

***Piano di gestione dei sedimenti***  
***Malta-Italy Gas pipeline interconnection***

***Report Type***

*CESI-VDP REF. NO: R\_PGS\_002/2020*

*CLIENT REF. NO: CT3109/2018*

*FIRST VERSION*

***Publication Date***

*04 June 2020*



**Co-financed by the European Union**  
Connecting Europe Facility

**DOCUMENT REVISION HISTORY**

Date	Revision	Comments	Authors/Contributors
31/03/2020	0.0	Issue for Comments (IFC)	B.Zimei – F.Melchiorri CESI-VDP (MT-IT JV)
06/05/2020	0.1	Issue for Approval (IFA)	B.Zimei – F.Melchiorri CESI-VDP (MT-IT JV)
04/06/2020	0.2	Approved for Design (AFD)	B.Zimei – F.Melchiorri CESI-VDP (MT-IT JV)

**AMENDMENT RECORD**

Approval Level	Name	Signature
Internal Check	Caterina De Bellis (CESI), Silvia Martorana (VDP)	 
Internal Approval	Cesare Pertot (CESI), Francesco Ventura (VDP)	 

---

**DISCLAIMER**

This report has been prepared by MT-IT- JV with all reasonable skill, care and diligence, and taking account of the manpower and resources devoted to it by agreement with the client. Information reported herein is based on the interpretation of data collected and has been accepted in good faith as being accurate and valid.

This report is for the exclusive use of the Ministry of Energy & Water; no warranties or guarantees are expressed or should be inferred by any third parties. This report may not be relied upon by other parties without written consent from MT-IT- JV. MT-IT- JV disclaims any responsibility to the client and others in respect of any matters outside the agreed scope of the work.

## Indice

<b>1.0 Premessa.....</b>	<b>5</b>
<b>2.0 Normativa di riferimento.....</b>	<b>7</b>
<b>3.0 Il progetto in ambito offshore e le attività di dragaggio .....</b>	<b>8</b>
3.1 Inquadramento generale del progetto in ambito offshore .....	8
3.2 Approdo costiero - Gela .....	10
3.3 Aspetti della cantierizzazione presso l'approdo di Gela .....	13
3.3.1 Esecuzione del foro pilota.....	15
3.3.2 Alesaggi del foro.....	16
3.3.3 Tiro e posa della tubazione .....	16
3.3.4 Dati preliminari di perforazione.....	17
3.4 I risultati del modello di dispersione dei sedimenti.....	18
<b>4.0 Dati pregressi relativi all'area di intervento .....</b>	<b>24</b>
4.1 Caratterizzazione sito SIN - ISPRA 2009.....	24
4.2 Caratterizzazione del tratto marino costiero da Torre Manfria a P.ta Zafaglione – PdG Biviere Macconi di Gela 2003-2004.....	27
4.3 Indagini ambientali integrative - tratto offshore (E&WA 2019) .....	28
4.4 Indagini ambientali integrative nel tratto nearshore (E&WA 2019).....	32
4.4.1 Risultati indagini fisico -chimiche.....	35
4.4.2 Risultati indagini biotiche.....	40
4.4.3 Sintesi delle caratteristiche di qualità dei sedimenti analizzati .....	44
<b>5.0 Piano di caratterizzazione preliminare dei sedimenti interessati dalle attività di dragaggio.....</b>	<b>48</b>
5.1 Premessa .....	48
5.2 Indicazioni sulle procedure di caratterizzazione e classificazione dei sedimenti marini oggetto di escavo.....	48
5.2.1 Caratterizzazione fisica e meccanica.....	49
5.2.2 Classificazione chimica dei materiali.....	50
5.2.3 Caratterizzazione microbiologica.....	52
5.2.4 Caratterizzazione ecotossicologica .....	52
5.3 Metodologia di campionamento .....	54
5.4 Ubicazione dei punti di campionamento previsti .....	59
<b>6.0 Piano di monitoraggio.....</b>	<b>62</b>
6.1 Premessa .....	62
6.2 Le indagini ambientali previste nel piano di monitoraggio .....	63
6.2.1 Analisi fisico-chimica delle acque .....	64
6.2.2 Analisi fisico-chimica, microbiologica, ecotossicologica dei sedimenti .....	67
6.2.3 Analisi comunità bentoniche .....	68
6.2.4 Analisi sulle fanerogame.....	69
6.2.5 Rilievo correntometrico .....	71
6.3 Parametri da monitorare .....	72
6.4 Le postazioni di monitoraggio.....	83
6.5 Frequenza e durata del monitoraggio .....	84
<b>7.0 Indicazioni sulla possibile gestione dei sedimenti .....</b>	<b>90</b>

## Indice delle figure

Figura 1.1 Identificazione dell'area SIN a mare (in rosso, il tracciato di progetto)...	6
Figura 3.1: Mappa batimetrica dello Stretto di Sicilia (Kelly et. al., 2014) .....	8
Figura 3.2: Rotta generale della condotta in ambito offshore.....	9
Figura 3.3: Stralcio mappa batimetrica in ambito nearshore italiano .....	10
Figura 3.4: Planimetria di localizzazione della TOC con indicazione dei punti di entrata/uscita .....	11
Figura 3.5: Schema della TOC lato mare .....	13
Figura 3.6 Dettaglio del pre-scavo in corrispondenza del punto di entrata della TOC lato mare (planimetria e sezione trasversale) .....	14
Figura 3.7: Area di lavoro TOC a terra.....	15
Figura 3.8: Profilo TOC preliminare a Gela .....	16
Figura 3.9 Massima concentrazione durante l'operazione di dragaggio (50 ore) su base mensile in superficie – periodo invernale .....	21
Figura 3.10 Massima concentrazione durante l'operazione di dragaggio (50 ore) su base mensile in superficie – periodo estivo (giugno 2017).....	22
Figura 4.1 Caratterizzazione radiometrica e ambientale dell'area marino – costiera prospiciente il SIN di Gela: rappresentazione su mappa dei reali punti di indagine. ....	26
Figura 4.2 Localizzazione dell'area di indagine per la componente biotica .....	27
Figura 4.3 Planimetria del posizionamento punti di campionamento di sedimenti e acqua dal lato italiano.....	29
Figura 4.4: Localizzazione punti di campionamento (W – acque e S – sedimenti) .	32
Figura 4.5 Box Corer .....	34
Figura 4.6 Benna Van Veen .....	34
Figura 4.7 Esempio di piattaforma jack up.....	35
Figura 4.8 Temperatura misurata sui campioni prelevati.....	36
Figura 4.9 pH misurato su campioni prelevati. ....	37
Figura 4.10 Localizzazione dei punti di campionamento S22, S26, S29 rispetto all'area di pre-scavo .....	44
Figura 5.1 - Schema caratterizzazione chimica dei sedimenti (fonte: DM 7 novembre 2008).....	52
Figura 5.2 - Schema saggi ecotossicologici (fonte: DM 7 novembre 2008).....	54
Figura 5.3 Localizzazione delle tre postazioni di indagine rispetto all'area di escavo presso l'entrata della TOC.....	60
Figura 6.1 Esempio di strumentazione (Hydrolab DS5) collegata a notebook per la visione diretta dei valori misurati durante l'esecuzione del profilo verticale ...	65
Figura 6.2 Localizzazione della stazione fissa di rilevamento (simbolo rosso) .....	66
Figura 6.3 Schema tipo di fissaggio sul fondale .....	66
Figura 6.4 Planimetria con l'ubicazione dei transetti di misura ADCP e le linee di navigazione eseguite .....	71
Figura 6.5 Schema metodologia di rilevamento .....	72

### Allegati:

**D\_PGS\_Tav.01 Planimetria e dettagli dell'area di dragaggio**

**D\_PGS\_Tav.02 Piano di monitoraggio**

## 1.0 Premessa

L'opera in progetto denominata "Melita TransGas (MTG) Pipeline" prevede la realizzazione di un metanodotto di interconnessione tra Malta e Italia rappresentato da una condotta bidirezionale lunga 159 km che dovrebbe essere installata fra Gela (Sicilia) e Delimara (Malta); il progetto nasce con lo scopo di porre fine all'isolamento dell'Isola di Malta dalla Rete Gas Europea tramite la fornitura di gas naturale dalla Sicilia a Malta.

Tale interconnessione è considerata la prima parte del progetto. In seguito al completamento della prima fase, sarà considerata la fattibilità di una potenziale seconda fase che permetta un flusso di gas da Malta alla Sicilia. La seconda fase è ancora in una fase concettuale e quindi soggetta a futuri studi di fattibilità e di sviluppo del mercato.

Il progetto prevede la realizzazione di un gasdotto sottomarino di circa 151 km complessivi, composto da un tratto offshore e da uno onshore sul territorio italiano avente lunghezza di circa 7 km. Il tratto terrestre ricadrà esclusivamente nel Comune di Gela, appartenente al libero consorzio comunale di Caltanissetta (già provincia regionale). Si prevede inoltre la realizzazione di tre stazioni per le valvole di blocco (o di intercettazione) e un terminale di connessione con la rete nazionale Snam Rete Gas (SRG).

Il Ministero dell'Ambiente con DM 10/01/2000 ha perimetrato come area di interesse nazionale gli insediamenti industriali, le aree di discarica e l'area marina antistante gli stabilimenti industriali, ubicati nel comune di Gela, definendo con il Decreto n. 468 del 18 settembre 2001, il programma dettagliato d'intervento per la caratterizzazione e messa in sicurezza e/o bonifica.

Come si evince dalla figura sottostante, l'area di intervento rientra in parte nel Sito di Interesse Nazionale di Gela ai sensi della normativa nazionale vigente per quanto riguarda la sezione offshore.

Il SIN si estende sia su terra (795 ha) sia a mare (4.560 ha).



Figura 1.1 Identificazione dell'area SIN a mare (in rosso, il tracciato di progetto)

Relativamente al tratto offshore nelle acque territoriali italiane, per l'approdo del gasdotto a Gela è stata scelta come tecnologia di esecuzione la Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC), per la quale si prevede un'attività di pre-scavo lato offshore.

Nell'ambito di tale progetto, il "Piano di gestione dei sedimenti" ha lo scopo di dare delle indicazioni riguardanti la caratterizzazione dei sedimenti interessati dalle operazioni di dragaggio, che saranno funzionali a indirizzare verso una corretta gestione degli stessi, secondo quanto disposto dalla normativa vigente. Nello specifico il Decreto 15 luglio 2016, n. 172 disciplina le modalità e le 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.

---

## 2.0 Normativa di riferimento

Il tema della movimentazione dei sedimenti nelle aree marino-costiere e di transizione è inquadrato a vario titolo nell'ambito di Convenzioni internazionali, Direttive comunitarie e relativi disposti normativi nazionali di recepimento.

Nel rispetto degli obblighi derivanti da tali normative, in particolare della Direttiva 2000/60/CE (e relativi decreti nazionali di recepimento: D.lgs. 152/2006, D.M. 260/2010, D.lgs. 219/2010 e ss.mm.ii.) che prevede il mantenimento o il raggiungimento degli obiettivi di "buono stato chimico ed ecologico", le attività di movimentazione dei sedimenti devono essere condotte in modo tale da garantire non solo il "non peggioramento" dello stato riscontrato, ma anche la compatibilità con il raggiungimento degli obiettivi di qualità previsti.

Nei Siti di bonifica di Interesse Nazionale ai sensi dell'art. 252 del D.lgs. 3 aprile 2006, n. 152, e ss.mm.ii., gli interventi di dragaggio sono disciplinati dall'art. 5 bis della L. 28 gennaio 1994, n. 84, e ss.mm.ii.. I relativi decreti attuativi sono:

- DECRETO 7 novembre 2008. "Disciplina delle operazioni di dragaggio nei siti di bonifica di interesse nazionale, ai sensi dell'articolo 1, comma 996, della legge 27 dicembre 2006, n. 296".
- DECRETO 15 luglio 2016, n. 172. "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".

I sopra citati decreti attuativi disciplinano gli aspetti principali del processo di movimentazione dei sedimenti all'interno dei Siti di Interesse Nazionale, dalla caratterizzazione (campionamento, analisi di laboratorio, restituzione dei risultati) alle modalità di intervento e gestione dei materiali (tecnologie di dragaggio e trasporto, gestione del materiale dragato, misure di mitigazione e monitoraggio).<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Linee guida ISPRA 167/2017- La modellistica matematica nella valutazione degli aspetti fisici legati alla movimentazione dei sedimenti in aree marino-costiere (pagg. 14-18)

### 3.0 Il progetto in ambito offshore e le attività di dragaggio

#### 3.1 Inquadramento generale del progetto in ambito offshore

L'area del progetto Melita TransGas (MTG) Pipeline ricade nello stretto di Sicilia, mare epicontinentale che comprende l'attuale Canale di Sicilia e il mare di Pelagia e divide il Mediterraneo occidentale dal Mar Mediterraneo orientale. Il settore centro-settentrionale dello Stretto di Sicilia appartiene al margine settentrionale dell'Africa continentale, il cosiddetto blocco pelagiano (Burolet et al., 1978), caratterizzato da una crosta continentale spessa fino a 35 km (Scarascia et al., 2000). Tuttavia, in corrispondenza della spaccatura dello Stretto di Sicilia, la crosta continentale è più sottile, come evidenziato da un Moho profondo meno di 20 km (Finetti, 1984). La copertura sedimentaria ha uno spessore di 6-7 km. Successioni carbonato mesozoiche-cenozoiche da poco profonde a profonde, con ripetute intercalazioni di vulcanici (Torelli et al., 1995), coperti da depositi siliciclastici ed evaporitici tortoniano-messiniani.

Nel complesso, lo Stretto di Sicilia è composto da:

- » ampie piattaforme continentali e pendii al largo della Sicilia e dell'Africa
- » tre principali strutture graben profondamente abbassate: i bacini di Malta, Linosa e Pantelleria, che sono più di 1000 m di profondità - situato nella sua parte centrale
- » il bacino foredeep di Gela nella sua parte nord centrale
- » due isole vulcaniche (Pantelleria e Linosa)
- » tre banche vulcaniche (Graham, Tetide, Anfitrite)
- » diverse banche sedimentarie - Skerki, Talbot, Pantelleria Vecchia, Levante (Lampedusa)

Il canale di Sicilia è caratterizzato da una batimetria irregolare con ampie mensole continentali, canali profondi e ampie pianure abissali.

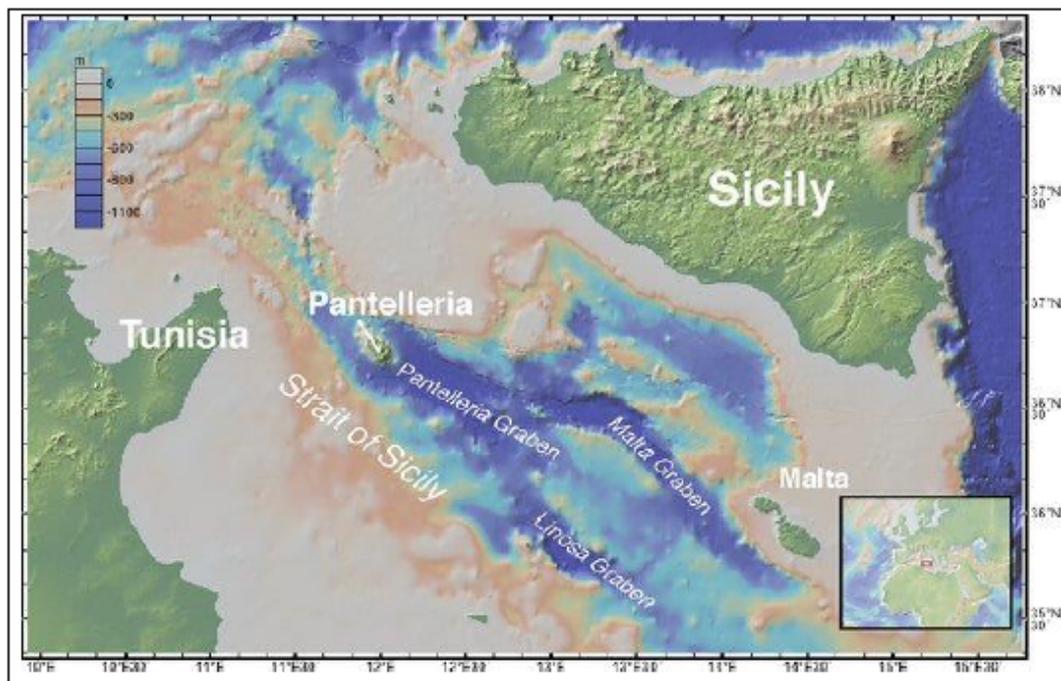


Figura 3.1: Mappa batimetrica dello Stretto di Sicilia (Kelly et al., 2014)

Nell'ambito della progettazione del gasdotto di collegamento Italia – Malta, la cui rotta ricade interamente nel dominio fisiografico dell'altopiano ibleo e all'interno dell'altopiano piatto di Malta nel Canale di Sicilia, sono stati compiuti dei sondaggi preliminari lungo la rotta del gasdotto marino finalizzati a raccogliere dati geofisici, immagini ROV per verificare l'andamento morfologico del fondale e la presenza di eventuali oggetti e ostacoli.



Figura 3.2: Rotta generale della condotta in ambito offshore

Sulla base dei risultati ottenuti, il tracciato può essere suddiviso in 4 settori (le pk sottoindicate si riferiscono all'ambito offshore, e procedono in modo progressivo a partire dalla linea di costa italiana localizzata alla pk 0.0.97) :

- » Area di approdo in Italia, dalla linea di riva (KP0.097) fino a 200m nell'entroterra
- » Area costiera italiana, da KP0.097 a KP9.705
- » Area *offshore* Italia-Malta, da KP9.705 a KP148.971
- » Zona costiera di Malta, da KP148.971 a KP150.836

- » Area di approdo di Malta, dalla linea di galleggiamento media alta fino a 200m nell'entroterra

L'area di intervento si caratterizza per profondità relativamente basse (profondità massima lungo il tracciato di 171 m). Nel tratto nearshore italiano compreso tra le KP 0,097 e KP 9,705 il fondale marino è caratterizzato da pendenze molto dolci (pendenza media  $<2^\circ$ ), con profondità comprese tra 0.6m e 38m, che si accentuano nell'*offshore*.

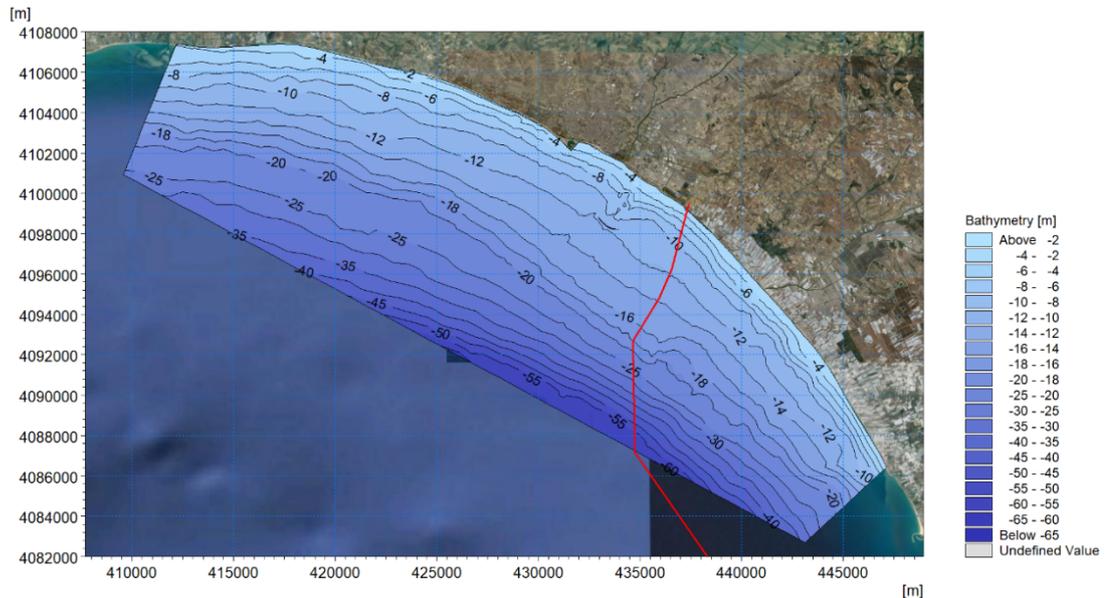


Figura 3.3: Stralcio mappa batimetrica in ambito nearshore italiano

Lo studio meteomarinario svolto a supporto della progettazione del gasdotto ha confermato come l'area interessata dal progetto sia influenzata da un notevole dinamismo, sia per la presenza di onde con notevole energia, che per le correnti legate alla circolazione generale tra il bacino occidentale e orientale del Mar Mediterraneo e per la presenza nell'area del vortice ionico.

### 3.2 Approdo costiero - Gela

La soluzione proposta per la realizzazione dell'approdo ("trenchless") non prevede scavi a cielo aperto sia in Italia che a Malta, per evitare aree archeologiche e ambientali sul versante italiano e per attraversare un'area rocciosa nell'approdo maltese.

Per l'approdo del gasdotto a Gela è stata scelta come tecnologia di esecuzione la Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC o anche HDD in inglese).

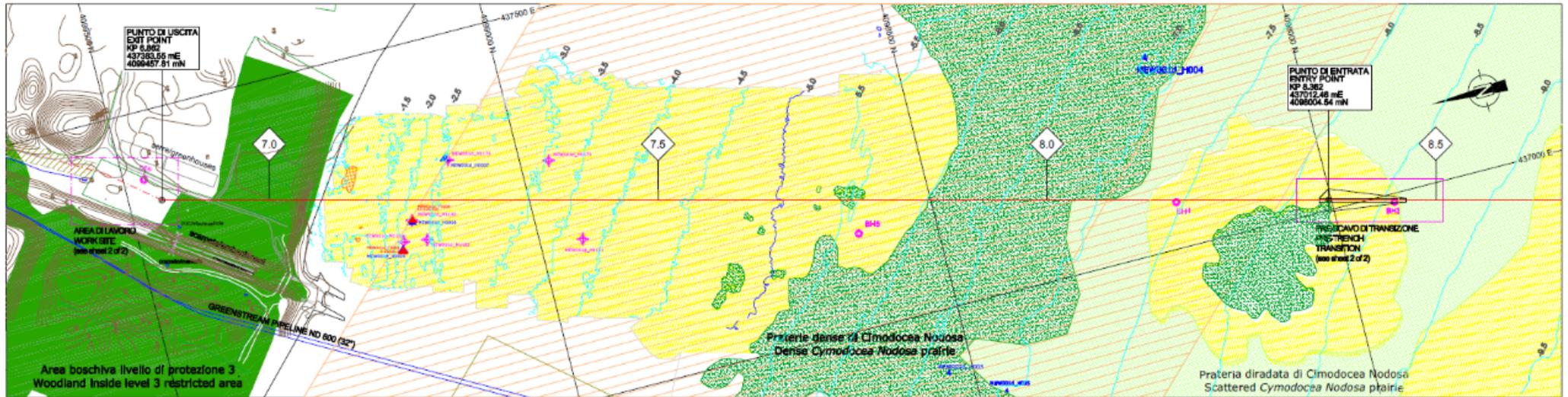
Nell'approdo italiano, dal punto di uscita della soluzione "trenchless" fino al KP 14.5, la rotta proposta attraversa aree caratterizzate dalla presenza di una ZPS, di un'area SIN e di vegetazione marina (da rarefatta a densa) costituita principalmente da *Cymodocea Nodosa*.

La planimetria di progetto relativa all'approdo è riportata nella successiva Figura. Si specifica che si tratta di uno stralcio cartografico fuori scala estratto dal seguente elaborato di progetto, al quale si rimanda per approfondimenti: 30-DT-B-6953 Italy landfall approach drawing.

VISTA IN PIANTA / PLAN VIEW

SCALA LUNGHEZZE / LENGTH SCALE 1:2000

1	2011-01-01	11	11	11	11
2	2011-01-01	12	12	12	12
3	2011-01-01	13	13	13	13



LEGENDA / LEGEND:

- ROTTA DI PROGETTO / PLANNED ROUTE
- CURVE DI LIVELLO / CONTOUR LINES
- BATIMETRIE PRINCIPALI / MAIN BATHIMETRY
- BATIMETRIE SECONDARIE / MINOR BATHIMETRY
- CAROTAGGIO / BOREHOLE
- LINEE ESISTENTI / EXISTING PIPELINES
- RECINZIONI / FENCE
- AREA ARCHEOLOGICA PROTETTA / ARCHAEOLOGICAL PROTECTED AREA

- MEW001d\_H004 Anomalia rilevata con SBP / SBP contact
- MEW001d\_T0009 15.1x6.5x1 Anomalia rilevata con SSS / SSS contact
- MEW001d\_M1180 Anomalia magnetica / Magnetic contact

MORFOLOGIA FONDO MARINO / SEABED MORFOLOGY

- Area a densa vegetazione / Dense vegetation area (Cymodocea Nodosa)
- Area a vegetazione diramata / Scattered vegetation area (Cymodocea Nodosa)
- Sedimenti fini / Fine sediment
- Detriti naturali / Natural debris area boulders
- Area boschiva Livello 3 / Woodland Level 3

Figura 3.4: Planimetria di localizzazione della TOC con indicazione dei punti di entrata/uscita

Il punto d'ingresso è situato alla KP 6+862, a quota di circa +10 m s.l.m. La sezione di perforazione attraversa la spiaggia ed oltrepassa una zona archeologica marittima ad una profondità di sicurezza (più di 10 m). In ambito offshore il punto di entrata della TOC è posto alla progressiva KP 8+362 ad una profondità di circa 11 m sotto il livello del mare.

Per facilitare l'inserimento della condotta dal fondo del mare all'interno del foro predisposto, occorrerà realizzare un pre-scavo nel punto d'uscita offshore (la colonna sarà prefabbricata offshore con una nave apposita).

I parametri di progetto per il profilo preliminare della TOC per l'approdo a Gela sono indicati nella successiva Tabella 3.1

Tabella 3.1: Principali parametri preliminari della TOC a Gela

Descrizione	Valore
Pendenza nel punto d'entrata	6°
Pendenza intermedia	0°
Pendenza nel punto d'uscita	9°
Raggio di perforazione (m)	1500-1200
Livello nel punto d'uscita s.l.m. (m)	+6.1
Livello nel punto d'entrata s.l.m. (m)	-11.3
Diametro della punta	12.25"
Diametro delle aste di perforazione	6.625"
Diametro del foro pilota	15 $\frac{5}{8}$ "
Diametro primo alesatore	20"
Diametro secondo alesatore	28"
Diametro finale di alesaggio	34" - 36"
Lunghezza curvilinea di perforazione (m)	1507
Lunghezza orizzontale di perforazione (m)	1500

La condotta preinstallata sarà tirata all'interno della TOC da mare verso terra. La testa sarà recuperata dalla chiatta che proseguirà la posa del gasdotto verso Malta.

Il posizionamento della condotta in una trincea scavata nel fondo marino dopo la sua posa viene denominato "post-trenching".

Il "post-trenching" per il gasdotto in progetto è previsto sul lato italiano tra l'uscita a mare dell'TOC (KP 8.362 circa) e WD=32m, corrispondente a KP 16.200 circa.

Per tutto il restante percorso fino all'area vicina all'approdo maltese si applicherà la metodologia di posa in opera a "S-lay".

### 3.3 Aspetti della cantierizzazione presso l'approdo di Gela

Durante le attività offshore, la movimentazione dei sedimenti sarà principalmente legata alle attività relative alla realizzazione dell'approdo, in particolare al punto di entrata della TOC lato mare. Per la localizzazione e il dettaglio dell'area di lavoro offshore per attività di TOC si rimanda all'elaborato grafico allegato D\_PGS\_Tav.01 *Planimetria e dettagli dell'area di dragaggio*.

L'attività di perforazione verrà svolta da mare verso terra perché risulta complesso approvvigionare acqua in quantità e portate necessarie a garantire la continuità delle operazioni di trivellazione vicino alla costa, luogo in cui è prevista l'installazione dell'area di cantiere. Di conseguenza la trivella sarà installata su una chiatta o piattaforma temporanea a circa di 1500 m dalla costa, fuori dall'area archeologica, come mostrato nella successiva Figura 3.5.

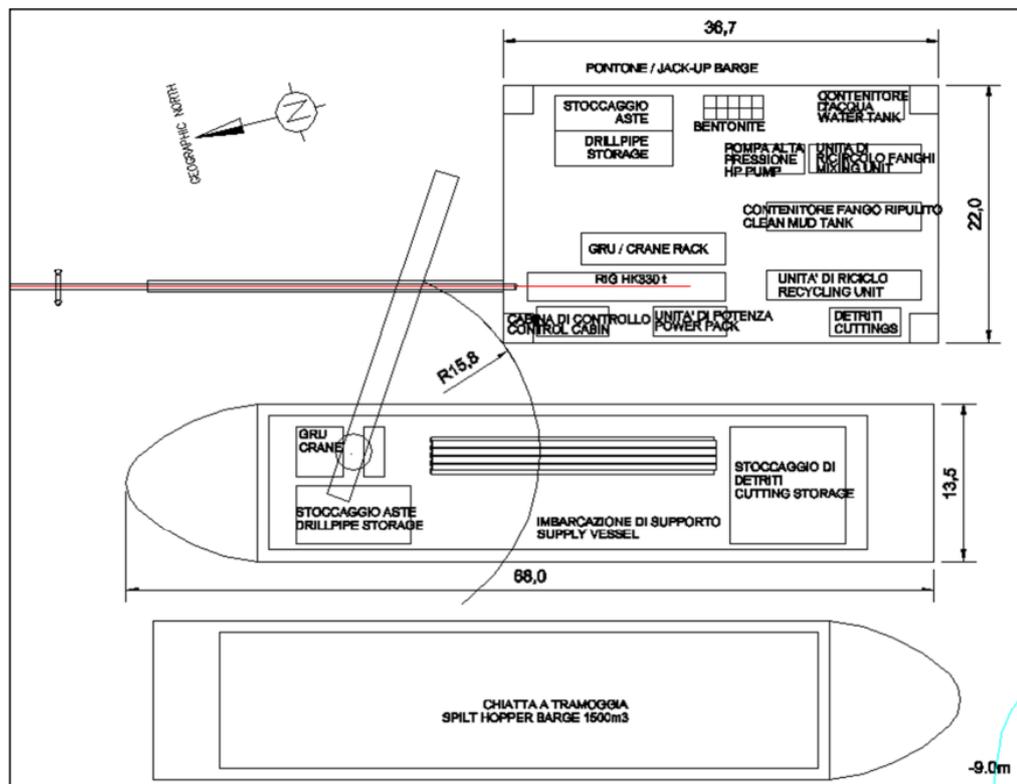


Figura 3.5: Schema della TOC lato mare

Le dimensioni preliminari del pre-scavo necessario a mare sono le seguenti:

- » Larghezza del fondo 3 m
- » Pendenza dipende da caratteristiche del terreno (assunto 1:3)
- » Lunghezza longitudinale 100 m
- » Raggio di curvatura 800 m
- » Profondità variabile da 4,4 m dal fondo del mare
- » Materiale scavato 2500 m<sup>3</sup>

Lo scavo della trincea interesserà il fondale per un'area di circa 1700 mq.

