

PROGETTO “RENOVATE”

**APPROCCIO ECOSISTEMICO ALLA VALUTAZIONE E
SPERIMENTAZIONE DI AZIONI DI COMPENSAZIONE E
MITIGAZIONE IN AMBIENTE MARINO:
IL CASO DELL’HUB PORTUALE DI CIVITAVECCHIA**



Allegato Prospetto n1:

Approccio ecosistemico alla valutazione e implementazione di azioni di compensazione e mitigazione in ambiente marino: il caso dell'hub portuale di Civitavecchia

REV. 05.5	08/08/2022
Redatto	
Prof. Marco Marcelli	Università della Tuscia, LOSEM (DEB)
Dott. Sergio Scanu	CMCC Div. OPA
Dott. Simone Bonamano	Università della Tuscia, LOSEM (DEB)
Dott.ssa Viviana Piermattei	Università della Tuscia, LOSEM (DEB)
Ing. Ivan Federico	CMCC Div. OPA
Prof. Gianluca Sarà	Università di Palermo EEB (DiSTeM)
Dott. Daniele Piazzolla	CMCC Div. OPA
Dott.ssa Alice Madonia	Università della Tuscia, LOSEM (DEB) - CMCC
Dott.ssa Paola Del Negro	OGS
Prof.ssa Annalisa Falace	OGS – Università di Trieste
Prof.ssa Nadia Pinardi	Università di Bologna (DIFA)
Prof.ssa Giulia Ceccherelli	Università di Sassari (Dip. Scienze C.F.M.N.)
Dott. Andrea De Lucia	IAS-CNR Oristano
Prof.ssa Alessandra Savini	Università degli Studi di Milano-Bicocca (DISAT)
Approvato	
Dott. Giovanni Coppini	CMCC Div. OPA

Sommario

1.	Introduzione	1
1.1.	Contesto di Riferimento.....	1
1.1.1.	Hub Portuale di Civitavecchia	1
1.1.2.	Contesto scientifico di riferimento.....	4
1.1.3.	Il Progetto “RENOVATE”.....	6
1.2.	Oggetto e Scopo	8
1.2.1.	Oggetto del documento	8
1.2.2.	Area di Studio	10
1.2.3.	Documentazione di riferimento a supporto del progetto di ricerca.....	12
1.2.4.	Approccio strategico	15
1.3.	Case History: Espansione dell’hub portuale di Civitavecchia	20
1.4.	Impatti diretti e indiretti.....	26
1.4.1.	Sintesi degli impatti diretti.....	27
1.4.1.1.	Impatti diretti del I Lotto Funzionale	28
1.4.1.2.	Impatti diretti della DEGM	29
1.4.1.3.	Impatti diretti del II Lotto funzionale.....	31
1.4.1.4.	Totale degli impatti diretti causati dalle impronte delle opere sugli Habitat.....	33
1.4.2.	Sintesi degli Impatti indiretti.....	34
1.4.2.1.	Impatti indiretti connessi con la realizzazione delle opere del I Lotto Funzionale delle Opere Strategiche riportati nella VINCA	36
1.4.2.2.	Impatti indiretti connessi con la realizzazione delle opere della Darsena Energetico Grandi Masse riportati nella VINCA	37
1.4.2.3.	Impatti indiretti connessi con la realizzazione delle opere del II Lotto Funzionale delle Opere Strategiche riportati nella VINCA	38
1.4.2.4.	Conclusioni relative agli impatti indiretti considerati nella VINCA.....	39
1.4.3.	Stima degli Impatti in relazione alla case history considerata	40
2.	Attività di ricerca integrative utili al completamento del quadro conoscitivo ambientale	41
2.1.	Completamento Simulazioni effettuate dal LOSEM	41
2.1.1.	Setup idrodinamica, moto ondoso e analisi di sensitività della griglia	41
2.1.2.	Modello di trasporto e deposizione dei sedimenti in regime di stratificazione	42
2.1.3.	Validazione del modello idrodinamico	42

2.1.4.	Validazione del modello di sedimenti	43
2.1.5.	Analisi della dispersione dei sedimenti nel lungo termine	43
2.1.6.	Trappole per sedimento.....	44
2.1.7.	Scenari di modellistica finalizzati al disegno del piano di campionamento del monitoraggio	44
2.2.	Completamento indagini sperimentali effettuate dal LOSEM.....	45
2.2.1.	Misure CTD in regime di stratificazione.....	45
2.2.2.	Campionamenti e analisi Chla e SS per calibrazione immagini satellitari.....	45
2.2.3.	Misure correntometriche	46
2.2.4.	Immagini telerilevate da Satellite.....	46
2.3.	Analisi degli effetti potenziali su habitat e specie protette	47
2.3.1.	Calcoli indice D3I.....	47
2.3.2.	Calcolo ricambio idrico nelle differenti configurazioni portuali	47
2.3.3.	Calcolo risospensione e fuoriuscita del sedimento fine a seguito apertura del porto a sud.....	48
2.4.	Gestione ed archiviazione dei dati raccolti	49
2.5.	Definizione, Sviluppo ed Applicazione Sperimentale di un Early Warning System (EWS)	49
2.5.1.	Realizzazione/installazione delle componenti di misura e gestione dati dell'Early Warning System.....	50
2.5.2.	Modelli matematici a supporto dell'Early Warning System e del sistema di monitoraggio	52
3.	Attività preliminari alla progettazione e di supporto alle attività sperimentali	55
3.1.	Supporto logistico alle attività di progetto e progettualità.....	55
3.1.1.	Redazione del progetto delle compensazioni	55
3.1.2.	Supporto logistico	56
3.1.3.	Biodiversità e servizi ecosistemici	57
3.2.	Studi Sperimentali Propedeutici alla Progettazione.....	57
3.2.1.	Studi volti alla caratterizzazione delle aree direttamente impattate	58
3.2.2.	Caratterizzazione delle aree a <i>Posidonia oceanica</i>	59
3.2.2.1.	Caratterizzazione quali-quantitativa dei posidonieti donatori e dei relativi habitat (aree esterne a quelle direttamente impattate)	59
3.2.2.2.	Indagini di campo per la definizione delle aree da restaurare selezionate sulla base dei risultati dei modelli matematici	61
3.2.2.3.	Misura servizi ecosistemici <i>Posidonia oceanica</i>	64
3.2.2.4.	Redazione dei protocolli operativi ottenuti dalla sperimentazione e test	66
3.2.3.	Caratterizzazione dell'Habitat 1170.....	68
3.2.3.1.	Caratterizzazione habitat 1170 da restaurare selezionate sulla base dei risultati dei modelli matematici	68
3.2.3.2.	Misura servizi ecosistemici Habitat 1170.....	69

3.2.3.3.	Sperimentazione propedeutica alla progettazione e redazione dei protocolli operativi.....	70
3.2.4.	Censimento delle specie <i>Pinna nobilis</i> e <i>Corallium rubrum</i> e caratterizzazione dei relativi habitat	71
3.2.4.1.	Caratterizzazione, censimento e protocolli di lavoro per <i>Pinna nobilis</i>	71
3.2.4.2.	Caratterizzazione, censimento e protocolli di lavoro per <i>Corallium rubrum</i>	73
3.2.4.3.	Indagini di campo per la definizione delle aree da restaurare.....	74
3.3.	Modellistica Propedeutica alla Progettazione.....	75
3.3.1.	Modelli a supporto della caratterizzazione quali-quantitativa	75
3.3.2.	Simulazioni a supporto delle attività sperimentali.....	76
3.3.3.	Dati a supporto della modellistica	76
3.4.	Caratterizzazione Aree per il Posizionamento di campi Boe, Barriere antistrascico e Tecnoreef	78
3.4.1.	Indagini in sito	78
3.4.2.	Studio di verifica della scelta e dimensionamento dei siti di posizionamento	78
3.5.	Impianti Pilota propedeutici alla progettazione	78
4.	Studio dei potenziali impatti della realizzazione delle opere in relazione agli habitat e ai cambiamenti climatici.....	81
4.1.	Modelli numerici e Test Operativi.....	83
4.2.	Avvio e messa a regime di un sistema osservativo integrato	85
4.2.1.	Stazioni fisse di misura	85
4.2.2.	Colonna d'acqua.....	86
4.2.3.	Correnti.....	87
4.2.4.	Studio dello stato chimico delle acque	87
4.2.5.	Studio dello stato trofico delle acque e del fitoplancton marino.....	88
4.2.6.	Studio della distribuzione del solido sospeso, della biomassa fitoplanctonica e della CDOM attraverso osservazioni satellitari	89
4.3.	Analisi dei fondali: sedimenti e benthos.....	90
4.3.1.	Studio dello stato chimico dei sedimenti.....	91
4.3.2.	Studio dei macroinvertebrati bentonici – fondo mobile	92
4.3.3.	Studio dei macroinvertebrati bentonici – fondo duro	92
4.3.4.	<i>Posidonia oceanica</i>	92
4.3.5.	Specie aliene	94
4.3.6.	Studio del bioaccumulo.....	94
4.4.	GIS e Reporting.....	95
5.	Comunicazione e stakeholders.....	96
5.1.	Coinvolgimento Divings e Associazioni	97

5.2.	Programma Pesca Responsabile e Codice di Condotta Pesca.....	97
5.3.	Realizzazione di un Centro Educativo Marino	97
5.4.	Azioni di Sensibilizzazione delle Scuole e delle Comunità locali	98
5.5.	Convegni e Incontri con gli Stakeholders: mondo della Pesca, Divers, Diporto, Autorità Locali, Regionali e Nazionali.....	99
5.6.	Pubblicizzazione Progetto Compensazioni.....	100
6.	Attività di restauro e mitigazione.....	101
6.1.	Supporto Logistico	105
6.2.	Compensazione <i>Posidonia oceanica</i> (PO)	105
6.2.1.	Strategia delle attività sperimentali e generalità.....	105
6.2.2.	Recupero e messa a dimora talee	109
6.2.2.1.	Restauro degli ecosistemi mediante reimpianto su moduli prefabbricati.....	110
6.2.2.2.	Sperimentazione in vasche.....	112
6.2.3.	Boe ancoraggio diporto e sub.....	112
6.2.4.	Barriere e blocchi antistrascico: identificazione dei siti	113
6.2.5.	Studio basato su modelli numerici dell'interazione <i>Posidonia oceanica</i> - moto ondoso mediante ricostruzione degli eventi passati finalizzato alla messa a punto di un protocollo di ottimizzazione del siting degli impianti di <i>Posidonia oceanica</i>	115
6.3.	Compensazione Habitat 1170	117
6.3.1.	Programma <i>Bycatch</i>	118
6.3.2.	Tecnoreef.....	124
6.3.3.	Boe ancoraggio diporto e sub.....	125
6.3.4.	Reintroduzione in ambiente	126
6.4.	Compensazione delle Specie Protette: <i>Pinna nobilis</i> e <i>Corallium rubrum</i>	129
6.4.1.	Recupero individui.....	129
6.4.2.	Mantenimento e adattamento	130
6.4.3.	Reintroduzione in ambiente	131
7.	Attività di Monitoraggio delle Compensazioni.....	132
7.1.	Monitoraggio restauro: <i>Posidonia oceanica</i>	133
7.2.	Monitoraggio restauro: Habitat 1170.....	134
7.3.	Monitoraggio Reimpianto: <i>Pinna nobilis</i> e <i>Corallium rubrum</i>	136
8.	Valutazione preliminare dello stato di salute dei sic marini del Lazio	137
8.1.	Generalità e descrizione dei SIC.....	137

8.2.	Raccolta dati bibliografici	146
8.3.	Analisi dati a scala regionale	146
8.4.	Creazione di un data base cartografico per i SIC del Lazio	146
8.5.	Progetto preliminare di studio dei SIC	147
9.	Attività delle UNITÀ OPERATIVE (U.O.) del Progetto	148
9.1.	Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Centro Settentrionale (AdSP).....	148
9.1.1.	Dettaglio attività dell'AdSP nel Progetto	148
9.2.	CMCC	149
9.2.1.	Breve descrizione.....	149
9.2.2.	Dettaglio attività U.O. CMCC	150
9.3.	OGS	152
9.3.1.	Breve descrizione OGS	152
9.3.2.	Dettaglio attività U.O. OGS	153
9.4.	Università degli studi della Tuscia	155
9.4.1.	Breve descrizione Università della Tuscia	155
9.4.2.	Dettaglio attività U.O. Università della Tuscia	155
9.5.	Università degli studi Palermo.....	158
9.5.1.	Breve descrizione.....	158
9.5.2.	Dettaglio attività U.O. Università di Palermo	159
9.6.	Università Alma Mater Studiorum di Bologna, DIFA.....	161
9.6.1.	Breve descrizione.....	161
9.6.2.	Dettaglio attività U.O. UNIBO	162
9.7.	Università degli Studi di Sassari.....	163
9.7.1.	Breve descrizione.....	163
9.7.2.	Dettaglio attività U.O. UniSas	164
9.8.	IAS CNR Sezione di Oristano	165
9.8.1.	Breve descrizione.....	165
9.8.2.	Dettaglio attività U.O. IAS CNR	167
9.9.	Università degli Studi di Milano-Bicocca (DISAT).....	168
9.9.1.	Breve descrizione.....	168
9.9.2.	Dettaglio attività U.O. Milano-Bicocca (DISAT)	169
10.	Reporting, management e tempistica	170

10.1.	Reporting Tecnico e Scientifico	170
10.2.	Management	171
10.3.	Tempistica del Progetto e Cronoprogramma	175
11.	Relazione fra il progetto di ricerca e la società.....	177
11.1.	Progetto di Ricerca e Comunità Scientifica.....	178
11.2.	Progetto di Ricerca e Società Civile	178
11.3.	Progetto di ricerca e gli Stakeholders Istituzionali	179
13.	Letteratura di riferimento	198

1. INTRODUZIONE

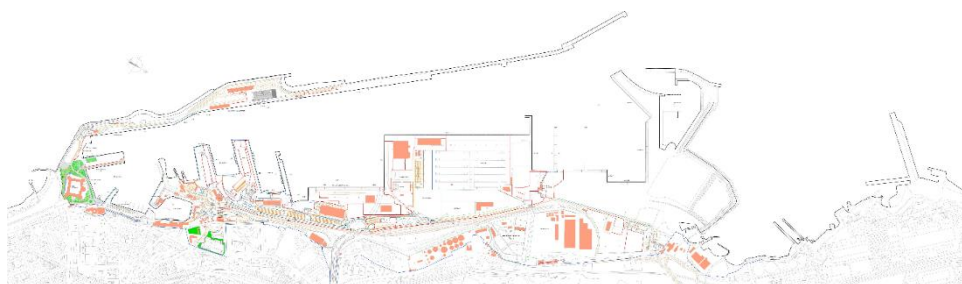
1.1. CONTESTO DI RIFERIMENTO

1.1.1. Hub Portuale di Civitavecchia

L'Hub Portuale di Civitavecchia fu inserito tra le opere strategiche per lo sviluppo e la modernizzazione del Paese, con Delibera CIPE del 21.12.2001 (pubblicata sulla G.U. n. 51/2002 S.O.), che, in attuazione dell'art. 1, comma 1, della Legge n. 443 del 21.12.2001 (c.d. Legge Obiettivo), approvando il "1° programma delle Infrastrutture strategiche" l'ha ricompreso nell'allegato 1 tra gli "hub portuali" e nell'allegato 2 tra gli "interventi strategici di preminente interesse nazionale" della Regione Lazio con la seguente dizione: "Allacci plurimodali e potenziamento Porto di Civitavecchia".

Le dieci opere individuate quali prioritarie per il potenziamento dell'Hub portuale di Civitavecchia sono di seguito richiamate: 1. Darsena Traghetti 2. Darsena Servizi 3. Prolungamento Antemurale C. Colombo 4. Prolungamento banchina 13 5. Nuovo accesso al bacino storico (Apertura a sud) 46 6. Nuove banchine per l'area crocieristica e commerciale 7. Ponte mobile di collegamento con l'antemurale traiano 8. Viabilità principale 9. Riqualficazione delle banchine del bacino storico 10. Molo di sottoflutto "Darsena Grandi Masse". Nell'ambito delle dieci opere strategiche approvate dal CIPE, l'Autorità Portuale indicava uno stralcio funzionale delle stesse, denominato "primo lotto funzionale", costituito dal prolungamento dell'antemurale Cristoforo Colombo, dalla darsena servizi e dalla darsena traghetti, opere che potessero rappresentare il primo passo verso la trasformazione del porto con l'obiettivo di razionalizzarne le attività, differenziando i traffici nell'ambito del porto stesso. Il vigente Piano Regolatore Portuale (P.R.P. 2004), prendendo origine dalla necessità di ricucire in modo organico, all'interno di uno strumento di pianificazione, il complesso delle Opere Strategiche approvate nel 2004, costituenti l'attuazione dell'Hub Portuale di Civitavecchia [opera di Legge "Obiettivo" n. 443 del 2001], è stato dapprima adottato dal Comitato Portuale con delibera n. 51 del 12.07.2004, poi condiviso con il Comune di Civitavecchia con Delibera Consigliare n. 80 del 07.09.2004 ed, infine, approvato dalla Regione Lazio con Delibera di Giunta n. 121 del 23.03.2012 a seguito del parere del C.S.LL.PP. (voto n. 209 reso dall'Assemblea Generale nell'adunanza del 29.10.2003) e del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare di concerto con il Ministero per i Beni e le Attività Culturali (U.prot DVA-DEC-2010- 0000004 del 09.02.2010). Obiettivo principale, che ha ispirato la redazione del vigente P.R.P. 2004, è stato il perseguimento della

specializzazione degli ambiti portuali finalizzata al miglioramento della competitività del sistema portuale ed all'incremento della crescita dei traffici commerciali e passeggeri mediante: a) la separazione tra porto storico e porto commerciale; b) l'ottimale e più efficiente utilizzo degli specchi acquei, delle banchine e dei retrostanti piazzali; c) lo sviluppo dell'intermodalità logistica; d) la mitigazione degli impatti sull'ambiente cittadino con lo spostamento a Nord delle attività commerciali, in particolare con lo spostamento dei traghetti che prima ormeggiavano nel bacino storico (banchine 3-4-5-6-7).



Configurazione attuale del porto

Ad oggi il P.R.P. 2004 è stato sostanzialmente mantenuto nel suo assetto originario, riconoscendone validi a tutt'oggi i principi direttori e le strategie, eccetto che per due modifiche minori e non sostanziali che si sono rese necessarie per adeguare il layout alle nuove esigenze funzionali che si sono man mano venute a concretizzare nel corso degli anni (modifiche che hanno interessato il I° Lotto delle Opere Strategiche e la futura Darsena Energetica Grandi Masse).

L'iter autorizzativo delle opere previste è stato il seguente:

- in data 07/03/2006, la Commissione ha verificato l'ottemperanza del Progetto Definitivo alle prescrizioni e raccomandazioni del provvedimento di compatibilità ambientale di cui alla citata delibera CIPE n.103/04, di cui alla Relazione di Ottemperanza al Progetto Definitivo, nella quale viene detto che: "è verificata la parziale ottemperanza del Progetto Definitivo alle prescrizioni e raccomandazioni del provvedimento di compatibilità di cui alla citata Delibera CIPE. S'intende per tanto che alcune delle prescrizioni impartite in sede di Progetto Preliminare e non ottemperate nel Progetto Definitivo, impongono il completamento del progetto stesso, da risottoporre alla Commissione per la verifica di ottemperanza.";
- con il parere espresso dalla Commissione in data 11/07/2006, è stata completata la verifica di Ottemperanza per il Progetto Definitivo di cui alla Determinazione Direttoriale acquisita con

nota prot. DSA-2006-0021173 del 08/08/2006 di Verifica di Ottemperanza II FASE al Progetto Definitivo;

- con la Delibera n. 140/2007 del 21/12/2007 "Potenziamento hub portuale di Civitavecchia - Primo Lotto interventi funzionali (1° stralcio): Prolungamento antemurale C. Colombo e Darsena traghetti" e con la Delibera n.2/2008 del 25/01/2008 "Potenziamento hub portuale di Civitavecchia - Primo lotto interventi funzionali (2° stralcio). Darsena servizi", il CIPE ha approvato ai sensi dell'art.166 del D. Lgs. n. 163/2006 e s.m.i., con prescrizioni e raccomandazioni da attuare in fase di redazione e di realizzazione del Progetto Esecutivo, il Progetto Definitivo;

- con la Determinazione Direttoriale n. 15194 del 21/05/2014, tenuto conto del parere n. 1472 del 28/3/2014, è stata verificata l'ottemperanza del progetto esecutivo alle prescrizioni delle Delibere CIPE n. 140/2007 e n. 2/2008 di approvazione del Progetto Definitivo;

- con il parere n. 1471 del 28/03/2014 la Commissione ha espresso parere contrario relativamente alla Procedura ex art. 169, comma 4, del D. Lgs n. 163/2006 e s.m.i. – Varianti di cui alla Determina Direttoriale DVA-2014-0011635 del 22/04/2014;

- con il parere n. 1794 del 29/05/2015 la Commissione ha espresso parere positivo relativamente alla Procedura ex art. 169, comma 4, del D. Lgs n. 163/2006 e s.m.i. sulla Variante Perizia 2014, di cui alla Determina Direttoriale DVADEC-2015-216 del 25/06/2015;

- con Determina Direttoriale DVA-DEC-2017-0000003 del 12/01/2017, tenuto conto del parere n. 2273 del 20/12/2016 è stata determinata la parziale conclusione delle attività di verifica e controllo relativamente alla procedura di Verifica di Attuazione Fase II – ai sensi dei commi 6 e 7, dell'art. 185 del D. Lgs n. 163/2006 del progetto rispetto alle prescrizioni impartite con Determina Direttoriale n. 15194 del 21/05/2014;

- con il parere n. 2390 del 12/05/2017 la Commissione ha espresso parere di chiarimento sulla prescrizione n. 5 della Determinazione Direttoriale DVA-DEC-2017-00003 del 12/01/2017 inerente la progettazione degli interventi compensativi relativi agli impatti diretti e indiretti sui Siti di Importanza Comunitaria derivanti dalla realizzazione del progetto;

- con Determina Direttoriale DVA-0000053 del 22/02/2019, tenuto conto del parere n. 2926 del 18 gennaio 2019, è stata determinata la parziale conclusione delle attività di verifica e controllo relativamente alla procedura di Verifica di Attuazione Fase II – ai sensi dei commi 6 e 7, dell'art. 185 del D. Lgs n. 163/2006 del progetto rispetto alle prescrizioni contenute nella Determina Direttoriale n. 3/2017;

- con Determina Direttoriale MATTM-CRESS-DEC-178 del 24/06/2020, tenuto conto del parere n. 3402 del 8/05/2020, è stata determinata la non sussistenza delle condizioni per la conclusione dell'istruttoria periodica nell'ambito della Verifica di Attuazione – Fase 2, svolta ai sensi dell'articolo 185, commi 6 e 7, del D. Lgs. n. 163/2006, disponendo che il Proponente ottemperi alle seguenti prescrizioni indicate nel parere n. 3402;

- l'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Centro Settentrionale in data 21/07/2020 con nota prot. 8572 ha trasmesso, ai sensi dell'art. 185 del D. Lgs. n. 163/2006, per quanto applicabile dall'art. 216, c. 27, del D. Lgs. n. 50/2016, documentazione per la prosecuzione della procedura di Verifica di Attuazione – Fase 2 inerente al progetto Esecutivo “Opere strategiche per il porto di Civitavecchia - 1°lotto funzionale - prolungamento antemurale Colombo, darsene Servizi e traghetti”, da realizzarsi nel Comune di Civitavecchia (RM);

Nell'ambito della suddetta Procedura di Verifica di Attuazione, ex articolo 185, commi 6 e 7, del Dlgs 163/2006 e ss.mm.ii. (Fase 2), relativa alle Opere strategiche per il Porto di Civitavecchia – I° lotto funzionale – prolungamento antemurale Colombo, Darsena Servizi e Traghetti, il MITE, con P.D. n.83 del 16.03.2021, reso sulla base del parere della sottocommissione VIA/VAS n. 156 del 29 gennaio 2021, ha dettato specifiche disposizioni per il prosieguo dell'istruttoria, per come ivi puntualmente dettagliato e prescritto.

1.1.2. Contesto scientifico di riferimento

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.

Gli ecosistemi marini del mondo supportano gran parte della biodiversità globale e svolgono un ruolo importante per la società. Ospitano processi e habitat chiave per la regolazione del clima, contribuendo alla sicurezza alimentare mondiale, oltre ad altri preziosi servizi e risorse sia di natura economica che destinate al benessere dell'umanità.

Questo capitale naturale include risorse materiali (ad es. risorse alimentari e materiali da costruzione) nonché benefici non materiali (ad es. l'estetica che contribuisce al benessere e alla salute umana). Le attività umane possono influenzare questo capitale naturale e la sua fornitura di servizi ecosistemici, sia a causa di impatti diretti a scala locale e regionale sulla biodiversità, sugli habitat e sui servizi ecosistemici, che attraverso cambiamenti a scala globale come i cambiamenti climatici che influiscono sul funzionamento generale dell'ecosistema.

Una gestione basata sugli ecosistemi, una pianificazione mirata dello spazio marino e il ripristino degli habitat possono supportare e migliorare la capacità naturale degli ecosistemi marini e di transizione di mitigare gli impatti diretti delle attività umane e di creare condizioni tali da consentire agli habitat di adattarsi ai cambiamenti climatici, sostenendo al contempo la biodiversità e una serie di altre funzioni e servizi ecosistemici.

Nella letteratura mondiale, l'insieme di queste soluzioni viene definita come "Nature based Solutions" (soluzioni basate sulla natura, o NbS): un insieme di azioni efficaci dal punto di vista delle risorse e servizi che la natura è in grado di fornire in termini di benefici ambientali, sociali ed economici, tali che il loro insieme costituisca una barriera ecologica di resilienza e resistenza (quando possibile) al cambiamento. Infatti, gli habitat marini includono praterie di fanerogame, paludi salmastre, mangrovie, foreste di alghe, barriere coralline e altre biocostruzioni, che formano una protezione costiera naturale e quindi aiutano ad adattarsi all'aumentare delle tempeste, all'innalzamento del livello del mare e ai rischi di inondazione derivanti dal cambiamento climatico.

L'aumento di estensione degli habitat marini (come ad esempio azioni di riforestazione e restauro di habitat con specie a base di carbonato di calcio) mitiga anche il cambiamento climatico in quanto, con queste iniziative, aumentano i "pozzi di assorbimento del carbonio"; si può così parlare di ripristino di specie che formano habitats in grado di agire come "soccorritori climatici".

Questi habitat marini supportano anche la biodiversità (comprese le specie importanti dal punto di vista commerciale) formando aree chiave per le nurseries e fornendo rifugi naturali e aree di alimentazione. Inoltre migliorano la qualità e la limpidezza dell'acqua di mare e sostengono il turismo e le attività culturali.

Il ripristino degli ecosistemi comporta azioni di recupero e/o restauro di ecosistemi degradati o distrutti, nonché azioni di mitigazione di impatti e di conservazione di ecosistemi ancora intatti. Il ripristino degli ecosistemi è quindi un processo di inversione del degrado degli ecosistemi come quelli marini che si esplica mediante il recupero delle funzioni ecosistemiche, in altre parole, serve a migliorare la produttività e capacità degli ecosistemi di soddisfare da un lato i bisogni della società e dall'altro il diritto che ha la natura, in tutte le sue forme, di esistere. Ecosistemi più sani, infatti, con una biodiversità più ricca, offrono molti vantaggi, come precedentemente descritto, con ecosistemi più resilienti e contrasto all'aumento dei gas serra.

Il ripristino degli ecosistemi comprende una serie di attività che rientrano nel concetto ombrello di NbS.

Il Decennio delle Nazioni Unite sul ripristino dell'ecosistema, che va dal 2021 al 2030, è una opportunità per rafforzare iniziative volte a identificare azioni concrete a favore della natura e quindi della popolazione, impiegando NbS a differenti scale spaziali per salvaguardare e migliorare quei servizi ecosistemici che sono stati identificati dal Millenium Ecosystem Assessment (MEA dell'ONU) nell'ottica di incrementare la sicurezza alimentare, la fruizione degli ecosistemi (ad es. acqua pulita) e fermare la perdita di biodiversità e quindi il cambiamento climatico.

Guidato dal Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente (UNEP) e dall'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO), e attuato con e da partner di tutto il mondo, il Decennio delle Nazioni Unite sta costruendo un movimento globale forte e ampio per restaurare e mettere il mondo sulla buona strada per un futuro sostenibile. Lo scopo dichiarato del Decennio è rafforzare le iniziative già in corso per portare avanti queste e ulteriori esperimenti di restauro attraverso finanziamenti, sviluppo di competenze, capacità e verifica sperimentale dei risultati.

Tale scopo in questo decennio è in prima linea e si richiede uno sforzo collettivo per ottenere risultati concreti. La IUCN sta portando in questo decennio la sua vasta rete di membri, partner ed esperti, rafforzando così il suo impegno di lunga data per la conservazione e il ripristino degli ecosistemi e basandosi sui progressi che sono già stati fatti per consentire azioni di ripristino in tutto il mondo.

In questo contesto il presente progetto si inquadra e viene sviluppato.

1.1.3. Il Progetto “RENOVATE”

Il progetto “Approccio Ecosistemico alla Valutazione e Sperimentazione di Azioni di Compensazione e Mitigazione in Ambiente Marino: il caso dell'Hub Portuale di Civitavecchia” da qui in avanti “RENOVATE”¹, da un lato soddisfa le esigenze di tutela e conservazione dell'ambiente marino connesse allo sviluppo delle infrastrutture portuali, dall'altro risponde alla necessità di applicazione di quei criteri scientifici alla base dell'*approccio ecosistemico*,

¹ RENOVATE rappresenta il “concept” del progetto, infatti i suoi significati principali (restauro, rinnovo, ripristino) ben identificano la natura degli obiettivi di progetto.

promosso negli ultimi anni dalle Nazioni Unite e dalla comunità scientifica nazionale ed internazionale.

RENOVATE rappresenta quindi un innovativo progetto sperimentale volto al recupero di quelle funzioni e servizi ecosistemici marini potenzialmente impattati dall'espansione dell'Hub Portuale di Civitavecchia, funzioni e servizi che sono beni fondamentali per l'umanità.

1.2. OGGETTO E SCOPO

1.2.1. Oggetto del documento

Il presente documento consiste in un progetto di ricerca volto a mettere a punto una metodologia integrata per la compensazione degli ecosistemi marini mediterranei danneggiati dalla realizzazione di opere portuali, ivi inclusa la sperimentazione di interventi di restauro e mitigazione dell'habitat prioritario 1120* e di alcune biocenosi dell'habitat 1170, e di due specie di elevata rilevanza naturalistica ed ecologica: il *Corallium rubrum* e la *Pinna nobilis*.

Il caso di studio scaturisce dagli impatti diretti e indiretti sugli ecosistemi marini indotti dalle opere di sviluppo dell'HUB portuale di Civitavecchia (I Lotto Funzionale Opere Strategiche, II Lotto Funzionale Opere Strategiche e Darsena Energetica Grandi Masse).

Il progetto di ricerca applicato a questa “case history” si propone come obiettivo quello di definire le opere di mitigazione e compensazione per limitare l'eventuale danno prodotto agli ecosistemi marini con il fine ultimo di recuperare quelle funzioni ecologiche e quei servizi ecosistemici che sono andati perduti dalle attività prese in considerazione nel paragrafo 1.3. Case history: espansione dell'Hub Portuale di Civitavecchia.

Il progetto prende forma dal set di dati esistente, inclusi risultati di modelli numerici, che può essere reperito nei numerosi studi effettuati (vedi paragrafo 1.2.3. Documentazione di riferimento a supporto del progetto di ricerca) nelle aree marine di Civitavecchia, con particolare riferimento ai SIC IT6000005 ed IT6000006 (l'area di studio è descritta nel paragrafo seguente 1.2.2. Area di Studio).

Nel progetto vengono considerate anche tutta una serie di attività sperimentali, sia di misure in sito che di modellistica numerica, che supporteranno l'attività di sperimentazione, consentendone il proporzionamento, l'ubicazione e la verifica dei risultati.

In particolare, l'integrazione di dati relativi ad una approfondita analisi del quadro conoscitivo ambientale e ulteriori analisi mediante modelli numerici (vedi capitolo 2. Attività di Ricerca Integrative Utili al Completamento del Quadro Conoscitivo Ambientale) consentiranno di acquisire in maniera dettagliata tutte le informazioni relative all'ambiente marino che viene direttamente o indirettamente interessato dalle attività di espansione dell'Hub Portuale di Civitavecchia.

Un aspetto fondamentale del progetto di Ricerca (vedi capitolo 3. Attività Preliminari alla Progettazione e di Supporto alle Attività Sperimentali) è l'analisi degli habitat preesistenti finalizzato alla messa a punto dei migliori protocolli di restauro degli habitat, alla identificazione dei migliori e più idonei habitat da restaurare (a tal fine è fondamentale l'uso di modelli numerici), alla definizione di protocolli sperimentali di messa in sicurezza, conservazione e ricollocazione nei siti selezionati di un congruo numero di organismi delle specie prese in considerazione per recuperare nel tempo funzioni e servizi ecosistemici andati perduti, analizzando anche le funzioni ecologiche delle differenti specie e le loro risposte funzionali. Per poter svolgere queste attività al meglio e accompagnare il progetto durante le differenti fasi, il Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina dell'Università della Tuscia, predisporrà idonei spazi attrezzati per lo svolgimento delle attività sperimentali.

L'insieme di queste attività preliminari consentirà di proporzionare con grande precisione le attività di restauro degli ecosistemi sia in termini qualitativi che quantitativi mettendo a punto e quindi adottando una metodologia che garantirà le più alte probabilità di successo nel recupero di quelle funzioni e servizi ecosistemici andati perduti.

A seguito del restauro degli habitat 1120* e 1170 (vedi Capitolo 6. Attività di Restauro e Mitigazione) che si articolano in differenti azioni, prevedendo tra l'altro il restauro di tratti praterie di *Posidonia oceanica*, e di differenti associazioni e facies delle biocenosi dell'habitat scogliere (con particolare attenzione alla biocenosi del Coralligeno); interventi di protezione degli habitat stessi dalla pesca a strascico e dagli ancoraggi del diporto; il posizionamento di reef artificiali per il ripopolamento di specie sessili; la messa a punto di nuove tecniche da utilizzare per il restauro di habitat danneggiati; un programma *Bycatch* per il recupero di specie pregiate dalle reti e la sperimentazione di recupero di talee e talli spiaggiati; esperimenti di germinazione in vasca; un esperimento di utilizzo di modelli numerici per la pre-analisi e verifica dell'interazione reciproca posidonia - moto ondoso finalizzata al siting di precisione dei reimpianti, con la verifica anche degli effetti dei cambiamenti climatici in atto sugli habitat presi in considerazione.

Nelle successive fasi del progetto si effettueranno le verifiche sperimentali (vedi Capitolo 7. Attività di Monitoraggio delle Compensazioni) che analizzeranno i risultati delle attività di restauro e mitigazione, verificando puntualmente, mediante misure dirette di servizi ecosistemici (ed applicando i protocolli messi a punto nel Capitolo 3. Attività Preliminari alla Progettazione e di Supporto alle Attività Sperimentali) il recupero di quelle funzioni ecologiche che l'ambiente marino ha perduto a causa dei lavori portuali.

Al fine inoltre di controllare che le attività di dragaggio non inficino i restauri degli habitats e al tempo stesso che altri stressori, legati principalmente ad altre attività industriali oppure ad eventi estremi di moto ondoso e piene fluviali, sovrapponendosi nel tempo possano creare inaspettati risultati, si ritiene fondamentale la messa a punto di un articolato programma di monitoraggio di tutte le componenti ambientali (vedi Capitolo 4. Studio dei Potenziali Impatti della Realizzazione delle Opere in relazione agli Habitat e ai Cambiamenti Climatici), integrato con modelli numerici per la descrizione dei differenti fenomeni di dispersione che, articolandosi nel tempo, permetterà di controllare le eventuali alterazioni di dette componenti ambientali. A questa attività si integra nei primi anni la messa a punto di Early Warning System (vedi paragrafo 2.5. Definizione, Sviluppo ed Applicazione Sperimentale di un Early Warning System -EWS) che ha il duplice scopo di contribuire al completamento del quadro conoscitivo ambientale e principalmente di controllo e rapido allarme durante le attività di escavo e dragaggio.

Il progetto per il suo alto livello di innovazione scientifica, originalità e, al tempo stesso complessità, necessita di una azione mirata di comunicazione (vedi Capitolo 5. Comunicazione e Stakeholders) al territorio che ospiterà e beneficerà delle soluzioni proposte, di comunicazione scientifica a livello nazionale e internazionale, sia mediante convegni mirati che pubblicazioni su riviste specializzate. Inoltre offrirà una possibilità unica di formazione sull'ambiente marino mediante la realizzazione di un piccolo Centro di Educazione Ambientale Marina che potrà ospitare visite studentesche delle scuole dei litorali e potrà fornire spunti di studio e ricerca per tesi di laurea e di dottorato.

Infine, si valuterà la fattibilità di estendere la metodologia osservativa integrata, che verrà sviluppata all'interno del progetto di ricerca, e applicata a due SIC del Lazio (i SIC IT 6000005 e IT 6000006), a tutti gli altri SIC marini della Regione Lazio.

1.2.2. Area di Studio

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).

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.



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 (a nord) e IT 6000006 (a sud), (le aree rappresentate sono quelle riperimstrate dalla Regione Lazio, Deliberazione N. 922 del 10/12/2019).

In particolare: il SIC IT6000005 si estende da Punta Sant'Agostino sino a Punta Mattonara ricoprendo una superficie di 557 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 1096 ha e lunghezza complessiva di circa 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).

1.2.3. Documentazione di riferimento a supporto del progetto di ricerca

Le informazioni disponibili che sono alla base della redazione del presente progetto provengono da studi pregressi messi a disposizione dall’Autorità Portuale di Civitavecchia che consistono nella seguente documentazione:

- 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 (2015)²;
- progetto P.E.D.A.S (Potential Effects of Dredging Activities on SIC) del Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina, DEB, Università degli studi della Toscana (da ora in poi LOSEM), settembre 2015;
- progetto LOSEM “Approccio Ecosistemico alla valutazione delle opere di compensazione e mitigazione in ambiente marino: il caso studio dell’Hub portuale di Civitavecchia” (2016)³;
- studio integrativo Nuova Indago (2020);
- studi ambientali marini a Civitavecchia LOSEM (2021).

Stante l’elevata quantità di informazioni, al fine di procedere ad una progettazione esecutiva degli interventi di compensazione e mitigazione si rende necessario effettuare una serie di studi preliminari, di campo e di modellistica numerica, ad integrazione di quanto effettuato, che vengono descritti nei capitoli 2. e 3..

² <https://va.minambiente.it/it-IT/Oggetti/MetadatoDocumento/133361>

³ In particolare, la metodologia di valutazione dei servizi ecosistemici utilizzata nel Progetto del 2016, è stata successivamente oggetto di pubblicazione internazionale (Marcelli et. Al 2018). Il progetto, rev. 0, è stato trasmesso all’ADSP da Unitus LOSEM - DEB in data 07/06/2016 prot. ADSP 0008605, ulteriori revisioni sono state prodotte sino alla versione definitiva settembre 2016.

A tal fine, per ottimizzare le attività di ricerca, si considera di grande utilità il documento prodotto dalla Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale (VIA e VAS) “Parere n. 3402 del 8 Maggio 2020 Verifica di Attuazione ex Art. 185 c. 6 e 7 del Dlgs 163/2006”, V.A. 49 - Opere strategiche per il porto di Civitavecchia 1° lotto funzionale - prolungamento antemurale Colombo, darsene Servizi e traghetti” che indica una serie di attività integrative da svolgere finalizzate a completare il quadro conoscitivo sull'area e propedeutiche alla progettazione delle compensazioni.

Infine, Copernicus Marine Service, che il CMCC coordina per il Mediterraneo, fornisce informazioni sulle dinamiche oceanografiche e climatiche che costituiscono una base conoscitiva utile alla realizzazione delle attività sperimentali.

Ai fini dell'analisi, delle metodologie e della progettazione degli interventi di compensazione, 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);
- progetti LIFE: SEPOSSO, “Supporting Environmental governance for the *Posidonia oceanica* Sustainable transplanting Operations”; SEAFOREST “*Posidonia* meadows as carbon sinks of the Mediterranean”, ROC-POPLife Project - *Cystoseira* Restoration in MPAs; 09NAT/IT/000176 POSEIDONE;
- progetto MERCES (Marine Restoration in Changing European Seas), progetto UE incentrato sul ripristino di diversi habitat marini degradati, con l'obiettivo di valutare il potenziale di tecnologie e approcci metodologici, quantificare i ritorni in termini di servizi ecosistemici e impatto socio-economico, definire le governance necessarie per ottimizzare l'efficacia dei diversi approcci di restauro;

- progetto FP7 CORGARD (Mediterranean red coral management and conservation) ha lo scopo di studiare come i fattori che regolano la struttura della popolazione, la dimensione della colonia, disponibilità di cibo e livello di competizione inter/intraspecifica influenzino la mortalità e la crescita del corallo rosso trapiantato;
- le attività sperimentali e di restauro che hanno accompagnato il ripristino degli ecosistemi impattati dalla Costa Concordia sia per quanto riguarda la *Posidonia oceanica* che l'Habitat 1170. Questa attività ha prodotto una ricca bibliografia scientifica che verrà presa in considerazione. A titolo di esempio: Mancini, G., et al. "Impact of the Costa Concordia shipwreck on a *Posidonia oceanica* meadow: A multi-scale assessment from a population to a landscape level." *Marine pollution bulletin* 148 (2019): 168-181.; Mancini, G., et al. "An experimental investigation aimed at validating a seagrass restoration protocol based on transplantation." *Biological Conservation* 264 (2021): 109397.; Casoli, E., Ventura, D., Cutroneo, L., Capello, M., Jona-Lasinio, G., Rinaldi, R., . & Ardizzone, G. D. (2017). Assessment of the impact of salvaging the Costa Concordia wreck on the deep coralligenous habitats. *Ecological Indicators*, 80, 124-134.; Casoli, E., Mancini, G., Ventura, D., Pace, D. S., Belluscio, A., & Ardizzone, G. D. (2020). *Reteporella* spp. success in the re-colonization of bare coralligenous reefs impacted by Costa Concordia shipwreck: The pioneer species you did not expect. *Marine Pollution Bulletin*, 161, 111808.; Casoli, E., Ventura, D., Mancini, G., Cardone, S., Farina, F., Donnini, L., . & Ardizzone, G. D. Rehabilitation of Mediterranean animal forests using gorgonians from fisheries by-catch. *Restoration Ecology*, e13465.;
- progetto FP7 CORALFISH, ha lo scopo di valutare l'interazione tra le popolazioni di coralligeno, i pesci e la pesca su vasta scala in ambito europeo;
- progetto CRESCI BLU, finanziato nell'ambito del FISR (Fondo Integrativo Speciale per la Ricerca), si propone di acquisire nuove conoscenze sulle popolazioni del coralligeno dell'area Mediterranea;
- progetto INTERREG TRETAMARA, si propone di contribuire a linee guida, condivise a livello transnazionale, per un piano di gestione integrata degli habitat marini ad elevato valore ecologico con azioni di progetto volte a tutelare e promuovere le risorse naturali e a rafforzare la gestione integrata degli ecosistemi per uno sviluppo sostenibile del territorio;
- Edwards, A. J. (2010). Reef rehabilitation manual.

Per quanto riguarda i riferimenti esistenti nella letteratura scientifica internazionale, il presente progetto tiene conto degli studi e delle ricerche sulle metodologie e tecniche di restauro, recupero e conservazione di habitat di elevato pregio ecosistemico nelle aree del Mediterraneo, con particolare riferimento al reimpianto di specie del coralligeno (Linares et al., 2008; Baldacconi et al., 2009; Fava et al., 2009; Musco et al. 2017, Montseny et al. 2019, Montseny et al. 2020).

Sull'utilizzo di modelli numerici di simulazione per gli approcci di tipo "Natural Based Solution (NBS)" in ambiente costiero, si è fatto riferimento ai seguenti progetti:

- **Working with Nature:** è una iniziativa promossa dal PIANC (Associazione mondiale per l'infrastruttura dei trasporti acquatici) e richiede un importante cambiamento di pensiero nell'approccio ai progetti di sviluppo della navigazione e dei porti per aiutare a fornire soluzioni reciprocamente vantaggiose e "win-win". Promuove una filosofia proattiva e integrata che si concentra sul raggiungimento degli obiettivi del progetto in un contesto ecosistemico piuttosto che sulla valutazione delle conseguenze di un progetto predefinito e si concentra sull'identificazione di soluzioni vantaggiose per tutti piuttosto che semplicemente sulla riduzione al minimo del danno ecologico;
- **OPERANDUM :** è un progetto H2020 fornisce gli strumenti e i metodi per la validazione delle soluzioni basate sulla natura al fine di migliorare la resilienza nei territori rurali e naturali europei riducendo i rischi idro-meteorologici;
- **MACOBIOS :** è un progetto H2020 il cui obiettivo principale è garantire strategie di gestione e conservazione efficienti e integrate per gli ecosistemi marini costieri europei per affrontare il cambiamento climatico. A tal fine, MaCoBioS ha riunito un team multidisciplinare di esperti per colmare la mancanza di conoscenza sugli impatti del clima sui più importanti ecosistemi marini costieri (alghe, barriere coralline, mangrovie, bioconcrezioni coralligene e calcaree, barene e foreste di alghe).

1.2.4. Approccio strategico

L'intero progetto basa la sua logica sulla analisi dei servizi e funzioni ecosistemici valutati in via preliminare dal LOSEM⁴ utilizzando i dati delle coperture delle Biocenosi ed Habitat

⁴ Progetto LOSEM, DEB Università della Tuscia: "Approccio Ecosistemico alla valutazione delle opere di Compensazione e Mitigazione in Ambiente Marino: il caso studio dell'hub portuale di Civitavecchia, REL-282-BIO-0616-AP di settembre 2016.

derivati dalla VINCA⁵, applicando le categorie di servizi ecosistemici individuati ed il relativo metodo di calcolo derivato da precedenti lavori (Costanza et al. 1997, Daily 1997, Braat e De Groot 2012, Costanza 2008) nei quali sono state proposte le metodologie che sono alla base dell'approccio più utilizzato in ambito internazionale per il computo dei servizi ecosistemici e del capitale naturale degli habitat marini, utilizzato anche dalle Nazioni Unite nel 2016 come base per la prima valutazione a scala mondiale dell'ambiente marino⁶.

In particolare, il suddetto report delle NU, con riferimento alle praterie marine sottolinea che il costo delle attività di restauro è molto alto e i requisiti tecnologici e le competenze necessarie non sono ancora disponibili e diffuse, mentre per gli ecosistemi dell'Habitat 1170 è necessario anche uno sforzo conoscitivo e lo sviluppo di metodi e capacità di monitoraggio e di restauro.

Inoltre, aggiunge che qualora vengano applicate attività di restauro è difficile riottenere le medesime condizioni di biodiversità e fornitura di servizi ecosistemici precedenti la causa di degrado o perdita di habitat. E conclude che quando vengono effettuate attività di restauro in funzione del ripristino degli ecosistemi si rendono necessari studi complessi ed approfonditi mirati alla definizione e messa punto di protocolli operativi per le metodologie di restauro.

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. La conseguente stima economica delle perdite di benefit e servizi ecosistemici costituisce, quindi, il valore della perdita economica conseguente agli impatti relativi alle opere prese in considerazione. Il danno all'ecosistema verrà compensato da una serie di interventi di restauro e mitigazione che hanno l'obiettivo di ripristinare le funzioni ecologiche andate perse in un tempo idoneo al recupero di detti servizi ecosistemici, che viste le esperienze di restauro precedenti, può essere considerato pari a 10 anni. 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 impattate. Se le superfici 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 Valutazione di Incidenza Ambientale dei piani e progetti volti a sviluppare l'HUB portuale di Civitavecchia, prot.19132 del 23.12.2015 (2015)

⁶ The First Global Integrated Assessment – World Ocean Assessment I, 2016 United Nation, Cambridge University Press, 973 pp.

Il progetto di conseguenza presenta una forte componente sperimentale derivante da un approccio logico basato sulla valutazione dei servizi ecosistemici degli habitat considerati nella Direttiva 92/43/CEE (“Direttiva Habitat”). 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 alla base del presente studio, indipendentemente dall’estensione delle allora vigenti perimetrazioni dei SIC.

La strategia degli interventi di compensazione si basa sull'analisi del Capitale Naturale 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, con l’obiettivo di una strategia ambientale condivisa a livello di UE (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, dall’Autorità di Sistema Portuale del Tirreno Centro-Settentrionale, dal LOSEM, DEB, dell’Università della Toscana, dal CONISMA, dall’ENEL e dai diversi progetti LIFE di restauro degli ecosistemi marini mediterranei.

Il progetto proposto risponde inoltre all’esigenza di considerare gli effetti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi marino-costieri come quadro imprescindibile per lo studio e l’analisi degli impatti circoscritti alle opere in oggetto e per la messa in opera delle azioni di mitigazione e restauro. In questo senso le attività di seguito descritte sono basate su un approccio integrato con l’utilizzo di modelli numerici che rappresentano uno strumento fondamentale per rispondere alla complessità dei processi in atto soprattutto nell’ottica della dinamica evolutiva dei fenomeni marino-costieri e delle loro molteplici interazioni con la componente climatica.

In conclusione, la tipologia ed il dimensionamento degli interventi di compensazione si basa sulle seguenti considerazioni:

- si rende necessario mettere in atto azioni estese, nello spazio e nel tempo, di tutela e conservazione per gli habitat e le specie colpite;

- la strategia delle misure proposte prevede di integrare azioni che coinvolgono il territorio, nelle sue componenti più presenti ai fini della conservazione degli habitat dell'area di intervento (ad esempio: coinvolgimento diretto di associazioni naturalistiche subacquee, diving e mondo della pesca);
- 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;
- le misure di compensazione (quali il restauro di porzioni danneggiate di praterie di *Posidonia oceanica*) devono essere sito specifiche e devono essere inserite in più ampi progetti di gestione integrata della fascia costiera (Bouderesque et al., 2006);
- l'impostazione sperimentale e la durata del progetto (10 anni) assicurano la riuscita degli interventi prevedendo una continua azione di monitoraggio, manutenzione e assestamento degli interventi sperimentali;
- gli interventi hanno lo scopo di ripristinare le funzioni ecologiche e i servizi ecosistemici degli habitat impattati, proporzionando gli interventi in funzione delle perdite dei servizi ecosistemici stessi⁷ per un tempo di 10 anni, necessario al naturale recupero delle funzioni ecosistemiche sottratte;
- 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.

⁷ I servizi ecosistemici saranno computati secondo i metodi proposti nei lavori di De Groot e Costanza, nelle aree dove sono disponibili dati degli usi diretti e indiretti degli habitat ed esteso laddove non si hanno dati diretti mediante il modello INVEST, sviluppato a Stanford con metodi di calcolo basati sull'approccio proposto dalla letteratura internazionale.

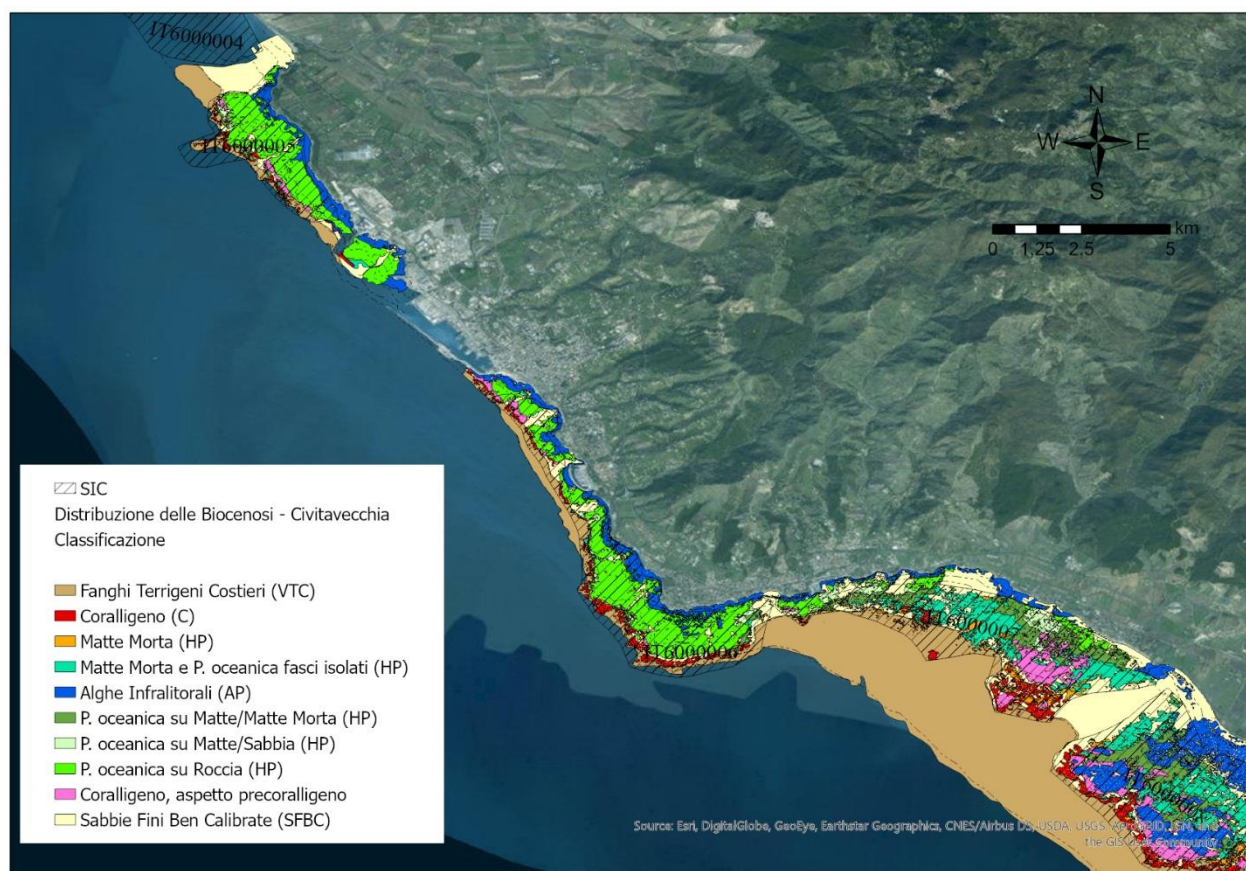


Fig. 2) *Distribuzione delle principali biocenosi nell'area di Civitavecchia*

1.3. CASE HISTORY: ESPANSIONE DELL'HUB PORTUALE DI CIVITAVECCHIA

Lo studio verrà applicato ad un case history reale, e prenderà in considerazione le varie fasi di espansione del porto di Civitavecchia, considerando anche le condizioni al contorno (es. apporti fluviali) e le eventuali altre presenze industriali onde considerare gli impatti cumulati delle differenti attività sugli habitat e le specie oggetto dello studio.

