



**Università
degli Studi
di Palermo**

Centro di Sostenibilità e
Transizione Ecologica



Contratto di consulenza tra il Commissario Straordinario Nazionale per l'adozione di interventi urgenti connessi al fenomeno della scarsità idrica della Presidenza del Consiglio dei Ministri e il Centro di Sostenibilità e Transizione Ecologica (CSTE) dell'Università degli Studi di Palermo per il “Monitoraggio ambientale dell'impianto di dissalazione di acqua di mare di Porto Empedocle (AG), prima e dopo la messa in esercizio, ai fini dell'analisi dello stato di salute del corpo idrico ricettore delle salamoie”

Relazione intermedia

dicembre 2025



Sommario

1. Premessa	3
2. Descrizione dell'area di studio e disegno sperimentale	4
3. Campionamento e analisi di laboratorio	7
3.1. Colonna d'acqua	7
3.1.1. Variabili chimico-fisiche	7
3.1.2. Analisi chimiche e biochimiche	8
3.2. Sedimento superficiale e macrozoobenthos	9
3.2.1. Granulometria	12
3.2.2. Elementi in traccia	12
3.2.3. Macrozoobenthos	12
3.3. Fanerogame marine	13
4. Risultati preliminari	14
4.1. Colonna d'acqua	14
4.1.1. Variabili chimico-fisiche	14
4.2. Analisi chimiche e biochimiche	18
4.3. Sedimento superficiale	19
4.3.1. Analisi fisiche, chimiche e biochimiche	19
4.4. Biota	22
4.4.1. Macrozoobenthos	22
4.4.2. Fanerogame marine	23
5. Fasi successive	25
6. Bibliografia	26



1. Premessa

La presente relazione si inquadra nell'ambito del contratto di consulenza siglato tra il Commissario Straordinario Nazionale per l'adozione di interventi urgenti connessi al fenomeno della scarsità idrica della Presidenza del Consiglio dei Ministri e il Centro di Sostenibilità e Transizione Ecologica (CSTE) dell'Università degli Studi di Palermo in attuazione del decreto n. 20 emanato in data 20 marzo 2025 dallo stesso Commissario Straordinario Nazionale.

Il contratto prevede la realizzazione del monitoraggio ambientale dell'impianto di dissalazione di acqua di mare di Porto Empedocle (AG), prima e dopo la messa in esercizio, ai fini dell'analisi dello stato di salute del corpo idrico ricettore delle salamoie.

Il presente documento rappresenta la relazione intermedia, redatta, come da contratto, entro il quinto mese dalla messa in esercizio dell'impianto di dissalazione di Porto Empedocle, e riporta lo stato di avanzamento del monitoraggio, includendo sia le attività di campo che di laboratorio pianificate ed effettuate nella fase PRE, cioè la fase antecedente l'attivazione dell'impianto di dissalazione, e i risultati preliminari conseguiti relativamente ai descrittori ambientali precedentemente identificati e riportati nella relazione iniziale consegnata nel mese di agosto 2025. I risultati della fase PRE consentono pertanto di definire la *baseline* ambientale prima della operatività degli impianti di dissalazione dell'acqua e del conseguente rilascio di salamoie nell'area marino-costiera circostante.

2. Descrizione dell'area di studio e disegno sperimentale

L'area di studio comprende le acque prospicienti l'impianto di dissalazione di acqua di mare di Porto Empedocle (AG), come riportato in Fig. 1 e Tabella 1.

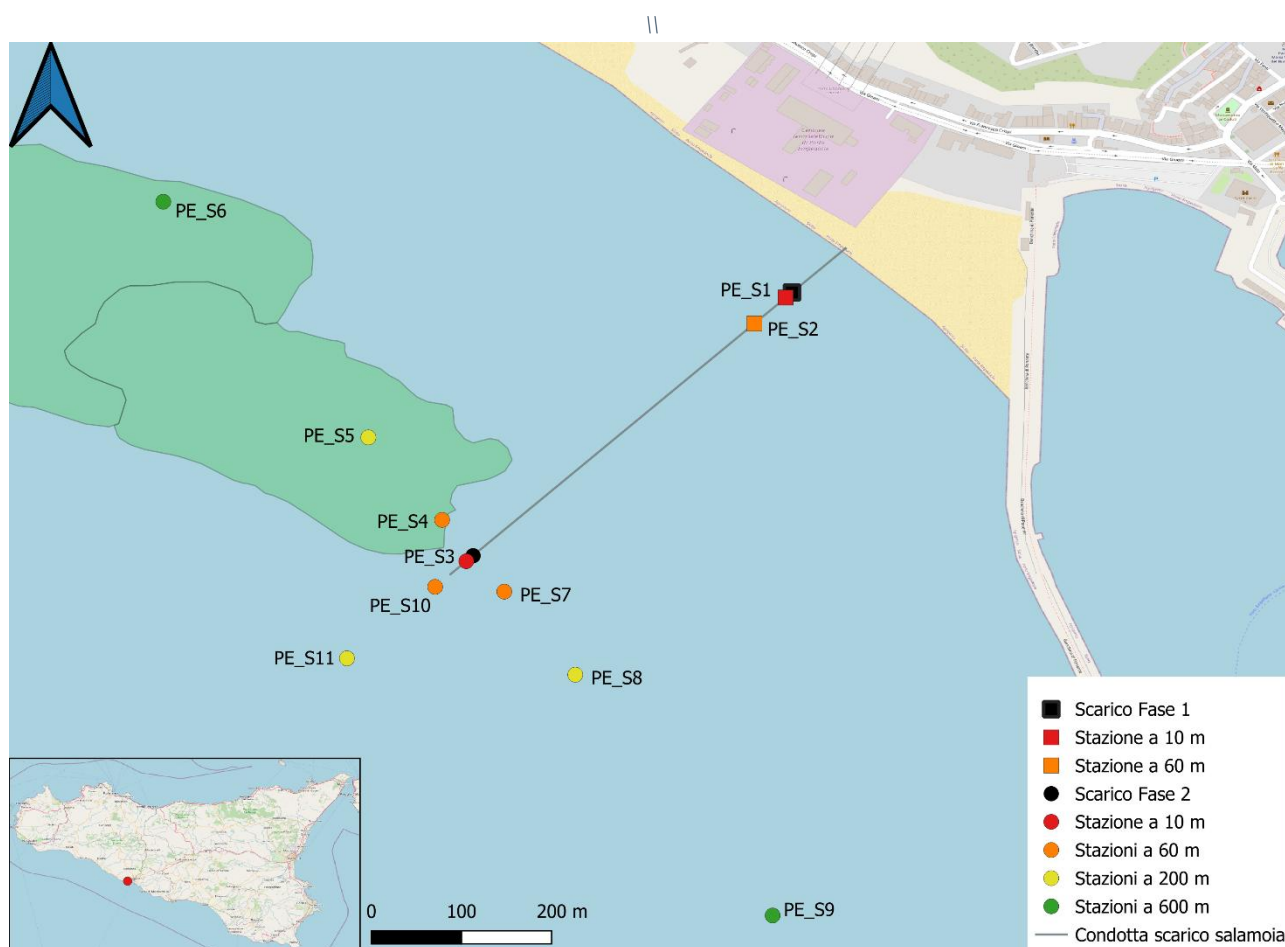


Figura 1: Mappa dell'area di studio con indicate le posizioni degli scarichi e delle stazioni di campionamento. La chiazza verde sulla sinistra indica la distribuzione delle fanerogame marine (fonte EMODNet)

Le caratteristiche idrodinamiche principali ricavate dal database “*Mediterranean Sea Physics Analysis and Forecast*” dal sito “*Copernicus Marine Service*” e riportate in Fig. 2, evidenziano che le correnti superficiali e subsuperficiali (3-8 m) dominanti nell'area oggetto di studio hanno direzione NW e SE, rispettivamente, con una velocità media tra 0.07 e 0.09 m s^{-1} a seconda della profondità. In particolare, l'analisi condotta su base stagionale evidenzia che nei mesi invernali e primaverili si

mantiene il *pattern* sopra descritto (NW-SE). Invece, nei mesi estivi le correnti risultano più variabili e alternate ma, comunque, sempre prevalentemente in direzione NW e SE. Nei mesi autunnali si segue l'andamento estivo, tranne che a novembre, in cui tende a prevalere nuovamente l'andamento invernale.

