

# Comune di Alghero

(Provincia di Sassari)

Lavori di " *Ripristino funzionale dei fondali del porto canale di Fertilia*"  
Campagna di indagini per il prelievo e la caratterizzazione dei sedimenti marini delle aree interessate dalle previste escavazioni

Lithos S.r.l. - Via Municipale, 92 - Tissi (SS) - tel./fax 0792678014 - cell. 3463514050 - e-mail: geo.lithos@gmail.com

Tavola:

A\_01

Elaborato:

Esiti della caratterizzazione  
e ipotesi di riutilizzo  
dei sedimenti da dragare

Pratica:

---

Revisione:

---

Data:

Gen. 2018

Committente:

**CITTÀ DI ALGHERO**  
**Settore II - Sviluppo del territorio**  
**Servizio OO.PP.**

Consulenza:

**Lithos S.r.l.**  
Dott. geol. Alessandro Muscas

**LITHOS s.r.l.**  
L'AMMINISTRATORE UNICO  
Dott. Geol. Alessandro Muscas

 **ORDINE DEI GEOLOGI**  
**REGIONE SARDEGNA**  
SEZIONE A  
N. 210 Dott. Geol. ALESSANDRO MUSCAS

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2. DATI CORRENTOMETRICI.....</b>	<b>3</b>
<b>3. CAMPAGNA DI INDAGINI AMBIENTALI NOVEMBRE 2017.....</b>	<b>11</b>
3.1 PREMESSA.....	11
3.2 ATTIVITÀ DI CAMPIONAMENTO.....	11
<b>4. ANALISI DI LABORATORIO.....</b>	<b>12</b>
4.1 PREMESSA.....	12
4.2 ANALISI ECOTOSSICOLOGICHE.....	12
4.3 ANALISI CHIMICHE.....	13
4.4 ANALISI GRANULOMETRICHE E SEDIMENTOLOGICHE.....	14
<b>5. OPZIONI DI GESTIONE DEL SEDIMENTO.....</b>	<b>16</b>

## ALLEGATI

ALLEGATO 01 - RELAZIONE IMPRESA ESECUTRICE

ALLEGATO 02 - UBICAZIONE SONDAGGI ESECUTIVO E RILIEVO BATIMETRICO

ALLEGATO 03 - UBICAZIONE SONDAGGI ESECUTIVO - AREA VASTA

ALLEGATO 04 - DOMINI DEGLI ACCORPAMENTI

ALLEGATO 05 - SCHEDE DI CAMPO

ALLEGATO 06 - RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE ECOTOSSICOLOGICA

ALLEGATO 07 - ADDENDUM ALLA RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE ECOTOSSICOLOGICA

ALLEGATO 08 - RIEPILOGO RISULTATI ANALISI CHIMICHE - (ANCHE IN FORMATO EDITABILE)

ALLEGATO 09 - RAPPORTI DI PROVA

ALLEGATO 10 - ANALISI GRANULOMETRICHE E SEDIMENTOLOGICHE

ALLEGATO 11 - RELAZIONE VALUTAZIONE RISCHIO BELLICO E INTEGRAZIONE

ALLEGATO 12 - CORRENTOMETRO FOCE CALICH (AWAC) - (IN FORMATO EDITABILE)

ALLEGATO 13 - CORRENTOMETRO INGRESSO AREA PORTUALE (AQUADOPP) - (IN FORMATO EDITABILE)

## 1. PREMESSA

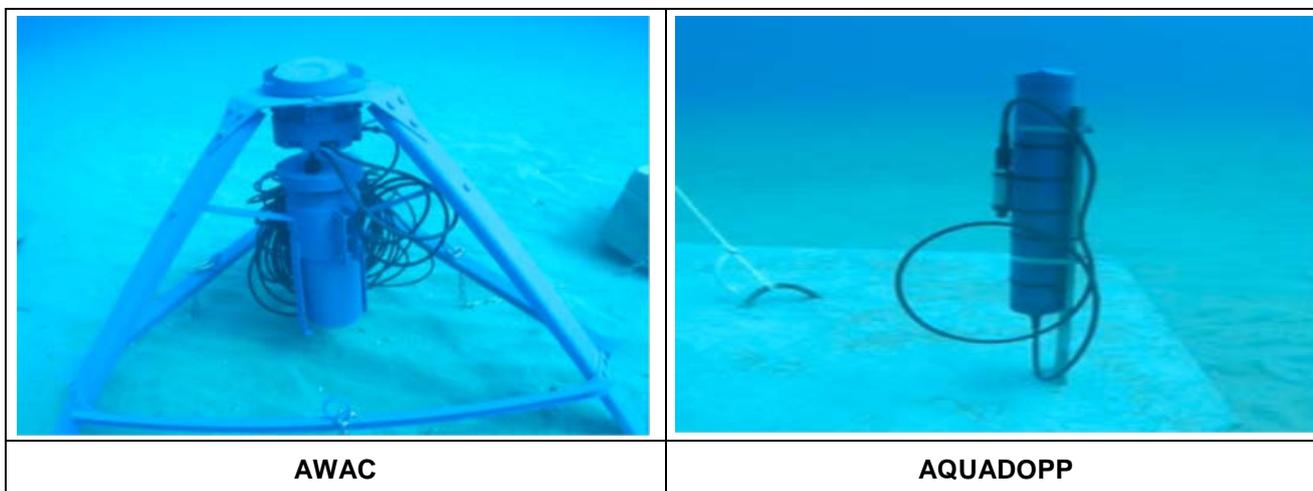
Il presente documento illustra gli esiti della caratterizzazione dei fondali marini interessati dal progetto di "Ripristino funzionale dei fondali del porto canale di Fertilia" da realizzarsi all'interno del perimetro dell'area portuale mediante dragaggio dei fondali per una estensione massima di circa 37.000 mq sino ad una quota massima di -3,50 m dal l.m.m., dal quale si presume che i volumi di escavo possano risultare compresi tra i 20.000 e i 40.000 mc.

Questo documento completa le attività della Lithos S.r.l. relative all'incarico ricevuto dal Comune di Alghero con Determinazione Dirigenziale n°2096 del 11.10.2016 nonché quelle relative all'installazione dei profilatori acustici ed interpretazione dei dati correntometrici così come autorizzato con nota del Responsabile del Procedimento inoltrata via PEC in data 26.04.2017, sostitutiva della nota di pari oggetto inviata a mezzo PEC in data 19.04.2017 prot.25189.

Più nello specifico in tale documento saranno illustrati gli esiti dei profilatori acustici installati uno alla foce dello Stagno Calich ed un altro all'ingresso dell'area portuale, verrà effettuata un'analisi critica dei documenti consegnati dall'impresa CO.L.MAR. S.r.l. incaricata dalla stessa Amministrazione Comunale delle attività di caratterizzazione, comprensive dei campionamenti e delle analisi chimico, fisiche ed ecotossicologiche nonché, infine, verranno illustrate le possibili opzioni di gestione del materiale in funzione degli esiti della caratterizzazione con riferimento all'Allegato tecnico del DECRETO 15 luglio 2016, n. 173. "Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini" entrato in vigore il 21.09.2016.



Il secondo profilatore utilizzato è il modello “**AQUADOPP current profiler**”, a 2 MHz. Tale profilatore, molto preciso su basso fondale, consente di operare fino a 128 layer con distanza delle celle di 0,1 m ed accuratezza pari all’1% del valore misurato, +/-0,5 cm/s.



