

CONTRATTO DI RICERCA
Società Ischia Gas s.r.l. - Stazione Zoologica A. Dohrn



Relazione tecnico-scientifica attività 2017

CARATTERISTICHE CHIMICHE E FISICHE DEI SEDIMENTI MARINI IN QUATTRO SITI UBICATI LUNGO IL PERCORSO DI POSA DEL GASDOTTO NAPOLI-ISCHIA E CARATTERIZZAZIONE DELLE COMUNITA' BENTONICHE IVI PRESENTI

RICOLONIZZAZIONE SPONTANEA DI *Posidonia oceanica* DELLA TRACCIA DI ESCAVO DI PUNTA S. PIETRO: MONITORAGGIO DEL RICOPRIMENTO DEL CANALE DI ATTRAVERSAMENTO DELLA PRATERIA



Luglio 2018

Gruppo di lavoro:

Stazione Zoologica Anton Dohrn:

Ing. Francesca Margiotta (Responsabile scientifico del progetto)

Dott.ssa Maria Cristina Buia (Responsabile monitoraggio *Posidonia oceanica*)

Sig. Marco Cannavacciuolo

Dott. Giovanni De Martino

Dott. ssa Sara Fioretti

Dott.ssa Rosanna Guglielmo

Sig. Bruno Iacono

Dott. Maurizio Lorenti

Dott. Augusto Passarelli

Dott. Francesco Paolo Patti

Dott.ssa Lucia Porzio

Sig. Vincenzo Rando

Dott.ssa Maria Saggiomo

Sig. Ferdinando Tramontano

Sig. Gianluca Zazo

PARTE I - CARATTERISTICHE CHIMICHE E FISICHE DEI SEDIMENTI MARINI IN QUATTRO SITI UBICATI LUNGO IL PERCORSO DI POSA DEL GASDOTTO NAPOLI-ISCHIA E CARATTERIZZAZIONE DELLE COMUNITA' BENTONICHE IVI PRESENTI	1
1. PIANO DI CAMPIONAMENTO	2
2. METODOLOGIE ANALITICHE	3
2.1 Caratterizzazione fisica e chimica dei sedimenti	3
2.2 Biocenosi bentoniche.....	10
3. RISULTATI	12
3.1 Caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti	12
3.1.2 Caratteristiche chimiche	14
4. BIBLIOGRAFIA	24
5. APPENDICE	25
PARTE II - RICOLONIZZAZIONE SPONTANEA DI <i>Posidonia oceanica</i> DELLA TRACCIA ESCAVO DI PUNTA S. PIETRO: MONITORAGGIO DEL RICOPRIMENTO DEL CANALE DI ATTRAVERSAMENTO DELLA PRATERIA	29
1. CARATTERISTICHE DEL TRACCIATO MONITORATO	30
2. CONSIDERAZIONI GENERALI	31
RACCOMANDAZIONI	45



**PARTE I - CARATTERISTICHE CHIMICHE E FISICHE DEI SEDIMENTI MARINI IN QUATTRO SITI
UBICATI LUNGO IL PERCORSO DI POSA DEL GASDOTTO NAPOLI-ISCHIA E CARATTERIZZAZIONE
DELLE COMUNITA' BENTONICHE IVI PRESENTI**

1. PIANO DI CAMPIONAMENTO

Le caratteristiche chimico - fisiche dei sedimenti superficiali e la composizione faunistica della comunità bentonica sono state analizzate in quattro punti significativi, disposti lungo l'intero percorso della condotta (Figura 1). Più nel dettaglio, le stazioni B1 e B2 sono state posizionate nelle vicinanze del Porto di Ischia alle profondità di 4m e 67m rispettivamente; B3 al centro del tratto Ischia-Fusaro alla profondità di 61m e B4 immediatamente fuori la Laguna del Fusaro, a 12m di profondità. I campionamenti sono stati effettuati il giorno 18/12/2017, così come riportato in Tabella I.

Tabella I - Coordinate e profondità delle stazioni di campionamento.

Stazione	Data campionamento	Latitudine	Longitudine	Profondità (m)
B1	15/12/2016	40° 44.810'N	13° 56.730'E	4.0
B2	15/12/2016	40° 45.350'N	13° 57.190'E	67.5
B3	15/12/2016	40° 47.120'N	13° 59.139'E	61.5
B4	15/12/2016	40° 49.280'N	14° 02.140'E	11.5



Figura 1 - Ubicazione geografica delle stazioni di campionamento.



I campionamenti dei sedimenti superficiali sono stati effettuati con una benna *Van Veen* che consente di associare maneggevolezza ad una adeguata penetrazione del substrato. La benna è stata accuratamente lavata ogni volta prima dell'uso e una volta giunto in superficie, il campione di sedimento è stato rapidamente recuperato per evitare sollecitazioni e relative perdite che ne potessero alterare il contenuto.

2. METODOLOGIE ANALITICHE

2.1 Caratterizzazione fisica e chimica dei sedimenti

Sui campioni sottoposti ad analisi, sono state eseguite le caratterizzazioni fisiche e chimiche standard previste dalla normativa di riferimento. Si riportano a seguito i metodi delle analisi effettuate e le tecniche di controllo qualità del dato fornito.

2.1.1 Parametri oggetto d'indagine

Si riportano in sintesi i parametri misurati per la caratterizzazione fisica e chimica dei campioni di sedimento.

Le analisi dei parametri elencati di seguito sono state eseguite su quattro campioni di sedimento.

Parametri fisici

- Granulometria (passo da 1 phi);
- Umidità;
- Peso Specifico;
- Colore (Munsell)

Parametri chimici

- Carbonio Organico Totale (TOC);
- Azoto Totale (TN);
- Fosforo Totale (TP);
- Elementi in traccia (Al, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn);
- Idrocarburi lineari alifatici C>12;
- Idrocarburi lineari alifatici C<12;
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (18 IPA ritenuti di interesse prioritario da US-EPA e loro sommatoria);
- Pesticidi: Cis-Clordano, Trans-Clordano, Alaclor, Aldrin, Dieldrin, Endrin, Atrazina, alfa-esacloroesano, beta-esacloroesano, gamma-esacloroesano (lindano), alfa-endosulfan, beta-endosulfan, Esaclorobenzene, 2,4-DDD, 4,4-DDD, 2,4-DDE, 4,4-DDE, 2,4-DDT, 4,4-DDT.;



- Esaclorobenzene (HCB);
- Policlorobifenili (PCB, congeneri singoli e loro sommatoria).

2.1.2 Metodi di analisi ed incertezza associata

Si riepilogano in Tabella II e Tabella III le procedure analitiche di laboratorio, le unità di misura di espressione dei risultati ed il limite di quantificazione (LOQ) relative rispettivamente alle determinazioni fisiche ed alle determinazioni chimiche condotte sul sedimento.

Tabella II - Parametri fisici del sedimento. Metodologie adottate, unità di misura e LOQ.

Parametro	Metodo	LOQ	Unità di misura
Analisi granulometrica	Manuale ICRAM 2001 Scheda S3	0,1	%
Umidità	DM 13/09/1999 Metodo II.2	0,1	%
Peso Specifico	ASTM D854-02.B	0,1	kN/m ³
Colore	Munsell Soil Color Charts	NA	Scala Munsell

Tabella III - Parametri chimici del sedimento. Metodologie adottate, unità di misura e LOQ.

Parametro	Metodo	LOQ	Unità di misura
Carbonio organico totale (TOC)	UNI EN 13137:2002	0,1	%
Azoto Totale (TN)	DM 13/09/99 Metodo XIV.3	10	mg/kg p.s.
Fosforo totale (TP)	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2014	10	mg/kg p.s.
Metalli e metalloidi			
Alluminio (Al)	EPA 3051A 2007 + UNI EN ISO 17294-2:2016	1,0	mg/kg p.s.
Cromo totale (Cr)	EPA 3051A 2007 + UNI EN ISO 17294-2:2016	1,0	mg/kg p.s.
Nichel (Ni)	EPA 3051A 2007 + UNI EN ISO 17294-2:2016	1,0	mg/kg p.s.
Rame (Cu)	EPA 3051A 2007 + UNI EN ISO 17294-2:2016	0,5	mg/kg p.s.
Zinco (Zn)	EPA 3051A 2007 + UNI EN ISO 17294-2:2016	1,0	mg/kg p.s.
Arsenico (As)	EPA 3051A 2007 + UNI EN ISO 17294-2:2016	0,5	mg/kg p.s.
Cadmio (Cd)	EPA 3051A 2007 + UNI EN ISO 17294-2:2016	0,03	mg/kg p.s.
Mercurio (Hg)	EPA 3051A 2007 + UNI EN ISO 17294-2:2016	0,03	mg/kg p.s.
Piombo (Pb)	EPA 3051A 2007 + UNI EN ISO 17294-2:2016	1,0	mg/kg p.s.
Idrocarburi lineari alifatici			
Idrocarburi C>12	EPA 3550C 2007 + EPA 8015D 2003	5,0	mg/kg p.s.
Idrocarburi C<12	EPA 5021A 2014 + EPA 8015D 2003	0,5	mg/kg p.s.
Idrocarburi policiclici aromatici			
Acenaftilene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014	1,0	µg/kg s.s.
Benzo (a) Antracene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014	1,0	µg/kg s.s.
Fluorantene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014	1,0	µg/kg s.s.
Naftalene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014	1,0	µg/kg s.s.
Antracene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014	1,0	µg/kg s.s.
Benzo (a) pirene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014	1,0	µg/kg s.s.
Benzo (b) fluorantene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014	1,0	µg/kg s.s.
Benzo (k) fluorantene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014	1,0	µg/kg s.s.
Benzo (g,h,i) perilene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014	1,0	µg/kg s.s.
Acenaftene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014	1,0	µg/kg s.s.
Fluorene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014	1,0	µg/kg s.s.
Fenantrene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014	1,0	µg/kg s.s.
Pirene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014	1,0	µg/kg s.s.
Dibenzo (a,h) antracene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014	1,0	µg/kg s.s.
Crisene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014	1,0	µg/kg s.s.