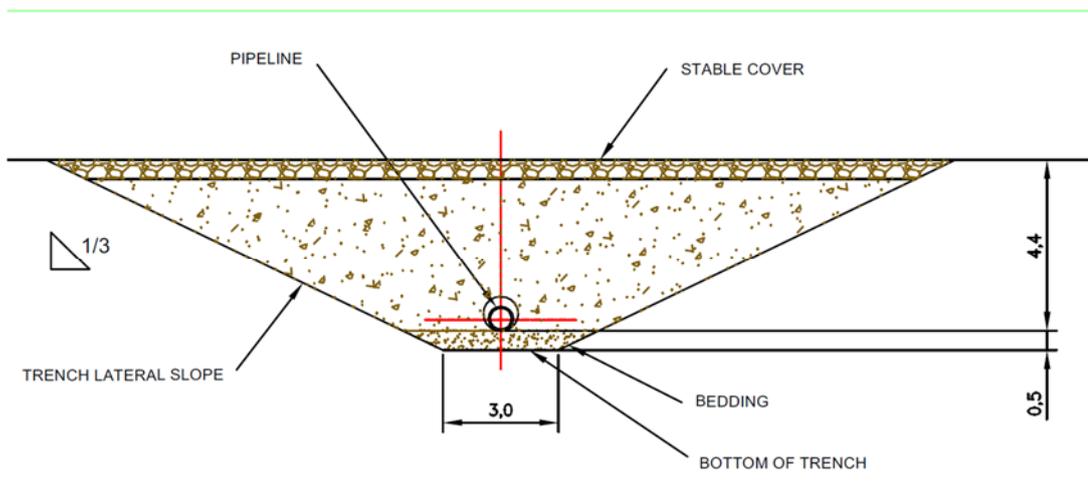
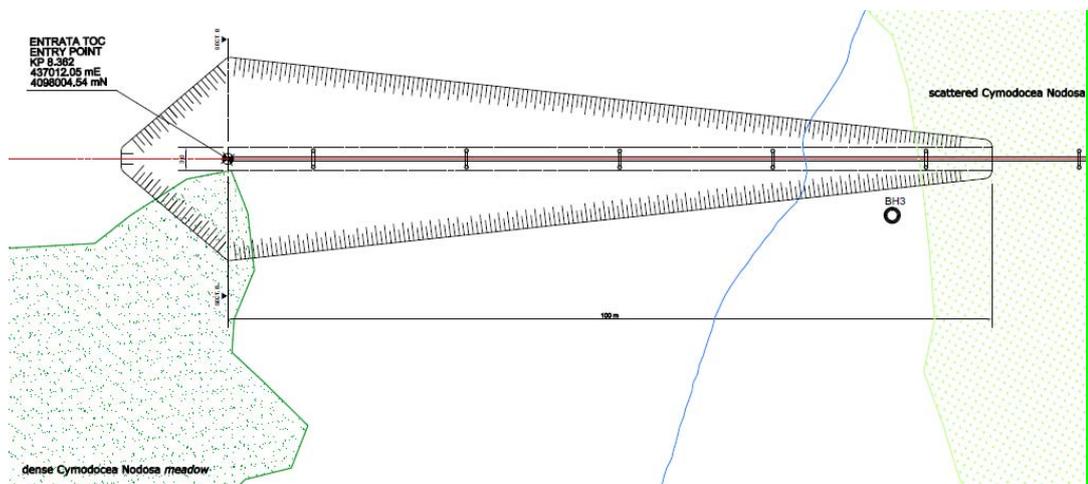


Figura 3.6 Dettaglio del pre-scavo in corrispondenza del punto di entrata della TOC lato mare (planimetria e sezione trasversale)

La piattaforma temporanea sarà posizionata circa 150 m dal punto di ingresso perforazione ed un tubo camicia verrà installato per collegare la macchina di trivellazione al punto di ingresso ed evitare/limitare la perdita di fanghi in mare.

L'acqua salata utilizzata per i fluidi di perforazione verrà pompata dal mare, nelle quantità e nelle portate necessarie per supportare le operazioni continue della TOC.

La gestione dei fluidi di perforazione verrà eseguita attraverso un impianto di filtrazione/trattamento in cui i fluidi ed il materiale di risulta della perforazione andranno separati per il riutilizzo e lo smaltimento.

In progetto si prevede l'installazione di una seconda trivella nell'area di cantiere a terra (cfr. successiva Figura 3.7).

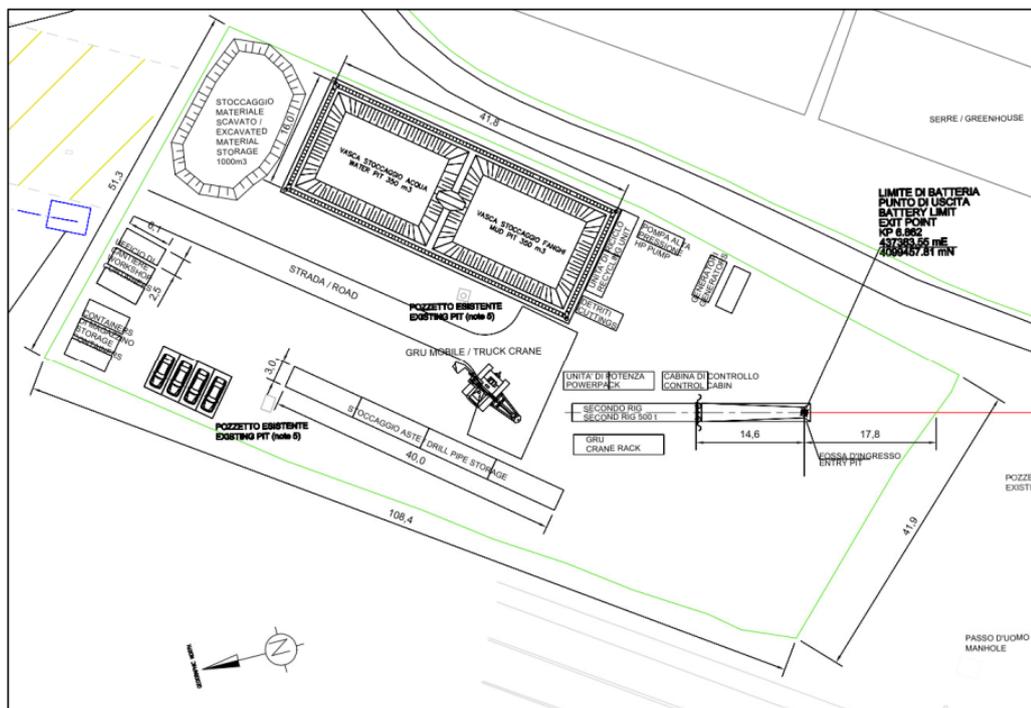


Figura 3.7: Area di lavoro TOC a terra

### 3.3.1 Esecuzione del foro pilota

Per l'esecuzione del foro pilota verranno utilizzati una pompa per il ricircolo dei fanghi, un sistema che consente di direzionare la perforazione ed uno strumento di guida (giroscopio).

La sonda di guida, posizionata dietro alla punta, controlla la posizione della trivella. Il segnale, durante la perforazione, verrà quindi trasmesso ad un lettore all'interno della cabina di controllo. I dati raccolti forniranno l'avanzamento e la posizione del foro pilota.

La perforazione del foro pilota continuerà lungo il percorso di perforazione proposto, come mostrato nella seguente Figura 3.8.

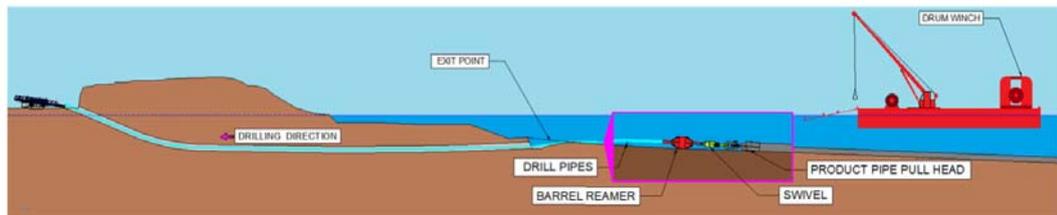


Figura 3.8: Profilo TOC preliminare a Gela

Il fluido di perforazione che ritorna in superficie viene raccolto in un serbatoio grazie ad un sistema di pompaggio, poi passa attraverso un sistema di filtrazione che consente di rimuovere le parti fini ripulendo la bentonite per poi essere riutilizzata nella perforazione. La quantità di liquido di perforazione che fuoriesce in mare è minima poiché il fango verrà convogliato nella pompa tramite il “casing” di protezione.

### 3.3.2 Alesaggi del foro

Durante la fase di alesaggio, l’alesatore viene tirato dalla trivella a mare mentre le aste di perforazione vengono aggiunte a terra. Per supportare le operazioni di perforazione è necessario un secondo impianto sempre a terra. Il secondo impianto deve essere adeguatamente dimensionato per tirare una condotta di 22”. Questa operazione verrà ripetuta fino al raggiungimento del diametro finale del foro. È inoltre possibile prevedere un passaggio finale di pulizia del foro prima di procedere con la fase di tiro.

Una volta terminato, la trivella di perforazione viene rimossa dalla stringa e l’alesatore viene collegato alla parte terminale della stringa di perforazione, nella chiatta. Rimosso il “casing” di acciaio e i pali di supporto dalla postazione di spinta e abbassata la parte finale della stringa di perforazione sul fondo del mare viene chiusa la testa di tiro della condotta.

### 3.3.3 Tiro e posa della tubazione

Il gasdotto viene pre-assemblato nell’area di lavoro offshore. Il tubo sarà posato in mare aperto a circa 200 m dal punto di uscita, allineato al percorso di perforazione, per consentire l’operazione di foratura nel punto di uscita. La tubazione da tirare risulta vuota e verrà quindi appesantita con gunite per garantire il mantenimento della sua posizione sul fondo del mare durante la fase di posa, allo stesso tempo il peso dovrà essere ridotto al minimo in modo che non si verifichi l’affossamento, in quanto ciò aumenterebbe significativamente gli sforzi per l’installazione.

La testa della stringa sarà collegata ad un perno (per prevenire la torsione della tubazione), ad un alesatore (per garantire che il foro sia libero) e alla stringa di perforazione. Dopo aver realizzato tutte le connessioni, la trivella può iniziare a recuperare la stringa da terra. Per tirare indietro la stringa è prevista una capacità di trazione pari a 400 tonnellate. La stringa verrà tirata indietro dal lato dell'impianto con un movimento continuativo, ruotando la stringa di perforazione lungo il foro alesato, completamente lubrificato con il fango di perforazione.

### 3.3.4 Dati preliminari di perforazione

Il layout finale sarà definito e confermato dall'Appaltatore. Il profilo finale della TOC dipende principalmente dalla morfologia e dalla natura del terreno.

I parametri di progetto per il profilo preliminare della TOC sono di seguito riportati.

Tabella 3.2: parametri di progetto per il profilo preliminare della TOC

<b>Descrizione</b>	<b>Valore</b>
<i>Pendenza nel punto d'entrata</i>	6°
<i>Pendenza intermedia</i>	0°
<i>Pendenza nel punto d'uscita</i>	9°
<i>Raggio di perforazione (m)</i>	1500-1200
<i>Livello nel punto d'uscita s.l.m. (m)</i>	+6.1
<i>Livello nel punto d'entrata s.l.m. (m)</i>	-11.3
<i>Diametro della punta</i>	12.25"
<i>Diametro delle aste di perforazione</i>	6.625"
<i>Diametro del foro pilota</i>	15 $\frac{5}{8}$ "
<i>Diametro primo alesatore</i>	20"
<i>Diametro secondo alesatore</i>	28"
<i>Diametro finale di alesaggio</i>	34" - 36"
<i>Lunghezza curvilinea di perforazione (m)</i>	1507
<i>Lunghezza orizzontale di perforazione (m)</i>	1500
<i>Note: 1) La punta da 12<math>\frac{1}{4}</math>" eseguirà un foro da 15<math>\frac{5}{8}</math>" , utilizzando un'asta di perforazione di 6<math>\frac{5}{8}</math>".</i>	

### **3.4 I risultati del modello di dispersione dei sedimenti**

Nel progetto in studio, l'ambito di maggiore criticità è quello corrispondente all'entrata della TOC, laddove può verificarsi un accentuato fenomeno di fuoriuscita e sollevamento dei sedimenti, a causa delle attività di dragaggio, per la realizzazione della trincea (pre-scavo).

Al fine di supportare le valutazioni è stato utilizzato un modello numerico di dispersione dei sedimenti, al fine di quantificare gli effetti indotti dalla sospensione, concentrazione e deposizione di sedimenti sul fondo del mare durante le operazioni connesse alla TOC (cfr. *R\_SDM\_001 Studio di Impatto Ambientale Allegato 3 - Studio modellistico del trasporto dei sedimenti marini*).

I dati di input che sono stati considerati nella modellazione consistono in un volume di scavo pari a 2500mc (corrispondente al volume del dragaggio di sedimenti nel punto di uscita offshore dell'HDD), da cui però non è stata considerata la frazione di sabbia; ne deriva pertanto un quantitativo di sedimento totale di 1475mc, costituito per il 32% di argille e per il 68% di limo.

Dopo una preliminare caratterizzazione delle condizioni meteomarine per il sito di progetto desunte da *Meteocean Study* condotto da *Lighthouse* nell'Aprile 2019, sono stati simulati due periodi di 1 mese ciascuno: uno rappresentativo per la stagione estate/primavera (maggiore stratificazione termica, velocità di corrente più bassa) e l'altro per stagione inverno/autunno (stratificazione termica più debole, maggiore velocità attuale), su 3 livelli di riferimento, superficie, colonna d'acqua media e fondale marino.

Per ciascuno dei due mesi rappresentativi sono state eseguite una serie di 10 simulazioni del trasporto e del destino dei sedimenti (ad es. Finestre dei tempi mobili). L'approccio della cosiddetta "finestra mobile" implica essenzialmente che le operazioni di dragaggio (che sono molto veloci, cioè circa 2 giorni) potrebbero aver luogo in un numero di sotto-periodi entro il periodo rappresentativo di 1 mese. Ciò consente di spiegare l'elevata variabilità spaziale e temporale delle condizioni idrodinamiche sull'evoluzione e il destino del pennacchio di sedimenti. Attraverso un approccio a "finestre mobili", le operazioni di dragaggio possono essere simulate più volte in diverse condizioni idrodinamiche.

I dati idrodinamici su larga scala sono forniti attraverso il modello centrale di HYCOM, un sistema globale di nowcast / previsione prodotto dal consorzio HYCOM per la modellizzazione assimilativa degli oceani.

La conoscenza della circolazione generale del Canale di Sicilia e del Golfo di Gela e un'analisi approfondita delle condizioni idrodinamiche eseguite sul set di dati HYCOM hanno permesso di identificare la posizione ottimale e l'estensione del modello 3D ad alta risoluzione al fine di includere le caratteristiche della circolazione generale ed evitare possibili problemi relativi a indesiderabili effetti al contorno.

Per i due mesi selezionati (gennaio e giugno 2017<sup>2</sup>) è stato implementato un modello di circolazione 3D locale ad alta risoluzione, attraverso l'applicazione di MIKE 3 HD [2]. Il modello idrodinamico è stato quindi accoppiato al modello di sedimento di trasporto MIKE 3 MT [3], che ha permesso di simulare il trasporto e il destino del pennacchio di sedimenti e la deposizione risultanti da operazioni di dragaggio. Inoltre, si è tenuto conto dell'effetto delle onde in arrivo sul fondo del mare, mentre le correnti generate dalle onde (correnti a terra) sono ritenute trascurabili.

Le correnti costiere sono generalmente parallele alla costa e la loro ampiezza varia a seconda dell'altezza e della direzione delle onde durante la rottura dell'onda. La larghezza della zona di rottura dell'onda è limitata dalla cosiddetta "profondità di chiusura", ovvero la profondità di un profilo di spiaggia in cui il trasporto di sedimenti generato dall'onda diventa trascurabile.

Considerando che le profondità di chiusura nel Golfo di Gela sono state stimate a circa 3,5 m e il pre-scavo è progettato ad una profondità di circa 8-9 m è possibile supporre che le correnti generate dalle onde non siano rilevanti per la dispersione del sedimento rilasciato durante le operazioni di dragaggio.

I risultati della componente di circolazione dello studio mostrano un regime di correnti in superficie con flusso prevalente parallelo alla costa lungo le direzioni NW-SE; durante la stagione estiva il principale settore direzionale è più ampio rispetto al periodo invernale. In generale, le direzioni tra 120° N e 135 °N sono le più frequenti e quelle caratterizzate dalle velocità più elevate. Sul fondo del mare, durante il periodo invernale la tendenza è molto simile a quella descritta a livello di superficie, ma è caratterizzata da intensità di corrente minori. Durante la stagione estiva, le velocità sul fondo del mare sono molto basse e il modello di circolazione è più caotico.

È stato studiato l'effetto delle onde in arrivo sul fondo del mare e l'analisi ha messo in evidenza che il contributo delle onde è trascurabile, in considerazione della profondità in cui avranno luogo le operazioni di dragaggio e dei volumi molto piccoli che verranno dragati.

I risultati delle simulazioni sono stati elaborati al fine di valutare l'estensione più probabile del pennacchio di sedimenti, i valori massimi della concentrazione di sedimenti sospesi, la persistenza della concentrazione di sedimenti su soglie specifiche intorno alla trincea presso

---

<sup>2</sup> L'anno 2017 è ben rappresentativo delle condizioni standard, senza valori estremi di correnti e temperatura del mare, che sono le variabili più rilevanti per l'attuale ambito di lavoro, pertanto è stato considerato come l'anno di riferimento per lo studio.

l'area di uscita offshore dell'HDD e alle aree maggiormente sottoposte ad elevata deposizione di sedimenti all'interno del dominio.

Sono state elaborate pertanto mappe della massima concentrazione di sedimenti all'interno del dominio modello, (ii) mappe di persistenza nel tempo della concentrazione di sedimenti su soglie specifiche (10 mg / l e 50 mg / l), e (iii) mappe di deposizione di sedimenti sul fondo del mare.

I risultati del modello mostrano che la distribuzione della massima concentrazione di sedimenti sospesi risultante dalle operazioni di dragaggio presenta una forma ellittica allungata il cui asse maggiore è parallelo alla costa (coerentemente con le direzioni correnti prevalenti) e approssimativamente centrato lungo l'area della trincea (asse minore dell'ellisse). Questa forma allungata è più evidente durante il periodo invernale, quando il pennacchio è più grande sul fondo del mare che a livello della superficie. Il pennacchio è più grande nella parte inferiore, dove ha una lunghezza di circa 10 km, parallela alla costa e di circa 1,6 km, perpendicolare alla costa, se ci riferiamo a un valore SSC (Suspended Sediment Concentration) minimo di 2 mg/l. Il pennacchio diminuisce spostandosi verso la superficie, dove le dimensioni sono di circa 7 km parallele alla costa e 1,2 km perpendicolari alla costa. Riferendosi ad una concentrazione di 10 mg/l il pennacchio ha una lunghezza parallela alla costa approssimativamente da 2,4 km, in basso, a 1,8 km a livello di superficie, e perpendicolare alla costa approssimativamente da 1 km, in basso, a 0,5 km a livello di superficie.

Nel periodo estivo l'estensione del pennacchio di sedimenti è abbastanza simile in tutta la colonna d'acqua; il pennacchio di SSC massimo ha una forma piuttosto circolare (le differenze tra l'asse parallelo e perpendicolare alla costa sono più piccole rispetto all'inverno), centrate sull'area di dragaggio, con un asse parallelo alla costa di circa 4,5 km, se si fa riferimento a un valore SSC di 2 mg/l, e di circa 1,5 km se si fa riferimento a un valore di 10 mg/l. L'asse perpendicolare alla costa è leggermente più piccolo: è di circa 1,5 km, considerando 2 mg / l e circa 1 km considerando 10 mg/l. In generale, concentrazioni superiori a 100 mg / l possono essere trovate solo nell'area di dragaggio, dove vengono rilasciati sedimenti fini.

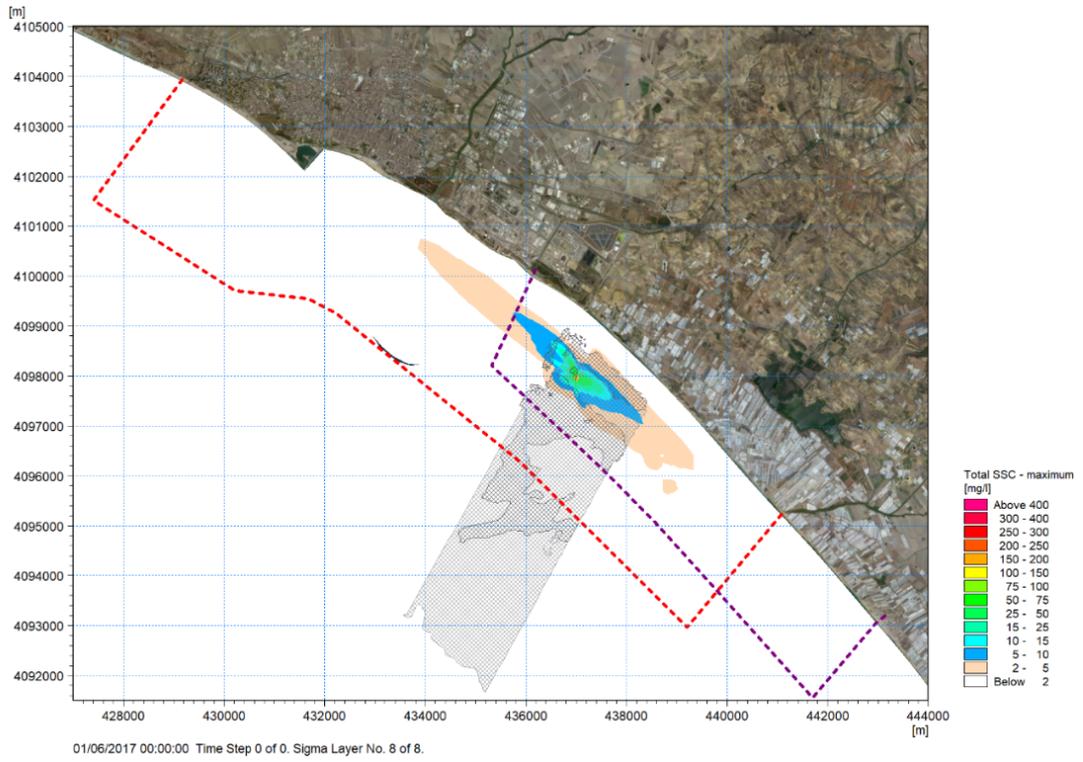


Figura 3.9 Massima concentrazione durante l'operazione di dragaggio (50 ore) su base mensile in superficie – periodo invernale

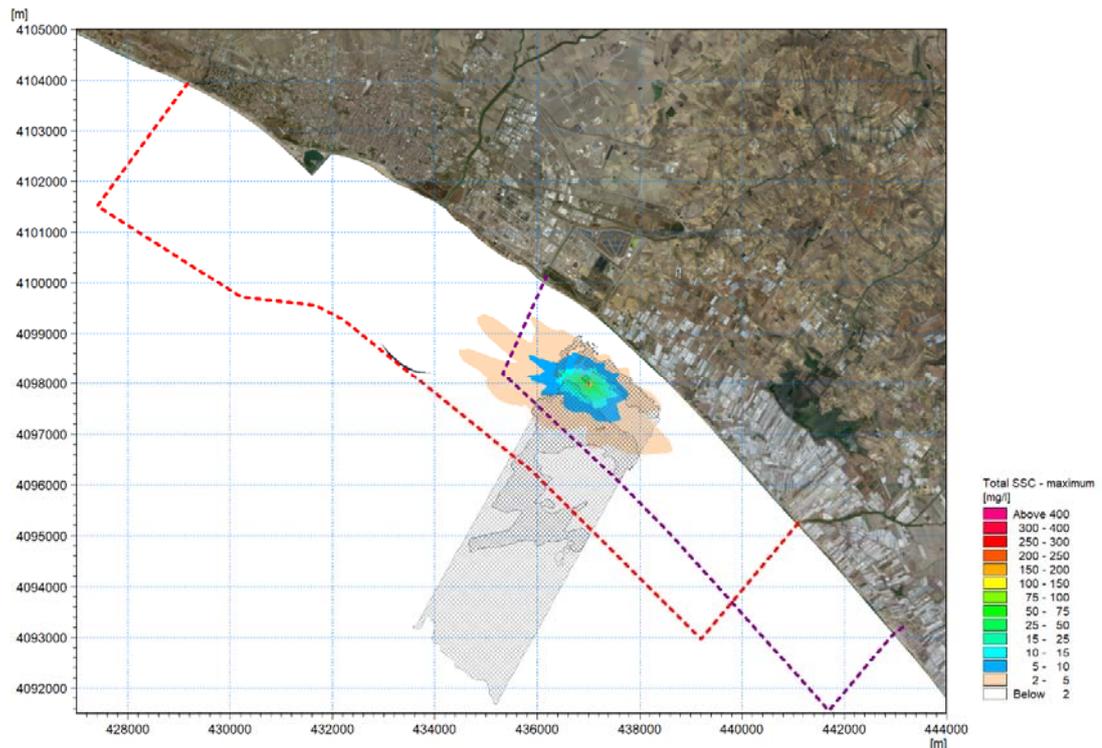


Figura 3.10 Massima concentrazione durante l'operazione di dragaggio (50 ore) su base mensile in superficie – periodo estivo (giugno 2017)

In generale, si raggiunge una concentrazione di 10 mg/l ad una distanza massima di circa 1,2 km dall'area dragata, lungo la direzione parallela alla costa e di 800 m in direzione perpendicolare. Il valore di concentrazione di 50 mg/l viene raggiunto solo in un'area intorno alla trincea dragata con un diametro di circa 500 m.

I risultati in termini di persistenza nel tempo di determinati valori di concentrazione mettono in evidenza che durante l'intero periodo delle operazioni di dragaggio (50 ore) la concentrazione supera i 10 mg/l per non più di 30 ore e 50 mg/l per un tempo massimo di 21 ore e il tempo di persistenza più elevato viene raggiunto nell'area vicino alla trincea.

I densi prati di *Cymodocea nodosa* intorno all'area dragata sono interessati da concentrazioni superiori a 10 mg/l solo per una durata massima di circa 6 ore durante le operazioni di dragaggio e solo per una porzione molto limitata, mentre concentrazioni superiori a 50 mg/l non sono raggiunte.

La deposizione di sedimenti sul fondo del mare durante le operazioni di dragaggio comporta una porzione limitata del dominio. Solo in prossimità della trincea dragata, fino a circa 200-300 m, la deposizione è maggiore di 1 cm. La deposizione diminuisce non appena aumenta la distanza dall'area dragata: è infatti solo 1 mm a una distanza dall'area dragata di circa 2600

m parallela alla costa e 800 m perpendicolare alla costa. A partire da una distanza dall'area di messa a fuoco di 500-600 m in direzione NW-SE e di 200-300 m in direzione SW-NE, la deposizione è inferiore a 0,1 mm.

Per quanto riguarda il post-trenching, l'attività di infossamento della condotta sottomarina può determinare la movimentazione di sedimenti marini e provocare l'aumento localizzato della torbidità delle acque.

Il sedimento presente sul fondale lungo il tratto interessato dal post-trenching da un punto di vista granulometrico è riferibile essenzialmente alle sabbie, tipologia che tende rapidamente a depositarsi sul fondale, a seguito di un sollevamento iniziale.

La scelta della tecnologia per il post-trenching minimizza la risospensione del sedimento lungo la colonna d'acqua; il sedimento, infatti, tende a rimanere confinato negli strati più profondi, con concentrazioni progressivamente più basse procedendo verso la superficie. Le concentrazioni al fondo, ossia lo strato dove si presentano le concentrazioni più elevate, tenderebbero ad esaurirsi in un tempo piuttosto limitato, prendendo in riferimento le risultanze del modello di dispersione dei sedimenti in relazione alle attività di dragaggio presso il punto di entrata della TOC.

Inoltre, come già espresso nei risultati del modello di dispersione dei sedimenti per le lavorazioni connesse alla TOC, l'effetto delle onde è da considerarsi trascurabile in virtù della profondità in cui avranno luogo le attività e dei volumi in gioco.

