IT4070009 - Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano.

Complessivamente le barriere biogeniche ripristinate copriranno un'area di ca. 4000 mq. Questi reef saranno composti principalmente da ostriche autoctone europee (*Ostrea edulis*), di cui la densità minima di individui viventi sarà di 10 ind. Mq. Si prevede inoltre la formazione di almeno 3 reef di sabellariidi attorno al reef di ostriche; la loro crescita verrà stimolata alla base degli scogli a ostriche, svolgendo così un ruolo cruciale nel consolidare le strutture e aumentare la biodiversità.

Le scogliere di ostriche e sabellarie rappresentano habitat elettivi per varie specie marine e offrendo un luogo ideale per la riproduzione e protezione dei giovanili, contribuiscono all'aumento della biodiversità, al miglioramento della qualità dell'acqua e alla protezione della costa.

Promuovendo l'insediamento di specie marine autoctone in natura, il progetto contribuirà a salvaguardare le specie protette marine e costiere presenti in questa oasi e ad aumentare la resistenza biologica naturale all'invasione di specie aliene creando habitat e comunità marine e costiere resistenti e resilienti ai cambiamenti climatici.

4. STIMA DELLA CARBON FOOTPRINT DELL'OPERA

Il calcolo della "carbon footprint" di un'opera di difesa costiera coinvolge la valutazione delle emissioni di gas serra generate durante tutte le fasi del ciclo di vita dell'opera, dalla produzione dei materiali alla costruzione, manutenzione ed eventuale smantellamento. Gli step principali da seguire per tale calcolo sono:

Identificazione delle fasi del ciclo di vita: è importante definire tutte le fasi coinvolte nella realizzazione e nell'uso dell'opera di difesa costiera, inclusi la progettazione, l'acquisizione dei materiali, la costruzione, la manutenzione, e il fine vita.

Stima delle emissioni di gas serra associate a ciascuna fase del ciclo di vita. Questo può includere emissioni dirette e indirette. Le emissioni dirette potrebbero derivare dall'uso di macchinari durante

il trasporto dei materiali e la costruzione, mentre le emissioni indirette potrebbero provenire dalla produzione del materiale per l'opera (geotessuto, rocce e acciaio utilizzato nei materassi).

Raccolta dei dati: per ogni fase del ciclo di vita è necessario raccogliere dati pertinenti. Questi dati possono provenire da fonti come i fornitori di materiali, i costruttori, le attività di manutenzione e le normative ambientali.

Calcolo delle emissioni: Attraverso l'utilizzo di modelli o strumenti di calcolo approvati è possibile determinare le emissioni di gas serra per ciascuna fase del ciclo di vita. E' possibile basarsi su fattori di emissione standard o su dati specifici del progetto.

Compilazione dei risultati: Una volta calcolate le emissioni per ogni fase, è necessario compilare i risultati per ciascuna fase del ciclo di vita per ottenere una stima complessiva della carbon footprint dell'opera di difesa costiera.

Valutazione e miglioramento: Valuta i risultati ottenuti e identifica eventuali opportunità per ridurre le emissioni di gas serra. Ad esempio si può considerare l'adozione di materiali a basso impatto ambientale, l'ottimizzazione dei processi di costruzione e manutenzione, e l'implementazione di pratiche di gestione ambientale.

Il processo di calcolo della carbon footprint è pertanto complesso e necessita per una sua valutazione accurata di molti dati che in questa fase di progettazione non sono ancora nella disponibilità dell'ente quali a titolo esemplificativo ma non esaustivo:

- Origine del materiale
- Mezzi impiegati in cava per l'estrazione del materiale litoide
- Tipologia di mezzi di trasporto impiegati per la fornitura
- Tipologia di mezzi e attrezzature impiegati nella costruzione
- Eventuali interventi di manutenzione preventivati
- Mezzi impiegati per il monitoraggio dell'opera
-

Pur nell'impossibilità di stimare la carbon footprint dell'opera è importante considerare che la scelta di trasportare il materiale solo via mare e di procedere alla costruzione dell'opera sempre da mare riduce fortemente la carbon footprint riconducibile alle fasi di trasporto del materiale e di costruzione.

In base infatti al calcolatore di emissioni di CO2 *opensource* "GREENROUTER" accessibile al seguente link <https://www.greenrouter.it/page/index/tool> è possibile fare una valutazione di massima sulla differenza di emissioni di gas serra tra trasporto via mare (con nave container che si ipotizza impieghi olio combustibile pesante) e trasporto via terra (attraverso autocarri con portata 12 ton alimentati a diesel che è il mezzo con maggiore portata che è possibile selezionare nel tool) e le emissioni di CO2eq stimate per il trasporto di 12 ton di materiale via terra per una distanza stimata pari a 300 km sono pari a 864 ton mentre via mare sono solo 27 ton quindi ben 32 volte inferiori.

