



**MONITORAGGIO DELLA QUALITA'
AMBIENTALE NELL'AREA
INTERESSATA DALL'INCIDENTE
DELLA NAVE COSTA CONCORDIA
(ISOLA DEL GIGLIO 2016-2017)**

AREA VASTA COSTA – SETTORE MARE

REPORT

MARE 

Monitoraggio della qualità ambientale nell'area interessata dall'incidente della nave Costa Concordia (Isola del Giglio 2016 - 2017)

A cura di:

Gioia Benedettini

ARPAT – Area Vasta Costa Settore Mare

Autori

Daniela Verniani, Cecilia Mancusi, Enrico Cecchi

ARPAT – Area Vasta Costa Settore Mare

Collaboratori:

Sopralluoghi e parametri chimico fisici

Riccardo Biancalana, Francesco Lavista, Enrico Cecchi, Michela Ria, Cecilia Mancusi - ARPAT
Area Vasta Costa Settore Mare

Analisi nutrienti, granulometria, determinazione microinquinanti, TOC

ARPAT – Laboratori Area Vasta Costa e Area Vasta Centro

© ARPAT 2018

Indice generale

SINTESI	4
1 INTRODUZIONE	6
2 Rete di Monitoraggio	8
3 Risultati e	12
3.1 Stato chimico	12
3.2 Stato ecologico	15
3.2.1 <i>Biomassa fitoplanctonica</i>	15
3.2.2 <i>Posidonia oceanica</i>	16
3.2.3 <i>Coralligeno</i> :.....	22
4 Conclusioni	29
5 Bibliografia di riferimento	31

SINTESI

La presente relazione illustra i risultati del monitoraggio ambientale effettuato da questa Agenzia, nel periodo 2016-2017, in seguito al naufragio, avvenuto il 13 gennaio 2012, della Moto Nave (da qui in poi M/N) Costa Concordia presso l'Isola del Giglio.

ARPAT ha effettuato le proprie attività secondo le indicazioni previste nel Piano di monitoraggio e controllo ISPRA/ARPAT relativo alla valutazione degli effetti conseguenti al naufragio della M/N Costa Concordia, con particolare riguardo alle attività di ripristino dei fondali (Fase WP9).

È stata presa in esame la matrice acqua nelle sue componenti: colonna d'acqua e elementi di qualità biologica, sia nelle immediate vicinanze del relitto che in zone ad esse adiacenti, oltre ad ampliare il range delle sostanze chimiche analizzate nei punti a maggiore distanza dal relitto, nei quali era già presente il monitoraggio periodico effettuato ai sensi del D.Lgs. 152/06.

I valori medi di *clorofilla-a*, calcolati così come indicato dal DM 260/2010, e i valori relativi al Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) indicano uno stato ecologico ELEVATO per tutte le stazioni monitorate. Tale risultato è avvalorato anche dai dati di TRIX (indice che mette in relazione elementi chimici e fisici quali ossigeno, nutrienti e *clorofilla a*) che indica uno stato di bassa trofia in tutte le stazioni indagate.

I test di tossicità hanno dato sempre esito negativo e le concentrazioni di metalli sono risultate sempre entro i valori degli standard ambientali previsti dalla normativa.

Le altre analisi chimiche mostrano solo un'anomalia nelle concentrazioni medie dei TBT (Tributilstagno) con superamenti dello Standard di Qualità Ambientale – Media Annuale (SQA-MA) nel 2016 in tutte le stazioni tranne in quella denominata Giglio e nel 2017 in tutte le stazioni eccetto in quella denominata Cala di Forno.

Nonostante dal 1 gennaio 2003 la Direttiva 2002/62/CE abbia vietato l'immissione sul mercato e l'uso dei prodotti organostannici nei prodotti antivegetativi destinati a qualsiasi tipo di imbarcazione, questi composti, data l'elevata persistenza, sono presenti nella matrice acqua in tutti i corpi idrici della Toscana indagati ai sensi del D.Lgs 172/15; il superamento dello standard ambientale all'Isola del Giglio, quindi, non è da ritenersi in relazione con il naufragio della M/N Costa Concordia.

Pertanto dai controlli analitici effettuati nella colonna d'acqua, per verificare l'impatto sull'ambiente marino determinato dal naufragio della nave Costa Concordia e dalle successive operazioni di rimozione, non sono state evidenziate situazioni di criticità.

L'indice PREI applicato sulla matrice biologica *Posidonia oceanica* classifica tutti i siti tra la classe BUONA ed ELEVATA, pur mostrando alcune differenze il sito di impatto Cala del Lazzaretto e i siti di controllo, evidenziando nel primo alcuni segnali di stress, con valori di PREI leggermente inferiori se confrontati con quelli dei siti di controllo lontani dall'area impattata.

I segnali di impatto sono evidenti e confermati da segni di erosione, con *matte* scoperta e uno scalzamento dei rizomi, in particolare nelle porzioni centrali delle praterie e su parte dei limiti inferiori, non rilevati nei siti di controllo.

Per quanto riguarda il coralligeno, i popolamenti dell'Isola del Giglio appaiono ben strutturati e diversificati in tutti i siti di controllo indagati, con *patterns* di variabilità spaziale che sono da considerare tipici dell'habitat a coralligeno. La qualità ecologica è risultata ELEVATA in quasi tutta l'area tranne per il sito di Punta Gabbianara, classificato in stato ecologico BUONO.

Le indagini condotte sul campo e i risultati ottenuti dall'applicazione dell'indice ESCA negli habitat a coralligeno dell'Isola del Giglio hanno evidenziato che l'impatto, dovuto ai lavori di cantiere di rimozione prima e i successivi (e ancora in atto) lavori di ripristino dei fondali, è rimasto circoscritto all'area di cantiere, senza alcun effetto né sulle aree indagate immediatamente adiacenti al sito di impatto (vedi Punta Lazzaretto) né, tanto meno, in zone più distanti.

La presenza dominante di feltro algale nel sito di Punta Gabbianara conferma il tasso di sedimentazione come principale sorgente di stress ambientale per i popolamenti del coralligeno, suggerendo anche un possibile, quanto auspicabile, *recovery* dei popolamenti una volta cessata la sorgente di impatto.

1 INTRODUZIONE

In conseguenza al naufragio della M/N Costa Concordia, avvenuto il 13 gennaio 2012 presso l'Isola del Giglio e successivamente alle operazioni di soccorso coordinate dalla Capitaneria di Porto - Guardia Costiera di Livorno il 20 gennaio 2012, con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri è stato dichiarato lo stato di emergenza inizialmente fino al 31 Gennaio 2013 e successivamente prorogato fino al 31 luglio 2014. A tale proposito il Consiglio dei Ministri, con Ordinanza del Presidente n. 3998 del 20 gennaio 2012, ha nominato "Commissario delegato all'emergenza" il Capo Dipartimento della Protezione Civile. Tra i compiti del Commissario erano previsti: il coordinamento degli interventi per superare l'emergenza, il controllo della corretta esecuzione, in condizioni di sicurezza, di tutte le operazioni necessarie alla rimozione del relitto e al ripristino ambientale del sito interessato dall'evento.

Nell'ambito del Comitato Tecnico-scientifico di cui il Commissario si è avvalso, è stato approvato il piano di monitoraggio proposto da ARPAT e ISPRA che, fin dalle prime fasi dell'emergenza, si sono rese disponibili ad effettuare le necessarie operazioni di caratterizzazione e di monitoraggio della zona potenzialmente interessata dall'evento.

Successivamente è stato formalizzato un apposito accordo (siglato il 21 marzo 2016 tra Regione Toscana, ARPA Toscana e ISPRA e prorogato sino al 31 dicembre 2018) per il monitoraggio finalizzato alla verifica delle attività di ripristino dei fondali dell'area del Giglio interessata dall'incidente della M/N Costa Concordia.

Il piano di monitoraggio adottato da ARPAT è stato elaborato, in collaborazione con ISPRA, tenendo conto della normativa vigente (Dlgs. 152/2006; DM 56/2009; DM 260/2010, D.Lgs 172/15) che in casi come questi prevede un monitoraggio d'indagine per valutare l'ampiezza degli impatti dell'inquinamento accidentale arrecati all'ecosistema marino dell'area.

I risultati di tale monitoraggio hanno costituito la base necessaria per avere un dettagliato quadro conoscitivo e per effettuare l'elaborazione di programmi e interventi atti a rimediare agli effetti dell'inquinamento accidentale.

Il piano di monitoraggio prevedeva tre livelli d'intervento:

- **livello 1** – monitoraggio svolto nelle immediate vicinanze della M/N su punti prestabiliti, allo scopo di tenere sotto sorveglianza l'entità dell'inquinamento e la sua diffusione.

Prevedeva analisi chimico-fisiche di base da effettuare sia con strumentazione da campo che con il prelievo di campioni e successiva analisi di laboratorio su parametri correlati alle sostanze che avrebbero potuto essere rilasciate o prodotte;

- **livello 2** – monitoraggio d'indagine per valutazioni, di breve e medio periodo, di danno ambientale da svolgere, secondo un programma concordato fra ARPAT e ISPRA, tramite battello oceanografico. Prevedeva indagini chimiche (ecotossicologiche, idromorfologiche e biologiche su colonna d'acqua, sedimento e biota) da effettuarsi nell'intorno del luogo di affondamento in punti da stabilire in corso d'indagine e frequenze variabili in funzione dei parametri controllati;
- **livello 3** – monitoraggio per valutazioni di lungo periodo a cura di ARPAT, presso 5 stazioni già esistenti nella rete di monitoraggio regionale delle acque marino costiere, intorno ma ad una certa distanza dalla zona di affondamento, con le frequenze previste dal programma 2017 e con un profilo d'indagine ampliato con parametri chimici pericolosi correlati all'evento e elementi di qualità biologica. Le stazioni di monitoraggio "in osservazione" sono le seguenti: Porto Santo Stefano, Montecristo, Foce Bruna, Cala Forno, Elba Sud (Mola). Tale monitoraggio, condotto a scopo precauzionale, ha lo scopo di valutare eventuali variazioni dello stato di qualità delle acque marino-costiere (valutato ai sensi della normativa di settore) in corpi idrici abbastanza lontani dal luogo dell'incidente.