**AWAC**

**AQUADOPP**

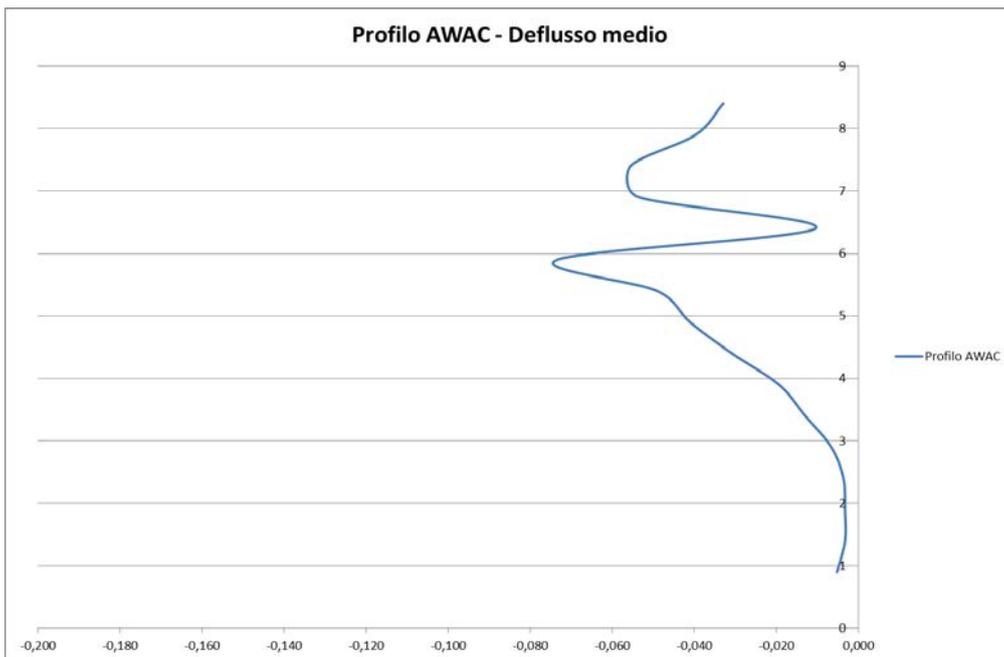
I dati acquisiti con le sonde sono stati gestiti con dei software prodotti dalle ditte produttrici delle apparecchiature. I correntometri registrano i dati sulle direttrici Nord, Est e verticale. Tutti i dati registrati verranno forniti anche su supporto Excel.

I dati del correntometro “AWAC” sono stati registrati lungo la colonna d’acqua con intervallo pari a 0,5 metri ogni 10 minuti.

Velocità nella cella - n Velocity Cell n (Beam2 Y North) (m/s)																						
Riferimento temporale					cella																	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Month	Day	Year	Hour	Minute	distanza cella da testa AWAC (m)																	
(1-12)	(1-31)		(0-23)	(0-59)	0,9	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4	3,9	4,4	4,9	5,4	5,9	6,4	6,9	7,4	7,9	8,4		
6	27	2017	11	50	0,044	0,065	-0,025	-0,136	-0,263	-0,138	-0,24	-0,225	-0,234	-0,202	-0,184	0,22	0,143	-0,086	-0,104	-0,172		
6	27	2017	12	0	0,012	0,014	-0,016	-0,046	-0,053	-0,044	-0,086	-0,05	-0,024	-0,091	-0,036	0,279	0,148	0,032	-0,021	-0,044		
6	27	2017	12	10	0,165	0,174	0,165	0,149	0,098	0,111	0,132	0,096	0,12	0,166	0,124	0,082	0,09	0,115	0,166	0,222		
6	27	2017	12	20	0,198	0,164	0,23	0,11	0,279	0,402	0,174	0,294	0,371	0,268	0,157	0,205	0,268	-0,015	0,291	0,203		
6	27	2017	12	30		0,401	0,341	0,121	0,19	0,332	0,008	0,129	-0,319	0,106	0,18	0,366	0,585	0,133	0,206	0,015		
6	27	2017	12	40	0,308	-0,128	0,197	0,266	-0,003	-0,635	0,16	-0,286	0,031	-0,02	-0,162	-0,157	-0,184	0,11	-0,829	-0,135		
6	27	2017	12	50	0,007	-0,315	0,423	0,345	0,727	-0,128	-0,575	-0,218	-0,248	-0,074	-0,294	0,254	-0,18	-0,161	-0,053	-0,019		
6	27	2017	13	0	-0,106	0,41	-0,266	-0,199	-0,082	0,137	-0,037	-0,685	-0,231	0,017	-0,282	-0,298	-0,175	-0,931	0,253	-0,236		
6	27	2017	13	10	0,313	0,548	0,283	-1,076	-0,246	-0,076	0,559	0,265	-0,198	-0,163	0,197	0,156	0,283	0,067	0,066	0,207		
6	27	2017	13	20	-0,107	0,543	0,021	-0,154	-0,139	-0,398	0,398	-0,201	0,469	0,598	0,122	0,405	0,299	0,187	-0,203	0,159		
6	27	2017	13	30	-0,083	-0,312	0,37	0,847	-0,242	-0,367	0,051	0,317	-0,318	-0,596	0,363	-0,067	-0,342	-0,397	-0,103	0,096		
Valore medio					-0,005	-0,003	-0,003	-0,004	-0,007	-0,013	-0,019	-0,031	-0,041	-0,049	-0,073	-0,011	-0,054	-0,056	-0,040	-0,033		
Velocità massima ingresso Calich					0,192	0,196	0,220	0,182	0,185	0,218	0,211	0,203	0,202	0,278	0,260	0,512	0,318	0,300	0,278	0,220		
Velocità massima uscita Calich					-0,333	-0,37	-0,4	-0,454	-0,478	-0,403	-0,409	-0,426	-0,452	-0,464	-0,472	-0,499	-0,538	-0,482	-0,515	-0,465		

Estratto tabella registrazione AWAC - Direzione Nord-Sud (Foglio v2 file di Excel)

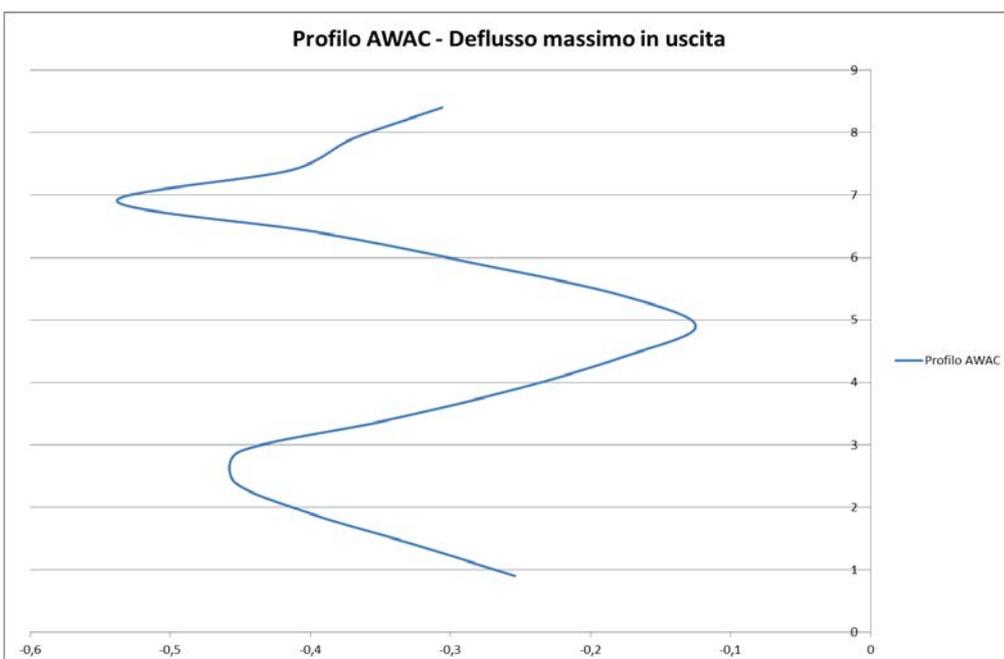
Come può essere osservato nel suddetto estratto e, con maggior dettaglio nel foglio di Excel allegato, del periodo di osservazione sono state effettuate delle elaborazioni statistiche al fine di individuare il “Valore medio” dell’andamento correntometrico, la “Velocità massima”, ovvero quella “di punta”, in ingresso Calich (valori positivi) e la “Velocità massima” in uscita Calich (valori negativi). Da queste analisi sono stati elaborati i seguenti grafici nei quali in ascissa vengono riportate le velocità della corrente (positive o negative in relazione alla direzione) ed in ordinata la quota di rilevamento espressa in metri dal fondale marino.



