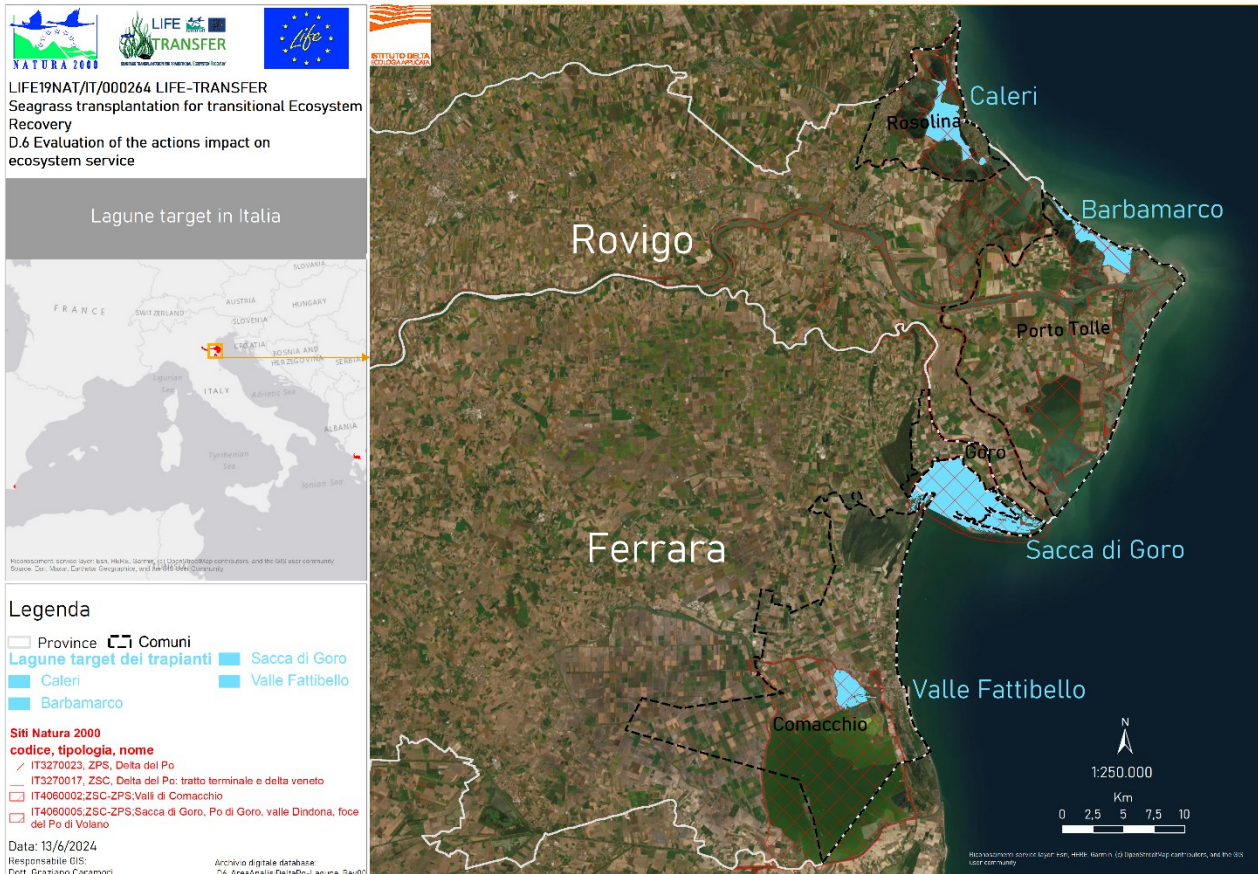


D.6 Evaluation of the actions impact on ecosystem services

Lagune target:

Caleri; Barbamarco; Goro; Valle Fattibello



Working group: Graziano Caramori (IDECO), Michele Mistri (UNIFE), Adriano Sfriso (DAIS-UNIVE)

Ferrara, November 2025

Status: final



LIFE19NAT/IT/000264 LIFE-TRANSFER
Seagrass transplantation for transitional Ecosystem Recovery

Blank page for double-side printing



LIFE19NAT/IT/000264 LIFE-TRANSFER
Seagrass transplantation for transitional Ecosystem Recovery

Summary

EXECUTIVE SUMMARY	1
INTRODUZIONE	3
METODOLOGIA	3
INDIVIDUAZIONE DEGLI ECOSISTEMI E VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI	5
SELEZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI	7
Servizi di approvvigionamento	7
Servizi di regolazione e conservazione	10
Servizi culturali	12
NORMALIZZAZIONE DEI VALORI	13
SOMMARIO BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO	15



LIFE19NAT/IT/000264 LIFE-TRANSFER
Seagrass transplantation for transitional Ecosystem Recovery

Blank page for double-side printing



LIFE19NAT/IT/000264 LIFE-TRANSFER Seagrass transplantation for transitional Ecosystem Recovery

EXECUTIVE SUMMARY

This report evaluates the impact of LIFE TRANSFER seagrass restoration actions on ecosystem services in four Italian coastal lagoons (Caleri, Barbamarco, Goro, and Valle Fattibello) located in four Natura 2000 Italian sites.

The assessment followed MAES methodology and CICES v5.2 classification, analyzing three service categories: provisioning, regulation and maintenance, and cultural services. Ecosystem services were selected based on ecosystem type and local socio-economic context, using normalized values (0-5 scale) to track changes from 2021 to 2025.

The blue crab (*Callinectes sapidus*) invasion from 2023 completely masked project impacts on provisioning services. Clam aquaculture production collapsed by 60% in Emilia-Romagna lagoons, while Veneto reported a dramatic 30% drop in active fishers (from 1,500 to 1,083). This impact, however, provides empirical evidence that functional biodiversity underpins local economic stability.