Questo rapporto è frutto dei campionamenti eseguiti nel periodo 2016-2017 nell'ambito delle attività previste nel Piano di monitoraggio e controllo ISPRA/ARPAT relativo alla valutazione degli effetti conseguenti al naufragio della M/N Costa Concordia, con particolare riguardo per quelle aree di interesse che possono avere avuto un impatto indiretto dalle attività di ripristino dei fondali (Fase WP9), nonché inevitabilmente impatti indiretti pregressi connessi al naufragio della M/N Costa Concordia e le attività di cantiere per la rimozione della stessa.

2 RETE DI MONITORAGGIO

Come stabilito nell'ambito dell'Osservatorio regionale, ARPAT esegue il monitoraggio sia nella zona di sicuro impatto, sia nella zona esterna, con postazioni ubicate nelle immediate vicinanze, e in posizioni più remote.

Per quanto riguarda la matrice acqua di mare il monitoraggio riguarda:

- acque immediatamente all'esterno dell'area dove si trovava il relitto (Punto P4 a circa 20 metri di distanza);
- acque nella zona esterna a quella di sicuro impatto (Giglio Le Scole);
- acque in zone molto distanti per effettuare confronti (Montecristo, Elba Sud, Foce Bruna, Cala di Forno e Porto Santo Stefano).

La stazione P4 viene monitorata sia con campionamenti a 0,5 metri dalla superficie del mare (P4 sup.) sia a una profondità di 25metri (P4 prof.).

In tutte queste stazioni viene effettuato un profilo con sonda multiparametrica della colonna d'acqua e prelevate aliquote per le analisi chimiche e biologiche (fitoplancton) e tossicologiche.

Si riportano in Tabella 2.1 tutti i parametri indagati in tutte le stazioni citate.

Tabella 2.1 - Analisi chimiche e chimico fisiche e biologiche

Arsenico (As)	1,2-Dicloroetano	Di(2-Etilesil) Ftalato (DEHP)	pH
Cadmio (Cd)	1,2-Dicloroetilene	Tributilstagno	Ossigeno disciolto
Cobalto (Co)	1,2-Dicloropropano	Polibromo Difenileteri (PBDE)	Ossigeno disciolto
Cromo(Cr)	1,2,3-Tricloropropano	Meta-Xilene+Para-Xilene	Temperatura acqua
Cromo VI	Bromodiclorometano	Orto-Xilene	Salinità
Mercurio(Hg)	Clorometano	Toluene	Trasparenza
Molibdeno (Mo)	Cloruro Di Vinile	4-Terz-Ottifenolo	Clorofilla
Nichel (Ni)	Dibromoclorometano	4-Nonilfenolo	NUTRIENTI
Piombo (Pb)	Diclorometano	Idrocarburi C10-C40	Azoto totale
Antimonio (Sb)	Tetracloroetilene	Antracene	Fosforo totale
Vanadio (V)	Tetraclorometano	Benzo [a] Pirene	Ortofosfati
1,1-Dicloroetano	Tribromometano (Bromoformio)	Benzo[B]Fluorantene	Azoto ammoniacale
1,1-Dicloroetilene	Tricloroetilene	Benzo[Ghi]Perilene	Nitriti
1,1,1-Tricloroetano	Esaclorobutadiene	Benzo[K]Fluorantene	Nitrati
1,1,2-Tricloroetano	Etilbenzene	Fluorantene	Silice

1,1,2,2-Tetracloroetano	Triclorometano	Indeno[1,2,3-Cd]Pirene	Fitoplancton
1,2-Dibromoetano	Benzene	Naftalene	Tossicità acuta con batteri bioluminescenti

Oltre a queste stazioni di monitoraggio della colonna d'acqua, ne vengono indagate altre per le matrici biologiche coralligeno e *Posidonia oceanica*.

Posidonia oceanica - Le indagini sono state eseguite in 5 siti: 2 d'impatto e 3 di controllo (Figura 2.1):

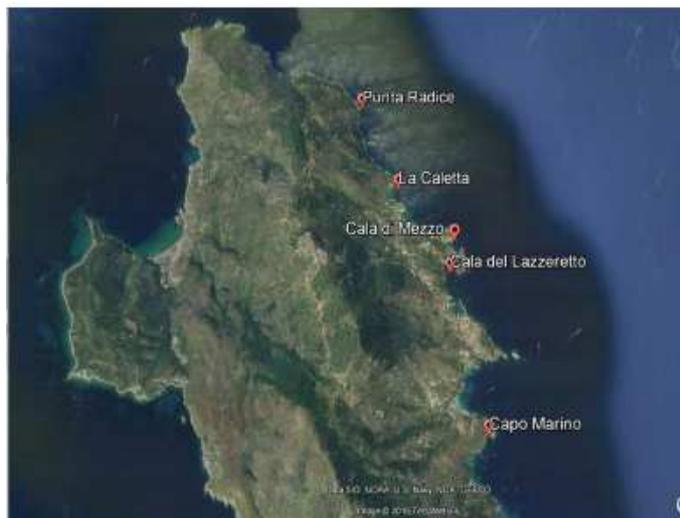
- *Posidonia oceanica* immediatamente all'esterno dell'area dove si trovava il relitto; siti definiti di “**impatto**” (Cala del Lazzeretto a sud, Cala di Mezzo a nord);
- *Posidonia oceanica* nella zona esterna a quella di sicuro impatto; siti definiti di “**controllo**” (La Caletta, Punta Radice a nord, Capo Marino a sud).

I dati sono stati acquisiti secondo le indicazioni principali della scheda metodologica ISPRA per il campionamento e l'analisi della *Posidonia oceanica* (ISPRA, 2012) ai sensi del Dlgs 152/06.

In particolare, nell'attività di monitoraggio delle praterie a *Posidonia oceanica* per ciascun sito sono state identificate tre aree (A1, A2, A3) a 15 m di profondità e di circa 400 m², distanziate circa 10m tra di loro. In ciascuna area sono state eseguite cinque stime di densità, attraverso la conta dei fasci fogliari su una superficie standard di 40X40 cm, per un totale di 15 repliche e il prelievo di sei fasci ortotropi, per un totale di 18 fasci. In corrispondenza del limite inferiore sono stati effettuati transetti orizzontali (di circa 20-30 metri), allo scopo di rilevarne la profondità, tipologia *sensu* Pergent et al. (1995) e conte di densità fogliare. Inoltre, in corrispondenza della stazione a 15 metri e sul limite inferiore, sono state eseguite:

- stime relative a substrato;
- copertura di *Posidonia oceanica* e *matte* morta (espressa in percentuale *sensu* Buia et al. 2003);
- eventuale presenza di altre fanerogame e di alghe invasive;
- presenza di evidente scalzamento dei rizomi.

Figura 2.1 - Siti di campionamento *Posidonia oceanica*

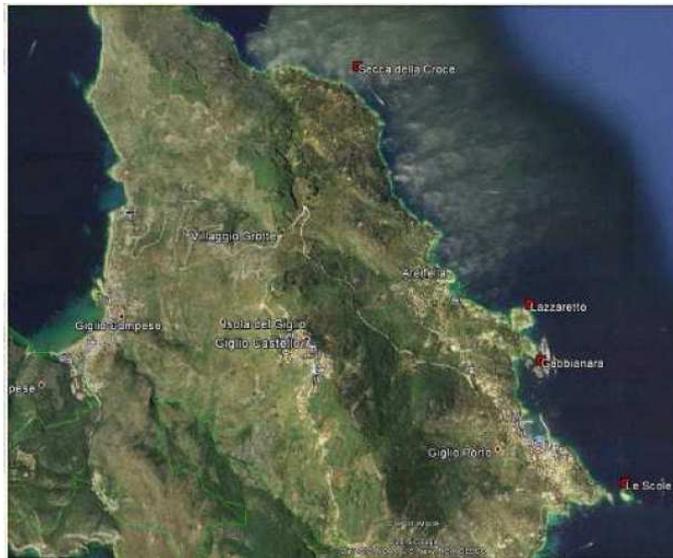


Stazione Posidonia	Latitudine	longitudine
Punta Radice	42°22.806' N	10°54.424' E
La Caletta	42°22.304' N	10°54.744' E
Cala di Mezzo	42°22.001' N	10°55.222' E
Cala del Lazzaretto	42°21.802' N	10°55.185' E
Capo Marino	42°20.863' N	10°55.499' E

Coralligeno - I campionamenti sono stati condotti in immersione da squadre di Operatori Scientifici Subacquei di ARPAT, ISPRA e Uni Sassari, secondo le linee guida riportate nelle Buone Prassi per lo svolgimento in sicurezza delle Attività Subacquee. Le immersioni sono state effettuate ad una profondità variabile fra 30 e 35 metri a seconda del sito, e le indagini sono state eseguite in quattro siti (Figura 2.2) secondo un disegno di campionamento gerarchizzato di tipo asimmetrico, ovvero:

- coralligeno in un sito di Impatto (I, Punta Gabbianara);
- coralligeno su tre siti di Controllo (da Nord a Sud: C1, Secca della Croce; C2, Punta Lazzaretto; C3, Le Scole Sud), distanti tra loro qualche chilometro.