Indeno (1,2,3) pirene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014	1,0	µg/kg s.s.
Sommatoria IPA	Sommatoria IPA (calcolata)	1,0	µg/kg s.s.
Pesticidi			
Cis-Clordano	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,1	µg/kg s.s.
Trans-Clordano	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,1	µg/kg s.s.
Alaclor	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,1	µg/kg s.s.
Aldrin	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,1	µg/kg s.s.
Dieldrin	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,1	µg/kg s.s.
Endrin	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,1	µg/kg s.s.
Atrazina	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,1	µg/kg s.s.
alfa-esacloroetano	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,1	µg/kg s.s.
beta-esacloroetano	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,1	µg/kg s.s.
gamma-esacloroetano (lindano)	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,1	µg/kg s.s.
alfa-endosulfan	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,1	µg/kg s.s.
beta-endosulfan	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,1	µg/kg s.s.
Esaclorobenzene	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,1	µg/kg s.s.
2,4-DDD	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,1	µg/kg s.s.
4,4-DDD	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,1	µg/kg s.s.
2,4-DDE	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,1	µg/kg s.s.
4,4-DDE	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,1	µg/kg s.s.
2,4-DDT	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,1	µg/kg s.s.
4,4-DDT	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,1	µg/kg s.s.
Congeneri PCB			
2,4,4''-triclorobifenile (28)	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,01	µg/kg s.s.
2,2,5,5-tetraclorobifenile (52)	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,01	µg/kg s.s.
3,3,4,4-tetraclorobifenile (77)	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,01	µg/kg s.s.
3,4,4,5-tetraclorobifenile (81)	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,01	µg/kg s.s.
2,2,4,5,5-pentaclorobifenile (101)	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,01	µg/kg s.s.
2,3,3,4,4-pentaclorobifenile (105)	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,01	µg/kg s.s.
2,3,4,4,5-pentaclorobifenile (114)	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,01	µg/kg s.s.
2,3,4,4,5-pentaclorobifenile (118)	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,01	µg/kg s.s.
2,3,4,4,5-pentaclorobifenile (123)	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,01	µg/kg s.s.
3,3,4,4,5-pentaclorobifenile (126)	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,01	µg/kg s.s.
2,2,3,3,4,4-esaclorobifenile (128)	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,01	µg/kg s.s.
2,2,3,4,4,5-esaclorobifenile (138)	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,01	µg/kg s.s.
2,2,4,4,5,5-esaclorobifenile (153)	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,01	µg/kg s.s.
2,3,3,4,4,5-esaclorobifenile (156)	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,01	µg/kg s.s.
2,3,3,4,4,5-esaclorobifenile (157)	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,01	µg/kg s.s.
2,3,4,4,5,5-esaclorobifenile (167)	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,01	µg/kg s.s.
3,3,4,4,5,5-esaclorobifenile (169)	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,01	µg/kg s.s.
2,2,3,3,4,4,5-eptaclorobifenile (170)	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,01	µg/kg s.s.
2,2,3,4,4,5,5-eptaclorobifenile (180)	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,01	µg/kg s.s.
2,3,3,4,4,5,5-eptaclorobifenile (189)	EPA 3545A 2007 + EPA 8270D 2014 MS/MS	0,01	µg/kg s.s.
PCB totali	Sommatoria PCB (calcolata)	0,1	µg/kg s.s.

2.1.3 Descrizione dei metodi di analisi adottati

Caratterizzazione fisica del sedimento

Determinazione del colore. La determinazione del colore è stata effettuata mediante l'impiego delle tavole di Munsell secondo il metodo *Munsell Soil Color Charts*. Il metodo prevede il confronto diretto del provino di campione essiccato ed omogeneizzato con la rispettiva tavola. A titolo



esemplificativo si riporta in Figura 2 una delle schede realizzate per la classificazione colorimetrica del campione secondo Munsell con il relativo criterio di interpretazione del risultato.

Determinazione del peso specifico. Il metodo adottato per la determinazione del peso specifico è ASTM D854-02.B “*Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer*” e prevede appunto, l’utilizzo di un picnometro e di una bilancia analitica. Il risultato analitico è stato espresso in kN/m^3 .

Determinazione dell’umidità. Il parametro è stato quantificato secondo il metodo II.22 “Determinazione gravimetrica del contenuto di umidità” riportato nel DM 13/09/1999. L’umidità residua è calcolata come differenza tra la massa di un campione di terra fine e la massa dello stesso campione dopo essiccamento a 105°C fino a massa costante. Il risultato analitico è stato espresso in % di acqua rispetto al peso totale di campione fresco.

Determinazione granulometrica. L’analisi granulometrica è stata condotta secondo le classi granulometriche indicate dal manuale ICRAM “Metodologie analitiche di riferimento” (2001) di seguito elencate: ghiaia ($> 2 \text{ mm}$), sabbia ($2 \text{ mm} > x > 0,063 \text{ mm}$), *silt* ($0,063 \text{ mm} > x > 0,004 \text{ mm}$), argilla ($< 0,004 \text{ mm}$), pelite (somma di *silt*+argilla).

In sintesi il procedimento prevede le seguenti fasi:

- Essiccazione: il campione tal quale è stato essiccato una prima volta in stufa alla temperatura di 105°C fino a peso costante.
- Trattamento con perossido di idrogeno: il campione secco, del peso di almeno 100 grammi, è stato immerso in una soluzione di perossido di idrogeno e acqua distillata per 48 ore per facilitare la disgregazione dei granuli.
- Setacciatura per via umida: al termine delle 48 ore, la separazione di sabbia e ghiaia dalla pelite è avvenuta per via umida filtrando il campione su setaccio con maglia da $0,063 \text{ mm}$ e mantenendo la frazione pelitica passante. La frazione sabbiosa (e ghiaiosa) trattenuta è stata raccolta, essiccata e successivamente pesata.
- Setacciatura a secco: le frazioni $> 0,063 \text{ mm}$ sono state separate a secco mediante setacci ASTM con passo da 1 phi;
- Analisi della componente pelitica: la frazione pelitica raccolta, previa agitazione per ottenere un subcampione significativo e di idonea quantità, è stata successivamente separata nelle sue componenti *silt* ed argilla.



Caratterizzazione macronutrienti

Determinazione del Carbonio organico totale (TOC). Il carbonio organico è stato determinate mediante il metodo UNI EN 13137:2002 “Determinazione del carbonio organico totale (TOC) in rifiuti, fanghi e sedimenti”. In questo metodo il TOC è rappresentato dalla quantità di carbonio convertita in diossido di carbonio mediante combustione e che non è liberata come diossido di carbonio dal trattamento acido.

Determinazione dell’azoto Totale (TN). L’Azoto totale è stato determinato secondo il metodo DM 13/09/99 Metodo XIV.3 “Determinazione dell’azoto totale per distillazione secondo *Kjeldahl*”. Secondo questo metodo, azoto ammoniacale viene distillato in ambiente alcalino e assorbito in soluzione a titolo noto di acido solforico. L'eccesso di acido solforico viene titolato con soluzione a titolo noto di sodio idrossido.

Determinazione del fosforo Totale (TP). Il fosforo totale è stato determinato secondo i metodi EPA 3051A 2007 “*Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils*” e EPA 6010D 2014 “*inductively coupled plasma—optical emission spectrometry*”. Il protocollo analitico prevede la digestione totale del sedimento mediante mineralizzazione con miscela di acidi forti, a caldo, in un sistema chiuso a microonde, al fine di portare in soluzione gli elementi associati alla matrice. Nella tecnica ICP-OES, il campione è nebulizzato nel plasma di argon indotto e gli analiti di interesse sono convertiti in uno stato atomico/ionico gassoso eccitato. Quando ritornano al loro stato non eccitato, emettono energia come radiazione luminosa con lunghezza d’onda caratteristica e l’intensità della radiazione emessa è proporzionale alla concentrazione in soluzione.

Caratterizzazione microcontaminanti

Determinazione degli elementi in traccia. Gli elementi in traccia sono stati determinati secondo i metodi EPA 3051A 2007 “*Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils*” e UNI EN ISO 17294-2:2016 “*Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)*”. Il protocollo analitico prevede la digestione totale del sedimento mediante mineralizzazione con miscela di acidi forti, a caldo, in un sistema chiuso a microonde, al fine di portare in soluzione gli elementi associati alla matrice. Nella tecnica ICP-MS, sono misurati gli ioni prodotti dal plasma induttivamente accoppiato alla radio frequenza. Gli analiti sono nebulizzati e l’aerosol risultante è trasportato dal flusso di argon nella torica al plasma. Gli ioni prodotti dalle alte temperature sono



introdotti nello spettrometro di massa, selezionati e quantificati in relazione al rapporto massa/carica (m/z).

Determinazione degli Idrocarburi pesanti (idrocarburi C>12). L'analisi degli idrocarburi pesanti (Idrocarburi C>12) è stata effettuata secondo il metodo EPA 3550C 2007 "*Ultrasonic Extraction*" e successiva quantificazione con metodo EPA 8015D 2003 "*Nonhalogenated organics using GC/FID*".

Determinazione degli idrocarburi leggeri (Idrocarburi C≤12). L'analisi degli idrocarburi leggeri (Idrocarburi C≤12) è stata effettuata secondo il metodo descritto in EPA 5021A 2014 "*Volatile organic compounds in various sample matrices using equilibrium headspace analysis*" ed EPA 8015D 2003 "*Nonhalogenated organics using GC/FID*". Il metodo si basa sulla creazione dello "spazio di testa" per l'analisi dei composti volatili (VOCs) su matrice solida. Gli idrocarburi leggeri, introdotti dal sistema spazio di testa all'interno della colonna cromatografica sono stati determinati attraverso la tecnica gascromatografica GC/FID.

Determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici. La determinazione degli IPA è stata effettuata secondo il metodo di estrazione EPA 3545A 2007 "*Pressurized fluid extraction (PFE)*" e successiva quantificazione con metodo EPA 8270D 2007 "*Semivolatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry*". L'estrazione pressurizzata con solventi (ASE, realizzata con ASE 200 – Dionex) è stata adottata in quanto permette di estrarre in modo equivalente ai sistemi Soxhlet, impiegando minori quantità di solventi con un forte risparmio di tempo.

Determinazione di pesticidi e PCB. La determinazione di pesticidi e PCB è stata effettuata mediante il metodo di estrazione EPA 3545A 2007 "*Pressurized fluid extraction (PFE)*" e successiva quantificazione con metodo EPA 8270D 2007 "*Semivolatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry*". L'estrazione pressurizzata con solventi (ASE, realizzata con ASE 200 – Dionex) è stata adottata in quanto permette di estrarre in modo equivalente ai sistemi Soxhlet, impiegando minori quantità di solventi con un forte risparmio di tempo.

MUNSELL SOIL COLOR CHARTS
SCHEDE DI IDENTIFICAZIONE DEL COLORE

Nome campione:	IG4
Luogo di prelievo:	
Data ID colore:	01/02/2018
Data di emissione:	20/02/2018

Foto 1:
Preparazione campione



Foto 2:
Identificazione colore



ID COLORE:	5Y 6/1 GRAY
NOTE:	Determinazione eseguita su campione secco

Legenda:

Esempio ID colore: 10R 5 / 8

HUE VALUE CHROMA
(Tonalità) (Luminosità) (Saturazione)

Tonalità: Colore spettrale di base (R=Red YR= Yellow-Red Y=Yellow, Scala da 0 a 10)
Luminosità: Grado di luminosità/oscurità (Scala dei valori da 0 (Nero) a 10 (Bianco))
Saturazione: Intensità di colore nella scala di Munsell (Valore da 0 a 8)

Figura 2 - Scheda per la classificazione colorimetrica del campione secondo Munsell.



2.2 Biocenosi bentoniche

2.2.1 Procedura di campionamento

Ogni campione è stato sottoposto ad una prima analisi così da essere sicuri che le condizioni generali fossero buone e che si fosse raggiunta la profondità minima di penetrazione; successivamente è stato completamente rimosso dalla benna e collocato in una bacinella di dimensioni appropriate. In ciascuna stazione sono state eseguite 3 repliche di 15 litri di sedimento; il materiale raccolto è stato setacciato su maglia da 1 mm così da eliminare l'acqua e il sedimento fine. Il materiale è stato vagliato nel minor tempo possibile, utilizzando un getto di acqua di mare che consentisse di separare gli organismi dal sedimento senza danneggiarli.

Terminata la setacciatura il materiale rimanente (organismi, tanatocenosi, sedimento grossolano e così via) è stato stoccato temporaneamente in appositi contenitori.

Per fissare il campione è stata utilizzata una soluzione di formaldeide al 4%.

2.2.2 Trattamento dei campioni in laboratorio

In laboratorio, dai campioni è stata rimossa, sotto cappa, la soluzione di fissaggio utilizzando setacci con maglie di 400 μm . Successivamente il materiale all'interno del setaccio è stato accuratamente lavato sotto acqua corrente, per eliminare ogni residuo di formalina. Quindi si è proceduto allo smistamento degli organismi ad occhio nudo o con una lente di ingrandimento, ponendo il materiale in una vaschetta di plastica bianca con all'interno una quantità di acqua sufficiente a ricoprirlo. Gli organismi così riconosciuti sono stati posti in provette in grado di contenerli. Il passo successivo è stato lo smistamento più fine allo stereomicroscopio da dissezione. I campioni sono stati inizialmente smistati nei gruppi zoobentonici principali e successivamente identificati al più basso livello tassonomico possibile (LPT= *Lowest Possible Taxon*), coincidente, quasi sempre, con il livello di specie. Il LPT dipende oltre che dallo stato di conservazione degli organismi anche dalla maturità degli individui. Per il corretto inquadramento tassonomico della specie sono state utilizzate la *Checklist* della fauna italiana ed il *World Register of Marine Species* (WoRMS). Quest'ultimo, oltre a fornire una lista autorevole e completa dei nomi di organismi marini a livello mondiale, fornisce indicazioni sulle eventuali sinonimie riscontrate. La determinazione è stata effettuata con uno stereomicroscopio binoculare Leica MZ125 (zoom 1-10x) e, là dove era necessario osservare dei caratteri morfologici fini, con un microscopio Leica ICCA (obiettivi 4, 10, 20, 40, 100x). Tutti gli organismi sono stati contati tenendo conto per gli



organismi frammentati solo della parte cefalica, mentre per gli organismi dotati di un guscio (ad esempio molluschi bivalvi e gasteropodi) è stato necessario rilevare la presenza delle parti molli.

3. RISULTATI

3.1 Caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti

3.1.1 Caratteristiche fisiche

Si riportano in Tabella IV i risultati relativi alle analisi fisiche (analisi granulometrica, umidità, peso specifico, colore dei sedimenti). La pelite è espressa come sommatoria di *silt* ed argilla in quanto rilevante per la valutazione di compatibilità al ripascimento degli interventi di movimentazione. In grassetto è riportata la frazione granulometrica dominante. In corsivo la frazione di pelite che supera la soglia prevista per la classe A del manuale APAT-ICRAM 2007.

Tabella IV – Risultati delle analisi fisiche. In neretto è evidenziata la frazione granulometrica prevalente.
ND = non determinabile.

Parametro	Unità di misura	B1	B2	B3	B4
Analisi granulometrica	%				
Ghiaia (>2000 micron)	%	0,4	0,6	0,0	0,0
Sabbia (2000-63 micron)	%	95,8	16,2	4,2	79,9
Silt (63-4 micron)	%	ND	46,8	62,4	17,5
Argilla (<4 micron)	%	ND	36,4	33,4	2,6
Pelite (Silt+Argilla)	%	3,9	83,1	95,8	20,1
Umidità	%	26,30	38,22	41,68	25,84
Peso Specifico	kN/m ³	26,0	25,1	23,8	26,2
Colore	Scala Munsell	5Y 6/1	5Y 6/1	5Y 6/1	5Y 6/1
	Descrizione	GRAY	GRAY	GRAY	GRAY

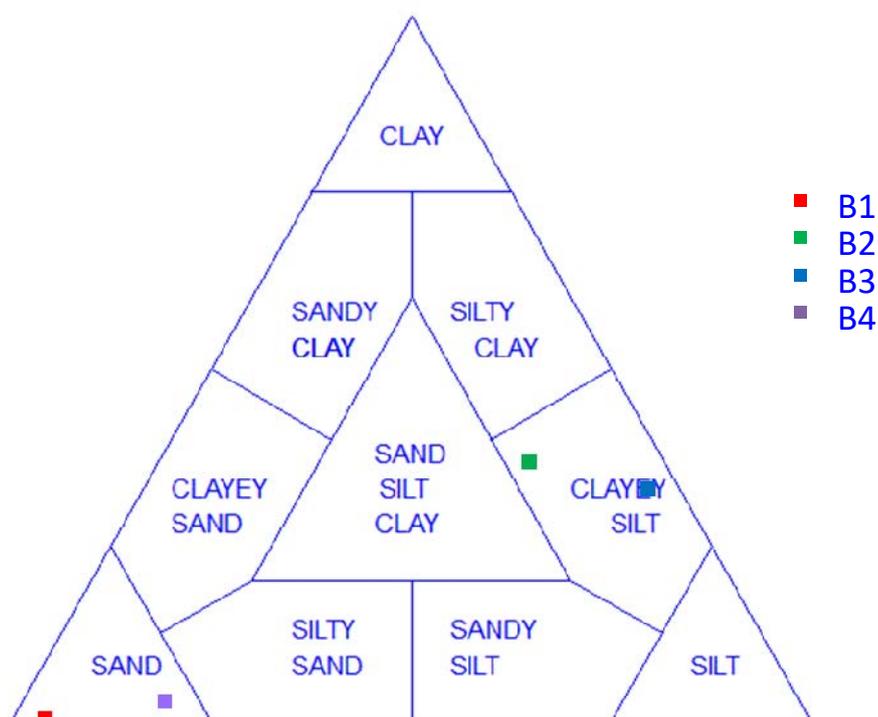


Figura 3 - Ubicazione dei campioni analizzati nel diagramma triangolare di Shepard (1954).



La distinzione delle principali classi dimensionali (sabbia, *silt* ed argilla) è stata utilizzata per la classificazione dei sedimenti secondo il diagramma triangolare di Shepard (1954), così come riportato nella Figura 3 ottenuta utilizzando il software *open source* SEDPLOT (Poppe & Eliason, 2008). Da tale classificazione si evince che i campioni B1 e B4 ricadono nel campo delle sabbie, B3 e B4 nel *silt* argilloso.

Si riportano in appendice le curve di distribuzione cumulative di ogni campione analizzato.



3.1.2 Caratteristiche chimiche

Si riportano in Tabella V le concentrazioni dei nutrienti e degli elementi in traccia ed in Tabella VI i risultati relativi agli idrocarburi lineari alifatici C>12 e C<12, policlorobifenili (PCB), espressi come singoli congeneri e loro sommatoria, pesticidi organoclorurati, esaclorobenzene (HCB) e idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

Tabella V- Concentrazioni dei nutrienti e degli elementi in traccia. In blu i valori superiori al Livello chimico di base (LCB) ed in rosso quelli superiori al livello chimico limite (LCL) individuati dal Manuale ICRAM-APAT 2007.