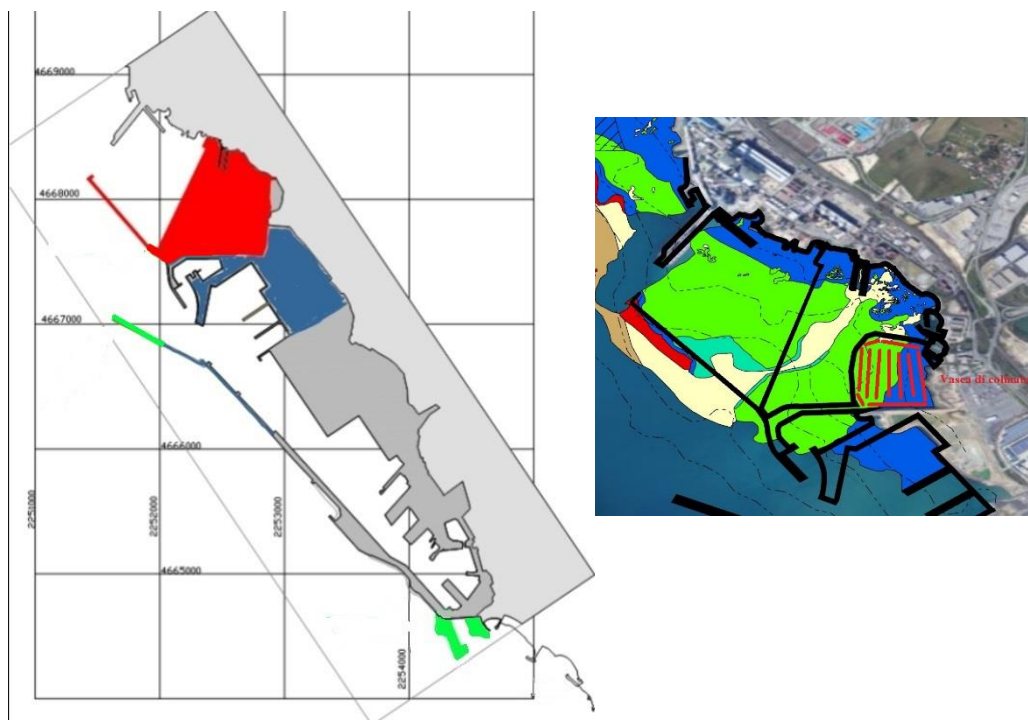


Fig. 3) *A sinistra: schema delle planimetrie delle opere nel Porto di Civitavecchia. In blu il I Lotto FOS, in verde il II lotto FOS e in rosso le opere della DEGM. A destra dettaglio dell'area della vasca di colmata (in rosso),*

Nella figura 3., in azzurro l'area di intervento per il I Lotto Funzionale Opere Strategiche, in rosso l'area di intervento per la Darsena Energetico Grandi Masse, in verde le opere del II lotto Funzionale Opere Strategiche che verranno realizzate nei prossimi anni.

Allo stato attuale sono stati realizzati il I Lotto Funzionale delle Opere Strategiche, la vasca di colmata (della DEGM) e si prevede nei prossimi anni 2022-2024, ulteriore prolungamento dell'antemurale Cristoforo Colombo (400 m.) e il nuovo accesso al bacino storico (apertura a Sud).

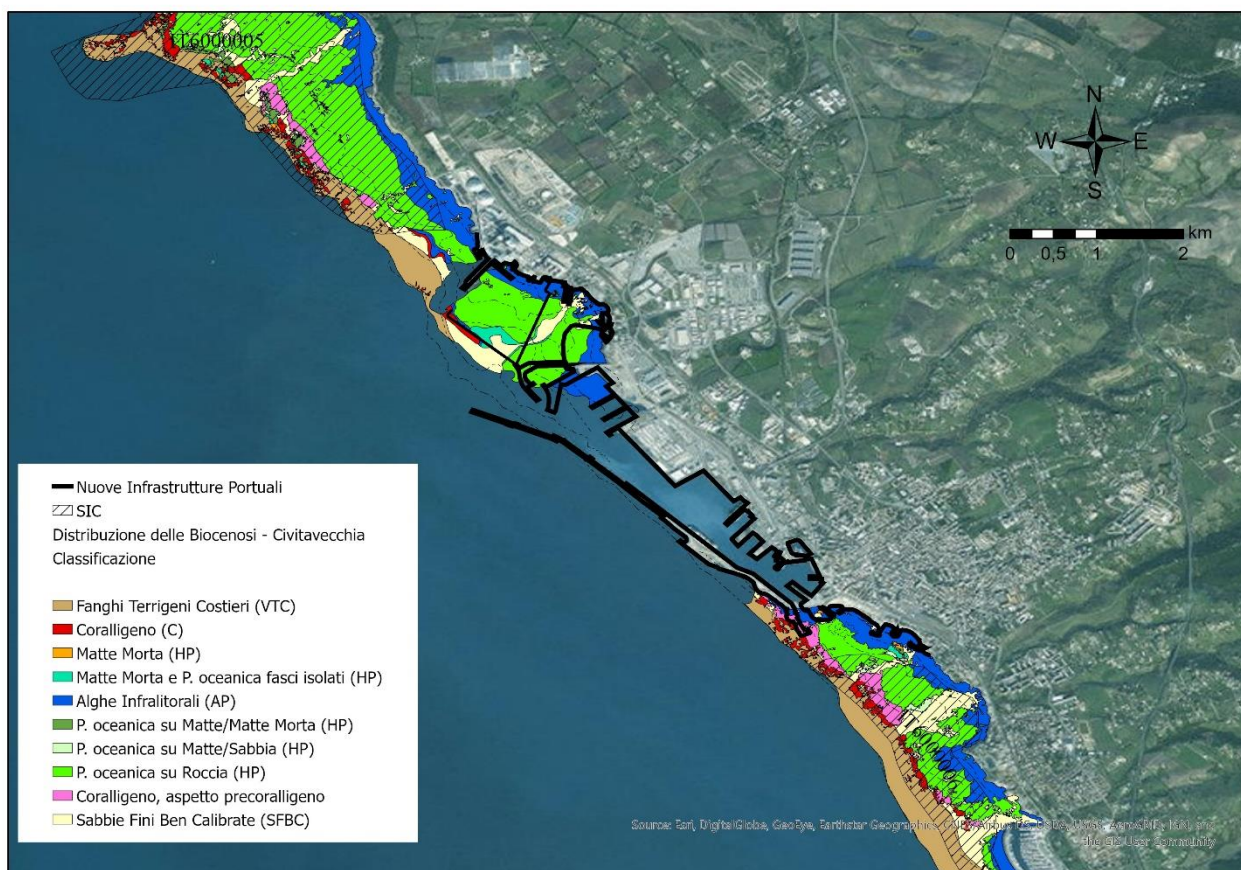


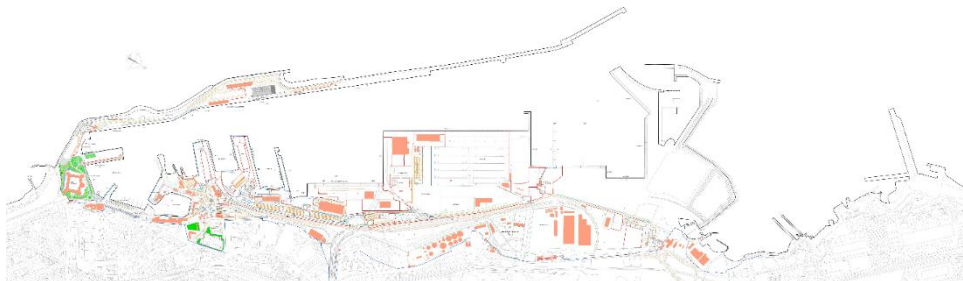
Fig. 4) In questa immagine si vede la sovrapposizione dell'impatto delle opere portuali (in grigio), che verranno realizzate nel prossimo futuro, sulle biocenosi e la nuova delimitazione dei SIC (in nero)

Breve cronistoria dell'espansione dell'Hub Portuale di Civitavecchia

L'Hub Portuale di Civitavecchia, come noto, fu inserito tra le opere strategiche per lo sviluppo e la modernizzazione del Paese, con Delibera CIPE del 21.12.2001 (pubblicata sulla G.U. n. 51/2002 S.O.), che, in attuazione dell'art. 1, comma 1, della Legge n. 443 del 21.12.2001 (c.d. Legge Obiettivo), approvando il "1° programma delle Infrastrutture strategiche" l'ha ricompreso nell'allegato 1 tra gli "hub portuali" e nell'allegato 2 tra gli "interventi strategici di preminente interesse nazionale" della Regione Lazio con la seguente dizione: "Allacci plurimodali e potenziamento Porto di Civitavecchia".

Le dieci opere individuate quali prioritarie per il potenziamento dell'Hub portuale di Civitavecchia sono di seguito richiamate: 1. Darsena Traghetti 2. Darsena Servizi 3. Prolungamento Antemurale C. Colombo 4. Prolungamento banchina 13 5. Nuovo accesso al bacino storico (Apertura a sud) 46 6. Nuove banchine per l'area crocieristica e commerciale 7.

Ponte mobile di collegamento con l'antemurale traiano 8. Viabilità principale 9. Riqualificazione delle banchine del bacino storico 10. Molo di sottoflutto "Darsena Grandi Masse". Nell'ambito delle dieci opere strategiche approvate dal CIPE, l'Autorità Portuale indicava uno stralcio funzionale delle stesse, denominato "primo lotto funzionale", costituito dal prolungamento dell'antemurale Cristoforo Colombo, dalla darsena servizi e dalla darsena traghetti, opere che potessero rappresentare il primo passo verso la trasformazione del porto con l'obiettivo di razionalizzarne le attività, differenziando i traffici nell'ambito del porto stesso. Il vigente Piano Regolatore Portuale (P.R.P. 2004), prendendo origine dalla necessità di ricucire in modo organico, all'interno di uno strumento di pianificazione, il complesso delle Opere Strategiche approvate nel 2004, costituenti l'attuazione dell'Hub Portuale di Civitavecchia [opera di Legge "Obiettivo" n. 443 del 2001], è stato dapprima adottato dal Comitato Portuale con delibera n. 51 del 12.07.2004, poi condiviso con il Comune di Civitavecchia con Delibera Consigliare n. 80 del 07.09.2004 ed, infine, approvato dalla Regione Lazio con Delibera di Giunta n. 121 del 23.03.2012 a seguito del parere del C.S.LL.PP. (voto n. 209 reso dall'Assemblea Generale nell'adunanza del 29.10.2003) e del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare di concerto con il Ministero per i Beni e le Attività Culturali (U.prot DVA-DEC-2010- 0000004 del 09.02.2010). Obiettivo principale, che ha ispirato la redazione del vigente P.R.P. 2004, è stato il perseguimento della specializzazione degli ambiti portuali finalizzata al miglioramento della competitività del sistema portuale ed all'incremento della crescita dei traffici commerciali e passeggeri mediante: a) la separazione tra porto storico e porto commerciale; b) l'ottimale e più efficiente utilizzo degli specchi acquei, delle banchine e dei retrostanti piazzali; c) lo sviluppo dell'intermodalità logistica; d) la mitigazione degli impatti sull'ambiente cittadino con lo spostamento a Nord delle attività commerciali, in particolare con lo spostamento dei traghetti che prima ormeggiavano nel bacino storico (banchine 3-4-5-6-7).



Configurazione attuale del porto

Ad oggi il P.R.P. 2004 è stato sostanzialmente mantenuto nel suo assetto originario, riconoscendone validi a tutt'oggi i principi direttori e le strategie, eccetto che per due modifiche

minori e non sostanziali che si sono rese necessarie per adeguare il layout alle nuove esigenze funzionali che si sono man mano venute a concretizzare nel corso degli anni (modifiche che hanno interessato il I° Lotto delle Opere Strategiche e la futura Darsena Energetica Grandi Masse).

L'iter autorizzativo delle opere previste è stato il seguente:

- in data 07/03/2006, la Commissione ha verificato l'ottemperanza del Progetto Definitivo alle prescrizioni e raccomandazioni del provvedimento di compatibilità ambientale di cui alla citata delibera CIPE n.103/04, di cui alla Relazione di Ottemperanza al Progetto Definitivo, nella quale viene detto che: "è verificata la parziale ottemperanza del Progetto Definitivo alle prescrizioni e raccomandazioni del provvedimento di compatibilità di cui alla citata Delibera CIPE. S'intende per tanto che alcune delle prescrizioni impartite in sede di Progetto Preliminare e non ottemperate nel Progetto Definitivo, impongono il completamento del progetto stesso, da risottoporre alla Commissione per la verifica di ottemperanza.";
- con il parere espresso dalla Commissione in data 11/07/2006, è stata completata la verifica di Ottemperanza per il Progetto Definitivo di cui alla Determinazione Direttoriale acquisita con nota prot. DSA-2006-0021173 del 08/08/2006 di Verifica di Ottemperanza II FASE al Progetto Definitivo;
- con la Delibera n. 140/2007 del 21/12/2007 "Potenziamento hub portuale di Civitavecchia - Primo Lotto interventi funzionali (1° stralcio): Prolungamento antemurale C. Colombo e Darsena traghetti" e con la Delibera n.2/2008 del 25/01/2008 "Potenziamento hub portuale di Civitavecchia - Primo lotto interventi funzionali (2° stralcio). Darsena servizi", il CIPE ha approvato ai sensi dell'art.166 del D. Lgs. n. 163/2006 e s.m.i., con prescrizioni e raccomandazioni da attuare in fase di redazione e di realizzazione del Progetto Esecutivo, il Progetto Definitivo;
- con la Determinazione Direttoriale n. 15194 del 21/05/2014, tenuto conto del parere n. 1472 del 28/3/2014, è stata verificata l'ottemperanza del progetto esecutivo alle prescrizioni delle Delibere CIPE n. 140/2007 e n. 2/2008 di approvazione del Progetto Definitivo;
- con il parere n. 1471 del 28/03/2014 la Commissione ha espresso parere contrario relativamente alla Procedura ex art. 169, comma 4, del D. Lgs n. 163/2006 e s.m.i. – Varianti di cui alla Determina Direttoriale DVA-2014-0011635 del 22/04/2014;

- con il parere n. 1794 del 29/05/2015 la Commissione ha espresso parere positivo relativamente alla Procedura ex art. 169, comma 4, del D. Lgs n. 163/2006 e s.m.i. sulla Variante Perizia 2014, di cui alla Determina Direttoriale DVADEC-2015-216 del 25/06/2015;
- con Determina Direttoriale DVA-DEC-2017-0000003 del 12/01/2017, tenuto conto del parere n. 2273 del 20/12/2016 è stata determinata la parziale conclusione delle attività di verifica e controllo relativamente alla procedura di Verifica di Attuazione Fase II – ai sensi dei commi 6 e 7, dell’art. 185 del D. Lgs n. 163/2006 del progetto rispetto alle prescrizioni impartite con Determina Direttoriale n. 15194 del 21/05/2014;
- con il parere n. 2390 del 12/05/2017 la Commissione ha espresso parere di chiarimento sulla prescrizione n. 5 della Determinazione Direttoriale DVA-DEC-2017-00003 del 12/01/2017 inerente la progettazione degli interventi compensativi relativi agli impatti diretti e indiretti sui Siti di Importanza Comunitaria derivanti dalla realizzazione del progetto;
- con Determina Direttoriale DVA-0000053 del 22/02/2019, tenuto conto del parere n. 2926 del 18 gennaio 2019, è stata determinata la parziale conclusione delle attività di verifica e controllo relativamente alla procedura di Verifica di Attuazione Fase II – ai sensi dei commi 6 e 7, dell’art. 185 del D. Lgs n. 163/2006 del progetto rispetto alle prescrizioni contenute nella Determina Direttoriale n. 3/2017;
- con Determina Direttoriale MATTM-CRESS-DEC-178 del 24/06/2020, tenuto conto del parere n. 3402 del 8/05/2020, è stata determinata la non sussistenza delle condizioni per la conclusione dell’istruttoria periodica nell’ambito della Verifica di Attuazione – Fase 2, svolta ai sensi dell’articolo 185, commi 6 e 7, del D. Lgs. n. 163/2006, disponendo che il Proponente ottemperi alle seguenti prescrizioni indicate nel parere n. 3402;
- l’Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Centro Settentrionale in data 21/07/2020 con nota prot. 8572 ha trasmesso, ai sensi dell’art. 185 del D. Lgs. n. 163/2006, per quanto applicabile dall’art. 216, c. 27, del D. Lgs. n. 50/2016, documentazione per la prosecuzione della procedura di Verifica di Attuazione – Fase 2 inerente al progetto Esecutivo “Opere strategiche per il porto di Civitavecchia - 1°lotto funzionale - prolungamento antemurale Colombo, darsene Servizi e traghetti”, da realizzarsi nel Comune di Civitavecchia (RM);
- la domanda è stata acquisita dalla Divisione V - Sistemi di valutazione ambientale della Direzione generale per la crescita sostenibile e la qualità dello sviluppo (d’ora innanzi Divisione) con prot.n. MATTM/57475 in data 23/07/2020;

- la Divisione con nota MATTM/66993 in data 31/08/2020, acquisita dalla Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS (d'ora innanzi Commissione) con prot. n. CTVA/2621 in data 31/08/2020 ha trasmesso, ai fini delle valutazioni di competenza, la nota sopracitata e la documentazione progettuale e amministrativa allegata;
- con nota prot. CTVA/2863 del 21/09/2020, il Presidente della Commissione ha inviato alla Direzione la proposta di assegnazione della presente procedura indicando il Referente Istruttore.

1.4. IMPATTI DIRETTI E INDIRETTI

Nel **Progetto del 2016** redatto dal LOSEM “*Approccio Ecosistemico alla valutazione delle opere di compensazione e mitigazione in ambiente marino: il caso studio dell’Hub portuale di Civitavecchia*”, si presentava una stima degli impatti diretti di tutte le opere di sviluppo del PRP dell’Hub Portuale di Civitavecchia, pari a circa **5.387.175 euro** (inc. rivalutazione Istat al 2021) che servivano a compensare **15 ha** di *Posidonia oceanica* e **3,5 ha** di habitat 1170 Coralligeno, e la distruzione di circa **250 individui** (valore medio delle stime) di *Pinna nobilis*.

Di seguito si riporta la tabella degli impatti diretti e indiretti dai quali è stato redatto il progetto delle Compensazioni del 2016 sottoposto al Tavolo Tecnico e trasmesso alla Comunità Europea per la chiusura del caso EU PILOT 6007/14/ENVI riguardante il porto di Civitavecchia.

Per quanto agli impatti indiretti si è ritenuto possano essere mitigati completamente mediante la messa in opera di un Piano di Monitoraggio Ambientale e dell’EarlyWarning System.

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	nessuno	mitigato*	mitigato*	mitigato*	mitigato*

Tab. 1. Schema riassuntivo degli impatti dell’hub portuale secondo la valutazione presente nella relazione “*Approccio Ecosistemico alla valutazione delle opere di compensazione e mitigazione in ambiente marino: il caso studio dell’hub portuale di Civitavecchia*” (2016), in totale 15 ha di *Posidonia oceanica* e 3,5 ha di Habitat 1170, Coralligeno. (mitigato*, solo nel caso vengano effettuati gli interventi di mitigazione previsti dal progetto LOSEM “*Approccio Ecosistemico alla valutazione delle opere di compensazione e mitigazione in ambiente marino: il caso studio dell’Hub portuale di Civitavecchia*” del 2016).

La metodologia per la valutazione dei servizi ecosistemici utilizzata nel **Progetto del 2016** redatto dal LOSEM “*Approccio Ecosistemico alla valutazione delle opere di compensazione e mitigazione in ambiente marino: il caso studio dell’Hub portuale di Civitavecchia*”, è stata successivamente oggetto di pubblicazione internazionale (Marcelli et. Al 2018)⁸

⁸ Marcelli, M., Scanu, S., Frattarelli, F. M., Mancini, E., & Carli, F. M. (2018). A benthic zonation system as a fundamental tool for natural capital assessment in a marine environment: A case study in the Northern Tyrrhenian Sea, Italy. Sustainability, 10(10), 3786.

1.4.1. Sintesi degli impatti diretti

In questo paragrafo si riportano gli impatti diretti delle opere portuali relative al I lotto funzionale, alla vasca di Colmata e alle opere che verranno realizzate in questa fase realizzativa.

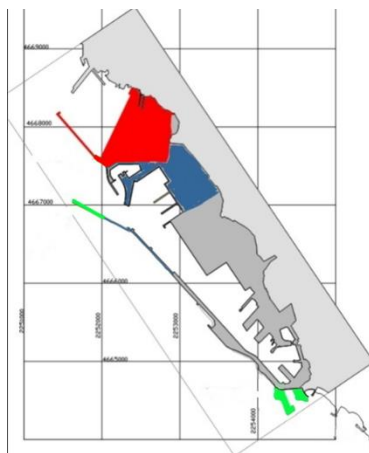


Fig. 5) Piano di espansione del porto: in blu l'area di intervento per il I Lotto Funzionale Opere Strategiche; in rosso l'area di intervento per la Darsena Energetica Grandi Masse; in verde le aree degli interventi previsti per il II Lotto Funzionale O.S.

In particolare, per quanto attiene agli impatti diretti sugli Habitat 1120* a *Posidonia oceanica*, si considera come superficie impattata solamente quella relativa alla copertura effettiva della *Posidonia oceanica* (espressa in percentuale di copertura) all'interno dell'Habitat considerato. Per l'Habitat 1170 si considerano prioritariamente le superfici delle biocenosi del coralligeno⁹.

⁹ In particolare, le facies e associazioni considerate prioritarie nelle SDF/ASPIM della Biocenosi del coralligeno. Protocollo ASP/BD relativo alle Aree Specialmente Protette e la Biodiversità in Mediterraneo del 1995, e relativo Annesso II (ANNEX II, list of endangered or threatened species, protocol concerning specially protected areas and biological diversity in the mediterranean, UNEP 2013).

1.4.1.1. Impatti diretti del I Lotto Funzionale

Le attività di realizzazione del I lotto funzionale sono state concluse e hanno prodotto gli impatti diretti di seguito riportati per i due Habitat e per le specie considerati per quanto rilevato dalla VINCA 2015.

Habitat 1120* *Posidonion oceanicae*

Habitat/Facies	Superficie totale degli Habitat/Facies impattata (ha)	Copertura media % della <i>P.o.</i> nei differenti Habitat	Superficie di <i>Posidonia oceanica</i> impattata (ha)
Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di <i>P. oceanica</i> (area interna al SIC)	6,4	15	0,96
<i>Posidonia oceanica</i>	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
TOTALE <i>Posidonia</i>	13		3.07

Habitat 1170 Scogliere (Biocenosi del “Coralligeno”)

(ha impattati direttamente dell’habitat 1170) = 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

1.4.1.2. Impatti diretti della DEGM

La realizzazione delle Opere costituenti la DEGM¹⁰ determinerà complessivamente un impatto diretto su una superficie di fondo marino occupato da *Posidonia oceanica* come riportato nella seguente tabella che riporta i risultati delle indagini effettuate nel 2015 per la VINCA. Parte dell'habitat 1120* della seguente tabella è stato già direttamente impattato dalla realizzazione della vasca di colmata e da opere di minore entità.

Habitat 1120* *Posidonia oceanica*

Habitat/Facies	Superficie totale degli Habitat/Facies impattata (ha)	Copertura media % della <i>P.o.</i> nei differenti Habitat	Superficie di <i>Posidonia oceanica</i> impattata (ha)
Facies Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di <i>P. oceanica</i> (area interna al SIC)	24	15	3,6
<i>Posidonia oceanica</i>	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
TOTALE <i>Posidonia</i>	65.8		11.75

Per quanto attiene all'habitat 1170 Scogliere è stata computata la sola biocenosi del Coralligeno, senza considerarne l'aspetto precoralligeno ed alcune facies più superficiali attribuite allo stesso habitat¹¹, vedi capitolo 6.3.

Habitat 1170 Scogliere (Biocenosi del "Coralligeno")

(ha impattati direttamente sulla biocenosi) = 3,5 ha

Specie *Pinna nobilis* (codice 1028)

¹⁰ Come determinato dalla VINCA

¹¹ Come descritto nel recentissimo lavoro di Monica Montefalcone, Leonardo Tunesi e Atef Ouerghi, A review of the classification systems for marine benthic habitats and the new updated Barcelona Convention classification for the Mediterranean (2021)

Densità media stimata 1 individuo ogni 240 m²

Totale individui presenti stimati compreso fra **105 e 265** ¹²

Dato da confermare a seguito dell'epidemia che ha colpito le popolazioni di *Pinna nobilis* nel Mediterraneo

Specie ***Corallium rubrum*** (codice 1001)

Non rilevata

Di seguito: dettaglio degli impatti della porzione delle opere della DEGM (vasca di colmata)

I seguenti dati rappresentano un sottoinsieme degli impatti relativi all'area della vasca di colmata che è stata già realizzata e viene computata in questo paragrafo insieme alle altre opere che vengono realizzate in questa fase.

Habitat 1120* *Posidonia oceanica*

Habitat/Facies	Superficie totale degli Habitat/Facies impattata (ha)	Copertura media % della P.o. nei differenti Habitat	Superficie di <i>Posidonia oceanica</i> impattata (ha)
Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di <i>P. oceanica</i>	4.5	15	0.67
<i>Posidonia oceanica</i>	0		
Roccia con presenza di <i>P. oceanica</i>	7.8	15	1.17
TOTALE <i>Posidonia</i>	12.3		1.84

Superficie sabbia 0.4

Habitat 1170 Scogliere (Biocenosi del “Coralligeno”)

direttamente impattati durante questa fase **ha 0.18**

Da approfondire durante gli studi di cui al capitolo 3..

¹² Dato da confermare a seguito dell'epidemia che ha colpito le popolazioni di *Pinna nobilis* nel Mediterraneo. Carella, F., Antuofermo, E., Farina, S., Salati, F., Mandas, D., Prado, P., ... & De Vico, G. (2020). In the wake of the ongoing mass mortality events: Co-occurrence of *Mycobacterium*, *Haplosporidium* and other pathogens in *Pinna nobilis* collected in Italy and Spain (Mediterranean Sea). *Frontiers in marine science*, 7, 48.

Specie *Pinna nobilis* (codice 1028)

TOTALE circa 77 individui¹³

Specie *Corallium rubrum* (codice 1001)

Non rilevata nell'area direttamente impattata

1.4.1.3. Impatti diretti del II Lotto funzionale

Gli impatti calcolati sono relativi alle impronte delle opere utilizzando come configurazione di partenza le indagini effettuate per la VINCA (VINCA consegnata ad Aprile 2015).

Per la progettazione degli interventi di compensazione che verranno proposti nell'ambito dell'attività di studio e ricerca in argomento, per l'apertura a sud¹⁴, si sono rese necessarie delle indagini preliminari integrative utili alla definizione puntuale dello status di conservazione degli habitat potenzialmente impattati.

Tali indagini preliminari sono state eseguite nel febbraio 2021 per accertare la presenza eventuale della *Pinna nobilis* e del *Corallium rubrum*, nonché informazioni di “verità a mare” circa la presenza di biocenosi di pregio dell'habitat 1170 come evidenziato dalle mappe edite dalla Regione Lazio¹⁵. Stante il tempo intercorso, il completamento del layout esecutivo delle opere e i nuovi dati regionali nel frattempo disponibili, è stata eseguita la seguente valutazione degli impatti.

Quanto descritto e per la vicinanza delle opere in via di realizzazione con lo “Scoglio del Corallo”, meta di diving turistico, e per la mancanza di informazioni di dettaglio nell'area in questione, ha portato ad effettuare nel febbraio 2021 una indagine preliminare mirata ad accertare la presenza eventuale delle *Pinna nobilis* e del *Corallium rubrum*, nonché

¹³ Dato da confermare a seguito dell'epidemia che ha colpito le popolazioni di *Pinna nobilis* nel Mediterraneo. Carella, F., Antuofermo, E., Farina, S., Salati, F., Mandas, D., Prado, P., ... & De Vico, G. (2020). *In the wake of the ongoing mass mortality events: Co-occurrence of Mycobacterium, Haplosporidium and other pathogens in Pinna nobilis collected in Italy and Spain (Mediterranean Sea)*. *Frontiers in marine science*, 7, 48.

¹⁴ L'allungamento dell'antemurale Colombo, da indagini effettuate negli anni passati non risulta impattare gli habitat considerati nel presente studio.

¹⁵ Si è evidenziata una leggera differenza dovuta alla differenza di tempo (6 anni) ed ai risultati delle indagini effettuate dalla Regione Lazio per la ripermimetrazione dei SIC (Novembre 2015).

informazioni di “verità mare” circa la presenza di biocenosi di pregio dell’habitat 1170 come evidenziato dalle mappe edite dalla Regione Lazio.

Habitat 1120* Posidonion oceanicae

Habitat/Facies	Superficie totale degli Habitat/Facies impattata (ha)	Copertura media % della P.o. nei differenti Habitat	Superficie di <i>Posidonia oceanica</i> impattata (ha)
Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di <i>P. oceanica</i>	2.02	10	0.202
Matte morta		0	0
SFBC	0.49	0	0
TOTALE <i>Posidonia</i>	2.51		0.202

Habitat 1170 Scogliere (Biocenosi del “Coralligeno”)

Dall’indagine in sito preliminare si è osservata la presenza dell’Habitat 1170, biocenosi del Coralligeno con diversi aspetti e facies, ma tutti riconducibili al coralligeno.

Coralligeno circa **1.58 ha**

Sono stati compresi alcuni frammenti di Habitat al bordo delle opere che si ritiene verranno danneggiati durante la realizzazione delle opere.

In questa stima non sono stati considerati (e quindi verranno valutati nel corso del progetto) gli eventuali impatti e il danno dovuto alla mancata fruizione sull’habitat 1170 coralligeno più profondo, nelle aree limitrofe alle scogliere che verranno realizzate, dove è abbondante il *Corallium rubrum* e altre specie di elevato valore naturalistico.

Specie ***Pinna nobilis*** (codice 1028)

Densità media stimata 2 individui ogni 200 m²

Il totale degli individui stimati nell’area di impatto diretto è di circa **10**.

Tale stima si basa su di un’indagine preliminare da verificare durante gli studi di cui al capitolo 3..

Specie *Corallium rubrum* (codice 1001)

Le indagini della VINCA non hanno rilevato nelle zone a sud del porto la presenza del *Corallium rubrum*, ma, essendo passati diversi anni e cambiata leggermente l'impronta delle opere sui fondali e a seguito di indagini effettuate dal LOSEM, per la vicinanza dello "Scoglio del Corallo" alle opere in fieri, si ritiene di effettuare alcune indagini suppletive.

1.4.1.4. Totale degli impatti diretti causati dalle impronte delle opere sugli Habitat

In sintesi, i totali degli impatti diretti causati dalle opere sugli habitat marini che sono stati computati, così come si evince dai precedenti studi presi in considerazione (vedi paragrafo 1.2.3. Fonti di informazioni utili alla progettazione), e dettagliati nei paragrafi precedenti, possono essere riassunti come di seguito:

Habitat 1120*	Posidonion	15.02 ha, superficie totale di <i>Posidonia oceanica</i> oceanicae	impattata
Habitat 1170	Scogliere	5.08 ha, superficie totale delle Biocenosi del coralligeno	impattata
<i>Pinna nobilis</i> ¹		circa 260 individui da verificare a seguito delle attività di cui al Capitolo 3	
<i>Corallium rubrum</i> ²		da verificare a seguito delle attività di cui al Capitolo 3..	

1: per quanto attiene all'abbondanza della *Pinna nobilis* il dato è da confermare a causa un evento di mortalità di massa è stato infatti registrato nel 2020 nel Mediterraneo. Da una prima indagine effettuata, si è potuto accertarne la presenza ma non si ha contezza dell'esatto numero degli individui.

2: la presenza di *Corallium rubrum* è stata accertata nell'area a sud del porto, ma non è quantificata ed anche la esatta dimensione dell'Habitat 1170 verrà verificata nelle attività di cui al Capitolo 3..

1.4.2. Sintesi degli Impatti indiretti

Gli impatti indiretti delle opere sono riconducibili al complesso di cui al PRP. Nello studio per la VINCA di aprile 2015, REL 00VINCA01, vengono riportati i risultati dello studio P.E.D.A.S (Potential Effects of Dredging Activities on SIC) del LOSEM (Università della Tuscia), che analizza mediante l'utilizzo di un indice di impatto "D3I" la probabilità di impatto in caso di dragaggio nelle prevalenti condizioni meteomarine e idrodinamiche, sia a nord che a sud del porto, del materiale sedimentario cumulo proveniente dal dragaggio e dagli apporti solidi continentali.

I risultati dello studio esprimono l'indice D3I attraverso mappe di probabilità di impatto sovrapposte alle estensioni dei SIC considerati (estensione in verde) che ora sono stati ripermetrati aumentandone la superficie e integrando biocenosi non allora considerate (estensione attuale in arancione tratteggiato).

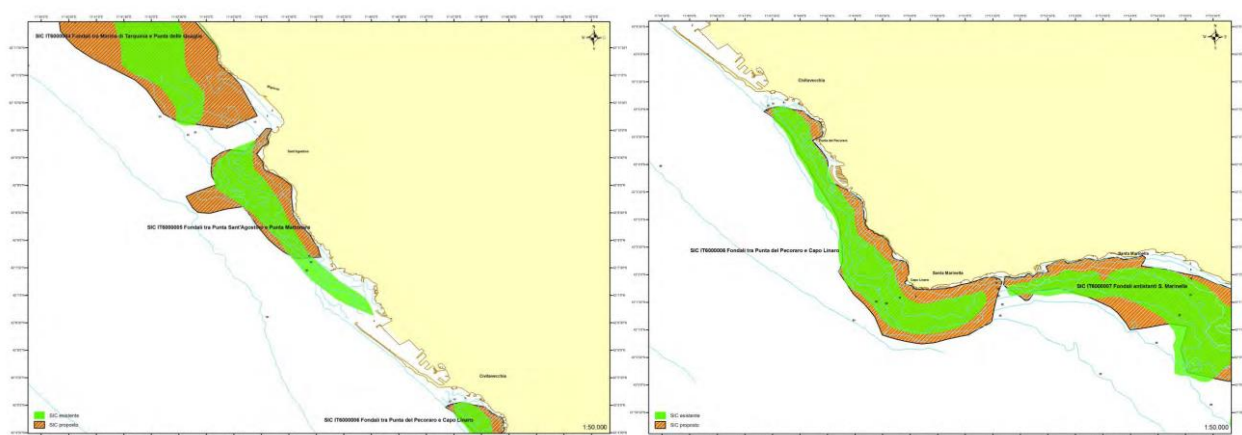


Fig. 6) Immagini tratte dall'Allegato A relazione tecnica revisione perimetri SIC MARINI della Regione Lazio Deliberazione N. 604 del 03/11/2015. Estensione attuale (verde) e proposta (colore tratteggiato) del SIC IT6000005 Fondali tra Punta S. Agostino e Punta Mattonara (a sinistra) e del SIC IT6000006 Fondali tra Punta del Pecoraro e Capo Linaro.

Per la valutazione degli impatti indiretti, quindi, si fa riferimento a quanto riportato nel progetto del LOSEM (Università della Tuscia) REL-283-BIO-0916-AP-Rev.02.1 del 15/09/2016 "Approccio Ecosistemico alla valutazione delle opere di compensazione e mitigazione in ambiente marino: il caso studio dell'hub portuale di Civitavecchia".

Il suddetto progetto considera le probabilità di impatto computate dallo studio P.E.D.A.S. (riportate nei paragrafi successivi) e la possibilità che tali impatti vengano completamente

mitigati mediante azioni da porre in essere nelle differenti fasi di realizzazione delle opere portuali.

Nel progetto si specifica che gli impatti indiretti possono essere ricondotti interamente alle operazioni di dragaggio e alla conseguente dispersione di materiale sedimentario. Nel dettaglio, lo studio ha applicato 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.

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 1° Lotto Funzionale;
3. le operazioni di dragaggio per la costruzione della Darsena Energetica Grandi Masse;
4. le operazioni di dragaggio per la costruzione delle opere del 2° Lotto Funzionale (Apertura a sud).

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.

Si riporta di seguito una sintesi delle valutazioni effettuate.

1.4.2.1. Impatti indiretti connessi con la realizzazione delle opere del I Lotto Funzionale delle Opere Strategiche riportati nella VINCA

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.

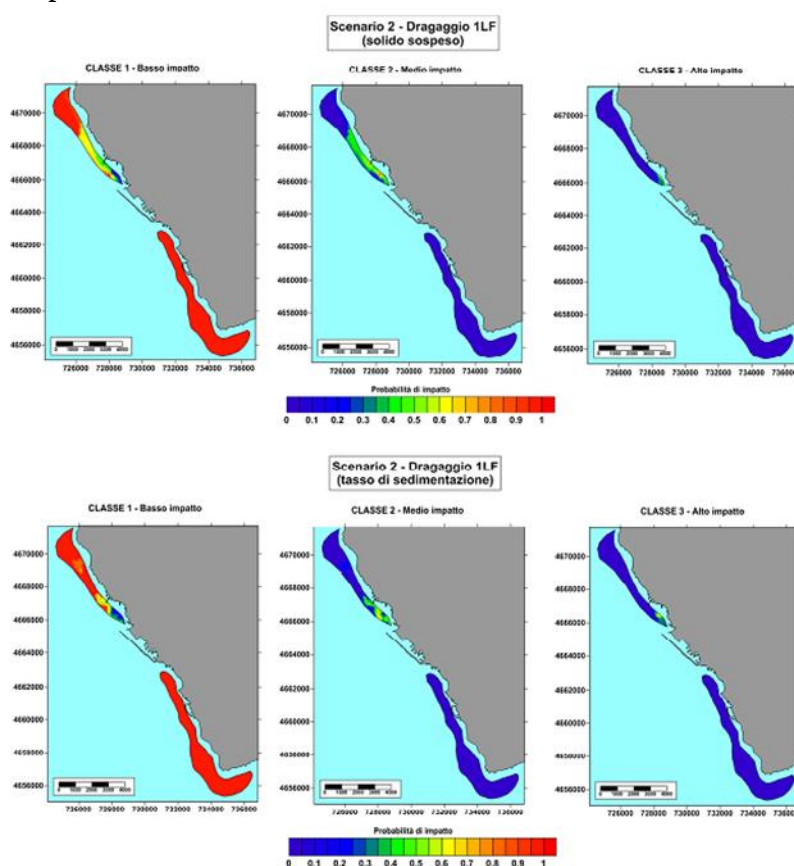


Fig. 7) Mappe dell'indice D3I per bassa, media e alta probabilità d'impatto dovuti alle operazioni di dragaggio per le opere del 1LF. In alto gli impatti generati dal sedimento in sospensione, in basso quelli dovuti al tasso di sedimentazione.

1.4.2.2. *Impatti indiretti connessi con la realizzazione delle opere della Darsena Energetico Grandi Masse riportati nella VINCA*

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.

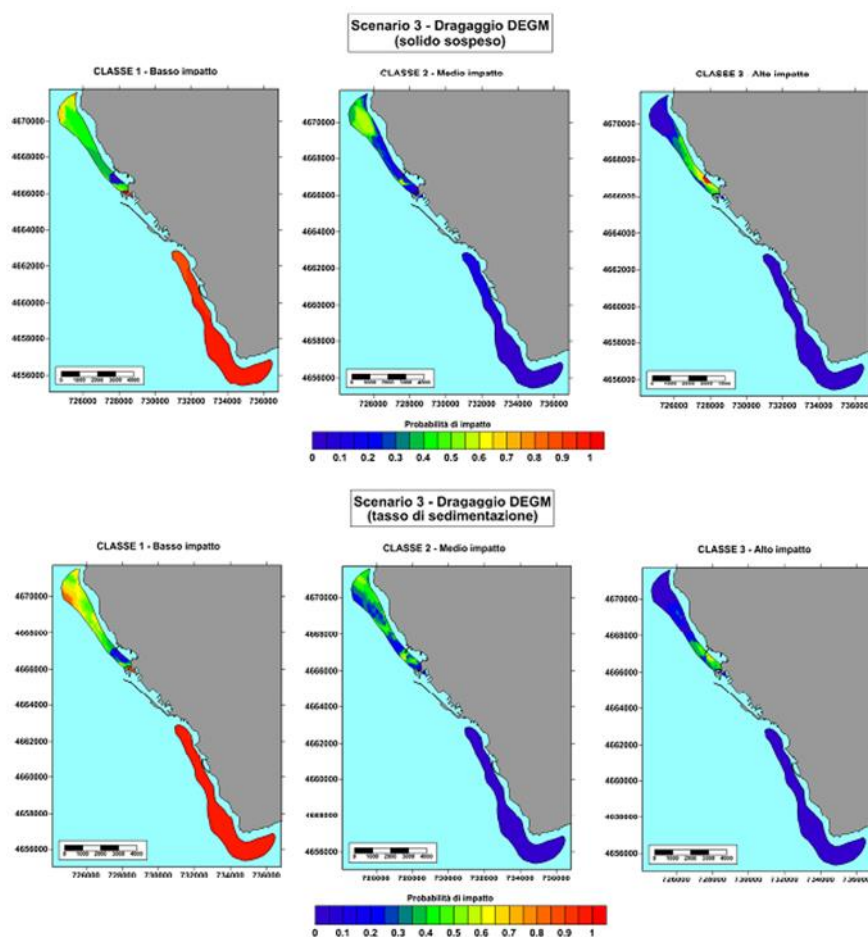


Fig. 8) Mappe dell'indice D3I per bassa, media e alta probabilità d'impatto dovuti alle operazioni di dragaggio per le opere della DEGM. In alto gli impatti generati dal sedimento in sospensione, in basso quelli dovuti al tasso di sedimentazione.

1.4.2.3. Impatti indiretti connessi con la realizzazione delle opere del II Lotto Funzionale delle Opere Strategiche riportati nella VINCA

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. 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 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 %).

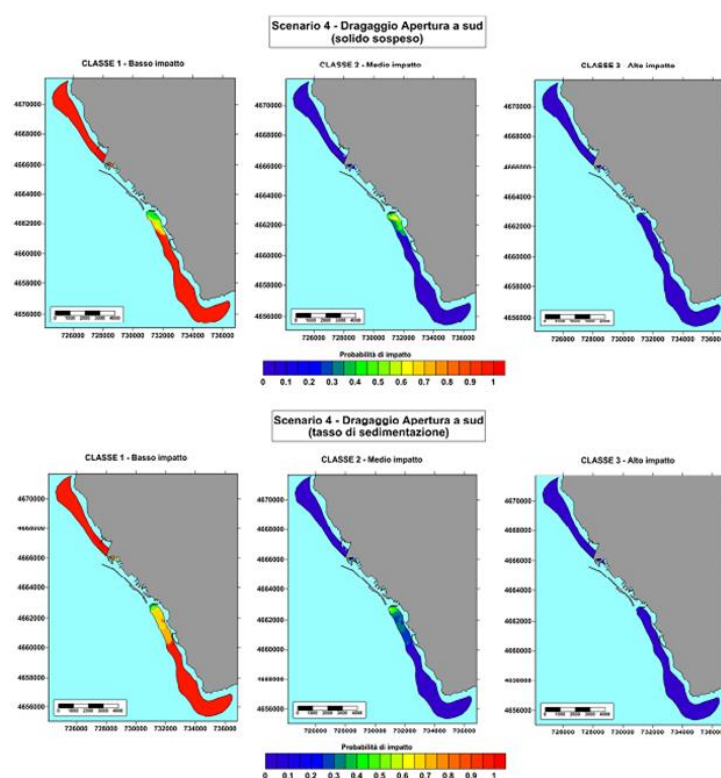


Fig. 9) Mappe dell'indice D3I per bassa, media e alta probabilità d'impatto dovuti alle operazioni di dragaggio per le opere del 2LF (Apertura a sud). In alto gli impatti generati dal sedimento in sospensione, in basso quelli dovuti al tasso di sedimentazione.

In considerazione della tipologia di impatti considerati, delle caratteristiche delle biocenosi e degli habitat e dell'estensione spaziale e temporale della dispersione di materiale sedimentario, gli impatti indiretti possono essere mitigati efficacemente attraverso la messa in opera di un sistema di monitoraggio a cui viene implementato un Early Warning System in grado di limitare la dispersione del materiale fine durante le attività di dragaggio.

1.4.2.4. Conclusioni relative agli impatti indiretti considerati nella VINCA

In considerazione della tipologia di impatti considerati, delle caratteristiche delle biocenosi e degli habitat e dell'estensione spaziale e temporale della dispersione di materiale sedimentario, gli impatti indiretti dovuti all'espansione del porto e cumulati, sono legati in particolare alla dispersione dei sedimenti derivanti dal dragaggio e all'apertura a sud, e potranno essere mitigati efficacemente attraverso la messa in opera di un sistema di monitoraggio a cui viene implementato un Early Warning System in grado di limitare la dispersione del materiale fine durante le attività di dragaggio.

Al fine di approfondire gli assunti ottenuti dal progetto P.E.D.A.S. relativi alle probabilità degli impatti indiretti sui SIC, vista la loro riperimetrazione e la disponibilità di dati più aggiornati, saranno effettuate una serie di attività di ricerca integrative utili al completamento del quadro conoscitivo ambientale, come previste nel capitolo 2.

1.4.3. Stima degli Impatti in relazione alla case history considerata

Nel progetto del LOSEM (Università della Tuscia, 2016) “Approccio Ecosistemico alla Valutazione Delle Opere Di Compensazione e Mitigazione in Ambiente Marino: il Caso Studio dell’hub Portuale di Civitavecchia”, è stata effettuata una stima del valore sottratto alla natura dalla realizzazione delle differenti fasi di sviluppo dell’Hub Portuale allora considerate.

Nello stesso progetto sono state definite le opere di compensazione e mitigazione, gli studi preliminari, le attività di monitoraggio relative alle compensazioni effettuate e le attività di comunicazione.

Il **Progetto del 2016** di cui al paragrafo precedente presentava una stima degli impatti diretti di tutte le opere di sviluppo del PRP dell’Hub Portuale di Civitavecchia, pari a circa **5.387.175 euro** (inc. rivalutazione Istat al 2021) che servivano a compensare **15 ha** di *Posidonia oceanica* e **3,5 ha** di habitat 1170 Coralligeno, e la distruzione di circa **250 individui** (valore medio delle stime) di *Pinna nobilis*.

Di seguito si riporta la tabella degli impatti diretti e indiretti dai quali è stato redatto il progetto delle Compensazioni del 2016 sottoposto al Tavolo Tecnico e trasmesso alla Comunità Europea per la chiusura del caso EU PILOT 6007/14/ENVI riguardante il porto di Civitavecchia sulla base del quale è stato redatto il presente progetto.

Per quanto agli impatti indiretti si è ritenuto possano essere mitigati completamente mediante la messa in opera di un Piano di Monitoraggio Ambientale e dell’EarlyWarning System.

Impatti Opere	2021							
	Impatti diretti				Impatti indiretti			
	Habitat		Specie (media del n.individui)		Habitat		Specie (n.individui)	
	1120*	1170	1028	1001	1120*	1170	1028	1001
1LF	3,07 ha	nessuno	64	nessuno	mitigato*	mitigato*	mitigato*	mitigato*
DEGM	11,75 ha	3,5 ha	185	nessuno	mitigato*	mitigato*	mitigato*	mitigato*
2LF	0,202	1,58 ha	10	non rilevato	mitigato*	mitigato*	mitigato*	mitigato*
Totale	15,02 ha	5,08 ha	259	Da accertare (Cap. 3.)	mitigato*	mitigato*	mitigato*	mitigato*

Tab. 2. Schema riassuntivo degli impatti dell’hub portuale secondo la valutazione presente nella relazione “Approccio Ecosistemico alla valutazione delle opere di compensazione e mitigazione in ambiente marino: il caso studio dell’hub portuale di Civitavecchia” (2016), in totale circa 15 ha di *Posidonia oceanica* e 5,08 ha di Habitat 1170, Coralligeno. (mitigato*, solo nel caso vengano effettuati gli interventi di mitigazione previsti dal progetto LOSEM “Approccio Ecosistemico alla valutazione delle opere di compensazione e mitigazione in ambiente marino: il caso studio dell’Hub portuale di Civitavecchia” del 2016). Per le specie protette, si effettuerà una verifica volta ad accertare la presunta diminuzione della presenza della *Pinna nobilis* a causa della moria del 2020 e del *Corallium rubrum* nell’area meridionale.

2. ATTIVITÀ DI RICERCA INTEGRATIVE UTILI AL COMPLETAMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO AMBIENTALE

Le attività previste nel capitolo 2. hanno lo scopo di completare il quadro conoscitivo ambientale di base per poter procedere alle attività mirate alla progettazione delle compensazioni. Di particolare utilità sono state le osservazioni di cui al parere n. 3402 dell'8 maggio 2020 che, essendo state redatte da un pool di esperti, forniscono una utile linea guida che permetterà di ottimizzare queste nuove attività in funzione degli studi pregressi.

Inoltre, alcune delle osservazioni e delle determine direttoriali di cui allo stesso parere sono contemplate nel capitolo “3. Attività preliminari alla progettazione esecutiva e di supporto” in quanto si ritiene più utile la loro trattazione in quel contesto per dare maggiore fluidità e continuità alla costruzione di un percorso scientifico utile alla messa in opera degli esperimenti delle compensazioni.

2.1. COMPLETAMENTO SIMULAZIONI EFFETTUATE DAL LOSEM

Questa attività ha lo scopo di verificare gli impatti indiretti delle opere e delle altre possibili sorgenti di disturbo mediante la messa a punto e la esecuzione di simulazioni mediante modelli numerici di scenari utili a comprendere le variazioni di moto ondoso, correnti e dispersione di sedimenti e inquinanti, utili a contribuire alla valutazione degli impatti indiretti prodotti dalle Opere Strategiche, completando quanto prodotto durante la VINCA e inoltre rispondere alle osservazioni di cui al parere n. 3402 dell'8 maggio 2020.

2.1.1. Setup idrodinamica, moto ondoso e analisi di sensitività della griglia

Nell'ambito di questa attività verranno effettuate delle simulazioni numeriche con il modello idrodinamico 3D e con il modello di onde nell'area interessata dalla presenza dei SIC IT6000005 e IT6000006 utilizzando griglie di calcolo con differenti risoluzioni spaziali e numero di strati verticali per il modello idrodinamico. L'obiettivo è quello di scegliere la migliore batimetria e griglia di calcolo con il giusto compromesso tra il numero di elementi su cui verranno calcolate le variabili di interesse (modello idrodinamico: velocità e direzione della

corrente marina, elevazione rispetto alla superficie media del mare, temperatura, salinità; modello onde: altezza significativa, direzione media e periodo di picco delle onde) e la corretta riproduzione dei processi dinamici a piccola scala. In questo modo sarà quindi possibile massimizzare l'accuratezza dei risultati anche attraverso l'aumento di risoluzione orizzontale e verticale pur mantenendo ragionevole lo sforzo di calcolo anche al fine di poter simulare lunghi periodi di tempo (alcuni anni) mantenendo la stabilità del modello di calcolo. La griglia di calcolo ottenuta in questa fase verrà utilizzata per il modello idrodinamico, quello di moto ondoso e quello di trasporto dei sedimenti.

2.1.2. Modello di trasporto e deposizione dei sedimenti in regime di stratificazione

Il calcolo della corrente marina effettuato attraverso il modello idrodinamico utilizzato nel progetto terrà conto, oltre che del vento e del moto ondoso, anche della stratificazione verticale della colonna d'acqua. La temperatura e la salinità calcolate dal modello saranno confrontate con i dati acquisiti dalla sonda CTD durante campagne di misura effettuate in diverse condizioni dinamiche. La metrica statistica che verrà utilizzata per il confronto è rappresentata dal BIAS ed RMSD che vengono comunemente utilizzati in letteratura per misurare la performance dei modelli numerici. Affinché i risultati delle validazioni siano considerati adeguati, i valori ottenuti saranno confrontati con quelli dei modelli a grande scala (prodotti Copernicus Marine Environment Monitoring Service - CMEMS) o con quelli di altri modelli a più alta risoluzione applicati nella stessa area studio, laddove disponibili.