Figura 2.2 - Siti di campionamento coralligeno



Stazioni coralligeno	Latitudine	longitudine
Secca della Croce	42°23.082' N	10°53.984' E
Punta del Lazzaretto	42°22.102' N	10°55.191' E
Punta Gabbianara	42°21.877' N	10°55.272' E
Le Scaie	42°21.377' N	10°55.723' E

3 RISULTATI

3.1 Stato chimico

Nel 2016 la media delle concentrazioni degli analiti è stata raffrontata (Tabella 3.1) con gli standard normativi Standard Qualità Ambientale-Media Annuale (da qui in poi SQA- MA) e Standard Qualità Ambientale-Concentrazione Massima Ammissibile (da qui in poi SQA-CMA), come indicati dal D.Lgs 172/15.

Si rileva un superamento del SQA-MA per la concentrazione di TBT in tutte le stazione tranne quella denominata Isola del Giglio. Per le stazioni di riferimento Cala di Forno, Porto Santo Stefano e Elba Nord è stato rilevato, inoltre, un superamento della SQA-CMA per il parametro TBT. Questo parametro si presenta praticamente ubiquitario e presente sia nella stazione di indagine che in quelle di confronto.

Non si rilevano superamenti degli standard ambientali per nessuno dei metalli ricercati, del Di(2-Etilsil) ftalato (DEHP), e nel Polibromo Difenileteri (PBDE); tutti i restanti parametri chimici presentano valori inferiori al limite di determinazione strumentale o allo standard normativo.

Tabella 3.1 - Classificazione chimica 2016: parametri

2016	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Sb	Co	Mo	V	DEHP	PBDE	TBT	
SQA-MA	5	0,2	4		8,6	1,3	-	-	-	-	1,3		0,0002	
SQA-CMA	-	-	-	0,07	34	14	-	-	-	-	-	14	0,0015	
	µg/L													
Foce Bruna	07/04/16	3,7	0,16	< 1	< 0,01	1,5	< 1	0,8	< 1	32	2,6			
	22/06/16	1,9	< 0,05	2,1	< 0,01	7,4	1,1	< 0,5	< 1	16	1,7	0,6	< 0,1	< 0,0002
	28/07/16	1,7	< 0,05	< 1	0,05	< 1	< 1	< 0,5	< 1	17	1,9	< 0,4	< 0,1	< 0,0002
	30/08/16	2,9	< 0,05	3,8	0,01	< 1	< 1	< 0,5	< 1	22	3,6	< 0,4	< 0,1	0,0007
	06/12/16	2,2	< 0,05	1,4	0,07	1,2	< 1	< 0,5	< 1	11	1,9	< 0,4	< 0,1	0,0002
	Media	2	< 0,05	2	0,03	2,2	< 1	< 0,5	< 1	19,6	2,3	0,3	< 0,1	0,0003
Cala di Forno	07/04/16	1,7	< 0,05	< 1	< 0,01	5,7	< 1	< 0,5	< 1	12	1,3	< 0,4	< 0,1	0,0003
	22/06/16	1,8	< 0,05	6,5	< 0,01	< 1	< 1	< 0,5	< 1	15	1,6	< 0,4	0,2	< 0,0002
	28/07/16	1,8	< 0,05	4	0,01	< 1	< 1	< 0,5	< 1	15	2,2	< 0,4	< 0,1	0,0011
	30/08/16	2,6	< 0,05	< 1	< 0,01	1,7	< 1	< 0,5	< 1	22	3,4	0,4	< 0,1	0,0120
	06/12/17	1,7	< 0,05	< 1	< 0,01	1	< 1	< 0,5	< 1	12	1,9	< 0,4	< 0,1	0,0007
	Media	2	< 0,05	2	< 0,01	1,9	< 1	< 0,5	< 1	15,2	2,1	< 0,4	0,1	0,0028
Porto Santo Stefano	04/05/16	2,3	< 0,05	< 1	< 0,01	< 1	< 1	< 0,5	< 1	27	1,5	< 0,4	< 0,1	< 0,0002
	23/06/16	1,8	< 0,05	3	< 0,01	12	< 1	< 0,5	< 1	15	1,5	< 0,4	< 0,1	< 0,0002

Monitoraggio qualità ambientale – Incidente M/n Costa Concordia

2016	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Sb	Co	Mo	V	DEHP	PBDE	TBT	
SQA-MA	5	0,2	4		8,6	1,3	-	-	-	-	1,3		0,0002	
SQA-CMA	-	-	-	0,07	34	14	-	-	-	-	-	14	0,0015	
	µg/L													
Foce Bruna	07/04/16	3,7	0,16	< 1	< 0,01	1,5	< 1	0,8	< 1	32	2,6			
	02/08/16	1,6	0,07	1,1	0,03	< 1	< 1	< 0,5	< 1	13	1,9	< 0,4	< 0,1	0,0040
	31/08/16	1,8	< 0,05	1,1	0,01	1,5	< 1	0,5	< 1	12	2,1	< 0,4	< 0,1	0,0144
	02/12/16	1,9	< 0,05	< 1	0,05	< 1	< 1	< 0,5	< 1	12	2,3	0,5	< 0,1	< 0,0001
	Media	2	< 0,05	1	0,02	3	< 1	< 0,5	< 1	15,8	1,9	< 0,4	< 0,1	0,0037
Elba Sud	06/04/16	1,8	< 0,05	1,2	< 0,01	< 1	< 1	< 0,5	< 1	14	1,5	0,7	< 0,1	0,0014
	21/06/16	2,1	< 0,05	< 1	< 0,01	8,3	1,8	< 0,5	< 1	19	2,1	< 0,4	< 0,1	0,0004
	04/08/16	2	< 0,05	< 1	0,01	2	1,6	< 0,5	< 1	15	2,2	< 0,4	< 0,1	0,0004
	25/08/16	2	< 0,05	< 1	< 0,01	4,3	< 1	< 0,5	< 1	15	2,2	< 0,4	0,16	0,0028
	09/12/16	1,9	< 0,05	1,1	< 0,01	< 1	< 1	< 0,5	< 1	12	1,9	0,5	< 0,1	0,0006
	Media	2	< 0,05	1	< 0,01	3,1	1	< 0,5	< 1	15	2	< 0,4	< 0,1	0,0011
Montecristo	20/07/16	2	< 0,05	1	< 0,01	4,2	< 1	< 0,5	< 1	14	1,7		< 0,1	0,0002
Giglio Le Scole	04/05/16	1,9	< 0,05	1,3	< 0,01	< 1	< 1	< 0,5	< 1	12	1,5	< 0,4	< 0,1	< 0,0002
	23/06/16	1,8	< 0,05	2,3	< 0,01	< 1	< 1	< 0,5	< 1	15	1,6	0,6	< 0,1	< 0,0002
	02/08/16	2	< 0,05	6,5	< 0,01	1,4	1,6	< 0,5	< 1	15	2,4	< 0,4	< 0,1	0,0003
	31/08/16	1,6	< 0,05	< 1	< 0,01	1,9	< 1	< 0,5	< 1	14	1,8	< 0,4	< 0,1	< 0,0002
	02/12/16	1,9	< 0,05	< 1	< 0,01	< 1	< 1	< 0,5	< 1	12	2,4	< 0,4	< 0,1	0,0004
	Media	2	< 0,05	1	< 0,01	1	< 1	< 0,5	< 1	13,6	1,9	< 0,4	< 0,1	0,0002
P4 sup.	04/05/16	1,9	0,22	1,5	0,03	< 1	< 1	< 0,5	< 1	12	1,4	< 0,4	0,2	0,0004
	23/06/16													
(prelevato a circa 0,5 metri dalla superficie)	02/08/16	1,7	< 0,05	< 1	0,02	3,1	< 1	< 0,5	< 1	13	1,8	0,6	0,1	0,0003
	31/08/16	1,5	< 0,05	< 1	< 0,01	1,2	< 1	< 0,5	< 1	16	1,8	< 0,4	< 0,1	0,0005
	Media	2	0,1	< 1	0,02	2	< 1	< 0,5	< 1	14	1,7	< 0,4	0,2	0,0004
P4 prof. (prelevato a circa 25 metri di profondità)	04/05/16	2	< 0,05	< 1	< 0,01	< 1	< 1	< 0,5	< 1	12	1,5	< 0,4	0,1	0,0011
	23/06/16													
	02/08/16	1,7	< 0,05	< 1	< 0,01	7,5	< 1	< 0,5	< 1	13	1,9	0,7	0,2	0,0002
	31/08/16	1,6	< 0,05	< 1	< 0,01	1	< 1	< 0,5	< 1	17	1,8	0,4	< 0,1	< 0,0002
	Media	2	< 0,05	< 1	< 0,01	3	< 1	< 0,5	< 1	14	1,7	0,4	0,1	0,0005
Legenda:	<i>Campionamento non effettuato perché l'area era soggetta a lavori di bonifica da parte della Micoperi</i>						<i>Parametri non eseguiti per cause tecniche</i>							

Monitoraggio della qualità ambientale conseguente all'incidente della M/n Concordia