Parametro	Unità di misura	B1	B2	B3	B4
Carbonio organico totale (TOC)	%	< 0,1	0,9	1,0	0,1
Azoto Totale (TN)	mg/kg p.s.	< 10,0	680	680	710
Fosforo totale (TP)	mg/kg p.s.	408,5	668,7	970,9	793,6
Metalli e metalloidi					
Alluminio (Al)	mg/kg p.s.	6676,5	21984,6	26696,9	11462,2
Arsenico (As)	mg/kg p.s.	7	10,2	9,9	7,4
Cadmio (Cd)	mg/kg p.s.	0,38	0,72	0,83	0,5
Cromo totale (Cr)	mg/kg p.s.	2,5	24,6	29,7	10,7
Rame (Cu)	mg/kg p.s.	1,1	21,2	24,4	6,7
Mercurio (Hg)	mg/kg p.s.	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Nichel (Ni)	mg/kg p.s.	3,3	22,7	26,7	12,5
Piombo (Pb)	mg/kg p.s.	9,1	36,3	36,9	12,5
Zinco (Zn)	mg/kg p.s.	33,3	75,7	86,3	48,6

Per quanto riguarda i nutrienti (TOC, TN, TP) tali parametri non hanno una soglia di riferimento nella normativa attuale né nelle linee guida disponibili al momento per l'interpretazione dei dati. I valori dei nutrienti sono in linea con i valori tipici di sedimenti marini e mediamente contenuti. Dal confronto relativo, si osserva che il campione B1 ha bassi valori di TOC, TN e TP.

Relativamente al contenuto di elementi in traccia, si segnala che, dal confronto con le linee guida APAT-ICRAM (2007) per la movimentazione dei sedimenti marini, tutti gli elementi mostrano valori inferiori alla soglia LCB definita per il livello specifico di pelite. Rappresenta un'eccezione il cadmio che in tutti i campioni supera l'LCB e nel campione B3 supera anche l'LCL (0,8 mg/kg).



Tabella VI - Concentrazioni di idrocarburi lineari alifatici (C>12 e C<12), idrocarburi policiclici aromatici (IPA), pesticidi organoclorurati e policlorobifenili (PCB). In blu i valori superiori al Livello chimico di base (LCB) individuati dal Manuale ICRAM-APAT 2007.

Parametro	Unità di misura	B1	B2	B3	B4
Idrocarburi lineari alifatici					
Idrocarburi C>12	mg/kg p.s.	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Idrocarburi C<12	mg/kg p.s.	< 5,0	< 5,0	39	< 5,0
Idrocarburi policiclici aromatici					
Acenaftene	µg/kg s.s.	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Naftalene	µg/kg s.s.	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Fluorene	µg/kg s.s.	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Fenantrene	µg/kg s.s.	< 1,0	32,6	28,9	< 1,0
Antracene	µg/kg s.s.	< 1,0	6,2	8,8	< 1,0
Fluorantene	µg/kg s.s.	6,3	74,2	61,7	2,6
Pirene	µg/kg s.s.	< 1,0	60,2	53,9	2,3
Benzo (a) antracene	µg/kg s.s.	5,5	51,1	41,5	2,1
Crisene	µg/kg s.s.	< 1,0	40,1	33,6	2,3
Benzo (b) fluorantene	µg/kg s.s.	5,3	61,3	53,4	3,2
Benzo (k+j) fluorantene	µg/kg s.s.	2,5	21,3	23,2	1,4
Benzo (a) pirene	µg/kg s.s.	2,4	34,2	62,9	2,7
Dibenzo (a, h) antracene	µg/kg s.s.	< 1,0	7,2	6,1	< 1,0
Benzo (g, h, i) perilene	µg/kg s.s.	5,3	39,1	37,0	2,7
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	µg/kg s.s.	3,9	28,9	32,9	1,8
Acenaftilene	µg/kg s.s.	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Sommatoria composti policiclici aromatici	µg/kg s.s.	31,2	456,4	443,9	21,1
Pesticidi					
Cis-Clordano	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Trans-Clordano	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Alaclor	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Aldrin	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dieldrin	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Endrin	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Atrazina	µg/kg s.s.	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
alfa-esacloroesano	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
beta-esacloroesano	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
gamma-esacloroesano (lindano)	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
alfa-endosulfan	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
beta-endosulfan	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Esaclorobenzene	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2,4-DDD	µg/kg s.s.	< 0,1	0,2	0,3	< 0,1
4,4-DDD	µg/kg s.s.	< 0,1	0,7	1,2	0,1
2,4-DDE	µg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
4,4-DDE	µg/kg s.s.	< 0,1	1,0	1,3	0,2
2,4-DDT	µg/kg s.s.	< 0,1	0,4	0,4	< 0,1
4,4-DDT	µg/kg s.s.	< 0,1	0,4	0,7	< 0,1
DDD	µg/kg s.s.	< 0,1	0,9	1,5	0,1
DDT	µg/kg s.s.	< 0,1	1,0	1,1	< 0,1
DDE	µg/kg s.s.	< 0,1	0,8	1,3	0,2
DDD,DDT,DDE	µg/kg s.s.	< 0,1	2,7	3,9	0,3
Congeneri PCB					
2,4,4''-triclorobifenile (28)	µg/kg s.s.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2,2,5,5-tetraclorobifenile (52)	µg/kg s.s.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
3,3,4,4-tetraclorobifenile (77)	µg/kg s.s.	< 0,01	0,05	0,07	0,30
3,4,4,5-tetraclorobifenile (81)	µg/kg s.s.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2,2,4,5,5-pentaclorobifenile (101)	µg/kg s.s.	< 0,01	< 0,01	0,38	< 0,01
2,3,3,4,4-pentaclorobifenile (105)	µg/kg s.s.	< 0,01	< 0,01	0,14	< 0,01
2,3,4,4,5-pentaclorobifenile (114)	µg/kg s.s.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01



2,3,4,4,5-pentaclorobifenile (118)	µg/kg s.s.	< 0,01	0,25	0,40	< 0,01
2,3,4,4,5-pentaclorobifenile (123)	µg/kg s.s.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
3,3,4,4,5-pentaclorobifenile (126)	µg/kg s.s.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2,2,3,3,4,4-esaclorobifenile (128)	µg/kg s.s.	< 0,01	< 0,01	0,10	< 0,01
2,2,3,4,4,5-esaclorobifenile (138)	µg/kg s.s.	< 0,01	0,64	1,48	0,23
2,2,4,4,5,5-esaclorobifenile (153)	µg/kg s.s.	< 0,01	0,51	1,48	0,25
2,3,3,4,4,5-esaclorobifenile (156)	µg/kg s.s.	< 0,01	< 0,01	0,13	< 0,01
2,3,3,4,4,5-esaclorobifenile (157)	µg/kg s.s.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2,3,4,4,5,5-esaclorobifenile (167)	µg/kg s.s.	< 0,01	< 0,01	0,10	< 0,01
3,3,4,4,5,5-esaclorobifenile (169)	µg/kg s.s.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2,2,3,3,4,4,5-eptaclorobifenile (170)	µg/kg s.s.	< 0,01	0,17	0,34	< 0,01
2,2,3,4,4,5,5-eptaclorobifenile (180)	µg/kg s.s.	< 0,01	0,33	0,67	0,05
2,3,3,4,4,5,5-eptaclorobifenile (189)	µg/kg s.s.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB totali	µg/kg s.s.	< 0,1	1,78	4,71	0,83

Per quanto riguarda gli idrocarburi policiclici aromatici, in riferimento alle linee guida APAT-ICRAM (2007), si segnalano solo lievi i superamenti del limite LCB per il Dibenzo (a, h) antracene in due campioni (B2 e B3), ma non vengono raggiunti i livelli LCL.

Per quanto riguarda i pesticidi organoclorurati, si segnala il superamento del livello LCB definito per la sommatoria di DDD nel campione B3. Anche in questo caso non si segnalano superamenti dei livelli LCL.

I PCB mostrano valori totali inferiori ai limiti previsti dalle linee guida APAT-ICRAM (2007).



3.2 Biocenosi bentoniche

L'identificazione tassonomica del popolamento bentonico ha condotto all'individuazione complessiva di 285 individui appartenenti a 81 taxa, di cui 74 a livello di specie. La lista delle specie, corredata dai rispettivi valori di abbondanza, è stata riassunta in Tabella VII. Tra i gruppi bentonici riscontrati, gli anellidi policheti (41 specie e 156 individui) e i molluschi (22 specie e 61 individui) annoverano il maggior numero sia di specie sia di individui. Gli altri gruppi, con valori inferiori, contribuiscono seppur in minima parte alla struttura della comunità.

Ciascuna specie è stata caratterizzata dal punto di vista biocenotico secondo le preferenze ecologiche di Pérès et Picard (1964). Numerose sono le specie appartenenti sia alla Biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate (SFBC) che alla Biocenosi dei Fanghi Terrigeni Costieri (VTC). In particolare le stazioni superficiali (B1 e B4) sono principalmente caratterizzate da specie appartenenti alla biocenosi SFBC rispetto a quelle profonde (B2 e B3) caratterizzate principalmente da specie appartenenti alla biocenosi VTC. Inoltre un elevato numero di specie sono risultate strettamente sabulicole e vasicole, altre invece indicatrici di instabilità o descritte in letteratura come specie a larga ripartizione ecologica (Lre).



Tabella VII - Lista delle specie bentoniche individuate.