Stanti tali considerazioni, si ritiene che il fenomeno della risospensione lungo la colonna d'acqua sia molto contenuto durante le attività di affossamento della condotta e potrebbe avere luogo in un tempo limitato, tanto da non pregiudicare un'alterazione delle biocenosi presenti. Inoltre, la potenziale interferenza potrà essere limitata dall'adozione di specifici interventi di mitigazione, come l'utilizzo di panne, per la descrizione delle quali si rimanda al paragrafo delle mitigazioni (cfr. Par. 6).

## 4.0 *Dati pregressi relativi all'area di intervento*

L'area marina interessata dal progetto, ed in parte ricadente all'interno del perimetro del sito SIN di Gela, è stata oggetto negli anni passati di attività di caratterizzazione e di studio, anche da parte di ISPRA, al fine di acquisire dati ambientali legati all'area SIN. Di seguito, si riportano i risultati delle caratterizzazioni effettuate di cui, alla data di stesura del presente documento, si hanno a disposizione i dati.

### 4.1 *Caratterizzazione sito SIN - ISPRA 2009*

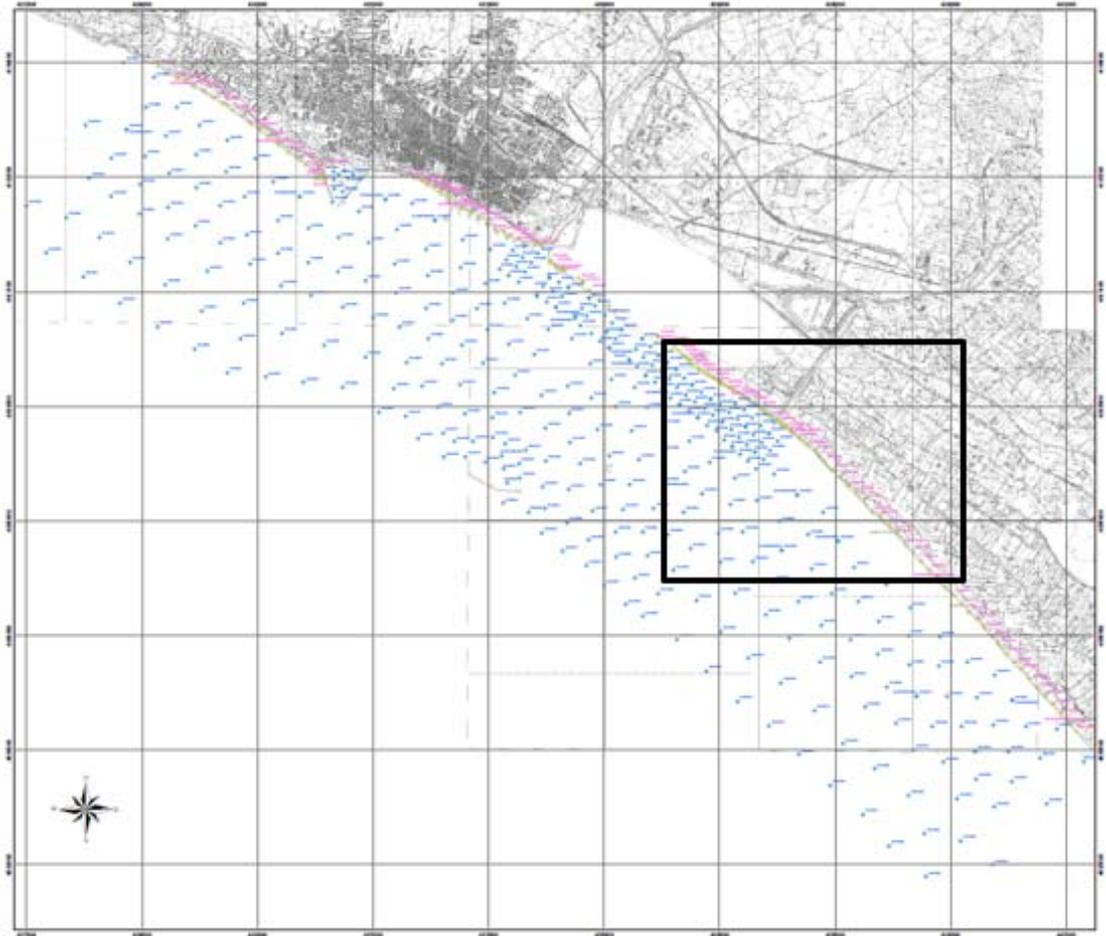
L'area marina costiera prospiciente il Sito di Bonifica di Interesse Nazionale di Gela è stata oggetto di un Piano di Caratterizzazione ambientale e radiometrica, eseguito da Sviluppo Italia Aree Produttive nel periodo Giugno – Ottobre 2009. Tale caratterizzazione comprende delle attività relative al 'Piano operativo di campionamento dei fondali per l'esecuzione del piano di caratterizzazione ambientale ISPRA (già ICRAM)' e le attività inerenti la caratterizzazione radiometrica preliminare dell'area marina costiera prospiciente il Sito d'Interesse Nazionale di Gela, elaborato da APAT (ora ISPRA) (Tabella 4.1).

L'ambito esaminato comprende un settore delimitato a nord dal Torrente Gattano e a sud dal Torrente Acate, per una lunghezza di circa 15 Km e si spinge fino a circa 3 Km verso il largo. Dal punto di vista delle caratteristiche morfologiche, batimetriche e sedimentologiche, il tratto di costa è caratterizzato da fondali con debole pendenza, con una batimetria che a 3 km dalla costa si presenta pressoché costante di circa -12 m. Il trasporto litoraneo avviene in direzione sud-est. I sedimenti si presentano sabbiosi con una granulometria che diventa più fine a partire da -5 m.

Le attività svolte nell'ambito della caratterizzazione ambientale hanno riguardato le indagini radiometriche preliminari, le indagini geofisiche, geomorfologiche e la ricerca degli ordigni bellici, nonché le attività di caratterizzazione dei sedimenti, prelevati dagli arenili e dai fondali.

Presso gli arenili sono state prelevate n° 133 carote, di cui 126 da destinare alla caratterizzazione chimica e 7 da destinare alla caratterizzazione radiometrica.

Per quanto concerne le attività di caratterizzazione dei fondali, nei punti previsti nel Piano Operativo di campionamento predisposto da ICRAM sulla base dei risultati delle indagini geofisiche preliminari, sono state prelevate n. 381 carote di cui 37 da destinarsi alle analisi radiometriche secondo il piano APAT e 344 da destinarsi alle analisi chimiche e microbiologiche secondo quanto previsto dal piano ICRAM, e 30 campioni superficiali prelevati mediante benna da destinare alle sole analisi ecotossicologiche da parte dei laboratori di ISPRA.



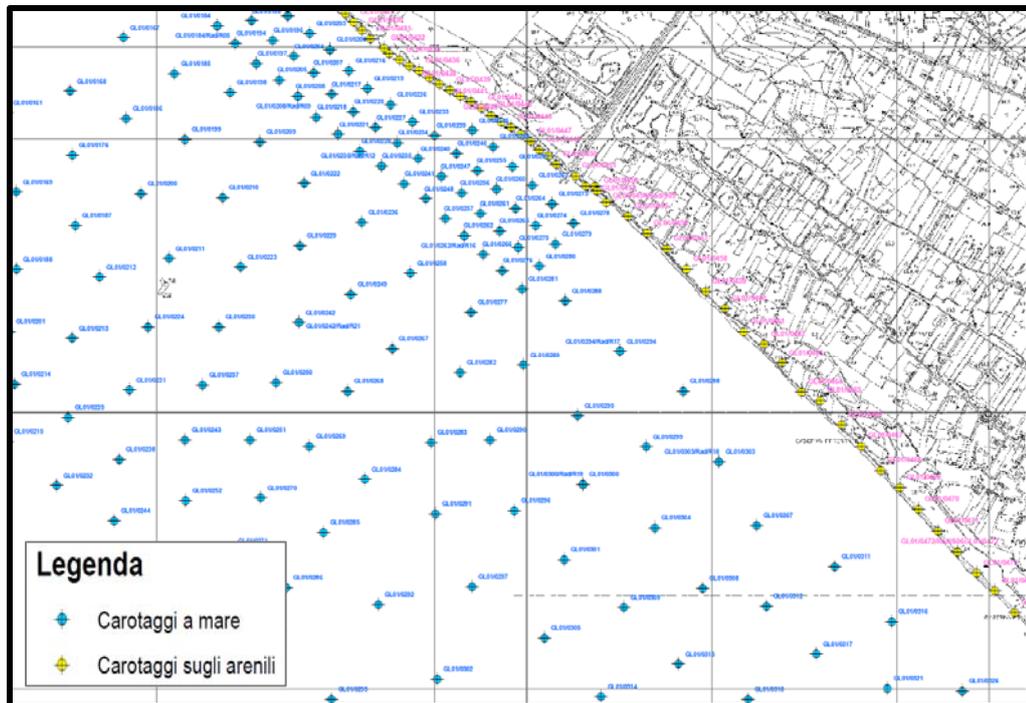


Figura 4.1 Caratterizzazione radiometrica e ambientale dell'area marino – costiera prospiciente il SIN di Gela: rappresentazione su mappa dei reali punti di indagine.

I risultati delle analisi chimiche, chimico-fisiche e microbiologiche eseguite sui campioni di sedimento prelevati nel periodo compreso tra giugno e ottobre 2009, hanno mostrato totale assenza di contaminazione rispetto ai valori limite di riferimento LCL (Livelli Chimici Limite) ormai in uso in altre realtà italiane a livello nazionale (*ICRAM – APAT 2007 – Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini*). Tali limiti di riferimento sono stati stimati sulla base di dati di valenza nazionale, considerando la comparsa di effetti tossicologici certi (con elevata probabilità).

#### 4.2 Caratterizzazione del tratto marino costiero da Torre Manfredia a P.ta Zafaglione – PdG Biviere Macconi di Gela 2003-2004

L'area interessata dal progetto del gasdotto di connessione Malta - Italia si caratterizza per la presenza di alcuni Siti appartenenti alla Rete Natura 2000<sup>3</sup>, che si sono dotati di un unico Piano di Gestione denominato *Biviere Macconi di Gela*, approvato in via definitiva con D.D.G. n.465 del 31/05/2016.

Ai fini della redazione del Piano e dell'individuazione delle misure gestionali da adottare, è stato indagato da un punto di vista delle componenti biotiche, il tratto marino costiero da Torre Manfredia a P.ta Zafaglione, esteso complessivamente 33 Km lungo la linea di costa. Le indagini sono state effettuate nella porzione di fondale compresa tra la linea batimetrica dei 2 e 34 metri, corrispondente ad un tratto di 10 Km (5,7 miglia nautiche) verso il largo dalla linea di costa (cfr. Figura 4.2).



Figura 4.2 Localizzazione dell'area di indagine per la componente biotica

Il suddetto Piano di Gestione *Biviere Macconi di Gela* nell'ambito del quadro conoscitivo delle componenti fisiche, riporta i risultati del progetto di monitoraggio delle acque marine –

<sup>3</sup> SIC Biviere Macconi di Gela (ITA05001), SIC Torre Manfredia (ITA050011), ZPS Torre Manfredia, Piana e Biviere Macconi di Gela

costiere e degli ecosistemi marini che il Servizio Difesa del Mare del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio sta realizzando in accordo con le Regioni, al fine di acquisire un quadro organico di dati riferiti ad acque, sedimenti, biota e benthos e valutare le pressioni indotte dalle attività umane sull'ecosistema marino.

Nell'ambito dell'analisi territoriale effettuata dal MATTM, l'area antistante il Golfo di Gela rientra fra le aree costiere definite "critiche" sottoposte a pressioni di natura antropica. Il periodo di monitoraggio documentato nell'ambito del Piano di Gestione si riferisce al 2003 – 2004.

Nello specifico del monitoraggio dei sedimenti, allo stato di stesura del presente documento, non si dispone di una esatta localizzazione delle postazioni di monitoraggio dei sedimenti marini. Tuttavia, si riporta di seguito, un estratto dal Piano di Gestione in merito alla qualità dei sedimenti marini.

Nel 2° semestre 2003 e in tutto il 2004 i valori dell'arsenico dell'area antistante il Golfo di Gela superano di poco, ma costantemente, il valore limite previsto (12 mg/kg) con concentrazioni che oscillano tra 13.70 mg/kg e 18.26 mg/kg, mentre nel 1° semestre 2004 si sfiora il limite previsto per il Cd (0.3 mg/kg), raggiungendo 0.249 mg/kg. Anche il valore limite del Ni (30 mg/kg) viene quasi raggiunto nel 2° semestre 2004 (valore pari a 28.72 mg/kg).

Per quanto riguarda le analisi relative agli IPA e dei composti organo-clorurati, per il 2003 e 2004 si può dedurre una certa contaminazione inorganica. Nello specifico sono state registrate per il secondo semestre 2003 concentrazioni inferiori ai valori limite, mentre nel primo semestre del 2004 si sono avuti degli sforamenti del 2-4' DDD Diclorodifenildicloroetano e di alfa HCH esaclorocicloesano per i composti organoclorurati; per gli IPA si è avuto un superamento del valore limite solo per l'Antracene. Nel II semestre del 2004 apparentemente non si è avuto nessun superamento dei valori limite, ma in realtà i valori e le tecniche analitiche hanno dato un margine di incertezza tale da non consentire di capire se i limiti si siano stati superati.

### **4.3 Indagini ambientali integrative - tratto offshore (E&WA 2019)**

Come già esposto nei precedenti paragrafi, a marzo 2019 è stata compiuta una campagna offshore finalizzata alla caratterizzazione dei sedimenti e delle acque, lungo il corridoio interessato dal tracciato di progetto. Per la caratterizzazione dei sedimenti sono state individuate 10 postazioni denominate da MEW001b\_S01 a MEW001b\_S10.

Le posizioni dei campioni sono state selezionate dopo il completamento dell'indagine geofisica e sulla base dei risultati ottenuti. Le posizioni di campionamento sono state pianificate lungo il percorso di progettazione di base a una distanza di almeno 500 m da

ciascun cavo o tubazione riconosciuto nel corridoio esaminato (procedura di riferimento LGH in accordo con le raccomandazioni ICPC n. 15, numero 1, sezione 3. 1.). Il piano di campionamento comprendeva sessanta (60) Piston Core, trenta (30) Test di Penetrazione del Cono e cinque (5) Fori.

Le posizioni dei campioni (campionamento dei sedimenti e campionamenti dell'acqua) sono mostrate di seguito in Figura 4.3 (parte italiana).

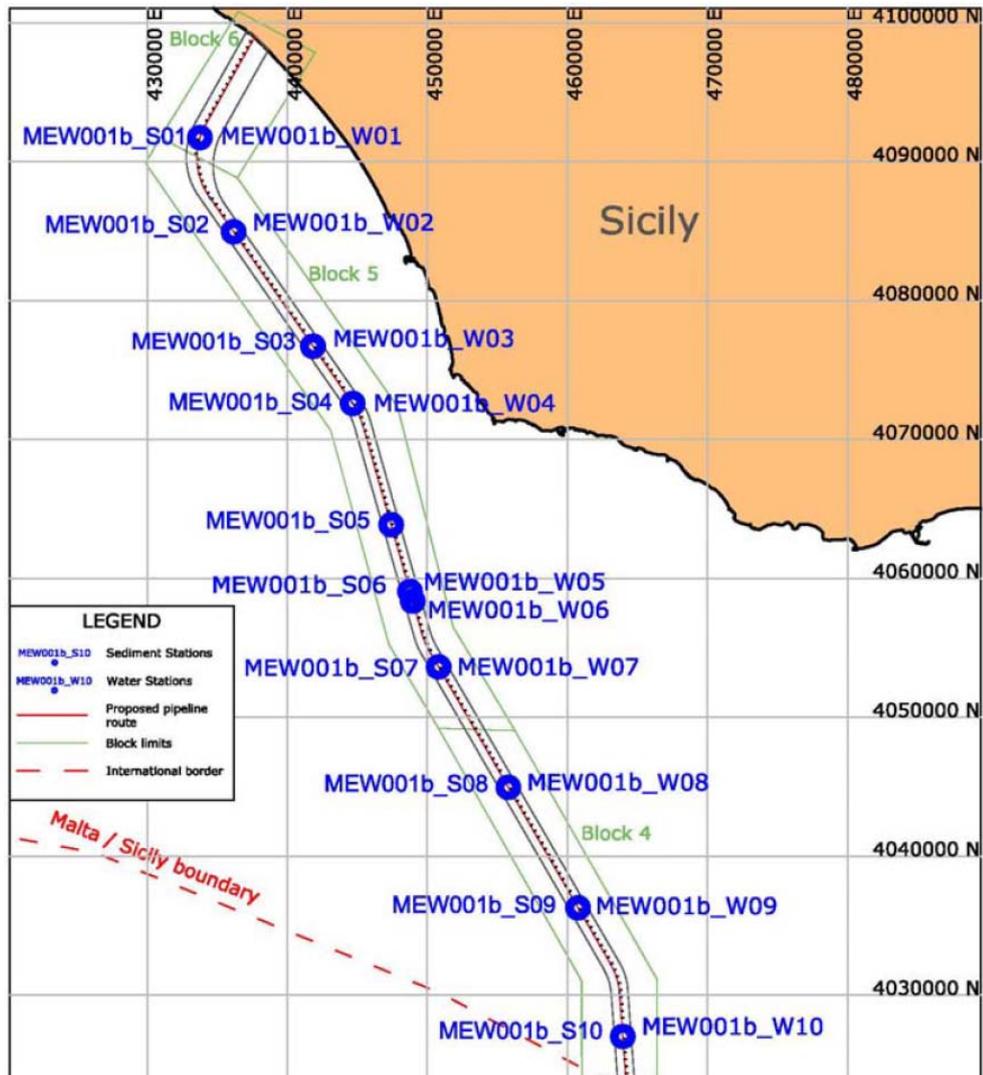
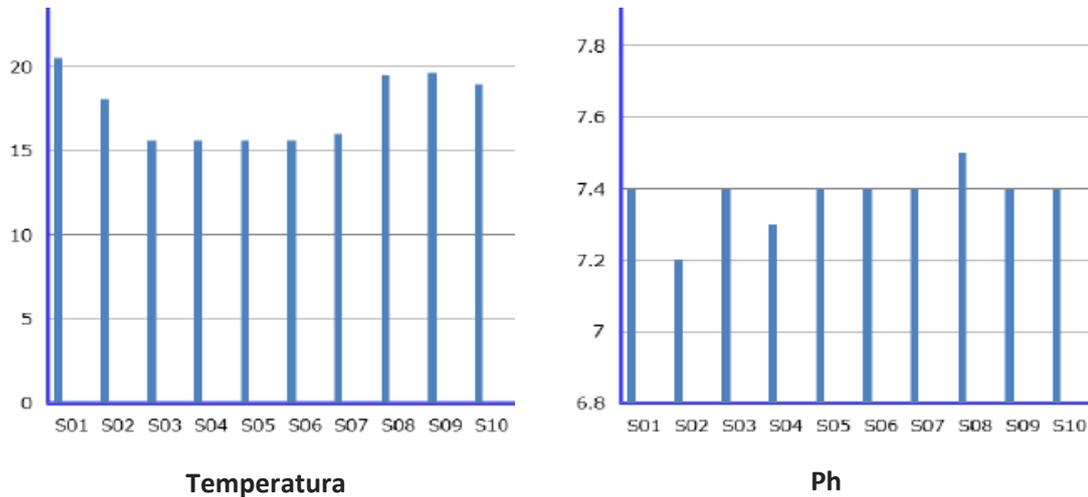


Figura 4.3 Planimetria del posizionamento punti di campionamento di sedimenti e acqua dal lato italiano.

BOX CORES	EASTING	NORTHING	KP (Km)	DCC (m)	Water depth (m)	Top lithology (in-situ observation)	RECOVERY (cm)	DATE
MEW001b_S01	433768.77	4091732.06	8.313	0.67	28	clayey SILT	0.35	08/03/2019
MEW001b_S02	436171.28	4084948.47	15.836	0.37	78	silty CLAY	0.4	08/03/2019
MEW001b_S03	441837.70	4076707.02	25.837	1.78	87	CLAY	0.4	08/03/2019
MEW001b_S04	444673.43	4072588.95	30.837	-0.64	86	CLAY	0.4	09/03/2019
MEW001b_S05	447422.56	4063864.66	40.010	-7.9	118	silty CLAY	0.5	09/03/2019
MEW001b_S06	448764.50	4059059.00	45.000	1.33	128	silty CLAY	0.2	09/03/2019
MEW001b_S07	450803.83	4053626.70	50.836	0.97	145	silty CLAY	0.2	09/03/2019
MEW001b_S08	455781.90	4044954.08	60.835	0.97	155	silty CLAY	0.3	09/03/2019
MEW001b_S09	460760.94	4036281.48	70.836	0.12	153	silty CLAY	0.3	09/03/2019
MEW001b_S10	463954.85	4027024.40	80.835	0.76	146	silty CLAY	0.2	09/03/2019

Tabella 4.1 Parametri fisici relativi ai campioni di sedimento

La temperatura a fondo marino è compresa tra 15,2 °C e 20,5°C, il pH indica i valori tra 7,2 e 7,9 unità di pH.



Il residuo secco è correlato alla struttura dei sedimenti e inversamente proporzionale al contenuto dell'acqua; dove il contenuto sabbioso è significativo il sedimento si caratterizza da alti valori di residuo secco, mentre i sedimenti argillosi sono contrassegnati da valori bassi del parametro.

Nei sedimenti sono stati misurate le concentrazioni di 15 metalli, di cui si riporta una tabella riassuntiva.

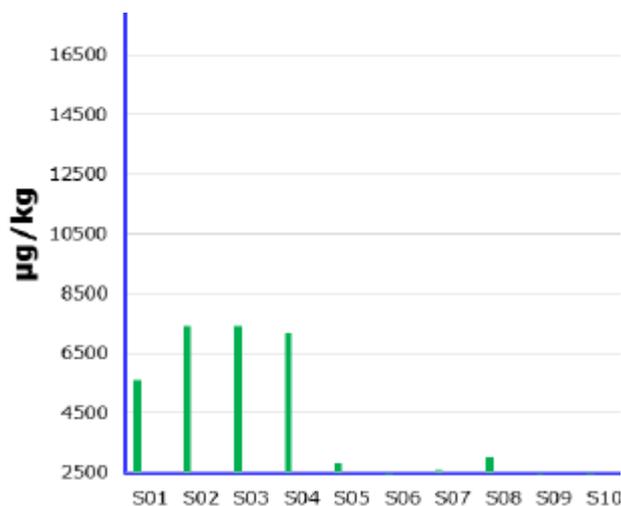
Determinant	u.m.	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
<b>Test Certificate</b>		<b>19LA 0014366</b>	<b>19LA 0014368</b>	<b>19LA 0014370</b>	<b>19LA 0014372</b>	<b>19LA 0014374</b>	<b>19LA 0014376</b>	<b>19LA 0014378</b>	<b>19LA 0014380</b>	<b>19LA 0014382</b>	<b>19LA 0014384</b>
Antimony		< 0,55	< 0,56	< 0,51	< 0,56	< 0,55	< 0,53	< 0,58	< 0,56	< 0,57	< 0,55
Arsenic		26	27	25	22	18	13	11	11	16	43
Beryllium		0,42	0,65	0,63	0,63	0,61	0,52	0,64	0,58	0,53	0,36
Cadmium		0,11	0,12	0,12	0,17	0,11	0,1	0,12	0,1	0,12	0,072
Cobalt		8	8,9	8,7	9,6	8,3	7,5	8,4	7,4	7,9	7,7
Chromium		16	22	22	24	22	19	23	20	20	16
Mercury		0,074	0,13	0,17	0,12	0,041	0,025	0,028	0,024	0,023	0,019
Nickel		17	23	23	25	23	20	24	22	23	17
Lead	mg/Kg	14	21	22	20	14	10	13	12	12	10
Copper		12	18	18	20	15	12	14	13	12	7,2
Selenium		2	2,2	2,2	2,4	2,2	1,8	2,1	1,9	2	1,5
Tin		< 1,1	< 1,1	1,1	1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,2	< 1,1	< 1,1	< 1,1
Thallium		0,11	0,16	0,16	0,17	0,16	0,21	0,2	0,16	0,2	0,097
Vanadium		39	41	41	41	44	37	46	42	47	51
Zinc		53	67	67	75	57	45	54	48	45	33

Tabella 4.2 Metalli rilevati nei sedimenti

In tutte le postazioni di campionamento le concentrazioni totali di idrocarburi (C <12) sono inferiori al LoD; nella maggior parte dei punti di campionamento le concentrazioni totali di idrocarburi (C > 12) sono inferiori o vicine a 2500µg/kg. Le postazioni più vicine alla costa mostrano concentrazioni più elevate rispetto ai luoghi di campionamento offshore.

Determinant	u.m.	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
<b>Test Certificate</b>		<b>19LA 0014366</b>	<b>19LA 0014368</b>	<b>19LA 0014370</b>	<b>19LA 0014372</b>	<b>19LA 0014374</b>	<b>19LA 0014376</b>	<b>19LA 0014378</b>	<b>19LA 0014380</b>	<b>19LA 0014382</b>	<b>19LA 0014384</b>
Hydrocarbons C<=12	mg/Kg	< 0,25	< 0,26	< 0,26	< 0,33	< 0,21	< 0,26	< 0,27	< 0,25	< 0,26	< 0,24
Hydrocarbons C>12	µg/kg	5600	7400	7400	7200	2800	< 2300	2600	3000	< 2400	< 2300

Tabella 4.3 Concentrazione di idrocarburi nei sedimenti



Per quanto attiene il BTEX i valori rilevati sono sempre al di sotto del LoD, ad eccezione di Toluene e BTEX in S2, S11, S13, S16 posizioni, in cui comunque valori molto bassi (compresi tra 0,01 e 0,019 mg/kg).

Determinant	U.M.	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Test Certificate		19LA 0014366	19LA 0014368	19LA 0014370	19LA 0014372	19LA 0014374	19LA 0014376	19LA 0014378	19LA 0014380	19LA 0014382	19LA 0014384
Benzene	mg/kg	< 0,001	< 0,0011	< 0,0011	< 0,0014	< 0,00086	< 0,0011	< 0,0011	< 0,001	< 0,0011	< 0,00098
Ethylbenzene		< 0,0052	< 0,0054	< 0,0054	< 0,0068	< 0,0043	< 0,0055	< 0,0057	< 0,0051	< 0,0053	< 0,0049
Styrene		< 0,0052	< 0,0054	< 0,0054	< 0,0068	< 0,0043	< 0,0055	< 0,0057	< 0,0051	< 0,0053	< 0,0049
Toluene		< 0,0052	0.017	< 0,0054	< 0,0068	< 0,0043	< 0,0055	< 0,0057	< 0,0051	< 0,0053	< 0,0049
m, p - xylene		< 0,01	< 0,011	< 0,011	< 0,014	< 0,0086	< 0,011	< 0,011	< 0,01	< 0,011	< 0,0098
o - Xylene		< 0,0052	< 0,0054	< 0,0054	< 0,0068	< 0,0043	< 0,0055	< 0,0057	< 0,0051	< 0,0053	< 0,0049
Xylene		< 0,01	< 0,011	< 0,011	< 0,014	< 0,0086	< 0,011	< 0,011	< 0,01	< 0,011	< 0,0098
BTEX (aromatic hydrocarbons)		< 0,01	0.017	< 0,011	< 0,014	< 0,0086	< 0,011	< 0,011	< 0,01	< 0,011	< 0,0098

Tabella 4.4 Valori di BTEX nei sedimenti

#### 4.4 Indagini ambientali integrative nel tratto nearshore (E&WA 2019)

Nell'ambito del survey ambientale effettuato ad Agosto 2019, la campagna di indagine nelle 20 postazioni, di cui 18 interne al SIN e 2 esterne (cfr. Tabella 4.1, Figura 4.4) ha riguardato la caratterizzazione dei sedimenti e delle acque.

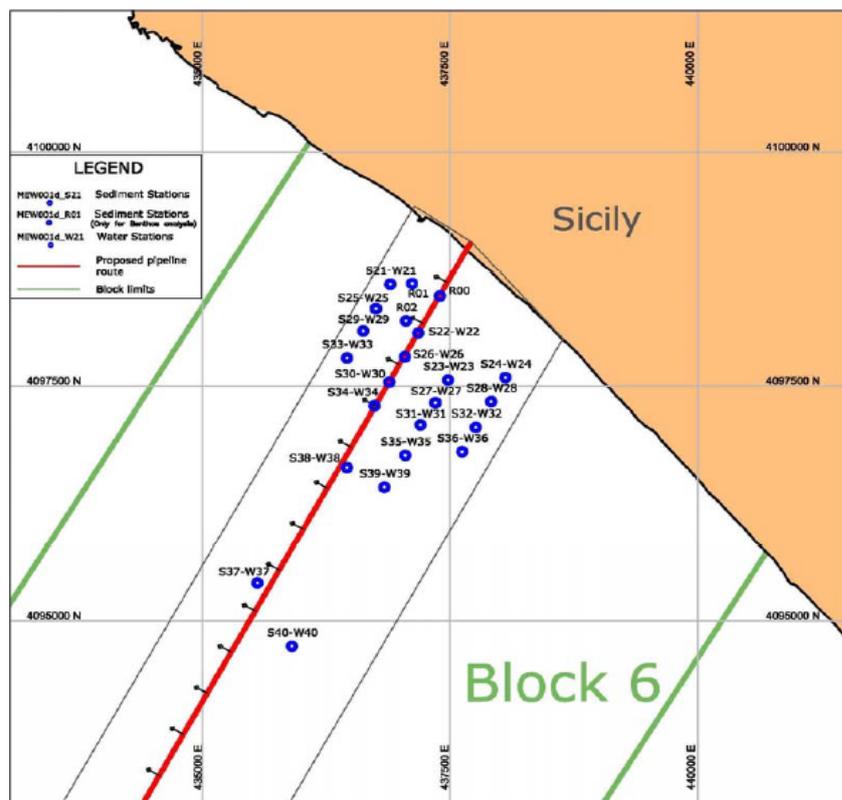


Figura 4.4: Localizzazione punti di campionamento (W – acque e S – sedimenti)

Tutti i sedimenti sono stati classificati come sabbie limose, limi sabbiosi e argille sabbiose. In alcuni punti (S21, S22, S23, S27, S28, S30, S31, S36, S37) è presente una piccola percentuale di ghiaia.