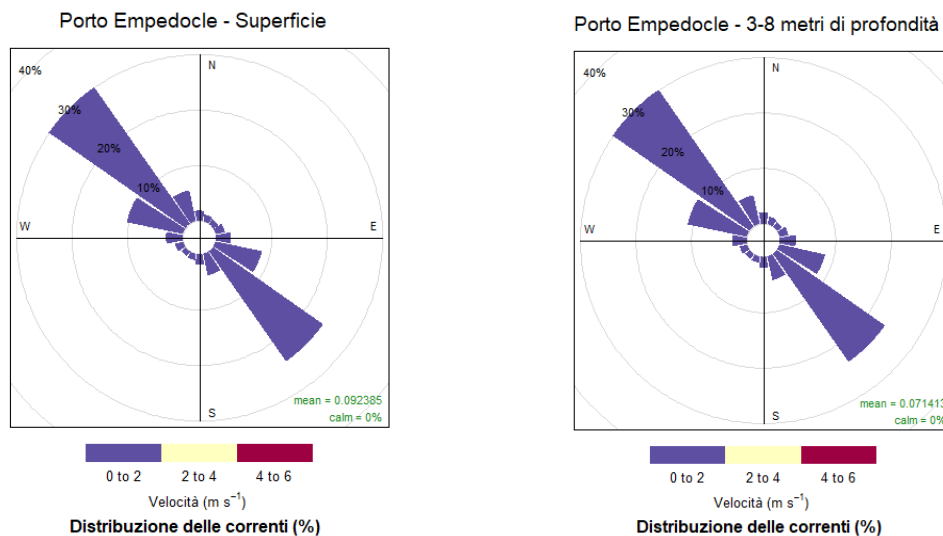


Figura 2: Distribuzione delle correnti superficiali e profonde (da ottobre 2024 a giugno 2025) nell'area di studio. (Copernicus Marine Service, MEDSEA_ANALYSISFORECAST_PHY_006_013).

Come riportato nella relazione iniziale, nell'area di studio, sono state individuate preliminarmente undici stazioni (Fig. 1, Tabella 1) tenendo conto delle due fasi operative previste per la messa in opera dell'impianto:

- Fase 1: in cui verrà attivato uno scarico provvisorio a ~ 80 m dalla costa;
- Fase 2: in cui verrà attivato uno scarico definitivo a ~ 600 m dalla costa che sarà dotato di tecnologia a diffusore multi-porta per limitare l'incremento di salinità nell'area circostante.

In maggiore dettaglio, le stazioni sono posizionate a 10 m (area presunta di maggiore impatto), 60 m (area di transizione), 200 m (area presunta di impatto residuale) e 600 m (area presunta di controllo) dallo scarico definitivo previsto per la Fase 2. Sono anche state individuate due stazioni per il monitoraggio dello scarico provvisorio previsto nella Fase 1 posizionate a 10 m e 60 m da esso. Pertanto, le stazioni PE_S1 e PE_S2 sono poste seguendo l'orientamento dello scarico della Fase 1, rispettivamente ad una distanza di 10 e 60 m dallo scarico stesso lungo un transetto perpendicolare alla costa, il quale comprende anche le stazioni PE_S3, PE_S10 e PE_S11, poste più al largo, e rispettivamente a 10, 60 e 200 m dallo scarico della Fase 2. Un transetto parallelo alla costa e



comprendente le stazioni PE_S4, PE_S5, PE_S6, rispettivamente ad una distanza di 60, 200 e 600 m dallo scarico della Fase 2, e PE_S7, PE_S8, PE_S9, anch'esse rispettivamente ad una distanza di 60, 200 e 600 m dal medesimo scarico, segue invece l'orientamento degli ugelli dello scarico della Fase 2, nonché le correnti dominanti dell'area (NW, SE) (Fig. 2).

Tabella 1: Coordinate geografiche e profondità delle stazioni di campionamento nell'area di studio (Porto Empedocle, AG)

Stazioni	Latitudine	Longitudine	Profondità (m)
PE_S1	37.28529	13.52086	1.8
PE_S2	37.28496	13.52047	2.9
PE_S3	37.28199	13.51686	6.8
PE_S4	37.28251	13.51656	6.4
PE_S5	37.28354	13.51564	5.9
PE_S6	37.28650	13.51308	5.2
PE_S7	37.28161	13.51734	6.8
PE_S8	37.28057	13.51822	6.6
PE_S9	37.27757	13.52070	8.1
PE_S10	37.28167	13.51647	7.0
PE_S11	37.28078	13.51537	7.9



3. Campionamento e analisi di laboratorio

L'indagine ambientale ha previsto una fase di campionamento PRE, antecedente l'attivazione dell'impianto di dissalazione, e prevederà una fase POST successiva alla messa in esercizio dell'impianto e all'avvio del relativo scarico a mare.

La fase PRE ha previsto un campionamento nell'area di studio, effettuato il giorno 24/07/2025, al fine di caratterizzare i descrittori ambientali precedentemente identificati e riportati nella relazione iniziale. In particolare, in tale occasione, sono state condotte indagini nel comparto della colonna d'acqua e del sedimento e, ove presente, è stata anche analizzata *Cymodocea nodosa*, unica fanerogama marina riscontrata nell'area di studio.

Per la colonna d'acqua si riportano nel presente report tutte le attività di campo svolte il 24/07/2025 e i risultati delle misurazioni *in situ* delle variabili chimico-fisiche svolte nella medesima data. Le analisi di laboratorio e i relativi risultati riguardano esclusivamente i solidi sospesi totali (TSS). Le restanti analisi (*i.e.*, nutrienti disciolti, clorofilla-*a*, carbonio totale e organico, azoto totale e composizione isotopica del carbonio e dell'azoto nel particellato) sono ancora in corso.

Per il sedimento si riportano tutte le attività di campo svolte il 24/07/2025, le analisi di laboratorio e relativi risultati della granulometria e della concentrazione degli elementi in traccia. Le restanti analisi (*i.e.*, clorofilla-*a* (Chl-*a*), contenuto del carbonio totale e organico e dell'azoto totale e composizione isotopica del carbonio e dell'azoto nel particellato) sono ancora in corso.

Per quanto riguarda il biota, si riportano le attività di campo svolte il 24/07/2025, le attività di laboratorio e relativi risultati preliminari relativi al conteggio degli organismi del macrozoobenthos a livello di *phylum*. L'identificazione degli organismi al più basso livello tassonomico possibile, ed il calcolo dei principali indici ecologici, incluso l'indice M-AMBI, sono ancora in corso. Si riportano anche le attività di campo svolte, le attività di laboratorio e relativi risultati delle misurazioni di densità e le principali variabili morfometriche e fenologiche della fanerogama marina *Cymodocea nodosa*.

3.1. Colonna d'acqua

3.1.1. Variabili chimico-fisiche

Per la valutazione delle variabili chimico-fisiche della colonna d'acqua, sono state eseguite misurazioni lungo i profili verticali delle stazioni di campionamento, utilizzando una sonda multiparametrica (Hydrolab, Mod. DS5), dotata di sensori per salinità (S), temperatura (T), ossigeno disciolto (DO), pH e profondità (depth) (Fig. 3).



Contestualmente, per ogni stazione di campionamento è stato compilato un protocollo di campo contenente le seguenti informazioni:

- data e ora di prelievo;
- condizioni meteorologiche e marine;
- codice della stazione di campionamento;
- coordinate geografiche;
- profondità;
- eventuali osservazioni e/o note.

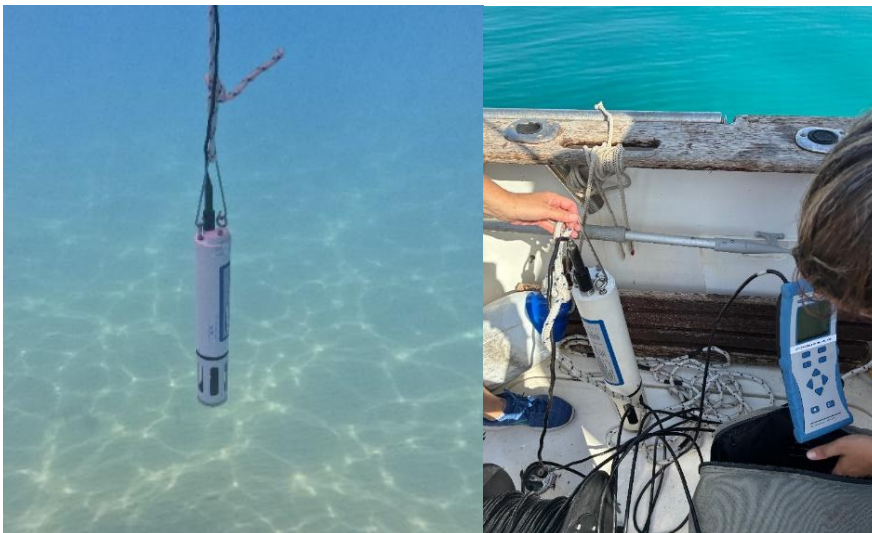


Figura 1: Misurazioni delle variabili chimico-fisiche tramite sonda multiparametrica.