Stazioni	B1			B2			B3			B4		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Repliche												
Profondità	4 m			67 m			64 m			12 m		
PHYLUM ANELLIDA												
Classe Polychaeta												
<i>Adercodon pleijeli</i> Mackie, 1994						1						
<i>Alitta succinea</i> (Leuckart, 1847)											1	1
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)					1			1	1	1	2	4
<i>Amphictene auricoma</i> (O.F. Müller, 1776)				2								
<i>Aphelochaeta marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)							1					
<i>Aponuphis bilineata</i> (Baird, 1870)	2		1							7	1	1
<i>Chaetozone caputesocis</i> (Saint-Joseph, 1894)				1				2	1			
<i>Diplocirrus glaucus</i> (Malmgren, 1867)									3			
<i>Ditrupa arietina</i> (O. F. Müller, 1776)				1								
<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1863)				1							1	1
<i>Glycera tridactyla</i> Schmarda, 1861			1		1			1				1
<i>Glycera unicornis</i> Lamarck, 1818							2					
<i>Goniada maculata</i> Örsted, 1843						1				2		1
<i>Harmothoe</i> sp.						1						
<i>Kirkegaardia dorsobranchialis</i> (Kirkegaard, 1959)							1					
<i>Leiochone leiopygos</i> (Grube, 1860)			1									
<i>Lumbrineris latreilli</i> Audouin & Milne-Edwards, 1834							1					
<i>Magelona alleni</i> Wilson, 1958				1								
<i>Magelona mirabilis</i> (Johnston, 1865)	1	1	1									
<i>Malacoceros tetracerus</i> (Schmarda, 1861)						2						
<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)							3				1	
<i>Melinna palmata</i> Grube, 1870										4	3	1
<i>Metasychis gotoi</i> (Izuka, 1902)				2	1	1						
<i>Mysta picta</i> (Quatrefages, 1866)										1	2	
<i>Nephtys hombergii</i> Savigny in Lamarck, 1818							3					
<i>Nereiphylla</i> sp.							1					
<i>Onuphis eremita</i> Audouin & Milne Edwards, 1833		1								1	2	2
<i>Owenia fusiformis</i> Delle Chiaje, 1841										1	2	
<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913							1					
<i>Phyllochaetopterus socialis</i> Claparède, 1868												1
<i>Phyllodoce lineata</i> (Claparède, 1870)							1			1		
<i>Pista cristata</i> (Müller, 1776)												
<i>Polydora ciliata</i> (Johnston, 1838)										3	3	1
<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928			2				1					
<i>Psamathe fusca</i> Johnston, 1836												1
<i>Pseudoleiocapitella fauveli</i> Harmelin, 1964				2		2	1					
<i>Sabellidae</i> indet.			2									
<i>Scoloplos armiger</i> (Müller, 1776)	2	1										
<i>Sigalion mathildae</i> Audouin & Milne-Edwards, 1832										3	3	
<i>Spio filicornis</i> (O.F. Müller, 1766)	2						1			1		
<i>Spiophanes reyssi</i> Laubier, 1964	1	1										
<i>Sternaspis scutata</i> (Ranzani, 1817)						1	2	7	5			
<i>Sthenelais boa</i> (Johnston, 1833)										1	1	5
<i>Terebellides stroemii</i> Sars, 1835								3	3			



PHYLUM MOLLUSCA														
Classe Bivalvia														
<i>Abra prismatica</i> (Montagu, 1808)								1		1				
<i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus, 1758)	1													
<i>Chamelea striatula</i> (da Costa, 1778)		1												
<i>Corbula gibba</i> (Olivi, 1792)									1					
<i>Diplodonta rotundata</i> (Montagu, 1803)											1			
<i>Donax venustus</i> Poli, 1795	2													
<i>Dosinia lupinus</i> (Linnaeus, 1758)	1													
<i>Fabulina fabula</i> (Gmelin, 1791)		2	1											
<i>Nucula nitidosa</i> Winckworth, 1930					1				2	2				
<i>Papillocardium papillosum</i> (Poli, 1791)							1							
<i>Peronidia albicans</i> (Gmelin, 1791)											7	7	8	
<i>Pharus legumen</i> (Linnaeus, 1758)											1			
<i>Saccella commutata</i> (Philippi, 1844)				2										
<i>Saccella illirica</i> (Carrozza, 1987)											1			
<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)									2	2				
Classe Gastropoda														
<i>Cylichna cylindracea</i> (Pennant, 1777)											1	1		
<i>Eulima glabra</i> (da Costa, 1778)									1					
<i>Naticarius hebraeus</i> (Martyn, 1786)											1			
<i>Neverita josephinia</i> Risso, 1826	1											1		
<i>Philine aperta</i> (Linnaeus, 1767)										1				
<i>Tritia incrassata</i> (Strøm, 1768)							1							
Classe Scaphopoda														
<i>Fustiaria rubescens</i> (Deshayes, 1825)											3		2	
PHYLUM SIPUNCULA														
<i>Phascolion</i> (<i>Phascolion</i>) <i>strombus strombus</i> (Montagu, 1804)													1	
<i>Golfingia</i> (<i>Golfingia</i>) <i>vulgaris vulgaris</i> (de Blainville, 1827)								1						
<i>Sipuncula</i> indet.											1	3		
PHYLUM ARTHROPODA														
Subphylum Crustacea														
Classe Malacostraca														
Ordine Stomatopoda														
<i>Squilla mantis</i> (Linnaeus, 1758)										1				
Ordine Tanaidacea														
<i>Apeudopsis latreillii</i> (Milne Edwards, 1828)	2	1	3									4	1	2
<i>Tuberapseudes echinatus</i> (Sars, 1882)							1	1		1				
Ordine Amphipoda														
<i>Ampelisca</i> sp.			1							1	2	1	1	
<i>Hippomedon</i> sp.	3		1					2		3				
<i>Monocorophium acherusicum</i> (Costa, 1853)									2	1				
PHYLUM ECHINODERMATA														
Classe Asteroidea														
<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1827)											1			
Classe Echinoidea														
<i>Echinocardium cordatum</i> (Pennant, 1777)											4	3	2	

<i>Classe Holoturoidea</i>										
<i>Holoturoidea indet.</i>		1	1					1		1
<i>Leptopentacta tergestina (M. Sars, 1857)</i>				1						
<i>Classe Ophiuroidea</i>										
<i>Amphiura chiajei Forbes, 1843</i>			3	2				2	2	1
<i>Amphiura filiformis (O.F. Müller, 1776)</i>						1		1		

La composizione biocenotica del popolamento caratterizza le stazioni superficiali come stazioni di sabbia. Nonostante siano entrambe dominate nettamente da specie sabulicole, l'importante percentuale delle specie vasicole (37%) riscontrata nella stazione B4, caratterizza quest'ultima come sabbia infangata. Per quanto riguarda le stazioni profonde, l'alta percentuale delle specie vasicole (B2=56% e B3=48%) le caratterizza invece come stazioni di fango e fango sabbioso (Figura 4).

Notevole invece è la presenza del detrito vegetale in tutte le stazioni analizzate e la presenza del detrito conchifero in B1 e B2.

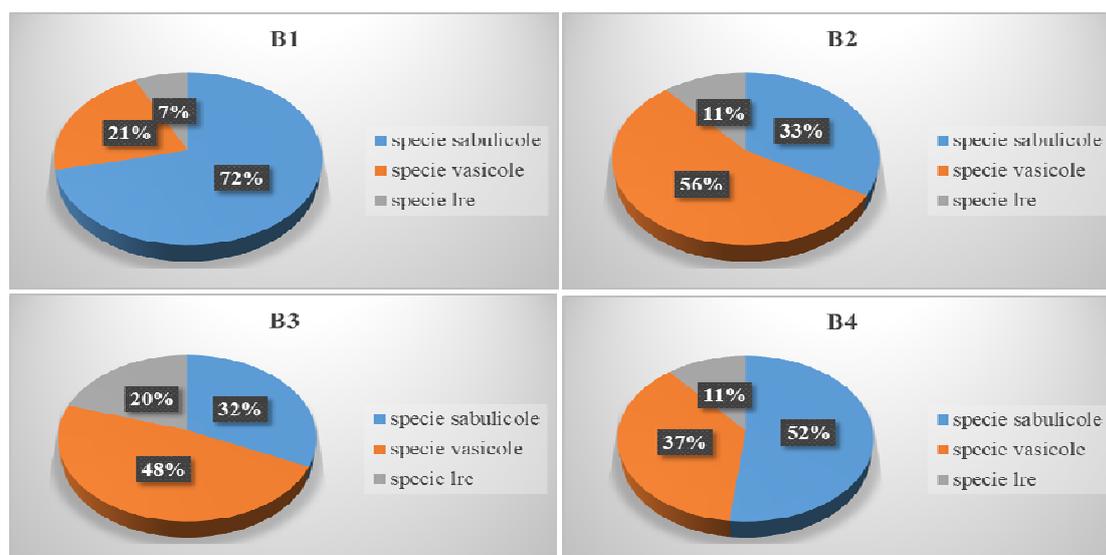


Figura 4 - Percentuale delle specie sabulicole, vasicole e a larga ripartizione ecologica (Ire) nelle quattro stazioni oggetto di indagine.

Al fine di una migliore caratterizzazione del popolamento, sulla matrice quantitativa dei dati è stato effettuato il calcolo dei principali parametri strutturali della comunità. Nella misura della struttura della comunità il concetto di diversità, espresso con l'indice di Shannon & Weaver (1949), combina l'indice di ricchezza specifica di Margalef (1958) e l'indice di uniformità nella ripartizione delle abbondanze tra le specie (evenness) di Pielou (1966).



I valori dei tre indici calcolati per ciascuna stazione e singola replica sono stati riportati in Tabella VIII.

Tabella VIII - Valori degli indici strutturali della comunità: d (Margalef), J (Pielou), H' (Shannon - Weaver).