Regulation and maintenance services showed measurable improvements, particularly in Caleri lagoon where EQR indices and macrobenthic communities demonstrated clear ecological recovery. Transplanted areas exhibited increased biodiversity and habitat quality compared to control sites. Barbamarco and Goro and showed some improvements, while Fattibello results remained limited due to sparse meadow development.

Cultural services improved across all lagoons through environmental education programs targeting seagrass ecosystems, with Caleri achieving the highest increase due to integration with the Botanical Garden facilities and established nature tourism.

The assessment also identified an emerging ecosystem service: bioactive compounds from seagrass-associated fungi, representing a promising pharmaceutical and industrial resource currently unexplored in LIFE TRANSFER but meriting future attention.

LIFE19NAT/IT/000264 LIFE-TRANSFER
Seagrass transplantation for transitional Ecosystem Recovery

Despite the blue crab crisis obscuring direct project impacts on provisioning services, the restoration actions demonstrated positive ecological trajectories in habitat quality and community structure, validating seagrass transplantation as an effective conservation tool for coastal lagoon ecosystems. The crisis induced by blue crab provided an empirical, albeit dramatic, demonstration of the fundamental concept underlying the LIFE TRANSFER project: biodiversity is the prerequisite for a functioning economy. The blue crab, an omnivorous predator that decimated clam populations, acted as a disturbance that altered the ecosystem balance, producing a cascading effect on the entire local economy.

The *C. sapidus* invasion masked the possibility of directly measuring the impact of the project's conservation actions of Provisioning Ecosystem Service in the short term. However, this event paradoxically reinforces the strategic relevance of the implemented actions:

1. Seagrass meadows increase ecological resilience: more structured and diversified ecosystems are more capable of resisting and recovering from biological disturbances.
2. Habitat diversification reduces economic vulnerability: lagoons with greater ecological complexity can support a wider range of economic activities, reducing dependence on single species.
3. The restoration of priority habitats is a form of insurance: in a context of increasing pressure from invasive alien species and climate change, investing in habitat conservation is an investment in long-term economic stability.

Last but not least, the IPBES report (2023) identifies invasive alien species as one of the five main drivers of biodiversity loss at the global level, with an estimated economic impact of 12 billion euros annually at the European level. The Po Delta experience provides a concrete case study of this global scientific evidence.

LIFE19NAT/IT/000264 LIFE-TRANSFER Seagrass transplantation for transitional Ecosystem Recovery

INTRODUZIONE

Il presente report riguarda l'azione "D6 Evaluation of the actions impact on ecosystem services" relativa alle quattro lagune di Progetto in Italia, in cui sono stati effettuati i trapianti. Due lagune sono situate in Regione Veneto: lagune di Caleri nel Comune di Rosolina; laguna di Barbamarco nel Comune di Porto Tolle. Due lagune sono situate in Regione Emilia-Romagna: Goro nel Comune di Goro; Valle Fattibello nel Comune di Comacchio.

METODOLOGIA

Il metodo utilizzato per la valutazione dei servizi ecosistemici, di seguito SE, ha seguito le linee guida "Assessing ecosystems and their services in LIFE projects a guide for beneficiaries (June 2021)" che di fatto propongono la metodologia MAES - Mapping and Assessing Ecosystem and their Services. In sintesi, la valutazione dei SE ha seguito le linee guida con un approccio a 3 diverse fasi sequenziali:

1. Individuazione degli ecosistemi rilevanti;
2. Selezione e quantificazione dei servizi ecosistemici rilevanti;
3. Normalizzazione dei valori dei servizi ecosistemici e loro inclusione nella matrice.

Dal punto di vista della tipologia dei SE va evidenziato che negli anni la classificazione ha subito alcune importanti modifiche e rimaneggiamenti, il termine stesso è apparso nella letteratura accademica nel 1977, ma il celebre articolo "*The value of the world's ecosystem services and natural capital*" (Costanza, R. et al. 1997)¹ ha indubbiamente rappresentato un punto di svolta. La classificazione dei servizi ecosistemici è stata proposta dal "*Millennium Ecosystem Assessment*" (2005)², successivamente adottata e modificata nel progetto "*The Economics of Ecosystems and Biodiversity*" (TEEB, 2010)³. La classificazione inizialmente era costituita da quattro gruppi di SE: supporto, regolazione, fornitura e culturali (supporting, regulating, provisioning and cultural) ed ha costituito per alcuni anni il nucleo della maggior parte dei lavori di valutazione dei servizi ecosistemici.

¹ Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., Oneill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253–260

² Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.

³ TEEB, 2010. *Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB*. Earthscan, London and Washington.

LIFE19NAT/IT/000264 LIFE-TRANSFER
Seagrass transplantation for transitional Ecosystem Recovery

Successivamente, nel 2013, è stata pubblicata la prima Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) o classificazione internazionale comune dei servizi ecosistemici, un'attività sviluppata dall'Agenzia Europea dell'Ambiente. Una classificazione comune ed internazionale è fondamentale per la standardizzazione dei lavori e la possibilità di comparazione. Per descrivere i servizi ecosistemici la classificazione CICES utilizza una struttura gerarchica a cinque livelli, in cui ogni livello è progressivamente più dettagliato e specifico:

Section

Division

Group

Class

Class type

La struttura gerarchica della classificazione è illustrata in Figura 1, a titolo esemplificativo, tramite il servizio di approvvigionamento (Provisioning) di cereali.