Tabella 3.2 - Classificazione chimica 2017: parametri

2017		As	Cd	Cr	Hg	Ni	DEHP	PBDE	TBT
SQA-MA		5	0,2	4		8,6	1,3		0,0002
SQA-CMA		-	-	-	0,07	34	-	14	0,0015
µg/L									
Foce Bruna	12/06/17	1,6	< 0,05	1,9	0,04	1,5	0,9	< 0,1	0,0007
	13/07/17	1,4	< 0,05	< 1	0,03	1,6	1,3	< 0,1	0,0003
	26/09/17	2,1	< 0,05	< 1	0,01	3,1	< 0,4	0,1	0,0005
	20/11/17	1,6	< 0,05	< 1	0,07	2,2	< 0,4	< 0,1	0,0003
	Media	2	< 0,05	< 1	0,07	2,1	0,7	< 0,1	0,0005
Cala di Forno	13/06/17	1,3	< 0,05	< 1	< 0,01	< 1	0,7	< 0,1	0,0005
	13/07/17	1,6	< 0,05	< 1	0,12*	1	0,5	< 0,1	0,0005
	26/09/17	1,6	< 0,05	< 1	< 0,01	1,1	< 0,4	< 0,1	< 0,0001
	20/11/17	1,2	< 0,05	< 1	< 0,01	1,6	< 0,4	< 0,1	0,0002
	Media	2	< 0,05	< 1	0,03	1,1	0,4	< 0,1	0,0002
Porto Santo Stefano	13/06/17	1,4	< 0,05	1,4	< 0,01	3,7	1,2	< 0,1	0,0018
	14/07/17	1,6	< 0,05	< 1	0,03	1,2	0,4	< 0,1	0,0007
	28/09/17	1,5	0,07	< 1	< 0,01	2	0,6	< 0,1	0,0076
	22/11/17	1,7	< 0,05	< 1	< 0,01	1	< 0,4	< 0,1	0,0003
	Media	2	< 0,05	< 1	0,01	2	0,6	< 0,1	0,0026
Elba Sud	05/06/17	1,7	< 0,05	3,2	0,01	2,7	< 0,4	< 0,1	0,0004
	11/07/17	1,6	< 0,05	< 1	0,01	1,4	< 0,4	< 0,1	0,0006
	08/09/17	1,6	< 0,05	1,6	0,01	< 1	< 0,4	< 0,1	0,0006
	09/11/17	1,9	< 0,05	< 0,1	< 0,1	1,6	< 0,4	< 0,1	0,0005
	Media	2	< 0,05	1,5	0,01	1,6	< 0,4	< 0,1	0,0005
Montecristo	10/07/17	1,7	< 0,05	< 1	< 0,01	1,7	1	< 1	Non eseguito
Giglio Le Scole	15/06/17	2	< 0,05	< 1	0,01	7,8	2,5	< 0,1	0,0009
	14/07/17	3,6	< 0,05	< 1	0,01	2	0,4	< 0,1	0,0006
	28/09/17	1,8	< 0,05	1,1	< 0,01	1,8	0,5	< 0,1	0,0001
	22/11/17	1,8	0,09	< 1	< 0,01	1,6	< 0,4	< 0,1	0,0001
	Media	2	< 0,05	< 1	0,01	3,3	0,9	< 0,1	0,0004
P4 sup. (prelevato a circa 0,5 metri dalla superficie)	15/06/17	1,8	0,05	< 1	0,03	7,6	2,5	< 0,1	0,0001
	14/07/17	1,8	< 0,05	< 1	< 0,01	< 1	< 0,4	< 0,1	0,0005
	28/09/17	2,2	< 0,05	< 1	0,04	1,2	1	< 0,1	0,0007
	22/11/17	1,8	< 0,05	< 1	< 0,01	2,1	< 0,4	< 0,1	0,0002
	Media	1,9	< 0,05	< 1	0,02	2,9	1	< 0,1	0,0004
P4 prof. (prelevato a circa 25 metri di profondità)	15/06/17	1,8	0,05	< 1	< 0,01	8,2	5,9	0,2	0,0006
	14/07/17	2	< 0,05	< 1	< 0,01	1,2	0,8	< 0,1	0,0002
	28/09/17	2,4	< 0,05	< 1	0,01	1,3	< 0,4	< 0,1	0,0008

2017		As	Cd	Cr	Hg	Ni	DEHP	PBDE	TBT
	22/11/17	1,8	< 0,05	< 1	0,04	1,4	1,3	< 0,1	0,0002
	Media	2	< 0,05	< 1	0,02	3	2,1	< 0,1	0,0005

Come per il 2016, i dati delle analisi chimiche relative al 2017 (Tabella 3.2) sono state raffrontate con gli standard normativi SQA- MA e SQA-CMA, come indicati dal D.Lgs 152/06 e s.m.i., parte III, all.1.

Si rileva un superamento del SQA-MA per la concentrazione di TBT in tutte le stazione tranne quella denominata Cala di Forno. Nel 2017 solo la stazione di riferimento Porto Santo Stefano rileva un superamento della SQA-CMA per il parametro TBT.

Non si rilevano superamenti degli standard ambientali per nessuno dei metalli ricercati, del Di(2-Etilsil) ftalato (DEHP), e nel Polibromo Difenileteri (PBDE); tutti i restanti parametri chimici presentano valori inferiori al limite di determinazione strumentale o allo standard normativo

I saggi biologici su *Vibrio fischeri* effettuati nei campioni di acqua indicano assenza di tossicità sia nel 2016 che nel 2017

3.2 Stato ecologico

3.2.1 *Biomassa fitoplanctonica*

Per quanto riguarda lo stato trofico delle acque è opportuno fare riferimento all'indice di biomassa fitoplanctonica: la quantità di **clorofilla** presente nella colonna d'acqua ci fornisce indicazioni sullo stato trofico del sistema essendo in stretta relazione con la quantità di organismi autotrofi presenti all'interno di una stazione monitorata. Le misurazioni sono state effettuate in fluorescenza utilizzando la sonda multiparametrica presente a bordo della M/n Poseidon e in particolare con il fluorimetro Seapoint Chlorophyll Fluorometer – Seapoint Sensors, Inc.

I valori medi di “*clorofilla a*”, calcolati così come indicato dal DM 260/2010, e il relativo rapporto di qualità ecologica (RQE) sono riportati in Tabella 3.3: lo stato ecologico per tutte le stazioni monitorate risulta essere **ELEVATO** (RQE=1).

Questo risultato è confermato anche dai dati dell'indice trofico TRIX: questo indice, che mette in relazione elementi chimici e fisici quali ossigeno, nutrienti e “*clorofilla a*”, indica uno stato di bassa trofia in tutte le stazioni indagate.

Tabella 3.3 - Stato ecologico in base alla biomassa fitoplanctonica e indice TRIX

	2016				2017			
	Clorofilla a (mg/m ³)	RQE	Stato	TRIX medio	Clorofilla a (mg/m ³)	RQE	Stato	TRIX medio
Foce Bruna	0,2	1	E	2,7	0,1	1	E	3,0
Cala di Forno	0,3	1	E	2,5	0,1	1	E	2,5
Porto Santo Stefano	0,2	1	E	2,0	0,2	1	E	2,8
Elba Sud	0,2	1	E	2,4	0,3	1	E	2,7
Montecristo	0,6	1	E	3,1	0,1	1	E	2,8
Giglio Le Scole	0,5	1	E	2,2	0,1	1	E	2,4
P4	0,1	1	E	1,9	0,2	1	E	2,7
P4 prof.	0,3	1	E	3,1	0,3	1	E	2,9

3.2.2 *Posidonia oceanica*

I dati sono stati utilizzati per il calcolo dell'Indice di classificazione ecologica PREI (*Posidonia oceanica Rapid Easy Index*) (Gobert et al., 2009) ai sensi del DM 260/10. Questo indice multimetrico include il calcolo di cinque descrittori:

- la densità della prateria (fasci/m²);
- la superficie fogliare fascio, (cm²/fascio);
- il rapporto tra la biomassa degli epifiti (mg/fascio);
- e la biomassa fogliare fascio (mg/fascio);
- la profondità del limite inferiore;
- la tipologia del limite inferiore.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti stazione per stazione per l'anno 2017

Cala del Lazzaretto (sito d'impatto)

Il valore dell'indice PREI per questo sito è risultato pari a 0,681, corrispondente ad una classe di qualità ecologica BUONO. Di seguito vengono riportate alcune informazioni integrative relative alle stazioni dove è stato calcolato l'indice PREI (15 metri e limite inferiore).

Stazione a 15 metri: è stata rilevata prateria di *Posidonia oceanica* pura su *matte*, con copertura pari a circa il 75%, con radure di sabbia e/o di *matte* morta pari a circa il 25% e con differenze in termini di copertura non trascurabili tra un'area e l'altra. Nell'area più superficiale, infatti, si evidenziano chiari segni di erosione della prateria, con *matte* scoperta e un scalzamento dei rizomi non trascurabile, riscontrabile anche attraverso le conte di densità dei fasci. La stima di densità risulta essere $317,9 \pm 51,2$ (fasci/m²), più bassa rispetto a quanto osservato in altri siti caratterizzati da una medesima batimetria ma lontani dall'area di cantiere. Il valore osservato, tuttavia, secondo Pergent et al., 1995 (e modificato da Buia et al., 2003), consente di classificare la prateria ancora come prateria in equilibrio (**Densità Normale**).

Limite inferiore della prateria: lungo un transetto orizzontale (circa 20-30m), il limite inferiore risulta frastagliato e raggiunge una profondità massima di circa 23 m, propria di acque trasparenti (Pergent et al., 1995). Nei pressi del limite, sono stati riscontrati rizomi plagiotropi scalzati. La densità in corrispondenza del limite inferiore, di tipo regressivo, risulta di $191,7 \pm 50,5$ (fasci/m²).