Stazione	replica	S	N	d	J	H'
B1	R1	10	18	7,169758	0,975405	3,240224
	R2	7	8	6,643856	0,97957	2,75
	R3	7	15	5,101645	0,942681	2,646439
B2	R1	10	17	7,314404	0,964145	3,20282
	R2	5	6	5,140389	0,969724	2,251629
	R3	10	13	8,079405	0,978838	3,251629
B3	R1	15	24	10,14337	0,959585	3,748995
	R2	11	23	7,343611	0,900318	3,114589
	R3	12	26	7,773998	0,925432	3,31764
B4	R1	23	56	12,58446	0,913402	4,131831
	R2	19	42	11,08887	0,933893	3,967111
	R3	17	37	10,20277	0,89413	3,654722

Sia l'indice di ricchezza specifica (d) che quello di diversità specifica (H') mostrano valori elevati in tutte le stazioni esaminate. In particolare dal grafico riportato in Figura 5 l'andamento crescente dell'indice di Shannon Weaver e del numero di specie dalla stazione B1 alla stazione B4 indica che si tratta di una comunità molto strutturata e ricca in specie indipendentemente dalla profondità. Rispetto agli scorsi anni, vi è una maggiore diversificazione e strutturazione della comunità in tutte le stazioni esaminate.

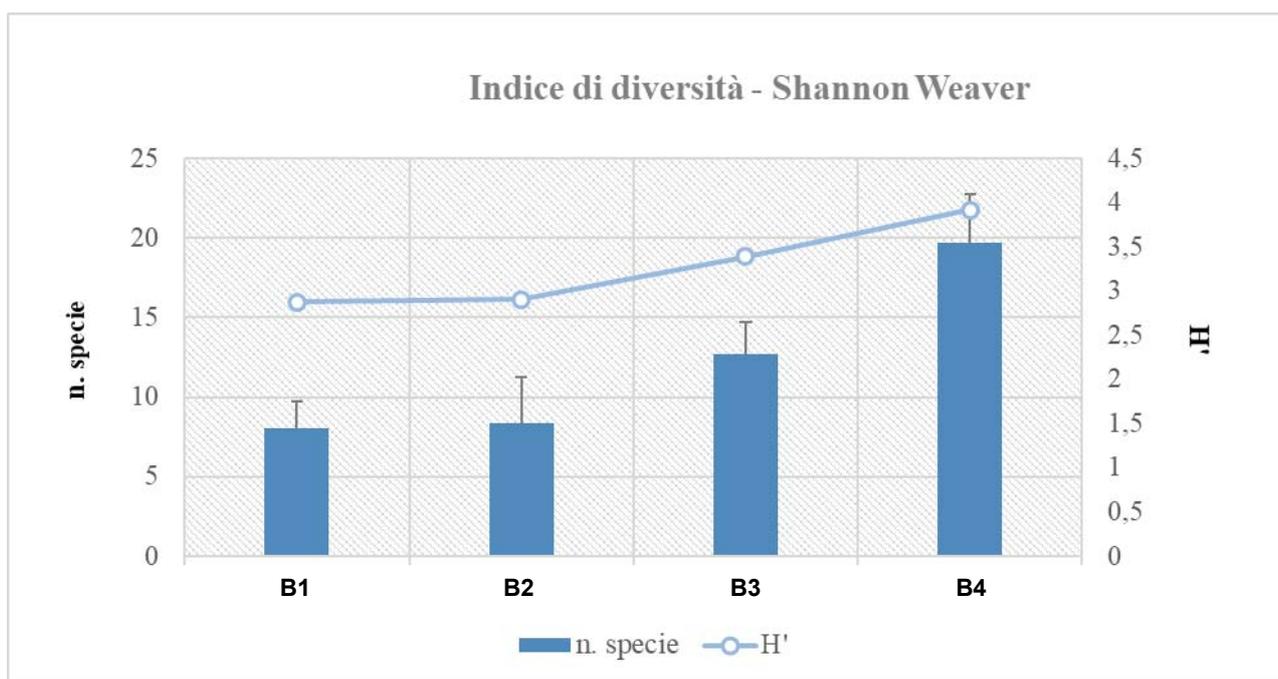


Figura 5 - Indice di diversità specifica di Shannon – Weaver.

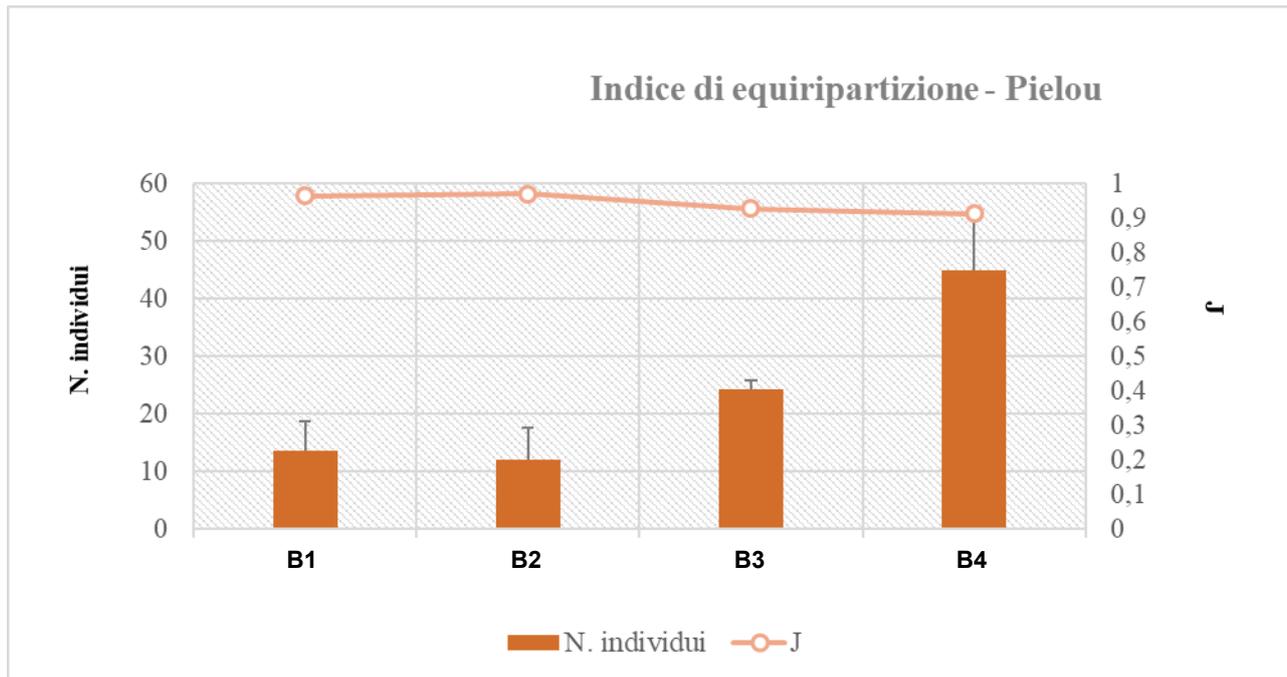


Figura 6 - Indice di equitabilità di Pielou.

In particolare rispetto agli scorsi anni non si registra più un brusco calo dei valori dell'indice nella stazione B4 (Figura 6). Questo dato è correlato alla totale assenza della *facies* del polichete tubicolo *Owenia fusiformis* che presente fin dall'inizio dei monitoraggi nell'area aveva nettamente differenziato tale stazione dalle altre caratterizzandola come quasi monospecifica.

L'elaborazione dei dati ha fornito un quadro completo circa l'ecologia e la variabilità strutturale della comunità bentonica riscontrata. La composizione specifica rispecchia la differente composizione tessiturale dei sedimenti nelle stazioni esaminate (predominanza di specie sabulicole nelle stazioni caratterizzate da sedimento sabbioso e predominanza di specie vasicole su stazioni caratterizzate da sedimento fangoso). Mettendo a confronto i dati finora elaborati, attualmente il popolamento risulta differente dal punto di vista strutturale. Gli indici di ricchezza specifica e di diversità indicano che si tratta di un popolamento ben definito e strutturato in tutte le stazioni con specie appartenenti a differenti tipologie di fondale, prettamente sabulicole nelle stazioni meno profonde (B1 e B4) e per lo più vasicole nelle stazioni più profonde. I valori elevati dell'indice di evenness hanno evidenziato una distribuzione uniforme degli individui all'interno delle specie in tutte le stazioni esaminate. Anche se rispetto agli scorsi anni il numero degli individui totali è risultato nettamente inferiore il popolamento è risultato altamente strutturato e diversificato. È chiaro che il non ritrovamento della *facies* del polichete tubicolo *Owenia fusiformis*



che aveva caratterizzato la stazione B4 fin dall'inizio del programma di monitoraggio è un dato da considerare ai fini di una migliore valutazione ambientale e caratterizzazione dell'area in oggetto.



4. BIBLIOGRAFIA

APAT-ICRAM (2007). Manuale per la movimentazione di sedimenti marini.

Cicero, A.M. & I. Di Girolamo, 2001. Metodologie analitiche di riferimento. ICRAM-Ministero dell'ambiente e della Tutela del Territorio.

Margalef R. (1958). Information theory in ecology. *Gen. Syst.*, 3: 36-71.

Pérès J.M. & Picard J. (1964). Nouveau manuel de bionomie bentique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume*, 31 (47): 5-137.

Pielou E.C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.*, 13, 131-144.

Poppe L.J. and Eliason A.E. (2008). A Visual Basic program to plot sediment grain-size data on ternary diagrams. *Computers and Geosciences*, 34:561-565.

Shannon C.E., Weaver W. (1949). The mathematical theory of communication. Urbana University Press, 122 pp.