2.1.3. Validazione del modello idrodinamico

Il calcolo della corrente marina effettuato attraverso il modello idrodinamico utilizzato nel progetto terrà conto, oltre che del vento e del moto ondoso, anche della stratificazione verticale della colonna d'acqua. La temperatura e la salinità calcolate dal modello saranno confrontate con i dati acquisiti dalla sonda CTD durante campagne di misura effettuate in diverse condizioni dinamiche. La metrica statistica che verrà utilizzata per il confronto è rappresentata dal BIAS ed RMSD che vengono comunemente utilizzati in letteratura per misurare la performance dei modelli numerici. Affinché i risultati della validazioni siano considerati adeguati, i valori ottenuti saranno confrontati con quelli dei modelli a grande scala (prodotti Copernicus Marine Environment Monitoring Service - CMEMS) o con quelli di altri modelli a più alta risoluzione applicati nella stessa area studio, laddove disponibili.

2.1.4. Validazione del modello di sedimenti

Attraverso l'utilizzo del modello di trasporto del sedimento viene calcolato il rateo di sedimentazione e la torbidità della colonna d'acqua. Tali parametri condizionano lo stato di salute della maggior parte degli habitat e delle specie prioritarie che si trovano all'interno dei SIC IT6000005 e IT6000006. Per verificare l'attendibilità con cui il modello riproduce i processi legati alla deposizione, risospensione e dispersione del sedimento fine, i due parametri vengono confrontati con dati acquisiti in-situ e da remoto. In particolare, il rateo di deposizione verrà validato con quello acquisito per mezzo delle trappole per sedimento che sono state posizionate all'interno dei due SIC tra Febbraio ed Aprile del 2015 e che hanno consentito di stimare il flusso di sedimentazione della frazione siltosa/argillosa e di quella delle diverse classi granulometriche appartenenti al dominio delle sabbie. Verranno messi a confronto i risultati del modello con il flusso della frazione totale del sedimento intrappolato e con quella delle singole classi granulometriche al fine di riprodurre nel dettaglio la dinamica sedimentaria all'interno dei due SIC. La posizione, la dimensione delle trappole installate ed i dati relativi al rateo di deposizione delle diverse frazioni granulometriche sono riportate nella relazione del progetto PEDAS.

La torbidità della colonna d'acqua verrà invece confrontata con quella proveniente dalle immagini satellitari ad altissima risoluzione (Sentinel e LandSAT).

2.1.5. Analisi della dispersione dei sedimenti nel lungo termine

Le simulazioni del campo idrodinamico, del moto ondoso e della dispersione del sedimento fine avranno una durata di un anno (simulazione realistica) con un output di 1h al fine di analizzare nel dettaglio la variabilità giornaliera e stagionale della distribuzione del tasso di sedimentazione e della torbidità della colonna d'acqua all'interno dei due SIC.

Tali simulazioni, che verranno modulate in base alla durata del dragaggio, permettono di riprodurre la completa variabilità fisica dei processi dinamici del sedimento e di condurre un'analisi dei risultati di carattere statistico (es. il tempo e la frequenza di superamento di determinati livelli di riferimento per le variabili di interesse, le intensità massime raggiunte dalle variabili su un periodo rappresentativo, l'evoluzione spazio-temporale delle variabili simulate, etc.) che sarà propedeutica all'identificazione delle aree che subiranno il maggior impatto. Questa tipologia di simulazione prevede il rilascio di sedimento, non solo dalle attività

di dragaggio, ma anche da altre fonti come i fiumi e i corsi d'acqua che riversano nella zona di studio un elevato ammontare di materiale fine soprattutto dopo intensi eventi di pioggia. I risultati delle simulazioni consentiranno quindi di discriminare gli effetti del dragaggio sugli habitat e le specie prioritarie presenti nei due SIC. Le operazioni di dragaggio saranno riprodotte tenendo conto, oltre che delle informazioni delle modalità operative (tipo di draga, localizzazione della sorgente di dragaggio, natura del sedimento dragato e della frazione granulometrica rilasciata in colonna d'acqua), anche delle tempistiche delle operazioni di dragaggio che siano funzionali a modellare il rateo di risospensione rispetto al volume totale dei sedimenti da dragare.

2.1.6. Trappole per sedimento

I dati provenienti dalle trappole per sedimenti verranno utilizzati nel processo di calibrazione dei modelli numerici; questi dati sono stati acquisiti durante il Progetto PEDAS ed il loro utilizzo è descritto nel paragrafo 2.1.3., consentendo la stima del tasso di sedimentazione delle differenti frazioni granulometriche. Le trappole sono state posizionate all'interno dei SIC IT 60000005 e IT 60000006 fra febbraio ed aprile 2015. Le caratteristiche dimensionali e le modalità operative sono riportate nel rapporto del progetto.

2.1.7. Scenari di modellistica finalizzati al disegno del piano di campionamento del monitoraggio

I risultati delle simulazioni annuali effettuate in condizioni reali (vedi paragrafo 2.1.4.), saranno utilizzate per identificare le aree maggiormente soggette ad elevati valori del tasso di sedimentazione e di torbidità lungo la colonna d'acqua che possono essere provocate dalle attività di dragaggio per la realizzazione delle opere comprese nel PRP del 2004. I risultati delle simulazioni discusse nel paragrafo 2.1.4. permetteranno di stimare l'intensità, la durata e l'estensione degli impatti per valutare in maniera appropriata il rischio sugli habitat e sulle specie presenti nell'area di interesse. Le zone che risulteranno avere un maggior grado di rischio saranno quelle in cui si concentrerà il campionamento per il monitoraggio degli impatti, permettendo così di proporzionare gli studi e le attività.

Verranno effettuate simulazioni nella configurazione portuale attuale, a seguito degli interventi di ampliamento a nord e a seguito dell'apertura a sud.

2.2. COMPLETAMENTO INDAGINI SPERIMENTALI EFFETTUATE DAL LOSEM

Questa attività ha lo scopo di acquisire dati utili per la validazione dei modelli numerici che verranno messi a punto per il completamento dell'analisi degli impatti indiretti prodotti dalle Opere Strategiche, completando quanto prodotto durante la VINCA e inoltre rispondere alle osservazioni di cui al parere n. 3402 dell'8 maggio 2020.

2.2.1. Misure CTD in regime di stratificazione

Al fine di validare i modelli numerici di simulazione della dinamica dei sedimenti in regime di stratificazione, è stata effettuata una campagna di misura durante il periodo estivo 2021, ed eventualmente sarà ripetuta nell'estate 2022.

Queste attività prevedono ciascuna 6 transetti costa-largo posizionati fra Capo Linaro e Tarquinia. In corrispondenza di ciascun transetto saranno effettuate 7 stazioni di misura nelle quali verranno acquisiti profili lungo la colonna d'acqua di temperatura, conducibilità (salinità), pressione, ossigeno disciolto, pH, fluorescenza della clorofilla a e torbidità, attraverso l'uso di sonde multiparametriche, per un totale di minimo 42 stazioni CTD.

Al fine di calibrare i modelli verranno utilizzati dati di onde e correnti disponibili acquisiti negli ultimi anni dal LOSEM, integrati da lanci di boe lagrangiane e stazioni di misura tramite Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) (vedi par. 2.2.3.)

2.2.2. Campionamenti e analisi Chla e SS per calibrazione immagini satellitari

Durante questa attività verrà effettuata una campagna di misura dedicata alla raccolta di dati utili alla calibrazione delle immagini satellitari ed alla validazione degli algoritmi di calcolo della clorofilla a e del solido sospeso. In particolare, lungo i transetti costa-largo verranno selezionate 10 stazioni nelle quali, oltre all'acquisizione di profili verticali di temperatura, conducibilità (salinità), pressione, ossigeno disciolto, pH, fluorescenza della clorofilla a e torbidità attraverso l'uso di sonde multiparametriche, si effettueranno anche misure con uno spettroradiometro subacqueo per l'analisi dell'intensità e della distribuzione spettrale della luce lungo la colonna d'acqua.

Nel corso della campagna verranno, inoltre, raccolti un totale di 40 campioni di acqua di mare per l'analisi della clorofilla a (20 campioni) e del solido sospeso (20 campioni), che serviranno

per la calibrazione dei sensori e, insieme ai dati spettroradiometrici, per la validazione dei dati satellitari.

2.2.3. Misure correntometriche

Al fine di acquisire dati di correnti, fondamentali per la validazione dei modelli numerici lungo la colonna d'acqua, durante la campagna verranno effettuate campagne di misura tramite Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) nelle aree antistanti Capo Linaro, il fiume Marangone/Riva di Traiano, l'Antimurale del Porto di Civitavecchia e Tarquinia.

In alternativa nei siti selezionati in funzione delle necessità della modellistica numerica, verranno effettuate misure correntometriche attraverso il lancio di boe lagrangiane da imbarcazione, nel corso del 2022.

Verranno, inoltre, elaborati i dati correntometrici acquisiti durante gli ultimi anni dal LOSEM attraverso lo strumento ADP posizionato sul fondo all'interno di una struttura Barnacle in prossimità del porto di Civitavecchia.

2.2.4. Immagini telerilevate da Satellite

Durante tutto il periodo di indagine verranno acquisite le immagini satellitari a media ed alta risoluzione dei sensori di MODIS, Landsat e Sentinel disponibili per l'elaborazione delle mappe superficiali di temperatura, clorofilla a e solido sospeso. Le mappe acquisite saranno confrontate con i dati raccolti in situ ed i risultati delle analisi dei campioni di acqua raccolti durante le campagne oceanografiche. L'utilizzo dei dati di remote sensing consentirà di ottenere una visione sinottica della distribuzione delle variabili di interesse, aumentandone la copertura spaziale e temporale ai fini della validazione dei modelli numerici di simulazione.

2.3. ANALISI DEGLI EFFETTI POTENZIALI SU HABITAT E SPECIE PROTETTE

Questa attività ha lo scopo di effettuare una analisi degli impatti potenziali prodotti dalle attività di espansione del porto e dalla risospensione dei sedimenti all'interno del porto a seguito dell'aumento del flusso causato dall'apertura a sud, mediante calcoli numerici di indici, del tempo di ricambio idrico nel porto e della risospensione dei sedimenti. Questa attività contribuisce a completare quanto prodotto durante la VINCA rispondendo anche ad alcune osservazioni di cui al parere n. 3402 dell'8 maggio 2020.

2.3.1. Calcoli indice D3I

Gli indici numerici verranno calcolati "tenendo conto delle soglie critiche per la sopravvivenza della *Posidonia oceanica*, della *Pinna nobilis* e delle biocostruzioni coralligene" mediante opportuni esperimenti in vasca (vedi capitolo 3.). In particolare l'indice D3I verrà ricalcolato in base alle simulazioni di lungo termine, tenendo conto di fattori dinamici e soglie critiche per la sopravvivenza degli habitat e specie prioritarie (come dettagliato nel par. seguente).

In particolare, i risultati della simulazione annuale effettuata sia in presenza che in assenza delle attività di dragaggio, saranno utilizzati per ricalcolare l'indice D3I in quanto sarà possibile valutare la durata, l'intensità, l'estensione e la frequenza dell'impatto sulle aree SIC. Nello specifico i risultati del modello ottenuti senza il dragaggio saranno impiegati per definire i range di variabilità locale dei valori di solido sospeso e del tasso di sedimentazione (in condizioni naturali), utili per lo studio degli effetti sugli habitat e le specie protette presenti nei due SIC dell'area di studio. Nel ricalcolo dell'indice D3I si terrà inoltre conto delle soglie critiche per la sopravvivenza, in relazione alle curve dose-risposta specifiche per la *Posidonia oceanica*, coralligeno e *Pinna nobilis* disponibili in letteratura calcolate anche attraverso specifici esperimenti in vasca (vedi paragrafo 3.2.).

2.3.2. Calcolo ricambio idrico nelle differenti configurazioni portuali

Il tempo di ricircolo verrà calcolato negli scenari meteomarini dominanti per ciascuna delle configurazioni previste dal PRP.

Al fine di analizzare il ricambio idrico all'interno del bacino portuale in seguito alla realizzazione delle opere previste dal PRP del 2004, verrà calcolato il tempo di ricircolo sulla base di condizioni meteomarine dominanti che caratterizzano l'area di studio. In particolare,

saranno effettuate delle simulazioni con il modello idrodinamico, messo a punto e validato nel corso delle precedenti attività (vedi paragrafi del capitolo 2.1.), per calcolare il campo di velocità all'interno del bacino portuale nelle diverse configurazioni previste dal PRP del 2004 (Darsena Servizi e Traghetti, Darsena Energetica Grandi Masse e Aperura a Sud).

Per stimare il tempo di ricircolo, all'interno delle stesse simulazioni, verrà riprodotto il rilascio di un tracciante conservativo da ogni elemento della griglia di calcolo che si trova all'interno del bacino portuale. Infine, il tempo di ricircolo o Flushing Time verrà calcolato utilizzando la formula di Takeoka (1984) che definisce, su ogni elemento della griglia di calcolo, il tempo che impiega il tracciante a raggiungere una concentrazione di circa il 37% rispetto a quella iniziale.

2.3.3. Calcolo risospensione e fuoriuscita del sedimento fine a seguito apertura del porto a sud

La risospensione verrà calcolata dagli scenari meteomarini dominanti a seguito dell'apertura del porto a sud. Se i risultati del calcolo daranno quantità di sospeso significative, queste costituiranno un input per i modelli di trasporto solido al fine di valutare l'impatto sui SIC.

Al fine di valutare il rischio di diffusione dei sedimenti in aree esterne al bacino portuale a seguito dell'apertura del porto a sud, verranno effettuate delle simulazioni che riproducono scenari meteomarini dominanti. In particolare saranno utilizzati modelli idrodinamici e di moto ondoso aventi griglie di calcolo ad una elevata risoluzione spaziale (15 m) al fine di analizzare il processo di risospensione del sedimento fine che si trova all'interno del porto a cui possono essere associate elevate concentrazioni di sostanze inquinanti (PCB, composti organici organoclorurati, idrocarburi policiclici aromatici, nutrienti, delle analisi effettuate nel 2021 dall'ADSP). Per analizzare nel dettaglio i processi di risospensione dovuti all'interazione dal moto ondoso con le strutture portuali verrà messo a punto ed utilizzato un modello d'onda non stazionario che è in grado di riprodurre tali processi con maggiore accuratezza. Infine, la concentrazione di sedimento fine risospeso risultante dalle simulazioni verrà utilizzata come input da modelli a più bassa risoluzione spaziale per analizzare l'impatto potenziale prodotto sugli habitat e specie prioritarie presenti nel SIC limitrofi all'area portuale.

2.4. GESTIONE ED ARCHIVIAZIONE DEI DATI RACCOLTI

Tutti i dati raccolti, sia pregressi che di campo, saranno contenuti all'interno di un sistema informativo GIS che sarà predisposto per fornire rappresentazioni sinottiche utili nelle prime fasi del progetto.

Il data base sarà realizzato secondo i formati e gli standards INSPIRE per poter effettuare lo sharing dei dati con la comunità scientifica di riferimento. Tutti i dati in formato INSPIRE sono esportabili in formato universale CSV, importabile da qualsiasi altra piattaforma.

I risultati dei modelli saranno disponibili attraverso servizi di visualizzazione WMS e inseriti nel GIS del progetto laddove necessario.

La componente Cartografica sarà prodotta in modalità compatibile con i sistemi cartografici ESRI sia per quanto riguarda le componenti vettoriali che raster, compatibile con INSPIRE e il Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali (RNDT), adottando gli standard WMS. L'infrastruttura del GIS che verrà sviluppato sarà compatibile con quanto realizzato da ISPRA. La cartografia benthos e sedimenti verrà prodotta secondo il sistema di riferimento UTM fusi 32-33, datum WGS84, mentre le sezioni oceanografiche verranno rappresentate in ODV WGS84.

2.5. DEFINIZIONE, SVILUPPO ED APPLICAZIONE SPERIMENTALE DI UN EARLY WARNING SYSTEM (EWS)

I sistemi osservativi sono in grado di integrare dati, modelli numerici e infrastrutture software, utili sia per scopi puramente scientifici, che per supportare la gestione delle risorse marine e la mitigazione delle pressioni antropiche (Siddorn et al., 2007; Weisberg et al., 2009; Tintoré, 2013; Sayol et al., 2014; Bonamano et al., 2016). Lo sviluppo di sistemi osservativi integrati e la creazione di reti osservative permettono il migliore studio e la salvaguardia di zone altamente sensibili e dinamiche, quali le aree costiere, spesso sede di fenomeni di inquinamento difficilmente prevedibili e costantemente interessate da conflitti d'uso delle risorse.

Un vantaggio fondamentale dell'utilizzo di sistemi osservativi integrati nelle aree costiere è la possibilità di gestire i rischi derivanti da fenomeni naturali e dall'impatto antropico, attraverso la messa a punto di sistemi di EarlyWarning Systems (EWS) capaci di restituire informazioni efficaci e tempestive, fondamentali per evitare e/o contenere eventuali impatti.

Al fine quindi di prevenire i potenziali effetti negativi su habitat e specie protette presenti all'interno dei due SIC IT6000005 e IT6000006 dovute all'eventuale rilascio di sedimenti

durante le attività di dragaggio e ad accidentali sversamenti di idrocarburi provenienti da un aumento del traffico dei natanti nelle aree portuali in fase di costruzione ed esercizio delle opere, verrà messo a punto un sistema di EWS basato sull'utilizzo dei risultati di modelli predittivi e di dati osservativi.

In particolare, verrà utilizzato il modello di trasporto dei sedimenti, messo a punto e validato nel corso delle attività del progetto, e un modello di oil spill che sarà predisposto nel corso di questa fase. All'interno del sistema di EWS, entrambi i modelli verranno utilizzati in modalità operativa in quanto verranno messe a punto delle procedure automatiche che consentiranno di fare le previsioni della dispersione di sedimento e degli idrocarburi nei tre giorni successivi rispetto a quello in cui si hanno i risultati.

Per quanto attiene le osservazioni, l'EWS si avvarrà di stazioni di monitoraggio fisse in grado di acquisire in near-real time i dati che verranno successivamente assimilati all'interno dei modelli numerici. Le stazioni fisse saranno fondamentali anche per l'acquisizione di dati utili all'implementazione del Piano di Monitoraggio Ambientale delle opere nelle fasi ante operam, cantiere e post operam, come riportato nel capitolo 4 del presente progetto.

2.5.1. Realizzazione/installazione delle componenti di misura e gestione dati dell'Early Warning System

Al fine di controllare in tempo reale il non superamento di valori soglia¹⁶, di contribuire al sistema di monitoraggio previsto dalla Determina direttoriale e di acquisire dati che saranno assimilati dai modelli di trasporto del sedimento e di oil spill, l'EWS prevede che l'**Autorità Portuale** provveda all'installazione delle seguenti componenti:

- n. 2 stazioni di monitoraggio di prossimità, installate all'interno del Porto di Civitavecchia su banchine scelte, una a Nord e una a Sud, in modo da garantire la massima efficacia di monitoraggio nelle aree interessate dalle attività di dragaggio;

¹⁶ Il DM 173/2016 "Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini"-Decreto Attuativo dell'art.109, comma 2 lettera a) del D.lgs 152/2006 e s.m.i., pur facendo esplicito riferimento alle operazioni di dragaggio, introduce dei valori soglia (art 3.3.1) per il parametro torbidità. Tale valore soglia (sito specifico) corrisponde al 90° percentile di un set di misure pregresse, purché esse siano rappresentative della variabilità dell'area. Per come determinato dal LOSEM del DEB dell'Università degli Studi della Tuscia, che ha sviluppato, nell'ambito delle proprie attività di ricerca, un articolato sistema osservativo (C-CEMS (Civitavecchia Coastal Environment Monitoring System) che permette di monitorare con elevata risoluzione spaziale e temporale i processi fisici ed ecologici che avvengono lungo la zona costiera di Civitavecchia, tale valore soglia è pari a 33,68 mg/l.

- n. 1 boa oceanografica (elastic beacon), equipaggiata di sensoristica specifica finalizzata allo studio delle aree esterne al porto (la boa, una volta realizzate le opere, continuerà ad essere utilizzata sia nel programma di studio dei potenziali impatti come descritto nel capitolo 4., che nel programma di monitoraggio delle opere di mitigazione e compensazione, come descritto in seguito).

I vantaggi dell'architettura dell'EWS proposto sono la possibilità di effettuare la tempestiva indagine ambientale e gestione dei potenziali rischi nelle acque portuali attraverso le due stazioni di monitoraggio installate sulle banchine, e il controllo della potenziale dispersione di sedimenti ed inquinanti al di fuori del bacino semi-chiuso portuale attraverso la boa oceanografica.

Le stazioni di monitoraggio saranno equipaggiate da un insieme di sensori assemblate ad hoc in grado di misurare in continuo le variabili chimiche, fisiche e bio-ottiche dell'acqua, di sensori specifici per il monitoraggio della dispersione di sostanze pericolose, quali oli e carburanti, e di un sistema di acquisizione e trasmissione dei dati. Nel dettaglio, verrà effettuata la misura in continuo di: temperatura (T), conducibilità (C), pH, ossigeno disciolto (O₂), clorofilla a, torbidità, crude oil, nonché sensori aggiuntivi (es. luce, anidride carbonica) che completano la componente di ricerca scientifica.

I dati verranno trasmessi, in continuo, in tempo reale e soggetti a controllo di qualità, automatico e in comparazione con campioni e misure di confronto.

Le specifiche in termini di acquisizione (accuratezza, precisione e frequenza di acquisizione, elaborazione onboard e di trasmissione) nonché le altre caratteristiche di funzionamento saranno tali da poter essere utilizzati a supporto delle attività di monitoraggio e consentire l'assimilazione nei modelli numerici.

Le specifiche della strumentazione, dell'installazione e delle necessità di manutenzione e gestione, saranno stabilite dal Gruppo di Coordinamento Scientifico che supporterà l'Autorità Portuale nella redazione delle specifiche di gara d'appalto.

La messa in opera dell'EWS sarà preceduta da attività di laboratorio finalizzate alla progettazione elettronica, realizzazione dei componenti, corretta calibrazione della sensoristica utilizzata e ottimizzazione della trasmissione dei dati da parte delle stazioni di monitoraggio.

L'installazione delle stazioni di monitoraggio sulle banchine portuali e il posizionamento della boa oceanografica verranno effettuati da personale tecnico-scientifico specializzato su incarico

diretto dell'ADSP, coadiuvato da operatori tecnici subacquei (OTS). Successivamente alla messa in opera del sistema, i dati acquisiti verranno costantemente analizzati e resi disponibili.

Sono previste attività di manutenzione ordinaria. Nel dettaglio, verranno eseguite operazioni di manutenzione con cadenza settimanale in estate e quindicinale in inverno delle due stazioni di monitoraggio installate sulle banchine e della boa oceanografica.

La qualità dei dati forniti dalle stazioni di misura fissa verranno validati dal Gruppo di Coordinamento Scientifico a seguito di analisi di qualità effettuata dal LOSEM.

Inoltre, per la boa oceanografica sono previsti annualmente n.2 interventi straordinari aggiuntivi per il controllo e manutenzione dell'ormeggio.

Al termine dei lavori, dal 2025, l'ADSP garantirà l'operatività della boa oceanografica, con le medesime caratteristiche in termini di frequenza e qualità, che continuerà, ad acquisire dati all'interno del Progetto di Monitoraggio Ambientale per la fase post operam e quindi nel programma di monitoraggio delle opere di mitigazione e compensazione, come bianco della colonna d'acqua, al fine di verificare la variazione di eventuali drivers naturali che possano interferire con le compensazioni e mitigazioni messe in atto. Dall'ADSP verranno garantiti, di conseguenza, anche i suoi interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria con le medesime modalità.

2.5.2. Modelli matematici a supporto dell'Early Warning System e del sistema di monitoraggio

Per mitigare gli effetti prodotti dalle attività di dragaggio e da eventuali sversamenti di sostanze inquinanti in mare, uno degli approcci più utilizzati dalla comunità scientifica internazionale è quello di impiegare un Early Warning System (EWS), che grazie all'impiego di modelli numerici, riesce a prevedere, a distanza di due/tre giorni, la dispersione della concentrazione di sostanze inquinanti e/o impattanti (es. materiale sospeso) sui IT6000005 e IT6000006 in cui sono presenti gli habitat e le specie prioritari da tutelare.

L'effetto delle operazioni di dragaggio sulle specie e sugli habitat sensibili presenti nell'ambiente marino costiero e dello sversamento accidentale di sostanze pericolose connesse al previsto aumento del traffico dei natanti nelle aree portuali in fase di costruzione ed esercizio delle opere, 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.

In tale ambito verrà predisposto un sistema predittivo operativo in cui saranno messe a punto procedure automatiche per l'assimilazione 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), e i dati provenienti dalle stazioni fisse all'interno dei modelli idrodinamico e di moto ondoso. La finalità del sistema operativo è quello di fornire previsione del campo di velocità delle correnti marine e della propagazione del moto ondoso a distanza di due/tre giorni all'interno dell'area di studio ed in particolare nelle zone interessate dalla presenza dei due SIC analizzati nel progetto.

I modelli numerici predisposti in questa fase costituiscono una continuazione delle attività di modellistica descritte nel capitolo 2.1. e saranno utilizzati sino alla fine del progetto con particolare riferimento al capitolo 4..

In questa fase il sistema operativo verrà validato attraverso dati di temperatura, salinità, moto ondoso e correnti marine raccolte nell'ambito di attività descritte nel capitolo 2.2. e prevede l'assimilazione dei dati provenienti dalla Boa e dalle stazioni di cui al punto 2.5.1..

In questo modo sarà possibile valutare tempestivamente gli impatti potenziali attraverso la messa a punto di specifici indicatori di rischio. (come 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'applicazione di EWS comprende le seguenti fasi:

1. 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;
2. previsione relative alla dispersione del sedimento dragato e dell'eventuale sversamento di sostanze inquinanti dai natanti nelle aree portuali in fase di costruzione ed esercizio delle opere;
4. calcolo degli indicatori di rischio per valutare l'impatto potenziale prodotto dalle operazioni di dragaggio sulle specie e sugli habitat prioritari;

5. implementazione dei risultati all'interno di un portale Web-GIS e 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 e intervento delle autorità preposte in caso di sversamento accidentale.

L'EWS entrerà in funzione quando le stazioni fisse di monitoraggio (descritte nel paragrafo 2.5.1.) rileveranno dei valori di torbidità e di concentrazione di sostanze inquinanti (idrocarburi) sopra una determinata soglia stabilita da normative nazionali o internazionali o dal Ministero dell'Ambiente in sede di Tavolo Tecnico.

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.

3. ATTIVITÀ PRELIMINARI ALLA PROGETTAZIONE E DI SUPPORTO ALLE ATTIVITÀ SPERIMENTALI

In questo capitolo sono descritte le attività tecnico-scientifiche propedeutiche alla progettazione degli interventi di compensazione e mitigazione, nonché le attività di supporto logistico indispensabili alla riuscita del progetto.

Alcune delle attività descritte consentono anche di ottemperare alle determinazioni direttoriali di cui al parere n. 3402 dell'8 maggio 2020.

3.1. SUPPORTO LOGISTICO ALLE ATTIVITÀ DI PROGETTO E PROGETTUALITÀ

Le attività di supporto logistico rappresentano tutte quelle attività che renderanno possibile la realizzazione del progetto, dalla predisposizione degli spazi e delle attrezzature necessari allo svolgimento delle attività, all'ottenimento delle necessarie autorizzazioni e concessioni, alle attività di verifica e manutenzione ordinaria e straordinaria, sia della componente strumentale che impiantistica, alla pianificazione delle attività di campo e sperimentali a supporto di tutte le U.O. coinvolte nel progetto. 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.

La progettazione ha come obiettivo la pianificazione nel dettaglio delle singole attività di progetto, a partire dai risultati emersi dalle attività propedeutiche nonché dall'analisi dei dati pregressi.

3.1.1. Redazione del progetto delle compensazioni

Questa attività prevede la stesura di un progetto definitivo, che verrà discusso in sede di tavolo tecnico, contenente la descrizione dettagliata degli interventi di compensazione ambientale, della loro ubicazione, delle metodologie adottate e dei protocolli di lavoro, per quanto attiene alle compensazioni degli impatti (vedi paragrafo 1.4.) provocati dalle opere che verranno realizzate di cui al paragrafo 1.3..

Oltre alle attività di restauro e mitigazione (vedi cap. 6.) e del relativo piano di monitoraggio (vedi cap. 7.), nel progetto verranno esplicitate in dettaglio le attività del monitoraggio ambientale (cap. 4.) per lo studio degli impatti diretti delle opere ante, durante e post-operam,

le attività di comunicazione (vedi cap. 5) e un programma preliminare di monitoraggio dei SIC (vedi capitolo 8.). Per la redazione del progetto esecutivo si terrà conto delle osservazioni di cui al parere n. 3402 dell'8 maggio 2020 e delle rimodulazioni che verranno definite in sede di Tavolo Tecnico e a seguito degli incontri con ISPRA e Regione Lazio.

Durante questa attività verranno dettagliati tutti gli interventi previsti dal progetto, con particolare riferimento ai criteri e alle metodologie che saranno adottate per i singoli interventi, alle tempistiche con cui saranno effettuati i monitoraggi ed alla copertura spaziale delle aree di indagine selezionate.

3.1.2. Supporto logistico

Il supporto logistico alle attività di progetto verrà assicurato dal LOSEM (DEB) Università degli studi della Tuscia. In particolare, riguarderà:

- le attività finalizzate alla predisposizione di idonei spazi, attrezzature e vasche per le attività sperimentali e di conservazione, necessaria all'espletamento delle attività oggetto della progettazione esecutiva;
- le attività a supporto della realizzazione di un Centro Educativo Marino per la divulgazione dei risultati del progetto;
- le attività autorizzative e amministrative necessarie allo svolgimento degli interventi, in particolare sarà necessario ottenere tutte le necessarie autorizzazioni 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;
- l'organizzazione e programmazione delle attività di campo e di laboratorio a supporto delle U.O coinvolte;
- 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;

Oltre al supporto in termini sperimentali verrà anche predisposto e realizzato un GIS (WEB-GIS) all'interno del quale verranno raccolti ed organizzati tutti i dati disponibili per l'area di Civitavecchia, come descritto nel dettaglio al paragrafo 2.4.

3.1.3. Biodiversità e servizi ecosistemici

Questa attività è dedicata all'analisi e quantificazione del valore dei servizi ecosistemici e del Capitale Naturale fornito dagli habitat indagati attraverso il metodo di valutazione riportato in Costanza et al. (1997), applicando l'approccio sito specifico per la definizione di benefit e servizi proposti da Marcelli et al., 2018. In particolare, verranno analizzati i servizi di produzione di ossigeno, protezione dell'erosione, produzione di cibo, bioremediation e sequestro di carbonio forniti dagli habitat indagati. La stima di questi servizi verrà effettuata attraverso il modello InVEST, un sistema di moduli integrati *open source*, appositamente realizzati per la mappatura e la valutazione dei servizi ecosistemici naturali. In particolare, verranno applicati il modello semi-quantitativo per la stima dei Supporting Ecosystem Services in termini di Habitat Quality e Habitat Risk Assessment e il modello per il calcolo dei Final Ecosystem Services relativi al sequestro di carbonio (Coastal Blue Carbon), ai servizi ecosistemici culturali (Unobstructed Views: Scenic Quality Provision; Visitation: Recreation and Tourism) ed alla produzione di cibo (Fisheries). I modelli utilizzeranno come dati di input i risultati delle misure sperimentali per la stima dei servizi ecosistemici descritta nel dettaglio ai paragrafi 3.2.1.3 e 3.2.2.2 nonché le mappe di distribuzione degli habitat nei SIC indagati assimilate dal GIS durante il corso del progetto.

Inoltre per i servizi non previsti dal modello InVEST si utilizzeranno metodi di calcolo proposti dallo stato dell'arte della letteratura sempre in accordo con la metodologia proposta da Costanza. Il modello e gli algoritmi utilizzati verranno calibrati mediante le attività sperimentali di misura dei servizi ecosistemici descritte nei paragrafi seguenti.

3.2. STUDI SPERIMENTALI PROPEDEUTICI ALLA PROGETTAZIONE

Questa attività è costituita dagli studi di campo coadiuvati da sperimentazioni in ambienti controllati, che verranno effettuati per fornire il quadro conoscitivo di dettaglio necessario a identificare i siti di restauro, le attività di controllo e le modalità operative, inoltre queste attività

consentiranno anche di integrare le indagini condotte nell'ambito della VINCA secondo le osservazioni di cui al parere n. 3402 dell'8 maggio 2020, propedeutiche alla progettazione esecutiva.

Inoltre, esperimenti verranno condotti in mesocosmo per testare l'effetto della torbidità sia da sola che in combinazione con altri driver di cambiamento ambientale (e.g. incremento di temperatura ed ipossia) sui tratti funzionali di *Posidonia oceanica*, alghe coralline e *Pinna nobilis*. Gli esperimenti saranno disegnati anche per essere effettuati in campo per esplorare l'effetto del tasso di sedimentazione (e quindi l'effetto "burial") sulle specie sopra elencate e i dati permetteranno di estrapolare informazioni utili nella valutazione dell'efficienza delle azioni di restauro negli habitat target di progetto.

3.2.1. Studi volti alla caratterizzazione delle aree direttamente impattate

Per integrare ed aggiornare i dati raccolti nell'ambito della VINCA, e verificare la reale disponibilità di talee ed organismi destinati alle attività di restauro, in tutte le aree di impatto diretto delle opere verranno effettuate alcune indagini in sito volte a completare la conoscenza.

Nelle aree direttamente impattate dalle opere, come descritte nel progetto “Approccio ecosistemico alla valutazione delle opere di compensazione e mitigazione in ambiente marino: il caso studio dell'Hub portuale di Civitavecchia” (Allegato 2) consegnato al MATTM in data 20/06/2016, verranno infatti predisposte campagne di verifica ed integrative di caratterizzazione del fondale mediante tecniche acustiche su piattaforme automatiche, messe a punto e testate nell'ambito del progetto Life SeaForest. In particolare, si utilizzerà un BIOSONICS MX Aquatic Habitat Echosounder installato su veicolo USV (Unmanned Surface Vehicle) EchoBoat, in grado di mappare la vegetazione acquatica sommersa, classificare il substrato e contemporaneamente raccogliere dati batimetrici. Tali aree verranno caratterizzate anche mediante l'utilizzo di ROV che consentirà di identificare organismi da rimuovere ed indagini in sito effettuate da operatori subacquei a verifica di quanto osservato con metodi strumentali.

3.2.2. Caratterizzazione delle aree a *Posidonia oceanica*

Vengono di seguito dettagliate le attività di caratterizzazione delle aree dell'Habitat *Posidonia oceanica* propedeutiche alla progettazione esecutiva delle compensazioni costituite dal reimpianto sperimentale dettagliato al capitolo 6.

3.2.2.1. Caratterizzazione quali-quantitativa dei posidonieti donatori e dei relativi habitat (aree esterne a quelle direttamente impattate)

Le attività possono essere sintetizzate in 4 punti:

- 1) attività di identificazione praterie potenzialmente donatrici esterne alle aree impattate;
- 2) campagne di campo per la caratterizzazione delle aree di espanto *Posidonia oceanica* (caratteristiche strutturali e ambientali dei posidonieti donatori);
- 3) genetica (polimorfismo genetico delle praterie donatrici);
- 4) campagne di caratterizzazione in-situ della colonna d'acqua (idrodinamica, torbidità) per l'identificazione e caratterizzazione delle aree donatrici per il reimpianto di *Posidonia oceanica*, utili anche alla calibrazione dei modelli numerici di solido sospeso.

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, dal manuale ISPRA (2014), dai metodi messi a punto dal progetto LIFE SEPOSSO e dalle attività sperimentali che verranno condotte come di seguito descritto.

In particolare le talee verranno prelevate in funzione del buono stato di salute delle stesse, dell'elevata diversità genetica¹⁷ e, a causa del generale elevato livello di torbidità presente nell'area, dalle porzioni di praterie donatrici dislocate a profondità più elevata di quella di reimpianto, in modo da garantire le maggiori probabilità di riuscita di trapianto.

Nello specifico saranno analizzate tre tipologie di praterie donatrici sulle quali verranno condotte attività di caratterizzazione differenti volte a identificare le talee idonee al reimpianto,

¹⁷ 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 Piazzì 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.

dando priorità alle aree di prelievo che hanno fornito le talee per la precedente attività di reimpianto effettuata dall'ENEL a Santa Marinella (2003/2004) che ha avuto successo, come puntualmente verificato dalle attività di monitoraggio eseguite negli anni successivi:

- prateria donatrice prioritaria che è rappresentata dal posidonieto ubicato nella zona di dragaggio ivi inclusa l'area interessata dalla realizzazione successiva della DEGM;
- praterie donatrici da selezionare fra quelle incluse all'interno dei SIC IT 6000005 e IT 6000006,
- porzioni di prateria generate dal reimpianto di S. Marinella (2003/2004) avvenuto con successo.

Ai fini di individuare in via preventiva le migliori possibili aree di espianto, ad integrazione delle indagini già effettuate nelle aree direttamente impattate (par. 3.2.1), nelle porzioni più profonde della prateria donatrice prioritaria verranno effettuate nuove analisi 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.

Al di là delle piante prelevate da aree destinate ad essere dragate, dove la raccolta avrà carattere prioritario e potrà essere effettuata senza particolari vincoli, come suggerito dalle linee guida di Natura 2000, le piante saranno prelevate a bassa densità e da più praterie possibili, al fine di minimizzare l'impatto sui posidonieti donatori e come detto prima per incrementare la variabilità genetica.

Inoltre, nella scelta delle aree di *Posidonia oceanica* donatrici esterne alle aree di dragaggio, si terrà conto delle aree selezionate per la raccolta delle talee che hanno avuto più successo nel reimpianto di S. Marinella (2003/2004), fra le quali in particolare la porzione più profonda del Posidonieto della Mattonara soggiacente all'impronta delle future opere della DEGM.

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 pregresse ¹⁸ integrate con indagini in situ di caratterizzazione chimica, fisica e biologica della colonna d'acqua tramite sonde multiparametriche ed idrodinamica, tramite ADCP, utili anche alla validazione dei modelli numerici di trasporto del particolato in sospensione. Le indagini di validazione effettuate in situ ad opera di subacquei specializzati consentiranno, inoltre, un'attenta analisi delle variabili biologiche 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. Inoltre, verranno posizionati in situ sensori di temperatura e PAR per monitorare le caratteristiche ambientali principali dell'habitat. Si avrà così un flusso bidirezionale dell'informazione che contribuirà alla scelta dei migliori punti di restauro, integrando i risultati della dinamica e sedimentologia con quelli provenienti dalle sperimentazioni in situ.

Il successo del reimpianto, infatti, dipende significativamente dalle condizioni locali dei posidonieti donatori ossia dalla scelta di aree idonee donatrici selezionate in base all'intensità di luce¹⁹ in cui la *Posidonia oceanica* è adattata a vivere. Le caratteristiche dei posidonieti donatori sono quindi importanti, come nel caso di praterie esterne all'area di dragaggio che dovranno avere caratteristiche di densità tale da non venire danneggiate dal prelievo, sia pure a bassa densità, dei fasci necessari alla produzione di talee.

3.2.2.2. Indagini di campo per la definizione delle aree da restaurare selezionate sulla base dei risultati dei modelli matematici

Le indagini di campo per la definizione delle aree da restaurare possono essere così schematizzate:

- 1) misure in situ per validazione modelli numerici (idrodinamiche, torbidità, ecologiche);

¹⁸ Nel corso degli ultimi 10-15 anni l'area è stata studiata in maniera 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., interfacciato con modelli matematici e dati satellitari (Bonamano et al. 2016). In particolare nella selezione delle aree donatrici saranno utilizzati anche i dati relativi alla macro-ripartizione delle praterie e le variabili funzionali raccolti negli anni precedenti dal Laboratorio di Oceanologia sperimentale ed Ecologia Marina.

¹⁹ 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, Piazzini et al. 1998).

- 2) analisi dati Nuova Indago (interpretazione Side Scan Sonar) e dei risultati delle indagini effettuate nella ottemperanza della VINCA;
- 3) selezione di massimo 2 aree sulla base dei risultati dei modelli matematici, definizione indagini integrative consistenti in ROV e USV e immersioni di controllo nelle aree preliminari delle 5 aree di possibile reimpianto *P. oceanica* (P1....P5);
- 4) mappatura limiti superiori *Posidonia oceanica* e habitat mesolitorale e infralitorale superiore con telerilevamento altissima risoluzione (worldview) anche per descrizione habitat, mitigazione e recupero servizi ecosistemici;
- 5) caratterizzazione generale delle 2 aree potenzialmente destinate al reimpianto *P. oceanica*;
- 6) selezione dell'area destinata al reimpianto, identificazione e dettaglio delle superfici da restaurare;
- 7) studio genetico *Posidonia* nell'area selezionata per il reimpianto;
- 8) chimica sedimenti (analisi chimiche in 2 punti delle zone destinate al reimpianto su substrato molle;
- 9) analisi della caratterizzazione batimetrica e morfologica dei fondali marini effettuata dalla "Nuova Indago".

Al fine di validare i modelli matematici messi a punto per la selezione delle aree da restaurare, verranno pianificate specifiche indagini di campo per l'analisi delle caratteristiche dell'habitat dei posidonieti naturali in termini idrodinamici, di torbidità e tasso di sedimentazione e delle praterie in termini di caratteristiche strutturali ed ecologiche. Nei siti selezionati verranno, quindi, effettuate analisi delle caratteristiche sedimentologiche, idrologiche e idrodinamiche; nella colonna d'acqua analisi chimico-fisiche, di intensità della luce, trasparenza, ossigeno disciolto, salinità, temperatura, pH, concentrazione di nutrienti e particolato in sospensione (organico e inorganico) e nella *Posidonia* analisi dei descrittori fisiografici, strutturali e funzionali della prateria²⁰.

Per la validazione dei modelli verranno effettuate campagne di misura di dati di pressione mediante array di sensori e misure di flusso mediante mini-ADP.

I dati raccolti verranno, quindi, integrati con i risultati delle indagini suppletive di Sidescan sonar e Multibeam effettuate dall'Autorità Portuale sulle aree pre-individuate nel progetto

²⁰ Densità dei fasci fogliari e percentuale di copertura, fenologia, produzione di biomassa fogliare e dei rizomi.

“Approccio ecosistemico alla valutazione delle opere di compensazione e mitigazione in ambiente marino: il caso studio dell’Hub portuale di Civitavecchia” (Allegato 2)”, in modo da definire le aree di possibile intervento. In questa fase si devono anche identificare aree di “bianco” da utilizzare come riferimento per verificare eventuali evoluzioni del posidonieto naturale rispetto al reimpiantato.

Nelle aree selezionate sulla base dei modelli numerici verranno effettuati studi di campo per verificare l’idoneità della zona al restauro consistenti in indagini ROV e USV coadiuvate da alcune immersioni di biologi marini esperti di reimpianto per “controllare” l’habitat selezionato.

Oltre al ROV quindi, si utilizzerà un BIOSONICS MX Aquatic Habitat Echosounder installato su veicolo USV (Unmanned Surface Vehicle) EchoBoat, in grado di mappare la vegetazione acquatica sommersa, classificare il substrato e contemporaneamente raccogliere dati batimetrici (tecnica sperimentata nel progetto Life SeaForest).

I dati ottenuti in questa fase, integrati con i risultati delle indagini effettuate in ottemperanza alla CTVA, consentiranno di scegliere, fra le 5 aree preidentificate, 2 aree di possibile reimpianto di *P. oceanica* nelle quali verranno effettuate immersioni di controllo da parte di personale esperto in reimpianto di *Posidonia oceanica*.

Da queste aree verranno selezionate 2 aree potenzialmente destinate al reimpianto di *P. oceanica* nelle quali verranno effettuate indagini di caratterizzazione dei parametri chimico-fisico-biologici e della chimica dei sedimenti.

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.

Le indagini di campo saranno integrate con l’analisi di immagini satellitari ad altissima risoluzione (Worldview) le quali consentiranno la mappatura dei limiti superiori della *Posidonia oceanica* e degli habitat mesolitorale e infralitorale. Quest’attività risulta fondamentale per l’ottenimento di una descrizione degli habitat oggetto delle attività di mitigazione, necessaria anche per la misura dei loro servizi ecosistemici.

3.2.2.3. Misura servizi ecosistemici *Posidonia oceanica*

Questa attività risulta fondamentale ai fini della verifica del recupero di funzioni ecosistemiche equivalenti a quelle perse a seguito dell'ampliamento del porto. I risultati costituiranno i dati indispensabili alla calibrazione del modello di servizi ecosistemici. Le attività possono essere così schematizzate:

- 1) misura sperimentale dei servizi ecosistemici offerti da *Posidonia oceanica*;
- 2) messa a punto di indicatori basati su misure sperimentali di funzionalità ecosistemica delle specie e dell'habitat;
- 3) misure funzionali sui posidonieti dell'area (camere bentiche) e dei parametri ambientali utili a stabilire la relazione funzioni ecologiche - servizi ecosistemici;
- 4) misure e attività sperimentali in sito e vasche per la calibrazione dei modelli di valutazione del capitale naturale basati sui parametri misurati.

Le misure verranno effettuate nelle aree impattate dalle opere, sul reimpianto effettuato a S. Marinella (2003/2004), sugli impianti pilota e in aree di controllo esterne al reimpianto.

Dopo una serie di indagini preliminari in campo, di design delle strumentazioni di misura, di messa a punto dei protocolli e design sperimentale, a partire da questa fase saranno effettuate indagini preliminari che prevedranno misure su scala di mesocosmo in campo tramite l'uso di camere bentiche disegnate e realizzate *ad hoc* per il progetto per la messa a punto di indicatori di funzionalità ecosistemica. Le misure verranno effettuate nelle aree impattate dalle opere, sul reimpianto effettuato a S. Marinella (2003/2004), sugli impianti pilota e in aree di controllo esterne al reimpianto. Con esse, si otterrà una valutazione delle variabili di funzionamento del sistema espresso in termini di consumo e produzione di ossigeno e di CO₂. Le camere saranno dotate di sensori in grado di registrare le concentrazioni in automatico e su scale temporali realistiche. Le misure saranno effettuate in almeno triplice replica contestuale (i.e. almeno tre camere bentiche in contemporanea per ogni sito scelto e per almeno 24h ed almeno in due stagioni). Considerato che la corrente è una delle variabili più importanti in grado di facilitare i flussi di scambio nel boundary layer, in ogni sito si effettueranno misure doppler 3D di scambio di masse d'acqua con mini-correntometri appositamente acquistati. Le variabili sperimentali di risposta (e.g. ossigeno disciolto e flussi etc.) permetteranno la stima delle funzioni ecosistemiche al variare delle caratteristiche della prateria e della biodiversità associata così da estrapolare informazioni sulla relazione tra biodiversità e funzionamento,

essenziale per la stima dei servizi ecosistemici offerti dalla prateria nelle varie fasi temporali dal trapianto.

Il confronto ed integrazione fra i dati ad elevata risoluzione spaziale e temporale e i dati provenienti dalle sperimentazioni in sito saranno anche funzionali ad una migliore definizione delle relazioni fra biodiversità e funzionamento dell'Habitat 1120*.

I metodi di analisi multi-criterio che vanno sotto la sigla MCA comprendono varie classi di metodi, tecniche e strumenti (con diversi gradi di complessità) che considerano esplicitamente più obiettivi e criteri (o attributi) nei problemi decisionali. I metodi MCA adottano un metodo teorico con il quale si determina la scelta tra opzioni di management alternative; ogni opzione ha differenti obiettivi. Tali obiettivi sono quelli considerati “desiderabili”, misurati in termini di attributi o indicatori e verranno identificati nel contesto specifico del presente progetto “Civitavecchia” attraverso indagini tipo expert judgement ossia una indagine basata sul giudizio esperto di scienziati piuttosto che su metodi socio-ecologici basati su Local Ecological Knowledge (LEK) e Indigenous Knowledge (IK) ossia basate sul giudizio degli stakeholder (e.g. pescatori e fruitori vari). Tali metodi sono stati di recente introdotti in ecologia per individuare le opzioni di gestione delle risorse naturali ed indirizzare le scelte decisionali in funzione degli aspetti e delle implicazioni sociali, ecologiche ed economiche. La misurazione effettiva degli indicatori sarà basata su analisi quantitativa ossia attraverso un punteggio, una classifica e una ponderazione di un'ampia gamma di categorie di impatto qualitativo e criteri. In questo progetto, si integreranno punteggi quali-quantitativi ottenuti dai survey attraverso questionari che saranno somministrati ad esperti con misure sperimentali in campo che riguardano il funzionamento. L'integrazione è il risultato di metodologie recenti e permetterà di confrontare e classificare le differenti opzioni di restauro, i differenti siti, la tempistica etc. Il Team UNIPA coordinerà i survey per implementare l'MCA e coordinerà la raccolta dati tipo LEK con il personale contrattualizzato che somministrerà i questionari sia attraverso interviste peer-to-peer sia attraverso il design di questionari on-line su piattaforma Qualtrics (Sarà et al. 2021).

Verranno, inoltre, effettuate misure e attività sperimentali in sito e in vasche appositamente progettate per la calibrazione dei modelli di valutazione del capitale naturale descritti al paragrafo 3.1.3. Le misure in sintesi descritte saranno effettuate da personale contrattualizzato UNIPA e sotto la supervisione scientifica del Prof. G. Sarà (UNIPA) che coordinerà un team UNIPA per effettuare tutte le fasi sperimentali dall'acquisto dei materiali di consumo, dei

sensori e delle attrezzature di calcolo, alla realizzazione dei mesocosmi sino alla restituzione dei report.

Le indagini effettuate in questa fase consentiranno anche la messa a punto dei protocolli per la valutazione sperimentale e la misura dei servizi ecosistemici nelle diverse fasi del progetto esecutivo. La scelta di misurare il potenziale successo delle operazioni di reimpianto anche in termini di capacità di espressione di servizi ecosistemici da parte del sistema “posidonieto” è uno *step-forward* rispetto allo studio focalizzato sul semplice successo di reimpianto della specie e dei singoli individui. Alcune relazioni ecologiche fondamentali ormai consolidate nella letteratura scientifica infatti indicano che non è possibile ignorare il ruolo di una specie e della sua comunità di appartenenza nell’indirizzare il funzionamento soprattutto quando si vogliano “gestire” le risorse naturali e la biodiversità come nel caso di questa attività di reimpianto di Civitavecchia. Anche questo diviene cruciale quando dalla gestione delle risorse dipende la sfera umana ed il suo benessere nel tempo (generazioni presenti e future). Così mettere a punto attività sperimentali di campo e laboratorio per misurare la relazione tra biodiversità, funzioni e funzionamento ecosistemico prima e dopo il reimpianto è sensato poiché queste relazioni mettono in evidenza quale sarà in effetti il valore potenziale del ruolo delle specie presenti nell’habitat recipient e la capacità delle specie contenute nell’habitat ossia della biodiversità di mantenere stabile nel tempo le funzioni ecologiche (es. rimozione della CO₂, produzione di ossigeno etc.) ed il grado di funzionamento di un ecosistema. Tale tipo di attività si basa su una teoria ecologica a supporto molto robusta che ci dice che vi è un legame netto e misurabile tra una funzione ecologica espressa da una specie strutturante come la *Posidonia oceanica* cui si associa un ampio patrimonio di biodiversità, e il funzionamento ecosistemico che a sua volta influenza la produzione di beni e servizi ecosistemici (es. la capacità di regolazione del clima, piuttosto che il grado di erosione dei fondali o della costa, o la produzione di cibo come la fornitura di proteine dal mare ossia dalle specie pescabili).

3.2.2.4. Redazione dei protocolli operativi ottenuti dalla sperimentazione e test

Questa attività ha lo scopo di supportare le attività di compensazione prendendo spunto e mettendo a punto i migliori protocolli sperimentali per l’area di reimpianto, contribuendo in questo modo alla messa a punto di metodologie di restauro e di verifica del successo e recupero delle funzioni ecosistemiche. L’approccio generale si basa sulle metodologie di gestione identificate nel quaderno Natura 2000-2008, 01/24 e su quanto suggerito dal manuale ISPRA

(2014), dai risultati dei progetti LIFE SePOSSO e SeaForest, e dai risultati delle attività sperimentali, ai fini della messa a punto di una strategia decisionale sito-specifica 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.

Durante le attività sperimentali verranno anche effettuati esperimenti di attecchimento e crescita in vasca delle piante che potranno contribuire alla messa a punto di protocolli di reimpianto considerando in particolare le caratteristiche e i parametri chimico-fisici dell'area nella quale la prateria dovrà essere reimpiantata. Verranno, inoltre, messi a punto specifici protocolli sperimentali per la germinazione di semi e crescita di nuove piante.

Per quanto infine attiene alle tecniche di reimpianto si sceglierà fra le metodologie a disposizione, analizzate dal manuale ISPRA (2014), dal progetto LIFE SePOSSO, e tenendo in particolare considerazione i risultati del restauro (2003/2004) già effettuato a compensazione della realizzazione della “banchina carbone” dell'ENEL.

La tecnica scelta sarà 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;
- valutazione dei servizi ecosistemici;
- metodi di trasporto e conservazione delle talee, privilegiando le metodologie che generino una minore sofferenza possibile delle talee espantate nell'ottica di ridurre il più possibile i tempi intercorsi fra recupero e messa a dimora delle talee;
- metodi di verifica della funzionalità ecosistemica della *Posidonia*;
- monitoraggio.

3.2.3. Caratterizzazione dell'Habitat 1170

La caratterizzazione per la progettazione esecutiva delle compensazioni relative all'Habitat 1170 fa riferimento al raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- identificazione e descrizione della distribuzione ed estensione dell'habitat 1170 nel contesto marino interessato direttamente e indirettamente dalla realizzazione delle opere previste in questa fase di sviluppo del II lotto funzionale;
- caratterizzazione delle aree a particolare pregio naturalistico (hot spot);
- 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;
- caratterizzazione per il corretto posizionamento di boe di ormeggio e substrati artificiali per la ricolonizzazione come dettagliato nel capitolo 6.
- integrazione con campagne in situ per la caratterizzazione di altre facies di pregio dell'habitat 1170 (es. *Cystoseira*).