Cala di Mezzo (sito d'impatto)

Il valore dell'indice PREI è risultato pari a 0,639, corrispondente ad una classe di qualità ecologica BUONA.

Stazione a 15 metri: è stata rilevata prateria di *Posidonia oceanica* pura su *matte*, con copertura pari circa all'80% e presenza di *matte* morta pari circa al 15-20%; si rilevano anche radure di sabbia. La stima di densità risulta essere pari a $231,2 \pm 72,0$ (fasci/m²), valore più basso rispetto a quanto osservato in altri siti alla medesima batimetria ma lontano dall'area di cantiere, classificata secondo Pergent et al., 1995 (e modificato da Buia et al., 2003), come prateria disturbata (Densità Bassa). Si evidenziano segni di erosione nella prateria, con *matte* scoperta e un scalzamento dei rizomi non trascurabile confrontabile con quello rilevato a Cala del Lazzaretto.

Limite inferiore della prateria: è stato indagato lungo un transetto orizzontale (circa 20-30m); esso risulta essere piuttosto frastagliato, con una profondità massima di circa 29m, in acque classificate secondo Pergent et al., 1995 come trasparenti. Sul limite sono evidenti zone di *matte* morta intervallate da prolungamenti di prateria in sofferenza, **segno di una regressione in atto**. Sono stati osservati pochi rizomi plagiotropi ciò ad indicare una tendenza della prateria a non avanzare verso batimetrie maggiori; non si evidenzia, comunque, uno scalzamento dei rizomi sul limite, poiché questi rimangono piuttosto stabili e ancorati al substrato sabbioso. Il limite è di tipo regressivo e la densità calcolata in quest'area è di $195,8 \pm 37$ (fasci/m²).

Punta Radice (sito di controllo)

Il valore dell'indice PREI ottenuto è pari a 0,835 corrispondente ad una classe di qualità ELEVATA.

Stazione a 15 metri: prateria di *Posidonia oceanica* pura su *matte* con copertura pari a circa il 85% con piccole radure di sabbia e/o di *matte* morta (pari circa al 15%). L'area A3 è stata localizzata necessariamente ad una batimetrica leggermente inferiore (12-13m) e in prossimità del limite inferiore, quest'ultimo molto più superficiale in quest'area rispetto alle precedenti. La stima di densità risulta essere $336,7 \pm 101$ (fasci/m²). Il valore osservato, secondo Pergent et al., 1995 (e modificato da Buia et al., 2003), consente di classificare la prateria come in equilibrio (**Densità Normale**).

Limite inferiore della prateria: è stato indagato lungo un transetto orizzontale (circa 20-30m); risulta essere piuttosto frastagliato e si sviluppa lungo una batimetrica irregolare tra i 18-20 metri nella sua parte iniziale, 26-28m nella sua parte centrale e 14-15m nel suo tratto finale. La profondità massima riscontrata di 26m permette di classificare le acque secondo Pergent et al., 1995, come trasparenti. In questa prateria non si evidenzia un graduale diradamento, né in termini di copertura né in termini di densità, ma piuttosto un'interruzione netta della prateria con il suo limite che termina su sabbia. Non sono state riscontrate elevate percentuali di rizomi plagiotropi. Il fondale nei pressi del limite inferiore è caratterizzato da una elevata pendenza; poco oltre il limite in alcuni casi è stato evidenziato un ulteriore aumento di pendenza. Il limite è di tipo netto e la densità in sua corrispondenza è stata calcolata pari a $234,4 \pm 85,1$ (fasci/m²).

Punta Capo Marino (sito di controllo)

Il valore dell'indice PREI per quest'area è risultato pari a 0,743 corrispondente ad una classe di qualità ecologica BUONA.

Stazione a 15 metri: la prateria a *Posidonia oceanica* è risultata essere pura, insediata su *matte*/sabbia con copertura pari a circa il 100%. Non si è rilevata presenza di *matte* morta. La stima di densità risulta essere $363,7 \pm 71,4$ (fasci/m²). Il valore osservato, secondo Pergent et al., 1995 (e modificato da Buia et al., 2003), consente di classificare la prateria in equilibrio (Densità Normale).

Limite inferiore della prateria: è stato indagato lungo un transetto orizzontale (circa 20-30m); risulta caratterizzato da una copertura che degrada nella sua porzione più profonda con *patches* di *Posidonia* isolate alcune delle quali localizzate fino a circa 30m (acque molto trasparenti - Pergent et al., 1995). Nella porzione più profonda si è notata una normale diminuzione in termini di densità

della prateria, rispetto alle porzioni di prateria più superficiali. Il limite inferiore, alla profondità di circa 30m, si presenta progressivo con una densità di $216,7 \pm 76.8$ (fasci/m²). Non è stata evidenziata presenza di *matte* morta. Non si evidenzia uno scalzamento dei rizomi sul limite, rimanendo questi piuttosto stabili e ancorati al substrato sabbioso. Nei pressi del limite sono state comunque riscontrate modeste percentuali di rizomi plagiotropi.

La Caletta (sito di controllo e di monitoraggio ARPAT ai sensi del Dlgs 152/06)

Il valore dell'indice PREI in quest'area è risultato il più alto delle cinque aree indagate con un valore pari a 0,768 corrispondente ad una classe di qualità ecologica BUONA.

Stazione a 15 metri: prateria a *Posidonia oceanica* pura su *matte*/sabbia con copertura elevata pari a circa il 90%. Non si è rilevata presenza di *matte* morta su superfici significative. La stima di densità risulta essere $353,3 \pm 93,4$ (fasci/m²). Il valore osservato, secondo Pergent et al., 1995 (e modificato da Buia et al., 2003), consente di classificare la prateria in equilibrio (**Densità Normale**).

Limite inferiore della prateria: è stato indagato lungo un transetto orizzontale (circa 20-30m); risulta essere piuttosto frastagliato con una profondità massima di circa 30m, caratteristica di acque trasparenti secondo Pergent et al., 1995. Non si evidenzia uno scalzamento dei rizomi sul limite, rimanendo questi piuttosto stabili e ancorati al substrato sabbioso. In corrispondenza del limite, di tipo progressivo, la densità dei fasci è pari a $366,7 \pm 40,2$ (fasci/m²).



I risultati della campagna di monitoraggio 2017 (Tabella 3.5) sono piuttosto confrontabili con quelli rilevati nel 2016 (Tabella 3.4).

Tabella 3.4 - Valori dei parametri e dell'indice PREI calcolati per i siti indagati: 2016

STAZIONE	PARAMETRI	DATI	PREI	Classe di qualità ecologica
Punta Radice	Densità (fascio/m ²)	514.58	0.824	HIGH
	Superficie fogliare (cm ² /fascio)	264.24		
	Prof limite inf (m)	28.6		
	Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	201.29		
	Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1657.09		
	Tipo di limite (λ) (*)	0		
Capo Marino	Densità (fascio/m ²)	402.92	0.769	GOOD
	Superficie fogliare (cm ² /fascio)	207.02		
	Prof limite inf (m)	29.0		
	Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	76.66		
	Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1069.69		
	Tipo di limite (λ) (*)	3		
Cala di Mezzo	Densità (fascio/m ²)	202.92	0.812	HIGH
	Superficie fogliare (cm ² /fascio)	364.15		
	Prof limite inf (m)	29.6		
	Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	257.24		
	Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	2011.08		
	Tipo di limite (λ) (*)	3		
Caletta	Densità (fascio/m ²)	408.75	0.787	HIGH
	Superficie fogliare (cm ² /fascio)	274.45		
	Prof limite inf (m)	28.0		
	Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	104.61		
	Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1355.23		
	Tipo di limite (λ) (*)	0		
Lazzaretto	Densità (fascio/m ²)	317.50	0.727	GOOD
	Superficie fogliare (cm ² /fascio)	328.67		
	Prof limite inf (m)	24.8		
	Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	169.01		
	Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1551.31		
	Tipo di limite (λ) (*)	-3		
0=limite netto; -3=limite regressivo; 3=limite progressivo o erosivo				

Tabella 3.5 - Valori dei parametri e dell'indice PREI calcolati per i siti indagati: 2017

SITO	PARAMETRI	DATI	PREI	
			EQR	Classe di qualità ecologica
Punta Radice	Densità (fascio/m2)	336,67	0.835	HIGH
	Superficie fogliare (cm2/fascio)	402,19		
	Prof limite inf (m)	26		
	Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	252,02		
	Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1847,44		
	Tipo di limite (λ) (*)	0		
Capo Marino	Densità (fascio/m2)	363,75	0.743	GOOD
	Superficie fogliare (cm2/fascio)	215,56		
	Prof limite inf (m)	27,8		
	Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	121,52		
	Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1186,87		
	Tipo di limite (λ) (*)	3		
Cala di Mezzo	Densità (fascio/m2)	231,25	0.639	GOOD
	Superficie fogliare (cm2/fascio)	214,22		
	Prof limite inf (m)	29		
	Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	83,83		
	Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1060,27		
	Tipo di limite (λ) (*)	-3		
Caletta	Densità (fascio/m2)	353,33	0.768	GOOD
	Superficie fogliare (cm2/fascio)	300,52		
	Prof limite inf (m)	23,4		
	Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	132,21		
	Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1531,4		
	Tipo di limite (λ) (*)	3		
Lazzaretto	Densità (fascio/m2)	317,92	0.681	GOOD
	Superficie fogliare (cm2/fascio)	299,08		
	Prof limite inf (m)	23,1		
	Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	200,3		
	Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1424,13		
	Tipo di limite (λ) (*)	-3		

Anche nell'anno 2017, infatti, l'indice PREI evidenzia valori più bassi a Cala del Lazzaretto e a Cala di Mezzo, rivelando l'esistenza di un impatto nell'area prossima al naufragio della M/N Costa Concordia, nonché al cantiere di rimozione della nave e al cantiere per il ripristino dei fondali, quest'ultimo ancora esistente al momento delle attività di monitoraggio oggetto della presente relazione. Tuttavia, le differenze

tra i valori PREI dei siti d'impatto e i siti di controllo sono modeste e la classificazione dell'indice restituisce un rapporto di qualità ecologico (da qui in poi EQR) sempre piuttosto alto, tra lo stato BUONO e lo stato ELEVATO.

