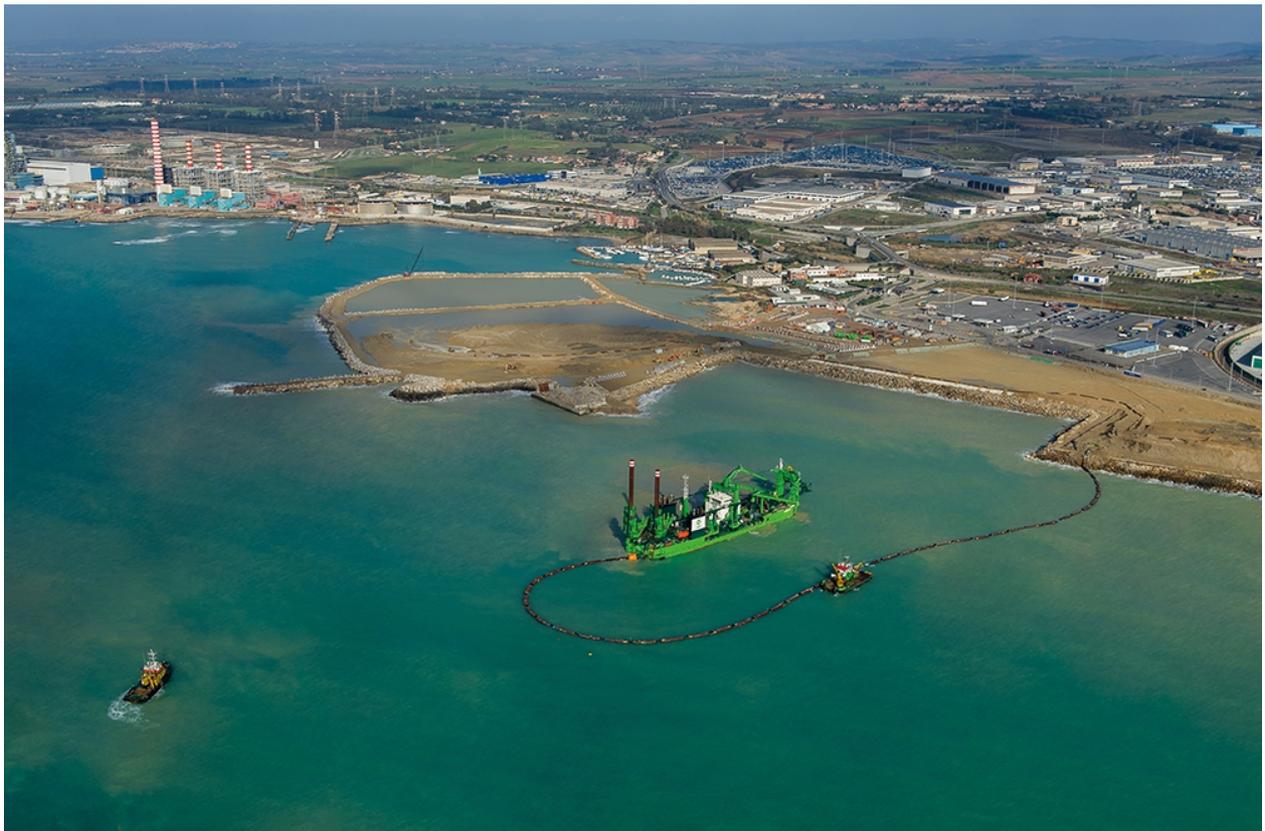


Approccio Ecosistemico alla valutazione delle opere di compensazione e mitigazione in ambiente marino: Il caso studio dell'Hub portuale di Civitavecchia



Progetto di Ricerca:
**Approccio Ecosistemico alla valutazione delle opere di
compensazione e mitigazione in ambiente marino:
Il caso studio dell’Hub portuale di Civitavecchia**

REL-283-BIO-0916-AP-Rev.02.1	15/09/16
Redatto	
Prof. Marco Marcelli	
Dott. Sergio Scanu	
Dott. Simone Bonamano	
Dott.ssa Viviana Piermattei	
Approvato	
Prof. Marco Marcelli	

INDICE

1. PREMESSA	8
1.1 Introduzione	8
1.2 Oggetto e scopo del presente documento	9
2. ATTIVITÀ DI ESPANSIONE DELL’HUB PORTUALE DI CIVITAVECCHIA	11
2.1 I Lotto Funzionale delle Opere Strategiche	11
2.2 Darsena Energetico Grandi Masse (DEGM)	12
2.3 II Lotto Funzionale delle Opere Strategiche	14
3. IMPATTI (habitat, specie e funzioni ecologiche)	15
3.1 Impatti diretti	16
<i>3.1.1 Impatti diretti connessi alla realizzazione delle opere del I Lotto Funzionale delle Opere Strategiche</i>	18
<i>3.1.2 Impatti diretti connessi alla realizzazione delle opere della Darsena Energetico Grandi Masse (DEGM)</i>	22
<i>3.1.3 Impatti diretti connessi alla realizzazione delle opere del II Lotto Funzionale delle Opere Strategiche</i>	27
<i>3.1.4 Impatti diretti totali</i>	28
3.2 Impatti indiretti	29
<i>3.2.1 Impatti indiretti connessi alla realizzazione delle opere del I Lotto Funzionale delle Opere Strategiche</i>	36
<i>3.2.2 Impatti indiretti connessi alla realizzazione delle opere della Darsena Energetico Grandi Masse (DEGM)</i>	40
<i>3.2.3 Impatti indiretti connessi alla realizzazione delle opere del II Lotto Funzionale delle Opere Strategiche</i>	44
<i>3.3 Schema riassuntivo degli impatti diretti e indiretti</i>	47

4. OBIETTIVI E STRATEGIA DI COMPENSAZIONE: APPROCCIO ECOSISTEMICO	
ALLA VALUTAZIONE DELLE OPERE DI COMPENSAZIONE	48
4.1 Analisi dei servizi ecosistemici relativi agli habitat considerati	48
<i>4.1.1 Valutazione economica delle praterie di Posidonia oceanica nel contesto costiero di Civitavecchia</i>	52
<i>4.1.2 Valutazione economica delle praterie di Posidonia oceanica e del Coralligeno nel contesto costiero di Civitavecchia</i>	70
4.2 Stato dell'arte sugli interventi di compensazione degli Habitat 1120* – 1170	73
<i>4.2.1 Habitat 1120*</i>	73
<i>4.2.2 Habitat 1170</i>	77
<i>4.2.3 Progetti finanziati dalla Comunità Europea</i>	79
4.3 Impostazione logica delle opere di compensazione	80
5. MISURE COMPENSATIVE E DI MITIGAZIONE	83
5.1 Premessa e strategia della compensazione	83
5.2 Lista degli interventi compensativi	89
<i>5.2.1 Compensazione Posidonia oceanica</i>	89
<i>5.2.2 Compensazione Coralligeno</i>	91
<i>5.2.3 Compensazione specie protette: Pinna nobilis e Corallium rubrum</i>	91
<i>5.2.4 Creazione di un sistema di monitoraggio della qualità delle acque per il controllo degli effetti del porto sugli ecosistemi limitrofi</i>	92
<i>5.2.5 Messa in opera di un sistema di informazione e sensibilizzazione sull'ambiente marino e sulle specie protette che operi in differenti modalità rivolte ai ragazzi delle scuole di Civitavecchia, alle popolazioni ed agli stakeholders</i>	92
5.3 Aree di Posidonia oceanica sulle quali si concentreranno le azioni di compensazione	93
<i>5.3.1 Generalità</i>	93
<i>5.3.2 Identificazione delle aree a mesoscala e quantificazione dell'intervento</i>	95
5.4. Aree del coralligeno	98
<i>5.4.1. Generalità</i>	98
<i>5.4.2. Identificazione delle aree e quantificazione dell'intervento</i>	99

6. LE AREE DI COMPENSAZIONE	102
6.1. Caratteristiche dell'area marina costiera di civitavecchia	102
<i>6.1.1 Metodi utilizzati</i>	102
<i>6.1.2 Caratterizzazione bionomica</i>	109
<i>6.1.3 Distribuzione e stato di qualità della Posidonia oceanica</i>	112
<i>6.1.4 Distribuzione e stato di qualità del coralligeno</i>	124
<i>6.1.5 Valutazione della presenza di Pinna nobilis</i>	142
<i>6.1.6 Valutazione della presenza di Corallium rubrum</i>	143
7. RISULTATI ATTESI	148
7.1 Compensazione Posidonia oceanica	148
7.2 Compensazione Coralligeno	155
8. CALENDARIO PER L'ATTUAZIONE DELLE MISURE COMPENSATIVE	159
9. ATTIVITA', METODI E TECNICHE DELLE MISURE COMPENSATIVE PROPOSTE	
9.1 Attività preliminari e di supporto	160
<i>9.1.1 Progettazione esecutiva</i>	160
<i>9.1.2 Ristrutturazione locali e impiantistica</i>	161
<i>9.1.3 Gestione stabulari, vasche e laboratori</i>	161
9.2 Attività e metodi: compensazione della Posidonia oceanica	162
<i>9.2.1 Integrazione degli studi preliminari</i>	162
<i>9.2.2 Sperimentazione reimpianto</i>	166
<i>9.2.3 Realizzazione vasca per sperimentazione</i>	167
<i>9.2.4 Test in vasche di sperimentazione e redazione dei protocolli</i>	167
<i>9.2.5 Realizzazione vasche mantenimento</i>	168
<i>9.2.6 Isolamento di un'area a bassa energia in località "La Frasca" da utilizzare per sperimentazione in ambiente naturale</i>	169
<i>9.2.7 Protocolli Posidona attività in situ</i>	169
<i>9.2.8 Recupero e messa a dimora talee</i>	170

9.2.9	<i>Boe ancoraggio diporto e sub Posidonia</i>	171
9.2.10	<i>Barriere e blocchi antistrascico: identificazione dei siti e messa in opera</i>	172
9.3	Attività e metodi: compensazione del Coralligeno	174
9.3.1	<i>Caratterizzazione 'hot spots'</i>	174
9.3.2	<i>Realizzazione vasche per la sperimentazione</i>	175
9.3.3	<i>Test in vasche di sperimentazione e redazione dei protocolli</i>	175
9.3.4	<i>Realizzazione vasche mantenimento</i>	175
9.3.5	<i>Programma 'bycatch recovery'</i>	176
9.3.6	<i>Messa in opera di substrati artificiali dedicati</i>	177
9.3.7	<i>Reintroduzione in ambiente</i>	179
9.3.8	<i>Protocolli Coralligeno attività in situ</i>	180
9.3.9	<i>Boe ancoraggio diporto e sub</i>	180
9.4	Attività e metodi: compensazione delle specie protette: <i>Pinna nobilis</i>	
	e <i>Corallium rubrum</i>	182
9.4.1	<i>Caratterizzazione e censimento</i>	182
9.4.2	<i>Identificazione siti di reinserimento</i>	182
9.4.3	<i>Recupero individui</i>	183
9.4.4	<i>Mantenimento e adattamento</i>	184
9.4.5	<i>Reintroduzione in ambiente</i>	184
9.5	Monitoraggio delle attività di compensazione	185
9.5.1	<i>Monitoraggio reimpianto <i>Posidonia oceanica</i></i>	187
9.5.2	<i>Monitoraggio reimpianto coralligeno</i>	187
9.5.3	<i>Monitoraggio reimpianto <i>Pinna nobilis</i> e <i>Corallium rubrum</i></i>	188
9.5.4	<i>Messa in opera della Stazione fissa di Monitoraggio</i>	188
9.5.5	<i>Avvio e messa a regime del sistema integrato di monitoraggio</i>	189
9.5.6	<i>Messa in opera di un “early warning system”</i>	189
9.6	Azioni di tutela e comunicazione	190
9.6.1	<i>Coinvolgimento diving e associazioni</i>	191
9.6.2	<i>Programma pesca responsabile</i>	191
9.6.3	<i>Realizzazione centro educativo Marino</i>	192
9.6.4	<i>Azioni sensibilizzazione e scuole</i>	192



<i>9.6.5 Convegni</i>	193
10. CONCLUSIONI	194
11. COSTI PRESUNTI DELLE MISURE COMPENSATIVE	203
12. BIBLIOGRAFIA	204
ALLEGATI	

1. PREMESSA

1.1. Introduzione

Il dominio marino costiero è caratterizzato da condizioni fisiche ed ecologiche che favoriscono e determinano una sovrapposizione spaziale tra i differenti usi delle risorse naturali. In questo contesto l'area costiera compresa tra Santa Severa e Tarquinia è caratterizzata dalla coesistenza tra importanti risorse naturali e numerose attività antropiche, che sono intrinsecamente legati e il concetto di sviluppo sostenibile, che li ricomprende entrambi, si basa sul principio che le attività e i processi devono essere gestiti in modo tale da garantire la perennizzazione delle risorse per gli usi futuri dell'uomo e delle altre specie.

L'area di studio in oggetto si estende lungo il tratto di costa che va da Punta S. Agostino (Tarquinia-VT), a nord, a Capo Linaro (Santa Marinella-RM), a sud (Figura 1).

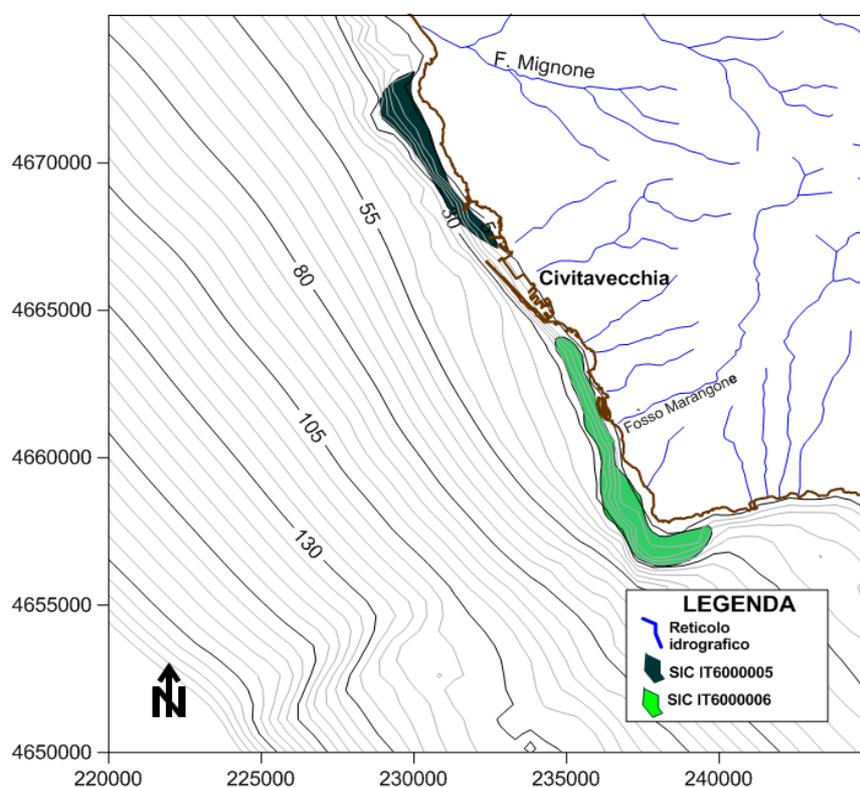


Fig.1 Area di studio che si estende da Punta S. Agostino a Santa Marinella all'interno della quale si trovano i SIC IT 6000005 e IT 6000006

All'interno dell'area di studio è presente il Porto di Civitavecchia, le cui opere di ampliamento (I Lotto Funzionale delle Opere Strategiche, Darsena Energetico-Grandi Masse, II Lotto Funzionale delle Opere Strategiche) impatteranno su un tratto di costa caratterizzato dalla presenza dei SIC (Siti di Interesse Comunitario), IT6000005 ed IT6000006 rispettivamente a nord e a sud dell'area portuale che si estendono rispettivamente nelle acque antistanti i comuni di Civitavecchia, Tarquinia e Santa Marinella.

In particolare: il SIC IT6000005 si estende da Punta Sant'Agostino sino a Punta Mattonara ricoprendo una superficie di 435 ha, per una lunghezza complessiva di 5 km circa; il SIC IT6000006 è situato più a sud e comprende i fondali tra Punta del Pecoraro e Capo Linaro con una superficie di circa 746 ha e lunghezza complessiva di 5 km.

I due SIC sono caratterizzati da habitat e specie considerate “prioritarie” dalla Direttiva Habitat 92/43/CEE; in particolare risultano prevalentemente costituiti dagli habitat Praterie di *Posidonia oceanica* (Habitat prioritario 1120* - *Posidonium oceanicae*) e biocostruzioni coralligene (Habitat 1170 - Scogliere), nonché individui di *Pinna nobilis* (Allegato IV – Direttiva Habitat Codice 1028) e colonie di *Corallium rubrum* (Allegato IV – Direttiva Habitat Codice 1001).

1.2 Oggetto e scopo del presente documento

Il presente documento propone gli interventi di compensazione, che verranno messi in opera mediante azioni di tutela, mitigazione e sperimentazione di restauro di habitat danneggiati dall'ampliamento del porto di Civitavecchia.

La strategia seguita si basa sulla valutazione dei servizi ecosistemici degli habitat della Direttiva 92/43/CEE presenti nelle aree impattate dalle attività di dragaggio portuale attraverso l'applicazione di un "Approccio Ecosistemico".

La valutazione dei servizi ecosistemici, riferita alla situazione originaria del sito, ha contemplato anche le biocenosi, gli habitat e le specie rilevate nell'ambito delle indagini e prospezioni di cui al presente studio, indipendentemente dall'estensione delle allora vigenti perimetrazioni dei SIC.

Questo metodo è stato applicato al fine di stimare il valore degli interventi di compensazione proposti per l'ampliamento dell'hub portuale di Civitavecchia.

La strategia degli interventi di compensazione si basa sull'analisi del Capitale Naturale, che si sta affermando come valido strumento a supporto della gestione degli spazi, nell'ottica di rendere compatibili i molteplici usi di risorse spesso in conflitto tra loro.

Nell'ambito della politica UE per la gestione degli spazi marittimi (Marine Strategy Framework Directive 2008/56/CE - MSFD), l'utilizzo di indici territoriali viene proposto come metodo, da un lato, di contrasto degli usi più forti (industriale, commerciale ecc.), dall'altro di tutela dei sistemi naturali.

L'impianto logico delle azioni di compensazione proposte (come dettagliato in seguito), si basa su principi, linee guida e protocolli precedentemente pubblicati sia in ambito nazionale che europeo e tiene conto delle precedenti attività di compensazione effettuate nell'area, dei numerosi studi e attività di ricerca effettuate dalla Regione Lazio, da ISPRA (prima ICRAM), dall'Autorità Portuale, dal LOSEM dell'Università della Tuscia, dal CONISMA, dall'ENEL.

Particolare attenzione è stata prestata ai seguenti documenti ed elaborati:

- ***Quaderno Natura 2000 (Díaz-Almela e Duarte, Technical Report 2008 01/24);***
- **linee guida recepite in Italia dal quaderno Natura 2000 del Ministero dell'Ambiente: “Le Misure di Compensazione nella direttiva Habitat” (Giarratano, Eleuteri, Scalchi, Tartaglino, Divisione II DPNM – Tutela della Biodiversità, 2014);**
- **quaderno ISPRA 106/2014;**
- **Deliberazione 5 luglio 2016, n. 369 (pubblicato sul BUR Lazio n. 57 del 19.07.2016): Adozione delle Misure di Conservazione dei Siti di Importanza Comunitaria (SIC) marini IT6000005 e IT6000006, finalizzate alla designazione delle Zone Speciali di Conservazione (ZSC), ai sensi della Direttiva 92/43/CEE (Habitat) e DPR 357/97).**

2. ATTIVITÀ DI ESPANSIONE DELL’HUB PORTUALE DI CIVITAVECCHIA

2.1 I Lotto Funzionale Opere Strategiche

Come dettagliatamente descritto al par. 2.1 dello “Studio per la Valutazione di Incidenza Ambientale dei piani e progetti volti a sviluppare l’HUB portuale di Civitavecchia”, trasmesso con nota prot.19132 del 23.12.2015, la realizzazione delle opere costituenti il I Lotto Funzionale Opere Strategiche (prolungamento Antemurale Colombo, Darsene Traghetti e Servizi) ha prodotto un impatto diretto sulle comunità biologiche in posto nelle zone di dragaggio e in quelle di imbonimento, riducendo l’estensione originaria (435 ha) del SIC IT6000005 del **3,9%**. Tali lavorazioni (dragaggi ed imbonimenti) sono state ultimate e sono state attuate le relative misure compensative prescritte dai competenti Ministeri (Procedura di Verifica di Attuazione, ex. art. 185 commi 6 e 7 D.Lgs.163/06 delle prescrizioni contenute nel parere del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, prot. DSA_2006_0021173 del 08.08.2006, conclusasi con esito positivo con Determina Direttoriale prot. DVA-2014-15194 del 21.05.2014 e reiterando alle successive fasi dell’istruttoria l’attuazione delle altre prescrizioni previste dalle succitate Delibere).

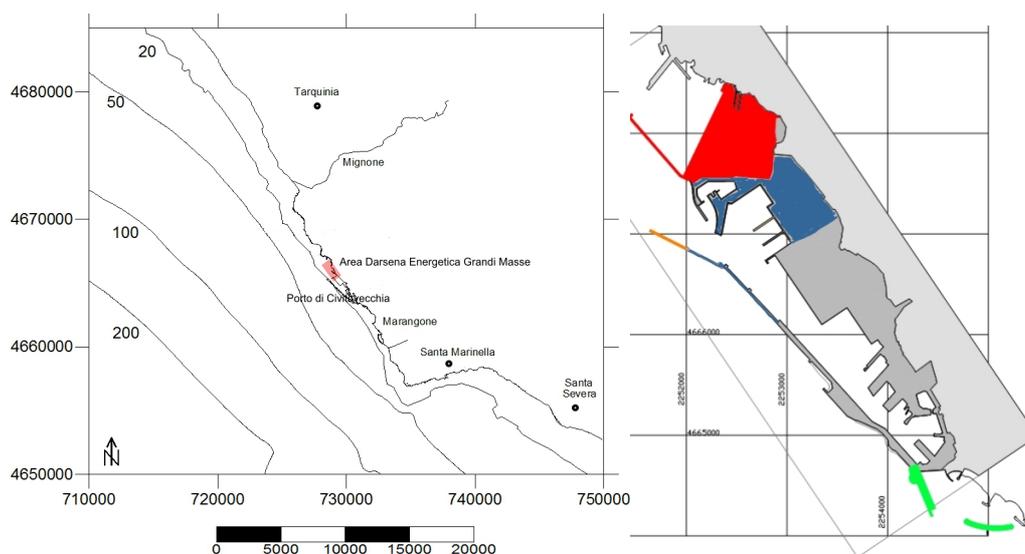


Fig. 2 Area costiera di Civitavecchia (sinistra) e planimetria delle opere nel Porto di Civitavecchia. In azzurro l'area di intervento per il I Lotto Funzionale Opere Strategiche

Dalle indagini condotte dalla Nuova Indago srl nel 2012, prima che le lavorazioni in oggetto avessero inizio, è stato stimato che in questa porzione di SIC, direttamente interessata dalle Opere in oggetto, aventi un'impronta di 17 ha, la superficie di fondo marino occupato da *Posidonia oceanica* aveva un'estensione compresa tra 0,84 (min.) e 4,17 ha (max.). La copertura media di *Posidonia o.* in quest'area era pertanto pari a 2,5 ha.

Inoltre la realizzazione delle Opere in oggetto ha determinato un impatto diretto sull'habitat prioritario 1120* (praterie di *Posidonia oceanica*), rilevato nell'ambito delle prospezioni ed indagini condotte nel 2012, non ricompreso nell'ambito dell'allora vigente perimetrazione del SIC IT6000005 ed avente un'estensione pari a 0.57 ha (Tabella 2.1).

Nel corso delle suddette indagini, non è stata rilevata la presenza dell'Habitat prioritario 1170 (scogliere) né popolamenti di *Corallium rubrum* (codice 1001).

2.2 Darsena Energetico Grandi Masse (DEGM)

Come dettagliatamente descritto al par. 2.2 del citato “Studio per la Valutazione di Incidenza Ambientale dei piani e progetti volti a sviluppare l'HUB portuale di Civitavecchia”, la realizzazione delle opere costituenti la Darsena Energetico Grandi Masse, produrrà un impatto diretto sulle comunità biologiche in posto nelle zone di dragaggio e in quelle di imbonimento.

Questo intervento inoltre ha generato una riduzione dell'estensione originaria del SIC IT6000005 (435 ha) del 13,1%.

Dalle indagini condotte nell'ambito del citato studio emerge chiaramente come in questa porzione di SIC, direttamente interessata dalle Opere in oggetto ed aventi un'impronta di 57 ha, la superficie di fondo marino occupato da *Posidonia oceanica* abbia attualmente un'estensione compresa tra 2,5 ha (min) e 13,5 ha (max). La copertura media di *Posidonia o.* in quest'area è pertanto pari a 8 ha.

Inoltre la realizzazione delle Opere in oggetto determinerà un impatto diretto sull'habitat prioritario 1120* (praterie di *Posidonia oceanica*), rilevato attraverso le prospezioni ed indagini condotte nell'ambito del presente studio, non ricompreso nell'ambito dell'allora vigente perimetrazione del SIC IT6000005, ed avente un'estensione pari a 3,75 ha (Tabella 3.1).

Le opere in oggetto determineranno un impatto diretto sulle biocenosi e facies ascrivibili all'Habitat 1170 (scogliere), aventi complessivamente un'estensione pari a **3,5** ha.

Si stima inoltre che tali opere determineranno mediamente la perdita di **185** individui (42 ind. X 4,4 ha) di *Pinna nobilis* (codice 1028). Nel corso delle suddette indagini e dalle fonti bibliografiche disponibili non viene rilevata la presenza di popolamenti di *Corallium rubrum* (codice 1001).

Le relative opere di compensazione e mitigazione devono quindi riguardare gli habitat e le specie che saranno direttamente o indirettamente impattate dalle attività. E' da tenere in considerazione anche che nella zona sono stati già effettuati due interventi di reimpianto a carattere sperimentale al fine di restaurare praterie di *Posidonia oceanica*. Il primo intervento è stato effettuato nella località di Santa Marinella ed ha riguardato il trapianto di un ettaro di *Posidonia oceanica* precedentemente espantata da “La Mattonara” (area direttamente interessata dalla realizzazione delle Opere di che trattasi) a compensazione della costruzione del c.d “Molo carbone” dell'ENEL o molo di sottoflutto della DEGM in ottemperanza al DEC. VIA 6923/02. Il secondo intervento ha riguardato il trapianto nell'area di Capo Linaro (Santa Marinella) di un ettaro di *Posidonia oceanica*, espantata sempre nell'area “La Mattonara”, a compensazione della realizzazione delle infrastrutture relative al I Lotto Funzionale delle Opere Strategiche per il Porto di Civitavecchia (Prolungamento antemurale Colombo, darsene Servizi e Traghetti) in ottemperanza a quanto disposto dalle delibere CIPE n. 140/07 e n. 02/08.

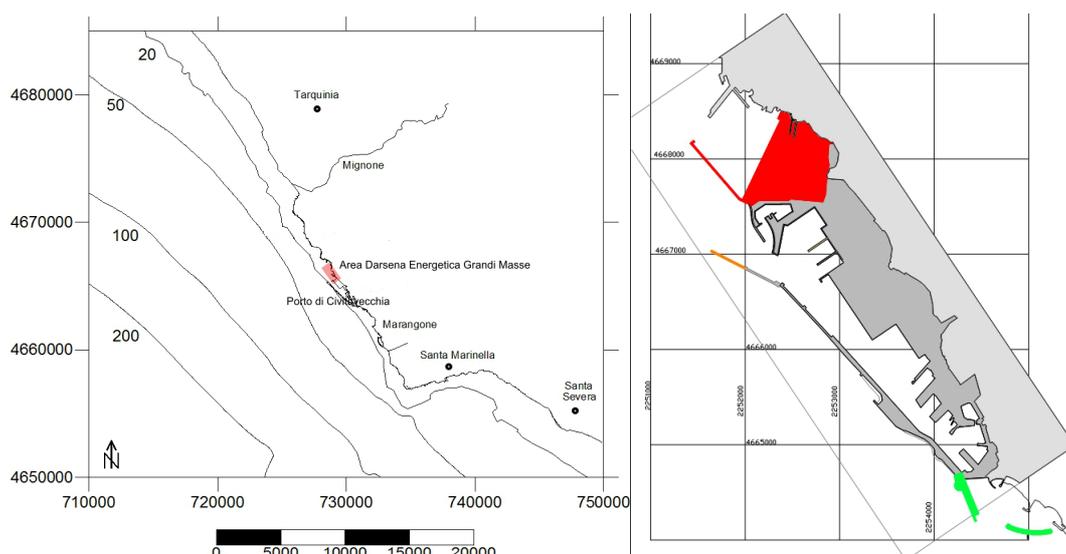


Fig. 3 Area costiera di Civitavecchia (sinistra) e planimetria delle opere nel Porto di Civitavecchia. In rosso l'area di intervento per la Darsena Energetico Grandi Masse

2.3 II Lotto Funzionale delle Opere Strategiche

Come dettagliatamente descritto al par. 2.3.1.1 del citato “Studio per la Valutazione di Incidenza Ambientale dei piani e progetti volti a sviluppare l’HUB portuale di Civitavecchia”, la realizzazione delle opere costituenti il II Lotto Funzionale delle Opere Strategiche (prolungamento della diga foranea, realizzazione del nuovo canale di accesso a Sud e di una scogliera di protezione), interessando un’area esterna a quella del SIC IT6000006, non determinerà impatti diretti sulle comunità biologiche presenti nel SIC stesso.

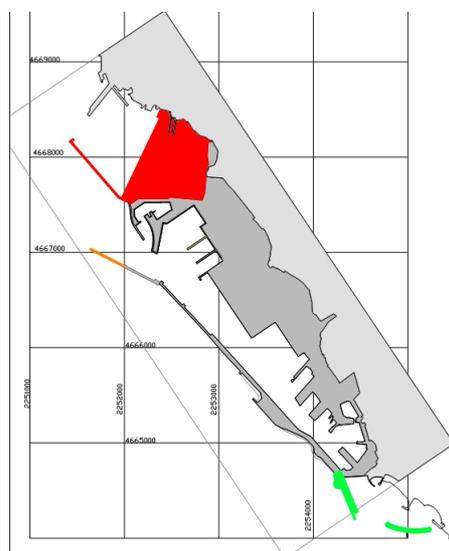


Fig. 4 Area costiera di Civitavecchia (sinistra) e planimetria delle opere nel Porto di Civitavecchia. In verde l'area di intervento per il II Lotto Funzionale O.S

Si ritiene opportuno però considerare l’impatto della realizzazione del II Lotto Funzionale nelle aree non ricomprese nell’ambito dell’allora vigente perimetrazione del SIC IT6000006, in cui è stata rilevata, attraverso la cartografia tematica, la presenza della facies Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di Posidonia oceanica su una superficie pari a 5,08 ha, di Posidonia su matte e matte morta e di Posidonia su matte e/o sabbia su una superficie pari a 0,76 ha.

3. IMPATTI DIRETTI E INDIRETTI

Lo sfruttamento delle zone costiere del Mediterraneo ha avuto un rapido aumento durante la seconda metà del XX secolo. L'aumento della popolazione e l'aumento del traffico marittimo, richiede sempre più frequenti interventi di riassetto logistico per l'adeguamento delle strutture portuali. Ciò comporta l'esecuzione di attività di dragaggio volte all'approfondimento dei canali di navigazione e alla costruzione di nuove banchine di ormeggio. Questi interventi arrecano un notevole impatto sull'ambiente marino; le attività di movimentazione dei sedimenti impattano gli ecosistemi marini sia in modo diretto (distruzione diretta degli habitat) sia in modo indiretto (dispersione del materiale dragato). In quest'ultimo caso, l'impatto sugli ecosistemi marini è riconducibile a:

- una diminuzione della trasparenza della colonna d'acqua, a causa di una maggiore concentrazione di materiali in sospensione;
- una variazione dei ratei di sedimentazione del materiale movimentato e perduto durante i lavori di escavazione dei fondali;
- una movimentazione di materiali generalmente contaminati e contenenti una grande quantità di sostanza organica, con conseguenti fenomeni di anossia nelle aree di maggior accumulo.

E' possibile schematizzare gli impatti per tipologia e per natura degli effetti in funzione delle varie fasi operative nel caso di costruzioni portuali che comportino dragaggio. Si distinguono quindi una serie di potenziali impatti sull'ecosistema marino che sono riconducibili alla fase di cantiere e alla fase post operam (fase post costruzione e fase di esercizio). La natura degli impatti sia diretti che indiretti è inoltre schematizzabile in funzione degli effetti nel tempo in modo da distinguere impatti permanenti e a lungo termine da impatti a scala locale i cui effetti hanno ripercussioni di durata più ridotta sull'ecosistema marino (Tabella 1).

Categoria	Fase	Tipo di impatto	Natura dell'impatto
Progetto	Fase di costruzione	Rimozione e seppellimento	permanente
	Fase post costruzione	- variazioni dell'idrodinamica dovuti alle variazioni batimetriche	a lungo termine o permanente
		- variazioni dei parametri chimico fisici della colonna d'acqua	a lungo termine o permanente
		- variazioni nel ciclo di risospensione dei sedimenti	a lungo termine o permanente
Processo	Fase di esercizio	- creazione di zone d'ombra a causa delle nuove strutture	permanente
		- aumento degli scarichi	in genere accidentale
	Fase di costruzione	- aumento del rischio di oil spilling	in genere localizzato
		- traffico navale	permanente
		- operazioni di manutenzione	dipendente dalla gestione temporaneo ma con effetti potenzialmente permanenti
Processo	Fase di costruzione	- aumento della torbidità	potenzialmente permanenti
		- variazioni dei tassi di sedimentazione	temporaneo ma con effetti potenzialmente permanenti
		- danneggiamento fisico dei substrati	permanente
		- effetti sulla qualità delle acque	dipendente dalla gestione

Tabella 1 Schema riassuntivo degli impatti diretti e indiretti sugli habitat 1120* e 1170 nel caso di dragaggi per opere portuali (PIANC report 108-2010, modificato)

3.1 Impatti diretti

I principali effetti di tipo abiotico si inquadrano nella serie degli eventi che trasformano un sistema costiero in un ambiente portuale:

- radicale trasformazione della natura fisica del fondale;
- trasformazione nella circolazione delle acque da forzanti meteo (correnti da vento e ondazione) con consistente riduzione del campo idrodinamico complessivo.

Come conseguenza di quanto sopra, lo S.I.A. prodotto in relazione al P.R.P. 2004, prevedeva la possibilità che si verificasse “..... sia la formazione di torbide persistenti con una rata di sedimentazione ridotta, anche per i materiali fini, con eventuale intrappolamento di elementi esterni, sia un aumento delle concentrazioni di solidi e soluti nella colonna d’acqua, in dipendenza dall’entità degli scambi con l’ambiente esterno che potranno realizzarsi ad opere terminate”. Si ritiene che tali previsioni siano pienamente condivisibili, inoltre, eventuali accumuli di sostanza

organica sul fondo potranno produrre eventi di anossia che riguarderanno sia i sedimenti che la colonna d'acqua, almeno negli strati più profondi.

Dal punto di vista biologico si identificano le seguenti trasformazioni:

- distruzione delle comunità in posto nelle zone di dragaggio e in quelle di imbonimento.
- sostituzione delle comunità biologiche in posto. Se la realizzazione di un porto comporta sempre la distruzione delle comunità bentoniche in posto, è altrettanto vero che essa comporta la sostituzione di tali comunità con altre che sono caratteristiche delle nuove condizioni ecologiche. In particolare, un porto offre ampie superfici di colonizzazione su substrato duro artificiale. Le comunità di tali substrati possono essere molto produttive e rivestire rimarchevole interesse nella rete trofica locale, anche nei nodi di interesse economico. Si pensi, a titolo di esempio, che una comunità a *Mytilus galloprovincialis*, tipica di condizioni portuali, può esprimere biomasse nell'ordine delle decine di Kg (peso umido)/mq. Analogo discorso può essere fatto per comunità ad Ascidiacei (es. *Cyona intestinalis*, *Botryllus schlosseri*, ecc.), a Balanidi (es. *Balanus amphitrite*, *Balanus eburneus*), a Molluschi (*Ostrea* spp.) e ad Alghe Verdi, specialmente le Ulvacee (es. *Ulva* spp.). I fondi mobili dei porti sono invece caratterizzati da popolamenti paucispecifici e a biomassa modesta, specialmente nelle fasi del ciclo di vita dei porti stessi in cui i sedimenti sono variamente contaminati e ad alta domanda biologica di ossigeno per arricchimento in sostanza organica. Questo fa sì che spesso tali comunità siano di tipo nettamente galenofilo, in grado cioè di tollerare basse tensioni parziali di ossigeno e di detossificare per vari xenobiotici. L'ecosistema portuale, in effetti, tende a configurarsi come una variante del Sistema Paralico che si manifesta in condizioni di confinamento idraulico nei confronti del mare (es. lagune costiere). Tale sistema, e ciò è dimostrato anche per i porti, ha produttività primarie nella colonna d'acqua che possono superare quelle marine di un fattore 20x, soprattutto laddove il ricircolo delle acque interne al porto è scarso ed il confinamento rispetto al mare antistante è maggiore.
- attrazione per giovanili di specie ittiche di interesse economico (es. Spigole, Sparidi e, soprattutto, Mugilidi) a causa dell'elevata produzione biologica. Queste ed altre specie, nella fase adulta sono attratte dalla fitta rete di ripari offerti dalle gettate di massi delle dighe, sia all'esterno sia all'interno degli specchi d'acqua portuali.

3.1.1. Impatti diretti connessi con la realizzazione delle opere del I Lotto Funzionale delle Opere Strategiche

Le opere portuali relative al I Lotto Opere Strategiche, più precisamente la costruzione della Darsena Traghetti e della Darsena Servizi, provocano un impatto diretto sul SIC IT6000005 (Fig. 5).

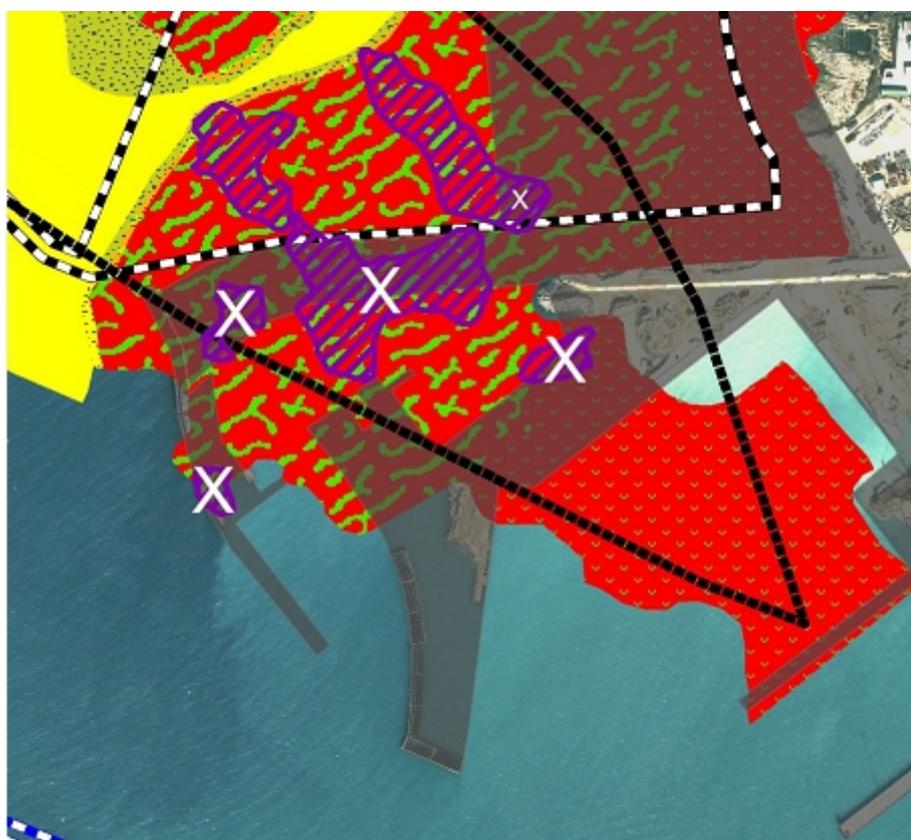


Fig. 5 Mappatura biocenotica dell'area indagata con sovrapposizione della planimetria delle opere portuali previste (tratteggio bianco e nero + ombreggiatura in grigio) ed impronta del SIC IT6000005 (tratteggio nero). Sono evidenziate le aree a maggior copertura di *Posidonia oceanica* ($30\% < P_o < 80\%$).

La Darsena Traghetti e la Darsena Servizi occupano fisicamente una porzione del SIC, quella più meridionale, per un'estensione di circa 17.0 ha. Tale occupazione provoca una riduzione di estensione, permanente ed irreversibile, a carico del SIC IT6000005 che dai 435 ha indicati nella scheda Natura 2000 si riduce a 418 ha. Dai dati sopra menzionati, la perdita è quantificabile in un 3.9% della superficie totale del SIC ($17/435 \times 100$). Nella porzione di SIC occupata dalle opere in oggetto, erano certamente presenti patches di *Posidonia oceanica* più o meno ampie

prevalentemente insediate su roccia e, presumibilmente, associati ad esse, un certo numero di individui di *Pinna nobilis*. Invece, dalle informazioni raccolte e dagli studi condotti nell'area, non risulta alcuna segnalazione di presenza di Coralligeno e/o *Corallium rubrum*.

Habitat Posidonia oceanica (codice 1120)*

Dalle informazioni reperite nel corso della campagna di caratterizzazione delle praterie di *Posidonia* eseguite nel 2012, nell'area interessata dai lavori e prima del loro inizio, è stato possibile calcolare che della porzione di SIC pari a 17 ha interessata dalla costruzione delle darsene Servizi e Traghetto, 6.4 ha erano costituiti dalla facies “Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di *Posidonia oceanica* (copertura $Po < 30\%$)” e 2.8 ha erano costituiti dall'habitat *Posidonia oceanica* (copertura $30\% < Po < 80\%$) (Fig. 5). Tenendo conto del principio di precauzione secondo cui l'area con minore copertura risulta avere un'estensione molto maggiore di quella con massima copertura, la superficie occupata da *Posidonia oceanica* è stimata attraverso il valore medio tra la copertura minima e quella massima, che risulta quindi essere pari a 2,5 ha, di cui 0,96 ha come facies 'Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di *Posidonia oceanica*', e 1,54 ha come somma delle facies 'Posidonia su matte e matte morta' e 'Posidonia su matte e/o sabbia'.

Habitat/Facies	Superficie totale (ha)	Copertura media %	Superficie impattata (ha)
Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di <i>P. oceanica</i> (area interna al SIC)	6,4	15	0,96
Posidonia oceanica	2,8	55	1,54

Tabella 2 Valutazione quantitativa della superficie di substrato occupato da *Posidonia oceanica* presso l'area indagata.

Inoltre nell'ambito delle prospezioni ed indagini condotte nella suddetta campagna di caratterizzazione è stata rilevata la presenza della facies “Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di *Posidonia oceanica* (copertura $Po < 30\%$)”, avente un'estensione pari ad 3,8 ha, non ricompresa nell'ambito dell'allora vigente perimetrazione del SIC IT6000005.

Nello stesso modo, tenendo conto del principio di precauzione secondo cui l'area con minore copertura risulta avere un'estensione molto maggiore di quella con massima copertura, la superficie

occupata da *Posidonia oceanica* è stimata attraverso il valore medio tra la copertura minima e quella massima, che risulta quindi essere pari a 0.57 ha (Tabella 2.1).

Habitat/Facies	Superficie totale (ha)	Copertura media %	Superficie impattata (ha)
Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di <i>P. oceanica</i> (area esterna al SIC)	3,8	15	0,57

Tabella 2.1 Valutazione quantitativa della superficie di substrato occupato da *Posidonia oceanica* presso l'area indagata non ricompresa nel SIC.

Ciò premesso la **realizzazione delle Opere costituenti il I Lotto Funzionale delle Opere Strategiche ha determinato complessivamente un impatto diretto su una superficie di fondo marino occupato da *Posidonia oceanica* avente mediamente una superficie pari a 3,07 ha, di cui 1,53 ha come facies 'Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di *P.oceanica*' e 1,54 ha come somma delle facies 'Posidonia su matte e matte morta' e 'Posidonia su matte e/o sabbia' (Tabella 2.2).**

Habitat/Facies	Superficie totale (ha)	Copertura media %	Superficie impattata (ha)
Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di <i>P. oceanica</i> (area interna al SIC)	6,4	15	0,96
Posidonia oceanica	2,8	55	1,54
Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di <i>P. oceanica</i> (area esterna al SIC)	3,8	15	0,57

Tabella 2.2 Valutazione quantitativa complessiva della superficie di substrato occupato da *Posidonia oceanica* presso l'area indagata.

Specie Pinna nobilis (codice 1028)

La stima della densità di *Pinna nobilis* è stata effettuata mediante i rilievi effettuati a P.ta Mattonara (Allegato 4). La densità rilevata è stata di circa 42 ind/ha, va tuttavia sottolineato come tale stima possa essere ritenuta accurata solo considerando le superfici occupate dall'habitat "Posidonia oceanica (copertura $30% < P_o < 80%$)" particolarmente adatto all'insediamento della specie ed interessato dai rilevamenti effettuati in immersione da Operatori Scientifici Subacquei.

Alla luce di ciò e considerando esclusivamente la superficie dell'habitat sopra indicato (con copertura minima di 0,84 ha e massima di 2,24 ha), si può stimare una perdita per rimozione o schiacciamento tra un minimo di circa 35 (= 42 ind. X 0,84 ha) ed un massimo di circa 94 individui di *P. nobilis* (= 42 ind. X 2.24 ha).

Habitat Scogliere - Coralligeno (codice 1170)

Il coralligeno non è presente nell'area direttamente interessata dalla costruzione delle opere portuali relative al I Lotto Funzionale delle Opere Strategiche. Pertanto si può affermare che non vi sia un impatto diretto delle opere portuali in oggetto su questa tipologia di habitat.

Specie Corallium rubrum (codice 1001)

Popolamenti di *Corallium rubrum* non sono mai stati osservati durante le indagini di campo realizzate nel corso del presente studio. Anche dall'analisi delle informazioni bibliografiche non vi è cenno della presenza della specie in quest'area. Pertanto si può affermare che non vi sia un impatto diretto delle opere portuali in oggetto sulla specie.

3.1.2. *Impatti diretti connessi con la realizzazione delle opere della Darsena Energetico Grandi Masse*

Le opere portuali relative alla costruzione della Darsena EGM provocano un impatto diretto sul SIC IT6000005 (Fig.6).

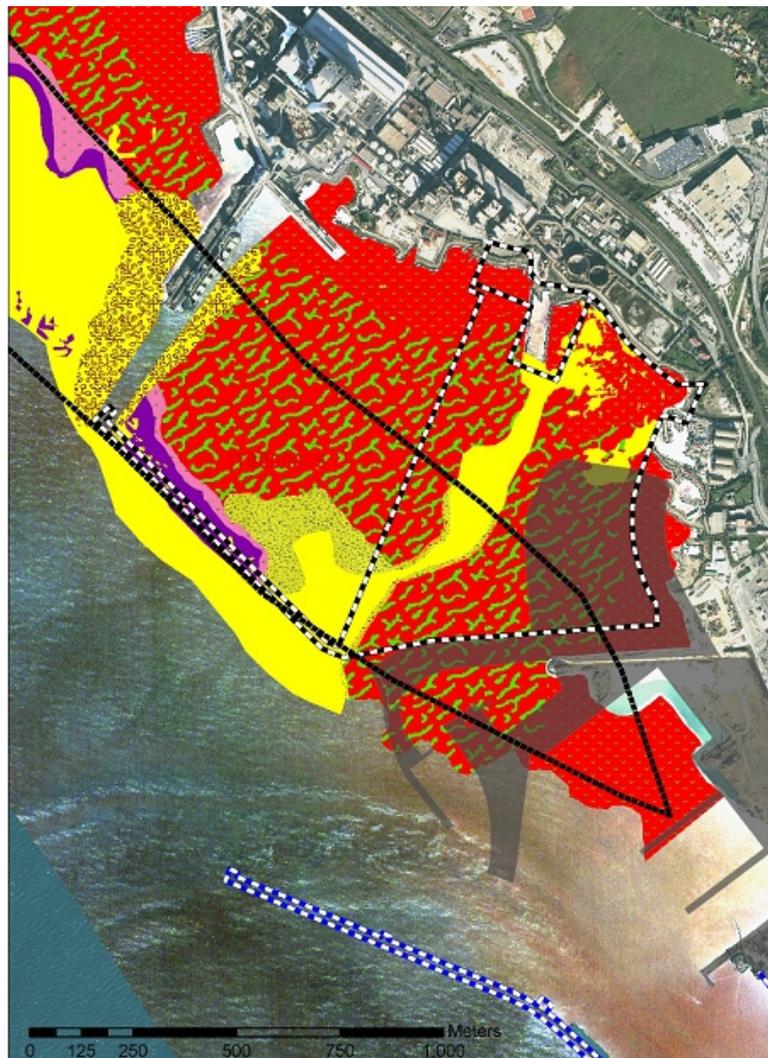


Fig. 6 Mappatura biocenotica dell'area indagata con sovrapposizione della planimetria delle opere portuali previste (tratteggio bianco e nero) e impronta del SIC IT6000005 (tratteggio nero).

Habitat Posidonia oceanica (codice 1120)*

Una stima quantitativa attendibile della presenza di *Posidonia oceanica* nell'area di impronta del SIC presso P.ta della Mattonara si basa sulle misure dell'estensione degli Habitat sui quali è stata rilevata la presenza della pianta ed i dati di copertura acquisiti (Fig. 6; Tabella 3). Si ritiene che con giusta approssimazione la superficie di fondo marino occupato da *Posidonia oceanica* sia valutabile tra i 2,5 ha ed i 13,5 ha (Fase 1 Screening, All. 4: Studio P.ta Mattonara). La copertura media di *Posidonia oceanica* in quest'area è pertanto pari a 8 ha, di cui 3,6 ha come facies 'Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di P. oceanica' e 4,4 ha come somma delle facies 'Posidonia su matte e matte morta' e 'Posidonia su matte e/o sabbia'.

Habitat/Facies	Superficie totale (ha)	Copertura media %	Superficie impattata (ha)
Facies Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di P. oceanica (area interna al SIC)	24	15	3,6
Posidonia oceanica	8	55	4,4
Fondo mobile e/o matte morta, sporadica presenza di P. oceanica	8,8	Trascurabile	Trascurabile

Tabella 3 Valutazione quantitativa della presenza di *Posidonia oceanica* presso l'area indagata di P.ta della Mattonara.

Inoltre nell'ambito delle prospezioni ed indagini condotte nella suddetta campagna di caratterizzazione è stata rilevata la presenza della biocenosi "Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di *Posidonia oceanica* (copertura $Po < 30\%$)", avente un'estensione pari a 25 ha, non ricompresa nell'ambito dell'allora vigente perimetrazione del SIC IT6000005.

Come sopra, tenendo conto del principio di precauzione secondo cui l'area con minore copertura risulta avere un'estensione molto maggiore di quella con massima copertura, la superficie occupata da *Posidonia oceanica* è stimata attraverso il valore medio tra la copertura minima e quella massima, che risulta quindi essere pari a 3,75 ha (Tabella 3.1).

Habitat/Facies	Superficie totale (ha)	Copertura media %	Superficie impattata (ha)
Facies Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di <i>P. oceanica</i> (area esterna al SIC)	25	15	3,75

Tabella 3.1 Valutazione quantitativa della superficie di substrato occupato da *Posidonia oceanica* presso l'area indagata non ricompresa nel SIC di P.ta della Mattonara.

Ciò premesso **la realizzazione delle Opere costituenti la DEGM determinerà complessivamente un impatto diretto su una superficie di fondo marino occupato da Posidonia o. avente mediamente una superficie pari a 57 ha, di cui 7,35 ha come facies 'Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di P.oceanica' e 4,4 ha come somma delle facies 'Posidonia su matte e matte morta' e 'Posidonia su matte e/o sabbia'. (Tab. 3.2).**

Habitat/Facies	Superficie totale (ha)	Copertura media %	Superficie impattata (ha)
Facies Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di <i>P. oceanica</i> (area interna al SIC)	24	15	3,6
Posidonia oceanica	8	55	4,4
Fondo mobile e/o matte morta, sporadica presenza di <i>P. oceanica</i>	8,8	Trascurabile	Trascurabile
Facies Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di <i>P. oceanica</i> (area esterna al SIC)	25	15	3,75

Tabella 3.2 Valutazione quantitativa della superficie di substrato occupato da *Posidonia oceanica* presso l'area indagata di P.ta della Mattonara.

Specie Pinna nobilis (codice 1028)

Complessivamente nell'area di interesse sono stati osservati 13 individui di *P. nobilis* (Fase 1 Screening - All. 4: Studio P.ta Mattonara). Per una stima della densità è stato valutato esclusivamente il dato rilevato da operatori subacquei presso le 7 stazioni di campionamento dedicate allo scopo. Il rilevamento è stato realizzato mediante la tecnica del Belt Transect. All'interno di una superficie totale esplorata di 1.680 m² (= 240 m² X 7 stazioni BT) sono stati osservati 7 individui, la densità media è dunque risultata pari a 1 individuo ogni 240 m² (1680 m²/ 7 individui). Riportando il dato per ettaro di superficie il risultato è di circa 42 ind/ha, va tuttavia sottolineato come tale stima possa essere ritenuta accurata solo considerando le superfici occupate dall'habitat "Posidonia oceanica (copertura 30%<Po<80%)" particolarmente adatto all'insediamento della specie. In letteratura scientifica si trovano esempi di densità riferiti al n. di individui/100 m², volendo fare un confronto calcoliamo che la densità rilevata nel presente studio pari a 1 individuo/240 m² corrisponde a 0,42 ind./100m², tale valore è plausibile se si considera che le densità medie riscontrate in altre località del Mediterraneo occidentale in condizioni ottimali (Aree Marine Protette spagnole e francesi) vanno da 0 a 3,5 ind/100 m² e che in Sardegna sono state misurate densità (che però tenevano in considerazione anche degli individui trovati morti) comprese tra 4,42 e 20,33 ind/100 m² (nel Golfo di Oristano) e tra 1,75 e 48,67 ind/100 m² (presso l'Isola di S. Antioco). In definitiva, si ritiene si possa stimare che nel corso delle opere di dragaggio per la costruzione della DEGM, si possa avere una perdita tra un minimo di circa 105 (=42 ind. X 2,5 ha) ad un massimo di 265 individui (= 42 ind. X 6,3 ha) di *Pinna nobilis*.

Habitat Scogliere - Coralligeno (codice 1170)

Nella zona più occidentale, a profondità maggiori di -12/-14 metri, si estende un'area di fondo duro che si configura come habitat Scogliere con biocenosi a coralligeno. Tale area subisce un impatto diretto per completa rimozione di circa 3,5 ha di superficie (Fase 1 Screening - All. 4: Studio P.ta Mattonara). In questa zona le formazioni coralligene costituiscono un fondo estremamente eterogeneo ricco di spaccature e cavità. Occasionalmente si osservano più o meno ampi catini sabbiosi dove solo raramente sono stati osservati ciuffi sparsi di *Posidonia oceanica*. Occorre sottolineare che gli elementi sciafili tipici delle formazioni coralligene si osservano in enclave un po' ovunque anche a pochi metri di profondità ad esempio nelle zone poco illuminate (pareti verticali e cavità) e nello strato basale ricoperto dal prevalente popolamento infralitorale fotofilo.

Lo studio relativo allo stato di qualità del coralligeno è stato effettuato in laboratorio analizzando campioni (grattaggi) prelevati all'interno dell'area interessata dalle opere. In totale sono state identificate 51 taxa algali, di cui 4 Chlorophyta, 8 Heterokontophytae 41 Rhodophyta. Il popolamento sessile si sviluppa sulle strutture calcaree delle Corallinales che rappresentano il 100% del ricoprimento dei campioni. Il ricoprimento medio degli altri taxa è $86,5 \pm 5,3$ (media \pm ES, n=4). Il numero medio delle specie algali che si accrescono sulle Corallinales calcolato come media per campione è $33,5 \pm 1,9$. Il popolamento è dominato dalle alghe rosse del genere *Peyssonnelia*, mentre gli altri taxa/gruppi morfologici mostrano ricoprimenti inferiori al 10% . Tra gli animali sessili, sono maggiormente rappresentati i briozoi eretti e la gorgonia *Eunicella cavolini* (Koch, 1887). L'indice di qualità ESCA calcolato sui campioni ha dato un valore di 0,60, che indica un valore limite tra una qualità moderata e buona; quest'ultima rappresenta il limite accettato dagli standard europei. Scomponendo i differenti descrittori dell'indice si può evidenziare che la ricchezza di specie del popolamento è da ritenere piuttosto elevata, mentre è molto bassa l'eterogeneità, un pattern che indica un popolamento sottoposto a stress ambientali. Naturalmente il valore di qualità calcolato è da considerare solo indicativo in quanto ottenuto da un numero basso di campioni. Un campionamento più ampio è da ritenere necessario per valutare la qualità ecologica del coralligeno dell'area di interesse.

Specie Corallium rubrum (codice 1001)

Popolamenti di *Corallium rubrum* non sono mai stati osservati durante le indagini di campo realizzate nel corso del presente studio. Anche dall'analisi delle informazioni bibliografiche non vi è cenno della presenza della specie in quest'area. Pertanto si può affermare che non vi sia un impatto diretto delle opere portuali in oggetto sulla specie.

3.1.3 Impatti diretti connessi con la realizzazione delle opere del II Lotto Funzionale delle Opere Strategiche

Le opere portuali relative al II Lotto Funzionale delle Opere Strategiche non hanno impatti diretti sui SIC IT6000005 e IT6000006 in quanto interessano un'area al di fuori del perimetro dei due SIC tra i quali il SIC IT6000006 è quello più prossimo alle opere in oggetto ed è perciò quello maggiormente interessato a possibili impatti indiretti (Fig. 7).

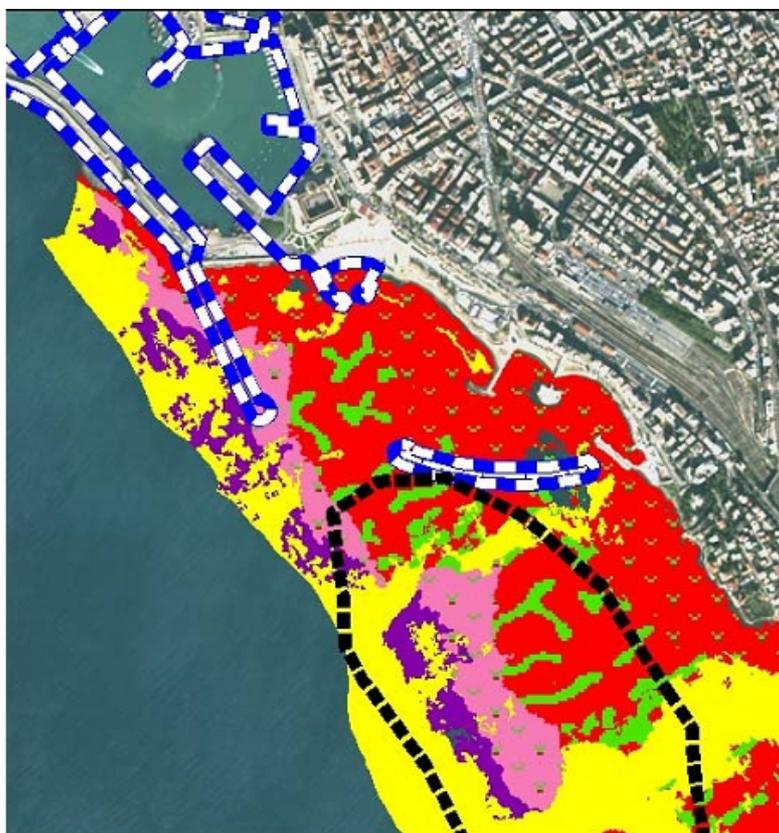


Fig. 7 Planimetria degli interventi per il II Lotto Funzionale delle Opere Strategiche (tratteggio bianco-blu) sovrapposta alla mappa biocenotica ed ai confini del SIC IT6000006 (tratteggio nero).

Si ritiene opportuno però considerare l'impatto della realizzazione del II Lotto Funzionale nelle aree non ricomprese nell'ambito dell'allora vigente perimetrazione del SIC IT6000006, in cui è stata rilevata la presenza della facies Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di Posidonia oceanica avente una copertura media di 0,83% (come riportato nella VINCA Fase 1: Screening), di Posidonia su matte e matte morta e di Posidonia su matte e/o sabbia aventi una copertura media di 18,8% (come riportato nella VINCA Fase 1: Screening) (Tab.3.3).

Habitat/Facies	Superficie totale (ha)	Copertura %	Superficie impattata (ha)
Facies Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di <i>P. oceanica</i> (area esterna al SIC)	5,08	0,83	0,04
Posidonia oceanica	0,76	18,8	0,14

Tabella 3.3 Valutazione quantitativa della superficie di substrato occupato da *Posidonia oceanica* presso l'area indagata non ricompresa nel SIC di P.ta della Mattonara

3.1.4 Impatti diretti totali

In conclusione per tutte le opere previste dal PRP, la realizzazione delle stesse determinerà complessivamente un impatto diretto su una superficie di fondo marino occupato da Posidonia o. avente mediamente una superficie paria 15 ha, di cui 8,92 ha come facies 'Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di P.oceanica' e 6,08 ha come somma delle facies 'Posidonia su matte e matte morta' e 'Posidonia su matte e/o sabbia'. (Tab. 3.4).

Habitat/Facies	Superficie totale (ha)	Superficie impattata (ha)
Facies Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di P. oceanica	64,28	8,92
Habitat Posidonia oceanica	11,56	6,08
Totale	75,84	15

Tabella 3.4 Valutazione quantitativa della superficie di substrato occupato da *Posidonia oceanica* presso l'area indagata di P.ta della Mattonara.

3.2 Impatti indiretti

La valutazione degli impatti indiretti causati dalle operazioni di dragaggio è essenzialmente riconducibile agli effetti nell'area costiera dovuti alla dispersione di materiale sedimentario. La valutazione dell'eventuale impatto risulta ad ogni modo complessa a causa dell'estensione ed eterogeneità delle biocenosi presenti.

Considerando l'elevato numero di dati presenti per l'area di riferimento è tuttavia applicabile un approccio modellistico alla valutazione al fine di individuare, attraverso analisi previsionale, le aree critiche in funzione delle condizioni al contorno costituite dalle condizioni di esercizio delle operazioni di dragaggio, dal clima meteo marino e dalla copertura delle biocenosi presenti. Tale approccio è stato utilizzato dal Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marine del Dipartimento di Scienze Ecologiche e Biologiche, come rappresentato nell'Allegato F dello "Studio per la valutazione di incidenza dei piani e progetti finalizzati allo sviluppo dell'Hub portuale di Civitavecchia".