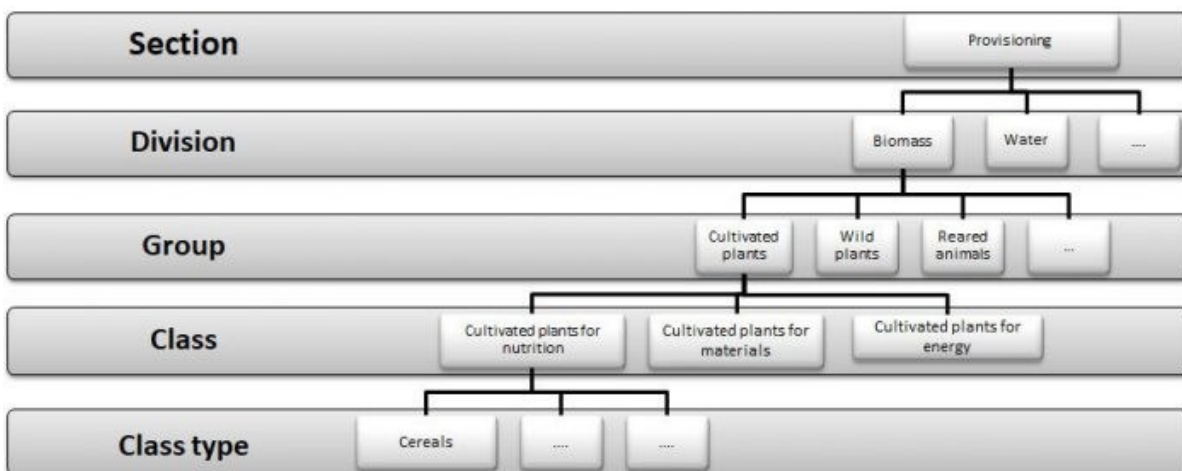


Figura 1: struttura gerarchica della classificazione CICES, tratta da <https://cices.eu/revision-highlights/> (consultata agosto 2025).

La stessa classificazione CICES è oggetto di revisioni ed aggiornamenti. Alla data del presente elaborato è stata utilizzata la più recente classificazione CICES disponibile, la versione 5.2 rilasciata nell'anno 2025.

Nel presente lavoro è stata utilizzata la suddetta classificazione CICES versione 5.2, come indicato nelle citate linee guida. Di conseguenza rispetto alla descrizione dell'azione nell'Application Form di progetto i gruppi, o sezioni, di servizi ecosistemici da quattro sono state ridotte a tre:

LIFE19NAT/IT/000264 LIFE-TRANSFER Seagrass transplantation for transitional Ecosystem Recovery

- Approvvigionamento (Provisioning),
- Regolazione e conservazione (Regulation & Maintenance),
- Culturale (Cultural).

INDIVIDUAZIONE DEGLI ECOSISTEMI

Per l'analisi dell'impatto dei Servizi Ecosistemici (SE) sono state considerate le lagune dei seguenti siti Natura 2000 di progetto in Italia:

- IT3270017 ZSC Delta del Po: tratto terminale e delta veneto, sito sovrapposto a IT3270023 ZPS Delta del Po, i siti sono gestiti dal Beneficiario Associato Parco Regionale Veneto del delta del Po;
- IT4060005 ZSC-ZPS, Sacca di Goro, Po di Goro valle Dindona foce del Po di Volano, sito gestito dal Beneficiario Associato Ente di Gestione per i Parchi e la Biodiversità-Delta del Po;
- IT4060002 ZSC-ZPS Valli di Comacchio, sito gestito dal Beneficiario Associato Ente di Gestione per i Parchi e la Biodiversità-Delta del Po.

Le relative lagune interessate dal progetto LIFE TRANSFER sono:

Caleri nel Comune di Rosolina, IT3270017 ZSC e IT3270023 ZPS;

Barbamarco nel Comune di Porto Tolle IT3270017 ZSC e IT3270023 ZPS;

Goro nel Comune di Goro, IT4060005 ZSC-ZPS;

Valle Fattibello nel Comune di Comacchio, IT4060002 ZSC-ZPS.

LIFE19NAT/IT/000264 LIFE-TRANSFER
Seagrass transplantation for transitional Ecosystem Recovery

L'area descritta con i siti Natura 2000, le lagune e gli ambiti amministrativi sono rappresentati nella cartografia di

