

**ENI S.p.A.  
UPSTREAM DICS**

**SERVIZI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE  
CAMPO BONACCIA NW**

**MONITORAGGIO DELL'AREA INTERESSATA  
DALL'INSTALLAZIONE DELLA CONDOTTA  
COLLEGANTE BONACCIA NW A BONACCIA**

-----  
**FASE DI PRODUZIONE**

**RAPPORTO FINALE**

**2° ANNO**

**(dal pre-survey a dicembre 2017)**

**RAPPORTO n. 7**

**OPERATORE SCIENTIFICO:  
CNR – IRBIM ANCONA**

**COORDINATORE:  
GIANNA FABI**

**RESPONSABILE SCIENTIFICO:  
ALESSANDRA SPAGNOLO**

**RAPPORTO A CURA DI:  
GIANNA FABI  
ALESSANDRA SPAGNOLO  
ANNA MARIA DE BIASI  
LUDMILA KOZINKOVA  
VERA SALVALAGGIO**

**ANCONA, Novembre 2018**

# INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	1
2.	MATERIALI E METODI.....	4
2.1.	CAMPIONAMENTO IN MARE.....	4
2.1.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI E SULLA COMUNITÀ BENTONICA .....	4
2.1.2.	ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI .....	6
2.2.	ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI.....	7
2.2.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI .....	7
2.2.2.	ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI .....	11
2.2.2.1	<i>Dunaliella tertiolecta</i> .....	11
2.2.2.2	<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®).....	12
2.2.2.3	<i>Corophium orientale</i> .....	13
2.2.2.4	<i>Crassostrea gigas</i> .....	14
2.2.2.5	Ricerca di metalli pesanti in <i>Hediste diversicolor</i> .....	15
2.2.3.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA .....	16
3.	RISULTATI.....	21
3.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI.....	21
3.1.1.	GRANULOMETRIA.....	21
3.1.2.	IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI .....	22
3.1.3.	IDROCARBURI TOTALI.....	25
3.1.4.	METALLI PESANTI.....	26
3.1.5.	SOSTANZA ORGANICA.....	38
3.1.6.	TOTAL ORGANIC CARBON (TOC).....	39
3.2.	ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI.....	41
3.2.1.	<i>DUNALIELLA TERTIOLECTA</i> .....	41
3.2.2.	<i>VIBRIO FISCHERI</i> (SISTEMA MICROTOX®).....	41
3.2.3.	<i>COROPHIUM ORIENTALE</i> .....	42
3.2.4.	<i>CRASSOSTREA GIGAS</i> .....	43
3.2.5.	RICERCA DI METALLI PESANTI IN <i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i> .....	44
3.3.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA .....	48
3.3.1.	DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P) .....	48
3.3.2.	AFFINITÀ BIOECENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE.....	69
3.3.3.	DOMINANZA .....	72
3.3.4.	RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S) .....	73
3.3.5.	RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA (S <sub>M</sub> ) .....	75
3.3.6.	DIVERSITÀ SPECIFICA (H') .....	76
3.3.7.	MULTIDIMENSIONAL SCALING (MDS).....	76
3.3.8.	VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE .....	78
3.3.8.1	Indice W di Clarke.....	78
3.3.8.2	Indice AMBI.....	78
3.3.8.3	Indice BENTIX .....	79
3.3.8.4	Stato ecologico .....	80

4.	CONCLUSIONI.....	82
5.	BIBLIOGRAFIA.....	86
ALLEGATO A	Schede tecniche della strumentazione utilizzata nelle indagini .....	I
	- ALL. A1 Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti .....	II
	- ALL. A2 Indagini sulla comunità bentonica.....	VII
ALLEGATO B	Schede granulometriche 4° survey post lavori (estate 2017) .....	IX

## PARTECIPANTI AL PROGRAMMA

Coordinatore	G. Fabi	CNR - IRBIM Ancona
Responsabile Scientifico	A. Spagnolo	CNR - IRBIM Ancona
Analisi dei sedimenti ed ecotossicologia	A.M. De Biasi	CIBM Livorno
	G. Bontà Pittaluga	CIBM Livorno
	S. Dell'Ira	CIBM Livorno
	L. Kozinkova	CIBM Livorno
	M. Pertusati	CIBM Livorno
	S. Polese	CIBM Livorno
	O. Spinelli	CIBM Livorno
Comunità bentonica	C. Cuicchi	Cooperativa Mare Ricerca Ancona
	L. Montagnini	Cooperativa Mare Ricerca Ancona
	P. Polidori	CNR - IRBIM Ancona
	E. Punzo	CNR - IRBIM Ancona
	V. Salvalaggio	CNR - IRBIM Ancona
	A. Santelli	CNR - IRBIM Ancona
	P. Strafella	CNR - IRBIM Ancona

Hanno inoltre collaborato allo svolgimento dei campionamenti in mare i Sigg.ri Giampaolo Gaetani e Antonio Marziali imbarcati sulla M/R Tecnopesca II del CNR - IRBIM Ancona utilizzata per le indagini.

## 1. INTRODUZIONE

In riferimento al Decreto n. 0000222 del 09/09/2014 emesso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-IRBIM (ex ISMAR) di Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS di effettuare un monitoraggio volto a valutare il potenziale impatto ambientale conseguente l'installazione della piattaforma Bonaccia NW e della condotta sottomarina collegante tale piattaforma alla già esistente Bonaccia.

Bonaccia NW è installata in Adriatico centrale, a circa 60 km in direzione Est dalla costa marchigiana di Ancona, su un fondale di circa 87 m nella zona delle sabbie pelitiche del largo.

L'area in cui sono posizionate le strutture è particolarmente interessante dal punto di vista idrodinamico in quanto, trovandosi sulla mid-line, non è influenzata in maniera consistente dalla circolazione generale dell'Adriatico (verso Nord nel versante croato e verso Sud in quello italiano). Tuttavia, in alcuni periodi dell'anno può essere soggetta a un maggiore idrodinamismo dovuto al passaggio sul fondo di acque dense formatesi nel Nord Adriatico durante la stagione invernale con caratteristiche chimico-fisiche differenti da quelle presenti in zona e che possono modificare le caratteristiche biogeochimiche e la distribuzione spaziale dei sedimenti. La parte più superficiale, vista l'ubicazione della piattaforma, può essere interessata da eventi di Bora anche abbastanza consistenti, che possono determinare variazioni brusche di correnti nella parte più superficiale della colonna d'acqua (10-20 m).

Sulla base di tali considerazioni e delle esperienze condotte o tuttora in corso dal CNR-IRBIM presso analoghe strutture situate in Adriatico centro-settentrionale (Fabi *et al.*, 2001a; 2001b; 2002; 2003; 2004a; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015a; 2016a; 2017a; 2018a; 2018b; 2018c) e delle prescrizioni dell'ARPAM, per quanto concerne la condotta sottomarina si è ritenuto opportuno proporre un programma di monitoraggio comprendente le seguenti indagini:

1. caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti presenti nel fondo mobile circostante;
2. ecotossicologia dei sedimenti circostanti;
3. caratteristiche delle comunità bentoniche presenti nei sedimenti circostanti;
4. analisi di inquinanti in organismi marini (*Hediste diversicolor*);

Il monitoraggio comprende le seguenti fasi (Tab. 1-I):

- a. Fase precedente alla posa in opera della condotta;

- b. Fase di installazione: in questa fase sono stati effettuati esclusivamente rilevamenti del passaggio di cetacei mediante operatori MMO.
- c. Fase di esercizio: le indagini verranno condotte per 3 anni dopo la fine dei lavori di installazione con cadenza stagionale (inverno ed estate). Al termine di tale periodo potrà essere valutata l'opportunità di proseguire ulteriormente con i controlli ambientali.
- d. Fase di fine esercizio:
  - 1. pre-smantellamento: in questa fase verrà effettuato un survey per caratterizzare la colonna d'acqua, per verificare lo stato dei sedimenti e per la caratterizzazione delle comunità bentoniche alla fine della fase di esercizio;
  - 2. post-smantellamento: si prevede un monitoraggio della durata di un anno che includerà le indagini sulla colonna d'acqua, sui sedimenti e sulla comunità bentonica. Per le indagini riguardanti la colonna d'acqua è previsto un solo survey, tutte le altre saranno condotte in inverno e in estate.

Per la fase di pre-survey è stato previsto un monitoraggio semplificato rispetto a quelli successivi all'installazione a causa dell'assenza fisica della struttura.

Per quanto concerne la fase d), data la lunga durata della fase di produzione di una condotta sottomarina, si precisa che le modalità di monitoraggio e le indagini sono state redatte sulla base delle esperienze maturate sino ad oggi, ma è verosimile che nel tempo gli approcci metodologici riguardanti sia la dismissione delle strutture che le metodiche di monitoraggio ambientale si evolveranno. Pertanto il piano proposto potrebbe necessitare di modifiche sulla base delle nuove conoscenze acquisite.

Nel presente rapporto sono descritti i risultati conseguiti per la condotta collegante le piattaforme Bonaccia NW e Bonaccia dal pre-survey al 2° anno post lavori di installazione.