Al fine di valutare gli impatti indiretti dovuti all'aumento di torbidità e del tasso di sedimentazione nelle aree occupate dai SIC IT6000005 e IT6000006 sono stati effettuati quattro diversi scenari che riproducono:

1. l'input dei principali corsi d'acqua presenti nel tratto di costa oggetto di studio;
2. le operazioni di dragaggio per la costruzione delle opere del I Lotto Funzionale;
3. le operazioni di dragaggio per la costruzione della Darsena Energetico Grandi Masse;
4. le operazioni di dragaggio per la costruzione delle opere del II Lotto Funzionale (Apertura a sud).

La scelta di questi scenari ha consentito di discriminare gli effetti connessi alle torbide fluviali da quelli prodotti dalle operazioni di dragaggio e di analizzare gli impatti connessi con la realizzazione delle opere previste dal PRP del 2004. Sulla base dell'analisi dei dati ondometrici ed anemometrici, in ognuno degli scenari previsti, sono state riprodotte le più intense condizioni meteomarine (con altezza d'onda superiore a 2 m) provenienti da 4 diverse direzioni: Libeccio, Mezzogiorno, Libeccio e Ponente.

La stima degli impatti potenziali sugli habitat e sulle specie protette all'interno dei SIC IT6000005 e IT6000006 è stata effettuata attraverso la messa a punto dell'indice D3I (Dredging Indirect Impacts

Index) che integra i risultati delle simulazioni della dispersione del sedimento proveniente dai corsi d'acqua e dalle attività di dragaggio. I valori di solido sospeso e del tasso di sedimentazione che delimitano le tre classi di impatto (CLASSE 1 :“Basso impatto”, CLASSE 2 :“Medio impatto”, CLASSE 3 :“Alto impatto”) sono stati scelti in maniera arbitraria, senza tener conto delle soglie critiche per la sopravvivenza della *Posidonia oceanica*, della *Pinna nobilis* e delle biocostruzioni coralligene che allo stato attuale delle conoscenze non risultano ancora ben definiti. Di conseguenza, attraverso i risultati dell'indice D3I, possono essere definite quali tra le quattro sorgenti considerate ha una maggiore probabilità di impatto all'interno dei due SIC analizzati.

In termini generali gli effetti sulle comunità biologiche e su singole specie possono essere così riassunti:

- Effetti da riduzione della trasparenza nella colonna d'acqua con conseguente alterazione quali/quantitativa dell'irradianza. Tale evento interferisce con i processi fotosintetici della flora planctonica e bentonica, con particolare riferimento alla componente macrofitica di quest'ultima. Se l'evento si prolunga oltre tempi critici, la produzione biologica primaria può venire localmente compromessa, specialmente nelle porzioni più profonde degli insediamenti vegetali. Secondo alcuni autori, ad esempio, la mortalità che ha interessato la *Posidonia oceanica* lungo il litorale laziale settentrionale e quindi anche nell'area dei SIC indagati, testimoniata dalla presenza di matte morta, sarebbe dovuta ad un generale e persistente aumento della torbidità tra P.ta S. Agostino e S. Marinella manifestatosi già negli scorsi decenni (Ardizzone e Belluscio, 1996; Diviacco et al., 2001; Gnisci, 2014; Paticchio, 2014). Anche il fatto che gli insediamenti a fanerogame siano generalmente limitati alla profondità di 20m, depongono a favore di una trasparenza “strutturalmente” più limitata rispetto ad altre aree della costa tirrenica continentale.

- Effetti da aumento locale della rata di deposizione che, specialmente in profondità, può localmente interferire con l'alimentazione degli animali filtratori. Numerose specie animali, sia bentoniche sia planctoniche, si alimentano filtrando le particelle alimentari presenti nella colonna d'acqua o sul fondo. Per far ciò dispongono di apparati di filtrazione di tipo passivo, semplicemente esposti ai moti delle acque, oppure di tipo attivo, nel senso che vengono generate correnti che costringono l'acqua a passare negli apparati filtratori. Diversi filtratori fanno una selezione dimensionale delle particelle in sospensione e possono essere molto esigenti per questo fattore. Naturalmente anche l'aspetto quantitativo è rilevante in quanto gli apparati filtratori possono venire intasati da un eccesso di particelle nella colonna d'acqua. L'eventuale presenza di materiali contaminanti o metalli

pesanti, aumenterebbe inevitabilmente gli effetti sui filtratori. Di seguito vengono analizzati i possibili effetti su habitat e specie protette dalla Direttiva 92/43/CEE Habitat ed allegati.

Habitat Posidonia oceanica (codice 1120)*

Diversi sono i tipi di impatti che causano il declino e la regressione delle praterie e sono sia di origine naturale che antropica (Short e Willy, Echeverria, 1996; Ruiz e Romero, 2003; González Correa et al., 2005; AA.VV., 2008, Montefalcone et al., 2010). Le caratteristiche di tali disturbi sono l'intensità, la durata e la frequenza, ed è la loro combinazione a determinare l'entità del danno. Tra i disturbi di origine antropica più influenti sulle praterie di *P. oceanica* viene indicata la realizzazione di opere costiere, come dighe, terrapieni e porti. Tali opere modificano il regime idrodinamico costiero influenzando i processi sedimentari che determinano erosione o deposito (Astier, 1984). Agli impatti quali l'aumento dei tassi di sedimentazione e conseguente ricoprimento della pianta, si devono aggiungere gli impatti derivanti dall'immissione nelle acque costiere di scarichi urbani che oltre a contenere spesso sostanze altamente inquinanti come i detersivi, creano una condizione di elevata torbidità, dovuta sia all'aumento delle particelle in sospensione che al massiccio sviluppo di organismi fitoplanctonici. Inoltre durante la costruzione di porti e terrapieni si possono generare nuvole di torbida che oltre a ridurre la trasparenza delle acque, rimettendo in sospensione la parte più fine depositata dalle mareggiate, diminuisce la trasparenza a lungo termine. L'immissione di idrocarburi, provoca un effetto molto simile: essi formano un sottile film sulla superficie dell'acqua ostacolando la penetrazione della luce e depositandosi sulle foglie, ne riduce gli scambi gassosi con conseguente soffocamento delle piante.

Se il tasso di sedimentazione è nullo o negativo i rizomi si scalgano e diventano sensibili alla rottura (Boudouresque & Jeudy de Grissac, 1983) se il tasso supera i 5-7 cm/anno la pianta muore (Boudouresque et al., 1984). Studi sperimentali più recenti (Alcoverro et al., 1995; Manzanera et al., 2011) dimostrano che un seppellimento di 4 cm operato in una prateria le cui piante presentano una lunghezza media delle foglie per fascio di circa 50 cm porta ad una riduzione di densità che va dal 50% al 65% in 8/12 settimane, inoltre, uno strato di sedimento maggiore di 9 cm porta alla totale scomparsa della pianta. E' stato anche dimostrato che sebbene un seppellimento non superiore ai 4 cm generi una risposta fisiologica nelle piante di *Posidonia* che si realizza in un incremento della crescita verticale dei rizomi ed un aumento del tasso di ramificazione, tale risposta non risulta

comunque essere sufficiente a contrastare totalmente gli effetti negativi del seppellimento (Manzanera et al., 2011).

L'aumento della torbidità delle acque e la conseguente diminuzione dell'intensità luminosa che arriva allo strato fogliare, influisce direttamente sulla possibilità di fotosintesi della pianta e provoca un'immediata alterazione dello stato di salute dell'intera prateria, arrestando o diminuendo la sua crescita. La profondità massima raggiunta dalle praterie è spesso limitata dalla luce (Duarte, 1991) e la richiesta minima di luce necessaria per la sopravvivenza di *Posidonia oceanica* è stata misurata in 0.1 – 2.8 mol PAR fotoni giorno⁻¹m⁻² (Gattuso et al., 2006).

Specie Pinna nobilis (codice 1028)

Pinna nobilis è tra i più grandi Molluschi Bivalvi potendo superare il metro di lunghezza massima. Specie endemica del Mar Mediterraneo è di grande interesse conservazionistico e può essere considerata come una specie bandiera. *Pinna nobilis* può vivere a profondità comprese tra 0,5 e 60 m in fondi mobili caratterizzati principalmente da praterie di *Posidonia*. La sua larva allo stadio veliger va alla deriva nella colonna d'acqua prima di insediarsi nel sedimento ed ancorarsi tramite i filamenti del bisso. L'insediamento è influenzato da due fattori chiave, il tipo di sedimento e le condizioni idrodinamiche a livello dell'interfaccia acqua/sedimento (Thorson, 1950). Le popolazioni di *P. nobilis* presentano una distribuzione tipicamente aggregata (a patches) e densità altamente variabili che generalmente variano tra 0 e 10 individui/100 m². Queste caratteristiche di distribuzione sono determinate principalmente dalle variabili ambientali e dalla disponibilità di cibo piuttosto che ad un reale comportamento gregario delle larve (Coppa et al., 2013; Katsanevakis, 2005). A causa del declino delle sue popolazioni, *P. nobilis* è stata inclusa dal 1995 nella lista delle specie mediterranee minacciate (allegato IV della Direttiva Habitat e allegato II della Convenzione di Barcellona). Nonostante l'evidente necessità di adottare strategie di conservazione specifiche, le conoscenze sull'ecologia e la biologia di questa specie risulta ancora relativamente scarso (Coppa et al. 2011). Le popolazioni sono particolarmente vulnerabili agli impatti antropici come quelli meccanici dovuti ai dragaggi, agli ancoraggi, alle reti da pesca a strascico e da posta che possono modificare la struttura degli habitat come, in particolare, quelli a fanerogame (*Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa*) dove la specie trova la sua collocazione ideale.

L'eutrofizzazione e la modifica dei regimi idrologici e sedimentari delle aree costiere possono generare seri impatti sulle popolazioni di *Pinna nobilis*. Si tratta di una specie sospensivora priva di sifoni, il nutrimento viene assicurato dal flusso di acqua che entra dalla parte ventrale della conchiglia e, una volta filtrata dalle branchie, esce dalla parte dorsale. Le fonti di cibo principali sono gli epifiti che si staccano dalle fanerogame, seguiti dal materiale organico particolato e detrito organico. È stato dimostrato che l'idrodinamismo influenza molti aspetti della storia vitale delle specie bentoniche sessili come *P. nobilis* quali la riproduzione, la dispersione dei gameti, il reclutamento, la crescita e la mortalità (Coppa et al., 2013 e bibliografia citata). Hanno grande importanza per la sopravvivenza della specie anche altre componenti ambientali come ad esempio la tipologia di substrato di insediamento e la qualità dei solidi sospesi nella colonna d'acqua. Infatti, è stato osservato che un elevato contenuto di limo in sospensione può avere effetti negativi sulla respirazione ed il nutrimento degli individui (Thorson, 1950; Katsanevakis, 2005) producendo danni all'apparato branchiale legati all'eccessivo accumulo della frazione più fine dei sedimenti (Coppa et al., 2011 e bibliografia citata). Inoltre, una maggior percentuale di fango nel substrato di insediamento determina un minor insabbiamento della conchiglia rendendola più instabile (Coppa et al., 2015). Un altro fenomeno da tenere in considerazione è la risospensione del materiale depositato sul fondo provocato dal moto ondoso nelle aree più superficiali; tale fenomeno può essere considerato un disturbo cronico successivo alla fase acuta di deposizione eccessiva dei sedimenti. Per concludere, esistono evidenze sperimentali che l'eccesso di sedimento in sospensione nella colonna d'acqua risulta essere deleterio per la sopravvivenza di altri Pinnidi, molto simili come struttura e dimensioni a *P. nobilis*, come *Atrina zelandica* (Ellis et al., 2002; Coco et al., 2006) per la quale la concentrazione di sedimento in sospensione critica, oltre la quale si osserva un significativo aumento di mortalità, è stato calcolato in 160 mg/L.

Habitat Scogliere - Coralligeno (codice I170)

Il Coralligeno è considerato il secondo più importante "hot spot" per la diversità specifica del Mediterraneo dopo la prateria di *Posidonia oceanica* (AA.VV., 2009). Proprio la ricchezza faunistica e floristica, la complessità della struttura ed il numero relativamente ridotto di ricerche specificatamente dedicate allo studio della biodiversità lasciano ipotizzare che il Coralligeno sia, in realtà, il popolamento più ricco in specie dell'intero bacino del Mediterraneo. A questo proposito Ballesteros (2006) ha analizzato l'insieme del materiale bibliografico disponibile per il Coralligeno

per l'intero Mediterraneo, è arrivato a censire negli studi considerati ben 1666 specie; tuttavia egli stesso ha evidenziato la necessità di investire nuove risorse in attività di studio focalizzate ad una più accurata valutazione delle specie realmente costituenti questo popolamento.

Molteplici sono le cause del disturbo, del degrado e persino della distruzione del coralligeno legate, direttamente o indirettamente, all'attività antropica. Esse possono agire su vasta scala, come l'innalzamento termico globale, o localmente, come un piccolo scarico inquinante. Ovviamente gli effetti saranno diversi in relazione a svariati fattori e soprattutto in relazione con la tipologia della formazione bioconcrezionante e la sua vulnerabilità, sensibilità, scarsa resistenza (capacità a non modificarsi in relazione ad uno stress) e scarsa resilienza (capacità di ritornare nel tempo alle condizioni antecedenti lo stress). Purtroppo la letteratura scientifica sugli effetti dei vari impatti sulle formazioni organogene è ridotta rispetto a quella disponibile per le fanerogame marine. Tra le principali cause di degrado del coralligeno possiamo elencare:

- Cambiamenti climatici
- Ricoprimento da parte di opere marittime, discariche, materiale sospeso
- Scarichi di inquinanti, eutrofizzazione, impianti di acquacoltura
- Distruzione meccanica, ancoraggi, esplosioni, scavi, attività subacquea ricreativa non controllata.
- Pesca
- Specie aliene invasive

L'antropizzazione della costa è la principale causa del degrado anche delle formazioni organogene per azione diretta o indiretta (ad es. modifica delle caratteristiche delle acque, intorbidamento). La costruzione di opere marittime quali terrapieni, dighe e moli distrugge per ricoprimento le formazioni coralligene più superficiali che scompaiono per effetto diretto. Ci sono poi anche gli effetti indiretti, quali le modifiche della dinamica delle correnti, del moto ondoso, della qualità delle acque (basti pensare agli scarichi da natanti, idrocarburi, pitture antifouling, ecc.) ed in particolare della torbidità. Nuove tecniche di costruzione delle dighe portuali consentono una maggiore circolazione delle acque all'interno del porto e quindi migliori condizioni ambientali. Occorre notare che una parte significativa dei danni provocati dalle costruzioni delle opere è legata alla stagione in cui si svolgono i lavori, la loro durata e dalle modalità tecniche seguite nell'operatività del cantiere. Durante le attività di cantiere si assiste normalmente ad un forte intorbidamento delle

acque che ha conseguenze deleterie, dirette ed indirette, quali ad esempio la sedimentazione sugli organismi e la riduzione della radiazione solare. Nei casi più gravi il fondale viene “infangato” con scomparsa totale delle biocenosi di substrato duro. Oltre alla riduzione dell’illuminazione, che effettivamente può incidere relativamente in un habitat tipicamente sciafilo, è stato dimostrato che sono soprattutto le azioni coprente ed abrasive del sedimento a provocare la riduzione, fino alla scomparsa, degli organismi strutturanti il coralligeno favorendo al contrario l’abbondanza soprattutto di alghe filamentose che vanno a costituire un feltro che banalizza l’aspetto del popolamento impedendo il reclutamento e lo sviluppo soprattutto della componente eretta del coralligeno (Balata et al. 2005, 2006, 2007a, 2007b).

Specie Corallium rubrum (codice 1001)

Il corallo rosso costituisce uno degli esempi più eclatanti di risorsa marina sovra-sfruttata senza che criteri razionali di gestione del prelievo vengano applicati. L’utilizzo, il commercio e la pesca del corallo rosso risalgono ad alcune migliaia di anni, tuttavia è negli ultimi secoli, e negli ultimi decenni in particolare, che lo sfruttamento di questa specie è diventato più intenso soprattutto a causa dell’aumentato valore commerciale ed è stato reso ancora più dannoso dal miglioramento delle tecnologie di pesca (AA.VV., 2009). Negli ultimi anni una nuova fonte di mortalità si è aggiunta a quella legata alla pesca: a causa dei cambiamenti climatici in atto, nel settembre 1999 nel Mar Ligure italiano e francese si è diffusa una massa d’acqua particolarmente calda che è giunta fino a 30-35 metri di profondità e ha causato un aumento della mortalità di diversi sospensivori, tra cui il corallo rosso ed altri gorgonacei. La causa di queste morie non è certa ma potrebbe essere legata a dei batteri che diventano particolarmente attivi con l’aumento della temperatura (AA.VV., 2009). Per una specie che, come il corallo rosso, è caratterizzata da tassi di riproduzione relativamente elevati ed ampia distribuzione geografica e batimetrica, il rischio di un’estinzione globale nel prossimo futuro non è realistico; solo un drammatico cambiamento dell’ambiente mediterraneo potrebbe estinguere totalmente questa specie insieme a molte altre. Un rischio reale è invece quello dell’estinzione economica (scomparsa di popolazioni con colonie sufficientemente grandi e numerose da rendere economicamente vantaggioso il loro sfruttamento). Altro rischio possibile è quello dell’estinzione di alcune popolazioni locali poco profonde (AA.VV., 2009).

Dalle indagini effettuate presso il SIC IT6000005, solo al largo di P.ta S. Agostino è stata osservata la presenza di una cospicua popolazione di *C. rubrum*. Anche nelle vicinanze del SIC IT6000006, a poca distanza dalla diga foranea che delimita il porto di Civitavecchia a Sud, è stata rilevata una seconda popolazione di corallo rosso. Le due zone sono note presso la popolazione locale, in particolare subacquei e pescatori, con i nomi di “Murata di S. Agostino” e “Scoglio del corallo”. Sebbene siano entrambe localizzate al di fuori dei SIC indagati si ritiene importante tenerne conto in questa valutazione di incidenza relativamente agli effetti indiretti che le opere portuali possono generare su tali popolazioni.

Il coralligeno presente nell’area indagata (vedere VINCA Fase 1: Screening) si configura prevalentemente come affioramenti e solo raramente si osservano strutture geomorfologiche del fondo marino tali da poter ospitare il coralligeno di parete, habitat ideale delle popolazioni superficiali di *Corallium rubrum* più studiate (es. Livorno e Portofino in Italia, Marsiglia in Francia, Cap de Creus e Isole Medas in Spagna). Vere e proprie pareti di coralligeno (alte almeno una decina di metri) sono state osservate, come ricordato in precedenza, nei pressi dei due SIC indagati presso le due stazioni di campionamento denominate COR 7 (Murata di S. Agostino) e COR 2Sud (Scoglio del corallo), (VINCA Fase 1: Screening). Qui il corallo rosso si insedia in cavità ed anfratti dove colonizza soprattutto le volte. In queste condizioni e valutando il fatto che la specie è fortemente sciafila si ritiene che, eventuali fenomeni di intorbidamento delle acque siano ininfluenti rispetto allo stato di conservazione della specie, mentre tassi di sedimentazione troppo elevati possano interferire negativamente nel reclutamento delle larve solo nelle aree che si possono reperire in parete, peraltro naturalmente meno adatte all’insediamento della specie e già allo stato attuale soggette ad elevati tassi di sedimentazione.

3.2.1. Impatti indiretti connessi con la realizzazione delle opere del I Lotto Funzionale delle Opere Strategiche

Durante lo scenario di Libeccio (Fig. 8), la dispersione del sedimento proveniente dalle attività di dragaggio per la costruzione del I Lotto Funzionale (1LF) è diretta verso nord, anche se una parte del materiale dragato arriva all'interno del porto di Civitavecchia. La zona dove si ha la massima concentrazione di solido sospeso (circa 19 mg/l) si trova tra l'imboccatura del porto e il molo della

centrale ENEL dove sono state effettuate le operazioni di dragaggio. Nella stessa area e all'interno del porto di Civitavecchia si trovano anche i più elevati valori del tasso di sedimentazione ($> 2 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})$). Nelle condizioni meteomarine che caratterizzano lo scenario di Mezzogiorno la maggior parte del sedimento dragato si disperde all'interno del porto di Civitavecchia mentre una frazione minore viene trasportata verso nord. La concentrazione del solido sospeso all'interno del porto risulta essere quindi quella più elevata con valori maggiori di 20 mg/l , mentre in corrispondenza di Punta Sant'Agostino si registrano valori di circa 5 mg/l . Questa condizione favorisce anche una significativa risospensione di sedimento presente nella zona a sud dove sono presenti concentrazioni di solido sospeso di circa $2,5 \text{ mg/l}$. Così come nella parte a nord, anche in questa zona sono presenti elevati valori del tasso di sedimentazione ($> 2 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})$) che si concentrano in un'area parallela alla linea di costa. La distribuzione del solido sospeso determinata durante la condizione di Libeccio-Mezzogiorno è simile a quella analizzata nello scenario precedente. Le principali differenze riguardano la mancanza del processo di risospensione nella zona a sud e le minori concentrazioni (circa 2 mg/l) nella parte a nord dell'area di studio. A causa di tali differenze la maggior parte del materiale movimentato nelle operazioni di dragaggio si deposita all'interno della zona portuale. Durante lo scenario di Ponente il sedimento si disperde verso sud dove raggiunge concentrazioni di circa 2 mg/l in corrispondenza di Capo Linaro e all'interno del porto in cui sono presenti i valori più elevati (circa 17 mg/l). La maggior parte del materiale prodotto dalle attività di dragaggio depone all'interno del porto di Civitavecchia (tasso di sedimentazione di circa $1,7 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})$) e in quello di Riva di Traiano (tasso di sedimentazione di circa $1,8 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})$) dove le velocità della corrente marina sono molto basse.

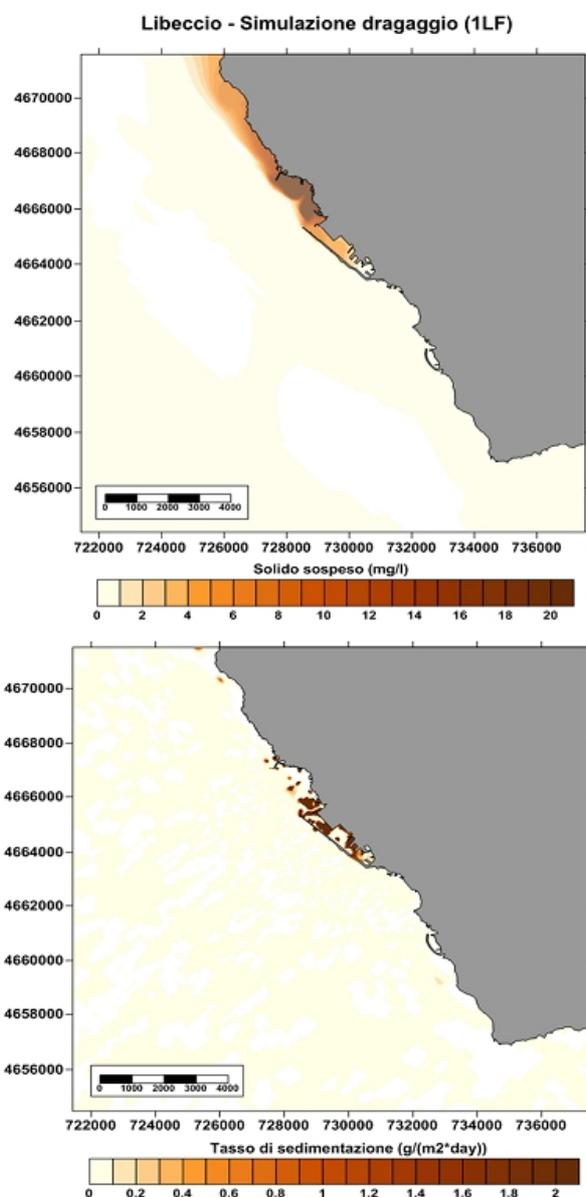


Fig.8 distribuzione del solido in sospensione (in alto) e del tasso di sedimentazione (in basso) dovuto alle operazioni di dragaggio per le opere del 1LF (Libeccio)

Le attività di dragaggio relative alla realizzazione del 1LF determinano una concentrazione di solido sospeso che produce un medio impatto, con probabilità maggiore del 50 %, nella metà meridionale del SIC IT 6000005. Nella stessa area, gli effetti prodotti dall'elevato tasso di sedimentazione sono meno estesi rispetto a quelli dovuti all'aumento di torbidità, anche se nella zona prossima alle operazioni di dragaggio si riscontra un'area con significative probabilità (> 60 %) di alto impatto. Le operazioni di dragaggio non provocano effetti significativi nel SIC IT

6000006 in quanto le probabilità di ricadere nella CLASSE1 (Basso impatto) sono quasi del 100 % nell'intera superficie.

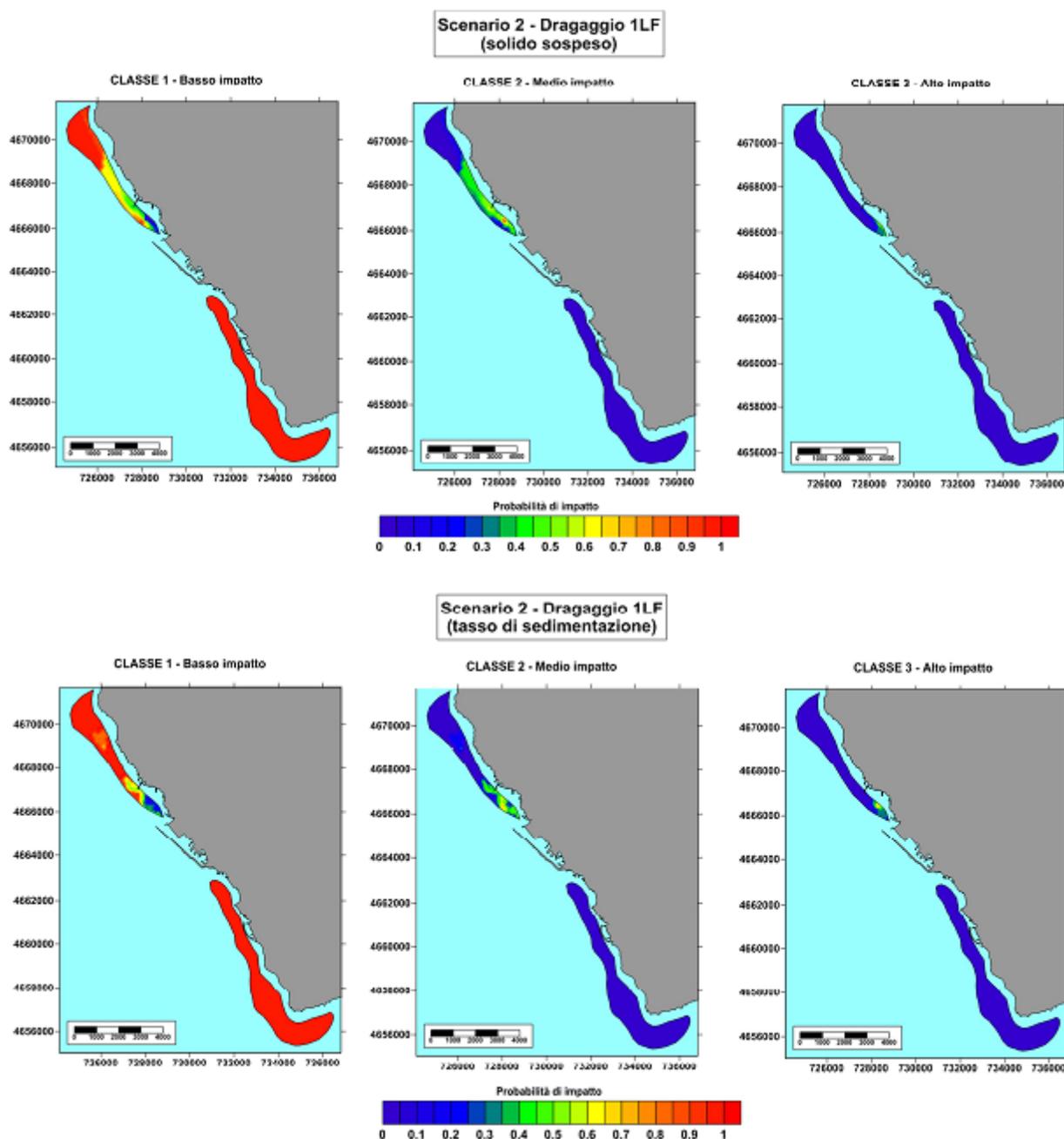


Fig. 9 Mappe dell'indice D3I per bassa, media e alta probabilità d'impatto dovuti alle operazioni di dragaggio per le opere del 1LF. In alto gli impatti generati dal sedimento in sospensione, in basso quelli dovuti al tasso di sedimentazione.

3.2.2. Impatti indiretti connessi con la realizzazione delle opere della Darsena Energetico Grandi Masse

La concentrazione di solido sospeso (mg/l) e il tasso di sedimentazione ($\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})$) presente nell'area di studio è stata calcolata attraverso il modello DELFT3D-WAQ in quattro diversi scenari di simulazione. Considerato che il punto di immissione dei sedimenti prodotti dalle attività di dragaggio per la costruzione della Darsena Energetico Grande Masse (DEGM) è molto vicino a quello che riproduce i lavori per le opere del I Lotto Funzionale, i risultati sono molto simili a quelli analizzati in precedenza. Tuttavia i valori di solido sospeso e del tasso di sedimentazione calcolati per il dragaggio della DEGM sono maggiori di quelli relativi al I Lotto Funzionale in quanto, nel primo caso, il volume dragato è circa cinque volte maggiore di quello movimentato per le opere del 1LF ($5.340.000 \text{ m}^3$ vs $1.120.000 \text{ m}^3$). Va inoltre sottolineato che la costruzione della DEGM determina nelle condizioni di Mezzogiorno una zona che si estende per circa 2 km a nord del molo della centrale ENEL caratterizzata da elevati valori del tasso di sedimentazione ($> 4 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})$).

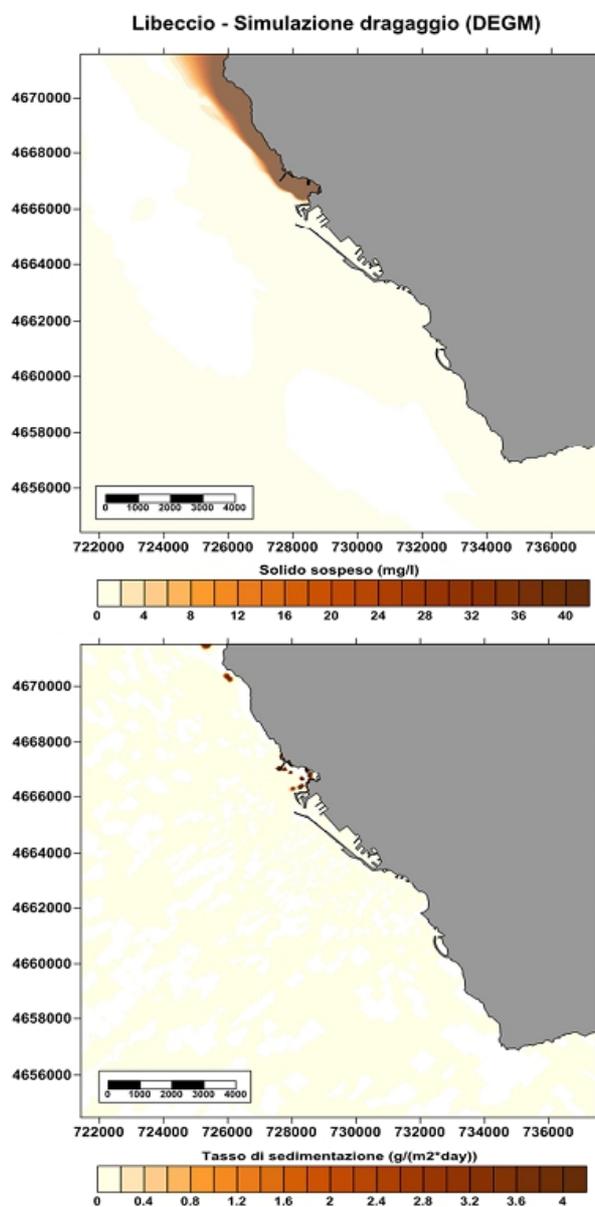


Fig. 10 distribuzione del solido in sospensione (in alto) e del tasso di sedimentazione (in basso) dovuto alle operazioni di dragaggio per la DEGM (Libeccio).

La stima degli impatti potenziali sugli habitat e sulle specie protette all'interno dei SIC IT6000005 e IT6000006 è stata effettuata attraverso la messa a punto dell'indice D3I (Dredging Indirect Impacts Index) che integra i risultati delle simulazioni relative alla concentrazione di solido sospeso (mg/l) e al tasso di sedimentazione ($\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})$) presente nell'area di studio. Le operazioni di dragaggio per la costruzione della DEGM determinano un'alta probabilità di alti e medi impatti nell'intera superficie del SIC a nord, sia da un punto di vista del materiale in sospensione sia per quanto riguarda il tasso di sedimentazione. In particolare si verifica una probabilità molto elevata (tra il 60 e il 90 %) di ricadere nella CLASSE 3 nella zona a sud del SIC IT6000005, mentre nella sua parte a nord viene registrata una probabilità maggiore (circa il 55 %) di ricadere nella CLASSE 2. Anche in questo scenario il SIC IT6000006 non subisce impatti dalle attività di dragaggio, ad esclusione della sua parte settentrionale dove ci sono basse probabilità (circa il 5 %) che si possono verificare medi e alti impatti.

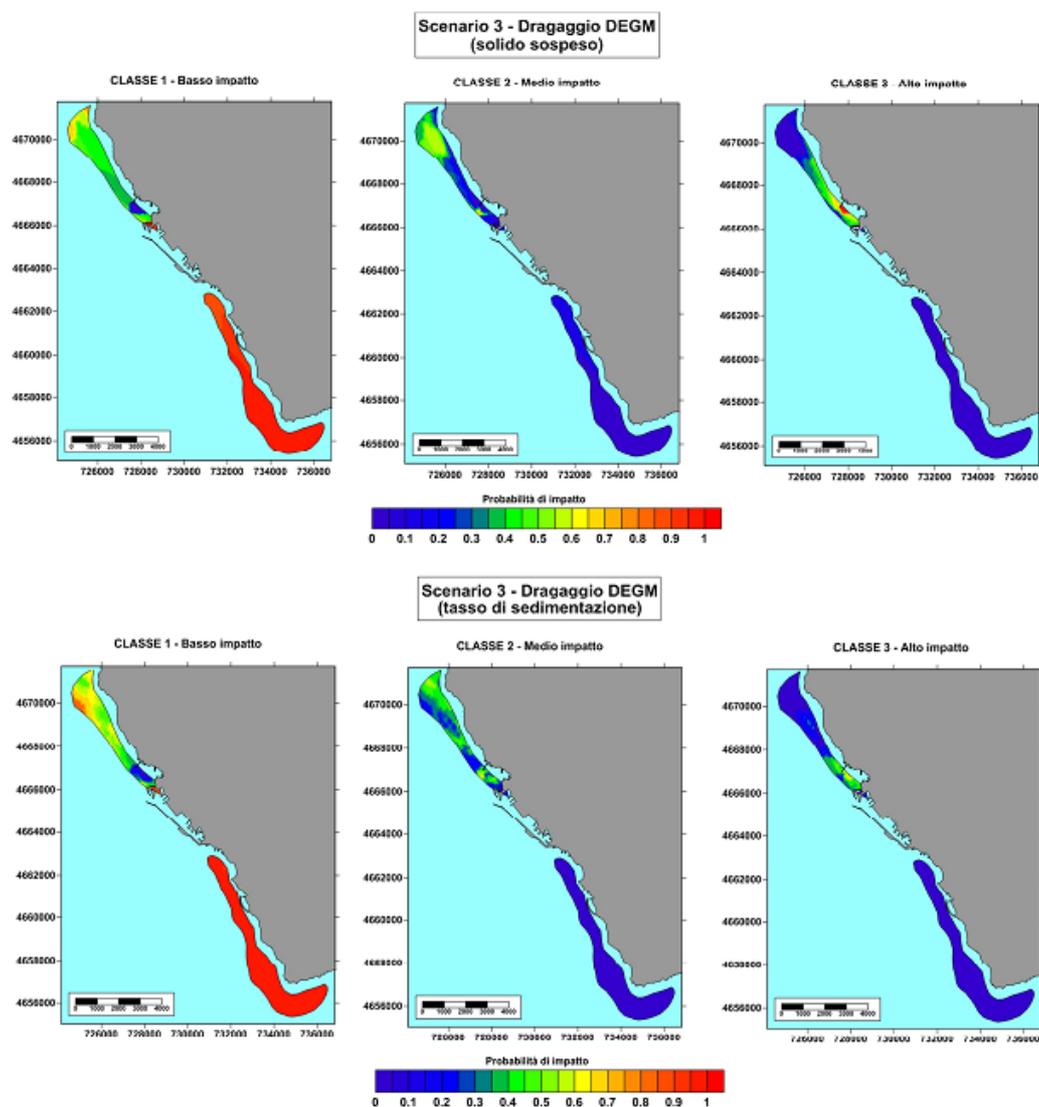


Fig. 11 Mappe dell'indice D3I per bassa, media e alta probabilità d'impatto dovuti alle operazioni di dragaggio per le opere della DEGM. In alto gli impatti generati dal sedimento in sospensione, in basso quelli dovuti al tasso di sedimentazione.

3.2.3. Impatti indiretti connessi con la realizzazione delle opere del II Lotto Funzionale delle Opere Strategiche

La concentrazione di solido sospeso (mg/l) e il tasso di sedimentazione ($\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})$) presente nell'area di studio è stata calcolata attraverso il modello DELFT3D-WAQ in quattro diversi scenari di simulazione. Durante lo scenario di Libeccio, la dispersione del sedimento proveniente dalle attività di dragaggio per la costruzione del II Lotto Funzionale (2LF) è diretta verso nord con la maggior parte del materiale che transita all'interno del porto di Civitavecchia. In quest'area si registrano quindi alte concentrazioni di solido sospeso ($> 20 \text{ mg/l}$) ed elevati valori del tasso di sedimentazione ($> 4 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})$) (Fig. 12). Anche nelle condizioni di Mezzogiorno il sedimento prodotto dalle attività di dragaggio transita all'interno dell'area portuale raggiungendo Punta Sant'Agostino dove si riscontrano valori di circa 6 mg/l . Questo scenario favorisce i processi di risospensione del sedimento nella zona a sud dove la concentrazione di solido sospeso è minore di 4 mg/l . Tale quantità risulta comunque sufficiente per determinare nella stessa zona alti valori del tasso di sedimentazione ($1,8 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})$). La maggior parte del materiale prodotto dalle attività di dragaggio deposita nella parte a nord del porto di Civitavecchia ($> 4 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})$) ed in corrispondenza di Punta Sant'Agostino (circa $2,8 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})$). La distribuzione del solido sospeso ottenuta dalle condizioni di Libeccio/Mezzogiorno è simile a quella prodotta dagli scenari di Libeccio e Mezzogiorno. La deposizione della maggior parte del materiale avviene all'interno del porto e nella zona in cui verrà costruita la DEGM. La condizione di Ponente favorisce la dispersione della maggior parte del sedimento verso la zona meridionale dell'area di studio. Le concentrazioni maggiori di solido sospeso si riscontrano tra il porto di Civitavecchia e Punta del Pecoraro dove raggiungono valori di circa 18 mg/l . La maggior parte del materiale prodotto dalle attività di dragaggio depone all'interno del porto di Riva di Traiano con valori del tasso di sedimentazione che superano i $4 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})$.

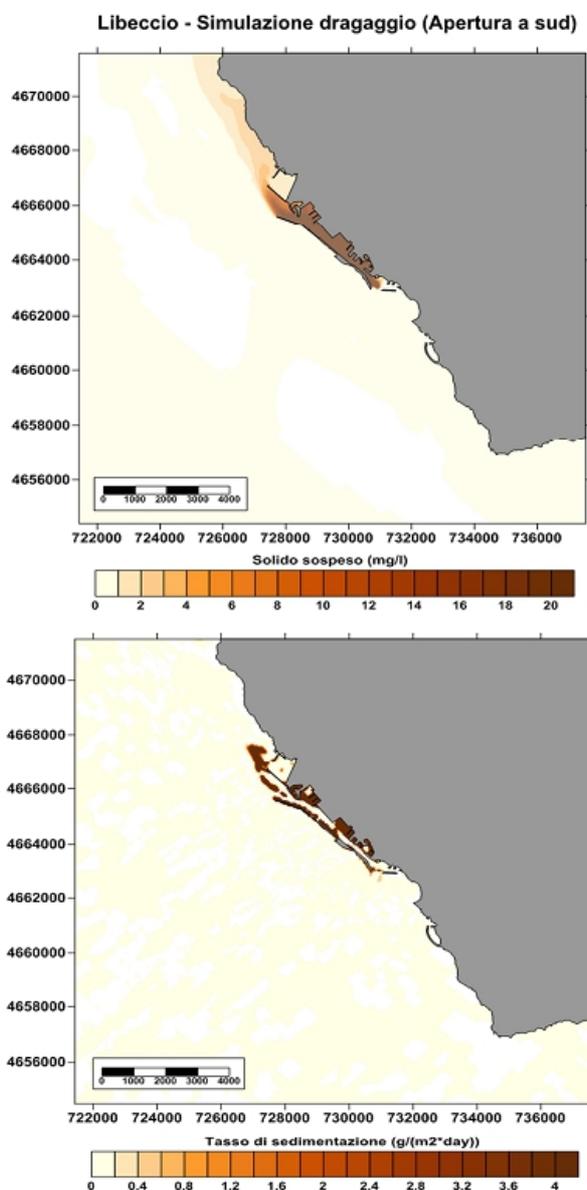


Fig. 12 distribuzione del solido in sospensione (in alto) e del tasso di sedimentazione (in basso) dovuto alle operazioni di dragaggio per le opere del 2LF (Apertura a sud) (Libeccio).

La stima degli impatti potenziali sugli habitat e sulle specie protette all'interno dei SIC IT6000005 e IT6000006 è stata effettuata attraverso la messa a punto dell'indice D3I (Dredging Indirect Impacts Index) che integra i risultati delle simulazioni relative alla concentrazione di solido sospeso (mg/l) e al tasso di sedimentazione (g/(m²*day)) presente nell'area di studio. I lavori di dragaggio effettuati per la realizzazione del 2LF producono un aumento di torbidità e di sedimentazione della parte a nord del SIC IT6000006 generando un'alta probabilità di medi impatti. In questa area infatti si

riscontra una moderata probabilità di ricadere nella CLASSE 2, mentre la possibilità che si verifichino alti impatti è molto bassa (< 5 %). La superficie del SIC a nord è caratterizzata quasi esclusivamente da bassi impatti, ad eccezione della sua parte meridionale dove si registrano moderate probabilità di ricadere nella CLASSE 2 e nella CLASSE 3 (circa il 40 %).

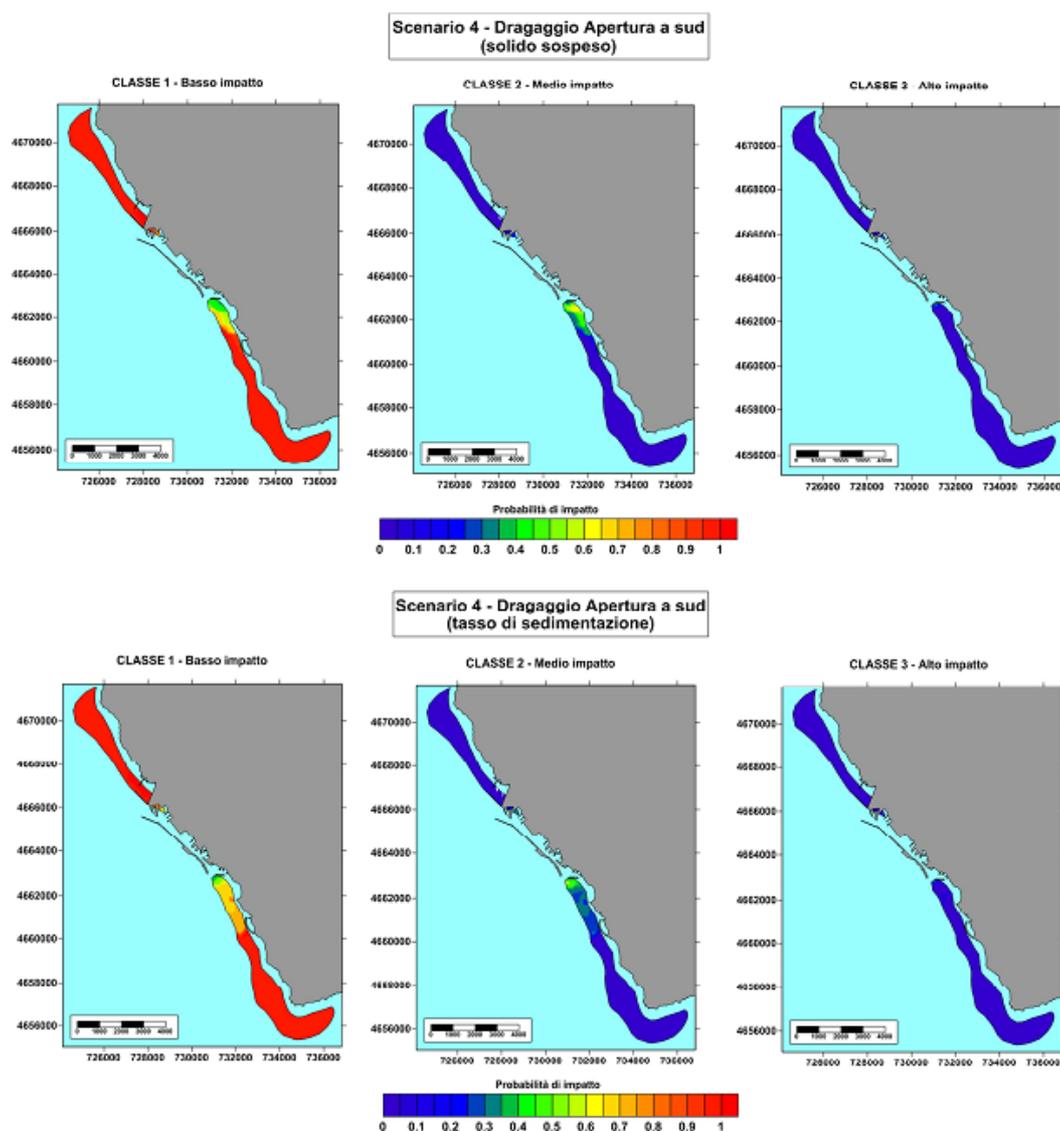


Fig. 13 Mappe dell'indice D31 per bassa, media e alta probabilità d'impatto dovuti alle operazioni di dragaggio per le opere del 2LF (Apertura a sud). In alto gli impatti generati dal sedimento in sospensione, in basso quelli dovuti al tasso di sedimentazione.

3.3 Schema riassuntivo degli impatti diretti e indiretti

Gli impatti diretti ed indiretti delle opere del I Lotto Funzionale delle Opere Strategiche (1LF), della Darsena Energetico-Grandi Masse (DEGM) e del II Lotto Funzionale delle Opere Strategiche (2LF) sull'habitat *Posidonia oceanica* (cod. 1120*) e sulla Facies dell'habitat 1120* 'Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di *Posidonia oceanica*', sulla specie *Pinna nobilis* (cod. 1028), sull'habitat Scogliere - Coralligeno (cod. 1170) e sulla specie *Corallium rubrum* (cod. 1001) sono riportati in Tabella 4.

In totale vengono danneggiati direttamente circa **15 ha di *Posidonia oceanica*, 3,5 ha di Coralligeno** e un numero di **individui di *Pinna nobilis* compreso tra 140 e 359**. Gli impatti indiretti saranno invece mitigati anche attraverso all'utilizzo di un sistema di monitoraggio a cui viene implementato un Early Warning System che limiterà la dispersione del materiale fine durante le attività di dragaggio.

Impatti Opere	Impatti diretti					Impatti indiretti			
	Habitat			Specie (n.individui)		Habitat		Specie (n.individui)	
	1120*	Facies 1120*	1170	1028	1001	1120*	1170	1028	1001
1LF	1,54 ha	1,53 ha	nessuno	35-94	nessuno	mitigato	mitigato	mitigato	mitigato
DEGM	4,4 ha	7,35 ha	3,5 ha	105-265	nessuno	mitigato	mitigato	mitigato	mitigato
2LF	0,14	0,04	nessuno	nessuno	nessuno	mitigato	mitigato	mitigato	mitigato
Totale	6,08 ha	8,92 ha	3.5 ha	140-359	0	0	0	0	0

Tabella 4 Analisi degli impatti diretti ed indiretti delle opere del PRP del 2004 sugli habitat e le specie protette presenti nei SIC oggetto di studio

4. OBIETTIVI E STRATEGIA DI COMPENSAZIONE: APPROCCIO ECOSISTEMICO ALLA VALUTAZIONE DELLE OPERE DI COMPENSAZIONE

La valutazione degli interventi di compensazione e mitigazione viene effettuata utilizzando un "Approccio Ecosistemico" attraverso il quale vengono quantificati i servizi ecosistemici delle aree impattate dalle attività di dragaggio portuale.

4.1. Analisi dei servizi ecosistemici relativi agli habitat considerati

Nel corso degli ultimi 35 anni gli studi sulla diversità biologica nell'area di studio sono stati numerosi. Sono state svolte indagini ambientali sia di caratterizzazione ecologica dell'area, sia come monitoraggio pre e post-operam relativo ai numerosi lavori infrastrutturali relativi alle opere portuali ed energetiche. Il porto di Civitavecchia ha subito diversi lavori di espansione, allungamento della diga foranea e costruzione di nuove banchine, mentre per la centrale ENEL sono stati effettuati lavori di riconversione a carbone e costruzione del molo carbone all'interno della Darsena Energetico Grandi Masse. Tutte queste opere hanno comportato studi di impatto ambientale che hanno incluso una caratterizzazione dei popolamenti bentonici dell'area.

Nella Tabella 5 vengono riportati i principali studi di caratterizzazione ecologica effettuati nell'area:

Studio	Anno
Fresi E., Gambi M.C., Focardi S., Bargagli R., Baldi F., Falcai L. Benthic community and sediment types: a structural analysis. P.S.Z.N.I.: Mar. Ecol., 4(2): 101-121.	1983
Chimenz C., Contessini A. Benthic population of Torvaldaliga (Civitavecchia, Italy). Mollusca. - Descriptive analysis. Nova Thalassia, 8:21-35.	1986
Taramelli E., Chimenez C. Effects of thermal pollution on the benthic population at Torvaldaliga (Civitavecchia, Roma). MAP Technical Reports Series n. 40: 63-82.	1990
Taramelli E., Venanzangeli L. Benthic population in Torvaldaliga (Civitavecchia, Italy). Crustacea Amphipoda. Oebalia, XVI, N.S.:49-67.	1990
Chimenez C. Benthic population of Torvaldaliga (Civitavecchia, Italy). Sipuncula. Nova Thalassia, 10: 45-51.	1993
Rivosecchi Taramelli E., Chimenz C., Ardizzone G.D., Fornaseri A.V., Gioia L. – Caratteristiche delle biocenosi macrobentoniche delle coste laziali. In: Il Mare del Lazio: Elementi di oceanografia fisica e chimica, biologia e geologia marina, clima meteomarinario, dinamica dei sedimenti ed apporti continentali. Università degli Studi di Roma “La Sapienza” – Regione Lazio, Assessorato Opere e Reti di Servizi e Mobilità, 147-217.	1996
Compagnia del Porto di Civitavecchia. Quadro di Riferimento Ambientale – SIA Darsena Energetico-Grandi Masse (Dec./VIA/2935 del 22/12/1997)	2000
Chimenz C., Gusso C., Gravina MF, Maggiore F.R. Temporal variations in soft bottom benthic communities in Central Tyrrhenian Sea (Italy). Archivio di Oceanografia e Limnologia 22:175–182.	2001
A.T.I. Quadro di Riferimento Ambientale – SIA Piano Regolatore Portuale 2004 – Opere Strategiche	2004
La Porta B., Targusi M., Lattanzi L., La Valle P., Paganelli D., Nicoletti L. Relict sand dredging for beach nourishment in the central tyrrhenian sea (Italy): effects on benthic assemblages. Marine Ecology, 30 (Suppl. 1):97-104.	2009
Università degli Studi della Tuscia - Nuova Indago S.r.l. - Opere strategiche per il Porto di Civitavecchia - I Lotto Funzionale: Prolungamento Antemurale Colombo, Darsena Servizi e Darsena Traghetti. Monitoraggi ante operam e lavori in corso.	2011 - <i>in corso</i>

Tabella 5 Sintesi dei principali lavori di caratterizzazione del benthos nell'area di studio

Sulla base delle informazioni raccolte, nell'area sono state identificate le biocenosi bentoniche che sono descritte di seguito. Il dominio bentonico dell'area è caratterizzato da una elevata eterogeneità dei fondali e dei substrati, spesso molto evidente anche a livello locale. In alcune aree risulta difficile identificare biocenosi rigorosamente definite, in quanto il substrato di riferimento è costituito da un fitto mosaico tipologico. È quindi comune incontrare mosaici composti da sabbia e roccia, a volte in associazione con matte morte e fasci isolati di *P. oceanica*, o substrati duri intervallati da catini di sabbia. Tale eterogeneità della componente abiotica comporta una diversità biologica notevole, soprattutto per quanto riguarda i popolamenti delle aree miste a bassa profondità.

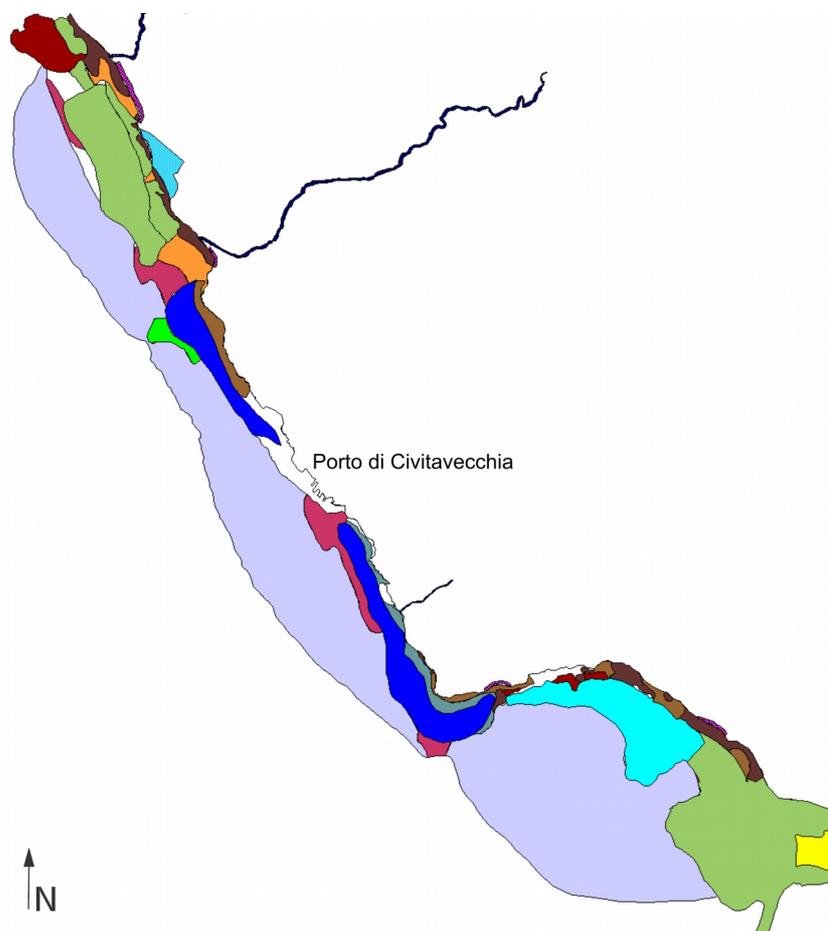


Fig. 14 Distribuzione spaziale delle biocenosi bentoniche

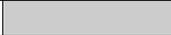
Biocenosi	Legenda
Sabbie Grossolane	
Sabbie Fini Ben Calibrate	
Vasi Terrigeni Costieri	
Transizione tra Sabbie Fini e Vasi Terrigeni Costieri	
Praterie di <i>P. oceanica</i>	
Detrito Costiero	
Alghe Fotofile Infralitorali	
Posidonia su roccia (copertura: 44-53%)	
Matte morta e Posidonia (copertura: 40%)	
Mosaico di Sabbia, Matte morta, Rocce organiche e Posidonia (copertura <30%)	
Mosaico di Sabbia, Matte morta e Posidonia (copertura <30%)	

Tabella 6 Principali biocenosi bentoniche individuate

Oggi è possibile disporre di oltre 50 anni di letteratura sui popolamenti bentonici del Mediterraneo, ciò garantisce una grande accuratezza nell'identificazione delle biocenosi presenti. Il sistema di classificazione selezionato qui è quello di Pérès e Picard, che considerano la penetrazione della luce come principale elemento di selezione. La approfondita conoscenza del dominio bentonico mediterraneo rende quindi il sistema di classificazione uno strumento potente nella gestione e nella programmazione della costa. Il sistema di classificazione del dominio bentonico, infatti, permette di identificare l'ecosistema di una data area attraverso l'identificazione di specie caratteristiche ed accessorie. Ciò consente di desumere la vasta serie di informazioni sui parametri ambientali come idrodinamismo, penetrazione della luce, tasso di sedimentazione o potenziali sorgenti di disturbo, nonché la loro variazione nel tempo, in maniera efficace ed accurata. Il sistema di classificazione delle biocenosi bentoniche, dunque, risulta ancora più utile quando lo scopo con cui si raccolgono le informazioni è guidare una gestione sostenibile degli spazi e delle risorse costiere, poiché permette di pianificare gli usi del mare ed eventuali interventi di conservazione, tenendo nella maggiore considerazione gli effetti diretti ed indiretti delle perturbazioni ambientali.

4.1.1 Valutazione economica relativa alla Posidonia oceanica nel contesto costiero di Civitavecchia

Per produrre una valutazione economica degli ecosistemi è necessario effettuare una valutazione delle funzioni e dei servizi ecosistemici che un determinato habitat può fornire. Tale valutazione deve tenere in considerazione tutta la lunga serie di vantaggi che l'uomo può derivare da un sistema naturale. Per quanto risulti evidente come tale approccio sia basato su una visione antropocentrica dell'ambiente, ciò non significa che il vantaggio economico di una comunità debba necessariamente essere posto in primo piano rispetto alle esigenze di tutela e conservazione dei sistemi naturali. È proprio in questa precisazione che si può trovare l'effettiva utilità dell'approccio proposto negli ultimi anni dall'economia ecologica. Ovviamente, nel momento in cui si sceglie di affrontare il tema degli ecosistemi da un punto di vista economico si deve far riferimento alle attività produttive ed alle possibilità di sviluppo economico di quelle comunità che vivono in relazione ad un preciso ecosistema.

Per arrivare ad una descrizione del valore economico totale (TEV) di un ecosistema è necessario individuare le singole caratteristiche che apportano valore al sistema, tali caratteristiche sono i beni ed i servizi che tale ambiente è in grado di fornire, definite solitamente come funzioni

ecosistemiche. In generale è possibile dividere le funzioni in due categorie (TEEB 2010): funzioni con valore legato all'uso (UV) e funzioni con valore non legato all'uso (NUV), a seconda che il beneficio derivante dalla funzione sia dato da un uso diretto della risorsa o dalla stessa esistenza della funzione. I due gruppi possono essere a loro volta suddivisi; le funzioni con valore legato all'uso possono essere classificate in: uso diretto (DUV, ovvero benefici derivanti dall'utilizzo diretto di risorse o spazi marittimi), uso indiretto (IUV, benefici legati al funzionamento dell'ecosistema ed alla sua sopravvivenza) e opzione d'uso (OUV, benefici derivanti dalla possibilità di utilizzi futuri delle risorse). Le funzioni con valore non legato all'uso possono essere divise in: valore di lascito (BV, benefici derivanti dalla possibilità di mantenere intatto il valore di un ecosistema per le generazioni future) e valore di esistenza (EV, benefici derivanti dal valore intrinseco di un ecosistema anche a prescindere dai valori legati all'uso).

VALORE LEGATO ALL'USO	Esempi	VALORE NON LEGATO ALL'USO	Esempi
Uso Diretto	Pesca; attività marittime	Valore di lascito	Stato di conservazione delle risorse
Uso indiretto	Ossigenazione delle acque; nursery; remineralizzazione nutrienti	Valore di esistenza	Ricchezza in diversità di ecosistemi e specie
Opzione d'uso	Energie rinnovabili marine		

Tabella 7 Tipologie di servizi ecosistemici calcolabili in termini economici. Classificazione generale

Riassumendo, il valore economico totale di un ecosistema è dato dalla seguente formula:

$$TEV = UV + NUV = (DUV + IUV + OUV) + (BV + EV)$$

Se si prende in considerazione il valore economico totale di un tipico ambiente marino costiero mediterraneo, riassumendo i lavori realizzati da Nunes, Remoundou de Groot, i principali parametri che devono essere presi in considerazione per la valutazione sono i seguenti:

VALORE LEGATO ALL'USO		VALORE NON LEGATO ALL'USO	Esempi
Uso Diretto	Produzione di cibo	Valore di lascito	Variazione nel tempo degli usi diretti
	Attività marittime		Variazione nel tempo degli usi indiretti
	Turismo ed attività ricreative	Valore di esistenza	Ricchezza di specie
	Produzione di materiali con utilizzo commerciale		Abbondanza di esemplari per specie
	Capacità di assorbimento dei rifiuti		Valore culturale/estetico
	Medicinali		
Uso indiretto	Produzione di cibo per il comparto biologico		Ricerca scientifica
	Funzione di rifugio		Educazione ambientale
	Funzione di nursery		
	Regolazione gas		
	Regolazione dei nutrienti		
	Protezione dall'erosione costiera		
Opzione d'uso	Energie rinnovabili marine		
	Produzione di nuove sostanze e processi biologici con valore commerciale		

Tabella 8 Tipologie di servizi ecosistemici calcolabili in termini economici. Classificazione per ecosistemi marini costieri mediterranei.

In questo lavoro, il processo di valutazione è focalizzato sui benefit, considerati l'unica parte del contesto di servizi ecosistemici, che può effettivamente essere quantificata, anche da un punto di vista economico. Vengono qui presentati i risultati della valutazione economica dei benefit con Valore d'Uso forniti dalle praterie di *Posidonia oceanica*.

- Sequestro di carbonio;
- Controllo dell'erosione;
- Bioremediation;
- Produzione di cibo;
- Potenziale ricreativo;

- Fornitura di O₂.

Sequestro di Carbonio

Le praterie di fanerogame marine, le mangrovie, le barriere coralline e le zone salmastre sono considerati ecosistemi di importanza strategica per la conservazione delle risorse costiere e non solo. Negli ultimi anni, inoltre, questi ambienti hanno assunto crescente importanza anche per il loro ruolo chiave nel ciclo del carbonio, in particolare per la loro capacità di seppellire, o sequestrare, anidride carbonica ed immagazzinarla in forma organica a lungo termine. Tale ruolo è conosciuto globalmente come “Blue Carbon”. Si stima (Duarte, 2005) che le aree vegetate costiere ricoprono circa il 2% dei fondali oceanici, ma che rappresentino circa il 50% del carbonio organico totale seppellito negli oceani. Inoltre, la loro capacità di immagazzinamento è dieci volte quella delle foreste temperate e cinquanta volte quella delle foreste tropicali. In particolare, per il Mediterraneo, il ruolo primario in questa forma di sequestro di anidride carbonica è svolto dalle distese di *Posidonia oceanica*, in grado di seppellire considerevoli quantità di carbonio organico, in forma di foglie, e soprattutto rizomi, nella matte e nelle strutture ipogee.