*Deflusso correntometrico “medio” alla foce del Calich*

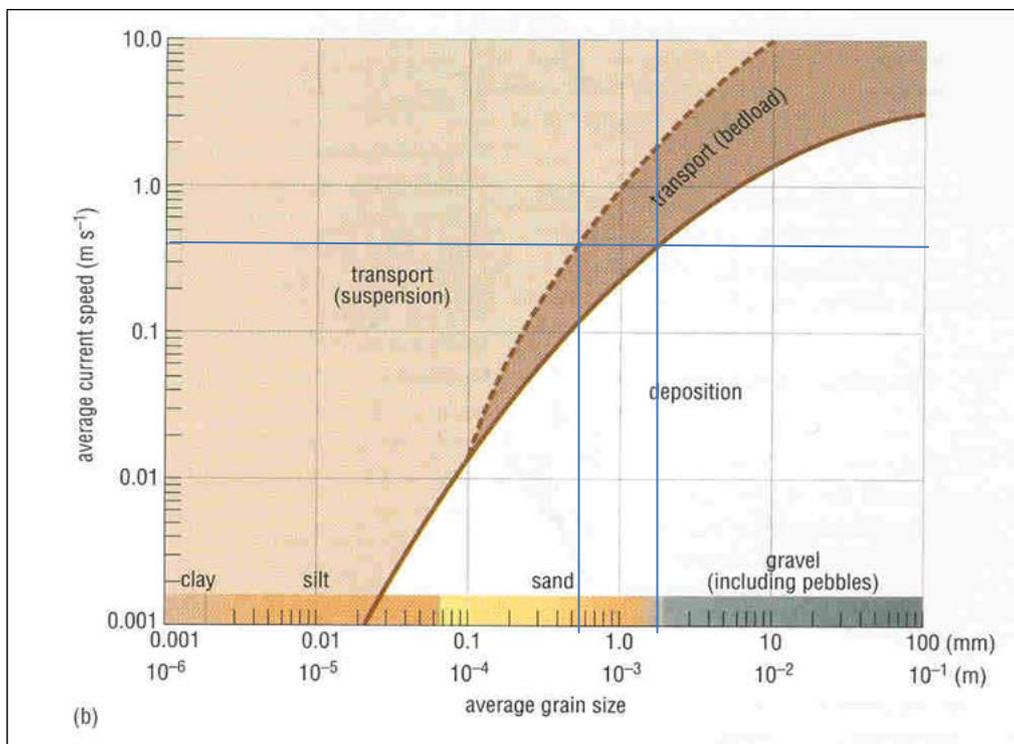
Come può essere osservato il bilancio correntometrico del “Deflusso medio” per il mese di osservazione è “sbilanciato” nei valori negativi. Ciò significa che sono prevalse le correnti in uscita dallo Stagno del Calich. Per quanto riguarda l’intensità è importante notare che la corrente è decisamente più rapida in prossimità della superficie del mare rispetto al fondale in cui il bilancio è, sostanzialmente, neutro.

Più interessanti sono le osservazione delle “velocità di punta” in uscita ed in ingresso allo Stagno del Calich registrata nell’arco del periodo di osservazione.



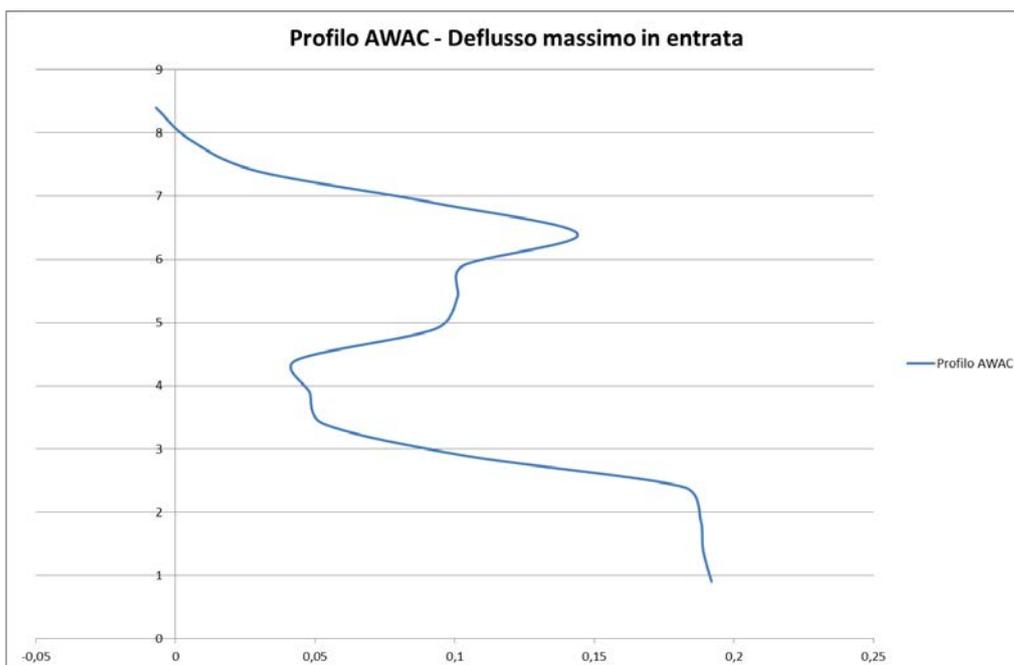
*Deflusso correntometrico “massimo” in uscita dalla foce del Calich*

Da questo si può osservare che in tali condizioni è possibile il trasporto in sospensione di granuli di oltre 0,5 mm di diametro e che possono essere trascinati sul fondo granuli di circa 2,0 mm di diametro, secondo il nomogramma riportato di seguito.



Nomogramma movimentazione sedimenti in uscita dallo Stagno del Calich

Per valutare viceversa i valori di punta in “ingresso” allo Stagno del Calich, viene riportata la seguente figura relativa al “Deflusso massimo in entrata”.



Deflusso correntometrico “massimo” in ingresso allo Stagno del Calich

Dalla lettura dei suddetti grafici appare evidente come velocità di punta in “ingresso” al Calich sia decisamente inferiore rispetto a quella in “uscita” e che quest’ultima, in senso assoluto, sia discretamente elevata, in grado di mobilizzare particelle di sedimento, anche grossolane, con il fenomeno di “trascinamento” sul fondo. Questa elevata velocità potrebbe essere un effetto del restringimento del canale in corrispondenza delle pile del ponte stradale poste immediatamente a monte ed uno dei motivi per i quali durante i rilievi batimetrici è stata riscontrata un’anomala depressione del fondale immediatamente ad ovest del sondaggio Sn\_01.

Per quanto riguarda invece i dati correntometrici dell’ingresso dell’area portuale, questi sono stati rilevati con il correntometro “AQUADOPP”, che ha registrato i dati lungo la colonna d’acqua con intervallo pari a 0,2 metri ogni 15 minuti.