3.2.3.1. Caratterizzazione habitat 1170 da restaurare selezionate sulla base dei risultati dei modelli matematici

Sulla base dei risultati dei modelli numerici verranno identificate le aree che hanno le più elevate probabilità di successo di restauro.

Fra i 4 hot-spots identificati in via preliminare si selezionerà un hot spot ed altre aree vicine alle zone di reimpianto di *Posidonia oceanica* con le caratteristiche ecologiche più idonee al ripristino.

Verranno quindi integrati gli studi in-situ sull'habitat 1170 e verrà caratterizzato l'hot spot (o al massimo i due) selezionato. La caratterizzazione delle aree destinate al restauro del coralligeno verrà effettuato mediante ROV preliminare e alcune immersioni effettuate da biologi esperti. La caratterizzazione consisterà in uno screening preliminare delle aree

caratterizzate dall'Habitat 1170 con particolare riferimento alle associazioni a *Cystoseira* infralitorali e circalitorali e alle biocenosi del coralligeno (tra cui le alghe calcaree).

L'analisi preliminare dei dati acquisiti tramite ROV dalla Nuova Indago per conto dell'Autorità Portuale purtroppo non ha fornito informazioni utili all'identificazione degli Hot Spot dell'Habitat 1170. Per questo motivo si provvederà ad effettuare indagini integrative di dettaglio in situ tramite ROV ed immersioni effettuate da operatori subacquei che consentiranno di valutare l'esatta posizione, l'estensione e caratterizzazione delle diverse facies dei popolamenti di coralligeno e *Cystoseira* presenti nelle aree destinate al restauro. 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.

Lo studio, inoltre, permetterà di effettuare uno screening preliminare, condotto dal team di OGS, utile ad identificare la presenza di associazioni a *Cystoseira* spp. infralitorali e circalitorali e dei biocostruttori vegetali del coralligeno (alghe calcaree incrostanti).

3.2.3.2. Misura servizi ecosistemici Habitat 1170

Così come previsto per l'Habitat 1120*, anche per l'Habitat 1170 verranno effettuate una serie di indagini preliminari in campo, di design delle strumentazioni di misura, di messa a punto dei protocolli e design sperimentale di misure su scala di mesocosmo in campo per la messa a punto di indicatori di funzionalità ecosistemica. A tal fine verranno utilizzate camere benthiche disegnate e realizzate *ad hoc* per il progetto mediante le quali si potranno analizzare e monitorare le funzioni ecosistemiche del coralligeno. I metodi usati saranno quelli sin qui adottati e descritti nella sezione 3.2.2.3 basati sulla misura in mesocosmo delle variabili metaboliche di consumo e produzione (ossigeno, PAM, pCO₂ etc.).

Inoltre verrà condotta un'indagine per la valutazione sperimentale dei servizi ecosistemici di *Cystoseira* spp. Le specie mediterranee sono incluse nell'habitat di interesse comunitario 1170 e nella Lista Rossa Europea degli Habitat a rischio. Sono elencate nella Convenzione di Berna come strettamente protette (Allegato I) e nella Convenzione di Barcellona (Appendice II) ed utilizzate come indicatori di buona qualità ecologica secondo la Direttiva Quadro sulle acque 2000/60/CE.

3.2.3.3. *Sperimentazione propedeutica alla progettazione e redazione dei protocolli operativi*

Per quanto attiene l'habitat 1170, è indispensabile la predisposizione di una serie di esperimenti di laboratorio che sono propedeutici alla progettazione esecutiva degli interventi di restauro e di ricollocazione sui substrati artificiali, inerenti le specie del coralligeno e *Cystoseira* presenti e al programma *Bycatch*, che consistono in:

- 1) test in vasche e sito per messa a punto di protocolli di restauro;
- 2) misure fisiologiche/funzionali al variare di fattori ambientali (torbidità, temperatura, ipossia etc.) per testare capacità di recovery e stimare le soglie critiche degli organismi;
- 3) messa a punto di indicatori basati su misure sperimentali di funzionalità ecosistemica delle specie e dell'habitat;
- 4) sperimentazione pilota sul coralligeno nei siti pre-individuati;
- 5) predisposizione di protocolli per il coralligeno, *Cystoseira* e altre specie/facies pregiate.

Al fine di supportare le attività sperimentali propedeutiche alla progettazione esecutiva si procederà alla predisposizione di una serie di vasche sperimentali e delle attrezzature da mettere a disposizione del gruppo di lavoro per le specie di coralligeno e di *Cystoseira*. Tali specie verranno prelevate attraverso diverse campagne di *Bycatch* per mezzo di pescherecci o in immersione dalle aree direttamente impattate.

In particolare, le attività sperimentali riguarderanno l'acquisizione di una baseline informativa sui tratti funzionali (es. fisiologici, comportamentali e morfologici) delle specie considerate che prevedrà lo studio della risposta misurata in termini di consumo di ossigeno (Giomi et al. 2016) e in termini di risposta funzionale (es. Parisi et al. 2021) con tecniche sviluppate ad hoc per lo studio di questi tratti negli invertebrati. Le risposte saranno misurate al variare delle condizioni di temperatura, d'illuminazione, di nutrienti e di idrodinamismo. Tali misure costituiranno la base funzionale per 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. Si effettueranno, inoltre, misure di funzionamento al variare della biodiversità così da esplorare il tasso di recupero delle funzioni ecosistemiche e dei conseguenti servizi supportati. Queste attività saranno gestite e coordinate da UNIPA in collaborazione con UniSS, CNR-Oristano e con il team di OGS per la componente vegetale.

Verranno inoltre specificamente sperimentate una serie di tecniche di riproduzione e crescita degli organismi all'interno di vasche per la messa a punto di protocolli sperimentali per il mantenimento e il reimpianto delle specie di 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. 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 espianto che di reimpianto, tenendo conto dei risultati degli studi pregressi e preliminari.

Anche in questo caso si effettueranno misure funzionali sugli organismi e sulle comunità per testare la capacità di recovery dopo esposizione a fattori ambientali come differenti livelli di torbidità, temperatura, ipossia etc.). Gli esperimenti saranno effettuati tramite l'acquisizione dei tassi metabolici e come scritto in precedenza permetteranno la messa a punto di indicatori ecologici che guideranno le scelte.

3.2.4. Censimento delle specie *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum* e caratterizzazione dei relativi habitat

Le attività mirate alla salvaguardia delle specie pregiate con particolare riferimento alla *Pinna nobilis* ed al *Corallium rubrum*, consisteranno in una serie di indagini in sito nelle aree direttamente impattate dal porto che saranno volte alla identificazione degli organismi a rischio, allo studio del loro habitat e alla identificazione di idonee aree di ricovero, al fine di effettuare una progettazione esecutiva della loro messa in sicurezza.

3.2.4.1. Caratterizzazione, censimento e protocolli di lavoro per *Pinna nobilis*

Schematicamente le attività consistono in:

- 1) caratterizzazione e censimento *Pinna nobilis* nelle aree impattate;
- 2) integrazione attività con ROV e immersioni scientifiche di controllo (area sud) mentre in area nord se presente al ROV dovranno essere coinvolti OTS Scientifici;
- 3) misure ambientali e fisiologiche strumentali (Ox., Temp.) di *Pinna nobilis* e messa a punto di protocolli di prelievo, recovery e monitoraggio;

- 4) misure funzionali su *P. nobilis* al variare di fattori ambientali (torbidità, temperatura, ipossia etc.) per testare la capacità di recovery (test in sito e vasca) per stimare le soglie critiche degli organismi;
- 5) misure ambientali strumentali nei siti di espianto (CTD, luce, torbidità, velocità del flusso);
- 6) misure ambientali nei siti di recovery (CTD, luce, torbidità, velocità del flusso);
- 7) messa a punto di protocolli per la *P. nobilis* (parametrizzazione in ambito Dynamic Energy Budget per simulazioni di crescita in diverse condizioni di trapianto).

Questa attività ha la finalità di fornire un quadro conoscitivo della distribuzione ed abbondanza di *Pinna nobilis* nell'area di studio necessario per le successive fasi di recupero degli individui e reintroduzione in ambiente naturale. In particolare, le attività conoscitive verranno effettuate attraverso l'utilizzo di ROV e operatori scientifici subacquei nell'area a Sud, dove è stata rilevata la presenza di alcuni esemplari adulti. Nell'area a Nord, invece, qualora i tracciati ROV rilevino la presenza di esemplari, verranno effettuate immersioni conoscitive tramite OTS. In particolare, verranno censiti gli individui potenzialmente impattati che verranno catalogati per ubicazione ed indici biometrici (Katsanevakis, 2005).

Gli individui censiti nei siti di espianto e nei siti di recovery individuati sulla base delle attività descritte al paragrafo 3.2.4.3. saranno oggetto di un'attenta campagna di raccolta dati. Così gli individui saranno classificati tramite misure biometriche e gravimetriche per studiare le relazioni taglia-peso e esplorare relazioni allometriche (Gould 1966) dalle quali è possibile ottenere informazioni sullo stato di salute degli animali. Tramite mesocosmi costruiti ad hoc, si misureranno i tassi metabolici e acquisizione di particelle in sospensione. Gli esperimenti saranno basati su protocolli standard di misura adottati nel Laboratorio di Ecologia di UNIPA e saranno effettuati al variare di fattori ambientali come torbidità, temperatura, ipossia etc., per ottenere anche informazioni sulla capacità di recupero (recovery) degli organismi dopo trapianto nelle varie condizioni. Le attività di ricerca verranno svolte in collaborazione con il team di OGS. Le informazioni raccolte in mesocosmo saranno integrate con le informazioni raccolte dalla letteratura tramite tecniche di systematic review (e.g. Mangano & Sarà 2017; Sarà et al. 2018; Salerno et al. 2021) e costituiranno la base per la parametrizzazione di modelli meccanicistici basati sulla teoria Dynamic Energy Budget (DEB, Kooijman 2010; Sarà et al. 2014 e successive pubblicazioni consultabili su: <http://www1.unipa.it/gsaralab/en/publications/#1>).

Dopo avere messo a punto i modelli DEB per le specie si effettueranno simulazioni di performance a variare delle condizioni di trapianto. In accordo a quanto effettuato in altre occasioni, i modelli DEB restituiscono output in termini di capacità di accrescimento, di riproduzione e sopravvivenza che rappresentano la base delle performance di qualunque specie in natura. Così, il team di UNIPA genererà modelli predittivi di tipo meccanicistico (ossia basati su relazioni causa-effetti) per proiettare la performance delle specie trapiantate e studiarne il successo riproduttivo, che è la caratteristica principale che determina il successo delle specie in natura.

3.2.4.2. Caratterizzazione, censimento e protocolli di lavoro per *Corallium rubrum*

Schematicamente le attività consistono in:

- 1) censimento *Corallium rubrum* area sud (attività con ROV e immersioni scientifiche di controllo);
- 2) misure ambientali strumentali *Corallium rubrum* e messa punto di protocolli di prelievo, recovery e monitoraggio;
- 3) misure funzionali di *C. rubrum* al variare di fattori ambientali (torbidità, temperatura, ipossia etc.) per testare capacità di recovery (misure in sito e test in vasca);
- 4) simulazione Dynamic Energy Budget per valutare la capacità di accrescimento di *C. rubrum* (come per *P. nobilis*) in diverse condizioni di trapianto.

Questa attività ha la finalità di fornire un quadro conoscitivo della distribuzione ed abbondanza di *Corallium rubrum* nell'area di studio necessario per le successive fasi di recupero degli individui e reintroduzione in ambiente naturale. In particolare, verrà effettuato il censimento degli esemplari presenti nell'area a Sud, attraverso l'utilizzo di ROV e immersioni scientifiche di controllo.

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" e nelle aree limitrofe allo scopo di determinare il numero di colonie presenti, la loro dimensione ed il loro stato di salute.

Le attività di censimento e caratterizzazione verranno svolte nelle stesse modalità operative descritte per *P. nobilis*. Anche in questa task verranno realizzati mesocosmi costruiti ad hoc con i quali sarà possibile misurare i tassi metabolici nonché la quantità di particelle in sospensione. Gli esperimenti saranno basati su protocolli standard di misura adottati nel Laboratorio di Ecologia di UNIPA e saranno effettuati al variare di fattori ambientali come torbidità, temperatura, ipossia etc., per ottenere anche informazioni sulla capacità di recupero (recovery) degli organismi dopo trapianto nelle varie condizioni. Le attività di ricerca verranno svolte in collaborazione con il CNR di Oristano e l'Università di Sassari. Anche per *Corallium rubrum* le informazioni raccolte in mesocosmo saranno integrate con le informazioni raccolte dalla letteratura tramite tecniche di systematic review (e.g. Mangano & Sarà 2017; Sarà et al. 2018; Salerno et al. 2021) e costituiranno la base per la parametrizzazione di modelli meccanicistici basati sulla teoria Dynamic Energy Budget (DEB, Kooijman 2010; Sarà et al. 2014 e successive pubblicazioni consultabili su <http://www1.unipa.it/gsaralab/en/publications/#1>) per la messa a punto di modelli predittivi di tipo meccanicistico (ossia basati su relazioni causa-effetti) e per la valutazione della performance delle specie trapiantate in termini di successo riproduttivo.

3.2.4.3. Indagini di campo per la definizione delle aree da restaurare

In seguito ad un'attenta analisi del settore di costa verranno selezionate una o più aree con caratteristiche fisiche, idrodinamiche e biologiche simili ai siti di prelievo. I siti per il reimpianto degli esemplari di *Corallium rubrum* saranno selezionati 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.

Le aree di restauro di *Pinna nobilis*, invece, verranno selezionate durante le indagini di campo per la definizione delle aree di restauro di *P. oceanica*, selezionate sulla base dei risultati dei modelli matematici e descritte nel paragrafo 3.2.1.2.

3.3. MODELLISTICA PROPEDEUTICA ALLA PROGETTAZIONE

Nel capitolo 2.1. è stata descritta l'attività di studio approfondito del campo idrodinamico e della dispersione dei sedimenti e di sostanze inquinanti all'interno dell'area di studio. In questa fase del progetto verranno effettuati studi a scala di dettaglio crescente per analizzare la dinamica del materiale fine e il trasporto di idrocarburi in rapporto alla distribuzione e qualità degli habitat e delle specie prioritarie presenti nei SIC interessati dal progetto.

3.3.1. Modelli a supporto della caratterizzazione quali-quantitativa

Verrà effettuato uno studio climatico con analisi degli eventi estremi (tempo di ritorno di 50 e 100 anni) al fine di poter predisporre gli scenari ipoteticamente più distruttivi per i posidonieti.

La possibilità di attecchimento delle talee è direttamente legata infatti al tempo che intercorre fra il momento del reimpianto e lo sviluppo di energia cinetica in forma di moto ondoso e corrente che riescono a estirpare le giovani talee non ancora ben radicate. I maggiori danni ai reimpianti effettuati negli anni passati sono dovuti in prima istanza a fenomeni climatici di particolare intensità e ad una scelta non perfettamente idonea dei siti di reimpianto.

Inoltre, la profondità di prelievo di *Posidonia oceanica*, che dipende dall'adattamento della pianta alla luce, è correlata direttamente alla trasparenza della colonna d'acqua dell'area e quindi direttamente alla torbidità che verrà calcolata con il modello di trasporto del sedimento fine in differenti scenari meteomarinari. Nelle aree preindividuate ad essere utilizzate come praterie donatrici verranno selezionate delle zone più idonee per il prelievo delle talee, sovrapponendo i risultati del modello con le aree di praterie di migliore qualità. Dai risultati dei modelli di trasporto di onde, correnti e del sedimento fine, prodotti nei capitoli precedenti, sarà possibile stimare le variabili fisiche rilevanti nonché l'intensità della PAR in prossimità del fondo e quindi di selezionare i posidonieti potenzialmente donatori meglio adattati a basse intensità luminose. I risultati dei modelli saranno inoltre validati attraverso misure in situ di temperatura e PAR.

Le aree più idonee ad ospitare il reimpianto delle talee di *Posidonia oceanica* saranno selezionate in base ai valori di onde, correnti, velocità al fondo, torbidità e tasso di sedimentazione risultati dalle simulazioni effettuate nel capitolo 2.1.

Per un'analisi più accurata nelle aree individuate nella fase precedente, il calcolo delle variabili sarà effettuato attraverso l'utilizzo di modelli numerici che riprodurranno, con una elevata

risoluzione spaziale, eventi estremi e condizioni meteomarine di lungo periodo. Ad esempio la velocità al fondo verrà analizzata attraverso il campo idrodinamico tridimensionale calcolato grazie al processo di steering tra il modello idrodinamico e quello di moto ondoso. La torbidità e il tasso di sedimentazione verranno invece stimati con il modello di trasporto del materiale sedimentario, 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) della rete osservativa C-CEMS che verranno ripristinate ai fini del progetto. I risultati delle simulazioni numeriche permetteranno di identificare le zone, all'interno delle aree preselezionate, che saranno potenzialmente adatte ad ospitare le nuove talee di *Posidonia oceanica*.

Sulla base dei risultati delle simulazioni numeriche, verrà messo a punto un 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.

3.3.2. Simulazioni a supporto delle attività sperimentali

Il posizionamento delle barriere e blocchi anti strascico potrebbe determinare un'area di bassa energia con conseguente sedimentazione di materiale fine ed aumento della torbidità nei pressi delle barriere stesse. Tale condizione può provocare un effetto avverso per gli habitat e le specie prioritarie presenti all'interno dei due SIC. Per limitare tali effetti verranno effettuate delle simulazioni a scala di dettaglio che avranno il ruolo di definire il corretto posizionamento delle barriere e blocchi anti strascico affinché producano effetti trascurabili o nulli sugli habitat e sulle specie di interesse. I risultati dei modelli verranno validati attraverso misure locali di torbidità, velocità al fondo e tasso di sedimentazione.

3.3.3. Dati a supporto della modellistica

I dati di campo che verranno utilizzati a supporto della modellistica comprendono torbidità, PAR, velocità al fondo e tasso di sedimentazione per la qualificazione delle aree di reimpianto di *Posidonia oceanica*.

I modelli matematici utilizzati durante le attività propedeutiche alla progettazione esecutiva verranno validati utilizzando i dataset raccolti in situ durante le attività di completamento delle

indagini sperimentali CTVA, con particolare riferimento ai dati di torbidità acquisiti durante le campagne oceanografiche descritte al paragrafo 2.2.1 e il tasso di sedimentazione calcolato sui dati acquisiti durante la VINCA.

Inoltre si potrà disporre del dataset che verrà acquisito nel corso delle successive attività sperimentali previste nel PMA.

Questo consentirà di ottimizzare le simulazioni a meso-scala alle opere di compensazione. I risultati saranno forniti al tavolo tecnico a supporto della progettazione esecutiva.

3.4. CARATTERIZZAZIONE AREE PER IL POSIZIONAMENTO DI CAMPI BOE, BARRIERE ANTISTRASCICO E TECNOREEF

3.4.1. Indagini in sito

In questa fase verranno effettuate una serie di campagne volte all'identificazione dei siti idonei al posizionamento dei Reef artificiali, delle Barriere anti-strascico e dei Campi boe, al fine di definirne la progettazione ed il proporzionamento, propedeutici alla loro installazione prevista durante le attività di compensazione.

In particolare le indagini prevedono la realizzazione di campagne di misura ad hoc durante le quali verranno svolte misure di corrente tramite ADCP da imbarcazione al fine di definire le caratteristiche idrodinamiche delle aree di installazione, necessarie alla progettazione specifica dei differenti dispositivi.

3.4.2. Studio di verifica della scelta e dimensionamento dei siti di posizionamento

I siti di posizionamento preselezionati sulla base delle attività descritte sopra (paragrafo 3.4.1.) verranno verificati al fine di non effettuare danni agli habitat marini causati da variazioni del flusso e tasso di sedimentazione. In particolare verrà effettuato il computo dell'impatto delle barriere sul trasporto solido e sulle correnti di fondo.

3.5. IMPIANTI PILOTA PROPEDEUTICI ALLA PROGETTAZIONE

Le attività previste possono essere schematizzate in:

- prelievo, preparazione e messa a dimora di talee provenienti da posidonieti naturali;
- prelievo, preparazione e messa a dimora di talee provenienti dal reimpianto (2003/2004) di S. Marinella;
- sperimentazione pilota di reimpianto Specie Habitat 1170.

Questa attività ha lo scopo di verificare sperimentalmente l'idoneità dei siti destinati a ricevere le talee e altri organismi prima di effettuare l'attività di restauro su scala più ampia.

In particolare, per la *Posidonia oceanica*, entro marzo verranno selezionati almeno 4 siti nei quali si effettueranno degli impianti sperimentali di talee. Per ciascun sito si planteranno circa 250 talee.

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). Inoltre, le azioni di trapianto su scala più ampia non sono state, ad oggi, oggetto di pubblicazioni scientifiche, ma solo di rapporti tecnici. Il progetto LIFE SEPOSSO ha raccolto un'ampia casistica che potrà essere utilizzata come riferimento.

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 giocano un ruolo strategico, nella selezione delle aree di intervento. Viste le peculiarità dell'area, dopo aver preselezionato e caratterizzato le aree da destinare al restauro, assume fondamentale importanza una fase di sperimentazione di minimo un anno durante la quale verranno testati piccoli impianti pilota attraverso il prelievo, la preparazione e la messa a dimora di talee provenienti da posidonieti naturali e dal reimpianto di S. Marinella per verificare l'idoneità dei siti in funzione delle forzanti meteomarine, sedimentologiche ed idrologiche (dinamica e torbidità). In particolare, saranno ritenuti ottimali i siti in cui i moduli di reimpianto non subiranno danni e non saranno né spostati né sommersi dal sedimento, mantenendo in uno stato pienamente vitale il massimo numero di talee.

Per quanto infine attiene alle tecniche di reimpianto si sceglierà fra le metodologie a disposizione, analizzate dal manuale ISPRA (2014), dal progetto LIFE SePOSSO, e tenendo in particolare considerazione i risultati del restauro già effettuato a compensazione della realizzazione della "banchina carbone" dell'ENEL.

La tecnica scelta sarà 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.

La stagione in cui verrà effettuato il reimpianto, infine, sarà scelta sulla base delle caratteristiche delle talee in particolare si opererà fra l'autunno e l'inverno, stagione ottimale per il trapianto di rizomi ortotropi (Molenaar, 1992; Meinesz et al., 1992).

Anche per l'Habitat 1170 verranno effettuate delle sperimentazioni pilota in modo tale da testare i protocolli messi a punto durante le attività propedeutiche nonché per verificare l'idoneità dei siti in funzione delle forzanti meteomarine, sedimentologiche ed idrologiche (dinamica e torbidità). Questa attività supporta ed integra quanto previsto nel capitolo 3.2.3..

4. STUDIO DEI POTENZIALI IMPATTI DELLA REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN RELAZIONE AGLI HABITAT E AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

In questo capitolo sono descritte le attività tecnico-scientifiche relative alla progettazione di un innovativo piano di monitoraggio ambientale che per obiettivi scientifici ed attività si pone l'ambizioso obiettivo di contribuire a mitigare le attività di realizzazione delle opere portuali andando a contribuire alla conoscenza dell'ambiente marino e di quali siano le risposte anche in relazione ai cambiamenti climatici.

Alcune delle attività descritte in seguito consentiranno anche di verificare gli eventuali danni che l'ecosistema marino dovesse subire a seguito delle attività di espansione portuale.

Inoltre, consentirà anche di ottemperare ad una serie di richieste: come infatti richiesto nel Parere n. 3402 del 8 Maggio 2020 (Verifica di Attuazione ex. Art. 185 c. 6 e 7 del Dlgs 163/2006), al punto 1. Richiesta di integrazioni effettuata dalla CTVA (Prot. CTVA/4032 del 20/11/2015) nonché al punto 2. Determina Direttoriale n.3 del 2017 la Direzione ha determinato l'implementazione di una serie di attività di monitoraggio finalizzate al controllo di eventuali impatti sugli ecosistemi marini dovuti alla realizzazione delle opere. In particolare: al punto 1. Par. Analisi degli aspetti idrodinamici, del moto ondoso e dispersione del materiale in sospensione, punto 9) 'è necessario prevedere attività di monitoraggio (ante, durante e post operam) che adottino una metodologia (tipologia di indagini, ubicazione stazioni, tempi e modalità di campionamento) idonea a consentire il controllo delle diverse matrici indagate, in funzione degli effetti attesi'; al punto 2. 6) g) 'durante il corso delle operazioni dovrà essere effettuato il monitoraggio della torbidità dell'acqua, mediante prelievo almeno giornaliero di campioni, al fine di controllare l'effetto dell'eventuale spargimento del materiale scavato'; al punto 7) 'tutte le opere di realizzazione del Lotto 2 dovranno necessariamente essere supportate da un PMA di controllo che comprenda anche gli eventuali effetti sulle opere di compensazione ambientale già attuate al fine di evitare qualsiasi impatto negativo derivante dalle lavorazioni nelle fasi ante operam, in itinere, post operam'; al punto 10), 'dovrà essere redatto un Piano di Monitoraggio Ambientale, da concordare con ARPA Lazio, per le fasi ante operam, in itinere, post operam degli interventi di compensazione che definisca l'ubicazione delle stazioni, i tempi e le modalità di campionamento ritenuti idonei a consentire il controllo delle diverse matrici indagate in funzione degli effetti attesi e le misure di mitigazione che verranno messe in atto al fine di limitare per quanto possibile i potenziali impatti'.

Il progetto di monitoraggio integrato ha quindi anche lo scopo di soddisfare quanto sopra richiesto con l'obiettivo di studiare le eventuali variazioni indotte dalla costruzione delle opere sugli ecosistemi marino-costieri dell'area oggetto di studio.

Per poter analizzare un sistema così complesso e separare il più correttamente possibile le variazioni indotte da un'opera rispetto all'evoluzione del sistema stesso risulta fondamentale conoscere le caratteristiche fisiche e dinamiche dell'area oggetto di studio e l'attuale stato ambientale degli habitat presenti.

Il progetto di monitoraggio si pone l'obiettivo di studiare le caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche dell'area compresa tra Capo Linaro e S. Agostino, attraverso uno studio multidisciplinare che prevede l'integrazione di dati osservativi e modellistica numerica al fine di monitorare e prevenire gli eventuali impatti diretti o indiretti dovuti alla realizzazione delle opere.

Il monitoraggio si articola in tre fasi, ante operam, cantiere, post operam, in maniera tale da consentire di studiare lo stato dell'ambiente marino prima della realizzazione delle opere, durante la realizzazione delle opere e di monitorare e verificare gli eventuali impatti che si possono generare per almeno sei anni dopo la loro realizzazione.

Dal punto di vista tecnico-operativo il progetto costituirà un moderno sistema osservativo integrato che si sviluppa in tre componenti fondamentali: osservativa, informativa e la componente dei modelli numerici, che saranno interconnesse in modo che dati e risultati previsionali, per ciascuna specifica attività, saranno elaborati e resi disponibili, non solo attraverso relazioni tecnico-scientifiche, ma integrati e rappresentati attraverso piattaforma GIS per la realizzazione di carte tematiche dell'intera area con la possibilità di sovrapporre i risultati delle simulazioni ai risultati delle caratterizzazioni sperimentali, per valutare correttamente i potenziali effetti sugli ecosistemi, anche in relazione alle variazioni ambientali naturali e ai cambiamenti climatici.

Allo stesso tempo fornirà dati utili alla valutazione dello stato ecologico, degli Elementi di Qualità Biologica (EQB) e dello stato chimico come richiesto dal DM 260 del 2010, nonché a soddisfare l'approccio introdotto dalla Direttiva 2000/60/CE (Direttiva Quadro sulle Acque) nel cercare di prevenire il deterioramento qualitativo e quantitativo, migliorare lo stato delle acque e assicurare un utilizzo sostenibile.

Un ultimo problema riguarda la presenza del marine litter che, in generale, viene considerato a livello globale come uno dei più imponenti problemi ambientali.

La presenza di numerose microplastiche, riscontrata in campioni di sedimento e colonna d'acqua nell'area di studio, necessita di essere presa in considerazione nel programma di monitoraggio.

Inoltre, vista l'importanza di questo problema ambientale, l'Unione Europea ha incluso i rifiuti marini tra gli undici descrittori della Marine Strategy Framework Directive (MSFD - Directive, 2008/56/EC) necessari per valutare le condizioni ambientali marine. Sebbene le ricerche effettuate a livello mondiale su questa tematica abbiano prodotto un grande numero di pubblicazioni scientifiche e di dati riguardanti diverse matrici ambientali, vi è ancora una scarsa comprensione degli effetti olistici del marine litter e del loro conseguente impatto sui servizi ecosistemici. Ad oggi, dai risultati delle ricerche effettuate, emerge che molti servizi ecosistemici possono risentire della presenza di rifiuti in mare, con conseguente riduzione del capitale naturale.

4.1. MODELLI NUMERICI E TEST OPERATIVI

In questa fase del progetto i modelli, idrodinamico e di moto ondoso, verranno lanciati in modalità operativa con le modalità descritte nel paragrafo 2.5.2. Il sistema operativo fornirà previsione del campo di velocità delle correnti marine e della propagazione del moto ondoso a distanza di due/tre giorni all'interno dell'area di studio ed in particolare nelle zone interessate dalla presenza dei due SIC analizzati nel progetto. I dati acquisiti durante il monitoraggio ambientale verranno utilizzati per il processo di assimilazione dati/validazione che contribuirà a fornire stime accurate del campo di velocità all'interno dell'area di studio. I risultati delle previsioni saranno divulgati attraverso un portale Web GIS dedicato al progetto messo a disposizione dall'Autorità Portuale, per l'intera durata del progetto, nel quale verranno riportati ad intervalli (esempio) di 3 ore per i 3 giorni di previsione le seguenti variabili:

- velocità e direzione della corrente marina in diversi strati della colonna d'acqua;
- livello del mare rispetto alla superficie media;
- temperatura e salinità in diversi strati della colonna d'acqua;
- parametri del moto ondoso (altezza significativa, periodo di picco e direzione media).

L'elevata attendibilità nel riprodurre i processi di dinamica costiera risulta fondamentale per analizzare nel dettaglio la dispersione del materiale dragato e degli idrocarburi sversati accidentalmente dai natanti nelle aree portuali in fase di costruzione ed esercizio delle opere.

Per effettuare tale attività verrà utilizzato il sistema di EWS messo a punto nel capitolo 2.5. EWS entrerà in funzione quando le stazioni fisse di monitoraggio rileveranno dei valori di torbidità e di concentrazione di sostanze inquinanti (idrocarburi) sopra una determinata soglia stabilita da normative nazionali o internazionali o dal Ministero dell'Ambiente in sede di Tavolo Tecnico. I risultati delle previsioni saranno divulgati attraverso il portale Web GIS dell'Autorità Portuale dedicato al progetto, e per mezzo di un bollettino contenente i risultati dello scenario di previsione all'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Centro-Settentrionale. In particolare verranno riportati ad intervalli di 3 ore per i 3 giorni di previsione le seguenti variabili:

- stress al fondo dovuto all'azione dell'onda;
- torbidità della colonna d'acqua;
- tasso di sedimentazione;
- concentrazione di idrocarburi.

Queste variabili saranno visualizzate sia nell'intera area di studio, che a scala di dettaglio nelle zone interessate dalla presenza dei SIC. In questo modo sarà più efficace l'identificazione e la sitizzazione di interventi volti a mitigare gli effetti del dragaggio e dell'eventuale sversamento di idrocarburi. Per analizzare direttamente gli effetti prodotti da tali variabili sugli habitat e specie protette verranno messi a punto degli indicatori di rischio che terranno conto delle soglie critiche di mortalità degli organismi da dati di letteratura o da specifiche prove sperimentali in vasca.

Il sistema messo a punto resterà attivo per tutta la durata del progetto al fine di fornire uno strumento di rapida previsione per la gestione di eventuali eventi inquinanti.

4.2. AVVIO E MESSA A REGIME DI UN SISTEMA OSSERVATIVO INTEGRATO

Di seguito vengono dettagliate le attività che saranno predisposte per la messa a punto del sistema integrato di monitoraggio, che sarà suddiviso in tre fasi: ante operam, cantiere, post operam.

4.2.1. Stazioni fisse di misura

Le stazioni fisse di misura saranno predisposte (vedi paragrafo 2.5.1.) e manutenzionate a cura dell'ADSP.

La strumentazione di misura che installata e manutenzionata a cura dell'ADSP, sarà realizzata su specifiche tecniche prediposte dal Gruppo di Coordinamento Scientifico, sulla base delle esperienze pregresse effettuate dal LOSEM.

Le stazioni fisse di misura installate per l'*Early Warning System* (vedi specifiche Cap.2), quindi, saranno fondamentali per avere una lunga serie temporale di dati utile a studiare le variazioni nel tempo delle caratteristiche delle masse d'acqua e per il controllo di eventuali superamenti di limiti stabiliti con le Istituzioni coinvolte. Saranno installate prima dell'inizio dei lavori al fine di avere dei valori di riferimento su cui tarare i limiti locali, soprattutto per quanto attiene la torbidità; saranno mantenute durante le attività di realizzazione delle opere. La sola boa esterna sarà quindi mantenuta durante i sei anni successivi al termine delle opere al fine di supportare le attività di monitoraggio delle compensazioni.

Saranno quindi installate:

- N. 1 stazione fissa di prossimità Banchina Nord: sarà operativa durante le fasi ante operam e cantiere;
- N. 1 stazione fissa di prossimità Banchina Sud: sarà operativa durante le fasi ante operam e cantiere;
- N. 1 boa oceanografica area esterna: sarà operativa durante le fasi ante operam, cantiere e post operam, e come punto di misura di controllo, sino al termine delle attività legate alle compensazioni (6 anni).

La strumentazione di misura installata a cura dell'ADSP sulle stazioni sarà mantenuta sempre a cura dell'ADSP con cadenza settimanale in estate e quindicinale in inverno sia per le due stazioni di monitoraggio installate sulle banchine. Per la boa oceanografica sarà quindicinale sia in estate che in inverno.

La calibrazione della strumentazione, a cura dell'ADSP, dovrà essere effettuata presso un Centro di Taratura e Metrologia Oceanografica di un'istituzione di ricerca riconosciuta.

Sempre a cura dell'ADSP la boa verrà anche sottoposta a manutenzione straordinaria due volte l'anno per il controllo dell'ormeggio e verranno inoltre raccolti campioni, in concomitanza con le attività di manutenzione, per la calibrazione della sensoristica.

I dati acquisiti dalle stazioni fisse saranno acquisiti ogni 20 minuti e trasmessi con cadenza oraria; saranno sottoposti a controllo di qualità per poi essere inviati al CED dell'AdSP per poter essere visualizzati sul portale ambientale.

Nel dettaglio, verrà effettuata la misura in continuo di: temperatura (T), conducibilità (C), pH, ossigeno disciolto (O₂), clorofilla a, torbidità, crude oil, nonché potranno essere installati sensori aggiuntivi (es. luce, anidride carbonica) che completano la componente di ricerca scientifica. La luce in particolare consentirà di fornire un parametro fondamentale per il calcolo della fotosintesi della *Posidonia oceanica*, nell'ottica di monitorare i suoi servizi ecosistemici.

I dati verranno trasmessi, in continuo, in tempo reale e soggetti a controllo di qualità, automatico e in comparazione con campioni e misure di confronto.

Le specifiche in termini di acquisizione (accuratezza, precisione e frequenza di acquisizione, elaborazione onboard e di trasmissione) nonché le altre caratteristiche di funzionamento saranno tali da poter essere utilizzati a supporto delle attività di monitoraggio e consentire l'assimilazione nei modelli numerici.

4.2.2. Colonna d'acqua

Lo studio delle variazioni dei parametri fisici, chimici e biologici della colonna d'acqua in ambiente costiero risulta molto complicato in quanto i fenomeni che avvengono in tale zona hanno scale spaziali e temporali molto ridotte e sono caratterizzati da un'elevata dinamica e variabilità. Risultano però fondamentali per la caratterizzazione dell'area oggetto di studio, per l'implementazione della modellistica numerica dal punto di vista della validazione e dell'assimilazione ed ovviamente per l'integrazione spaziale dei dati acquisiti con le stazioni fisse.

Durante il corso del progetto, nelle tre fasi, saranno effettuate una serie di campagne a carattere stagionale, con metodologie tradizionali (sonde multiparametriche) e innovative (glider e

ASV), per l'acquisizione lungo la colonna d'acqua di dati di temperatura, conducibilità (salinità, densità), ossigeno disciolto, clorofilla a e solidi sospesi.

In particolare, le attività si articoleranno nelle varie Fasi così come di seguito dettagliato:

- Fase ante operam: saranno effettuati n. 6 transetti durante n.2 campagne prima dell'inizio dei lavori;
- Fase cantiere: saranno effettuati n. 6 transetti durante n.4 campagne le attività di realizzazione delle opere;
- Fase post operam: saranno effettuati n. 6 transetti durante n.4 campagne, nei 2 anni successivi al termine dei lavori.

4.2.3. Correnti

Gli strumenti lagrangiani, drifters, sono particolarmente adatti per studi di trasporto, in quanto danno informazioni dirette sul moto delle particelle d'acqua. Inoltre, consentono una stima diretta dei principali parametri che caratterizzano la dinamica superficiale e permettono soprattutto di monitorare vaste aree integrando così le misure acquisite dagli strumenti fissi.

Le campagne saranno effettuate durante le fasi ante, durante e post operam con la seguente frequenza e copertura areale:

- Fase ante operam: lancio di drifters durante le campagne prima dell'inizio dei lavori;
- Fase cantiere: lancio di drifters durante le campagne durante le attività di realizzazione delle opere;
- Fase post operam: lancio di drifters durante le campagne nei 2 anni successivi al termine dei lavori.

4.2.4. Studio dello stato chimico delle acque

Al fine di analizzare lo stato chimico dell'area di studio, così da verificare l'alterazione degli ecosistemi pelagici, è fondamentale controllare nel tempo eventuali variazioni delle caratteristiche chimiche così da definire lo stato di qualità delle acque marino costiere. Saranno quindi effettuati campionamenti in colonna d'acqua per l'analisi di sostanze chimiche indicatrici di eventuale inquinamento, sulla base dei risultati dei campioni dei sedimenti

portuali campionati dall'Autorità Portuale, per le quali inoltre sono riportati gli standard di qualità per le acque marino-costiere.

In particolare, le attività si articoleranno nelle varie Fasi così come di seguito dettagliato:

- Fase ante operam: saranno effettuate n.3 stazioni lungo n. 2 transetti durante n.1 campagna prima dell'inizio dei lavori, totale campioni prelevati n.6;
- Fase cantiere: saranno effettuate saranno effettuate n.3 stazioni lungo n. 2 transetti durante n.1 campagna durante i lavori, totale campioni prelevati n.6;
- Fase post operam: saranno effettuate n.3 stazioni lungo n. 2 transetti durante n.1 campagna dopo i lavori, totale campioni prelevati n.6;.

I dati acquisiti saranno fondamentali per la calibrazione dei modelli numerici.

4.2.5. Studio dello stato trofico delle acque e del fitoplancton marino

Lo studio dello stato trofico delle acque marine è fondamentale per analizzare gli eventuali stati di trofia delle acque con particolare attenzione all'insorgere di fenomeni di eutrofizzazione

Al fine di analizzare le condizioni trofiche dell'area di studio e di calcolare l'indice trofico TRIX, individuato dal D. Lgs. 152/06 e successivi aggiornamenti per definire lo stato di qualità delle acque marino costiere così come dal D.M. 260/10 per la classificazione del loro stato ecologico, durante le campagne per la caratterizzazione della colonna d'acqua verranno effettuati prelievi superficiali per l'analisi dei nutrienti totali e disciolti di azoto e fosforo in corrispondenza di n.6 stazioni. Le metodiche analitiche che verranno utilizzate per l'analisi dei nutrienti sono quelle riportate nei Manuali e Linee Guida ISPRA 56/2010 "Metodologie di studio del Plancton marino".

In particolare, le attività si articoleranno nelle varie Fasi così come di seguito dettagliato:

- Fase ante operam: saranno effettuate n.3 stazioni lungo 2 transetti durante n.1 campagna prima dell'inizio dei lavori, totale campioni prelevati n.6;
- Fase cantiere: saranno effettuate n.3 stazioni lungo 2 transetti durante n.2 campagne durante i lavori, totale campioni prelevati n.12;
- Fase post operam: saranno effettuate n.3 stazioni lungo 2 transetti durante n.2 campagne al termine dei lavori, totale campioni prelevati n.12.

Oltre a quanto sopra descritto, al fine di individuare l'eventuale verificarsi di fenomeni di fioritura di microalghe potenzialmente tossiche verranno effettuate misure integrative sperimentali attraverso l'uso di sensori fluorimetrici specifici per i diversi pigmenti fitoplanctonici, utili all'identificazione delle principali classi fitoplanctoniche (Stauffer et al. 2019, Chang et al. 2005, Anderson et al. 2001), come richiesto nelle osservazioni ISPRA di marzo del 2015.

La frequenza delle suddette attività sarà la seguente:

- Fase ante operam: saranno effettuate n.3 stazioni durante n.1 campagna prima dell'inizio dei lavori, totale campioni prelevati n.3;
- Fase cantiere: saranno effettuate n.3 stazioni durante n.1 campagna durante i lavori, totale campioni prelevati n.3;
- Fase post operam: saranno effettuate n.3 stazioni durante n.1 campagna al termine dei lavori, totale campioni prelevati n.3.

Questi campioni saranno utili anche a calibrare lo strumento PhytoFind e acquisire dati per una caratterizzazione dettagliata delle specie fitoplanctoniche presenti. I campionamenti di fitoplancton saranno effettuati in corrispondenza di due stazioni, una a Nord o una a Sud.

4.2.6. Studio della distribuzione del solido sospeso, della biomassa fitoplanctonica e della CDOM attraverso osservazioni satellitari

Durante le attività di progetto verranno acquisite le immagini satellitari per l'elaborazione delle mappe superficiali di clorofilla a, solido sospeso e CDOM, ove disponibili. Le mappe acquisite saranno confrontate con i risultati delle analisi dei campioni d'acqua raccolti durante le campagne oceanografiche.

L'utilizzo dei satelliti come supporto negli studi oceanografici è consolidato ormai da anni, mediante l'impiego di sistemi remoti operativi a risoluzioni spaziali intermedie, incentrati principalmente sull'acquisizione di dati di Ocean Color, che permettono di ottenere come prodotto finale la distribuzione di clorofilla a e solido sospeso, sulla base di algoritmi già sviluppati. Da pochi anni sono stati messi a disposizione della comunità scientifica dati a risoluzione spaziale più elevata (Sentinel), consentendo l'acquisizione di dati dettagliati anche nelle aree costiere. Le informazioni da remoto il più possibile coerenti in termini di risoluzione spaziale, come quelle al momento disponibili, prevedono l'impiego delle piattaforme satellitari

Landsat 8-OLI (Operational Land Imager), ultima della famiglia Landsat, appartenente alla costellazione NASA e Sentinel (in particolare 2A e 2B) lanciate dall'ESA nell'ambito del programma Copernicus.

L'utilizzo dei dati di remote sensing consente di ottenere mappe sinottiche di distribuzione superficiale delle variabili geofisiche di interesse per la valutazione della qualità dell'area marina oggetto di studio, quali la concentrazione di solido sospeso, clorofilla a e CDOM.

Per quanto i dati remoti rimangano uno strumento fondamentale per l'analisi e la descrizione dei processi marini, permane un grande limite rappresentato dalla disponibilità delle immagini, fortemente legata alla sensoristica (nel caso di eventuale copertura nuvolosa che impedisce di avere dati nelle bande del visibile), e dai tempi di rivisitazione.

I dati satellitari sono liberamente accessibili dai siti della NASA ocean.color.gsfc.nasa.gov (per il dato MODIS) e <http://glovis.usgs.gov> (per il dato Landsat8 e Sentinel); qui è possibile selezionare l'area di interesse e visionare ogni giornata al fine di valutare la qualità del dato satellitare. Si deve infatti considerare che il segnale luminoso della superficie del mare (ma anche della terra) ricevuto dal satellite è fortemente influenzato dagli strati di atmosfera attraversati durante il cammino ottico della radiazione elettromagnetica e in particolare, in presenza di copertura nuvolosa, non è possibile ottenere un dato qualitativamente valido.

Il processamento dei dati avviene attraverso software specifici per la correzione atmosferiche l'elaborazione delle riflettanze attraverso cui vengono elaborati i prodotti oggetto dello studio.

4.3. ANALISI DEI FONDALI: SEDIMENTI E BENTHOS

Nell'ambiente marino, le comunità bentoniche comprendono l'insieme degli organismi animali e vegetali che popolano il fondo e che sono ad esso strettamente legati. I numerosi fattori abiotici e l'elevato numero di specie animali e vegetali creano una straordinaria diversificazione dell'ambiente, spesso difficile da analizzare e schematizzare, ma di enorme importanza nella comprensione della qualità delle acque marine costiere.

Le comunità bentoniche rivestono un ruolo fondamentale nella caratterizzazione e nella funzionalità degli ecosistemi marini costieri, in quanto, per le loro caratteristiche di persistenza, costituiscono delle vere e proprie memorie biologiche capaci di integrare nel tempo eventi distinti.

La costruzione delle nuove infrastrutture e l'ampliamento delle opere portuali potrebbero avere effetto sulle comunità presenti, innescando un potenziale regime deposizionale del materiale fine. Risulta quindi necessario valutare eventuali modifiche del percorso del flusso di sedimento e della sua composizione al fine di valutare eventuali alterazioni delle comunità bentoniche animali e vegetali, di fondo mobile e duro, ad esso associate. Si rende quindi necessario un esame sia dei sedimenti che della comunità accurata e ripetuta, infatti la periodicità dei campionamenti (Ante, durante e post operam) è utile a ricavare una serie di dati, necessaria a descrivere e valutare i potenziali effetti delle opere sulle comunità nel tempo e nello spazio.

4.3.1. Studio dello stato chimico dei sedimenti

Al fine di analizzare lo stato chimico dell'area di studio, fondamentale per poter correlare la distribuzione ed abbondanza della comunità bentonica con la chimica dei sedimenti, anche in funzione di quanto individuato dal D. Lgs. 152/06 e successivi aggiornamenti D.M. 260/10 e Direttiva 2000/60 per definire lo stato di qualità delle acque marino costiere, saranno effettuati campionamenti nei sedimenti per l'analisi delle sostanze riportate nell'elenco di priorità, limitatamente alle sostanze riportate in Tab 2/A, di cui sono riportati gli standard di qualità ambientale per le acque marino-costiere.

In concomitanza con il campionamento degli organismi bentonici saranno campionati i sedimenti sui quali saranno effettuate le relative analisi granulometriche.

In particolare, le attività si articoleranno nelle varie Fasi così come di seguito dettagliato:

- Fase ante operam: saranno effettuate n.3 stazioni lungo n. 2 transetti durante n.1 campagna prima dell'inizio dei lavori, totale campioni prelevati n.6;
- Fase cantiere: saranno effettuate n.3 stazioni lungo n. 2 transetti n.1 campagne durante le attività di realizzazione delle opere, totale campioni prelevati n.6;
- Fase post operam: saranno effettuate n.3 stazioni lungo n. 2 transetti su n.1 campagne al termine dei lavori, totale campioni prelevati n.6.

4.3.2. Studio dei macroinvertebrati bentonici – fondo mobile

Al fine di analizzare lo stato ecologico dell'area di studio, individuato dal D.M. 260/10 per definire lo stato di qualità delle acque marino costiere, saranno effettuati campionamenti per lo studio della comunità dei macroinvertebrati bentonici. A tal fine saranno analizzati composizione (a livello di specie o qualora non risulti possibile, al massimo grado di determinazione tassonomica raggiunto) e abbondanza di ogni unità tassonomica della comunità di macroinvertebrati, riferiti ad ogni sito di monitoraggio. Per la valutazione dell'Elemento di Qualità Biologica (EQB) Macroinvertebrati bentonici, ai fini della classificazione dello stato di qualità, viene applicato l'indice M-AMBI.

Le campagne relative al campionamento della comunità bentonica si articoleranno nelle varie Fasi così come di seguito dettagliato:

- Fase ante operam: saranno effettuate n.30 stazioni durante n.1 campagna prima dell'inizio dei lavori;
- Fase post operam: saranno effettuate n.30 stazioni durante n.1 campagna a due anni dal termine dei lavori.

4.3.3. Studio dei macroinvertebrati bentonici – fondo duro

Ad integrazione dello studio del benthos di fondo mobile, saranno analizzati due hot-spot a coralligeno nelle aree esterne al porto, mediante utilizzo di piattaforma ROV.

Le campagne relative al campionamento della comunità bentonica si articoleranno nelle varie Fasi così come di seguito dettagliato:

- Fase ante operam: 2 transetti ROV, uno a sud e uno a nord, su hotspot di particolare rilevanza, dove saranno studiate in n.9 stazioni le comunità bentoniche, prima dell'inizio dei lavori;
- Fase post operam: 2 transetti ROV, uno a sud e uno a nord, su hotspot di particolare rilevanza, dove saranno studiate in n.9 stazioni le comunità bentoniche, dopo 2 anni dal termine dei lavori.

4.3.4. *Posidonia oceanica*

Il monitoraggio delle praterie di *Posidonia oceanica* verrà effettuato tramite acquisizione di dati acustici raccolti con un ecoscandaglio scientifico MX AQUATIC HABITAT ECHOSOUNDER della BioSonics che funziona con un trasduttore a frequenza singola di

204.8 kHz. Tale tecnica di monitoraggio permette di stimare i descrittori sintetici strutturali (densità assoluta, relativa e copertura) della *P. oceanica*, con l'obiettivo di restituire una misura diretta dell'abbondanza della pianta nello spazio che, se misurata su una scala temporale ampia, permette di definire la dinamica dello stato di salute dell'ecosistema.

Verranno effettuati una serie di campionamenti di calibrazione utili a validare i dati acustici; la calibrazione sarà effettuata tramite prelievi diretti e mediante l'analisi dei parametri morfo-strutturali della prateria; le operazioni di campionamento si svolgeranno mediante l'impiego di operatori subacquei.

L'analisi dello stato del posidonieto verrà effettuata mediante l'applicazione integrata di una serie di descrittori indicativi, seguendo i protocolli standardizzati riportati nelle "Metodologie analitiche di riferimento ICRAM-ISPRA" del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (Cicero e Di Girolamo, 2001) e successive modifiche (Buia et al., 2003) e come previsto anche nei programmi di monitoraggio per la Strategia Marina (Art. 11, D. Lgs. 190/2010) con riferimento metodologico relativo al DM 260/2010, nell'attesa di seguire le metodologie e i protocolli standardizzati riportati nei nuovi piani di monitoraggio MSFD 2021-2026 che saranno emanati nei prossimi mesi, come previsto nel Report Nazionale sui Programmi di Monitoraggio per la Direttiva Marina Art.11, Dir. 2008/56/CE.

Nel dettaglio, la caratterizzazione della *Posidonia oceanica* verrà effettuata durante le diverse fasi progettuali:

- Fase ante operam: 4 transetti ASV (per 5 giorni totali di lavoro), una campagna/anno, in aree sud e a nord, dove saranno effettuate n. 6 stazioni complete di *Posidonia oceanica*, prima dell'inizio dei lavori;
- Fase cantiere: 4 transetti ASV (per 5 giorni totali di lavoro), una campagna/anno, in aree sud e a nord, dove saranno effettuate n. 6 stazioni complete di *Posidonia oceanica*, durante i lavori;
- Fase post operam: 4 transetti ASV (per 5 giorni totali di lavoro), una campagna/anno, in aree sud e a nord, dove saranno effettuate n. 6 stazioni complete di *Posidonia oceanica*, dopo 2 anni dal termine dei lavori.

Limite superiore: della *Posidonia oceanica* verrà effettuato da Satellite (descritto nelle attività propedeutiche cap. 3);

Limite inferiore: mediante Balisage che verrà effettuato ogni anno per tutta la durata del progetto.

4.3.5. Specie aliene

È ampiamente accettato che una delle maggiori minacce alla biodiversità in tutto il mondo è rappresentata dalle specie non indigene (NIS), divenute invasive, conosciute nell'ambito della convenzione sulla diversità biologica, come le specie aliene invasive (IAS). Tra gli 11 Descrittori sulla base dei quali vengono effettuate le valutazioni previste dalla Direttiva 2008/56/CE (MSFD), che definisce i criteri e le norme metodologiche relativi al buono stato ecologico delle acque marine, viene definito il Descrittore 2: le specie non indigene introdotte dalle attività umane restano a livelli che non alterano negativamente gli ecosistemi.

All'interno del progetto saranno effettuati, ad integrazione di quanto fatto dall'ARPA all'interno dell'area portuale, campionamenti in due punti di controllo su substrato duro all'esterno dell'area portuale, come di seguito riportato:

- Fase ante operam: saranno effettuate n.2 stazioni, una a Nord e una a Sud del porto, durante n.1 campagna prima dell'inizio dei lavori;
- Fase post operam: saranno effettuate n.2 stazioni, una a Nord e una a Sud del porto, durante n.1 campagna dopo 2 anni dal termine dei lavori.

4.3.6. Studio del bioaccumulo

La necessità di effettuare una valutazione della contaminazione da metalli in traccia nella zona costiera di Civitavecchia è legata all'alto tasso di industrializzazione della zona. Civitavecchia è caratterizzata dalla presenza del più grande polo di produzione energetica in Italia e dal più importante porto per il traffico crocieristico del Mediterraneo

Paracentrotus lividus è stato scelto come organismo sentinella per le sue abitudini sedentarie e sensibilità riconosciuta agli inquinanti e ai metalli pesanti. Questo organismo è già stato utilizzato in diversi studi precedenti come indicatore biologico-biochimico dell'inquinamento locale, in grado di accumulare metalli in funzione del livello di contaminazione nell'ambiente (Warnau et al., 1998; Soualili et al., 2008; Scanu et al. 2015). L'utilizzo di *P. lividus* come indicatore biologico di inquinamento locale, può, in questo contesto, evidenziare quali elementi potenzialmente pericolosi sono biodisponibili per gli altri organismi marini completando il quadro di analisi della contaminazione per le matrici abiotiche.