Secondo Mateo (Mateo et al. 2011, IUCN) della produzione totale di biomassa della pianta il 24-44% è remineralizzato o riciclato in vari modi, il 6-50% viene esportato al di fuori del posidonieto, ed il 6-20% viene utilizzato da organismi erbivori. Il restante 11-47% può essere considerato una stima indiretta del flusso di carbonio verso il sequestro a breve e lungo termine. In maggior dettaglio, sempre secondo Mateo, la stima del carbonio sequestrato a lungo termine attraverso i processi metabolici ed ecologici in *P. oceanica* è del 10-25% della produzione totale.

Per effettuare una stima del valore di questo benefit sono stati utilizzati i dati di produzione di biomassa prodotti attraverso le analisi fenologiche di laboratorio sui campioni presi in considerazione negli studi citati in precedenza eseguiti dal Laboratorio di Oceanologia Sperimentale e Ecologia Marina dell’Università degli Studi della Tuscia.

Stazione	Produzione TOT (g/m ² /anno) – Mag-Giu	Produzione TOT (g/m ² /anno) – Nov
POS01	117,56	108,96
POS02	147,88	148,39
POS03	136,03	254,64
POS04	141,56	261,18
POS08	316,26	424,50
POS10	147,28	216,03
POS11	78,64	124,25
POS13	207,74	246,43
POS14	63,42	70,31

Tabella 9 Valori di produzione, in grammi di biomassa, totale per ogni stazione di campionamento di *Posidonia oceanica*

I valori si riferiscono a grammi di biomassa totale prodotta. Per questa pianta, il carbonio rappresenta il 57% della biomassa totale (Ott, 1980). Se si considera inoltre il rapporto stechiometrico tra carbonio ed anidride carbonica è possibile effettuare una stima del carbonio organico sequestrato nelle stazioni di riferimento.

<i>Produzione totale mediana</i>	147,28	g/m ² /anno
<i>Produzione mediana</i>	1472810	g/ha/anno
	1,47	Ton/ha/anno
<i>Produzione mediana carbonio</i>	0,84	Ton/ha/anno
<i>CO2 sequestrata</i>	3,08	Tonnellate
<i>Sink lungo termine</i>		
<i>Ton sink minimo (10%)</i>	0,31	Tonnellate
<i>Ton sink massimo (25%)</i>	0,77	Tonnellate
<i>Media EUA 12 Apr14-Mar15</i>	6,24	€/Ton
<i>Prezzo sink 10%</i>	1,92	€
<i>Prezzo sink 25%</i>	4,8	€

Tabella10 Stime del valore del sequestro di anidride carbonica a lungo termine

Per calcolare il valore economico di una tonnellata di CO₂ sottratta in questo modo è stato considerato il valore a cui viene scambiata la quota di CO₂, denominata EUA (EU Allowance) all'interno di ETS – Emission Trading Scheme, il mercato di scambio delle quote di emissione dell'Unione Europea. Il calcolo è stato effettuato utilizzando il valore medio a cui è stata scambiata la quota in 12 mesi: 6,24 €/tonnellata.

Utilizzando per la stima i due valori estremi per il sequestro a lungo termine, 10-25%, si ottiene un range di valore economico del carbon sink da *P. oceanica* nell'area di studio pari a 1,9 – 4,8 €/ha all'anno.

Fornitura di ossigeno

La produzione di ossigeno in aree costiere è un servizio ecosistemico dal valore fondamentale. Favorisce il mantenimento di condizioni ecologiche produttive e limita l'insorgenza di zone anossiche, con conseguenze dirette anche per la salute dell'uomo.

Le stime di produzione organica utilizzate per valutare il sequestro di anidride carbonica possono essere utilizzate anche in questo contesto per valutare il benefit della produzione di ossigeno.

È stato misurato (Duarte, 2010) che nei cicli metabolici di *Posidonia oceanica* la produzione di ossigeno, al netto della respirazione, corrisponde a 0.25 mmol per grammo in peso secco di biomassa prodotta.

	Mag-Giu	nov	
<i>Produzione totale mediana</i>	141,56	182,21	g/m2/anno
<i>Produzione totale mediana</i>	0,388	0,499	g/m2/giorno
<i>Ossigeno prodotto</i>	0,097	0,125	mmol/m2/giorno
<i>Ossigeno prodotto</i>	969,62	1248,01	mmol/ha/giorno
<i>Ossigeno prodotto</i>	353910	455525	mmol/ha/anno
<i>Ossigeno prodotto</i>	353,91	455,53	mol/ha/anno
<i>Ossigeno prodotto</i>	7927,58	10203,76	litri/ha/anno
<i>Valore ossigeno prodotto</i>	76,66	98,67	€

Tabella 11 Stime del valore economico della produzione di ossigeno

Risorse alieutiche

La fornitura di cibo è uno dei benefit ecosistemici maggiormente riconosciuto, in quanto una delle risorse più facilmente associabile ad un ecosistema e calcolabile in maniera immediata. Per questo motivo è anche uno dei benefit più spesso determinati nei lavori di valutazione economica degli ecosistemi. Inevitabilmente, la fornitura di cibo da ecosistemi costieri consiste nella risorsa ittica sfruttabile attraverso la pesca.

Per effettuare una stima del valore economico del benefit fornito dalle praterie di *P. oceanica* viene stimato il valore commerciale del pescato prodotto nell'area di studio, tenendo in considerazione solo le specie legate, con vincoli più o meno stretti, alle praterie di *P. oceanica* e definendo un valore economico per ettaro per anno. Nella seguente tabella vengono riportati i quantitativi totali (in peso espresso in tonnellate) di specie ittiche di valore commerciale che hanno un ciclo vitale legato alle praterie, registrato nel triennio 2012-2014 presso l'asta del pesce di Civitavecchia.

Specie	Q.tà (tonn)	R (€)
Alici	12,74	37526
Dentici	3,44	34408
Moscardini	80,22	401326
Orate	10,46	109784
Pagelli	2,02	11466
Polpi	72,9	500622
Saraghi	3,08	20202
Scorfani	3,18	31706
Seppie	9,1	106394
Triglie	47,14	215448
TOTALE	244,28	1468882
MEDIANA	9,78	71960
TOT. Q 16 Pescherecci	300,65	1807854

Tabella 12 Stima delle quantità pescate e del relativo valore economico per le specie di interesse commerciale strettamente legate alla presenza di *P.oceanica*.

In considerazione del fatto che tra le specie pescate dalla flotta pescherecci del compartimento di Civitavecchia sono presenti anche specie che utilizzano in maniera occasionale l'habitat *P. oceanica*, per il calcolo economico della risorsa alieutica si distinguono due scenari complementari tra loro: nel primo si considerano esclusivamente le specie che trascorrono almeno una fase del ciclo vitale in associazione con la prateria o che, nell'area di studio, sono visitatori assidui della prateria; in questo caso i dati di pesca riportati in Tab.12, sono considerati pari alla metà delle

quantità del pescato. Nel secondo caso vengono inclusi anche gli organismi che visitano la prateria in maniera occasionale ma regolare, come ad esempio i cacciatori notturni, e quelli che abitano abitualmente zone di semi-prateria, come le radure sabbiose, i canali intermatte o i limiti della copertura vegetale, mentre come superficie si includono anche gli ambienti di semiprateria (Kalogirou 2010, Del Pilar Ruso, 2006); in questo secondo caso le quantità del pescato comprendono altre specie, con l'aggiunta del restante 50% delle quantità riportate in Tabella 12. Le unità di superficie di riferimento sono state ottenute sovrapponendo i tracciati GPS delle aree di pesca dei 16 pescherecci di Civitavecchia, raccolti nel corso degli ultimi anni, con la distribuzione superficiale delle praterie e delle semipraterie di *P.oceanica*.

I dati sul pescato utilizzati in questo studio sono forniti dalla Cooperativa Marinai e Caratisti, che gestisce l'asta del pesce di Civitavecchia e riunisce 13 dei 16 pescherecci a strascico che compongono la flotta di Civitavecchia, la quale opera in maniera regolare in corrispondenza dell'area di studio. Il computo presentato è riportato proporzionalmente al totale dei 16 pescherecci che compongono la flotta. Tuttavia, il valore finale risulta ancora sottostimato, poiché manca il volume del pescato prodotto dalla piccola pesca, rappresentata in maniera consistente nell'area dalle marinerie di Tarquinia, Civitavecchia, Santa Marinella e Santa Severa. Questa importante frazione degli operatori del settore ittico, tra l'altro, avendo la possibilità di pescare a profondità molto inferiori rispetto allo strascico, utilizza probabilmente il benefit fornito dalle praterie in maniera ancora più diretta.

In Tabella 13 e in Tabella 14 vengono presentate le due stime, effettuate sulla base della quantità media pescata per ogni specie negli anni 2012, 2013, 2014 e la media del prezzo di vendita all'asta nei tre anni di riferimento.

Specie	Q (Ton)	R (€)
<i>Alici</i>	6,37	18763
<i>Dentici</i>	1,72	17204
<i>Moscardini</i>	40,11	200663
<i>Orate</i>	5,23	54892
<i>Pagelli</i>	1,01	5733
<i>Polpi</i>	36,45	250311
<i>Saraghi</i>	1,54	10101
<i>Scorfani</i>	1,59	15853
<i>Seppie</i>	4,55	53197
<i>Triglie</i>	23,57	107724

Totale	122,15	734441
---------------	---------------	---------------

Mediana Q		111,22
Mediana R		637046
Tot Q 16 pescherecci		136,88
Tot R 16 pescherecci		784057

Tabella13 Stime del valore economico della produzione di cibo, tenendo in considerazione solo le praterie vere e proprie e solo le specie ad esse strettamente legate

Specie	Q (Ton)	R (€)
<i>Alici</i>	6,37	18763
<i>Calamaretti</i>	2,93	33587
<i>Cefali</i>	0,49	1215
<i>Cernie</i>	0,14	2612
<i>Dentici</i>	1,72	17204
<i>Gattucci</i>	2,49	8970
<i>Gronghi</i>	0,59	566
<i>Lucerne</i>	0,82	4123
<i>Moscardini</i>	40,11	200663
<i>Orate</i>	5,23	54892
<i>Pagelli</i>	1,01	5733
<i>Pannocchie</i>	12,93	60065
<i>Pesci S. Pietro</i>	0,86	13357
<i>Polpi</i>	36,45	250311
<i>Razze</i>	3,62	12089
<i>Ricciole</i>	0,47	3975
<i>Rombi</i>	0,29	7502
<i>Saraghi</i>	1,54	10101
<i>Sardine</i>	0,08	30
<i>Scorfani</i>	1,59	15853
<i>Seppie</i>	4,55	53197
<i>Sogliole</i>	1,06	17914
<i>Spigole</i>	0,13	2952
<i>Suri</i>	0,73	524
<i>Triglie</i>	23,57	107724

Totale	149,76	903922,86
---------------	---------------	------------------

Mediana Q		139,31
Mediana R		795704
Tot Q 16 pescherecci		171,46
Tot R 16 pescherecci		979328

Tabella 14 Stime del valore economico della produzione di cibo, tenendo in considerazione tutte le aree vegetate a Posidonia ed includendo anche le specie visitano la prateria in maniera occasionale ma regolare

Anche se il compartimento marittimo di Civitavecchia soggetto allo sforzo di pesca si estende su un'ampia porzione di piattaforma costiera, dall'esame dei tracciati della flotta pescherecci registrati nel corso degli anni, emerge che solo una parte del compartimento marittimo è soggetta ad attività alieutiche che interessano solo una porzione delle praterie e semipraterie di *P. oceanica*. Il confronto cartografico con la carta della distribuzione delle biocenosi restituisce quindi i seguenti valori di superficie:

Scenario 1	Prateria	197 ettari
Scenario 2	Prateria + semiprateria	2384 ettari

Utilizzando i dati riportati si può quindi facilmente effettuare una stima della risorsa alieutica legata alla *Posidonia oceanica*:

Scenario 1	3.980 €/ha/anno
Scenario 2	411 €/ha/anno
totale	4.391 €/(ha x anno)

A titolo di confronto l'importo è stato calcolato anche utilizzando il metodo proposto da Fresi nel documento Valutazione ecologica della prateria di *Posidonia oceanica* di Civitavecchia – La Mattonara (2001). Fresi applica il modello di Whittaker (1975) secondo cui su fondi marini a manto vegetale vale un rapporto produzione primaria/produzione secondaria 1:0,02. Considerando nella porzione della sola *Posidonia oceanica* dell'area da dragare una produzione primaria di 230gPS/m²/anno si ha una produzione secondaria in peso secco di 4,6gPS/m²/anno.

Convertendo il valore ottenuto in peso umido (si utilizza un fattore 8x) si perviene alla stima teorica massima di 36,8 gPS/m²/anno, cioè di 368kg/ha/anno. Considerando un prezzo medio di 15euro/kg si ottiene un valore di 5.520 euro/ha/anno. Questo valore tuttavia è sovrastimato perché non può tenere conto del peso delle specie che non vengono pescate.

Si ritiene quindi un valore più attendibile quello calcolato dai dati forniti dal comparto della pesca di Civitavecchia.

Stabilizzazione del trasporto solido litoraneo

In precedenti lavori è stato misurato l'effetto delle praterie di *Posidonia oceanica* nell'area di studio sul moto ondoso che raggiunge la costa. La stima è stata effettuata attraverso l'uso di modelli numerici di propagazione del moto ondoso in acque basse, prendendo in considerazione la profondità, la densità e la copertura vegetale della prateria ed utilizzando un coefficiente di attrito al fondo desunto in letteratura.

Nei profili in cui sono state inserite le praterie di *Posidonia oceanica*, si evidenzia come in prossimità delle stesse si verifichi una drastica diminuzione dell'altezza dell'onda, con la conseguente riduzione dell'energia che oscilla tra il 20%, nei casi a maggiore profondità e minore copertura, ed il 30 % nei casi a minor profondità e maggiore copertura.

Considerando l'assenza di stime dirette relative all'attenuazione dell'energia del moto ondoso sulle praterie dell'area di studio e considerando l'estrema complessità di effettuare tale misura sul campo, tale intervallo di dissipazione dell'energia, stimato mediante il modello numerico, è stato confrontato e ponderato sia con la letteratura esistente sia con misure in situ relative ai flussi di sedimentazione e risospensione del sedimento all'interno delle praterie di *Posidonia oceanica*.

Premettendo la stretta dipendenza tra il tasso di dissipazione dell'energia del moto ondoso, i parametri strutturali e funzionali delle praterie (e le loro variazioni stagionali) e le condizioni meteomarine, dalla letteratura esistente si evince un tasso di dissipazione del moto ondoso in presenza di praterie di *Posidonia oceanica* compreso tra l'11 e il 40% (Elginoz et al., 2011; Koftis et al., 2013). In altri studi è stata dimostrata una riduzione della velocità orbitale dell'onda (funzione dell'altezza, del periodo dell'onda e della profondità) in presenza di praterie di *Posidonia oceanica* pari al 25% (Chen et al., 2007).

In aggiunta, recenti indagini mensili relative al flusso di sedimentazione e risospensione nell'area di studio, hanno mostrato che le praterie di *Posidonia oceanica* trattengono una maggiore percentuale di sedimento (compresa tra lo 0.5 e il 54%) rispetto ad un fondale non vegetato.

Questi dati risultano confrontabili con la letteratura esistente nella quale vengono riportati anche valori di dissipazione dell'energia ad opera della *Posidonia oceanica*.

Dai risultati modellistici, sperimentali e dedotti dalla letteratura si stima quindi come valore medio di dissipazione dell'energia del moto ondoso ad opera delle praterie di *Posidonia oceanica* una percentuale compresa tra il 20% ed il 30%.

Per ottenere una stima di quanto questo benefit possa valere in termini economici sul mercato si calcola ora quanto costerebbe ottenere lo stesso risultato in dissipazione di energia attraverso la costruzione di una barriera soffolta, comunemente utilizzata come opera di difesa costiera. La

prateria di Posidonia può essere ben assimilata ad una barriera soffolta, nel suo ruolo di protezione dall'erosione, sia perché interagendo con la componente orbitale del moto ondoso ne determina una riduzione di energia per attrito e ne stimola il frangimento, sia perché, quasi come la barriera soffolta, contribuisce ad intrappolare il sedimento che, con le onde più alte, verrebbe trasportato verso largo oltre la profondità di compensazione.

Una barriera soffolta, della tipologia comunemente utilizzata in Italia ed in Mediterraneo, è costituita da una serie di massi, di dimensioni note, disposti in maniera calcolata per ottenere un prefissato effetto dissipativo sul moto ondoso. Sono generalmente realizzate in due strutture distinte, ovvero una fondazione, che ne assicura la stabilità e la durata nel tempo, ed una mantellata che, in base al disegno ed alla dimensione che ne viene data in fase di progetto, permette di trovare il giusto equilibrio tra l'effetto dissipativo, il trasporto di materiale sedimentario e la circolazione idrodinamica. Per le due tipologie di struttura vengono utilizzati massi di diversa dimensione, cosicché, come per i ripascimenti delle spiagge, le strutture sovrastanti sono composte di materiali con granulometria maggiore. La quantità di massi necessaria per ottenere il preciso effetto dissipativo richiesto viene calcolata di seguito, sulla base dei dati di riferimento, idrodinamici ed ingegneristici, utilizzati in un lavoro di progettazione di opere di difesa costiera, eseguito dal Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina, per la zona costiera delle “Murelle”, Montalto Marina (*Progetto delle opere di difesa costiera nell'area compresa tra la foce del Fiume Fiora e Punta delle Murelle: studio meteomarinario e applicazione di modelli numerici per l'ottimizzazione delle opere e lo studio dell'interazione con la dinamica costiera*).

In questo lavoro vengono proposti dei moduli di barriera sommersa delle stesse dimensioni, da installare in maniera non continuativa in modo da permettere un costante ricambio di acqua, come mostrato in Fig.15.

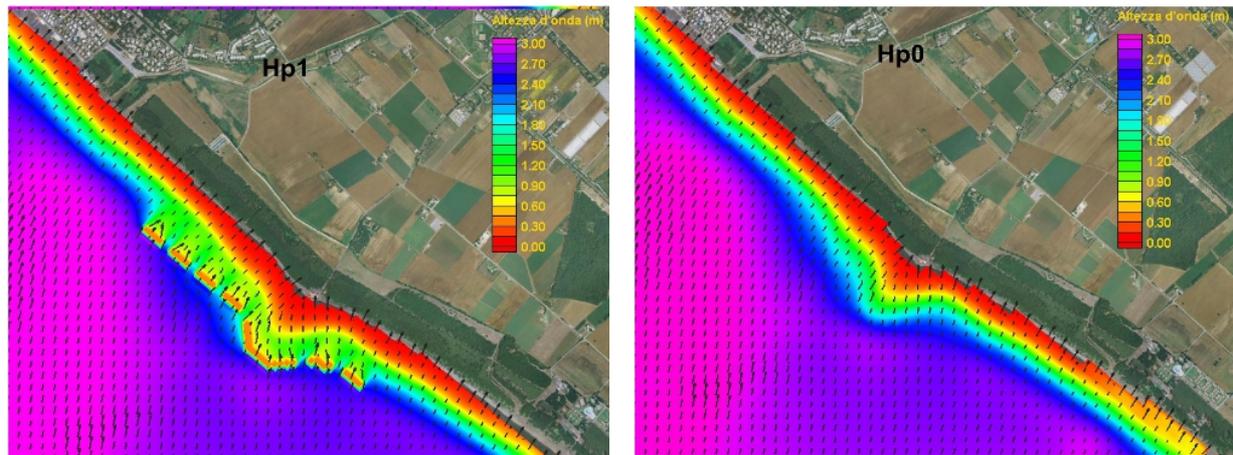


Fig. 15 Effetto di una barriera soffolta sulle mareggiate incidenti lungo la linea di costa.

Stimando i costi per la realizzazione di un modulo, normalizzandoli per ottenere una dissipazione di energia paragonabile a quella determinata dalle praterie dell'area di studio, è possibile arrivare a determinare il valore per la realizzazione di tale benefit. Per ottenere un valore confrontabile con quello di altri benefit forniti è infine necessario introdurre la dimensione temporale ed ottenere il valore annuo di tale servizio. Per fare ciò il costo di installazione viene suddiviso per gli anni per i quali l'efficienza dell'opera è garantita, utilizzando le stime sul tempo di vita delle opere di difesa riportate in bibliografia (Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 1996).

Un modulo come quelli progettati ha una lunghezza di 150 metri, con una fondazione costituita da 2100 m³ di materiale ed una mantellata costituita da 4050 m³ di massi. Il peso rappresentativo dei massi da utilizzare è stato calcolato in 2600 Kg/m³. I massi utilizzati per la fondazione hanno un costo di 19,50 €/t, simile al costo dei massi utilizzati per la mantellata: 20,40 €/t. È possibile considerare i costi per la fondazione come costi fissi, nel senso che questa componente di spesa varia molto poco in relazione all'attenuazione di moto ondoso che si vuole ottenere. Ciò che varia in maniera più consistente è la dimensione della mantellata, in cui la quantità di materiale utilizzato è proporzionale alla quantità di energia che si progetta di dissipare. L'effetto calcolato per le opere descritte varia in considerazione della direzione di provenienza dell'onda e della sua altezza significativa. I casi che ne rappresentano i due estremi, per i quali sono state condotte simulazioni numeriche ad alta risoluzione, sono un'onda significativa di 1,1 metri proveniente da 245°, sulla quale si osserva una riduzione dell'energia associata all'altezza d'onda incidente pari al 25%, ed un'onda significativa di 1 m proveniente da 190°, sulla quale si osserva una riduzione energia incidente pari al 15%, media 20%. Queste percentuali dimostrano che l'intervento progettato è

un'opera studiata per interferire con i treni d'onda incidenti, ma senza modificare in maniera drastica l'equilibrio idrodinamico generale del tratto di costa, che è il principale motivo di fallimento di numerose opere di difesa costiera. Per ottenere dunque una stima economica del benefit di protezione dall'erosione si rapporta la dissipazione indotta dalle opere descritte a quella indotta dalle praterie, tenendo fermi i costi fissi della fondazione e adattando i costi variabili della mantellata, il cui costo è legato ai m^3 di massi depositati, dipendente dalla quantità di energia che si intende dissipare.

Da progetto, per la fondazione sono necessari $2100 m^3$ di massi del peso di $2600 Kg/m^3$, per un totale di 5460 tonnellate che, al costo dei massi per la fondazione di 19,50 €/t, comporta una spesa finale di 106.470 €, costo al metro: 709,80 €.

Per la mantellata sono necessari $4050 m^3$ di massi, sempre del peso di $2600 Kg/m^3$, totale 10530 tonnellate al costo di 20,40 €, totale: 214.812 €, costo al metro: 1.432,08 €.

Il costo al metro della mantellata permette una dissipazione di energia media del 20 %. Se si rapporta il costo alla dissipazione indotta da Posidonia (25%) risulta essere 1790,1 €/m.

Se infine si estende tale costo ad un ettaro, ipotizzando un quadrato di 100 m di lato, e si distribuisce il costo sull'arco di tempo per il quale è garantita la struttura, circa 20 anni, il risultato, 8.950,50 € è una stima del benefit di protezione dall'erosione fornito da un ettaro di prateria ogni anno.

Bioremediation

Per il calcolo del valore del benefit di bioremediation, si quantifica quanto costerebbe processare con metodi biologici l'eccesso di nutrienti che la prateria è in grado di assorbire. Conseguentemente, poiché si considerano solo i servizi legati a fosforo ed azoto, il risultato finale sottostima considerevolmente il valore complessivo di tale benefit.

La capacità delle praterie di *Posidonia oceanica* di rimuovere considerevoli quantità di azoto e fosforo dalle acque e dai sedimenti costieri, è una caratteristica chiave nella conservazione degli equilibri ecosistemici costieri e nel mantenimento della resilienza del sistema. Sia le stesse piante di *Posidonia*, sia il complesso degli organismi ad esse associati, attuano un processo di rimozione degli eccessi e rendono parte di questi nuovamente disponibili per le comunità biologiche costiere. In questo ambito, un ruolo di grande rilievo è svolto dalla comunità biocenotica associata alla *matte*, al complesso intreccio di rizomi, radici, sedimenti e materia organica in cui le comunità microbiche svolgono un ruolo ecologico di primo rilievo.

Il controllo degli eccessi nei carichi di nutrienti che si rendono disponibili per gli organismi fotosintetici permette di limitare, tra le altre cose, il proliferare di alghe e batteri, esercitando un controllo sull'insorgenza di processi di eutrofizzazione che, una volta innescati, possono portare alla riduzione della biodiversità specifica, all'impoverimento dello stato ecologico del sistema e, per conseguenza, ad una complessiva riduzione dei benefit forniti all'uomo dagli ecosistemi marini costieri. In aggiunta, la stessa capacità di ridurre le concentrazioni di Azoto e Fosforo, svolge un ruolo importante nella limitazione della proliferazione di specie algali alloctone.

Per arrivare ad una stima del valore economico di questo servizio, sono state prese in considerazione diverse tecniche di rimozione biologica dei nutrienti in eccesso da reflui ricchi in Azoto e Fosforo. Tra le attività che hanno consistenti necessità di abbattimento dei carichi di nutrienti, e per le quali è quindi disponibile una utile letteratura comprensiva di dati, c'è l'allevamento di bestiame con la relativa produzione di reflui ad alto contenuto in N e P. Di conseguenza, il metodo utilizzato per la stima è la valutazione di quanto costerebbe rimuovere la stessa quantità di nutrienti con le tecniche disponibili per questo settore produttivo. Per ottenere tale risultato, i valori di fissazione di nutrienti da parte delle praterie sono stati confrontati con i dati di smaltimento dei nutrienti dai reflui degli impianti di allevamento individuati all'interno del Quaderno di Ricerca della Regione Lombardia, in collaborazione con ERSAF (Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste), "Gestione e riduzione dell'azoto di origine zootecnica – Soluzioni tecnologiche ed Impiantistiche". I livelli di assorbimento di nutrienti da parte delle praterie di *Posidonia* sono desunti da letteratura.

Si consideri un tasso di assorbimento dell'Azoto e del Fosforo (in termini di fissazione), da parte del sistema prateria, intesa come biocenosi, rispettivamente di:

$$N = 34,2 \text{ g/m}^2/\text{anno} \text{ (Lepoint 2002)}$$

$$P = 0,49 \text{ mol/m}^2 \text{ anno, corrispondenti a } 1,52 \text{ g/m}^2/\text{anno} \text{ (Béthoux, 1986)}$$

che, estraendo il valore per ettaro, risulta in

$$N = 342.000 \text{ g/ha/anno} \quad \text{e} \quad P = 15.200 \text{ g/ha/anno}$$

In media, nell'esempio preso in considerazione di allevamenti di suini o bovini, la concentrazione di azoto nei reflui zootecnici da allevamenti è, rispettivamente, 3-4 kg/m³.

Vengono presi in considerazione 4 differenti metodi di rimozione biologica dei nutrienti dai reflui, per ognuno dei quali viene presentata una stima delle prestazioni, in termini di rimozione percentuale ed effettiva di azoto e fosforo e dei relativi costi.

Allevamento suini – Azoto = 3 kg/m ³		Prestazioni (%)		Rimozione effettiva g/m ³			Rimozione effettiva g/m ³ [media]	
Metodo	media €/m ³	N	P	N	N (4 kg)	P	N	P
	0.3	4-7	8-12	120-350	160-280	37,04 – 55,56	165-220	300
<i>Separazione solidi grossolani</i>	0.9	8-15	30-42	240-450	320-600	138,9- 194,46	345-460	1080
	0.9	6-16	28-42	180-480	240-640	129,64-194,46	330-440	1050
<i>Valore di Riferimento</i>	0,7						280	810
<i>Separazione solidi grossolani e fini</i>	0.35	25-35	50-65	750- 1050	1000-1400	231-300,95	900-1200	1725
	1.6	30-40	70-90	900- 1200	1200-1600	324,1-416,7	1050-1400	2400
	1.6	20-26	73-87	600-780	800-1040	337,99-402,81	690-920	2400
	3.55	20-35	60-80	600- 1050	800-1400	277,8- 370,4	825-1100	2100
<i>Valore di Riferimento</i>	1,78						866,25	2156,25
<i>Rimozione biologica dell'azoto</i>	3.5	50-70	0	1500-2100	2000-2800	0	1800-2400	0
	4.4	70-90	15-75	2100-2700	2800-3600	69,45-347,25	2400-3200	1350
	6.05	70-95	15-95	2100-2850	2800-3800	69,45-439,85	990-3300	1650
<i>Valore di Riferimento</i>	4,65						1730	1500
<i>Estrazione di azoto come concime minerale</i>	10.5	60-80	30-90	1800-2400	2400-3200	138,9- 416,7	2100-2800	1800
	17.5	80	85	2400	3200	393,55	2400-3200	2550
	12	50	85	1500	2000	393,55	1500-2000	2550
<i>Valore di Riferimento</i>	13,33						2000	2300

Tab.15 Calcolo dell'efficienza dei metodi di rimozione dei nutrienti e del loro costo economico.

Conoscendo le quantità di nutrienti assorbite da un ettaro di prateria ogni anno, attraverso una proporzione con la quantità di azoto e fosforo sottratti al refluo, in relazione al costo per grammo, è possibile stimare il valore economico del benefit ecosistemico fornito dalla prateria di Posidonia in termini di bioremediation per azoto e fosforo.

Nutriente	Valore economico per tecnica €/ha/anno
Azoto	337,5
	985
	2400
	2250
Fosforo	134,27
	331,05
	208,35
	393,55
Valore N + P massimo	2793,55

Tabella16 Sintesi del valore economico del benefit in termini di € per ettaro all'anno

Disponendo di un range di valori riferito a 4 differenti tecniche, applicando il principio di precauzione, il calcolo viene eseguito utilizzando i valori massimi ottenuti (rispettivamente 2400 €/ha/anno per l'Azoto e 393,55 €/ha/anno per il Fosforo).

4.1.2 Valutazione economica delle praterie di *Posidonia oceanica* e del coralligeno nel contesto costiero di Civitavecchia

In considerazione dei benefit con Valore d'Uso forniti dalle praterie di *Posidonia oceanica* nel contesto costiero di Civitavecchia è possibile effettuare la valutazione economica complessiva delle praterie presenti. I valori utilizzati sono gli estremi massimi ricavati dalle considerazioni precedenti. Schematicamente il sequestro di carbonio è stato valutato **4,8 euro/ettaro anno**; la produzione di ossigeno è valutata in circa **87,6 euro/ettaro anno**; la risorsa alieutica ammonta a circa **4391 euro/ettaro anno**; la bioremediation ammonta a circa **2793.55 euro/ettaro anno**; la protezione dall'erosione costiera è valutata circa **8950 euro/ettaro anno**.

Il totale complessivo annuo per ettaro ammonta quindi a **16227 euro**.

Tenendo quindi conto quindi dell'estensione totale di tutte le opere che impattano direttamente sulle praterie di *Posidonia oceanica*, l'intervento di compensazione prenderà in considerazione un totale di **15 ha (12 ha Darsena Energetico-Grandi Masse + 3 ha I Lotto Funzionale Opere Strategiche)**, da cui si deduce una stima economica dell'impatto sulle praterie di circa **243.405 euro annui**. Tale valutazione estesa ad un arco temporale di circa 10 anni equivale quindi a **2.434.050 euro**.

La valutazione economica dei benefit del coralligeno è basata sui dati medi presenti in letteratura. In generale la caratteristica principale del coralligeno risiede nell'enorme produttività dell'habitat che è in grado di ospitare un elevatissimo numero di specie. A parte le centinaia di specie di coralli, i reef sono un esempio straordinario di biodiversità e ospitano una moltitudine di diversi tipi di pesci, invertebrati e mammiferi marini. Si stima che l'habitat coralligeno, sebbene costituisca meno dell'1% dei fondali oceanici, ospiti circa il 25% per cento di tutta la biodiversità marina. L'habitat fornisce zone di riproduzione, nursery, rifugio e alimentazione per una grande varietà di organismi, tra cui spugne, cnidari, vermi, crostacei (tra cui gamberi, aragoste e granchi), molluschi (compresi i cefalopodi), echinodermi (tra cui stelle marine, ricci di mare e mare cetrioli), uova di mare, tartarughe marine e serpenti di mare. Inoltre, la loro bellezza rende barriere coralline una potente attrazione per il turismo.

Costanza ha valutato il valore medio del capitale naturale correlato ai servizi ecosistemici nel caso del coralligeno, pari a circa 8000 euro per ettaro all'anno (Costanza et al. 1997). Successive integrazioni hanno portato a stime molto più alte con valori per ettaro annui compresi tra i 100000 e i 400000 euro (Costanza et al. 2014). Tali stime possono essere contestualizzate, in prima analisi, alle condizioni peculiari dell'ambiente marino di Civitavecchia.

Nella presente valutazione si farà riferimento quindi ai più recenti studi presenti in letteratura e in particolare a De Groot et al. (2012), che presenta uno schema di valutazione dei benefit ecosistemici riferiti all'habitat del coralligeno. Tale stima individua 4 gruppi principali di servizi ecosistemici da considerare:

- Servizi di approvvigionamento
- Servizi di regolazione
- Servizi correlati all'habitat
- Servizi culturali.

Questi 4 gruppi principali sono a loro volta suddivisi in successive voci secondarie come riportato in tabella 17. La valutazione dei servizi ecosistemici nel contesto marino di Civitavecchia è stata quindi effettuata in considerazione di questa metodologia adattando le voci dei servizi ecosistemici alle condizioni peculiari dell'area di interesse. I valori ottenuti riportati in tabella 14 vengono confrontati con i valori stimati da de Groot et al. (2012).

	Habitat 1170	
Servizio ecosistemico	dollari ettaro per anno (de Groot et al.)	dollari ettaro per anno (Civitavecchia)
Provisioning services	55724	33725
Food	677	677
water	0	0
Raw materials	21528	0
genetic resources	33048	33048
medicinal resources	0	0
ornamental resources	472	0
Regulating services	171478	14471
air quality	0	0
climate regulation	1188	1188
disturbance moderation	16991	4248
regulation of water flows	0	0
waste treatment	85	85
erosion prevention	153214	8950
nutrient cycling	0	0
pollination	0	0
biological control	0	0
Habitat services	16210	16210
nursery services	0	0
genetic diversity	16210	16210
Cultural services	108837	1145
esthetic information	0	0
recreation	96302	0
inspiration	0	0
spiritual experience	0	0
cognitive development	1145	1145
Totale benefit	352249	65551

Tabella17 Tabella comparativa della stima del valore dei servizi ecosistemici come proposto da de Groot et al. (2012) contestualizzato all'ambiente marino di Civitavecchia.

Nel dettaglio per il contesto marino di Civitavecchia sono stati considerati:

- valore pari a zero dei materiali grezzi forniti dall'habitat.
- valore pari a zero della risorsa per materiali ornamentali in considerazione del pressoché totale esaurimento (a causa di raccolta intensiva) dei materiali coralligeni presenti (*Corallium rubrum*).
- valore pari al 25% rispetto a quanto indicato da De Groot et al. 2012, del “disturbance moderation” in considerazione sia dell'altro tasso di industrializzazione dell'area costiera di Civitavecchia sia della natura eterogenea della distribuzione dell'habitat 1170 nell'area costiera.
- valore pari a 8950 euro relativo al servizio di prevenzione dall'erosione costiera. Tale valore è lo stesso calcolato per l'habitat 1120* nel contesto di Civitavecchia.
- valore pari a zero del servizio legato alle attività ricreative in considerazione dei divieti di ancoraggio nell'area marina interessata dai lavori per la DEGM.

Considerando l'approccio appena esposto risulta quindi un valore dei servizi ecosistemici correlato all'habitat 1170 nel contesto marino di Civitavecchia, pari a circa **57.632 euro ettaro annui**.

L'estensione dell'impatto diretto relativo è ricavato da quanto riportato nel citato “Studio per la valutazione di incidenza dei piani e progetti finalizzati allo sviluppo dell'Hub portuale di Civitavecchia” in cui si attesta una estensione degli impatti diretti sull'habitat pari a circa **3.5 ha**.

La stima della perdita di valore di servizio ecosistemico risulta quindi pari a circa **201.712 euro annui** che estesi per un arco temporale di 10 anni corrispondono a **2.017.120 euro**.

La valutazione del costo relativo alla perdita di servizi ecosistemici correlati ai benefit relativi degli habitat 1120* e 1170, estesi per una durata pari a 10 anni, è nel caso specifico costituito dalla somma delle stime eseguite in precedenza, (**2.434.050 euro + 2.017.120 euro**) ovvero **4.451.170 euro**.

4.2 Stato dell'arte sugli interventi di compensazione degli Habitat 1120* – 1170

Le compensazioni sono interventi non strettamente riferibili alle caratteristiche del progetto che hanno lo scopo di ottimizzare l'inserimento nel territorio dell'opera e di riequilibrare lo stato *ante operam* in funzione degli impatti (diretti e indiretti) sul comparto naturale. Per gli habitat di riferimento sono presenti diversi casi riportati in letteratura come di seguito sintetizzato.

4.2.1 Habitat 1120*

Il principale intervento di compensazione nel caso della *Posidonia oceanica* è costituito dal reimpianto. Il reimpianto di *Posidonia oceanica* è un intervento complesso che necessita di una procedura rigorosa. Nel dettaglio è possibile distinguere le seguenti fasi (Calumpong e Fonseca, 2001):

- a) applicazione di una strategia decisionale sito-specifica per valutare la fattibilità degli interventi di trapianto;
- b) caratterizzazione e valutazione del sito e della prateria (ricevente e donatrice);
- c) scelta della tecnica di trapianto;
- d) scelta delle talee;
- e) monitoraggio delle talee;

f) monitoraggio per la verifica della riuscita dell'intervento di piantumazione.

Il riferimento principale per gli interventi di compensazione per l'Habitat 1120* è costituito dalle linee guida ISPRA "Conservazione e gestione della naturalità negli ecosistemi marino-costieri. Trapianto delle praterie di *Posidonia oceanica*". Il processo di valutazione delle tecniche da utilizzare e dei siti di reimpianto è sintetizzato attraverso un diagramma a flussi rappresentata da due livelli successivi di valutazione: valutazione generale e valutazione dettagliata (Fig.16).

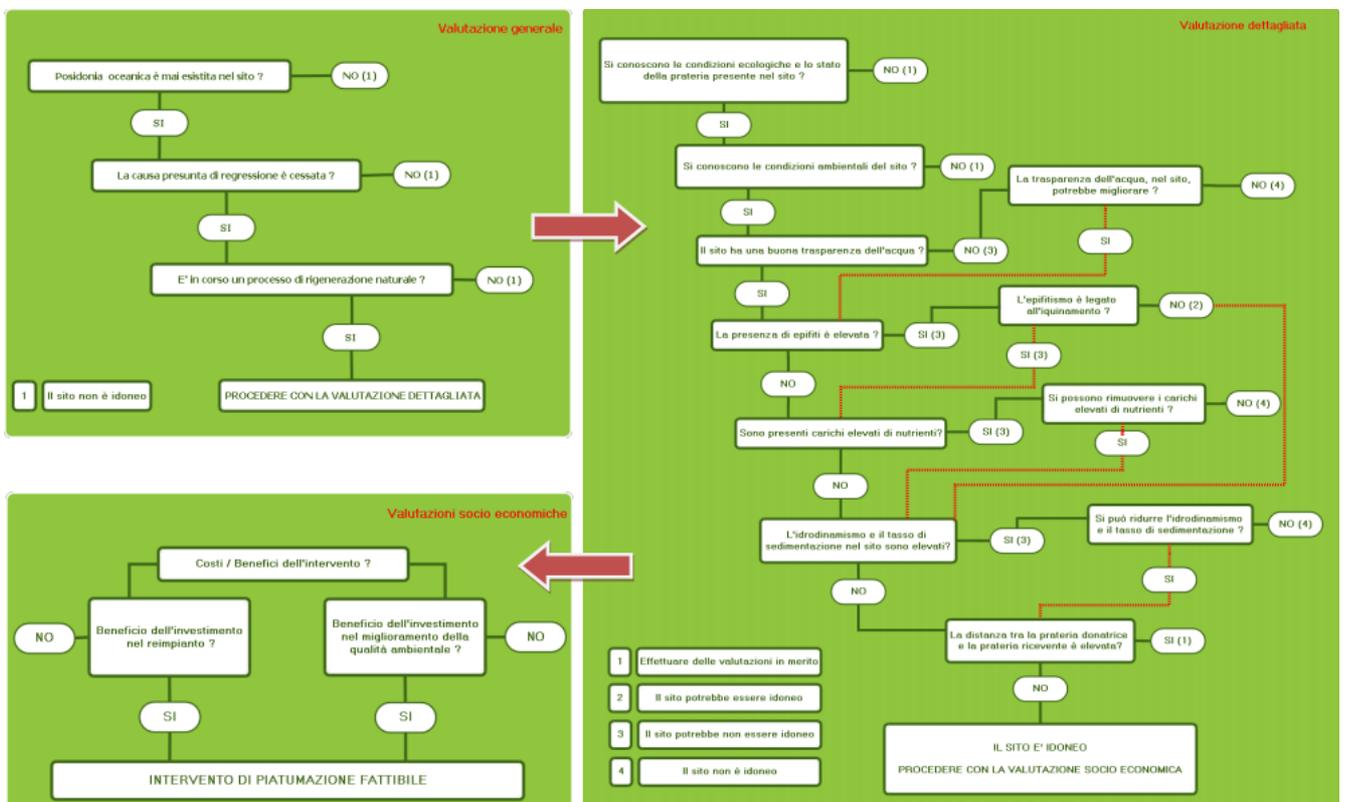


Fig.16 Diagramma di supporto alle decisioni per la caratterizzazione dei siti idonei per il reimpianto di *P. oceanica*

Dal modello concettuale si passa alla scelta delle tecniche disponibili che vengono di seguito riassunte.

Trapianto di talee

Il trapianto di talee è riferibile sia a interventi di compensazione che prevedono la rimozione e lo spostamento di porzioni di prateria a seguito del danneggiamento diretto della prateria, indotto nell'ambito della realizzazione di opere e/o interventi costieri (come costruzione di opere di difesa

costiera, opere portuali, posa di cavi e condotte sottomarine), sia a tutti quegli interventi messi in atto a seguito di un generale deterioramento dello stato di conservazione di una prateria, generalmente riconducibile a pressioni e impatti antropici che agiscono anche indirettamente sulla prateria (come scarichi di acque reflue, impianti di maricoltura, movimentazione di sedimenti in ambito costiero).

Esistono differenti tecniche utilizzate in varie parti del mondo con differenti gradi di successo. Nel dettaglio:

Reimpianto mediante griglie metalliche

La tecnica prevede il reimpianto di talee di *Posidonia oceanica* fissate su griglie metalliche elettrosaldate ancorate al substrato mediante paletti metallici. Il metodo è particolarmente indicato in caso di fondale marino con substrato mobile o matte. Rientra tra le tecniche provviste di sistemi di ancoraggio.

Reimpianto mediante supporto biodegradabile

Reimpianto eseguito mediante utilizzo di supporti biodegradabili (ad esempio brevetto Biosurvey). Il supporto è costituito da una struttura a raggiera, interamente realizzata in materiale bio-plastico di derivazione naturale, ancorabile sul fondo tramite un picchetto a fissaggio rapido. Il metodo è adatto in caso di fondale sabbioso, misto o a matte.

Reimpianto mediante biostuoie e geostuoie

Reimpianto eseguito attraverso l'utilizzo di biostuoia in agave e geostuoia tridimensionale. Tecnica particolarmente efficace in fondali soggetti ad erosione.

Reimpianto mediante materassi rivegetati

Reimpianto eseguito mediante utilizzo di materassi prefabbricati in rete metallica rivestiti di biostuoie e riempiti di inerti. Adatti a fondali con elevato idrodinamismo con funzione anche di protezione dall'erosione. Vanno utilizzate verificandone la stabilità rispetto alle tensioni di trascinarsi dovute all'azione dell'acqua; la resistenza dipenderà dalla presenza della rete metallica e dall'eventuale zavorramento del riempimento. Si deve valutare accuratamente il trasporto solido per evitare la parziale sommersione da parte del sedimento mobile presente nelle aree circostanti.

Reimpianto mediante moduli di cemento armati con rete metallica

Reimpianto mediante moduli quadrati di con lato di 50 cm, costituiti da una cornice in cemento dotata di una rete metallica che trattiene le talee. Tecnica indicata nel caso di compensazione di opere marittime come dragaggi, posa di condotte e cavi, realizzazione di porti.

Reimpianto mediante materassi di pietrame

Reimpianto mediante utilizzo di materassi di rete metallica, riempiti di pietrame di pezzatura idonea a permettere la penetrazione, l'ancoraggio e l'attecchimento dei rizomi di *P. oceanica*. Tali materassi sono costituiti da gabbioni di rete metallica di dimensioni variabili, con lunghezza fino a 2 m e altezza fino a 50 cm, dotati di un coperchio apribile, al fine di permettere il posizionamento dei rizomi all'interno del materasso. Tecnica particolarmente indicata in interventi di ripristino di praterie per impatti antropici anche diretti.

Impianto di semi

La tecnica di reimpianto prevede l'utilizzo di semi o di giovani plantule (Addy, 1947b; Cooper, 1976; Thorhaug, 1979; Lewis e Phillips, 1980; Kawasaki et al., 1988; Piazzini e Cinelli, 1995; Balestri et al., 1998; Piazzini et al., 2000). La principale difficoltà di questa tecnica di reimpianto è rappresentata dal fatto che la *P. oceanica* fiorisce in casi eccezionali in corrispondenza della stagione primaverile o estiva. I frutti possono tuttavia essere raccolti agevolmente. Nel caso di utilizzo di semi la procedura di reimpianto prevede un periodo di crescita in acquario di circa due mesi fino alla germinazione (tasso di sopravvivenza osservato tra il 70 e l'80%).

In tabella 18 sono elencati alcuni progetti relativi alla realizzazione di opere di compensazione per le fanerogame marine tra le quali la *Posidonia oceanica* in contesto nazionale ed internazionale in accordo con le linee guida ISPRA che raccomandano l'utilizzo di tecniche già applicate in altri contesti.

Luogo	Progetto	Descrizione del metodo	Riferimento
Australia	Dragaggio commerciale al fine di estrazione mineraria di calcio utile alla produzione di calce	Trapianto di zolle di Posidonia oceanica usando macchine da impianto per la riabilitazione. "ECOSUB 1" macchinario per la raccolta automatica delle piante e trapianto nell'area nuova area. Il macchinario è trasportato dalla zona donatrice a quella ricevente tramite boe	Paling et al. 1997; Walker et al. 2001
Australia	Dragaggio commerciale al fine di estrazione mineraria di sabbia	Piano di gestione ambientale dettagliato e trapianto di Posidonia oceanica. Trapianto meccanico con ECOSUB 1 ed ECOSUB 2	Lord et al (2000)
Danimarca	Dragaggio e bonifica per la costruzione di un collegamento tra Danimarca e Svezia	Monitoraggio di feedback (direzione e velocità della corrente, temperatura, salinità, torbidità, direzione e velocità del vento altezza e periodo ondata). Top delle operazioni di dragaggio al superamento della soglia di torbidità	Thorkilsen and Dynesen (2001); Jensen and Lyngby (1999)
Spagna	IMEDEA – Tecniche di recupero ed espansione di praterie di P. oceanica mediante reimpianto con semi	Individuazione delle condizioni ottimali per la raccolta dei frutti, la germinazione e la piantumazione delle giovani plantule. Tasso di successo circa 80%	Manuale ISPRA
Spagna, Baleari	Estructuras de Regeneración de Posidonia oceanica ERPO	ideazione e realizzazione di un senzenzio biodegradabile (prototipo) da installare sul fondo marino	Manuale ISPRA
Spagna	Metodo di coltura in vitro di piante di fanerogame marine – TRAGSA e Università di Las Palmas	Metodo per coltivare fanerogame marine (e quindi anche P. oceanica), che controlla l'induzione, il mantenimento e la maturazione di colture cellulari fino allo stato pre-embriionario	Manuale ISPRA
Italia, Brindisi	Sviluppo di una Tecnologia Ambientale per la Ricostruzione e la Tutela delle praterie sottomarine di Posidonia – TCT, Lega Ambiente, Regione Puglia	Impianto START. Messa a punto di un sistema artificiale per la coltivazione di P. oceanica (capacità 1500 talee).	Manuale ISPRA
Italia, Golfo di Palermo	Tecniche di reimpianto mediante maglie metalliche	Talee di Posidonia oceanica fissate su griglie metalliche elettrosaldate ancorate al substrato mediante paletti metallici. Trapianto meccanico mediante operatori subacquei	Calvo S. et al. In Manuali e linee guida ISPRA 2014
Italia, Golfo di Palermo	Recupero di fondali a matre morta mediante riforestazione con Posidonia oceanica	Talee di Posidonia oceanica fissate su griglie metalliche elettrosaldate ancorate al substrato mediante paletti metallici. Prelievo da piante donatrici e trapianto mediante operatori subacquei	Calvo S. et al. In Manuali e linee guida ISPRA 2014
Italia, Capo Gallo	Tecnica di reimpianto mediante supporto biodegradabile	Talee di posidonia fissate su supporto biodegradabile a "vite". Prelievo e reimpianto di talee mediante operatori subacquei	Calvo S. et al. In Manuali e linee guida ISPRA 2014
Italia	Tecniche di reimpianto mediante geostuoie	Rivestimento dei fondali mediante geostuoie in agave. Prelievo e reimpianto di talee mediante operatori subacquei	Cinelli F. et al. In Manuali e linee guida ISPRA 2014
Italia, Isola D'Elba	Riforestazione di praterie di Posidonia oceanica mediante l'uso di rivestimenti antioserosivi	Monitoraggio dei sistemi di ancoraggio e loro efficacia. Utilizzo di geostuoie sperimentali "Reno" e "Macmat R"	Cinelli F. et al. In Manuali e linee guida ISPRA 2014
Italia	Tecniche di reimpianto mediante materassi rivestiti	Materassi prefabbricati in rete di metallo zincata rivestito di biofibri e riempito di materiale inerte	Cinelli F. et al. In Manuali e linee guida ISPRA 2014
Italia, Capo Rizzuto	Impianto pilota dell'AMP "Capo Rizzuto"	Reimpianto in quadrati di metallo prefabbricati mediate operatori subacquei	Cinelli F. et al. In Manuali e linee guida ISPRA 2014
Italia	Trapianto a grande scala su moduli quadrati in cemento armati con rete metallica	Reimpianto su praterie naturali e reimpianto mediante operatori subacquei	Scardi M. et al. In Manuali e linee guida ISPRA 2014
Italia, Castellammare del Golfo	Tecnica di Reimpianto mediante materassi di pietra	Valutazione dei benefit della Posidonia, riduzione 80% punti di ancoraggio, produzione nuova cartografia di dettaglio, azioni per sensibilizzare la popolazione locale	Badalamenti et al. In Manuali e linee guida ISPRA 2014
Spagna, Andalusia	Life Posidonia Andalusia - Conservation of Posidonia oceanica meadows in Andalusian Mediterranean Sea	Creazione di 3 nuove aree AMP, creazione di piani di recupero per specie target (Caretta caretta, Phalacrocorax, turispo), monitoraggio volontario mediante scuba-divers	Mendoza Castellon LIFE09 NAT/ES/000534
Baleari	Posidonia Balears - Protection of Posidonia grasses in SCIs of Balears	Gestione e protezione di 3 ambienti prioritari: praterie di Posidonia, dune e dune interner	Miquel FERRA JAUME LIFE00 NAT/E/007303
Italia, Sardegna	LIFE RES MARIS - LIFE RES MARIS - Recovering Endangered habitatS in the Capo Carbonara MARINE area, Sardinia.	Restoration del 20% delle praterie di Posidonia, riduzione degli ancoraggi dell'80%	Gian Michele CAMOGLIO, LIFE13 NAT/IT/000433

Tabella 18 Stato dell'arte nazionale ed internazionale riguardante le opere di compensazione dell'Habitat 1120*

4.2.2 Habitat 1170

Per quanto concerne l'Habitat 1170, gli impatti sul coralligeno possono essere compensati attraverso l'applicazione delle seguenti tecniche, come di evince dalla letteratura nazionale e internazionale presente:

Produzione di larve e rilascio in ambiente marino

La scelta delle specie da produrre è sito dipendente. In generale la procedura per la produzione di larve segue il seguente schema:

- Campionamento di uova e embrioni dal mare o alternativamente in appositi serbatoi per la riproduzione.
- Manutenzione e coltura.
- Produzione di massa delle larve e preparazione al rilascio.
- Induzione all'insediamento e alla metamorfosi e introduzione di larve nel substrato.
- Coltura di polipi nel substrato e successivo trapianto di stadi giovanili.

Trapianto

Condizione necessaria per la riuscita del trapianto, oltre all'utilizzo di tecniche standardizzate e affidabili, è l'esecuzione di un monitoraggio a lungo termine che prenda in considerazione anche parametri come la qualità delle acque, le condizioni idrodinamiche e la sedimentologia.

Le tecniche di trapianto possono essere effettuate utilizzando stadi giovanili, adulti o frammenti di colonie, substrati stabili o superfici strutturate.

- Trapianto utilizzando stadi giovanili

Esistono tre metodi per il trapianto di giovanili:

- a) Prelievo diretto in situ di giovanili da reef ad alta densità.
- b) Utilizzo di strumenti di supporto per l'insediamento (blocchi modulari in ceramica o altri materiali da posizionare sul fondo al fine di catturare le larve).
- c) Coltura di stadi giovanili su substrati.

- Trapianto di adulti o di frammenti

Il trapianto di adulti o di frammenti presenta delle difficoltà operative legate ai seguenti punti:

- a) Identificazione di colonie adulte adatte.
- b) Prelievo, nel caso di utilizzo di frammenti, da coralligeni donatori.
- c) Applicazione di metodi affidabili per il trapianto e la fissazione dei frammenti o degli individui.
- d) Identificazione del sito di trapianto in funzione della tipologia di substrato.
- e) Identificazione della finestra temporale adatta al trapianto in funzione della stagionalità.

Installazione di substrati stabili

L'installazione di substrati stabili può rappresentare sia un intervento di mitigazione (essendo integrabile alle strutture di progetto) che una compensazione. Sono stati osservati diversi casi di crescita su substrati artificiali in particolare in Giappone (sui moli frangiflutto costruiti alla metà degli anni 70) e più recentemente a Taiwan. Il tasso di insediamento è dipendente dalla disponibilità di stadi larvali ma può essere integrato attraverso trapianti di stadi giovanili.

Utilizzo di superfici strutturate

L'utilizzo di superfici strutturate facilita l'insediamento di specie di coralligeno. Diverse tipologie di substrato sono state testate a partire dal 1990 e si è dimostrata l'efficacia dell'utilizzo di tali strutture sia per l'iniziale insediamento di stadi larvali sia per la successiva crescita. Particolare successo ha riscontrato il progetto giapponese eco-block progettato specificatamente per aree portuali.

In tabella 19 sono elencati alcuni progetti relativi alla realizzazione di opere di compensazione per il coralligeno in contesto nazionale ed internazionale.

Luogo	Progetto	Descrizione del metodo	Riferimento
Maldive	Progetto sperimentale. Coral transplantation as an aid to reef rehabilitation: evaluation of a case study in the Maldive Island	Trapianto di corallo da area donatrice: il corallo è stato espantato da subacquei mediante martello e scalpello e reimpiantato nell'area ricevente	Clark and Edwards (1995)
Messico	Progetto sperimentale. Restoration of a degraded coral reef using a natural remediation process: A case study from a Central Mexican Pacific National Park	Trapianto di corallo utilizzando frammenti in buone condizioni prelevati nell'area e ripiantati nella stessa area e in substrati artificiali	Tortolero-Langarica et al. (2014)
Giordania	Progetto sperimentale. Initial survival of coral nubbins transplanted by a new coral transplanting technology: options for reef rehabilitation.	Trapianto di frammenti prelevati da una colonia donatrice e ripiantate nel sito ricevente mediante l'utilizzo di una griglia metallica caricata elettricamente	Van Treeck (1997)
Giappone	Progetto sperimentale. First step in the restoration of a highly degraded coral reef (Singapore) by in situ coral intensive farming	Restoration di un'area nella quale non era presente coralligeno mediante la costruzione di una "Farm" utilizzando potature di corallo donatore	Bongiorni et al. (2011)
Filippine	Progetto sperimentale. Fixed and suspended coral nurseries in the Philippines: Establishing the first step in the "gardening concept" of reef restoration	Costruzione di una "coral nursery" flottante dove allevare i coralli per poi rutilizzarli nei trapianti nelle aree riceventi	Lee Shaish et al (2008)
Tailandia	Progetto sperimentale. Coral reef restoration project in Thailand	Blocchi di cemento epossidico affondati utilizzati come substrato inseriti in una colonia scarna sul quale sono frammenti di corallo della stessa colonia	Yemin et al (2006)
Israele	Progetto sperimentale. Transplantation of juvenile corals: a new approach for enhancing colonization of artificial reefs	Trapianto di giovanili su piastre in PVC montate su filo di acciaio flottante attaccato a boe	Benayahu (1997)

Tabella 19 Stato dell'arte nazionale ed internazionale riguardante le opere di compensazione dell'Habitat 1170

4.2.3 Progetti finanziati dalla Comunità Europea

Gli Habitat 1120* e 1170 sono considerati prioritari dalla Direttiva Habitat 92/43/CEE, in particolare le praterie di *Posidonia oceanica* e le biocostruzioni coralligene (Allegato I – Direttiva Habitat codice 1120* e 1170 rispettivamente), nonché le specie *Pinna nobilis* (Allegato IV – Direttiva Habitat Codice 1028) e *Corallium rubrum* (Allegato IV – Direttiva Habitat Codice 1001). La Comunità Europea ha finanziato e finanzia quindi regolarmente progetti che abbiano per obiettivo la salvaguardia dei suddetti habitat mettendo a disposizione finanziamenti mirati.

In questo contesto particolare rilevanza riveste il Life Natura che è lo strumento specifico per la tutela e conservazione dei Siti di Interesse Comunitario (SIC) inseriti nella Direttiva Habitat (92/43/CEE) e delle Zone di Protezione Speciale (ZPS) inserite nella Direttiva Uccelli (79/409/CEE), che concorrono alla formazione della Rete NATURA 2000. In relazione agli habitat considerati vengono di seguito riportati alcuni progetti Life riguardanti azioni indirizzate alle praterie di *Posidonia oceanica* e ai reef (Tabella 20).

Luogo	Progetto	Descrizione	Obiettivi
Italia, Sardegna	Life RES MARIS – Recovering Endangered habitatS in the Capo Carbonara MARine area, Sardinia.	Gestione e protezione di 3 ambienti prioritari: praterie di <i>Posidonia</i> , dune e dune interne. Restoration del 20% delle praterie di <i>Posidonia</i> , riduzione degli ancoraggi dell'80%	Ridurre e/o eliminare i danni dovuti alla presenza di specie invasive e all'ancoraggio; recupero delle aree sensibili della navigazione commerciale; sensibilizzare la popolazione locale
Spagna, Andalusia	Life Posidonia Andalusia - Conservation of Posidonia oceanica meadows in Andalusian Mediterranean Sea	Valutazione dei benefici della <i>Posidonia</i> , riduzione 80% punti di ancoraggio, produzione nuova cartografia di dettaglio, azioni per sensibilizzare la popolazione locale	Migliorare lo stato di conservazione della <i>Posidonia oceanica</i> applicando misure di protezione. Valutazione delle minacce esistenti (inquinamenti, ancoraggio, pesca a strascico illegale, espansione di specie invasive invasive), introdurre una sistema di allerta tempestivo
Grecia	ACCOLAGOONS – Actions for the conservation of coastal habitats and significant avifauna species in NATURA 2000 network sites of Epanomi and Aggelochori Lagoons, Greece	Gestione e conservazione di habitat costieri prioritari, installazione di ormeggi eco-compatibili, installazione di stazioni di monitoraggio della qualità dell'acqua	Migliorare lo stato di conservazione della <i>Posidonia oceanica</i> e le specie associate, <i>Nemertus tenuirostris</i> e <i>Phalacrocorax pygmaeus</i> ; migliorare la stabilità e la biodiversità dell'ecosistema.
Baleari	Posidonia Balears - Protection of Posidonia grasses in SCIs of Balears	Creazione di 3 nuove aree AMP, creazione di piani di recupero per specie target (<i>Caretta caretta</i> , <i>Larus audouinii</i> , <i>Tursiops truncatus</i> , <i>Phalacrocorax aristotelis</i>), monitoraggio volontario mediante scuba-divers	Migliorare la sopravvivenza e la ricchezza biologica delle praterie di <i>Posidonia oceanica</i> oltre che lo stato di conservazione di altre specie di interesse comunitario associate.
Italia, Lazio	POSEIDONE – Urgent conservation actions of Posidonia beds of Northern Latium	Approvazione di un piano di gestione per I SIC; produzione di valutazione ex-ante e ex-post dello sforzo di conservazione; deposizione di strutture subacquee per ridurre I danni da pesca a strascico illegale; implementazione di programmi di educazione ambientale.	Salvaguardia e risanamento di SIC per la conservazione di habitat prioritari di <i>Posidonia oceanica</i> nel Mar Tirreno.
Italia, Campania, Sicilia, Calabria	SIC del Tirreno – Protection of sea and coastline habitats in SCIS along the Southern Tyrrhenian Sea in Italy	Designazione di 6 SIC, 2 in Campania, 3 in Sicilia, 1 in Calabria. Riduzione dei danni dovuti all'ancoraggio tramite limitazione traffico nautico e deposizione di boe eco-sostenibili.	Limitare I danni causati dalle attività antropiche costituendo SIC, installando dispositivi per prevenire il traffico nautico, diminuire gli ancoraggi e implementare piano di gestione.
Malta	Life BaHAR for N2K – Life+Benthic Habitat Research for marine Natura 2000 site designation.	Creazione mappe dettagliate di habitat di primaria importanza, designazione SIC; elaborazione di un piano di gestione per I SIC designati, produzione di materiale di comunicazione per sensibilizzare la popolazione locale.	Raccolta dati sullo stato di conservazione degli habitat marini di interesse e promuovere la partecipazione attiva della popolazione locale

Tabella 20 Progetti Life Natura per la tutela e la conservazione degli habitat 1120* e 1170

4.3 Impostazione logica delle opere di compensazione

In relazione alle raccomandazioni contenute nelle linee guida dell'ISPRA del 2014 “*Conservazione e gestione della naturalità negli ecosistemi marino-costieri; il trapianto della Posidonia oceanica*”, e del Quaderno *Natura 2000* della UE (Díaz-Almela e Duarte, Technical Report 2008 01/24), l'impostazione logica degli interventi compensativi per gli Habitat e le specie in oggetto è basata su un approccio **non estensivo**.