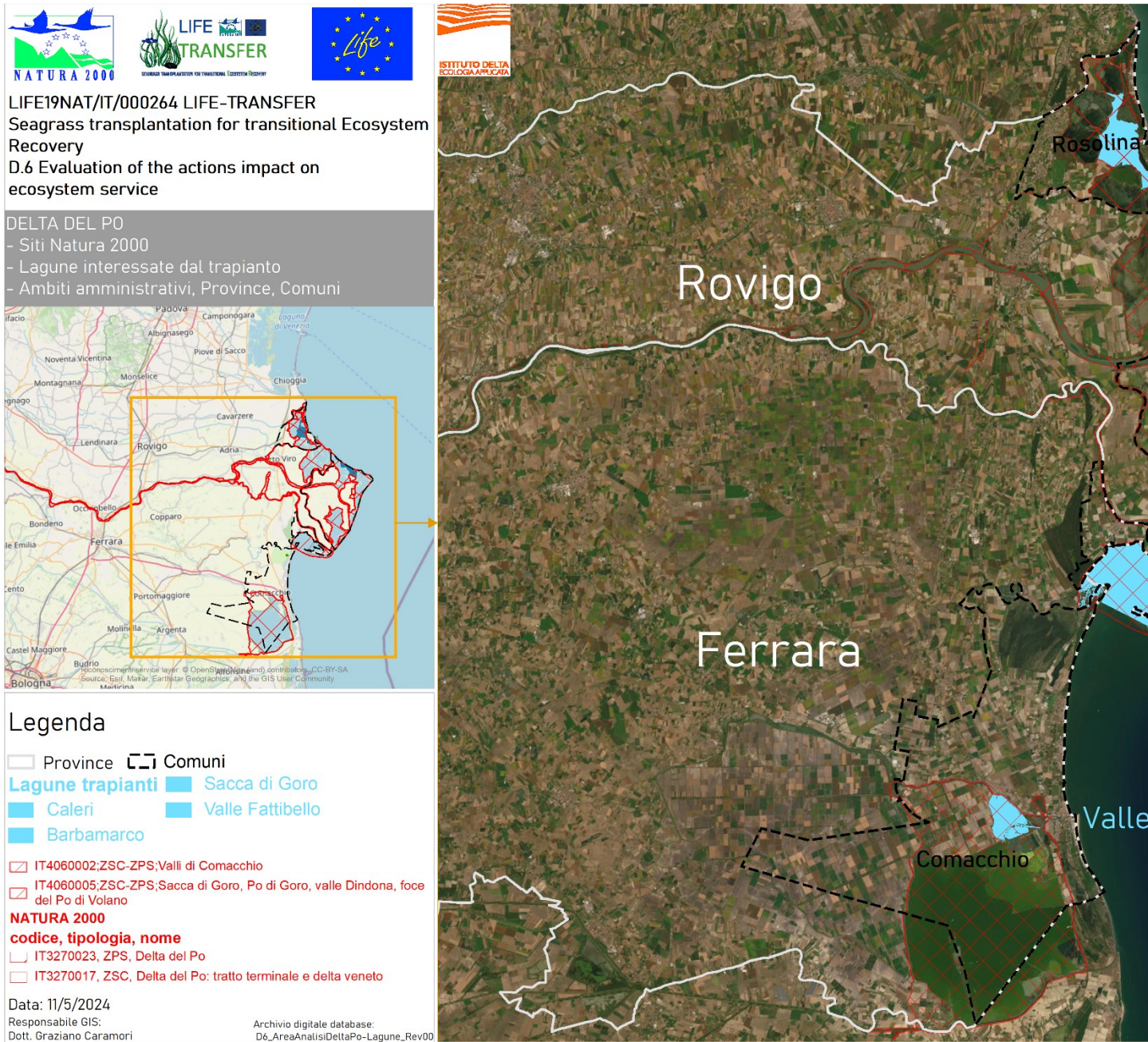

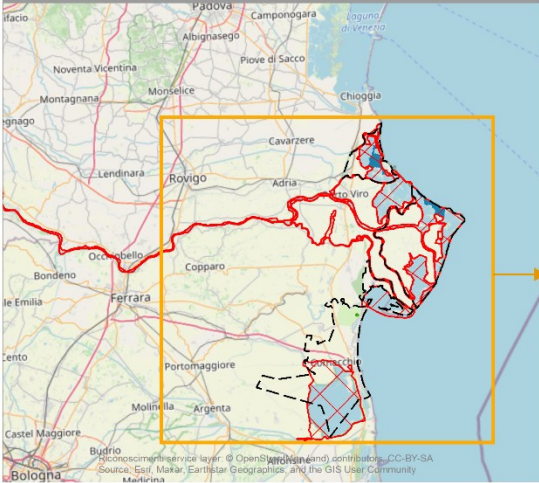


Figura 2.



LIFE19NAT/IT/000264 LIFE-TRANSFER
 Seagrass transplantation for transitional Ecosystem Recovery
 D.6 Evaluation of the actions impact on ecosystem service

DELTA DEL PO
 - Siti Natura 2000
 - Lagune interessate dal trapianto
 - Ambiti amministrativi, Province, Comuni



Legenda
 □ Province □ Comuni
 Lagune trapianti Sacca di Goro
 Caleri Valle Fattibello
 Barbamarco

IT4060002;ZSC-ZPS;Valli di Comacchio
 IT4060005;ZSC-ZPS;Sacca di Goro, valle Dindona, foci del Po di Volano

NATURA 2000
 codice, tipologia, nome
 IT3270023, ZPS, Delta del Po
 IT3270017, ZSC, Delta del Po: tratto terminale e delta veneto

Data: 11/5/2024
 Responsabile GIS: Dott. Graziano Caramori Archivio digitale database: D6_AreaAnalisiDeltaPo-Lagune_Rev00



Figura 2: area di analisi delta del Po, siti Natura 2000, lagune di intervento e relativi Comuni interessati.

LIFE19NAT/IT/000264 LIFE-TRANSFER Seagrass transplantation for transitional Ecosystem Recovery

Le quattro lagune target di progetto rientrano nella tipologia di ecosistemi “Marine inlets and transitional waters”, secondo la classificazione MAES⁴.

SELEZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

I Servizi Ecosistemi (SE) sono stati selezionati considerando la tipologia di ecosistema ed il contesto socio-economico locale, in modo da far riferimento alle reali produzioni per quanto riguarda i servizi di approvvigionamento ed anche ai servizi di regolazione e culturali delle lagune.

Nelle tabelle seguenti le prime sei colonne riportano la classificazione completa del Servizio Ecosistemico (SE) selezionato, incluso il codice dell’attuale versione (5.2). Le ultime due colonne riportano il SE specifico per le lagune in esame e l’indicatore utilizzato per la valutazione e normalizzazione dei valori.

Servizi di approvvigionamento

Section	Division	Group	Class	5.2 Code	Simple descriptor	SE	Indicatore
Provisioning (Biotic/Biophysical)	Biomass	Reared aquatic animals for nutrition, materials or energy	Animals reared by in-situ aquaculture for nutritional purposes	1.1.4.1	<i>Animals that are cultivated in fresh or salt water that we eat.</i>	Acquacoltura vongola verace (<i>Ruditapes philippinarum</i>)	Produzione di vongole veraci T/anno /laguna
Provisioning (Biotic/Biophysical)	Biomass	Wild animals (terrestrial and aquatic) for nutrition, materials or energy	Wild animals (terrestrial and aquatic) used for nutritional purposes	1.1.6.1	<i>Food from wild animals</i>	Pesci da pesca tradizionale	Proxy specie - Index HFBI
Provisioning (Biotic/Biophysical)	Other types of provisioning service from biotic sources	Other	Other	1.3.X.X	-	Composti bioattivi da funghi associati alle praterie di fanerogame con potenziale industriale	Indicatore non disponibile. Nuovo SE.