Si evidenzia come le differenze riscontrate nel valore di EQR tra il 2016 e il 2017 sono generalmente più basse nei siti di Impatto, mentre tali differenze sono più elevate nei siti di Controllo. La variabilità rilevata tra il 2015 e il 2017 (Tabella 3.6) per i descrittori indagati, sia strutturali, che funzionali ed ecologici è ascrivibile per lo più alla naturale variabilità presente su piccola scala spaziale nelle praterie di *Poseidonia oceanica*, che è stato dimostrato essere sempre piuttosto elevata (e.g. Balestri et al., 2003, Piazzini et al., 2004, Bacci et al., 2015).

Tabella 3.6 - Indice PREI calcolati per i siti indagati nel triennio 2015-2016

Indice PREI		RQE 2015	RQE 2016	RQE 2017
Controllo	Punta Radice	0,78	0,82	0,84
Controllo	Capo Marino	0,86	0,78	0,74
Impatto	Cala di Mezzo	0,71	0,75	0,64
Controllo	Caletta	0,93	0,84	0,77
Impatto	Lazzaretto	0,72	0,73	0,68

3.2.3 *Coralligeno:*

In generale, i popolamenti coralligeni dell'Isola del Giglio appaiono ben strutturati e diversificati in tutti i siti di controllo indagati, con *patterns* di variabilità spaziale che sono da considerare tipici dell'habitat a coralligeno. Infatti, un'alta variabilità a piccola scala è stata ampiamente descritta per questo ambiente ed è legata ad una distribuzione a *patches* degli elementi dominanti (Piazzini et al. 2004, 2010, Balata et al. 2005).

Secca della Croce (sito di controllo)

Il popolamento a coralligeno di questo sito si presenta ricco e ben strutturato, caratteristiche tipiche di un coralligeno in buono stato di salute e non sottoposto ad impatti di origine antropica. Risultano infatti ben visibili i vari strati algali di Peyssonellaceae, Corallinaceae (strato incrostante),

Pseudochlorodesmis furcellata e feltro (strato feltro), Rhodophyta erette cilindriche e *Flabellia petiolata* (strato eretto).

Non si osservano depositi di sedimento, mentre in alcune unità di campionamento si è riscontrata la presenza di mucillagini. Tuttavia, la costituzione di ammassi mucilluginosi è un fenomeno segnalato ormai da anni sui fondali dell'Isola del Giglio e dunque non ricollegabile all'evento Costa Concordia. Meno strutturata appare invece la componente animale. Tra gli organismi presenti sono da ricordare la gorgonia *Eunicella cavolinii*, il briozoo *Myriapora truncata* e lo zoantario *Parazoanthus axinellae*.

Il valore dell'indice ESCA per questo sito è risultato superiore a 0,67 che corrisponde ad una classe di qualità ecologica BUONA, confermando così il buono stato di conservazione del *habitat* coralligeno in questo sito.

Punta Gabbianara (sito di impatto)

Il popolamento a coralligeno di Punta Gabbianara appare ancora impoverito, soprattutto dello strato eretto, ed è presente un cospicuo strato a turf, già riscontrato anche negli anni passati. Lo strato eretto, tipico di un coralligeno in buono stato di salute, è quasi totalmente scomparso e laddove presente, seppur in piccole percentuali, è completamente ricoperto di sedimento, così come lo è il resto degli strati algali che strutturano il coralligeno. La deposizione di sedimento tende a soffocare gli organismi e rende omogeneo un popolamento che invece è per definizione uno dei più disomogenei del Mediterraneo, nel senso che la sua estrema ricchezza in specie e biodiversità ne aumenta la variabilità su piccola scala in modo unico e caratteristico rispetto a quanto avviene per altri *habitat* mediterranei (Balata et al. 2005, 2007).

Il calcolo del valore di ESCA per questo sito ha fornito un risultato pari a 0,54, che corrisponde a una classe di qualità ecologica di MODERATA. Tale valore indica uno stato di miglioramento del coralligeno rispetto al 2015 e una situazione stazionaria rispetto al 2016.

Le Scole Sud (sito di controllo)

Questo sito presenta un popolamento a coralligeno ricco e ben strutturato, nel quale si evidenziano i diversi strati (eretto, intermedio ed incrostante) a dominanza rispettivamente di *Flabellia petiolata* e Rhodophyta erette a tallo sia foliaceo che cilindrico. Erano presenti, inoltre, i briozoi *Smittina cervicornis*, *Pentapora fascialis* e *Reteporella spp*, e i gorgonacei *Eunicella cavolinii* e *Paramuricea clavata*. Il valore dell'indice ESCA per questo sito è 0,74, così come per il sito Secca

della Croce. Corrisponde ad una classe di qualità ecologica BUONA, confermando così il buono stato di conservazione del *habitat* coralligeno in questo sito.

Punta Lazzaretto (sito di controllo)

Per la sua relativa vicinanza alla zona di cantiere, e quindi al sito impattato di Punta Gabbianara, questo sito era stato inizialmente selezionato “con riserva”, nel senso che sarebbe stato considerato un sito ad impatto intermedio oppure un sito di controllo in base all'*output* dei risultati ottenuti a seguito della prima campagna di campionamento. L'ipotesi di partenza era che Punta Lazzaretto fosse un sito di controllo poiché, pur trovandosi relativamente vicino alla zona di cantiere, la parete a coralligeno oggetto del campionamento si trova sul lato nord del promontorio che chiude Cala di Mezzo e con un'esposizione alle correnti che presumibilmente la pone “al riparo” dal *plume* sedimentario sollevato dai lavori di cantiere. Questa ipotesi è stata poi confermata dal sopralluogo di campo e dai risultati ottenuti con l'applicazione dell'indice ESCA in tutte le campagne effettuate fino ad ora. Come si osserva il popolamento a coralligeno di Punta Lazzaretto presenta caratteristiche molto più simili al sito di controllo Le Scole Sud che non al sito impattato, ovvero appare come un coralligeno ben strutturato e completamente libero da depositi sedimentari. Ciò conferma che il sedimento in sospensione che è presente nella zona di cantiere rimane circoscritto alla zona impattata e non ha pertanto alcun effetto sui siti immediatamente adiacenti. Si evidenzia la presenza di un cospicuo strato eretto in cui si distinguono bene le Chlorophyceae *Flabellia petiolata* e *Palmophyllum crassum*. L'elevata copertura di questa e di altre alghe erette indica una buona qualità ecologica del coralligeno, essendo lo strato eretto il primo a scomparire in risposta ad uno stress antropico. Erano inoltre abbondanti invertebrati sensibili all'inquinamento come i briozoi *Smittina cervicornis*, *Pentapora fascialis* e *Reteporella spp*, e i gorgonacei *Eunicella Cavolinii* e *Paramuricea clavata*. A conferma di quanto osservato in campo, il valore di ESCA calcolato per questo sito è 0,72 corrispondente a una classe di qualità ecologica BUONA. Si conferma dunque, anche per questa campagna, l'idoneità di Punta Lazzaretto come un valido sito di controllo per il confronto e la valutazione di stato di popolamenti a coralligeno sottoposti ad impatto antropico.

In generale, i popolamenti coralligeni dell'Isola del Giglio appaiono ben strutturati e diversificati in tutti i siti di controllo indagati, con *patterns* di variabilità spaziale che sono da considerare tipici del *habitat* a coralligeno. Infatti, un'alta variabilità a piccola scala è stata ampiamente descritta per

questo ambiente ed è legata ad una distribuzione a *patches* degli elementi dominanti (Piazzi et al. 2004, 2010, Balata et al. 2005).

L'indice ESCA evidenzia valori simili nei tre siti di controllo, mentre il valore di EQR diminuisce nel sito impattato di Punta Gabbianara, come già osservato nei precedenti anni di monitoraggio (Penna et al., 2017). In sostanza, quindi, con la sola eccezione di Punta Gabbianara, sito che viene classificato in uno stato MODERATO, tutti gli altri siti di campionamento presentano un popolamento a coralligeno che li classifica in uno stato di qualità ecologica BUONA.

I risultati della campagna di monitoraggio 2017 sono confrontabili con quelli rilevati nel 2016 (Tabella 3.7). Anche nell'anno 2017, infatti, l'indice ESCA evidenzia valori più bassi a Gabbianara, rivelando l'esistenza di un impatto nell'area prossima al naufragio della M/N Costa Concordia, nonché al cantiere di rimozione della nave e al cantiere per il ripristino dei fondali, quest'ultimo ancora esistente al momento delle attività di monitoraggio oggetto della presente relazione.