L'azione di restauro viene accompagnata da altre azioni di tutela e mitigazione come suggerito nelle due succitate linee guida e **in accordo a quanto previsto dalla Regione Lazio ed esplicitato nelle Misure di Conservazione dei Siti di Importanza Comunitaria (SIC) marini IT6000005 e IT6000006, finalizzate alla designazione delle Zone Speciali di Conservazione (ZSC), ai sensi della Direttiva 92/43/CEE (Habitat) e DPR 357/97.**

Tale approccio inoltre è stato elaborato anche in considerazione delle conoscenze acquisite con gli interventi pregressi di cui alle compensazioni ambientali relative alla costruzione del Molo Carbone all'interno delle opere della DEGM e al I Lotto Funzionale delle Opere Strategiche per il porto di Civitavecchia.

In particolare, facendo seguito ai suggerimenti riportati da Fresi (2001), si sottolinea che per restauro si intende il ripristino delle funzioni ecologiche di una prateria estesa che presenta frammentazione al suo interno (che può essere dovuta ad azioni meccaniche), attraverso il

reimpianto di talee in numero sufficiente ad accelerare la naturale ricolonizzazione della pianta.

Per analogia, le linee guida indicate nella documentazione di riferimento sono state applicate anche per l'impostazione delle strategie di reinserimento delle specie del coralligeno, della *Pinna nobilis* e del *Corallium rubrum*, integrando tali principi e suggerimenti con i risultati dell'analisi di una serie di progetti di conservazione, tutela e recupero di ecosistemi analoghi, riportati nel paragrafo "4.2 Stato dell'arte sugli interventi di compensazione degli Habitat 1120*-1170".

Il carattere a volte fortemente sperimentale di questo progetto trova la sua giustificazione nel fatto che, sebbene siano già stati effettuati alcune attività di restauro e compensazione, e sebbene vi siano già linee guida di tutela e mitigazione, ancora non vi sono definiti protocolli di intervento per tutti gli habitat e le specie da tutelare. In particolare anche nel quaderno ISPRA viene esplicitato questo concetto, con riferimento ai seguenti punti:

- *“La gestione corretta di un intervento di trapianto non può prescindere dalla consapevolezza che il trapianto stesso è un lento processo di ricolonizzazione.”*
- *“Accanto all'idea di reimpiantare praterie distrutte, danneggiate o sofferenti per effetto delle alterazioni causate nel passato sull'ambiente marino-costiero (ad esempio variazioni della dinamica costiera indotte dalla realizzazione di opere costiere), negli ultimi anni il trapianto di limitati settori di praterie di *P. oceanica*, è sempre più spesso stato individuato, all'interno dei Decreti VIA relativi alla realizzazione di opere costiere, come forma di compensazione degli impatti associati”*
- *“In Mediterraneo sono diversi gli esempi di reimpianti di *P. oceanica*, quale misura di compensazione, realizzati senza tenere conto della necessità che le procedure di trapianto da un lato devono essere sito-specifiche dall'altro devono essere inserite in più ampi progetti di gestione integrata della fascia costiera (Boudouresque et al., 2006)”*
- *“la necessità di una valutazione delle procedure più idonee da adottare caso per caso deriva non solo dalla complessità che caratterizza tali procedure, ma anche dalla constatazione dell'elevato numero di insuccessi documentati in letteratura, soprattutto per interventi di grande estensione. I risultati in termini di successo dei trapianti di fanerogame marine, in base ai dati disponibili su scala mondiale, restano alquanto contrastanti. In Mediterraneo, ad esempio, a più di 25 anni dal primo intervento di trapianto di talee di *P. oceanica* non si è costituita una vera prateria (Boudouresque et al., 2000)“*

- *“E’ pertanto auspicabile investire in attività di ricerca volte a testare e sviluppare le tecniche di trapianto soprattutto per conoscere la variabilità delle risposte biologiche associate e selezionare quelle più idonee in funzione sia delle diverse caratteristiche dei siti sia delle specifiche esigenze progettuali.”.*

In funzione dei punti individuati, le compensazioni, da eseguire attraverso **reintroduzione e trapianti mirati** di *Posidonia oceanica*, specie del coralligeno, *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum*, saranno supportate da strutture in grado di garantire un **“pool di biodiversità”** da cui attingere nel corso del tempo per l’utilizzo in siti opportunamente scelti attraverso analisi preliminari di dettaglio. L’utilizzo di tale “pool di biodiversità”, che è costituito, così come successivamente dettagliato, dal “bycatch” e da un insieme di tecniche di mantenimento e coltura in vasche e/o strutture adibite, ha il vantaggio di:

- aumentare la prospettiva di ottenere nel tempo una compensazione più elevata rispetto al danno stimato (sia esso diretto o indiretto) producendo benefici ambientali superiori al danno prodotto;
- ottimizzare le tecniche utilizzate in funzione delle condizioni specifiche dei siti prescelti;
- calibrare nel tempo protocolli di mantenimento, reinserimento e trapianto per l’area di interesse;
- diminuire gli impatti cumulativi dal momento che le attività di compensazione non estensive copriranno un arco temporale di almeno 10 anni;
- diminuire le probabilità di fallimento dei reinserimenti e reimpianti dal momento che questi verranno eseguiti in aree specifiche con frequenze successive e sempre in modo non estensivo;
- migliorare il monitoraggio dei risultati estendendo la copertura temporale delle attività di controllo a 10 anni.

5. MISURE COMPENSATIVE E DI MITIGAZIONE

5.1. Premessa e strategia della compensazione

L'espansione del Porto di Civitavecchia impatterà su un tratto di costa caratterizzato dalla presenza degli habitat *Posidonia oceanica* (Habitat prioritario 1120*-Praterie di Posidonia, Facies 'Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di Posidonia oceanica') e Scogliere - Coralligeno (Habitat 1170) e dalle specie *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum*.

La compensazione relativa agli impatti diretti e indiretti considerati deve prevedere una serie di attività che integrate garantiscano il ripristino delle funzioni ecologiche degli habitat oggetto del presente studio.

E' da tenere in considerazione anche che nella zona sono stati già effettuati due interventi di reimpianto a carattere sperimentale al fine di restaurare praterie di *Posidonia oceanica*.

Il primo intervento è stato effettuato nelle località di Santa Marinella ed ha riguardato il trapianto di un ettaro di *Posidonia oceanica* precedentemente espantata da "La Mattonara" a compensazione della costruzione del "Molo carbone" dell'ENEL (che fa parte delle opere previste dalla Darsena Energetico Grandi Masse).

Il secondo ha riguardato il trapianto nell'area di Capo Linaro di 1 ha di *Posidonia oceanica* espantata dalla medesima area a compensazione della realizzazione delle opere relative al I Lotto Funzionale del Porto di Civitavecchia. Questo secondo intervento, seppur di carattere sperimentale, non ha avuto esito positivo e di conseguenza si propongono di seguito ulteriori interventi compensativi considerando l'intera superficie oggetto del reimpianto relativa al I Lotto Funzionale e cioè circa **3 ha** di *Posidonia oceanica*.

Il presente progetto presenta quindi interventi di compensazione per tutte le aree interessate dall'espansione del porto:

I Lotto Funzionale:

- **3,07 ha** di *Posidonia oceanica*, di cui **1,54 facies 'Posidonia oceanica su matte e marte morta'** e **1,53 facies 'Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di Posidonia oceanica'**.

DEGM:

- **11,75 ha** a *Posidonia oceanica*, di cui **4,4 facies 'Posidonia oceanica su matte e marte morta'** e **7,35 facies 'Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di *Posidonia oceanica*'**;
- **3,5 ha** a coralligeno e la specie *Pinna nobilis*.

Il Lotto Funzionale:

- **0,18 ha** a *Posidonia oceanica*, di cui **0,04 facies 'Posidonia oceanica su matte e marte morta'** e **0,14 facies 'Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di *Posidonia oceanica*'**;

L'approccio seguito si basa sulla valutazione dei servizi ecosistemici delle aree impattate dalle attività di dragaggio portuale attraverso l'applicazione di un "Approccio Ecosistemico".

Questo metodo è stato applicato al fine di stimare il valore degli interventi di compensazione e mitigazione proposti per l'ampliamento del porto di Civitavecchia.

La strategia degli interventi di compensazione si basa sulla logica sia di ripristinare le funzioni ecosistemiche che di recuperare il valore economico degli ambienti che andranno distrutti che andrà perso, articolando gli interventi di compensazione e mitigazione in differenti azioni al fine di garantire il miglior risultato possibile.

A tal fine la strategia degli interventi di compensazione è basata sul principio dell'analisi del **Capitale Naturale** che si sta affermando come valido strumento a supporto della gestione degli spazi anche marini nell'ottica di rendere compatibili i molteplici usi delle risorse, spesso in conflitto tra loro.

Anche nell'ambito della politica EU per la gestione degli spazi marittimi (Marine Strategy Framework Directive 2008/56/CE - MSFD), l'utilizzo di indici territoriali viene proposto come metodo, da un lato, di contrasto degli usi più forti (industriale, commerciale ecc.), dall'altro di tutela dei sistemi naturali.

A tal fine il JRC Scientific and Policy Report 2014, *Technical guidance on monitoring for the Marine Strategy Framework Directive*, definisce i criteri per il monitoraggio dei descrittori specifici della MSFD e il loro possibile utilizzo sulla base dell'*ecosystem services approach*.

Viene quindi preso come riferimento il metodo proposto dal MEA2005 (Millenium Ecosystem Assessment,UN)¹ il quale rappresenta il riferimento assoluto per le strategie mondiali di valutazione e conservazione del patrimonio ecologico mondiale.

Il computo quindi dei servizi ecosistemici (ecosystem services), alla base di questo progetto di interventi di compensazione considera:

- i provisioning services, i servizi di fornitura o approvvigionamento forniscono i beni veri e propri, quali cibo, acqua, legname, fibre, combustibile e altre materie prime, ma anche materiali genetici e specie ornamentali;
- i supporting services, i servizi di supporto comprendono la creazione di habitat e la conservazione della biodiversità genetica;
- i regulating services i servizi di regolazione ad esempio regolano il clima, la qualità dell'aria e le acque, la formazione del suolo, l'impollinazione, l'assimilazione dei rifiuti, e mitigano i rischi naturali quali erosione, infestanti ecc.;
- i cultural services i servizi culturali che includono benefici non materiali quali l'eredità e l'identità culturale, l'arricchimento spirituale e intellettuale e i valori estetici e ricreativi.

A questo scopo si utilizzano i dati raccolti ed elaborati dal LOSEM nel territorio negli ultimi 15 anni che sono stati integrati insieme a quelli degli Enti di riferimento, (ad. es. Autorità portuale, Regione Lazio, ISPRA) come strati informativi aggiuntivi della Carta di Uso del Mare, uno strumento cartografico “ecosystem oriented” sviluppato dal Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina per la gestione sostenibile degli spazi marittimi e la definizione dei servizi e dei valori ecosistemici.

1

Il Millennium Ecosystem Assessment (MEA) è stato voluto dal segretario generale delle Nazioni Unite Kofi Annan nel 2000. Iniziato nel 2001, l'obiettivo del MEA è stato quello di valutare le conseguenze del cambiamento dell'ecosistema per il benessere umano e fornire la base scientifica per le azioni necessarie a migliorare la conservazione e l'uso sostenibile di tali sistemi e il loro contributo al benessere umano. Il MEA ha coinvolto il lavoro di più di 1.360 esperti di tutto il mondo.

Al termine delle attività di valutazione economica dei servizi ecosistemici (vedi capitolo 4) sono stati stimati i seguenti valori economici dei relativi benefit ecosistemici:

15 ha a *Posidonia oceanica* (Habitat prioritario 1120*)

Il valore calcolato è di 16.227 euro/ha/anno, per un totale di **243.405 euro/anno**.

3,5 ha a corraligeno (Habitat 1170)

Il valore calcolato è di 57.632 euro/ha/anno, per un totale di **201.712 euro/anno**.

Considerando un intervento di compensazione della durata di 10 anni che rappresentano un tempo utile al recupero degli ecosistemi considerati in condizioni naturali, si propone una serie di interventi compensativi pari alla proiezione decennale delle somme calcolate per i due habitat compromessi dall'intervento, per un totale di:

$(243.405 + 201.712) * 10 \text{ anni} = 4.451.170 \text{ euro}$.

A questi costi vanno aggiunti i costi necessari a mettere in atto misure di compensazione e di tutela per la perdita diretta di individui della specie *Pinna nobilis* e per mitigare gli impatti dell'espansione portuale sulle specie *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum* presenti nell'area.

Il numero di individui stimati di *Pinna nobilis* che verranno distrutti durante le attività di dragaggio è fra 140 e 359, totali stimati per tutte le opere considerate.

A questi costi inoltre andranno aggiunti i costi di gestione degli interventi e le spese generali di messa in opera e verifica di un intervento così articolato e strutturato.

Infatti, la strategia della diversificazione delle attività di restauro, compensazione e mitigazione e la durata di 10 anni consentiranno di intervenire in maniera continuativa sugli ecosistemi naturali oggetto di intervento, nell'ottica di migliorare le condizioni funzionali degli ecosistemi, ripristinare e/o recuperare le funzioni ecologiche e creare le condizioni per il mantenimento dei risultati raggiunti.

Il lungo tempo di azione sugli ambienti e le attività sperimentali consentiranno anche di modificare in corso d'opera le tecniche, soprattutto di restauro, di verificare il raggiungimento degli obiettivi, di valutare l'impatto che deve essere positivo sugli ecosistemi monitorati e di creare i presupposti per la prosecuzione delle azioni di conservazione e tutela oltre il termine del progetto.

La mitigazione porta inoltre un effetto di compensazione diretto e indiretto che si riflette su superfici e aree che così si possono quantificare.

Un aspetto fondamentale sarà quindi quello di mantenere in funzione e aggiornare un sistema di monitoraggio integrato per valutare i risultati delle attività in relazione con l'evoluzione dell'ambiente naturale, al fine di comprendere quali variazioni saranno da imputare all'evoluzione degli ecosistemi naturali rispetto a quali agli stressori antropici.

Il sistema di monitoraggio previsto risponde ai requisiti definiti dal Quaderno del Ministero dell'Ambiente "Le misure di Compensazione nella direttiva Habitat", verrà integrato sulla base degli indicatori definiti dalla Direttiva quadro 2008/56/CE sulla strategia per l'ambiente marino, recepita in Italia con il d.lgs. n. 190 del 13 ottobre 2010 e conterrà anche le indicazioni di cui agli indirizzi di gestione indicati dalla Regione Lazio per i due SIC di interesse (Misure di conservazione dei Siti di Importanza Comunitaria (SIC) marini IT6000005 e IT6000006).

Il monitoraggio e 'l'early warning system' sono elementi fondamentali anche per la mitigazione durante le attività operative come specificato dal manuale di indirizzo del Ministero dell'Ambiente: *“le misure di compensazione devono essere realizzate antecedentemente all'avvio dei lavori, fatte salve rare eccezioni che possono rendere inefficace la compensazione attesa, come ad esempio il trapianto di fanerogame marine che, se effettuato prima di una attività di dragaggio, potrebbe essere vanificato dalle interferenze negative generate dai materiali e fanghi sospesi nella colonna d'acqua durante le fasi di cantiere”*

Per quanto attiene al dimensionamento dell'intervento, questo progetto, grazie al suo carattere fortemente sperimentale, introduce alcuni fattori di innovazione: il primo è l'integrazione di differenti approcci e metodologie che vogliono intervenire sull'ecosistema con la duplice filosofia: del restauro, laddove possibile, e della tutela e mantenimento delle porzioni più fragili degli ecosistemi dell'area; il secondo è con un intervento pluriennale che permette di controllare e

intervenire quanto si sta realizzando e laddove si rendesse necessario “aggiustare il tiro” al fine ultimo di ottenere un successo; il terzo è l’avvio di un processo culturale che coinvolgendo le entità economiche locali (es. pesca, diving, associazioni) e i giovani del territorio getta le basi per la tutela degli ecosistemi in oggetto mediante un aumento della coscienza collettiva.

L’integrazione di attività di restauro con quelle di tutela garantiranno il ripristino e mantenimento dei servizi ecologici andati perduti su superfici ben più ampie di quelle perdute.

Se le superfici infatti da restaurare fossero simili a quelle perdute e, qualora poi le attività di restauro avessero pieno successo si “realizzerebbe uno sbilancio ambientale positivo, in quanto si otterrebbero anche i benefici derivanti dalle migliori condizioni funzionali degli ecosistemi restaurati” (Fresi 2001).

5.2. Lista degli interventi compensativi

Vengono di seguito elencati gli interventi di compensazione relativi al I Lotto Funzionale opere strategiche, alla Darsena Energetico-Grandi Masse e al II Lotto Funzionale opere strategiche in funzione del contesto ambientale marino costiero di Civitavecchia.

Gli interventi di compensazione di seguito proposti seguono le linee guida per la gestione dell'habitat *Posidonia oceanica* proposte dalla Commissione Europea nel technical report 2008 01/24 dei quaderni Natura 2000 (**Management of Natura 2000 habitats *Posidonia beds – Posidonia oceanica* 1120***), ripresi e specificati nel **quaderno ISPRA 106/2014**, nonché perseguono in maniera specifica le finalità di conservazione previste dalle **Misure di Conservazione dei Siti di Importanza Comunitaria (SIC) marini IT6000005 e IT6000006, finalizzate alla designazione delle Zone Speciali di Conservazione (ZSC), ai sensi della Direttiva 92/43/CEE (Habitat) e DPR 357/97.**

Oltre le attività proposte dalle succitate linee guida, per la caratterizzazione dei siti donatori e di reimpianto viene effettuata una analisi dei livelli di energia cinetica a microscala dovuta prevalentemente a correnti e moto ondoso.

Questa microzonazione energetica è essenziale in quanto nell'area di Civitavecchia la distribuzione dell'energia cinetica nel mare non è uniforme e sulla base delle esperienze scaturite dai precedenti rimpianti, la conoscenza della sua entità e distribuzione assume un ruolo determinante per la buona riuscita del reimpianto.

5.2.1. *Compensazione *Posidonia oceanica**

A) Attività volte alla salvaguardia e recupero delle praterie di *Posidonia oceanica* interessate direttamente e/o indirettamente dalle attività di costruzione delle opere:

- a1) nell'area che verrà direttamente interessata dalla realizzazione dell'Hub portuale: caratterizzazione quali-quantitativa e genetica delle patch del posidonieto donatore e delle caratteristiche dinamiche, fisiche, chimiche e sedimentologiche dell'habitat;

- a2) in aree limitrofe: analisi ad elevata risoluzione spaziale delle caratteristiche qualitative di aree campione identificate preliminarmente attraverso i risultati dei modelli matematici (a livello di mesoscala); identificazione di aree donatrici di praterie adattate a basse intensità luminose ed elevata densità (come prescritto dal quaderno Natura 2000-2008 01/24);
- a3) identificazione e caratterizzazione (come in punto a.1) di zone in sofferenza con la massima probabilità di successo finalizzate al restauro;
- a4) reimpianto a carattere fortemente sperimentale di talee di *Posidonia oceanica* per una superficie totale pari a 3000 m² all'interno delle aree identificate per il restauro;
- a5) sperimentazione di differenti tecniche di reimpianto (vedi quaderno Natura 2000-2008 01/24 e ISPRA 106/2014) identificate sulla base delle caratteristiche delle praterie naturali, dei livelli energetici e della tipologia di substrato;
- a6) realizzazione di vasche (stabulari/vivai) dove mantenere in vivo parte delle talee idonee, provenienti dall'area impattata dalle opere e da altre praterie donatrici;
- a7) isolamento di un'area a bassa energia in località “La Frasca” da utilizzare per sperimentazione in ambiente naturale;
- a8) sperimentazione di tecniche di riproduzione e crescita di talee in vasca; predisposizione di protocolli di mantenimento e reimpianto;
- a9) messa a punto di un programma a medio e lungo termine di recupero di talee spiaggiate e trattenute dalle reti da pesca finalizzata al restauro del posidonieto sulla base dei protocolli sperimentati;

B) Messa in opera di 50 boe per l'ormeggio delle imbarcazioni da diporto e diving, finalizzata a limitare i danni provocati dagli ancoraggi;

C) Messa in opera di tecniche di protezione passiva mediante il posizionamento di 100 tetrapodi per combattere la pesca illegale sulla *Posidonia oceanica* estendendo spazialmente l'intervento del “LIFE Poseidone” realizzato nella zona a Nord di Civitavecchia;

D) Interazione con il mondo della pesca, le autorità e gli enti amministrativi locali per identificare misure gestionali atte a proteggere le aree di reimpianto e diminuire gli stress antropici sulle praterie di *Posidonia* limitrofe;

E) Monitoraggio dei risultati dell'azione, includendo oltre ai risultati del reimpianto e all'evoluzione dell'habitat naturale anche l'eventuale presenza e proliferazione di specie aliene invasive (es. *Caulerpa taxifolia*);

5.2.2. Compensazione coralligeno

F) Identificare e descrivere dettagliatamente i siti reef di rilevanza ecologica (hot spots);

G) Realizzare sistemi e strutture di mantenimento, conservazione e sostentamento delle specie che poi verranno reintrodotte negli habitat naturali e in quelli artificiali, come siti di conservazione in mare;

g1) Coinvolgere attivamente i pescatori locali nelle fasi di recupero e conservazione;

g2) Coinvolgere le associazioni dei diving e mettere a punto strutture di ormeggio (strutture Blu) per tutelare gli “hot spots”;

g3) Ricovero delle specie del coralligeno catturate accidentalmente durante la pesca: campagne bycatch;

g4) Reintroduzione delle specie di corallo sia sui reef artificiali che nelle aree di reimpianto identificate (hot spots);

H) Installazione di 50 reef artificiali per la ricolonizzazione naturale e il reimpianto degli individui recuperati con le campagne di bycatch;

I) Installazione di 40 boe per l'ormeggio delle imbarcazioni da diporto, come strumenti di difesa dagli ancoraggi negli hot spots e nelle aree di installazione dei reef artificiali;

L) Monitorare i risultati della reintroduzione nell'ambiente naturale per valutare e documentare l'efficacia dell'intervento;

5.2.3. Compensazione specie protette: *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum*

M) Caratterizzazione dei siti di prelievo e reinserimento e censimento delle specie *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum*;

- N) Prelievo di esemplari di *Pinna nobilis* nelle aree dove si verificheranno gli impatti diretti delle opere della DEGM;
- O) Prelievo di esemplari di *Corallium rubrum* durante le attività di raccolta previste nel programma *bycatch-recovery*;
- P) Mantenimento e adattamento degli esemplari di cui ai punti precedenti in ambiente controllato (vasche);
- Q) Reintroduzione degli esemplari mantenuti in vasca in ambiente marino nei siti selezionati;
- R) Monitoraggio degli organismi reimmessi nell'ambiente naturale e delle caratteristiche ecologiche dei siti di reintroduzione.

5.2.4. Creazione di un sistema di monitoraggio della qualità delle acque e allarme per il controllo degli effetti del porto sugli ecosistemi limitrofi

- S) Sistema di monitoraggio;
- s1) messa in opera di una boa per l'acquisizione in continuo delle variabili chimico-fisiche e il controllo di inquinamento, torbidità e biomasse algali;
 - s2) utilizzo di dati telerilevati calibrati con i dati della boa per la visione sinottica delle variabili monitorate;
 - s3) utilizzo di modelli matematici per la previsione e descrizione dei fenomeni di diffusione;
 - s4) predisposizione di un sistema di “early warning”;
 - s5) integrazione dei dati provenienti dal monitoraggio permanente e dai monitoraggi della *Posidonia oceanica*, del coralligeno e delle specie protette in un sistema informativo con una interfaccia accessibile pubblicamente (internet);

5.2.5. Messa in opera di un sistema di informazione e sensibilizzazione sull'ambiente marino e sulle specie protette che operi in differenti modalità rivolte ai ragazzi delle scuole di Civitavecchia, alle popolazioni ed agli stakeholders

- T) Realizzazione infrastrutture divulgative;



- t1) creazione centro educazione ambientale marino;
- t2) sistema museale;
- t3) sensibilizzare le nuove generazioni e la popolazione locale al rispetto dell'ambiente marino e alla conoscenza dell'importanza degli habitat a coralligeno;
- t4) convegni ed iniziative, a scadenze fisse, sulle attività di progetto e sui risultati ottenuti, rivolti a giovani, enti pubblici ed Autorità, popolazione locale, stakeholders e comunità scientifica;
- t5) portale informativo sul progetto contenente anche i risultati del progetto.

5.3. Aree di *Posidonia oceanica* sulle quali si concentreranno le azioni di compensazione

5.3.1. Generalità

Gli interventi di restauro, mitigazione e tutela interesseranno le praterie di *Posidonia oceanica* identificate in questa fase preliminare dalla cartografia tematica nelle 5 possibili aree di intervento (v. Carte tematiche allegate).

In particolare, il restauro sperimentale verrà effettuato nelle radure sabbiose, formatesi a seguito di azioni meccaniche che hanno danneggiato la *Posidonia* innescando talvolta fenomeni erosivi, per una superficie complessiva di 3.000 m². Le aree scelte dovranno essere di estensione e distribuzione tale da consentire il restauro di superfici continue di Posidonieto.

Infatti si sottolinea che per restauro si intende il ripristino delle funzioni ecologiche di una prateria estesa che presenta frammentazione al suo interno (che può essere dovuta ad azioni meccaniche), attraverso il reimpianto di talee in numero sufficiente ad accelerare la naturale ricolonizzazione della pianta.

Dall'analisi delle caratteristiche dei posidonieti naturali su matte e sabbia, alle profondità utili a possibili reimpianti (cioè fra 8 e 14 metri di profondità), sono state individuate 5 praterie di *Posidonia oceanica* idonee ad essere restaurate.

Il principio che guida il restauro è di “operare su superfici limitate (massimo 200-300 m²) quali gli apparati erosivi delle matte causati da ancoraggi o da attività di pesca” (Fresi 2001).

Nelle praterie selezionate sono state individuate superfici di radure sabbiose idonee in un rapporto con la superficie totale di 1:20 (cioè per ogni m² di radura reimpiantata si recuperano 20 m² continui di prateria di *Posidonia oceanica*).

Di conseguenza, l'intervento proposto, mediante il reimpianto di talee nelle radure sabbiose, per una superficie totale di 3000m², restaurerà circa 6,08 ha di superfici continue di *Posidonia*, recuperandone tutte le funzioni ecologiche.

Tale intervento di restauro consentirà di **ripristinare le funzioni ecologiche di circa 6,08 ha** delle praterie presenti nelle aree individuate.

La strategia quindi che si vuole adottare è quella che in passato ha dato maggiore successo, si riporta Fresi 2001: “si debba operare su superfici limitate quali gli impianti erosivi delle matte che spesso sono causati da insulti meccanici che la prateria non è che raramente in grado di riparare. Appartengono a questa categoria le strutture di forma circolare od allungata risultanti da ancoraggi, anche di piccole imbarcazioni, o da attività di pesca con attrezzi trainati sul fondo (reti a strascico, gangami, etc.)”.

Per gli stessi motivi inoltre, è da evitare di tentare impianti su superfici continue (se una prateria non è presente o, nel caso di matte morte, non si hanno più le caratteristiche ecologiche idonee alla sua crescita, o, nel caso di grandi canali e radure, queste condizioni non vi sono mai state).

Bisogna evitare anche di intervenire sui “canali intermatte”, questi rappresentano infatti una biocenosi differente ben definita (Biocenosi delle sabbie grossolane e ghiaie fini sotto l'influenza di correnti di fondo - SGCF, detta anche Biocenosi ad anfiosso), che è formata da apparati erosivi che riflettono l'equilibrio fra la dinamica delle acque, il trasporto litorale dei sedimenti e la crescita ortotropa dei rizomi di *Posidonia*. Ulteriore accorgimento sarà quello di evitare il trapianto su roccia, in quanto raramente e in ogni caso molto lentamente le macchie sparse riescono a congiungersi a formare una prateria continua.

Diviene fondamentale poi, come dettagliato nel capitolo 9. “Metodi e tecniche delle misure compensative proposte” sia lo studio dei livelli di energia e la microzonazione ecologica ed energetica, che effettuare il prelievo delle talee a profondità batimetriche maggiori di quelle delle aree di restauro, aree queste che saranno individuate ad una profondità batimetrica compresa prevalentemente a partire dagli 8 fino, al massimo, ai 14 metri di profondità.

Considerando poi che la crescita delle piante avviene prima in maniera plagiotropa e quindi in modalità ortotropa, è stato osservato che la densità/m² sufficiente alle piante per crescere e colonizzare il più rapidamente possibile lo spazio è di 30 talee/m².

Si deve tenere inoltre conto dei risultati dello studio effettuato da ECON (Valiante, Fresi 2008) che ha individuato una serie di particelle idonee al restauro nella Area n. 5 per una superficie di circa 11.000 m².

Le aree soggette a restauro verranno protette quindi dagli ancoraggi mediante il posizionamento di boe di ormeggio per le imbarcazioni da diporto e dalle attività di pesca illegale mediante il posizionamento di barriere e blocchi antistrascico.

Una ulteriore mitigazione consisterà nella predisposizione di un “early warning system” che, in funzione delle condizioni meteomarine ed oceanografiche, regolamenterà le attività di dragaggio portuale, in modo da fermare i lavori nel momento in cui si formino torbide che possono danneggiare gli ecosistemi marini, in questo caso le praterie di *Posidonia oceanica*.

5.3.2. Identificazione delle aree a mesoscala e quantificazione dell'intervento

Le caratteristiche fisiografiche ed ecologiche delle aree a mesoscala che gioveranno delle azioni di restauro, tutela e mitigazione, sono descritte nel Capitolo 6. “Le aree in compensazione”.

Per quanto discusso precedentemente si ritiene sufficiente una azione di restauro continuato che porti, al termine dei 10 anni di progetto, al recupero delle funzioni ecologiche di praterie per una superficie di 6,08 ha.

Terminata la fase di analisi di dettaglio, il primo anno si effettuerà la sperimentazione (vedi manuale ISPRA).

Nei due anni successivi sarà effettuata la principale azione di restauro, anche per prelevare il maggior numero di talee possibile dalla zona di dragaggio, che proseguirà negli anni successivi attraverso una azione continua di messa a dimora di talee sia nell’ottica del restauro di nuove aree che di manutenzione delle aree già impiantate:

- principale azione di reimpianto **78.000 talee**, che andranno a essere collocate su piccole superfici all’interno di praterie danneggiate, per un totale di **2600 m²**;

- completamento delle attività di restauro (nei due anni successivi) mediante il reinserimento di altre **12.000 talee**, che andranno a essere collocate su piccole superfici all'interno di praterie danneggiate, per un totale di altri **400 m²**;

- manutenzione dei restauri, attività di arricchimento genetico, sperimentazione di nuove tecniche, ripiantumazione da semi e altre attività sperimentali come descritto nel capitolo 9, mediante la messa a dimora di altre **9.000 piante** e talee.

I blocchi, e/o barriere, verranno posizionati con una geometria che verrà studiata per garantire la protezione delle 5 aree selezionate in via preliminare e al tempo stesso non alterare gli altri habitat, correnti di fondo e trasporto solido (con effetti negativi per le praterie). Verranno quindi posizionati **n. 100 blocchi e/o barriere “antistrascico”** a protezione e tutela delle aree in oggetto, oltre che delle aree oggetto di reimpanto. In questo modo si otterrà una azione di tutela che riguarderà una lunghezza complessiva di praterie parallele alla costa di circa **4,9 km**.

L'azione di tutela dagli ormeggi consisterà nel posizionamento totale (*Posidonia* + coralligeno) di almeno 90 boe.

Questo numero si ritiene sufficiente in quanto vi sono numerose altre esperienze europee di tutela di aree marine protette (ad es. l'MPA di Cerberè-Banyuls 30, l'MPA delle isole Medas 54, parco nazionale dell'Asinara 63) dove i campi boe hanno ridotto il numero degli ancoraggi anche del 90%: ad esempio in Francia, (Licari, 2006).

In Australia e Stati Uniti esistono numerose ditte che producono boe appositamente pensate per essere installate su differenti substrati, creando il minor disturbo possibile.

Sulle praterie in particolare verranno posizionate **50 boe per ormeggio** con caratteristiche differenti.

Superfici delle aree individuate all'interno delle quali saranno messe in atto le attività di compensazione

Zona P1 Posidonion antistante S. Agostino

- Superficie del Posidonion su sabbie e matte: ha 5,56
- Superficie del Posidonion su matte e matte morte: ha 3,50

- Superficie del Posidonion su roccia, con presenza di Posidonia: ha 66
- Superficie di radure di sabbia all'interno del Posidonion disponibili a ricevere il restauro di talee: ha 0,36
- Lunghezza del Posidonion parallela alla costa circa 1.800 m

Zona P2 Posidonion antistante la località La Frasca

- Superficie del Posidonion su sabbie e matte: ha 1,54
- Superficie del Posidonion su matte e matte morte: ha 3,21
- Superficie del Posidonion su roccia, con presenza di Posidonia: ha 69,27
- Superficie di radure di sabbia all'interno del Posidonion disponibili a ricevere il restauro di talee: ha 0,14
- Lunghezza del Posidonion parallela alla costa circa 500 m

Zona P3 Posidonion antistante la località Prato del mare

- Superficie del Posidonion su sabbie e matte: ha 10,44
 - Superficie del Posidonion su matte e matte morte: ha 2,81
 - Superficie del Posidonion su roccia, con presenza di Posidonia: ha 149,46
 - Superficie di radure di sabbia all'interno del Posidonion disponibili a ricevere il restauro di talee: ha 0,65
- Lunghezza del Posidonion parallela alla costa circa 800 m

Zona P4 Posidonion antistante Capo Linaro a S. Marinella

- Superficie del Posidonion su sabbie e matte: ha 9,49
- Superficie del Posidonion su matte e matte morte: ha 10,34
- Superficie del Posidonion su roccia, con presenza di Posidonia: ha 100,69

- Superficie di radure di sabbia all'interno del Posidonion disponibili a ricevere il restauro di talee: ha 2,19

Lunghezza del Posidonion parallela alla costa circa 1.000 m

Zona P5 Posidonion antistante il tratto di litorale fra S. Marinella e S. Severa (due sub-aree adiacenti)

- Superficie del Posidonion su sabbie e matte: ha 24,28

- Superficie del Posidonion su matte e matte morte: ha 24,55

- Superficie del Posidonion su roccia, con presenza di Posidonia: ha 24,50

- Superficie di radure di sabbia all'interno del Posidonion disponibili a ricevere il restauro di talee: ha 2,01

Lunghezza complessiva del Posidonion parallela alla costa circa 800 m

5.4 Aree del coralligeno

5.4.1 Generalità

Anche in questo caso, come si evince dalla VINCA, i danni presenti nei sistemi naturali sono riconducibili prevalentemente a danni di ancoraggi che in alcune aree hanno provocato la distruzione di intere popolazioni di gorgoniacee intaccando profondamente la biocostruzione sottostante.

In questo caso, un ulteriore grave problema è anche dovuto alla perdita di reti da posta, le quali derivando finiscono per incagliarsi sul substrato roccioso “soffocando” le comunità del coralligeno.

Per quanto attiene a questo problema, a fronte di molte segnalazioni e avvistamenti non vi è ad oggi una stima delle quantità. Si terrà conto della problematica nei programmi di coinvolgimento del mondo della pesca e delle associazioni locali (unica azione sul territorio: l'Associazione “I Tirreni” recuperò nel 2011 n.2 reti di 1,3 e 3 km in località La Frasca).

L'azione di tutela quindi si svolgerà mediante il coinvolgimento dei pescatori, delle associazioni e diving e prevederà il censimento e qualora fattibile il recupero.

Sebbene non vi siano ancora procedure standardizzate e, nel Mediterraneo, non vi sono esempi di interventi di restauro paragonabili a quello proposto, sia negli Stati Uniti che in Australia vi sono alcuni esempi positivi di gestione di barriere di elevato valore ecologico che sono stati presi come esempio, essendo le dimensioni degli interventi paragonabili a quelle di questo progetto.

È di fondamentale importanza la realizzazione di infrastrutture di supporto (vasche e stabulari) che consentono il mantenimento degli organismi recuperati ai fini di una loro successiva reimmissione in mare e una scrupolosa analisi ecologica e chimico fisica dei siti di reimmissione. (Vedi capitolo 9. “Metodi e tecniche delle misure compensative proposte”).

L’attività sperimentale che accompagnerà lo sviluppo delle attività del progetto fornirà elementi utili alla predisposizione di protocolli e alla standardizzazione di metodologie per la gestione dell’habitat 1170 nel Mediterraneo.

5.4.2. Identificazione delle aree e quantificazione dell’intervento

Le caratteristiche fisiografiche ed ecologiche delle aree a mesoscala che goveranno delle azioni di restauro, tutela e mitigazione, sono descritte nel Capitolo 6. “Le aree in compensazione”.

L’azione di restauro diretta consisterà nella reintroduzione su substrati naturali e artificiali, mediante il programma di recupero degli organismi, **circa 6000 organismi** provenienti dal programma *bycatch-recovery* e dall’area di dragaggio.

Gli interventi di restauro, mitigazione e tutela interesseranno oltre **22 ha** di coralligeno naturale, verranno collocati reef artificiali in 4 aree strategiche per una superficie totale di circa **900 m²** (vicino gli hot-spots, dove avranno il duplice scopo di bianco e diving). Inoltre l’allungamento dell’antimurale contribuirà per una lunghezza di oltre **800 m** (per la DEGM) con una nuova superficie artificiale da colonizzare stimabile in oltre **16.000 m²**, come ha contribuito l’allungamento dell’antimurale con una lunghezza di oltre **800 m** (per il I Lotto Funzionale).

Inoltre con la realizzazione del II lotto Funzionale opere strategiche verranno realizzati ulteriori 400m di antimurale che forniranno una nuova superficie da colonizzare di 8000m², questo intervento realizzerà un ulteriore impatto positivo.

L’azione di tutela dagli ormeggi consisterà nel posizionamento totale (*Posidonia* + coralligeno) di almeno 90 boe.

Questo numero si ritiene sufficiente in quanto vi sono numerose altre esperienze europee di tutela di aree marine protette (ad es. l'MPA di Cerberè-Banyuls 30, l'MPA delle isole Medas 54, parco nazionale dell'Asinara 63) dove i campi boe hanno ridotto il numero degli ancoraggi anche del 90%: ad esempio in Francia, (Licari, 2006).

In Australia e Stati Uniti esistono numerose ditte che producono boe appositamente pensate per essere installate su differenti substrati, creando il minor disturbo possibile.

Sugli hot-spots a coralligeno, e nelle aree dove verranno posizionati i reef artificiali, in particolare verranno posizionate almeno **40 boe per ormeggio** di caratteristiche differenti.

Una ulteriore azione consisterà nel posizionamento di techno-reef, che andranno a costituire un substrato artificiale idoneo all'insediamento delle specie recuperate mediante il programma di *bycatch-recovery*.

Ormai da diversi anni ed in molti paesi del mondo si stanno affermando modalità di tutela dell'ambiente marino mediante l'introduzione di strutture sommerse appositamente sviluppate per creare variazioni della morfologia sottomarina, favorire la propagazione dei coralli e dei sistemi di reimpianto, restauro di estuari, della crescita delle mangrovie e delle biocostruzioni, favorire il ripopolamento ittico e l'incremento della biodiversità, per la protezione delle spiagge.

Ad esempio, un caso particolarmente riuscito è quello degli elementi campaniformi cavi e forati sulle pareti laterali sviluppati dalla Fondazione Reef-Ball. Il tratto peculiare di questi moduli costruiti in calcestruzzo ad elevata compatibilità ambientale è quello di integrarsi nell'ecosistema marino. La particolare forma produce condizioni favorevoli allo sviluppo della flora e fauna marina tramite la creazione di ripari e tane per specie ittiche stanziali, la protezione di uova e dei giovani esemplari.

La Fondazione ha avuto un notevole successo e questo tipo di barriere (oltre 1 milione di elementi) è stato utilizzato in più di 70 paesi, in più di 6000 progetti.

I 50 reef artificiali, che avranno forma e caratteristiche idonee alla colonizzazione delle specie del coralligeno, sulle quali mettere a punto protocolli di coral-recovery e da utilizzare come bianco per gli altri interventi di restauro verranno posizionati in aree limitrofe agli hot spots ed eventualmente in altre aree ritenute idonee dal punto di vista idrodinamico ed ecologico,

Lista degli hot-spots sui quali si concentreranno gli interventi di tutela e restauro

Zona C1 Hot spot n. 1 Murata di S. Agostino

Superficie complessiva 22,00 ha

Zona C2 Hot spot n. 2 La Frasca

Superficie complessiva 1.440 m²

Zona C3 Hot spot n. 3 Torre Marangone

Superficie complessiva 680 m²

Zona C4 Hot spot n. 4 Capo Linaro

Superficie complessiva 950 m²

6. LE AREE DI COMPENSAZIONE

6.1. Caratteristiche dell'area marina costiera di Civitavecchia e delle aree di compensazione

Per analizzare le caratteristiche degli habitat (Posidonia e coralligeno) e delle specie prioritarie (*Pinna nobilis* e *Corallium rubrum*) presenti nell'area costiera di Civitavecchia e che saranno oggetto delle attività di compensazione, sono stati considerati i progetti di ricerca condotti dal Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina ed i risultati della Fase di Screening della VINCA (che ha avuto come oggetto in particolare lo studio dei SIC IT6000005 “Fondali tra P.ta S. Agostino e P.ta della Mattonara” e SIC IT6000006 “Fondali tra P.ta Pecoraro e Capo Linaro”). .

6.1.1 Metodi utilizzati

Le informazioni raccolte sono state inizialmente utilizzate per verificare ed implementare la mappatura realizzata tra il 2009 ed il 2011 dall'ex Dipartimento Biologia Animale e dell'Uomo (ora Dipartimento di Biologia Ambientale) dell'Università di Roma, La Sapienza, grazie ad un finanziamento della Regione Lazio. La realizzazione di una mappa biocenotica fornisce informazioni su distribuzione e complessità di habitat e specie presenti in una determinata area. E' essenziale per una prima valutazione delle condizioni ambientali e per la programmazione di eventuali interventi di tutela e di gestione delle risorse individuate. L'utilizzo di questo tipo di cartografia come indicatore biofisico permette di valutare se le fonti di disturbo che insistono sugli ambienti presenti possano determinare cambiamenti sulla loro conservazione, mettendo in evidenza importanti emergenze naturalistiche. Le metodiche di rilevamento finalizzato alla cartografia degli ambienti marini prevedono l'utilizzo integrato di diverse tecniche che da sole non sarebbero sufficienti a garantire una precisione adeguata alla scala e alla finalità del lavoro. I diversi metodi hanno, infatti, un diverso significato secondo l'ambiente da esplorare e della scala di restituzione finale. Se la fascia più costiera fino ad una decina di metri di profondità può essere ad esempio ben descritta utilizzando la tecnica aerofotogrammetrica o il telerilevamento da satellite, profondità maggiori devono essere esplorate con sonar a scansione laterale (o S.S.S.: Side Scan Sonar). Inoltre, per aree in cui si richiede un maggior dettaglio ed un approfondimento sui dati rilevati, è necessario utilizzare metodi di rilevamento subacqueo diretto come telecamere subacquee, trainate o a controllo remoto (ROV, Remotely Operated

Vehicle) e operatori scientifici subacquei. I dati per la mappatura degli habitat vengono acquisiti con l'utilizzo di sonar e GPS cartografici. La prospezione del fondale viene condotta navigando lungo transetti costa-largo o paralleli alla costa, vengono eseguiti una serie di rilevamenti puntuali e per ogni punto sono acquisite le seguenti informazioni: coordinate geografiche, profondità, tipo di substrato, tipo di biocenosi e/o habitat, presenza di specie target.

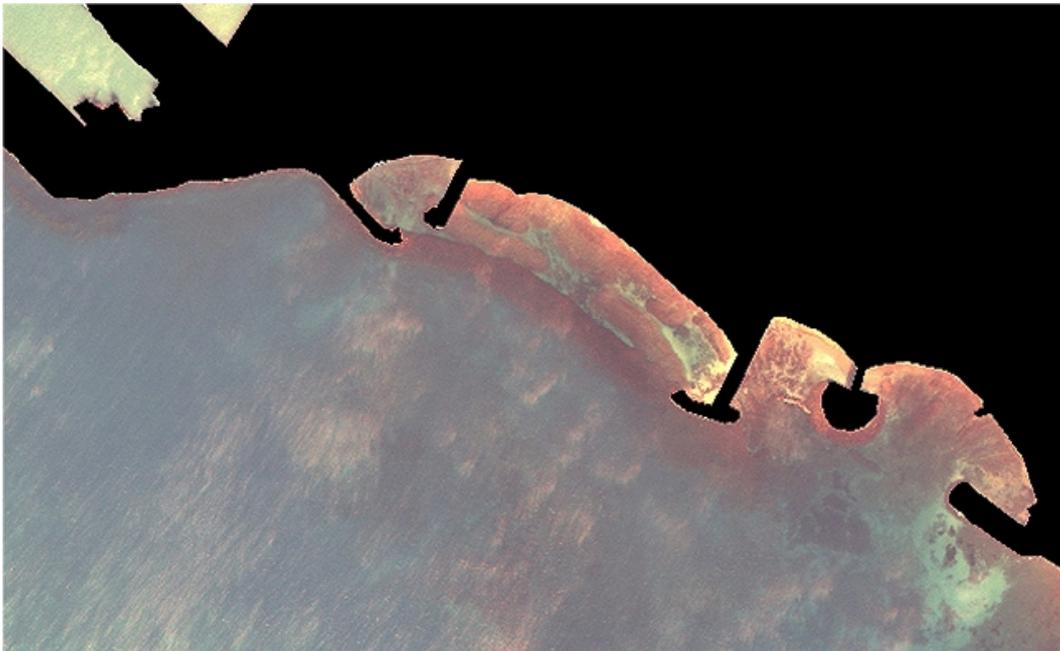
Telerilevamento da satellite

Il telerilevamento permette di reiterare nel tempo le riprese di una medesima zona, consentendo lo studio della variazione del fondale marino differenziando, ad esempio, zone di accumulo nelle quali la profondità del fondale tende a diminuire, da quelle statiche, o in erosione, nelle quali la profondità tende ad aumentare, unitamente alla possibilità di verificare i cambiamenti nella distribuzione della vegetazione subacquea e costiera. Gli studi batimetrici e di caratterizzazione del fondale marino ad approccio radiometrico sfruttano principalmente il differente assorbimento da parte dell'acqua all'aumentare della profondità, di alcune caratteristiche della luce a varie lunghezze d'onda, come ad esempio la riflettanza (il potere riflessivo di un corpo sottoposto ad irradiazione). Le profondità investigabili tramite questa tipologia di analisi, possono arrivare fino a 20 - 25 metri in condizioni ottimali (acque limpide e calme, ripresa satellitare prossima al nadir). Sono quindi state acquisite due immagini satellitari a copertura della zona in studio, relative all'estate 2011, scelte tra varie immagini disponibili, cercando da un lato di soddisfare i criteri sopra descritti, dall'altro di avere immagini di acquisizione relativamente recente. In seguito, sono state commissionate due acquisizioni, una nell'agosto 2012 ed una in dicembre 2014. Sono state utilizzate immagini acquisite dal satellite WorldView-2, un satellite ottico commerciale ad altissima risoluzione gestito dalla società DigitalGlobe. La peculiarità di questo satellite, è la capacità del sensore di acquisire immagini multispettrali ad 8 bande con risoluzione di 1.8 metri, oltre che immagini pancromatiche con risoluzione di 46 centimetri (commercializzate rispettivamente con la risoluzione 2 metri nel multispettrale e di 50 cm nel pancromatico). In particolare WorldView-2 è il primo satellite commerciale ad alta risoluzione in grado di acquisire, accanto alle quattro tipiche bande Blu, Verde, Rosso ed Infrarosso Vicino, quattro ulteriori bande multispettrali. Le immagini acquisite, hanno quindi subito le elaborazioni di seguito descritte, mirate all'estrazione delle necessarie informazioni.

- Processo di ortorettifica. Le immagine originali del satellite (scene ad 8 bande e pancromatico) sono state sottoposte ad una serie di trasformazioni di tipo geometrico per la redistribuzione dei relativi pixel in modo da disporre gli stessi conformemente al sistema di riferimento scelto (UTM

WGS 84 Fuso 33 Nord). Per questo tipo di elaborazione, sono stati utilizzati i dati relativi alle caratteristiche del sensore e della ripresa satellitare che sono contenuti in file a corredo delle immagini stesse, un modello di elevazione del terreno (DEM) con risoluzione di 25 metri e dei punti di controllo ricavati da foto aeree. Entrambe immagini sono state posizionate con buona precisione nel sistema di riferimento scelto, sia per la componente pancromatica, che per quella multispettrale.

- Elaborazioni radiometriche. Le informazioni contenute nei digital number delle bande relative alle due scene, sono state elaborate in maniera da ottenere dati relativi alle caratteristiche del fondale marino. In particolare, si è preliminarmente provveduto a creare una maschera che azzerasse i valori dei pixel delle zone emerse, in maniera che qualsiasi tipo di analisi o visualizzazione del dato, potesse essere incentrato solo sulle zone di mare. Quindi, sfruttando le bande che maggiormente penetrano nell'acqua e agendo su equalizzazione e istogrammi di tali bande, sono state ottenute delle immagini che hanno permesso una prima fotointerpretazione a video.



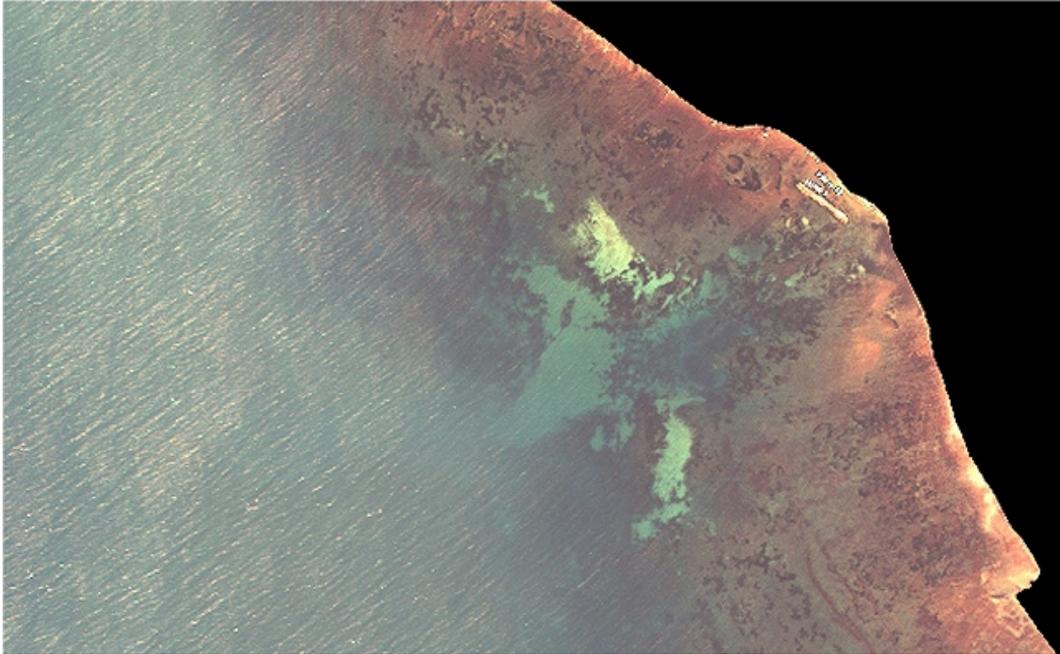


Fig. 17 alcuni esempi di immagini satellitari del WorldView-2

Side Scan Sonar

Il sonar a scansione laterale (Side Scan Sonar) è un sensore ultrasonoro che fornisce immagini acustiche del fondo marino ad elevata risoluzione. Può essere utilizzato sia per rilievi in acque profonde che per prospezioni su bassi fondali, investigando rapidamente ampie porzioni del fondo del mare. Il dispositivo sonar viene generalmente trainato dal natante a velocità costante (comprese tra 2 e 4 nodi) e ad un'altezza dal fondo marino variabile da pochi a centinaia di metri (fig. 3.5). Il principio di funzionamento del sonar a scansione laterale si basa sull'emissione di un ventaglio di onde acustiche (lobo di emissione) ad elevata frequenza, molto ampio nel piano trasversale alla rotta (diverse decine di gradi) e molto stretto nel piano ad esso parallelo (1-2°). I fronti d'onda creati, interagendo con il fondo marino generano onde riflesse e difratte che tornano indietro e vengono registrate dai trasduttori riceventi. In particolare il sonar a scansione laterale analizza la parte dell'energia dal fondale difratta (energia di backscatter). Gli impulsi acustici generati dai trasduttori sono caratterizzati da elevate frequenze al fine di avere un'alta risoluzione ed una penetrazione trascurabile o quasi nulla nel sottosuolo. Il segnale analizzato dai trasduttori viene così inviato al centro d'acquisizione presente sull'imbarcazione tramite un cavo coassiale, dove viene prodotta un'immagine SSS (side scan sonar) a scala di grigi, associando ad ogni tono di grigio un valore di intensità del backscatter. Queste immagini sono però affette da una costante distorsione geometrica lungo la traccia trasversale, definita di Slant-range, che si verifica poiché il sensore analizza il tempo di

riverberazione percorso dall'onda tra il trasduttore ed il fondo marino, che dipende dalla velocità di propagazione dell'onda e dalla distanza percorsa. L'interpretazione delle immagini sonar viene effettuata sulla base della distribuzione dei pixel a differenti toni di grigio, che sono in funzione dell'intensità di backscatter. In particolare l'intensità di backscatter dipende, a parità di frequenza, da due fattori (Blond & Murton, 1997): a) l'inclinazione delle superfici riflettenti; b) le caratteristiche del sedimento. In particolare l'angolo d'incidenza (misurato lungo la stessa traccia trasversale) tra i raggi costituenti il lobo di emissione e il fondo marino varia a seconda della morfologia del fondale. Quando un impulso sonar investe un oggetto sul fondo marino (scarpate, rilievi, rotture di pendio ecc.) la parte illuminata sarà contraddistinta da un alto valore di backscatter, mentre la zona retrostante si troverà in ombra e sarà caratterizzata da bassi valori di backscatter. Le caratteristiche del fondale marino a livello di microscabrosità di superficie, dipendono, invece, dalla granulometria del sedimento presente. Infatti alcuni tipi di materiale come le ghiaie o le sabbie grossolane, mostrano alti valori di backscatter, al contrario sabbie fini, argille e limi presentano valori nettamente più bassi. La conoscenza delle geometrie del sistema permette di calcolare l'altezza dei rilievi sottomarini dalla superficie del fondo a partire dalle dimensioni delle ombre, dalla distanza trasversale rispetto alla piattaforma e dall'altezza della piattaforma del SSS rispetto al fondo. Nelle aree oggetto di studio è stato utilizzato l'EdgeTech 4100 che appartiene alla categoria dei sonar con trasduttori a doppia frequenza alloggiati in un "towfish" a rimorchio denominato 272TD, caratterizzato da una struttura leggera e agile ed una forma che riduce drasticamente i rischi di collisione o incaglio, consentendo quindi una buona continuità nell'acquisizione dei dati. Le frequenze utilizzate dal sonar sono 100/500 kHz, la larghezza del raggio orizzontale emesso è 1,2° a 500 kHz e 0,5° a 100 kHz e l'ampiezza della scansione è di 500 m a 100 kHz e di 200 m a 500kHz. Il posizionamento del sonar e quindi dei dati acquisiti, viene effettuato per mezzo di un sistema GPS differenziale.

ROV

Il Remotely Operated Vehicle, R.O.V., è un dispositivo mobile comandato a distanza normalmente utilizzato per prospezioni video subacquee, dotato di telecamera, bussola, lampade per illuminazione e profondimetro. Il dispositivo viene pilotato da un operatore specializzato tramite un pannello di controllo collocato su una barca di appoggio. Il compito fondamentale di un ROV è quello di consentire all'operatore che si trova in superficie di interagire con l'ambiente marino sottostante ed effettuare i rilievi prefissati. I rilievi all'interno delle aree sono stati effettuati attraverso un Pollux III lungo transetti perpendicolari e paralleli a costa.

Indagini in situ mediante operatori subacquei

Il controllo della verità a mare viene effettuata attraverso operatori subacquei con ulteriori rilevamenti bionomici e con campionamenti finalizzati a meglio descrivere i popolamenti presenti e completare il censimento della presenza di *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum* nell'area oggetto di studio. Per valutare lo stato di qualità del coralligeno è stato eseguito un campionamento fotografico ed eseguito il censimento della presenza di popolamenti a *Corallium rubrum*. In particolare è stato applicato il protocollo ESCA (Ecological Status of Coralligenous Assemblages) (Cecchi et al 2014) che prevede presso ciascuna stazione di campionamento l'esecuzione di 15 fotografie (repliche distribuite in modo casuale) di una superficie di 1878 cm² da distanza fissa. Successivamente le immagini vengono processate in modo da ottenere il valore di copertura percentuale o di frequenza dei principali taxa che caratterizzano i popolamenti coralligeni; in particolare il calcolo ESCA si basa sul calcolo della presenza/assenza di alghe e gruppi di alghe, valuta la distribuzione delle alghe all'interno della singola replica e lo stato ecologico associato alle stesse. Nel corso delle ricognizioni subacquee sono anche stati prelevati campioni dei popolamenti presenti su substrato duro mediante la tecnica del grattaggio su superfici standard di 400 cm² (Bianchi et al., 2004).

Ulteriori indagini vengono effettuati per analizzare lo stato di salute delle praterie di *Posidonia oceanica*. In particolare è stato applicato il protocollo di campionamento raccomandato da ISPRA ed adottato nei piani di monitoraggio delle ARPA regionali. Secondo questo protocollo in ciascuna stazione sono state individuate 3 aree di campionamento (400 m² circa ciascuna, distanziate di almeno 10 m tra loro) in ciascuna delle quali sono state effettuate:

- 3 repliche per le misure di densità,
- 6 repliche per i prelievi di fasci ortotropi.

In totale, presso ciascuna stazione sono state effettuate 9 misure di densità e prelevati 18 fasci ortotropi per le analisi di laboratorio. Per ciascuna delle 3 aree, oltre alle misure ed i prelievi di cui sopra, sono state effettuate delle stime relative a: ricoprimento della *P. oceanica*, tipo di substrato, continuità della prateria, percentuale di matte morta, di macroalghe aliene, di *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson. Tali stime sono state effettuate a scala di stazione, valutate da due operatori indipendenti ed espresse come percentuale. Le due valutazioni sono state poi mediate per determinare il valore dei ricoprimenti. Inoltre sono stati rilevati le eventuali presenze di ripplemarks e di marcatori di pressione antropica (reti abbandonate, segni

di ancoraggio e di passaggio di reti a strascico, corpi morti, rifiuti). La valutazione qualitativa della prateria di *P. oceanica* è stata articolata nei seguenti punti:

- studio in situ (macroripartizione) dei fascicoli fogliari all'interno della prateria (densità);
- studio biometrico in laboratorio dei fascicoli fogliari (microripartizione).

La stima della densità è stata effettuata mediante conta dei fasci fogliari in quadrati di 40 cm di lato. I risultati sono stati estrapolati al metro quadro. La stima della densità ha consentito di classificare la prateria, in accordo con le metodologie di campionamento del bentos marino mediterraneo riportato sullo specifico Manuale edito dalla Società Italiana di Biologia Marina, APAT e ICRAM (Buia et al., 2004). Inoltre, al fine di uniformarsi alle normative vigenti è stato applicato l'indice PREI (Posidonia Rapid Easy Index). Il PREI è un indice multimetrico basato su statistica univariata. Tiene conto di cinque differenti descrittori della prateria: densità (fasci m⁻²); superficie fogliare per fascio (cm² fascio⁻¹); rapporto tra biomassa degli epifiti (mg fascio⁻¹) e biomassa fogliare del fascio (mg fascio⁻¹); profondità del limite inferiore e tipologia del limite. La densità della prateria, la superficie fogliare per fascio e il rapporto tra la biomassa degli epifiti e la biomassa fogliare vengono valutati alla profondità standard di 15 m. Qualora la distribuzione della prateria non consenta il campionamento alla profondità standard, può essere individuata, motivandone la scelta, una profondità idonea al caso specifico. L'indice PREI fornisce informazioni sullo "stato ecologico" del corpo idrico e l'appartenenza di esso a una delle 5 categorie ("stato elevato", "stato buono", "stato sufficiente", "stato scarso", "stato cattivo") in base alla deviazione dalle condizioni di riferimento (Environmental Quality Ratio, EQR).

Sulle strutture fogliari prelevate come illustrato precedentemente saranno rilevate in laboratorio i seguenti dati:

1. Numero medio delle foglie totali ripartito tra foglie adulte (se provvista di base), foglie intermedie (se di lunghezza maggiore di 50 mm e sprovviste di base), foglie giovanili (se di lunghezza inferiore a 50 mm)
2. Lunghezza media delle foglie (totali, adulte, intermedie e giovanili);
3. Lunghezza della base (presenza di ligula) e del lembo;
4. Larghezza media delle foglie (totali, adulte, intermedie e giovanili);
5. Lunghezza del tessuto bruno;
6. Presenza degli apici erosi (coefficiente "A").
7. Superficie fogliare
8. L.A.I., Indice di Area Fogliare

6.1.2 Caratterizzazione bionomica

A seguito delle indagini condotte è stato possibile realizzare una cartografia degli Habitat presenti, con particolare riferimento ai SIC (Allegato 2: “Mappa degli Habitat del SIC IT6000005: “Fondali tra P.ta S. Agostino e P.ta della Mattonara”; Allegato 3: Mappa degli Habitat del SIC IT6000006: “fondali tra P.ta Pecoraro e Capo Linaro”).

Sulla mappa sono stati evidenziati otto principali tipologie facies dell'habitat 1120*:

1. Roccia infralitorale
2. Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di Posidonia oceanica
3. Roccia con mosaico di associazioni fotofile e sciafile
4. Massi e ciottoli
5. Fondo mobile e/o matte morta, con sporadica presenza di Posidonia oceanica
6. Posidonia oceanica su sabbia e/o matte (copertura $30\% < P_o < 80\%$)
7. Coralligeno
8. Fondo mobile (ghiaia; sabbia; fango)

La porzione di fondo occupata da roccia infralitorale si estende dalla linea di costa a pochi metri sotto la superficie del mare, fino ad una profondità che raramente si spinge oltre i -18/20 metri. Si tratta di una piattaforma rocciosa che nella tipologia di habitat n. 2 è caratterizzata da un mosaico di alghe fotofile e macchie di Posidonia oceanica insediata su roccia (Fig. 18). Con l'aumentare della profondità in genere sotto la batimetrica dei 5-6 m il fondo roccioso si fa sempre più ricco di avvallamenti e buche nelle quali l'accumulo di sedimento, prevalentemente costituito da sabbia grossolana di natura organogena, favorisce talvolta la presenza di piccole macchie di Posidonia che non sono però in grado di costituire una vera e propria prateria a causa dell'estrema eterogeneità del substrato (Fig. 19).



Fig. 18 Esempio di mosaico di alghe fotofile e macchie di *P. oceanica* insediata su roccia.



Fig. 19 Esempio di fondo roccioso ricco di avvallamenti e buche nelle quali l'accumulo di sedimento, favorisce la presenza di piccole macchie di *P. oceanica* che non costituisce una vera prateria.

Tra i 10 ed i 15 metri di profondità si osserva, soprattutto nella porzione centrale della mappa, la presenza della tipologia di habitat n. 3 (Fig. 20): si assiste ad un progressivo aumento della presenza di associazioni di tipo sciafile che dapprima si affiancano alla componente fotofila per poi assumere, in genere oltre i 15 m di profondità, la fisionomia tipica dei popolamenti coralligeni (tipologia di habitat n. 7).