**Tab. 1-I** – Survey previsti durante il programma di monitoraggio ambientale.

<b>Fase</b>	<b>Comparti d'indagine</b>	<b>Sea-line</b>
<b>Ante operam</b>	Sedimenti	1-2 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1-2 survey
	Comunità bentonica	1-2 survey
<b>Cantiere</b>	Rilevamento cetacei	*
<b>Esercizio</b>	Sedimenti	3 anni
	Ecotossicologia dei sedimenti	3 anni
	Comunità bentonica	3 anni
<b>Pre-smantellamento</b>	Colonna d'acqua	1 survey
	Sedimenti	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey
	Comunità bentonica	1 survey
<b>Post-smantellamento</b>	Colonna acqua	1 survey
	Sedimenti	1 anno
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 anno
	Comunità bentonica	1 anno

\* Monitoraggio in continuo da parte di operatori MMO (rif. DM punto A.7-a)

## 2. MATERIALI E METODI

La condotta collegante le piattaforme Bonaccia NW e Bonaccia si estende per circa 2,5 km in direzione WNW-ESE (fig. 2.1). I lavori di installazione sono terminati nel settembre 2015. Il pre-survey è stato condotto nell'inverno 2015, mentre i monitoraggi post lavori sono stati effettuati a partire dall'inverno 2016 (Fabi *et al.*, 2015b; 2016b; 2017b; 2017c).

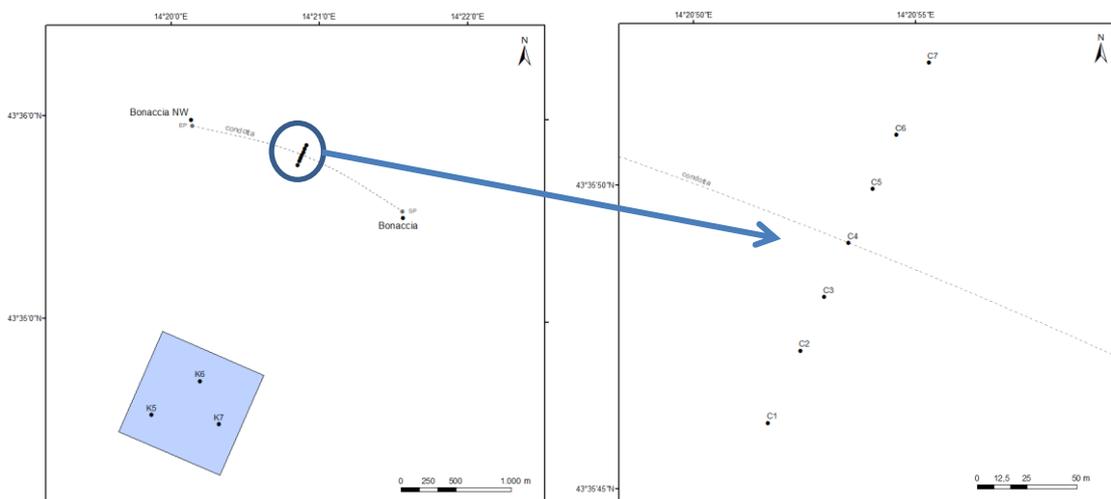


**Fig. 2.1** - Sea-line collegante le piattaforme Bonaccia NW e Bonaccia.

### 2.1. CAMPIONAMENTO IN MARE

#### 2.1.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI E SULLA COMUNITÀ BENTONICA

I prelievi sono stati effettuati lungo un transetto perpendicolare alla condotta stessa e quindi orientato in direzione SW-NE, posto a circa metà della sua lunghezza (fig. 2.2).



**Fig. 2.2** - Schema di campionamento del sea-line per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica, con particolare del transetto.

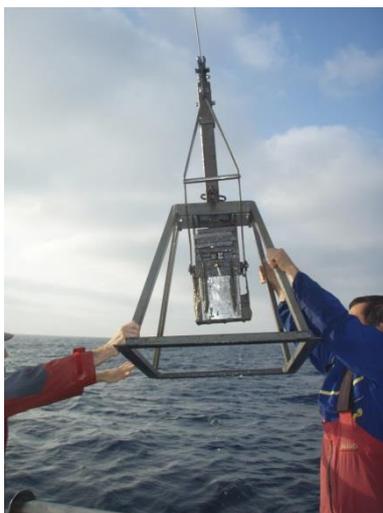
Sul transetto sono state posizionate n. 7 stazioni, di cui 1 nelle immediate vicinanze del sea-line, 3 a distanze crescenti da esso in direzione NE e 3 a distanze crescenti verso SW. Inoltre sono stati campionati 3 siti di controllo posti in modo random all'interno di un'area (1000x1000 m) priva di altre strutture artificiali situata a circa 2000 m dalla condotta in

direzione SW. Le coordinate delle singole stazioni campionate nell'estate 2017, ovvero nel 4° survey post lavori di installazione, sono riportate in Tab. 2-I.

**Tab. 2-I** - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate nel 4° survey post lavori per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica. In rosso il punto corrispondente al sea-line.

	Distanza dal sea-line (m)	Posizione rispetto al sea-line	Coordinate geografiche	Profondità (m)
C1	100	SW	43°35'747N 14°21'020E	89,7
C2	60	SW	43°35'759N 14°21'053E	89,6
C3	30	SW	43°35'782N 14°21'056E	89,5
<b>C4</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>43°35'800N 14°21'051E</b>	<b>88,1</b>
C5	30	NE	43°35'812N 14°21'058E	87,0
C6	60	NE	43°35'831N 14°21'067E	88,0
C7	100	NE	43°35'852N 14°21'108E	87,2
K5	2000	SW	43°34'972N 14°19'954E	86,0
K6	2000	SW	43°34'917N 14°19'537E	86,1
K7	2000	SW	43°34'979N 14°19'716E	86,1

**Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti** - Tutte le stazioni sono state campionate mediante box-corer (fig. 2.3; All. A1-I).



**Fig. 2.3** – Box-corer utilizzato per le indagini fisiche e chimiche dei sedimenti.

In situ sono stati rilevati i seguenti parametri:

- aspetto macroscopico (colore, odore, eventuale presenza di frammenti di conchiglie, concrezioni, ecc.);
- tessitura;
- presenza di strutture sedimentarie di varia natura;

Da ciascun campione, dopo la descrizione degli aspetti sopra elencati, sono state prelevate porzioni di sedimento ripartite in due aliquote per le seguenti analisi:

- granulometria;
- Idrocarburi Policiclici Aromatici;
- Idrocarburi totali;
- metalli pesanti (alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, gallio, indio, manganese, magnesio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, stagno titanio, vanadio, zinco, zirconio e ossido di zirconio);
- sostanza organica totale;
- Total Organic Carbon (TOC).

I campioni sono stati congelati e conservati a  $-18^{\circ}\text{C}$  ad eccezione di quelli utilizzati per la granulometria, conservati a  $+4^{\circ}\text{C}$ .

**Indagini sulle comunità bentoniche** - Tutte le stazioni sono state campionate mediante una benna di tipo Van Veen avente una capacità di 12 l e un'apertura di  $0,095\text{ m}^2$  (fig. 2.4; All. A2-I). Presso ogni stazione sono state effettuate 6 repliche. I campioni sono stati lavati e setacciati con maglia da 0,5 mm (All. A2-II) e fissati in formaldeide diluita in acqua di mare al 5%.



**Fig. 2.5** – Benna Van Veen utilizzata per le indagini sulla comunità bentonica.

### 2.1.2. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

I prelievi sono stati effettuati tramite box-corer sui sedimenti di 4 stazioni di campionamento di cui 1 corrispondente al sea-line (C4), 2 poste a 60 m da esso (C2 e C6) e 1 di controllo (K6). L'eventuale tossicità dei sedimenti nei confronti degli organismi marini è stata valutata tramite l'applicazione della seguente batteria di saggi ecotossicologici:

- *Dunaliella tertiolecta* (accrescimento);
- *Vibrio fischeri* (variazione della bioluminescenza);
- *Corophium orientale* (mortalità dopo 10 giorni);
- *Crassostrea gigas* (embriotossicità).

La ricerca di inquinanti è stata effettuata su esemplari di *Hediste diversicolor*; le prove di bioaccumulo hanno riguardato i seguenti metalli pesanti: alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio, zinco.

Dal campione di sedimento è stata prelevata solo la porzione superficiale (5-10 cm) eliminando lo strato di fango venuto a contatto con le pareti della benna, al fine di evitare eventuali contaminazioni. Il materiale così ottenuto è stato posto in recipienti puliti e conservato a circa 5°C.

## **2.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI**

### **2.2.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI**

**Granulometria** - In laboratorio i campioni di sedimento sono stati pesati tal quali per la determinazione del peso umido utilizzando una bilancia elettronica tipo “Europe” (All. A1-II). Successivamente sono stati posti in contenitori di alluminio e introdotti in stufa (All. A1-III) a 110°C per almeno 24 h. Una volta raggiunta la completa essiccazione si è proceduto alla misurazione del peso secco.

Per la separazione in sabbie e peliti ogni campione è stato immerso in acqua tiepida sino alla sua completa disgregazione; si è quindi proceduto alla setacciatura con maglie da 63  $\mu$ . Il materiale trattenuto dal setaccio, definito come sabbie, è stato fatto essiccare in stufa a 130°C per almeno 24 h ed è stato sottoposto ad indagine granulometrica, ovvero è stata analizzata la distribuzione percentuale in peso dei grani costituenti il campione secondo le loro dimensioni. Per questa analisi è stato utilizzato un set di setacci (All. A1-IV) aventi dimensioni delle maglie decrescenti (4000  $\mu$ , 2000  $\mu$ , 1000  $\mu$ , 500  $\mu$ , 250  $\mu$ , 125  $\mu$ , 63  $\mu$ ). Una volta terminata la setacciatura sono stati pesati i residui di ogni setaccio ed è stata determinata la percentuale conchigliare presente. I dati così ottenuti sono stati riportati su un diagramma semilogaritmico e uniti mediante la cosiddetta “curva granulometrica”.