A tal fine saranno effettuate delle campagne di campionamento durante le tre fasi del progetto così come di seguito:

- Fase ante operam: saranno effettuate n.10 stazioni, tre a Nord e sette a Sud del porto, durante n.1 campagna prima dell'inizio dei lavori;
- Fase post operam: saranno effettuate n.10 stazioni, tre a Nord e sette a Sud del porto, durante n.1 campagna passati 2 anni dal termine dei lavori.

4.4. GIS E REPORTING

Tutti i dati raccolti, sia pregressi che di campo, saranno contenuti all'interno di un sistema informativo GIS che sarà predisposto e utilizzato per fornire rappresentazioni sinottiche utili nelle varie fasi del progetto. La componente Cartografica sarà prodotta compatibilmente con i sistemi cartografici ESRI sia per quanto riguarda le componenti vettoriali che raster, compatibile con INSPIRE, adottando gli standard WMS. La cartografia benthos e sedimenti verrà prodotta secondo il sistema di riferimento UTM fusi 32-33, datum WGS84, mentre le sezioni oceanografiche verranno rappresentate in ODV WGS84.

5. COMUNICAZIONE E STAKEHOLDERS

Il successo di una attività di così grande rilievo scientifico e di compensazioni a carattere sperimentale inerenti opere così estese, 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”²¹.

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”.

Le attività di comunicazione che verranno messe in campo intendono contribuire al processo di diffusione delle buone pratiche per il miglioramento della Governance italiana dei trapianti di *Posidonia oceanica* intrapreso con il progetto Life SEPOSSO, integrando le indicazioni nazionali disponibili con i risultati ottenuti durante le diverse fasi sperimentali del progetto.

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*).

²¹ 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.

5.1. COINVOLGIMENTO DIVINGS 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.

5.2. PROGRAMMA PESCA RESPONSABILE E CODICE DI CONDOTTA PESCA

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 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.

5.3. REALIZZAZIONE DI UN CENTRO EDUCATIVO MARINO

Nelle strutture che verranno utilizzate per l'installazione delle vasche di recupero, verrà predisposto dal LOSEM -DEB e dal CMCC 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 realizzazione di eventi espositivi aperti alla cittadinanza, al fine di valorizzare il patrimonio naturale marino e promuoverne la salvaguardia.

5.4. AZIONI DI SENSIBILIZZAZIONE DELLE SCUOLE E DELLE COMUNITÀ LOCALI

Il progetto mira alla realizzazione di un sistema di divulgazione (portale) per i ragazzi di Civitavecchia sull'importanza degli ecosistemi marini attraverso infrastrutture educazionali e museali. Inoltre, verranno attivate 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, l'oceanografia, 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”.

Trattandosi di un tratto di costa ad alta vocazione turistico-balneare, si prevede, inoltre, l'installazione di cartelli informativi nel Porto storico di Civitavecchia, lungo gli itinerari cittadini più frequentati e nelle aree balneari in prossimità delle aree di trapianto, in modo da segnalarne la presenza e fornire delle linee guida sul corretto comportamento da adottare nelle aree marine interessate nonché i numeri utili in caso di necessità. Allo stesso modo, verrà messa in atto una campagna informativa nei porti turistici dedicata ai diportisti al fine di disincentivare gli ormeggi sulle aree di trapianto evitando l'eradicazione degli organismi trapiantati. Le azioni sopra descritte contribuiranno alla realizzazione di un sistema di *Citizen science*, uno strumento di grande rilevanza in campo educativo, sociale e scientifico attraverso il quale la cittadinanza diventa parte attiva nella raccolta di dati scientifici, sviluppando così una maggiore consapevolezza delle risorse marine presenti nel territorio e della necessità di preservarle.

5.5. CONVEGNI E INCONTRI CON GLI STAKEHOLDERS: MONDO DELLA PESCA, DIVERS, DIPORTO, AUTORITÀ LOCALI, REGIONALI E NAZIONALI

Verranno programmati 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, in concomitanza con le principali ricorrenze ambientali, quali il World Ocean Day (8 giugno) e del World Seagrass Day (1 marzo). In particolare, nel 2025 verrà organizzato un convegno internazionale in occasione del ventesimo anniversario della sede LOSEM nel Porto, durante il quale si prevede il coinvolgimento del Mediterranean Oceanography Network for the Global Ocean Observing System (MonGOOS) oltre che la partecipazione dei più grandi esperti della comunità scientifica, con lo scopo di mettere a confronto esperienze diverse sui temi connessi al progetto, di sostenibilità ambientale, protezione degli habitat e degli ecosistemi marini, nature-based solutions e valutazione dei servizi ecosistemici. Si prevede, inoltre, di organizzare un secondo convegno internazionale nel 2030, in occasione della chiusura lavori del programma d'azione delle Nazioni Unite del Decennio delle Scienze del Mare per lo Sviluppo Sostenibile, per la presentazione finale dei risultati ottenuti dal progetto alla comunità scientifica, agli stakeholders ed alla società civile.

5.6. PUBBLICIZZAZIONE PROGETTO COMPENSAZIONI

Il CMCC si occuperà di effettuare una serie di azioni volte a dare la massima "pubblicità" al progetto con particolare attenzione ai media: una pagina web illustrerà immagini e risultati del progetto, consentirà il link agli eventi. La stessa pagina verrà correlata ai principali social networks al fine di sensibilizzare la cittadinanza sull'importanza della conservazione degli habitat e delle specie marine e sulla pianificazione sostenibile degli spazi marittimi.

Verranno organizzate conferenze che coinvolgeranno la stampa locale in maniera tale da diffondere le conoscenze e le informazioni relative allo stato di salute degli ecosistemi marini caratteristici delle aree marine della costa di Civitavecchia.

6. ATTIVITÀ DI RESTAURO E MITIGAZIONE

Nel presente capitolo sono riportate in sintesi e modalità attuative le attività previste per ciascuna delle azioni di compensazione che saranno oggetto del progetto esecutivo delle opere di compensazione.

Al fine di essere coerente con la logica che le istituzioni ambientali italiane stanno seguendo, dall'Autorità portuale verrà aperto, con il Ministero dell'Ambiente, ISPRA, Regione Lazio e ARPA Lazio, un tavolo tecnico dove il progetto verrà affinato e reso coerente con la logica tecnico-scientifica che altre iniziative in essere ed in fieri che si stanno portando avanti, dal punto di vista metodologico e di come le sperimentazioni previste in questo progetto (vedi anche cap. 3) potrà contribuire allo sviluppo della conoscenza per quanto attiene al restauro e ripristino degli ecosistemi marini.

Le attività riflettono ovviamente quelle identificate preliminarmente nel progetto “*Approccio Ecosistemico alla valutazione delle opere di compensazione e mitigazione in ambiente marino: il caso studio dell'Hub portuale di Civitavecchia*” del LOSEM (2016) e si svolgeranno secondo la tempistica descritta in un cronoprogramma dettagliato.

La strategia della compensazione si basa su una serie di considerazioni relative alla tipologia e dimensionamento delle azioni di restauro e mitigazione per gli habitat e le specie interessate:

- si rende necessario mettere in atto azioni estese, nello spazio e nel tempo, di tutela e conservazione per gli habitat e le specie colpite, facendo riferimento alla strategia suggerita dalla Commissione EU, ed in particolare per la *Posidonia oceanica* alle linee guida per la gestione degli habitat a *Posidonia oceanica* (MANAGEMENT of Natura 2000 habitats *Posidonia beds - Posidonion oceanicae* *1120);
- gli interventi hanno lo scopo di ripristinare le funzioni ecologiche e i servizi ecosistemici degli habitat impattati (1120* e 1170), proporzionando gli interventi in funzione delle perdite dei servizi ecosistemici stessi computati secondo i metodi proposti dall'ONU (nel “*Millennium Ecosystem Assessment 2010*” e dal “*First Global Integrated Marine Assessment 2016*”) per un tempo di 10 anni, necessario al naturale recupero delle funzioni ecosistemiche sottratte;
- la strategia delle misure proposte prevede di integrare azioni che coinvolgono il territorio, nelle sue componenti più presenti ai fini della conservazione degli habitat dell'area di intervento (ad esempio: coinvolgimento diretto di associazioni naturalistiche subacquee, diving e mondo della pesca);

- 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;
- le misure di compensazione (quali il restauro di porzioni danneggiate di praterie di Posidonia o.) saranno sito specifiche e verranno coordinate con più ampi progetti di gestione integrata della fascia costiera (Bouderesque et al., 2006);
- per quanto attiene all'habitat 1170 L'azione di restauro diretta consisterà nella reintroduzione su substrati naturali e artificiali, mediante una azione di recupero degli organismi vitali (e rocce vive) provenienti dal programma *Bycatch-recovery* e dall'area di dragaggio;
- le azioni di recupero di individui di specie pregiate (ad es. *Pinna nobilis*, *Corallium rubrum* e *Cladocora Coespitosa*) avverrà trasferendo una quota parte significativa degli organismi dalle aree impattate in aree idonee oltre al recupero effettuato dal *Bycatch*;
- queste attività di restauro verranno accompagnate da attività di riproduzione e crescita in vasca di specie fitali dell'habitat 1170 che verranno reintrodotte in sito (es. alcune delle specie di *Cystoseira* presenti in sito), oltre che dal recupero di talee di *Posidonia* spiaggiate e provenienti dal programma *Bycatch*, oltre che esperimenti di germinazione in vasca e arricchimento genico;
- l'impostazione sperimentale e la durata del progetto (10 anni) assicurano la riuscita degli interventi prevedendo una continua azione di monitoraggio, manutenzione e assestamento degli interventi sperimentali;
- il valore economico degli interventi di restauro, protezione degli habitat e mitigazione degli impatti 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;
- a completamento e tutela degli interventi di compensazione, per contrastare gli effetti degli ormeggi da diporto verranno posizionati campi boe, per proteggere dalla pesca a strascico gli hot spot di biodiversità e le attività di restauro, barriere antistrascico e per creare substrati utili alla ricolonizzazione reef artificiali;
- interventi di tutela analoghi sono stati adottati in numerose AMP italiane.

In sintesi, il progetto del 2016 prevedeva una serie di azioni di compensazione²², che sono state prese come punto di partenza per la redazione del presente progetto di ricerca.

Nel capitolo 3. sono descritte le attività preliminari per la messa a punto dei metodi e protocolli operativi di lavoro a mare, per la scelta dei siti destinati ad attività di restauro e del posizionamento di barriere e boe di protezione e reef artificiali destinati al ripopolamento sia per l'Habitat 1120* che per l'Habitat 1170 e le specie *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum*.

Le azioni per il recupero dei servizi ecosistemici relativi all'habitat 1120* *Posidonia oceanica* comprenderanno attività di recupero di talee che andranno perdute in futuro, di protezione e salvaguardia di zone di particolare pregio e dei restauri effettuati, di mitigazione di effetti dovuti alla realizzazione delle previste opere portuali e di sperimentazione di nuove tecniche e metodologie che potranno essere in futuro applicate a casi analoghi.

In particolare, le attività di restauro a carattere sperimentale comprenderanno recupero e messa a dimora di talee dalla prateria che verrà distrutta²³, attività sperimentali in laboratorio mediante stabulari ed esperimenti di germinazione, e la messa a punto di una metodologia basata su modello numerico e misure in campo per identificare le migliori aree destinate ad attività di restauro e verificare a priori gli effetti della dinamica sugli impianti sperimentali. Nel dettaglio verranno trapiantate, a cura dell'AdSP, più di 80000 talee in alcuni siti idonei dal punto di vista delle caratteristiche idrodinamiche e di torbidità (verranno selezionati almeno un sito a sud che potrebbe essere nella zona dove il restauro del 2004/2005 ha avuto successo e uno sperimentale a nord in località "La Frasca" area di elevato pregio naturalistico). Ulteriori 16000 talee verranno utilizzate in seguito, parte per recuperare le perdite negli impianti sperimentali e parte per arricchimento genico. Si opererà per restaurare tratti di prateria danneggiati ricreando una superficie continua dove si avrà il ripristino di tutte le funzioni ecologiche che verranno quindi misurate e monitorate. A protezione e tutela dei posidonieti, verranno inoltre posizionati dall'ADSP n. 100 blocchi e/o barriere "antistrascico" in grado di proteggere circa 5 km lineari²⁴

²² Il progetto LOSEM 2016 "Approccio Ecosistemico alla valutazione delle opere di compensazione e mitigazione in ambiente marino: il caso studio dell'Hub portuale di Civitavecchia" aveva un forte carattere sperimentale e, sebbene necessari di essere aggiornato, come principio è stato già analizzato e approvato sia dalla Commissione VIA, che dalla EU a seguito del quale ha chiuso il caso PILOT su Civitavecchia.

²³ La metodologia tiene conto dei recentissimi risultati ottenuti mediante il progetto EU Life SEPOSSO, e viene descritta nel capitolo 6.2. e relativi sottoparagrafi.

²⁴ Da una prima analisi del GIS si potrebbero così tutelare dalla pesca a strascico circa 400 ha Habitat 1120* Facies "Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di *Posidonia oceanica*", circa 90 ha di Habitat 1120* "*Posidonia oceanica*" su matte e sabbia e su matte e matte morta.

di posidonieto (e le relative aree sottese dell'Habitat 1170) e n. 50 boe di ormeggio²⁵, per contrastare i principali danni che provengono dalle attività umane alle praterie di *Posidonia oceanica*: la pesca a strascico e gli ancoraggi del diporto.

Per quanto attiene alle azioni per il recupero dei servizi ecosistemici relativi all'Habitat 1170 Scogliere, le azioni comprenderanno alcune campagne di *Bycatch* all'anno (nei periodi più indicati dal ciclo vitale degli organismi) durante le quali si effettueranno campionamenti da diverse imbarcazioni da pesca, oltre i recuperi che verranno effettuati dalle aree direttamente impattate dai lavori portuali.

In media, da uno studio preliminare effettuato (vedi paragrafo 6.3.1.) potranno essere prelevati circa 30 organismi vitali a pescata oltre i frammenti di roccia viva.

A tal fine si prevede di utilizzare il *Bycatch* delle 3 flotte di pesca presenti nell'area; per ogni campagna di *Bycatch* si avranno così a disposizione numerosi organismi e frammenti di roccia viva dai quali selezionare gli idonei al restauro (vedi paragrafo 6.3.).

In totale si prevede quindi di recuperare oltre 9000 organismi nei 10 anni di progetto.

A protezione e tutela dell'Habitat 1170, verranno inoltre posizionati dall'ADSP n. 40 boe di ormeggio, per contrastare i principali danni che provengono dalle attività umane all'habitat 1170 consistente negli ancoraggi del diporto.

Inoltre i 100 blocchi e/o barriere "antistrascico" posizionati dall'ADSP in protezione dei posidonieti avranno la funzione di proteggere ampie porzioni di superficie dell'Habitat 1170.

Una ulteriore misura messa in atto per il recupero delle funzioni ecosistemiche perdute consisterà nell'aumento di superfici colonizzabili dagli organismi recuperati dalle aree interessate dai lavori e dal programma *Bycatch*, mediante la posa, ad opera dell'ADSP di 50 reef artificiali per la ricolonizzazione in punti chiave identificati mediante la modellistica numerica.

Ulteriore superficie utile alla ricolonizzazione sarà offerta dalle superfici sommerse delle nuove infrastrutture portuali.

Per quanto attiene alla salvaguardia di specie di elevato pregio naturalistico (*Pinna nobilis*, codice 1028) si prevede lo spostamento dall'area di dragaggio del 20% degli individui stimati

²⁵ Sempre da una prima analisi del GIS si potrebbero così tutelare, in questo modo, dagli ancoraggi del diporto una porzione pregiata di circa 90 ha (gli stessi di cui sopra) Habitat 1120* "Posidonia oceanica" su matte e sabbia e su matte e matte morta.

durante le indagini preliminari (vedi capitolo 3.). La specie gode degli interventi di tutela messi in atto per l'habitat 1120* *Posidonia oceanica*.

Per altre specie di pregio quali il *Corallium rubrum* (codice 1001) si provvederà al recupero e messa a dimora di tutti gli esemplari trovati nelle aree direttamente impattate e durante il programma *Bycatch-recovery*. La specie gode degli interventi di tutela messi in atto per l'habitat 1170* Scogliere.

6.1. SUPPORTO LOGISTICO

Il supporto logistico alle attività di progetto verrà assicurato dal LOSEM (DEB) Università della Tuscia. 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 controlli settimanali dei parametri indicatori della buona qualità delle acque stesse.

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 al trattamento dell'acqua, con particolare attenzione alla realizzazione degli impianti di filtrazione biologica, filtrazione meccanica e di controllo della temperatura.

Oltre ai locali il LOSEM metterà a disposizione del progetto due imbarcazioni costiere e il personale scientifico subacqueo a supporto delle altre U.O.

6.2. COMPENSAZIONE *POSIDONIA OCEANICA* (PO)

6.2.1. Strategia delle attività sperimentali e generalità

Le attività di identificazione dei posidonieti donatori, di caratterizzazione delle aree da restaurare e di valutazione dei servizi ecosistemici sono descritte nel capitolo 3. Le attività di monitoraggio del successo del reimpianto, e di recupero dei servizi ecosistemici persi, nel capitolo 7.

La strategia di lavoro si basa sul recupero, in un arco temporale di 10 anni, di quelle funzioni ecosistemiche che sono state sottratte e che sono già state considerate all'interno del progetto LOSEM 2016 “Approccio Ecosistemico alla valutazione delle opere di compensazione e mitigazione in ambiente marino: il caso studio dell’Hub portuale di Civitavecchia”, che consistono in:

- a) attività di restauro a carattere sperimentale;
- b) posizionamento di blocchi e/o barriere “antistrascico”;
- c) posizionamento di boe di ormeggio.

Le attività di restauro a carattere sperimentale comprendono il recupero e messa a dimora di talee dalla prateria che verrà distrutta e creazione di stabulari dove svolgere attività di ricerca sperimentale per il riutilizzo di *Bycatch*, talee spiaggiate ed esperimenti di germinazione.

Questa attività, a cura dell’AdSP, consiste nel restaurare tratti di *Posidonia oceanica* mediante il prelievo e messa a dimora di oltre 80000 talee nella principale azione di restauro, prevedendo anche il recupero delle fallanze, negli anni successivi.

Questa attività sarà integrata successivamente, fino al penultimo anno di progetto, con altri restauri sperimentali (incluso il *Bycatch* di talee vitali recuperate dai fondali) sino ad un massimo di ulteriori 16000 talee anche al fine di mantenere gli impianti, effettuare diverse attività sperimentali ed effettuare possibilmente un aumento della superficie restaurata creando, laddove possibile, arricchimento genico.

Le aree di intervento verranno identificate alle profondità idonee per il reimpianto (fra 8 e 12 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” (E. Fresi VIA 2001) ²⁶.

Questa attività consentirà di restaurare tratti di prateria, ricreando superfici continue di *Posidonia oceanica*, dove si avrà il pieno ripristino di tutte le funzioni ecologiche delle praterie che ora sono danneggiate. 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.

²⁶ Sempre E. Fresi nella VIA del 2001 sostiene il principio che si debbano individuare praterie con 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* recuperandone tutte le funzioni ecologiche.

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.

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, dal manuale ISPRA (2014) e dai metodi presi in considerazione nel progetto EU LIFE S.E.POS.SO. (*Supporting Environmental governance for the Posidonia oceanica Sustainable transplanting Operations*).

Nelle relazioni finali di questo progetto EU (relazioni SEPOSSO Life Project : *“AZIONE A3 Final report on Posidonia oceanica transplanting case studies analysis, 02 aprile 2019,” e “AZIONE B.2 Activity report about monitoring campaigns and their results, 22 dicembre 2020”*) sono stati messi a confronto 3 metodi di reimpianto (originariamente potevano essere 4 ma uno è stato abbandonato in fase di redazione del progetto in quanto l'intero reimpianto è andato distrutto dalle correnti e dalle onde²⁷).

I metodi utilizzati finora e presi in considerazione nell'analisi dei risultati sono:

1) i trapianti realizzati utilizzando la tecnica delle cornici in cemento con rete metallica, realizzate per l'utilizzo su fondi sabbiosi, con un numero di 8 talee per modulo (32 talee m²).

Questa tecnica è stata effettuata in due siti: il primo nel SIC IT6000007 “Fondali antistanti S. Marinella” a circa 20 km dal sito di espianto tra la fine del 2004 e l'inizio del 2005 e poi monitorato trimestralmente per i primi 5 anni, interrotto e ripreso nel 2015 con frequenza, annuale con una sopravvivenza del reimpianto, dopo quattro anni, di circa l'80%, ma con una generazione di nuovi fasci che ha superato il 200%. Il secondo sito di Ischia ha visto una sopravvivenza del reimpianto di praticamente il 100% con una elevata generazione di nuovi fasci.

Dall'analisi dei dati relativi alla crescita del numero di fasci nei moduli di reimpianto²⁸, si nota che il posidonieto, nelle aree restaurate diviene comparabile a quello naturale limitrofo, **in un periodo che va dagli 8 ai 10 anni, periodo di tempo necessario** quindi a recuperare le

²⁷ Si tratta del reimpianto effettuato a Civitavecchia dalla Nuova Indago nel 2012, mediante il posizionamento di materassi di rete metallici ancorati al substrato, evidenziando il fatto che lo studio del siting era stato insufficiente (non erano stati utilizzati modelli numerici a supporto) e non idoneo all'area. Infatti negli anni seguenti si è visto un progressivo effetto “ala” dove il sedimento è stato scalzato dalle correnti alla base dei materassi che alla fine sono stati portati via dalle correnti di fondo.

²⁸ Crescita che può avvenire solamente quando la pianta inizia la produzione di rizomi plagiotropi.

funzioni ecologiche naturali.

2) il metodo delle “zolle: la maggior parte spiaggiate e il restante per lo più degradato e disgregate. Non si hanno notizie sull’effettivo rendimento positivo della tecnica (non sono stati dati a supporto dell’efficienza della tecnica) che sembra in realtà solamente una maniera sbrigativa di liberarsi del problema del restauro.

3) il metodo utilizzato a Priolo infine che non sembra idoneo per grosse superfici e che in ogni caso ha prodotto un rendimento modesto dove solo il 30% del reimpianto ha avuto successo.

Fra le tre tecniche l’unica che dia una garanzia di successo è quella delle cornici in cemento con rete metallica, con una nutrita letteratura scientifica e molti dati positivi che supportano la tecnica.

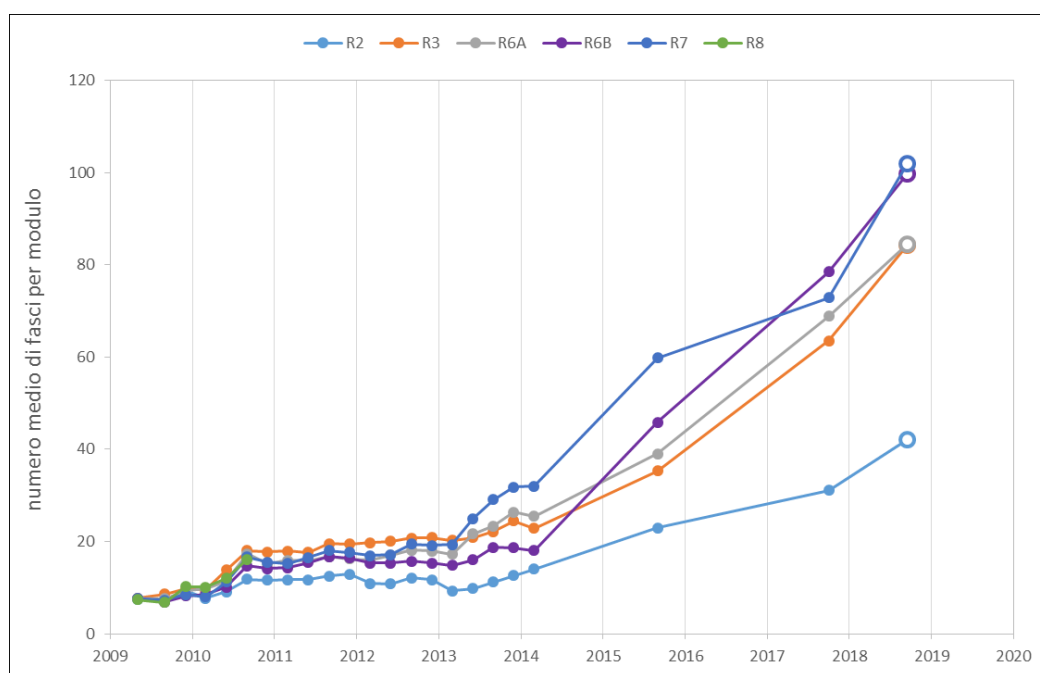


Fig. 10) Andamenti del valore medio del numero di fasci per modulo per ogni stazione di monitoraggio considerata ai fini dell’attività SEPOSSO (6 stazioni). I simboli vuoti sono relativi ai dati acquisiti nell’ambito di SEPOSSO nel 2018 per 5 stazioni. La sesta stazione R8 è risultata completamente distrutta a partire dall’autunno 2010. Dopo 10 anni si ha un incremento di un fattore medio $\times 10$.

6.2.2. 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 identificate nelle attività propedeutiche alla progettazione esecutiva, selezionate e quindi messe a dimora nelle aree da restaurare. Le operazioni di messa a dimora delle talee verranno effettuate gradualmente nei periodi dell'anno più favorevoli all'attecchimento.

Per minimizzare lo stress a cui viene sottoposto il materiale espantato, tutte le operazioni saranno condotte in modo da minimizzare i tempi che intercorrono fra il prelievo dei fasci e la preparazione delle talee e fra quest'ultima fase ed il reimpianto.

Le operazioni subacquee verranno effettuate solamente da personale altamente qualificato e addestrato ad "hoc". Le talee saranno espantate a mano, trasportate nel sito di preparazione delle talee e quindi messe immediatamente a dimora.

Solo nel caso di attività sperimentali volte al riutilizzo di talee spiaggiate durante le mareggiate o di germinazione dei semi, verranno utilizzate le vasche messe a disposizione del progetto.

Infatti, i fasci ancora vitali che vengono trattiene accidentalmente dalle reti da pesca o che, strappati dall'azione del mare, raggiungono le spiagge, potranno così essere recuperati grazie ad un programma sperimentale a medio e lungo termine finalizzato a valutare il contributo che questa fonte può assicurare al restauro del posidonieto sulla base delle tecniche sperimentali messe a punto. In considerazione dell'aleatorietà dei risultati e della mancanza di esperienze pregresse di grande scala, queste attività avranno un carattere esclusivamente sperimentale.

La raccolta dei fasci da cui ottenere le talee per il reimpianto avverrà prioritariamente da porzioni di prateria, di idonee caratteristiche, destinate ad essere distrutte nel corso di futuri lavori di adeguamento delle opere portuali, poiché da queste i fasci potranno essere prelevati senza particolari vincoli, a differenza di quelli provenienti da altre praterie, che invece dovranno essere prelevati a bassa densità (es. 1 o 2 fasci per m²).

Quest'ultima condizione non comporta soltanto maggiore attenzione in fase di prelievo dei fasci, ma implica un rallentamento delle operazioni di prelievo, aumentando di conseguenza lo stress a carico del materiale raccolto e mantenuto in attesa di essere processato e reimpiantato. Dunque, si prevede che l'espianto da praterie donatrici non destinate ad essere distrutte sia limitato allo stretto indispensabile per garantire il raggiungimento delle finalità del progetto.

In generale, la strategia adottata si basa su quattro principi:

1. garantire maggiori probabilità di successo programmando le attività di campo nel migliore dei modi ed utilizzando esclusivamente personale esperto;
2. diluire nello spazio l'intervento su alcune piccole aree per garantire la massima efficacia e la possibilità di intervenire in corso d'opera adottando accorgimenti volti a ottenere sempre il miglior risultato possibile;
3. utilizzare le tecniche che nell'area hanno dato risultati positivi rappresenta una ulteriore garanzia di successo;
4. il monitoraggio costante delle aree di reimpianto garantirà la possibilità di evidenziare problemi ed intervenire tempestivamente con il ripristino delle fallanze, qualora necessario, nell'ottica di raggiungere i risultati voluti.

Il ripristino delle fallanze verrà effettuato in due fasi, l'anno successivo e a 48 mesi dalle attività di restauro fino ad un massimo del 20% del numero di talee previste per il restauro. Qualora il ripristino delle fallanze necessario fosse inferiore al 20%, si aumenterà il numero delle talee originarie nella quota residua.

6.2.2.1. Restauro degli ecosistemi mediante reimpianto su moduli prefabbricati

Le talee verranno prelevate in funzione del buono stato di salute delle stesse, dell'elevata diversità genetica e, a causa del generale elevato livello di torbidità presente nell'area, dalle porzioni di praterie donatrici dislocate 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 nelle zone di dragaggio previste dall'attuale PRP;
- praterie donatrici da selezionare che sono incluse all'interno dei SIC IT 6000005 e IT 6000006 e da talee prelevate dal reimpianto di S. Marinella (2003/2004) avvenuto con successo.

Ai fini di individuare in via preventiva le migliori possibili aree di espanto, ad integrazione delle indagini già effettuate, nelle porzioni più profonde della prateria verranno effettuate nuove analisi 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 tasso di sedimentazione un fattore 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 talee esterne alle aree di dragaggio, saranno prelevate da più praterie possibili al fine di minimizzare l'impatto sui posidonieti donatori e come detto prima per incrementare la variabilità genetica.

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 pregresse integrate con indagini mirate al progetto di compensazione. In particolare, verranno tenute in considerazione le caratteristiche dell'habitat 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 dipende significativamente dalle condizioni locali dei posidonieti donatori ossia dalla scelta di aree idonee donatrici selezionate in base all'intensità di luce in cui la *Posidonia oceanica* è adattata a vivere. Le caratteristiche dei posidonieti donatori sono quindi importanti come nel caso di praterie esterne all'area di dragaggio che dovranno avere caratteristiche di densità tale da non venire danneggiate da un eccessivo prelievo delle talee.

Il restauro, distribuito in diversi siti limitrofi del posidonieto individuato, verrà effettuato attraverso l'utilizzo di moduli di ancoraggio per la messa a dimora di 76.800 talee di *P. oceanica*, un numero di talee che consentirà di restaurare una superficie ampia, contribuendo, insieme agli altri interventi di compensazione ed alle attività sperimentali previste per questo habitat, al recupero dei servizi ecosistemici equivalenti a quelli andati perduti, per un valore complessivo uguale o superiore al valore equivalente di quello perso. Tali moduli sono

costituiti da cornici in cemento di 50x50 cm di lato armate con rete di maglia di ferro zincata poligonale con luce di circa 1.5 cm. Tutti i moduli verranno installati a mano da operatori subacquei. Le talee saranno inserite a mano infilando i rizomi nelle maglie delle cornici in modo da permettere al rizoma stesso o le radici di essere a contatto con il sedimento.

6.2.2.2. Sperimentazione in vasche

Al fine di valutare la possibilità di reimpianto di fasci raccolti accidentalmente dalle reti da pesca, e di germinazione di semi, potranno essere utilizzate una serie di piccole vasche disponibili la cui unica funzione sarà quella di effettuare attività sperimentali e di ricerca finalizzate al recupero di questo materiale. Il sistema si avvarrà di moduli e componenti intercambiabili che potranno essere utilizzati alla sperimentazione su *Posidonia oceanica* e in particolare a diverse modalità di mantenimento.

Inoltre, si prevede di provare ad utilizzare, nel corso dell'intero progetto, anche le talee utili sia provenienti dal Bycatch, che raccolte dalle spiagge a seguito delle mareggiate invernali.

6.2.3. Boe ancoraggio diporto e sub

Questa attività di compensazione verrà eseguita dall'Autorità di Sistema Portuale del Tirreno Centro Settentrionale sulla base delle specifiche che scaturiranno dall'attività di ricerca del presente progetto.

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.

Sulla base dell'esperienza effettuata nel progetto LIFE SeaForest ²⁹, verranno quindi installati sistemi di protezione consistenti in boe di ormeggio in corrispondenza degli habitat selezionati (per un totale di circa 50 boe di ormeggio) 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 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

²⁹ <http://www.seaforestlife.eu/it/il-progetto/aree-di-intervento/come-tutelare-il-posidonieto.html>

di fondazioni a vite o corpi morti, (si veda Management of Natura 2000 habitats **Posidonia* beds, *Posidonia oceanica* e risultati del progetto EU Interreg SEAPASS Linee guida per la gestione di Campi di ormeggio telematici ecosostenibili³⁰).

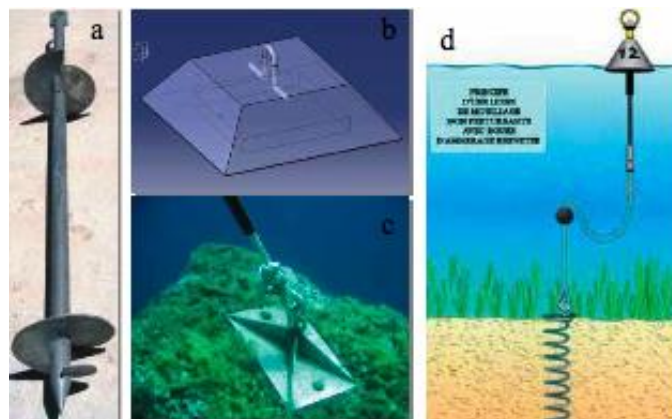


Fig. 11) *Esempio delle differenti tipologie di boe riportate dal Management of Natura 2000 habitats *Posidonia beds, a seconda della differente tipologia di substrato*

Le boe di ormeggio potrebbero anche essere utilizzate come “piattaforme di opportunità” per consentire di essere equipaggiate con strumentazione di misura oppure, ad esempio, 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 aree 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.

6.2.4. Barriere e blocchi antistrascico: identificazione dei siti

Questa attività di compensazione verrà eseguita dall’Autorità di Sistema Portuale del Tirreno Centro Settentrionale sulla base delle specifiche che scaturiranno dall’attività di ricerca del presente progetto.

³⁰ <https://www.conisma.it/it/?s=seapass>.

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 (per un totale di 100 strutture) che potranno essere inoltre utilizzati come deterrente per la pesca illegale, ad integrazione dell'intervento effettuato durante il progetto “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.

Posizionamento barriere

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).

Il posizionamento delle barriere e blocchi antistrascico verrà svolto con il supporto di modelli numerici. Saranno effettuate delle simulazioni dove verrà analizzato l'effetto della presenza di queste barriere sugli habitat e le specie prioritarie presenti all'interno dei due SIC. Le barriere e i massi antistrascico saranno ubicati nei punti in cui gli effetti risulteranno trascurabili o nulli.



Fig. 12) Esempio di tetrapode installato durante il progetto Life Poseidone

6.2.5. Studio basato su modelli numerici dell'interazione *Posidonia oceanica* - moto ondoso mediante ricostruzione degli eventi passati finalizzato alla messa a punto di un protocollo di ottimizzazione del siting degli impianti di *Posidonia oceanica*

Questa attività consiste in esperimenti numerici per analizzare nel dettaglio lo stress indotto dall'azione del moto ondoso e correnti sulle praterie di *P. oceanica* presenti nell'area di studio. Il calcolo delle correnti di fondo verrà effettuato inserendo all'interno del modello un parametro di rugosità al fondo spazialmente variabile con valori ad-hoc selezionati sulla base delle diverse tipologie di prateria di *P. oceanica* presenti nell'area.

Nello specifico saranno effettuate delle simulazioni che riproducono eventi del passato, in periodi in cui sono stati effettuati i trapianti di *P. oceanica*. Saranno utilizzati i dati relativi alle caratteristiche delle talee reimpiantate, alle metodologie utilizzate, all'habitat e alla prateria di *P. oceanica* circostante per metterle in relazione con i parametri del moto ondoso calcolati attraverso il modello numerico.

L'obiettivo è quello di mettere a punto un protocollo per l'uso di modelli numerici finalizzati alle attività di restauro degli ecosistemi, con l'obiettivo di diminuire l'incertezza nella scelta delle aree da restaurare, minimizzare le possibilità di insuccesso di futuri trapianti; questo protocollo sarà basato su un esperimento numerico che, analizzerà a priori dal punto di vista

dinamico le aree scelte per il reimpianto nella zona di Civitavecchia, confrontando puntualmente i risultati numerici con quelli conseguiti dalle attività di reimpianto.

Il modello terrà in considerazione gli effetti del moto ondoso, delle correnti e del trasporto dei sedimenti sugli habitat di fondo (velocità di fondo, stress sul fondo, torbidità e tasso di sedimentazione) e quindi l'influenza degli habitat sulle forzanti fisiche (rugosità fondo - presenza assenza *Posidonia*).

6.3. COMPENSAZIONE HABITAT 1170

Questa attività ha lo scopo di recuperare i servizi ecosistemici dell'Habitat 1170 della Direttiva Habitat (92/43/EEC), con particolare riferimento alla biocenosi del Coralligeno (inc. aspetti caratteristici e facies), e delle associazioni più rilevanti incluse quelle a *Cystoseira*.

A causa della mancanza di protocolli consolidati per il restauro del Coralligeno, è stato messo a punto un programma di restauro dal carattere specificatamente sperimentale, dove si prevede il recupero di organismi e porzioni di Habitat dal *Bycatch*, una fase di recupero delle funzioni vitali in ambiente controllato, e il loro ricollocamento in ambiente marino, sia su substrato naturale, all'interno delle aree preselezionate (hotspot) durante le fasi di progettazione esecutiva, che sui substrati artificiali posizionati in siti idonei. Il loro adattamento e il recupero delle funzioni ecosistemiche verranno monitorate in continuo nelle fasi di monitoraggio (vedi capitolo 7.)

La classificazione delle biocenosi, facies e associazioni appartenenti all'Habitat 1170 è in continua evoluzione e recentemente è stata proposta una nuova classificazione (Montefalcone et al. 2021³¹).

Il Ministero dell'Ambiente in collaborazione con ISPRA (SCHEDA METODOLOGICA per le attività di monitoraggio di specie ed habitat marini delle Direttive 92/43/CE "Habitat" e 2009/147/CE "Uccelli" previste dal DM 11/2/2015 di attuazione dell'art. 11 del D. Lgs 190/2010 - Strategia Marina: MODULO 7 Habitat coralligeno, maggio 2018) descrive l'Habitat 1170 (Allegato I, Direttiva Habitat) che, ai sensi della Direttiva Habitat accoglie più biocenosi/popolamenti afferenti a diversi Piani bionomici, e, in particolare, il coralligeno nella seguente maniera:

"Il coralligeno è un popolamento caratterizzato dalla sovrapposizione dei talli di alghe calcaree incrostanti, che prosperano in condizioni ambientali specifiche del Piano circalitorale, contraddistinto da una ridotta intensità della luce, da una temperatura bassa e costante, e da un moderato tasso di sedimentazione.

Sebbene il coralligeno sia tipico del piano Circalitorale, è presente anche in quello Infralitorale, dove forma delle "enclaves".

³¹ "A review of the classification systems for marine benthic habitats and the new updated Barcelona Convention classification for the Mediterranean (2021); Monica Montefalcone, Leonardo Tunesi, Atef Ouerghi; Marine Environmental Research, 169 (2021) 105387.

Le alghe calcaree più rappresentate nel coralligeno sono le rodoficee (alghe rosse) corallinacee come Lithophyllum stictaeforme, Neogoniolithon mamillosum e Mesophyllum lichenoides e le Peyssonneliacee come Peyssonnelia rubra e altre, tutte però caratterizzate dal possesso di un tallo calcareo.

Popolamenti tipici del coralligeno possono quindi trovarsi a partire da i 20 m di profondità per spingersi, in condizioni di particolare trasparenza delle acque anche oltre i 140 m, nella parte orientale del bacino. Il coralligeno di “piattaforma”, di origine principalmente biogenica, si sviluppa sia al margine del limite inferiore delle scogliere sommerse, sia su fondali pianeggianti, originariamente mobili, della piattaforma continentale.”

“Il coralligeno è considerato il secondo più importante “hot spot” di biodiversità Mediterranea, dopo le praterie di Posidonia oceanica (Bouderesque, 2004). Tuttavia, in assenza di una stima precisa del numero di specie presenti e considerata la complessità strutturale dei suoi popolamenti, si ritiene che l’habitat a coralligeno ospiti più specie di qualsiasi altra comunità Mediterranea (Ballesteros, 2006).”

Gli Habitat, Facies e Associazioni delle quali si verificherà la presenza (vedi capitolo 3., paragrafo 3.2.3.) faranno quindi riferimento alla classificazione proposta da Montefalcone et al. 2021.:

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

6.3.1. Programma Bycatch

Questa attività consiste nel recupero delle specie del coralligeno catturate accidentalmente durante la pesca e nella loro reintroduzione negli ambienti naturali.

La pesca infatti è spesso effettuata in zone con presenza di Habitat 1170 biocenosi del coralligeno. La rimozione accidentale di frammenti di organismi dell’Habitat 1170, comporta la cattura di molti organismi sessili tipici dell’Habitat e delle biocenosi e facies associate, ad esempio: gorgonie (*Eunicella cavolini*, *Eunicella singularis*, *Paramuricea clavata*), corallo rosso (*Corallium rubrum*), madrepore (*Cladocora cespitosa*), Esacoralli (*Caryophyllia smithii*, *Lophelia pertusa*) ed echinodermi (*Astrospartus mediterraneus*), oltre a numerosi frammenti di roccia viva, di alghe corallinacee e *Cystoseira*.

Molti di questi organismi, caratterizzati da una struttura eretta, rimangono intrappolati nella maglia delle reti da pesca, e una volta in porto, vengono scartati e quindi destinati a morire.

Alcuni studi hanno già analizzato il potenziale di sopravvivenza delle catture accessorie di gorgonie e altri organismi strutturanti del coralligeno mediterraneo (Linares et al., 2008; Baldacconi et al., 2009; Fava et al., 2009; Montseny et al., 2019, 2020)³².

Questi studi hanno dimostrato che le specie, una volta reintrodotte nel loro habitat, mostrano un alto tasso di sopravvivenza (superiore all'85%), evidenziando il potenziale successo dei metodi di ripristino e hanno anche dimostrato la fattibilità di azioni di restauro su larga scala, e a basso costo, con risultati promettenti per la conservazione e il recupero del corallo di acque fredde.

Montseny et al., 2020 hanno osservato che i frammenti di rocce naturali con attaccati grandi gorgonie erano l'opzione migliore per le operazioni di trapianto. Risultati sperimentali e approcci modellistici hanno suggerito che i trapianti debbano essere correttamente posizionati sul fondo marino entro un'area definita in funzione del numero di organismi/frammenti utilizzati e con una metodologia tale da mantenere con successo una posizione eretta garantendo la sopravvivenza delle gorgonie nel tempo. I trapianti di organismi effettuati con le giuste tecniche hanno raggiunto tassi di sopravvivenza (80%) simili a quelli delle colonie naturali (Linares et al., 2008).

In uno studio (Linares et al., 2008) sui danni provocati alle colonie di gorgonie dal diving turistico nelle AMP è stato notato che è fondamentale la messa a punto di un rigido e sperimentato protocollo sperimentale, e che il rateo di sopravvivenza dipende molto dalla accuratezza con la quale viene effettuata l'attività di restauro. Sorprendentemente nei loro esperimenti hanno trovato che alcune condizioni ambientali (livello di luce e presenza di alghe³³) non hanno un effetto significativo sulla mortalità degli organismi reintrodotti ma

³² Baldacconi, R., Cardone, F., Longo, C., Mercurio, M., Marzano, C. N., Gaino, E., & Corriero, G. (2010). Transplantation of *Spongia officinalis* L. (Porifera, Demospongiae): a technical approach for restocking this endangered species. *Marine Ecology*, 31(2), 309-317.

Fava, F., Bavestrello, G., Valisano, L., & Cerrano, C. (2010). Survival, growth and regeneration in explants of four temperate gorgonian species in the Mediterranean Sea. *Italian Journal of Zoology*, 77(1), 44-52.

Linares, C., Coma, R., & Zabala, M. (2008). Restoration of threatened red gorgonian populations: an experimental and modelling approach. *Biological Conservation*, 141(2), 427-437.

Montseny, M., Linares, C., Viladrich, N., Olariaga, A., Carreras, M., Palomeras, N., ... & Gori, A. (2019). First attempts towards the restoration of gorgonian populations on the Mediterranean continental shelf. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 29(8), 1278-1284.

Montseny, M., Linares, C., Viladrich, N., Capdevila, P., Ambroso, S., Díaz, D., ... & Gori, A. (2020). A new large-scale and cost-effective restoration method for cold-water coral gardens. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 30(5), 977-987.

³³ Hanno effettuato la ricollocazione di 20 organismi e non è stato considerato l'effetto della dinamica.

hanno notato che nei restauri più superficiali il tasso di attecchimento è stato minore (37% di mortalità in area fotofila contro 25% in area sciafila³⁴).

A Punta Faro ad esempio, nell'Area Marina Protetta di Portofino, sono stati effettuati restauri delle più comuni gorgonie mediterranee (*Paramuricea clavata*, *Eunicella cavolinii*, *E. singularis*, e *E. verrucosa*) (Fava et al., 2009).

Le colonie di ciascuna specie hanno superato lo stress da trapianto e durante i primi tre mesi hanno mostrato un tasso di sopravvivenza medio del 98% e un tasso di crescita medio positivo del 7,65% (Fava et al., 2009). Altri studi hanno inoltre analizzato il trapianto di altre specie associate al Coralligeno come la *Spongia officinalis* Linnaeus, 1759 (Baldaconi et al., 2009). Le spugne trapiantate hanno mostrato una completa guarigione delle superfici tagliate entro un mese dalla manipolazione iniziale e hanno avuto un tasso di sopravvivenza del 100% durante i 12 mesi di studio. Questa indagine ha rivelato che lo sforzo riproduttivo e il rilascio larvale da parte dei trapianti non differiscono significativamente da quelli mostrati dalla popolazione di origine.

I risultati di tutti questi studi condotti nel Mediterraneo testimoniano che i metodi di trapianto potrebbero essere utilizzati per cercare di recuperare le popolazioni bentoniche sessili delle comunità precoralligene e coralligene in possibili futuri progetti di ripopolamento, dove le attività antropiche (ancoraggio e/o pesca) e il riscaldamento globale stanno compromettendo profondamente la loro sopravvivenza.

Circa il 5% della pesca di scarto è rappresentato da specie riconducibili all'habitat 1170, 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. Nella tabella 3 sono riportate specie raccolte come scarto dell'attività di pesca per l'area di Civitavecchia con indicazioni circa la frequenza e le abbondanze di cattura accidentale.

Per quanto concerne i biocostruttori coloniali³⁵, che spesso vengono accidentalmente catturati con le reti da posta, le attività sperimentali saranno anche in questo caso volte principalmente

³⁴ In questo caso sono state riutilizzate il 75% delle colonie distaccate dall'attività di diving e ciascuna è stata frammentata in tre parti.

³⁵ Ad esempio la *Cladocora caespitosa* è una Scleractinia coloniale associata ai substrati rocciosi superficiali (6-20 m) ma comune e abbondante anche su biostrutture coralligene fino alla profondità di circa 100 m. E' considerato uno dei coralli endemici più importanti del Mediterraneo ed è inserito nell'allegato II del protocollo SPA/BIO della Convenzione di Barcellona e nella Lista Rossa IUCN (2014).

al recupero, mantenimento e ricollocazione in sito degli individui provenienti dal programma *Bycatch* e alla tutela di siti di particolare valore ecologico (hot spot).

I dati raccolti da campagne pilota consentono di valutare il flusso tipico di organismi e specie. Tale flusso è pari a circa 30 organismi per ogni rilievo e di circa 5 frammenti di rocce coralline.

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

Tab. 3. Elenco di alcune specie presenti negli scarti di pesca nella flotta dell'area di Civitavecchia

Questa azione sarà direttamente collegata alla creazione del Codice di condotta per la pesca responsabile in collaborazione con i pescatori per la salvaguardia dell'habitat 1170.

La campagna di recupero delle catture accessorie creerà un "flusso di biodiversità" che consentirà anche l'identificazione di organismi coloniali sostitutivi in caso di problemi di sopravvivenza e/o recupero all'interno delle vasche. Il trasporto degli individui di corallo dal punto di prelievo al laboratorio avverrà mediante supporti termostatati provvisti di dispositivo aeratore.

Basandosi quindi sull'abbondanza dei recuperi dal *Bycatch*, l'obiettivo è di restaurare substrati duri esistenti e generare nuove colonie su substrati artificiali recuperando servizi ecosistemici andati perduti, e, ovviamente, utilizzando il più grande numero di specie associate all'Habitat 1170 meritevoli di protezione, fra le quali hanno particolare rilevanza *Cystoseira* spp., oltre *Corallium rubrum*, le gorgonie e a tutte quelle specie che verranno prese in considerazione durante le attività di progetto.

Le colonie e gli organismi raccolti accidentalmente dai pescatori locali saranno inseriti in un impianto di stabulazione utile al monitoraggio dei parametri vitali e dello stato di salute della colonia/organismo. Le fasi di stabulazione avverranno all'interno del sistema di acquari del LOSEM per un periodo di tempo definito durante le attività sperimentali propedeutiche di cui al Cap. 3..

Durante questo periodo di mantenimento verranno selezionate le colonie più idonee al reimpianto sulla base dello stato di salute dei singoli polipi e della colonia (presenza di fratture, necrosi e parassitosi).

Per quanto attiene al genere *Cystoseira* (Fucales, Sargassaceae) questo comprende numerose specie associate all'habitat di interesse comunitario 1170; le *Cystoseire* sono rigorosamente protette dall'allegato I della Convenzione di Berna e dalla Convenzione di Barcellona e inoltre, sono utilizzate come indicatori di qualità ecologica secondo la direttiva quadro sulle acque 2000/60/CE. Queste alghe brune sono essenziali per gli ecosistemi mediterranei in quanto giocano un ruolo chiave nella comunità costiera sostenendo sia la biodiversità che le reti alimentari e favorendo il sequestro di anidride carbonica. Per quanto concerne le specie del genere *Cystoseira*, saranno oggetto di azioni volte principalmente alla salvaguardia, al recupero, mantenimento e reimpianto dei talli provenienti dal programma *Bycatch* e alla riforestazione di aree selezionate tramite il reimpianto di talli prodotti con tecniche di riproduzione in mesocosmi. Il reimpianto dei talli di *Cystoseira* contribuirà al recupero dei servizi ecosistemici perduti.

Cystoseira è stata già oggetto di restauro in Aree Marine Protette nel progetto ROC-POP Life dove è stato messo a punto un nuovo protocollo eco-sostenibile di cultura in mesocosmi a partire da porzioni fertili di talli raccolti in siti donatori. Sono impiegati materiali biodegradabili per la produzione di “moduli” ecosostenibili per reintrodurre queste foreste marine laddove sono state distrutte. L'originalità di ROC-POP Life è che, in linea con le direttive europee, non è previsto l'uso di plastiche o materiali non biodegradabili che potrebbero creare un danno secondario all'ambiente.

L'intervento di ripristino proposto utilizzerà lo stesso protocollo già testato con successo a Cinque Terre, Miramare e Portofino e recentemente pubblicato³⁶.

³⁶ Falace, A., Kaleb, S., De La Fuente, G., Asnaghi, V., & Chiantore, M. (2018). Ex situ cultivation protocol for *Cystoseira amentacea* var. *stricta* (Fucales, Phaeophyceae) from a restoration perspective. PloS one, 13(2), e0193011.

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.

I talli di *Cystoseira* spp., prelevati dal *Bycatch*, saranno inseriti nelle vasche di stabulazione per un periodo idoneo (vedi cap. 3.) per indurre la fertilità e massimizzare i benefici del reimpianto. Le vasche di mantenimento saranno dotate di un sistema di illuminazione LED fitostimolanti e saranno gestite da un sistema di controllo automatizzato utile a regolare i parametri ottimali di crescita. Durante il periodo di stabulazione e osservazione verrà valutato lo stato di salute e la crescita dei talli algali al fine di selezionare i talli più idonei alle successive operazioni di reimpianto. I tempi idonei di stabulazione e le tecniche più efficaci saranno valutati nelle fasi sperimentali allo scopo di realizzare un protocollo di mantenimento standard utile anche a stabilire il cronoprogramma di reimpianto.

Le porzioni apicali fertili, raccolte da talli di *Cystoseira* spp. nel periodo di riproduzione da siti donatori saranno prelevati da operatori subacquei specializzati e trasportati nelle camere di incubazione tramite contenitori termostatati. La riproduzione della *Cystoseira* spp. avverrà all'interno di impianti sperimentali di incubazione allestiti in modo da riprodurre un ambiente del tutto simile a quello presente nei siti di prelievo/reimpianto.

Le camere di incubazione saranno dotate di un sistema di controllo utile a regolare l'intensità della luce, il fotoperiodo e i parametri chimico-fisici dell'acqua in base alle caratteristiche ambientali del sito donatore. Nelle camere di incubazione il rilascio di spore e la fecondazione avverranno grazie ad un processo naturale senza l'utilizzo di induzione artificiale. Il materiale riproduttivo raccolto verrà in seguito inserito su substrati di crescita a basso impatto ecologico e verranno valutati la percentuale di fecondazione e il successo di insediamento e germinazione.

Le plantule saranno fatte crescere fino a raggiungere la taglia idonea al trasferimento in situ, riducendo la mortalità in campo (FONTE: <http://www.rocpoplif.eu/>).

6.3.2. Tecnoreef

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.

Questa attività di compensazione verrà eseguita dall'Autorità di Sistema Portuale del Tirreno Centro Settentrionale sulla base delle specifiche che scaturiranno dall'attività di ricerca del presente progetto.