3.1.2. Analisi chimiche e biochimiche

Per le analisi chimiche e biochimiche della colonna d'acqua, sono stati raccolti campioni d'acqua tramite l'utilizzo di una bottiglia Niskin da 10 l di volume (Fig. 4). Il prelievo è stato effettuato a due diverse profondità (*Top*: ad 1 metro dalla superficie, *Bottom*: ad 1 metro dal fondo) nelle stazioni con profondità maggiore di 3 m, e a una sola profondità per le stazioni con profondità minore di 3 m (*Top*: ad 1 m dalla superficie). I contenitori utilizzati per il sub-campionamento sono stati preventivamente ambientati con acqua di mare per evitare possibili contaminazioni.

I campioni d'acqua sono stati trasportati prima possibile in laboratorio, dove sono stati filtrati su filtri Whatman GF/F premuffolati (4 h, 450°C) con l'ausilio di una rampa di filtrazione, per la determinazione delle seguenti variabili:



- concentrazione dei solidi sospesi totali (TSS);
- concentrazione della clorofilla-*a* (Chl-*a*);
- contenuto del carbonio e dell'azoto totale e loro composizione isotopica nel particolato.

Inoltre, un'aliquota della frazione disciolta dei campioni d'acqua di mare è stata prelevata per l'analisi della concentrazione dei nutrienti disciolti: nitriti (NO₂-), nitrati (NO₃-), ammoniaca (NH₃), ortofosfati (PO₄³⁻) e silicati (Si(OH)₄).

Terminata la fase di filtrazione, i filtri ed i campioni relativi alla componente disciolta sono stati congelati a -20°C fino al momento dell'analisi.



Figura 2: Prelievo di acqua tramite bottiglia Niskin da 10 l

– Solidi sospesi totali (TSS)

La determinazione analitica dei solidi sospesi totali (TSS) è stata condotta seguendo il protocollo del manuale APAT CNR IRSA 29/2003. I filtri congelati sono stati essiccati in stufa per 24 ore alla temperatura di 105°C e successivamente pesati con una bilancia analitica con precisione al decimo di milligrammo. Il contenuto di TSS è stato poi calcolato tramite metodo gravimetrico.

3.2. Sedimento superficiale e macrozoobenthos

Il prelievo del sedimento è stato effettuato utilizzando una benna modello van Veen da 5 l (Fig. 5). In ogni stazione di campionamento sono state effettuate quattro bennate, due costituenti le due repliche destinate alla caratterizzazione fisica e chimica del sedimento, e due costituenti le due repliche



destinate allo studio della comunità macrozoobentonica.

Dopo aver recuperato a bordo la benna, questa è stata aperta in apposite vasche in modo da garantire il minimo rimaneggiamento della compagine stratigrafica e procedere all'ispezione visiva iniziale del sedimento recuperato (Fig. 6) per poi suddividere il sedimento raccolto in diverse aliquote destinate alle varie analisi.

1 I campioni prelevati per la caratterizzazione fisica e chimica del sedimento sono stati mantenuti al fresco e al buio per essere poi trasportati e conservati in laboratorio a -20°C per l'analisi delle seguenti variabili:

- granulometria;
- clorofilla-*a* (Chl-*a*);
- contenuto del carbonio e dell'azoto totale e loro composizione isotopica;
- elementi in traccia (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, V e Zn).

2 I campioni di sedimento destinati all'analisi della componente macrozoobentonica sono stati setacciati a bordo su setacci con maglia di 1 mm subito dopo il prelievo (Fig. 7). Il materiale biologico raccolto è stato conservato in acqua di mare ed etanolo al 70% e trasportato in laboratorio per le successive analisi tassonomiche volte all'identificazione delle specie macrozoobentoniche presenti.



Figura 3: Campionamento del sedimento tramite benna Van Veen da 5 l



Figura 4: Campioni di sedimento per le analisi fisiche e chimiche



Figura 5: Campioni di macrozoobenthos dopo la fase di setacciatura del sedimento



3.2.1. Granulometria

L'analisi granulometrica del sedimento è stata effettuata tramite metodo di separazione meccanico delle varie frazioni mediante setacci certificati (metodo ICRAM 2001-2003) con l'ausilio di un vibrosetacciatore (AS200, Retsch), previo trattamento dei campioni per l'eliminazione della materia organica, tramite una soluzione di perossido di idrogeno. I risultati ottenuti sono stati espressi in percentuali di ghiaia, sabbia e pelite rispetto al peso del campione totale.

3.2.2. Elementi in traccia

La determinazione analitica degli elementi in tracce (As, Cd, Cr tot, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, V, Zn) è stata condotta seguendo il protocollo del metodo USEPA 6010C/2007 “*Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry*”, che prevede l'utilizzo della tecnica di spettrometria di emissione atomica mediante plasma induttivamente accoppiato (ICP-OES; Optima 8000, PerkinElmer), dotato di un autocampionatore e di un generatore di vapori per la determinazione del mercurio e dell'arsenico.

I campioni, precedentemente liofilizzati (Alpha 2-4 Ldplus, CHRIST), sono stati sottoposti ad un processo di mineralizzazione secondo il metodo USEPA 3051/2007 “*Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils*”, con miscela di acidi forti a caldo, in un sistema chiuso a microonde (Mars 5, CEM) al fine di portare in soluzione i metalli associati alla matrice. Per ogni ciclo di mineralizzazione, è stato preparato un bianco costituito dalla miscela di estrazione senza il campione. Il controllo analitico è stato effettuato mediante mineralizzazione di materiale di riferimento certificato (CRM) NIST 2702. Per gli elementi fortemente volatili, come Hg e As, unitamente all'ICP-OES, è stato utilizzato un generatore di idruri. I risultati analitici sono stati espressi in mg kg^{-1} p.s., per tutti gli elementi, ad eccezione del Fe, le cui concentrazioni sono state espresse in %.

3.2.3. Macrozoobenthos

Il materiale biologico raccolto tramite setacciatura a bordo dei campioni di sedimento e conservato in etanolo al 70% è stato successivamente sottoposto in laboratorio a vagliatura (*sorting*) al fine di discriminare gli organismi facenti parte della comunità macrozoobentonica dal restante materiale estraneo. Quindi, i campioni sono stati sottoposti a identificazione e conteggio allo stereomicroscopio dei quattro principali *phyla* macrozoobentonici (crostacei, anellidi, molluschi, echinodermi). Gli organismi non identificati o appartenenti ad altri *phyla* sono stati classificati e conteggiati momentaneamente come “altro”. Gli organismi così cerniti saranno successivamente identificati fino al livello tassonomico più basso possibile, con l'ausilio di stereomicroscopi e microscopi ottici nonché di manuali di tassonomia della fauna bentonica.

3.3. *Fanerogame marine*

Data la presenza di *Cymodocea nodosa* nell'area d'interesse di Porto Empedocle, sono state effettuate da operatori tecnici subacquei (OTS), misurazioni di densità dei fasci *in situ* e prelievi di campioni di fasci secondo quanto descritto da Buia et al. (2003).

In maggiore dettaglio, in ogni sito dove la fanerogama marina era presente, è stato effettuato *in primis* il conteggio della densità dei fasci *in situ* tramite l'utilizzo di un quadrato 20x20 cm (Fig. 8). Successivamente sono stati prelevati manualmente circa 20 fasci per sito, che sono stati mantenuti al fresco e al buio per essere poi trasportati e conservati in laboratorio a -20°C, per le successive analisi morfometriche e fenologiche, che sono consistite in misure di:

- lunghezza della base (parte inferiore della foglia che avvolge il rizoma) e lunghezza totale della lamina fogliare (distinguendo il tessuto verde da quello bruno);
- larghezza della lamina fogliare.

In seguito alla misurazione dei parametri morfometrici, sono stati prelevati gli epifiti presenti sulla lamina fogliare mediante l'utilizzo di un coltello di ceramica. Dopodiché, i campioni sia di tessuto fogliare che degli epifiti sono stati essiccati in stufa a 60°C per almeno 24 ore per la determinazione della biomassa (peso secco).



Figura 6: Substrato colonizzato da una rada prateria di *Cymodocea nodosa* e quadrato per la stima della densità



4. Risultati preliminari

4.1. Colonna d'acqua

4.1.1. Variabili chimico-fisiche

I profili verticali di salinità, temperatura, ossigeno disciolto (ppm) e pH sono riportati nelle figure 9, 10, 11 e 12 rispettivamente. Per ridurre la variabilità tipica dei primi centimetri dalla colonna d'acqua, i dati raccolti con la sonda multiparametrica sono stati considerati a partire da 20 cm di profondità. Questo approccio può essere adottato in ambiente marino specialmente quando la zona superficiale è influenzata da fenomeni quali turbolenza, microgradienti termici e scambi con l'atmosfera, oppure da potenziali artefatti strumentali nello strato superficiale (Grasshoff et al., 2009).