Le peliti (materiale inferiore a 63  $\mu$ ) sono state fatte decantare ed essiccare in stufa a 130°C sino a completa evaporazione. E’ stata quindi eseguita l’aerometria mediante l’utilizzo di un densimetro (All. A1-V) per terreni secondo il metodo di Casagrande basato su due proprietà: a) velocità con cui si depositano i grani in sospensione in un liquido viscoso in quiete dipende dal volume, dalla forma e dal peso dei granuli stessi (Legge di Stokes); b) la densità della sospensione ad un dato istante è funzione della qualità del prodotto solido non ancora depositato.

**IPA** - Per la determinazione degli IPA ogni campione è stato scongelato e privato

dell'eventuale frazione più grossolana; in seguito, l'analisi è stata compiuta su un'aliquota di circa 20 g (peso umido), mentre una seconda aliquota è stata utilizzata per la determinazione del peso secco.

La determinazione degli IPA è stata effettuata mediante gas cromatografia utilizzando un Gas cromatografo doppia colonna (All. A1-VI). I componenti della miscela (IPA), separati tra loro, sono stati rilevati con la tecnica FID (rilevatore ionizzazione di fiamma), che consente di valutare i tempi di ritenzione e l'ampiezza dei picchi relativi. Il limite di rilevabilità dello strumento è 0,2 µg/kg.

Sono stati ricercati nei siti di campionamento i 16 IPA indicati dall'EPA come contaminanti di interesse prioritario, espressi in µg/kg di sostanza secca: Naftene, Acenaftalene, Acenaftene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benz(a)Antracene, Crisene, Benzo(b)Fluorantene, Benzo(k)Fluorantene, Benzo(a)Pirene, DiBenzo(a,h)Antracene, Fluorene, Benzo(g,h,i)Perilene, Indeno(1,2,3,c,d)Pirene. Le rette di calibrazione sono state preparate con la tecnica della standardizzazione esterna utilizzando come IPA di riferimento il Perilene, che permette anche di normalizzare le aree dei picchi dei singoli componenti la miscela e di confrontarle tra loro ai fini della quantizzazione.

**Idrocarburi totali** - Per gli idrocarburi leggeri (C<12) sono stati seguiti i metodi EPA 5021A (2003a) e EPA 8015D (2003b). 5 g di sedimento sono posti in vial in cui sono stati aggiunti 10 ml di acqua procedendo al riscaldamento della miscela a 65°C per 1 h. Successivamente 0,5 ml sono stati iniettati nello spazio di testa in Gascromatografia (GC) con rilevatore FID (All. 1-VI).

Gli idrocarburi pesanti (C>12) sono stati determinati seguendo il metodo ISO 16703 (2004). I campioni sono stati essiccati all'aria e una quantità nota omogeneizzata è stata estratta mediante sonificazione con acetone /n-eptano. Nella soluzione estraente è stata aggiunta la soluzione di riferimento per la finestra dei tempi di ritenzione (RTW) contenente n-tetracontano e n-dodecano. L'estratto è stato purificato su colonna Florisil. Un'aliquota dell'estratto purificato è stata quindi analizzata in GC-FID ed è stata misurata l'area totale dei picchi presenti nell'intervallo delimitato dalle due soluzioni di riferimento di n-tetracontano e n-dodecano. La quantità di idrocarburi è stata determinata mediante confronto con una soluzione di riferimento esterno costituito da quantità uguali di due differenti tipi di oli minerali.

**Metalli pesanti** - Sono stati analizzati i seguenti elementi, espressi in percentuale o mg/kg di sostanza secca: alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, gallio, indio, manganese, magnesio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, stagno titanio, vanadio,

zinco e zirconio e ossido di zirconio.

La mineralizzazione dei campioni è stata effettuata su circa 0,3 g di sostanza secca, mediante un sistema di digestione a microonde opportunamente programmato, aggiungendo a 3 ml di HNO<sub>3</sub>, 1 ml di HCl e 4 ml di H<sub>2</sub>O.

Al termine della mineralizzazione i campioni sono stati filtrati e portati a un volume finale di 25 ml utilizzando acqua ultrapura. Gli acidi impiegati sono tutti rigorosamente ultrapuri.

L'analisi per la determinazione del **mercurio** è stata condotta mediante tecnica AAS previa decomposizione termica ed amalgamazione (DMA-80 Analizzatore Diretto del Mercurio FKV; All. A1-VII) seguendo la metodica EPA 7473 (2007a). La prova è stata effettuata direttamente sul campione tal quale (senza passaggio di mineralizzazione) pesando aliquote comprese tra 10 e 100 mg.

Le determinazioni di **cadmio**, **arsenico** e **piombo** sono state condotte mediante spettroscopia di assorbimento atomico in fornello di grafite (Varian SpectrAA-240Z. All. A1-VIII), secondo la procedura EPA 7010 (2007b).

Le concentrazioni di **alluminio**, **bario**, **cromo**, **nicel**, **rame**, **silicio**, **ferro**, **vanadio**, **zinco**, **manganese**, **magnesio**, **titanio**, **gallio**, **zirconio** e **stagno** sono state ottenute mediante tecnica ICP-AES (Varian ICP-720ES; All. A1-IX) seguendo la metodica EPA 6010C (2007c).

La mineralizzazione del campione di sedimento è stata effettuata su circa 0,45 g di sostanza secca mediante un sistema di digestione a microonde opportunamente programmato, utilizzando una miscela acida composta da 9 ml di HNO<sub>3</sub>, 3 ml di HCl (acidi concentrati). Al termine della mineralizzazione i campioni sono stati filtrati e portati a un volume finale di 25 ml utilizzando acqua Millipore.

L'analisi per la determinazione dell'**indio** è stata effettuata tecnica ICP-MS (Agilent Mod. 7700; All. A1-X) previa mineralizzazione acida impiegando un sistema "Digiprep" specifico per l'introduzione di campioni nell'ICP MS. Sono stati utilizzati circa 0,5 g di sostanza secca, mineralizzati con 10 ml di Acido Nitrico e portati a un volume finale di 50 ml utilizzando acqua Millipore.

L'accuratezza delle procedure di digestione e di analisi dei campioni è stata verificata impiegando i materiali standard di riferimento (LGC 6137 o MESS-3).

L'**ossido di zirconio** è stato stimato tramite calcoli stechiometrici a partire dalla determinazione quantitativa dello zirconio, ovvero moltiplicando la concentrazione di Zr per il fattore stechiometrico 1,35 (rapporto tra massa molecolare dell'ossido di zirconio e massa atomica dello zirconio). Tale calcolo parte dall'ipotesi che tutto il metallo sia

presente nel sedimento sotto forma di Ossido. Tale stima è, pertanto, approssimata per eccesso (per questo in tabella viene indicato “<” di) e può variare da campione a campione. In Tab. 2-II si riportano i dettagli relativi al controllo di qualità del dato analitico per i metalli ricercati.

**Tab. 2-II - Accuratezza, incertezza, LOQ e LOD relativi ai metalli ricercati.**

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	In	Ni
Accuratezza (minima accettabilità del recupero)	25%	25%	25%	30%	25%	25%	20%	25%	nd	25%
Incertezza (%)	21	25	25	25	21	20	20	20	nd	20
LOQ (mg/kg)	170	0,3	1,2	0,02	1,2	1,2	170	0,005	0.02	1,2
LOD (mg/kg)	5	0,07	0,2	0,002	0,04	0,12	5	0,002	0.01	0,25

	Pb	Si	V	Zn	Ga	Mg	Mn	Sn	Ti	Zr
Accuratezza (minima accettabilità del recupero)	25%	nd	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
Incertezza (%)	21	nd	20	20	nd	16	20	nd	nd	19
LOQ (mg/kg)	0,3	5	1,2	1,2	1,2	170	5	1,2	1,2	1,2
LOD (mg/kg)	0,07	205	0,07	0,6	0,2	5	0,02	0,4	0,15	0,05

**Sostanza organica** - La determinazione della sostanza organica è stata eseguita mediante calcinazione in muffola: sono stati prelevati circa 3 grammi di sostanza essiccata (in stufa per 48h a 40°C) che sono stati successivamente posti in muffola a 375°C fino a peso costante.

**TOC** - Il Total Organic Carbon è stato determinato seguendo il Metodo VII.3 - *Determinazione del carbonio organico* (metodo walkley-black, DM 13/09/1999 - Ministro per le Politiche Agricole). Il carbonio organico è stato ossidato ad anidride carbonica, in condizioni standardizzate, con soluzione di potassio bicromato in presenza di acido solforico. La velocità della reazione viene favorita dall'innalzamento della temperatura conseguente alla brusca diluizione dell'acido. Dopo un tempo stabilito, la reazione è stata interrotta per aggiunta di opportuna quantità di H<sub>2</sub>O e la quantità di potassio bicromato che non ha reagito è stata determinata per titolazione con una soluzione di ferro (II) solfato eptaidrato. Il punto finale della titolazione è stato accertato con l'aggiunta di un opportuno indicatore di ossidoriduzione.

## 2.2.2. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

### 2.2.2.1 *Dunaliella tertiolecta*

Il saggio di crescita algale con la cloroficea *Dunaliella tertiolecta* è stato eseguito secondo le indicazioni riportate nella linea guida ASTM E1218-04 (2004a). Il saggio consiste nell'esposizione di una quantità definita di clone algale in condizioni di crescita esponenziale a diverse diluizioni di campione (nella fattispecie elutriato) e al controllo negativo costituito da sola acqua marina artificiale. Prima dell'inoculo del clone algale, tutti i trattamenti, compreso il controllo, sono stati arricchiti con macro- e micronutrienti secondo le specifiche riportate in USEPA (1995).