Verranno realizzati dei reef artificiali costituiti però da materiali naturali. Verranno installati a cura dell'ADSP una serie di reef artificiali (del tipo tecno-reef) per ogni area corrispondente agli hotspot individuati, per un totale di 50 elementi nell'intera area di progetto. La messa in opera dei tecnoreef in ogni sito sarà preceduto da indagini preliminari utili al corretto posizionamento delle strutture, tenendo anche conto delle caratteristiche idrodinamiche, ecologiche, morfologiche e sedimentologiche dei siti. Ogni reef artificiale utilizzato produce un'area di reimpianto utile pari a circa 18 m² per uno sviluppo totale di circa 360 m². Per favorire le fasi di colonizzazione e le fasi di sviluppo degli organismi reimpiantati i tecno-reef saranno attrezzati con "coral colonization kit" costituiti da superfici idonee all'attecchimento e alla crescita degli organismi.

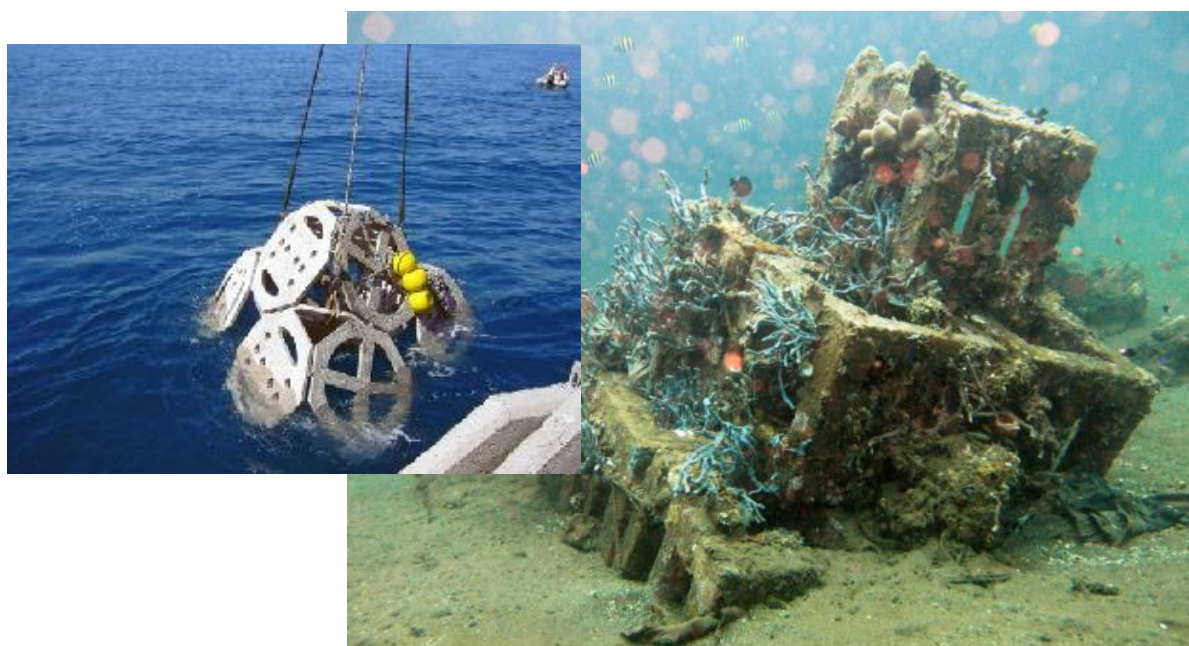


Fig. 13) *Tecno-reefs*

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 reef artificiali 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.

Ad integrazione dell'utilizzo di reef artificiali per il ripopolamento delle specie di coralligeno, verranno utilizzati degli innovativi metodi di ripopolamento diffuso che prevede l'utilizzo di particolari substrati artificiali installabili sulle pareti di moli e dighe foranee (plaquette). Tali interventi permetteranno di integrare l'attività di ripopolamento con le preesistenti strutture portuali.

6.3.3. Boe ancoraggio diporto e sub

Questa attività di compensazione verrà eseguita dall'Autorità di Sistema Portuale del Tirreno Centro Settentrionale sulla base delle specifiche che scaturiranno dall'attività di ricerca del presente progetto.

Il posizionamento dei campi boe sulle aree ad Habitat 1170 va ad integrare quanto effettuato per la *Posidonia oceanica* ed ha lo scopo di evitare la distruzione/danneggiamento di colonie di organismi ad opera degli ancoraggi.

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 divings. Verranno quindi installati a cura dell'ADSP sistemi di protezione consistenti in boe di ormeggio (40) 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.

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 e progetto EU Interreg Progetto SEAPASS Linee guida per la gestione di Campi di ormeggio telematici ecosostenibili ³⁷).

Come per i campi boe a protezione della *Posidonia oceanica* le boe di ormeggio potrebbero anche essere utilizzate come "piattaforme di opportunità" per consentire di essere equipaggiate con strumentazione di misura oppure, ad esempio, 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 aree 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.

6.3.4. Reintroduzione in ambiente

Questa attività consiste nella reintroduzione delle specie del coralligeno e di *Cystoseira* sia sui reef artificiali che nelle aree naturali identificate (hot spot).

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).

³⁷ <https://www.conisma.it/it/?s=seapass>

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 e alla apertura a sud del II Lotto Funzionale 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 spots.

La reintroduzione sperimentale dei talli di *Cystoseira* spp. sarà ad opera di operatori subacquei specializzati in alcune aree selezionate. I supporti vegetati verranno trasportati nei siti di reimpianto nel più breve tempo possibile tramite l'ausilio di contenitori termostatati idonei e reintrodotti in ambiente. I supporti saranno "protetti" dal pascolo (gasteropodi, echinoidi e ittiofauna) grazie all'ausilio di gabbie di rete metalliche; le gabbie protettive saranno tolte quando i talli supereranno la lunghezza di circa 5 cm. Prima delle operazioni di reimpianto saranno effettuate le analisi fenologiche dei talli e ogni esemplare reintrodotta in ambiente naturale sarà taggato al fine di valutare e monitorare la loro crescita.

Le gorgonie, le colonie di *Cladocora caespitosa* e le altre specie utilizzate per il restauro, così come i frammenti di roccia viva, saranno trasportate tramite contenitori termostatati nei siti di reimpianto e la reintroduzione su substrato naturale sarà ad opera di tecnici subacquei specializzati. I metodi di reimpianto degli organismi/colonie/frammenti verrà messo a punto durante le attività preliminari (vedi cap. 3.). A titolo di esempio si riportano due possibili metodi:

- messa in opera di substrati artificiali da posizionare alle profondità idonee alla crescita delle colonie, che, ripopolati 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.

Ciascuna colonia reimpiantata verrà segnalata e georeferenziata; saranno annotate le coordinate del punto di reimpianto (per singola colonia) e ogni colonia reintrodotta sarà fotografata, taggata e monitorata al fine di controllare nel tempo il tasso di mortalità dei polipi ed il successo della tecnica.

6.4. COMPENSAZIONE DELLE SPECIE PROTETTE: *PINNA NOBILIS* E *CORALLIUM RUBRUM*

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

6.4.1. 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* (vedi capitolo 6.3.1.).

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 espanto in base alla natura del substrato³⁸.

³⁸ 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 matte 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.

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 aeratore 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 stata censita nelle aree previste dalla realizzazione delle opere di questa fase, le opere di compensazione saranno volte principalmente al recupero, mantenimento e reimpianto degli individui provenienti dal programma *Bycatch* e alla tutela di siti di particolare valore ecologico (hot spot) attraverso l'installazione di boe per l'ormeggio dell'imbarcazione da diporto e diving.

6.4.2. Mantenimento e adattamento

Per il mantenimento degli esemplari di *Corallium rubrum* verrà allestito un impianto di stabulazione ed allevamento composto da vasche in cui le colonie prelevate saranno mantenute per un periodo di circa 30 giorni in ambiente sciafilo controllato, in luce e temperatura.

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 aeratore portatile.

6.4.3. 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. Accanto ad ogni esemplare verranno installati thermologger e misuratori di ossigeno, per monitorare in tempo reale lo stato vitale degli organismi. 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.

7. ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO DELLE COMPENSAZIONI

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 di un sistema di monitoraggio ed il controllo di tutte le opere di compensazione relativamente: 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.

Inoltre, si effettuerà il monitoraggio del recupero delle funzioni ecosistemiche ed il calcolo dell'efficienza degli interventi di compensazione in termini di servizi ecosistemici, essendo stato questo progetto impostato sulla compensazione data del capitale naturale sottratto o danneggiato dalle opere.

Il monitoraggio, della durata di 6 anni dal termine delle attività di espansione del porto, 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. In particolare, come detto in precedenza si effettuerà, con cadenza stagionale, il monitoraggio di alcuni tratti funzionali a livello individuale (es. *Pinna nobilis*) o di comunità (*Posidonia* e coralligeno) grazie all'uso di camere bentiche di recente sperimentazione nel Laboratorio di Ecologia dell'Università di Palermo. Con le camere sarà possibile ottenere dati sui tassi di consumo di ossigeno e pCO₂ che saranno poi relati alla quantità di specie (ottenuta con metodi non distruttivi) presenti nella patch sottostante le camere bentiche. In funzione del risultato del monitoraggio e del computo dei servizi ecosistemici da recuperare, si provvederà, per la *Posidonia oceanica* al ripristino delle fallanze mentre per il Coralligeno il programma di *Bycatch* consentirà di recuperare progressivamente il substrato da restaurare.

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 alla dinamica dei sedimenti ad un'adeguata scala spaziale e temporale.

A tal fine verranno utilizzati oltre dati satellitari anche i dati provenienti dalla boa fissa e dalla strumentazione automatica di misura che completeranno il quadro dei dati a disposizione per la loro assimilazione nei modelli matematici.

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 per evidenziare eventuali fenomeni naturali che possano impattare sulle attività di restauro e mitigazione.

7.1. MONITORAGGIO RESTAURO: *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. Le attività di monitoraggio, svolte dal team CMCC, riguarderanno oltre le aree reimpiantate anche il posidonieto naturale in modo da verificare le eventuali variazioni dovute ai cambiamenti ambientali. Queste si estenderanno temporalmente per tutta la durata del progetto mentre le attività di reimpianto termineranno in ogni caso il 4° anno di progetto (anche se potrebbero essere previsti interventi di integrazione laddove si verificassero mancanze durante i successivi 6 anni), in modo da consentire un monitoraggio di almeno 6 anni sulle ultime talee reimpiantate.

La tempistica del monitoraggio sarà semestrale per i primi due anni dopo il reimpianto e quindi annuale per i successivi 6 anni. Il numero delle stazioni di controllo sarà di 8.

I dati raccolti nel PMA attraverso le campagne di misura (effettuate mediante ROV, ASV con BIOSONICS MX-AHE e metodi tradizionali) e la stazione fissa (Boa, vedi cap. 4) saranno fondamentali per la caratterizzazione ed evoluzione nel tempo delle principali variabili ambientali nelle aree interessate dalle opere di compensazione e in aree di controllo.

Il monitoraggio dell'efficacia degli interventi di compensazione verrà, inoltre, effettuata mediante l'analisi del recupero della funzionalità ecologica che avverrà mediante la scelta di indicatori del recupero di alcune delle funzioni ecosistemiche del posidonieto. In particolare, in una serie di campagne biennali da effettuare in corrispondenza delle aree marine nelle quali verranno posizionati i campi-boe, il team dell'Università di Palermo si occuperà della misura di alcuni indicatori di recupero di funzioni ecologiche quali produzione di O₂, stocking di CO₂, smaltimento di nutrienti, attraverso l'utilizzo di camere bentiche. Mediante dati sulla pesca si

verificherà nel suo insieme (Habitat 1120* e 1170) il recupero della funzione di nursery e volano per la crescita delle specie di interesse commerciale.

Infine, durante l'ultimo anno di progetto, si effettuerà il monitoraggio delle barriere antistrascico posizionate negli anni precedenti al fine di analizzare le interazioni con l'ambiente e il posidonieto.

7.2. MONITORAGGIO RESTAURO: HABITAT 1170

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 qualitative 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 ed il ristabilimento delle funzioni ecosistemiche e della relativa produzione di servizi ecosistemici.

Nelle fasi di monitoraggio dell'effettivo successo del reimpianto, che verrà effettuato dal team del CNR di Oristano in collaborazione con l'Università di Sassari, oltre all'analisi delle variabili di crescita e sopravvivenza delle colonie, sarà descritta l'evoluzione e le modificazioni subite della comunità associata con particolare attenzione alle specie macrozoobentoniche 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). Si effettueranno anche misure di consumo di ossigeno metabolico e produzione/consumo di CO₂ in situ su singoli individui coloniali e/o patch di comunità associate tramite camere bentiche appositamente disegnate e realizzate ad hoc per le condizioni sperimentali di progetto. Le variabili di consumo/produzione permetteranno di misurare il funzionamento e di risalire all'entità della capacità di fornitura di servizi ecosistemici al variare del successo di reimpianto e della biodiversità attratta nelle patch di reimpianto. Le misure avranno cadenza stagionale e saranno effettuate su un numero di repliche sufficiente per garantire la rappresentatività campionaria.

Per quanto riguarda il monitoraggio delle madrepora (*Cladocora caespitosa*) reimpiantate sarà seguito con attenzione e risulterà essenziale per stabilire la mortalità delle colonie e l'effettivo

successo della tecnica di reimpianto. Le operazioni di monitoraggio avverranno mediante operatori subacquei che, tramite la produzione di materiale fotografico, raccoglieranno dati utili alla valutazione qualitativa delle colonie. Verrà analizzata la crescita della colonia, la mortalità/sopravvivenza dei polipi, l'insorgere di necrosi, la presenza di fratturazioni nella colonia e la crescita epifiti/epibionti; inoltre, particolare attenzione sarà data all'identificazione di potenziali danni di origine antropica come ancoraggi e lesioni da reti e lenze da pesca, che potrebbero compromettere irrimediabilmente le prime fasi di crescita delle madrepore. Vista l'alta sensibilità di questa specie alla deposizione di sedimento fine (siltation) 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. Dati di accrescimento saranno presi anche per le alghe calcaree incrostanti.

Per quanto attiene alla *Cystoseira* spp. le attività di monitoraggio saranno essenziali per valutare il successo del reimpianto sperimentale e per valutare la crescita algale e la mortalità delle nuove reclute. A tal fine saranno effettuate valutazioni quali-quantitative sia dei talli reintrodotti sia dei substrati vegetati limitrofi al fine di descrivere gli effetti del reimpianto sulle popolazioni naturali ed osservare l'evoluzione della comunità vegetale.

L'analisi dei parametri di crescita sarà effettuata tramite tag dei talli e studio dei parametri fenologici e inoltre, particolare attenzione sarà data all'analisi degli effetti dei pascolatori in quanto potrebbero compromettere le fasi iniziali di crescita dei talli. Al fine di evidenziare le potenziali specie pascolatrici come ricci di mare, gasteropodi e pesci saranno effettuate immersioni di controllo con cadenza settimanale e si valuterà il posizionamento di telecamere fisse di monitoraggio. Nelle aree di reimpianto sarà analizzata l'evoluzione e la composizione specifica sia della comunità algale e sia della fauna macrozoobentonica associata al fine di evidenziare la presenza di specie aliene e potenzialmente invasive.

Anche in questo caso, il monitoraggio dell'efficacia degli interventi di compensazione verrà effettuata mediante l'analisi del recupero delle funzioni ecologiche e della capacità di fornire servizi ecosistemici ed avverrà come detto in precedenza adottando protocolli di misura in situ tramite camera bentica. Così variabili come consumo di ossigeno, bilancio della CO₂ etc. saranno usate per indirizzare le misure di gestione dopo trapianto. Mediante dati sulla pesca si verificherà nel suo insieme (Habitat 1120* e 1170) il recupero della funzione di nursery e volano per la crescita delle specie di interesse commerciale

7.3. MONITORAGGIO REIMPIANTO: *PINNA NOBILIS* E *CORALLIUM RUBRUM*

Le attività di questo programma, che vede la collaborazione dei gruppi di ricerca Università della Tuscia (LOSEM-DEB), Università di Palermo, Università di Sassari, CNR di Oristano ed OGS, 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.

Inoltre, il team dell'Università di Palermo si occuperà, così come descritto per gli Habitat 1120* e 1170 nei paragrafi 7.1 e 7.2, dell'analisi del recupero delle funzioni ecologiche e della capacità di fornire servizi ecosistemici adottando i protocolli di misura in situ definiti nel corso del progetto per le misure tramite camera benthica.

8. VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLO STATO DI SALUTE DEI SIC MARINI DEL LAZIO

8.1. GENERALITÀ E DESCRIZIONE DEI SIC

Le attività preliminari di seguito descritte verranno eseguite nei SIC marini della Regione Lazio riportati in tabella 1 e nelle figure 1 e 2.

Nome	Codice	Area (ha)
Fondali tra le foci del Fiume Chiarone e Fiume Fiora	IT6000001	2844
Fondali antistanti Punta Morelle	IT6000002	3087
Fondali tra le foci del Torrente Arrone e del Fiume Marta	IT6000003	2638
Fondali tra Marina di Tarquinia e Punta della Quaglia	IT6000004	1992
Fondali tra Punta S. Agostino e Punta della Mattonara	IT6000005	719
Fondali tra Punta del Pecoraro e Capo Linaro	IT6000006	1614
Fondali antistanti S. Marinella	IT6000007	1713
Secche di Macchiatonda	IT6000008	2012
Secche di Torre Flavia	IT6000009	1338
Secche di Tor Paterno	IT6000010	1381
Fondali tra Torre Astura e Capo Portiere	IT6000011	2800
Fondali tra Capo Portiere e Lago di Caprolace (foce)	IT6000012	3730
Fondali tra Capo Circeo e Terracina	IT6000013	5385
Fondali tra Terracina e Lago Lungo	IT6000014	3026
Fondali circostanti l'Isola di Palmarola	IT6000015	2725
Fondali circostanti l'Isola di Ponza	IT6000016	3317
Fondali circostanti l'Isola di Zannone	IT6000017	664
Fondali circostanti l'Isola di Ventotene	IT6000018	757
Fondali circostanti l'Isola di S. Stefano	IT6000019	52

Tab. 4. Lista dei SIC marini del Lazio

	Habitat				Specie							
	1110	1120	1170	8330	<i>P. nobilis</i>	<i>C. rubrum</i>	<i>A. fallax</i>	<i>Talitrus a. littoralis</i>	<i>Ascidia</i>	<i>Tunicata</i>	<i>Cerastoderma</i>	<i>Scapharca</i>
IT 6000001		x	x									
IT 6000002	x	x	x									
IT 6000003	x	x	x		x							
IT 6000004	x	x	x									
IT 6000005		x	x		x	x						
IT 6000006		x	x		x	x						
IT 6000007		x	x		x	x						
IT 6000008		x	x									
IT 6000009		x	x									
IT 6000010		x	x		x							
IT 6000011	x	x	x		x							
IT 6000012	x	x			x		x					
IT 6000013		x	x		x							
IT 6000014	x	x			x							
IT 6000015	x	x	x		x			x	x	x	x	x
IT 6000016	x	x	x	x	x	x				x	x	x
IT 6000017		x	x		x	x				x		x
IT 6000018	x	x	x	x	x	x				x	x	x
IT 6000019		x	x		x			x			x	x

Tab. 5. Elenco di habitat e specie dei SIC marini della Regione Lazio

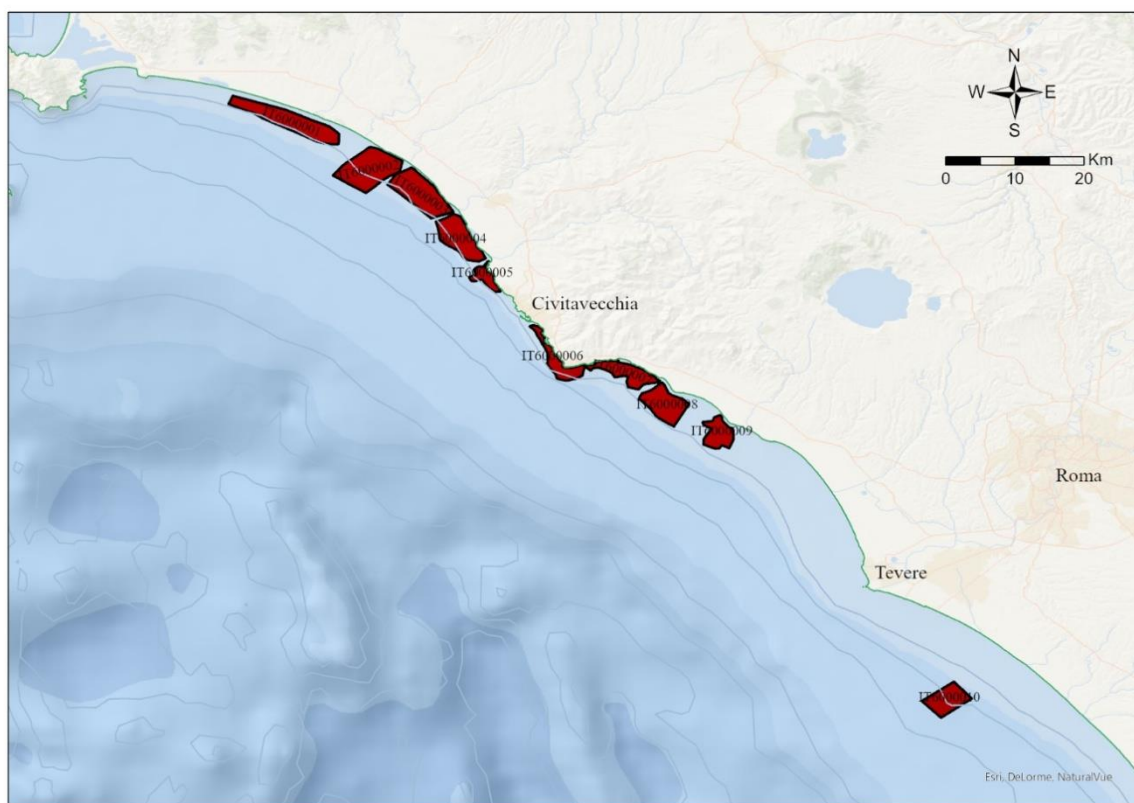


Fig. 14) Distribuzione dei SIC marini nel settore settentrionale

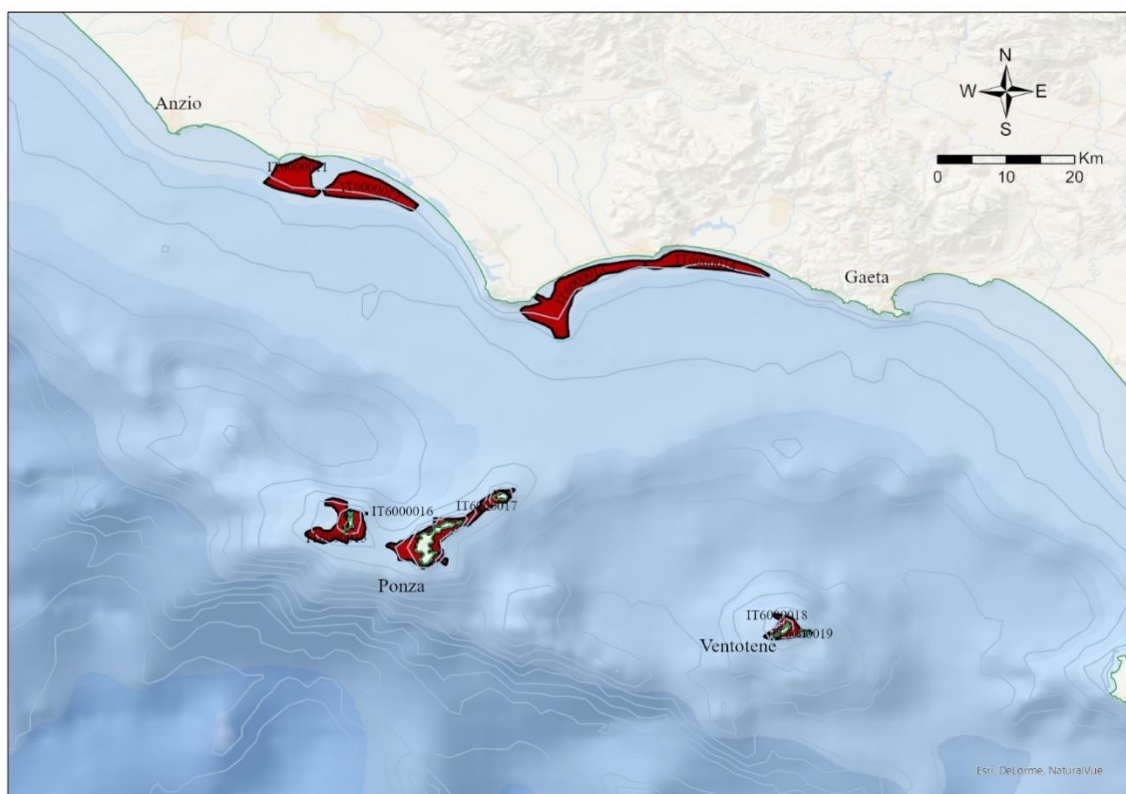


Fig. 15) Distribuzione dei SIC marini nel settore meridionale

Vengono di seguito riportate delle sintesi delle informazioni presenti nei formulari della rete Natura 2000 per ognuno dei SIC oggetto di monitoraggio:

Fondali tra le foci del Fiume Chiarone e Fiume Fiora

Il SIC IT60000001 avente estensione pari a 2844 ettari è caratterizzato dalla presenza dell'habitat 1120 (*Posidonia oceanica*) con estensione stimata pari a 1517 ettari e dell'habitat 1170 (reefs) con estensione pari a 0.13 ettari. La qualità dei dati disponibili è scarsa per la *Posidonia oceanica* e buona per i reefs mentre la rappresentatività è eccellente per la *P. oceanica* e buona per i reefs. Lo stato di conservazione degli habitat è giudicato buono. Tra le altre specie di flora e fauna presenti è citata la *Pinna nobilis* (1028).

Il SIC IT60000001 non è attualmente dotato di un piano di gestione.

Fondali antistanti Punta Morelle

Il SIC IT60000002 avente estensione pari a 3087 ettari è caratterizzato dalla presenza dell'habitat 1120 (*Posidonia oceanica*) con estensione stimata pari a 721.81 ettari, dell'habitat 1170 (reefs) con estensione pari a 24.63 ettari e dell'habitat 1110 (banchi di sabbia a debole

copertura permanente di acqua marina) con estensione pari a 3.79 ettari. La qualità dei dati disponibili è scarsa per la *Posidonia oceanica* e buona per gli habitat 1170 e 1110, mentre la rappresentatività è eccellente per la *P. oceanica* e per i reefs e buona per l'habitat 1110. Lo stato di conservazione degli habitat è giudicato buono. Tra le altre specie di flora e fauna presenti è citata la *Pinna nobilis* (1028).

Il SIC IT6000002 non è attualmente dotato di un piano di gestione.

Fondali tra le foci del Torrente Arrone e del Fiume Marta

Il SIC IT6000003 avente estensione pari a 2638 ettari è caratterizzato dalla presenza dell'habitat 1120 (*Posidonia oceanica*) con estensione stimata pari a 1063.72 ettari, dell'habitat 1170 (reefs) con estensione pari a 59.53 ettari e dell'habitat 1110 (banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina) con estensione pari a 11.24 ettari. La qualità dei dati disponibili è buona per tutti gli habitat, mentre la rappresentatività è eccellente per la *P. oceanica* e per i reefs e buona per l'habitat 1110. Lo stato di conservazione degli habitat è giudicato buono. Tra le altre specie di flora e fauna presenti è citata la *Pinna nobilis* (1028).

Il SIC IT6000003 è attualmente dotato di un piano di gestione (<http://www.lifecomebis.eu/life.cfm>).

Fondali tra Marina di Tarquinia e Punta della Quaglia

Il SIC IT6000004 avente estensione pari a 1992 ettari è caratterizzato dalla presenza dell'habitat 1120 (*Posidonia oceanica*) con estensione stimata pari a 887.94 ettari, dell'habitat 1170 (reefs) con estensione pari a 56.17 ettari e dell'habitat 1110 (banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina) con estensione pari a 6.25 ettari. La qualità dei dati disponibili è scarsa per tutti gli habitat, mentre la rappresentatività è eccellente. Lo stato di conservazione degli habitat è giudicato buono.

Il SIC IT6000004 non è attualmente dotato di un piano di gestione.

Fondali tra Punta S. Agostino e Punta della Mattonara

Il SIC IT6000005 avente estensione pari a 719 ettari è caratterizzato dalla presenza dell'habitat 1120 (*Posidonia oceanica*) con estensione stimata pari a 287.15 ettari e dell'habitat 1170 (reefs) con estensione pari a 29 ettari. La qualità dei dati disponibili è scarsa per la *Posidonia oceanica* e buona per i reefs mentre la rappresentatività è eccellente per entrambi gli habitat. Lo stato di conservazione degli habitat è giudicato medio/ridotto. Tra le altre specie di flora e fauna presenti sono citati la *Pinna nobilis* (1028) e il *Corallium rubrum* (1001).

Il SIC IT6000005 non è attualmente dotato di un piano di gestione.

Fondali tra Punta del Pecoraro e Capo Linaro

Il SIC IT6000006 avente estensione pari a 1614 ettari è caratterizzato dalla presenza dell'habitat 1120 (*Posidonia oceanica*) con estensione stimata pari a 524.61 ettari e dell'habitat 1170 (reefs) con estensione pari a 82.15 ettari. La qualità dei dati disponibili è scarsa per la *Posidonia oceanica* e buona per i reefs mentre la rappresentatività è eccellente per entrambi gli habitat. Lo stato di conservazione dell'habitat 1120 è giudicato medio/ridotto mentre lo stato di conservazione dell'habitat 1170 è buono. Tra le altre specie di flora e fauna presenti sono citati la *Pinna nobilis* (1028) e il *Corallium rubrum* (1001)

Il SIC IT6000006 non è attualmente dotato di un piano di gestione.

Fondali antistanti S. Marinella

Il SIC IT6000007 avente estensione pari a 1713 ettari è caratterizzato dalla presenza dell'habitat 1120 (*Posidonia oceanica*) con estensione stimata pari a 656.79 ettari e dell'habitat 1170 (reefs) con estensione pari a 84.6 ettari. La qualità dei dati disponibili è buona per entrambi gli habitat mentre la rappresentatività è eccellente. Lo stato di conservazione dell'habitat 1120 è giudicato medio/ridotto mentre lo stato di conservazione dell'habitat 1170 è buono. Tra le altre specie di flora e fauna presenti sono citati la *Pinna nobilis* (1028) e il *Corallium rubrum* (1001)

Il SIC IT6000007 non è attualmente dotato di un piano di gestione.

Secche di Macchiatonda

Il SIC IT6000008 avente estensione pari a 2012 ettari è caratterizzato dalla presenza dell'habitat 1120 (*Posidonia oceanica*) con estensione stimata pari a 485.97 ettari e dell'habitat 1170 (reefs) con estensione pari a 142.98 ettari. La qualità dei dati disponibili è buona per entrambi gli habitat mentre la rappresentatività è eccellente. Lo stato di conservazione dell'habitat 1120 è giudicato medio/ridotto mentre lo stato di conservazione dell'habitat 1170 è buono.

Il SIC IT6000008 non è attualmente dotato di un piano di gestione.

Secche di Torre Flavia

Il SIC IT6000009 avente estensione pari a 1338 ettari è caratterizzato dalla presenza dell'habitat 1120 (*Posidonia oceanica*) con estensione stimata pari a 52.77 ettari e dell'habitat

1170 (reefs) con estensione pari a 46.98 ettari. La qualità dei dati disponibili è scarsa per entrambi gli habitat mentre la rappresentatività è significativa per la *P. oceanica* ed eccellente per i reefs. Lo stato di conservazione dell'habitat 1120 è giudicato medio/ridotto mentre lo stato di conservazione dell'habitat 1170 è buono.

Il SIC IT6000009 non è attualmente dotato di un piano di gestione.

Secche di Tor Paterno

Il SIC IT6000010 avente estensione pari a 1381 ettari è caratterizzato dalla presenza dell'habitat 1120 (*Posidonia oceanica*) con estensione stimata pari a 12.19 ettari e dell'habitat 1170 (reefs) con estensione pari a 51.89 ettari. La qualità dei dati disponibili è scarsa per l'habitat 1120 e buona per i reefs mentre la rappresentatività è eccellente. Lo stato di conservazione di entrambi gli habitat è buono. Tra le altre specie di flora e fauna presenti è citata la *Pinna nobilis* (1028).

Il SIC IT6000010 è attualmente dotato di un piano di gestione (www.lifecomebis.eu/comebis.cfm).

Fondali tra Torre Astura e Capo Portiere

Il SIC IT6000011 avente estensione pari a 2800 ettari è caratterizzato dalla presenza dell'habitat 1120 (*Posidonia oceanica*) con estensione stimata pari a 1080.37 ettari, dell'habitat 1170 (reefs) con estensione pari a 7.27 ettari e dell'habitat 1110 (banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina) con estensione pari a 28.76 ettari. La qualità dei dati disponibili è scarsa per tutti gli habitat, mentre la rappresentatività è eccellente per gli habitat 1120 e 1170 e buona per l'habitat 1110. Lo stato di conservazione degli habitat è giudicato buono per la *P. oceanica* e i reefs e medio/ridotto per l'habitat 1110. Tra le altre specie di flora e fauna presenti è citata la *Pinna nobilis* (1028).

Il SIC IT6000011 non è attualmente dotato di un piano di gestione.

Fondali tra Capo Portiere e Lago di Caprolace (foce)

Il SIC IT6000012 avente estensione pari a 3730 ettari è caratterizzato dalla presenza dell'habitat 1120 (*Posidonia oceanica*) con estensione stimata pari a 958.37 ettari e dell'habitat 1110 (banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina) con estensione pari a 37.09 ettari. La qualità dei dati disponibili è scarsa mentre la rappresentatività è eccellente per l'habitat 1120 e buona per 1110. Lo stato di conservazione di entrambi gli habitat è medio/ridotto.

Nel SIC IT6000012 è segnalata la presenza di *Alosa Fallax* (1103), specie di cui all'Art.4 della Direttiva 2009/147/EC compresa nell'Annex II della Direttiva 92/43/EEC.

Tra le altre specie di flora e fauna presenti è citata la *Pinna nobilis* (1028).

Il SIC IT6000012 non è attualmente dotato di un piano di gestione.

Fondali tra Capo Circeo e Terracina

Il SIC IT6000013 avente estensione pari a 5385 ettari è caratterizzato dalla presenza dell'habitat 1120 (*Posidonia oceanica*) con estensione stimata pari a 2448.93 ettari, dell'habitat 1170 (reefs) con estensione pari a 3.54 ettari e dell'habitat 1110 (banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina) con estensione pari a 16.34 ettari. La qualità dei dati disponibili è scarsa per tutti gli habitat, mentre la rappresentatività è eccellente per l'habitat 1120 e buona per 1170 e 1110. Lo stato di conservazione degli habitat è giudicato buono. Tra le altre specie di flora e fauna presenti è citata la *Pinna nobilis* (1028).

Il SIC IT6000013 non è attualmente dotato di un piano di gestione.

Fondali tra Terracina e Lago Lungo

Il SIC IT6000014 avente estensione pari a 3026 ettari è caratterizzato dalla presenza dell'habitat 1120 (*Posidonia oceanica*) con estensione stimata pari a 1458.7 ettari e dell'habitat 1110 (banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina) con estensione pari a 6.39 ettari. La qualità dei dati disponibili è scarsa mentre la rappresentatività è eccellente. Lo stato di conservazione di entrambi gli habitat è buono. Tra le altre specie di flora e fauna presenti è citata la *Pinna nobilis* (1028).

Il SIC IT6000014 non è attualmente dotato di un piano di gestione.

Fondali circostanti l'Isola di Palmarola

Il SIC IT6000015 avente estensione pari a 2725 ettari è caratterizzato dalla presenza dell'habitat 1120 (*Posidonia oceanica*) con estensione stimata pari a 366.8 ettari, dell'habitat 1170 (reefs) con estensione pari a 49.79 ettari, dell'habitat 1110 (banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina) con estensione pari a 4.25 ettari e dell'habitat 8330 (grotte marine sommerse o parzialmente sommerse) per un totale di 58 grotte. La qualità dei dati disponibili è scarsa per la *P. oceanica* e buona per i restanti habitat, mentre la rappresentatività è eccellente. Lo stato di conservazione degli habitat è giudicato eccellente.

Nel SIC IT6000015 è segnalata la presenza di *Caretta caretta* (1224) e *Tursiops truncatus* (1349) specie di cui all'Art.4 della Direttiva 2009/147/EC comprese nell'Annex II della Direttiva 92/43/EEC.

Tra le altre specie di flora e fauna presenti sono citate *Centrostephanus longispinus* (1008), *Pinna nobilis* (1028), *Scyllarides latus* (1090).

Il SIC IT6000015 non è attualmente dotato di un piano di gestione.

Fondali circostanti l'Isola di Ponza

Il SIC IT6000016 avente estensione pari a 3317 ettari è caratterizzato dalla presenza dell'habitat 1120 (*Posidonia oceanica*) con estensione stimata pari a 669.58 ettari, dell'habitat 1170 (reefs) con estensione pari a 21.65 ettari, dell'habitat 1110 (banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina) con estensione pari a 3.65 ettari e dell'habitat 8330 (grotte marine sommerse o parzialmente sommerse) per un totale di 23 grotte. La qualità dei dati disponibili è buona, mentre la rappresentatività è eccellente. Lo stato di conservazione degli habitat è giudicato eccellente.

Nel SIC IT6000016 è segnalata la presenza di *Caretta caretta* (1224) e *Tursiops truncatus* (1349) specie di cui all'Art.4 della Direttiva 2009/147/EC comprese nell'Annex II della Direttiva 92/43/EEC.

Tra le altre specie di flora e fauna presenti sono citate *Centrostephanus longispinus* (1008), *Pinna nobilis* (1028), *Scyllarides latus* (1090) e *Corallium rubrum* (1001).

Il SIC IT6000016 non è attualmente dotato di un piano di gestione.

Fondali circostanti l'Isola di Zannone

Il SIC IT6000017 avente estensione pari a 664 ettari è caratterizzato dalla presenza dell'habitat 1120 (*Posidonia oceanica*) con estensione stimata pari a 183.57 ettari e dell'habitat 1170 (reefs) con estensione pari a 2.51 ettari. La qualità dei dati disponibili è buona per la *P. oceanica* e scarsa per l'habitat 1170, mentre la rappresentatività è eccellente. Lo stato di conservazione degli habitat è giudicato eccellente.

Nel SIC IT6000017 è segnalata la presenza di *Caretta caretta* (1224) e *Tursiops truncatus* (1349) specie di cui all'Art.4 della Direttiva 2009/147/EC comprese nell'Annex II della Direttiva 92/43/EEC.

Tra le altre specie di flora e fauna presenti sono citate *Centrostephanus longispinus* (1008), *Pinna nobilis* (1028), *Scyllarides latus* (1090) e *Corallium rubrum* (1001).

Il SIC IT6000017 non è attualmente dotato di un piano di gestione.

Fondali circostanti l'Isola di Ventotene

Il SIC IT6000018 avente estensione pari a 757 ettari è caratterizzato dalla presenza dell'habitat 1120 (*Posidonia oceanica*) con estensione stimata pari a 283.75 ettari, dell'habitat 1170 (reefs) con estensione pari a 7.08 ettari, dell'habitat 1110 (banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina) con estensione pari a 1.83 ettari e dell'habitat 8330 (grotte marine sommerse o parzialmente sommerse) per un totale di una grotta. La qualità dei dati disponibili è buona per 1120 e 8330 e scarsa per 1110 e 1170, mentre la rappresentatività è eccellente. Lo stato di conservazione degli habitat è giudicato eccellente.

Nel SIC IT6000018 è segnalata la presenza di *Tursiops truncatus* (1349) specie di cui all'Art.4 della Direttiva 2009/147/EC compresa nell'Annex II della Direttiva 92/43/EEC.

Tra le altre specie di flora e fauna presenti sono citate *Centrostephanus longispinus* (1008), *Pinna nobilis* (1028), *Scyllarides latus* (1090) e *Corallium rubrum* (1001).

Il SIC IT6000018 non è attualmente dotato di un piano di gestione.

Fondali circostanti l'Isola di S. Stefano

Il SIC IT6000019 avente estensione pari a 52 ettari è caratterizzato dalla presenza dell'habitat 1120 (*Posidonia oceanica*) con estensione stimata pari a 13.06 ettari e dell'habitat 1170 (reefs) con estensione pari a 0.98 ettari. La qualità dei dati disponibili è buona, mentre la rappresentatività è eccellente. Lo stato di conservazione degli habitat è giudicato eccellente.

Nel SIC IT6000019 è segnalata la presenza di *Tursiops truncatus* (1349) specie di cui all'Art.4 della Direttiva 2009/147/EC compresa nell'Annex II della Direttiva 92/43/EEC.

Tra le altre specie di flora e fauna presenti sono citate *Centrostephanus longispinus* (1008), *Pinna nobilis* (1028) e *Scyllarides latus* (1090).

Il SIC IT6000019 non è attualmente dotato di un piano di gestione.

8.2. RACCOLTA DATI BIBLIOGRAFICI

Al fine di poter predisporre un progetto di monitoraggio verranno raccolti tutti i dati disponibili, sia pregressi che di campo, relativi ai SIC di cui al capitolo 8.1.

I dati raccolti saranno relativi alle componenti biotiche ed abiotiche ed organizzate in categorie finalizzate alla creazione di un database cartografico, in modo conforme alle altre attività di progetto.

8.3. ANALISI DATI A SCALA REGIONALE

Oltre ai dati disponibili in letteratura si raccoglieranno anche dati utili alla caratterizzazione della situazione al contorno provenienti dalle differenti sorgenti disponibili:

- morfologia sommersa dalla banca dati disponibile su Emodnet, la quale sarà integrata con i dati dei rilievi batimetrici acquisiti nell'area di studio;
- linea di riva se disponibile senza ulteriori elaborazioni;
- campo di vento dai dataset del sistema ECMWF fornito al CMCC dall'Aeronautica Militare;
- inputs fluviali da dati bibliografici disponibili dalle autorità di bacino della Regione Lazio;
- correnti marine a mesoscala dal sistema Copernicus Marine Service (Modello NEMO);
- moto ondoso a mesoscala dal sistema Copernicus Marine Service (Modello WAM).

8.4. CREAZIONE DI UN DATA BASE CARTOGRAFICO PER I SIC DEL LAZIO

I dati saranno inseriti all'interno di un sistema informativo GIS che sarà predisposto per fornire rappresentazioni sinottiche utili nelle prime fasi del progetto progetto.

Si partirà dal GIS creato dal LOSEM già disponibile per i SIC vicino al porto di Civitavecchia e verrà integrato con il database raccolto.

La componente Cartografica sarà prodotta compatibilmente con i sistemi cartografici ESRI sia per quanto riguarda le componenti vettoriali che raster, compatibile con INSPIRE e il Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali (RNDT), adottando gli standard WMS. La cartografia benthos e sedimenti verrà prodotta secondo il sistema di riferimento UTM fusi 32-33, datum WGS84, mentre le sezioni oceanografiche verranno rappresentate in ODV WGS84.

I risultati dei modelli saranno disponibili attraverso servizi di visualizzazione WMS e inseriti nel GIS del progetto laddove necessario.

8.5. PROGETTO PRELIMINARE DI STUDIO DEI SIC

Al termine delle attività verrà redatto un progetto preliminare che conterrà le analisi e studi che si dovranno effettuare per giungere alla progettazione del sistema di monitoraggio dei SIC del Lazio.

9. ATTIVITÀ DELLE UNITÀ OPERATIVE (U.O.) DEL PROGETTO

Le attività di progetto saranno messe in campo grazie alla collaborazione tra diversi importanti Istituti di Ricerca: CMCC, Università degli Studi della Tuscia, OGS, Università di Palermo, Università di Sassari, Università di Bologna, CNR IAS sez Oristano, Università di Milano Bicocca.

9.1. AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MAR TIRRENO CENTRO SETTENTRIONALE (AdSP)

9.1.1. Dettaglio attività dell'AdSP nel Progetto

Nell'ambito del Progetto, dal punto di vista sperimentale, l'AdSP contribuirà direttamente svolgendo le seguenti attività:

- misure osservative in situ (boa ondamentrica), i cui dati saranno a disposizione del progetto per tutta la durata del progetto e verranno utilizzati per la calibrazione dei modelli numerici;
- misure osservative in situ (boa e stazioni fisse descritte al paragrafo 2.5.1.), i cui dati saranno a disposizione del progetto per tutta la durata del progetto e verranno utilizzati per l'EWS, il programma di studio dei potenziali impatti delle opere, a supporto del monitoraggio dei risultati delle compensazioni e anche per la calibrazione dei modelli numerici;
- sviluppo e mantenimento in opera per tutta la durata del progetto di un sistema informativo web GIS a supporto della disseminazione e la condivisione pubblica dei risultati del progetto;
- posizionamento di 100 barriere antistrascico e campi boe (50) a protezione dell'Habitat 1120*;
- posizionamento di reef artificiali (50) e campi boe (40) a protezione dell'Habitat 1170;
- supporto alle attività di disseminazione dei risultati della ricerca;
- co-organizzazione di eventi di comunicazione, convegni, comunicati stampa, comunicati social, pagine web;
- attività in cap 6.2. Compensazione Posidonia oceanica (PO): restauro degli ecosistemi mediante reimpianto di talee su moduli prefabbricati e ripristino delle fallanze.

9.2. CMCC

9.2.1. Breve descrizione

La fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici è una struttura di ricerca scientifica che opera nel campo della scienza del clima e si prefigge di approfondire le conoscenze sulla variabilità climatica, le sue cause e le sue conseguenze, attraverso lo sviluppo di simulazioni ad alta risoluzione con modelli globali del sistema Terra e con modelli regionali, con particolare attenzione all'area del Mediterraneo. Obiettivo specifico di queste ricerche sta nel fornire risultati scientificamente affidabili, rigorosi e aggiornati che contribuiscano a indagare, conoscere e rappresentare le interazioni tra il sistema climatico e la società, favorendo uno sviluppo sostenibile e offrendo solide conoscenze scientifiche per la realizzazione di politiche di contrasto o adattamento agli impatti dei cambiamenti climatici.

Il network di ricerca del CMCC si compone di 9 Divisioni che si dividono competenze e conoscenze delle diverse discipline inerenti alle scienze del clima: Simulare il sistema climatico La Divisione ODA (Ocean modeling and Data Assimilation); Tradurre i cambiamenti climatici in valori economici La Divisione ECIP (Economic analysis of Climate Impacts and Policy); Agricoltura, foreste ed ecosistemi La Divisione IAFES (Impacts on Agriculture, Forests and Ecosystem Services); Regionalizzazione del segnale climatico e impatti geo-idrologici La Divisione REMHI (Regional Models and geo-Hydrological Impacts); Computational Science applicata al cambiamento climatico La Divisione ASC (Advanced Scientific Computing); Portare i risultati della scienza del clima agli stakeholder La Divisione CSP (Climate Simulation and Prediction); Applicazioni e previsioni oceaniche La Divisione OPA (Ocean Predictions and Applications); Analisi di rischio e strategie di adattamento La Divisione RAAS (Risk Assessment and Adaptation Strategies); La transizione verso la sostenibilità La Divisione SEME analizza la transizione verso la sostenibilità.

In questo progetto è coinvolta la divisione OPA (Ocean Predictions and Applications) (U.O. CMCC OPA) che si occupa dello sviluppo di modelli e metodi interdisciplinari per la ricerca sulle previsioni operative marine, sulle interazioni tra la zona costiera e l'oceano aperto, dello sviluppo di applicazioni per la gestione della zona costiera e delle risorse marine, nell'ambito dei problemi di adattamento ai cambiamenti climatici. La Divisione OPA, in coordinamento con la Divisione ODA, coordina il Servizio europeo di monitoraggio dell'ambiente marino Copernicus (CMEMS, <http://marine.copernicus.eu/>) Centro di monitoraggio e previsione per il

Mar Mediterraneo (<http://marine.copernicus.eu/about-us/about-producers/med-mfc/>) e sviluppa e mantiene la parte di modellazione fisica del CMEMS Monitoring Forecasting Center for the Black Sea (<http://marine.copernicus.eu/about-us/about-producers/bs-mfc/>). Il raggruppamento di Civitavecchia della divisione OPA coadiuva lo sviluppo e la messa a punto di modelli numerici mediante attività di misure oceanografiche e sviluppo di tecnologie di misura.

9.2.2. Dettaglio attività U.O. CMCC

L'U.O. CMCC svolge le seguenti attività:

Attività in cap 2. Attività di ricerca integrative utili al completamento del quadro conoscitivo ambientale

Completamento simulazioni modelli numerici e Completamento indagini sperimentali (insieme alla U.O. UNITUS).

Gestione ed archiviazione dei dati raccolti

Attività in cap 2.5. Definizione, Sviluppo ed Applicazione Sperimentale di un Early Warning System (EWS)

Supporterà dal punto di vista scientifico la messa in opera Early warning system (oil spill e sedimenti), analisi di qualità e successiva gestione dei dati delle 2 Stazioni banchina + boa (insieme alla U.O. UNITUS)

Modelli matematici a supporto dell'early warning system e del sistema di monitoraggio

Attività in cap 3. Attività preliminari alla progettazione e di supporto alle attività sperimentali

Supporto logistico e progettualità (insieme alle altre U.O.), contribuirà per gli aspetti di proprio interesse alla progettazione esecutiva supportando le attività del Tavolo Tecnico.

Biodiversità e servizi ecosistemici insieme alla U.O. di Palermo.

Studi di campo propedeutici alla progettazione esecutiva (insieme alle altre U.O.)

Censimento e caratterizzazione specie *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum* (insieme alle altre U.O.)

Modellistica propedeutica alla progettazione esecutiva (insieme alla U.O. UNITUS)

Impianti PILOTA propedeutici alla progettazione esecutiva.

Attività in cap 4. Studio dei potenziali impatti della realizzazione delle opere in relazione agli habitat e ai cambiamenti climatici

Modelli numerici (Supporto modellistica per monitoraggio)

Avvio e messa a regime del sistema integrato di monitoraggio (insieme alla U.O. UNITUS)

Colonna d'acqua (insieme alla U.O. UNITUS)

Analisi dei fondali: sedimenti e benthos (insieme alla U.O. UNITUS)

GIS e Reporting (insieme alla U.O. UNITUS)

Attività in cap 5. Comunicazione e stakeholders

Coinvolgimento diving e associazioni gestione/manutenzione boe

Programma pesca responsabile e codice di condotta pesca

Organizzazione insieme ad U.O. UNITUS di convegni ed eventi di comunicazione scientifica

Attività in cap 6. Attività di Restauro e Mitigazione

Supporto logistico (insieme alla U.O. UNITUS)

Attività in cap 6.2. Compensazione Posidonia oceanica (PO)

Restauro degli ecosistemi mediante attività sperimentale di reimpianto di talee insieme ad U.O. OGS

Attività in cap 6.3. Compensazione Habitat 1170

Attività di restauro e ripristino delle fallanze e realizzazione plaquettes (substrati per la crescita in vasca)

Attività in cap 7. Attività di Monitoraggio delle Compensazioni

Monitoraggio reimpianto PO e area di controllo

Monitoraggio barriere antistrascico

Monitoraggio risultati campi boe

Supporto al monitoraggio del restauro dell'Habitat 1170 e del successo di attività di colonizzazione su substrati artificiali (insieme alle altre U.O. di progetto)

Attività in cap 8. Valutazione preliminare dello stato di salute dei sic marini del Lazio

Insieme a U.O. OGS: Raccolta dati bibliografici e implementazione nel GIS (Copernicus).

9.3. OGS

9.3.1. Breve descrizione OGS

OGS (Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale) è un Ente pubblico di ricerca a vocazione internazionale. L'Ente opera e sviluppa la propria missione nell'Area Europea della Ricerca (E.R.A.) ed in ambito internazionale con prioritario riferimento ai settori della ricerca di base ed applicata in:

- Oceanografia (fisica, chimica e biologica),
- Geofisica e Geologia marina,
- Geofisica sperimentale e di esplorazione.

OGS utilizza le proprie competenze nel campo delle Scienze della Terra, del Mare e delle aree polari per contribuire non solo all'aumento ed alla diffusione della conoscenza ma anche alla risoluzione pratica di problematiche ambientali, economiche e sociali, in coerenza con i contenuti del Programma Nazionale della Ricerca (PNR) e gli obiettivi strategici fissati dall'Unione Europea, con particolare interesse per Horizon 2020.

Avvalendosi della propria nave di ricerca OGS Explora e di altre infrastrutture strategiche e di eccellenza, OGS opera per salvaguardare e valorizzare le risorse naturali e l'ambiente, per valutare e prevenire i rischi geologici, ambientali e climatici, per diffondere le conoscenze e la cultura scientifica, anche in collaborazione con analoghi Istituti europei ed internazionali, con industrie high tech e con imprese qualificate. L'obiettivo è di favorire il trasferimento dei risultati delle ricerche dal mondo scientifico a quello produttivo e di contribuire così allo sviluppo tecnologico e socio-economico del Paese. L'Istituto mira a ricoprire un ruolo sempre più importante e trainante nel sistema della ricerca italiana e internazionale favorendo le sinergie con gli altri Enti di ricerca e la ricaduta sul territorio in una logica "glocal": operare secondo dinamiche internazionali, assicurando l'acquisizione e lo scambio a livello globale delle conoscenze e delle tecnologie più avanzate, e consentendo al tempo stesso il loro positivo impatto sui territori locali.