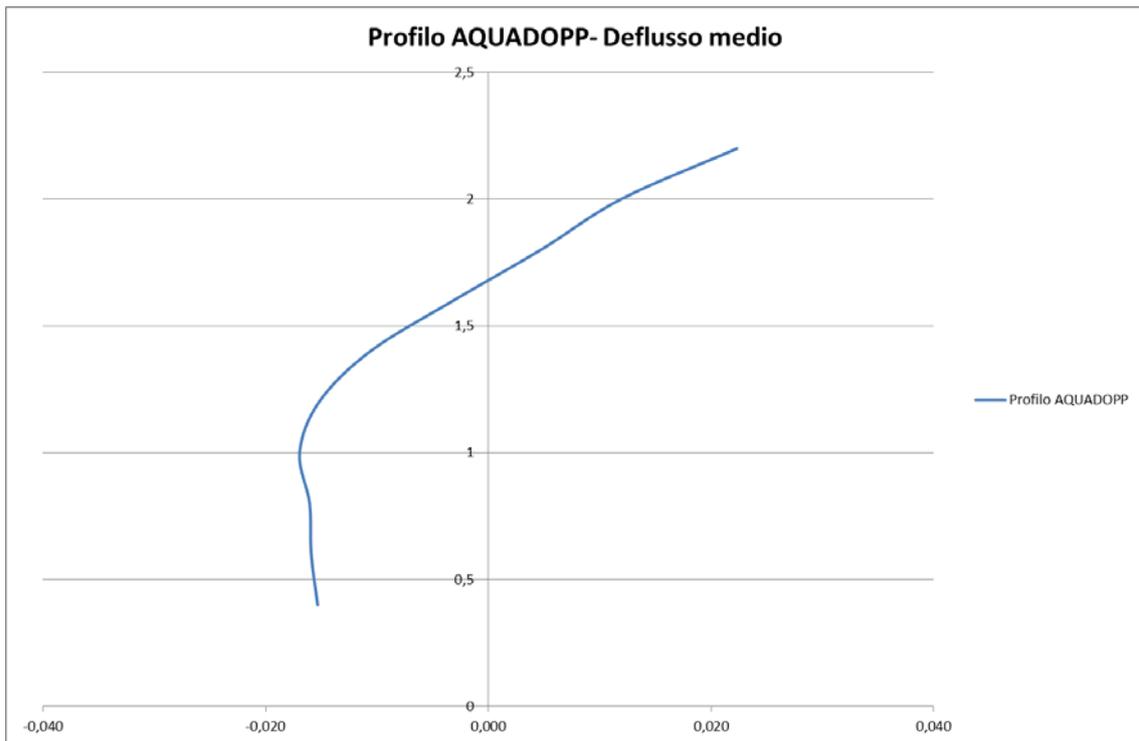
Velocità nella cella - n Velocity Cell n (Beam1 X East) (m/s)														
Riferimento temporale					cella									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Month	Day	Year	Hour	Minute	distanza cella da testa Aquadopp (m)									
(1-12)	(1-31)		(0-23)	(0-59)	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2
6	26	2017	1	15	0,033	0,058	0,024	0,089	0,104	0,099	0,105	0,055	0,05	0,078
6	26	2017	1	30	0,098	0,113	0,107	0,119	0,096	0,13	0,133	0,084	0,107	0,104
6	26	2017	1	45	0,11	0,024	0,113	0,022	0,029	0,046	0,04	0,055	0,058	0,045
6	26	2017	2	0	-0,025	-0,096	-0,095	-0,055	-0,049	-0,021	0,012	0,032	0,063	0,005
6	26	2017	2	15	-0,069	-0,045	-0,013	0,048	0,055	0,054	0,045	0,005	-0,015	-0,006
6	26	2017	2	30	0,017	0,06	0,063	-0,006	0,057	0,03	0,063	0,074	0,12	0,082
6	26	2017	2	45	0,013	-0,001	0,112	0,048	0,1	0,086	0,088	0,082	0,132	0,077
6	26	2017	3	0	-0,044	0,019	0,025	0,054	0,095	0,073	0,082	0,105	0,094	0,119
6	26	2017	3	15	-0,068	-0,058	-0,099	0,005	-0,003	0,044	0,062	-0,006	0,005	0,003
6	26	2017	3	30	-0,004	0,022	0,032	0,041	0,065	0,058	0,08	0,079	0,064	0,078
6	26	2017	3	45	-0,079	-0,045	-0,061	0,02	0,053	0,006	0,043	0,067	0,069	0,089
Valore medio					-0,015	-0,016	-0,016	-0,017	-0,015	-0,011	-0,003	0,005	0,012	0,022
Velocità massima uscita porto					0,171	0,146	0,149	0,168	0,191	0,209	0,177	0,175	0,184	0,196
Velocità massima ingresso porto					-0,180	-0,221	-0,166	-0,183	-0,169	-0,161	-0,178	-0,188	-0,175	-0,134

Estratto tabella registrazione AQUADOPP - Direzione Est-Ovest (Foglio v1 file di Excel)

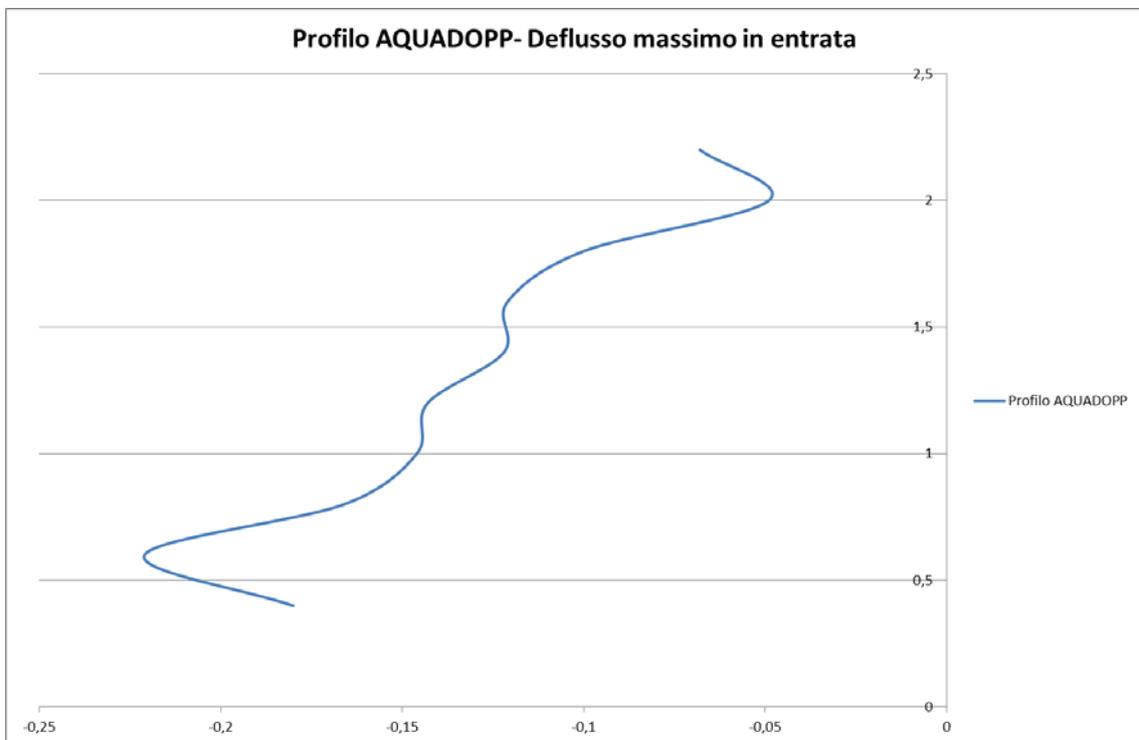
I dati del periodo di osservazione, esaminabili con maggior dettaglio nel foglio di Excel allegato, hanno evidenziato, in base alle elaborazioni statistiche, che alla foce del porto, per il periodo di osservazione, ci sia stato un bilancio sostanzialmente neutro, con una leggera prevalenza in uscita nella porzione batimetrica più superficiale e una moderata prevalenza in ingresso nelle batimetriche in prossimità del fondo.