Preparazione degli elutriati - L'elutriato è stato preparato secondo il metodo ICRAM (2001), utilizzando come acqua di lavorazione il medium preparato secondo le specifiche riportate nella norma UNI EN ISO 10253:2000 (2000).

Esecuzione del saggio – Il saggio con *D. tertiolecta* è stato condotto in triplicato, effettuando 5 diluizioni a partire dal campione tal quale; come supporto sono state utilizzate piastre sterili di polistirene da 24 pozzetti della capacità di 3 ml ciascuno. Parallelamente, per ogni piastra è stato eseguito anche un test con un controllo negativo costituito da acqua di diluizione (acqua di mare ISO a cui sono state aggiunte concentrazioni note di nutrienti). A ciascuna diluizione e al controllo è stata aggiunta una concentrazione nota di clone algale in rapporto di 1:1000. Una volta inoculato il clone algale (concentrazione iniziale  $2 \times 10^3$  cellule  $\text{ml}^{-1}$ ), le piastre sono state trasferite per 72 h in camera fitologica a condizioni di temperatura e luminosità controllate ( $T = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ , luminosità  $< 10000$  lux). Al termine dell'esposizione è stata verificata la crescita algale nel campione, espressa come densità algale, mediante lettura al Coulter Counter; si è proceduto quindi al conteggio delle tre repliche del campione tal quale e del controllo e al loro confronto statistico, per verificare eventuali aumenti o diminuzioni significative della crescita algale nel campione rispetto al controllo e procedere eventualmente alla lettura delle altre diluizioni.

Espressione e analisi dei dati – I risultati del saggio possono essere riportati come percentuale di inibizione della crescita algale e, qualora la tossicità del campione lo consenta, in termini di  $\text{EC}_{50}$  o  $\text{EC}_{20}$ . L' $\text{EC}_{50}$  e l' $\text{EC}_{20}$  si calcolano utilizzando il foglio Excel sviluppato dalla DTU (Danmarks Tekniske Universitet) denominato "KOK457T3" che utilizza i programmi statistici LOG457.EXE e LOG457W.EXE elaborati per la determinazione della relazione concentrazione-effetto in endpoint continui (Christensen *et*

al., 2009).

Sulla base dei risultati espressi in termini di inibizione/stimolazione della crescita e dell'analisi statistica del dato eco-tossicologico (eseguita secondo lo schema USEPA, 1991), i risultati del saggio possono essere suddivisi nelle seguenti categorie:

- *assenza di effetto*: percentuale di inibizione/stimolazione inferiore al 20% ed assenza di differenze significative;
- *presenza di significativo effetto eutrofizzante*: percentuale di biostimolazione > 20% e differenza significativa rispetto alla crescita nel controllo;
- *presenza di significativo effetto tossico*: inibizione della crescita > 20% e differenza significativa con il controllo.

QA/QC - La sensibilità di ogni clone algale impiegato per i test con i campioni di elutriato è stata verificata mediante il test di controllo positivo eseguito con bicromato di potassio il cui risultato, espresso come EC<sub>50</sub>, è stato confrontato con i dati della carta di controllo del laboratorio il cui intervallo è compreso tra 5,8 e 9,9 mg/l come cromo; altri parametri che devono essere rispettati affinché il test sia considerato valido sono:

- la densità cellulare dopo 72 h deve aumentare di un fattore non inferiore a 16 rispetto al valore di partenza ( $2 \times 10^3$  cellule ml<sup>-1</sup>);
- il coefficiente di variazione nei controlli e nel campione tal quale (CV%)  $\leq 15\%$ .

#### 2.2.2.2 *Vibrio fischeri* (sistema Microtox®)

Preparazione dell'elutriato - Gli elutriati sono stati preparati dai sedimenti freschi secondo il protocollo indicato in ICRAM (2001).

Un'aliquota del sedimento da testare è stata unita con il volume calcolato dell'acqua di mare naturale filtrata in rapporto 1:4. Le sospensioni ottenute sono state poste in agitazione per 1 h e centrifugate a temperatura di 10°C per 20' a 3000 rpm. Il soprannatante, che rappresenta l'elutriato, è stato prelevato con cautela e conservato a temperatura di -30°C. Prima dell'allestimento del test sono misurati il pH e la salinità dell'elutriato. La scala di tossicità adottata è riportata in Tab. 2-III.

**Tab. 2-III** - Scala di tossicità adottata per il saggio Microtox®.

Critero	Tossicità
EC20 $\geq$ 90%	Assente
EC20 < 90% e EC50 $\geq$ 90%	Bassa
20% $\leq$ EC50 < 90%	Media
EC50 < 20%	Alta

### 2.2.2.3 *Corophium orientale*

Il saggio effettuato con esemplari di *Corophium orientale* è stato allestito secondo il protocollo ISO 16712:2005(E) (2005). Il principio del saggio biologico “a breve termine” (di tossicità acuta) consiste nell'esposizione di un numero stabilito di organismi per 10 gg al sedimento tal quale, con la finalità di stimare la percentuale di mortalità degli organismi stessi.

Gli anfipodi sono campionati setacciando il loro sedimento nativo con setaccio a maglia di 0,5 mm, che permette di selezionare organismi di ~4 mm idonei per il test, scartando gli individui maturi e le forme giovanili. Gli anfipodi selezionati sono quindi stati portati in laboratorio e acclimatati alle seguenti condizioni del test:

- temperatura dell'acqua:  $16\pm 2^{\circ}\text{C}$
- salinità:  $36\pm 2\text{‰}$
- illuminazione: continua
- $\text{O}_2$  disciolto nell'acqua sovrastante il sedimento:  $>60\%$ .

Procedimento del saggio - Circa 200 cc di sedimento da testare sono stati introdotti in un barattolo di vetro da 1 l e sono stati aggiunti circa 750 cc di acqua di mare naturale filtrata. Per ogni campione sono state allestite 4 repliche. Dopo 24 h sono stati immessi 25 individui in ciascun barattolo. Come sedimento di controllo è stato utilizzato il sedimento nativo proveniente da un sito non contaminato. I barattoli contenenti gli organismi sono stati coperti per ridurre l'evaporazione dell'acqua, posti alla temperatura di  $16\pm 2^{\circ}\text{C}$  e areati in continuo. Dopo 10 gg è stato vagliato il contenuto di ogni barattolo contando gli organismi ancora vivi. Sono stati considerati morti gli anfipodi che, dopo una delicata stimolazione, non mostravano alcun movimento degli arti. La sensibilità degli organismi (96hLC50) è stata determinata tramite l'esposizione per 96 h alle concentrazioni di 0,8; 1,6; 3,2 e 6,4  $\text{mg l}^{-1}$   $\text{CdCl}_2$ .

All'inizio e alla fine del saggio biologico sono stati misurati i seguenti parametri dell'acqua sovrastante il sedimento: pH, salinità,  $\text{NH}_4^+$  e ossigeno disciolto.

Elaborazione dei dati - Il saggio biologico è considerato valido quando la mortalità media all'interno del sedimento di controllo è  $\leq 15\%$  e quando la mortalità nella singola replica per l'intero periodo di esposizione è  $\leq 20\%$ . Sia nei campioni da testare che nel sedimento di controllo sono state calcolate le percentuali medie ( $\pm$  deviazione standard) degli anfipodi morti. La percentuale di mortalità rilevata in ogni campione è stata confrontata con quella nel sedimento di controllo. Il livello di tossicità è stato valutato prendendo in

considerazione la percentuale di mortalità degli organismi osservata nei campioni da saggiare, corretta con la formula di Abbott (M). La scala adottata per la quantificazione della tossicità è riportata in Tab. 2-IV.

**Tab. 2-IV** – Scala di tossicità relativa al test con *C. orientale*.

Tossicità a lungo termine	Giudizio
M<15%	Assente
15%<M≤30%	Bassa
30<M≤60%	Media
M>60%	Alta

#### 2.2.2.4 *Crassostrea gigas*

Il test di embriotossicità con *C. gigas* è stato eseguito in accordo con la linea guida standard ASTM E724-98 (2004b). Il saggio si basa sulla stima della percentuale di larve normoformate (larve D-shape) al termine delle 48 h di esposizione alla matrice di saggio, in questa circostanza rappresentata dall'elutriato.

Preparazione degli elutriati - L'elutriato è stato preparato secondo il metodo ICRAM (2001), utilizzando come acqua di lavorazione il medium preparato secondo le specifiche riportate nella guida ASTM E724-98 (2004b).

Esecuzione del saggio – Il test di embriotossicità è stato eseguito esponendo zigoti di *C. gigas* fecondati da meno di 4 h a diverse diluizioni del campione di elutriato da saggiare. Come acqua di diluizione è stato utilizzato il medium ASTM a S = 34. Il saggio è stato condotto utilizzando delle piastre sterili in polistirene con 24 pozzetti da 3 ml come supporto, in cui sono stati inoculati 60-70 zigoti per ml. L'esposizione è stata quindi condotta in triplicato, in condizioni di temperatura controllata (20°C), al buio, per 48 h. Al termine del test, il contenuto di tutti i pozzetti è stato fissato con una goccia di formalina tamponata ed è stata determinata la percentuale di larve normoformate (larve D) impiegando un microscopio ottico invertito.

QA-QC - La sensibilità di ogni batch di *C. gigas* è stata valutata mediante l'esecuzione del test con sostanza di riferimento (Cu); i risultati di tale test devono rientrare nei limiti della carta di controllo intralaboratorio (5-33 µl/l). La % di larve normalmente sviluppate nel controllo con la sola acqua di diluizione deve inoltre essere superiore al 70%.