I valori di salinità rilevati rientrano complessivamente nel ridotto *range* 37,5-38,5 PSU (Fig. 9) presentando elevata omogeneità soprattutto dalla profondità di -2 m al fondo

I valori di temperatura (Fig. 10) risultano generalmente compresi nel *range* 17-21°C, con valori maggiori in superficie. Si assiste poi ad una diminuzione di circa 2°C nei primi 2 metri della colonna d'acqua. A profondità maggiori, la temperatura risulta più stabile, intorno a 17,5-18°C, ad eccezione della stazione PE_S6, tra le meno profonde, la quale presenta valori leggermente più elevati.

La concentrazione di ossigeno disciolto (Fig. 11) presenta, complessivamente, valori attorno a 7,5 mg/l, con una lieve variabilità che diminuisce all'aumentare della profondità. Si evidenziano, inoltre, valori leggermente maggiori (circa 9 mg/l) entro i primi 50 cm, dovuti probabilmente alla turbolenza superficiale e a scambi con l'atmosfera.

Infine, il pH (Fig. 12) presenta valori compresi tra 8,1 e 8,5. In generale, i valori più elevati sono stati registrati in prossimità del fondale. Inoltre, le stazioni PE_S1 e PE_S2, caratterizzate dalla minore profondità e maggiore vicinanza alla costa, hanno presentato i profili più omogenei.

Nel complesso, pur presentando alcune differenze tra stazioni, i profili verticali delle variabili chimico-fisiche rilevate rientrano nei *range* caratteristici delle acque costiere del Mediterraneo Centrale, come riportato da ARPA Sicilia (2018).

Fanno eccezione i valori di temperatura, che sono risultati inferiori rispetto ai valori medi riportati nell'area nella stagione estiva. Per analizzare tale discrepanza, è stato effettuato un confronto con i dati disponibili sul portale *Copernicus Marine Service* per lo stesso giorno in cui sono state fatte le misure in campo. Tali dati hanno evidenziato un raffreddamento delle acque lungo tutta la zona costiera della Sicilia meridionale durante il periodo di campionamento e sono risultati comparabili con quelli registrati durante il presente studio, suggerendo che le condizioni meteomarine locali siano responsabili dell'anomalia termica.