Van Veen Grab	EASTING	NORTHING	KP (Km)	DCC (m)	Water depth (m)	Top lithology (in-situ observation)	DATE
MEW001d_S21	436896.39	4098588.71	0.963	257	6.5	silty SAND	12/08/2019
MEW001d_S22	437176.64	4098066.94	1.399	-144	7.4	silty SAND	16/08/2019
MEW001d_S23	437479.18	4097565.19	1.810	-561	8.2	silty SAND	13/08/2019
MEW001d_S24	438057.04	4097592.55	1.640	-1114	6.3	sandy SILT	13/08/2019
MEW001d_S25	436750.45	4098326.81	1.253	333	7.8	sandy SILT	14/08/2019
MEW001d_S26	437043.75	4097813.17	1.678	-78	8.7	silty SAND	16/08/2019
MEW001d_S27	437352.18	4097324.02	2.075	-498	9.3	silty SAND	13/08/2019
MEW001d_S28	437914.28	4097335.79	1.924	-1040	7.6	silty SAND	13/08/2019
MEW001d_S29	436621.56	4098087.99	1.516	399	9	silty SAND	14/08/2019
MEW001d_S30	436886.35	4097544.14	1.977	8	9.8	silty SAND	16/08/2019
MEW001d_S31	437200.26	4097093.24	2.336	-408	10	sandy SILT	13/08/2019
MEW001d_S32	437758.83	4097065.96	2.224	-956	9	silty SAND	13/08/2019
MEW001d_S33	436458.81	4097800.62	1.835	485	10	silty SAND	12/08/2019
MEW001d_S34	436736.58	4097291.07	2.259	90	10.4	silty SAND and CLAY	15/08/2019
MEW001d_S35	437047.04	4096768.1	2.648	-351	10.7	sandy SILT	13/08/2019
MEW001d_S36	437620.39	4096807.35	2.509	-886	9.8	silty SAND	12/08/2019
MEW001d_S37	435553.9	4095405.27	4.518	464	13.4	silty SAND	14/08/2019
MEW001d_S38	436457.9	4096636.74	2.983	151	11.3	silty SAND	15/08/2019
MEW001d_S39	436835.83	4096427.33	3.042	-277	11.3	silty SAND	15/08/2019
MEW001d_S40	435903.15	4094732.02	4.949	-160	13.8	sandy clayey SILT	14/08/2019
MEW001d_R00	437399.58	4098463.35	0.960	-262	5.3	silty SAND	17/08/2019
MEW001d_R01	437116.30	4098594.42	0.903	45	5.6	silty SAND	17/08/2019
MEW001d_R02	437053.87	4098195.68	1.304	7	7.5	silty SAND	17/08/2019

Tabella 4.5 Elenco delle postazioni di campionamento dei sedimenti.

Per la raccolta dei sedimenti della campagna ambientale è stato utilizzato un Mini Box corer:

- Bellatrix Vessel: Dimensioni - Largh 20.3 x Lungh 20.3 x Altezza 40.6 cm (limite profondità WD< 30m)

Lo strumento selezionato per i campionamenti di sedimenti in acqua bassa (SIN e zona costiera di Gela) è stato scelto di dimensioni minori per ridurre la movimentazione di sedimenti in zone di interesse ambientale durante le attività. La penetrazione massima prevista è di circa 30 cm. Il sistema di penetrazione e chiusura del campione minimizza la movimentazione dei sedimenti adiacenti al punto di campionamento. Essendo la zona di interesse a basse profondità, anche l'impatto del campionatore con il fondale non ha movimentato grandi quantitativi di sedimenti.



*Figura 4.5 Box Corer*



*Figura 4.6 Benna Van Veen*

In casi di eventuali campionamenti valutati come nulli con box corer, è stata utilizzata una benna per campionamenti superficiali di capacità di 12l.

L'esecuzione dei boreholes è stata effettuata installando l'apparecchiatura di perforazione sopra una piattaforma (jack-up) a 4 appoggi, mantenuta in posizione durante l'esecuzione del sondaggio.



Figura 4.7 Esempio di piattaforma jack up

Una volta posizionata la strumentazione alle coordinate previste, la piattaforma è stata fissata per consentire la perforazione del sondaggio e l'installazione del rivestimento. La fase di sondaggio è stata effettuata in sequenza, calando la batteria di aste con il sistema a rotazione di circa 3 metri l'una. Il materiale è stato raccolto in un campionatore, prima di procedere a profondità maggiori. La tecnica utilizzata ha consentito di procedere all'esaminazione della litostratigrafia del sottosuolo.

I sondaggi sono stati spinti fino ad una profondità di 30m sotto al livello del fondale marino. Il tipo di fondale non ha previsto l'utilizzo di fluido stabilizzanti.

Una volta raggiunta la profondità prevista di 30m, il rivestimento è stato rimosso dal foro.

#### 4.4.1 Risultati indagini fisico -chimiche

Tutti i sedimenti sono stati classificati come sabbie limose, limi sabbiosi e argille sabbiose. In alcuni punti (S21, S22, S23, S27, S28, S30, S31, S36, S37) è presente una piccola percentuale di ghiaia.

Van Veen Grab	EASTING	NORTHING	KP (Km)	DCC (m)	Water depth (m)	Top lithology (in-situ observation)	DATE
MEW001d_S21	436896.39	4098588.71	0.963	257	6.5	silty SAND	12/08/2019
MEW001d_S22	437176.64	4098066.94	1.399	-144	7.4	silty SAND	16/08/2019
MEW001d_S23	437479.18	4097565.19	1.810	-561	8.2	silty SAND	13/08/2019
MEW001d_S24	438057.04	4097592.55	1.640	-1114	6.3	sandy SILT	13/08/2019
MEW001d_S25	436750.45	4098326.81	1.253	333	7.8	sandy SILT	14/08/2019
MEW001d_S26	437043.75	4097813.17	1.678	-78	8.7	silty SAND	16/08/2019
MEW001d_S27	437352.18	4097324.02	2.075	-498	9.3	silty SAND	13/08/2019
MEW001d_S28	437914.28	4097335.79	1.924	-1040	7.6	silty SAND	13/08/2019
MEW001d_S29	436621.56	4098087.99	1.516	399	9	silty SAND	14/08/2019
MEW001d_S30	436886.35	4097544.14	1.977	8	9.8	silty SAND	16/08/2019
MEW001d_S31	437200.26	4097093.24	2.336	-408	10	sandy SILT	13/08/2019
MEW001d_S32	437758.83	4097065.96	2.224	-956	9	silty SAND	13/08/2019
MEW001d_S33	436458.81	4097800.62	1.835	485	10	silty SAND	12/08/2019
MEW001d_S34	436736.58	4097291.07	2.259	90	10.4	silty SAND and CLAY	15/08/2019
MEW001d_S35	437047.04	4096768.1	2.648	-351	10.7	sandy SILT	13/08/2019
MEW001d_S36	437620.39	4096807.35	2.509	-886	9.8	silty SAND	12/08/2019
MEW001d_S37	435553.9	4095405.27	4.518	464	13.4	silty SAND	14/08/2019
MEW001d_S38	436457.9	4096636.74	2.983	151	11.3	silty SAND	15/08/2019
MEW001d_S39	436835.83	4096427.33	3.042	-277	11.3	silty SAND	15/08/2019
MEW001d_S40	435903.15	4094732.02	4.949	-160	13.8	sandy clayey SILT	14/08/2019
MEW001d_R00	437399.58	4098463.35	0.960	-262	5.3	silty SAND	17/08/2019
MEW001d_R01	437116.30	4098594.42	0.903	45	5.6	silty SAND	17/08/2019
MEW001d_R02	437053.87	4098195.68	1.304	7	7.5	silty SAND	17/08/2019

Tabella 4.6 Parametri fisici relativi ai campioni di sedimento.

La temperatura al fondo del mare è compresa tra 23,9 ° C e 29,5 ° C ed i valori di pH compresi tra 6.9 e 7.7 unità pH.

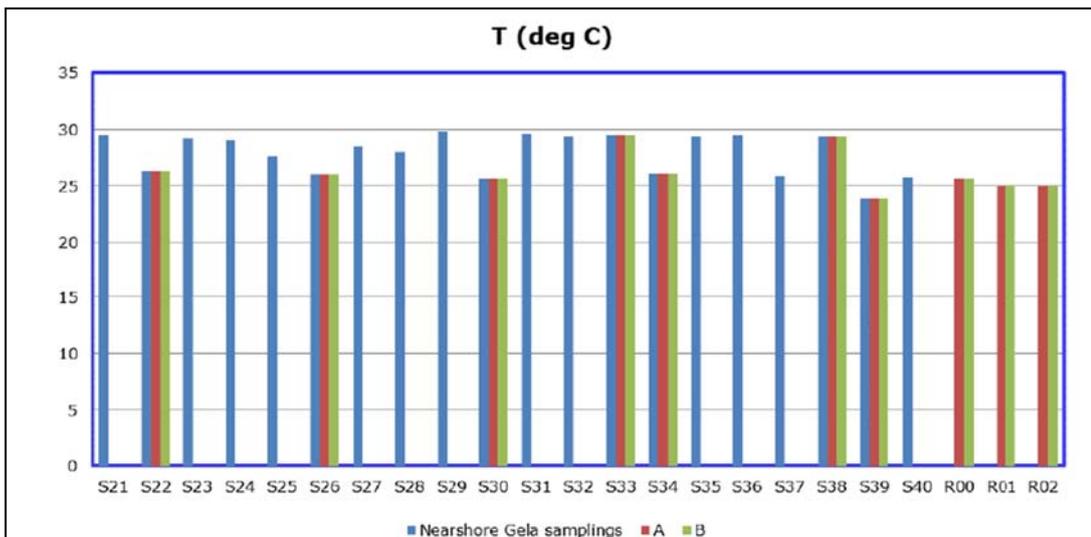


Figura 4.8 Temperatura misurata sui campioni prelevati.

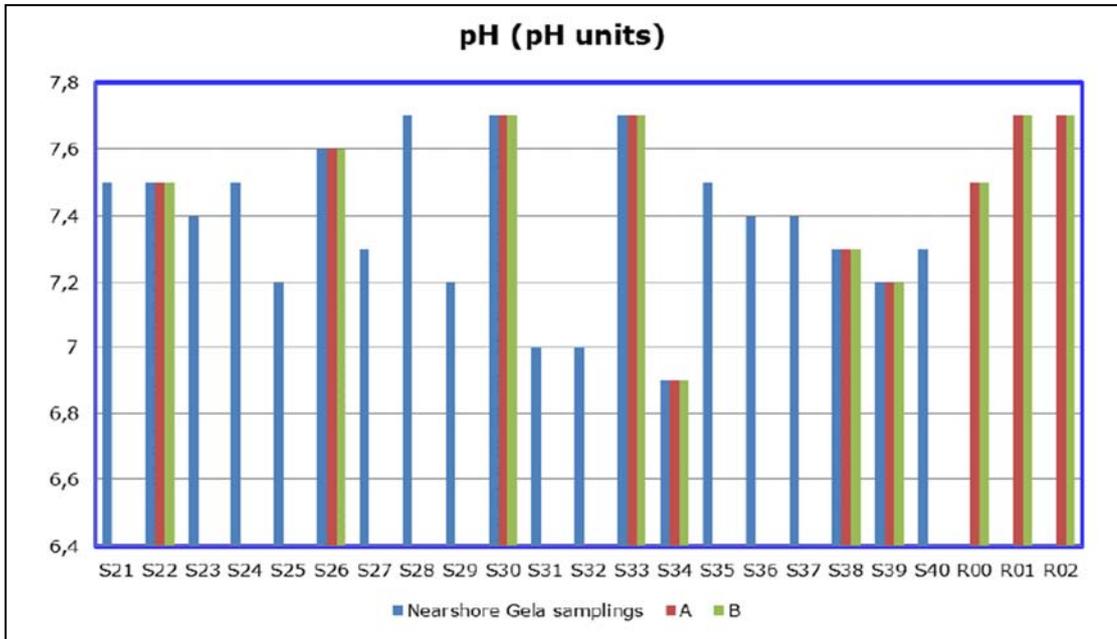


Figura 4.9 pH misurato su campioni prelevati.

Per quel che riguarda i metalli pesanti i valori più alti sono stati generalmente rilevati nelle stazioni S31, S38 e S39, tranne Nichel e Mercurio che mostrano il valore più alto nella stazione S21. Nel seguito si riportano i confronti tra i valori riscontrati ed i Livelli Chimici Limite (LCL) indicati dal “Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini” (APAT-ICRAM 2007) e gli Standard di Qualità Ambientale (SQA) riportati nel D.Lgs. 172/2015 “Regolamento recante la disciplina delle modalita' 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”.

Lo Zinco mostra concentrazioni comprese tra 14 e 20 mg/kg ad eccezione di S31, S38, S40, punti in cui valori sono stati misurati più di 25 mg/kg (al di sotto del Livello Chimico Limite “LCL”– che indica un valore massimo pari a 170).

Il Rame è compreso tra 1,8 e 3 mg/kg di base secca, eccetto per le stazioni S31, S38 e S40 dove i valori sono superiori a 5mg/kg (entro LCL=52 mg/kg); le misure del Piombo sono analoghe a quelle del Rame, con valori compresi tra 2,8 e 4 mg/kg con il massimo in S31, S38 e S40 (sopra 5mg/kg) comunque al di sotto dei limiti di legge (SQA = 30 mg/kg LCL=70 mg/kg).

L'Alluminio è compreso tra 1100 e 2000mg/Kg di base secca ad eccezione delle stazioni S31, S38 e S40 in cui le concentrazioni raggiungono rispettivamente 3400mg/kg, 3100 mg/kg e 3800 mg/kg. I valori di Berillio sono molto bassi nelle stazioni S23, S24, S25, S36 e S39, mentre in tutte le altre posizioni è nell'intervallo tra 0,15 mg/Kg di base secca e 0,11 mg/kg, ad eccezione di S31, S30 e S40 dove i valori sono superiori a 0,2 mg/kg.

I contenuti di Selenio sono compresi in un intervallo tra 1,1 e 0,74 mg/kg di base secca; il Ferro è compreso tra 7400 e 11000mg/Kg base secca e il valore più alto è pari a 11000mg/Kg di base secca nelle posizioni S31 e S40; il Cobalto mostra valori compresi tra 3,6 e 5,4 mg/kg.

Il Cadmio mostra valori molto bassi tra 0,086 e 0,06 mg/kg (SQA = 0,3 mg/kg LCL = 0,8 mg/kg), il Cromo ha un intervallo tra 3,7 e 5,5 mg/kg di base secca (SQA = 0,3 mg/kg LCL = 0,8 mg/kg), con valori superiori a 6,5 mg/kg nelle stazioni S21, S31, S38 di cui il più elevato nella stazione S40 (8,4 mg/kg); entrambi i metalli indicato rientrano nei limiti di legge.

Il Nichel mostra una tendenza generale tra 4,3 e 7 mg/kg con il valore più alto (16 mg/kg) nella stazione S21, sempre al di sotto delle concentrazioni massime ammissibili (SQA = 50 mg/kg LCL=360 mg/kg).; le concentrazioni di Mercurio mostrano valori molto bassi compresi tra 0,023 e 0,012 mg/kg e il più alto è 0,036 mg/kg è stato misurato nella stazione S21, entro i limiti di legge (SQA = 0,3 mg/kg LCL = 0,8 mg/kg).

L'arsenico supera i valori limite previsti dal DM172/2015 in quanto risulta essere compreso tra 14 e 24 mg/kg; i valori di Vanadio sono compresi tra 14 e 25 mg/kg, con il valore più alto rilevato (28 mg/kg) in S40 (SQA = 12 mg/kg LCL = 32 mg/kg).

La presenza di arsenico è associata a una contaminazione industriale (da "Studio per la caratterizzazione su ambiente e salute nei siti contaminati di Gela e Priolo" - Rapporti ISTISAN 16/35-2016).

Determinant	U.M.	LoD*	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30
Test Certificate			19LA 0046165	19LA 0046352	19LA 0046179	19LA 0046185	19LA 0046319	19LA 0046358	19LA 0046189	19LA 0046191	19LA 0046323	19LA 0046364
Aluminum			1500	1300	1200	1100	1200	1400	1300	1200	1400	1700
Antimony			< 0,54	< 0,53	< 0,53	< 0,52	< 0,53	< 0,54	< 0,55	< 0,51	< 0,55	< 0,57
Arsenic			18	18	14	17	15	19	20	18	19	21
Beryllium			0.13	0.11	< 0,11	< 0,10	< 0,11	0.12	0.11	0.11	0.12	0.14
Cadmium			0.069	0.073	0.062	0.063	0.06	0.07	0.07	0.069	0.07	0.076
Cobalt			4.4	4.7	4	4.1	4	4.5	4.5	4.3	4.5	4.6
Chromium (VI)			< 3,8	< 3,8	< 3,8	< 4,2	< 3,9	< 3,9	< 3,9	< 4,2	< 3,8	< 4,0
Chromium			6.8	4.2	3.7	3.8	3.9	4.4	4.2	4	4.3	5
Mercury			0.036	0.013	0.021	0.015	0.014	0.015	0.014	0.014	0.018	0.014
Nickel			16	5.8	5.2	5.5	5.2	5.9	5.5	5.5	5.8	6.1
Lead			3.6	3.4	3	3.3	3.1	3.4	3.3	3.2	3.5	3.9
Copper			3	2.4	2.3	2.1	2.2	2.6	2.3	2.2	2.4	2.9
Selenium			1	1	0.84	1	0.97	0.89	0.91	0.97	0.95	0.89
Tin			< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,0	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,0	< 1,1	< 1,1
Thallium			< 0,054	< 0,053	< 0,053	< 0,052	< 0,053	< 0,054	< 0,055	< 0,051	< 0,055	< 0,057
Vanadium			17	17	15	16	14	18	19	16	18	20
Zinc			19	17	15	16	15	18	17	16	18	19
Iron			8500	8500	7400	8000	7400	8700	8600	8100	8800	9300

Determinant	U.M.	LoD*	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40
Test Certificate			19LA 0046197	19LA 0046201	19LA 0046171	19LA 0046370	19LA 0046211	19LA 0046175	19LA 0046327	19LA 0046376	19LA 0046382	19LA 0046331
Aluminum			3400	1300	1600	1400	1500	1200	1200	3100	1300	3800
Antimony			< 0,54	< 0,52	< 0,54	< 0,51	< 0,54	< 0,53	< 0,52	< 0,56	< 0,53	< 0,59
Arsenic			21	18	20	18	21	18	20	21	19	24
Beryllium			0.23	0.11	0.13	0.11	0.12	< 0,11	0.11	0.23	< 0,11	0.27
Cadmium			0.086	0.062	0.071	0.071	0.072	0.066	0.066	0.077	0.063	0.08
Cobalt			5.4	4.2	4.5	4.3	4.3	3.9	3.6	4.9	3.9	5.1
Chromium (VI)			< 4,0	< 3,8	< 3,9	< 3,8	< 4,0	< 4,0	< 4,1	< 3,9	< 4,0	< 3,9
Chromium			7.9	4	5.1	4.6	4.6	3.8	4	7.3	4.4	8.4
Mercury			0.021	0.013	0.012	0.013	< 0,011	0.017	0.013	0.019	< 0,011	0.023
Nickel			9.7	5.3	6.1	5.8	5.4	4.9	4.3	8.2	4.8	9.2
Lead			5.6	3.1	3.6	3.6	3.4	2.9	2.8	5.3	3.1	6.3
Copper			6.4	2.2	2.7	2.6	2.3	2	1.8	5.3	2.2	6.2
Selenium			1.1	0.74	0.86	1	0.8	0.81	0.75	1.1	0.89	1.1
Tin			< 1,1	< 1,0	< 1,1	< 1,0	< 1,1	< 1,1	< 1,0	< 1,1	< 1,1	< 1,2
Thallium			< 0,054	< 0,052	< 0,054	< 0,051	< 0,054	< 0,053	< 0,052	< 0,056	< 0,053	< 0,059
Vanadium			22	17	20	18	20	18	21	24	20	28
Zinc			28	16	19	17	18	16	14	25	15	28
Iron			11000	8000	8900	8500	8500	7700	7600	10000	8000	11000

Tabella 4.7 Metalli rilevati nei sedimenti

Per quel che riguarda il possibile contenuto di Idrocarburi in più della metà dei punti di campionamento le concentrazioni totali (C<sub>≤12</sub>) sono inferiori al limite di legge con un intervallo tra 0,48 e 7,1mg/kg. (D.Lgs 152/06 Valore Limite = 250 mg/kg) In tre stazioni sono presenti valori superiori a 5mg/kg di cui il più alto nella stazione S37 (7,1 mg/kg).

Nella maggior parte dei campionamenti le concentrazioni totali di Idrocarburi (C<sub>>12</sub>) sono inferiori al limite di legge (D.Lgs 152/06 Valore Limite = 750 mg/kg). Pochi i campioni mostrano un valore inferiore a 3500µg/kg (stazioni S24, S25 S34 e S37), con il valore più basso in S37 (2600µg/kg). Gli altri punti di campionamento hanno evidenziato un intervallo compreso tra 4400 e 7500µg/kg, ovvero anche il valore più alto rilevato (nella stazione S29).

I sedimenti dragati saranno comunque tutti raccolti nelle vasche a terra per poi essere gestiti secondo la legislazione italiana (D. Lgs. 152/06).

Determinant	U.M.	LoD [2]	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30
Test Certificate			19LA 0046165	19LA 0046352	19LA 0046179	19LA 0046185	19LA 0046319	19LA 0046358	19LA 0046189	19LA 0046191	19LA 0046323	19LA 0046364
Hydrocarbons C <sub>≤12</sub>	mg/Kg	[2]	< 0,19	< 0,24	3.4	1.6	< 0,19	< 0,22	0.63	2.7	1.1	< 0,22
Hydrocarbons C <sub>&gt;12</sub>	µg/kg		< 2100	< 2200	< 2200	3400	3300	< 2200	< 2200	< 2100	7500	< 2200
Determinant	U.M.	LoD [2]	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40
Test Certificate			19LA 0046197	19LA 0046201	19LA 0046171	19LA 0046370	19LA 0046211	19LA 0046175	19LA 0046327	19LA 0046376	19LA 0046382	19LA 0046331
Hydrocarbons C <sub>≤12</sub>	mg/Kg	[2]	1.1	5.6	0.48	< 0,2	2.6	4.2	7.1	< 0,19	< 0,18	5.3
Hydrocarbons C <sub>&gt;12</sub>	µg/kg		5500	< 2100	< 2200	2900	< 2300	< 2200	2600	6700	4400	5300

Tabella 4.8 Concentrazione di idrocarburi nei sedimenti

Nel sito vicino a Gela, i composti BTEX sono tutti al di sotto ai limiti di concentrazione massima di legge.

Determinant	U.M.	LoD [2]	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	
Test Certificate			19LA 0046165	19LA 0046352	19LA 0046179	19LA 0046185	19LA 0046319	19LA 0046358	19LA 0046189	19LA 0046191	19LA 0046323	19LA 0046364	
Benzene	µg/kg	[2]	< 0,00079	< 0,001	< 0,00072	< 0,00077	< 0,00079	< 0,0009	< 0,00081	< 0,00093	< 0,00087	< 0,00091	
Ethylbenzene			< 0,004	< 0,005	< 0,0036	< 0,0039	< 0,004	< 0,0045	< 0,004	< 0,0047	< 0,0044	< 0,0046	
Styrene			< 0,004	< 0,005	< 0,0036	< 0,0039	< 0,004	< 0,0045	< 0,004	< 0,0047	< 0,0044	< 0,0046	
Toluene			< 0,004	< 0,005	< 0,0036	< 0,0039	< 0,004	< 0,0045	< 0,004	< 0,0047	< 0,0044	< 0,0046	
m, p - xylene			< 0,0079	< 0,01	< 0,0072	< 0,0077	< 0,0079	< 0,009	< 0,0081	< 0,0093	< 0,0087	< 0,0091	
o - Xylene			< 0,004	< 0,005	< 0,0036	< 0,0039	< 0,004	< 0,0045	< 0,004	< 0,0047	< 0,0044	< 0,0046	
Xylene			< 0,0079	< 0,01	< 0,0072	< 0,0077	< 0,0079	< 0,009	< 0,0081	< 0,0093	< 0,0087	< 0,0091	
BTEX (aromatic hydrocarbons)			< 0,0079	< 0,01	< 0,0072	< 0,0077	< 0,0079	< 0,009	< 0,0081	< 0,0093	< 0,0087	< 0,0091	
Determinant	U.M.	LoD [2]	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	
Test Certificate			19LA 0046165	19LA 0046352	19LA 0046197	19LA 0046201	19LA 0046171	19LA 0046370	19LA 0046211	19LA 0046175	19LA 0046327	19LA 0046376	
Benzene	µg/kg	[2]	< 0,00067	< 0,0008	< 0,00098	< 0,00084	< 0,00075	< 0,00094	< 0,00094	< 0,00081	< 0,00075	< 0,00091	
Ethylbenzene			< 0,0034	< 0,004	< 0,0049	< 0,0042	< 0,0037	< 0,0047	< 0,0047	< 0,004	< 0,0037	< 0,0046	
Styrene			< 0,0034	< 0,004	< 0,0049	< 0,0042	< 0,0037	< 0,0047	< 0,0047	< 0,004	< 0,0037	< 0,0046	
Toluene			< 0,0034	< 0,004	< 0,0049	< 0,0042	< 0,0037	< 0,0047	< 0,0047	< 0,004	< 0,0037	< 0,0046	
m, p - xylene			< 0,0067	< 0,008	< 0,0098	< 0,0084	< 0,0075	< 0,0094	< 0,0094	< 0,0094	< 0,0081	< 0,0075	< 0,0091
o - Xylene			< 0,0034	< 0,004	< 0,0049	< 0,0042	< 0,0037	< 0,0047	< 0,0047	< 0,0047	< 0,004	< 0,0037	< 0,0046
Xylene			< 0,0067	< 0,008	< 0,0098	< 0,0084	< 0,0075	< 0,0094	< 0,0094	< 0,0094	< 0,0081	< 0,0075	< 0,0091
BTEX (aromatic hydrocarbons)			< 0,0067	< 0,008	< 0,0098	< 0,0084	< 0,0075	< 0,0094	< 0,0094	< 0,0094	< 0,0081	< 0,0075	< 0,0091

Tabella 4.9 Valori di BTEX nei sedimenti

#### 4.4.2 Risultati indagini biotiche

Le indagini ambientali compiute nell'ambito nearshore di Gela hanno evidenziato la presenza di 21 taxa tra cui Gastropodi (4 specie, tra cui *Tritia mutabilis*, *Tritia incrassata*), Bivalvi (5 specie, tra cui *Fabulina fabula*, *Moerella pulchella*), Malacostraci (6), Scaphopodi (1), Polichaeti (5, di cui 3 sconosciute).

Si riportano di seguito gli indici di biodiversità calcolati sulla base dei risultati raccolti.

Per l'indice di Shannon e Weaver sono stati riscontrati dei valori compresi tra 0.971 e 2.845; l'indice di Simpson (D) ha dei valori compresi tra 0.143 e 0.520. La maggior parte delle stazioni presenta indice di Evenness (J) prossimo a 1, ciò è indicativo del fatto che le specie appartengono a gruppi diversi, non ci sono specie dominanti. L'indice di Margalef's (D) presenta dei valori compresi tra 0.256 e 1.489.

Ref.	Species		Abundance	Shannon and Weaver	Marqalef's index	Eveness of Pielou	Simpson
	S	N		H'	D	J'	D
MEW001d S22 A S22G	5	7		2.236	0.942	0.963	0.224
MEW001d S22 B S22G	3	4		1.500	0.542	0.946	0.375
MEW001d S26 A S26G	3	5		1.371	0.511	0.865	0.440
MEW001d S26 B S26G	3	3		1.585	0.588	1.000	0.333
MEW001d S30 A S30G	7	7		2.807	1.412	1.000	0.143
MEW001d S30 B S30G	3	4		1.500	0.542	0.946	0.375
MEW001d S33 A S33G	2	5		0.971	0.256	0.971	0.520
MEW001d S33 B S33G	6	11		2.413	1.064	0.934	0.207
MEW001d S34 A S34G	4	6		1.918	0.733	0.959	0.278
MEW001d S34 B S34G	5	13		2.038	0.822	0.878	0.278
MEW001d S38 A S38G	5	10		2.246	0.869	0.967	0.220
MEW001d S38 B S38G	8	11		2.845	1.489	0.948	0.157
MEW001d S39 A S39G	6	9		2.281	1.111	0.882	0.259
MEW001d S39 B S39G	7	9		2.725	1.333	0.971	0.160
MEW001d R01 A R01G	3	3		1.585	0.588	1.000	0.333
MEW001d R01 B R01G	5	6		2.252	0.977	0.970	0.222
MEW001d R02 A R02G	3	3		1.585	0.588	1.000	0.333
MEW001d R02 B R02G	5	5		2.322	1.022	1.000	0.200
MEW001d R00 A R00G	6	16		1.622	0.985	0.627	0.492
MEW001d R00 B R00G	4	8		1.549	0.685	0.774	0.438

Tabella 4.10 Indici di biodiversità

Gli indici biotici sono riportati nella tabella seguente.