Espressione e analisi dei dati – I risultati del saggio di embriotossicità possono essere espressi sia in termini di percentuale di successo del test normalizzata (S%) rispetto alla risposta del controllo (acqua marina artificiale), sia in termini di EC<sub>50</sub>, qualora la distribuzione dei dati relativi alle singole repliche ne consenta il calcolo tramite il software

Trimmed Spearman Karber v3.1 messo a disposizione da USEPA nel proprio portale. I dati di EC<sub>50</sub> sono successivamente trasformati in unità di tossicità (TU) secondo l'equazione TU = 100/ EC<sub>50</sub>.

Al dato di tossicità è stato associato un giudizio qualitativo secondo lo schema riportato in Tab. 2-V.

**Tab. 2-V** - Scala di tossicità per il saggio di embriotossicità con *C. gigas* (da Losso *et al.*, 2007).

Parametro	Giudizio di Tossicità		
S > TL	Assente	Semiscala dell'effetto	S > 50
50 < S ≤ TL	Bassa		
1 ≤ TU < 2	Media	Semiscala delle T.U.	S ≤ 50
2 ≤ TU < 4	Alta		
TU ≥ 4	Molto alta		

Dove:

$$S = \left[ \frac{\text{Sopravvissuti campione}}{\text{Sopravvissuti controllo}} \right] \cdot 100$$

$$TL = \text{Toxicity limit} = \text{Controllo} \cdot 90\% \text{ del controllo}$$

### 2.2.2.5 Ricerca di metalli pesanti in *Hediste diversicolor*

Procedimento del test - Il test di bioaccumulo è stato eseguito secondo i protocolli ASTM E1688-97a (1998; reapproved 2007) ed EPA/600/R-93/183 (1993).

Gli organismi non maturi di *Hediste diversicolor* (taglia 6-10 cm) sono stati campionati manualmente dalle porzioni di un sedimento estuario.

Dopo il trasporto in laboratorio, sono stati sottoposti a spurgo per 3 gg in sabbia quarzifera sommersa in acqua proveniente dal sito di campionamento, areata continuamente. La salinità dell'acqua sovrastante la sabbia quarzifera è stata gradualmente portata al 36±2‰, ovvero a un livello corrispondente alla salinità richiesta nel test.

Allestimento del test - Il test è stato allestito in tre repliche per ogni campione di sedimento da testare poste in barattoli di vetro da 1 lt. In ogni barattolo sono stati inseriti ~300 cm<sup>3</sup> di sedimento da testare, ai quali sono stati aggiunti circa 600 ml di acqua di mare naturale filtrata (36±2‰). I barattoli sono stati quindi sistemati in camera condizionata, coperti e areati in continuo. Dopo 24 h dall'introduzione dei sedimenti sono stati registrati i parametri di inizio del test (pH, salinità, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e ossigeno disciolto) e in ogni barattolo sono stati immessi 5 individui di *H. diversicolor*. Per l'intera durata del test i barattoli sono stati mantenuti alla temperatura di 16±2°C, aerati e illuminati senza alcun fotoperiodo. Come sedimento di controllo è stato utilizzato un sedimento nativo proveniente da un sito non contaminato. Il sedimento di controllo non contiene contaminanti o li contiene in concentrazioni molto basse. Il confronto tra il sedimento testato e il controllo consiste nella

misura del livello di bioaccumulo. Il confronto degli organismi di controllo all'inizio e alla fine del periodo di esposizione indica se la contaminazione è avvenuta dall'acqua o dal sistema di esposizione. La mortalità degli organismi nel sedimento di controllo non dovrebbe superare il 10%.

Dopo 28 gg sono stati annotati i parametri finali del test e sono stati recuperati gli organismi dai singoli barattoli tramite setacciatura; gli individui vivi sono stati contati e reinseriti in barattoli contenenti sabbia quarzifera e acqua di mare filtrata. Dopo 3 gg i policheti spurgati sono stati recuperati e lavati in acqua distillata per 1 h per liberarli dal muco e dai residui della sabbia. Successivamente, sono stati congelati e sottoposti ad analisi chimica.

Elaborazioni dei dati - Per valutare l'eventuale bioaccumulo nei tessuti degli organismi è stata adottata la seguente formula:

$$D = (C_e - C_b)$$

*dove:* **D** – variazione (riferita al bianco, ovvero alla quantità di metallo pesante presente nei tessuti degli organismi prima dell'inizio del test) della concentrazione dei metalli pesanti nei policheti a seguito dell'esposizione al sedimento da testare.

**C<sub>b</sub>** - concentrazione del metallo nei tessuti degli organismi prima (bianco) della loro esposizione ai sedimenti testati;

**C<sub>e</sub>** - concentrazione del metallo nei tessuti degli organismi dopo la loro esposizione ai sedimenti testati.

Si ritiene significativa al fine della valutazione del bioaccumulo una differenza  $\geq 20\%$ .

### 2.2.3. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

Durante le analisi di laboratorio le sei repliche prelevate in ciascuna stazione sono state trattate separatamente. Il sorting è stato compiuto con l'ausilio di uno stereomicroscopio e di un microscopio ottico (All. A2-III e A2-IV) e l'identificazione degli organismi è stata effettuata al più basso livello sistematico possibile. Gli individui appartenenti allo stesso gruppo sono stati contati e pesati (All. A2-V). Per ogni stazione sono stati quindi calcolati i seguenti indici medi utilizzando i dati relativi alle 6 repliche:

Densità (N):  $N \text{ ind}/0,095 \text{ m}^2$

Biomassa (P):  $gr/0,095 \text{ m}^2$

Indice di Dominanza (D; May, 1975):  $D = n_i/N$

dove  $n_i$  = numero di individui della specie  $i$ -esima;  $N$  = numero totale di individui.

Ricchezza specifica totale (S; Pielou, 1974): *Numero totale di specie presenti nelle sei repliche*

Ricchezza specifica media (S<sub>m</sub>): *Numero medio di specie presenti nelle*

*sei repliche*

Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'):  $H' = -\sum p_i \cdot \text{Log } p_i$

dove:  $p_i$  = frequenza numerica della specie  $i$ -esima rispetto al totale degli individui (Pielou, 1974).

Le affinità biocenotiche o le preferenze ecologiche (Pérès e Picard, 1964; Bellan Santini e Ledoyer, 1972; Amouroux, 1974; Bourcier *et al.*, 1979; Bellan *et al.*, 1980; Nodot *et al.*, 1984; Salen-Picard, 1985; Augier, 1992; Bianchi *et al.*, 1993; Poppe e Goto; 1991; 1993; Rinelli e Spanò, 1997; Chimenz Gusso *et al.*, 2001) sono state ricercate per tutti i taxa determinati a livello di specie.

Con i dati di densità delle singole specie sono state calcolate le curve di dominanza cumulativa. Per ricercare eventuali somiglianze tra le stazioni campionate e l'evoluzione temporale delle comunità rinvenute nell'intero periodo di indagine, con i dati di densità è stata effettuata un'analisi statistica multivariata utilizzando il pacchetto software PRIMER (Clarke e Warwick, 2001).

Infine, per valutare lo stato ecologico dell'area, sono stati confrontati i risultati di tre differenti indici (l'indice W di Clarke, l'indice AMBI e l'indice BENTIX; Clarke e Warwick, 2001; Borja *et al.* 2000; Simboura e Zenetos, 2002; Muxika *et al.*, 2007; Borja e Mader, 2008), seguendo quanto suggerito da Teixeira *et al.* (2007).

L'indice W prevede l'integrazione dei dati di abbondanza numerica e di biomassa delle singole specie. Tale metodo si basa sul presupposto che in aree stabili è favorita la presenza di specie con una "strategia di tipo k", con ciclo vitale lungo, grandi dimensioni corporee degli individui adulti, raramente dominanti numericamente, ma dominanti in termini di biomassa. Al contrario, nelle comunità disturbate, viene favorita la presenza di specie con "strategia di tipo r", dette anche opportuniste, caratterizzate da un ciclo vitale breve e piccola taglia corporea, che generalmente risultano dominanti numericamente (Pianka, 1970).

L'indice si basa sulla seguente formula:

$$\sum_i^S (B_i - A_i) / [50 (S - 1)]$$

dove:  $B_i$  e  $A_i$  = biomassa e abbondanza della specie  $i$ -esima;  $S$  = Ricchezza specifica totale.

Questo indice oscilla da -1 a +1 e indica nel primo caso la presenza di una comunità fortemente disturbata e, nel secondo, la presenza di un ambiente non perturbato. Nel caso in cui il valore sia vicino allo 0, l'ambiente è da considerare moderatamente perturbato (Craeymeersch, 1991). Per ottenere una classificazione della qualità dell'ambiente si è

deciso di utilizzare gli intervalli di valori dell'indice W riportati in Tab. 2-VI.

**Tab. 2-VI** - Classificazione della qualità dell'ambiente in base al range di valori dell'indice W.

Classificazione dell'ambiente	W
Non disturbato	$1,000 \geq W \geq 0,700$
Leggermente disturbato	$0,699 \geq W \geq 0,300$
Moderatamente disturbato	$0,299 \geq W \geq -0,100$
Povero	$-0,101 \geq W \geq -0,500$
Pessimo	$-0,501 \geq W \geq -1,000$

L'indice AMBI assume valori compresi tra 0 (ambiente non inquinato o disturbato) a 7 (ambiente estremamente inquinato o disturbato).