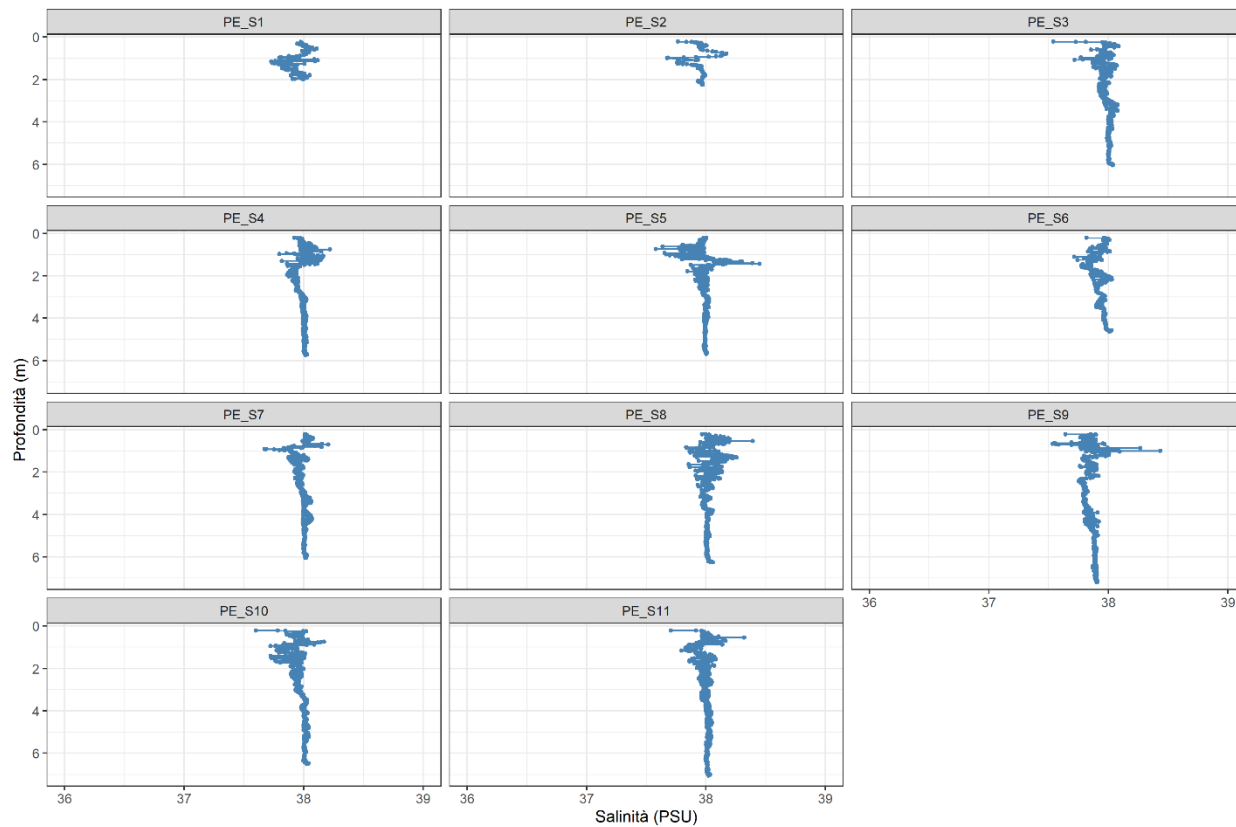


Figura 7: Profilo verticale della salinità (PSU) per ciascuna stazione

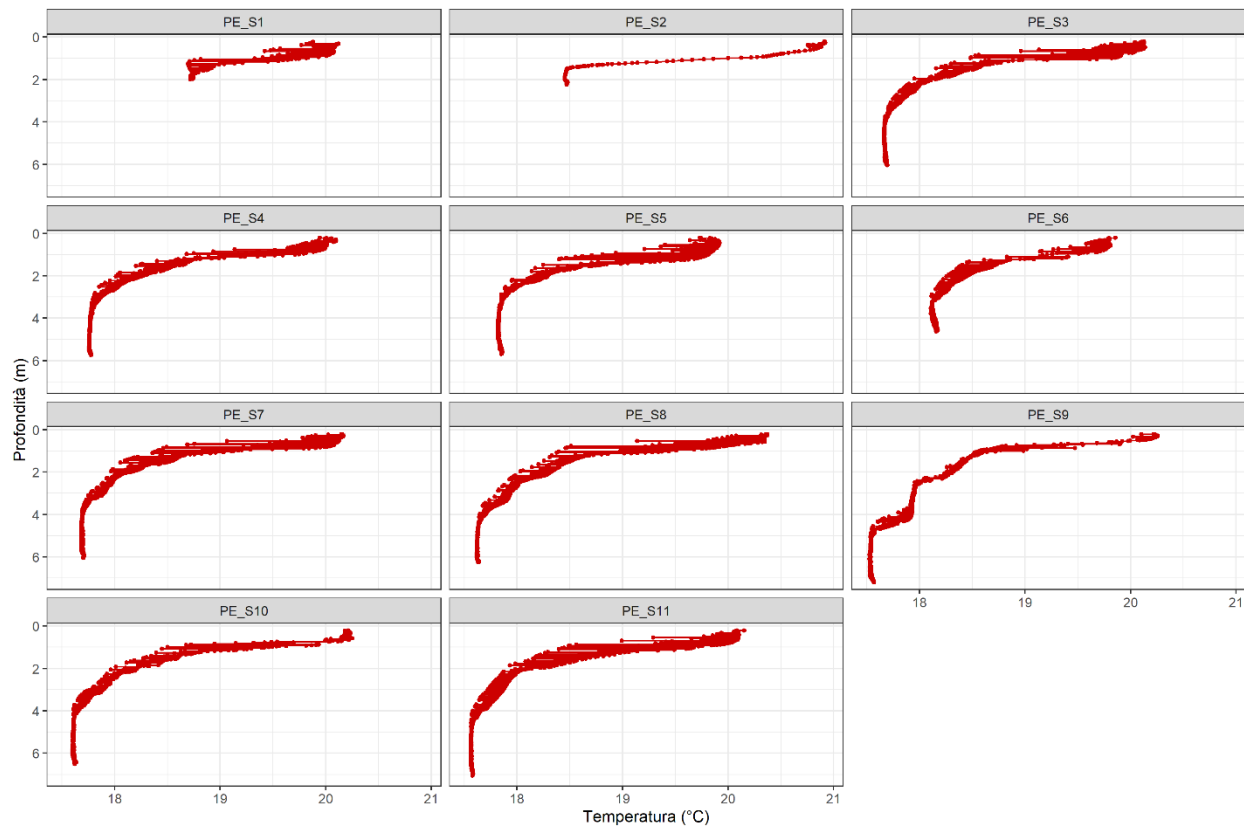


Figura 8: Profilo verticale della temperatura (°C) per ciascuna stazione

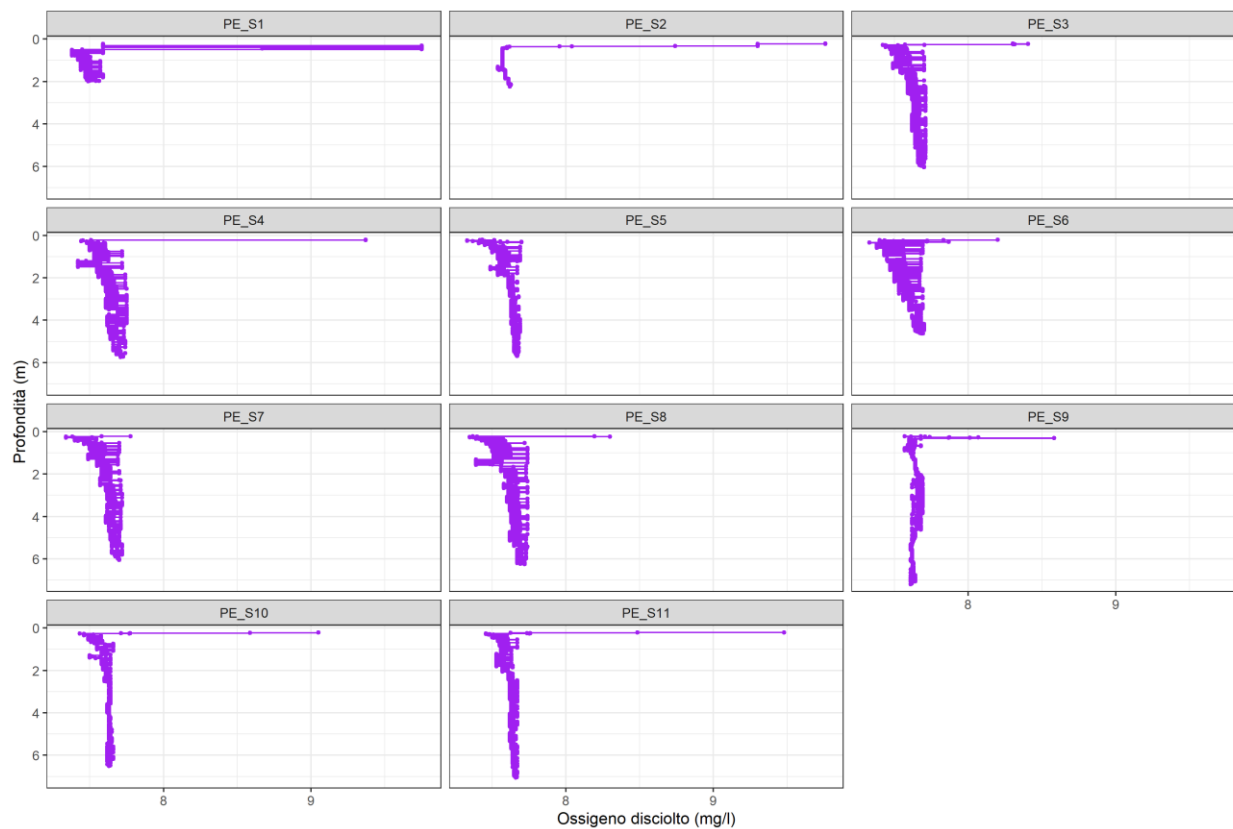


Figura 11: Profilo verticale della concentrazione di ossigeno disciolto (mg/l) per ciascuna stazione

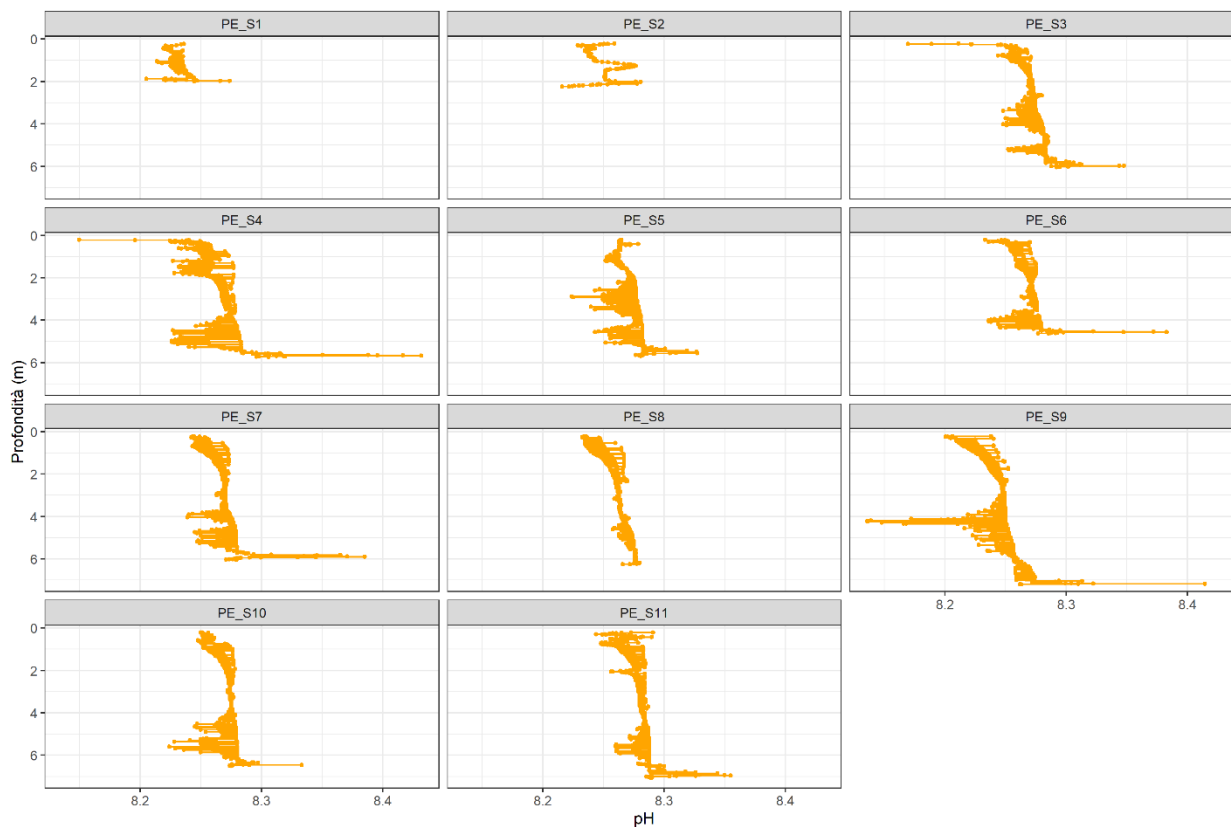


Figura 9: Profilo verticale del pH per ciascuna stazione

4.2. Analisi chimiche e biochimiche

In Fig. 13 sono riportati i valori della concentrazione dei solidi sospesi totali (TSS) nella colonna d'acqua dell'area oggetto di studio. I dati mostrano una certa omogeneità, con un *range* che va da 0,6 a 16,2 mg/l, con le eccezioni di picchi riscontrati in due campioni superficiali (stazioni PE_S1 e PS_S10) e in tre profondi (stazioni PE_S4, PE_S8, PS_S9). Questa eterogeneità si riscontra sia tra le varie stazioni, sia, in alcune stazioni, tra i campioni prelevati in superficie e i campioni prelevati al fondo.