L'Indice AMBI è compreso tra 0 e 1.2 (postazioni classificate come 'indisturbate'); i risultati denotano una comunità bentonica tipica di un sito non inquinato, in particolare nelle stazioni S22, S26, S39, R01, R02, e una comunità bentonica impoverita nelle altre stazioni. Lo stato ecologico complessivo è buono.

L'indice M-AMBI è un range compreso tra 0.5 e 1, proprio di uno stato ecologico buono (solo in un caso viene classificato come moderato).

Secondo i valori dell'indice BENTIX, compresi tra 0.5 e 5.7, pertanto le postazioni denotano una discreta variabilità; le stazioni S33 e S26 risultano essere estremamente inquinate, a differenza di altre, associabili ad uno stato non compromesso.

I sedimenti dragati saranno comunque tutti raccolti nelle vasche a terra per poi essere gestiti secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

I colori rappresentati nella tabella seguente identificano lo stato ecologico assegnato in funzione dell'indice biotico. Per i range degli indici si rimanda alle tabelle successive.

Ref.	AMBI	M-AMBI	BENTIX
MEW001d_S22_A_S22G	0.643	0.772	5.14
MEW001d_S22_B_S22G	0.000	0.642	4.50
MEW001d_S26_A_S26G	0.000	0.626	0.48
MEW001d_S26_B_S26G	0.500	0.623	2.00
MEW001d_S30_A_S30G	0.429	0.931	2.86
MEW001d_S30_B_S30G	0.375	0.620	5.00
MEW001d_S33_A_S33G	0.600	0.505	1.20
MEW001d_S33_B_S33G	0.682	0.830	1.64
MEW001d_S34_A_S34G	0.750	0.688	3.00
MEW001d_S34_B_S34G	0.353	0.776	2.59
MEW001d_S38_A_S38G	1.000	0.753	3.60
MEW001d_S38_B_S38G	0.500	0.971	4.18
MEW001d_S39_A_S39G	0.167	0.844	3.56
MEW001d_S39_B_S39G	0.167	0.936	4.67
MEW001d_R01_A_R01G	0.000	0.652	2.00
MEW001d_R01_B_R01G	0.300	0.793	4.33
MEW001d_R02_A_R02G	0.000	0.652	2.00
MEW001d_R02_B_R02G	0.300	0.802	2.80
MEW001d_R00_A_R00G	1.200	0.636	5.73
MEW001d_R00_B_R00G	1.125	0.622	5.25

Tabella 4.11: Sintesi degli indici biotici

Indice AMBI		Stato ecologico elevato
Indice MAMBI		Stato ecologico elevato
		Stato ecologico buono
		Stato ecologico medio
BENTIX		Stato ecologico elevato
		Stato ecologico buono
		Stato ecologico medio
		Stato ecologico scarso
		Stato ecologico cattivo

### Indice AMBI

Biotic coefficient	Dominating ecological group	Benthic community health	Site disturbance classification	Ecological status
$0.0 < \text{AMBI} \leq 0.2$	I	Normal	Undisturbed	High
$0.2 < \text{AMBI} \leq 1.2$	II	Impoverished		
$1.2 < \text{AMBI} \leq 3.3$	III	Unbalanced	Slightly disturbed	Good
$3.3 < \text{AMBI} \leq 4.3$	IV-V	Transitional to pollution	Moderately disturbed	Moderate
$4.3 < \text{AMBI} \leq 5.0$		Polluted		Poor
$5.0 < \text{AMBI} \leq 5.5$	V	Transitional to heavy pollution	Heavily disturbed	
$5.5 < \text{AMBI} \leq 6.0$		Heavily polluted		Bad

AMBI, AZTI Marine Biotic Index.

### Indice M-AMBI

Biotic coefficient	Ecological status
$0.82 < \text{M-AMBI}$	High
$0.62 \leq \text{M-AMBI} \leq 0.82$	Good
$0.41 \leq \text{M-AMBI} \leq 0.61$	Moderate
$0.20 \leq \text{M-AMBI} \leq 0.40$	Poor
$0,00 \leq \text{M-AMBI} < 0.20$	Bad

### Classificazione di EcoQS

Pollution Classification	BENTIX	EQS WFD	BENTIX in physically stressed muds
Normal/Pristine	$4.5 < \text{BENTIX} < 6$	High	$4 < \text{BENTIX} < 6$
Slightly polluted	$3.5 < \text{BENTIX} < 4.5$	Good	$3.0 < \text{BENTIX} < 4.0$
Moderately polluted	$2.5 < \text{BENTIX} < 3.5$	Moderate	$2.5 < \text{BENTIX} < 3.0$
Heavily polluted	$2 < \text{BENTIX} < 2.5$	Poor	
Azotic	Azotic	Bad	

### WFD status according to AMBI, BENTIX, H' E M AMBI

Pollution classification	AMBI	BENTIX	H'	M-AMBI	WFD status
Unpolluted/normal	$\leq 1.2$	4.0 - 6.0	$> 4.6$	$> 0.80$	High
Slightly polluted	1.3 - 3.3	3.0 - 3.9	4.1 - 4.6	0.60 - 0.80	Good
Moderate polluted	3.4 - 4.3	2.5 - 2.9	3.1 - 4.0	0.40 - 0.59	Moderate
Heavily polluted	4.4 - 5.5	2.0 - 2.4	1.6 - 3.0	0.20 - 0.39	Poor
Extremely polluted/Azotic	5.6 - 6.0	$< 2$	$\leq 1.5$	$< 0.20$	Bad

AMBI (Muxika et al., 2005)  
 BENTIX (UNEP/MAP, 2005)  
 H' (UNEP/MAP, 2005)  
 M-AMBI (Muxika et al., 2007)

### Analisi microbiologiche

In tutte le posizioni di campionamento i conteggi dei microrganismi sono inferiori al LoD (<10), ad eccezione degli streptococchi fecali rilevati nelle stazioni S26 (230 MPN / g), S31 (230 MPN/g) e S40 (230 MPN/g). La spora di anaerobi che riducono i solfiti presenta valori al di sopra del LoD, con il più alto nella stazione S34 (11000 MPN/g); Il conteggio di lievito e ifomiceti ha mostrato valori sempre superiori al LoD con il valore più alto di 4000 ufc/g in S38.

### *4.4.3 Sintesi delle caratteristiche di qualità dei sedimenti analizzati*

Le indagini ambientali in ambito nearshore hanno permesso di caratterizzare preliminarmente l'area interessata dalle attività di escavazione e di movimentazione dei sedimenti. Nello specifico l'attenzione è rivolta ai risultati ottenuti dai punti di campionamento denominati S22, S26 e S29 che risultano essere i più vicini al punto di entrata della TOC e pertanto sono rappresentativi del sedimento che verrà interessato dalle attività di dragaggio.



Figura 4.10 Localizzazione dei punti di campionamento S22, S26, S29 rispetto all'area di pre-scavo

Come riportato nelle tabelle sottostanti l'unico elemento che supera i valori limite in tutti i campionamenti è l'Arsenico (evidenziato in arancione), mentre tutti gli elementi analizzati

hanno concentrazioni comprese nelle soglie massime indicate dalla vigente normativa, come evidenziato anche nelle sottostanti tabelle ed anticipato nel paragrafo 4.4.2.

La presenza di arsenico nel sedimento è associata a una contaminazione di tipo industriale (da “Studio per la caratterizzazione su ambiente e salute nei siti contaminati di Gela e Priolo” - Rapporti ISTISAN 16/35-2016).

	GRANULOMETRIA	pH	Aluminum	Antimony	Arsenic	Beryllium	Cadmium	Cobalt
S22	sabbia limosa con ghiaia	7,5	1300	<0,53	18	0,11	0,073	4,7
S26	sabbia limosa	7,6	1400	<0,54	19	0,12	0,07	4,5
S29	sabbia limosa	7,2	1400	<0,55	19	0,12	0,07	4,5
SQA (Dlgs. 172/2015)		-	-	-	12	-	0,3	-
LCL- APAT-ICRAM 2007			-	-	32	-	0,8	-

	Chromium (VI)	Chromium	Mercury	Nickel	Lead	Copper	Selenium
S22	<3,8	4,2	0,013	5,8	3,4	2,4	1
S26	<3,9	4,4	0,015	5,9	3,4	2,6	0,89
S29	<3,8	4,3	0,018	5,8	3,5	2,4	0,95
SQA	2	50	0,3		30	-	-
LCL	-	360	0,8	75	70	52	-

	Tin	Thallium	Vanadium	Zinc	Iron
S22	<1,1	<0,053	17	17	8500
S26	<1,1	<0,054	18	18	8700
S29	<1,1	<0,055	18	18	8800
SQA	-	-	-	-	-
LCL	-	-	-	170	-

	Benzo(a) anthracene	Benzo (a) pyrene	Benzo (b) fluoranthene	Benzo (e) pyrene	Benzo (g,h,i) perylene	Benzo (j) fluoranthene	Benzo (k) fluoranthene	chrysene
S22	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
S26	1,3	0,92	1,2	0,85	0,76	0,8	0,79	1,7
S29	<0,25	<0,25	<0,25	0,29	<0,25	0,35	<0,25	0,7
SQA	-	30	40	-	55	-	20	-
LCL	693		40	-	55	-	20	846

-	Dibenzo-(a,h)anthracene	Indeno-(1,2,3-c,d)-pyrene	Pyrene	Anthracene	Fluoranthene	Naphthalene
S22	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
S26	<0,25	0,68	<0,25	<0,25	2,2	0,52
S29	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
SQA	-	70	-	24	110	35
LCL	135	70	1398	245	1494	391

	Benzene	Ethylbenzene	Styrene	Toluene	m, p - xylene	O - xylene	Xylene	BTEX
S22	<0,001	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,01	<0,01
S26	<0,0009	<0,0045	<0,0045	<0,004	<0,009	<0,0045	<0,009	<0,009
S29	<0,00087	<0,0044	<0,0044	<0,0044	<0,0087	<0,0044	<0,0087	<0,0087
SQA	-	-	-	-	-	-	-	-
LCL	-	-	-	-	-	-	-	-

	Hydrocarbons C≤12	Hydrocarbons C>12
S22	<0,24	<2200
S26	<0,22	<2200
S29	1,1	7500
SQA	-	-
LCL	-	-

	PCB Totali
S22	<0,000051
S26	<0,000050
S29	<0,000051
SQA	8
LCL	189

	Tributyltin
S22	< 0,91
S26	5
S29	<1,0
SQA	-
LCL	-

	Methylmercury (MeHg)
S22	<10
S26	<10
S29	<10
SQA	-
LCL	-

Da un punto di vista biotico, i risultati denotano una comunità bentonica tipica di un sito non inquinato e uno stato ecologico buono. L'indice Bentix evidenzia una maggiore variabilità, in particolare la postazione 26 risulta essere estremamente inquinate.

Ref.	AMBI	M-AMBI	BENTIX
MEW001d_S22_A_S22G	0.643	0.772	5.14
MEW001d_S22_B_S22G	0.000	0.642	4.50
MEW001d_S26_A_S26G	0.000	0.626	0.48
MEW001d_S26_B_S26G	0.500	0.623	2.00

Indice AMBI		Stato ecologico elevato
Indice M-AMBI		Stato ecologico buono
BENTIX		Stato ecologico elevato
		Stato ecologico medio
		Stato ecologico cattivo

---

## **5.0 Piano di caratterizzazione preliminare dei sedimenti interessati dalle attività di dragaggio**

### **5.1 Premessa**

In base al comma 2 “Gestione ambientale del processo di movimentazione dei sedimenti” dell’allegato A al DECRETO 15 luglio 2016, n. 172, i sedimenti dragati all’interno di aree portuali e marino - costiere incluse nella perimetrazione dei Siti di Interesse Nazionale (SIN), devono essere preliminarmente caratterizzati sulla base di metodologie e criteri stabiliti dall’Allegato A del decreto del Ministro dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare del 7 novembre 2008. In esito a tale caratterizzazione possono risultare possibili una o più delle modalità di gestione di cui all’art. 5 -bis, comma 2, della legge 28 gennaio 1994, n. 84.

In accordo all’Allegato A “Criteri e metodologie per la caratterizzazione dei sedimenti portuali da sottoporre ad attività di escavo” si propone il seguente piano di caratterizzazione preliminare finalizzato a stabilire ad ogni effetto l’idoneità dei materiali dragati ad essere successivamente impiegati o gestiti ai sensi delle disposizioni previste nell’articolo 5, commi 11-ter e seguenti della legge 28 gennaio 1994, n. 84.

### **5.2 Indicazioni sulle procedure di caratterizzazione e classificazione dei sedimenti marini oggetto di escavo**

Nei Siti di bonifica di Interesse Nazionale, il Decreto 15 luglio 2016, n. 172 indica che *i sedimenti dragati all'interno di aree portuali e marino -costiere incluse nella perimetrazione dei Siti di Interesse Nazionale (SIN), devono essere preliminarmente caratterizzati sulla base di metodologie e criteri stabiliti dall'Allegato A del Decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare del 7 novembre 2008, “Criteri e metodologie per la caratterizzazione dei sedimenti portuali da sottoporre ad attività di scavo”.*

In particolare, si farà riferimento all’Allegato A al D.M. 7 novembre 2008, che indica la strategia di caratterizzazione e lo schema di campionamento da seguire, la profondità di campionamento e la scelta dei campioni, nonché le metodiche di campionamento, il trattamento e la conservazione dei campioni.

Per quanto riguarda le analisi ed i parametri da considerare, si farà riferimento, nello specifico, alla Tabella A1 per le analisi fisiche, alla Tabella A2 per le analisi chimiche, alla Tabella A3 per le analisi microbiologiche.

In merito alle modalità di restituzione dei risultati, come previsto dal D.M. 2008, tutti i dati raccolti durante la caratterizzazione dovranno essere inclusi nel progetto di dragaggio, in formato digitale compatibile con il Sistema Informativo territoriale relativo ai siti di bonifica di interesse nazionale.

Come indicato nei paragrafi successivi, sono previste analisi di caratterizzazione fisica, chimica, microbiologica ed ecotossicologica da eseguire su campioni prelevati nei nuovi fori di sondaggio (CS01-CS02-CS03), così come indicato nella tabella sottostante. Per la localizzazione delle tre postazioni denominate CS01-CS02-CS03 si rimanda al Par. 5.4.

	<b>SONDAGGIO CS01</b>	<b>SONDAGGIO CS02</b>	<b>SONDAGGIO CS03</b>
<b>Campioni rimaneggiati</b>	<b>n. 2</b> CR1 - (da 1,0 a 1,5 m da p.c.) CR2-(da 2,5 a 3,0 m da p.c.)	<b>n. 2</b> CR1 - (da 1,0 a 1,5 m da p.c.) CR2-(da 2,0 a 2,5 m da p.c.)	<b>n. 2</b> CR1 - (da 1,0 a 1,5 m da p.c.) CR2-(da 2,5 a 3,0 m da p.c.)
<b>Campioni indisturbati</b>	<b>n. 4</b> CI3- (da 4,0 a 4,5 m da p.c.) CI4- (da 10,0 a 10,5 m da p.c.) CI5- (da 20,0 a 20,5 m da p.c.) CI6- (da 28,0 a 28,5 m da p.c.)	<b>n. 4</b> CI3- (da 4,0 a 4,5 m da p.c.) CI4- (da 8,0 a 8,5 m da p.c.) CI5- (da 15,0 a 15,5 m da p.c.) CI6- (da 25,0 a 25,5 m da p.c.)	<b>n. 4</b> CI3- (da 4,0 a 4,5 m da p.c.) CI4- (da 7,0 a 7,5 m da p.c.) CI5- (da 20,0 a 20,5 m da p.c.) CI6- (da 28,0 a 28,5 m da p.c.)
<b>Caratteristiche fisiche e meccaniche di laboratorio</b>	<b>Su tutti i campioni</b>	<b>Su tutti i campioni</b>	<b>Su tutti i campioni</b>
<b>Analisi chimiche di laboratorio</b>	<b>n. 3 su C1-C3-C5</b>	<b>n. 3 su C1-C2-C4</b>	<b>n. 3 su C1-C2-C6</b>
<b>Caratterizzazione microbiologica</b>	<b>n. 2 su C1-C2</b>	<b>n. 2 su C1-C2</b>	<b>n. 2 su C1-C2</b>
<b>Caratterizzazione ecotossicologica</b>	<b>n. 2 su C1-C2</b>	<b>n. 2 su C1-C2</b>	<b>n. 2 su C1-C2</b>

Tabella 5.1 Punti di campionamenti per la caratterizzazione ecotossicologica

### 5.2.1 Caratterizzazione fisica e meccanica

La descrizione delle caratteristiche fisiche di campo, riportata in Tabella 5.2, può essere svolta per i campioni rimaneggiati (CRn). La descrizione macroscopica deve essere particolarmente accurata per l'area di prelievo e per l'area di deposizione nel caso una possibile opzione di gestione dei materiali; in particolare per la descrizione del colore

devono essere utilizzate tavole cromatiche con la medesima scala per entrambi i siti.

PARAMETRI FISICI		UNITÀ DI MISURA
<b>DESCRIZIONE MACROSCOPICA</b>	Colore, odore, presenza di concrezioni, residui di origine naturale e/o antropica	-
<b>GRANULOMETRIA</b>	Frazioni granulometriche al $\frac{1}{2}\phi$ Dove $\phi = -\log_2(\text{diametro in mm}/\text{diametro unitario in mm})$	%
<b>MINERALOGIA</b>	Principali caratteristiche mineralogiche	

Tabella 5.2 Parametri fisici e relative specifiche

La descrizione macroscopica deve essere riportata in una “scheda di campo” assieme ai dati di campo ritenuti più significativi.

Devono quindi essere riportate le principali classi granulometriche per ciascun campione analizzato, ovvero:

- ghiaia ( $> 2$  mm);
- sabbia ( $2 \text{ mm} < x < 0,063$  mm);
- pelite (silt:  $0,063 \text{ mm} < x < 0,004$  mm + argilla:  $< 0,004$  mm).

L’analisi macroscopica di campo potrà essere eseguita sui soli campioni rimaneggiati (CRn) mentre l’analisi di caratterizzazione fisica e meccanica potrà essere svolta in laboratorio sia sui campioni rimaneggiati (CRn) sia sui campioni indisturbati (CIn), eseguendo le prove sotto indicate:

- Contenuto d’acqua (su tutti i campioni)
- Peso di volume (su tutti i campioni)
- pH (su tutti i campioni)
- vane test (solo sui campioni indisturbati CIn)
- Prove di compressione triassiale U.U. (solo sui campioni indisturbati CIn)
- Prove di compressione triassiale C.D. (solo sui campioni indisturbati CIn)
- Prove di taglio diretto (solo sui campioni indisturbati CIn)
- Analisi granulometriche (su tutti i campioni)
- Limiti di Atterberg (solo sui campioni indisturbati CIn)

### 5.2.2 Classificazione chimica dei materiali

La classificazione chimica dei materiali, da svolgere su n. 3 campioni per sondaggio, è basata sui livelli chimici di riferimento indicati nella Tabella A2 del DM 07.11.2008 di seguito riportata.

Più in dettaglio, come indicato nella tabella riportata al paragrafo 5.2, saranno analizzati i seguenti campioni:

- CS01: campioni C1-C3-C5
- CS02: campioni C1-C2-C4
- CS03: campioni C1-C2-C6

Di seguito, si riportano le schede dei parametri chimici nell'ambito della caratterizzazione dei sedimenti per il progetto in esame.

Specie chimiche	Singoli parametri e specifiche analitiche	Numero di determinazioni da effettuare	Limite di quantificazione richiesto * (mg/kg s.s.)	Specie chimiche	Singoli parametri e specifiche analitiche	Numero di determinazioni da effettuare	Limite di quantificazione richiesto * (mg/kg s.s.)
Metalli	Al As Cd Cr totale Cu Fe Hg Ni Pb Zn V	Su tutti i campioni prelevati	5,0 0,5 0,05 5,0 1,0 5,0 0,05 1,0 1,0 1,0 1,0	Azoto totale		Solo su campioni di sedimento presumibilmente destinati a immersione in mare	
Policlorobifenili (PCB)	Congeneri: PCB 28, PCB 52, PCB 77, PCB 81, PCB 101, PCB105, PCB114, PCB118, PCB123, PCB 126, PCB 128, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB157, PCB 167, PCB 169, PCB 170, PCB 180, PCB 189 e loro sommatoria (per i PCB Diossina simili si richiede la determinazione con spettrometria di massa ad alta risoluzione)	Su tutti i campioni prelevati	0.0001 per singolo composto  0.00001 per singolo composto dei PCB Diossina simili	Fosforo totale		Solo sui campioni di sedimento presumibilmente destinati a immersione in mare	
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	Naftalene Acenaftene Fluorene Fenantrene Antracene Fluorantene Pirene Benzo(a)antracene Crisene Benzo(b)fluorantene Benzo(k)fluorantene Benzo(j)fluorantene Benzo(a)pirene Benzo(b)pirene Dibenzo(a,h) antracene Benzo(g,h,i)perilene Indeno(1,2,3,c,d)pirene Acenafilene	Su tutti i campioni prelevati	0.001 per singolo idrocarburo	Carbonio Organico Totale (TOC)		Su tutti i campioni prelevati	
Benzene		Su tutti i campioni prelevati	1.0	Pesticidi organoclorurati	DDD, DDT, DDE (per ogni sostanza: somma degli isomeri 2,4 e 4,4) Cis-clordano Trans-clordano Aldrin Dieldrin Endrin $\alpha$ -esaclorocicloesano $\beta$ -esaclorocicloesano $\gamma$ -esaclorocicloesano (Lindano) Eptacloro EptacloroEpossido	In presenza di attività presenti o pregresse che ne facciano ipotizzare la presenza, su una percentuale dei campioni	0.0005 per singolo composto
Idrocarburi leggeri (C $\leq$ 12) **		Su tutti i campioni prelevati	0.5	Esaclorobenzene	HCB	Su una percentuale dei campioni	0.0001
Idrocarburi pesanti (C $>$ 12) **		Su tutti i campioni prelevati	1.5	Composti organostannici	Espresso come Sn totale di origine organica	Su una percentuale dei campioni	0.001
				Diossine e furani [Sommatoria PCDD/PCDF (conversione T.E.)]	Determinati con spettrometria di massa ad alta risoluzione al fine del raggiungimento del limite di rilevanza richiesto	Su una percentuale dei campioni	0.5x10 <sup>-6</sup>
				Amianto	Espresso in mg/kg s.s. Determinato attraverso una delle seguenti tecniche: diffrattometria a raggi oppure I.R. - Trasformata di Fourier	Su una percentuale dei campioni	
				Solventi aromatici (BTEx)		Su una percentuale dei campioni	1.0 per singolo composto

Come indicato nel DM 7 novembre 2008, devono essere inoltre ricercate tutte quelle sostanze ricavabili sulla base delle indagini di cui al punto 2.1, con particolare attenzione alle sostanze Pericolose e Prioritarie di cui alla decisione del Parlamento europeo e del Consiglio n. 2455/2001/Ce. In questi casi le sostanze aggiuntive devono essere ricercate su un numero rappresentativo di campioni, scelti in modo tale da ottenere una distribuzione il più possibile rappresentativa dell'area da caratterizzare, con particolare attenzione alle zone con maggiore contaminazione presunta.

\* Con la dizione "limite di quantificazione richiesto" si intende la concentrazione di analita più bassa misurabile con il metodo utilizzato dal laboratorio che procede all'analisi.

\*\* In attesa di specifiche metodiche di riferimento, gli Idrocarburi Totali (THC) sono da considerare come sommatoria di Idrocarburi leggeri ( $C \leq 12$ ) e di Idrocarburi pesanti ( $C > 12$ ). Ai fini della classificazione del materiale contenente "Idrocarburi Totali" (THC) di origine non nota, si fa riferimento al parere espresso dall'Istituto Superiore di Sanità il 5 luglio 2006, prot. n. 0036565 sulle "procedure di classificazione di rifiuti contenenti idrocarburi", e successivi aggiornamenti a seguito dell'adeguamento al progresso tecnico (ATP) in materia di classificazione, di imballaggio e di etichettatura delle sostanze pericolose ai sensi della direttiva 67/548/Cee, precisando che, al solo fine della classificazione quale rifiuto, l'analisi deve fare riferimento al tal quale.

Figura 5.1 - Schema caratterizzazione chimica dei sedimenti (fonte: DM 7 novembre 2008)

### 5.2.3 Caratterizzazione microbiologica

Le analisi microbiologiche da eseguire ai fini di cui all'articolo 5, comma 11 sui campioni elencati nella precedente tabella Tabella 5.1 situati all'interno dei siti di bonifica di interesse nazionale, stante la loro specifica natura, sono indicate nella tabella A3 del DM 07.11.2008.

Più in dettaglio, come indicato nella tabella riportata al paragrafo 5.2, saranno analizzati i seguenti campioni:

- CS01: campioni C1-C2
- CS02: campioni C1-C2
- CS03: campioni C1-C2

Parametro	Specifiche	Numero di determinazioni da effettuare
Enterococchi	Fecali	Su tutti i campioni prelevati
Coliformi	Totali	Su tutti i campioni prelevati
Coliformi	Escherichia coli	Su tutti i campioni prelevati
Clostridi	Spore di clostridi solfito-riduttori	Su tutti i campioni prelevati
Salmonella		Su tutti i campioni prelevati
Stafilococchi		Su tutti i campioni prelevati
Miceti Lieviti	e	Ai fini dell'eventuale riutilizzo dei sedimenti per ripascimenti è opportuna la determinazione su tutti i campioni. Se il sedimento prelevato è destinato ad altri usi la determinazione non è necessaria.

Tabella 5.3 Analisi microbiologiche da eseguire sui sedimenti portuali da sottoporre a dragaggio all'interno dei siti di bonifica di interesse nazionale

### 5.2.4 Caratterizzazione ecotossicologica

La caratterizzazione ecotossicologica, da svolgere sui campioni elencati nella Tabella 5.1 riportata al paragrafo 5.2, dovrà essere eseguita ai fini di cui all'articolo 5, comma 11-ter sui

sedimenti portuali da sottoporre a dragaggio all'interno dei siti di bonifica di interesse nazionale, stante la loro specifica natura.

I saggi biologici devono essere applicati, su un numero significativo di campioni, almeno pari al 30% del totale, ad almeno due matrici ambientali costituite da:

- fase solida del sedimento (sedimento tal quale e/o centrifugato);
- fase liquida del sedimento (acqua interstiziale e/o elutriato);

mediante impiego di una batteria di saggi biologici costituita da tre specie-test appartenenti a gruppi tassonomici e filogenetici differenti, scelte preferibilmente all'interno della lista di specie riportate in tabella A4 del DM 7 novembre 2008.

Più in dettaglio, saranno analizzati i seguenti campioni:

- CS01: campioni C1-C2
- CS02: campioni C1-C2
- CS03: campioni C1-C2

Di seguito, si riportano le schede dei saggi ecotossicologici individuati nell'ambito della caratterizzazione dei sedimenti per il progetto in esame.

Specie	Matrice	Stadio vitale	Esposizione	End-point	Espressione dato
<b>ALGHE</b>					
<i>Skeletonema costatum</i>	Elutriato	Coltura cellulare	96h	Inibizione della crescita	EC20 e EC50
<i>Dunaliella tertiolecta</i>	Elutriato	Coltura cellulare	96h	Inibizione della crescita	EC20 e EC50
<i>Pheodactylum tricornutum</i>	Elutriato	Coltura cellulare	96h	Inibizione della crescita	EC20 e EC50
<i>Minutocellus polymorphus</i>					
<b>BATTERI</b>					
<i>Vibrio fischeri</i>	Elutriato	Cellule	30'	Inibizione della bioluminescenza	EC20 e EC50
	Sedimento centrifugato	Cellule	30'	Inibizione della bioluminescenza	S.T.I. (Sediment Toxicity Index)
<b>ROTIFERI</b>					
<i>Brachionus plicatilis</i>	Elutriato	Individui	48h	Schiusa delle cisti	EC20 e EC50

CROSTACEI					
Ampelisca diadema	Sedimento quale	tal Individui giovani- adulti	10 giorni	Mortalità	Δmortalità (Corretto con Abbott)
Corophium orientale	Sedimento quale	tal Individui giovani- adulti	10 giorni	Mortalità	Δmortalità (Corretto con Abbott)
Corophium insidiosum	Sedimento quale	tal Individui giovani- adulti	10 giorni	Mortalità	EC20 e EC50 (Corretto con Abbott)
Acartia tonsa	elutriato	nauplii	96h	Mortalità	EC20 e EC50
Acartia clausi	elutriato	nauplii	96h	Mortalità	EC20 e EC50
Tisbe battagliai	elutriato	nauplii	96h	Mortalità	EC20 e EC50
Tigriopus fulvus	elutriato	nauplii	96h	Mortalità	EC20 e EC50
MOLLUSCHI					
Mytilus galloprovincialis	elutriato	gamete maschile	1h	Fecondazione uova	EC20 e EC50
Tapes philippinarum					EC20 e EC50
Cassostrea gigas	elutriato	gamete maschile	1h	Fecondazione uova	EC20 e EC50
ECHINODERMI					
Sphaerechinus granularis	elutriato	gamete maschile	1h	Fecondazione uova	EC20 e EC50 (Corretto con Abbott)
Paracentrotus lividus	elutriato	gamete maschile	1h	Fecondazione uova	EC20 e EC50 (Corretto con Abbott)
Arbacia lixula					
PESCI					
Dicentrarchus labrax	elutriato	giovanili	96h	Mortalità	EC20 e EC50
Sparus aurata	elutriato	giovanili	96h	Mortalità	EC20 e EC50

Figura 5.2 - Schema saggi ecotossicologici (fonte: DM 7 novembre 2008)

### 5.3 Metodologia di campionamento

Come indicato nel D.M. 7 novembre 2008 il piano di campionamento da eseguire sui sedimenti da sottoporre ad escavo per la realizzazione della trincea di approccio “lato mare” della TOC deve consentire una caratterizzazione significativa dell'intera superficie e

dell'intero volume di materiale oggetto dell'intervento, al fine di conciliare le esigenze di una corretta gestione dei sedimenti.