Tabella 1: SE di approvvigionamento selezionati per le 4 lagune del delta del Po.

⁴ Maes J, Teller A, Erhard M, Grizzetti B, Barredo JI, Paracchini ML, Condé S, Somma F, Orgiazzi A, Jones A, Zulian A, Petersen JE, Marquardt D, Kovacevic V, Abdul Malak D, Marin AI, Czúcz B, Mauri A, Löffler P, Bastrup-Birk A, Biala K, Christiansen T, Werner B (2018) *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: An analytical framework for ecosystem condition*. Publications office of the European Union, Luxembourg.



LIFE19NAT/IT/000264 LIFE-TRANSFER Seagrass transplantation for transitional Ecosystem Recovery

Produzione di vongola verace

Per il Servizio Ecosistemico di produzione da acquacoltura i vongola verace, l'analisi condotta nell'azione D5 "Analysis of local economy" ha evidenziato che le zone umide salmastre del delta del Po, e non solo, a partire dall'anno 2023 sono state interessate da una improvvisa crescita della popolazione di granchio blu, *Callinectes sapidus*, mai vista in precedenza. Il *C. sapidus* è una specie aliena, di notevoli dimensioni, onnivora ed opportunista, arrivata in Italia nel secolo scorso, e presente in tutto il Mediterraneo. Ma nelle lagune del delta del Po a partire è dal 2023 la popolazione è cresciuta a dismisura provocando un crollo nella produzione di vongole veraci.

Qualsiasi effetto del progetto sul buono stato di conservazione delle lagune costiere. e a cascata sulle produzioni di acquacoltura e pesca che sostengono l'economia locale, è stato totalmente mascherato dall'impatto della specie aliena *C. sapidus*.

Il Rapporto agro-alimentare per l'Emilia-Romagna, nel periodo 2022-2024 ha evidenziato un calo di produzione di vongole veraci del 60% riguardante quindi le lagune di Goro e Valle Fattibello. Anche se i dati relativi alla pesca e acquacoltura sono raccolti come dati aggregati l'impatto è dirompente. Per quanto riguarda le lagune di Caleri e Barbamarco l'Agenzia Veneta per l'Innovazione nel Settore Primario (AVISIP) ha pubblicato un report sull'impatto del granchio blu secondo cui ha provocato un drastico calo del numero di soci del Consorzio Cooperative Pescatori del Polesine, dedito all'allevamento delle vongole veraci, passato da 1.500 nel 2023 a 1.083 nel 2024, con una previsione di ulteriore calo a 750 entro la fine del 2025.

Sebbene i dati non siano registrati in modo uniforme tra le due Regioni l'impatto del granchio blu sull'economia locale è evidente, sia sulla produzione netta, sia nel calo degli addetti al settore dell'acquacoltura lagunare.

Pesci da pesca tradizionale

La pesca tradizionale nelle lagune del delta del Po ormai da alcuni decenni ha subito una contrazione significativa a partire dagli anni '80 in parallelo all'avvento dell'acquacoltura delle vongole veraci. La motivazione è esclusivamente economica, in quanto la pesca tradizionale non garantisce un reddito

LIFE19NAT/IT/000264 LIFE-TRANSFER Seagrass transplantation for transitional Ecosystem Recovery

paragonabile all'acquacoltura. Tra le varie forme di pesca si è mantenuta nel tempo la pesca del pesce novello, praticata nelle lagune in quanto aree nursery.

Composti bioattivi da funghi associati alle praterie di fanerogame

Si segnala infine un nuovo SE evidenziato da una recente ricerca, pubblicata nel 2024, che ha analizzato i dati e gli studi relativi ai funghi associati alle fanerogame marine⁵.

Dal punto di vista dei Servizi Ecosistemici la ricerca evidenzia che i funghi associati alle praterie di fanerogame marine rappresentano una nuova riserva di metaboliti, utili in campo farmaceutico e in altre applicazioni industriali.

La ricerca evidenzia infine un gap conoscitivo da colmare, sebbene i funghi marini siano studiati da oltre 50 anni sono stimate oltre 10.000 specie fungine di habitat marini, ma di queste ne risultano note circa il 20%. Ad oggi infatti secondo www.marinefunghi.org (visitato il 10 novembre 2025), sono state descritte solo 2.253 specie di funghi marini.

Sebbene i funghi associati alle praterie di fanerogame marine non siano obiettivo del progetto LIFE TRANSFER si tratta di un campo nuovo e promettente che deve essere menzionato in quanto evidenzia un ulteriore Servizio Ecosistemico associato alle praterie di fanerogame marine e del relativo habitat 115* Lagune costiere.

Data la valenza il SE è pertanto ricordato in questa nota, sebbene non possa essere valutato nella matrice dei valori normalizzati al capitolo successivo.

⁵ Rajakaruna, O.; Wijayawardene, N.N.; Udagedara, S.; Jayasinghe, P.K.; Gunasekara, S.S.; Boonyuen, N.; Bamunuarachchige, T.C.; Ariyawansa, K.G.S.U. Exploring Fungal Diversity in Seagrass Ecosystems for Pharmaceutical and Ecological Insights. J. Fungi 2024, 10, 627. <https://doi.org/10.3390/jof10090627>.