Basandosi essenzialmente sul rapporto percentuale delle specie presenti nel campione, previamente suddivise in 5 gruppi ecologici in base al grado di tolleranza o sensibilità a un gradiente di stress ambientale, consente di classificare, come richiesto dalla Direttiva 2000/60/EC, gli ambienti marini costieri nelle seguenti categorie:

1. non disturbati ( $0 \leq \text{AMBI} \leq 1$ );
2. leggermente disturbati ( $1 \leq \text{AMBI} \leq 3,5$ );
3. moderatamente disturbati ( $3,5 \leq \text{AMBI} \leq 5$ );
4. molto disturbati ( $5 \leq \text{AMBI} \leq 6$ );
5. estremamente disturbati ( $6 \leq \text{AMBI} \leq 7$ ).

I gruppi ecologici nei quali vengono raggruppate le specie (il cui elenco disponibile nel software AMBI 5.0 è aggiornato a marzo 2012) sono identificati soprattutto in base alla loro sensibilità ad arricchimenti organici:

- gruppo I: Specie molto sensibili ad arricchimento organico e presenti solo in condizioni ambientali ottimali. Tale gruppo include i carnivori specialisti e alcuni policheti tubicoli detritivori.
- gruppo II: Specie indifferenti all'arricchimento organico, sempre presenti in basse densità senza particolari variazioni nel tempo. Esse includono sospensivori, alcuni carnivori poco selettivi e scavatori.
- gruppo III: Specie tolleranti a un eccessivo arricchimento organico nei sedimenti. Queste specie possono essere presenti in condizioni normali, ma le loro popolazioni sono stimolate da un aumento di sostanza organica. Si tratta prevalentemente di detritivori superficiali.
- gruppo IV: Specie opportuniste di secondo ordine; principalmente piccoli policheti detritivori sub-superficiali, come i cirratulidi.

gruppo V: Specie opportuniste di primo ordine; sono detritivori che proliferano in sedimenti poco ossigenati e ridotti.

Gli intervalli di valori dell'indice AMBI e la conseguente classificazione della qualità dell'ambiente sono riportati in Tab. 2-VII.

**Tab. 2-VII** - Classificazione della qualità dell'ambiente in base al range di valori dell'indice AMBI.

Environmental Classification	AMBI
Ambiente non inquinato	$0,0 < \text{AMBI} \leq 1,2$
Ambiente leggermente inquinato, di transizione	$1,2 < \text{AMBI} \leq 3,3$
Ambiente moderatamente inquinato	$3,3 < \text{AMBI} \leq 5,0$
Ambiente fortemente inquinato	$5,0 < \text{AMBI} \leq 6,0$
Ambiente estremamente inquinato	Azoico

Infine, l'indice BENTIX è stato sviluppato per stabilire gli impatti causati da fattori di stress generalizzati e non discrimina tra disturbo di origine naturale o antropogenica.

Questo indice si basa sulla suddivisione dei taxa di fondo mobile (per i quali è fornita una lista) in 2 principali gruppi ecologici:

1. gruppo 1 (GS): include specie sensibili a un disturbo in generale;
2. gruppo 2 (GT): include specie tolleranti a un disturbo o a uno stress.

Una volta composti i due gruppi sopra citati, viene applicato il seguente algoritmo:

$$\text{BENTIX} = (6 \times \% \text{GS} + 2 \times \% \text{GT})/100$$

dove: %G = percentuale della somma delle densità di ciascun gruppo sulla densità totale registrata nella stazione di campionamento.

Sulla base dei risultati ottenuti, per ogni sito di campionamento è stato possibile stilare una classifica della qualità dell'ambiente secondo i criteri riportati in Tab. 2-VIII. In Tab. 2-IX è infine riportata la classificazione dello stato ecologico dell'ambiente indicata in Bettencourt *et al.* (2004) sulla base della combinazione di tre differenti indici.

**Tab. 2-VIII** - Classificazione della qualità dell'ambiente in base al range di valori dell'indice BENTIX (Zenetos *et al.*, 2004).

Environmental Classification	BENTIX
Ambiente non inquinato	$4,5 \leq \text{BENTIX} < 6$
Ambiente leggermente inquinato, di transizione	$3,5 \leq \text{BENTIX} < 4,5$
Ambiente moderatamente inquinato	$2,5 \leq \text{BENTIX} < 3,5$
Ambiente fortemente inquinato	$2 \leq \text{BENTIX} < 2,5$
Ambiente estremamente inquinato	Azoico

**Tab. 2-IX** - Classificazione dello stato ecologico derivata dalla combinazione di tre differenti indici (Bettencourt *et al.*, 2004).

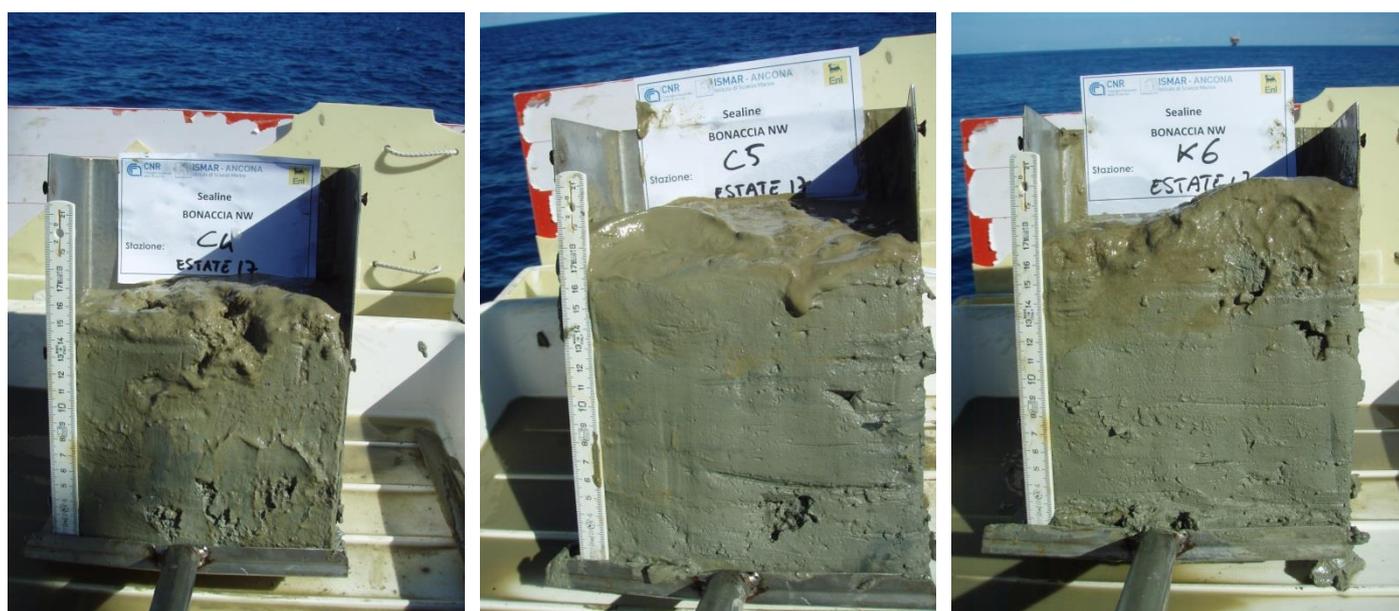
Indice n. 1	Indice n. 2	Indice n. 3	Stato ecologico
non disturbato	non disturbato	non disturbato	alto
non disturbato	non disturbato	leggermente disturbato	alto/buono
non disturbato	leggermente disturbato	leggermente disturbato	buono
leggermente disturbato	leggermente disturbato	leggermente disturbato	buono
leggermente disturbato	leggermente disturbato	moderatamente disturbato	buono/moderato
leggermente disturbato	moderatamente disturbato	moderatamente disturbato	moderato
moderatamente disturbato	moderatamente disturbato	moderatamente disturbato	moderato
moderatamente disturbato	moderatamente disturbato	fortemente disturbato	moderato/povero
moderatamente disturbato	fortemente disturbato	fortemente disturbato	povero
fortemente disturbato	fortemente disturbato	fortemente disturbato	povero
estremamente disturbato	fortemente disturbato	fortemente disturbato	povero/pessimo
estremamente disturbato	estremamente disturbato	fortemente disturbato	pessimo
estremamente disturbato	estremamente disturbato	estremamente disturbato	pessimo

### 3. RISULTATI

#### 3.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

##### 3.1.1. GRANULOMETRIA

All'analisi visiva tutti i sedimenti monitorati nel 4° survey post lavori di installazione di Bonaccia NW (estate 2017) sono apparsi di colore grigio-nocciola, ossigenati e inodori, senza evidenti distinzioni tra loro (fig. 3.1).