Shepard, F.P. (1954). Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *J. Sed. Petrology*, 24,151-158.

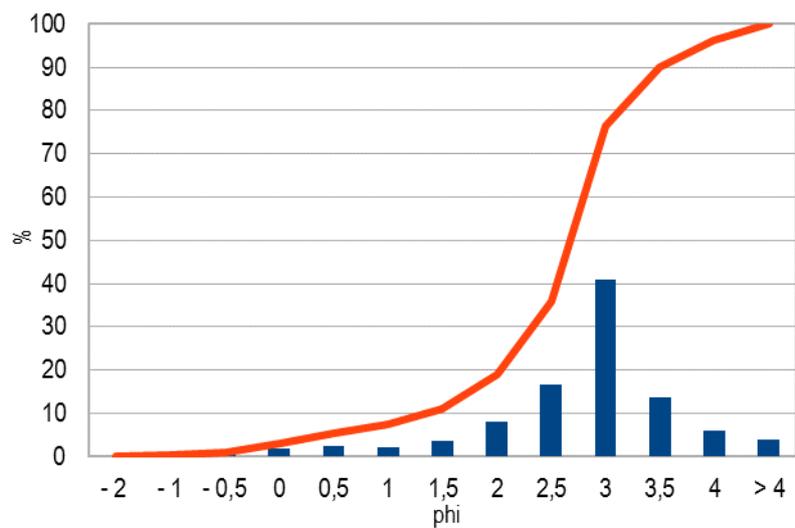


5. APPENDICE

B1

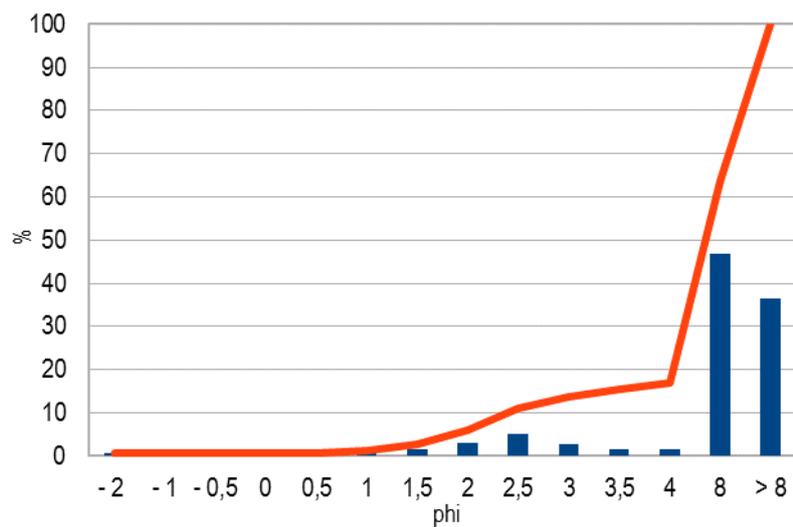
	Diametro		Trattenuto	
	μm	phi	%	% Cumulata
Ghiaia	4000	- 2	0,0	0,0
	2000	- 1	0,4	0,4
Sabbia	1400	- 0,5	0,6	1,0
	1000	0	1,9	2,9
	710	0,5	2,3	5,2
	500	1	2,1	7,3
	355	1,5	3,6	11,0
	250	2	8,0	19,0
	180	2,5	16,8	35,7
	125	3	40,8	76,5
	90	3,5	13,6	90,1
	63	4	6,0	96,1
Pelite	< 63	> 4	3,9	100,0

Curva cumulativa e istogramma di frequenza



**B2**

	Diametro		Trattenuto	
	μm	phi	%	% Cumulata
Ghiaia	4000	- 2	0,6	0,6
	2000	- 1	0,0	0,6
Sabbia	1400	- 0,5	0,0	0,6
	1000	0	0,0	0,6
	710	0,5	0,0	0,6
	500	1	0,7	1,3
	355	1,5	1,5	2,8
	250	2	3,1	5,9
	180	2,5	5,2	11,1
	125	3	2,6	13,8
	90	3,5	1,6	15,4
	63	4	1,5	16,9
Silt	4	8	46,8	63,6
Argilla	< 4	> 8	36,4	100,0

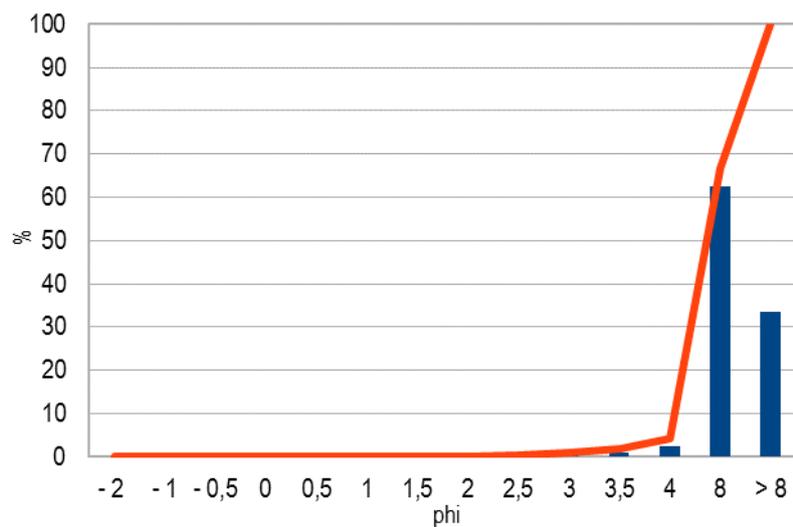
Curva cumulativa e istogramma di frequenza



B3

	Diametro		Trattenuto	
	μm	phi	%	% Cumulata
Ghiaia	4000	- 2	0,0	0,0
	2000	- 1	0,0	0,0
Sabbia	1400	- 0,5	0,0	0,0
	1000	0	0,0	0,0
	710	0,5	0,0	0,0
	500	1	0,0	0,0
	355	1,5	0,0	0,0
	250	2	0,1	0,1
	180	2,5	0,4	0,5
	125	3	0,4	0,9
	90	3,5	1,0	1,9
	63	4	2,3	4,2
Silt	4	8	62,4	66,6
Argilla	< 4	> 8	33,4	100,0

Curva cumulativa e istogramma di frequenza

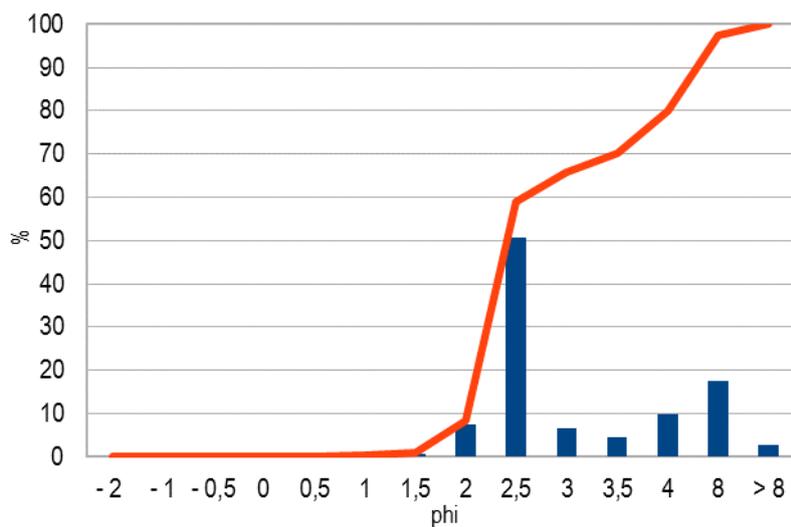




B4

	Diametro		Trattenuto	
	μm	phi	%	% Cumulata
Ghiaia	4000	- 2	0,0	0,0
	2000	- 1	0,0	0,0
Sabbia	1400	- 0,5	0,0	0,0
	1000	0	0,0	0,0
	710	0,5	0,0	0,1
	500	1	0,2	0,3
	355	1,5	0,6	0,9
	250	2	7,4	8,2
	180	2,5	50,7	59,0
	125	3	6,7	65,6
	90	3,5	4,6	70,2
	63	4	9,7	79,9
Silt	4	8	17,5	97,4
Argilla	< 4	> 8	2,6	100,0

Curva cumulativa e istogramma di frequenza





**PARTE II - RICOLONIZZAZIONE SPONTANEA DI *Posidonia oceanica* DELLA TRACCIA ESCAVO DI
PUNTA S. PIETRO: MONITORAGGIO DEL RICOPRIMENTO DEL CANALE DI ATTRAVERSAMENTO
DELLA PRATERIA**

1. CARATTERISTICHE DEL TRACCIATO MONITORATO

- 1) Punto P1 (inizio) lat 40° 44'965N; long 013°56'850E; prof. 7.3 m
- 2) Punto P2 lat 40°44'951N; long 013°56'815E; prof. 7.3 m
- 3) Punto P3 lat 40°44'915N; long 013°56'769E; prof. 6.2 m
- 4) Punto P4 lat 40°44'888N; long 013°56'745E; prof. 5.7 m
- 5) Punto P5 (fine) lat 40°44'848N; long 013°56'733E; prof. 5.6 m

Direzione SW rilevata con bussola subacquea (da 240° a 210°)