Anche le “Velocità massime” in ingresso al porto (valori negativi), e quelle in uscita dal porto (valori positivi) rispecchiano tale condizione che, se potesse essere confermata da un periodo di osservazione delle correnti decisamente più lungo, favorirebbe l’ingresso per “trascinamento sul fondo”, dei sedimenti sabbiosi sino ad 1,0 mm di diametro, non compensati dall’uscita in sospensione di sedimenti di dimensioni inferiori (max 0,3 mm).

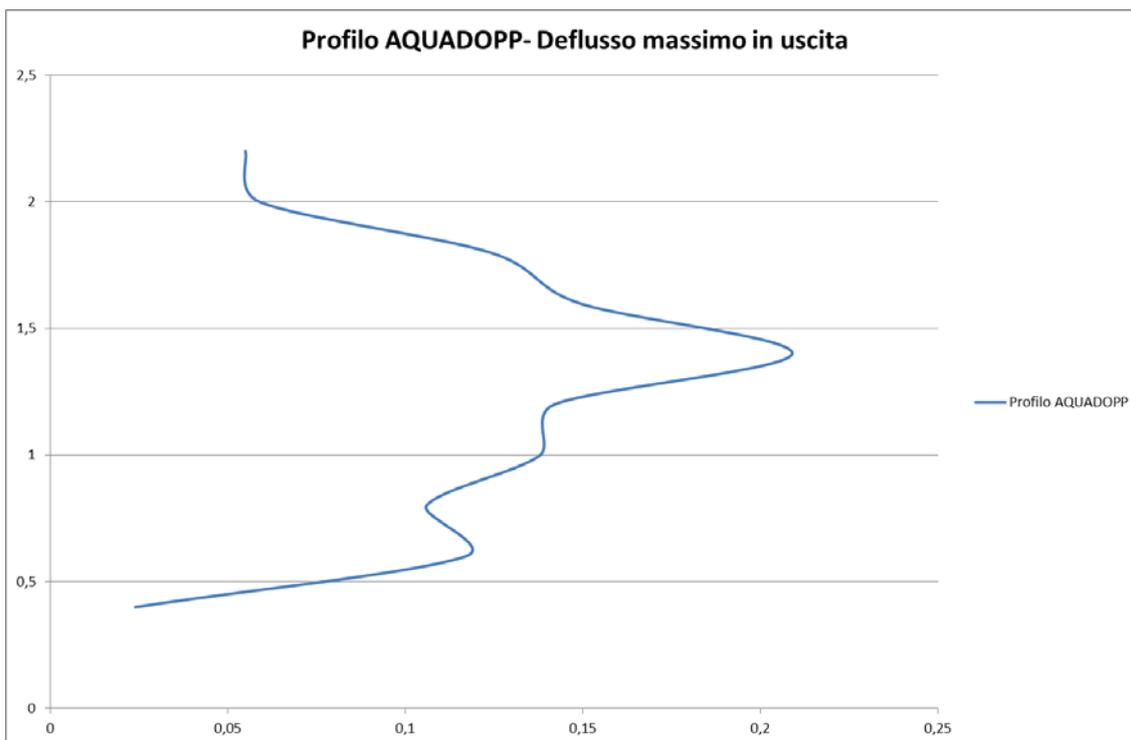
Nelle pagine seguenti vengono illustrati i grafici e il nomogramma del trasporto dei sedimenti, sia in ingresso che in uscita, all’imboccatura del porto.



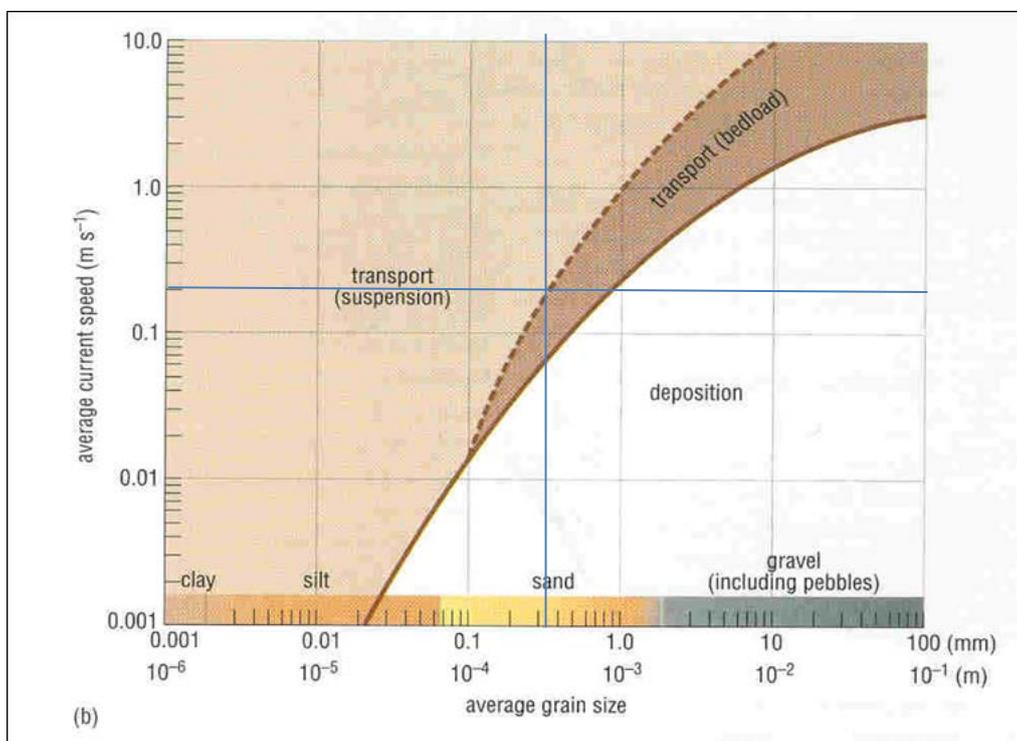
Deflusso correntometrico "medio" all'imboccatura del Porto di Fertilia