<p>Calcolatore gratuito dell'impronta di carbonio</p> <p><small>La seguente simulazione fornisce i valori di emissione di CO₂e generati dal trasporto di 12 tonnellate di merci. La simulazione è un'antiprima delle funzionalità di GreenRouter basata sui parametri di emissione medi del GLEC, a temperatura ambiente.</small></p> <p>Distance 300 Km</p> <p>Area Geografica: EUROA US ASIAF</p> <p>Mezzo di trasporto: Strada Aereo Nave Treno</p> <p>Emisore: Autocarro (75-12) - Diesel Autocarro (75-12) - Elettrico</p> <p>864.00 kgCO₂e</p>	<p>Calcolatore gratuito dell'impronta di carbonio</p> <p><small>La seguente simulazione fornisce i valori di emissione di CO₂e generati dal trasporto di 12 tonnellate di merci. La simulazione è un'antiprima delle funzionalità di GreenRouter basata sui parametri di emissione medi del GLEC, a temperatura ambiente.</small></p> <p>Distance 300 Km</p> <p>Area Geografica: EUROA US ASIAF</p> <p>Mezzo di trasporto: Strada Aereo Nave Treno</p> <p>Emisore: Autocarro (75-12) - Diesel Autocarro (75-12) - Elettrico</p> <p>27.00 kgCO₂e</p>
<p>Impronta di carbonio per trasporto via terra di 12 tonn di materiale</p>	<p>Impronta di carbonio per trasporto via mare di 12 tonn di materiale</p>

5. STIMA DELL'IMPATTO AMBIENTALE DELL'OPERA NEL SUO CICLO DI VITA - Life Cycle Assessment (LCA)

Il Life Cycle Assessment (LCA) è un metodo più ampio per valutare l'impatto ambientale di un prodotto, servizio o processo lungo l'intero ciclo di vita, dalla produzione al consumo e allo smaltimento. Tale metodo include anche l'analisi delle emissioni di gas serra associate.

Nell'analisi del ciclo di vita (LCA) per una barriera artificiale sommersa di difesa costiera è necessario seguire un processo che coinvolge diverse fasi quali:

Definizione degli obiettivi e dell'ambito: Stabilire gli obiettivi specifici dell'analisi del ciclo di vita e definire l'ambito del sistema che si intende valutare. Ad esempio, si potrebbe voler valutare l'impatto ambientale complessivo della produzione, installazione, manutenzione e smaltimento di una barriera artificiale sommersa.

Inventario del ciclo di vita: Raccogliere dati dettagliati su tutte le fasi del ciclo di vita della barriera artificiale sommersa. Questo include informazioni sulla produzione dei materiali utilizzati per la barriera, il trasporto dei materiali sul sito di installazione, l'installazione stessa, il funzionamento e la manutenzione della barriera durante il suo ciclo di vita, nonché il suo smaltimento alla fine della sua vita utile.

Valutazione dell'impatto: Utilizzare i dati raccolti nell'inventario del ciclo di vita per valutare gli impatti ambientali associati a ciascuna fase del ciclo di vita della barriera artificiale sommersa. Questi impatti possono includere l'emissione di gas serra, l'uso delle risorse naturali, l'inquinamento dell'acqua, l'impatto sull'habitat marino, ecc.

Interpretazione dei risultati: Interpretare i risultati dell'analisi del ciclo di vita per identificare le aree in cui la barriera artificiale sommersa ha un impatto ambientale significativo e le opportunità per migliorare le prestazioni ambientali del sistema. Questo può includere la valutazione di alternative più sostenibili per i materiali di costruzione, i processi di produzione e le pratiche di gestione.

Rendicontazione: Comunicare i risultati dell'analisi del ciclo di vita attraverso la preparazione di rapporti dettagliati, la condivisione delle informazioni con le parti interessate e l'utilizzo delle conclusioni per prendere decisioni informate sulla progettazione, l'uso e la gestione della barriera artificiale sommersa di difesa costiera.

Durante tutto il processo, è essenziale utilizzare metodologie e strumenti appropriati per garantire l'affidabilità e la completezza dell'analisi del ciclo di vita.

Il processo di calcolo della carbon footprint è pertanto complesso e necessita per una sua valutazione accurata di molti dati che in questa fase di progettazione non sono ancora nella disponibilità dell'ente quali a titolo esemplificativo ma non esaustivo:

L'analisi del ciclo di vita (LCA) di una barriera artificiale sommersa è già un'operazione di per se assai complessa per la quale a questo stadio di progettazione non si dispongono delle necessarie informazioni, per quanto riguarda il successivo impianto biogenico le variabili in gioco sono così varie e complesse che risulta ancora più complicato svolgere un'analisi accurata ed attendibile.

6. STIMA DEL CONSUMO COMPLESSIVO DI ENERGIA

Considerato che per la fornitura del materiale e la successiva costruzione del BLR si procederà esclusivamente via mare si ritiene che l'impatto dal punto di vista del consumo energetico dell'opera sia assai inferiore rispetto alla fornitura e realizzazione via terra che coinvolgerebbe un numero di mezzi molto più rilevante ed energivoro se parametrato all'unità di materiale trasportato.

A questo livello di progettazione non essendo ancora noti né l'origine del materiale né i mezzi impiegati in opera e i loro consumi non è possibile fare una stima del consumo di energia per la realizzazione dell'opera.