**Fig. 3.1** - Estate 2017. Campioni di sedimento prelevati dai siti C4, C5 e K6.

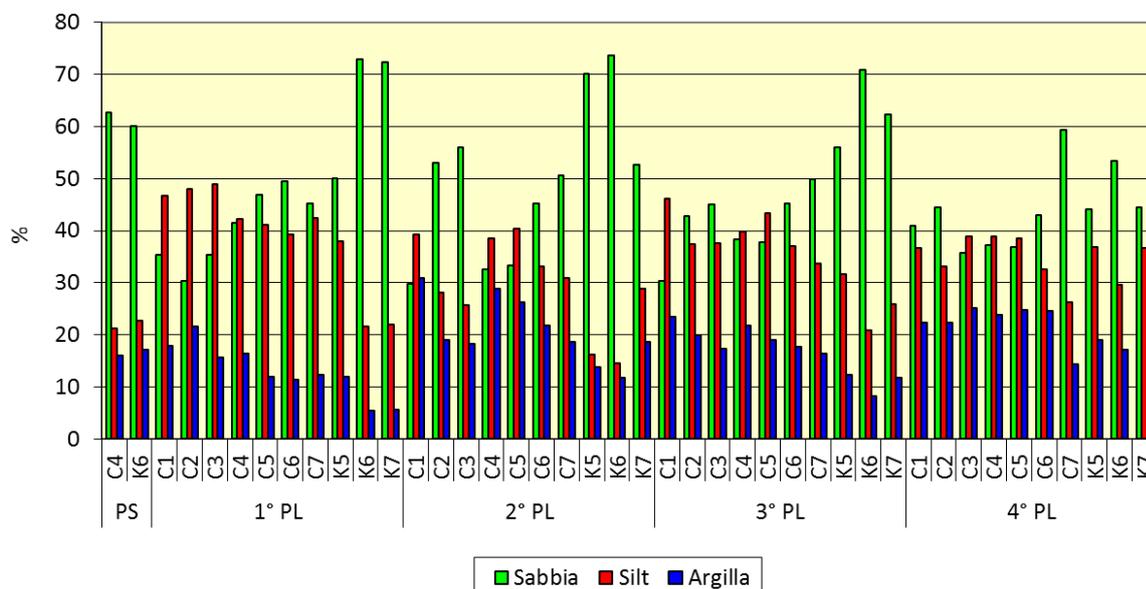
Dall'analisi granulometrica (fig. 3.2 e Tab. 3-I) condotta nell'estate 2017 è emerso che in tutti i siti del transetto eccetto C7 le tre componenti (sabbia, silt e argilla) erano presenti in percentuali confrontabili, tanto che tutti i sedimenti da C1 a C6 sono stati classificati come Loam secondo Sheppard (All. 2). La stazione C7 si è distinta dalle altre per una predominanza della frazione sabbiosa (53,3%), seguita da quella siltosa (26,3%), che hanno reso questo sedimento classificabile come Sabbia siltosa, analogamente ai tre controlli.

Nel tempo le variazioni non sono state univoche; già nel 1° post lavori, infatti era avvenuto un decremento di sabbia a vantaggio del silt in C4, mentre in K6 la sabbia era aumentata a scapito dell'argilla.

Nel 2° post lavori in tre siti del transetto (C2, C3 e C7) e nei controlli K5 e K6 era avvenuto un aumento di sabbia con conseguente riduzione soprattutto del silt; altrove era

stato invece osservato un decremento di sabbia e silt (quest'ultimo eccetto in K7) e un aumento di argilla.

Nel corso del secondo anno di monitoraggio le variazioni sono state quasi tutte meno accentuate rispetto alle precedenti.



**Fig. 3.2** - Ripartizione delle classi granulometriche, espresse in percentuale, nei sedimenti analizzati nell'intero periodo.

**Tab. 3-I** - Composizione percentuale delle principali classi granulometriche dei sedimenti analizzati nei cinque survey sinora effettuati. La stazione di campionamento posta in corrispondenza della condotta è evidenziata in rosso.

	Pelite		Sabbia	Pelite											
	Silt	Argilla		Silt	Argilla		Silt	Argilla		Silt	Argilla		Silt	Argilla	
	PS		1° PL			2° PL			3° PL			4° PL			
C1			35,40	46,70	17,90	29,83	39,29	30,87	30,39	46,22	23,40	40,98	36,73	22,28	
C2			30,30	48,00	21,60	53,02	28,01	18,97	42,73	37,38	19,89	44,43	33,25	22,33	
C3			35,40	49,00	15,60	55,94	25,73	18,33	45,04	37,67	17,28	35,81	38,94	25,25	
<b>C4</b>	<b>62,60</b>	<b>21,30</b>	<b>16,10</b>	<b>41,50</b>	<b>42,20</b>	<b>16,30</b>	<b>32,56</b>	<b>38,54</b>	<b>28,90</b>	<b>38,31</b>	<b>39,84</b>	<b>21,85</b>	<b>37,32</b>	<b>38,81</b>	<b>23,87</b>
C5			46,90	41,10	12,00	33,29	40,45	26,27	37,79	43,30	18,92	36,76	38,48	24,76	
C6			49,40	39,20	11,40	45,15	33,14	21,71	45,21	37,02	17,78	42,92	32,51	24,57	
C7			45,30	42,40	12,30	50,56	30,81	18,63	49,86	33,70	16,44	59,32	26,33	14,35	
K5			50,10	38,00	11,90	70,12	16,11	13,77	56,00	31,63	12,37	44,11	36,89	19,00	
K6	60,00	22,80	17,20	73,00	21,60	5,50	73,75	14,56	11,69	70,85	20,87	8,28	53,33	29,53	17,14
K7			72,40	22,00	5,60	52,56	28,79	18,66	62,36	25,95	11,69	44,47	36,68	18,85	

### 3.1.2. IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

Nel pre-survey (Tab. 3-II) molti dei composti ricercati (Antracene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(ghi)perilene, Benzo(k)fluorantene, Fluorantene, Indeno(1,2,3cd)pirene e Pirene)

erano risultati presenti in entrambi i siti (C4, K6) seppure in concentrazioni molto modeste e inferiori ai rispettivi LCB indicati da ICRAM-APAT (2007). Crisene e Naftalene erano stati rilevati unicamente in C4. I restanti analiti erano al di sotto del limite di quantificazione della metodica. Essendo le concentrazioni dei singoli composti basse, anche gli IPA totali erano risultati scarsamente presenti (fig. 3.3). Il tenore maggiore era stato rilevato C4 (23,5 µg/kg), ma anche in questo caso si trattava di una concentrazione estremamente modesta.

Dopo la posa della condotta (inverno 2016) questi contaminanti erano risultati al di sotto del limite di quantificazione in tutte le stazioni.

Nell'estate 2016, invece, erano stati rilevati ovunque e, salvo rare eccezioni, erano stati quantificati tutti i composti ricercati. In tutti i casi però le concentrazioni dei singoli IPA erano molto al di sotto degli LCB e dei valori chimici cautelativi indicati da ICRAM-APAT (2007). Anche gli IPA totali, pertanto, presentavano concentrazioni minime, tanto che anche il picco registrato in C4, pur corrispondendo a oltre 3 volte la media dei controlli (10,5±1,8 µg/kg), era comunque risultato 25 volte inferiore rispetto all'LCB.

L'inverno 2017 è stato caratterizzato da un diffuso incremento che ha interessato sia l'area circostante la condotta che i controlli, con la massima concentrazione stagionale in K6. La maggior parte dei composti ricercati era presente in tutti i siti ma, comunque, i tenori sono sempre risultati ampiamente inferiori al proprio LCB. Sporadicamente presenti sono risultati il Benzo(g,h,i)perilene (C1 e C4) e il Naftalene (C1, C2, C5 e K6). Antracene, Dibenzo(a,h)antracene, Fenantrene e Fluorantene non sono stati rilevati affatto.

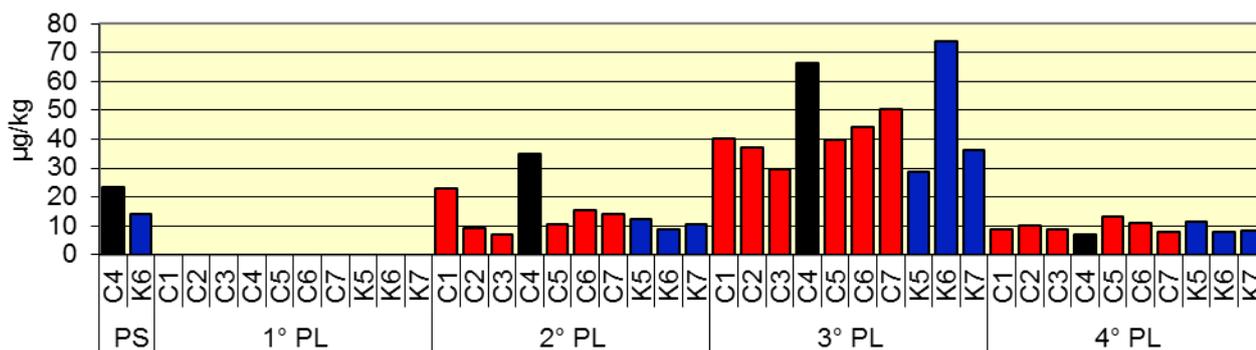
I dati relativi all'estate 2017 indicano una forte riduzione generalizzata che ha portato ovunque a tenori inferiori a quelli del pre-survey. Sette dei 15 composti ricercati sono risultati non rilevabili e l'Antracene è stato quantificato solo in due stazioni. Gli altri IPA sono stati rilevati ovunque ma in concentrazioni estremamente basse.

A due anni dalla sua posa la condotta sottomarina non ha prodotto effetti su questi contaminanti.

**Tab. 3-II** - Concentrazioni degli Idrocarburi Policiclici Aromatici ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  s.s.) nei sedimenti prelevati dal pre-survey al 4° monitoraggio post lavori. La stazione posta in corrispondenza della condotta è evidenziata in rosso. Ove disponibili sono anche riportati gli LCB e i valori chimici cautelativi per le sostanze Pericolose Prioritarie (PP) indicati da ICRAM-APAT (2007). LQ = limite di rilevabilità strumentale ( $0,2 \mu\text{g}/\text{kg}$ ).