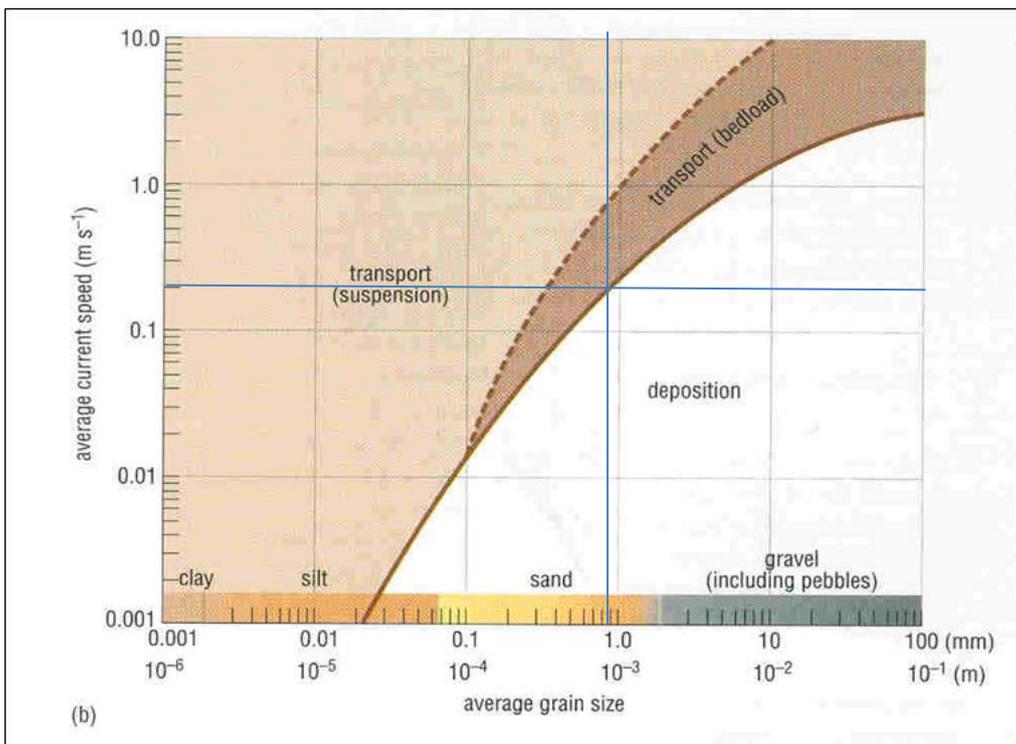
Deflusso correntometrico "massimo" in ingresso dall'imboccatura del Porto di Fertilia



Deflusso correntometrico "massimo" in uscita dall'imboccatura del Porto di Fertilia



Nomogramma movimentazione sedimenti in uscita all'imboccatura del Porto di Fertilia



Nomogramma movimentazione sedimenti in ingresso all'imboccatura del Porto di Fertilia

### 3. CAMPAGNA DI INDAGINI AMBIENTALI NOVEMBRE 2017

#### 3.1 PREMESSA

Come riportato nella premessa generale, qui seguito verranno commentate le attività di caratterizzazione, comprensive dei campionamenti e delle analisi chimico, fisiche ed ecotossicologiche eseguite dall'impresa CO.L.MAR. S.r.l., incaricata dall'Amministrazione di Alghero, che ha regolarmente relazionato sulle attività eseguite (Vedi *Allegato 01 - Relazione impresa esecutrice*). La relazione generale dell'impresa CO.L.MAR. S.r.l., le relazioni specialistiche e le analisi di laboratorio, quest'ultime anche in formato editabile, sono tutte allegate alla presente.

#### 3.2 ATTIVITÀ DI CAMPIONAMENTO

Le attività di campionamento dei sedimenti marini, eseguite sotto il controllo costante della D.L., si sono svolte nei giorni 7 e 8 novembre 2017 mediante prelievo con carotiere dei sedimenti in n.17 stazioni poste all'interno ed all'esterno del porto canale di Fertilia, secondo le modalità e le quote previste dal Progetto e dal Capitolato Speciale d'Appalto, raggiungendo tutti gli obiettivi previsti.

I leggeri scostamenti dei "punti di campionamento" di buona parte dei sondaggi previsti all'interno del porto canale di Fertilia sono stati concordati e accordati dalla D.L. all'impresa esecutrice, in ragione del fatto che si è dovuto necessariamente evitare l'interferenza nell'esecuzione dei sondaggi con delle "masse", principalmente "corpi morti" e catenarie presenti in maniera diffusa nel fondale, sia per semplici motivi di campionamento sia per questioni di sicurezza in relazione al "rischio bellico" per il quale, preventivamente, era stata effettuata apposita indagine.

In ogni caso, come osservabile nell'*Allegato 02 - Ubicazione sondaggi esecutivo e rilievo batimetrico*, l'ubicazione esecutiva del sondaggio ha rispettato la volontà di realizzarlo all'interno della stessa cella di campionamento di 50 m di lato, risultando, pertanto, perfettamente rappresentativo delle condizioni dei sedimenti da dragare.

I campionamenti eseguiti all'esterno dell'area portuale (vedi *Allegato 03 - Ubicazione sondaggi esecutivo - Area vasta*) sono stati invece eseguiti sempre in corrispondenza dei punti previsti dal progetto.

Le carote estratte sono state correttamente descritte (vedi *Allegato 05 - Schede di campo*) e suddivise per formare n.8 campioni rappresentativi tra accorpati e non accorpati.

La rappresentatività planimetrica dei quattro campioni accorpati relativi all'interno dell'area portuale sono riportati nell'*Allegato 04 - Domini degli Accorpamenti*.

## 4. ANALISI DI LABORATORIO

### 4.1 PREMESSA

I campioni, suddivisi nelle previste aliquote immediatamente dopo l'esecuzione dei sondaggi, sono stati conservati in contenitori refrigerati a 4°- 6°C e consegnati in data 10 novembre 2017, a cura dell'impresa incaricata, ai rispettivi laboratori dalla stessa individuati (EUROCHEM per le "analisi chimiche", IGG-CNR per le "analisi granulometriche e sedimentologiche" e ISMAR-CNR per la "caratterizzazione ecotossicologica") così come previsto dal progetto di caratterizzazione.

### 4.2 ANALISI ECOTOSSICOLOGICHE

La classificazione ecotossicologica è stata eseguita dalla ISMAR CNR di Genova secondo le indicazioni dell'Allegato Tecnico del Decreto 173/2016 attuativo dell'art. 109, comma 2 lettera a) del D.lgs. 152/2006 (G.U. del 06/09/2016), che prevede l'esecuzione di una batteria minima di tre saggi su organismi appartenenti a gruppi tassonomici ben distinti, che vanno scelti tra quelli riportati nella tabella 2.3 del sopra citato Allegato Tecnico.

La classificazione è stata eseguita sugli 8 campioni di sedimento (accorpati e non accorpati) prelevati, a cura della CO.L.MAR. S.r.l., tra il 7 e l'8 novembre 2017 presso il Porto Turistico di Fertilia e altre zone limitrofe. Gli esiti di tale classificazione sono stati riportati nel documento *Allegato 06 - Relazione di caratterizzazione ecotossicologica*, consegnata in data 07/12/2017.

Successivamente la ISMAR CNR di Genova produceva una relazione integrativa consegnava in data 21/12/2017 (vedi *Allegato 07 - Addendum alla Relazione di caratterizzazione ecotossicologica*) con la quale venivano esposti i risultati di un saggio ecotossicologico supplementare, eseguito in aggiunta ai tre saggi previsti.

La scelta di eseguire sui campioni di sedimento un quarto saggio ecotossicologico supplementare su un organismo modello (larva del crostaceo *Tigriopus fulvus*) incluso tra quelli della tabella 2.3 dell'Allegato Tecnico, è stata effettuata al fine di approfondire il risultato ottenuto con particolare riferimento ai tre campioni denominati ACC\_03, Sn\_14\_C1 e Sn\_17\_C1.

L'integrazione del test di mortalità sul crostaceo *Tigriopus fulvus* nella batteria di saggi utilizzata ai fini della classificazione ecotossicologica dei sedimenti prelevati ha portato a collocare i sedimenti **ACC\_03**, **Sn\_14\_C1** e **Sn\_17\_C1** come appartenenti alla classe di "**Pericolo ecotossicologico MEDIO**", mentre utilizzando solo i tre saggi (inibizione della bioluminescenza su *V. fischeri*, inibizione della crescita algale su *P. tricornutum* ed embriotossicità su *P. lividus*) tali campioni si sarebbero collocati nella classe di "Pericolo ecotossicologico ALTO".