LIFE19NAT/IT/000264 LIFE-TRANSFER
Seagrass transplantation for transitional Ecosystem Recovery

Servizi di regolazione e conservazione

Section	Division	Group	Class	5.2 Code	Simple descriptor	SE	Indicatore
Regulation & Maintenance (Biotic/Biophysical)	Regulation of physical, chemical, biological conditions	Lifecycle maintenance, habitat and gene pool protection	Maintaining or regulating nursery populations and habitats or breeding grounds (Includes gene pool protection)	2.3.2.3	<i>Providing habitats for wild plants and animals that can be useful to us</i>	Habitat per gli stadi giovanili dei pesci, area riproduzione	Specie da Index HFBI (Habitat Fish Bio-Indicator)
Regulation & Maintenance (Biotic/Biophysical)	Regulation of physical, chemical, biological conditions	Lifecycle maintenance, habitat and gene pool protection	Maintaining or regulating refuge habitats	2.3.2.4	<i>Providing habitats for wild plants and animals that can be useful to us</i>	Habitat rifugio per i pesci	MaQI/EQR; M-AMBI e BITS

Tabella 2: SE di Regolazione e conservazione selezionati per le 4 lagune del delta del Po.

Habitat for gli stadi giovanili dei pesci, area riproduzione

L'indice di valutazione della comunità ittica HBFi (Habitat-Based Fish Index) non rileva differenze sostanziali nella composizione o nella struttura delle comunità ittiche tra le Lagune di Caleri e Fattibello. L'indice presenta piuttosto fluttuazioni nel corso degli anni dovute principalmente alla stagionalità, riflettendo i modelli migratori naturali dei pesci che si spostano tra la laguna e le aree marine adiacenti.

Al contrario dal punto di vista delle specie che utilizzano l'habitat praterie di fanerogame si rileva la presenza di due specie di pesci ago nella laguna di Caleri, *Syngnathus abaster*, *Syngnathus typhle*, che evidenziano il ruolo delle praterie di fanerogame. Nella laguna di Barbamarco le praterie si presentano con ciuffi sparsi di fanerogame marine, non ancora uniti tra loro. In questa laguna non sono stati campionati pesci ago ma sono presenti specie protette come l'*Aphanius fasciatus*, e la *Knipowitschia panizzae*. Si presume pertanto un effetto positivo legato all'escavo del canale sublagunare.

Per quanto riguarda Goro e Fattibello si rileva il medesimo andamento, nella prima laguna di Goro l'indice HBFi variava tra valori di Buono e Alto, ma senza distinzione tra siti di controllo ed area di trapianto. Mentre a Fattibello l'indice ha sempre riportato valori tra Moderato o Scarso. Tuttavia

LIFE19NAT/IT/000264 LIFE-TRANSFER Seagrass transplantation for transitional Ecosystem Recovery

dal punto di vista delle specie che utilizzano l'habitat praterie di fanerogame a Goro, in cui si è registrato un attecchimento delle zolle trapiantate, si segnala la presenza di pesci ago della specie *Syngnathus abaster*, non rilevati a Fattibello.

Habitat rifugio per i pesci

L'indice EQR evidenzia le modifiche in atto nelle lagune oggetto di trapianto, nella laguna di Caleri si registra la modifica maggiore, seguita da Goro, mentre a Barbamarco e Fattibello la presenza di ciuffi di fanerogame non è ancora sufficiente a modificare lo status ecologico.

Station	Year	Ecological Quality Ratio (EQR)	Ecological status
Barbamarco	2022 (ex ante)	0,25	Poor
	2023	0,25	Poor
	2024	0,35	Poor
	2025	0,35	Poor
Caleri	2022 (ex ante)	0,25	Poor
	2023	0,55	Moderate
	2024	0,55	Moderate
	2025	0,65	Good
Goro	2022 (ex ante)	0,25	Poor
	2023	0,35	Poor
	2024	0,35	Poor
	2025	0,55	Moderate
Fattibello	2022 (ex ante)	0,25	Poor
	2023	0,35	Poor
	2024	0,35	Poor
	2025	0,35	Poor

Figura 3: indici EQR delle lagune in esame, estratti dai report finali Action D1: Monitoring of C1 action, Action D2: Monitoring of C2 action.

Anche i valori degli indici macrobentonici come pure, la struttura della comunità bentonica evidenziano un trend analogo. Nell'area di trapianto delle fanerogame, le comunità bentoniche hanno iniziato a diversificarsi, indicando una risposta ecologica positiva al ripristino delle fanerogame.

L'applicazione degli indici M-AMBI e BITS al sito di Barbamarco ha mostrato un lieve miglioramento complessivo dello stato ecologico dell'area sottoposta a trapianto di fanerogame, mentre lo stato ecologico dell'area di controllo è rimasto pressoché costante nel tempo.

Nel sito di Caleri, gli indici hanno rivelato un netto miglioramento della qualità ecologica nell'area in cui sono stati effettuati i trapianti di fanerogame marine. L'area trapiantata ha mostrato costantemente valori di indice più elevati rispetto alla vicina area di controllo di sedimento nudo, riflettendo non solo migliori condizioni ecologiche, ma anche un cambiamento positivo nella struttura della comunità bentonica. I trapianti hanno promosso la diversificazione delle associazioni bentoniche, indicando che sono in corso i processi di strutturazione dell'habitat tipici delle praterie di fanerogame marine e segnando una promettente traiettoria verso il recupero ecologico.

LIFE19NAT/IT/000264 LIFE-TRANSFER Seagrass transplantation for transitional Ecosystem Recovery

A Barbamarco, i risultati sono stati più modesti. Mentre lo stato ecologico dell'area trapiantata ha mostrato un leggero miglioramento nel tempo, l'area di controllo è rimasta sostanzialmente invariata.