Lo schema di campionamento deve tener conto della eterogeneità batimetrica dei fondali, del modello concettuale formulato, della variabilità qualitativa dei sedimenti, attesa in base alle informazioni raccolte, delle dinamiche di accumulo e/o erosione presenti, nonché dell'articolazione strutturale interna dell'area oggetto dell'intervento.

In ciascun punto di campionamento deve essere prelevata una carota di lunghezza superiore a 50 cm allo spessore di sedimento da dragare (quest'ultimo già approssimato per eccesso ai consecutivi 50 cm), e comunque non inferiore ai 2 m (ciò laddove non sia accertata e opportunamente documentata la presenza di fondi duri che impediscano la penetrazione dello strumento durante le attività di carotaggio).

Per "quota di escavo" si intende l'effettiva quota del progetto di dragaggio, approssimata ai 50 cm successivi.

La lunghezza della carota si intende misurata a partire dal top (indicato come livello "0").

Da ciascuna carota devono essere prelevate sezioni di sedimento, secondo le seguenti indicazioni:

- per quota di escavo inferiore ai 2 m devono essere prelevate sezioni consecutive di sedimento di spessore pari a 50 cm sino alla quota di 2 m (4 sezioni);
- per quota di escavo superiore ai 2 m devono essere prelevate sezioni consecutive di sedimento di spessore pari a 50 cm sino alla quota di 2 m; oltre i 2 m di profondità e sino alla quota di escavo, deve essere prelevata una sola sezione di 50 cm per ogni metro lineare di lunghezza della carota, nel caso in cui tale sezione sia rappresentativa dell'intero metro; qualora, invece, a causa della presenza di strati eterogenei, non sia possibile selezionare una sezione di 50 cm rappresentativa dell'intero metro, devono essere prelevate due sezioni consecutive di 50 cm; al di sotto della quota di escavo deve essere prelevata ed analizzata una sezione di 50 cm di spessore. Qualora, prima del raggiungimento della profondità di campionamento, sia accertata (ed opportunamente documentata) l'individuazione del substrato geologico naturale costitutivo dell'area, per il quale si possa escludere qualunque contaminazione antropica, è sufficiente il prelievo di una sola sezione di lunghezza 50 cm rappresentativa dell'intero strato.

L'attività di prelievo dei sedimenti deve avvenire arrecando al campione il minor disturbo possibile, evitando anche possibili contaminazioni a causa di un uso improprio della strumentazione.

Gli esecutori delle attività di prelievo devono essere qualificati nel settore dei sondaggi geognostici in ambiente marino e i mezzi di appoggio adeguati alle esigenze tecniche delle operazioni da svolgere.

Di ciascun punto di campionamento deve essere registrata l'ubicazione reale mediante apposita strumentazione GPS differenziale (DGPS) e la profondità effettiva mediante idoneo scandaglio.

Le coordinate geografiche e le quote ellissoidiche devono fare riferimento all'ellissoide WGS84. In particolare, latitudine e longitudine devono essere espresse in gradi, primi e frazioni di primo e nelle corrispettive coordinate UTM metriche; le quote ellissoidiche devono essere espresse in metri e riferite al fondale marino.

Le attività di prelievo dei sedimenti, da effettuarsi secondo lo schema di campionamento precedentemente descritto, devono essere eseguite mediante carotiere di tipo vibrocorer, o eventualmente a rotazione. Il sistema di perforazione deve essere comunque tale da rendere minimo il disturbo provocato nei sedimenti attraversati, per escludere il propagarsi dei contaminanti dagli strati superficiali a quelli più profondi. Nel caso d'utilizzo di carotiere a rotazione la velocità di rotazione deve essere moderata in modo da ridurre l'attrito tra sedimento e campionatore.

Al fine di garantire il prelievo di sedimento indisturbato si richiede l'utilizzo di un rivestimento interno (liner) al carotiere, in polietilene inerte, polipropilene o policarbonato, di lunghezza pari alla lunghezza dell'asta utilizzata. Per lo stesso motivo non è consentito l'uso di fluidi o fanghi di circolazione.

Il sondaggio deve essere eseguito in verticale.

La carota deve essere recuperata per l'intera lunghezza prevista, un'unica operazione, senza soluzione di continuità, utilizzando aste di altezza adeguata allo spessore di materiale da caratterizzare e tenendo conto della necessità di ottenere un recupero pari al 100%. La strumentazione adottata deve, pertanto, prevedere una lunghezza di prelievo opportunamente incrementata rispetto a quella programmata, al fine di consentire il recupero completo dello spessore previsto.

Il diametro della strumentazione deve essere tale da consentire il recupero di una quantità di materiale sufficiente per l'esecuzione di tutte le determinazioni analitiche previste, tenendo conto delle modalità di preparazione dei campioni e del quantitativo di campione da conservare.

L'indisturbabilità del campione deve essere garantita anche in fase di estrusione, ad esempio utilizzando un estrusore a pistone idraulico o eseguendo il taglio longitudinale del liner interno. A tal fine l'attrezzatura utilizzata per il prelievo della carota, per l'estrusione o il

taglio della stessa, per le operazioni di suddivisione nelle varie sezioni e di omogeneizzazione dei campioni, deve essere sempre decontaminata prima del suo reimpiego.

Non è consentito l'uso di sostanze detergenti normalmente utilizzate per la pulizia o per l'ottimizzazione della funzionalità degli strumenti (lubrificanti, CRC, ecc.).

Ai fini della confrontabilità dei risultati ottenuti, è del tutto conveniente utilizzare la medesima strumentazione o campionamento nel corso di una medesima campagna, nonché le medesime pratiche di subcampionamento.

Per ogni punto di prelievo deve essere compilata una scheda riassuntiva contenente le seguenti informazioni:

- codice identificativo della stazione di campionamento;
- data ed ora di campionamento;
- coordinate effettive del punto;
- quota del fondale;
- lunghezza della carota prelevata;
- descrizione stratigrafica della carota;
- sezioni prelevate;
- descrizione macroscopica delle sezioni e codici dei relativi campioni.

I codici identificativi della stazione di campionamento e del campione devono essere univoci. In particolare, il codice della stazione deve contenere il riferimento alla campagna d'indagine e al numero della stazione; il codice del campione deve contenere il riferimento alla campagna d'indagine, al numero della stazione di campionamento e alla sezione di prelievo lungo la carota.

L'apertura o l'estrusione della carota devono avvenire entro alcune ore dal prelievo dal fondale marino.

I campioni dovranno essere recapitati ed analizzati presso laboratori certificati e con accreditamento presso "Accredia", secondo i requisiti della norma internazionale UNI CEI EN ISO 17025:2018.

Immediatamente dopo le operazioni di apertura o estrusione le carote devono essere misurate per la loro lunghezza di prelievo, fotografate (nella relativa foto comparirà una targa identificativa comprendente il codice della stazione, la data di prelievo e la lunghezza della carota) e ispezionate visivamente da personale specializzato. Una volta misurate, le carote devono essere immediatamente subcampionate separando, partendo dal top, le sezioni di sedimento corrispondenti agli intervalli sopra descritti.

Sulle singole sezioni individuate, immediatamente dopo il decorticamento della parte più esterna della carota, venuta a contatto con le pareti interne del liner o del carotiere, deve essere effettuato:

- il prelievo dell'aliquota destinata alla determinazione dei composti volatili (Idrocarburi C<sub>≤</sub>12, BTEX, composti alifatici clorurati e cancerogeni), sulle sezioni ove sia stato previsto. Detto prelievo deve essere effettuato in modo puntuale secondo la metodica Astm 4547-03 EPA 5035, fatti salvi i successivi aggiornamenti;
- la misura di pH e Eh su tutte le sezioni scelte.

Immediatamente dopo si procede al subcampionamento e alla omogeneizzazione e delle aliquote previste per tutti i restanti parametri, evitando la miscelazione del sedimento lungo l'asse della carota.

Il campione, una volta omogeneizzato, deve essere suddiviso in due subcampioni, uno destinato alle analisi e l'altro da suddividere ulteriormente in due subcampioni, destinati rispettivamente alle analisi di controllo e ad eventuali contraddittori, entrambi da conservare in contenitori di teflon (o, in alternativa in contenitori in HDPE), a temperatura compresa tra - 18 °C e - 25 °C.

I due subcampioni destinati alle analisi di controllo e ad eventuali contraddittori devono essere sigillati in campo, mediante dispositivi dotati di sistemi di massima sicurezza.

Il subcampione da utilizzare per l'esecuzione delle analisi fisiche, chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche deve essere prontamente suddiviso in diverse aliquote, da conservarsi e trasportarsi secondo le seguenti modalità:

- l'aliquota per analisi granulometrica, il contenuto d'acqua, il peso specifico deve essere raccolta in contenitori di plastica, trasportata e conservata a temperature comprese tra i + 4°C e + 6 °C; in alternativa si possono utilizzare sacchetti in polietilene ad alta densità, con sistema di chiusura ermetica o a nastro;
- l'aliquota per la chimica organica (Idrocarburi C > 12, TOC, IPA, PCB, nitrobenzeni, clorobenzoni, clorofenoli, pesticidi organoclorurati, diossine e furani, composti organostannici) deve essere raccolta in contenitori decontaminati in teflon (PTFE); in alternativa è possibile utilizzare contenitori in polietilene ad alta densità (HDPE), possibilmente dotati di sottotappo. Il trasporto deve avvenire a temperature comprese tra + 4 °C e + 6 °C; la conservazione in laboratorio a temperature comprese tra - 8 °C e - 25 °C;
- l'aliquota per l'analisi di azoto e fosforo deve essere raccolta e trasportata in contenitori di HDPE; il trasporto in laboratorio deve avvenire a temperature comprese tra + 4 °C e + 6°C; la conservazione a temperature comprese tra - 18 °C e - 25 °C;

- l'aliquota per l'analisi di metalli ed elementi in tracce deve essere raccolta in contenitori decontaminati in HDPE; il trasporto deve avvenire a temperature comprese tra + 4 °C e + 6 °C; la conservazione in laboratorio a temperature comprese tra - 18 °C e - 25 °C;
- l'aliquota per l'analisi dell'amianto deve essere raccolta in contenitori di plastica o vetro e il trasporto avvenire a temperature comprese tra + 4 °C e + 6 °C;
- l'aliquota per le analisi microbiologiche deve essere raccolta in contenitori sterili di polietilene o polistirolo; il trasporto deve avvenire a temperature comprese tra + 4 °C e + 6 °C; la conservazione in laboratorio deve avvenire alle medesime temperature per un massimo di 24 ore, entro le quali deve essere iniziata l'analisi;
- l'aliquota per i saggi ecotossicologici deve essere raccolta in contenitori di polietilene o vetro decontaminato ed essere immediatamente posta a temperature comprese tra + 4 °C e + 6 °C. Le analisi dovranno essere eseguite entro 10 gg dal prelievo, salvo diversa indicazione del metodo di riferimento utilizzato;
- l'aliquota per l'analisi dei composti organici volatili dopo il prelievo, secondo la procedura di cui al punto 7 deve essere raccolta in contenitori decontaminati in vetro, generalmente compatibili con lo strumento utilizzato per l'analisi, ben chiusi tramite tappo a vite o a ghiera dotato di setto in PTFE. Il trasporto e la conservazione devono avvenire a temperature comprese tra + 4 °C e + 6 °C. I campioni devono essere analizzati preferibilmente entro 14 giorni dal prelievo.

In base alle esigenze dei laboratori incaricati, le aliquote dei campioni per le diverse tipologie di contaminanti, qualora sia prevista la conservazione all'interno di contenitori dello stesso tipo, possono essere riunite all'interno dello stesso contenitore già in fase di subcampionamento.

Le aliquote di materiale destinate alle verifiche e/o analisi di controllo, una volta sigillate, devono essere conservate dall'Autorità portuale o, laddove non istituita, dall'Ente competente.

Il periodo di conservazione di dette aliquote non deve essere inferiore ad un anno dal termine del completamento dell'attività istruttoria da parte dell'Amministrazione competente

#### **5.4 Ubicazione dei punti di campionamento previsti**

Come riportato Tav.02 Piano di Monitoraggio D\_PGS, allegata al presente documento, sono stati previsti locali approfondimenti specifici per la trincea di approccio allo scavo della TOC, al fine di caratterizzare il sedimento oggetto di dragaggio.

In quest'area sono stati infatti previsti n. 3 nuovi campionamenti distribuiti in modo sistematico all'interno della zona di scavo ed aventi lo scopo di caratterizzare la qualità dei sedimenti oggetto di scavo per la realizzazione della trincea, da destinare successivamente

alle vasche di stoccaggio ubicate a terra, dopo averle preliminarmente stoccate temporaneamente sull'imbarcazione di supporto.

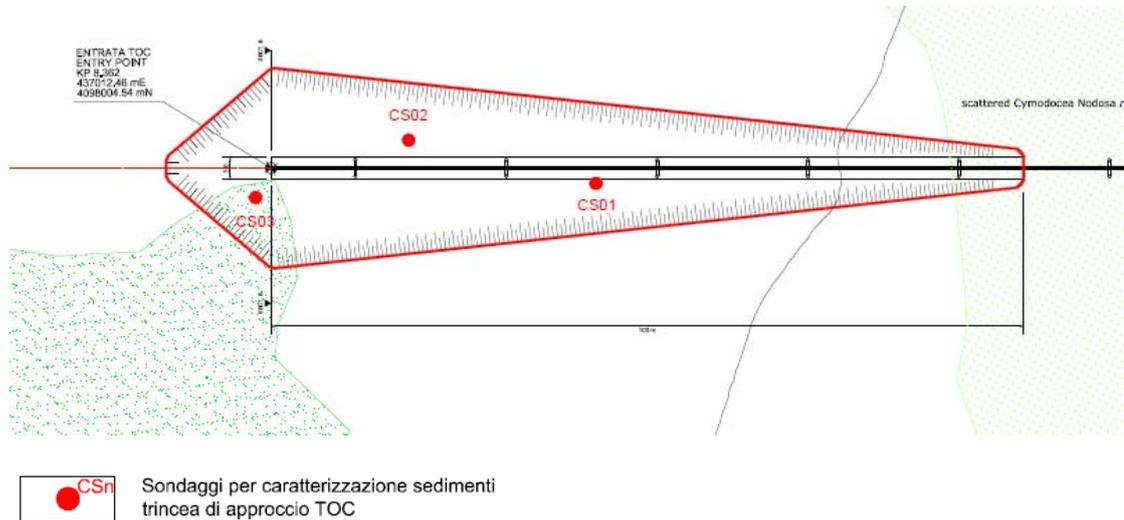
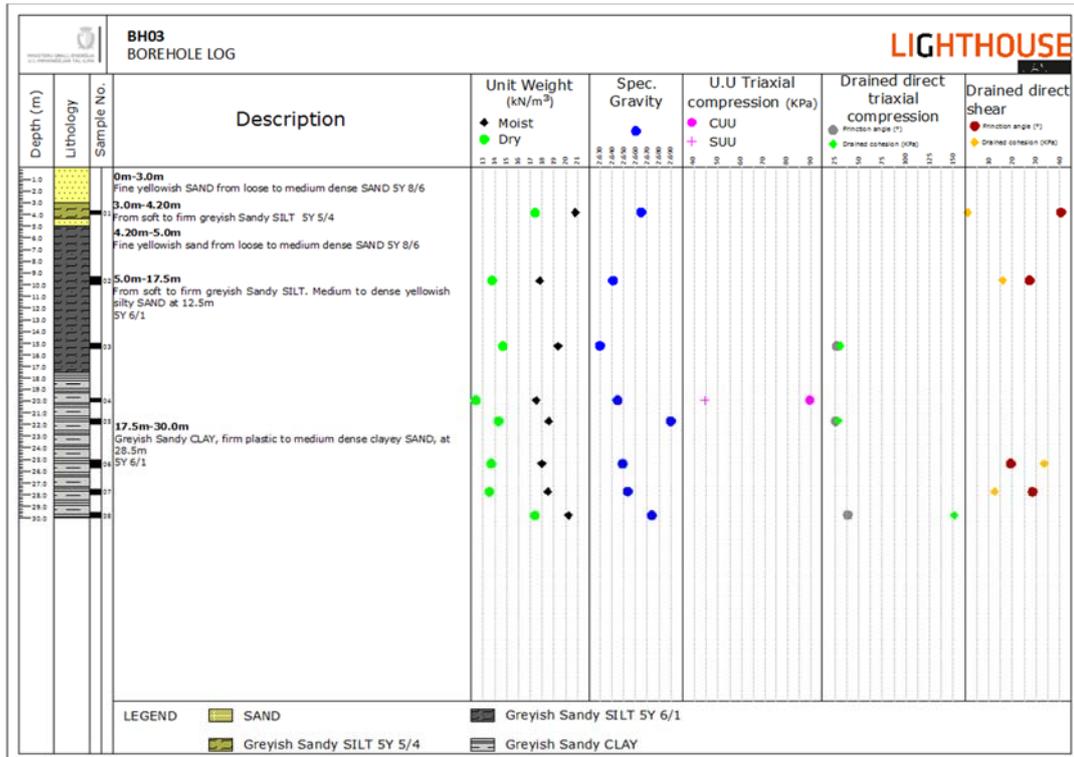


Figura 5.3 Localizzazione delle tre postazioni di indagine rispetto all'area di escavo presso l'entrato della TOC

I risultati dei nuovi campionamenti saranno confrontati anche con quanto emerso dall'esecuzione del Sondaggio BH03, già eseguito in fase di progettazione, che ha individuato la successione stratigrafica riportata nello schema sottostante.



La tecnica di campionamento da utilizzare è quella del carotaggio, che si ipotizza di eseguire per profondità confrontabili con il BH03. Per ciascuno dei punti di campionamento sarà effettuato un carotaggio dalla superficie del sedimento alla quota più profonda dello strato da dragare. Da ciascuna carota così prelevata saranno sezionati:

- per carote di lunghezza fino a 1,5 metri, gli strati relativi ai 20 cm di superficie ed ai 20 cm di fondo;
- per carote di lunghezza superiore a 1,5 metri e fino a 2 metri, gli strati relativi ai 20 cm di superficie, ai 20 cm intermedi ed ai 20 cm di fondo.

Dato che la profondità della trincea è superiore a due metri (4,4 metri nel punto più profondo), oltre ai campioni indicati al punto b), verrà prelevata una sezione, sempre di 20 cm, rappresentativa dello strato sottostante i 2 metri.

I risultati delle analisi chimiche saranno sempre essere espressi in termini di contenuto dello specifico componente per peso di sostanza secca (mg/kg s.s.). La caratterizzazione chimica dei materiali potrà essere omessa qualora il contenuto in sabbia o in componenti di granulometria superiore a 2 mm superi il 90%.

I risultati delle analisi microbiologiche saranno espressi in numero di unità formanti colonia per grammo di sostanza secca (UFC/g s.s.) o numero più probabile per grammo di sostanza secca (MPN/g s.s.). I risultati delle analisi saranno riportati su certificati rilasciati dai laboratori che le effettuano ed essere allegati all'istruttoria in originale.

---

## 6.0 Piano di monitoraggio

### 6.1 Premessa

Costituiscono requisito essenziale per la corretta esecuzione del progetto di dragaggio di cui all'articolo 3 del decreto 172/2016, la progettazione e l'esecuzione di un piano di monitoraggio ambientale dell'intero processo di gestione del sedimento, dal dragaggio alla collocazione (o riutilizzo) finale del materiale dragato e delle singole frazioni che lo compongono. Il Decreto 172/2016 e l'allegato A ne definiscono le strategie, gli elementi da monitorare, la frequenza ecc.

Scopo del monitoraggio per la componente 'Ecosistema marino' è quello di caratterizzare e verificare gli effetti attesi della qualità dell'ecosistema dal punto di vista delle acque marine, dei sedimenti e del biota, nelle aree direttamente interessate dalla messa in opera del gasdotto sottomarino, nelle aree sottoposte a dragaggio e nelle aree circostanti che possono risentire delle perturbazioni connesse alle attività di realizzazione dell'opera. La scala spaziale di evoluzione dei fenomeni fisici, infatti, ai quali sono strettamente connesse la distribuzione delle variabili chimiche e biologiche, è maggiore di quella interessata esclusivamente dalle aree di cantiere.

I survey ambientali effettuati ad hoc, hanno permesso di individuare come il settore prospiciente l'approdo del gasdotto sia caratterizzato da un fondale marino coperto da sedimenti fini e da un'alternanza di praterie di *Cymodocea nodosa* dense e sparse che si insediano dalla KP 0.643 a 5m di profondità, fino a KP 7.273 a 19,4 m di profondità (le progressive chilometriche si riferiscono al survey ambientale).

I potenziali impatti delle attività di dragaggio sull'ecosistema marino-costiero sono principalmente connessi con:

- l'aumento della torbidità delle acque nell'intorno dell'area di dragaggio e nelle aree limitrofe;
- la diminuzione temporanea del livello di ossigeno disciolto e la variazione della concentrazione dei nutrienti in colonna d'acqua;
- la dispersione e/o diffusione delle sostanze contaminanti presenti nei sedimenti dragati;
- la risospensione e la conseguente dispersione, a causa delle correnti al fondo o del passaggio di navi, del materiale «smosso» ma non allontanato dal sistema dragante («spill»).

Il progetto di monitoraggio ambientale necessita di una precisa programmazione delle attività di raccolta, elaborazione e restituzione delle informazioni; sarà quindi articolato in tre fasi distinte:

- *Monitoraggio ante operam*, che si conclude prima dell'inizio delle attività di cantiere;
- *Monitoraggio in corso d'opera*, che comprende tutto il periodo di sistemazione del gasdotto sottomarino
- *Monitoraggio post - operam*, che comprende orientativamente nel primo anno della fase di esercizio.

In tale contesto, le indagini condotte in fase **ante operam** avranno lo scopo di verificare lo stato dell'ambiente prima dell'inizio dei lavori, a conferma della caratterizzazione dell'ambiente marino assunta come dato di base, derivante dalle specifiche indagini. In particolare, le indagini saranno finalizzate a raccogliere le informazioni inerenti lo stato di salute dell'ecosistema delle aree selezionate per il monitoraggio e saranno svolte preliminarmente all'insediamento del cantiere.

Le indagini condotte in fase di realizzazione **corso d'operam** avranno il principale scopo non solo di accertare le eventuali condizioni di stress indotte dalle lavorazioni sull'ambiente marino, ma anche di verificare la corretta attuazione delle azioni di salvaguardia e protezione suggerite.

Nella fase **post operam** le indagini saranno finalizzate per lo più ad accertare che le attività connesse alla messa in opera del cavo non abbiano compromesso lo stato di salute pregresso del sistema marino e qualora, al contrario, venisse constatata una modifica sostanziale dello stato dei luoghi, l'indagine può costituire un presupposto per l'elaborazione di misure compensative.

## **6.2 Le indagini ambientali previste nel piano di monitoraggio**

Le indagini predisposte nel presente progetto sono impostate con l'obiettivo principale di verificare la variazione della qualità ecologica dell'ecosistema marino interessato direttamente o indirettamente dalla realizzazione dell'opera; sono oggetto di particolare attenzione gli ambiti risultati maggiormente sensibili dalla caratterizzazione compiuta nel corso dello studio di impatto ambientale e nelle successive indagini in campo.

Le informazioni raccolte costituiscono il riferimento base con cui saranno confrontate le modificazioni che si avranno nel corso della realizzazione dell'opera, integrate, ove necessario, dai risultati delle azioni di monitoraggio sulle altre componenti.

Le indagini relative all'ecosistema marino che saranno eseguire nel corso del monitoraggio sono le seguenti:

- A. Analisi fisico – chimica delle acque**
- B. Analisi fisico – chimica dei sedimenti**
- C. Analisi comunità bentoniche**
- D. Analisi delle fanerogame**
- E. Rilievo correntometrico**

### 6.2.1 *Analisi fisico-chimica delle acque*

L'analisi fisico – chimica delle acque è finalizzata a rilevare eventuali modifiche dei livelli di torbidità e di qualità che in corso d'opera potranno essere prodotte, o la presenza di possibili forme di inquinamento, nonché a stimare la entità delle modificazioni indotte rispetto allo stato attuale.

L'analisi chimico-fisica delle acque verrà effettuata sia in fase di cantiere durante le attività di posa del cavo, sia in fase di esercizio al fine di rilevare l'insorgere di forme di inquinamento connesse alle attività di cantiere.

In corrispondenza delle postazioni di misura individuate, lungo la colonna d'acqua verrà acquisito un profilo mediante sonda multiparametrica di temperatura, conducibilità/salinità, densità, fluorescenza della clorofilla a, ossigeno disciolto, saturazione dell'ossigeno e del PH.

Per quanto riguarda il rilievo della torbidità si farà ricorso a metodi ottici, essendo un tipo di rilievo molto più rapido che non richiede la disponibilità di un laboratorio di analisi con tempi di restituzione del dato, non compatibili con la necessità di rilevare variazioni a breve scala temporale ed apportare i necessari e tempestivi interventi correttivi alle lavorazioni in corso.

Una opportuna distribuzione dei punti di misura ed il confronto di acquisizioni successive consente di definire la variazione del contenuto in solidi sospesi dell'acqua nel tempo. Per questo, l'esecuzione di una campagna di misure prima dell'inizio dei lavori di posa del gasdotto permette di stabilire quali sono le normali condizioni di torbidità dell'acqua (il "bianco di riferimento"). Il confronto con le misure successive permetterà di verificare se l'incremento di torbidità legato ai lavori supera le condizioni "ordinarie" tipiche del sito.

Per la misurazione in campo della torbidità potranno essere utilizzate sonde HYDROLAB in grado di registrare i dati misurati in una memoria interna o, in alternativa, trasmettere in superficie i dati mediante collegamento per mezzo di un cavo ad un notebook (cfr. Figura 6.1). Nell'utilizzo in modalità "autoregistrante" l'operatività è garantita da una memoria in grado di registrare fino a 120.000 dati e di batterie alcaline che provvedono all'alimentazione.



*Figura 6.1 Esempio di strumentazione (Hydrolab DS5) collegata a notebook per la visione diretta dei valori misurati durante l'esecuzione del profilo verticale*

Si dovranno svolgere:

- misure effettuate in vari punti utilizzando una stazione mobile;
- misure in continuo eseguite per 30 giorni mediante stazione fissa.

Le misure da stazione mobile saranno condotte da natante utilizzando la strumentazione sopraindicata dotata di sensore di profondità, la quale, collegata ad un computer portatile, ha permesso di visualizzare e registrare in tempo reale le misure di torbidità e le corrispondenti profondità. I dati saranno registrati a partire da circa un metro dalla superficie, fino quasi in prossimità del fondo marino.

Le misure dovranno essere realizzate in presenza di condizioni meteo tali da consentire la navigazione in sicurezza, quindi non sarà possibile avere una misura diretta della torbidità sotto mareggiata.

Le stazioni mobili in cui verranno effettuate le misure coincidono con le postazioni indicate per il monitoraggio, per le quali si rimanda al par. 6.4

Il monitoraggio puntuale sarà realizzato installando una stazione fissa di acquisizione in vicinanza dell'area del pre-scavo per la misura in continuo dei dati di temperatura e torbidità.

Per il controllo della torbidità è sufficiente una postazione fissa in prossimità dell'area di escavo, considerando che l'area di fondale interessato dalle lavorazioni sia limitato.

La strumentazione sarà posta sul fondale alla profondità di circa 8 m, nelle vicinanze del limite superiore del pre-scavo e rimarrà in funzione per un tempo di circa 30 giorni durante la fase di scavo della trincea nel punto di entrata dell'HDD.

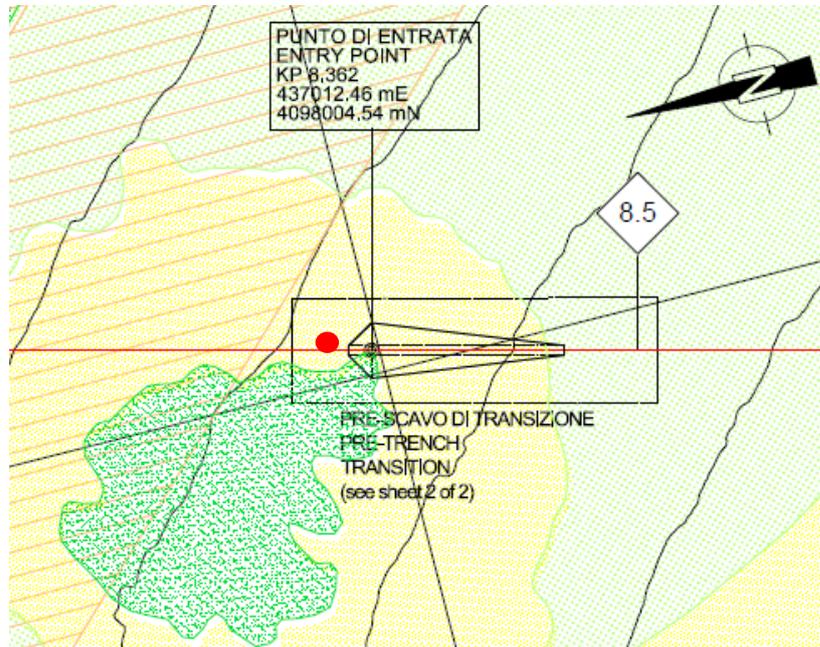


Figura 6.2 Localizzazione della stazione fissa di rilevamento (simbolo rosso)

Il torbidimetro verrà posto all'interno di un tubo in PVC rinforzato e ampiamente fessurato nella zona del sensore in modo tale da permettere il libero flusso dell'acqua all'interno (cfr. Figura 6.3).