Fig. 20 Esempio di roccia con mosaico di associazioni fotofile e sciafile

Il coralligeno (Fig. 21) è presente prevalentemente come affioramenti, alti al massimo un paio di metri, che si elevano dal fondo mobile alle profondità maggiori. Questa tipologia di habitat è presente un po' ovunque all'interno dell'area e, anche se presenta una distribuzione non omogenea, si possono osservare due aree in cui le biocostruzioni coralligene sono più abbondanti: nel settore di costa compreso tra Capo linaro e il porto di Civitavecchia e nell'area compresa tra la centrale di Torvaldaliga e la spiaggia di S. Agostino.

L'area a sud è caratterizzato da una maggiore presenza di fondali sabbiosi e praterie di *Posidonia oceanica* alternata a formazioni rocciose isolate; in questa area il precoralligeno si sviluppa a partire dai 15 metri ma le formazioni sono per lo più limitate e discontinue, spesso associate a grandi scogli isolati e raramente si configura come coralligeno di parete.

L'area denominata "La Frasca", localizzata a Nord della centrale presenta invece una morfologia a terrazzi, con formazioni rocciose che degradano dolcemente fino ai 20m dove si osserva la presenza di fondali fangosi; a partire dai 25 metri sono presenti imponenti affioramenti rocciosi (La Murata

supera i 100m di estensione)) che emergono dal fondale fangoso su cui si impostano imponenti biocostruzioni coralligene anche su parete.



Fig. 21 Esempio di coralligeno

Nelle tipologie di habitat n. 5 e n. 6 vengono ricondotte le porzioni di fondo mobile occupato da *Posidonia oceanica*, la tipologia 5 rispecchia condizioni delle praterie in evidente stato di sofferenza con una presenza solo sporadica della pianta, l'habitat n. 6 è invece riconducibile ad una vera e propria prateria di *Posidonia*, ma è da considerare poco frequente nell'area mappata. Estensioni di un certo rilievo sono state osservate esclusivamente al largo di P.ta S. Agostino a Nord e presso P.ta Mattonara a Sud. All'interno del SIC ITA6000006 l'habitat n. 6 presenta una maggiore frequenza, aree di un certo rilievo si osservano soprattutto nel settore compreso tra il porto turistico di Riva di Traiano e Capo Linaro e, doppiato Capo Linaro, al largo dell'abitato di S. Marinella. Va tuttavia tenuta in debita considerazione anche la presenza di *Posidonia* (habitat n. 6) in un area poco distante dal porto di Civitavecchia.

6.1.3 Distribuzione e stato di qualità della *P. oceanica*

Nella zona compresa tra Bagni di S. Agostino e Torre Valdaliga, Fusco (1960) segnalava una prateria molto estesa sia verso Nord che verso il largo, situazione che invece non viene confermata dai successivi lavori. Ardizzone e Belluscio (1996) segnalavano, infatti, tra la foce del fiume Mignone e Civitavecchia la presenza di macchie di *Posidonia* più o meno grandi sia in catini di sabbia che su roccia, con un popolamento bentonico di fondi duri ascrivibile talvolta al Precoralligeno. Diviacco et al. (2001) descrivevano una prateria di circa 500 ettari che si

sviluppa prevalentemente su substrato duro dalla costa fino al limite inferiore intorno ai 20 m di profondità, sottolineavano inoltre come la prateria fosse caratterizzata da una bassa densità di fasci fogliari per mq sia sottocosta che più al largo. Gli studi più recenti che hanno riguardato la mappatura degli habitat costieri del Lazio (Università di Roma, La Sapienza e Regione Lazio, 2011) forniscono pressoché le stesse indicazioni: la maggior parte della Posidonia presente si insedia su fondo roccioso per un'estensione complessiva di 446 ha (= 4.46 Km²) (Fig. 22.1).

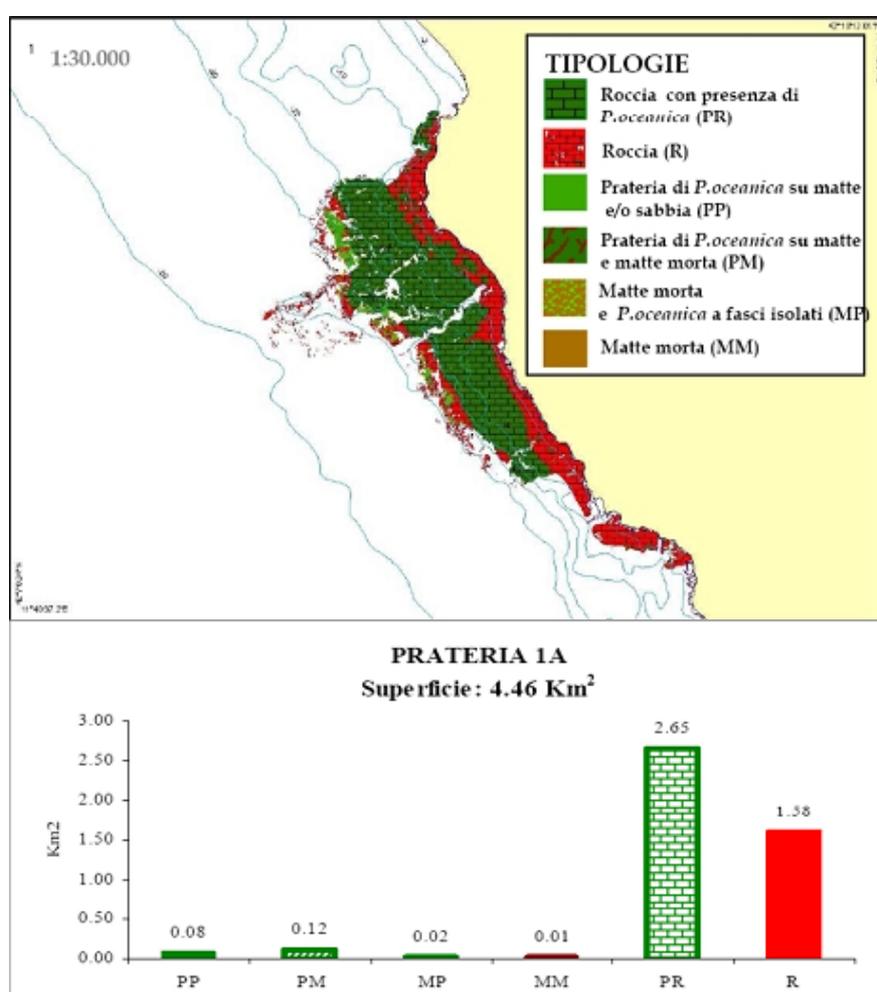


Fig. 22.1 Cartografia ed estensione in Km² delle tipologie presenti per la prateria 1A, corrispondente alla prateria oggetto del presente studio (SIC IT6000005)

Nel tratto di litorale compreso tra Punta Pecoraro (Civitavecchia) e Palo (Ladispoli) sono presenti 4 praterie che si sviluppano principalmente su substrati rocciosi. Fusco (1960) ne rappresenta la distribuzione nella carta di pesca n°1, ed indica una fascia continua di *Posidonia* che da Civitavecchia si estende fino a S. Severa e che si ingrandisce particolarmente verso il largo in corrispondenza di S. Marinella. Ardizzone e Belluscio (1996) hanno effettuato in quest'area ispezioni per transetti tramite telecamere subacquee filoguidate. Da Civitavecchia fino a Capo Linaro i fondali vengono descritti come prevalentemente rocciosi con macchie di *Posidonia* presenti per lo più su roccia fino a 10 m (con copertura inferiore al 10 %) e in catini o buche di sabbia oltre questa profondità, con una copertura che raggiunge il 30-40%. Oltre i 12m di profondità e fino a circa 29 m il fondale viene descritto degradato e ancora con roccia. Diviacco et. al (2001) descrivono una prateria generalmente rada che si estende con uno spessore variabile da 300 a 700 m, lunga circa 10,5 Km che diventa più ampia presso Santa Marinella, dove si osserva un fondo sabbioso. La prateria si insedia per tutta la sua estensione su substrato roccioso, ad eccezione di alcune zone di limitate dimensioni ai confini col fondale sabbioso, in queste aree è presente *P. oceanica* su matte alternata a chiazze di matte morta. In generale viene descritta una presenza di *P. oceanica* su matte morta o a ciuffi sparsi attorno alle formazioni rocciose, soprattutto in corrispondenza del limite inferiore che segue l'andamento delle isobate dei 20 m. Secondo gli studi più recenti (Università di Roma, La Sapienza e Regione Lazio, 2011), nell'area oggetto della nostra indagine relativa al SIC IT6000006, la prateria si estende nel litorale tra Civitavecchia e Santa Marinella dai 2 ai 23 m circa di profondità, su un substrato di natura rocciosa che caratterizza tutti i fondali investigati. *P. oceanica* si estende in parte anche su substrato mobile (e tutte le classi di copertura sono rappresentate), tuttavia questa porzione rappresenta meno del 7% di tutta la superficie. In generale la prateria si presenta come una fascia parallela alla costa a volte interrotta da canali di sabbia e larga dai 300 ai 700 m. Nella parte più a Nord della prateria (in corrispondenza di Riva di Traiano) sono stati rilevati in immersioni puntuali anche porzioni di prateria con copertura pari al 100% e densità dei fasci intorno ai 300 per mq, tuttavia mano a mano che ci si sposta verso sud la porzione di substrato roccioso non colonizzato da *Posidonia* tende ad aumentare, in particolare in corrispondenza di Santa Marinella, dove infine la prateria si interrompe (Fig. 22.2).

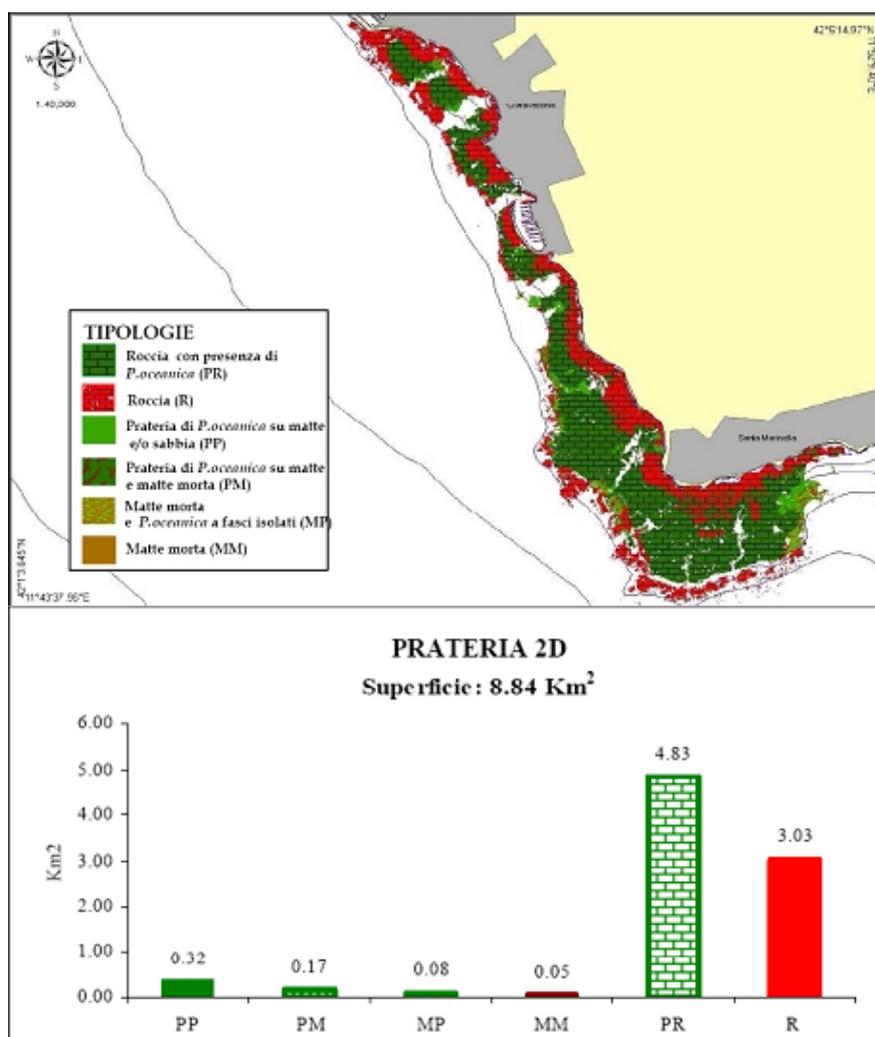


Fig. 22.2 Cartografia ed estensione in Km² delle tipologie presenti per la prateria 2D, corrispondente alla prateria oggetto del presente studio

La valutazione quali-quantitativa della prateria di *P. oceanica* nell'area, che riporta anche l'impronta dei SIC IT6000005 e IT6000006 è stata eseguita mediante:

- studio in situ (macro-ripartizione) dei fascicoli fogliari all'interno della prateria (densità);
- studio biometrico in laboratorio dei fascicoli fogliari (micro-ripartizione).

Nel SIC IT6000005 le immagini ROV e i rilievi eseguiti in immersione dagli Operatori Scientifici Subacquei hanno evidenziato che il substrato è costituito principalmente da una piattaforma rocciosa talvolta interrotta da catini sabbiosi di modeste dimensioni. La pianta è distribuita a macchie colonizzando in modo discontinuo sia direttamente la roccia che la sabbia nelle buche e nei catini che eventualmente si aprono sulla superficie rocciosa. I valori di copertura sono

risultati estremamente variabili ed oscillano tra circa il 23% ed il 66% nelle stazioni più superficiali e tra circa il 10% ed il 39% nelle stazioni posizionate a più di 10 metri di profondità.

Considerando la profondità di campionamento tra -5 e -11 m la prateria deve essere classificata come “molto disturbata”. Infatti, presso le stazioni indagate tutti i valori di densità media per stazione sono sempre risultati più bassi rispetto al valore di riferimento minimo relativo a praterie “disturbate”. Solo nelle stazioni più profonde i valori misurati si avvicinano molto a quelli di riferimento, cosa che potrebbe suggerire un maggior disturbo, plausibilmente dovuto all'idrodinamismo, subito dalle stazioni più superficiali rispetto a quelle profonde.

Tale risultato si discosta da quanto rilevato negli studi precedenti eseguiti dal Dip. Di Scienze Ecologiche e Biologiche dell'Università della Tuscia, per i quali le due stazioni posizionate all'interno del SIC IT6000005 riferiva in un caso di una prateria “disturbata” e nell'altro di una prateria “in equilibrio”.

Nel SIC IT6000006 le immagini ROV e i rilievi eseguiti in immersione dagli Operatori Scientifici Subacquei ha evidenziato che il substrato è costituito principalmente da una piattaforma rocciosa talvolta interrotta da catini sabbiosi di modeste dimensioni. La pianta è distribuita a macchie colonizzando in modo discontinuo sia direttamente la roccia che la sabbia nelle buche e nei catini che eventualmente si aprono sulla superficie rocciosa. I valori di copertura sono risultati estremamente variabili ed oscillano tra circa il 1% ed il 51% nelle stazioni più superficiali (posizionate tra 4 e 6 metri di profondità) l'unica stazione posizionate a circa - 10 metri mostra comunque una copertura comparabile a tutte le altre. Solo la stazione più vicina all'area portuale, si discosta da tutte le altre in quanto *Posidonia oceanica* appare praticamente assente. Considerando la profondità di campionamento tra -5 e -9 m, secondo i dati rilevati presso tutte le stazioni la prateria deve essere classificata come “molto disturbata”. Infatti, presso le stazioni indagate tutti i valori di densità media per stazione sono sempre risultati più bassi rispetto al valore di riferimento minimo relativo a praterie “disturbate”. Solo in un caso, presso la stazione POS4 SUD, il valore misurato si avvicina molto a quello di riferimento. La stazione in questione è anche la più profonda, così come rilevato precedentemente presso il SIC IT6000005. Tale osservazione potrebbe suggerire un maggior disturbo, forse dovuto all'idrodinamismo, subito dalle stazioni più superficiali rispetto a quelle profonde.

Per un maggior dettaglio delle caratteristiche delle praterie di *Posidonia oceanica* presenti nei due SIC viene riportata anche la campagna effettuata tra Maggio e Giugno del 2013 dagli operatori subacquei del Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia marina, Dip. di Scienze Ecologiche e Biologiche dell'Università della Tuscia. In tale ambito sono state eseguite misure

in situ ed effettuati campionamenti di tipo distruttivo in 18 punti compresi tra Marina di Tarquinia e Santa Severa, che hanno permesso di valutare lo stato di salute delle praterie di *Posidonia oceanica* presenti in questo tratto di costa.

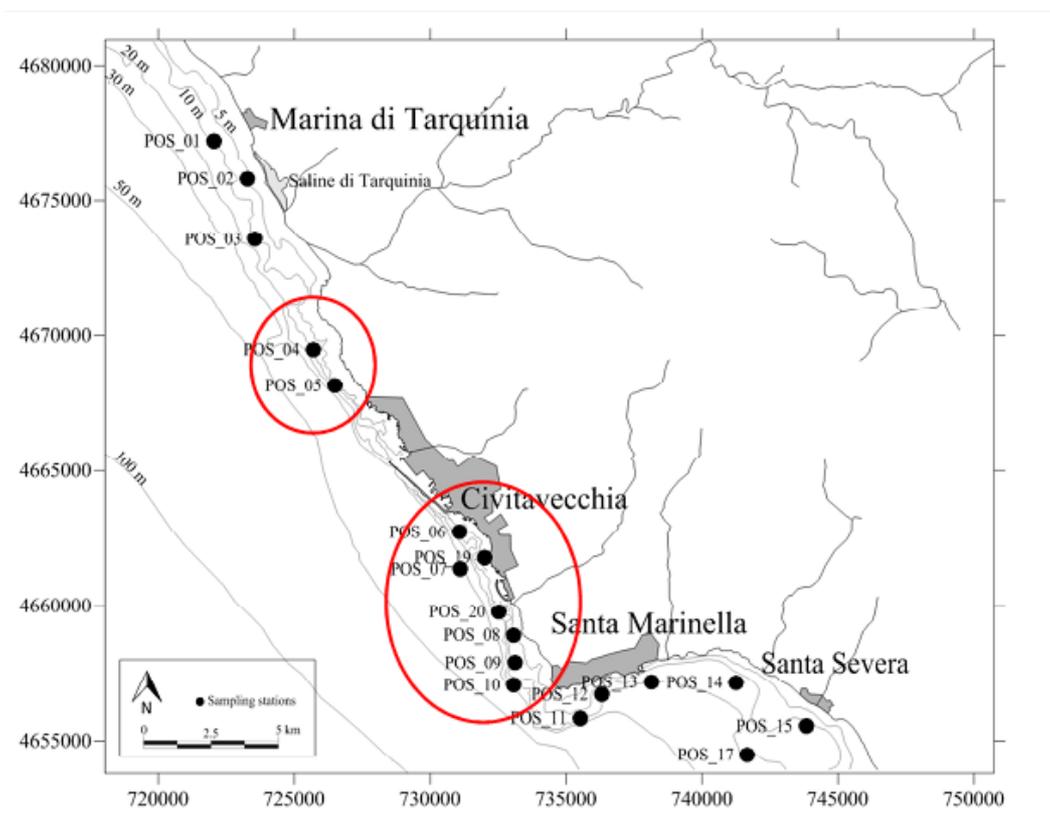


Fig. 23 Localizzazione delle stazioni di campionamento e dettaglio delle aree considerate

I risultati di seguito riportati supportano le osservazioni precedentemente riferite circa la complessità geomorfologica dell'area di studio che porta ad una elevata eterogeneità strutturale delle praterie di *Posidonia oceanica* presenti; la maggior parte di queste infatti si sviluppa su substrato roccioso interrotto da numerosi catini sabbiosi, con evidenti ripercussioni sulla copertura e sulla densità assoluta dei fasci al m².

Come si osserva dall'immagine (Fig. 24), la maggior parte delle operazioni di campionamento sono state eseguite su substrato roccioso a profondità comprese tra i 7 m ed i 16 m di profondità.

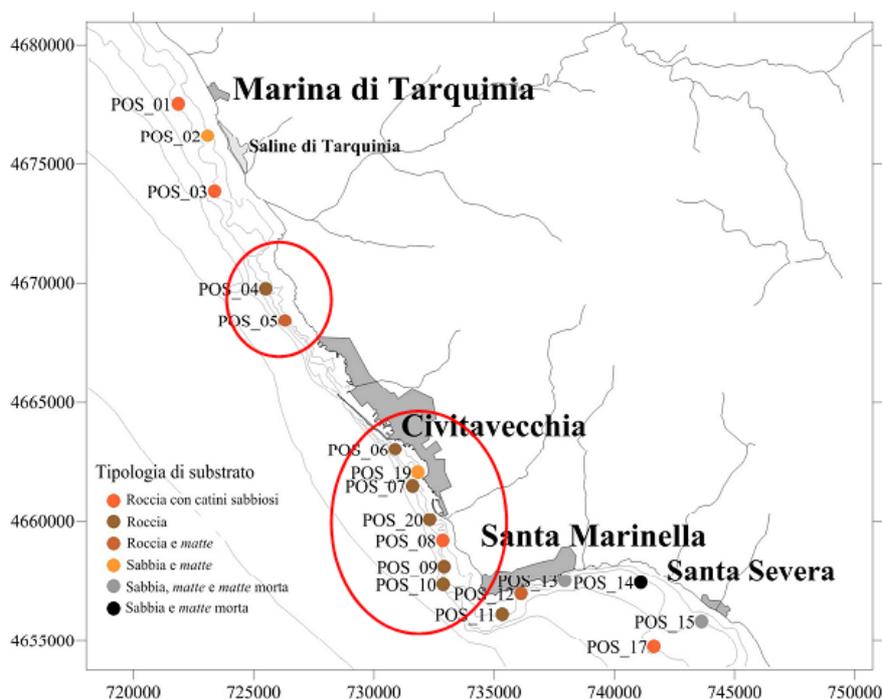


Fig. 24 Tipologie di substrato delle praterie di *Posidonia oceanica* campionate

Osservando i valori di copertura del substrato da parte della pianta (Fig. 25), è possibile notare che non sono presenti praterie continue nell'area di studio, ma che la pianta colonizza il substrato in modo discontinuo, distribuendosi talvolta a patches con pochi ciuffi sparsi, talvolta dando luogo a macchie di estese dimensioni che coprono totalmente il substrato.

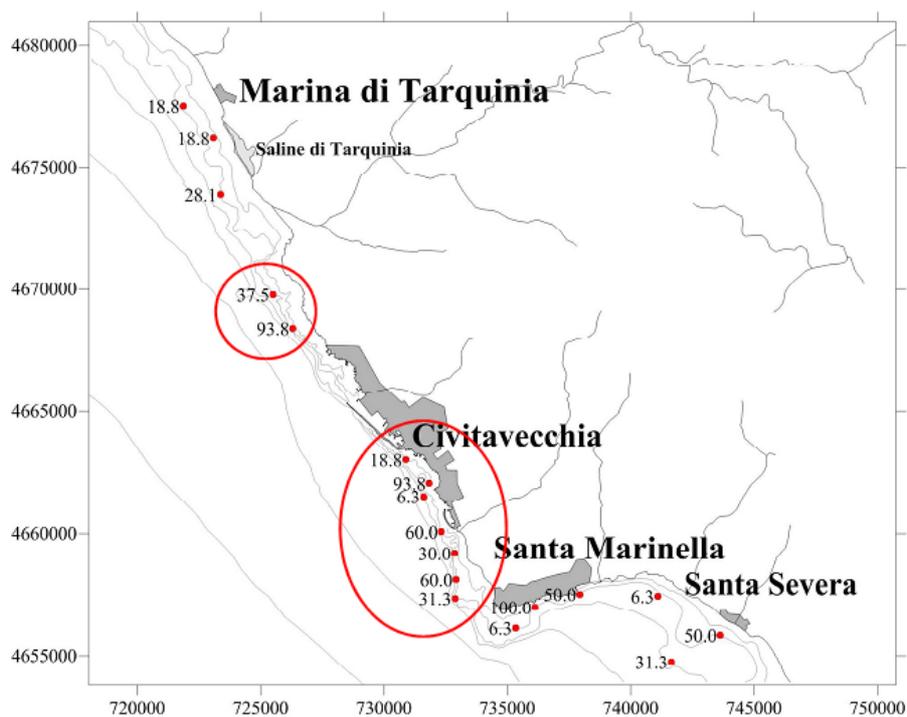


Fig. 25 Valori mediani di copertura del substrato da parte di *Posidonia oceanica* rilevati nelle stazioni di campionamento

Tutta l'area di studio è caratterizzata da una elevatissima eterogeneità strutturale, senza una vera e propria prateria, estesa ed uniforme, ma con la presenza di realtà estremamente frammentate e più o meno isolate tra loro, con diversi gradi di copertura. Come si osserva dalla figura 26, in 5 stazioni (su 18) le praterie sono “molto disturbate”, 10 praterie sono “disturbate” e 3 praterie risultano essere “in equilibrio”. Considerando la stazione POS.04 si configura una prateria “disturbata” mentre presso la stazione POS.05 la prateria è “in equilibrio”. A sud rileviamo 5 stazioni nelle quali si configura una prateria “disturbata” e 2, di cui una prossima alle dighe a Sud del Porto, dove si configura una prateria “molto disturbata”.

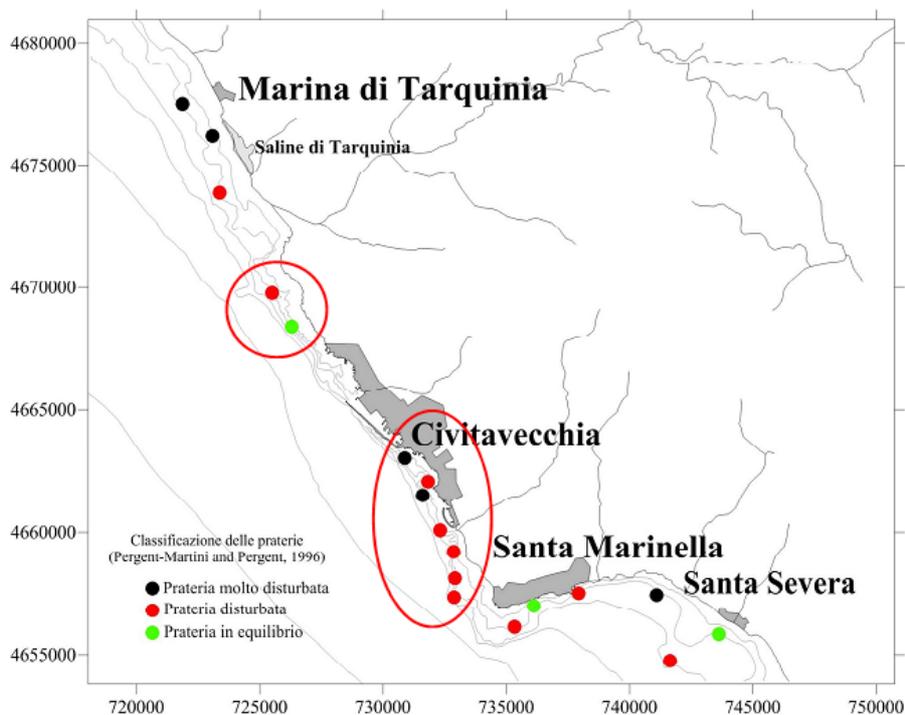


Fig. 26 Classificazione delle praterie sulla base della scala proposta da Pergent et al. (1995)

Nella Figura 27 sono riportati i valori di densità assoluta (mediane) rilevati in ogni stazione di campionamento. Il valore mediano di densità assoluta per stazione varia da un minimo di 150 fasci fogliari/m², misurati nella stazione POS_07, posta a sud del Porto di Civitavecchia, in corrispondenza di Punta del Pecoraro, ad un massimo di 637.5 fasci fogliari/m² nella stazione POS_05, situata subito a nord del porto.

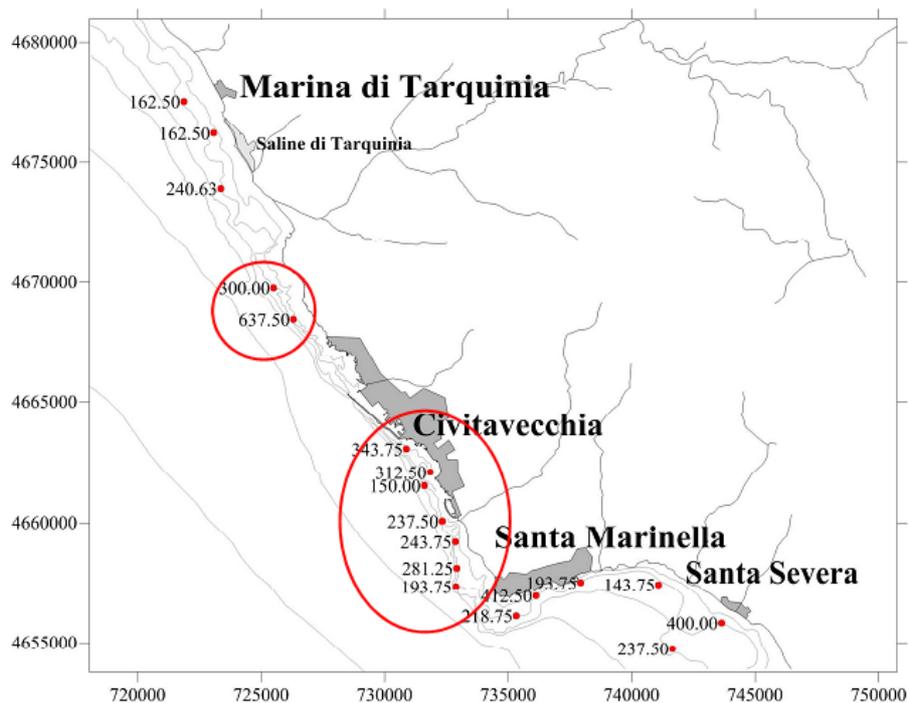


Fig. 27 Valori mediani di densità assoluta dei fasci fogliari rilevati nelle 18 stazioni di campionamento.

La struttura fenologica della pianta ha mostrato un numero di foglie adulte, intermedie e giovanili abbastanza congruo con il periodo invernale in cui sono stati fatti i campionamenti in mare. Tuttavia, i valori di lunghezza e larghezza media delle foglie sembrano risentire oltre che della normale stagionalità della pianta anche del substrato di insediamento, quasi sempre roccia, e della profondità media generalmente entro i -7 m. Per tali ragioni le foglie sono piuttosto corte e leggermente più strette rispetto alle condizioni ottimali ed inoltre presentano un coefficiente A, che indica la percentuale degli apici fogliari rotti rispetto al numero di foglie totali, quasi sempre piuttosto elevato. Le variabili derivate, superficie fogliare e Leaf Area Index, bene riassumono quanto precedentemente detto mostrando valori piuttosto lontani da una condizione ottimale (Fig. 28 e 29).

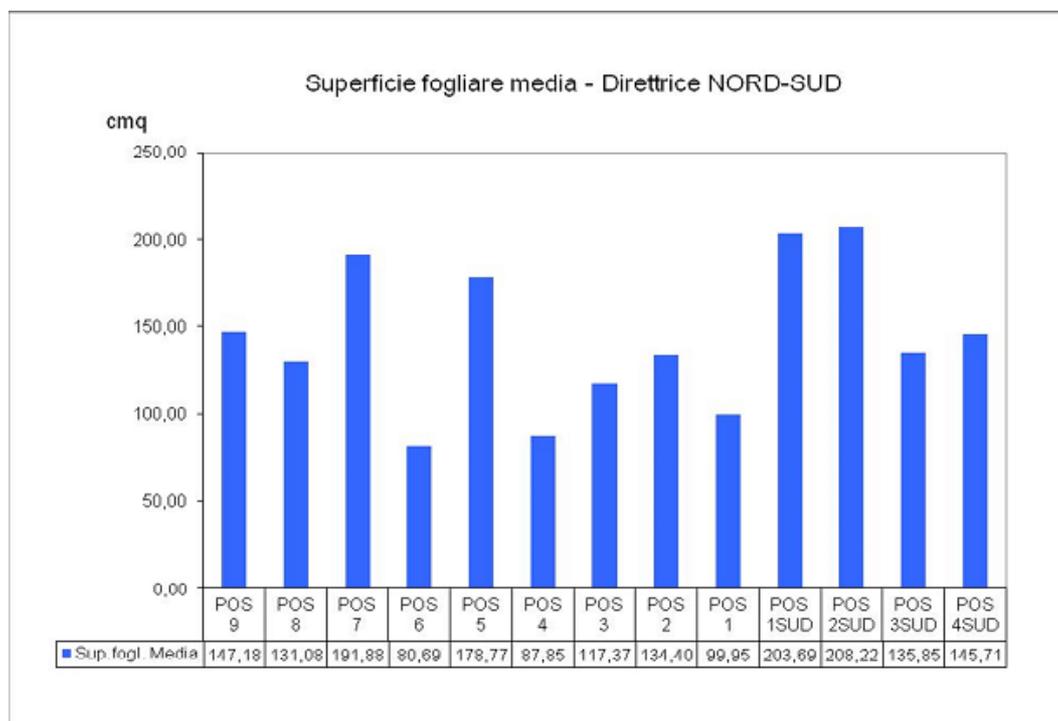


Fig. 28 Andamento dei valori di superficie fogliare di *Posidonia oceanica* nelle diverse stazioni di campionamento

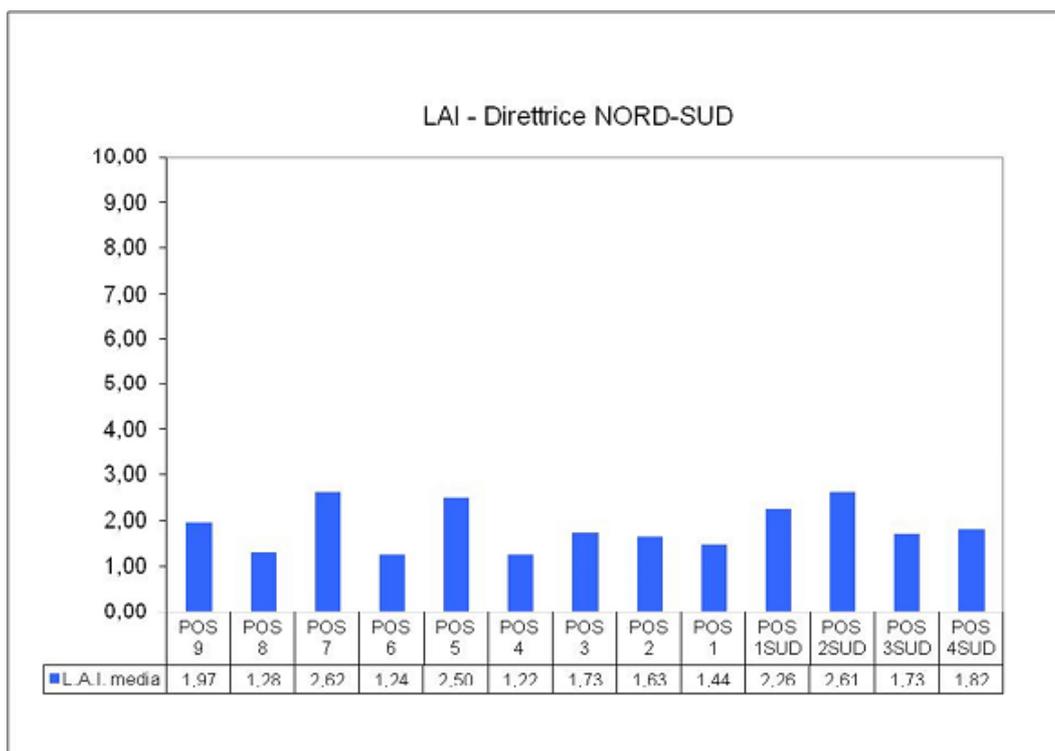


Fig. 29 Andamento dei valori di L.A.I. di Posidonia oceanica nelle diverse stazioni di campionamento.

Dalle osservazioni di laboratorio risulta che gli apici rotti sono stati generati nella quasi totalità dei casi dall'azione dirompente delle onde che si fanno particolarmente sentire alle minori profondità di campionamento. Le stazioni posizionate più in profondità (POS 5, POS 8 e POS 4 Sud), in effetti, sono quelle che mostrano i valori più bassi di coefficiente A. Le differenze nei valori di lunghezza e larghezza delle foglie possono dipendere, oltre che dalla profondità, anche dal substrato di impianto. Come già osservato in altre località, a parità di profondità, le piante insediate su roccia mostrano una naturale tendenza ad avere foglie più corte e strette rispetto a quelle insediate su sabbia o matte. Questa tendenza è ben rappresentata e trova conferma nell'andamento della superficie fogliare messa in relazione con il substrato di insediamento preso le stazioni campionate. Al fine di ottenere una ulteriore valutazione dello stato di qualità di Posidonia oceanica è stato calcolato l'indice PREI, elaborando i campioni prelevati nell'area portuale presso la stazione D1 nell'area di P.ta Mattonara ed in altre 6 stazioni posizionate a distanza crescente dal Porto di Civitavecchia, 3 stazioni in direzione Nord all'interno del SIC IT6000005 e 3 stazioni in direzione SUD all'interno del SIC IT6000006. Il risultato dell'indagine mostra valori dell'indice che configurano uno stato di qualità MODERATO per quasi tutte le stazioni ad eccezione proprio della stazione più vicina al Porto di Civitavecchia dove lo stato di

qualità è risultato BUONO anche se molto vicino al limite di classe inferiore. Tale risultato è legato alla maggior densità della pianta misurata presso le stazioni molto vicine al porto, probabilmente beneficiando di un ridotto stress idrodinamico dovuto al ridosso che offrono le strutture portuali dalle mareggiate provenienti dal secondo e terzo quadrante.

6.1.4 Distribuzione e stato di qualità del coralligeno

I popolamenti coralligeni studiati sono risultati caratterizzati principalmente da taxa algali mentre gli animali hanno mostrato coperture mediamente inferiori al 20%. I taxa/gruppi dominanti sono risultati le corallinacee incrostanti, la *Peyssonnelia spp* e il feltro algale. Le alghe erette sono mediamente poco abbondanti, mentre l'alga bruna incrostante *Zanardinia typus* è risultata ben rappresentata nella stazione 2 sud. Tra gli animali risultano maggiormente importanti le spugne, mentre risultano mediamente meno abbondanti i briozoi e gli idrozoi. Localmente sono abbondanti la madrepora *Leptosammia pruvotii* (stazione COR 7) e l'antozoo *Parazoanthus axinellae* (stazioni COR 5sud e COR 6sud). Tra i gorgoniacei sono risultati presenti e localmente abbondanti *Eunicella cavolini*, *Eunicella singularis*, *Letogorgia sarmentosa* e *Paramuricea clavata*, quest'ultima rilevata in COR 7 e COR 6 sud. Anche se è nota la presenza di densi popolamenti a *Paramuricea clavata* presso la Murata di S. Agostino, nella stazione COR l'abbondanza delle gorgonie è rimasta piuttosto bassa, solo la *Eunicella cavolini* raggiunge coperture superiori a 2 nelle stazioni più lontane dal porto. L'analisi multivariata ha mostrato che la struttura dei popolamenti è piuttosto simile tra le differenti stazioni, ad eccezione della stazione 7 (= COR 7). Questo risultato deriva da una significativa minor abbondanza di *Peyssonneliae* ed altre alghe erette unita ad una significativa maggior abbondanza di Spugne e Madrepora in questa stazione rispetto a tutte le altre. L'analisi ha messo anche in evidenza una certa segregazione tra le stazioni settentrionali rispetto a quelle meridionali, mentre non sembra evidente un gradiente relativo alla distanza dal porto nella struttura dei popolamenti.

Nei grafici che seguono vengono riportati i dati delle abbondanze, espresse in ricoprimento percentuale dei principali taxa/gruppi algali e animali (da Fig. 30 a Fig. 33).

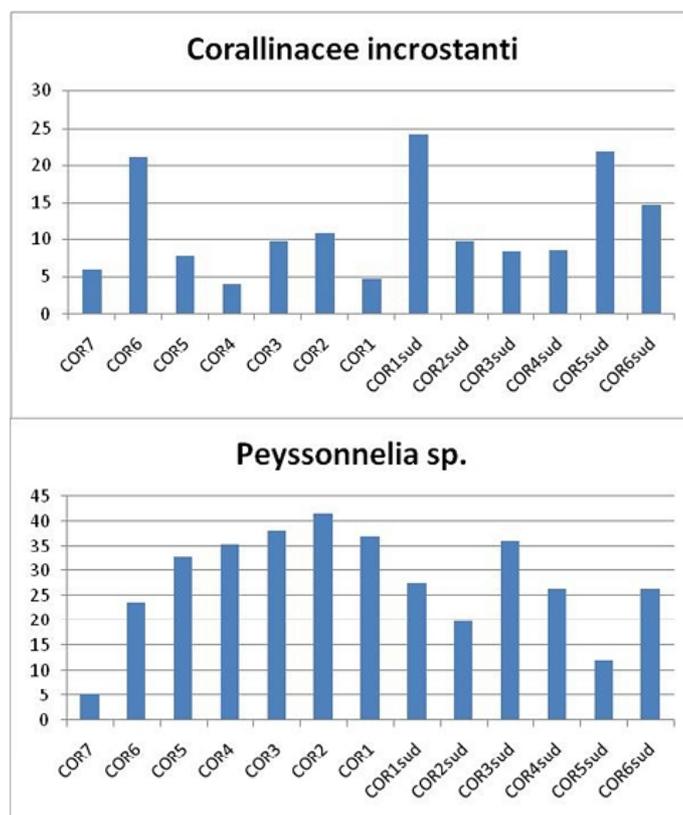


Fig. 30 Ricoprimento percentuale di Corallinacee incrostanti e Peyssonnelia sp.

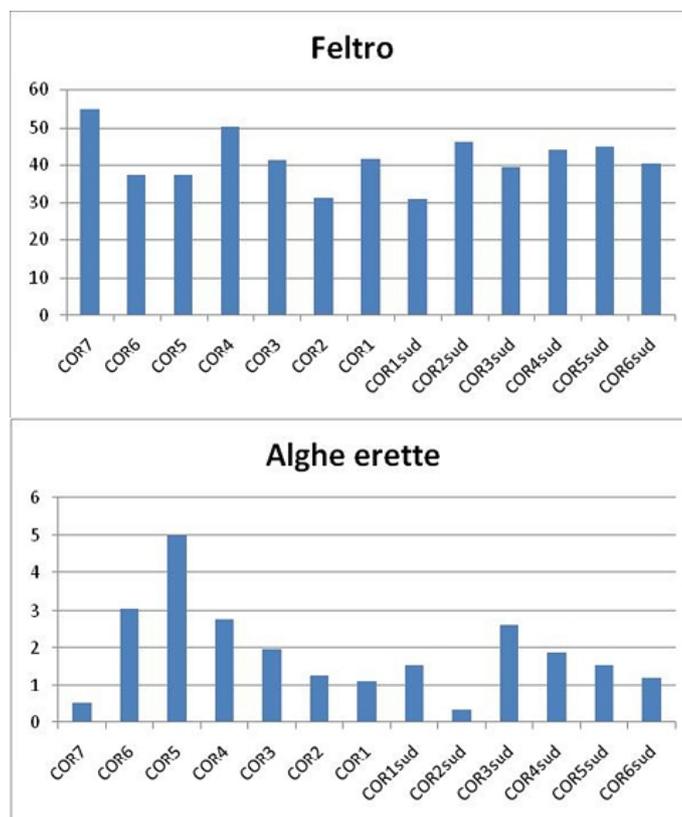


Fig. 31 Ricoprimento percentuale di Feltro e Alghe erette.

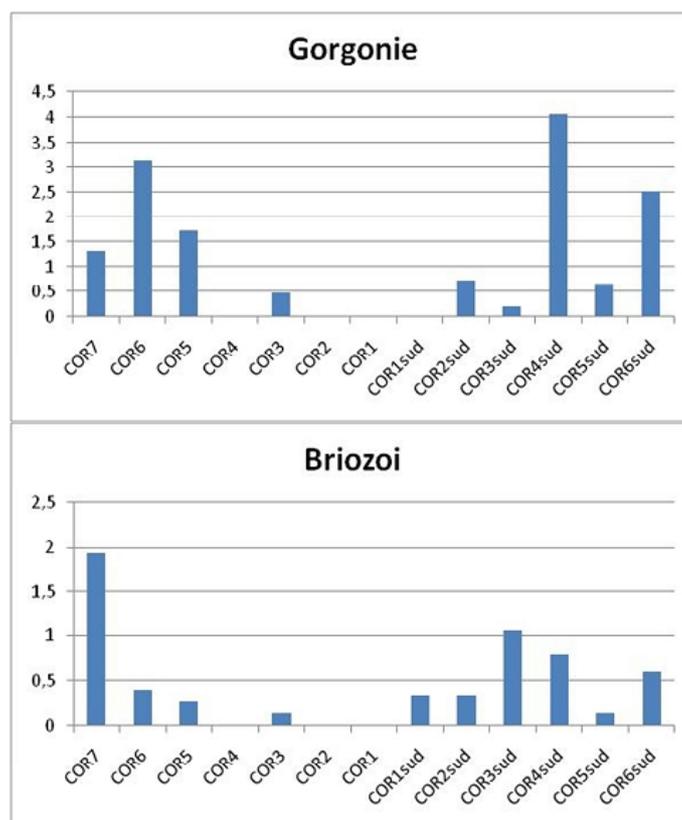


Fig. 32 Ricoprimento percentuale di Gorgonie e Briozoi.

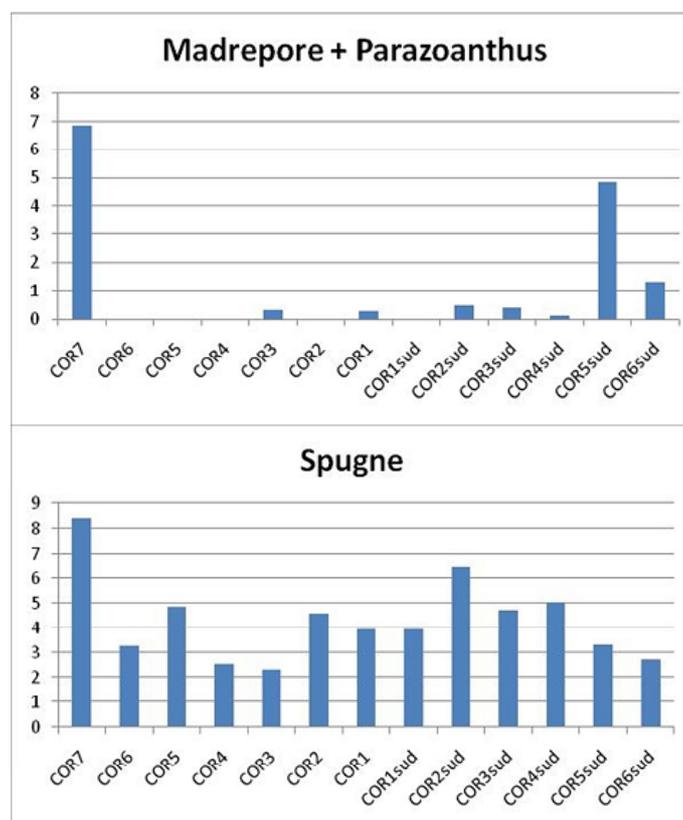
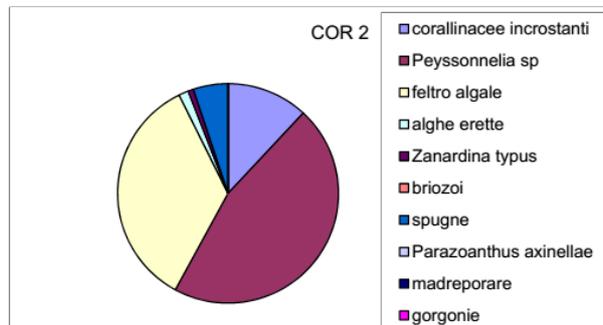
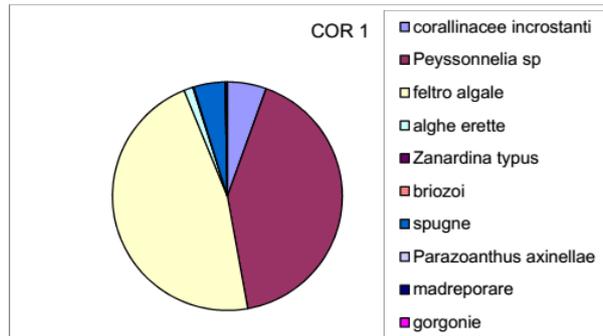
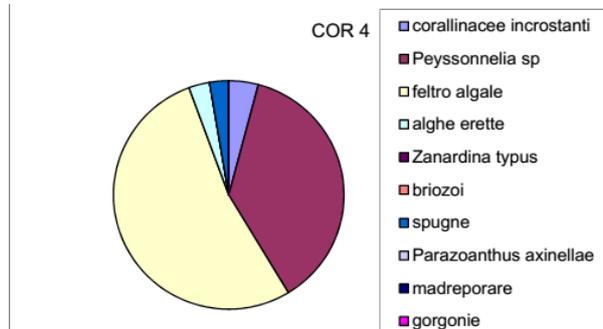
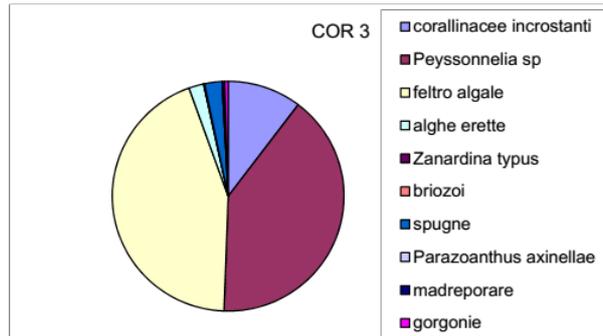
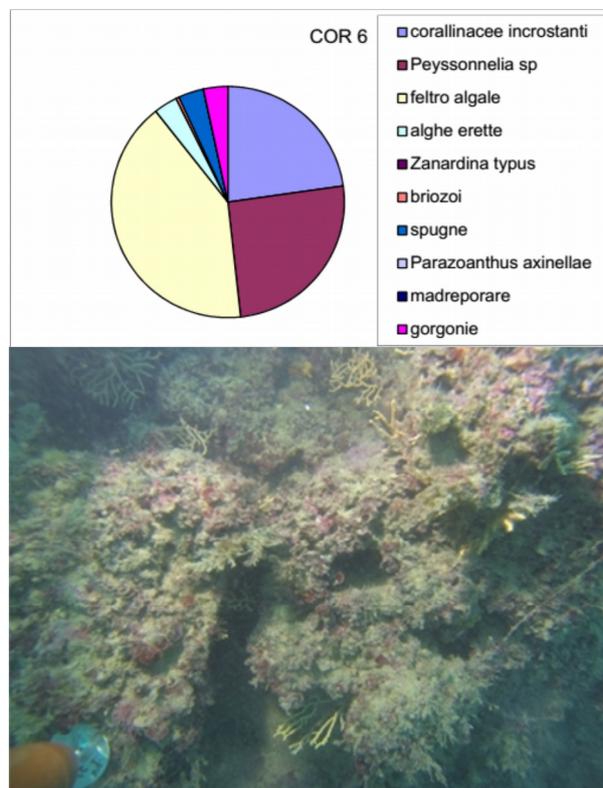
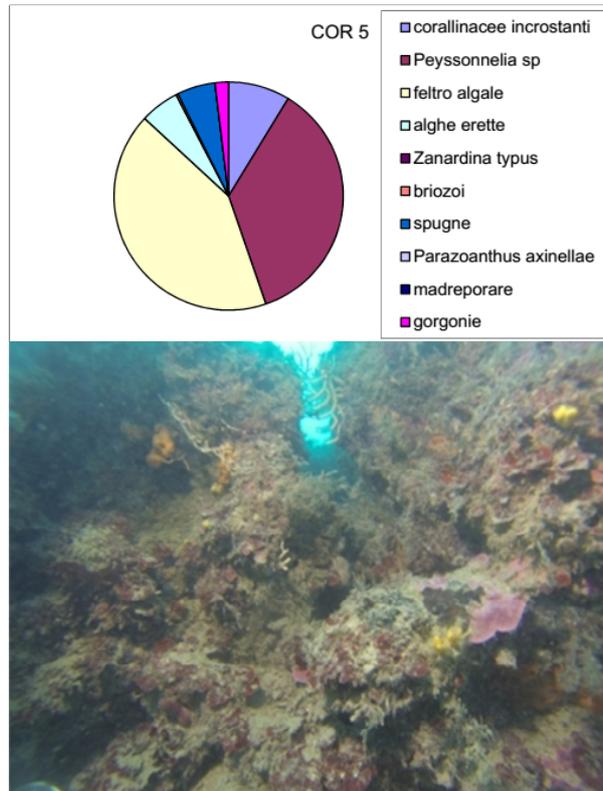


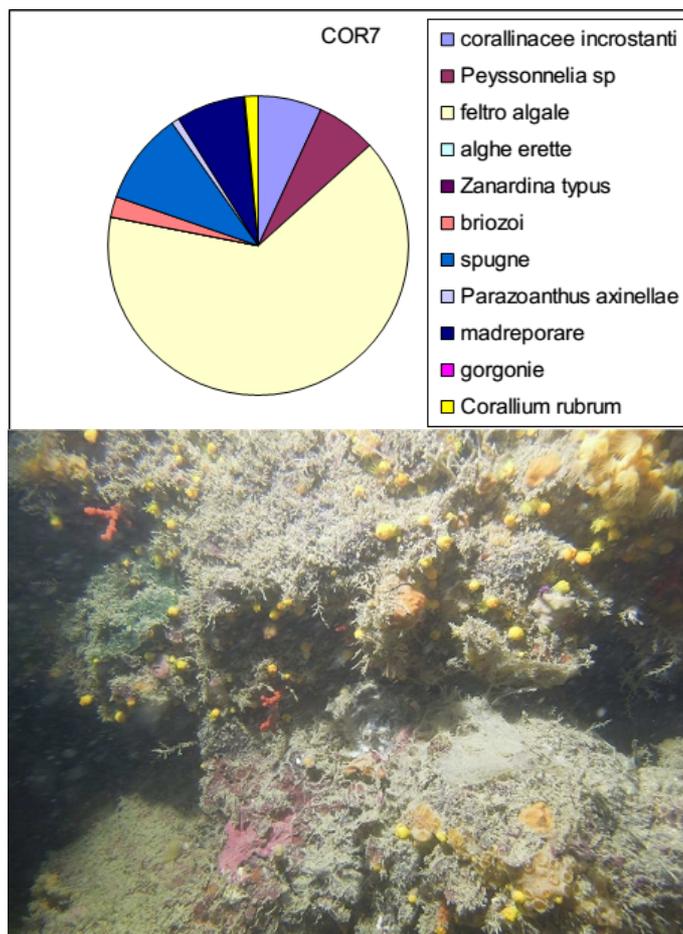
Fig. 33 Ricoprimento percentuale di Madrepore+Parazoanthus e Spugne.

Di seguito vengono fornite le schede relative ad alcuni punti di campionamento recanti un grafico a torta, che rappresenta il contributo di ciascuno dei Taxa individuati alla copertura totale del substrato ed un fotogramma, selezionato tra le diverse repliche di campionamento effettuate, rappresentativo della stazione.

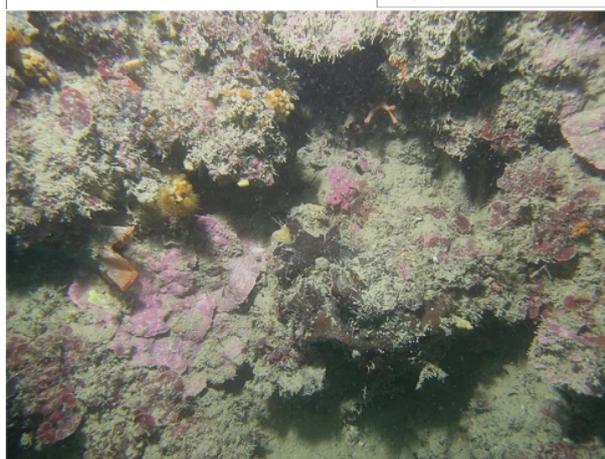
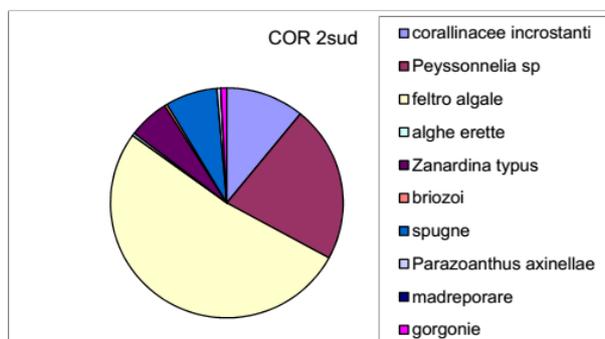
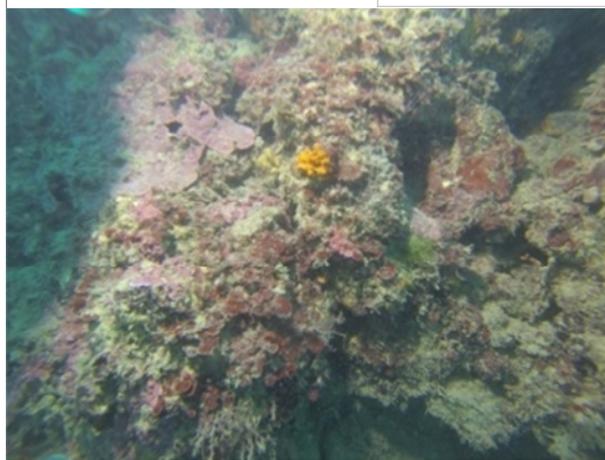
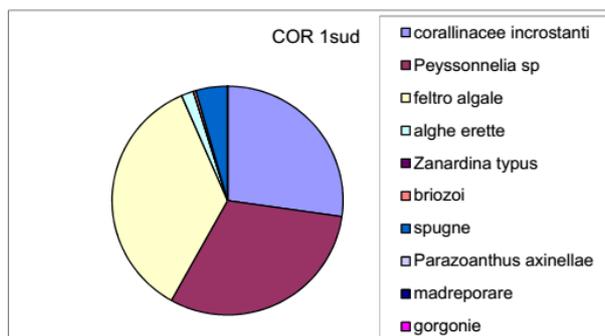


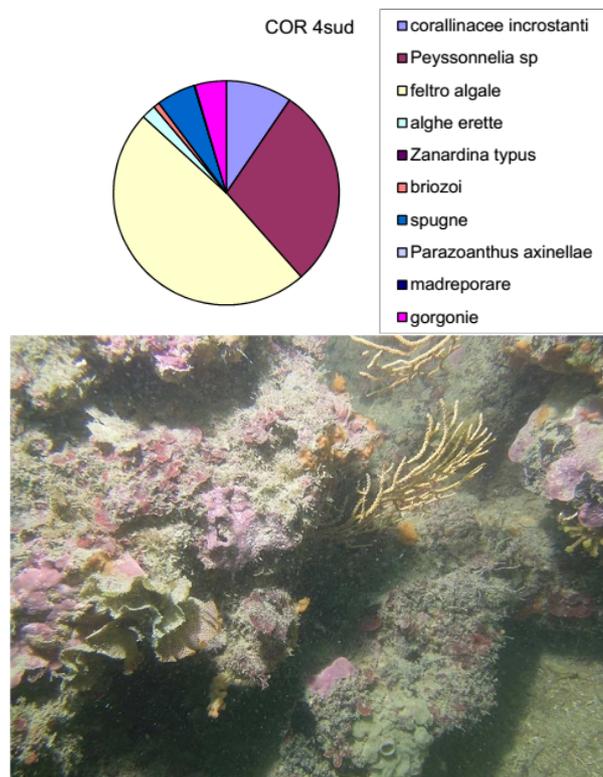
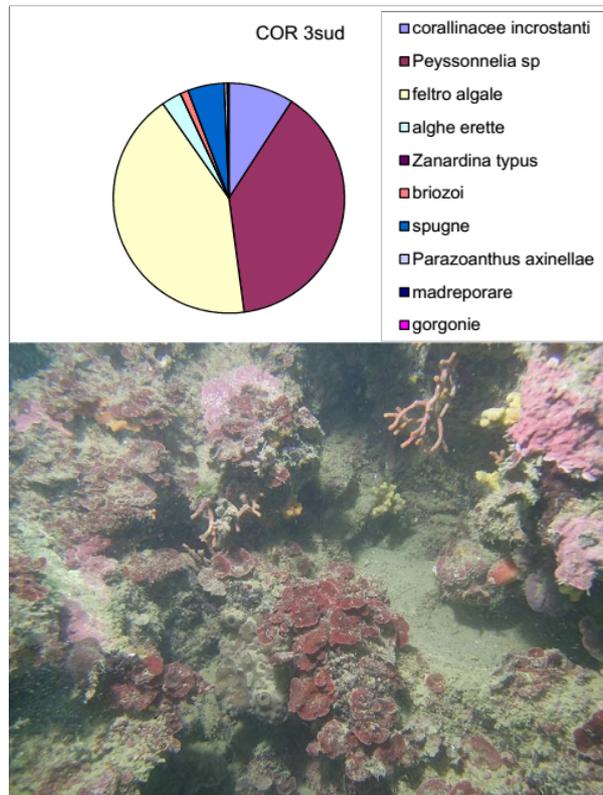


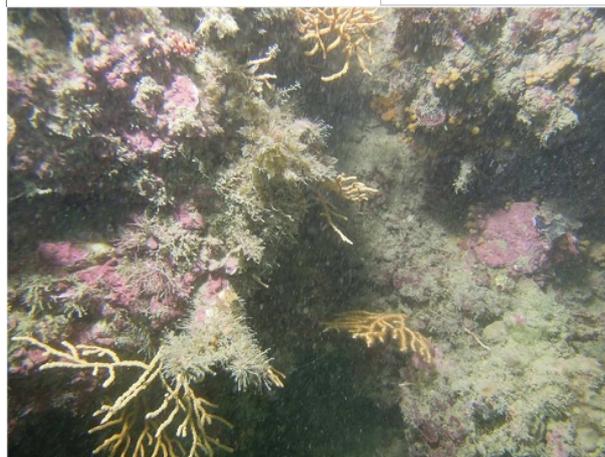
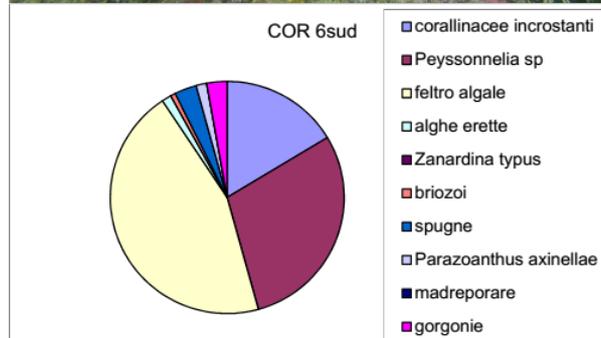
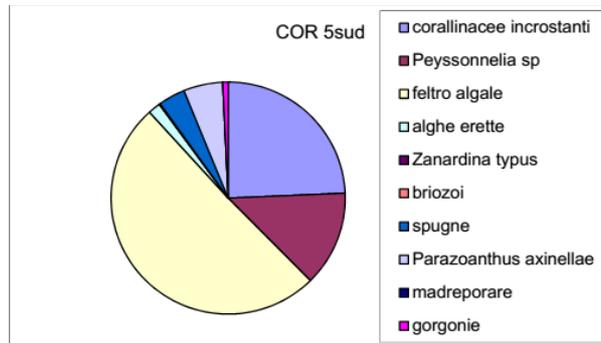




Murata di S. Agostino







I valori dell'indice di qualità ecologica variano da 0.33 a 0.48. Le stazioni più vicine al porto, specialmente in direzione Nord, sono risultate in una qualità ecologica povera, mentre le altre ricadono nella categoria sufficiente (Fig. 34).