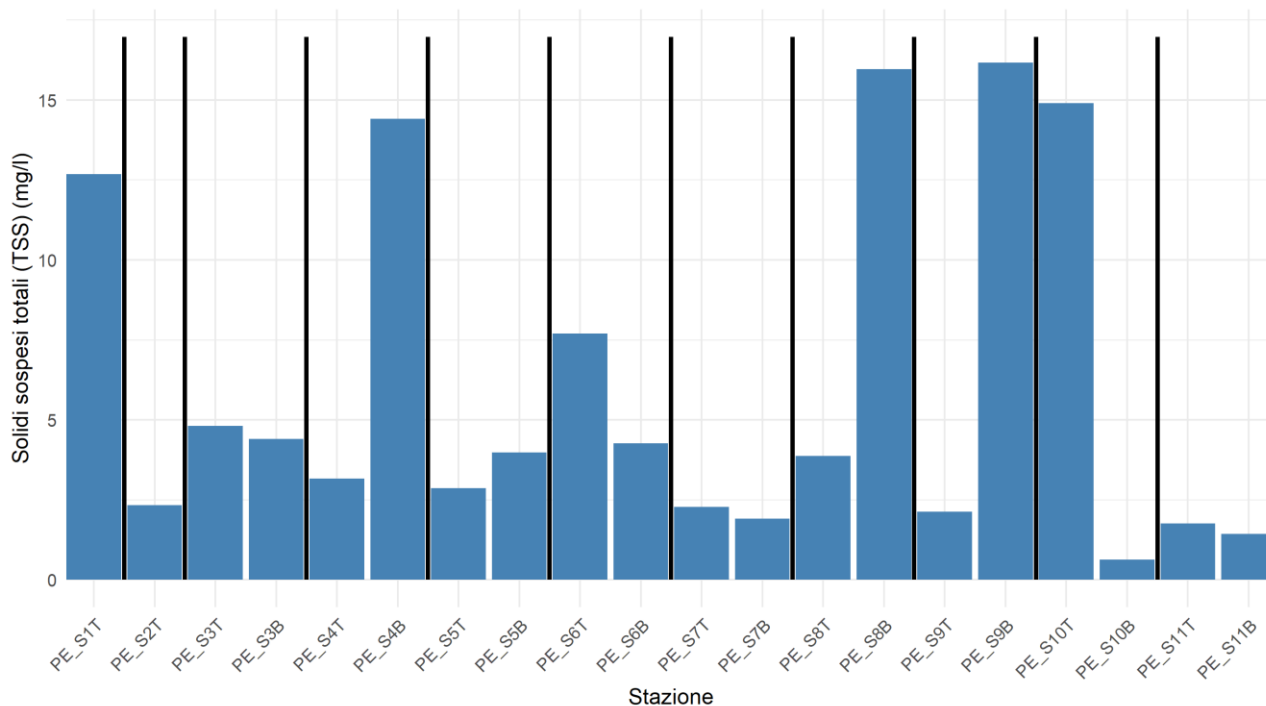


Figura 10: Concentrazione dei solidi sospesi totali (TSS) (mg/l) nelle stazioni di campionamento. T e B indicano i campioni prelevati ad 1 metro dalla superficie (T top) e ad un metro dal fondo (B bottom)

4.3. Sedimento superficiale

4.3.1. Analisi fisiche, chimiche e biochimiche

Nella Fig. 14 sono riportate le concentrazioni percentuali delle principali frazioni granulometriche del sedimento prelevato nelle stazioni di campionamento. I dati evidenziano una netta prevalenza di sedimenti sabbiosi in tutte le stazioni con una percentuale media del 95,5%. La frazione pelitica aumenta nelle stazioni più profonde, PE_S9, PE_S11, con valori rispettivamente di circa 14% e 9%.

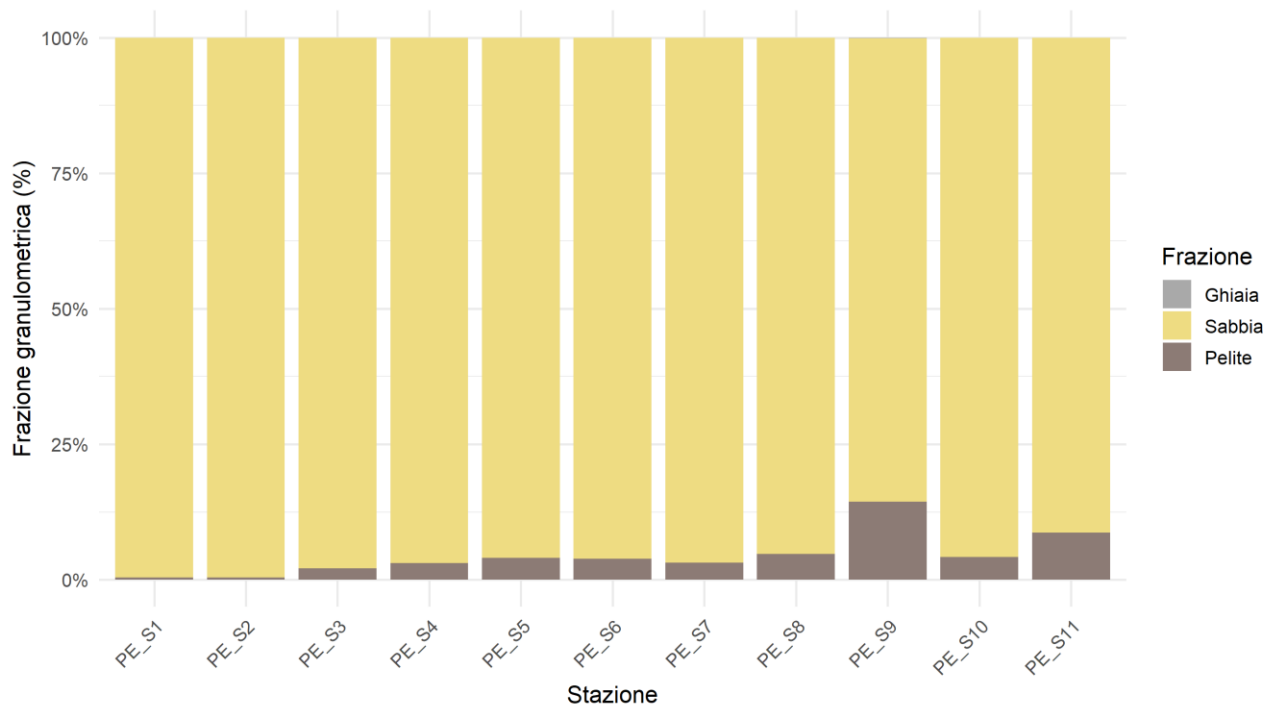


Figura 11: Distribuzione percentuale delle frazioni granulometriche del sedimento nelle diverse stazioni di campionamento

Nella Fig. 15 sono riportate le concentrazioni degli elementi in tracce nel sedimento (As, Cd, Cr tot, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, V, Zn).

Le concentrazioni sono state confrontate con i limiti previsti dalle normative vigenti, laddove disponibili e in particolare:

- Standard di Qualità Ambientale dei sedimenti marino-costieri inclusi nelle Tab. 2/A e 3/A e 3/B del DM 172/2015 “Attuazione della Direttiva 2013/39UE, che modifica le direttive 2000/60CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque” (Tabella 4). Queste tabelle riportano i valori fissati di concentrazione degli inquinanti che non devono essere superati per poter definire come “buono” lo stato chimico di sedimenti marini nell’ambito di valutazioni ambientali strategiche (VAS) e valutazioni di impatto ambientale (VIA).
- Livelli chimici di riferimento nazionali L1 e L2, previsti dal DM Ambiente 15 luglio 2016, n. 173 “Autorizzazione all’immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini – Attuativo dell’art. 109, DLgs 152/2006 (Tabella 2.5 dell’Allegato Tecnico al DM) (Tabella



2). Queste tabelle riportano i valori di riferimento L1 e L2 relativi al gruppo degli “Elementi in Tracce”: L1 corrisponde alla soglia di attenzione, al di sotto della quale non sono attesi effetti tossici significativi, mentre L2 rappresenta la soglia di allarme, oltre la quale gli effetti tossici diventano più probabili.

Da questo confronto emerge che tutti gli elementi mostrano concentrazioni di gran lunga inferiori agli Standard di Qualità Ambientale (SQA) e ai livelli chimici di riferimento nazionali L1 e L2 riportati nella Tabella 2. Fa eccezione l'arsenico, il quale supera le soglie esclusivamente nelle stazioni PE_S2, PE_S6 e PE_S7, pur rimanendo comunque entro i livelli di riferimento nazionali L2.