Profondità: da 7.5m a m 5.6m circa

Distanza percorsa in immersione: circa 200 m

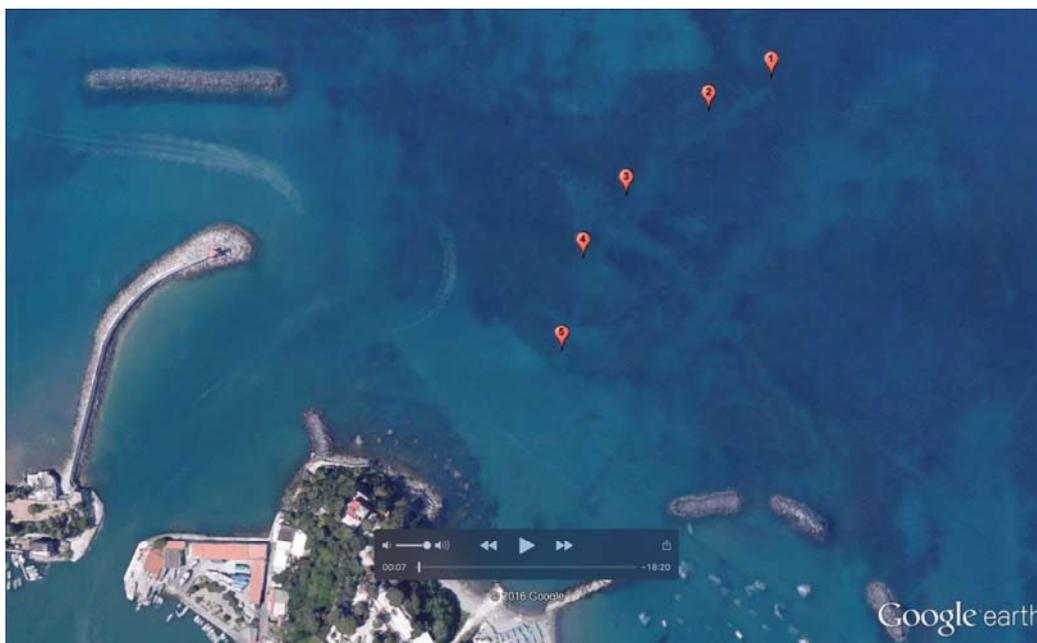


Figura 1 - Tracciato del *survey* subacqueo con indicazione dei corpi morti sommersi.

Come di consueto, si riporta in Fig. 1 il tracciato dell'escavo (ricavato da Google Earth) lungo il quale è stata monitorata la ricolonizzazione di *Posidonia oceanica*. Lungo il tracciato sono stati posizionati nel 2015 dei corpi morti numerati, a partire dal punto P1 più lontano dalla costa e quindi più profondo, in cui la condotta si interra, sino al punto più vicino alla costa, dove la prateria di *Posidonia* scompare e inizia il tratto di sola sabbia (P5).

A parte, si allegano i due filmati prodotti nei mesi di luglio e dicembre 2017; viene preventivamente indicato il tratto di tracciato a cui faranno riferimento le immagini ad esso

pertinenti. I corpi morti sono tutti ubicati alla destra del tracciato, procedendo dal largo verso terra.

Nella visione dei filmati si tenga conto della diversa stagione in cui questi sono stati effettuati. La maggiore lunghezza infatti del manto fogliare nel periodo estivo può restituire impressioni falsate di un diverso stato dei nuovi impianti (Fig. 2).



Figura 2 - Variazione della lunghezza del manto fogliare nei ciuffi impiantatisi lungo il tracciato (sopra: estate; sotto: inverno).

1. CONSIDERAZIONI GENERALI

Anche per l'anno 2017 si riconferma la lenta ricolonizzazione dell'escavo da parte di nuove pianta della fanerogama *Posidonia oceanica* e la stabilizzazione di quelle precedentemente insediate. In generale la ricolonizzazione avviene per singole talee (Fig. 3) o traccianti (Fig. 4) o zolle di matte ancora vitali nella loro parte superiore (Fig. 5).

L'arrivo casuale dei nuovi virgulti può essere imputabile, a seconda della stagione, a forti mareggiate, allo scalzamento meccanico prodotto dalle ancore in zone limitrofe, oppure al reimpianto operato dai ricercatori durante le precedenti ispezioni o infine per il distacco da erosione delle porzioni più marginali della prateria (Fig. 6).



Figura 3 - Talee e rizomi plagiotropi



Figura 4 - Traccianti plagiotropi trasportati rinvenuti sull'area dell'escavo.



Figura 5 - Zolle di matte viventi rinvenute sul tracciato (foto superiore), probabilmente a seguito di crollo del margine della prateria (foto inferiore) insediata su matte, tranciata durante la fase di escavo.

Mentre la prateria di *Posidonia*, nell'area antistante l'invaso, non ha mostrato negli anni variazioni evidenti (Fig. 6), la ricolonizzazione della pianta lungo il tracciato non è avvenuta con la stessa frequenza e successo.



Figura 6 - Aspetto della prateria nel punto in cui la condotta, arrivando davanti a Ischia, è stata interrata (in alto Giugno 2013; in basso Dicembre 2017).

Infatti l'insediamento e successivo attecchimento è avvenuto solo sulla parte ricoperta dal pietrisco e non sulla sabbia nuda (Fig. 7).



Figura 7 - Differente successo dell'arrivo di nuove talee in zone sabbiose e rocciose.
L'impianto delle talee non è avvenuto sulla sabbia

Purtroppo procedendo in direzione della costa ai margini dell'escavo (che ha inciso l'alto terrazzamento su cui era insediata la pianta), la frammentazione della prateria si fa di anno in anno più marcata, evidenziando isole di matte morta destinate ad un veloce degrado e scomparsa (Fig. 8).



Figura 8 - Segni della continua frammentazione della prateria ai margini del tracciato e della scomparsa della pianta sul terrazzamento formatosi sul lungo termine dalla crescita verticale dei rizomi.

Come già affermato nelle precedenti relazioni, in questi anni non si sono osservate tracce evidenti di espansione orizzontale della prateria, cioè dai margini verso il centro del tracciato, dove la forte movimentazione della sabbia tende ad ostacolare una crescita orizzontale

Lungo il tracciato si osserva che:

1. nel tratto P1-P2, dove il pietrisco ha le dimensioni maggiori, si sono create le condizioni edafiche migliori per il successo nell'impianto delle talee di Posidonia (Fig. 9).



Figura 9 - Impianto e sviluppo dei nuovi "arrivati" di Posidonia nel primo tratto del tracciato, quello più profondo e protetto ai margini dalla densa e continua prateria non toccata dal taglio.

2. nel tratto P2-P3 durante il periodo invernale si rinviene un aumento della movimentazione sabbiosa, soprattutto ai margini, coprendo quasi totalmente il corpo morto (Fig. 10 e 11).



Figura 10 - Stazione P2 in estate (alto) e in inverno (basso)



Figura 11 - Colonizzazione del tracciato nel tratto P2-P3

3. Dopo la Stazione P3 (Fig. 12), il tasso di ricolonizzazione diminuisce sensibilmente, diventando quasi nullo. Si osserva nell'anno una movimentazione del substrato roccioso (Fig. 13), un aumento delle radure sabbiose con isole di matte morta (Fig. 14)



Figura 12 - Stazione P3 nel periodo invernale.



Figura 13 - Aspetto invernale del tratto P3-P4.



Figura 14 - Matte morta in erosione.

4. A partire dalla stazione P4 (Fig. 15) si osserva una ampia radura, coincidente con la porzione della condotta scoperta, in cui nonostante il pietrisco si ha una forte movimentazione di sabbia. In questo tratto non si osservano nuovi impianti (Fig. 16). Questi ricompaiono un poco oltre lungo il tracciato, dove il pietrisco si è accumulato formando una sorta di collina, quindi con minore quantità di sedimento fine (Fig. 17).



Figura 15 - Stazione P4 del tracciato.

Quasi in prossimità della Stazione P5, tra la matte elevata che è stata scavata e la deposizione di pietrisco si è formato un avvallamento che fa da raccoglitore di grosse quantità di foglie morte, rizomi e zolle di matte (Fig. 17).



Figura 16 - Porzione della condotta scoperta nel tratto P4-P5



Figura 17 - Ricolonizzazione nell'ultima parte del tracciato dove il pietrisco si è accumulato formando un sollevamento del fondo.



Figura 18 - Ammassi di detrito fogliare in prossimità della ultima stazione più superficiale P5.



Figura 19 - Profondità dell'ultima Stazione P5 che chiude il tracciato.

La Stazione P5 chiude il tracciato e l'ispezione (Fig. 19).

5. Dopo questo ultimo corpo morto, a testimonianza della passata presenza di Posidonia rimane ciò che resta di una zolla di matte e del detrito fogliare. Si noti come sulla sabbia non si osservi alcuna ricolonizzazione (Fig. 20).



Figura 20 - Dopo l'ultimo corpo morto, a testimonianza della passata presenza di Posidonia rimane ciò che resta di una zolla di matte purtroppo in erosione e del detrito fogliare.

Concludendo, il tipo di copertura fatto sul tracciato ha favorito, se pur molto lentamente, il processo di ricolonizzazione, favorito dalla presenza in profondità di una densa prateria non alterata dalla posa della condotta. La ricolonizzazione è stata favorita anche dallo smantellamento a cui è andata incontro l'elevata matto che è stata tranciata dall'escavo, favorendo forse, ma andrebbe studiato, il mantenimento del genotipo originariamente presente in zona.



Probabilmente l'uso di un pietrisco diverso, più morbido come quello di natura calcarea, avrebbe potuto accelerare l'attecchimento dei talli e dei traccianti.



RACCOMANDAZIONI

1. Così come riportato nelle prescrizioni del decreto autorizzativo del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, i risultati delle analisi per la caratterizzazione chimica e fisica dei sedimenti e le caratteristiche delle comunità bentoniche dei quattro siti investigati dovranno essere resi disponibili ad ISPRA ed ad ARPA Campania a cura della Società Ischia Gas s.r.l..
2. I risultati del monitoraggio del ricoprimento della traccia di attraversamento della prateria di Punta S. Pietro dovranno essere comunicati al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare a cura della Società Ischia Gas s.r.l.