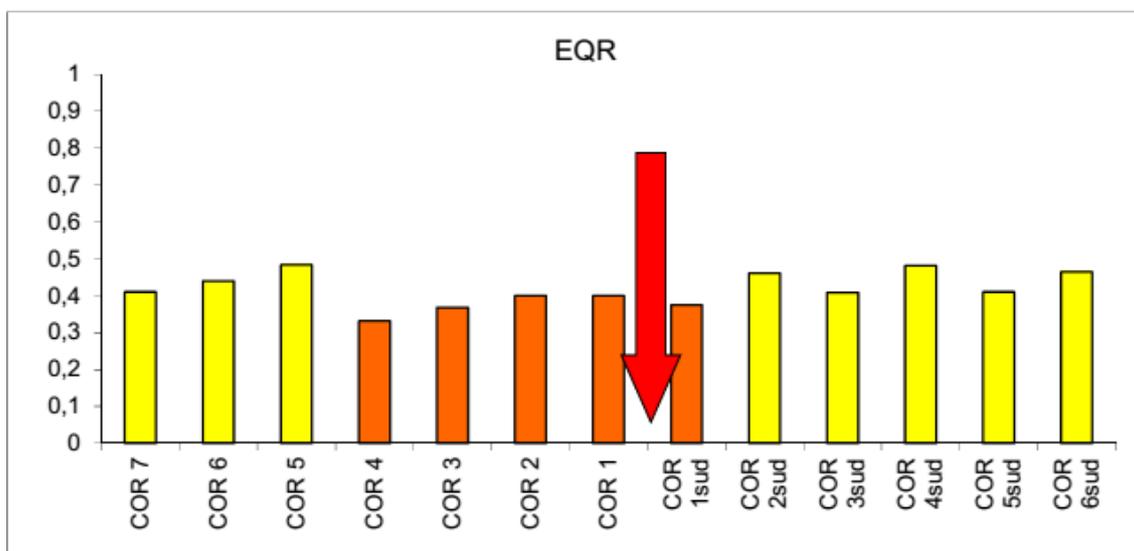


Fig. 34 Rappresentazione dei valori dell'indice ESCA presso le stazioni di campionamento in relazione alla potenziale fonte di disturbo. La freccia rossa indica la posizione del Porto di Civitavecchia

In totale sono state identificate 70 taxa algali, di cui 5 Chlorophyta, 6 Heterokontophyta e 49 Rhodophyta. Il numero medio delle specie algali che si accrescono sulle Corallinales calcolato come media per campione è $25,5 \pm 2,0$ (media \pm ES, $n=15$). I valori massimi si riscontrano in prossimità del porto. Il ricoprimento medio per campione, compreso le Corallinales che hanno sempre un valore di 100, è $158,3 \pm 5,8$. I valori massimi si riscontrano in prossimità del porto. L'indice di diversità di Shannon-Weaver mostra valori minimi in prossimità del porto per aumentare proporzionalmente alla distanza dal porto in direzione sud, mentre a nord non è evidente un gradiente di distanza.

Dai campioni fotografici realizzati nelle stazioni sono risultate presenti le due alghe alloctone *Caulerpa cylindraceae* e *Asparagopsis taxiformis*. La prima è stata individuata in prossimità del porto (stazione COR 1), mentre la seconda presso la stazione COR 4 nell'area centrale del SIC IT6000005 (Foto 1.4.3.9). Entrambe le specie hanno mostrato valori di copertura piuttosto bassi, 2.8 e 1.3 rispettivamente. Dall'analisi dei grattaggi sono state trovate oltre alle sopracitate *Caulerpa cylindracea* e *Asparagopsis taxiformis* (come stadio sporofitico *Falkenbergia*) altre 3 specie appartenenti alle Rhodophyta: *Acrothamnion preissii*, *Apoglossum gregarium* e

Laurencia chondrioides. Il numero maggiore di specie aliene è stato riscontrato in prossimità del porto (Mattonara e COR1). Le abbondanze di tutte le specie aliene sono risultate piuttosto basse, non evidenziando invasioni in atto dell'habitat coralligeno nei siti studiati.

I popolamenti coralligeni nell'area di studio sono risultati piuttosto impoveriti come si evince dalla bassa copertura di organismi strutturanti quali alghe erette, briozoi eretti e gorgoniacei. Al contrario, organismi tolleranti come le alghe costituenti il feltro e le spugne incrostanti raggiungono coperture importanti in tutte le stazioni. Questo risultato è da ritenere collegato alle pressioni che agiscono sull'area, principalmente di natura fisica (Piazzi et al. 2011, 2012). In particolare, l'alta sedimentazione sembra influenzare negativamente i popolamenti. La mancanza di organismi strutturanti e l'abbondanza del feltro sembrano indicare uno stress legato agli effetti coprente e abrasivo del sedimento (Balata et al. 2005, 2007a, 2007b); Negli ultimi anni inoltre l'incremento del traffico navale da diporto e la piccola pesca con reti da posta hanno recato evidenti danni ai fondali rocciosi costieri e alle praterie di *Posidonia oceanica*; le rocce meso e infralitorali e le biocostruzioni coralligene e precoralligene presentano infatti evidenti danni legati ad ormeggi e ancoraggi e sono state ossestate decine di reti "fantasma" abbandonate sui fondali costieri (10 – 50 m). Nonostante queste considerazioni generali, un gradiente di qualità è stato evidenziato in relazione alla distanza dal porto. Infatti la maggior parte delle stazioni vicine al porto, specialmente nell'area settentrionale che interessa il SIC IT6000005, sono risultate povere, mentre le altre sono risultate di qualità sufficiente. Anche l'indice di diversità di Shannon-Weaver risulta piuttosto basso in prossimità del porto e nell'area settentrionale. Tuttavia, la presenza, anche se con basse coperture, di organismi buoni indicatori, quali alghe rosse fogliacee (principalmente *Sebdenia monardiana*), briozoi eretti (*Reteporella spp.*), corallo (*Corallium rubrum*) e gorgonie (*Eunicella spp.* e *Paramuricea clavata*), concorre a determinare un valore ecologico dell'habitat coralligeno principalmente nelle aree più distanti dal porto, ma anche nelle sue vicinanze come nel caso specifico dello Scoglio del corallo (COR 2Sud) presso il SIC 5000006.

Stato di conservazione di alcuni 'hot spot'

CAPO LINARO

In questa area si osserva un fondale roccioso a partire dal primo metro di profondità che degrada dolcemente fino a circa un miglio dalla costa dove, alla profondità di circa 12 metri, è presente una cigliata che si estende per circa 1,5 km in direzione sud-ovest.

La cigliata presenta un dislivello di circa 24 (12 -36m) ed è caratterizzata da strapiombi e cigliate di roccia alternate a catini sabbiosi.

La parete della cigliata è colonizzata da gorgonie gialle (*Eunicella cavolini*) a partire dai 15 m e a circa 20m in aree sciafile e all'interno degli anfratti si possono osservare popolazioni di *Corallium rubrum* in buono stato di conservazione ed ampie colonie di antozoi (*Asteroides calycularis*, *Balanophylla europea*, *Parazoanthus axinellae*)

Alla profondità di circa 26 metri una lingua di sabbia si estende fino a circa 32m dove è presente una seconda formazione rocciosa colonizzata da *Paramuricea clavata* e *Corallium rubrum*.

Le formazioni coralligene e precoralligene di questa area oltre a presentare una grande abbondanza di gorgoniacei ospitano grandi colonie di *Cladocora caespitosa* e bellissimi esemplari di *Halocynthia papillosa* ed inoltre trovano qui rifugio grandi gronchi e murene, la cernia bruna (*Epinephelus marginatus*) e numerosi esemplari di *Palinurus elephas*.

Il Settore di Capo linaro è sicuramente una delle aree di ancoraggio più sfruttate dai diportisti; dalla profondità di 5 metri fino a circa 30 m sono evidenti i danni sul fondale provocati dall'azione di centinaia di ancore. Alcuni substrati coralligeni e precoralligeni sono stati danneggiati direttamente dagli ancoraggi, che hanno strappato via intere popolazioni di gorgoniacei ed intaccato profondamente la biocostruzione sottostante.

Inoltre questi fondali sono molto sfruttati dalla piccola pesca artigianale mediante il posizionamento di reti da posta; a causa della perdita di molte reti sul fondo si possono osservare diverse aree “soffocate” dai tramagli, che hanno provocato ingenti danni ai substrati e agli organismi bentonici e demersali presenti.

TORRE MARANGONE

Questo settore di costa è caratterizzato dalla presenza della foce del fiume Marangone, che si apre su piccole spiagge composte da ciottoli e ghiaie grossolane, intervallate da strutture rocciose affioranti. Il fiume Marangone, anche se presenta un'estensione limitata ed un regime regolato esclusivamente dalle piogge, scorre attraverso estese aree agricole e ne raccoglie le acque di dilavamento.

Il fondale, già da pochi metri dalla riva si presenta prevalentemente roccioso ed intervallato da piccoli catini sabbiosi e patch di *Posidonia oceanica*; a partire dai 5 m di profondità si può osservare l'affioramento di un'estesa struttura rocciosa che si estende verso il largo perpendicolarmente alla costa. Questa struttura presenta due cigli e due pareti, esposte, che si affacciano rispettivamente verso Nord (Civitavecchia) e verso Sud (Capo Linaro), mentre l'estremità situata più a largo del costone presenta una parete che degrada da una profondità di 15 m su un fondale misto (sabbia-fango) a circa 28 m.

La morfologia della struttura rocciosa presenta profonde fissurazioni e ampie cavità a partire dai 7 m; il precoralligeno ed il coralligeno si sviluppano prevalentemente sul ciglio estero e su ampi scogli che lo circondano a partire dai 22 metri.

La roccia su cui si sviluppa la biocostruzione coralligena si presenta profondamente fissurata e forma in diversi punti ampie caverne e profondi tagli trasversali che ospitano alcune colonie di *Corallium rubrum* e bellissimi esemplari di *Alcyonium palmatum*.

Sul substrato roccioso è abbondante la gorgonia gialla (*Eunicella cavolini*) e nelle pareti più profonde si possono osservare estese colonie di gorgonia bianca (*Eunicella singularis*) che spesso ospitano grandi esemplari di *Astrospartus mediterraneus*.

Le pareti e le numerose fessure presenti sulla roccia ospitano spugne incrostanti (*Haliclona mediterranea*, *Prtrrosia ficiformis*, *Ircina sp.*, *Dysidea avara*, *Spirastrella sp.*) e numerose colonie di briozoi (*Myriapora truncata*, *Pentapora fascialis*) che si alternano a ascidiacei (*Halocynthia papillosa*, *Microcosmus sp.*, *Botryllus sp.*) e numerose patch di antozoi come *Parazoanthus axinellae*, *Leptopsammia pruvoti* e *Caryophyllia smithii*.

Dove la roccia incontra i substrati mobili si concentrano grossi esemplari di *Cerianthus membranaceus* ed estese patch di *Posidonia oceanica*.

Questa area era un tempo ricca di aragoste che oggi, a causa della pesca artigianale, si possono osservare solo sul piede della cigliata esterna ad una profondità di circa 27 m; questo settore di costa è ancora oggi ampiamente sfruttato dalla piccola pesca a causa della presenza, su questi fondali rocciosi, di grosse corvine (*Sciaena umbra*), orate e saraghi e numerosi esemplari di *Liza*

aurata, particolarmente apprezzata dai pescatori locali. Numerose reti fantasma sono state osservate sul substrato coralligeno e precoralligeno dell'area che subisce ogni anno anche il danneggiamento ad opera delle ancore, utilizzate dalle numerose imbarcazioni da diporto che transitano e sostano nell' area limitrofa al porto turistico Riva di Traiano.

La presenza del porto e della foce fluviale e gli sversamenti ad essi associati hanno prodotto, negli ultimi anni, impatti negativi sulle comunità biologiche presenti nell'area, questo è osservabile anche sulle colonie di gorgoniacei che abbondano sui fondali rocciosi che presentano fratture, necrosi localizzate ed epifiti.

LA FRASCA

La zona denominata La Frasca presenta una costa rocciosa a terrazzi che degrada dolcemente verso il largo, alla distanza di circa 350 m della riva un ciglio roccioso scorre parallelamente alla costa alla profondità di circa 25 metri e che degrada dolcemente in un area fangosa ricca di strutture rocciose affioranti (29-40m).

Su queste formazioni ricche di fessure e anfratti si estendono complesse biocostruzioni coralligene che ospitano vistosi esemplari di alghe calcaree del genere *Peyssonelia* ed estese colonie di *Eunicella cavolini*.

Si possono osservare anche piccole patches di *Corallium rubrum* che occupano gli anfratti più profondi ed è anche segnalata la presenza di grandi esemplari di cernia bruna (*Ephinephelus marginatus*). Il substrato coralligeno ospita inoltre numerosi policheti tubicoli che emergono dalle bioconcrezioni (*Serpula sp*, *Protula tubularia*, *Branchyomma sp.*, *Bispira sp* e *Sabella pavonina*) e non è raro incontrare nudibranchi del genere *Flabellina Cratena* e *Dondice*.

Questo settore di costa subisce principalmente gli effetti negativi derivanti dalla presenza della Città di Civitavecchia e del suo Porto commerciale, delle centrali Tor Valdaliga e Tirreno power e degli scarichi prodotti dal centro di piscicoltura localizzato a nord delle centrali.

Si è osservato infatti la presenza di alcune aree delle concrezioni coralligene in cattivo stato di conservazione con interi settori in necrosi e gorgoniacei fratturati e morenti; inoltre nelle zone meno profonde e nelle biostrutture precoralligene è stata segnalata la proliferazione di alghe e microalghe bentoniche legata ad eutrofizzazione delle acque.

S. AGOSTINO-LA MURATA

la zona di S. Agostino si immediatamente a nord della Frasca eed è caratterizzata dalla stessa morfologia a terrazzi che termina in un lungo litorale sabbioso che accoglie la foce del fiume Mignone.

I primi metri d'acqua sono caratterizzati da formazioni rocciose isolate intervallate a catini sabbiosi e praterie di *Posidonia oceanica*, spondandosi verso largo si incontrano due cigliate, la prima che scende dagli 8 m ai 16m ed una seonda che degrada su un fondale fangoso che si estende a circa 35 metri di profondità; le due murate presentano concrezioni precoralligene e coralligene su tutta la loro estensione.

A circa 50m dalla base della parete emergono dal substrato alcuni massicci rocciosi di notevole entità, di cui “La murata” rappresenta il più imponente con un estensione che supera i 120 metri; queste formazioni presentano pareti verticali che precipitano fino a circa 55 metri di profondità che ospitano incredibili popolazioni del gorgoniaceo *Paramuricea clavata*, che forma estese facies con esemplari di oltre 1 metro; si osservano anche numerosi esemplari di gorgonie (*Eunicella cavolini*, *Eunicella singularis*, *Leptogorgia sp.*), imponenti biostrutture ad opera di alghe calcaree del genere *Peyssonnelia* e *Halimeda* e briozoi incrostanti (*Smittina cervicornis*, *Reteporella sp.* e *Myriapora truncata*).

L'area presenta anche numerosi anfratti e grotte naturali colonizzati da coloratissimi poriferi (*Oscarella lubularis*, *Clathrina clathrus*, *Spirastrella sp* e *Dysidea avara*), che ospitano numerose specie sciafile come l' *Apogon imberbis* e la musdea (*Phycis phycis*), grandi murene, cernie ed estese colonie di *Corallium rubrum*.

La bellezza di queste pareti che ospitano immensi banchi di *Anthias Anthias* e l'eccezionale qualità delle strutture coralligene presenti fa di questi fondali i siti di immersione più apprezzati dell'intera costa di Civitavecchia.

Come nella prospiciente zona della Frasca anche in questa area si risente degli effetti negativi, a livello ecosistemico, derivati dalla vicinanza della città di Civitavecchia e delle strutture industriali ad essa associate ma la distanza elevata dalla costa, dalle rotte dei pescherecci e la mancanza di approdi turistici assicurano una qualità biologica elevata, con biostrutture ben preservate e con poche necrosi dei tessuti.

Sono però da segnalare la mancanza di strutture di ormeggio nelle aree di immersione e la presenza di limitate aree di coralligene deturpate (soprattutto a carico di popolazioni di *Corallium rubrum*), volontariamente o involontariamente, nel corso di attività subacquee sportive.

Si propone quindi una riqualificazione dell'area mediante l'organizzazione (boe di ormeggio e siti di ancoraggio) e la promozione delle attività subacquee nell'area ed attraverso il restauro delle eccellenti biocostruzioni che caratterizzano questi fondali.

6.1.5 Valutazione della presenza di *Pinna nobilis*

Pinna nobilis (Linnaeus, 1758) è tra i più grandi Molluschi Bivalvi potendo superare il metro di lunghezza massima. Specie endemica del Mar Mediterraneo è di grande interesse conservazionistico e può essere considerato come una specie bandiera. *Pinna nobilis* si osserva a profondità comprese tra 0,5 e 60 m in fondi mobili caratterizzati principalmente da praterie di Posidonia. La sua larva allo stadio veliger va alla deriva nella colonna d'acqua prima di insediarsi nel sedimento ed ancorarsi tramite un bisso. Anche se è stato ipotizzato un periodo di 5-10 giorni, poco è noto circa la lunghezza del ciclo di vita larvale di *P. nobilis*. Come risultato del declino della popolazione associato all'attività umana (principalmente la raccolta del bisso utilizzato per produrre la cosiddetta "seta di mare" e la raccolta della sua conchiglia a scopo ornamentale ed in secondo luogo l'utilizzo alimentare del muscolo abducente in alcune regioni del Mediterraneo e la raccolta delle piccole perle, con scarso valore commerciale, che è in grado di produrre). *P. nobilis* è stata inclusa nella lista delle specie minacciate del Mediterraneo dal 1995 (allegato IV della Direttiva Habitat e L'allegato II della Convenzione di Barcellona). Nel corso delle indagini effettuate mediante ROV nel SIC IT6000005 sono stati osservati 9 individui di *Pinna nobilis*, mentre nel SIC IT6000006 ne sono stati individuati 23 (Fig. 35). Altri 14 individui (nel SIC IT6000005) + 10 (nel SIC IT6000006) sono invece stati osservati lungo i transetti effettuati in immersione e nelle stazioni di campionamento di Posidonia. Complessivamente in tutta l'area effettivamente indagata sono quindi stati osservati 56 individui di *P. nobilis*. Per una stima della densità abbiamo considerato esclusivamente i 14 individui rilevati nei 2 SIC dagli operatori subacquei presso le 18 stazioni di campionamento dedicate allo scopo. Dunque, all'interno di una superficie totale esplorata di $4.320 \text{ m}^2 (= 240 \text{ m}^2 \times 18 \text{ stazioni BT})$ la densità rilevata è stata di circa 1 individuo ogni $300 \text{ m}^2 (4.320 \text{ m}^2 / 14 \text{ individui})$. Riportando il dato per ettaro di substrato il risultato è di circa 33 ind/ha, va tuttavia sottolineato come tale stima possa essere ritenuta accurata solo considerando le superfici occupate dall'habitat che abbiamo definito "Posidonia oceanica su sabbia e/o matte (copertura $30\% < P_o < 80\%$)", particolarmente adatto all'insediamento della specie che non è in grado di colonizzare il substrato roccioso e raramente si osserva lontano dalle aree vegetate.



Fig. 35 Uno degli esemplari di *Pinna nobilis* osservati durante i rilevamenti ROV.

6.1.6 Valutazione della presenza di *Corallium rubrum*

Il corallo rosso (*Corallium rubrum* L., 1758 Phylum Cnidaria), è la specie marina che gode di maggior valore economico; per questo motivo la maggior parte dei suoi popolamenti sono stati sovra- sfruttati. Quest'importante e bella componente del Coralligeno (esclusiva del Mediterraneo e del vicino Atlantico) fa parte della Classe degli Antozoi, Ordine Alcionacea e sono inclusi nella famiglia Corallidae. Il corallo rosso è un sospensivoro che si nutre prevalentemente di micro e nano plankton e di sostanza organica particolata che, trasportati (o risospesi coi sedimenti del fondo) dalle correnti, vengono catturati dai tentacoli pinnati dei numerosi polipi da cui la colonia è composta. Lo scheletro interno delle colonie, di un rosso brillante, è costituito da carbonato di calcio ("Calcite magnesifera") arricchito a Silicio, Stronzio, Ferro e Manganese. La colorazione, insieme alla durezza dello scheletro interno (che, a differenza di quello delle altre gorgonie, è lavorabile) rende questa specie particolarmente adatta alla produzione di gioielli ed oggetti artistici di vario tipo. Il valore del corallo finemente lavorato può superare quello dell'oro. Il corallo rosso vive su fondali rocciosi tra i 20 ed i 350 metri; nella parte superiore di questa fascia di profondità è insediato nelle cavità meno illuminate (viene definito specie "moderatamente sciafila"); in ambiente di grotta si trova anche a profondità minori. Oltre alla luce, un altro fattore che influenza

la sua distribuzione verticale è la temperatura; questa specie vive al disotto del termoclino estivo, a profondità alle quali la temperatura non supera normalmente i 21-22 gradi.

Nell'ambito dell'ampio intervallo di profondità in cui la specie vive è possibile distinguere due tipi di popolamenti: quelli più superficiali (che vivono tra i 20-50 metri di profondità), caratterizzati da colonie piccole e molto dense, il cui scheletro interno presenta spesso cavità dovute all'azione delle spugne perforanti (Clionidi) e quelli che vivono più profondi, caratterizzati da colonie di taglia maggiore, meno dense. Soltanto le colonie di quest'ultimi popolamenti presentano un elevato valore economico. I popolamenti meno profondi, pur avendo un limitato valore commerciale, sono d'altra parte molto importanti perché assicurano la sopravvivenza della specie e, a causa della loro accessibilità, costituiscono una forte attrazione turistica per le aree marine in cui sono presenti, permettendo la realizzazione di studi e sperimentazioni scientifiche. Come evidenziato in precedenza nella descrizione degli habitat, il coralligeno presente nell'area indagata si configura prevalentemente come affioramenti e solo raramente si osservano strutture geomorfologiche del fondo marino tali da poter ospitare il coralligeno di parete, habitat ideale delle popolazioni superficiali di corallo rosso più studiate (es. Livorno e Portofino in Italia, Marsiglia in Francia, Cap de Creus e Isole Medas in Spagna). Vere e proprie pareti di coralligeno (alte almeno una decina di metri) sono state osservate solo presso due delle stazioni indagate per lo studio del coralligeno: COR 7 (Murata di S. Agostino) localizzata nei pressi del SIC IT6000005 e COR 2Sud (non a caso conosciuto come Scoglio del Corallo) che si trova invece all'interno del SIC IT6000005. Le due stazioni sono state selezionate in quanto località dove era nota la presenza di *Corallium rubrum* sia presso la comunità scientifica sia presso i centri di immersione subacquea sportiva che insistono nella zona di Civitavecchia.

La Murata di Sant'Agostino è situata al largo della Località la Frasca subito a Nord di Civitavecchia, si tratta di un affioramento roccioso con la parte più elevata localizzata ad una profondità di 23 m sotto il livello del mare e con pareti verticali che si spingono fino a massimo 50 m. Tale affioramento costituisce un promontorio sommerso lungo circa 550 m e largo 300 m (Fig. 36).

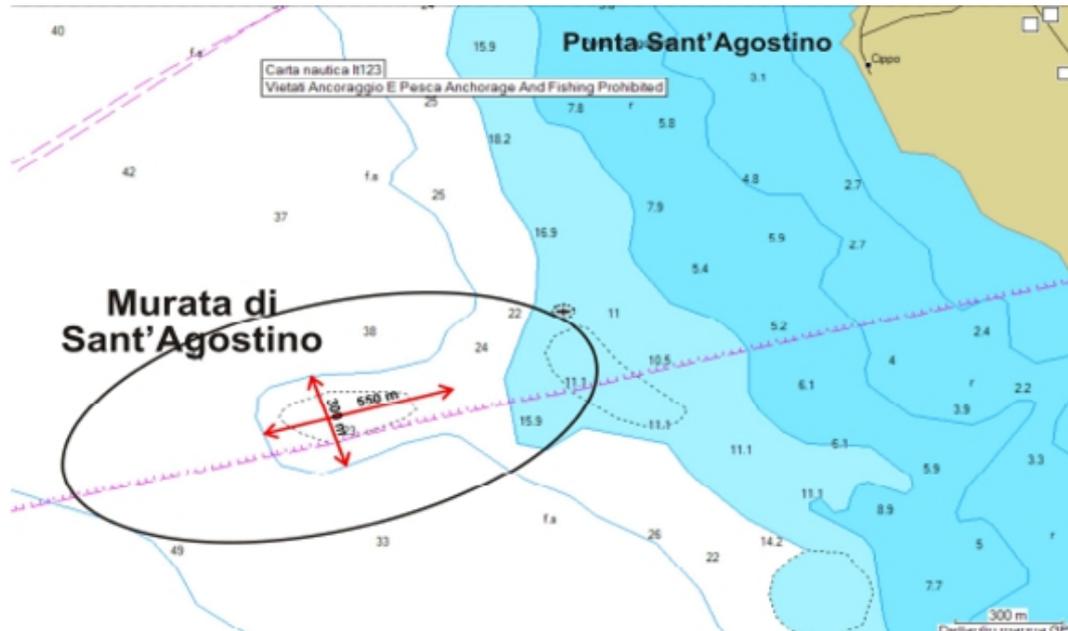


Fig. 36 Struttura e dimensioni della Murata di Sant'Agostino.

La peculiarità che caratterizza la Murata di Sant'Agostino è l'esistenza in un contesto spaziale così piccolo, di comunità particolarmente importanti dal punto di vista ecologico e naturalistico, la cui distribuzione è dettata dalle caratteristiche edafiche ed abiotiche delle pareti: in particolare, la parte superiore del promontorio e la parete esposta a Sud presentano un fitto bosco di *Paramuricea clavata*, all'interno della quale trovano riparo moltissime specie di elevato valore economico, quali le aragoste e piccole colonie di *Corallium rubrum*. La parete esposta a Nord, invece, che riceve una minore quantità di luce durante tutto l'anno, ospita una comunità più sciafila, caratterizzata dalla presenza di numerosissime colonie di corallo rosso di modeste dimensioni.

La specie dominante presente sulla parte superiore del promontorio sommerso e sulla sua parete meridionale è la *Paramuricea clavata*, presente in ambienti moderatamente esposti alle correnti; le colonie sono presenti con una elevata densità sulla parete meridionale Foto 1.4.3.10 e con una densità inferiore sulla parte superiore della Murata.

La parete settentrionale si estende verticalmente da una profondità di circa 23 metri fino ad un massimo di 40 metri; i fattori abiotici dominanti hanno fatto sì che questa parete fosse colonizzata dalla Biocenosi delle Grotte Semioscure (GSO) (Peres & Picard, 1964; Meinsez, et al., 1983), la cui specie caratteristica esclusiva risulta essere il *Corallium rubrum*, presente in quest'area con colonie di dimensioni modeste.

Il substrato risulta essere principalmente di natura organogena con una morfologia piuttosto accidentata che porta alla presenza di numerose sporgenze e anfratti, all'interno della quale spesso si rinvencono numerose colonie di *Corallium rubrum*. Nel corso di questa valutazione di incidenza, nel tentativo di dare una prima caratterizzazione anche quantitativa alla popolazione di corallo rosso presente è stato valutato il ricoprimento della specie utilizzando lo stesso campionamento fotografico utilizzato per la definizione dello stato di qualità del coralligeno. Va detto che questo tipo di campionamento genera una sotto stima della presenza di corallo, in quanto mentre *Corallium rubrum* si insedia soprattutto in cavità ed anfratti dove colonizza soprattutto le volte, le fotografie utilizzate nel campionamento per il calcolo dell'indice ESCA viene fatto sulle pareti esterne e più esposte. Fatta salva questa doverosa premessa, dalle indagini fatte si conferma la cospicua presenza della specie in entrambe le stazioni studiate. La copertura media (in parete) di *Corallium rubrum* presso la Murata Sant'Agostino (COR 7) è risultata di 1.3% del substrato, mentre il popolamento (sempre in parete) è apparso più denso presso lo Scoglio del Corallo (COR 2Sud) dove la copertura media è risultata pari al 4.8% Fig. 37. Le colonie sono risultate sempre piuttosto piccole con un'altezza media di circa 10 cm e massima di 30 cm Fig. 38 e Fig. 39.

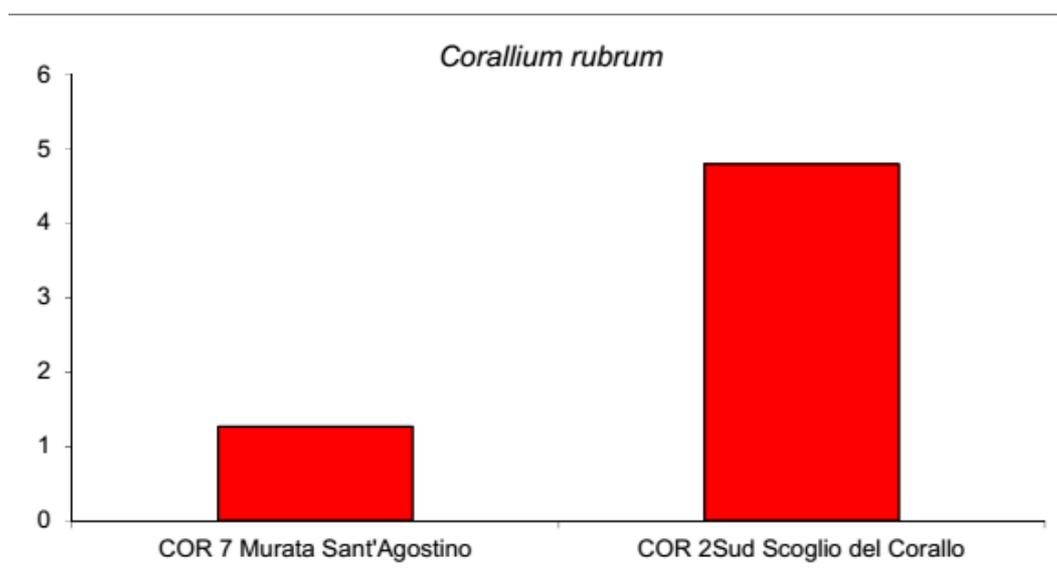


Fig. 37 Copertura percentuale di *Corallium rubrum* nelle due stazioni studiate



Fig. 38 Immagini relative al campionamento presso la Murata Sant'Agostino



Fig. 39 Immagini relative al campionamento presso lo Scoglio del Corallo

7. RISULTATI ATTESI

Di seguito vengono riportate le carte con le aree in cui si propone di effettuare le diverse attività di compensazione, con le relative tecniche adottate e descritte nel capitolo 9.

7.1 Compensazione *Posidonia oceanica*

In questo capitolo vengono definite delle macroaree all'interno delle quali saranno sviluppate le diverse attività di compensazione previste per l'habitat 1120* *Posidonia oceanica*, che di seguito vengono riportate:

- restauro della prateria di P.O., finalizzato al ripristino dei benefit ambientali, attraverso il reimpianto sulle zone sabbiose utili presenti all'interno di substrati con *Posidonia oceanica*, per una superficie totale di 3000 m²;
- messa in opera di n.100 barriere antistrascico, al fine di limitare gli effetti della pesca illegale sulle praterie;
- installazione di n.50 boe di ormeggio per imbarcazioni e diving, finalizzate a limitare i danni provocati dagli ancoraggi sulle praterie.

Tipologia di substrato	Misure Compensative	Azioni previste	Stima superficie utile (ha)	Copertura %	Superficie equivalente a P.O. (ha)
Prateria di P.O. su matte e sabbia	Boe ormeggio Barriere	protezione	51,30	55	28,22
Prateria di P.O. su matte e matte morta	Boe ormeggio Barriere	protezione	44,41	55	24,43
Roccia con presenza di P.O.	Barriere	protezione	409,91	15	61,49
Zone sabbiose presenti all'interno di substrati con P.O (5 e 15 m)	Recupero funzioni ecologiche	Restauro sperimentale			6,08

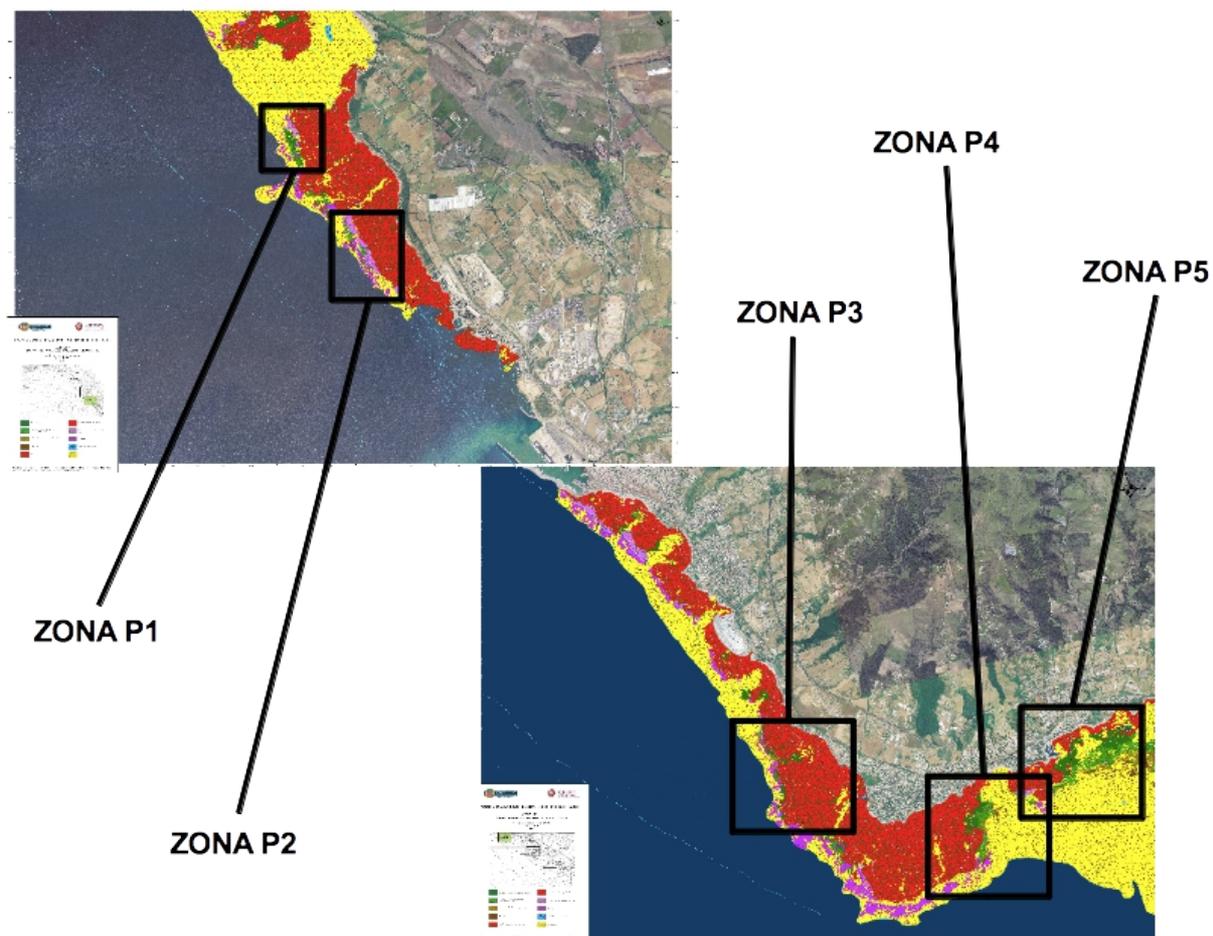


Fig. 40 Aree di potenziale compensazione e tutela relative all'habitat 1120* *Posidonia oceanica* e alla specie 1028 *Pinna nobilis*

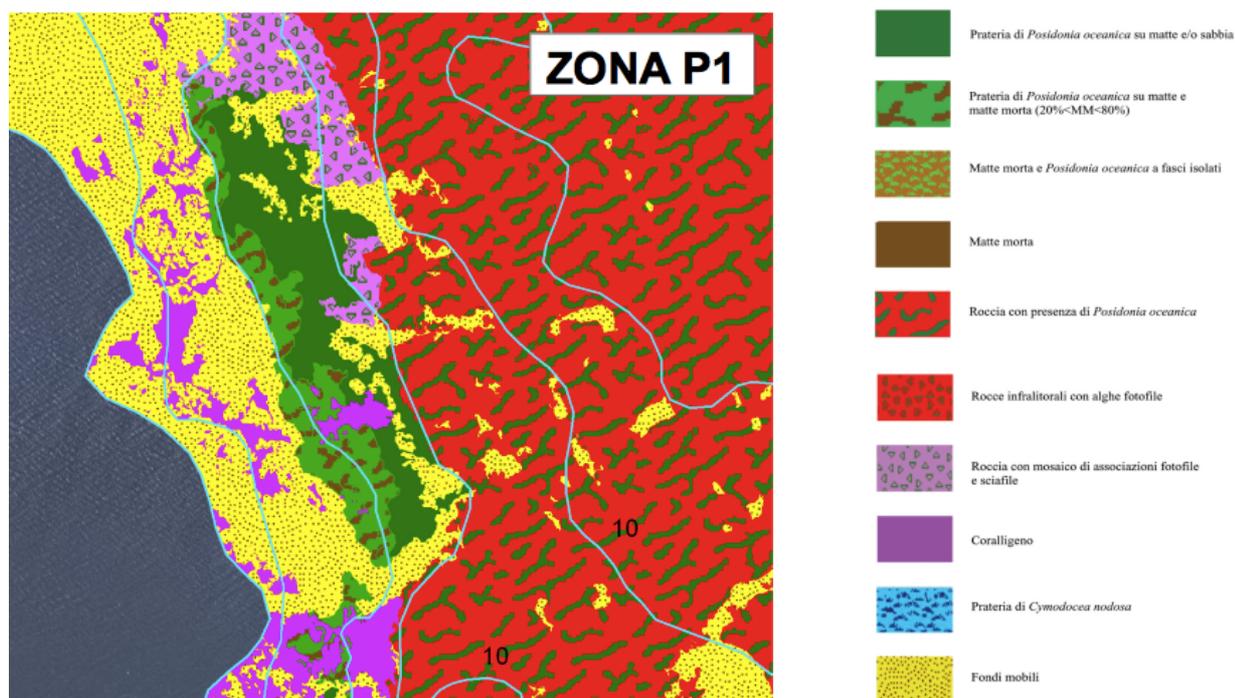


Fig. 41 Zoom Aree di potenziale compensazione

Tipologia di substrato	Misure Compensative	Azioni previste	Stima superficie utile (ha)	Copertura %	Superficie equivalente a P.O. (ha)
Prateria di P.O. su matte e sabbia	Boe ormeggio Barriere	protezione	5,56	55	3,06
Prateria di P.O. su matte e matte morta	Boe ormeggio Barriere	protezione	3,50	55	1,93
Roccia con presenza di P.O.	Boe ormeggio Barriere	protezione	66	15	9,9
Zone sabbiose presenti all'interno di substrati con P.O. (5 e 15 m)	Recupero funzioni ecologiche	Restauro sperimentale			

All'interno dell'area P1 è stato individuato un posidonieto idoneo ad essere restaurato, in quanto al suo interno sono presenti radure di sabbia potenzialmente idonee.

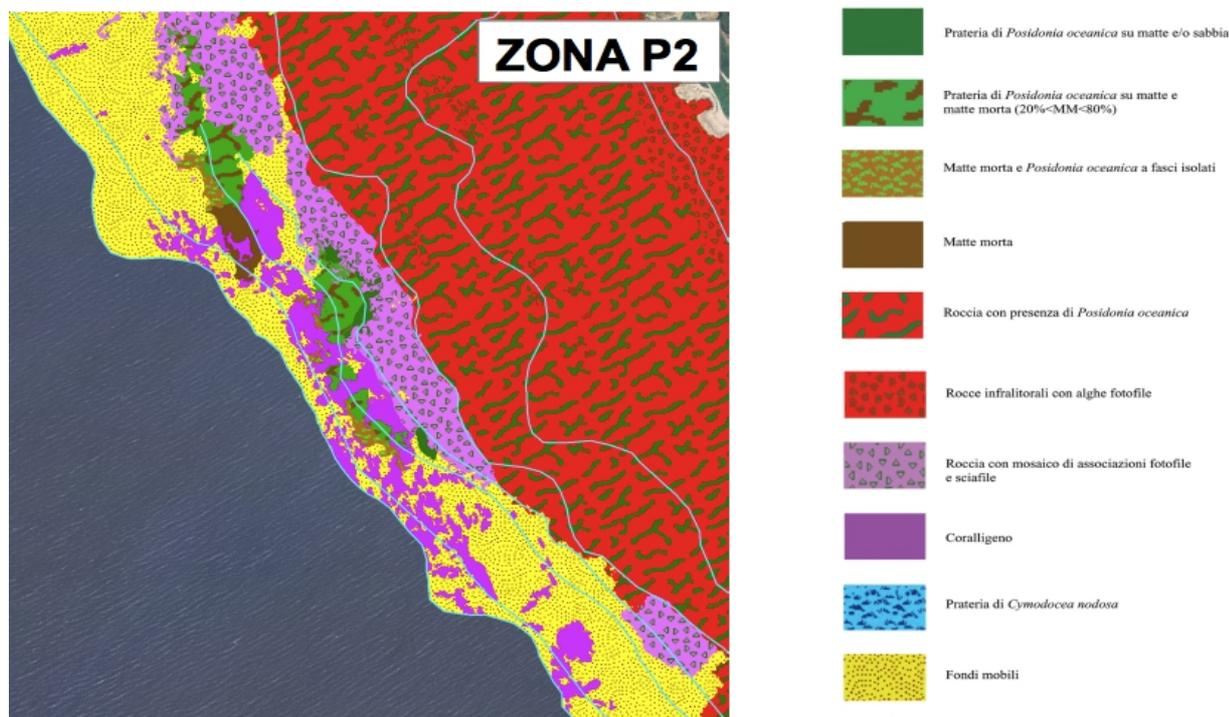


Fig. 42 Zoom Aree di potenziale compensazione

Tipologia di substrato	Misure Compensative	Azioni previste	Stima superficie utile (ha)	Copertura %	Superficie equivalente a P.O. (ha)
Prateria di P.O. su matte e sabbia	Boe ormeggio Barriere	protezione	1,54	55	0,85
Prateria di P.O. su matte e matte morta	Boe ormeggio Barriere	protezione	3,21	55	1,77
Roccia con presenza di P.O.	Boe ormeggio Barriere	protezione	69,27	15	10,39
Zone sabbiose presenti all'interno di substrati con P.O (5 e 15 m)	Recupero funzioni ecologiche	Restauro sperimentale			

All'interno dell'area P1 è stato individuato un posidonieto idoneo ad essere restaurato, in quanto al suo interno sono presenti radure di sabbia potenzialmente idonee.

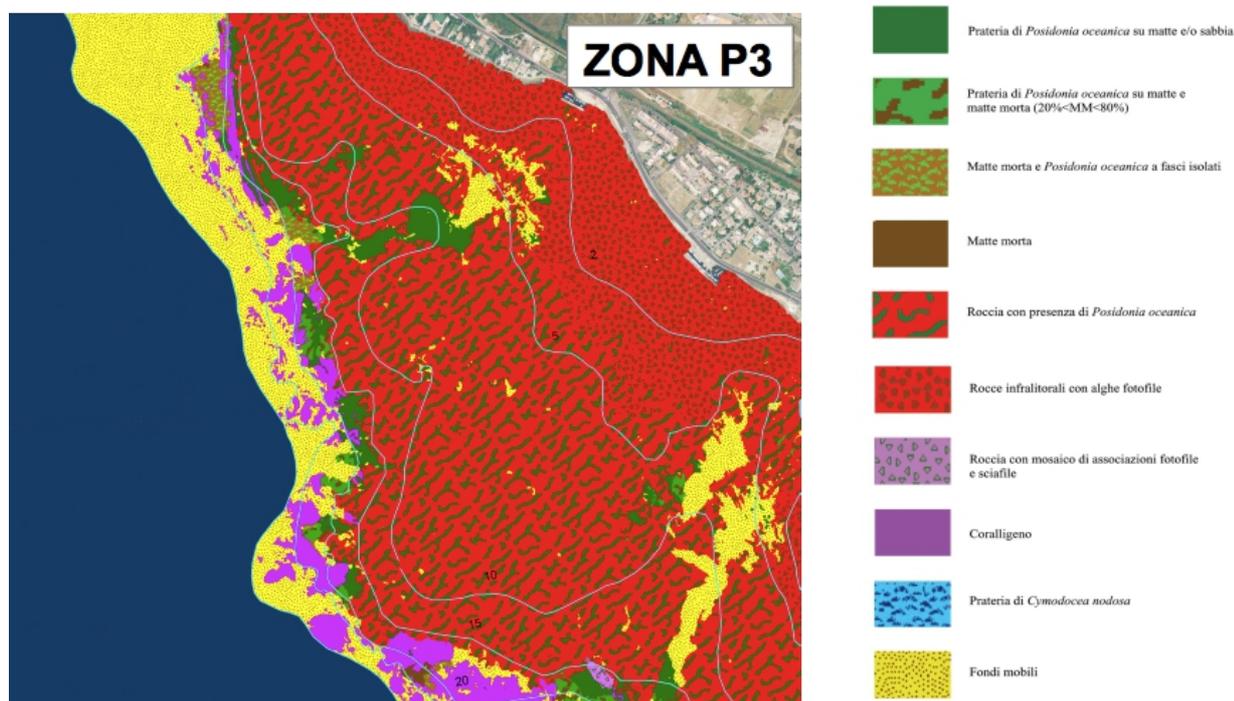


Fig. 43 Zoom Aree di potenziale compensazione

Tipologia di substrato	Misure Compensative	Azioni previste	Stima superficie utile (ha)	Copertura %	Superficie equivalente a P.O. (ha)
Prateria di P.O. su matte e sabbia	Boe ormeggio Barriere	protezione	10,44	55	5,74
Prateria di P.O. su matte e matte morta	Boe ormeggio Barriere	protezione	2,81	55	1,55
Roccia con presenza di P.O.	Boe ormeggio Barriere	protezione	149,46	15	22,42
Zone sabbiose presenti all'interno di substrati con P.O (5 e 15 m)	Recupero funzioni ecologiche	Restauro sperimentale			

All'interno dell'area P1 è stato individuato un posidonieto idoneo ad essere restaurato, in quanto al suo interno sono presenti radure di sabbia potenzialmente idonee.

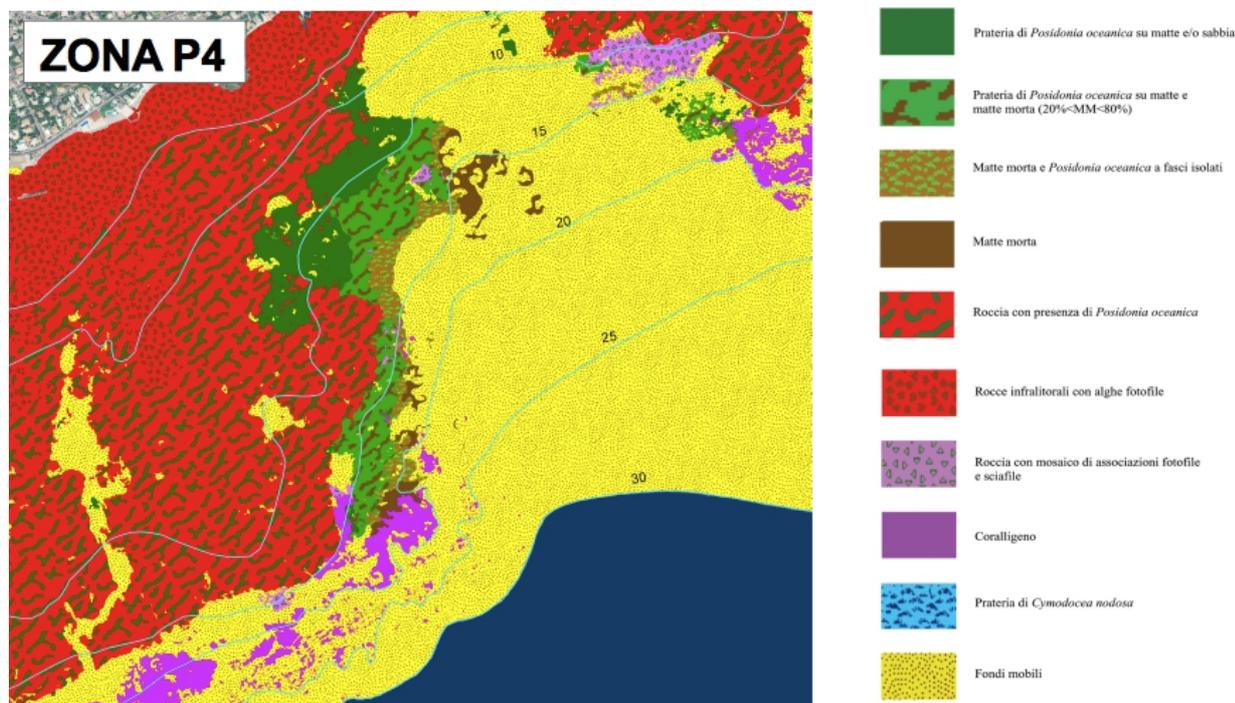


Fig. 44 Zoom Aree di potenziale compensazione

Tipologia di substrato	Misure Compensative	Azioni previste	Stima superficie utile (ha)	Copertura %	Superficie equivalente a P.O. (ha)
Prateria di P.O. su matte e sabbia	Boe ormeggio Barriere	protezione	9,49	55	5,22
Prateria di P.O. su matte e matte morta	Boe ormeggio Barriere	protezione	10,34	55	5,69
Roccia con presenza di P.O.	Boe ormeggio Barriere	protezione	100,69	15	15,10
Zone sabbiose presenti all'interno di substrati con P.O (5 e 15 m)	Recupero funzioni ecologiche	Restauro sperimentale			

All'interno dell'area P1 è stato individuato un posidonieto idoneo ad essere restaurato, in quanto al suo interno sono presenti radure di sabbia potenzialmente idonee.

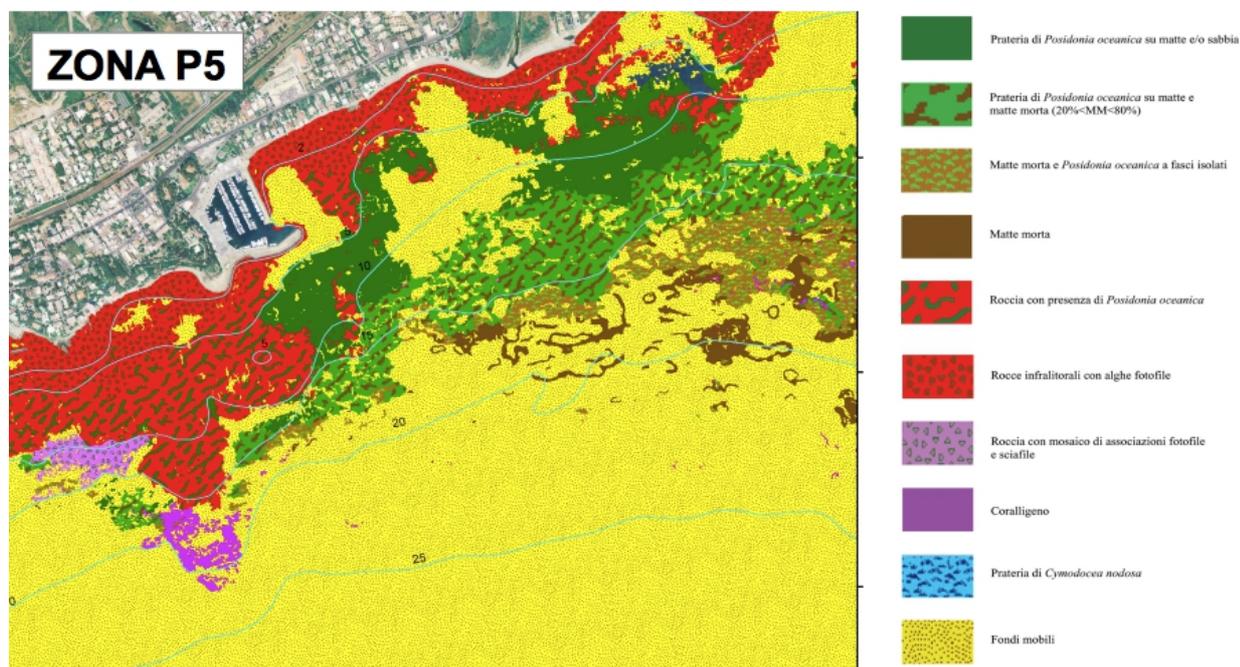


Fig. 45 Zoom Aree di potenziale compensazione

Tipologia di substrato	Misure Compensative	Azioni previste	Stima superficie utile (ha)	Copertura %	Superficie equivalente a P.O. (ha)
Prateria di P.O. su matte e sabbia	Boe ormeggio Barriere	protezione	24,28	55	13,35
Prateria di P.O. su matte e matte morta	Boe ormeggio Barriere	protezione	24,55	55	13,50
Roccia con presenza di P.O.	Boe ormeggio Barriere	protezione	24,50	15	3,68
Zone sabbiose presenti all'interno di substrati con P.O (5 e 15 m)	Recupero funzioni ecologiche	Restauro sperimentale			

All'interno dell'area P1 è stato individuato un posidonieto idoneo ad essere restaurato, in quanto al suo interno sono presenti radure di sabbia potenzialmente idonee.

7.2 Compensazione Coralligeno

In questo capitolo vengono definite delle macroaree all'interno delle quali saranno sviluppate le diverse attività di compensazione previste per l'habitat 1170 Coralligeno, che di seguito vengono riportate:

- recupero di n.6000 individui del coralligeno (compreso *Corallium rubrum*) attraverso campagne di *bycatch*;
- installazione di n.50 reef artificiali per ricolonizzazione;
- installazione di n.40 boe di ormeggio per imbarcazioni da diporto e diving, finalizzate a limitare i danni provocati dagli ancoraggi e proteggere gli hot spot.

Misure Compensative	Azioni previste	Stima superficie utile
Reef artificiali	Ricolonizzazione	900 m ²
Boe ormeggio	protezione	23,1 ha

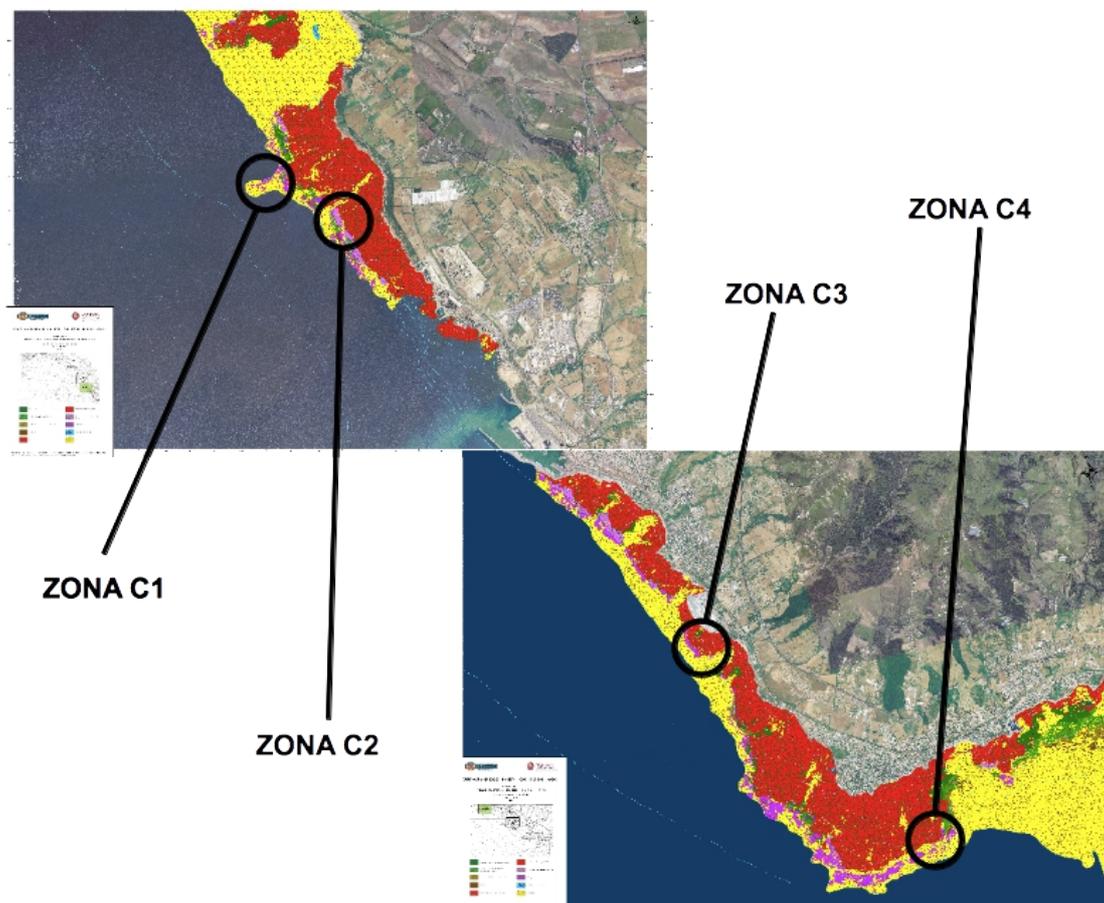


Fig. 46 Aree di potenziale compensazione e tutela relative all'habitat 1170 Coralligeno e alla specie 1001 *Corallium rubrum*

ZONA C1

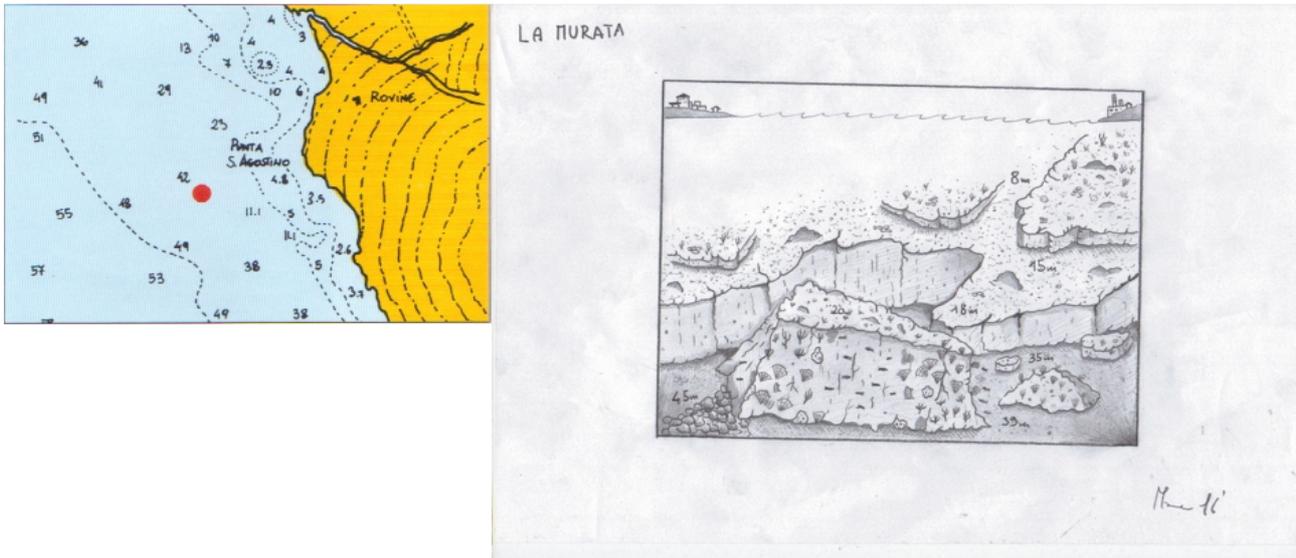


Fig. 47 Zoom Aree di potenziale compensazione

ZONA C2

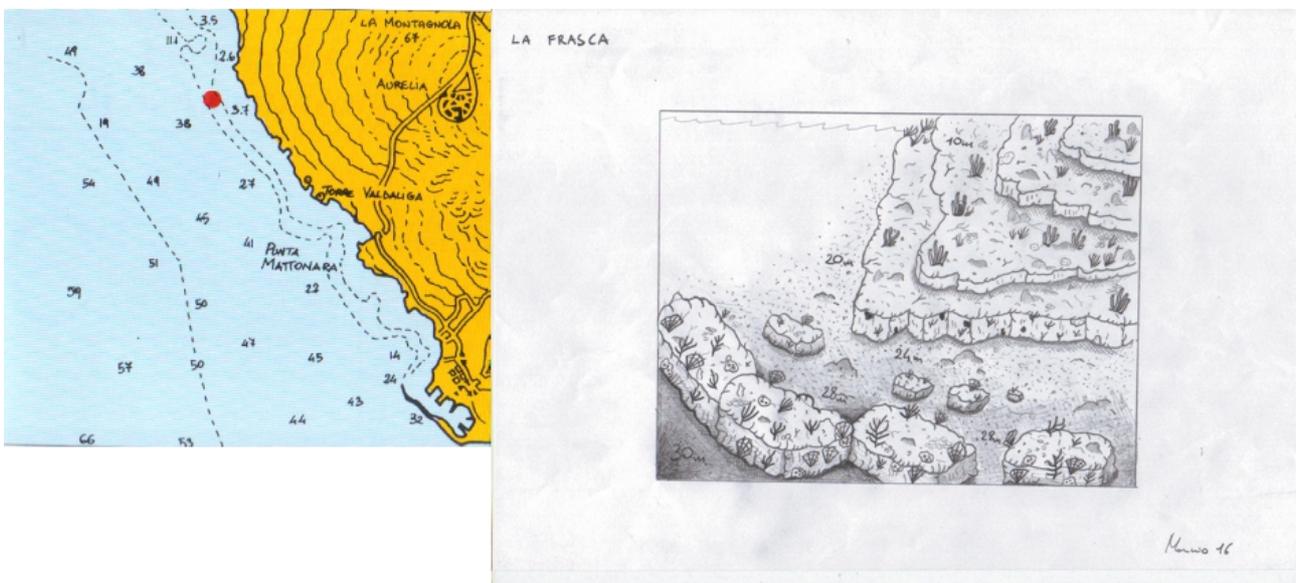


Fig. 48 Zoom Aree di potenziale compensazione

ZONA C3

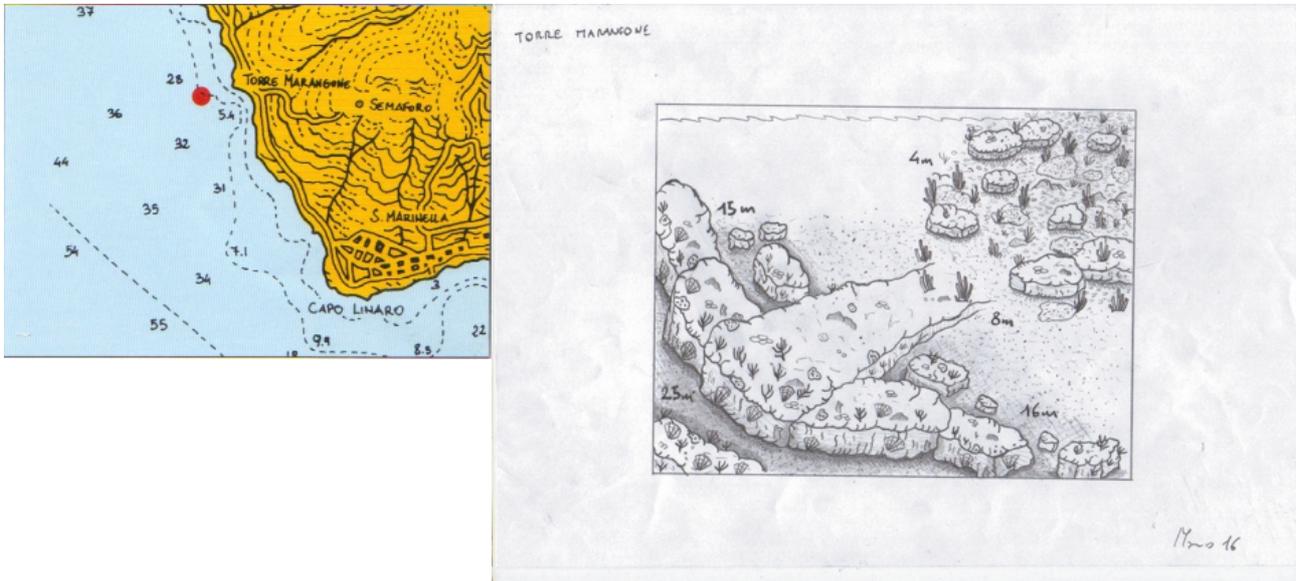


Fig. 49 Zoom Aree di potenziale compensazione

ZONA C4

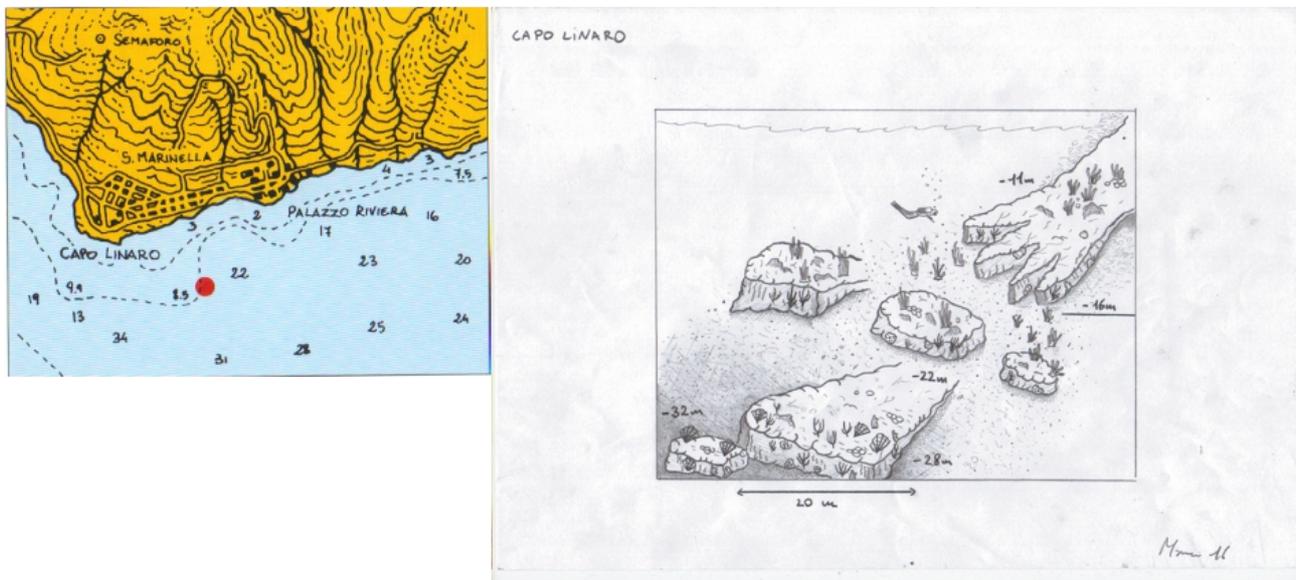


Fig. 50 Zoom Aree di potenziale compensazione

8. CALENDARIO PER L'ATTUAZIONE DELLE MISURE COMPENSATIVE

Cronoprogramma delle attività

START		17-07-01 01 July 2017										
		2017(6mesi)	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Attività preliminari e di supporto		9.1										
Progettazione esecutiva e autorizzazioni	9.1.1											
Ristrutturazione locali e impiantistica	9.1.2											
Impianti Idraulici vasche impianto depurazione impianto refrigerazione	9.1.3											
Gestione stabulari vasche e laboratori	9.1.4											
Compensazione Posidonia oceanica (PO)		9.2										
Integrazione studi preliminari	9.2.1											
Sperimentazione reimpianto	9.2.2											
Realizzazione vasche per sperimentazioni	9.2.3											
Test in vasche di sperimentazione e protocolli	9.2.4											
Realizzazione vasche mantenimento PO	9.2.5											
Sperimentazione in ambiente a bassa energia	9.2.6											
Protocolli PO sito	9.2.7											
Recupero e messa a dimora talee	9.2.8											
Boe ancoraggio diporto e sub Posidonia	9.2.9											
Barriere e blocchi antistrascico: stitizzazione e messa in opera	9.2.10											
Compensazione coralligeno		9.3										
Selezione "hot spots" (Campagne in-situ visual census)	9.3.1											
Realizzazione vasche sperimentazione	9.3.2											
Test in vasche di sperimentazione e protocolli	9.3.3											
Realizzazione vasche mantenimento	9.3.4											
Programma "bycatch recovery"	9.3.5											
Messa in opera di reefs artificiali	9.3.6											
Reintroduzione in ambiente	9.3.7											
Protocolli Coralligeno attività in situ	9.3.8											
Boe ancoraggio diporto e sub Coralligeno	9.3.9											
Compensazione Pinna nobilis e Corallium rubrum		9.4										
Caratterizzazione e censimento in aree donatrici (Pinna e Corallo)	9.4.1											
Identificazione e caratterizzazioni siti di reinserimento	9.4.2											
Recupero individui	9.4.3											
Mantenimento e adattamento (Corallo)	9.4.4											
Reintroduzione in ambiente	9.4.5											
Monitoraggio delle attività di compensazione		9.5										
Monitoraggio reimpianto PO	9.5.1											
Monitoraggio barriere antistrascico												
Monitoraggio reimpianto coralligeno	9.5.2											
Monitoraggio reimpianto Pinna e Corallium rubrum	9.5.3											
Messa in opera della Stazione fissa di Monitoraggio	9.5.4											
Avvio e messa a regime del sistema integrato di monitoraggio	9.5.5											
Messa in opera early warning system	9.5.6											
Azioni di tutela e comunicazione		9.6										
Coinvolgimento diving e associazioni	9.6.1											
Programma pesca responsabile	9.6.2											
Realizzazione centro educ. Marino	9.6.3											
Azioni sensibilizzazione e scuole	9.6.4											
Convegni	9.6.5											

9. ATTIVITA', METODI E TECNICHE DELLE MISURE COMPENSATIVE PROPOSTE

Nel presente capitolo sono riportate e riassunte la descrizione delle attività e le metodologie utilizzate per ciascuna delle azioni previste, che si svolgeranno secondo la tempistica descritta nel cronoprogramma riportato nel capitolo 8.