Servizi culturali

Section	Division	Group	Class	5.2 Code	Simple descriptor	SE	Indicatore
Cultural (Biotic/Biophysical)	Intellectual and representative interactions with natural environment	Direct, in-situ and outdoor interactions with living systems that depend on presence in the environmental setting	Elements of living systems that enable education and training, including the importance of between and within species genetic diversity	3.2.1.2	<i>Studying nature</i>	Educazione ambientale rivolta alle praterie di fanerogame marine	Studenti che assistono alle lezioni dedicate alle praterie di fanerogame marine
Cultural (Biotic/Biophysical)	Intellectual and representative interactions with natural environment	Direct, in-situ and outdoor interactions with living systems that depend on presence in the environmental setting	Elements of living systems that enable aesthetic experiences	3.2.1.4	<i>The beauty of nature</i>	Praterie di fanerogame marine come elemento che migliora la visita	Turismo naturalistico nelle lagune

Tabella 3: SE Culturali selezionati per le 4 lagune del delta del Po.

I due SE selezionati sono tra loro collegati seppure differenti, le praterie di fanerogame marine offrono un'opportunità di studio attraverso l'educazione ambientale per migliorare la conoscenza e l'importanza di questa componente degli ecosistemi. In questo caso l'educazione ambientale è stata realizzata in tutte le lagune oggetto di intervento per cui viene considerato un incremento, seppure differenziato, in tutte le lagune. Non di minore importanza si ricorda la recente ricerca menzionata nei SE di approvvigionamento che ha evidenziato i funghi associati alle praterie di fanerogame marine come una nuova riserva di metaboliti, utili in campo farmaceutico e in altre applicazioni industriali ed un gap conoscitivo da colmare, in quanto le specie note di funghi marini sono solo circa il 20% del totale.

LIFE19NAT/IT/000264 LIFE-TRANSFER Seagrass transplantation for transitional Ecosystem Recovery

L'esperienza del turismo naturalistico legato alle lagune è chiaramente migliorata grazie alla presenza delle praterie, nella laguna di Caleri ha una valenza superiore, non solo per lo sviluppo già significativo della prateria, ma anche per la possibilità di visita legata al Giardino Botanico di Caleri, utilizzato anche per le visite su campo durante le lezioni di educazione ambientale

NORMALIZZAZIONE DEI VALORI

La normalizzazione dei valori per le 4 lagune di progetto ha utilizzato la scala 0-5 prevista dalle linee guida "Assessing ecosystems and their services in LIFE projects a guide for beneficiaries (June 2021)" sotto riportata.

- 0 Unknown
- 1 Very poor/bad/non functional
- 2 Poor/unfavourable
- 3 Moderate
- 4 Good/favourable
- 5 Very good/high

Considerando la scala normalizzata dei valori, da 0 a 5 secondo la metodologia proposta dalle linee guida, le condizioni iniziali delle lagune target sono riportate nella sottostante Tabella 4.

Laguna Condizione iniziale (0-5)	Praterie di fanerogame	SE Approvvigionamento Pescato tradizionale	SE Approvvigionamento Acquacoltura	SE Regolazione e conservazione; Cultural
Caleri	Assenti	2	4	2
Barbamarco	Assenti	2	4	2
Goro	Assenti	2	5	2
Fattibello	Assenti	2	4	2

Tabella 4: condizione iniziale dei SE selezionati per le 4 lagune del delta del Po.

La condizione iniziale per i SE di approvvigionamento è stata valutata utilizzando i risultati dell'azione D5 valutazione dell'impatto socio-economico delle azioni di conservazione. Per i servizi di regolazione e conservazione e culturale sono stati considerati i valori dell'indice EQR / MaQI gli indici del macrobenthos e le specie ittiche.

La Tabella 5 riassume la valutazione quantitativa dei SE secondo la classificazione CICES nelle 4 lagune e la tendenza del loro valore normalizzato dal 2021 al 2025.

LIFE19NAT/IT/000264 LIFE-TRANSFER
Seagrass transplantation for transitional Ecosystem Recovery

Section	5.2 Code	Simple descriptor	Servizio Ecosistemico	Indicatore	Caleri	Barbamarco	Goro	Valle Fattibello
Provisioning (Biotic/Biophysical)	1.1.4.1	Animals that are cultivated in fresh or salt water that we eat.	Acquacoltura vongola verace (<i>Ruditapes philippinarum</i>)	Produzione di vongole veraci T/anno /laguna	4 -> 2	4 -> 2	5 -> 3	4 -> 2
Provisioning (Biotic/Biophysical)	1.1.6.1	Food from wild animals	Pesci da pesca tradizionale	Proxy specie - Index HFBI	2 -> 2	2 -> 2	2 -> 2	2 -> 2
Regulation & Maintenance (Biotic/Biophysical)	2.3.2.3	Providing habitats for wild plants and animals that can be useful to us	Habitat per gli stadi giovanili dei pesci, area riproduzione	Specie da Index HFBI (Habitat Fish Bio-Indicator)	2 -> 4	2 -> 2	2 -> 3	2 -> 2
Regulation & Maintenance (Biotic/Biophysical)	2.3.2.4	Providing habitats for wild plants and animals that can be useful to us	Habitat rifugio per i pesci	MaQI /EQR; M-AMBI and BITS	2 -> 4	2 -> 2	2 -> 3	2 -> 2
Cultural (Biotic/Biophysical)	3.2.1.2	Studying nature	Educazione ambientale rivolta alle praterie di fanerogame marine	Studenti che assistono alle lezioni dedicate alle praterie di fanerogame marine	2 -> 4	2 -> 3	2 -> 3	2 -> 3
Cultural (Biotic/Biophysical)	3.2.1.4	The beauty of nature	Praterie di fanerogame marine come elemento che migliora la visita	Turismo naturalistico nelle lagune	2 -> 4	2 -> 2	2 -> 3	2 -> 2

Tabella 5: variazioni dei valori normalizzati dei SE per le 4 lagune del delta del Po.