9.3.2. Dettaglio attività U.O. OGS

Nell'ambito del presente progetto, OGS prenderà parte ai seguenti **TASK**:

Attività in cap 3. Attività preliminari alla progettazione e di supporto alle attività sperimentali

Contribuirà per gli aspetti di proprio interesse alla progettazione esecutiva supportando le attività del Tavolo Tecnico.

Parteciperà alla sperimentazione propedeutica alla progettazione esecutiva e alla redazione dei protocolli operativi per quanto attiene agli habitat 1170, con particolare riferimento alle biocenosi del coralligeno e alle facies a *Cystoseira*.

Contribuirà, insieme all'U.O. dell'Università di Palermo, alle attività di messa a punto di protocolli sperimentali per il trasferimento della *Pinna nobilis*

Attività in cap 4. Studio dei potenziali impatti della realizzazione delle opere in relazione agli habitat e ai cambiamenti climatici

Effettuerà insieme alle U.O. dell'Università della Tuscia e del CMCC gli studi di monitoraggio della colonna d'acqua, con particolare riferimento allo stato trofico (nutrienti) e alla caratterizzazione delle popolazioni fitoplanctoniche.

Attività in cap 6. Attività di restauro e mitigazione

Attività in cap 6.2. Compensazione Posidonia oceanica (PO)

In questo subtask effettuerà esperimenti volti alla messa a punto di un protocollo per la germinazione di semi e messa a dimora di plantule di *Posidonia oceanica*.

Attività in cap 6.3. Compensazione Habitat 1170

In questo subtask si occuperà del restauro dell'Habitat 1170 per quanto attiene alle facies a *Cystoseira* e di specie di alghe corallinacee delle biocenosi a coralligeno.

Attività in cap 6.4. Compensazione delle specie protette: Pinna nobilis e Corallium rubrum

In questo subtask collaborerà con l'U.O. di Palermo per la messa a dimora degli organismi di *Pinna nobilis* da mettere in salvo.

Attività in cap 7. Attività di Monitoraggio delle Compensazioni

Attività in cap 7.2. Monitoraggio restauro Habitat 1170.

OGS ha il ruolo del monitoraggio del restauro dell'habitat 1170 per quanto attiene alle facies a *Cystoseira* e, insieme all'U.O. dell'Università di Sassari, delle biocenosi del coralligeno restaurate sia su substrati naturali che artificiali.

Attività in cap 8. Valutazione preliminare dello stato di salute dei sic marini del Lazio

OGS, insieme a CMCC e Università della Tuscia, ha come ruolo la raccolta delle informazioni pregresse disponibili relative ai SIC del Lazio, contribuisce alla progettazione del data base e del GIS e alla progettazione preliminare del progetto di monitoraggio.

9.4. UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA

9.4.1. Breve descrizione Università della Tuscia

L'Università degli Studi della Tuscia di Viterbo è un'università statale italiana fondata nel 1979. L'università è strutturata nei seguenti dipartimenti: Economia, ingegneria, società e impresa; Innovazione nei sistemi biologici, agroalimentari e forestali; Scienze agrarie e forestali; Scienze ecologiche e biologiche (DEB); Scienze umanistiche, della comunicazione e del turismo; Studi linguistico-letterari, storico-filosofici e giuridici.

In particolare, il Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina del Dipartimento DEB (da ora in poi UNITUS), fondato nel 2001 e dal 2005 all'interno del Porto di Civitavecchia, si suddivide in laboratorio di elettronica, laboratorio di ecologia, laboratorio di ottica, laboratorio di strumentazione oceanografica. Le principali linee di ricerca sono lo sviluppo di nuove tecnologie per lo studio degli ecosistemi marini, lo studio delle dinamiche oceanografiche e del loro ruolo nell'analisi dei sistemi biologici con particolare riferimento agli ecosistemi marino-costieri, il monitoraggio ambientale e la dinamica costiera.

9.4.2. Dettaglio attività U.O. Università della Tuscia

Nell'ambito del presente progetto, l'U.O. UNITUS prenderà parte ai seguenti **TASK**:

Attività in cap 2. Completamento indagini sperimentali effettuate da UNITUS

Completamento simulazioni modelli numerici e Completamento indagini sperimentali (insieme alla U.O. CMCC).

Analisi degli effetti potenziali su habitat e specie protette.

Attività in cap 2.5. Definizione, Sviluppo ed Applicazione Sperimentale di un Early Warning System (EWS)

Supporterà la messa in opera dell'Early warning system (oil spill e sedimenti), analisi di qualità e successiva gestione dei dati delle 2 Stazioni banchina + boa (insieme alla U.O. CMCC).

Attività in cap 3. Attività preliminari alla progettazione e di supporto alle attività sperimentali

Per gli aspetti generali e di logistica UNITUS contribuirà per quanto del proprio ambito alla progettazione esecutiva supportando le attività del Tavolo Tecnico.

UNITUS, nel LOSEM, si occuperà inoltre della predisposizione degli spazi, attrezzature e vasche che servono a tutte le attività sperimentali per la predisposizione del progetto esecutivo degli interventi, azione questa indispensabile alle attività necessarie alla progettazione esecutiva, del supporto di laboratorio alle altre U.O. coinvolte nel progetto e anche di prelievo di campioni a supporto delle differenti azioni di caratterizzazione e pianificazione.

Studi di campo propedeutici alla progettazione esecutiva (insieme alle altre U.O.).

Supporto all'U.O. CMCC per la caratterizzazione aree per il posizionamento di campi boe, barriere antistrascico e tecnoreef.

Attività in cap 4. Studio dei potenziali impatti della realizzazione delle opere in relazione agli habitat e ai cambiamenti climatici

In questa task UNITUS coopererà con le U.O. CMCC e OGS, per tutta la durata del progetto, supportando, in particolare:

- l'avvio e messa a regime del sistema osservativo integrato
- lo studio della colonna d'acqua, delle correnti e dei fondali: sedimenti e benthos
- l'analisi dati delle stazioni fisse messe in opera dall'AdSP.

Attività in cap 5. Comunicazione e stakeholders

In questa task UNITUS fornirà supporto al CMCC.

Attività in cap 6. Attività di restauro e mitigazione

In questa task UNITUS, per tutta la durata del progetto, fornirà supporto logistico relativamente alla predisposizione spazi, attrezzature e vasche per il progetto indispensabili alle attività necessarie alle attività di restauro interfacciandosi con le altre U.O. coinvolte nel progetto.

Attività in cap 7. Attività di restauro e mitigazione

In questa task UNITUS, per tutta la durata del progetto, effettuerà insieme alle altre U.O. di progetto, attività di monitoraggio delle aree restaurate degli habitat 1120* e 1170 sia su substrati naturali che artificiali e collaborerà con UniPA alla stima dei servizi ecosistemici degli habitat interessati.

Attività in cap 8. Monitoraggio SIC marini Lazio

UNITUS supporterà le U.O. OGS e CMCC alla predisposizione della documentazione preliminare propedeutica al progetto di Monitoraggio e dei piani di gestione.

9.5. UNIVERSITÀ DEGLI STUDI PALERMO

9.5.1. Breve descrizione

L'Università degli Studi di Palermo è un'università statale italiana fondata nel 1806. Nacque per volontà di re Ferdinando III di Borbone, il quale ne riconobbe il titolo di università nel 1805.

I corsi di studio dell'università di Palermo sono organizzati dai seguenti dipartimenti: Architettura; Biomedicina, Neuroscienze e Diagnostica avanzata; Culture e Società; Discipline Chirurgiche, Oncologiche e Stomatologiche; Fisica e Chimica; Giurisprudenza; Ingegneria; Matematica e Informatica; Promozione della Salute, Materno-Infantile, di Medicina Interna e Specialistica di Eccellenza; Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali; Scienze della Terra e del Mare; Scienze e Tecnologie Biologiche Chimiche e Farmaceutiche; Scienze Economiche, Aziendali e Statistiche; Scienze Politiche e delle relazioni internazionali; Scienze Psicologiche, Pedagogiche, dell'Esercizio Fisico e della Formazione; Scienze Umanistiche

In particolare il Laboratorio eeGSARALab del Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (<http://www1.unipa.it/gsaralab/it/home/>), ha fra le principali Linee di Ricerca e Metodologie: Disegni sperimentali, simulazione ed elaborazione statistica avanzata (Metodologie: GMAV, MATLAB, METAWIN, ORIGIN, PRIMER, SIGMAPLOT, Statistica); Approccio meta-analitico in review sugli effetti della variabilità naturale e antropogenica sui processi ecologici (Metodologie: quantitative reviewing meta-statistics); Performance fisiologiche di organismi filtratori in natura e in mesocosmo al variare di fattori fisici [temperatura; irradianza], chimici [salinità] e trofici [disponibilità di cibo] (Metodologie: clearance rate [Coulter Counter], tasso di respirazione [Stratkelvin], tasso di escrezione [colorimetrico], ritmo cardiaco [tecniche cardio-plethysmographich non-invasive]); Cambiamenti comportamentali di specie costiere sottoposte a disturbo sonoro in ambiente e in laboratorio (Metodologie: analisi comportamentali quantitative [analisi immagini], analisi acustiche [idrofoni; amplificatori acustici; analisi del suono]); Struttura e dinamiche di popolazioni costiere, pesci e invertebrati (Metodologie: biometrie, metodo gravimetrica, produzione secondaria, analisi otoliti, analisi gonadi); Disponibilità di cibo e flusso della materia organica attraverso la marine food webs (Metodologie: clorofilla-a [colorimetrico], materia organica totale [gravimetrico], lipidi, carboidrati e proteine [colorimetrico], isotopi stabili di carbonio e azoto [solo elaborazione e interpretazione]).

9.5.2. Dettaglio attività U.O. Università di Palermo

Attività in cap 3. Attività preliminari alla progettazione e di supporto alle attività sperimentali

eeGSARALab in questo TASK svolgerà le attività di seguito descritte.

Contribuirà per gli aspetti di proprio interesse alla progettazione esecutiva supportando le attività del Tavolo Tecnico.

Attività in cap 3.2.2.3. Misura servizi ecosistemici Posidonia oceanica

Effettuerà inoltre misure sperimentali dei servizi ecosistemici offerti da *Posidonia oceanica* mediante la messa a punto di indicatori basati su misure sperimentali di funzionalità ecosistemica delle specie e dell'habitat, inoltre misure funzionali sui posidonieti dell'area (camere bentiche) e dei parametri ambientali utili a stabilire la relazione funzioni ecologiche - servizi ecosistemici.

Effettuerà inoltre misure e attività sperimentali in sito e vasche per la calibrazione dei modelli di valutazione del capitale naturale basati sui parametri misurati. Le misure verranno effettuate nelle aree impattate dalle opere, sul reimpianto effettuato a S. Marinella, sugli impianti pilota e in aree di controllo esterne al reimpianto.

Attività in cap 3.2.3.2. Misura servizi ecosistemici Habitat 1170

eeLAB effettuerà anche la valutazione sperimentale dei servizi ecosistemici offerti dall'Habitat Coralligeno mediante indicatori e la valutazione sperimentale dei servizi ecosistemici offerti per *Cystoseira* spp. Inoltre collaborerà alle attività:

- 1) Test in vasche e sito per messa a punto di protocolli di restauro
- 2) Misure Funzionali al variare di fattori ambientali (torbidità, temperatura, ipossia etc.) per testare capacità di recovery per stimare le soglie critiche degli organismi
- 3) Messa a punto di indicatori basati su misure sperimentali di funzionalità ecosistemica delle specie e dell'habitat
- 4) Sperimentazione Pilota coralligeno nei siti pre-individuati - Protocolli per coralligeno, *Cystoseira* e altre specie/facies pregiate.

Attività in cap 3.2.4. Censimento delle specie *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum* e caratterizzazione dei relativi habitat

Le attività consisteranno in misure ambientali e fisiologiche strumentali (Ox., Temp) di *Pinna nobilis* e messa punto di protocolli di prelievo, recovery e monitoraggio; Misure in sito e test in vasca; Misure Funzionali *P. nobilis* al variare di fattori ambientali (torbidità, temperatura, ipossia etc.) per test capacità di recovery (Misure in sito e test in vasca) per stimare le soglie critiche degli organismi, e la messa a punto protocolli *P. nobilis* (Parametrizzazione in ambito Dynamic Energy Budget per simulazioni crescita in diverse condizioni di trapianto).

Misure ambientali strumentali su *Corallium rubrum* e messa punto di protocolli di prelievo, recovery e monitoraggio; Misure in sito e test in vasca; Misure Funzionali di *C. rubrum* al variare di fattori ambientali (torbidità, temperatura, ipossia etc.) per testare la capacità di recovery (Misure in sito e test in vasca).

Attività in cap 6. Attività di restauro e mitigazione

Attività in cap 6.3. Compensazione Habitat 1170

Supporto alle attività di restauro, reporting, analisi dei risultati e definizione/rimodulazione aree di restauro e interventi di mitigazione.

Attività in cap 6.4. Compensazione delle specie protette: *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum*

Insieme all'U.O. di Sassari e U.O. OGS effettuerà il trasporto e ricollocamento degli esemplari di *Pinna nobilis* (dall'area che verrà impattata direttamente). La *Pinna nobilis* verrà trasportata direttamente nei siti e monitorata.

Attività in cap 7. Attività di Monitoraggio delle Compensazioni

Nell'ambito delle attività di monitoraggio delle azioni di reimpianto della *P. o.*, di restauro degli habitat 1170 e di salvataggio della *P. n.* eeLAB effettuerà il monitoraggio e analisi recupero funzioni ecosistemiche, per tutta la durata del progetto.

9.6. UNIVERSITÀ ALMA MATER STUDIORUM DI BOLOGNA, DIFA

9.6.1. Breve descrizione

L'Università Alma Mater Studiorum di Bologna, fondata nel 1088, è considerata la più antica Università dell'Europa occidentale. Oggi rimane ancora una delle più importanti istituzioni di istruzione superiore in tutta Europa con oltre 84000 studenti iscritti, 33 dipartimenti, 11 scuole, 9 centri di ricerca e formazione, 5 campus, 207 corsi di laurea, 52 corsi di laurea internazionali e 48 corsi di dottorato. L'Università di Bologna ha partecipato con successo a molti progetti H2020. In particolare, il gruppo di Oceanografia Interdisciplinare del Dipartimento di Fisica e Astronomia (DIFA) dell'Università di Bologna partecipa al progetto (da ora in poi UNIBO).

Le attività di ricerca di UNIBO si concentrano sullo sviluppo di modelli numerici per la comprensione e la previsione della circolazione generale *oceanica* dalle scale temporali brevi a quelle climatiche per le componenti fisiche e biogeochimiche dell'ecosistema marino.

I principali temi di ricerca sono: Previsioni oceaniche e assimilazione dei dati; Modellazione numerica della circolazione del Mar Mediterraneo dall'oceano aperto alle scale costiere; Modellazione numerica delle dinamiche dell'ecosistema marino; Modellazione numerica del trasporto e destino degli inquinanti in mare; Sviluppo generale di modelli numerici rilocabili; Valutazione ambientale rapida marina.

UNIBO collabora con il Centro EuroMediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC) e le sue divisioni operative di oceanografia e assimilazione dei dati.

Nadia Pinardi è anche coordinatrice del Dottorato: FUTURO DELLA TERRA, CAMBIAMENTI CLIMATICI E SFIDE SOCIALI partecipa al progetto Interreg Italia-Croazia AdriaClim. Il Laboratorio è coinvolto nel Joint JPI-Climate e JPI-Ocean: Knowledge Hub on Sea Level Rise. Il Laboratorio lavora a livello internazionale per costruire il programma UN Decade for Ocean Science: Coastpredict.

9.6.2. Dettaglio attività U.O. UNIBO

Attività in cap 6. Attività di restauro e mitigazione

L'U.O. UNIBO in questo TASK svolgerà le attività di seguito descritte.

Contribuirà per gli aspetti di proprio interesse alla progettazione esecutiva supportando le attività del Tavolo Tecnico.

L'U.O. UNIBO effettuerà uno studio basato su modelli numerici dell'interazione *Posidonia oceanica* - moto ondoso/correnti turbolente e ricostruzione degli eventi passati per comprendere le motivazioni del successo o insuccesso degli impianti di *Posidonia oceanica*. Il tema centrale è quello di simulare l'effetto della *Posidonia oceanica* sul moto ondoso/correnti turbolente e viceversa (e analisi effetti di mitigazione) fino ad arrivare a simulare gli effetti della *Posidonia* sul trasporto solido. Le simulazioni saranno inoltre usate per valutare i reimpianti effettuati a S. Marinella. Si analizzeranno inoltre tali accoppiamenti anche nel contesto delle simulazioni climatiche del futuro contrastando gli effetti della *Posidonia* sulla struttura delle onde e delle correnti negli scenari climatici degli anni 2040-2050.

Al termine delle attività verrà proposto un protocollo per uso dei modelli finalizzati alle attività di restauro degli ecosistemi.

9.7. UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI

9.7.1. Breve descrizione

La nascita dell'Ateneo è legata alla figura di Alessio Fontana, che nel 1558 lasciò i suoi beni alla municipalità per l'istituzione di un collegio di studi affidato alla Compagnia di Gesù, i cui corsi presero avvio nel 1562. Nel 1612 una bolla pontificia accordò ai gesuiti il conferimento dei gradi accademici in filosofia e teologia, mentre il 9 febbraio 1617, re Filippo III concesse, soltanto per le facoltà filosofia e teologia, lo statuto di università di diritto regio. Un secondo fondatore fu Antonio Canopolo, che dotò l'Ateneo di nuove aule, della maestosa Aula Magna e di numerose elargizioni in denaro. Il suo stemma è ancora visibile nell'atrio d'ingresso.

Un passo successivo avvenne nel 1632, allorché una carta reale permise di concedere i gradi in diritto e medicina; l'ateneo fu, infine, restaurato nel 1765 in ottemperanza alle riforme volute dal governo sabauda. Nel 1765 fu anche approvato un regolamento interno con il riconoscimento di quattro facoltà: Filosofia ed Arti, Teologia, Giurisprudenza e Medicina; con uno scambio culturale vennero trapiantati docenti piemontesi avviando l'ateneo sassarese verso una cultura europea e ampliando la ricerca scientifica.

L'università è organizzata nei seguenti dipartimenti: Agraria; Architettura, design e urbanistica; Chimica e farmacia; Giurisprudenza; Medicina veterinaria; Scienze biomediche; Scienze economiche e aziendali; Scienze mediche, chirurgiche e sperimentali; Scienze umanistiche e sociali; Storia, scienze dell'uomo e della formazione; Scienze Chimiche Fisiche Matematiche e Naturali.

In particolare verrà coinvolto il Dipartimento di Scienze Chimiche Fisiche Matematiche e Naturali con il gruppo di ricerca coordinato dalla prof.ssa Ceccherelli le cui linee di ricerca principali sono: 1) Diffusione delle alghe marine introdotte nel Mediterraneo; 2) Efficacia della protezione nelle Aree Marine Protette; 3) Meccanismi che regolano la distribuzione spaziale dei ricci di mare; 4) Effetti di più fattori di stress sulle comunità resilienti; 5) Modelli naturali e antropici del Coralligeno; 6) Meccanismi che regolano le regole di assemblea comunitaria delle comunità di dune di sabbia. U.O. UniSas

9.7.2. Dettaglio attività U.O. UniSas

Attività in cap 3. Attività preliminari alla progettazione e di supporto alle attività sperimentali

UniSas in questo TASK svolgerà le attività di seguito descritte.

Contribuirà per gli aspetti di proprio interesse alla progettazione esecutiva supportando le attività del Tavolo Tecnico.

Caratterizzazione Habitat 1170 propedeutico alla progettazione esecutiva: Test in vasche e sito per messa a punto di protocolli di restauro; indagini in sito; Sperimentazione Pilota coralligeno nei siti pre-individuati - Protocolli per coralligeno; Messa a punto protocolli *C. rubrum*.

Attività in cap 6. Attività di restauro e mitigazione

Attività in cap 6.3. Compensazione Habitat 1170

Reintroduzione degli organismi dell'habitat 1170 negli habitat naturali e substrati artificiali.

Attività in cap 7. Attività di Monitoraggio delle Compensazioni

UniSas collaborerà con le altre U.O. al monitoraggio del reimpianto del coralligeno negli habitat naturali e artificiali ed al monitoraggio del reimpianto della *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum*.

9.8. IAS CNR SEZIONE DI ORISTANO

9.8.1. Breve descrizione

Il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) è il più grande Ente pubblico di ricerca italiano. La missione principale del CNR è svolgere attività di ricerca attraverso i propri Istituti, promuovere l'innovazione e la competitività del sistema industriale nazionale, sviluppare tecnologie e soluzioni alle problematiche emergenti, e contribuire alla qualificazione delle risorse umane. L'Istituto per lo Studio degli Impatti Antropici e la Sostenibilità nell'ambiente marino è uno dei tre istituti di ricerca marina del CNR dove lavorano oltre 100 ricercatori. La distribuzione territoriale di IAS, prevede oltre alla sede dell'Istituto, ubicata a Roma presso l'Università degli Studi di Roma Tre e la nuova sede secondaria di Palermo, una sede secondaria a Genova, proveniente dall'Istituto di Scienze Marine (ISMAR) e le sedi secondarie a Oristano, Capo Granitola e la sede di lavoro di Castellammare del Golfo.

- La precisa caratterizzazione tematica fortemente innovativa e proiettata verso una interpretazione operativa della scienza della sostenibilità in ambiente marino, una nuova disciplina che dovrà sostenere un approccio olistico e interdisciplinare per proteggere l'ecosistema marino e costiero evitando impatti particolarmente negativi, anche rafforzando la sua resilienza, e poter conservare, gestire e utilizzare in modo durevole gli oceani, i mari e le risorse marine per uno sviluppo sostenibile (Obiettivo 14 Agenda 2030 SDGs). Le competenze dei diversi e complementari gruppi di ricerca di IAS sono una garanzia per intraprendere un percorso allineato a questa strategia marina internazionale.
- L'evidente trasversalità delle competenze e delle tematiche di ricerca che si prestano ad essere facilmente implementabili, senza problematiche sovrapposizioni, ad un progetto di sinergia e cooperazione con gli altri Istituti del mare e del DSSTTA per essere maggiormente competitivi a livello nazionale ed internazionale.
- L'eterogeneità e la qualità delle numerose infrastrutture di ricerca marine e strumentazioni presenti in Istituto.
- La grande qualità e professionalità del personale scientifico e di supporto alla ricerca che mostra in generale parametri di produttività elevati e rassicuranti.
- La recente immissione di giovani ricercatori grazie al processo di stabilizzazione appena concluso che ha abbassato notevolmente l'età media del personale e che mette a disposizione una forza lavoro naturalmente disponibile al cambiamento e alla crescita.

La Macrotematica di Ricerca Ecologia Marina ed Effetti Antropici (EMEA), costituita da 6 Gruppi di Ricerca, ha come obiettivo primario lo studio dell'ecologia degli ambienti marini, costieri e lagunari e di come la pressione dell'impatto antropico e del cambiamento climatico influenza la biodiversità strutturale e funzionale. Il sempre maggiore sviluppo di attività umane nell'ambiente marino e costiero ha determinato pressioni crescenti ed impatti su specie, habitat ed interi ecosistemi, causando sostanziali modifiche strutturali e funzionali. Tali modifiche, inoltre, interagiscono con il cambiamento globale in atto (aumento della temperatura degli oceani, acidificazione, fenomeni di ipossia, innalzamento del livello del mare, erosione costiera e variazioni nella dinamica dei ghiacci) e con l'invasione di specie aliene, rendendo difficile separare gli effetti che le diverse cause determinano, e che quasi sempre consistono nella perdita complessiva di qualità dell'ambiente marino e del suo capitale naturale. Le principali tematiche sono:

- acquacoltura multitrofica integrata;
- capacità di risposta degli ecosistemi marino costieri e lagunari alle pressioni antropiche;
- conservazione della biodiversità con particolare riferimento ai biocostruttori marini (ad esempio coralligeno, *Dendropoma* spp., fanerogame marine, foreste algali, ecc.);
- ecologia del ripristino di ambienti marini degradati (restoration ecology) con particolare riferimento alle praterie di *Posidonia oceanica*;
- ecologia dei fondi duri e mobili: biodiversità, funzionamento, conservazione;
- effetti dei cambiamenti climatici, inclusi riscaldamento globale, acidificazione oceanica ed ipossia, sull'energetica, la locomozione e la distribuzione spaziale degli organismi marini;
- effetti degli stressori ambientali sull'interazione predatore-preda e sul comportamento individuale e collettivo degli animali acquatici;
- effetti dell'invasione di specie aliene su popolazioni ed ecosistemi autoctoni;
- monitoraggio degli spostamenti e studio della distribuzione spaziale di individui attraverso l'applicazione di tecniche di marcatura tradizionale, osservazioni dirette (censimento visivo, telecamere, foto-identificazione) e di telemetria acustica ovvero di monitoraggio remoto di animali marcati con trasmettitori miniaturizzati;
- studio delle reti trofiche marine con un approccio che utilizza gli isotopi stabili;
- studio degli spiaggiamenti dei cetacei, delle cause di morte (attività di pesca, navigazione, inquinamento) e analisi dei tessuti prelevati dagli esemplari. Recupero

delle ossa e le ricostruzioni degli scheletri per attività di ricerca, didattica e musealizzazione dei reperti;

- valutazione dello stato ecologico e ambientale di aree marine e costiere (nell'ambito delle Direttive Europee) attraverso lo studio della biologia ed ecologia di specie vulnerabili e dei popolamenti bentonici;
- valutazione del ruolo e dell'efficacia delle Aree Marine Protette;
- vulnerabilità e resilienza dell'ittiofauna marina in ambito polare: diversità e definizione dei ruoli ecologici, valutazione e previsione delle risposte degli ecosistemi a cambiamenti ambientali, studio dei meccanismi genomici che sottendono a processi di adattamento all'ambiente con particolare riferimento a condizioni climatiche estreme.

9.8.2. Dettaglio attività U.O. IAS CNR

Attività in cap 3. Attività preliminari alla progettazione e di supporto alle attività sperimentali

UniSas in questo TASK svolgerà le attività di seguito descritte.

Contribuirà per gli aspetti di proprio interesse alla progettazione esecutiva supportando le attività del Tavolo Tecnico.

Supporterà la caratterizzazione Habitat 1170 propedeutico alla progettazione esecutiva e contribuirà ai test in vasche e sito per messa a punto di protocolli di restauro; indagini in sito; Sperimentazione Pilota coralligeno nei siti pre-individuati - Protocolli per coralligeno e messa a punto protocolli *C. rubrum*.

Attività in cap 6. Attività di restauro e mitigazione

Attività in cap 6.3. Compensazione Habitat 1170

Supporterà la reintroduzione degli organismi dell'habitat 1170 negli habitat naturali e substrati artificiali.

Attività in cap 7. Attività di Monitoraggio delle Compensazioni

CNR IAS collaborerà con le altre U.O. al monitoraggio del reimpianto del coralligeno negli habitat naturali e artificiali ed al monitoraggio del reimpianto della *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum*.

9.9. UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA (DISAT)

9.9.1. Breve descrizione

Il Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra (DISAT) dell'Università di Milano-Bicocca è stato istituito nel 2012 fondendo i dipartimenti di Scienze Ambientali e Scienze Geologiche, per sviluppare un approccio multidisciplinare allo studio dell'ambiente e dei cambiamenti climatici. Il DISAT impiega uno staff composto da più di 70 docenti e ricercatori e 20 tecnici e collabora con numerose università e istituti di ricerca nazionali università e istituti di ricerca nazionali e internazionali. DISAT offre studi interdisciplinari a livello di bachelor e master, tra cui il corso di master in Scienze Geologiche e Geotecnologie (con curricula in Geologia Marina e Georischio e Cambiamenti Climatici) e il master internazionale in Scienze Marine, dove il gruppo di ricerca coinvolto nelle attività progettuali è titolare di insegnamenti attinenti la geomorfologia marina, la mappatura dei fondali e degli habitat bentonici e la geologia marina applicata. Il DISAT fornisce una varietà di servizi analitici per il monitoraggio ambientale. Il personale e i suoi laboratori (alcuni dei quali rappresentano un'eccellenza a livello europeo) svolgono attività di consulenza di alto profilo anche per enti e istituzioni straniere e contribuisce alla formazione e all'aggiornamento dei professionisti impegnati nelle scienze ambientali. Il gruppo di ricerca coinvolto nella presente proposta ha solide e documentate competenze nell'esplorazione e caratterizzazione geologica/geomorfologica e nella mappatura dell'ambiente sottomarino (attraverso l'utilizzo di strumentazione geofisica acustica come ecoscandagli multibeam, sonar a scansione laterale e sismica a riflessione) per la valutazione ambientale e delle risorse, la gestione del rischio geomorfologico e lo studio della risposta del paesaggio sommerso, habitat inclusi, ai cambiamenti climatici e ambientali in atto.

Le principali attività del gruppo di ricerca coinvolto nel progetto si concentrano sullo sviluppo di metodologie innovative per l'elaborazione e l'analisi dei dati finalizzate a potenziare l'efficacia delle operazioni di monitoraggio della biodiversità marina (mappatura di habitat d'interesse ecologico) e la caratterizzazione degli impatti ambientali in mare (es. plastica e alterazione del fondo generate da attività antropiche), realizzate in particolare attraverso:

- l'implementazione di tecniche di classificazione semiautomatica (i.e. supervised) di immagini digitali basate sui principi dell'analisi tessiturale (i.e. textural analysis) e l'applicazione di tecniche informatiche quali Deep Learning e Object-Based Image

Analysis (OBIA) per promuovere lo sviluppo di analisi quantitative di dati acquisiti in ambiente sommerso;

- l'applicazione di tecniche di analisi geomorfometrica, finalizzata al riconoscimento e alla mappatura semiautomatica delle forme del rilievo terrestre in ambiente sommerso ed alla mappatura predittiva della distribuzione degli habitat bentonici in aree di piattaforma e scarpata continentale;
- l'applicazione dei principi della fotogrammetria tramite l'uso dell'algoritmo Structure from Motion per la generazione di modelli tridimensionali di precisione fotorealistici, generati partendo da immagini acquisite tramite telecamere subacquee o montate su droni per il rilevamento geomorfologico ed ambientale di aree sommerse.

9.9.2. Dettaglio attività U.O. Milano-Bicocca (DISAT)

Attività in cap 3. Attività preliminari alla progettazione e di supporto alle attività sperimentali

Il gruppo di ricerca UniMiB in questo TASK svolgerà le attività di seguito descritte .

- TX.1 Rielaborazione dei dati raw acquisiti tramite Side Scan Sonar nelle aree di potenziale restauro dell'Habitat 1120* a Posidonia oceanica per migliorare la qualità dei GeoTiff prodotti, finalizzata alla realizzazione di nuovi fotomosaici rappresentanti la distribuzione delle facies morfoacustiche che caratterizzano l'ambiente bentonico delle aree oggetto di studio.
- TX.2 Analisi, caratterizzazione quantitativa e segmentazione delle facies morfoacustiche costituenti i fotomosaici Side Scan Sonar rielaborati, mediante l'uso di software dedicati e sviluppate sui principi dell'analisi tessiturale (i.e. textural analysis) e l'applicazione di tecniche informatiche quali Object-Based Image Analysis (OBIA).
- TX.3 Realizzazione di cartografie tematiche rappresentanti la distribuzione delle biocenosi bentoniche nelle aree di potenziale restauro dell'Habitat 1120* a Posidonia oceanica, sviluppate attraverso l'applicazione di una legenda generata sulla base dei risultati prodotti dal task TX.2 e giudizio di esperti, effettuando insieme all'U.O. UNITUS le necessarie verifiche in sito per la calibrazione e validazione delle classificazioni prodotte.
- TX.4 identificazione insieme all'U.O. UNITUS di aree potenzialmente idonee alle operazioni di trapianto e loro rilievo metrico di precisione tramite applicazione di tecniche di fotogrammetria subacquea e generazione di modelli multiscalarari delle aree di studio.

10. REPORTING, MANAGEMENT E TEMPISTICA

10.1. REPORTING TECNICO E SCIENTIFICO

Per tutta la durata del progetto sarà garantita la redazione di reportistica scientifica per massimizzare la condivisione dei risultati ottenuti dalle diverse attività di ricerca svolte con le parti interessate e le autorità competenti.

I Reports descrittivi delle attività svolte e relativa analisi dei dati raccolti verranno prodotti con una cadenza coerente alla durata delle attività previste nelle diverse fasi del progetto. In particolare:

1. per la progettazione degli interventi di compensazione la deadline sarà l'apertura del tavolo tecnico;
2. per le attività di monitoraggio durante la realizzazione delle opere, saranno prodotti reports semestrali;
3. per tutte le attività di ricerca dopo la realizzazione delle opere (ulteriori 6 anni), saranno prodotti reports annuali sino al termine del progetto.

Le attività di ricerca sviluppate durante il progetto verranno quindi indirizzate alla divulgazione scientifica, ovvero i risultati ottenuti dalle attività di ricerca verranno pubblicati su riviste scientifiche internazionali referate nonché presentati a convegni scientifici di settore, sia nazionali che internazionali.

Il progetto di ricerca posto in essere, infatti, integra una serie di attività e di collaborazioni con diversi istituti scientifici (CMCC, Università della Tuscia, OGS, Università di Palermo, Università di Bologna, Università di Sassari, Università di Milano Bicocca, CNR-IAS), con lo scopo di eseguire, nel corso delle attività, approfondite elaborazioni dei dati finalizzate alla produzione scientifica. I dati raccolti potranno essere inoltre oggetto di tesi di laurea triennale, magistrale e di dottorato.

Verranno prodotte rappresentazioni cartografiche al fine di consentire una rapida consultazione dei risultati del monitoraggio in merito al comparto biotico (distribuzione ed estensione delle praterie di *P. oceanica*, distribuzione delle comunità bentoniche, etc), alla colonna d'acqua (profili di temperatura, salinità, solido sospeso, etc.), e al comparto sedimentologico (caratterizzazione granulometrica e chimica dei sedimenti). Verranno inoltre restituite simulazioni preliminari di corrente marina, moto ondoso, trasporto solido e relazione fra

trasporto solido, moto ondoso e *Posidonia oceanica*, prima e dopo la costruzione delle opere nonché, simulazioni dell'eventuale dispersione di idrocarburi e batteri.

10.2. MANAGEMENT

Il progetto di ricerca prevede un Gruppo di Coordinamento Scientifico che verrà costituito dai rappresentanti dell'Autorità Portuale e del CMCC designati nella Convenzione, da un rappresentante per ciascun Ente partecipante al Progetto di Ricerca, coadiuvato da esperti delle differenti discipline scientifiche qualora necessario e da ulteriori esperti qualora il proseguo delle attività lo rendesse necessario. Il Gruppo di Coordinamento Scientifico nominerà un rappresentante scientifico del Progetto di Ricerca che sarà responsabile del coordinamento delle differenti attività scientifiche.

Il Gruppo di Coordinamento Scientifico, coadiuvato di volta in volta dagli esperti delle differenti discipline, avrà il compito di decidere in merito alle metodologie, al dettaglio delle attività di ricerca che verranno poste in essere, al fine di garantire i migliori risultati. Inoltre, verificherà la qualità dei risultati, promuoverà la pubblicazione dei risultati scientifici in ambito nazionale e internazionale, redigerà il progetto di dettaglio del restauro ambientale e i protocolli di restauro e analisi ambientale, partecipando infine al Tavolo Tecnico coordinato dalla Direzione Generale per le Valutazioni Ambientali del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, con la partecipazione della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale – VIA e VAS, della Direzione Generale per la Protezione della Natura e del Mare, della Regione Lazio e dell'ARPA Lazio.

Il progetto viene suddiviso in workpackages. A ciascun workpackage è associato un workgroup. Dal Gruppo di Coordinamento Scientifico verrà identificato un coordinatore per ciascun WorkGroup.

WorkPackages		WorkGroups
WP1	Gestione, avanzamento del progetto e logistica	Gruppo di Coordinamento Scientifico (GCS)
WP2	Servizi Ecosistemici	UniPalermo, Unitus
WP3	Habitat 1120*	CMCC, UniPalermo, OGS, Unitus, Uni-Milano Bicocca
WP4	Habitat 1170	UniPalermo, OGS, UniSS, CNR-IAS, Unitus
WP5	Specie prioritarie	UniPalermo, OGS, UniSS, CNR-IAS
WP6	Modelli numerici	CMCC, UniBologna
WP7	Monitoraggio dei fondali e degli Habitat bentonici	CMCC, Unitus, OGS, Uni-Milano Bicocca
WP8	Colonna d'acqua e dinamica	Unitus, CMCC, OGS
WP9	Comunicazione e disseminazione dei risultati	CMCC, Unitus

Nelle seguenti tabelle vengono illustrate le attività, raggruppate per WorkGroups, e la tempistica del loro coinvolgimento nel corso del progetto. Inoltre sono identificati i gruppi di lavoro per ciascuna delle task dei WorkGroups.

Cronoprogramma per WorkGroups		ANTE OPERAM										DURANTE		POST OPERAM							
		Inizio progetto		TAVOLO TECNICO				Ante operam		Carriere		Monit. Amb. + Monit. Comp.		Monit. Compensazioni							
		Sep-22	Oct-22	Nov-22	dicembre '22 - mag '23		mag '23 - sett '23		sett '23 - dic '23		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031			
				2022				2023				2024-2031									
WP1	Gestione, avanzamento del progetto e Logistica	GCS (Gruppo di Coordinamento Scientifico)																			
Task 1.1	Avviamento del progetto	CMCC, ADSP																			
	Installazione del Gruppo di Coordinamento Scientifico (GCS)																				
	Stipula contratti CMCC-Etri																				
	Nomina Referenti WG																				
Task 1.2	Management	GCS																			
	Organizzazione Kick off meeting																				
	Redazione del Progetto delle Compensazioni																				
	Partecipazione GCS al Tavolo tecnico																				
	Verifica avanzamento progetto																				
Task 1.3	Redazione gare per Azioni Tutela Habitat	ADSP, CMCC, Unitus																			
	Redazione gare per acquisto e posizionamento sfioratori fisse di misura																				
	Redazione gare per acquisto e posizionamento barriere antiriscio																				
	Redazione gare per acquisto e posizionamento tech-reef																				
	Redazione gare per acquisto e posizionamento boe ancoraggio																				
Task 1.4	Logistica	Unitus, CMCC																			
	Predisposizione laboratori e mezzi per logistica progetto																				
	Supporto logistico alle attività sperimentali e al mantenimento organismi in vasca																				
WP2	Servizi ecosistemici	UniPalermo, Unitus, CMCC																			
Task 2.1	Attività preliminari di stima dei servizi ecosistemici mediante modello INVEST	Unitus, CMCC, UniPalermo																			
	Computo servizi ecosistemici con Modello INVEST nell'area di Civitavecchia																				
	Calibrazione con dati sperimentali																				
	Analisi della baseline dei servizi ecosistemici forniti dagli habitat impattati																				
	Analisi della baseline dei servizi ecosistemici forniti dagli habitat da restaurare																				
Task 2.2	Misura dei Servizi Ecosistemici	UniPalermo, Unitus, CMCC																			
	Misure di Funzionalità Ecosistemica delle Specie e degli Habitat (1120*, 1170)																				
	Misura a punto di indicatori e Redazione dei protocolli																				
	Misure dei Servizi Ecosistemici delle Specie e degli Habitat (1120*, 1170)																				
Task 2.3	Calibrazione modello e algoritmi con dati sperimentali	UniPalermo, Unitus, CMCC																			
	Calibrazione dei modelli di valutazione del capitale naturale basati sui parametri misurati																				
	Computo servizi ecosistemici con Modello INVEST e verifica analisi capitale naturale sulle aree restaurate e su aree di bianco																				
Task 2.4	Verifica del recupero dei servizi ecosistemici	UniPalermo, Unitus, CMCC																			
	Verifica del recupero dei servizi ecosistemici 1120*																				
	Verifica del recupero dei servizi ecosistemici 1170																				
	Verifica del recupero dei servizi ecosistemici Specie																				

[illegible]

Contenuto programma per Monitoraggio		ANTE OPERAM										DURANTE		POST OPERAM																			
		Inizio progetto			TAVOLO TECNICO					Ante operam		Caricarsi		Monitor. Amb. + Monitor. Comp.		Monitor. Compensazioni																	
		Sep-22	Oct-22	Nov-22	dicembre 22 - mag 23					mag 23 - set 23		set 23 - dic 23		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031												
		2023										2023										2024-2031											
WP7 Monitoraggio dei fondali e degli Habitat bentonici																																	
Task 7.1	Benthos Monitoraggio del benthos di fondo mobile Monitoraggio del benthos di fondo duro	Unitus, OGS																															
Task 7.2	Posidonia oceanica Balsage Limite superiore da satellite Stato delle praterie dei SIC mediante acustica - ASV Calibrazione ASV	Unitus, CMCC, OGS, Università di Milano																															
Task 7.3	Sedimenti e chimica Bioaccumulo nei ricci di mare Chimica dei sedimenti Fisica dei sedimenti	CMCC, OGS																															
Task 7.4	Specie aliene	Unitus, OGS																															
Task 7.5	Predisposizione documento preliminare monitoraggio SIC Lazio Raccolta dati Bibliografici Creazione di un data base cartografico per i SIC del Lazio	OGS, CMCC, Unitus																															
Task 7.6	Monitoraggio da Satellite meso e infralitorale superiore Analisi immagini alta risoluzione Calibrazione con dati di campo	OGS, Unitus																															
WP8 Colonna d'acqua e Dinamica costiera		Unitus, OGS, CMCC																															
Task 8.1	Attività di campo integrative utili al completamento del quadro conoscitivo ambientale Misure CTD in regime di stratificazione Campionamenti e analisi Chla e SS per calibrazione immagini satellitare Misure correntometriche Immagini satellitari Satellite periodo misure (temperatura clorofilla e torbidità) calibrazione con dati in sito Trappole per sedimenti (analisi dati sedimentazione delle trappole per sedimenti ai fini della validazione modello trasporto solido)	Unitus, CMCC																															
Task 8.2	Attività preliminari alla progettazione e di supporto alle attività sperimentali Misure cfd a supporto degli studi dei servizi ecosistemici Dati di campo a supporto della modellistica: torbidità, velocità al fondo e tasso di sedimentazione per la qualificazione delle aree di riempimento di Posidonia oceanica, riabilitazione e dettaglio modelli nella mesoscala mirati alle opere di compensazione Studi correntometrici a supporto della progettazione delle attività di restauro e tutela	Unitus, CMCC																															
Task 8.3	Misure oceanografiche a supporto dello studio dei potenziali impatti in relazione alla realizzazione delle opere e dei cambiamenti climatici e per la validazione dei modelli numerici Misure CTD, FLS, Turb, Or (Sonda, Glider, ASV) Correnti Onde Chimica della colonna d'acqua per calibrazione modelli numerici TRIX e Nutrienti Fitoplankton Analisi dati satellitari e campionamenti	Unitus, CMCC																															
Task 8.4	Supporto alla gestione dei dati delle stazioni fisse Elaborazione e verifica qualità dati stazioni fisse di misura	Unitus, CMCC																															
WP9 COMUNICAZIONE E DISSEMINAZIONE DEI RISULTATI		OGS, Unitus, CMCC																															
Coinvolgimento diving e associazioni Programma pesca responsabile e codice di condotta pesca Realizzazione di un Centro Educativo Marino Azioni di sensibilizzazione delle scuole e delle comunità locali Convegni e incontri con gli stakeholders: mondo della pesca, divers, diporto, autorità locali, regionali e nazionali Pubblicizzazione progetto compensazioni		Unitus, CMCC Unitus, CMCC Unitus, CMCC OGS, Unitus, CMCC OGS, Unitus, CMCC																															

10.3. TEMPISTICA DEL PROGETTO E CRONOPROGRAMMA

Nella pagina seguente si riporta il cronoprogramma delle attività dell'intero progetto.

La tempistica illustrata prevede un inizio di tutte le attività del progetto, con il coinvolgimento dei differenti Partners di cui al capitolo 9., al 3 gennaio 2022.

Nel caso di slittamento della data inizio attività del progetto, si dovrà tenere conto del fatto che molte attività di caratterizzazione e sperimentazione relative alle biocenosi e specie considerate dovranno tenere conto della stagionalità di dette specie, con particolare riferimento ai cicli vitali delle stesse che richiedono alcune attività da svolgersi in primavera ed estate.

Tab. 6. Cronoprogramma di progetto

START			ANTE OPERAM											DURANTE			POST OPERAM										
			Inizio progetto			TAVOLO TECNICO					Ante operam			Cantiere		Monit. Amb. + Monit. Comp		Monit. Compensazioni									
			set-22	ott-22	nov-22	dicembre 22 - mag 23					mag 23 - sett 23			sett 23 - dic 23		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031				
2. Attività di ricerca integrative utili al completamento del quadro conoscitivo ambientale			2022					2023					2024-2031														
2.1.	Completamento Simulazioni effettuate dal Unitus	Unitus, CMCC																									
2.2.	Completamento indagini sperimentali effettuate dal Unitus	Unitus, CMCC																									
2.3.	Analisi degli effetti potenziali su habitat e specie protette	Unitus, CMCC																									
2.4.	Gestione ed archiviazione dei dati raccolti	CMCC, Unitus																									
	Definizione, Sviluppo ed Applicazione Sperimentale di un Early Warning System (EWS) - modelli	CMCC																									
2.5.	Definizione, Sviluppo ed Applicazione Sperimentale di un Early Warning System (EWS) - Validazione dati	CMCC, Unitus																									
	Boa Fissa e stazioni banchina	ADSP																									
	Modelli numerici e test operativi (continuazione 4.1.)	CMCC, UniBO																									
3. Attività preliminari alla progettazione e di supporto alle attività sperimentali																											
3.1.	Supporto logistico alle attività di progetto e progettualità	Unitus																									
3.2.	Studi di campo propedeutici alla progettazione esecutiva																										
3.2.1.	Studi volti alla caratterizzazione delle aree direttamente impattate	Unitus, CMCC																									
	Posidonia																										
	Habitat 1170																										
3.2.2.	Caratterizzazione delle aree a Posidonia oceanica	CMCC, UNIPA																									
3.2.3.	Caratterizzazione dell'Habitat 1170	UNIPA, UNISAS, OGS																									
3.2.4.	Censimento delle specie Pinna nobilis e Corallium rubrum e caratterizzazione dei relativi habitat	UNIPA, OGS																									
3.3.	Modellistica propedeutica alla progettazione	CMCC, UniBO																									
3.4.	Caratterizzazione aree per il posizionamento di campi boe, barriere antistrascico e tecnoreef	CMCC, Unitus																									
3.5.	Impianti PILOTA propedeutici alla progettazione esecutiva	CMCC, UNISAS, OGS, UNIPA																									
	Progettazione degli interventi di compensazione																										
4. Studio dei potenziali impatti della realizzazione delle opere in relazione agli habitat e ai cambiamenti climatici																											
4.1.	Modelli numerici e Test Operativi	CMCC, UniBO																									
4.2.	Avvio e messa a regime di un sistema osservativo integrato	CMCC, Unitus, OGS																									
4.3.	Analisi dei fondali: sedimenti e benthos	Unitus																									
	Posidonia oceanica																										
4.4.	GIS e Reporting	Unitus, CMCC																									
5. Comunicazione e stakeholders																											
5.1.	Coinvolgimento divings e associazioni	Unitus, CMCC																									
5.2.	Programma pesca responsabile e codice di condotta pesca	Unitus, CMCC																									
5.3.	Realizzazione di un Centro Educativo Marino	Unitus																									
5.4.	Azioni di sensibilizzazione delle scuole e delle comunità locali	Unitus																									
5.5.	Convegni e Incontri con gli stakeholders: mondo della pesca, divers, diporto, autorità locali, regionali e nazionali	TUTTI																									
5.6.	Pubblicizzazione progetto compensazioni	TUTTI																									
6. ATTIVITÀ DI RESTAURO E MITIGAZIONE																											
6.1.	Supporto logistico	Unitus																									
6.2.	Compensazione Posidonia oceanica (PO)																										
6.2.1.	Recupero e messa a dimora talee	AdSP - CMCC																									
	Reintegro delle falanze	AdSP - CMCC																									
	Attività sperimentale su talee e semi	OGS - CMCC																									
6.2.2.	Boe ancoraggio diporto e sub	AdSP																									
6.2.3.	Barriere e blocchi antistrascico: identificazione dei siti e messa in opera	AdSP - CMCC- Unitus																									
6.2.4.	Studio basato su modelli numerici dell'interazione Posidonia oceanica - moto ondoso e ricostruzione degli eventi passati per comprendere le motivazioni del successo insuccesso impianti Posidonia oceanica	UNIBO, CMCC																									
6.3.	Compensazione Habitat 1170																										
6.3.1.	Programma Bycatch e reintroduzione in ambiente	OGS, Unitus, UNISAS, UNIPA																									
6.3.2.	TechReef	AdSP																									
6.3.3.	Boe ancoraggio diporto e sub	AdSP																									
6.3.4.	Reintroduzione in ambiente	OGS, Unitus, UNISAS, UNIPA																									
6.4.	Compensazione delle specie protette: Pinna nobilis e Corallium rubrum																										
6.4.1.	Recupero individui	UNIPA, OGS																									
6.4.2.	Mantenimento e adattamento	UNIPA, OGS																									
6.4.3.	Reintroduzione in ambiente (Pinna n. finisce prima dell'ante-operam e Corallium rubrum continua con il bycatch)	UNIPA, OGS																									
7. Attività di Monitoraggio delle Compensazioni																											
7.1.	Monitoraggio compensazioni Posidonia oceanica	CMCC																									
	Monitoraggio impianti pilota																										
	Monitoraggio funzioni ecosistemiche																										
	Monitoraggio barriere e boe																										
7.2.	Monitoraggio restauro Habitat 1170	UNIPA, OGS, UNISAS																									
	Monitoraggio superfici naturali																										
	Monitoraggio funzioni ecosistemiche																										
	Monitoraggio techreef e boe																										
7.3.	Monitoraggio reimpianto Pinna nobilis e Corallium rubrum	UNIPA, OGS																									
8. Valutazione preliminare dello stato di salute dei sic marini del Lazio																											
8.2.	Raccolta dati bibliografici	OGS, Unitus																									
8.3.	Analisi dati a scala regionale	CMCC, Unitus, OGS																									
8.4.	Creazione di un data base cartografico per i SIC del Lazio	Unitus, CMCC																									
8.5.	Progetto preliminare di studio dei SIC	OGS, Unitus, CMCC																									

11. RELAZIONE FRA IL PROGETTO DI RICERCA E LA SOCIETÀ

Si definisce l'impatto della ricerca come "il contributo dimostrabile che la ricerca apporta alla società e all'economia". Ciò può comportare un impatto accademico, un impatto economico e sociale o entrambi. L'impatto accademico è il contributo dimostrabile che la ricerca sociale ed economica apporta nello spostare la comprensione e il progresso di un metodo, di una teoria e di un'applicazione scientifica tra e all'interno delle discipline. L'impatto economico e sociale è il contributo dimostrabile che una ricerca sociale ed economica apporta alla società e all'economia e i suoi benefici a individui, organizzazioni e/o nazioni.

L'impatto della ricerca, sia essa accademica, economica o sociale, può influenzare lo sviluppo di politiche e di pratiche comuni, può plasmare la legislazione, alterare il comportamento, contribuire alla comprensione delle questioni politiche, sviluppare capacità attraverso lo sviluppo delle competenze tecniche e personali.

Gli obiettivi principali della ricerca scientifica infatti vanno dall'informazione, alla raccolta di prove per la conferma di teorie, al contribuire allo sviluppo della conoscenza in un campo di studio specifico.

La ricerca riveste quindi un ruolo fondamentale per tutti, non solo per studenti e scienziati. La ricerca infatti avvantaggia le imprese: molte aziende di successo, come quelle che producono beni di consumo o articoli per il mercato di massa, investono in ricerca e sviluppo. Diversi settori che coinvolgono processi scientifici e ingegneristici (come agricoltura, produzione, sanità e farmaceutica, computer software, semiconduttori, tecnologie dell'informazione e della comunicazione, edilizia, robotica, aerospaziale, aviazione ed energia) hanno elevate spese di ricerca e sviluppo perché sono fondamentali per la creazione e il miglioramento dei loro prodotti e servizi.

La ricerca scientifica avvantaggia le Amministrazioni e gli stakeholders Pubblici dando indicazioni importanti anche attraverso procedure innovative e best practices e dando un supporto fondamentale agli obiettivi delle politiche in atto, la società scientifica fornendo nuove informazioni e dati che alimentano il progresso scientifico e della società e la società Civile direttamente, quando può accedere immediatamente ai risultati della ricerca e indirettamente, quando invece fruisce delle ricadute che le attività di ricerca hanno su beni e servizi di cui la società stessa si avvale.

11.1. PROGETTO DI RICERCA E COMUNITÀ SCIENTIFICA

Uno dei difetti principali della ricerca è la mancanza di programmi a lungo termine che permettano di verificare l'avanzamento del progetto e le sue ricadute e interazioni con i processi a mesoscala e macroscale, con le variazioni interannuali che a volte nascondono i risultati ottenuti e con le grandi variazioni temporali come i cambiamenti climatici.

Un altro problema della ricerca oceanografica e marina è la settorialità, dove le differenti attività sono spesso compartimentate all'interno di singole discipline, e la parola “interdisciplinare” sovente viene confusa con “multidisciplinare”.

Questo progetto per struttura e durata, per le numerose interazioni vuole superare questi problemi, fornendo una visione unica, univoca e integrata della ricerca marina, dove le differenti discipline si “intercettano” contribuendo a risolvere problemi scientifici anche complessi mediante l'interazione dei differenti gruppi di ricerca.