9.1 Attività preliminari e di supporto

Le attività preliminari e di supporto rappresentano tutte quelle attività che renderanno possibile la realizzazione del progetto, dall'ottenimento delle necessarie autorizzazioni e concessioni alle attività di verifica e manutenzione ordinaria e straordinaria, sia della componente strumentale che impiantistica.

9.1.1 Progettazione esecutiva

La progettazione esecutiva del monitoraggio ha come obiettivo la pianificazione nel dettaglio delle singole attività, a partire dai risultati emersi dalle prime valutazioni e dall'analisi dei dati pregressi.

Durante questa fase verranno dettagliati tutti gli interventi previsti dal progetto, con particolare riferimento ai criteri e alle metodologie che saranno adottate per i singoli interventi.

Il progetto esecutivo conterrà, oltre alle tempistiche con cui saranno effettuati i monitoraggi, anche la copertura spaziale e le aree selezionate.

La progettazione esecutiva riguarderà quindi:

- tutte le attività autorizzative e amministrative necessarie allo svolgimento degli interventi, in particolare sarà necessario ottenere tutte le necessarie autorizzazioni per la messa in esercizio delle vasche, per la messa in opera della strumentazione fissa e per le attività a mare. Inoltre si dovranno strutturare tutti gli accordi di tipo convenzionale (mondo della pesca, diving, associazioni, etc.) utili alla realizzazione del progetto.;
- la ristrutturazione e messa in sicurezza degli ambienti di lavoro, ivi compreso il sistema di alimentazione, affinché sia in grado di mantenere la giusta autonomia in caso di guasti alla rete elettrica, nonché gli impianti idraulici di supporto;
- le attività finalizzate alla realizzazione delle vasche sperimentali, di conservazione ed espositive, nonché degli spazi espositivi;

- l'organizzazione e programmazione delle attività di campo e di laboratorio relative alle opere di compensazione della *Posidonia oceanica*, del coralligeno, della *Pinna nobilis* e del *Corallium rubrum*;
- le attività di monitoraggio sia ambientale che dei risultati delle azioni compensative (si farà riferimento agli standard europei ed internazionali che prevedono tempistiche e modalità operative codificate);
- il sistema integrato di monitoraggio, ivi compresi l'organizzazione, le piattaforme, i sistemi di misura, le attrezzature e le interfacce hardware e software necessarie per l'implementazione del sistema;
- la gestione e la direzione delle attività svolte che si tradurrà nella produzione di Report tecnico-scientifici;
- la tipologia di documenti ed elaborati grafici per le singole fasi e per le singole attività di monitoraggio previste nonché per la divulgazione dei risultati;
- la predisposizione di un database informativo contenente tutti i dati raccolti durante il progetto.

9.1.2 Ristrutturazione locali e impiantistica

I locali verranno messi in sicurezza e resi agibili al fine di ospitare la componente impiantistica e di laboratorio necessaria alla realizzazione del progetto. Si posizioneranno anche le componenti idrauliche necessarie alla presa e rilascio di acqua, nonché al trattamento della stessa, con particolare attenzione alla realizzazione degli impianti di filtrazione biologica, filtrazione meccanica e di controllo della temperatura.

Nell'ambito della progettazione esecutiva si valuterà l'ipotesi di rendere autonomi dal punto di vista energetico gli impianti di conservazione ed espositivi; a tal fine verranno analizzate differenti soluzioni di alimentazione ad energie rinnovabili.

9.1.3 Gestione stabulari, vasche e laboratori

Durante l'intera durata del progetto saranno messe in atto tutte le attività necessarie a garantire il corretto funzionamento del sistema di mantenimento e sperimentazione, nonché la sua continuità nel tempo. Saranno quindi effettuate verifiche periodiche dei sistemi di presa e rilascio dell'acqua, del corretto funzionamento degli impianti di trattamento e condizionamento delle acque utilizzate

per le vasche, nonché e controlli settimanali dei parametri indicatori della buona qualità delle acque stesse.

9.2 Attività e metodi: compensazione della *Posidonia oceanica*

Di seguito vengono riportate nel dettaglio le attività previste in questa opera di compensazione.

9.2.1 Integrazione degli studi preliminari

Nell'area di studio è già stato realizzato un sistema informativo che integra i dati di campo raccolti dal LOSEM negli ultimi 15 anni con altre informazioni pregresse, dati telerilevati, studi modellistici (idrodinamici, sedimentologici e biologici), dati provenienti da stazioni fisse di monitoraggio.

Questa attività ha la funzione di integrare dove necessario le informazioni disponibili mirandole agli obiettivi del presente progetto. Di seguito vengono dettagliate le metodologie e gli obiettivi perseguiti.

Caratterizzazione quali-quantitativa dei posidonieti donatori e dei relativi habitat

Al fine di garantire il successo del reimpianto nella prateria ricevente saranno selezionate le praterie donatrici seguendo alcuni principi fondamentali che vengono suggeriti dal quaderno Natura 2000-2008, 01/24 e dal manuale ISPRA (2014).

In particolare le talee verranno prelevate in funzione del buono stato di salute delle stesse, dell'elevata diversità genetica² e, a causa del generale elevato livello di torbidità presente nell'area, dalle porzioni di praterie donatrici a più elevata profondità, in modo da garantire le maggiori probabilità di riuscita di trapianto.

Nello specifico saranno individuate due tipologie di praterie donatrici sulle quali verranno condotte attività di caratterizzazione differenti:

- prateria donatrice prioritaria che è rappresentata dal posidonieto ubicato nella zona di dragaggio;
- praterie donatrici da selezionare che sono incluse all'interno dei SIC IT 6000005 e IT 6000006.

Ai fini di individuare in via preventiva le migliori possibili aree di espianto, ad integrazione delle indagini già effettuate, nelle porzioni più profonde della prateria verranno effettuate nuove analisi

2

L'elevata diversità genetica, infatti, come si evince dalle linee guida di Natura 2000, rappresenta uno dei parametri essenziali da considerarsi durante la selezione delle praterie donatrici. Il trapianto di piante provenienti da popolazioni geneticamente differenti incrementa le possibilità di successo a medio e lungo termine del reimpianto (Procaccini e Piazzini 2001). In questo caso assume maggiore rilevanza ovviamente l'analisi delle praterie esterne all'area interessata da dragaggio, in quanto in ogni caso, in questa area, si cercherà di utilizzare il maggior numero di talee possibili.

strutturali integrative e verranno prelevati alcuni campioni (in via prioritaria dalle piante a maggiore profondità). Su tali campioni saranno condotte analisi per caratterizzare il polimorfismo genetico della prateria donatrice. Qualora non si riscontrasse un livello di diversità genetica sufficiente in fase di reimpianto si provvederà ad aumentarla prelevando talee provenienti dalle praterie donatrici da selezionare. Nelle zone caratterizzate geneticamente verranno poi prelevate le piante che presentano un buono stato di salute evidenziato principalmente dalla lunghezza e qualità delle foglie. In occasione della VINCA è stato effettuato uno studio approfondito del campo idrodinamico e della dispersione dei sedimenti. In particolare, essendo il rateo di sedimentazione un parametro chiave da analizzare in rapporto alla distribuzione e qualità delle praterie di *Posidonia oceanica*, saranno integrati a scale di dettaglio crescente gli studi sulla dinamica e sulla dispersione del sedimento fine prodotti nell'ambito della VINCA.

Nella prateria ricevente saranno trapiantate inoltre talee provenienti da praterie appositamente selezionate come donatrici. Come suggerito dalle linee guida di Natura 2000, le piante saranno prelevate da più praterie possibili al fine di minimizzare l'impatto sui posidonieti donatori.

In settori di costa differenti e quanto più possibile lontani tra loro, questi posidonieti verranno selezionati in aree con caratteristiche ecologiche idonee ai requisiti di prelievo delle talee, identificate a mesoscala sulla base delle conoscenze pregresse³ integrate con indagini mirate al progetto di compensazione. In particolare verranno tenute in considerazione le caratteristiche dell'ambiente dei posidonieti naturali in termini idrodinamici, di torbidità, del tasso di sedimentazione e delle praterie in termini di caratteristiche strutturali, ecologiche e genetiche.

Il successo del reimpianto è dovuto infatti molto alla scelta di idonee aree donatrici che vengano selezionate in base all'intensità di luce⁴ in cui la *Posidonia oceanica* si è adattata a vivere e in funzione delle caratteristiche dei posidonieti donatori che, nel caso di praterie esterne all'area di dragaggio, dovranno avere caratteristiche di densità tale da non venire danneggiate da un eccessivo prelievo delle talee. La profondità di prelievo, che dipende dall'adattamento della pianta alla luce, è infatti correlata direttamente alla trasparenza della colonna d'acqua dell'area e quindi direttamente

3 Nel corso degli ultimi 10-15 anni l'area è stata studiata in maniera abbastanza approfondita ed è stato realizzato anche un importante sforzo di sistematizzazione delle informazioni pregresse organizzate in un GIS contenente tutti i dati relativi alle biocenosi bentoniche, le caratteristiche sedimentologiche e geomorfologiche, etc. GIS interfacciato con modelli matematici e dati satellitari (S. Bonamano et Al. 2016). In particolare nella selezione delle aree donatrici saranno utilizzati anche i dati relativi alla macroripartizione delle praterie ed i loro parametri funzionali raccolti negli anni precedenti dal Laboratorio di Oceanologia sperimentale ed Ecologia marina.

4 Le aree saranno selezionate in base all'intensità di luce alla quale la *Posidonia oceanica* è adattata a vivere, numerosi studi hanno dimostrato che è particolarmente importante, ai fini della buona riuscita del reimpianto, la scelta di siti donatori posti a profondità maggiori (minore intensità luminosa) rispetto ai siti da restaurare (Molenaar and Meisnez 1992, Genot et al. 1994, Piazza et al. 1998).

alla torbidità che verrà calcolata con il modello matematico DELFT3D-WAQ in differenti scenari meteomarini.

Le aree a mesoscala più idonee ad essere utilizzate come praterie donatrici verranno selezionate sovrapponendo i risultati del modello con le aree di praterie di migliore qualità. I modelli infatti consentiranno di stimare l'intensità della PAR in prossimità del fondo e quindi di selezionare i posidonieti potenzialmente donatori meglio adattati a basse intensità luminose. A tal fine i risultati ottenuti dalle simulazioni saranno integrati con indagini in sito ad opera di subacquei specializzati che, in seguito a un'attenta analisi dei parametri biologici e strutturali dei posidonieti presenti nell'area, identificheranno le praterie più idonee al prelievo di talee prelevando anche campioni da destinare alla caratterizzazione genetica dei posidonieti naturali donatori.

Macrozonazione e Microzonazione delle praterie da restaurare (identificazione delle zone con la massima probabilità di successo)

Macrozonazione

Questa attività ha lo scopo di pre-selezionare a mesoscala una serie di aree sulle quali concentrarsi per effettuare studi più dettagliati di caratterizzazione (vedi capitolo successivo) per ospitare le talee provenienti dalle praterie donatrici. A tal fine le aree che sono idonee ad ospitare il reimpianto delle talee di *Posidonia oceanica* saranno selezionate in quanto risultano avere bassi valori di velocità al fondo, di torbidità e del tasso di sedimentazione. Il calcolo delle variabili all'interno dell'area di studio sarà effettuato attraverso i modelli numerici del pacchetto DELFT3D.

In particolare la velocità al fondo verrà analizzata attraverso il campo idrodinamico tridimensionale calcolato grazie al processo di steering tra il modello DELFT3D-FLOW e SWAN. La torbidità e il tasso di sedimentazione verranno invece stimati con il modello DELFT3D-WAQ messo a punto per riprodurre i processi legati alla movimentazione del materiale fine nella zona costiera di Civitavecchia. I risultati dei modelli numerici saranno preventivamente validati attraverso le misure in-situ (stazioni fisse, campagne di misura periodiche e ad-hoc) che fanno parte della rete osservativa C-CEMS⁵. I risultati delle simulazioni numeriche permetteranno di identificare delle

5 In particolare la velocità delle correnti marine calcolata attraverso il processo di steering tra il modello DELFT3D-FLOW e SWAN verrà confrontata con i dati acquisiti dal correntometro ADP (Acoustic Doppler Profiler), posizionato sul fondo all'interno di una struttura Barnacle. L'altezza del moto ondoso stimata attraverso il modello SWAN sarà validata con quella misurata dall'ondametro posizionato in corrispondenza dell'imboccatura portuale. Infine la torbidità e il tasso di sedimentazione ottenute con il modello DELFT3D-WAQ verranno confrontate con i dati satellitari, con le registrazioni delle stazioni fisse di qualità dell'acqua e con campagne di misura ad-hoc (trappole per sedimento). In questa prima fase il dominio di calcolo comprende una zona vasta che si estende dal Promontorio dell'Argentario a nord fino a Capo d'Anzio a sud e si estende nella zona a largo fino alla batimetrica dei - 500 m. All'interno di questa area verrà costruita una griglia di calcolo curvilinea alle differenze finite che avrà una maggiore risoluzione (circa 100 m) lungo il tratto di costa compreso tra Punta S. Agostino e S. Marinella in cui

macroaree all'interno di questo tratto di costa che saranno potenzialmente adatte ad ospitare le nuove talee di *Posidonia oceanica*. I processi dinamici di queste zone saranno analizzate con maggior dettaglio nella fase successiva al fine di determinare le microaree in cui il reimpianto avrà la massima probabilità di successo.

Gli studi modellistici finalizzati all'identificazione delle macroaree saranno integrati attraverso l'analisi di immagini telerilevate. Sarà infatti possibile rilevare e mappare la distribuzione della *Posidonia oceanica* presente nei fondali all'interno della zona eufotica (sino al massimo di 20m in funzione delle condizioni della colonna d'acqua), attraverso l'applicazione di tecniche di remote sensing (Borfecchia et al. 2013). I dati pregressi (Bonamano et Al. 2016) e le informazioni da “remote sensing” relativi alle caratteristiche dei posidonieti naturali verranno integrati (verificati) con indagini di campo al fine di appurare il persistere di caratteristiche idonee al reimpianto.

In questa fase si devono anche identificare aree di “bianco” da utilizzare come riferimento per verificare eventuali evoluzioni del posidonieto naturale rispetto al reimpiantato.

Le praterie da restaurare individuate saranno anche caratterizzate geneticamente allo scopo di conoscere il pool genico di partenza su cui valutare l'aumento di variabilità genetica nel corso del tempo. Questo set di dati sarà un fondamentale punto di riferimento per il monitoraggio periodico che verrà effettuato per la valutazione del successo del reimpianto che prevederà oltre che misure di densità anche analisi genetiche. In questo modo si potrà intervenire in modo mirato per il mantenimento di un elevato polimorfismo genetico che garantisce il successo del reimpianto a lungo termine.

Microzonazione

Le aree a mesoscala potenzialmente adatte ad ospitare le nuove talee di *Posidonia oceanica*, individuate nella fase precedente, saranno analizzate con maggior dettaglio per definire in maniera più accurata le aree di prelievo talee e i siti destinati al restauro. Per le aree a bassa profondità una analisi preliminare prevederà l'analisi di immagini telerilevate ad elevata risoluzione spaziale, che consentono anche di osservare anche alcune caratteristiche descrittive qualitative delle aree ospiti (Borfecchia et Al. 2013).

Nei siti selezionati verranno quindi effettuate analisi delle caratteristiche geomorfologiche, sedimentologiche, idrologiche e idrodinamiche; nella colonna d'acqua analisi chimico-fisiche, di intensità della luce, trasparenza, ossigeno disciolto, salinità, temperatura, pH, carico di nutrienti e particolato sospeso (organico e inorganico) e nella *Posidonia* analisi dei descrittori fisiografici,

si trovano i SIC IT6000005 e IT6000006 interessati dalle attività di reimpianto.

strutturali e funzionali della prateria⁶. Per quanto attiene alla distribuzione spaziale della velocità sul fondo, della torbidità e del tasso di sedimentazione, l'analisi verrà effettuata innanzitutto dal punto di vista modellistico, grazie al processo di downscaling che permette di ottenere una elevatissima risoluzione (10 m) in corrispondenza delle zone occupate dagli hot spot⁷. In questo modo è possibile definire, all'interno delle aree preselezionate (vedi paragrafo precedente), alcune microaree in cui i valori di velocità sul fondo, torbidità e tasso di sedimentazione sono idonei per il posizionamento di nuove talee di *Posidonia oceanica*. Per ognuno dei tre parametri viene definito un valore soglia oltre il quale si assume che il reimpianto abbia scarse probabilità di successo. Al fine di avere una distribuzione rappresentativa dei tre parametri in corrispondenza delle aree a mesoscala preselezionate, le simulazioni dei modelli del pacchetto DELFT3D avranno una durata non inferiore ad un anno. Sulla base dei risultati delle simulazioni numeriche, verrà messo a punto un nuovo indice sintetico che integrerà i parametri (stressori) calcolati dal modello analizzando l'intensità, la durata e la frequenza con cui vengono superati i valori soglia.

Saranno valutate le differenze genetiche a piccola scala nelle aree potenzialmete adatte ad ospitare le talee delle piante che presentano una elevata frammentazione. Questo secondo step verrà utilizzato a conferma della diversità genetica ricercata ed ipotizzata dalle osservazione e misure fisico-biologiche effettuate in situ.

9.2.2 *Sperimentazione reimpianto*

Questa attività ha lo scopo di verificare sperimentalmente l'idoneità dei siti destinati a ricevere le talee prima di effettuare l'attività di restauro.

I risultati degli interventi di riforestazione con fanerogame marine, sino ad oggi effettuati, infatti sono stati molto differenti (Calumpong e Fonseca, 2001; Short et al., 2002; Orth et al., 2006) e, a causa dell'elevato costo, la migliore identificazione del sito da destinare al reimpianto rappresenta sicuramente un elemento fondamentale da tenere in considerazione ai fini del successo del trapianto (Fonseca et al., 1998).

Come molte volte sottolineato, l'intero tratto di costa è caratterizzato da forzanti meteomarine che assumono particolare intensità in alcuni periodi dell'anno e da un aumento progressivo della torbidità che si è verificato ed osservato negli ultimi 20 anni; queste grandezze giuocano un ruolo

6 Densità dei fasci fogliari e percentuale di copertura, fenologia, produzione di biomassa fogliare e dei rizomi.

7 Nel processo di downscaling le soluzioni del modello a grande scala vengono utilizzate per definire le condizioni iniziali e al contorno del modello a scala di dettaglio in cui verranno riprodotti i processi dinamici ad un'elevata risoluzione spaziale e temporale.

strategico, nella selezione delle aree di intervento (vedi paragrafi precedenti). Viste le peculiarità dell'area, dopo aver preselezionato e caratterizzato micro-aree da destinare al restauro, assume fondamentale importanza una fase di sperimentazione di minimo un anno durante la quale verrà testato un piccolo impianto pilota per verificare l'idoneità del sito ed il rateo di crescita in funzione anche delle forzanti meteomarine, sedimentologiche ed idrologiche (dinamica e torbidità).

Nelle microaree definite nel paragrafo precedente saranno utilizzate diverse tecniche di reimpianto in funzione dei livelli energetici e della tipologia di substrato. Le tecniche utilizzate faranno riferimento al manuale ISPRA 106/2014 e ad eventuali altre tecniche già sperimentate con successo negli ultimi anni non riportate nel succitato manuale.

Si terrà conto delle sperimentazioni già effettuate per quanto riguarda la selezione delle talee da trapiantare; i rizomi plagiotropi danno migliori risultati (74-76% di sopravvivenza media) rispetto a quelli ortotropi (30-60%) e mostrano una crescita più rapida (Meinesz et al., 1992 ; Molenaar et al., 1993 ; Piazzini et Cinelli, 1995 ; Piazzini et al., 1998, 2000), risultano però meno disponibili all'interno della prateria.

La stagione in cui verrà effettuato il reimpianto, infine, sarà scelta sulla base delle caratteristiche delle talee: primavera per rizomi plagiotropi (tasso medio di sopravvivenza del 92% dopo 3 anni), autunno per i rizomi ortotropi (tasso medio di sopravvivenza del 45 %) (Molenaar, 1992 ; Meinesz et al., 1992).

9.2.3 Realizzazione vasche per sperimentazione

Al fine di analizzare e stabilire i parametri di mantenimento e crescita ottimale in ambiente controllato della *Posidonia oceanica*, verranno realizzate una serie di vasche la cui funzione sarà quella di effettuare attività sperimentali e di ricerca. Il sistema conterrà moduli e componenti intercambiabili che consentiranno di simulare differenti flussi e sistemi di illuminazione, e sarà dedicata esclusivamente alla sperimentazione su *Posidonia oceanica* e in particolare a diverse modalità di mantenimento e/o piantumazione. La sperimentazione di alcune tecniche (es.: germinazione dei semi) si potrà avvalere anche dell'utilizzo di alcune delle vasche più piccole che verranno realizzate (vedi capitolo sperimentazione coralligeno). Sulla base dei risultati ottenuti verranno realizzate le vasche più grandi dove effettuare il mantenimento delle talee.

9.2.4 Test in vasche di sperimentazione e redazione dei protocolli

Questa attività ha lo scopo di supportare le attività di compensazione prendendo spunto da quanto già testato in altri ambiti e/o progetti e mettendo a punto protocolli sperimentali nuovi. Si vuole contribuire così alla ricerca che si effettua nel settore, anche se la sperimentazione di tecniche di riproduzione e crescita di talee all'interno della vasca ha come obiettivo principale la messa a punto di protocolli di mantenimento e di reimpianto di talee di *Posidonia oceanica* da utilizzare nel progetto.

I problemi che si dovranno affrontare sono quindi:

- come mantenere il più elevato numero di talee di *Posidonia oceanica* proveniente dal sito di dragaggio;
- programma di recupero e mantenimento in vasca di talee spiaggiate (questa attività viene anche integrata da programmi di sensibilizzazione e gestione delle banquette sulle spiagge);
- germinazione di semi e crescita di nuove piante (In Spagna sono state effettuate sperimentazioni di restauro delle praterie di *Posidonia oceanica* mediante la messa a dimora di plantule ottenute da semi naturali con ottimi risultati).

In questa fase preliminare verranno analizzati i principali parametri che influenzano la crescita della pianta, come temperatura, flusso idraulico (intensità e modalità), nutrienti, substrato, intensità luminosa. Inoltre, verrà stabilita la massima densità di allevamento (numero talee/m²), per garantire lo sfruttamento ottimale delle vasche. La sperimentazione terrà conto dei parametri vitali della pianta, per ottimizzare tempi e modalità di mantenimento. Verranno inoltre monitorate in continuo le percentuali di natalità, mortalità e accrescimento dei fasci fogliari.

Una fase successiva alla costruzione consiste nello studio delle dinamiche di attecchimento e crescita in vasca delle piante. L'accesso alla sperimentazione sarà garantito a tutti i ricercatori che vorranno effettuare esperimenti in ambiente controllato.

Uno dei principali obiettivi della fase sperimentale è quello di stilare protocolli di monitoraggio, mantenimento e manutenzione da applicare nel corso del progetto. La messa a punto di protocolli potrà contribuire a fornire conoscenze utili per stabilire una metodologia standard che possa essere applicata a livello europeo in successive azioni di restauro ambientale o compensazione. Nella predisposizione dei protocolli si terrà conto delle caratteristiche e dei parametri chimico-fisici dell'area nella quale la prateria dovrà essere reimpiantata, per garantire al massimo il comfort vitale per le talee durante l'intero ciclo di produzione e per adattare le condizioni di coltura alle specifiche condizioni ambientali necessarie per il reimpianto in mare.

9.2.5 Realizzazione vasche mantenimento

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto di vasche finalizzate al mantenimento in vivo delle talee provenienti dal sito di espanto e dal programma di recupero delle talee spiaggiate o rimaste impigliate nelle reti da pesca. Si stima sulla base di esperienze pregresse⁸ di realizzare 4 grandi vasche (dalle dimensioni circa di 4x1 m) che verranno proporzionate e gestite sulla base dei risultati provenienti della vasca sperimentale (vedi paragrafi precedenti). In particolare le condizioni di flusso e illuminazione verranno standardizzate in base ai protocolli sviluppati che permetteranno anche di garantire il monitoraggio degli impianti e delle talee. Nelle vasche-vivaio per tutta la durata del progetto verranno ospitate le talee da porre successivamente a dimora.

9.2.6 Isolamento di un'area a bassa energia in località “La Frasca” da utilizzare per sperimentazione in ambiente naturale

“La Frasca” è un'area idonea alla sperimentazione in ambiente naturale, sia da un punto di vista logistico, sia da un punto di vista biologico. La struttura a terrazzi di questa costa permette infatti l'isolamento di un settore utile allo studio dei parametri vitali delle piante in ambiente semi-naturale e la presenza di praterie ben strutturate testimoniano il fatto che si tratti di un ambiente dalle caratteristiche ecologiche idonee alla vita e sopravvivenza della pianta.

La sperimentazione prevede la delimitazione di un settore di fondale idoneo alla crescita della *Posidonia oceanica* di circa 100 m² nel quale verranno inserite un congruo numero di talee mediante l'ausilio di operatori subacquei. Il settore verrà isolato attraverso la costruzione di un perimetro rettangolare delimitato da cime ancorate al substrato e segnalato con l'ausilio di boe superficiali. Le talee provenienti dall'area di espanto saranno inserite nel perimetro nei mesi di settembre/ottobre, e saranno monitorate per circa 4 anni dalla piantumazione.

9.2.7 Protocolli Posidona attività in situ

Al termine delle attività preliminari del progetto si prevede la redazione di una serie di protocolli sperimentali da utilizzare durante le fasi realizzative del progetto. Questi protocolli verranno aggiornati periodicamente sulla base dei risultati delle attività sperimentali. L'approccio generale si

⁸ Durante il progetto START (Sviluppo di una Tecnologia Ambientale per la Ricostruzione e la Tutela delle praterie sottomarine di *Posidonia* - TCT srl di Brindisi, Legambiente Puglia, Regione Puglia) è stato realizzato un sistema artificiale per la coltivazione della *Posidonia oceanica*, in grado di riprodurre in ambiente controllato le condizioni ottimali di crescita delle piante, ospitando circa 1500 talee.

basa sulle metodologie di gestione identificate nel quaderno Natura 2000-2008, 01/24 e su quanto suggerito dal manuale ISPRA (2014) per la messa a punto di una strategia decisionale sito-specifica e per la caratterizzazione e valutazione del sito e della prateria ricevente e donatrice. Al fine quindi di massimizzare i risultati, i protocolli verranno redatti sulla base dell'analisi dell'area, sia di espianto che di reimpianto, tenendo conto dei risultati degli studi pregressi e di quelli preliminari e dell'analisi a microscala di cui ai paragrafi precedenti.

Per quanto infine attiene alle tecniche di reimpianto si sceglierà fra le metodologie a disposizione, analizzate dal manuale ISPRA (2014), quella che assicurerà, le maggiori probabilità di successo nell'area, optando per un intervento di restauro del posidonieto in sofferenza, piuttosto che per un reimpianto di aree di grandi dimensioni. Questo approccio tiene conto in linea generale, dei risultati ottenuti dai precedenti interventi di restauro/reimpianto, e delle caratteristiche dinamiche ed ecologiche necessarie alla buona riuscita dell'intervento. Si prevede quindi di predisporre una serie di protocolli relativi alle attività di progetto che, in prima istanza saranno relativi a: valutazione del posidonieto naturale; selezione aree di espianto e reimpianto; metodi di trasporto e conservazione delle talee; recupero talee spiaggiate; coltura in ambiente semi-naturale (Frasca); monitoraggio.

9.2.8 Recupero e messa a dimora talee

Il programma si articola in funzione della consistenza numerica e della provenienza delle talee. Le talee prelevate direttamente dai posidonieti saranno raccolte da operatori subacquei nei siti di espianto, selezionate e messe a dimora nel minor tempo possibile. Le operazioni di messa a dimora delle talee verranno effettuate gradualmente nei periodi dell'anno più favorevoli all'attecchimento.

Nel caso si renda necessario utilizzare posidonieti donatori distanti, o nel caso di imprevisti o che le condizioni al contorno lo richiedano, verranno utilizzate le vasche realizzate (e i protocolli messi a punto) come “tampone” per il periodo necessario. Le operazioni subacquee verranno effettuate solamente da personale altamente qualificato. Le talee saranno espiantate a mano, trasportate nel sito di mantenimento e quindi messe a dimora.

Inoltre, le talee ancora vitali che vengono trattenute accidentalmente dalle reti da pesca o che raggiungono le spiagge, verranno recuperate grazie ad un programma a medio e lungo termine finalizzato al restauro del posidonieto sulla base delle tecniche sperimentali messe a punto.

Durante questo periodo verranno anche messe a dimora le plantule germinate da semi. A tale proposito si cercherà la massima collaborazione con istituti di ricerca nazionali e mediterranei al fine di recuperare il massimo numero di semi da molte aree differenti e molto distanti fra loro.

La strategia adottata si basa su diversi principi: il primo è quello di garantire maggiori probabilità di successo programmando le attività di campo nel migliore dei modi ed utilizzando personale esperto, il secondo è quello di diluire nel tempo l'intervento/interventi su una serie di piccole aree per garantire la possibilità di intervenire in corso d'opera adottando quegli accorgimenti volti a ottenere sempre il miglior risultato possibile; inoltre la possibilità di adottare e sperimentare differenti tecniche rappresenta una ulteriore garanzia di successo; infine il monitoraggio e la manutenzione costanti che verranno effettuati sulle aree di impianto garantiranno la possibilità di evidenziare e intervenire repentinamente sui protocolli adottati nell'ottica di massimizzare i risultati.

9.2.9 Boe ancoraggio diporto e sub

Al fine di limitare i danni che gli ancoraggi delle piccole imbarcazioni provocano agli ambienti marini sensibili, una delle azioni di gestione e conservazione degli habitat prioritari, è la realizzazione di sistemi di ancoraggio per le imbarcazioni da diporto e per i diving. Verranno quindi installati sistemi di protezione consistenti in boe di ormeggio in corrispondenza degli habitat selezionati in modo da contribuire alla loro protezione. Queste agevolazioni per l'ormeggio, eviteranno in genere frantumazione ed erosione del fondale, e, nel caso della *Posidonia oceanica*, l'asportazione di porzioni di matte.

Nel dettaglio, saranno scelti sistemi di ancoraggio che impediscano il trascinarsi e che abbiano un impatto ambientale minimo in funzione della natura del substrato. Per i fondali sabbiosi dell'habitat 1120 *Praterie di Posidonia – *Posidonia oceanica* è suggerito l'utilizzo di fondazioni a vite o corpi morti, (si veda Management of Natura 2000 habitats *Posidonia beds (*Posidonia oceanica*)).

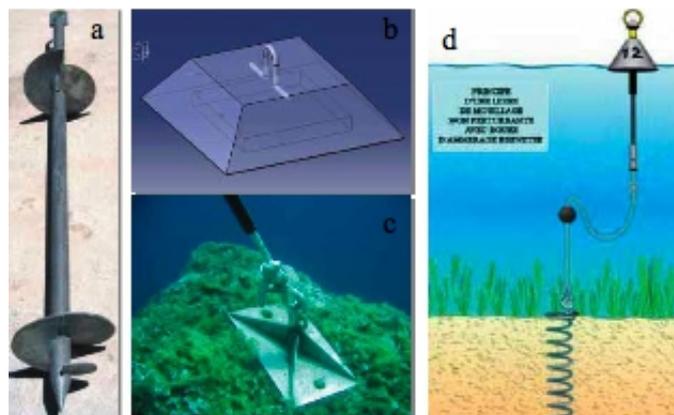


Fig. 51 Esempio delle differenti tipologie di boe riportate dal Management of Natura 2000 habitats *Posidonia beds, a seconda della differente tipologia di substrato

Le boe di ormeggio potranno inoltre essere equipaggiate con telecamere subacquee al fine di operare un controllo costante delle aree, anche in funzione delle attività di reimpianto degli organismi. Sistemi simili sono stati adottati nelle protette di Capo Carbonara (Cagliari) e le Cinque Terre (La Spezia) a dimostrazione dell'efficacia nel campo del turismo sostenibile.

Le associazioni ed i diving coinvolti nell'attività di compensazione, come già descritto in precedenza, parteciperanno alle operazioni di manutenzione e gestione delle boe di ormeggio con diverso grado di impiego.

9.2.10 Barriere e blocchi antistrascico: identificazione dei siti e messa in opera

Questa attività ha lo scopo di contribuire a combattere la pesca illegale che a volte interessa gli habitat a *Posidonia oceanica* e che viene identificata dal “Technical report UE 2008 01/24 Management of Natura 2000 habitats (*Posidonia oceanica*)” come una delle azioni di conservazione prioritarie per la salvaguardia dei posidonieti. In particolare verranno posizionati alcuni massi/strutture artificiali che potranno essere inoltre utilizzati come deterrente per la pesca illegale, completando l'intervento del “LIFE Poseidon” realizzato nella zona a Nord di Civitavecchia.

Analogamente andrà valutato, successivamente allo studio preliminare ad alta risoluzione, il possibile utilizzo di strutture artificiali al fine di favorire le condizioni ottimali per la crescita di *Posidonia oceanica* in prossimità di praterie preesistenti.

Queste saranno posizionate in relazione alle forzanti idrodinamiche e alle praterie di *Posidonia* che maggiormente hanno sofferto l'aumento di energia idrodinamica legato all'aumento di eventi intensi (in questa maniera si contribuirà, seppure in maniera limitata, a diminuire uno degli effetti dei cambiamenti climatici sulle praterie).

Contestualmente verrà valutata la possibilità di utilizzare gli stessi reef artificiali posizionati nell'area di interesse anche per favorire il ripopolamento del coralligeno (vedi capitolo seguente).



Fig. 52 Esempio di tetrapode installato durante il progetto Life Poseidone

9.3 Attività e metodi: compensazione del Coralligeno

Questa attività si pone come obiettivo principale quello di compensare la perdita di biodiversità marina, con riferimento all'habitat 1170 Coralligeno della Direttiva Habitat (92/43/EEC). In particolare gli obiettivi sono:

- identificazione e descrizione della distribuzione ed estensione dell' habitat 1170 nel contesto marino interessato direttamente e indirettamente dalla realizzazione della Darsena Energetico Grandi Masse;
- caratterizzazione delle aree a particolare pregio naturalistico (hot spots);
- realizzazione di una struttura di recupero delle specie di coralligeno utilizzata per il successivo reinserimento in situ di specie di particolare interesse e valore naturalistico prelevate dalla zona che verrà dragata e delle specie raccolte dagli scarti di pesca (bycatch);
- coinvolgimento diretto della flotta pescherecci di Civitavecchia nelle attività di recupero delle specie di coralligeno; le specie verranno recuperate dagli scarti di pesca e saranno allevate nella struttura di recupero per poi essere successivamente reintrodotte in situ ottenendo al contempo una mitigazione dei potenziali danni all'habitat derivanti dalle attività alieutiche;
- installazione di boe di ormeggio e dispositivi (infrastrutture Blu) al fine di proteggere dal danneggiamento diretto i substrati delle aree hot spots individuate;
- messa in opera di substrati artificiali che, posizionati in siti studiati come idonei, verranno utilizzati come substrati per la ricolonizzazione.

Di seguito vengono riportate nel dettaglio le attività previste in questa opera di compensazione.

9.3.1 Caratterizzazione 'hot spots'

Gli hot spot identificati grazie ai dati pregressi saranno caratterizzati e studiati in maniera approfondita (con particolare dettaglio nell'individuazione delle aree con presenza di *Corallium rubrum*). Verrà quindi effettuato uno studio preliminare al fine di valutare l'esatta posizione, l'estensione e caratterizzazione dei popolamenti di coralligeno presenti. Lo studio preliminare permetterà di catalogare le specie presenti al fine di eseguire un'analisi comparativa con i recuperi da eseguire attraverso le campagne di bycatch dei pescherecci.

9.3.2 Realizzazione vasche per la sperimentazione

Verranno realizzate 18 piccole vasche dove poter effettuare esperimenti di conservazione ed eventualmente riproduzione di specie bentoniche, arredando questo ambiente con banconi, strumenti e quanto serve ai fini sperimentali. Queste vasche serviranno anche per gli scopi del capitolo successivo, con particolare riferimento al *Corallium rubrum*.

Le attività di ricerca riguarderanno la fisiologia delle diverse specie considerate, testando la risposta degli organismi in differenti condizioni di illuminazione, nutrienti e idrodinamismo. In particolare questa attività ha lo scopo di supportare le attività di compensazione replicando attività già testate in altri ambiti e/o progetti e contribuendo in modo essenziale alla messa a punto dei protocolli sperimentali da utilizzare nel progetto.

9.3.3 Test in vasche di sperimentazione e redazione dei protocolli

Come per la Posidonia, questa attività ha lo scopo di supportare le attività di compensazione attraverso la sperimentazione di tecniche di riproduzione e crescita di talee all'interno di vasche e la messa a punto di protocolli sperimentali per il mantenimento e il reimpianto del coralligeno da utilizzare nel progetto. La messa a punto di protocolli potrà contribuire a fornire conoscenze utili per stabilire una metodologia standard che possa essere applicata a livello europeo in successive azioni di restauro ambientale o compensazione.

9.3.4 Realizzazione vasche mantenimento

Realizzare sistemi e strutture di conservazione e sostentamento delle specie che poi verranno reintrodotte negli habitat naturali e in quelli artificiali, come siti di conservazione in mare.

Questa attività prevede la predisposizione di un Centro di Mantenimento per le specie di coralligeno: verranno installate vasche di mantenimento delle specie di coralligeno con lo scopo di raccogliere, monitorare e nutrire le specie da recuperare. Tali specie verranno prelevate attraverso diverse campagne di bycatch per mezzo di pescherecci al fine di recuperare gli organismi. Le vasche saranno organizzate in due gruppi:

- vasche di prima accoglienza: con lo scopo di catalogare gli individui recuperati e monitorare lo stato vitale nel tempo.

- vasche di recupero: vasche in cui verranno trasferiti gli organismi in buone condizioni al fine di preparare le azioni di reinserimento.

Le attività di nutrizione delle specie raccolte nelle vasche saranno eseguite utilizzando sia bioreattori sia prodotti industriali.

9.3.5 Programma “bycatch recovery”

Questa attività consiste nel recupero delle specie del coralligeno catturate accidentalmente durante la pesca. La pesca infatti è spesso effettuata in zone con presenza di habitat coralligeno. La rimozione accidentale di frammenti di coralli comporta la cattura di molti organismi sessili tipici di questa biocenosi come gorgonie (*Eunicella cavolini*, *Eunicella singularis*, *Paramuricea clavata*), corallo rosso (*Corallium rubrum*), madrepora (*Cladocora cespitosa*), Esacoralli (*Caryophyllia smithii*, *Lophelia pertusa*) ed echinodermi (*Astrospartus mediterraneus*). Questi organismi, caratterizzati da una struttura ad albero, rimangono intrappolati nella maglia delle reti da pesca, e una volta in porto, vengono liberati e scartati. Le specie riconducibili all'habitat 1170 rappresentano circa il 5% della pesca di scarto, in aumento di circa il 10% nei mesi di maggio e giugno, quando l'azione di pesca si rivolge principalmente alla cattura di decapodi come le aragoste. In tabella 21 sono riportate le specie raccolte durante le attività di pesca per l'area di Civitavecchia con indicazioni circa la frequenza e le abbondanze di cattura accidentale.

Species	S. Marinella 3/7/16	S. Marinella 10/7/16	Capo Linaro 16/7/16	S. Marinella 21/7/16	Capo Linaro 26/7/16	S. Marinella 2/8/16	S. Marinella 7/8/16	Capo Linaro 18/8/16	S. Marinella 23/8/16	S. Marinella 28/8/16
<i>Eunicella cavolini</i>	7	8	3	12	2	13	7	10	3	14
<i>Eunicella singularis</i>	1	5	1	5	1	7	5	0	1	5
<i>Leptogorgia sp.</i>	3	8	7	14	3	18	6	15	2	12
<i>Paramuricea clavata</i>	0	1	0	2	0	1	0	0	0	3
<i>Cladocora caespitosa</i>	2	2	2	5	0	3	4	0	0	4
<i>Corallium rubrum</i>	0	1	0	0	0	2	0	0	3	0
<i>Alcyonium palmatum</i>	4	9	9	10	3	7	1	5	7	0
TOT	17	34	22	48	10	51	23	30	16	38
Coral Fragments	2	6	1	5	0	3	3	0	6	4

Tabella 21 Elenco delle specie presenti negli scarti di pesca nella flotta dell'area di Civitavecchia

Il recupero delle specie provenienti dal bycatch sarà effettuato a bordo della flotta locale di pescherecci. Le specie recuperate dagli scarti saranno utilizzate per il reinserimento nelle vasche di stabulazione al fine di ottenere una doppia mitigazione del danno alla biocenosi, integrando l'attività di recupero dell'habitat del coralligeno con l'impatto accidentale diretto delle attività di pesca in essere nell'area di intervento.

9.3.6 Messa in opera di substrati artificiali dedicati

Questa attività prevede la realizzazione ed installazione di strutture artificiali al fine di favorire il naturale ripopolamento delle specie di coralligeno. Tali strutture possono essere installate anche ad integrazione di strutture portuali preesistenti.

Verranno utilizzati dei reef artificiali costituiti però da materiali naturali. Verranno installati una serie di reef artificiali (del tipo reefball) per ogni area corrispondente agli hot spot individuati, per un totale di 50 reefball nell'intera area di progetto. La messa in opera dei reefball in ogni sito sarà preceduto da indagini preliminari utili al corretto posizionamento delle strutture, tenendo anche conto delle caratteristiche idrodinamiche, morfologiche e sedimentologiche dei siti. Ogni reefball utilizzato produce un'area di reimpianto utile pari a circa 18 m² per uno sviluppo totale di circa 900m² suddivisi per i 4 hot spot. Per favorire le fasi di colonizzazione e le fasi di sviluppo degli

organismi reimpiantati i reefball saranno attrezzati con coral colonization kits costituiti da superfici idonee all'attecchimento e alla crescita degli organismi.

Il dimensionamento dei reef artificiali tiene conto del flusso di organismi ricavato dalle attività di recupero tramite bycatch ed inoltre assicura un'area supplementare per la crescita naturale degli organismi biocostruttori.

Al termine della messa in opera delle strutture seguirà un periodo di circa un mese utile alla stabilizzazione dei reefball sul substrato. Durante questa fase verranno eseguite campagne di monitoraggio, mediante utilizzo di operatori scientifici subacquei, al fine di controllare la stabilità e il corretto posizionamento.

Le strutture del tipo reefball sono state utilizzate con successo in diverse parti del mondo, in ambiente di barriera di reef naturale e mangrovie, per un totale di oltre mezzo milione di strutture (<http://www.reefball.org/>).

In Italia sono state utilizzate a scopi di ripopolamento ittico, protezione dall'erosione e dallo strascico in Adriatico settentrionale (http://reefballitalia.com/portfolio_page/adriatic-reef/). Il presente progetto costituisce il primo esempio di applicazione dei reefball per ripopolamento di organismi associati ad ambiente di coralligeno e precoralligeno in Italia.



Fig. 53 Reef ball installato sul fondale marino

9.3.7 Reintroduzione in ambiente

Questa attività consiste nella reintroduzione delle specie di corallo sia sui reef artificiali che nelle aree naturali identificate (hot spots).

Le tecniche di reintroduzione dovranno tener conto delle dimensioni e del peso delle rocce coralligene recuperate dagli scarti di pesca. In generale la maggior parte dei frammenti recuperabili non sono di piccole dimensioni e raramente è possibile recuperare singoli coralli. Per frammenti di grandi dimensioni, un esempio interessante presente in letteratura è il progetto condotto dall'Università di Rhode Island in cui i coralli sono stati fissati al substrato per mezzo di cavi inerti di nylon. Il progetto ha previsto il coinvolgimento di associazioni diving e di volontariato per il posizionamento dei coralli e ha dimostrato la relativa semplicità della tecnica e il basso costo delle operazioni. Un altro esempio interessante, che prevede l'utilizzo di nursery alimentate da siti di prelievo naturali, è il progetto di Coral Recovery eseguito nelle Virgin Islands e in Florida

(Forrester et Al. 2010). Altri approcci al reimpianto sono invece basati su tecniche miste, con l'utilizzo sia di attività di reimpianto in situ sia di attività di reimpianto su reef artificiali (Abelson, 2006). Esempi di reimpianto di singole specie sono presenti soprattutto in relazione ad attività di recupero del *Corallium rubrum*. Le tecniche di recupero e reinserimento in questo caso sono basate su due possibili approcci ovvero la creazione di reef artificiali da posizionare a profondità opportune in cui operare il reimpianto di colonie prelevate in siti naturali e il recupero di frammenti di colonie attraverso tagli operati da subacquei specializzati.

Per le attività di compensazione relative alla Darsena Energetico Grandi Masse verranno prese in considerazione diverse tecniche di fissaggio del coralligeno salvato anche in funzione della dimensione dei frammenti di rocce recuperati. In generale i frammenti più grandi verranno fissati utilizzando la tecnica con i cavi di nylon. Altri frammenti verranno fissati sui reef artificiali. Le attività saranno comunque basate sul coinvolgimento delle associazioni e dei diving locali al fine di garantire la partecipazione di volontari alle attività di ripopolamento. Nel caso di recupero di singoli piccoli coralli, il reimpianto sarà effettuato applicando adesivi bi-componenti inerti (Ecotech coral glue Aqua medic, Germany, Reef Construct, Aqua Medic®), attraverso l'uso di operatori subacquei qualificati. La scelta di utilizzare reef artificiali sarà valutata, in questo caso, in funzione delle caratteristiche dei substrati e in funzione dell'ubicazione degli hot spot.

9.3.8 Protocolli Coralligeno attività in situ

Al termine delle attività preliminari del progetto si prevede la redazione di una serie di protocolli sperimentali da utilizzare durante le fasi realizzative del progetto. Questi protocolli verranno aggiornati periodicamente sulla base dei risultati delle attività sperimentali. Come per la Posidonia, per massimizzare i risultati, i protocolli verranno redatti sulla base dell'analisi dell'area, sia di espianco che di reimpianto, tenendo conto dei risultati degli studi pregressi e preliminari.

9.3.9 Boe ancoraggio diporto e sub

Al fine di limitare i danni che gli ancoraggi delle piccole imbarcazioni provocano agli ambienti marini sensibili, una delle azioni di gestione e conservazione degli habitat prioritari, è la realizzazione di sistemi di ancoraggio per le imbarcazioni da diporto e per i diving. Verranno quindi installati sistemi di protezione consistenti in boe di ormeggio in corrispondenza degli habitat selezionati in modo da contribuire alla loro protezione. Queste agevolazioni per l'ormeggio,

eviteranno in genere frantumazione ed erosione del fondale e nel caso del coralligeno contribuiranno a limitare la graduale perdita di biodiversità in seguito alla graduale distruzione dell'habitat causato prevalentemente dagli ancoraggi sugli hot spots.

Nel dettaglio, saranno scelti sistemi di ancoraggio che impediscano il trascinamento e che abbiano un impatto ambientale minimo in funzione della natura del substrato. Per i fondali sabbiosi dell'habitat 1120 *Praterie di Posidonia – *Posidonia oceanica* è suggerito l'utilizzo di fondazioni a vite o corpi morti, (si veda Management of Natura 2000 habitats *Posidonia beds (*Posidonia oceanica*)). Per i fondali rocciosi dell'habitat 1170 Scogliere è suggerito l'utilizzo di “grouted anchor” (si veda Misure di Conservazione dei SIC della Regione Lazio) Le boe di ormeggio potranno inoltre essere equipaggiate con telecamere subacquee al fine di operare un controllo costante delle aree, anche in funzione delle attività di reimpianto degli organismi. Sistemi simili sono stati adottati nelle protette di Capo Carbonara (Cagliari) e le Cinque Terre (La Spezia) a dimostrazione dell'efficacia nel campo del turismo sostenibile.

Le associazioni ed i diving coinvolti nell'attività di compensazione, come già descritto in precedenza, parteciperanno alle operazioni di manutenzione e gestione delle boe di ormeggio con diverso grado di impiego.

9.4 Attività e metodi: compensazione delle specie protette: *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum*

Di seguito vengono riportate nel dettaglio le attività previste in questa opera di compensazione.

9.4.1 Caratterizzazione e censimento

Questa attività ha la finalità di fornire un quadro conoscitivo della distribuzione ed abbondanza delle specie *Corallium rubrum* e *Pinna nobilis* nell'area di studio necessario per le successive fasi di recupero degli individui e reintroduzione in ambiente naturale.

Relativamente alla specie *Corallium rubrum*, le attività consisteranno nel dettagliare e nel caso integrare il censimento effettuato dall'Autorità Portuale nel corso degli studi eseguiti per la VINCA. In particolare le attività integrative riguarderanno lo svolgimento di campagne in situ svolte da operatori subacquei che valuteranno l'estensione della popolazione di *Corallium rubrum* presente nel sito denominato "Scoglio del corallo" allo scopo di determinare il numero di colonie presenti, la loro dimensione ed il loro stato di salute.

Per quanto riguarda la caratterizzazione ed il censimento degli esemplari di *Pinna nobilis*, verrà effettuata una campagna integrativa per la valutazione della distribuzione ed ubicazione della specie nelle aree interessate dal dragaggio per la DEGM. In particolare, verranno censiti gli individui potenzialmente impattati che verranno catalogati per ubicazione ed indici biometrici (Katsanevakis, 2005).

9.4.2 Identificazione siti di reinserimento

In seguito ad un'attenta analisi del settore di costa verranno selezionate una o più aree con caratteristiche fisiche, idrodinamiche e biologiche simili al sito di prelievo. I siti per il reimpianto degli esemplari sarà selezionato tenendo in considerazione la batimetria, la tipologia del fondale e la natura dei sedimenti che sono ritenuti i parametri più influenti per la crescita e sopravvivenza della specie in ambiente naturale.

Per una caratterizzazione ottimale dell'area verranno anche analizzate:

- biocenosi bentoniche e fauna associata;
- esposizione alla luce;
- caratteristiche fisico chimiche.

9.4.3 Recupero individui

Facendo seguito alla fase di sperimentazione (una volta messi a punto e testati adeguati protocolli), al fine di assicurare le massime possibilità di successo, si provvederà, per quanto attiene la *Pinna nobilis*, a prelevare il massimo numero di individui dai siti impattati direttamente per garantirne la sopravvivenza, mentre per quanto attiene il *Corallium rubrum* a recuperare il maggior numero di individui provenienti dalle campagne di *bycatch*.

Pinna nobilis

I prelievi verranno effettuati nell'area impattata dal dragaggio da personale subacqueo qualificato mantenendo inalterata la struttura del bisso, al fine di poter garantire la sopravvivenza dell'animale al successivo reimpianto.

Il recupero degli individui verrà svolto attraverso l'utilizzo di tecniche di espianto in base alla natura del substrato⁹.

Al momento del prelievo, per gli esemplari prelevati vivi e con bisso integro, sarà misurata larghezza e lunghezza delle valve, al fine di ottenere una classificazione in classi età mantenuta durante il trapianto (Katsanevakis, 2005).

Il trasporto avverrà mediante vasche di plastica termostate e dotate di areatore portatile; alcuni organismi saranno conservati in vasche sperimentali in laboratorio per effettuare studi di monitoraggio sul tasso di crescita e di riproduzione.

Corallium rubrum

Per quanto attiene questa specie, non essendo direttamente impattata dalle attività di dragaggio previste dalle diverse opere, le opere di compensazione saranno volte principalmente al recupero, mantenimento e reimpianto degli individui provenienti dal programma *bycatch* e alla tutela di siti di

9 Si sintetizzano di seguito le principali tecniche di prelievo e messa a nuova dimora degli individui di *Pinna nobilis*:
Tecnica di estrazione da prateria di Posidonia oceanica. Consiste nello scavare intorno alla base del mitile evitando di danneggiare il bisso.

Tecnica di estrazione da matre morta. Il prelievo è relativamente semplice in quanto il bisso solitamente è più saldamente fissato alle valve.

Tecnica di estrazione da fondale roccioso. L'estrazione da questo tipo di fondale è la più problematica in quanto difficilmente non si reca danno all'individuo.

Tecnica di estrazione da fondale a Maërl. Essendo la struttura di queste formazioni algali non fissata, l'estrazione dei mitili risulta abbastanza semplice. Al di sotto della copertura algale, la granulometria dei sedimenti è generalmente grossolana con un grado di compattazione che rende l'estrazione rapida.

Tecnica di estrazione da fondale fangoso. In questo caso si può estrarre senza difficoltà il bivalve prestando attenzione ad eventuali legami con fibre vegetali e/o gusci che potrebbero danneggiare il bisso.

particolare valore ecologico (hot spot) attraverso l'installazione di boe per l'ormeggio delle imbarcazioni da diporto e diving.

9.4.4 *Mantenimento e adattamento*

Per il mantenimento degli esemplari di *Corallium rubrum* verrà allestito un impianto di stabulazione ed allevamento composto da 4 vasche di circa 1000 litri ciascuna in cui le colonie prelevate saranno mantenute per un periodo di circa 30 giorni in ambiente controllato.

Le vasche di mantenimento saranno dotate di sistemi di controllo automatizzati dei parametri di crescita (temperatura, pH, nutrienti disciolti, intensità luminosa ecc..) allo scopo di realizzare un protocollo di mantenimento standard utile alle successive operazioni di allevamento e recupero. Durante tale periodo verrà monitorato in continuo lo stato di salute delle colonie al fine di selezionare gli organismi più resistenti ed idonei al reimpianto.

A differenza del *Corallium rubrum*, gli esemplari di *Pinna nobilis* verranno reimpiantati entro poche ore dal prelievo direttamente nei siti identificati. Al fine di minimizzare gli stress provocati dalle operazioni di prelievo, gli organismi prelevati verranno trasportati mediante vasche di plastica termostate dotate di areatore portatile.

9.4.5 *Reintroduzione in ambiente*

Esemplari di *Pinna nobilis* possono essere reintrodotti in habitat differenti rispetto al sito di prelievo, anche durante la stagione riproduttiva o quando gli individui sono in “reposing status”. Per la reintroduzione viene considerato il grado di sepoltura, che può variare a seconda della tipologia di substrato (circa metà della lunghezza totale della valva deve essere immersa), e l'orientamento delle valve rispetto al verso della corrente. La reintroduzione, che verrà effettuata applicando tecniche presenti in letteratura, con particolare riferimento a Caronni et al. 2007, prevede di impiantare gli esemplari nel verso della corrente con il bisso e circa 1/3 delle valve immersi nel substrato. Ciascun esemplare reimpiantato verrà segnalato e georeferenziato. Saranno annotate le coordinate del punto di reimpianto (per singolo individuo) al fine di controllare nel tempo le condizioni dell'esemplare ed il successo della tecnica. Al fine di poter monitorare in seguito l'andamento della popolazione, gli esemplari vengono etichettati con etichette in plastica attaccate ad essi con un filo di nylon. Dati presenti in letteratura attestano una sopravvivenza pari a circa il 75% degli esemplari.

Il reinserimento degli esemplari di *Corallium rubrum* in ambiente naturale nelle aree identificate verrà effettuato in seguito al periodo di mantenimento ed adattamento su substrati sia artificiali che naturali. Il reimpianto del corallo avverrà mediante due differenti approcci:

- messa in opera di substrati artificiali da posizionare alle profondità idonee alla crescita delle colonie. Tali grotte, ripopolate con esemplari raccolti in natura, ne permettono lo sviluppo e la riproduzione e favoriscono l'insediamento di nuove colonie;
- posizionamento ed ancoraggio al substrato mediante mastice bicomponente ad opera di operatori subacquei.