LIFE19NAT/IT/000264 LIFE-TRANSFER Seagrass transplantation for transitional Ecosystem Recovery

SOMMARIO BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Le citazioni bibliografiche di seguito elencate non rappresentano un elenco omnicomprensivo, un database, dei SE forniti dalle praterie di fanerogame marine, ma una selezione della bibliografia ritenuta significativa per i SE selezionati e relativi alle specie target del progetto LIFE TRANSFER. A titolo esemplificativo è stata esclusa la bibliografia rivolta esclusivamente alla *Posidonia oceanica*, la specie più diffusa del Mediterraneo, ma non target di progetto.

Una ricerca analoga sui SE forniti dalle praterie marine è stata realizzata da do Amaral Camara Lima nel 2023⁶ evidenziando il crescente interesse per questi ecosistemi. La ricerca ha prodotto 684 pubblicazioni, di cui 654 sono state selezionate in quanto il titolo, le parole chiave o l'abstract menzionavano i SE delle praterie marine. La ricerca, ha evidenziato nel corso degli ultimi 23 anni, un aumento annuale del numero di studi che includono la valutazione dei servizi ecosistemici delle praterie marine, sebbene gli studi si siano concentrati principalmente sulle praterie di *Posidonia oceanica*.

Alberto González-García, Marina Arias, Susana García-Tiscar, Paloma Alcorlo, Fernando Santos-Martín, National blue carbon assessment in Spain using InVEST: Current state and future perspectives, Ecosystem Services, Volume 53, 2022, 101397, ISSN 2212-0416, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101397>.

Andolina, C., Franzoi, P., Jackson, A. L., et al. (2020). Vegetated Habitats Trophically Support Early Development Stages of a Marine Migrant Fish in a Coastal Lagoon. Estuaries and Coasts, 43(2), 424-437

Anna Maria Addamo, Alessandra La Notte, Silvia Ferrini, Gaetano Grilli, Marine ecosystem services of seagrass in physical and monetary terms: The Mediterranean Sea case study, Ecological Economics, Volume 227, 2025, 108420, ISSN 0921-8009, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108420>.

Bedulli, C., Lavery, P.S., Harvey, M., et al. (2020). Contribution of Seagrass Blue Carbon Toward Carbon Neutral Policies in a Touristic and Environmentally-Friendly Island. Frontiers in Marine Science, 7.

⁶ do Amaral Camara Lima, Mariana & Bergamo, Thaís & Ward, Raymond & Joyce, Chris. (2023). A review of seagrass ecosystem services: providing nature-based solutions for a changing world. Hydrobiologia. 850. 10.1007/s10750-023-05244-0.

LIFE19NAT/IT/000264 LIFE-TRANSFER
Seagrass transplantation for transitional Ecosystem Recovery

Casas E, Martín-García L, Otero-Ferrer F, Tuya F, Haroun R, Arbelo M (2021) Economic mapping and assessment of *Cymodocea nodosa* meadows as nursery grounds for commercially important fish species. A case study in the Canary Islands. *One Ecosystem* 6: e70919. <https://doi.org/10.3897/oneeco.6.e70919>

do Amaral Camara Lima, Mariana & Bergamo, Thaísa & Ward, Raymond & Joyce, Chris. (2023). A review of seagrass ecosystem services: providing nature-based solutions for a changing world. *Hydrobiologia*. 850. 10.1007/s10750-023-05244-0.

Duarte, C.M., Apostolaki, E.T., Serrano, O. *et al.* Conserving seagrass ecosystems to meet global biodiversity and climate goals. *Nat. Rev. Biodivers.* 1, 150–165 (2025). <https://doi.org/10.1038/s44358-025-00028-x>

East, H.K., Johnson, J.A., Perry, C.T., et al. (2023). Seagrass meadows are important sources of reef island-building sediment. *Communications Earth & Environment*, 4(1), 33.

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

Jackson, E.L., Rees, S.E., Wildling, C. Attrill, M.J. (2015). Use of a seagrass residency index to apportion commercial fishery landing values and recreation fisheries expenditure to seagrass habitat service. *Conservation Biology*, 29(3), 899–909.

Lefcheck, J.S., Hughes, B.B., Johnson, A.J., et al. (2019). Are coastal habitats important nurseries? A meta-analysis. *Conservation Letters*, 12(4), e12645.

McArthur, L.C. Boland, J.W. (2006). The economic contribution of seagrass to secondary production in South Australia. *Ecological Modelling*, 196(1–2), 163–172.

Nellemann, C., Corcoran, E., Duarte, C.M., et al. (2009). Blue carbon. The role of healthy oceans in binding carbon. United Nations Environment Programme (UNEP) and GRID-Arendal.

Ortiz, P.; López, I.; Pagán, J.I. Assessment of Beach Erosion Vulnerability in the Province of Valencia, Spain. *J. Mar. Sci. Eng.* 2024, 12, 2111. <https://doi.org/10.3390/jmse12122111>

Sfriso, A., Buosi, A., Adelheid, M., et al. (2020). Microcalcereous seaweeds as sentinels of trophic changes and CO₂ trapping in transitional water systems. *Ecological Indicators*, 118, 106692–106692.

United Nations Environment Programme (2020). Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people. UNEP, Nairobi.

Unsworth RKF, Nordlund LM, Cullen-Unsworth LC. Seagrass meadows support global fisheries production. *Conservation Letters*. 2019; 12:e12566. <https://doi.org/10.1111/conl.12566>