Tale variazione nel risultato finale è riconducibile al criterio dell'integrazione ponderata cui fa riferimento l'Allegato tecnico, ovvero alla capacità di elaborazione del software SediQualSoft 109.0<sup>®</sup> il quale esegue una integrazione dei dati, attribuendo un peso ad ogni

risultato in funzione della rilevanza dell'endpoint biologico, della matrice e del tempo di esposizione, formulando un giudizio di tossicità finale, ovvero un indice di pericolo complessivo della batteria di saggi (HQbatteria), che viene calcolato come sommatoria degli "effetti pesati" dei singoli saggi, corretti secondo un fattore che corrisponde al prodotto dei pesi assegnati ad ogni saggio in funzione della rilevanza biologica dell'end-point considerato, della rilevanza ecologica della matrice e della tipologia di esposizione (acuta o cronica).

L'inserimento di un quarto saggio (che non ha evidenziato effetti tossici di particolare rilievo su nessuno degli 8 campioni di sedimento) nella batteria ha quindi contribuito a "mediare" i risultati ottenuti per gli altri tre saggi.

Per i campioni **ACC\_01**, **ACC\_02**, **ACC\_04**, **Sn\_15\_C1** ed **Sn\_16\_C1** è stata confermata l'appartenenza alla classe di **“Pericolo ecotossicologico ASSENTE”**.

### 4.3 ANALISI CHIMICHE

Le analisi chimiche sono state effettuate dal laboratorio accreditato EUROCHEM ITALIA S.R.L. di Genova. I protocolli analitici utilizzati sono stati quelli previsti e contenuti nell'Allegato tecnico del DECRETO 15 luglio 2016, n. 173. “Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini” e, nello specifico, sono stati analizzati tutti i composti contenuti nella *Tabella 2.4 – Parametri chimici da analizzare* contenuta nel medesimo allegato, ad eccezione delle Diossine e dei Furani esclusi dal “Progetto di caratterizzazione dei sedimenti marini del Porto di Fertilia” in accordo con gli Enti di Controllo, poiché ritenuti “non significativi” nel caso specifico.

Gli esiti delle analisi sono riportati in forma sintetica nell'*Allegato 08 - Riepilogo risultati analisi chimiche*, e nei certificati raccolti nell'*Allegato 09 – Rapporti di prova*. Questi risultati, in prima istanza, sono stati confrontati con i limiti previsti dalla *Tabella 2.5 – Livelli chimici di riferimento nazionali* contenuta nell'allegato al medesimo Decreto.

L'allegato 08 viene fornito anche in formato editabile Excel.

Dalla loro analisi si evidenzia che tutti i parametri sono risultati inferiori al “Limite L2” e solo alcuni, evidenziati nella tabella allegata, sono risultati compresi tra il “Limite L1” ed il “Limite L2”. Nello specifico sono risultati in tale condizione per il “Cromo totale”, per il “Benzo(a)pirene” e per il “Benzo(k)fluorantene”, 3 campioni su 4 prelevati all'interno dell'area portuale, mentre un solo campione è risultato in tale condizione per il parametro “ΣDDE”.

Come per i dati ecotossicologici, anche l'elaborazione dei dati chimici è stata effettuata mediante una prima fase di inserimento dei risultati analitici in uno specifico foglio Excel e la loro successiva importazione nel modello SediQualSoft 109.0<sup>®</sup>, *tool* applicativo scaricabile dal sito istituzionale dell'ISPRA, che consente di eseguire automaticamente l'elaborazione dei dati

utilizzando criteri di integrazione ponderata e determinare, per ciascun campione, il valore di HQc = Hazard Quotient (chimico).

Nel caso specifico, come riportato nell'immagine seguente, per tutti i sedimenti è stato determinato un HQc "Assente", inferiore al parametro di raffronto "Trascurabile" per l'L2 e un HQc da "Basso" a "Medio" per l'L1 dei sedimenti accorpati relativi all'interno dell'area portuale mentre si è rilevato un HQc da "Assente" a "Basso" per i sedimenti prelevati in "Area esterna" a porto.

Caratterizzazione chimica dei sedimenti				Ente: <b>Copia n. 25</b> <b>Lithos S.r.l. - Settore Ambiente</b>
Cod. Campionamento	Cod. Campione	L1	L2	Note
	ACC_01	BASSO	ASSENTE	Lista parametri standard non completa (Tabella 2.4, Allegato tecnico)
	ACC_02	MEDIO	ASSENTE	Lista parametri standard non completa (Tabella 2.4, Allegato tecnico)
	ACC_03	MEDIO	ASSENTE	Lista parametri standard non completa (Tabella 2.4, Allegato tecnico)
	ACC_04	MEDIO	ASSENTE	Lista parametri standard non completa (Tabella 2.4, Allegato tecnico)
	Sn_14_C1	ASSENTE	ASSENTE	Lista parametri standard non completa (Tabella 2.4, Allegato tecnico)
	Sn_15_C1	ASSENTE	ASSENTE	Lista parametri standard non completa (Tabella 2.4, Allegato tecnico)
	Sn_16_C1	ASSENTE	ASSENTE	Lista parametri standard non completa (Tabella 2.4, Allegato tecnico)
	Sn_17_C1	BASSO	ASSENTE	Lista parametri standard non completa (Tabella 2.4, Allegato tecnico)
N. campioni	8			

#### 4.4 ANALISI GRANULOMETRICHE E SEDIMENTOLOGICHE

Le analisi granulometriche e sedimentologiche sono state effettuate presso il Laboratorio di Sedimentologia e Geotecnica dell'Istituto di Geoscienze e Georisorse del CNR di Pisa.

Gli esiti di tale analisi sono stati riportati nel documento *Allegato 10 - Analisi granulometriche e sedimentologiche*, consegnata alla D.L. in data 04/12/2017.

In relazione al possibile utilizzo dei materiali dragati per operazioni di ripascimenti, i sedimenti sono stati sottoposti, oltre che ad una classificazione granulometrica, alla caratterizzazione sedimentologica e petrografica di varie frazioni granulometriche, al fine di valutare, al di là delle dimensioni, la composizione dei sedimenti.

Gli 8 campioni di sedimento, accorpati e non accorpati, sono stati pertanto sottoposti, così come richiesto dal “Piano di Indagini” del progetto di caratterizzazione, ad analisi granulometriche utilizzando i seguenti setacci:

- MESH 2”            50 mm;
- MESH 4            4,75 mm;
- MESH 10           2 mm;
- MESH 20           0,85 mm;
- MESH 40           0,425 mm;
- MESH 60           0,25 mm;
- MESH 140          0,106 mm;
- MESH 200          0,075 mm.

Per ogni campione sono state poi raccolte 5 aliquote.

- La prima aliquota deriva dal trattenuto al setaccio 4,75 mm;
- La seconda corrisponde al trattenuto al setaccio 2 mm;
- La terza aliquota è data dalla somma dei trattenuti ai setacci 0,85 e 0,425 mm;
- La quarta è composta dalla somma dei trattenuti ai setacci 0,25 mm e 0,106 mm e 0,075 mm;
- L'ultima aliquota, è composta dal passante al setaccio 0,075 mm.

Esse corrispondono rispettivamente, secondo la classificazione ASTM, alla frazione ghiaiosa, alla sabbia grossa, alla sabbia media, alla sabbia fine e alla frazione fine limosa ed argillosa.

Le prime 4 frazioni granulometriche sono state successivamente utilizzate per l'analisi sedimentologica e petrografica.

Al di là delle caratteristiche specifiche di ogni campione e di ogni frazione dello stesso, quello che è necessario evidenziare di tale analisi è che i campioni prelevati all'interno del Porto di Fertilia denominati ACC\_01, ACC\_02, ACC\_03 e ACC\_04, presentano una percentuale di materia organica (alghe costituite da foglie e rizomi di *Posidonia oceanica*) in tutte le frazioni granulometriche sempre superiore al 50% con punte del 95%. Tale condizione era stata evidenziata anche dalle schede di campo (vedi *Allegato 05 - Schede di campo*) nelle quali si evidenzia che il costituente principale del sedimento era rappresentato da “Resti vegetali” frammisti ad una frazione clastica normalmente subordinata.