9.5 Monitoraggio delle attività di compensazione

La messa a punto di un sistema di monitoraggio dei risultati dei diversi interventi di compensazione integrato con lo studio delle componenti ambientali dell'area di intervento rappresenta un punto di forza di questo progetto ed un contributo fondamentale alla comprensione dell'evoluzione degli habitat in funzione delle componenti dinamiche e degli stressori antropici nell'area di studio.

Da un lato quindi è prevista la predisposizione ed il controllo di tutte le opere di compensazione: attività relative alla *Posidonia oceanica*, al coralligeno, alla *Pinna nobilis* e al *Corallium rubrum*. Dall'altro sarà messo in campo un sistema di monitoraggio finalizzato alla mitigazione e al controllo degli effetti diretti e indiretti delle attività portuali, in particolare dei dragaggi, sugli ecosistemi marini limitrofi.

Il monitoraggio avverrà a scale spaziali e temporali differenti a seconda dell'attività specifica e sarà svolto attraverso un approccio multidisciplinare che include misure in-situ, effettuate attraverso stazioni fisse o periodiche campagne di monitoraggio, osservazioni satellitari e modelli numerici.

La buona riuscita delle attività di reimpianto infatti dipende principalmente da fattori fisici come la velocità della corrente sul fondo, che può scalzare le strutture o le singole unità reimpiantate, e i processi di sedimentazione, che possono provocare fenomeni di ricoprimento provocandone la morte. Per questo motivo è di fondamentale importanza analizzare le caratteristiche biotiche e abiotiche degli habitat, con particolare attenzione al campo idrodinamico e la dinamica dei sedimenti ad un'adeguata scala spaziale e temporale. Bisogna infatti studiare nel dettaglio i fenomeni che caratterizzano la zona costiera di interesse all'interno della quale verranno selezionate le aree utili per i diversi reimpianti.

Il sistema di monitoraggio da implementare si avvarrà ovviamente della rete osservativa C-CEMS (Civitavecchia Coastal Environment Monitoring System), sviluppata dal Laboratorio di

Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina (LOSEM), che permette di analizzare con elevata risoluzione spaziale e temporale i processi fisici ed ecologici che avvengono lungo la zona costiera di Civitavecchia (Bonamano et al., 2016, Bonamano et al., 2015, Zappalà et al., 2014, Marcelli et al., 2013, Marcelli et al., 2011)¹⁰.

La rete osservativa C-CEMS può essere quindi impostata per definire i pattern di distribuzione spaziale e temporale degli stressori (idrodinamismo, torbidità e tasso di sedimentazione) a cui sono soggetti gli organismi reimpiantati, integrando le informazioni relative ad ogni variabile all'interno di un indice sintetico che tiene conto dell'intensità, della frequenza e della durata dello stress.

Questa attività integrata e continua di monitoraggio rappresenta la base per una corretta gestione del sistema costiero nel quale il Porto di Civitavecchia si colloca come uno degli elementi antropici più rilevanti.

La prima mitigazione dell'impatto delle opere sull'ambiente si sviluppa proprio a partire dalla conoscenza dell'evoluzione dell'ambiente naturale e del contributo che gli interventi compensativi forniscono alla conservazione degli habitat naturali.

Nel contesto infatti della recente politica ambientale europea, la Direttiva quadro 2008/56/CE sulla strategia per l'ambiente marino (MSFD), recepita in Italia con il d.lgs. n. 190 del 13 ottobre 2010, impone agli Stati membri il raggiungimento del buono stato ambientale (GES, 'Good Environmental Status') entro il 2020, al fine di ridurre l'impatto che le pressioni antropiche esercitano sulle acque marine attraverso una strategia integrata che analizzi le variazioni, naturali e non, dei principali descrittori dell'ecosistema marino. In quest'ottica, il sistema C-CEMS verrà implementato ed ottimizzato per l'analisi dei descrittori 2 (specie non indigene) 5 (eutrofizzazione), 7 (condizioni idrografiche), 8 (concentrazioni dei contaminanti) e 11 (fonti sonore sottomarine) della MSFD.

In particolare, ad integrazione delle componenti C-CEMS già esistenti, verrà installata una stazione sottomarina, capace di effettuare profili in colonna d'acqua ad intervalli programmabili per la misura delle principali variabili chimiche, fisiche e bio-ottiche, nonché per la misura delle caratteristiche acustiche.

Di seguito vengono riportate nel dettaglio le attività previste in questa opera di compensazione.

¹⁰ La rete C-CEMS include misure in-situ, effettuate attraverso stazioni fisse o periodiche campagne di monitoraggio, osservazioni satellitari e modelli numerici. Le componenti della rete C-CEMS interagiscono tra loro per trasferire dati (attraverso i processi di input e validazione) da osservazioni in-situ e satellitari ai modelli numerici allo scopo di raggiungere una risoluzione spaziale e temporale sufficiente per analizzare i processi legati alla dinamica costiera.

9.5.1 Monitoraggio reimpianto *Posidonia oceanica*

Le attività di monitoraggio avranno come obiettivo il controllo periodico dello stato di salute delle praterie reimpiantate.

Sarà fondamentale un monitoraggio flessibile in grado di adattarsi alla tempistica del progetto. In particolare, con il progredire delle attività di restauro ed essendo previste anche attività di recupero di talee spiaggiate, piantumazione da semi e attività sperimentali, il monitoraggio della *Posidonia oceanica* reimpiantata si adatterà agli interventi effettuati. Le attività di monitoraggio riguarderanno ovviamente oltre le aree reimpiantate anche il posidonieto naturale in modo da verificare le eventuali variazioni dovute ai cambiamenti ambientali. Le attività di monitoraggio si estenderanno temporalmente per tutta la durata del progetto mentre le attività di reimpianto termineranno in ogni caso il 7° anno di progetto, in modo da consentire un monitoraggio di almeno tre anni sulle ultime talee reimpiantate.

Saranno inoltre previste campagne periodiche per la caratterizzazione della colonna d'acqua e dei sedimenti, al fine di monitorare le variazioni nella torbidità e nei tassi di sedimentazione e di raccogliere dati utili alla validazione dei dati satellitari e dei modelli matematici.

Infine, durante l'ultimo anno di progetto, saranno monitorate le barriere antistrascico posizionate negli anni precedenti.

9.5.2 Monitoraggio reimpianto coralligeno

Le attività di monitoraggio sono essenziali per valutare l'efficacia del reinserimento dei substrati e degli organismi in ambiente naturale. A tal fine saranno effettuate valutazioni quali-quantitative sia delle colonie e dei substrati reintrodotti che delle porzioni di coralligeno naturale presenti nel sito al fine di descrivere gli effetti del reimpianto sulle popolazioni naturali ed osservare l'evoluzione della biocenosi.

Nelle fasi di monitoraggio, oltre all'analisi dei parametri di crescita e sopravvivenza delle colonie, sarà descritta l'evoluzione e le modificazioni subite della comunità associata con particolare attenzione alle specie macrozoobentoniche (epibentoniche e endobentoniche) e alle macroalghe incrostanti mediante visual census e photosampling. Nelle porzioni di coralligeno reimpiantate si descriveranno inoltre le nuove fasi di colonizzazione del substrato ad opera delle specie pioniere, l'evoluzione della fauna macrozoobentonica incrostante (briozoi e anthozoi) ad esso associato, la

presenza di specie aliene e lo stato di conservazione delle gorgonie (crescita e presenza ed effetto di epibiosi) (Garrabou et al. 2014, Zapata et al. 2013, Ballesteros 2006).

Saranno inoltre previste campagne periodiche per la caratterizzazione della colonna d'acqua e dei substrati, al fine di monitorare le variazioni nella torbidità e nei tassi di sedimentazione e di raccogliere dati utili alla validazione dei dati satellitari e dei modelli matematici.

9.5.3 Monitoraggio reimpianto *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum*

Le attività di questo programma riguarderanno specificamente il monitoraggio del tasso di sopravvivenza degli organismi di *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum* reimmessi nell'ambiente e delle caratteristiche ecologiche dei siti selezionati per la loro reintroduzione. Il monitoraggio quindi comprenderà aree permanenti e transetti per evidenziare alterazioni della struttura e della composizione delle popolazioni presenti e per analizzare i principali fattori abiotici (idrodinamismo, torbidità) che ne determinano la sopravvivenza.

9.5.4 Messa in opera della Stazione fissa di Monitoraggio

Ad integrazione delle componenti C-CEMS già esistenti, verrà installata una stazione sottomarina, capace di misurare in continuo le variabili chimiche, fisiche e bio-ottiche della colonna d'acqua, cui saranno aggiunte misure acustiche, al fine di caratterizzare il rumore subacqueo e incrementare la conoscenza di una sorgente di potenziali impatti che può avere effetti sull'ecosistema marino (Ketten 2004, Nowacek et al. 2007, Slabbekoorn et al. 2010, André et al. 2011). Ad oggi questi studi nel Mar Mediterraneo sono ancora carenti e limitati ad alcune aree marine protette delle Isole Pelagie (la Manna et al. 2014), all'Area Marina Protetta di Portofino (Giorli et al. 2015) e al santuario dei cetacei (Marcelli 2008).

La stazione sottomarina sarà integrata, insieme alle osservazioni satellitari ad alta risoluzione (Sentinel, Landsat), all'interno della rete osservativa C-CEMS, al fine di rispondere in modo integrato e completo agli obiettivi della MSFD, attraverso l'acquisizione dei dati utili allo studio dei descrittori precedentemente riportati.

Verranno inoltre messi a punto procedure e algoritmi per rendere operativi i sistemi previsionali (modelli matematici) che costituiranno parte integrativa del sistema di “early warning system”, in modo di consentire la messa a punto di un sistema di gestione volto alla mitigazione degli effetti delle attività portuali sugli ecosistemi marini limitrofi.

Questo consentirà di avere una maggiore risoluzione spaziale e temporale dei fenomeni dinamici costieri e quindi di incrementare il set di dati in input per i modelli di previsione utilizzati dalla rete osservativa.

9.5.5 Avvio e messa a regime del sistema integrato di monitoraggio

Al termine delle attività di messa in opera delle nuove componenti della rete osservativa C-CEMS, i dati forniti verranno utilizzati per l'analisi delle variazioni dei fattori ambientali che condizionano la sopravvivenza e l'adattamento degli organismi nelle aree selezionate per il reimpianto.

Il programma integrato di monitoraggio, una volta avviato, si prolungherà per tutta la durata del progetto al fine di analizzare nel dettaglio l'evoluzione dei popolamenti reimpiantati in ambiente naturale, con particolare attenzione allo studio dell'interazione tra fattori abiotici e processi biologici.

9.5.6 Messa in opera di un "early warning system"

L'obiettivo di questa attività è quello di predisporre un "Early Warning System" che sia in grado di minimizzare i ratei di sedimentazione e la dispersione spaziale del plume derivante dalle attività di dragaggio portuale rendendo trascurabili gli impatti sugli habitat e sulle specie di riferimento.

L'effetto delle operazioni di dragaggio sulle specie e sugli habitat sensibili presenti nell'ambiente marino costiero dipende fortemente dalle condizioni idrodinamiche che presentano, nelle aree costiere, un'elevata variabilità spaziale e temporale. Le misure adottate per mitigare tali effetti devono quindi tener conto della dinamicità del sistema attraverso una gestione e una pianificazione delle attività di dragaggio che preveda l'utilizzo di sistemi di previsione. In questo modo sarà possibile minimizzare gli impatti sul comparto biologico programmando tempestivamente i periodi in cui dovranno essere sospesi e/o ridotti i lavori per non mettere a rischio lo stato di salute degli habitat e delle specie analizzate.

Uno degli approcci più utilizzati dalla comunità scientifica internazionale è quello di impiegare un Early Warning System (EWS), che attraverso dati di previsione e modelli numerici, riesce a prevedere, a distanza di due/tre giorni, la concentrazione di materiale dragato all'interno dei SIC IT6000005 e IT6000006 in cui sono presenti gli habitat e le specie prioritari. In questo modo sarà possibile valutare tempestivamente gli impatti potenziali attraverso l'indice D3I (Dredging Indirect Impacts Index), che è stato messo a punto durante lo studio "Analisi dei potenziali effetti prodotti

dalle attività di dragaggio su specie e habitat prioritari presenti nei SIC IT6000005 e IT6000006” realizzato nella fase di screening.

L'EWS comprende le seguenti fasi:

1. assimilazione all'interno dei modelli idrodinamici (DELFT3D-FLOW e SWAN) dei dati d'onda e di vento calcolati da sistemi meteorologici previsionali a grande scala (European Centre Medium Weather Forecast (ECMWF) e Skiron Forecasting System);
2. previsione del campo di velocità delle correnti marine e della propagazione del moto ondoso a distanza di due/tre giorni nell'area in cui sono presenti i due SIC analizzati;
3. previsione relative alla dispersione e alla sedimentazione del sedimento dragato (DELFT3D-WAQ) nell'area occupata dai due SIC;
4. calcolo dell'indice D3I per valutare l'impatto potenziale prodotto dalle operazioni di dragaggio sulle specie e sugli habitat prioritari;
5. trasmissione di un bollettino contenente i risultati dello scenario di previsione al CED (Centro Elaborazione Dati) dell'Autorità Portuale di Civitavecchia;
6. gestione e programmazione preventiva delle attività di dragaggio.

L'EWS verrà messo a punto in modo da rendere automatico l'intero processo che va dall'assimilazione dei dati all'interno dei modelli numerici, alla trasmissione dei bollettini contenenti le previsioni degli impatti potenziali sui SIC al CED dell'Autorità Portuale di Civitavecchia, che sarà in grado quindi di programmare preventivamente l'eventuale sospensione e/o riduzione delle operazioni di dragaggio.

9.6 Azioni di tutela e comunicazione

Il successo di una compensazione inerente opere di così grande rilievo, in un'area dove gli usi multipli della fascia costiera si sovrappongono, necessita di un largo consenso da parte degli altri soggetti che operano nello stesso ambiente (pesca, divings, nautica, etc.) e della popolazione e, inoltre, di supporto da parte delle istituzioni (Regione, Comune, Guardia costiera, etc.) e della comunità scientifica.

Diviene fondamentale supportare inoltre le attività di gestione ambientale, interagendo con gli altri Enti, in particolare con la Regione Lazio e il Comune di Civitavecchia, e contribuendo al mantenimento degli habitat prioritari, che nella zona di Civitavecchia sono rappresentati dai due SIC IT6000005 e IT6000006 a “*Posidonia oceanica*”, per i quali la Regione Lazio ha recentemente

redatto i relativi piani di gestione: “Misure di conservazione del SIC IT6000005” e “Misure di conservazione del SIC IT6000006”¹¹.

In particolare questo progetto prevede attività che andranno a contribuire sia alle voci che la Regione elenca fra i “Divieti e obblighi” che in quelle relative a “Interventi attivi e azioni da incentivare”.

Questa attività si sviluppa quindi a differenti livelli e in funzione dei tre obiettivi di compensazione e tutela: *Posidonia oceanica* (habitat 1120* Praterie di Posidonia - Posidonion oceanicae), coralligeno (habitat 1170 Scogliere) e specie protette (*Pinna nobilis* e *Corallium rubrum*).

9.6.1 Coinvolgimento diving e associazioni

Le attività saranno orientate al coinvolgimento, a livello locale, di associazioni attivamente impegnate nella salvaguardia dell’ecosistema marino, di strutture attrezzate per le escursioni subacquee e delle cooperative di pesca presenti. Il coinvolgimento sarà di tipo “attivo”, con l’individuazione di risorse, anche a carattere di volontariato, per la predisposizione di azioni concrete, integrate alle finalità degli interventi di compensazione esposti, volte alla sensibilizzazione nella popolazione locale delle problematiche inerenti la salvaguardia e la gestione dell’ambiente marino costiero ed all’ottimizzazione dei diversi usi della fascia costiera.

Inoltre verranno selezionati anche i soggetti ai quali verrà demandata la gestione delle boe di ormeggio installate nei diversi siti selezionati.

9.6.2 Programma pesca responsabile

Dal secondo anno di attività è previsto il coinvolgimento diretto della Cooperativa di Pesca di Civitavecchia nella stesura di un programma di pesca responsabile al fine di integrare tale attività con il piano di recupero del bycatch per il reimpianto delle specie di coralligeno. Il programma integrerà dei protocolli di pesca nel comparto marittimo di Civitavecchia che tengano conto delle priorità stabilite per la salvaguardia degli habitat considerati.

Nel corso delle attività di compensazione verrà predisposto un protocollo d’intesa con la Cooperativa della Pesca di Civitavecchia al fine di predisporre programmi di controllo attivo della

11 Si citano i documenti della Regione Lazio: L’obiettivo generale di conservazione e gestione del SIC IT6000005 “Fondali tra Punta S. Agostino e Punta della Mattonara” (e del SIC IT6000006 “Fondali tra Punta Pecoraro e Capo Linaro”), è quello di garantire la conservazione degli habitat e delle specie di fauna e flora di interesse comunitario presenti e della biodiversità in generale, mantenendo o laddove necessario ripristinando gli equilibri biologici in atto, preservando il ruolo ecologico-funzionale complessivo del sito stesso nell’ambito della Rete Natura 2000, ai sensi dell’art. 2 della Direttiva 92/43/CEE.

fascia costiera da parte della flotta pescherecci coinvolta. Le azioni anti pesca illegale, in accordo con quanto disposto dal Regolamento CE 1005/2008, dovranno essere concordate a livello di gestione regionale con il coinvolgimento del GAC Lazio settentrionale.

9.6.3 Realizzazione centro educativo Marino

Nelle strutture che verranno utilizzate per l'installazione delle vasche di recupero, verrà predisposto un "Centro Educativo Marino" che avrà lo scopo di:

- organizzare le visite guidate alle strutture di recupero e in situ;
- predisporre le attività di informazione nelle scuole del comprensorio;
- gestire un sito web che raccoglierà, in forma divulgativa, le informazioni tecnico-scientifiche sull'area costiera di Civitavecchia.

L'Autorità Portuale di Civitavecchia Fiumicino e Gaeta sosterrà attività divulgative inerenti le azioni di compensazione, che coinvolgano i mezzi di comunicazione locali (Tv, stampa, internet) in cooperazione con il Centro.

Al fine di ampliare le conoscenze scientifiche storiche e culturali in ambito locale, le informazioni e i dati (rilievi fotografici, elaborazione cartografica, filmati ecc.) che verranno ottenuti nell'esecuzione delle attività di compensazione saranno integrate organicamente con iniziative già in atto, predisposte dall'Autorità Portuale di Civitavecchia, Fiumicino e Gaeta, per la costituzione, presso la struttura del Forte Michelangelo, di una struttura museale ("Museo del Mare").

9.6.4 Azioni sensibilizzazione e scuole

Creazione di un sistema di divulgazione (portale) per i ragazzi di Civitavecchia sull'importanza degli ecosistemi marini attraverso infrastrutture educazionali e museali. Inoltre verranno attivati iniziative volte a:

- sensibilizzare la comunità locale, con particolare riferimento alle nuove generazioni, al rispetto dell'ambiente marino e in particolare alla conoscenza degli habitat 1120* e 1170 attraverso la programmazione di attività educative che prevedano il diretto coinvolgimento degli studenti del comprensorio nel progetto;
- Indicare le "best practices" e le migliori azioni concrete per la protezione della biodiversità marina e dell' habitat nel quadro della definizione di un sistema di gestione sostenibile che possa essere di

diretto interesse per l'Autorità Portuale di Civitavecchia, il Comune di Civitavecchia, la Regione Lazio e i Gruppi di Azione Costiera (GAC).

Negli istituti scolastici del territorio verranno inoltre predisposte azioni di sensibilizzazione alle problematiche inerenti l'ecologia marina, la gestione delle risorse e i principi di conservazione.

Tali azioni saranno basate sul coinvolgimento diretto attraverso un programma di attività divulgative da svolgersi anche in situ. Saranno inoltre programmate visite guidate nelle strutture adibite al recupero delle specie e degli habitat, facendo riferimento come sopra indicato al “Centro Educativo Marino”, anche in considerazione dell'istituzione delle strutture relative al Museo del Mare.

9.6.5 Convegni

Verranno programmati, con cadenza annuale, una serie di convegni scientifici e divulgativi a carattere nazionale e internazionale che avranno cadenza annuale, finalizzati al coinvolgimento della comunità scientifica ed alla divulgazione dei risultati.

10. CONCLUSIONI

IMPATTI DIRETTI

Al fine di riassumere quanto precedentemente dettagliato, di seguito vengono quantificati gli impatti relativi ad ogni opera sugli habitat e specie considerati e vengono riassunte e stimate le opere di compensazione, tutela e mitigazione proposte.

I Lotto Funzionale

Habitat 1120* Facies “Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di *Posidonia oceanica*”

Superficie dell’habitat ha 10,24

Copertura media 15%

Superficie equivalente di *Posidonia oceanica* ha **1,53**

Habitat 1120* “*Posidonia oceanica*” su matte o matte morte

Superficie dell’habitat ha 2,80

Copertura media 55%

Superficie equivalente di *Posidonia oceanica* ha **1.54**

Habitat 1170 Scogliere - Coralligeno

Superficie dell’habitat ha **0**

Specie *Pinna nobilis* (codice 1028)

Densità media stimata 1 individuo ogni 240 m²

Totale individui presenti stimati compreso fra **35 e 94**

Specie *Corallium rubrum* (codice 1001)

Non rilevata

DEGM

Habitat 1120* Facies “Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di *Posidonia oceanica*”

Superficie dell’habitat ha 49,1

Copertura media 15%

Superficie equivalente di *Posidonia oceanica* ha **7,35**

Habitat 1120* “*Posidonia oceanica*” su sabbia e matte o su matte e matte morta

Superficie dell’habitat ha 7,9

Copertura media 55%

Superficie equivalente di *Posidonia oceanica* ha **4,4**

Habitat 1170 Scogliere - Coralligeno

Superficie dell’habitat ha **3,50**

Specie *Pinna nobilis* (codice 1028)

Densità media stimata 1 individuo ogni 240 m²

Totale individui presenti stimati compreso fra **105 e 265**

Specie *Corallium rubrum* (codice 1001)

Non rilevata

II Lotto Funzionale

Habitat 1120* Facies “Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di *Posidonia oceanica*”

Superficie dell’habitat ha 5,08

Copertura media 0,83%

Superficie equivalente di *Posidonia oceanica* ha **0,04**

Habitat 1120* “*Posidonia oceanica*” su matte o matte morte

Superficie dell’habitat ha 0,76

Copertura media % 18,8

Superficie equivalente di *Posidonia oceanica* ha **0,14**

Habitat 1170 Scogliere - Coralligeno

Non presente

Specie Pinna nobilis (codice 1028)

Non rilevata

Specie Corallium rubrum (codice 1001)

Non rilevata

TOTALE IMPATTI

Habitat 1120* Facies “Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di *Posidonia oceanica*”

Superficie dell’habitat ha 59,34

Copertura media 15%

Superficie equivalente da *Posidonia oceanica* ha **8,92**

Habitat 1120* “*Posidonia oceanica*” su matte o matte morte

Superficie dell’habitat ha 10,7

Copertura media 55%

Superficie equivalente *Posidonia oceanica* ha **6,08**

Habitat 1170 Scogliere - Coralligeno

Superficie dell’habitat ha **3,50**

Specie *Pinna nobilis* (codice 1028)

Densità media stimata 1 individuo ogni 240 m²

Totale individui presenti stimati compreso fra **140 e 359**

Specie *Corallium rubrum* (codice 1001)

Non rilevata

ATTIVITA' DI COMPENSAZIONE

Premessa

Con lettera del 22/01/2015 viene dato seguito al precontenzioso di cui al Pilot 6007/14/ENVI.

La Commissione presieduta da Ion Codescu ritiene necessario “*svolgere una nuova VINCA e a definire nuove misure compensative*” indicando le date di inizio e di fine VINCA e indicando “*le date a partire dalle quali sarà avviata l’attuazione delle nuove misure compensative*”.

Per quanto attiene alle specie e agli habitat potenzialmente oggetto di impatti egli comunica che la VINCA dovrà valutare gli effetti su “*le specie e gli habitat, che pur non essendo menzionati nel formulario Natura 2000, potrebbero di fatto essere presenti nel sito (come ad esempio l’habitat 1170 ‘Scogliere’)*”

Nella stessa relazione la Commissione ritiene necessario che le Autorità italiane si impegnino a:

- “*designare 222 ha dell’habitat prioritario 1120* “Posidonion oceanicae” da aggiungere alla rete Natura 2000*” ed inoltre sottolineano che, a prescindere dalle nuove misure compensative che scaturiranno dalla VINCA, si ritiene che il “*trapianto di 2 ettari sia del tutto insufficiente*”; e che “*considerate le difficoltà, le incertezze, i costi e i tempi estremamente lunghi che comporta la creazione ex novo di un habitat 1120**

- designare come ZSC il sito (SIC IT6000005) e “*dotarlo di appropriati obiettivi e misure di compensazione ...*”. A tale fine specifica: “*anche la mera protezione dal degrado non sembra essere assicurata*” e quindi specifica “*gli obiettivi e le misure di compensazione dovrebbero essere sufficientemente ambiziosi e coerenti con l’esigenza che il sito contribuisca in maniera adeguata al miglioramento dello stato di conservazione generale dell’habitat 1120* in Italia*”. A tale fine indica anche le modalità di procedere: “**occorrerà tenere in debito conto anche il documento della commissione “Management of Natura 2000 habitats* Posidonion oceanicae, e l’esperienza maturata tramite progetti LIFE**” quali ‘Life Poseidone’ e LIFE 2006 ‘Co.Me.Bi.s’.

Con riferimento alla documentazione citata, è stata effettuata **una ricerca approfondita su progetti di tutela (compresi tutti i LIFE finanziati nel Mediterraneo) e conservazione, e sugli interventi di compensazione** riguardanti gli habitat interessati dalle opere, in particolare l’habitat 1120* e l’habitat 1170 (per questo habitat la ricerca è stata estesa a livello mondiale) ed inoltre riguardanti le specie direttamente e potenzialmente colpite. Sono state tenute in considerazione anche le misure di tutela intraprese nelle Aree Marine Protette italiane con habitat simili alle aree di intervento.

Nell'impostazione degli interventi particolare attenzione è stata prestata quindi ai seguenti documenti ed elaborati:

- *Quaderno Natura 2000* (Díaz-Almela e Duarte, Technical Report 2008 01/24);
- linee guida recepite in Italia dal quaderno Natura 2000 del Ministero dell'Ambiente: "Le Misure di Compensazione nella direttiva Habitat" (Giarratano, Eleuteri, Scalchi, Tartaglino, Divisione II DPNM – Tutela della Biodiversità, 2014);
- quaderno ISPRA 106/2014.

In particolare le attività di compensazione proposte perseguono le stesse finalità di conservazione previste dalla Regione Lazio, come esplicitato nelle Misure di Conservazione dei Siti di Importanza Comunitaria (SIC) marini IT6000005 e IT6000006, finalizzate alla designazione delle Zone Speciali di Conservazione (ZSC) (Deliberazione 5 luglio 2016, n. 369, pubblicato sul BUR Lazio n. 57 del 19.07.2016), ai sensi della Direttiva 92/43/CEE (Habitat) e DPR 357/97.

Si ritiene quindi inoltre opportuno sottolineare che:

- le mutate caratteristiche climatiche dell'area, a causa delle quali sono andati distrutti nel 2011 (18 dicembre) addirittura 30 m di antimurale, generano la necessità di approfonditi studi meteomarini a livello di microscala prima di effettuare le attività previste nel progetto;
- l'impostazione sperimentale e la durata del progetto assicurano la riuscita degli interventi prevedendo una continua azione di monitoraggio, manutenzione e assestamento degli interventi sperimentali;
- è previsto il coinvolgimento diretto di associazioni naturalistiche subacquee, diving e mondo della pesca, al fine di garantire ulteriormente la riuscita degli interventi e la continuità delle azioni;
- interventi pregressi che hanno previsto la creazione ex novo di habitat 1120* hanno portato ad un sostanziale fallimento della strategia.

Le informazioni sullo stato e caratteristiche degli habitat in questione sono state raccolte mettendo insieme set di dati provenienti da numerosi studi e attività di ricerca che sono state effettuate a partire dagli inizi degli anni '80 da: Regione Lazio, ISPRA (prima ICRAM), Autorità Portuale, LOSEM dell'Università della Tuscia, CONISMA, ENEL.

Il dimensionamento degli interventi di compensazione si basa su differenti considerazioni:

- mettere in atto azioni estese di tutela e conservazione per gli habitat e le specie colpite, facendo riferimento alla strategia suggerita dalla Commissione presieduta da Ion Codescu, in particolare alle linee guida Natura 2000;
- ripristinare le funzioni ecologiche e i servizi ecosistemici degli habitat impattati, proporzionando gli interventi in funzione delle perdite dei servizi ecosistemici stessi (computati secondo i metodi proposti dal Millennium Ecosystem Assessment) per un tempo di 10 anni, necessario al naturale recupero delle funzioni ecosistemiche sottratte;
- le azioni previste nel progetto sono coordinate con le misure di conservazione definite dalla competente Regione Lazio e che coinvolgeranno il mondo della pesca e le Autorità marittime, favorendo la crescita della Blue Growth;
- il valore economico degli interventi è superiore al computo dei valori dei servizi ecosistemici degli habitat per le superfici sottratte moltiplicando tale valore per il tempo di 10 anni, che sono quelli ritenuti necessari a recuperare le funzioni ecologiche a seguito di interventi di tutela;
- interventi di tutela analoghi sono stati adottati in numerose AMP italiane.



Azioni di compensazione habitat 1120* *Posidonia oceanica*

1) n. 100 blocchi e/o barriere “antistrascico” per 4,9 km lineari che proteggeranno:

- **409,91 ha** Habitat 1120* Facies “Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di *Posidonia oceanica*” con copertura media di Posidonia al 15%, per una **superficie equivalente di Posidonia di 61,49 ha**

- **95,71 ha** Habitat 1120* “*Posidonia oceanica*” su matte e sabbia e su matte e matte morta, con copertura media di Posidonia al 55%, per una **superficie equivalente di Posidonia di 52,65 ha**

2) n. 50 boe di ormeggio che tuteleranno:

- **95,71 ha** (stessi di cui sopra) Habitat 1120* “*Posidonia oceanica*” su matte e sabbia e su matte e matte morta, con copertura media di Posidonia al 55%, per una **superficie equivalente di Posidonia di 52,65 ha**

3) Attività di restauro a carattere sperimentale che comprende creazione di stabulari, recupero e messa a dimora di talee dalla prateria che verrà distrutta (secondo metodi manuale Natura 2000 e manuale ISPRA):

3000 m² che consentiranno di restaurare tratti di prateria, ricreando una superficie continua di **6,08 ha** di *Posidonia oceanica*, ripristinando così in pieno tutte le funzioni ecologiche dei 6.08 ha danneggiati.

Numero di talee reimpiantate negli interventi di restauro **90.000**

Numero di talee e piante reimpiantate a manutenzione ed arricchimento genico **9.000**

In particolare:

Il restauro verrà effettuato in differenti radure sabbiose della dimensione massima di 200m², formatesi a seguito di azioni meccaniche che hanno danneggiato la Posidonia, innescando talvolta fenomeni erosivi, per una superficie complessiva di 3000 m².

Le aree di intervento sono identificate alle profondità idonee per il reimpianto (fra 8 e 14 m di profondità). Il principio che guida il restauro è di “operare su superfici limitate (massimo 200-300 m²) quali gli apparati erosivi delle matte causati da ancoraggi o da attività di pesca” (Fresi 2001).

Nelle praterie selezionate sono state individuate superfici di radure sabbiose idonee in un rapporto con la superficie totale di 1:20 (cioè per ogni m² di radura reimpiantata si recuperano 20 m² continui di prateria di *Posidonia oceanica*).

Di conseguenza, l'intervento proposto, mediante il reimpianto di talee nelle radure sabbiose, per una **superficie totale di 3000m², restaurerà circa 6,08 ha di superfici continue di Posidonia**, recuperandone tutte le funzioni ecologiche.

Inoltre e' previsto di intervenire con **altre 9000 talee negli anni successivi** al fine di creare arricchimento genico, mantenere gli impianti, effettuare possibilmente un aumento della superficie restaurata.

Azioni di compensazione habitat 1170* Scogliere - Coralligeno

- 1) L'azione di tutela **n. 100 blocchi e/o barriere "antistrascico"**, di cui all'Habitat 1120*, tutelerà anche le aree di coralligeno sottese, per una superficie pari a **23,1 ha** dell'habitat tutelato
- 2) **n. 40 boe di ormeggio che tuteleranno 23,1 ha di coralligeno**, con particolare riferimento agli hot spot
- 3) **Recupero individui coralligeno tramite il programma *Bycatch-recovery*** (e ove possibile dall'area di dragaggio) a fini di reimmissione su superfici naturali e artificiali per un totale di **circa 6000 organismi**
- 4) **n. 50 reef artificiali per la ricolonizzazione di una superficie di 900 m²**
- 5) **Nuove infrastrutture portuali per la ricolonizzazione naturale di una superficie di 2,52 ha.**

Azioni di compensazione Specie *Pinna nobilis* (codice 1028)

Spostamento dall'area di dragaggio del 20% degli individui stimati.

La specie gode degli interventi di tutela messi in atto per l'habitat 1120* *Posidonia oceanica*.

Azioni di compensazione Specie *Corallium rubrum* (codice 1001)

Recupero e messa a dimora di tutti gli esemplari trovati durante il programma *bycatch-recovery*.

La specie gode degli interventi di tutela messi in atto per l'habitat 1170* Scogliere - Coralligeno.

11. COSTI PRESUNTI DELLE MISURE COMPENSATIVE

Cronoprogramma delle attività e costi

START		17-07-01 01 July 2017												COSTI PRESUNTI	TOTALE PROGETTO
		2017(6mesi)	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027			
Attività preliminari e di supporto		9.1												€ 360,000.00	€ 5,175,000.00
	Progettazione esecutiva e autorizzazioni	9.1.1													
	Ristrutturazione locali e impiantistica	9.1.2													
	Impianti idraulici vasche impianto depurazione impianto refrigerazione	9.1.3													
	Gestione stabulari vasche e laboratori	9.1.4													
Compensazione Posidonia oceanica (PO)		9.2												€ 1,605,000.00	
	Integrazione studi preliminari	9.2.1													
	Sperimentazione reimpianto	9.2.2													
	Realizzazione vasche per sperimentazioni	9.2.3													
	Test in vasche di sperimentazione e protocolli	9.2.4													
	Realizzazione vasche mantenimento PO	9.2.5													
	Sperimentazione in ambiente a bassa energia	9.2.6													
	Protocolli PO sito	9.2.7													
	Recupero e messa a dimora talee	9.2.8													
	Boe ancoraggio diporto e sub Posidonia	9.2.9													
	Barriere e blocchi antistrascico: stitizzazione e messa in opera	9.2.10													
Compensazione coralligeno		9.3												€ 1,705,000.00	
	Selezione "hot spots" (Campagne in-situ visual census)	9.3.1													
	Realizzazione vasche sperimentazione	9.3.2													
	Test in vasche di sperimentazione e protocolli	9.3.3													
	Realizzazione vasche mantenimento	9.3.4													
	Programma "bycatch recovery"	9.3.5													
	Messa in opera di reefs artificiali	9.3.6													
	Reintroduzione in ambiente	9.3.7													
	Protocolli Coralligeno attività in situ	9.3.8													
	Boe ancoraggio diporto e sub Coralligeno	9.3.9													
Compensazione Pinna nobilis e Corallium rubrum		9.4												€ 130,000.00	
	Caratterizzazione e censimento in aree donatrici (Pinna e Corallo)	9.4.1													
	Identificazione e caratterizzazioni siti di reinserimento	9.4.2													
	Recupero individui	9.4.3													
	Mantenimento e adattamento (Corallo)	9.4.4													
	Reintroduzione in ambiente	9.4.5													
Monitoraggio delle attività di compensazione		9.5												€ 1,145,000.00	
	Monitoraggio reimpianto PO	9.5.1													
	Monitoraggio barriere antistrascico														
	Monitoraggio reimpianto coralligeno	9.5.2													
	Monitoraggio reimpianto Pinna e Corallium rubrum	9.5.3													
	Messa in opera della Stazione fissa di Monitoraggio	9.5.4													
	Avvio e messa a regime del sistema integrato di monitoraggio	9.5.5													
	Messa in opera early warning system	9.5.6													
Azioni di tutela e comunicazione		9.6												€ 230,000.00	
	Coinvolgimento diving e associazioni	9.6.1													
	Programma pesca responsabile	9.6.2													
	Realizzazione centro educ. Marino	9.6.3													
	Azioni sensibilizzazione e scuole	9.6.4													
	Convegni	9.6.5													

12. BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (2014). Technical guidance on monitoring for the Marine Strategy Framework Directive. Report EUR 26499 EN.

AA.VV. (2010). PIANC Report 108-2010. UNEP.

Abelson A. (2006). Artificial reefs vs coral transplantation as restoration tools for mitigating coral reef deterioration: benefits, concerns, and proposed guidelines. *Bulletin of Marine Science* 78 (1): 151-159(9).

Addy C.E. (1947). Germination of eelgrass seed. *Journal of Wildlife Management*, 11: 279.

Airoidi L., Cinelli F. (1997). Effects of sedimentation on subtidal macroalgal assemblages: an experimental study from a Mediterranean rocky shore. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 215(2):269-288.

Airoidi L. (2003). Effects of patch shape in intertidal algal mosaics: roles of area, perimeter and distance from edge. *Marine Biology*, 143(4): 639-650.

André M., Solé M., Lenoir M., Durfort M., Quero C., Mas A., Lombarte A., van der Schaar M., López-Bejar M., Morell M., Zaugg S., Houégnigan L. (2011). Low-frequency sounds induce acoustic trauma in cephalopods. *Front. Ecol. Environ.* 9(9): 489–493.

Angelucci A., Borelli G. B., Burrigato F., Tortora P. (1979). Risultati preliminari delle indagini “placers” nel tratto di piattaforma continentale compreso tra Torre Valdaliga ed il promontorio dell’Argentario. *Atti del Convegno Scientifico CNR “Oceanografia e Fondi Marini”*, Roma 5-7 Marzo 1979: 1-13.

Anselmi B., Brondi A., Ferretti O., Rabottino L. (1976). Studio mineralogico e sedimentologico della costa compresa fra Ansedonia e la foce del Fiume Mignone. *Soc. It. Min. Petr. Rendiconti*, 32: 311-348.

ASL RM/E - Dipartimento di Epidemiologia della Regione Lazio (2010). Valutazione epidemiologica dello stato di salute della popolazione residente nei comuni di Civitavecchia, Allumiere, Tarquinia, Tolfa e Santa Marinella.

Balestri E., Piazzini L., Cinelli F. (1998). Survival and growth of transplanted and natural seedlings of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in a damaged coastal area. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 228: 209-225.

Ballesteros E. (2006). Mediterranean coralligenous assemblages: A synthesis of present knowledge (in *Oceanography and marine biology: An annual review*-Volume 48: 123-195.

Becker, L. C., and E. Mueller. (2001). The culture, transplantation and storage of *Montastraea faveolata*, *Acropora cervicornis* and *Acropora palmata*: What we have learned so far. *Bulletin of Marine Science* 69(2):881-896.

Berriolo G., Siritto G. (1985). Individuazione dell'equilibrio psammografico di dettaglio, interpretazione dell'evoluzione storica e previsione dell'ulteriore evoluzione litoranea. Studio generale sul regime delle spiagge laziali e delle isole pontine, Studio Volta di Savona per conto della Regione Lazio: 131-132.

Bethoux JP, G Copin-Montégut (1986) Biological fixation of atmospheric nitrogen in the Mediterranean Sea -*Limnology and Oceanography*.

Bianchi C.N. (1997). Climate change and biological response in the marine benthos. - *Atti Ass. It. Oceanol. Limnol.*, 12/1: 3- 20.

Bonamano S., Madonia A., Borsellino C., Stefani C., Caruso G., De Pasquale F., Piermattei V., Zappalà G., Marcelli M. (2015). Modeling the dispersion of viable and total *Escherichia coli* cells in the artificial semi-enclosed bathing area of Santa Marinella (Latium, Italy). *Marine Pollution Bulletin*, 95(1): 141-154.

Bonamano S., Piermattei V., Madonia A., Paladini de Mendoza F., Pierattini A., Martellucci R., Stefani C., Zappalà G., Caruso G., Marcelli M. (2016). The Civitavecchia Coastal Environment

Monitoring System (C-CEMS): a new tool to analyze the conflicts between coastal pressures and sensitivity areas. *Ocean Sci.*, 12: 87–100.

Borfecchia F., Micheli C., Carli F.M., Cognetti De Martis S., Gnisci V., Piermattei V., Belmonte A., De Cecco L., Martini S., Marcelli M. (2013). Mapping spatial patterns of *Posidonia oceanica* meadows by means of daedalus ATM airborne sensor in the coastal area of Civitavecchia (Central Tyrrhenian Sea, Italy). *Remote Sensing* 5 (10): 4877-4899.

Boudouresque C.F., Charbonnel E., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Cadiou G., Bertrand M.C., Foret P., Ragazzi M., Rico-Raimondino V. (2000). A monitoring network based on the seagrass *Posidonia oceanica* in the northwestern Mediterranean Sea. *Biologia Marina Mediterranea*, 7(2): 328-331.

Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L. (2006). Préservation et Conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. RAMOGE pub.: 1-202.

Brondi A., Grauso S., Zarlenga F., (1988). Le omogeneità geologico-territoriali del paesaggio italiano quale strumento di conoscenza ambientale.- Rapporto interno ENEA.

Brondi A., Di Maio A., Manfredi Frattarelli F. (2002). Influenza dell'ambiente fisico continentale sulla contaminabilità dell'ambiente sedimentario marino. - Indagine sulla contaminazione di metalli pesanti e idrocarburi nei sedimenti superficiali dei mari italiani. CONISMA.

Brunckner Andrew W., Eric H. Boerman, (2010). Implication of coral harvest and transplantation on reefs in northwestern Dominica. *Revista de biologia tropical* 58 Suppl 3:111-27.

Calumpang H.P., Fonseca M.S. (2001). Seagrass transplantation and other seagrass restoration methods. In: Short F.T. and Coles R.G. (Eds.) *Global Seagrass Research Methods*: 425-442.

Carboni M.G., Matteucci R., Tortora P. (1980). La piattaforma costiera dell'alto Lazio: dalla foce del fiume Marta a Torre Sant'Agostino. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem. Serie A*, 87: 193-230.

Caronni S., Cristo B., Torelli A. (2007). Attempts to transplant the bivalve *Pinna nobilis* in a sardinian marine protected area. *Biol. Mar. Mediterr.* 14(2): 98-99.

Cato James C., Christopher L. Brown, *Marine Ornamental Species: Collection, Culture and Conservation*, Iowa state press.

Centoducati G., Tarsitano E., Bottalico A., Marvulli M., Lai O. R., Crescenzo G. (2007). Monitoring of the endangered *Pinna nobilis* Linne, 1758 in the Mar Grande of Taranto (Ionian sea, Italy). *Environmental Monitoring and Assessment*, 131(1-3): 339-347.

Chen, S. N., Sanford, L. P., Koch, E. W., Shi, F., & North, E. W. (2007). A nearshore model to investigate the effects of seagrass bed geometry on wave attenuation and suspended sediment transport. *Estuaries and Coasts*, 30(2), 296-310.

Chiocci F.L., La Monica G.B. (1996). Analisi sismostratigrafica della piattaforma continentale. In: *Il Mare del Lazio—Elementi di oceanografia fisica e chimica, biologia e geologia marina, clima meteomarinario, dinamica dei sedimenti ed apporti continentale*. Regione Lazio. Tip. Borgia. Roma: 40-61.

Cocito S., Ferdeghini F. (2001). Carbonate standing stock and carbonate production of the bryozoan *Pentapora fascialis* in the North-Western Mediterranean. *Facies*, 45(1): 25-30.

Colantoni P. (1995) I sedimenti delle praterie a *Posidonia oceanica*. *La Posidonia oceanica* (eds F. Cinelli, E. Fresi, C. Lorenzi & A. Mucedola): 48-51. *Rivista Marittima*.

Cooper G. (1976). *Jardinier de la Mer*. Association-Fondation G. Cooper pour la reconquête des milieux naturels détruits. Cahier, 1: 1-57.

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Istruzioni tecniche per la progettazione delle dighe frangiflutti. 1996.

Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farberk S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Suttonk P., van den Belt M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.

Costanza R., de Groot R., Sutton P., van der Ploeg S., Anderson S.J., Kubiszewski I., Farber S., Turner R.K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* 26: 152–158.

Dalla Via J., Sturmhuber C., Schonweger G., Sotz E., Mathekowitsch S., Stifter M., Rieger R. (1998). Light gradients and meadow structure in *Posidonia oceanica*: ecomorphological and functional correlates. *Marine Ecology Progress Series* 163: 267–278.

de Groot R.S., Wilson M.A., Boummans R.M.J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41: 393-408.

de Groot R., Brander L., van der Ploeg S., Costanza R., Bernard F., Braat L., Christie M., Crossman N., Ghermandi A., Hein L., Hussain S., Kumar P., McVittie A., Portela R., Rodriguez L.C., ten Brinkm P., van Beukering P. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services* 1: 50–61.

Del Pilar Ruso Y., Bayle-Sempere J.T. (2006). Diel and Vertical movements of preflexion fish larvae assemblages associated with *Posidonia oceanica* beds. *Scientia Marina* 70(3).

Díaz-Almela E., Duarte C.M. (2008). Management of Natura 2000 habitats. 1120 **Posidonia* beds (*Posidonion oceanicae*). European Commission. Technical Report 2008 01/24.

Drew E.A. (1978). Factors affecting photosynthesis and its seasonal variation in the seagrasses *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers, and *Posidonia oceanica* (L.) Delile in the Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 31: 173–194.

Duarte C.M. (1991). Seagrass depth limits. *Aquatic Botany* 40, 363–377.

Duarte C.M., Middelburg J.J., Caraco N. (2005). Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. 2005. *Biogeosciences*, 2: 1-8.

Duarte C.M., Marbà N., Gacia E., Fourqueran J.W., Beggins J., Barrón C., Apostolaki T. (2010). Seagrass community metabolism: Assessing the carbon sink capacity of seagrass meadows. *Global Biogeochemical Cycles* Vol.24, GB4032.

Edwards, A.J.; Gomez, E.D. (2007). Reef Restoration Concepts and Guidelines: making sensible management choices in the face of uncertainty. Capacity Building for Management Programme/Coral Reef Targeted Research: St. Lucia. ISBN 1-921317-00-2. 38 pp.

Elginöz, N., Kabdasli, M. S., & Tanik, A. (2011). Effects of *Posidonia oceanica* seagrass meadows on storm waves. *Journal of Coastal Research*, 64, 373-377.

European Commission, 2008. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for Community actions in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). Official Journal of the European Communities L164/19 25.06.2008.

Fano V, Michelozzi P, Ancona C, Capon A, Forastiere F, Perucci CA. (2004). Occupational and environmental exposures and lung cancer in an industrialized area in Italy. *Occup Environ Med*;61(9):757-63

Fano V, Forastiere F, Papini P, Tancioni V, Di Napoli A, Perucci C.A. (2006). Mortalità e ricoveri ospedalieri nell'area industriale di Civitavecchia, anni 1997-2004. *Epidemiologia e Prevenzione*; 30(4-5): 221-26.

Fonseca M.S., Kenworthy W.J., Thayer G.W. (1998). Guideline for the conservation and restoration of seagrasses in the United States and adjacent waters. NOAA coastal ocean decision analysis series no. 12. NOAA Coastal Ocean Office, Silver Spring, Maryland 20910: 222.

Forastiere F, Corbo GM, Michelozzi P, Pistelli R, Agabiti N, Brancato G, Ciappi G, Perucci CA. (1992). Effects of environment and passive smoking on the respiratory health of children. *Int J Epidemiol.* 1992;21(1): 66-73.

Forrester G.E., O'Connell-Rodwell C., Baily P., Forrester L.M., Giovannini S., Harmon L., Karis R., Krumholz J., Rodwell T., Jarecki L. (2011). Evaluating Methods for Transplanting Endangered Elkhorn Corals in the Virgin Islands. *Restoration Ecology* Vol. 19, No. 3: 299–306.

Garrabou J., Kipson S., Kaleb S., Kruzic P., Jaklin A., Zuljevic A., Rajkovic Z., Rodic P., Jelic K., Zupan D. (2014). Monitoring Protocol for Reefs – Coralligenous Community, MedMPAnet Project.

Genot I., Caye G., Meinesz A., Orlandini M. (1994). Role of chlorophyll and carbohydrate contents in survival of *Posidonia oceanica* cuttings transplanted to different depths. *Marine Biology* 119(1): 23-29.

Giorli, G., Au, W. W., Ou, H., Jarvis, S., Morrissey, R., & Moretti, D. (2015). Acoustic detection of biosonar activity of deep diving odontocetes at Josephine Seamount High Seas Marine Protected Area. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 137(5): 2495-2501.

Giraud G. (1977). Contribution à la description et à la phénologie quantitative des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Thèse Doctorat 3e cycle, Université Aix-Marseille II: 1-150.

Gordon D.M., Grey K.A., Chase S.C., Simpson C.J. (1994). Changes to the structure and productivity of a *Posidonia sinuosa* meadow during and after imposed shading. *Aquatic Botany* 47: 265–275.

Hilbertz W.H. (1979). Electrodeposition of minerals in sea water: Experiments and applications. *IEEE Journal on Oceanic Engineering* 4:1-19.

Hopkins T.S. (1988). Recent observations on the intermediate and deep water circulation in the southern Tyrrhenian Sea. *Oceanologica Acta*, Special issue.

ISPRA. (2014). Conservazione e gestione della naturalità negli ecosistemi marino-costieri. Il trapianto delle praterie di Posidonia Oceanica. Manuali ISPRA.

Kalogirou S., Corsini-Foka M., Sioulas A., Wennhage H., Pihl L. (2010). Diversity, structure and function of fish assemblages associated with Posidonia oceanica beds in an area of the eastern Mediterranean Sea and the role of non-indigenous species. *Journal of Fish Biology* 77: 2338–2357.

Katsanevakis S. (2005). Population ecology of the endangered fan mussel *Pinna nobilis* in a marine lake. *Endangered Species Research*, 1: 1–9.

Kawasaki Y., Iituka T., Goto H., Terawaki T., Watanabe Y., Kikuti K. (1988). Study on the technique for *Zostera* bed creation. Central Research Institute of Electric Power Industry, Japan, Rep. N° U-14:1-231.

Ketten D. R. (2004). Marine mammal auditory systems: a summary of audiometric and anatomical data and implications for underwater acoustic impacts. *Polarforschung*, 72(2/3): 79-92.

Koftis, T., Prinos, P., & Stratigaki, V. (2013). Wave damping over artificial *Posidonia oceanica* meadow: A large-scale experimental study. *Coastal Engineering*, 73, 71-83.

La Manna G., Manghi M., Sara G. (2014). Monitoring the habitat use of common Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) using passive acoustics in a Mediterranean marine protected area. *Mediterranean Marine Science*, 15(2): 327-337.

La Monica G. B., Raffi R. (1996). Morfologia e sedimentologia della spiaggia e della piattaforma continentale interna. In: *Il Mare del Lazio*. Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, Regione Lazio Assessorato Opere e Reti di Servizi e Mobilità: 62-105

Labrel J. (1987). Marine biogenic constructions in the Mediterranean: a review.- *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park, Fr.*, 13: 97- 126, 20

Lepoint Gilles, Sylvie Millet, Patrick Dauby, Sylvie Gobert, Jean-Marie Bouquegneau (2002), Annual nitrogen budget of the seagrass *Posidonia oceanica* as determined by in situ uptake experiments – Marine Ecology Progress Series.

Lewis R.R., Phillips R.C. (1980). Experimental seagrass mitigation in the Florida keys. In: Cole D.P. Edits. Proceedings of the Seventh Annual Conference on the Restoration and Creation of Wetlands, USA: 155-173.

LIFE Posidonia Andalusia - Conservation of *Posidonia oceanica* meadows in Andalusian Mediterranean Sea. LIFE09 NAT/ES/000534

LIFE Posidonia Baleares - Protection of *Posidonia* grasses in SCIs of Baleares. LIFE00 NAT/E/007303

LIFE RES MARIS - LIFE RES MARIS - Recovering Endangered habitats in the Capo Carbonara MARine area, Sardinia. LIFE13 NAT/IT/000433

Manzanera M., Perez M., Romero J. (1995). Seagrass mortality due to oversedimentation: an experimental approach. In: Proceedings of the Second International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 95, October 24–27 1995, Taragona, Spain.

Marcelli M. (2008). Traffico navale nel santuario pelagos: stato dell'arte e ipotesi di impatto sui cetacei. Programma di ricerca finanziato dalla Direzione Protezione Natura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Marcelli M, Piermattei V, Zappalà G (2011). Advances in low cost marine technologies. In: Computational Methods and Experimental Measurements XV. Edited By: G.M Carlomagno, University of Naples di Napoli, ITALY and C.A Brebbia, Wessex Institute of Technology, UK: 497-507.

Mateo M.A., Serrano O. (2011). The carbon sink associated to *Posidonia oceanica*. In: Pergent G., et al. (Eds.) Mediterranean seagrasses: resilience and contribution to the attenuation of climate change. IUCN Mediterranean, Malaga.

Meinesz A., Boudouresque F., Falconetti C., Astier J.M., Bay D., Blanc J.J., Bourcier M., Cinelli F., Cirik S., Cristiani G., Di Geronimo I., Giaccone G., Harmelin J.G., Laubier L., Lovric A.Z., Molinier R., Soyer J., Vamvakas C. (1983). Normalization des symboles pour la représentation et la cartographie des biocénoses benthiques littorales de Méditerranée. *Ann. Inst. Océanogr.*, Paris, 59 (2): 155-172.

Molenaar H., Meinesz A. (1992). Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica*. II. Effects of depth changes on transplanted orthotropic shoots. *Marine Ecology*, 13(2): 175–185.

Noli A., De Girololamo P., Sammarco P. (1996). Parametri meteomarini e dinamica costiera. In: *Il Mare del Lazio*. Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, Regione Lazio Assessorato Opere e Reti di Servizi e Mobilità: 285-315.

Nowacek D. P., Thorne L. H., Johnston D. W., Tyack P. L. (2007). Responses of cetaceans to anthropogenic noise. *Mammal Review*, 37(2): 81-115.

Nunes P.A.L.D., van den Bergh J.C.J.M, Nijkamp P. (2001). Ecological-economic analysis and valuation of biodiversity. The Fondazione Eni Enrico Mattei Note di Lavoro Series Index.

Orth R.J., Luckenbach M.L., Marion S.R., Moore K.A., Wilcox D.J. (2006) - Seagrass recovery in the Delmarva Coastal Bays, USA. *Aquatic Botany*, 84: 26-36.

Ott J. A. (1980). Growth and production in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *P.S.Z.N.I: 107Mar. Ecol.*, 1:47-64.

Osinga Ronald, Miriam Schutter, Ben Griffioen, René H. Wijffels, Johan A. J. Verreth, Shai Shafir, Stéphane Henard, Maura Taruffi, Claudia Gili, Silvia Lavorano, (2011). The Biology and Economics of Coral Growth, *Mar Biotechnol* 2011, 13:658–67

Paling E.I., (1995). Seagrass meadow regrowth, transplantation and recovery after disturbance in Western Australia: a review. *Marine and Freshwater Laboratory, Murdoch University, Perth*, p. I42.

Paticchio N. (2014). Meccanismi di regressione e frammentazione dell'habitat nelle praterie di Posidonia oceanica. Tesi di Dottorato (XXV ciclo), Dip. di Biologia Ambientale, Università di Roma "La Sapienza".

Pérès J.M., Picard J (1964). Nouveau manuel de bionomie benthique. Recueil des Travaux de la Station marine d'Endoume, 31 (47): 5-137.

Pergent G., Pergent-Martini C., Boudouresque C.F. (1995). Utilisation de l'herbier a' Posidonia oceanica comme indicateur biologique de la qualite' du milieu littoral en Me'diterranee: Etat des connaissances. Me'soge'e 54: 3-29.

Piazzì L., Cinelli F. (1995). Restoration of the littoral sea bottom by means of transplantation of cuttings and sprouts. In: Cinelli F., Fresi E., Lorenzi C., Mucedola A. Edits. Posidonia oceanica, a contribution to the preservation of a major Mediterranean marine ecosystem. Rivista marittima publ., Roma: 69-71.

Piazzì L., Balestri E., Magri M., Cinelli F. (1998). Experimental transplanting of Posidonia oceanica (L.) Delile into a disturbed habitat in the Mediterranean Sea. Botanica marina, 41: 593-601.

Piazzì L., Balestri E., Balata D., Cinelli F. (2000). Pilot transplanting experiment of Posidonia oceanica (L.) Delile to restore a damaged coastal area in the Mediterranean Sea. Biologia Marina Mediterranea, 7(2): 409-411.

Pinardi N., Navarra A.(1993). Baroclinic wind adjustment processes in the Mediterranean. Sea. Deep Sea Research II, 40(6): 1299--1326.

PO Puglia 2007 – 2013 – Asse I Linea 1.1 – Azione 1.1.2. Progetto S.T.A.R.T. Sviluppo di una tecnologia ambientale per la ricostruzione e la tutela delle praterie sottomarine di Posidonia.

Regione Lazio (2016). Misure di conservazione del SIC IT6000005 "Fondali tra Punta S.Agostino e Punta della Mattonara".

Regione Lazio (2016). Misure di conservazione del SIC IT6000006 "Fondali tra Punta Pecoraro e Capo Linaro".

Regione Lombardia, ERSAF (Ente Regionale PER i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste). Quaderno di Ricerca della Regione Lombardia “Gestione e riduzione dell'azoto di origine zootecnica – Soluzioni tecnologiche ed Impiantistiche”.

Remoundou K., Koundari P., Kontogianni A., Nunes P.A.L.D., Skourtos M. (2009). Valuation of natural marine ecosystem: an economic perspective. 2009. *Environmental Science and Policy* 12: 1040-1051

Richardson C. A., Kennedy H., Duarte C. M., Kennedy D. P., Proud S. V. (1999). Age and growth of the fan mussel *Pinna nobilis* from south-east Spanish Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows. *Marine Biology*, 133: 205–212.

Romeo M. Dizon et al, (2008). Comparison of three types of adhesives in attaching coral transplants to clam shell substrates, *Acquatic conservation* Volume 18, Issue 7 November/December 2008 Pages 1140–1148.

Rui J. M.; Bontas, Bogdan; Cartaxana, Paulo; et al. (2015), Development of a Standardized Modular System for Experimental Coral Culture Rocha, *Journal of the World Aquaculture Society* Volume: 46 Issue: 3 Pages: 235-251.

Ruiz, J.M., Romero, J. (2003). Effects of disturbances caused by coastal constructions on spatial structure, growth dynamics and photosynthesis of the seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Pollution Bulletin* 46: 153–1523.

Shafir Shai , Jaap Van Rijin, Baruch Rinkevich, (2006). Steps in the construction of underwater coral nursery, an essential component in reef restoration acts, *Marine Biology*, Vol. 149 issue 3, pp 679-687.

Shafir Shai, Baruch Rinkevich, (2008). Mariculture of coral colonies for the public aquarium sector, *Advances in Coral Husbandry in Public Aquariums. Public Aquarium Husbandry Series*, vol. 2. R.J. Leewis and M. Janse (eds.), pp. 315-318

Shaish Lee et al, 2008. Fixed and suspended coral nurseries in the Philippines: Establishing the first step in the “gardening concept” of reef restoration, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Vol. 358, issue 1, pp 86-97.

Short F.T., Davis R.C., Kopp B.S., Short C.A., Burdick D.M. (2002). Site-selection model for optimal transplantation of eelgrass *Zostera marina* in the north-eastern US. *Marine Ecology Progress Series*, 227: 253-267.

Slabbekoorn H., Bouton N., van Opzeeland I., Coers A., ten Cate C., Popper A. N. (2010). A noisy spring: the impact of globally rising underwater sound levels on fish. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(7): 419-427.

TEEB (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations*. Pushpam Kumar. Earthscan, London and Washington.

Thorhaug A. (1979). The flowering and fruiting of restored *Thalassia* beds: a preliminary note. *Aquatic Botany*, 6: 189-192.

Tintoré J., Vizoso G., Casas B. Heslop E., Pascual A., Orfila A., Ruiz S., Martínez-Ledesma M., Torner M., Cusí S., Diedrich A., Balaguer P., Gómez-Pujol L., Álvarez-Ellacuria A., Gómara S., Sebastian K., Lora S., Beltrán J.P., Renault L., Juzà M., Álvarez D., March D., Garau B., Castilla C., Cañellas T., Roque D., Lizarán I., Pitarch S., Carrasco M.A., Lana A., Mason E., Escudier R., Conti D., Sayol J.M., Barceló B., Alemany F., Reglero P., Massuti E., Vélez-Belchí P., Ruiz J., Oguz T., Gómez M., Álvarez E., Ansorena L., Manriquez, M. (2013). SOCIB: The Balearic Islands coastal ocean observing and forecasting system responding to science, technology and society needs. *Marine Technology Society Journal*, 47(1): 101-117.

Tortora P. (1989a). I fondali antistanti la costa di Montalto di Castro (alto Lazio): caratteristiche ed evoluzione tardo-quadernaria. *Il Quaternario*, 2,2: 175-187.

Tortora P. (1989b). La sedimentazione olocenica nella piattaforma continentale interna tra il Promontorio di Monte Argentario e la Foce del Fiume Mignone (Tirreno centrale). *Giornale di Geologia*, ser. 3, vol. 51/1: 93-117.

Trigos S., Nardo V. (2016). Transplantation protocol for the fan mussel *Pinna nobilis* in different types of substrate. *Mar. Life* 18: 55-61

Van Treeck P., Schuhmacher H. (1997). Initial survival of coral nubbins transplanted by a new coral transplantation technology-options for reef rehabilitation. *Marine Ecology Progress Series*, 150(1): 287-292.

Vetrano A., Napolitano E., Iacono R., Schroeder K., Gasparini G.P. (2010). Tyrrhenian Sea circulation and water mass fluxes in spring 2004: Observations and model results. *Journal of Geophysical Research Atmospheres* 115

Zapata-Ramírez P. A., Scaradozzi D., Sorbi L., Palma M., Pantaleo U., Ponti M., Cerrano C. (2013). Innovative study methods for the Mediterranean coralligenous habitats. *Advances in Oceanography and Limnology*, 4(2): 102-119.

Zappalà G., Bonamano S., Madonia A., Caruso G., Marcelli M. (2014). Microbiological risk assessment in a coastal marine environment through the use of mathematical models. *WIT Transactions on Ecology and the Environment* 164.

Zavodnik D., Hrs-Brenko, M., Legac M. (1991). Synopsis on the fan shell *P. nobilis* L. in the eastern Adriatic sea. In C. F. Boudouresque, M. Avon, & V. Gravez (Eds.), *Les Espèces Marines à Protéger en Méditerranée*: 69– 178.

Whittaker, R. H. (1975), *Communities and Ecosystems*, 2nd ed. Macmillan, New York

ALLEGATI

- Carte tematiche:

'Biocenosi Bentoniche nel tratto di costa S. Agostino S. Severa'

'Aree di intervento -Zona Nord'

'Aree di intervento -Zona Sud'