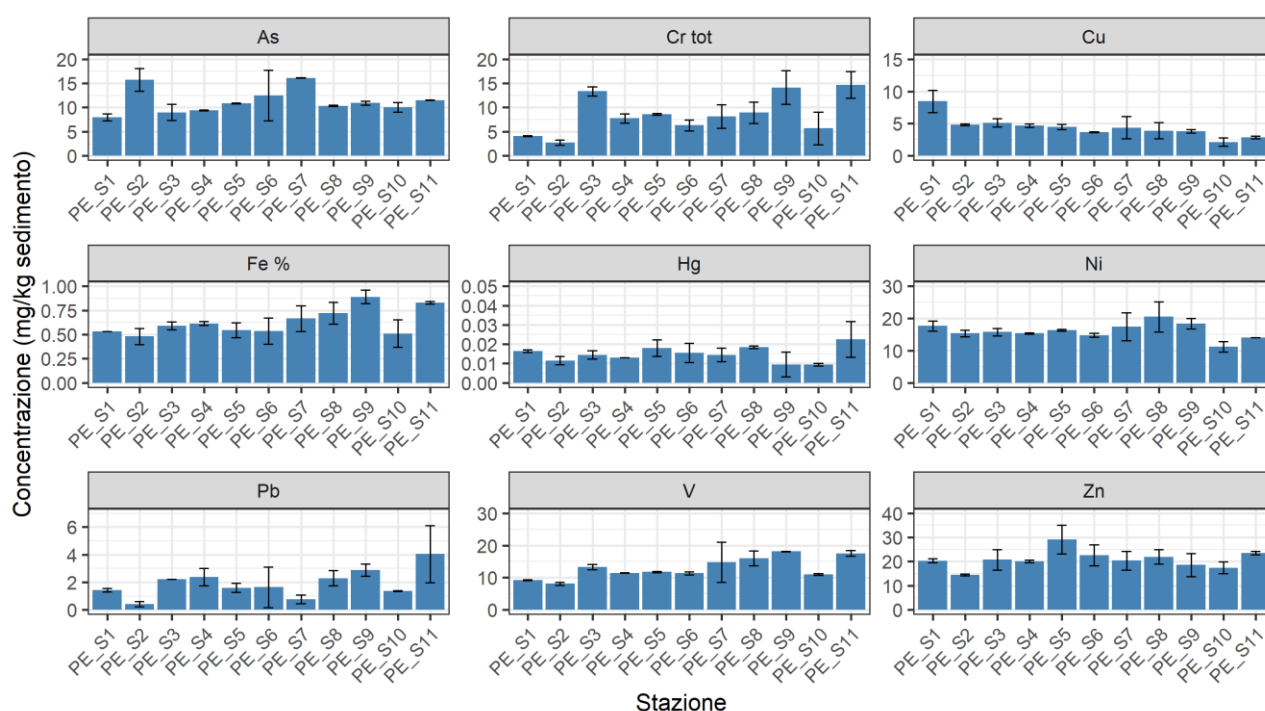


Figura 15: Media (\pm SD) della concentrazione di elementi in tracce nel sedimento (mg/kg di peso secco). Gli elementi rappresentati sono arsenico (As), cromo totale (Cr tot), rame (Cu), mercurio (Hg), nichel (Ni), piombo (Pb), vanadio (V), zinco (Zn), vanadio (V) e Fe (espresso in peso percentuale). Il cadmio (Cd) non è rappresentato in quanto presenta valori al di sotto della soglia minima di rilevamento



Tabella 2: Tabelle 2/A, 3/A, 3/B del DM 172/2015 e Tabella 2.5 L1 e L2 del DM 173/2016

PARAMETRO	D.M. 172/2015 Tab. 2A.3A.3B (mg/kg s.s.)	D.M. 173/2016 Tab.2.5 - L1 (mg/kg s.s.)	D.M. 173/2016 Tab. 2.5 -L2 (mg/kg s.s.)
METALLI			
As	12	12	20
Cd	0,3	0,3	0,8
Cr	50	50	150
Cu	-	40	52
Hg	0,3	0,3	0,8
Ni	-	30	75
Pb	30	30	70
Zn	-	100	150
V	-	-	-
Cr-VI	2	2	2

4.4. Biota

4.4.1. Macrozoobenthos

La composizione della comunità macrozoobentonica, ed in particolare le abbondanze assolute e relative dei principali taxa sono riportate nella Fig. 16. Gli anellidi sono presenti in tutte le stazioni; i molluschi sono risultati assenti solo nella stazione PE_S1 e i crostacei nelle stazioni PE_S2 e PE_S5. Infine, la presenza degli echinodermi è confinata alle stazioni PE_S3, PE_S6 e PE_S9.

Complessivamente, si evidenziano abbondanze maggiori a carico degli anellidi (densità media di 48,1 ind/m²) e dei molluschi (densità media di 46,6 ind/m²), seguiti dai crostacei (densità media di 27,6 ind/m²) e infine dagli echinodermi (densità media di 1,1 ind/m²). Le densità maggiori di individui si sono registrate nelle stazioni PE_S8, PE_S11 e PE_S9, con valori di 266,7, 241,7 e 216,7 ind/m², mentre le minori nelle stazioni PE_S1, PE_S2 e PE_S5, con valori di 29,2, 33,3 e 33,3 ind/m²

Analizzando le abbondanze percentuali, si osserva che nelle stazioni PE_S2 e PE_S9 gli anellidi raggiungono abbondanze superiori al 50%, mentre i molluschi sono risultati predominanti nelle stazioni PE_S4, PE_S5, PE_S7, PE_S8 e i crostacei nelle stazioni PE_S1 e PE_S10 con un'abbondanza percentuale pari a 71% e 47% rispettivamente.

Nelle fasi successive si procederà con l'identificazione degli organismi a livello tassonomico più basso possibile.

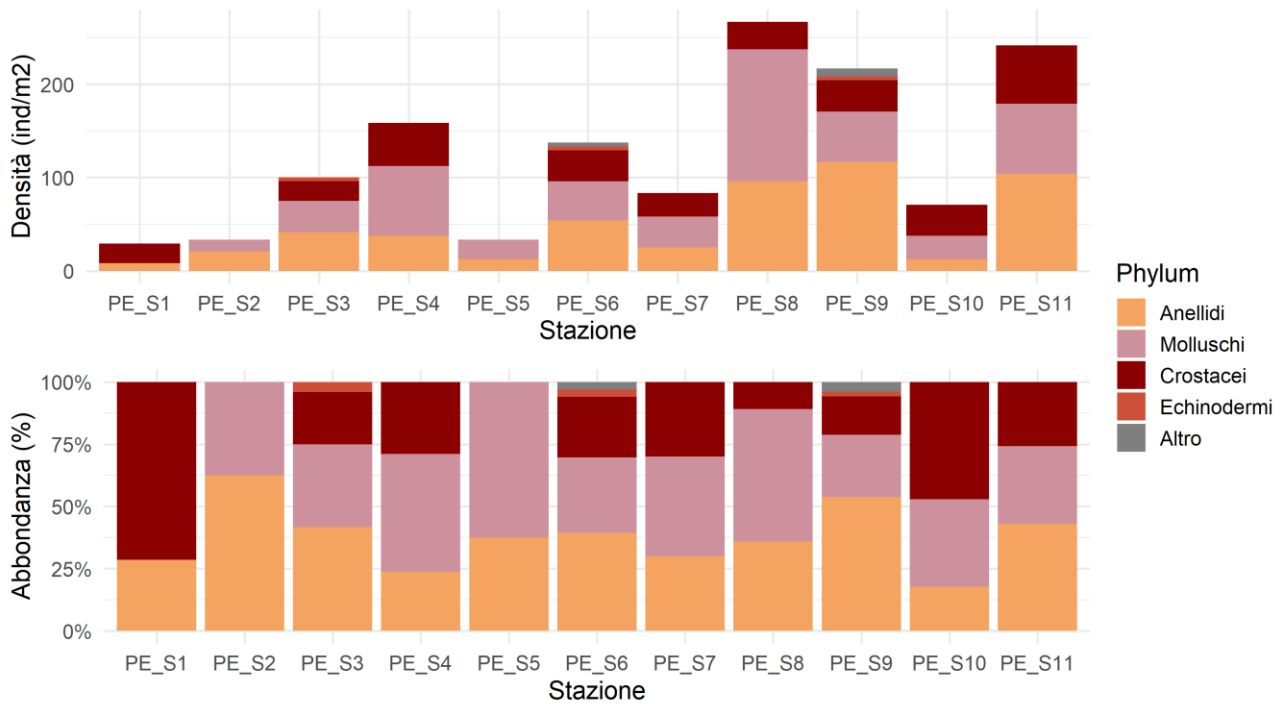


Figura 16: Densità (ind/m²) e abbondanza percentuale media del macrozoobenthos nelle varie stazioni, con riferimento ai 4 phyla principali (Anellidi, Molluschi, Crostacei, Echinodermi)

4.4.2. Fanerogame marine

I dati di densità, superficie fogliare e biomassa del tessuto fogliare e degli epifiti di *Cymodocea nodosa* relativi alle stazioni PE_S3, PE_S4, PE_S5 e PE_S6 in cui è stata riscontrata la fanerogama marina sono riportati nella Fig. 17.