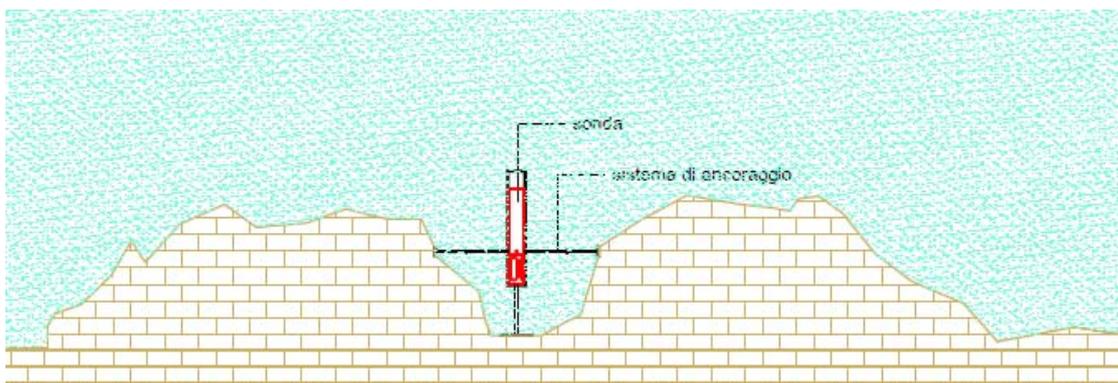


Figura 6.3 Schema tipo di fissaggio sul fondale

Per quanto attiene il rilievo dei contaminanti nelle acque, verranno inoltre prelevati due campioni d'acqua, uno in superficie e uno in profondità, sui quali eseguire analisi di laboratorio relativamente alla determinazione quantitativa della materia organica, nutrienti

(Fosforo totale, fosforo ortofosfato, azoto totale, azoto ammoniacale, azoto nitrico e azoto nitroso), clorofilla (Chl-a, Chl-b), test ecotossicologici.

Per raccogliere i campioni di acqua a diversa profondità è opportuno utilizzare uno strumento campionatore dotato di un sistema di apertura e chiusura attivabile alla profondità richiesta. Il modello base di questo tipo di strumento è la classica bottiglia Niskin, uno strumento cilindrico dotato di due aperture, una superiore e una inferiore e di un meccanismo che gli permette di rimanere aperto durante la calata in acqua. Il prelievo dei campioni, per l'analisi dei vari parametri, va effettuato direttamente dalla bottiglia Niskin nel più breve tempo possibile; il recipiente di conservazione deve essere sciacquato almeno due volte con l'acqua della bottiglia di campionamento.

Per l'analisi dei nutrienti bisogna filtrare circa 250 ml di acqua; se l'analisi viene effettuata entro 2-6 ore dal prelievo, il campione può essere conservato al fresco (circa 4°) e al buio; viceversa, nel caso intercorra più tempo tra il prelievo e l'analisi, è necessario congelare il campione a -20°C. Per l'analisi di azoto e fosforo totali, non bisogna filtrare il campione.

Per l'analisi del fitoplancton si conservano 250, 500 o 1000ml preferibilmente con tappo ermetico; i campioni vanno tenuti in luogo fresco e buio. L'analisi quali – quantitativa del fitoplancton consiste nel rilevare la densità delle Diatomee, dei Dinoflagellati e di altro fitoplancton, oltre a stilare la lista delle specie. Relativamente allo zooplancton è prevista, la densità del gruppo dei Copepodi e dei Cladoceri, oltre all'elenco delle specie.

### *6.2.2 Analisi fisico-chimica, microbiologica, ecotossicologica dei sedimenti*

L'analisi delle caratteristiche chimiche e fisiche dei sedimenti riveste una notevole importanza nella valutazione dell'ambiente marino, poiché gli stessi possono svolgere un ruolo di trasporto diretto dei contaminanti e possono inoltre fungere da ricettacolo transitorio e definitivo degli stessi. Inoltre, i livelli sedimentari più superficiali sono sede di un complesso sistema ecologico, quali le comunità bentoniche e le praterie di fanerogame, utili per caratterizzare le condizioni ambientali di aree marine e costiere.

Il campionamento di sedimenti superficiali dovrà essere effettuato con strumenti meccanici (benna o box corer), calati nella stazione di campionamento mediante un verricello. Nel momento in cui lo strumento arriva sul fondo marino l'operatore deve segnare le coordinate geografiche o chilometriche visualizzate sul monitor del DGPS. I campioni prelevati devono essere omogeneizzati e successivamente conservati in appositi barattoli, etichettati e datati. Per ogni stazione di campionamento deve essere compilata una scheda dove riportare i dati inerenti il punto di campionamento (nome stazione, data, ora, coordinate teoriche e reali, strumentazione utilizzata ecc.), il nome dell'operatore e dell'imbarcazione, il numero e la sigla dei campioni prelevati ed infine la descrizione macroscopica del campione

(caratteristiche fisiche, colore, odore, grado di idratazione, presenza di resti vegetali o frammenti conchigliari, eventuali variazioni cromatiche e dimensionali).

Il campionamento potrà avvenire con una benna Van Been che preleva una porzione del sedimento superficiale (0-3 cm) o con il box corer che permette di ottenere un ampio volume di sedimento con una profondità di penetrazione di circa 30 cm.

I campioni di sedimento devono essere conservati in contenitori appositi in funzione delle analisi a cui devono essere sottoposti; si deve prelevare un campione omogeneo e rappresentativo del livello indagato.

Si precisa che per ogni postazione di campionamento, indicata nel par. 6.4., verrà prelevato un unico campione dallo strato superficiale del fondale (profondità 30 cm), che verrà sottoposto alle indagini; per la definizione dei parametri da analizzare si rimanda al successivo paragrafo 6.3 Parametri da monitorare.

### **6.2.3** *Analisi comunità bentoniche*

L'analisi delle comunità bentoniche di fondi mobili è parte integrante della valutazione delle caratteristiche dell'ambiente marino; le comunità bentoniche infatti possono essere utilizzate come importanti indicatori delle condizioni ambientali delle aree da indagare.

Le variazioni di tutto l'insieme dei parametri che governano gli equilibri ecosistemici si ripercuotono infatti sulla composizione in specie ed abbondanza delle comunità bentoniche ed in particolare sulla presenza/assenza di alcuni taxa maggiormente sensibili agli elementi inquinanti.

Il campionamento dei fondi mobili deve essere eseguito utilizzando una benna preferibilmente Van Veen con una superficie di presa di circa 0,1 mq. La benna deve essere calata verticalmente sul fondale ad una velocità variabile tra 1 a 1,5 m/sec; quando la benna si trova ad una distanza di circa 5-10m dal fondo, la velocità di calata deve essere ridotta per minimizzare la turbolenza dell'acqua in prossimità dello strumento. Dopo il contatto con il fondo lo strumento deve essere richiamato fino a 10 m dal fondale e poi portato in superficie ad una velocità superiore (1,5m). E' necessario assicurarsi che lo strumento sia chiuso completamente quando inizia la risalita verso la superficie affinché non ci sia perdita di materiale lungo la colonna d'acqua e conseguente disturbo del campione. Una volta a bordo, dovrà essere compilata la scheda di campionamento con la denominazione della stazione e le sue coordinate, la campagna di indagine e la descrizione visiva del sedimento campionato.

Si precisa che per ogni postazione di campionamento (cfr. par. 6.4.), verrà prelevato un unico campione da cui verranno condotte le indagini biologiche; per la definizione dei parametri da rilevare si rimanda al successivo paragrafo 6.3 Parametri da monitorare.

I campioni prelevati dovranno essere sottoposti a setacciatura per eliminare il sedimento e raccogliere gli organismi e lavati con acqua di mare. Il materiale rimanente dopo la setacciatura deve essere sistemato in appositi contenitori contrassegnati con le informazioni del campionamento (nome della campagna, codice della stazione, numero della replica ecc.) e fissati in una soluzione al 5% di formaldeide e acqua di mare.

Lo smistamento dei campioni in laboratorio consiste nel suddividere gli organismi inclusi nel campione nei principali taxa animali, separandoli in diversi contenitori, contrassegnati con un'etichetta con indicazione della stazione di campionamento, numero della replica, data del campionamento, taxa animale. La fauna bentonica dovrà essere identificata a livello di specie quando possibile; per ogni specie dovrà essere indicata l'appartenenza a biocenosi-tipo mediterranee in base alla standardizzazione di Peres e Picard (1964).

Per ogni campione deve essere determinato il numero delle specie e il numero di individui. Nel caso di individui frammentati dovranno essere inclusi nel conteggio solo quelli che hanno parti del corpo identificate con certezza. Possono essere create collezioni delle specie identificate.

#### *6.2.4 Analisi sulle fanerogame*

Nel corso dell'iter progettuale, è stata definita la soluzione di tracciato che potesse limitare l'interferenza rispetto alle praterie di fanerogame presenti, la cui distribuzione è stata definita nel corso di specifici survey condotti a supporto della progettazione.

La realizzazione dell'HDD per il passaggio del gasdotto nell'area nearshore costituisce di per sé un intervento di mitigazione degli impatti potenziali sulle formazioni di fanerogame marine, in quanto consentirà di annullare il danno fisico al fondale nelle aree a bassa profondità dove le fanerogame possono insediarsi.

Il tracciato del gasdotto si snoda su un fondale costituito da sedimenti fini, su cui si insediano diversi fenotipi di praterie di Cymodocea nodosa, fino alla profondità di 20m.

Il limite superiore della prateria viene intercettato dalla progressiva di progetto 7.80, mentre il limite inferiore viene intercettato dalla progressiva di progetto 14.50.

L'interferenza diretta con la prateria ha luogo a partire dalla PK 8.362, che costituisce il punto di uscita della TOC. La tabella seguente da evidenza dei diversi fenotipi di prateria presenti sul fondale e gli ambiti interessati dal progetto.

<b>Progressive di progetto</b>	<b>Prateria di <i>Cymodocea nodosa</i></b>	<b>Azioni di progetto</b>
da KP 7.850 a KP 8.050	Prateria densa	-
da KP 8.050 a KP 8.130	Prateria rada	-
<b>da KP 8.130 a KP 8.450</b>	Sedimento sabbioso privo di praterie	<b>Punto uscita TOC alla PK 8.362</b>
da KP 8.450 a KP 8.620	Prateria rada	Posa del gasdotto su fondale e post-trenching dal punto uscita TOC per circa 7Km
da KP 8.620 a KP 9.660	Prateria densa	
da KP 9.660 a KP 11.020	Prateria rada	
da KP 11.020 a KP 11.740	Prateria densa	
da KP 11.740 a KP 14+600	Prateria rada	

Tabella 6.1 Individuazione delle praterie di fanerogame lungo il tracciato del gasdotto

Le attività di monitoraggio comprendono le seguenti serie di operazioni:

- campagna di rilievo e campionamento, basata su una rete di stazioni di controllo, avente come obiettivo la definizione dello stato di qualità delle praterie prima dell'avvio delle opere, comprendendo sia quelle direttamente coinvolte dalla posa dell'elettrodotto che quelle limitrofe, potenzialmente interessate da effetti diretti ed indiretti;
- campagna di posa dei sistemi di controllo del limite inferiore (balisage) delle praterie e rilievi connessi, al fine di consentire le successive misure previste nelle fasi di monitoraggio, durante e dopo le opere;
- rilievi fotografici e video subacquei, indirizzati oltre che a documentare le diverse fasi operative, anche al rilievo delle condizioni dei popolamenti a fanerogame marine lungo il tracciato di progetto del gasdotto e lungo i margini superiore ed inferiore (verso terra e verso mare) di tratti significativi delle praterie;
- analisi dei potenziali livelli di interferenza delle lavorazioni connesse alla posa della condotta con le praterie e le comunità biologiche connesse; definizione delle gamme di valori e dei livelli di soglia (tempi di azione, concentrazione, ecc.) oltre i quali è presumibile attendersi un significativo risentimento da parte delle componenti biologiche in parola, l'esistenza di interferenze e pressioni concomitanti.

I risultati di queste attività, oltre a giungere alla caratterizzazione dello stato di qualità delle praterie dell'area in esame, consentono, come trattato più avanti, di effettuare un'analisi dei potenziali livelli di interferenza delle lavorazioni connesse alla posa dell'elettrodotto con le praterie e le comunità biologiche connesse.

I rilievi prevedono osservazioni dirette attraverso immersioni con autorespiratore, ispezioni con telecamera e campionamenti di fanerogame marine, per le successive analisi di laboratorio. Le attività subacquee saranno condotte da parte di operatori scientifici subacquei, certificati AIOSS (<http://www.aioss.info>) e nel caso particolari operazioni impegnative lo rendessero opportuno, anche tenendo conto di eventuali richieste

dell’Autorità Marittima, saranno impiegati operatori tecnici subacquei (OTS) sempre coordinati dalla direzione scientifica. In ogni caso sarà predisposto ed adottato un piano di sicurezza che prevederà, specificamente per quanto riguarda le attività subacquee, i criteri da seguire per mantenere un elevato standard di sicurezza, quali l’impiego di un operatore in stand-by, comunicatori subacquei, galleggianti segnalatori.

#### 6.2.5 Rilievo correntometrico

Si prevedono rilievi correntometrici nei fondali interessati dall’area di approdo di Gela nelle tre fasi di monitoraggio, ante corso e post operam. Il rilievo correntometrico sarà eseguito lungo 10 transetti perpendicolari alla linea di costa, della lunghezza di circa 1000 m ciascuno e con una spaziatura lungo il litorale di 400 m. L’individuazione dei transetti monitorati è indicata in Figura 6.4.



Figura 6.4 Planimetria con l’ubicazione dei transetti di misura ADCP e le linee di navigazione eseguite

Il correntometro utilizzato per la determinazione del campo di moto lungo i transetti percorsi potrà essere del tipo ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) Teledyne RDI Rio Grande 600 kHz, specificatamente progettato per operare su natanti in movimento. Il

sistema è infatti in grado di misurare la velocità della corrente lungo la colonna d'acqua e lungo la rotta di navigazione (cfr. Figura 6.5 Schema metodologia di rilevamento).

Utilizzando un'elaborazione del segnale acustico riflesso dalle particelle d'acqua in movimento basata sull'effetto doppler, lo strumento è in grado di misurare accuratamente la componente radiale della velocità della corrente rispetto alla direzione verso cui ciascuno dei 4 sensori è orientato. Parte dei segnali inviati dall'ADCP sono destinati alla misura della traccia del fondo.

L'acquisizione avviene ad intervalli di profondità regolari, suddividendo la colonna d'acqua in celle. Lo strumento misura ad intervalli di tempo regolari il profilo della velocità della corrente lungo la verticale, dalla superficie al fondo per ciascuna delle quali è misurata la velocità, ottenendo il profilo verticale.

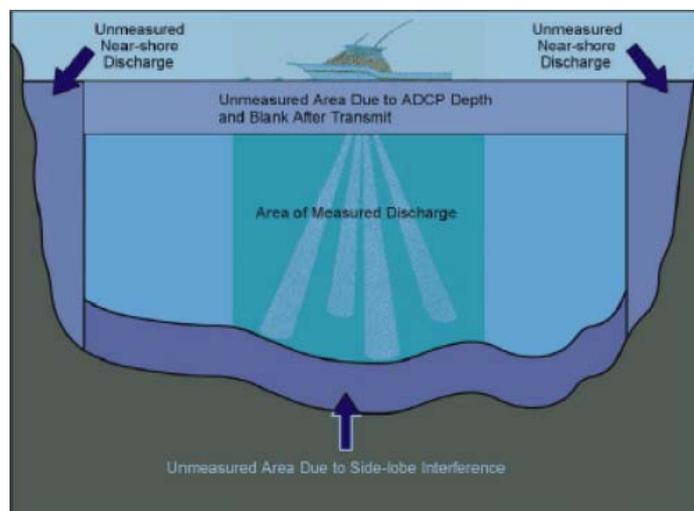


Figura 6.5 Schema metodologia di rilevamento

### 6.3 Parametri da monitorare

Il monitoraggio dell'ecosistema marino prevede delle indagini sulle diverse matrici che compongono l'ecosistema, al fine di offrire un quadro completo dello stato di qualità e valutare le modifiche nel corso della fase di cantiere e di esercizio.

Si riassume di seguito l'elenco dei parametri che dovranno essere presi in considerazione per l'analisi della **qualità delle acque**, desunti dagli Standard di qualità della colonna d'acqua indicati nelle tab. 1A e 1B del DM 260/2010 (Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152), che costituisce la normativa di riferimento. Per le modalità di indagine si rimanda al par. 6.2.1.

Parameter (or Determinant)	U. M.	LoD	Method
Aluminum	µg/l	4	EPA6020
Antimony	µg/l	0.1	EPA6020
Silver	µg/l	0.2	EPA6020
Arsenic	µg/l	0.2	EPA6020
Beryllium	µg/l	0.08	EPA6020
Tin	µg/l	10	EPA6020
Cadmium	µg/l	0.1	EPA6020
Cobalt	µg/l	1	EPA6020
Chromium	µg/l	1	EPA6020
Chromium (VI)	µg/l	2.5	EPA7199
Iron	µg/l	4	EPA6020
Mercury	µg/l	0.02	EPA6020
Nickel	µg/l	0.4	EPA6020
Lead	µg/l	0.2	EPA6020
Copper	µg/l	1	EPA6020
Selenium	µg/l	0.2	EPA6020
Manganese	µg/l	1	EPA6020
Thallium	µg/l	0.04	EPA6020
Vanadium	µg/l	1	EPA6020
Zinc	µg/l	4	EPA6020
Silica (SiO <sub>2</sub> )	mg/l	2.1	EPA6010
Nitrate	µg/l	5000	APAT4020
Nitrite	µg/l	500	APAT4020
Total Phosphorus	µg/l	5	APAT4110 A2
Orthophosphate	mg/l	1	APAT4020
Phosphate	mg/l	1	APAT4020
Ammonium	µg/l	10	APAT4030 A1
Benzene	µg/l	0.01	EPA5030 8260
Ethylbenzene	µg/l	0.01	EPA5030 8260
Styrene	µg/l	0.01	EPA5030 8260
Toluene	µg/l	0.1	EPA5030 8260
meta - Xylene + para - Xylene	µg/l	0.02	EPA5030 8260
Benzo (a) anthracene	µg/l	0.0005	EPA3510 8270
Benzo (a) pyrene	µg/l	0.00013	EPA3510 8270
Benzo (b) fluoranthene	µg/l	0.0005	EPA3510 8270
Benzo (k) fluoranthene	µg/l	0.0005	EPA3510 8270
Benzo (g,h,i) perylene	µg/l	0.00013	EPA3510 8270
chrysene	µg/l	0.0005	EPA3510 8270
Dibenzo (a,h) anthracene	µg/l	0.0005	EPA3510 8270
Indeno (1,2,3 - c,d) pyrene	µg/l	0.0005	EPA3510 8270

Parameter (or Determinant)	U. M.	LoD	Method
Pyrene	µg/l	0.0005	EPA3510 8270
M.T.B.E.	µg/l	0.05	EPA5030 8260
chloromethane	µg/l	0.05	EPA5030 8260
Trichloromethane (Chloroform)	µg/l	0.01	EPA5030 8260
Vinyl chloride	µg/l	0.01	EPA5030 8260
1,2 - Dichloroethane	µg/l	0.005	EPA5030 8260
1,1 - Dichloroethylene	µg/l	0.005	EPA5030 8260
trichlorethylene	µg/l	0.01	EPA5030 8260
tetrachlorethylene (PCE)	µg/l	0.05	EPA5030 8260
hexachlorobutadiene	µg/l	0.01	EPA5030 8260
Sum organoalogenated	µg/l	0.05	EPA5030 8260
1,1 - dichloroethane	µg/l	0.01	EPA5030 8260
1,2 - Dichloroethylene	µg/l	0.01	EPA5030 8260
1,2 - Dichloropropane	µg/l	0.005	EPA5030 8260
1,1,2 - Trichloroethane	µg/l	0.01	EPA5030 8260
1,2,3 - Trichloropropane	µg/l	0.0005	EPA5030 8260
1,1,2,2 - Tetrachloroethane	µg/l	0.005	EPA5030 8260
Tribromomethane (bromoform)	µg/l	0.005	EPA5030 8260
1,2 - Dibromoethane	µg/l	0.0005	EPA5030 8260
dibromochloromethane	µg/l	0.01	EPA5030 8260
bromodichloromethane	µg/l	0.01	EPA5030 8260
Alachlor	µg/l	0.0005	EPA3510 8270
Aldrin	µg/l	0.0005	EPA3510 8270
Atrazine	µg/l	0.0005	EPA3510 8270
2,4' - DDD	µg/l	0.0005	EPA3510 8270
2,4' - DDE	µg/l	0.0005	EPA3510 8270
2,4' - DDT	µg/l	0.0005	EPA3510 8270
4,4' - DDD	µg/l	0.0005	EPA3510 8270
4,4' - DDE	µg/l	0.0005	EPA3510 8270
4,4' - DDT	µg/l	0.0005	EPA3510 8270
DDD, DDT, DDE	µg/l	0.0005	EPA3510 8270
Dieldrin	µg/l	0.0005	EPA3510 8270
Isodrin	µg/l	0.0005	EPA3510 8270
Endosulfan	µg/l	0.0025	EPA3510 8270
Endrin	µg/l	0.0005	EPA3510 8270
Diuron		0.05	EPA3535 8321
Chlorfenvinphos	µg/l	0.0005	EPA3510 8270
Chlorpyrifos ethyl	µg/l	0.0005	EPA3510 8270
Chlorpyrifos methyl	µg/l	0.0005	EPA3510 8270
Hydrocarbons C<= 10	µg/l	19	EPA5021 8015
Total hydrocarbons (expressed as n-hexane) Calculation	µg/l	28	EPA5021 8015 UNI 9377
TBT	µg/l	24	calcolo
Chlorophyll "a"	µg/l	0.01	APAT CNR IRSA 29/2003 Met. 9020
Phytoplankton			ISPRA Manual
Zooplankton			

Tabella 6.2 Analisi della qualità delle acque – Parametri di monitoraggio

Si precisa che per l'Analisi della qualità delle acque in particolare per il rilevamento dei parametri chimici, in ogni postazione di monitoraggio verrà effettuato la raccolta di due campioni di acqua, uno superficiale e uno profondo. Si rimanda al paragrafo 6.4. per la definizione delle postazioni di monitoraggio.

Per quanto riguarda i parametri fisici delle acque, nel corso delle indagini verranno acquisiti i valori di temperatura, trasparenza, ossigeno disciolto e la clorofilla. Verrà inoltre rilevato il valore di torbidità.

Nell'ambito delle indagini sulle acque, dovranno essere calcolati i seguenti indici, di cui si riportano i livelli di riferimento:

- indici TRIX (Indice trofico)
- CAM (Classificazione acque marine)

Trophic scale	Conditions	Trophic status
2-4	Water poorly productive	High (Oligotrophic)
	Low trophic status	
4-5	Water moderately productive	Good (Mesotrophic)
	Medium trophic status	
5-6	Water moderate to highly productive	Moderate (Mesotrophic to Eutrophic)
	High trophic status	
6-8	Water highly productive	Poor (Eutrophic)
	Highest trophic status	

Tabella 6.3 Scala TRIX – classificazione qualità acque

Classi (Classes)	Classi sintetiche (Syntetic Classes)	Condizioni delle acque (Seawater Quality Status)
1	Blue	Oligotrophic Waters
2	Green	Waters with different degree of eutrophication, but productive from the ecological point of view; therefore they are functionally intact.
3	Yellow	Eutrophic waters with evidence of environmental alterations.

Tabella 6.4 Scala CAM – condizioni qualità acque

Si riassumono nell'elenco seguente i parametri chimico – fisici da monitorare relativamente alla **matrice sedimento**, dei quali si riportano gli Standard di qualità indicati nel DM 260/2010 (Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152), che costituisce la normativa di riferimento.

Parameter (or Determinant)	U. M.	Method
Alumium	mg/kg	EPA3051 6020
Antimony	mg/kg	EPA3051 6020
Beryllium	mg/kg	EPA3051 6020
Cadmium	mg/kg	EPA3051 6020
Arsenic	mg/kg	EPA3051 6020
Cobalt	mg/kg	EPA3051 6020
Chromium (VI)	mg/kg	EPA3060 7196
Chromium	mg/kg	EPA3051 6020
Nickel	mg/kg	EPA3051 6020
Mercury	mg/kg	EPA3051 6020
Lead	mg/kg	EPA3051 6020
Copper	mg/kg	EPA3051 6020
Selenium	mg/kg	EPA3051 6020
Tin	mg/kg	EPA3051 6020
Thallium	mg/kg	EPA3051 6020
Vanadium	mg/kg	EPA3051 6020
Zinc	mg/kg	EPA3051 6020
Iron	mg/kg	EPA3051 6020
TBT	µg/kg	ICRAMApp 1
Benzene	mg/kg	EPA5021 8260
Ethylbenzene	mg/kg	EPA5021 8260
Styrene	mg/kg	EPA5021 8260
Toluene	mg/kg	EPA5021 8260
m, p - xylene	mg/kg	EPA5021 8260
o - Xylene	mg/kg	EPA5021 8260
Xylene	mg/kg	EPA5021 8260
BTEX (aromatic hydrocarbons)	mg/kg	EPA5021 8260
Pyrene	µg/kg	EPA3545 8270
Indeno (1,2,3-c, d) pyrene	µg/kg	EPA3545 8270
Dibenzo (a, h) anthracene	µg/kg	EPA3545 8270
chrysene	µg/kg	EPA3545 8270
Benzo (a) anthracene	µg/kg	EPA3545 8270
Benzo (a) pyrene	µg/kg	EPA3545 8270
Benzo (b) fluoranthene	µg/kg	EPA3545 8270
Benzo (e) pyrene	µg/kg	EPA3545 8270
Benzo (g,h,i) perylene	µg/kg	EPA3545 8270
Benzo (j) fluoranthene	µg/kg	EPA3545 8270
Benzo (k) fluoranthene	µg/kg	EPA3545 8270

Parameter (or Determinant)	U. M.	Method
Anthracene	µg/kg	EPA3545 8270
Fluoranthene	µg/kg	EPA3545 8270
Naphthalene	µg/kg	EPA3545 8270
Chloromethane	mg/kg	EPA5021 8260
Dichloromethane	mg/kg	EPA5021 8260
Trichloromethane (Chloroform)	mg/kg	EPA5021 8260
Vinyl chloride	mg/kg	EPA5021 8260
1,2 - Dichloroethane	mg/kg	EPA5021 8260
1,1 - Dichloroethylene	mg/kg	EPA5021 8260
Trichloroethylene	mg/kg	EPA5021 8260
Tetrachloroethylene (PCE)	mg/kg	EPA5021 8260
1,1 - Dichloroethane	mg/kg	EPA5021 8260
1,2 - Dichloroethylene	mg/kg	EPA5021 8260
1,1,1 - Trichloroethane	mg/kg	EPA5021 8260
1,2 - Dichloropropane	mg/kg	EPA5021 8260
1,1,2 - Trichloroethane	mg/kg	EPA5021 8260
1,2,3 - Trichloropropane	mg/kg	EPA5021 8260
1,1,2,2 - Tetrachloroethane	mg/kg	EPA5021 8260
Tribromomethane	mg/kg	EPA5021 8260
1,2 - Dibromoethane	mg/kg	EPA5021 8260
Dibromochloromethane	mg/kg	EPA5021 8260
Bromodichloromethane	mg/kg	EPA5021 8260
Monochlorobenzene	mg/kg	EPA5021 8260
1,2 - Dichlorobenzene	mg/kg	EPA5021 8260
1,4 - Dichlorobenzene	mg/kg	EPA5021 8260
1,2,4 - Trichlorobenzene	mg/kg	EPA5021 8260
1,2,4,5 - Tetrachlorobenzene	mg/kg	EPA3545 8270
(1,2,3,5 + 1,2,4,5) - Tetrachlorobenzene	mg/kg	EPA3545 8270
Pentachlorobenzene	mg/kg	EPA3545 8270
Hexachlorobenzene	mg/kg	EPA3545 8270
M.T.B.E.	mg/kg	EPA5021 8260
Aldrin	µg/kg	EPA3545 8270
alpha - hexachlorocyclohexane	µg/kg	EPA3545 8270
beta - hexachlorocyclohexane	µg/kg	EPA3545 8270
gamma - hexachlorocyclohexane (Lindane)	µg/kg	EPA3545 8270
2,4 DDT + 4,4 DDD	µg/kg	EPA3545 8270
2,4' - DDD	µg/kg	EPA3545 8270

Parameter (or Determinant)	U. M.	Method
2,4' - DDE	µg/kg	EPA3545 8270
4,4 - DDE	µg/kg	EPA3545 8270
4,4 - DDT	µg/kg	EPA3545 8270
DDD, DDT, DDE	µg/kg	EPA3545 8270
Dieldrin	µg/kg	EPA3545 8270
Hexachlorobenzene	µg/kg	EPA3545 8270
PCB101	mq/kg	EPA3545 8270
PCB105	mq/kg	EPA3545 8270
PCB110	mq/kg	EPA3545 8270
PCB114	mq/kg	EPA3545 8270
PCB118	mq/kg	EPA3545 8270
PCB123	mq/kg	EPA3545 8270
PCB126	mq/kg	EPA3545 8270
PCB128	mq/kg	EPA3545 8270
PCB138	mq/kg	EPA3545 8270
PCB146	mq/kg	EPA3545 8270
PCB151	mq/kg	EPA3545 8270
PCB153	mq/kg	EPA3545 8270
PCB156	mq/kg	EPA3545 8270
PCB157	mq/kg	EPA3545 8270
PCB167	mq/kg	EPA3545 8270
PCB169	mq/kg	EPA3545 8270
PCB170	mq/kg	EPA3545 8270
PCB177	mq/kg	EPA3545 8270
PCB180	mq/kg	EPA3545 8270
PCB183	mq/kg	EPA3545 8270
PCB187	mq/kg	EPA3545 8270
PCB189	mq/kg	EPA3545 8270
PCB28	mq/kg	EPA3545 8270
PCB52	mq/kg	EPA3545 8270
PCB77	mq/kg	EPA3545 8270
PCB81	mq/kg	EPA3545 8270
PCB95	mq/kg	EPA3545 8270
PCB99	mq/kg	EPA3545 8270
Total PCB	mq/kg	EPA3545 8270
Hydrocarbons C<=12	mq/kg	EPA5021 8015
Hydrocarbons C>12	µg/kg	UNI14039
Methylmercury (MeHg)	µg/kg	M.I.EPA1630
Fecal Streptococci count (Enterococci)	MPN/g	CNR3.3 64 + APAT 7040 B

Parameter (or Determinant)	U. M.	Method
Total Coliform Count	MPN/g	CNR3.1 64 + APAT 7010 B
Escherichia coli count	MPN/g	CNR3.1 64 + APAT 7030 B
Spore counts of sulphite-reducing anaerobes	MPN/g	CNR3.4 64 + APAT 7060 A
Salmonella research	Pres.Ass/25g	CNR3.5 64
Staphylococci count	ufc/g	RapIST2006/31 pag 8
Yeast and ifomicetes count	ufc/g	CNR5 64

Tabella 6.5 Analisi sulla matrice sedimento – Parametri di monitoraggio

La descrizione delle *caratteristiche fisiche* del sedimento avverrà mediante i seguenti parametri:

PARAMETRI FISICI		UNITÀ DI MISURA
DESCRIZIONE MACROSCOPICA	Colore, odore, presenza di concrezioni, residui di origine naturale e/o antropica	-
GRANULOMETRIA	Frazioni granulometriche al ½φ Dove φ=-log <sub>2</sub> (diametro in mm/diametro unitario in mm)	%
MINERALOGIA	Principali caratteristiche mineralogiche (facoltative)	

Tabella 6.6 Parametri fisici del sedimento

Per le analisi microbiologiche del sedimento viene preso in riferimento quanto indicato nel DM 07.11.2008.