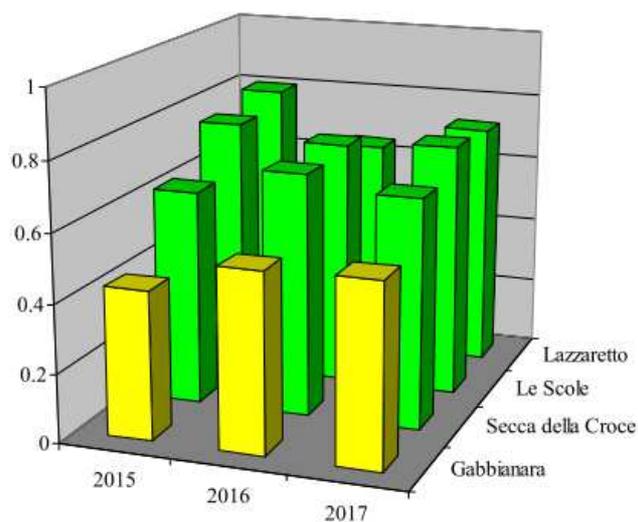
Tabella 3.7 - Valori dei descrittori dell'indice ESCA calcolati per i siti indagati

	Beta	Alpha	SL	ESCA
2015				
Lazzaretto	0.78	0.65	0.98	0.80
Le Scole	0.89	0.65	0.74	0.76
Secca della Croce	0.31	0.83	0.75	0.63
Gabbianara	0.66	0.30	0.34	0.43
2016				
Lazzaretto	0.34	0.74	0.86	0.65
Le Scole	0.51	0.77	0.89	0.72
Secca della Croce	0.69	0.68	0.76	0.71
Gabbianara	0.53	0.54	0.50	0.52
2017				
Lazzaretto	0.56	0.69	0.92	0.72
Le Scole	0.70	0.71	0.82	0.74
Secca della Croce	0.50	0.76	0.75	0.67
Gabbianara	0.54	0.55	0.51	0.53

Il monitoraggio 2017 testimonia ancora una volta che l'impatto dei lavori del cantiere di rimozione prima ed i successivi lavori di ripristino dei fondali poi (attualmente ancora in atto) è molto circoscritto, ovvero limitato ai popolamenti situati all'interno della zona di cantiere, quella cioè direttamente interessata dai lavori e dalle risospensioni sedimentarie che da essi scaturiscono. Un significativo aumento della torbidità, nell'area di cantiere, dovuto a rilascio di grandi quantità di sedimento fine, sebbene in un breve lasso temporale, è stato registrato lungo l'intera colonna d'acqua, dalla superficie fino a 50m di profondità, determinando un impatto sugli habitat a coralligeno (Casoli et al., 2017).

Tuttavia, l'Indice ESCA mostra un leggero miglioramento della qualità ecologica di Punta della Gabbianara tra il 2015 e il 2017, presupponendo un certo recupero del *habitat* in relazione al minor impatto del cantiere nella zona.

Figura 3.1 -- Valori dell'indice ESCA calcolati per i siti indagati



Al fine di approfondire le indagini sui popolamenti di fondo duro, in considerazione degli impatti evidenziati tramite dell'Indice ESCA, si è ritenuto opportuno attuare uno specifico monitoraggio utilizzando un approccio paesaggistico, per fornire informazioni circa la struttura delle scogliere coralligene al fine di valutarne la qualità in relazione alle varie stratocenosi.

Tale valutazione viene effettuata attraverso l'implementazione di uno specifico indice di qualità, **COARSE** (*CO*ralligenous *A*ssessment by *R*eef*S*capes *E*stimate, Gatti et al., 2012, 2015) messo a punto per la valutazione dei popolamenti macroalgali di substrato duro.

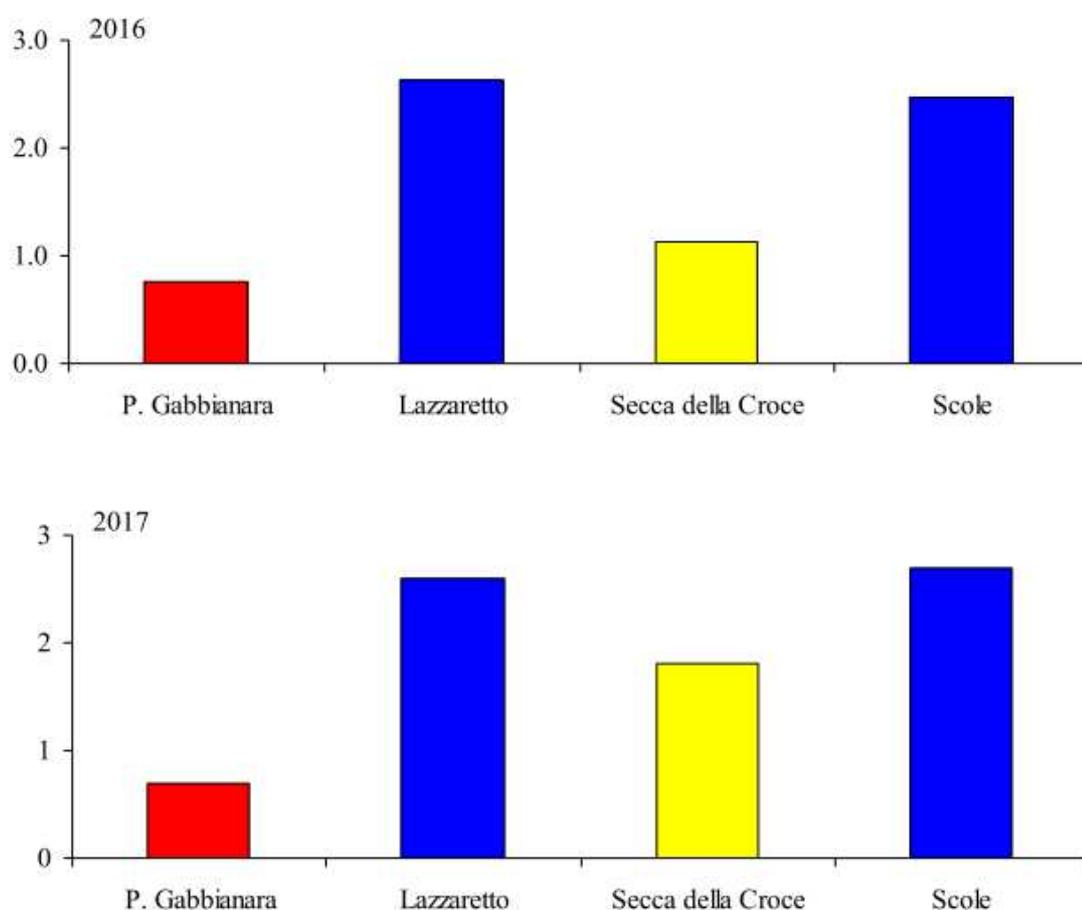
Il campionamento è stato effettuato in novembre 2016 e a luglio 2017, a Punta Gabbianara (sito impattato) e su tre siti considerati come controllo (Cala Lazzaretto, Secca della Croce, Le Scole).

Durante il campionamento visivo sono state raccolte informazioni per i tre strati caratterizzanti i popolamenti coralligeni: basale (costituito da organismi incrostanti o con crescita verticale limitata), intermedio (composto da organismi con altezza compresa tra 1 e 10cm) ed eretto (con organismi superiori ai 10cm in altezza).

I valori di COARSE variavano tra 0,7 a P. Gabbianara e 2,7 a Cala Lazzaretto.

In entrambi gli anni Punta Gabbianara è risultata in uno stato ecologica CATTIVO, la Secca della Croce in uno stato ecologico MODERATO, e gli altri in uno stato ecologico ELEVATO.

Figura 2 – Valori di COARSE nei siti studiati



A differenza dell'Indice ESCA, l'Indice COARSE mette in evidenza l'impatto sull'habitat a coralligeno in una logica di paesaggio, quindi considerando la tridimensionalità del popolamento. Dai dati ottenuti si evince che l'impatto ha interessato tutti gli strati del coralligeno, confermando che ciascuno strato rappresenta un buon indicatore ecologico di qualità ambientale. Ad ogni modo, lo strato basale è quello che si discosta maggiormente dai controlli nel 2016, evidenziando che

cause maggiormente legate a questo strato, come l'aumento di sedimentazione, possano aver avuto un effetto maggiore.

Considerato che ogni descrittore è legato a differenti tipi di stress, è possibile ipotizzare che l'impatto sia stato legato a cause plurime. Nel 2017 le differenze sono invece maggiori negli altri strati, evidenziando una cronicizzazione dell'impatto che si riflette principalmente sugli invertebrati sessili a portamento eretto, come gorgonacei e briozoi.

Un altro indice utilizzato per approfondire le indagini dei popolamenti a fondo duro è **m-ALEX** (Piazzi et al., 2015), un indice che ha lo scopo di valutare la qualità ecologica degli habitat rocciosi in relazione all'abbondanza di specie macroalgali aliene. ARPAT in collaborazione con ISPRA e UNI Sassari, ha effettuato i campionamenti e ha applicato questo nuovo indice che ha evidenziato un impoverimento generale del popolamento di Punta Gabbiara. Questo impoverimento è riscontrabile sia come diminuzione del numero medio di specie per campione sia dai valori di ricoprimento: in altre parole la situazione è che cambiando i *pattern* di abbondanza relativa tra le specie native e specie introdotte, si determina un abbassamento dell'indice di qualità.

Pertanto, i risultati dello studio, pur non avendo indicato un livello di invasione preoccupante nei diversi siti indagati, hanno comunque mostrato una tendenza al peggioramento nell'area disturbata dal cantiere; tale tendenza suggerirebbe il proseguimento in futuro del monitoraggio delle specie macroalgali aliene.

4 CONCLUSIONI

Dai controlli analitici della colonna d'acqua non sembra che l'impatto sull'ambiente marino determinato dal naufragio della nave Costa Concordia e dalle successive operazioni di rimozione interessi le acque prelevate nelle immediate vicinanze del cantiere (Punto P4): di fatto al momento non sono state evidenziate situazioni di criticità.