Anche il tempo a disposizione del progetto, fornisce una visione unica nel panorama italiano, consentendo di programmare le attività di ricerca in un periodo di tempo che interseca scale temporali e spaziali, dai cambiamenti climatici alle funzioni ecosistemiche di singoli organismi che risponderanno nel tempo a variazioni dovute a stressori antropici locali e contemporaneamente alle modulazioni indotte da variazioni a lungo termine.

Questo progetto ha quindi l'ambizione di mettere a punto e verificare nel tempo una serie di protocolli e modalità operative che vanno dalle modalità di “recovery” e messa a dimora di specie pregiate, al restauro di habitat di grande valore, alla verifica sperimentale della possibilità di utilizzo di tecnologie innovative ed integrate per lo studio degli ecosistemi marini, alla messa a punto di modelli numerici oceanografici che diventano strumenti di lavoro per gli scienziati di altre discipline.

11.2. PROGETTO DI RICERCA E SOCIETÀ CIVILE

La ricerca, lo sviluppo e l'innovazione sono sempre più indirizzati ad aree che presentano sfide per la società, come il cambiamento climatico, l'uso efficiente dell'energia e delle risorse, il cambiamento demografico e la salute.

Viviamo in una società della conoscenza, che contribuisce al funzionamento e all'innovazione e aiuta i paesi a essere competitivi su scala globale. L'interazione tra scienza e società assicura che la conoscenza venga scambiata, verificata e riflessa tra i vari gruppi di interesse. Questa

interazione viene spesso definita trasferimento di conoscenza. L'interazione tra scienza e società assicura che la conoscenza venga scambiata, verificata e riflessa tra i vari gruppi di interesse. Questa interazione viene spesso definita trasferimento di conoscenza. A un livello di base, quindi, gli scienziati servono l'interesse pubblico.

In particolare, questo progetto ha una valenza fondamentale a livello sociale, in quanto la ricaduta dei suoi risultati sarà un miglioramento delle condizioni ambientali, delle caratteristiche ecologiche del mare, della biodiversità e della ricchezza ambientale, tutto ciò dimostrato attraverso un aumento del capitale naturale marino dell'area con benefici diretti e indiretti sulla popolazione e le attività che si svolgono sulla fascia costiera: turismo (divings, skuba, pesca sportiva, mare pulito, diporto), riqualificazione e aumento del valore immobiliare costiero, pesca professionale, sono solo alcune delle categorie che avranno beneficio dal progetto in essere.

11.3. PROGETTO DI RICERCA E GLI STAKEHOLDERS ISTITUZIONALI

Un approccio scientifico che si basa sull'interazione con le parti interessate e con le politiche può fornire ai ricercatori e ai gruppi di ricerca l'opportunità di:

- migliorare la pertinenza della loro ricerca attraverso l'identificazione di problemi sociali e nuove prospettive;
- migliorare la qualità della ricerca attraverso un migliore accesso ai dati;
- comunicare efficacemente con le parti interessate per aumentare le possibilità che i risultati della ricerca influenzino i processi decisionali.

Risulta fondamentale il dialogo tra la ricerca scientifica e le Pubbliche Amministrazioni, per sollecitare la prima a operare sempre più a supporto delle politiche e delle best practices, in una dimensione internazionale, che veda il nostro paese sempre più riconoscibile sul piano europeo. In questa crisi, di natura globale, la ricerca deve essere finalizzata alla sperimentazione di approcci applicativi trasferibili alla realtà di sviluppo del nostro paese.

Tutti i dati raccolti attraverso la ricerca applicata sono fondamentali nella costruzione di banche dati, cartografiche e modelli, che, attraverso l'uso dei GIS e l'utilizzo dell'interoperabilità, e grazie alle potenzialità date dall'Information Technology, assumeranno un ruolo sempre più importante, implementando delle infrastrutture che consentiranno i processi di razionalizzazione delle amministrazioni pubbliche.

Questo progetto presenta quindi una importante ricaduta per gli Enti locali, come ad esempio il Comune di Civitavecchia che si troverà a fruire di un importante Sistema osservativo integrato, di un ecosistema marino “migliorato” dal punto di vista dei Servizi ecosistemici, della biodiversità e della qualità dell’Ambiente. Come ad esempio la Capitaneria di Porto che potrà fruire dei modelli per la previsione di onde, correnti e inquinamento da idrocarburi, di particolare importanza in caso di incidente navale.

Infine, l’Autorità Portuale di Civitavecchia, grazie alle attività ed ai risultati del progetto, potrà ottemperare ad una serie di prescrizioni ambientali come descritte in dettaglio nella tabella seguente.

Tab. 7. *Tabella riassuntiva che riporta la corrispondenza tra le richieste di integrazione per il completamento della VINCA e le attività proposte dal progetto "Approccio ecosistemico alla valutazione delle opere di compensazione e mitigazione in ambiente marino: il caso studio dell'hub portuale di Civitavecchia".*

N°	Fonte	Richiesta integrazione VINCA	Corrispondenza con le attività del progetto
ANALISI DEGLI ASPETTI IDRODINAMICI, DEL MOTO ODNOSO E DISPERSIONE DEL MATERIALE IN SOSPENSIONE			
1a	CTVA/4031 del 20/11/2014	Raccolta ed analisi dei dati con metodologia P.E.D.A.S Nella relazione VINCA01 si afferma che per "analizzare e prevedere gli effetti potenziali derivanti dalle attività di dragaggio sulle aree marine costiere ad elevato valore ecologico" è stata applicata la "metodologia P.E.D.A.S. (Potential Effects of Dredged Activities on SIC)" secondo cui la raccolta e l'analisi dei dati si basa su un "approccio multidisciplinare costituito da acquisizioni di dati in situ, osservazioni satellitari e simulazioni numeriche". Tuttavia, dalla documentazione esaminata non si evince un vero e proprio collegamento tra i dati disponibili (misure in situ, osservazioni satellitari e risultati di modelli matematici). Inoltre, nell'ambito della metodologia P.E.D.A.S. circa l'integrazione delle diverse tipologie di dato analizzate, risulta opportuno, ai fini della valutazione degli effetti potenziali sui due SIC (IT6000005 e IT6000006) delle attività di dragaggio, riportare in maniera chiara i criteri di integrazione utilizzati.	Il modello idrodinamico verrà validato (vedi par. 2.1.3.) con dati correntometrici (vedi par. 2.2.3.) e misure CTD (vedi par. 2.2.1.) mentre i risultati del modello di dispersione dei sedimenti saranno confrontati (vedi par. 2.1.4.) con le immagini satellitari a media ed alta risoluzione (MODIS, Landsat e Sentinel) che identificano la distribuzione del solido sospeso e della clorofilla-a (vedi par. 2.2.4.) all'interno dell'area di studio. Le mappe acquisite saranno confrontate con i dati raccolti in situ ed i risultati delle analisi dei campioni di acqua prelevati durante le campagne oceanografiche (vedi par. 2.2.2.).
1b	CTVA/4031 del 20/11/2014	Nella documentazione esaminata si propone l'utilizzo di "un apposito DataBase, fruibile tramite piattaforma GIS (Geographic Information Systems), al fine di analizzare, elaborare e rappresentare l'evoluzione del progetto in ambito geografico". Tuttavia, in merito alla modalità di archiviazione e gestione dei dati rilevati, siano essi di telerilevamento o	Tutti i dati raccolti, sia pregressi che di campo, saranno contenuti all'interno di un sistema informativo GIS che sarà predisposto e utilizzato per fornire rappresentazioni sinottiche utili nelle varie fasi del progetto. Per quanto riguarda l'archiviazione e gestione dei dati, saranno utilizzati delle metodologie conformi con gli standard vigenti (INSPIRE, ISO) per garantire la comparabilità e l'interoperabilità dei

		misure in situ, per poter garantire la replicabilità e la standardizzazione dei dati ambientati e per ottimizzare ogni futura azione di monitoraggio e valutazione ambientale, è necessario utilizzare la massima chiarezza sugli algoritmi, i sensori e le procedure che accompagnano l'uso e l'interpretazione delle misure acquisite, anche relativamente agli standard di archiviazione e pubblicazione dei dati e dei prodotti attesi.”	sistemi di gestione e scambio dei dati (vedi par. 2.4, 4.4. e 8.4).
1c	CTVA/4031 del 20/11/2014	L'analisi di confronto tra il tasso del rateo di sedimentazione acquisito con la tecnica adottata e i risultati ottenuti con il modello di trasporto, è rimandata alla valutazione della documentazione successiva.	Il rateo di sedimentazione, che verrà calcolato dal modello di dispersione del sedimento per diverse classi granulometriche verrà confrontato (vedi par.2.1.3.) con quello misurato nel 2015 dalle trappole per sedimento posizionate all'interno dei due SIC (vedi par 2.1.5.). Per la validazione del modello saranno utilizzati i risultati delle simulazioni che riproducono il periodo in cui le trappole erano presenti nei SIC di interesse.
2	CTVA/4031 del 20/11/2014	Relativamente alla risoluzione del modello di calcolo impiegato nello studio per la VINCA si osserva che: a. la risoluzione spaziale del dominio di calcolo (che si “estende lungo il tratto di costa compreso tra Montalto di Castro, a Nord e Torre Flavia a Sud, e nella zona a largo fino alla batimetrica - 400m circa”) non viene specificata e/o giustificata, sia per il modello a scala di area vasta che per quello a scala di dettaglio (aree SIC). b. riguardo alla risoluzione verticale del dominio di calcolo, nella documentazione si specifica che “la griglia del modello DELFT3D-FLOW è costituita da 10 strati verticali di spessore costante”. Tuttavia, i risultati numerici, presentano elaborazioni relative ad un unico strato e la profondità non viene specificata. Il Proponente, pur avendo fornito maggiori informazioni sulla discretizzazione del dominio	Verranno effettuate diverse simulazioni numeriche con il modello idrodinamico utilizzando griglie di calcolo con differenti risoluzioni spaziali e numero di strati verticali al fine di scegliere quella con il giusto compromesso tra il numero di elementi su cui verranno calcolate le variabili di interesse e la corretta riproduzione dei processi dinamici a piccola scala (vedi par.2.1.1.).

		di calcolo, non ha condotto un'adeguata analisi di sensitività per definire un'appropriata risoluzione orizzontale e verticale del modello. Pertanto si evidenzia la necessità di specificare e giustificare la risoluzione spaziale e verticale del dominio di calcolo.”	
3	CTVA/4031 del 20/11/2014	Nello studio per la VINCA (VINCA01) non si tiene conto di eventuali fenomeni di stratificazione verticale della colonna d'acqua che potrebbero interferire con la dinamica dei sedimenti. La stratificazione verticale delle correnti, qualora presente, può incidere sull'andamento e sull'estensione dei processi di trasporto e deposizione dei solidi sospesi comportando possibili ripercussioni ambientali anche gravi (ad es.: incremento dei livelli di torbidità, eutrofizzazione, ricoprimento, ecc.). Pertanto, si evidenzia l'importanza di uno studio della circolazione dell'area interessata dall'intervento che tenga conto dei fenomeni di mescolamento e ricircolo della colonna d'acqua, ai fini di una corretta valutazione della dinamica dei solidi sospesi e dei loro possibili effetti sulle specie e habitat che caratterizzano i SIC, anche alla luce della “condizione fondamentale” dell'UE, che richiede che “la nuova VINCA dovrà valutare tutti gli effetti, sia diretti che indiretti, che potrebbero essere prodotti su specie e habitat presenti nel sito in questione ...” (prot. DVA-2015- 2045 del 23/01/2015).”	Il modello idrodinamico verrà messo a punto per riprodurre anche le variazioni verticali di temperatura e di salinità che possono incidere sull'andamento e sull'estensione dei processi di trasporto e deposizione dei solidi sospesi (vedi par. 2.1.2.). La temperatura e la salinità calcolate dal modello saranno confrontate con i dati acquisiti dalla sonda CTD durante la campagna di misura effettuata in regime di stratificazione (vedi par. 2.2.1.). Il campo di velocità tridimensionale computato dal modello idrodinamico verrà comparato con le misure di corrente effettuate attraverso lo strumento ADP e le boe lagrangiane (vedi par. 2.2.3).
4	CTVA/4031 del 20/11/2014	Dallo studio per la VINCA non si evince se il rateo di sospensione (W_0, in $\text{kg/m}^3/\text{s}$), stimato per le diverse attività di dragaggio mediante applicazione della formula di Hayes and Wu (2001), sia stato introdotto come termine sorgente dei modelli di trasporto, utilizzando l'approccio modellistico tridimensionale a strati o integrato lungo la verticale. Inoltre, si osserva che per le diverse fonti di emissione di	Le simulazioni del campo idrodinamico, del moto ondoso e della dispersione del sedimento avranno una durata minima di un anno (simulazione realistica) e saranno modulate in base alla durata del dragaggio che sarà riprodotto in base alle informazioni delle modalità operative (tipo di draga, localizzazione della sorgente di dragaggio, natura del sedimento dragato e della frazione granulometrica rilasciata in colonna d'acqua)

		sedimento simulate (fiumi, dragaggio 1LF, DEGM e 2LF) è stata ipotizzata la medesima durata di rilascio dei sedimenti in colonna d'acqua, pari a 2 giorni. Tale durata, non può essere considerata realistica ai fini di una stima dei potenziali effetti sull'ambiente dovuti alla dispersione e sedimentazione dei sedimenti risospesi dalle attività di dragaggio, in quanto, non tiene conto del periodo complessivo delle attività di dragaggio in funzione dell'effettivo volume dei sedimenti da dragare (1.346.707,86 m³ per il 1LF, 5.340.000 m³ per la DEGM e 104.000 m³ per il 2LF. Alla luce di ciò, si ritiene che gli scenari di dragaggio debbano essere implementati tenendo conto, oltre che delle informazioni già fornite sulle modalità operative (tipo di draga, localizzazione della sorgente di dragaggio, natura del sedimento dragato e della frazione granulometrica rilasciata in colonna d'acqua), anche delle tempistiche delle operazioni di dragaggio che siano funzionali a modellare il rateo di risospensione rispetto al volume totale dei sedimenti da dragare.”	e alle tempistiche delle operazioni di escavo del sedimento (vedi par.2.1.5.).
5	CTVA/4031 del 20/11/2014	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, che integra i risultati delle simulazioni della dispersione del sedimento proveniente da fonti naturali (fiumi) e antropiche (dragaggi)” per scenari numerici della sola durata di 2 giorni. È noto che, ecosistemi come la <i>Posidonia oceanica</i>, si trovano spesso a coesistere con alti valori dei solidi sospesi (o di torbidità) e dei tassi di sedimentazione per cause naturali, soprattutto durante il periodo invernale in genere caratterizzato da livelli maggiori dell'energia del moto ondoso e del trasporto solido fluviale. La scelta di impostare la durata degli scenari di simulazione di trasporto pari a 2	Al fine di analizzare gli impatti connessi con la realizzazione delle opere previste dal PRP del 2004, verranno effettuati scenari di simulazione che avranno una durata minima di un anno (simulazione realistica) e saranno modulate in base alla durata del dragaggio. Le simulazioni prevedono il rilascio di sedimento, non solo dalle attività di dragaggio, ma anche da altre fonti come i fiumi e i corsi d'acqua che riversano nella zona di studio un elevato ammontare di materiale fine soprattutto dopo intensi eventi di pioggia. I risultati delle simulazioni consentiranno quindi di discriminare gli effetti del dragaggio sugli habitat e le specie prioritarie presenti nei due SIC (vedi par.2.1.5.). Verranno effettuati inoltre test in vasca ed in situ per la definizione e verifica della curva dose-risposta con dati presenti in letteratura, laddove disponibili, delle specie (<i>Pinna nobilis</i>) e degli habitat protetti presenti

		giorni, non appare idonea al fine di "analizzare gli impatti connessi con la realizzazione delle opere previste dal PRP del 2004". In particolare, i valori così ottenuti, mediante il calcolo dell'indice D3I, integrano i risultati della dispersione del sedimento proveniente dalle attività di dragaggio con quello proveniente dai corsi d'acqua per uno scenario di simulazione non sufficientemente esteso da consentire di valutare “ la durata, l'intensità, l'estensione e la frequenza dell'impatto sulle aree SIC ...”in relazione con “le curve dose-riposta specifiche per <i>Posidonia oceanica</i>, coralligeno e <i>Pinna nobilis</i> disponibili in letteratura”, in accordo a quanto specificato nella documentazione propedeutica alla VINCA. Pertanto, è opportuno considerare una durata della simulazione sufficientemente estesa da consentire di definire una più realistica variabilità dei valori di solido sospeso e del tasso di sedimentazione a scala locale, allo scopo di una corretta individuazione delle aree dei SIC a maggiore rischio di impatto.	nei due SIC (<i>Posidonia oceanica</i> e biocostruzioni coralligene) in relazione alla torbidità, al tasso di sedimentazione in differenti condizioni ambientali (vedi par 3.2.).
6	CTVA/4031 del 20/11/2014	Nello studio per la VINCA si legge che “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 <i>Posidonia oceanica</i>, della <i>Pinna nobilis</i> e delle biocostruzioni coralligene che, allo stato attuale delle conoscenze, non risultano ancora ben definiti”. Si ritiene, però opportuno che, i risultati numerici (che dovranno essere ottenuti considerando una durata della simulazione sufficientemente estesa,) vengano impiegati per definire i range di variabilità locale dei valori di solido sospeso e del tasso di sedimentazione (in condizioni naturali). Tali range dovranno, quindi, essere utilizzati per delimitare classi di	L'indice D3I verrà ricalcolato in base alle simulazioni di lungo termine, tenendo conto delle soglie critiche per la sopravvivenza degli habitat e specie prioritarie che saranno calcolate utilizzando i risultati delle simulazioni atte a definire i range di variabilità locale dei valori di solido sospeso e del tasso di sedimentazione in condizioni naturali, ed opportuni esperimenti in vasca (vedi par.2.3.1., 3.2.2, 3.2.3 e 3.2.4).

		impatto sito-specifiche (CLASSE 1:“Basso impatto”, CLASSE 2:“Medio impatto”, CLASSE 3:“Alto impatto”) ed essere funzionali alla valutazione degli impatti generati sulle aree SIC dalle diverse pressioni esaminate (realizzazione delle attività previste nel PRP 2004 (LF1, DEGM, LF2)).”	
7	CTVA/4031 del 20/11/2014	Nello studio per la VINCA si fa riferimento alla validazione dei modelli numerici, senza fornire sufficienti dettagli sulle modalità in cui essa viene eseguita. La calibrazione del modello non viene descritta. Inoltre, nella documentazione esaminata, non viene descritta la metodologia adottata per la scelta delle 10 stazioni di misura della corrente mediante ADCP e delle 4 campagne di rilevamento. Considerato quanto sopra, si ritiene opportuno riportare una descrizione completa della metodologia e dei risultati delle operazioni di calibrazione e validazione dei modelli. Inoltre, nell'ambito di una validazione del modello si ritiene opportuno utilizzare dati sperimentali che siano rappresentativi di un clima correntometrico annuale che tenga conto delle caratteristiche di stagionalità.	La validazione del modello idrodinamico viene effettuata utilizzando i dati di corrente acquisiti attraverso metodi euleriani e lagrangiani (vedi par. 2.1.3. e 2.2.3.) e con misure CTD in regime di stratificazione (vedi par 2.1.4. e 2.2.1.). L'attendibilità del modello di trasporto del sedimento verrà stimata attraverso i dati relativi al rateo di sedimentazione raccolti attraverso l'utilizzo di trappole per sedimento (vedi par. 2.1.6.) e con acquisizioni da remoto del solido in sospensione effettuate con l'ausilio di satelliti ad alta e media risoluzione (vedi par. 2.2.2.). In particolare, per validare il modello idrodinamico verranno utilizzati dati rappresentativi di un clima correntometrico annuale acquisiti attraverso lo strumento ADP posizionato sul fondo all'interno di una struttura Barnacle in prossimità del porto di Civitavecchia (vedi par. 2.2.3.).
9a	CTVA/4031 del 20/11/2014	Nello studio per la VINCA si legge che i risultati acquisiti mediante l'applicazione del metodo PEDAS, "potranno essere utilizzati per predisporre un idoneo piano di campionamento per monitorare le componenti abiotiche e biotiche dell'ecosistema marino nelle fasi ante, durante e post operam e per scegliere le opportune attività di mitigazione sia in prossimità della fonte, sia in corrispondenza delle specie ed habitat da salvaguardare" (VINCA01).	I risultati delle simulazioni annuali effettuate in condizioni reali, saranno utilizzate per identificare le aree maggiormente soggette ad elevati valori del tasso di sedimentazione e di torbidità lungo la colonna d'acqua (vedi par.2.1.7.). Le zone che risulteranno avere un maggior grado di rischio saranno quelle in cui si concentrerà il campionamento per monitorare le componenti abiotiche e biotiche dell'ecosistema marino nelle fasi ante, durante e post operam a seguito degli interventi di ampliamento a nord e a seguito dell'apertura a sud (vedi Cap. 4).

9b	CTVA/4031 del 20/11/2014	Inoltre, nonostante quanto prescritto nel parere del Ministero dell'Ambiente (Dec-2002-6923) "[...] appare necessario, ... che nelle varie fasi di realizzazione dell'opera si tenga conto del rischio di diffusione dei sedimenti anche in aree esterne agli ambiti di lavorazione in particolare, durante le attività di dragaggio" e che (Dec-2002-6923) "... il dragaggio dovrà essere proceduto da una campagna di monitoraggio mirata alla definizione fisico-meccanica e alla composizione chimica dei fanghi" nella documentazione presentata non si legge una strategia di monitoraggio strutturata per fasi in funzione del cronoprogramma delle attività previste nel PRP 2004. Pertanto, è necessario prevedere attività di monitoraggio (ante, durante e post operam) che adottino una metodologia (tipologia di indagini, ubicazione stazioni, tempi e modalità di campionamento) idonea a consentire il controllo delle diverse matrici indagate, in funzione degli effetti attesi. Tale metodologia, dovrà, quindi, tenere conto degli effetti legati all'incremento dei livelli di torbidità e della fuoriuscita dei solidi sospesi durante le operazioni di escavo ed anche dell'efficacia delle misure di mitigazione che verranno proposte (confinamento degli specchi d'acqua soggetti a dragaggi). Il monitoraggio del corpo idrico dovrà tenere conto anche della Direttiva 2000/60.	Al fine di tenere conto degli effetti legati all'incremento dei livelli di torbidità e della fuoriuscita dei solidi sospesi durante le operazioni di escavo verranno utilizzati modelli idrodinamici e di moto ondoso (modello d'onda non stazionario) aventi griglie di calcolo ad una elevata risoluzione spaziale per riprodurre nel dettaglio il processo di risospensione del sedimento fine che si trova all'interno del porto a cui possono essere associate elevate concentrazioni di sostanze inquinanti (vedi par. 2.1.5). E' stato, inoltre, messo a punto un progetto di monitoraggio integrato ante, durante e post-operam (vedi cap. 4.), con l'obiettivo di studiare le eventuali variazioni indotte dalla costruzione delle opere sugli ecosistemi marino-costieri dell'area oggetto di studio. La metodologia proposta prevede l'integrazione di dati osservativi e modellistica numerica la cui messa a punto avverrà in concomitanza della predisposizione dell'Early Warning System (EWS) (vedi cap. 2.5). Le stazioni fisse di monitoraggio installate per EWS, saranno fondamentali per avere una lunga serie temporale di dati utile a studiare le variazioni nel tempo delle caratteristiche delle masse d'acqua e per il controllo di eventuali superamenti di limiti stabiliti con le Istituzioni coinvolte, soprattutto per quanto attiene alla torbidità. L'applicazione dell'EWS avverrà durante la fase ante operam e per tutto il periodo di cantiere, al termine del quale rimarrà in funzione solo la boa fissa in modo da contribuire al PMA post operam, al monitoraggio delle compensazioni (vedi cap. 6) e alla continua validazione dei modelli numerici. Il sistema proposto fornirà dati utili alla valutazione dello stato ecologico, degli Elementi di Qualità Biologica (EQB) e dello stato chimico come richiesto dal DM 260 del 2010, nonché a soddisfare l'approccio introdotto dalla Direttiva 2000/60/CE (Direttiva Quadro sulle Acque).
----	--------------------------------	---	---

9c	CTVA/4031 del 20/11/2014	Inoltre, il monitoraggio dovrà essere finalizzato al controllo della possibile interferenza che le nuove strutture portuali possono avere sul ricambio idrico (es. fenomeni di eutrofizzazione).	Il tempo di ricircolo e la risospensione del sedimento fine dal porto a seguito dell'apertura a sud verrà calcolato negli scenari meteomarinari dominanti per ciascuna delle configurazioni previste dal PRP del 2004 (vedi par. 2.3.2. e 2.3.3). In particolare, per il calcolo del ricambio idrico verrà utilizzato il Flushing Time che definisce il tempo che impiega un tracciato conservativo, sversato all'interno del bacino portuale, a raggiungere una concentrazione di circa il 37% rispetto a quella iniziale. Per riprodurre la risospensione del sedimento fine all'interno del porto verranno impiegati modelli idrodinamici e di moto ondoso aventi griglie di calcolo ad una elevata risoluzione spaziale (15 m).
10	CTVA/4031 del 20/11/2014	Relativamente al controllo dei pericoli da incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose, così come previsto nel D. Lgs 293/2001, nel parere del Ministero dell'Ambiente (Dec-2002-6923) si afferma che “[...]si ritiene opportuno verificare l’efficacia delle misure adottate dal proponente per la tutela delle componenti ambientali a fronte di eventuali incidenti. A tal fine il progetto dovrà prevedere interventi e procedure per ridurre la probabilità di accadimento di eventi accidentali, nonché le misure da adottare, in fase di costruzione ed esercizio, per contenere gli effetti ambientali conseguenti agli stessi [...]”. In merito a tale problematica, e considerando anche il previsto incremento del traffico dei natanti nelle aree portuali, sarebbe opportuno prevedere delle azioni di controllo per verificare eventuali impatti nella zona circostante il porto e prevedere opportune azioni di monitoraggio.	Per ridurre la probabilità di accadimento di eventi accidentali connessi al previsto incremento del traffico dei natanti nelle aree portuali, verrà messo a punto un sistema di Early Warning System (EWS) che comprende una boa oceanografica e due stazioni di prossimità equipaggiate con sensori di crude oil (vedi par. 2.5.1). Il sistema è costituito inoltre da modelli di circolazione e di oil slick con capacità di previsione a tre giorni che consentirà un intervento tempestivo in caso di incidente (vedi par. 2.5.2). L'applicazione dell'EWS avverrà durante la fase ante operam e per tutto il periodo di cantiere ed entrerà in funzione quando le stazioni fisse di monitoraggio rileveranno dei valori di concentrazione di idrocarburi sopra una determinata soglia stabilita da normative nazionali o internazionali o dal Ministero dell'Ambiente in sede di Tavolo Tecnico (on-demand). Il sistema verrà mantenuto in modalità operativa anche nei sei anni successivi dal termine dei lavori (vedi par. 4.1).
ANALISI DEGLI ASPETTI INERENTI L’HABITAT E LE SPECIE PRIORITARIE MARINE			

2	CTVA/4031 del 20/11/2014	Lo studio per la VINCA ha stimato gli impatti cumulati su <i>Posidonia oceanica</i> , della <i>Pinna nobilis</i> e delle biocostruzioni coralligene definendo tre classi di impatto (CLASSE 1: “Basso impatto”, CLASSE 2: “Medio impatto”, CLASSE 3: “Alto impatto”) ma in maniera arbitraria e non oggettiva (sensu dell’articolo 6, paragrafo 3 della Direttiva 92/43/CEE Habitat) e senza tener conto delle soglie critiche per la sopravvivenza dei suddetti habitat e specie prioritarie. Si richiede di approfondire tali argomenti.	Le soglie critiche per la sopravvivenza degli habitat e specie prioritarie presenti nei due SIC saranno calcolate in base ai risultati delle simulazioni atte a definire i range di variabilità locale dei valori di solido sospeso e del tasso di sedimentazione in condizioni naturali, e ad opportuni esperimenti in vasca (vedi par.2.3.1., 3.2.2, 3.2.3 e 3.2.4).
4	CTVA/4031 del 20/11/2014	Lo studio per la VINCA non ha messo in evidenza se la stima degli impatti ha tenuto conto anche degli impatti possibili come ad esempio i pericoli da incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose. Si richiede di approfondire tali argomenti.	La stima degli impatti connessi al rilascio in mare di sostanze pericolose dovute ad incidenti connessi al previsto incremento del traffico dei natanti nelle aree portuali, verrà analizzata attraverso un sistema modellistico di previsione EWS che è costituito da una boa oceanografica e due stazioni di prossimità (vedi par. 2.5.1). Il sistema è costituito inoltre da modelli di circolazione, di oil slick e di dispersione del sedimento (vedi par. 2.5.2). L'EWS verrà utilizzato durante la fase ante operam e per tutto il periodo di cantiere, ed entrerà in funzione quando le stazioni fisse di monitoraggio rileveranno dei valori di torbidità e di concentrazione di sostanze inquinanti (idrocarburi) sopra una determinata soglia stabilita da normative nazionali o internazionali o dal Ministero dell'Ambiente in sede di Tavolo Tecnico (on-demand). Il sistema verrà mantenuto in modalità operativa anche nei sei anni successivi dal termine dei lavori (vedi par. 4.1) e permetterà di valutare tempestivamente gli impatti potenziali anche attraverso la messa a punto di specifici indicatori di rischio (vedi par. 2.5.2).
VERIFICA DI ATTUAZIONE FASE 2 EX Art. 185 c.6e7 del DLgs 163/2006 (MATTM 12 gennaio 2017)			

1	Determina Direttoriale n.3 del 2017	E' istituito il Tavolo Tecnico della durata di mesi sei (6), con oneri a carico dell'Autorità Portuale, coordinato dalla Direzione Generale per le Valutazioni Ambientali del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, con la partecipazione della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale – VIA e VAS, della Direzione Generale per la Protezione della Natura e del Mare, della Regione Lazio e dell'ARPA Lazio, con il compito di affrontare la definizione puntuale delle attività e delle tempistiche di realizzazione dei progetti di compensazione e di mitigazione ambientale degli habitat sottratti, alla scala di Progetto Esecutivo, ai fini del pieno rispetto dell'art. 6, paragrafo 3, della Direttiva Habitat, tenendo conto delle linee guida e delle best practices vigenti e disponibili;	Questa attività prevede la stesura di un progetto definitivo, che verrà discusso in sede di tavolo tecnico, contenente la descrizione dettagliata degli interventi di compensazione ambientale, della loro ubicazione, delle metodologie adottate e dei protocolli di lavoro, per quanto attiene alle compensazioni degli impatti (vedi paragrafo 1.4.) provocati dalle opere che verranno realizzate di cui al paragrafo 1.3.. La stima quantitativa degli habitat sottratti sinora è contenuta nella VINCA, mentre l'analisi degli habitat sottratti durante le fasi di lavorazione previste (vedi paragrafi 1.3. e 1.4.) viene descritta nel paragrafo 3.2.1.. Oltre alle attività di restauro e mitigazione (vedi cap. 6.) e del relativo piano di monitoraggio (vedi cap. 7.), nel progetto verranno esplicitate in dettaglio le attività del monitoraggio ambientale (cap. 4.) per lo studio degli impatti diretti delle opere ante, durante e post-operam, le attività di comunicazione (vedi cap. 5) e un programma preliminare di monitoraggio dei SIC (vedi capitolo 8.). Per la redazione del progetto esecutivo si terrà conto delle osservazioni di cui al parere n. 3402 dell'8 maggio 2020 e delle rimodulazioni che verranno definite in sede di Tavolo Tecnico e a seguito degli incontri con ISPRA e Regione Lazio (vedi par. 3.1.1.). Durante questa attività verranno dettagliati tutti gli interventi previsti dal progetto, con particolare riferimento ai criteri e alle metodologie che saranno adottate per i singoli interventi, alle tempistiche con cui saranno effettuati i monitoraggi ed alla copertura spaziale delle aree di indagine selezionate (par. 3.2.2, 3.2.3., 3.2.4.).
2	Determina Direttoriale n.3 del 2017	Il Progetto Esecutivo delle compensazioni e delle mitigazioni ambientali dovrà fornire tutti i dettagli sulla scelta dei criteri per la valutazione dei metodi, dei siti pilota, delle tempistiche di	Il progetto prevede una serie di attività tecnico-scientifiche, dettagliate nel cap. 3. "Attività preliminari alla progettazione esecutiva e di supporto",

		monitoraggio, da eseguire attraverso la reintroduzione e i trapianti mirati di <i>Posidonia oceanica</i> , specie di Coralligeno, <i>Pinna nobilis</i> e <i>Corallium rubrum</i>	propedeutiche alla progettazione esecutiva degli interventi di compensazione e mitigazione. Tenendo conto anche della letteratura allo stato dell'arte, i risultati di queste attività sperimentali, in sito (porteranno alla stesura del Progetto Esecutivo (par. 3.1.1.) che conterrà i criteri, le metodologie ed i protocolli operativi che saranno adottate per i singoli interventi di reintroduzione di <i>Posidonia oceanica</i> (par. 3.2.2.) , specie dell'Habitat 1170 con particolare riferimento al Coralligeno (3.2.3.), <i>Pinna nobilis</i> e <i>Corallium rubrum</i> (3.2.4.), le tempistiche con cui saranno effettuati i monitoraggi e la copertura spaziale delle aree di indagine selezionate.
4	Determina Direttoriale n.3 del 2017	I progetti di compensazione ambientale dovranno essere realizzati e verificati nella loro efficacia, prima dell'inizio dei lavori del Lotto 2 e in un arco di tempo massimo di quattro (4) anni	Poiché le talee di <i>Posidonia oceanica</i> disponibili per le attività di restauro devono essere prelevate a profondità maggiore rispetto alle aree di trapianto, ed essendo stato verificato nell'area che il posidonieto donatore che ha fornito il più elevato numero di talee che hanno avuto successo nel trapianto precedente, è il posidonieto della "Mattonara", che verrà investita dai lavori futuri di realizzazione della DEGM ad una profondità maggiore ai 14-15 m, nelle aree attualmente impattate non si dispone di talee idonee ad essere reimpiantate con successo. Visto anche l'esiguo numero di talee richieste in questo progetto, di conseguenza, non si ha la necessità di concludere le attività di compensazione prima dell'inizio dei lavori. Gli interventi previsti (vedi capitolo 6.) hanno lo scopo di ripristinare le funzioni ecologiche e i servizi ecosistemici degli habitat impattati, proporzionando gli interventi in funzione delle perdite dei servizi ecosistemici stessi (computati con metodi validati nel progetto Life Seaforest, vedi par. 3.1.3.) calibrato con misure di campo (vedi par. 3.2.2.3. e 3.2.3.2.) per un tempo complessivo di 10 anni, necessario al naturale recupero delle funzioni ecosistemiche sottratte, durante il quale verranno monitorati l'effettivo

			successo delle azioni di compensazione, attraverso il monitoraggio (vedi cap. 7) dello stato di salute degli organismi e delle caratteristiche quali-quantitative degli habitat restaurati e il recupero dei servizi ecosistemici di questi ultimi (vedi cap. 7 e cap. 3). Inoltre, al fine di valutare l'efficacia delle attività di restauro degli ecosistemi verrà messo a punto un protocollo sperimentale per l'uso di modelli numerici finalizzato a diminuire l'incertezza nella scelta delle aree da restaurare, minimizzando così le possibilità di insuccesso di futuri trapianti. Come dettagliato nel par. 6.2.4., verrà condotto un esperimento numerico che analizzerà a priori dal punto di vista dinamico le cause del successo ed insuccesso delle aree scelte per il reimpianto nella zona di Civitavecchia, confrontando puntualmente i risultati numerici con quelli conseguiti dalle attività di reimpianto.
5	Determina Direttoriale n.3 del 2017	La superficie e le modalità del reimpianto di <i>Posidonia oceanica</i> dovranno essere concordate in sede di Tavolo Tecnico anche dal punto di vista quantitativo e nell'ordine di un rapporto non inferiore al rapporto di 1:1 tra superficie sottratta e superficie ripristinata di habitat <i>Posidonia oceanica</i> (1120*) e facies dell'habitat 1120* Roccia infralitorale con alghe fotofile	Sempre con riferimento a quanto previsto e citato dalla determina direttoriale, con riferimento al progetto del LOSEM dell'Università della Tuscia (2016), "Approccio ecosistemico alla valutazione delle opere di compensazione e mitigazione in ambiente marino: il caso studio dell'hub portuale di civitavecchia", l'impianto logico del progetto si basa sul recupero di funzioni ecosistemiche di una superficie equivalente a quella sottratta (par. 1.2.4.), mediante differenti tipologie di interventi come descritti nel paragrafo 6.2..
6a	Determina Direttoriale n.3 del 2017	Nelle operazioni di espanto e reimpianto, trasporto e reimmissione delle specie prioritarie individuate (<i>Posidonia oceanica</i> , specie di Coralligeno, <i>Pinna nobilis</i> e <i>Corallium rubrum</i>) dovrà essere presa ogni precauzione per salvaguardare l'integrità degli elementi e garantire il loro rapido attecchimento, garantendo la sostituzione delle fallanze nei successivi 48 mesi	Le attività di espanto e reimpianto, trasporto e reimmissione considerate nei paragrafi 6.2., 6.3. e 6.4. (cap.6. " Attività di restauro e mitigazione) verranno specificate in termini di dettagli ed accorgimenti tecnici al termine delle attività di predisposizione dei protocolli sperimentali descritte nel paragrafo 3.2. Studi Propedeutici alla Progettazione. Le attività sperimentali preliminare saranno volte ovviamente a mettere a punto protocolli sperimentali volti a salvaguardare l'integrità degli organismi da

			trapiantare, al fine di garantire la massima efficacia delle operazioni di espianto e reimpianto Il monitoraggio costante delle aree di reimpianto consentirà, inoltre, di evidenziare l'insorgenza di eventuali problemi ed intervenire tempestivamente con il ripristino delle fallanze.
6b	Determina Direttoriale n.3 del 2017	La scelta delle aree per il rimpianto/reimmissione dovrà essere effettuata sulla base di uno studio dell'ambiente marino interessato, finalizzato a individuare le zone più idonee dal punto di vista ecosistemico	L'intero progetto basa la sua logica sulla analisi dei servizi e funzioni ecosistemici che verranno valutati per gli habitat e le specie considerate (vedi par. 3.1.3.). La stima ed il monitoraggio dei servizi e funzioni ecosistemici verranno effettuate in via preliminare per gli habitat a <i>Posidonia oceanica</i> (par. 3.2.2.3.), per l'habitat 1170 (par. 3.2.3.2.), per le specie <i>Pinna nobilis</i> e <i>Corallium rubrum</i> (par. 3.2.4.), per gli habitat donatori e gli habitat oggetto di restauro, nonché per gli habitat che verranno protetti da interventi di mitigazione. L'individuazione delle aree da restaurare verrà inoltre effettuata sulla base dei risultati della modellistica numerica, opportunamente validati mediante la raccolta di dati in situ idrodinamici, idrologici, di torbidità e tasso di sedimentazione ed ecologici (vedi par. 3.3.). I dati raccolti verranno integrati con i risultati delle indagini Sidescan sonar e Multibeam disponibili e con indagini ROV e USV coadiuvate da immersioni di controllo degli habitat selezionati. Le indagini di campo saranno integrate con l'analisi di immagini satellitari ad altissima risoluzione (Worldview) per la mappatura dei limiti superiori della <i>Posidonia oceanica</i> e degli habitat mesolitorale e infralitorale. Per quanto attiene alle aree dell'habitat 1170 e delle specie <i>Pinna nobilis</i> e <i>Corallium rubrum</i> (vedi par. 3.2.3. e 3.2.4.), le aree destinate al restauro verranno caratterizzate mediante ROV e immersioni scientifiche effettuate da biologi esperti. Ai fini della verifica del recupero di funzioni ecosistemiche equivalenti a quelle perse a seguito dell'ampliamento del porto verranno effettuate misure sperimentali di funzionalità ecosistemica in sito ed in vasca (vedi

			par.3.2.3.2. e 3.2.4.), appositamente progettate per la calibrazione dei modelli di valutazione del capitale naturale (vedi par. 3.1.3.) e per la messa a punto dei protocolli sperimentali da adottare in tutte le fasi del progetto.
6c	Determina Direttoriale n.3 del 2017	Dovrà essere praticata ogni cura per favorire la colonizzazione spontanea, da parte della prateria di <i>Posidonia oceanica</i> riutilizzando il materiale derivante dagli scavi; per le biomasse vegetali, costituite da rizomi e foglie di <i>Posidonia oceanica</i> , che eventualmente non trovino impiego nell'intervento di reimpianto e nell'intervento di ricolonizzazione naturale, dovrà essere redatto un Piano sulla loro destinazione e trattamento considerando la possibilità di produzione di compost..." (secondo DM Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali del 22/01/2009 e manuale ISPRA 55/2010)	Tutte le attività di compensazione relative alla <i>Posidonia oceanica</i> previste dal progetto si basano su quanto suggerito dal quaderno Natura 2000-2008, 01/24, dal manuale ISPRA (2014) e dai metodi messi a punto dal progetto LIFE SEPOSSO. Il progetto prevede, altresì, la realizzazione di un programma sperimentale a medio e lungo termine per il recupero delle talee spiaggiate durante le mareggiate e dei fasci ancora vitali che vengono trattenuti accidentalmente dalle reti da pesca, nonché sperimentazioni di germinazione dei semi, al fine di valutare il contributo che queste fonti possono assicurare al restauro del posidonieto. Come specificato nel par. 6.2.1., "in considerazione dell'aleatorietà dei risultati e della mancanza di esperienze pregresse di grande scala, queste attività avranno un carattere esclusivamente sperimentale".
6g	Determina Direttoriale n.3 del 2017	Durante il corso delle operazioni dovrà essere effettuato il monitoraggio della torbidità dell'acqua, mediante prelievo almeno giornaliero di campioni, al fine di controllare l'effetto dell'eventuale spargimento del materiale scavato	Al fine di prevenire i potenziali effetti negativi su habitat e specie protette presenti all'interno dei due SIC IT6000005 e IT6000006 dovute all'eventuale rilascio di sedimenti durante le attività di dragaggio e ad accidentali sversamenti di idrocarburi provenienti da un aumento del traffico dei natanti nelle aree portuali in fase di costruzione ed esercizio delle opere, verrà messo a punto un sistema di Early Warning System (EWS) basato sull'utilizzo dei risultati di modelli predittivi e di dati osservativi (vedi cap. 2.5.) che verrà continuato il PMA (vedi cap. 4.) e nel monitoraggio delle compensazioni (vedi cap. 6). Il sistema proposto consentirà di effettuare tempestive indagini ambientali attraverso due stazioni di monitoraggio installate sulle banchine, e il controllo della potenziale dispersione di sedimenti ed inquinanti al di fuori del bacino semi-chiuso portuale attraverso

			una boa oceanografica per la misura in continuo delle variabili chimiche, fisiche e bio-ottiche dell'acqua di mare. le stazioni di misura saranno installate prima dell'inizio dei lavori al fine di avere dei valori di riferimento su cui tarare i limiti locali, soprattutto per quanto attiene la torbidità, e saranno mantenute durante le attività di realizzazione delle opere. La boa sarà mantenuta durante i sei anni successivi al termine delle opere al fine di supportare le attività di monitoraggio delle compensazioni (vedi par. 4.2.1.).
6h	Determina Direttoriale n.3 del 2017	Nel corso delle operazioni in mare dovranno essere attuate misure di contenimento che limitino l'eventuale rischio di diffusione di specie marine infestanti	Durante il progetto di monitoraggio saranno effettuati, ad integrazione di quanto fatto dall'ARPA all'interno dell'area portuale, campionamenti di bentos per determinare la presenza di eventuali "specie aliene" in due punti di controllo su substrato duro a nord e sud del porto, come riportato al par. 4.3.5.
7	Determina Direttoriale n.3 del 2017	Tutte le opere di realizzazione del Lotto 2 dovranno necessariamente essere supportate da un PMA di controllo che comprenda anche gli eventuali effetti sulle opere di compensazione ambientale già attuate al fine di evitare qualsiasi impatto negativo derivante dalle lavorazioni nelle fasi ante operam, in itinere, post operam	Al fine di soddisfare tale richiesta è stato messo a punto un progetto di un sistema osservativo integrato (vedi cap. 4.), che integra l'Early Warning System (vedi par. 2.5.), con l'obiettivo di studiare le eventuali variazioni indotte dalla costruzione delle opere sugli ecosistemi marini dell'area oggetto di studio prima .
8	Determina Direttoriale n.3 del 2017	Come attività propedeutica alla definizione dei progetti di compensazione ambientale si dovrà provvedere alla caratterizzazione di tutte le aree coinvolte da questi attraverso indagini geofisiche, batimetriche e morfologiche dei fondali marini interessati	Durante le attività propedeutiche alla progettazione esecutiva si provvederà alla caratterizzazione dei fondali marini delle aree da restaurare partendo dai dati già disponibili dell'Autorità Portuale con indagini integrative (vedi cap. 3.) escluse le indagini geofisiche in quanto non ritenute utili ai fini della progettazione delle compensazioni.
9	Determina Direttoriale n.3 del 2017	Sui fondali marini interessati dai lavori degli interventi di compensazione, dovrà essere realizzata la campionatura degli strati dei sedimenti interessati dai lavori, ai fini della caratterizzazione chimico-fisica, ecotossicologica e microbiologica dei fondali; la campagna di caratterizzazione dei sedimenti dovrà essere preventivamente concordata con	Il progetto non prevede questa attività propedeutica al cantiere.

		ARPA Lazio e il giudizio di qualità dei sedimenti caratterizzati dovrà tenere conto degli Standard di Qualità Ambientali (SQA) per sedimenti marino-costieri e di transizione fissati dalla norma vigente;	
10	Determina Direttoriale n.3 del 2017	Dovrà essere redatto un Piano di Monitoraggio Ambientale, da concordare con ARPA Lazio, per le fasi ante operam, in itinere, post operam degli interventi di compensazione che definisca l'ubicazione delle stazioni, i tempi e le modalità di campionamento ritenuti idonei a consentire il controllo delle diverse matrici indagate in funzione degli effetti attesi e le misure di mitigazione che verranno messe in atto al fine di limitare per quanto possibile i potenziali impatti	Il progetto prevede la messa in opera di un sistema osservativo integrato (vedi par. 2.5. e cap. 4) e di un programma di monitoraggio delle compensazioni (vedi cap. 6). L'EWS (par. 2.5.) entra in funzione prima delle attività di realizzazione delle opere, accompagnato da alcune attività previste nel sistema osservativo integrato (vedi cap. 4.), al termine del cantiere, l'EWS viene disattivato, tranne la Boa. Dopo due anni dal termine del cantiere viene disattivato il sistema osservativo integrato, tranne la boa. Il Programma di monitoraggio delle compensazioni (cap. 6.) inizia appena finito il cantiere e dura sei anni, integrando dal terzo anno anche a boa che rimane attiva fino alla fine del progetto.
11	Determina Direttoriale n.3 del 2017	come ulteriori attività compensative: a) dovrà essere attuato un PMA sullo stato conservativo degli habitat prioritari dei SIC di cui alla DGR n. 604 del 03/11/2015 della Regione Lazio, con modalità, tempistiche e areali da definire in sede di Tavolo Tecnico; b) dovranno essere attuate attività di supporto al controllo e all'attuazione delle misure di conservazione dei SIC marini IT6000005 e IT6000006, finalizzate alla designazione delle ZSC, ai sensi della Direttiva 92/43/CEE (Habitat) e DPR 357/97 3 s.m.i., di cui alla D.G.R. n. 369 del 05/07/2016 della Regione Lazio;	Questo progetto prevede la predisposizione di un programma preliminare di monitoraggio dei SIC del Lazio e di raccolta ed archiviazione dei dati (vedi cap. 8). In sede di Tavolo Tecnico e in particolare insieme alla Regione Lazio, si definirà il programma di monitoraggio dei SIC del Lazio.
12	Determina Direttoriale n.3 del 2017	La relazione finale relativa all'attuazione dei progetti di compensazione e mitigazione ambientale dovrà essere inviata al MATTM, nonché le relazioni ambientali del monitoraggio	Durante tutte le fasi del progetto sarà garantita la redazione di reportistica scientifica per massimizzare la condivisione dei risultati ottenuti dalle attività di

		con cadenza semestrale per tutta la durata dei lavori e per ulteriori sei (6) anni dalla fine dei lavori con cadenza annuale.”	compensazione e anche dalle diverse attività di monitoraggio svolte. I reports verranno prodotti con una cadenza semestrale durante le Fasi Ante Operam e Cantiere, mentre saranno prodotti con frequenza annuale nei 6 anni successivi al termine dei lavori.
--	--	--	--

13. LETTERATURA DI RIFERIMENTO

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., Burragato 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.

Baldacconi, R., Cardone, F., Longo, C., Mercurio, M., Marzano, C. N., Gaino, E., & Corriero, G. (2010). Transplantation of *Spongia officinalis* L.(Porifera, Demospongiae): a technical approach for restocking this endangered species. *Marine Ecology*, 31(2), 309-317.

- Balestri E., Piazzì 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., Siritò 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., Stefanì 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., Stefanì 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., Zarlunga 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.

Calumpong 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.

Carella, F., Antuofermo, E., Farina, S., Salati, F., Mandas, D., Prado, P., ... & De Vico, G. (2020). In the wake of the ongoing mass mortality events: Co-occurrence of *Mycobacterium*, *Haplosporidium* and other pathogens in *Pinna nobilis* collected in Italy and Spain (Mediterranean Sea). *Frontiers in marine science*, 7, 48.

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.

Casoli, E., Ventura, D., Cutroneo, L., Capello, M., Jona-Lasinio, G., Rinaldi, R., . & Ardizzone, G. D. (2017). Assessment of the impact of salvaging the Costa Concordia wreck on the deep coralligenous habitats. *Ecological Indicators*, 80, 124-134.;

Casoli, E., Mancini, G., Ventura, D., Pace, D. S., Belluscio, A., & Ardizzone, G. D. (2020). *Reteporella* spp. success in the re-colonization of bare coralligenous reefs impacted by Costa

Concordia shipwreck: The pioneer species you did not expect. *Marine Pollution Bulletin*, 161, 111808.;

Casoli, E., Ventura, D., Mancini, G., Cardone, S., Farina, F., Donnini, L., . & Ardizzone, G. D. Rehabilitation of Mediterranean animal forests using gorgonians from fisheries by-catch. *Restoration Ecology*, e13465.

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., Mathekwitsch 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 Brink 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 (*Posidonia oceanica*). European Commission. Technical Report 2008 01/24.

Donati Stefano, Progetto EU Interreg III A Grecia - Italia 2000-2006. SEAPASS, Sistemi Elettronici Applicati per la Protezione Ambiente e lo Sviluppo Sostenibile Linee guida per la gestione di Campi di ormeggio telematici ecosostenibili. <https://www.conisma.it/it/?s=seapass>

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., Fourqurean J.W., Beggins J., Barrón C., Apostolaki T. (2010). Seagrass community metabolism: Assessing the carbon sink capacity of seagrass meadows. *Global Biogeochemistry, 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.

Fava, F., Bavestrello, G., Valisano, L., & Cerrano, C. (2010). Survival, growth and regeneration in explants of four temperate gorgonian species in the Mediterranean Sea. Italian Journal of Zoology, 77(1), 44-52.

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
- Laborel 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 Bouqueneau (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
- Linares, C., Coma, R., & Zabala, M. (2008). Restoration of threatened red gorgonian populations: an experimental and modelling approach. *Biological conservation*, 141(2), 427-437.

- 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.
- Mancini, G., et al. "Impact of the Costa Concordia shipwreck on a *Posidonia oceanica* meadow: A multi-scale assessment from a population to a landscape level." *Marine pollution bulletin* 148 (2019): 168-181.;
- Mancini, G., et al. "An experimental investigation aimed at validating a seagrass restoration protocol based on transplantation." *Biological Conservation* 264 (2021): 109397.;
- 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.
- Marcelli, M., Scanu, S., Frattarelli, F. M., Mancini, E., & Carli, F. M. (2018). A benthic zonation system as a fundamental tool for natural capital assessment in a marine environment: A case study in the Northern Tyrrhenian Sea, Italy. *Sustainability*, 10(10), 3786.
- 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.
- Montseny, M, Linares, C, Viladrich, N, et al. First attempts towards the restoration of gorgonian populations on the Mediterranean continental shelf. *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst*. 2019; 29: 1278– 1284. <https://doi.org/10.1002/aqc.3118>

- Montseny, M, Linares, C, Viladrich, N, et al. A new large-scale and cost-effective restoration method for cold-water coral gardens. *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst*. 2020; 30: 977–987. <https://doi.org/10.1002/aqc.3303>
- Musco, L, Prada, F, D’Anna, G, Galasso, NM, Pipitone, C, Fernández, TV, Badalamenti, F. Turning casualty into opportunity: fragmenting dislodged colonies is effective for restoring reefs of a Mediterranean endemic coral, *Ecological Engineering*, Volume 98, 2017; 206-212. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.10.075>.
- Noli A., De Girololamo P., Sammarco P. (1996). Parametri meteomarinari 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. 142.
- 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 à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée: Etat des connaissances. *Méso-gée* 54: 3–29.

Piazzi 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.

Piazzi 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.

Piazzi 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, *Aquatic 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 Rijn, 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-Ellacuría 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 Quadernario*, 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

<https://cordis.europa.eu/project/id/221072/it>

<http://eu-fp7-coralfish.n>

<https://cresciblureef.unimib.it/>

<https://www.ita-slo.eu/it/tretamara>

<http://www.merces-project.eu/>

<https://www.pianc.org/working-with-nature>

<https://www.operandum-project.eu/>

<https://macobios.eu/>

<https://www.isprambiente.gov.it/it/istituto-informa/il-mare-che-non-ti-aspetti/il-mare-che-non-ti-aspetti-1/restauro-fondali-marini>