Parametro	Specifiche	Numero di determinazioni da effettuare
Enterococchi	Fecali	Su tutti i campioni prelevati
Coliformi	Totali	Su tutti i campioni prelevati
Coliformi	Escherichia coli	Su tutti i campioni prelevati
Clostridi	Spore di clostridi solfito-riduttori	Su tutti i campioni prelevati
Salmonella		Su tutti i campioni prelevati
Stafilococchi		Su tutti i campioni prelevati
Miceti e Lieviti		Ai fini dell'eventuale riutilizzo dei sedimenti per ripascimenti è opportuna la determinazione su tutti i campioni. Se il sedimento prelevato è destinato ad altri usi la determinazione non è necessaria.

Tabella 6.7 Analisi microbiologiche da eseguire sui sedimenti all'interno dei siti di bonifica di interesse nazionale

Infine, a completamento delle indagini relative ai sedimenti, verrà eseguita la caratterizzazione ecotossicologica, prevista all'interno dei SIN in conformità a quanto previsto dal DM 7/11/2008, stante la loro specifica natura. I saggi biologici devono essere applicati, su un numero significativo di campioni, almeno pari al 30% del totale, ad almeno due matrici ambientali costituite da:

- fase solida del sedimento (sedimento tal quale e/o centrifugato);
- fase liquida del sedimento (acqua interstiziale e/o elutriato);

mediante impiego di una batteria di saggi biologici costituita da tre specie-test appartenenti a gruppi tassonomici e filogenetici differenti, scelte preferibilmente all'interno della lista di specie riportate in tabella A4 del DM 7 novembre 2008.

Specie	Matrice	Stadio vitale	Esposizione	End-point	Espressione dato
<b>ALGHE</b>					
<i>Skeletonema costatum</i>	Elutriato	Coltura cellulare	96h	Inibizione della crescita	EC20 e EC50
<i>Dunaliella tertiolecta</i>	Elutriato	Coltura cellulare	96h	Inibizione della crescita	EC20 e EC50
<i>Pheodactylum tricornutum</i>	Elutriato	Coltura cellulare	96h	Inibizione della crescita	EC20 e EC50
<i>Minutocellus polymorphus</i>					
<b>BATTERI</b>					
<i>Vibrio fischeri</i>	Elutriato	Cellule	30'	Inibizione della bioluminescenza	EC20 e EC50
	Sedimento centrifugato	Cellule	30'	Inibizione della bioluminescenza	S.T.I. (Sediment Toxicity Index)
<b>ROTIFERI</b>					
<i>Brachionus plicatilis</i>	Elutriato	Individui	48h	Schiusa delle cisti	EC20 e EC50
<b>CROSTACEI</b>					
<i>Ampelisca diadema</i>	Sedimento tale quale	Individui giovani-adulti	10 giorni	Mortalità	Δmortalità (Corretto con Abbott)
<i>Corophium orientale</i>	Sedimento tale quale	Individui giovani-adulti	10 giorni	Mortalità	Δmortalità (Corretto con Abbott)
<i>Corophium insidiosum</i>	Sedimento tale quale	Individui giovani-adulti	10 giorni	Mortalità	EC20 e EC50 (Corretto con Abbott)
<i>Acartia tonsa</i>	elutriato	nauplii	96h	Mortalità	EC20 e EC50
<i>Acartia clausi</i>	elutriato	nauplii	96h	Mortalità	EC20 e EC50
<i>Tisbe battagliai</i>	elutriato	nauplii	96h	Mortalità	EC20 e EC50
<i>Tigriopus fulvus</i>	elutriato	nauplii	96h	Mortalità	EC20 e EC50
<b>MOLLUSCHI</b>					
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	elutriato	gamete maschile	1h	Fecondazione uova	EC20 e EC50
<i>Tapes philippinarum</i>					EC20 e EC50
<i>Cassostrea gigas</i>	elutriato	gamete maschile	1h	Fecondazione uova	EC20 e EC50

ECHINODERMI					
Sphaerechinus granularis	elutriato	gamete maschile	1h	Fecondazione uova	EC20 e EC50 (Corretto con Abbott)
Paracentrotus lividus	elutriato	gamete maschile	1h	Fecondazione uova	EC20 e EC50 (Corretto con Abbott)
Arbacia lixula					
PESCI					
Dicentrarchus labrax	elutriato	giovani	96h	Mortalità	EC20 e EC50
Sparus aurata	elutriato	giovani	96h	Mortalità	EC20 e EC50

Per quanto riguarda l'analisi delle **comunità bentoniche** dovrà essere redatta la lista delle specie completa e il numero di individui censiti per ciascuna specie. Dovrà essere elaborata la matrice quantitativa dei dati su cui calcolare per ogni stazione i seguenti parametri strutturali della comunità:

- numero di specie
- numero di individui
- indice di diversità specifica (Shannon e Weaver, 1949)
- indice di ricchezza specifica (Margalef, 1958)
- indice di equiripartizione o "evenness" (Pielou, 1966)
- indice di dominanza (Simpson, 1949)

Si tratta di parametri indicatori del grado di complessità delle biocenosi studiate, che prescindono però dalle caratteristiche e dalle esigenze delle singole specie che le compongono. Successivamente verranno calcolati i seguenti indici biotici, di cui si riportano i valori di riferimento:

- Indice MAMBI
- Indice M-AMBI
- Classificazione di EcoQS

#### Indice MAMBI

Biotic coefficient	Dominating ecological group	Benthic community health	Site disturbance classification	Ecological status
0.0 < AMBI ≤ 0.2	I	Normal	Undisturbed	High
0.2 < AMBI ≤ 1.2	II	Impoverished		
1.2 < AMBI ≤ 3.3	III	Unbalanced	Slightly disturbed	Good
3.3 < AMBI ≤ 4.3	IV-V	Transitional to pollution	Moderately disturbed	Moderate
4.3 < AMBI ≤ 5.0		Polluted		Poor
5.0 < AMBI ≤ 5.5	V	Transitional to heavy pollution	Heavily disturbed	
5.5 < AMBI ≤ 6.0		Heavily polluted		Bad

AMBI, AZTI Marine Biotic Index.

## Indice M-AMBI

Biotic coefficient	Ecological status
$0.82 < M\text{-AMBI}$	High
$0.62 \leq M\text{-AMBI} \leq 0.82$	Good
$0.41 \leq M\text{-AMBI} \leq 0.61$	Moderate
$0.20 \leq M\text{-AMBI} \leq 0.40$	Poor
$0,00 \leq M\text{-AMBI} < 0.20$	Bad

## Classificazione di EcoQS

Pollution Classification	BENTIX	EQS WFD	BENTIX in physically stressed muds
Normal/Pristine	$4.5 < \text{BENTIX} < 6$	High	$4 < \text{BENTIX} < 6$
Slightly polluted	$3.5 < \text{BENTIX} < 4.5$	Good	$3.0 < \text{BENTIX} < 4.0$
Moderately polluted	$2.5 < \text{BENTIX} < 3.5$	Moderate	$2.5 < \text{BENTIX} < 3.0$
Heavily polluted	$2 < \text{BENTIX} < 2.5$	Poor	
Azotic	Azotic	Bad	

## WFD status according to AMBI, BENTIX, H' E M\_AMBI

Pollution classification	AMBI	BENTIX	H'	M-AMBI	WFD status
Unpolluted/normal	$\leq 1.2$	4.0 – 6.0	$>4.6$	$> 0.80$	High
Slightly polluted	1.3 – 3.3	3.0 – 3.9	4.1 – 4.6	0.60 – 0.80	Good
Moderate polluted	3.4 – 4.3	2.5 – 2.9	3.1 – 4.0	0.40 – 0.59	Moderate
Heavily polluted	4.4 – 5.5	2.0 – 2.4	1.6 – 3.0	0.20 – 0.39	Poor
Extremely polluted/Azotic	5.6 – 6.0	$< 2$	$\leq 1.5$	$<0.20$	Bad
AMBI (Muxika et al., 2005) BENTIX (UNEP/MAP, 2005) H' (UNEP/MAP, 2005) M-AMBI (Muxika et al., 2007)					

Per quanto riguarda le **fanerogame marine**, lo studio delle caratteristiche fenologiche (ad es., densità, lunghezza delle foglie, numero medio di foglie per ciuffo, ecc.) permette di descrivere lo stato di vitalità delle piante attraverso l'analisi del turnover vegetazionale e delle fasi cicliche che tipizzano la specie e la prateria. In merito a *C. nodosa*, le dinamiche dell'epifitismo risultano strettamente correlate con il tempo di ricambio delle foglie, che varia sia con le stagioni sia da specie a specie, con l'idrodinamismo e con la batimetria del dato sito (Mazzella et al., 1993; Cancemi, 1991; Curiel et al., 1998).

Per le metodologie da adottare nell'ambito delle indagini sulle fanerogame si è preso in riferimento il documento *Specifiche per il piano di monitoraggio relativo alle praterie di Posidonia oceanica* (ISPRA, 2012) e la pubblicazione *Conservazione e gestione della*

*naturalità negli ecosistemi marino – costieri – Il trapianto delle praterie di Posidonia oceanica* (ISPRA, 2014), pur riferendosi alle praterie di *Posidonia oceanica*, per similarità con le praterie di *Cymodocea nodosa* presenti nell’ara di intervento.

Il piano di monitoraggio è stato stabilito tenendo conto dei rilievi delle coperture a fanerogame marine e dell’inquadramento spaziale dell’area oggetto di interesse del progetto resi disponibili a seguito del survey ambientale svolto a supporto della progettazione.

Per l’indagine relativa alle praterie di fanerogame, è prevista l’asportazione di un certo numero di fasci per il calcolo dei parametri fenologici e l’osservazione di laboratorio delle lamine fogliari e di quanto sviluppatosi su questi substrati biologici. Vista l’alta stagionalità a cui sono soggette le comunità che colonizzano i ciuffi fogliari delle fanerogame marine, non verranno considerate le singole specie ma la ripartizione nelle tre categorie morfo-funzionali (per la componente algale) e in quelle trofiche (per la componente animale).

Le indagini saranno compiute in corrispondenza di ciascuna stazione di monitoraggio, localizzate per mezzo delle coordinate GPS. Ciascun sito di campionamento andrà riferito alla data maglia del grigliato e al patch vegetazionale di *C. nodosa*.

Le postazioni di monitoraggio sono localizzate in corrispondenza di quadrati di 100x100 m di prateria di *Cymodocea* rilevata nel fondale.

Per quanto concerne i parametri considerati nell’indagine, essi sono quelli previsti nella letteratura scientifica concernente lo studio delle fanerogame marine.

In corrispondenza di ogni stazione, durante i rilievi visual survey i principali parametri che verranno rilevati sono indicati in Tabella 6.8.

Parametro	Unità di misura	Sintesi
Ricoprimento % <i>C. nodosa</i>	%	%
Tipologia di substrato	1=roccia; 2=sabbia; 3=matte; 4=mista	1-2-3-4
Continuità prateria	1=continua; 2=discontinua	1-2
Presenza alghe alloctone	1=presenza; 2= assenza	1(nome specie)-2
Densità dei fasci fogliari	N° ciuffi/mq	

(Matte: tipica “struttura a terrazzo” costituita dall’intreccio di più strati di rizomi e radici e di sedimento intrappolato e compattato. Questa formazione, che può raggiungere i 6 metri di altezza, è ricoperta da piante vive solo nella sommità (Boudouresque et al., 1984).

Tabella 6.8 Parametri e unità di misura di ricoprimento - ISPRA 2012

Le indagini da effettuare presso le praterie di fanerogame sono le seguenti:

- parametri fenologici

- misure morfometriche
- studio dell'epifitismo
- calcolo degli indici di stato ecologico

Lo studio degli epifiti delle lamine fogliari in laboratorio ha previsto l'esame di ciuffi fogliari sui quali condurre un'indagine per la determinazione e la valutazione morfo-funzionale degli organismi algali ed animali che si sono sviluppati sulle lamine fogliari delle macrofite acquatiche dell'area.

Per poter rilevare i suddetti parametri, in corrispondenza di ogni stazione di controllo, previa valutazione delle caratteristiche di profondità, esposizione ed idrodinamismo, altezza della canopy fogliare, ecc., verranno prelevati in immersione un numero di fasci fogliari adeguati per poter effettuare le misure morfometriche e lo studio dell'epifitismo (14 fasci fogliari ad una distanza di 50-100m l'uno dall'altro evitando i fasci dicotomici).

#### **6.4 Le postazioni di monitoraggio**

In generale, le stazioni di monitoraggio devono essere posizionate in modo tale da:

- rilevare tutti i processi in corso connessi con gli impatti attesi e valutarne la significatività;
- controllare gli obiettivi sensibili individuati in relazione a tali impatti.

L'ubicazione dei punti di monitoraggio è riassunta nella seguente tabella.

Le indagini relative all'ecosistema marino sono richiamate nell'elenco seguente:

- A. Analisi fisico – chimica delle acque**
- B. Analisi fisico – chimica dei sedimenti**
- C. Analisi comunità bentoniche**
- D. Analisi delle fanerogame**
- E. Rilievo correntometrico**

Per la descrizione delle singole indagini A, B, C, D, E si rimanda al par. 6.2.

Fase monitoraggio	Tipologia misura	Punto di misura	Coordinate	
AO -CO-PO	Indagine A-B-C-D-E	ECM_01	37°1'52,68"N	14°17'25,53 E
		ECM_02	37°1'43,43" N	14°17'22,1" E
		ECM_03	37°1'36,34" N	14°17'37,44" E
		ECM_04	37°1'39,42" N	14°17'51" E
		ECM_05	37°1'34,7" N	14°17'18,26" E
		ECM_06	37°1'27,8" N	14°17'31,61" E
		ECM_07	37°1'23,93" N	14°17'45,46" E
		ECM_08	37°1'25,46" N	14°17'15,11" E
		ECM_09	37°1'15,12" N	14°17'21,19" E
		ECM_10	37°1'14,9" N	14°17'43,2" E

Tabella 6.9-Punti di monitoraggio – Ecosistema marino

In aggiunta a tali postazioni si deve considerare la postazione fissa per il rilievo della torbidità, già definita nel Par. 6.2.1

### 6.5 Frequenza e durata del monitoraggio

Per ciascuna tipologia di Indagine, si riporta una tabella riassuntiva con le postazioni di monitoraggio, i rilievi da effettuare, la fase di monitoraggio (ante, corso e post operam), la frequenza e la durata.

#### A. ANALISI FISICO – CHIMICA DELLE ACQUE

POSTAZIONI	INDAGINE A – ANALISI FISICO-CHIMICA ACQUE	FASE	FREQUENZA	DURATA
ECM_01 ECM_02 ECM_03 ECM_04 ECM_05 ECM_06 ECM_07 ECM_08 ECM_09 ECM_10	Rilievo parametri fisici colonna d'acqua (temperatura, conducibilità/salinità, densità, fluorescenza della clorofilla a, ossigeno disciolto, saturazione dell'ossigeno e del PH) Rilievo torbidità colonna d'acqua su postazioni mobili Rilievo parametri chimici su 2 campioni (uno superficiale e uno profondo)	AO	Un campionamento	Prima dell'avvio del cantiere

POSTAZIONI	INDAGINE A – ANALISI FISICO-CHIMICA ACQUE	FASE	FREQUENZA	DURATA
	Rilievo fitoplancton e zooplancton			
Stazione fissa	Rilievo torbidità su colonna d'acqua in continuo		Un campionamento	30 giorni
ECM_01 ECM_02 ECM_03 ECM_04 ECM_05 ECM_06 ECM_07 ECM_08 ECM_09 ECM_10	Rilievo parametri fisici colonna d'acqua (temperatura, conducibilità/salinità, densità, fluorescenza della clorofilla a, ossigeno disciolto, saturazione dell'ossigeno e del PH) Rilievo torbidità colonna d'acqua Rilievo parametri chimici su 2 campioni (uno superficiale e uno profondo) Rilievo fitoplancton e zooplancton	CO	Trimestrale	Per la durata del cantiere
Stazione fissa	Rilievo torbidità su colonna d'acqua in continuo		Un campionamento	30 giorni
ECM_01 ECM_02 ECM_03 ECM_04 ECM_05 ECM_06 ECM_07 ECM_08 ECM_09 ECM_10	Rilievo parametri fisici colonna d'acqua (temperatura, conducibilità/salinità, densità, fluorescenza della clorofilla a, ossigeno disciolto, saturazione dell'ossigeno e del PH) Rilievo torbidità colonna d'acqua Rilievo parametri chimici su 2 campioni (uno superficiale e uno profondo) Rilievo fitoplancton e zooplancton	PO	Trimestrale	1 anno dalla fine del cantiere
Stazione fissa	Rilievo torbidità su colonna d'acqua in continuo		Un campionamento	30 giorni

**B. ANALISI FISICO – CHIMICA DEI SEDIMENTI**

POSTAZIONI	INDAGINE B – ANALISI FISICO-CHIMICA SEDIMENTI	FASE	FREQUENZA	DURATA
ECM_01 ECM_02 ECM_03 ECM_04 ECM_05 ECM_06 ECM_07 ECM_08 ECM_09 ECM_10	Rilievo caratteristiche fisiche dei sedimenti (descrizione macroscopica, granulometria, mineralogia) Rilievo parametri chimici sul campione Analisi microbiologiche Analisi ecotossicologiche	AO	Un campionamento	Prima dell'avvio del cantiere
ECM_01 ECM_02 ECM_03 ECM_04 ECM_05 ECM_06 ECM_07 ECM_08 ECM_09 ECM_10	Rilievo caratteristiche fisiche dei sedimenti (descrizione macroscopica, granulometria, mineralogia) Rilievo parametri chimici sul campione Analisi microbiologiche Analisi ecotossicologiche	CO	Semestrale	Per la durata del cantiere
ECM_01 ECM_02 ECM_03 ECM_04 ECM_05 ECM_06 ECM_07 ECM_08 ECM_09 ECM_10	Rilievo caratteristiche fisiche dei sedimenti (descrizione macroscopica, granulometria, mineralogia) Rilievo parametri chimici sul campione Analisi microbiologiche Analisi ecotossicologiche	PO	Semestrale	1 anno dalla fine del cantiere

**C. ANALISI COMUNITA' BENTONICHE**

POSTAZIONI	INDAGINE C – ANALISI COMUNITA' BENTONICHE	FASE	FREQUENZA	DURATA
ECM_01 ECM_02 ECM_03 ECM_04 ECM_05 ECM_06 ECM_07 ECM_08 ECM_09 ECM_10	Rilievo comunità bentoniche sul campione e calcolo degli indici	AO	Un campionamento	Prima dell'avvio del cantiere
ECM_01 ECM_02 ECM_03 ECM_04 ECM_05 ECM_06 ECM_07 ECM_08 ECM_09 ECM_10	Rilievo comunità bentoniche sul campione e calcolo degli indici	CO	Semestrale	Per la durata del cantiere
ECM_01 ECM_02 ECM_03 ECM_04 ECM_05 ECM_06 ECM_07 ECM_08 ECM_09 ECM_10	Rilievo comunità bentoniche sul campione e calcolo degli indici	PO	Semestrale	1 anno dalla fine del cantiere

POSTAZIONI	INDAGINE D – ANALISI PRATERIE DI FANEROGAME	FASE	FREQUENZA	DURATA
ECM_01 ECM_02 ECM_03 ECM_04 ECM_05 ECM_06 ECM_07 ECM_08 ECM_09 ECM_10	Rilievo praterie: parametri fenologici Rilievo praterie: misure morfometriche Rilievo praterie: studio dell'epifitismo Rilievo praterie: calcolo degli indici di stato ecologico	AO	Un campionamento	Prima dell'avvio del cantiere
ECM_01 ECM_02 ECM_03 ECM_04 ECM_05 ECM_06 ECM_07 ECM_08 ECM_09 ECM_10	Rilievo praterie: parametri fenologici Rilievo praterie: misure morfometriche Rilievo praterie: studio dell'epifitismo Rilievo praterie: calcolo degli indici di stato ecologico	CO	Annuale	Per la durata del cantiere
ECM_01 ECM_02 ECM_03 ECM_04 ECM_05 ECM_06 ECM_07 ECM_08 ECM_09 ECM_10	Rilievo praterie: parametri fenologici Rilievo praterie: misure morfometriche Rilievo praterie: studio dell'epifitismo Rilievo praterie: calcolo degli indici di stato ecologico	PO	Annuale	1 anno dalla fine del cantiere

POSTAZIONI	INDAGINE E – RILIEVO CORRENTOMETRICO	FASE	FREQUENZA	DURATA
10 transetti perpendicolari alla linea di costa	Misurazione velocità corrente	AO	Un campionamento	Prima dell'avvio del cantiere
10 transetti perpendicolari alla linea di costa	Misurazione velocità corrente	CO	Un campionamento	Per la durata del cantiere
10 transetti perpendicolari alla linea di costa	Misurazione velocità corrente	PO	Un campionamento	1 anno dalla fine del cantiere

Tabella 6.10 Tabelle di sintesi del monitoraggio dell'ecosistema marino

---

## 7.0 Indicazioni sulla possibile gestione dei sedimenti

La gestione dei sedimenti per le operazioni di dragaggio nei siti di interesse nazionale è disciplinata dal D.M. 172/2016, in attuazione dell'articolo 5-bis, comma 6, della legge 28 gennaio 1994, n. 84, in cui sono definite le modalità e le norme tecniche delle operazioni di dragaggio nelle aree portuali e marino costiere poste in siti di bonifica di interesse nazionale, anche al fine del reimpiego dei materiali dragati ovvero per gli utilizzi di cui al comma 2 del medesimo articolo 5-bis.

L' Allegato A al D.M. 172/2016 *“Modalità e Norme Tecniche per i dragaggi dei materiali”*, al punto 2 - Gestione ambientale del processo di movimentazione dei sedimenti- indica che i sedimenti dragati all'interno di aree portuali e marino - costiere incluse nella perimetrazione dei Siti di Interesse Nazionale (SIN), devono essere preliminarmente caratterizzati sulla base di metodologie e criteri stabiliti dall'Allegato A del decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare del 7 novembre 2008.

In esito a tale caratterizzazione possono risultare possibili una o più delle modalità di gestione di cui all'art. 5 -bis , comma 2, della legge 28 gennaio 1994, n. 84.

In accordo con quanto definito dalla normativa, nel presente documento oltre a presentare le attività di dragaggio connesse al progetto di posa del gasdotto in ambito offshore e le modalità realizzative, è stato definito il Piano di caratterizzazione dei sedimenti oggetto di dragaggio, comprensivo delle metodologie di campionamento e delle indagini a cui devono essere sottoposti i sedimenti stessi (cfr. Cap. 5.0 del presente documento) e il Piano di monitoraggio previsto per l'intero processo di movimentazione e gestione del sedimento, secondo le indicazioni dell'allegato A del DM 172/2016 art.7, da compiere all'interno di un'area potenzialmente influenzata dalle attività di progetto (cfr.6.0). La localizzazione delle postazioni di monitoraggio è stata effettuata tenendo conto delle caratteristiche e peculiarità delle aree oggetto d'intervento ed anche sulla base di modelli matematici adeguatamente implementati in grado di prevedere, per i diversi scenari ipotizzati, il comportamento del sedimento movimentato in ambiente acquatico e i processi di dispersione e/o diffusione della contaminazione eventualmente presente (cfr. Cap. 3.4).

Le modalità di gestione dei sedimenti potranno essere definite a valle dei risultati delle indagini relative alla caratterizzazione dei sedimenti, da compiersi prima delle attività di dragaggio, in conformità con quanto definito dall'art.5-bis, comma 2, della legge 28 gennaio 1994, n. 84.

Nelle successive fasi progettuali e operative verrà definita l'idoneità dei sedimenti dragati a essere immessi o refluiti nei corpi idrici dai quali provengono, ovvero utilizzati per il rifacimento degli arenili, per formare terreni costieri ovvero per migliorare lo stato dei fondali attraverso attività di capping; l'idoneità dei sedimenti ad essere impiegati a terra o in aree con falda naturalmente salinizzata; l'idoneità dei sedimenti ad essere refluiti in strutture di contenimento.

Si richiamano di seguito le disposizioni in materia di dragaggio indicate nella L. n. 84/1994 all'art.5-bis, inerenti il possibile impiego del sedimento:

*I materiali derivanti dalle attività di dragaggio di aree portuali e marino-costiere poste in siti di bonifica di interesse nazionale, ovvero ogni loro singola frazione granulometrica ottenuta a seguito di separazione con metodi fisici:*

*a) qualora presentino, all'origine ovvero a seguito di trattamenti aventi esclusivamente lo scopo della rimozione degli inquinanti, ad esclusione dei processi finalizzati alla immobilizzazione degli inquinanti stessi, caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche analoghe al fondo naturale con riferimento al sito di prelievo e idonee con riferimento al sito di destinazione, e non presentino positività ai test eco-tossicologici, su autorizzazione dell'autorità competente per la bonifica, possono essere immessi o refluiti nei corpi idrici dai quali provengono, ovvero possono essere utilizzati per il rifacimento degli arenili, per formare terreni costieri ovvero per migliorare lo stato dei fondali attraverso attività di capping, nel rispetto delle modalità previste dal decreto di cui al comma 6. Restano salve le competenze della regione territorialmente interessata;*

*b) qualora presentino, all'origine o a seguito di trattamenti aventi esclusivamente lo scopo della desalinizzazione ovvero della rimozione degli inquinanti, ad esclusione quindi dei processi finalizzati alla immobilizzazione degli inquinanti stessi, livelli di contaminazione non superiori a quelli stabiliti nelle colonne A e B della Tabella 1 dell'allegato 5 alla parte IV del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, in funzione della destinazione d'uso e qualora risultino conformi al test di cessione da compiere con il metodo e in base ai parametri di cui al decreto del Ministro dell'ambiente 5 febbraio 1998, pubblicato nel supplemento ordinario n. 72 alla Gazzetta Ufficiale n. 88 del 16 aprile 1998, possono essere destinati a impiego a terra secondo le modalità previste dal decreto di cui al comma 6. Nel caso siano destinati a impiego in aree con falda naturalmente salinizzata, i materiali da collocare possono avere un livello di concentrazione di solfati e di cloruri nell'eluato superiore a quello fissato dalla tabella di cui all'allegato 3 del citato decreto del Ministro dell'ambiente 5 febbraio 1998 a condizione che, su conforme parere dell'ARPA territorialmente competente, sia prevenuta qualsiasi modificazione delle caratteristiche. Tale destinazione deve essere indicata nei progetti di cui al comma 1. Il provvedimento di approvazione del progetto di dragaggio*

*costituisce altresì autorizzazione all'impiego dei materiali fissandone l'opera pubblica, il luogo, le condizioni, i quantitativi e le percentuali di sostituzione dei corrispondenti materiali naturali;*

*c) qualora risultino non pericolosi all'origine o a seguito di trattamenti finalizzati esclusivamente alla rimozione degli inquinanti, ad esclusione quindi dei processi finalizzati alla immobilizzazione degli inquinanti stessi quali solidificazione e stabilizzazione, possono essere destinati a refluimento all'interno di casse di colmata, di vasche di raccolta, o comunque in strutture di contenimento che presentino un sistema di impermeabilizzazione naturale o artificiale o completato artificialmente al perimetro e sul fondo in grado di assicurare requisiti di permeabilità equivalenti a quelli di uno strato di materiale naturale dello spessore di 1 metro con  $K$  minore o uguale a  $1,0 \times 10^{-9}$  m/s, con le modalità previste dal decreto di cui al comma 6.*

*d) qualora risultino caratterizzati da concentrazioni degli inquinanti al di sotto dei valori di intervento definiti ed approvati dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare per ciascun sito di interesse nazionale, l'area interessata viene restituita agli usi legittimi, previo parere favorevole della conferenza di servizi di cui all'articolo 242, comma 13, del decreto legislativo 5 aprile 2006, n. 152.*