I dati di densità (circa 100-190 fasci/m²) sono tipici di semi-praterie o praterie molto rade (Buia et al., 2003) e risultano molto più bassi rispetto ad altri studi in aree costiere del Mediterraneo (Cancemi et al., 2002; Agostini et al., 2003) dove vengono riportate medie annuali comprese tra circa 1100 e 1300 fasci/m², e medie estive comprese tra circa 1500 e 1900 fasci/m².

Per quanto riguarda i dati fenologici, questi presentano valori tendenzialmente bassi rispetto ai range riscontrati in altri studi. Ad esempio, la superficie media delle foglie adulte di *C. nodosa* a Porto Empedocle mostra valori variabili tra stazioni nel range 4 - 5,5 cm² (Fig. 17) inferiori rispetto ai 14,5 cm² delle foglie adulte riscontrati nel periodo estivo in aree costiere simili (Cancemi et al., 2002).

Infine, è stato riscontrato un *pattern* spaziale per le variabili densità, superficie e biomassa fogliare, le quali hanno evidenziato valori maggiori nelle stazioni PE_S3 e PE_S5 rispetto alle altre. Al contrario, la biomassa epifitica media più elevata è stata riscontrata nelle stazioni PE_S6 e PE_S3.

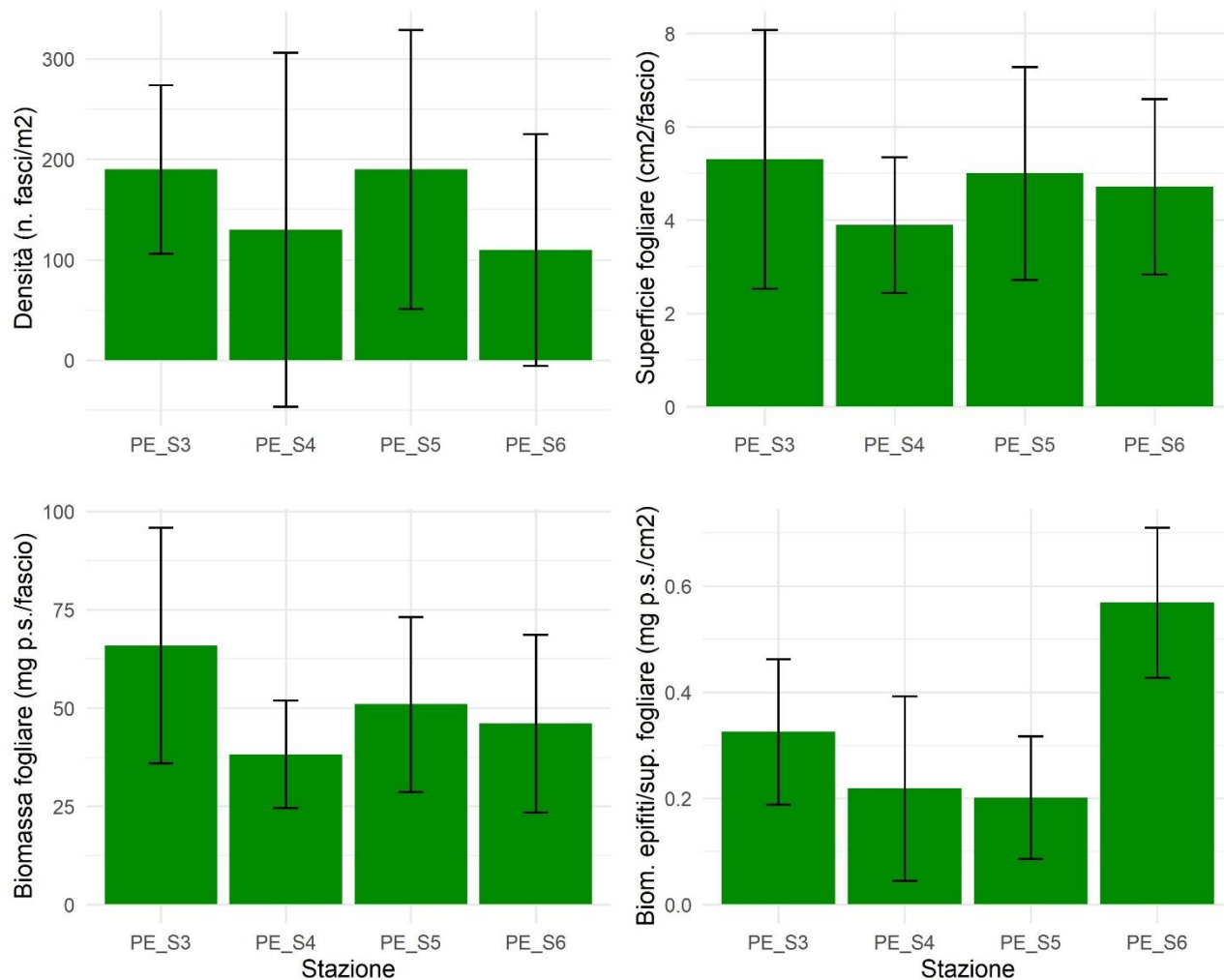


Figura 12: Media (\pm SD) di densità, superficie fogliare, biomassa fogliare e biomassa degli epifiti fogliari per superficie fogliare



**Università
degli Studi
di Palermo**

Centro di Sostenibilità e
Transizione Ecologica



5. Fasi successive

Le fasi successive del monitoraggio prevedono il completamento delle analisi di laboratorio relative ai campioni di acqua e sedimento superficiale, nonché l'identificazione degli organismi della comunità macrozoobentonica ad una maggiore risoluzione tassonomica. Inoltre, il rilievo delle variabili chimico-fisiche mediante sonda multiparametrica sarà ripetuto in vari periodi per individuare eventuali variazioni nell'area di studio durante la fase di esercizio dell'impianto. Infine, è previsto il monitoraggio POST *operam* che seguirà lo stesso disegno sperimentale del PRE *operam* e comprenderà le medesime misure e analisi per permettere il confronto e l'individuazione di eventuali variazioni intercorse successivamente alla operatività dell'impianto di dissalazione.



6. Bibliografia

Agostini, S., Pergent, G., & Marchand, B. (2003). Growth and primary production of *Cymodocea nodosa* in a coastal lagoon. *Aquatic Botany*, 76(3), 185-193.

ARPA Sicilia – Direzione Generale, Area Tecnica, Unità Operativa Complessa ST3 – Area Mare. (2018). *Convenzione per l'aggiornamento del quadro conoscitivo sullo stato di qualità delle acque sotterranee, superficiali interne, superficiali marino-costiere ai fini della revisione del Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Regione Sicilia. Relazione finale – Acque marino-costiere*. Dicembre 2018.

Buia, M. C., Gambi, M. C., & Dappiano, M. (2003). I sistemi a fanerogame marine. *Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo*. *Biologia Marina Mediterranea*, 10, 145-198.

Cancemi, G., Buia, M. C., & Mazzella, L. (2002). Structure and growth dynamics of *Cymodocea nodosa* meadows. *Scientia Marina*, 66(4), 365-373.

CNR-ISMAR, APAT. (2003). Sezione 2000 – Parametri fisici, chimici e chimico-fisici. In M. Belli, D. Centioli, P. de Zorzi, S. Capri, R. Pagnotta, & M. Pettine (eds), *Metodi analitici per le acque* (Vol. 2, p. 495-616). Roma.

Copernicus Marine Service (CMEMS). *Mediterranean Sea Physics Analysis and Forecast* (MEDSEA_ANALYSISFORECAST_PHY_006_013). E.U. Copernicus Marine Service Information. DOI: 10.48670/mds-00359.

Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152. (2006). *Norme in materia ambientale*, pubblicato in G.U. n.88 del 14 aprile 2006.

Decreto Ministeriale 13 ottobre 2015. (2015). *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*, pubblicato in G.U. n.250 del 27 ottobre 2015.

Decreto Ministeriale 15 luglio 2016. (2016). *Regolamento recante la disciplina delle modalità e delle norme tecniche per le operazioni di dragaggio nei siti di interesse nazionale, ai sensi dell'articolo 5-bis, comma 6, della legge 28 gennaio 1994, n. 84*, pubblicato in G.U. n.208 del 06 settembre 2016.

Grasshoff, K., Kremling, K., & Ehrhardt, M. (Eds.). (2009). *Methods of seawater analysis*. John Wiley & Sons. ICRAM. (2001-2003). *Sedimenti - Analisi delle caratteristiche granulometriche*. In E. Romano, & M. Gabellini (A cura di), *Metodologie analitiche di riferimento*.



**Università
degli Studi
di Palermo**

Centro di Sostenibilità e
Transizione Ecologica



U.S. EPA. (2007). Method 6010C: Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES), Revision 3. Washington, D.C.

U.S. EPA. 2007. “Method 3051A (SW-846): Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Oils,” Revision 1. Washington, DC.