I test di tossicità hanno sempre dato esito negativo e le concentrazioni di metalli sono risultate sempre entro i valori degli standard ambientali previsti dalla normativa.

Le altre analisi chimiche mostrano un'anomalia nelle concentrazioni medie dei TBT (Tributilstagno) con superamenti del SQA-MA nel 2016 in tutte le stazioni tranne Giglio e nel 2017 in tutte le stazioni eccetto Cala di Forno. Nonostante dal 1 gennaio 2003 la Direttiva 2002/62/CE abbia vietato l'immissione sul mercato e l'uso dei prodotti organostannici nei prodotti antivegetativi destinati a qualsiasi tipo di imbarcazione, questi composti, data l'elevata persistenza, sono presenti nella matrice acqua in tutti i corpi idrici della Toscana indagati ai sensi del D.Lgs 172/15; il superamento dello standard ambientale all'Isola del Giglio, quindi, non è da ritenersi in relazione con il naufragio della M/N Costa Concordia.

L'indice di biomassa fitoplanctonica indica nel punto di controllo il migliore stato possibile: ELEVATO (RQE=1), analogamente ai siti circostanti presi come riferimento. I bassi valori dell'indice trofico TRIX indicano inoltre una situazione di acque scarsamente produttive con un livello di trofia basso.

L'indice PREI applicato sulla matrice biologica *Posidonia oceanica* classifica tutti i siti tra la classe BUONA ed ELEVATA, pur mostrando alcune differenze tra un Sito di Impatto (Lazzaretto) e i Siti di controllo, evidenziando nel primo alcuni segnali di stress, con valori di PREI leggermente inferiori se confrontati con i Siti di Controllo lontani dall'area impattata. I segnali di impatto, sono evidenti e confermati da segni di erosione, con *matte* scoperta e uno scalzamento dei rizomi, in particolare nelle porzioni centrali delle praterie e su parte dei limiti inferiori, non rilevati nei Siti di controllo.

Per quanto riguarda il coralligeno, i popolamenti dell'Isola del Giglio appaiono ben strutturati e diversificati in tutti i siti di controllo indagati, con *patterns* di variabilità spaziale che sono da considerare tipici dell'habitat a coralligeno. La qualità ecologica è risultata ELEVATA in quasi tutta l'area tranne per Punta Gabbianara classificato in stato ecologico BUONO.

Le indagini condotte sul campo e i risultati ottenuti dall'applicazione dell'indice ESCA negli habitat a coralligeno dell'Isola del Giglio hanno evidenziato che l'impatto - dovuto ai lavori di cantiere di rimozione prima, e i successivi lavori di ripristino dei fondali poi, (attualmente ancora in atto) - è rimasto circoscritto all'area di cantiere, senza alcun effetto sulle aree indagate immediatamente adiacenti al sito di impatto (vedi Punta Lazzaretto), nè tantomeno in zone più distanti. La presenza dominante di feltro algale nel sito di Punta Gabbianara conferma il tasso di sedimentazione come principale sorgente di stress ambientale per i popolamenti del coralligeno, suggerendo anche un possibile, quanto auspicabile, *recovery* dei popolamenti una volta cessata la sorgente di impatto.

5 BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- Decreto Legislativo 13 ottobre 2015 n. 172. “attuazione della direttiva 2013/39/UE, che modifica le direttive 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque”.
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006 n. 152 “Norme in materia ambientale”-Parte Terza “Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall’inquinamento e di gestione delle risorse idriche”.
- Decreto 14 aprile 2009 n. 56 “Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs 152/06, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell’articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo”.
- Decreto 8 novembre 2010 n. 260 “Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs 152/06, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell’articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo”.
- Bacci T., Penna M., Rende S. F., Trabucco B., Gennaro P., Bertasi F., Marusso V., Grossi L., Cicero A. M (2016) Effects of Costa Concordia shipwreck on epiphytic assemblages and biotic features of *Posidonia oceanica* canopy. *Mar Pollut Bull* 109: 110–116
- Bacci, T., Rende, S.F., Rocca, D., Scalise, S., Cappa, P., Scardi, M., 2015. Optimizing *Posidonia oceanica* (L.) Delile shoot density: Lessons learned from a shallow meadow. *Ecol. Indic.* 58, 199–206. doi:10.1016/j.ecolind.2015.05.054
- Balata, D., Piazzì, L., Cecchi, E., Cinelli, F., 2005. Variability of Mediterranean coralligenous assemblages subject to local variation in sediment deposits. *Marine Environmental Research*, 60, 403-421.
- Balestri, E., Cinelli, F., Lardicci, C., 2003. Spatial variation in *Posidonia oceanica* structural, morphological and dynamic features in a northwestern Mediterranean coastal area: a multi-scale analysis. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 250, 51-60.
- Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M., 2003. Seagrass systems. In: M.C. Gambi and M. Dappiano (Editors), *Mediterranean marine benthos: a manual of methods for its sampling and study*. *Biologia Marina Mediterranea* 11, pp 133-183.
- Casoli E., Ventura D., Cutroneo L., Capello M., Jona-Lasinio G., RINALDI R., Criscoli A., Belluscio A. And Ardizzone G.D. (2017) Assessment of the impact of salvaging the Costa Concordia wreck on the deep coralligenous habitats. *Ecological Indicators* 80, 124–134.
- Cecchi E., Gennaro P., Piazzì L., Ricevuto E., Serena F. 2014. Development of a new biotic index for ecological status assessment of Italian coastal waters based on coralligenous macroalgal assemblages. *European Journal of Phycology* 49, (3): 298-312.
- Cecchi E., Piazzì L. 2010. A new method for the assessment of the ecological status of coralligenous assemblage. *Biologia Marina Mediterranea* 17:162-163.
- Cecchi E., Piazzì L., Serena F. 2010. The use of coralligenous assemblages in the monitoring survey along the tuscan coast: the assessment of sampling procedures and results of five-years studies. 3° Simposio CNR Livorno.

- Gatti G, Bianchi Cn, Morri C, Montefalcone M, Sartoretto S. 2015. Coralligenous reefs state along anthropized coasts: Application and validation of the COARSE index, based on a rapid visual assessment (RVA) approach. *Ecological Indicators* 52: 567-576.
- Gatti G, Montefalcone M, Rovere A, Parravicini V, Morri C, Albertelli G, Bianchi Cn., 2012. Seafloor integrity down the harbor waterfront: the coralligenous shoals off Vado Ligure (NW Mediterranean). *Advances in Oceanography and Limnology* 3: 51-67.
- Gobert, S., Sartoretto, S., Rico-Raimondino, V., Andral, B., Chery, A., Lejeune, P., Boissery, P., 2009. Assessment of the ecological status of Mediterranean French coastal waters as required by the Water Framework Directive using the *Posidonia oceanica* Rapid Easy Index (PREI). *Mar. Pollut. Bull.* 58, 1727–1733.
- ISPRA, 2012. Aggiornamento della scheda metodologica per il campionamento e l'analisi della *Posidonia oceanica* ai sensi del Dlgs 152/06.
- Meinesz A. & Laurent R., 1978, Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes-maritimes (France). *Botanica marina* 21, 513-526.
- Penna M., Gennaro P., Bacci T., Trabucco B., Cecchi E., Mancusi., Piazzì L., Rende S.F., Serena F., Cicero A.M. Multiple environmental descriptors to assess ecological status of sensitive habitats in the area affected by the Costa Concordia shipwreck (Giglio Island, Italy). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1-9. doi:10.1017/S0025315417001485
- Pergent G., Pergent-Martini C., Boudouresque C.F., 1995 Utilisation de l'herbier a *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée : état des connaissances. *Mésogée*, 54, 3-27.
- Piazzì L, Balata D, Cecchi E, Gennaro P, Serena F. 2014. Effectiveness of different investigation procedures in detecting anthropogenic impacts on coralligenous assemblages. *Scientia Marina* 78: 319-328
- Piazzì L, Balata D, Cinelli F, Benedetti-Cecchi L (2004) Patterns of spatial variability in epiphytes of *Posidonia oceanica*: Differences between a disturbed and two reference locations. *Aquat Bot* 79:345–356. doi: 10.1016/j.aquabot.2004.05.006
- Piazzì L., Balata D., Cecchi E., Cinelli F., Sartoni G. 2010. Species composition and patterns of diversity of macroalgal coralligenous assemblages of northwestern Mediterranean Sea. *Journal of Natural History* 44:1-22.
- Piazzì L., Balata D., Pertusati M., Cinelli F. 2004. Spatial and temporal variability of Mediterranean macroalgal coralligenous assemblages in relation to habitat and substrate inclination. *Botanica Marina*. 47: 105-115.
- Piazzì L., Gennaro P., Cecchi E., et al. 2015. Improvement of the ESCA index for the evaluation of ecological quality of coralligenous habitat under the European Framework Directives. *Mediterranean Marine Science* 16: 419-426.
- Piazzì L., Gennaro P., Cecchi E., Serena F., Bianchi C.N., Morri C., Montefalcone M. 2017. Integration of ESCA index through the use of sessile invertebrates. *Scientia Marina* 81(2): 283-290.
- Piazzì L., Balata, D., Ceccherelli, G., 2015. Epiphyte assemblages of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* : an overview. *Mar. Ecol.* n/a–n/a. doi:10.1111/maec.12331
- Piazzì L., Gennaro, P., Ceccherelli, G., 2015. Suitability of the Alien Biotic Index (ALEX) for assessing invasion of macroalgae across different Mediterranean habitats. *Mar. Pollut. Bull.* 97, 234-240.