7. MODALITA' DI TRASPORTO SOSTENIBILI

Le **modalità di trasporto** dei materiali scelte per l'opera in progetto dal sito di produzione al cantiere sono quelle più sostenibili sia dal punto di vista dell'impatto sull'area di intervento che si trova all'interno di un'area Natura 2000 e come tale è soggetta ad elevati standard di protezione ambientale che per i consumi energetici e le conseguenti emissioni sia di inquinanti che di gas serra associati. Come evidenziato nel capitolo 4 le emissioni di gas serra associate al trasporto via mare sono circa 30 volte inferiori rispetto al trasporto su gomma e anche metodologia prescelta per la costruzione della scogliera tramite pontone piuttosto che con mezzi che operano da terra, consente un notevole risparmio di mezzi in opera.

La portata tra un tir a 4 assi è pari infatti a circa 40 ton mentre quella di una nave è pari a circa 3000 ton e quella di un motopontone è pari a circa 1000 ton. Quindi per trasportare le 11.000 ton previste di materiale litoide via terra sarebbero necessari 275 viaggi A/R mentre via mare solo 4.

8. STIMA DEGLI IMPATTI SOCIO-ECONOMICI DELL'OPERA

Educare e sensibilizzare il pubblico sull'importanza del ripristino delle scogliere biogeniche come soluzione basata sulla natura per la difesa costiera e l'aumento della biodiversità marina è il primo passo per un cambio di paradigma: proteggere le coste ripristinando gli ambienti naturali, non più creando barriere artificiali al mare.

Inoltre qualora il progetto dia i risultati attesi i reef biogenici a ostriche e sabellarie potranno essere replicati in altri contesti simili preservando infrastrutture costiere, proprietà private e habitat sensibili.

Come già evidenziato le scogliere di ostriche e sabellarie sono ecosistemi costieri che forniscono una serie di servizi ecosistemici essenziali, tra cui la protezione costiera, il filtraggio dell'acqua, la creazione di habitat per la biodiversità marina, il ciclo dei nutrienti e opportunità per la pesca e il turismo.

La valutazione economica di tali servizi implica la quantificazione e la valorizzazione dei benefici derivanti da tali servizi. Questo tipo di valutazione può essere condotto utilizzando una varietà di approcci, tra cui l'analisi costo-beneficio, l'analisi di mercato, l'analisi dei costi di sostituzione e altri metodi econometrici.

I risultati delle valutazioni economiche possono variare a seconda delle condizioni locali, delle dimensioni dell'ecosistema, delle specie presenti e delle esigenze umane. Esistono diversi studi che hanno analizzato i servizi ecosistemici forniti dalle scogliere ad ostriche e in generale tutte le valutazioni fatte tendono a dimostrare che le scogliere di ostriche forniscono benefici significativi per la società che superano spesso il loro valore intrinseco come risorse naturali.

Per stimare l'impatto economico di una scogliera ad ostriche si dovrebbe attribuire un valore ai diversi servizi ecosistemici forniti quali a titolo esemplificativo ma non esaustivo:

Valore della protezione costiera: Si potrebbe stimare l'impatto economico della riduzione dell'erosione costiera e dei danni causati dalle tempeste, considerando i costi evitati di riparazione delle infrastrutture costiere e delle proprietà private.

Valore della filtrazione dell'acqua: L'impatto economico potrebbe essere stimato in base ai maggiori introiti dovuti ai mancati divieti di balneazione, oltre ai benefici per il turismo balneare e la pesca commerciale e ricreativa derivanti dalla migliorata qualità dell'acqua.

Valore dell'habitat e della biodiversità: L'impatto economico potrebbe essere stimato considerando i benefici derivanti dalla pesca commerciale, dal turismo legato alla natura e dall'attrattività del luogo.

Valore dei servizi ricreativi e turistici: Le scogliere di ostriche possono essere un'attrazione per attività ricreative come la pesca, l'osservazione della fauna selvatica e il birdwatching. L'impatto economico potrebbe essere stimato in base alle entrate turistiche generate da queste attività, incluse le spese per alloggio, ristorazione e acquisti locali.

Valore dei servizi di regolazione climatica: Anche se meno tangibili, le scogliere di ostriche possono contribuire alla regolazione del clima attraverso la sequestro di carbonio e l'assorbimento di onde di marea. L'impatto economico di tali servizi potrebbe essere stimato in base ai benefici per la mitigazione dei cambiamenti climatici e per la resilienza degli ecosistemi costieri.

In generale, l'impatto economico complessivo di una scogliera di ostriche può essere determinato considerando i benefici derivanti da una vasta gamma di servizi ecosistemici, sia diretti che indiretti. È importante inoltre notare che la valutazione economica potrebbe anche considerare i costi associati alla gestione e alla conservazione delle scogliere di ostriche.

In sintesi, le scogliere di ostriche sono ecosistemi marini preziosi che forniscono una vasta gamma di servizi ecosistemici essenziali per gli esseri umani e per gli ecosistemi marini. Le valutazioni economiche di tali servizi aiutano a comprendere meglio il loro valore e a promuovere il ripristino e la gestione sostenibile di questi importanti habitat costieri.