Per i campioni di sedimento prelevati, secondo le indicazioni del “Piano di Indagini”, all'esterno del Porto di Fertilia e denominati Sn\_14, Sn\_15, Sn\_16 e Sn\_17, la caratterizzazione sedimentologica e petrografica ha invece evidenziato che la percentuale della frazione organica è risultata, in genere, sempre inferiore al 10% mentre quella clastica, in genere bioclasti, è risultata sempre preponderante.

## 5. OPZIONI DI GESTIONE DEL SEDIMENTO

La qualità complessiva del sedimento è stata valutata sulla base della combinazione delle caratteristiche ecotossicologiche e chimiche, secondo quanto indicato dalla “*Tabella 2.7 – Classificazione della Qualità dei sedimenti secondo i criteri di integrazione ponderata*” dell'Allegato Tecnico del Decreto 173/2016 (vedi tabella sottostante).

Classe di pericolo ecotossicologico elaborato per l'intera batteria (HQBatteria)	Classificazione chimica	Classe di Qualità del materiale
<b>Assente</b>	HQc (L2) ≤ Trascurabile	<b>A</b>
	Basso ≤ HQc (L2) ≤ Medio	<b>B</b>
	HQc (L2) = Alto	<b>C</b>
	HQc (L2) > Alto	<b>D</b>
<b>Basso</b>	HQc (L1) ≤ Basso	<b>A</b>
	HQc (L1) ≥ Medio e HQc (L2) ≤ Basso	<b>B</b>
	Medio ≤ HQc (L2) ≤ Alto	<b>C</b>
	HQc (L2) > Alto	<b>D</b>
<b>Medio</b>	HQc (L2) ≤ Basso	<b>C</b>
	HQc (L2) ≥ Medio	<b>D</b>
<b>≥ Alto</b>	HQc (L2) ≤ Basso	<b>D</b>
	HQc (L2) ≥ Medio	<b>E</b>

Sulla base dei risultati ottenuti e sopra illustrati nel capitolo 4, i sedimenti di dragaggio con i domini di caratterizzazione evidenziati nell'elaborato “*Allegato 04 - Domini degli Accorpamenti*”, risultano avere le “Classi di Qualità del materiale” riportate nella seguente tabella.

Campione	Classe di pericolo ecotossicologico elaborato per l'intera batteria (HQBatteria)	Classificazione chimica	Classe di Qualità del materiale
<b>ACC_01</b>	<b>Assente</b>	HQc (L2) ≤ Trascurabile	<b>A</b>
<b>ACC_02</b>	<b>Assente</b>	HQc (L2) ≤ Trascurabile	<b>A</b>
<b>ACC_03</b>	<b>Medio</b>	HQc (L2) ≤ Basso	<b>C</b>
<b>ACC_04</b>	<b>Assente</b>	HQc (L2) ≤ Trascurabile	<b>A</b>

Come osservabile 3 campioni su quattro possono essere identificati con una “Classe di Qualità del materiale” nel valore “A”, ossia caratterizzato da una Classe di pericolo ecotossicologico “ASSENTE” e valori chimici HQc (L2) ≤ Trascurabile. Pertanto, le opzioni di gestione prevista per tali tipologie di sedimenti sono:

- RIPASCIMENTO della spiaggia emersa con pelite ≤ 10% o altro valore stabilito su base regionale;
- RIPASCIMENTO della spiaggia sommersa con frazione sabbiosa prevalente;
- IMMERSIONE DELIBERATA IN AREE MARINE NON COSTIERE (oltre le 3 mn);
- IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO MARINO-COSTIERO.

In relazione alle prime due opzioni di gestione, appare necessario immediatamente sottolineare che i campioni analizzati, pur compatibili con tali gestioni da un punto di vista ecotossicologico e chimico, non lo sono da un punto di vista granulometrico/composizionale.

Infatti i materiali di dragaggio sono composti, come evidenziato dalle analisi granulometriche e sedimentologiche, prevalentemente da materia organica (alghe costituite da foglie e rizomi di *Posidonia oceanica*), in genere di colore grigio o grigio scuro, con odore di idrogeno solforato, condizioni che li rendono, a nostro giudizio, **assolutamente non compatibili con i sedimenti delle spiagge emerse e sommerse delle aree limitrofe.**

Per quanto esposto, per tali sedimenti rimangono valide le opzioni di gestione relative alla “IMMERSIONE DELIBERATA IN AREE MARINE NON COSTIERE (oltre le 3 mn)” o al riutilizzo per “IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO MARINO-COSTIERO”.

Per quanto riguarda la prima opzione di gestione questa dovrà, se eventualmente adottata, essere regolata come previsto dal capitolo “3.1.1. Area marina per l’immersione dei materiali di escavo (oltre le 3 mn dalla costa)” dell’Allegato Tecnico del Decreto 173/2016 che, per quanto progettualmente complesso, appare una valida soluzione in mancanza della possibilità di realizzare “ambienti conterminati” come le vasche di colmata all’interno del Porto di Fertilia o, anche, all’interno del Porto di Alghero, poiché la loro realizzazione appare di elevato costo e di difficile ubicazione nei suddetti ambiti portuali, in particolare se si producessero volumi di escavo significativi (dai 20.000 ai 40.000 mc).

Talaltro, essendo i materiali di dragaggio composti prevalentemente da “sostanza organica”, le vasche di colmata eventualmente riempite di tale materiale non potrebbero essere utilizzate nell’immediato per banchinamenti in quanto la frazione organica degraderebbe ed il sedimento non costituirebbe idoneo supporto alle sovrastrutture che dovessero essere realizzate.

Per quanto riguarda il campione ACC\_03, rappresentativo di uno dei domini, questo è stato identificato con una “Classe di Qualità del materiale” nel valore “C”, ossia caratterizzato da una

Classe di pericolo ecotossicologico "MEDIO" e valori chimici HQc (L2) ≤ Basso. Pertanto, l'unica opzioni di gestione prevista in tali condizioni è:

- IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO in ambito portuale in grado di trattenere tutte le frazioni granulometriche del sedimento, incluso capping all'interno di aree portuali, con idonee misure di monitoraggio ambientale.

Ciò significa che, in assenza di ulteriori approfondimenti specifici sui sedimenti che hanno prodotto tale accorpamento, questa porzione dei materiali di dragaggio devono necessariamente trovare collocazione in vasche di colmata da realizzare in ambito portuale. Anche per tale porzione dei materiali di dragaggio, essendo composti prevalentemente da "sostanza organica", valgono le stesse considerazioni generali espresse nei precedenti capoversi.

Qualora le suddette "opzioni di gestione" non potessero essere praticate rimane l'opzione di smaltimenti dei sedimenti, i quali potrebbero essere presumibilmente conferiti con il Codice CER "17.05.06 fanghi di dragaggio, diversa da quella di cui alla voce 17.05.05" in una "DISCARICA CONTROLLATA PER RIFIUTI SPECIALI NON PERICOLOSI".

Nell'ambito locale si potrà verificare la fattibilità di un loro conferimento nella Discarica della S.I.G.E.D. S.R.L. in Località Scala Erre nel Comune di Sassari, la quale può accettare tale codice CER. Nel caso, progettualmente, si dovrà comunque valutare la possibilità di accantonare il materiale di dragaggio in una "vasca di colmata" provvisoria al fine di favorirne il drenaggio e l'essiccazione della frazione organica costituita, per lo più, da foglie e rizomi di posidonia.