LCB/PP	PS	1° survey post lavori (Inverno 2016)											2° survey post lavori (Estate 2016)										
		C4	K6	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Acenaftene	7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,3	0,3	0,2	0,5	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,4	
Acenaftilene		<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	
Antracene	47 (24)*	1,8	1,8	<LQ	0,8	0,8	0,8	0,9	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8									
Benzo(a)antracene	75	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,8	0,5	0,4	1,1	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5	
Benzo(a)pirene	80 (30)*	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,6	1,1	1,0	2,1	1,2	1,4	1,3	1,2	1,0	1,2	
Benzo(b)fluorantene	40	4,5	2,6	<LQ	4,0	0,8	0,7	5,7	1,3	1,8	1,7	1,5	0,9	1,3									
Benzo(ghi)perilene	55	3,4	2,4	<LQ	1,9	0,6	<LQ	3,0	0,5	1,6	1,2	0,5	0,3	0,6									
Benzo(k)fluorantene	20	3,0	2,1	<LQ	4,2	0,8	0,8	6,0	1,5	1,3	1,3	1,6	1,1	1,5									
Crisene	108	1,8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,5	0,4	0,3	2,3	<LQ	0,9	1,0	0,6	0,4	<LQ	
Dibenzo (a,h) antracene	6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,5	0,3	0,2	0,8	0,3	0,6	0,5	0,3	0,2	0,4	
Fenantrene	87	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,0	0,5	0,4	2,0	0,9	0,7	0,8	1,0	0,6	0,6	
Fluorantene	113	1,7	1,1	<LQ	1,7	1,1	1,0	2,7	1,4	1,4	1,4	1,4	1,1	1,2									
Fluorene	21	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,4	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	
Indeno1,2,3 cd pirene	70	4,0	2,5	<LQ	2,8	1,0	0,3	4,3	0,8	2,5	1,8	0,8	0,5	1,0									
Naftalene	35	1,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,9	<LQ	<LQ	<LQ	0,5	<LQ	<LQ	
Pirene	153	1,7	1,5	<LQ	0,9	<LQ	0,1	1,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2	0,3									
<b>IPA Totali</b>	<b>900</b>	<b>23,5</b>	<b>14,0</b>										<b>22,4</b>	<b>8,8</b>	<b>6,9</b>	<b>34,3</b>	<b>10,3</b>	<b>14,7</b>	<b>13,7</b>	<b>12,0</b>	<b>8,4</b>	<b>10,3</b>	

LCB/PP	3° survey post lavori (Inverno 2017)											4° survey post lavori (Estate 2017)										
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7		
Acenaftene	7	3,6	3,8	1,4	4,3	3,1	3,4	3,9	3,8	4,7	1,9	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	
Acenaftilene		1,4	1,5	1,0	2,1	1,3	1,5	1,6	1,5	2,0	1,2	1,8	2,3	2,3	1,8	2,8	3,2	2,1	2,6	2,1	2,1	
Antracene	47 (24)*	<LQ	1,8	<LQ	<LQ	<LQ	2,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ										
Benzo(a)antracene	75	1,4	1,6	1,6	2,7	1,5	2,2	2,4	1,6	2,1	1,8	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Benzo(a)pirene	80 (30)*	1,4	1,7	1,6	2,6	1,5	2,1	2,3	1,7	2,1	1,9	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Benzo(b)fluorantene	40	8,1	7,6	7,5	16,8	8,3	10,1	12,1	5,0	7,9	9,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Benzo(ghi)perilene	55	0,8	<LQ	<LQ	1,6	<LQ	1,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,6	<LQ							
Benzo(k)fluorantene	20	8,5	8,1	8,0	17,3	8,7	10,8	12,7	5,8	8,6	10,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Crisene	108	2,1	1,8	1,8	4,2	2,0	2,6	2,9	1,2	2,1	2,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Dibenzo (a,h) antracene	6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ											
Fenantrene	87	<LQ	1,2	1,5	1,5	1,2	1,8	1,8	1,3	1,7	1,3	1,4										
Fluorantene	113	<LQ	1,8	2,3	2,2	1,8	2,7	2,7	2,0	2,5	2,1	2,1										
Fluorene	21	4,6	5,4	2,9	6,4	4,5	5,9	6,1	5,8	7,0	3,5	0,4	0,2	0,4	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,2	0,4	
Indeno1,2,3 cd pirene	70	2,8	2,5	2,5	5,6	2,5	3,4	4,0	1,2	2,0	2,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Naftalene	35	4,2	1,5	<LQ	<LQ	4,9	<LQ	<LQ	<LQ	33,5	<LQ	0,6	0,7	0,7	0,5	0,8	0,9	0,6	0,8	0,7	0,6	
Pirene	153	1,5	1,5	1,5	3,0	1,5	2,0	2,2	1,2	2,2	1,7	0,9	1,1	1,1	0,9	1,3	1,3	1,0	1,2	1,0	1,0	
<b>IPA Totali</b>	<b>900</b>	<b>40,3</b>	<b>37,0</b>	<b>29,6</b>	<b>66,6</b>	<b>39,9</b>	<b>44,1</b>	<b>50,3</b>	<b>28,9</b>	<b>74,2</b>	<b>36,2</b>	<b>8,8</b>	<b>9,9</b>	<b>8,6</b>	<b>6,9</b>	<b>13,2</b>	<b>11,0</b>	<b>7,9</b>	<b>11,4</b>	<b>7,7</b>	<b>8,1</b>	



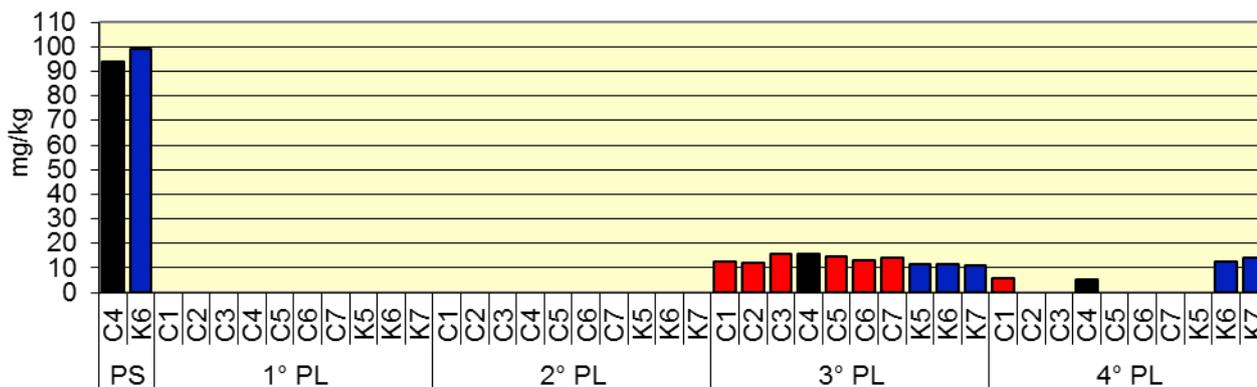
**Fig. 3.3** - Concentrazioni ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  s.s.) di IPA nei sedimenti prelevati nell'intero periodo. La stazione posta in corrispondenza della condotta è evidenziata in nero.

### 3.1.3. IDROCARBURI TOTALI

Le concentrazioni degli idrocarburi leggeri ( $C < 12$ ) sono sempre risultate inferiori al limite di quantificazione.

Gli idrocarburi con  $C > 12$  erano stati rilevati nel pre-survey in concentrazioni del tutto paragonabili nelle due stazioni di campionamento (fig. 3.4; Tab. 3-III). Assenti in entrambi i survey del 2016, sono ricomparsi nell'inverno 2017 in concentrazioni notevolmente inferiori a quelle registrate prima dell'installazione della condotta sottomarina. Essi erano risultati lievemente maggiori lungo il transetto rispetto ai controlli, ma ovunque le concentrazioni sono apparse modeste. Nell'ultimo campionamento sono nuovamente apparsi inferiori al limite di rilevabilità nella maggior parte delle stazioni. Lungo il transetto sono stati infatti quantificati esclusivamente in C1 e C4, con valori inferiori sia ai corrispettivi dell'inverno precedente, sia a quelli dei controlli K6 e K7.

Al momento si conferma l'assenza di effetti su questi contaminanti da parte della condotta sottomarina.



**Fig. 3.4** - Idrocarburi pesanti ( $C > 12$ ) rilevati nell'intero periodo di indagine. In nero il sito corrispondente al sea-line.

**Tab. 3-III** - Idrocarburi pesanti C>12 (mg/kg) rilevati nei sedimenti prelevati nel pre-survey (PS) e dopo (PL) le operazioni di installazione della condotta sottomarina. In rosso il sito corrispondente al sea-line.

	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL
C1		< 5	< 5	12,6	5,8
C2		< 5	< 5	12,2	< 5
C3		< 5	< 5	15,8	< 5
<b>C4</b>	<b>94,1</b>	<b>&lt; 5</b>	<b>&lt; 5</b>	<b>15,9</b>	<b>5,3</b>
C5		< 5	< 5	14,7	< 5
C6		< 5	< 5	13,4	< 5
C7		< 5	< 5	14,1	< 5
K5		< 5	< 5	11,4	< 5
K6	99	< 5	< 5	11,8	12,8
K7		< 5	< 5	11,2	13,9

### 3.1.4. METALLI PESANTI

I contenuti dei metalli pesanti rilevati nell'intero periodo di indagine sono riportati in Tab. 3-IV e in fig. 3.5. Nella discussione che segue vengono riportati riferimenti ai Livelli Chimici di Riferimento Nazionali (di seguito LCRN) indicati nel DM 173 2016 (tabella 2.5). I valori in colonna L1 sono i medesimi degli Standard di Qualità (SQA) riportati nei precedenti DM 56/2009, DM 260/2010 e DM 172/2015 per cadmio (0,3 mg/kg), mercurio (0,3 mg/kg), piombo (30 mg/kg), nichel (30 mg/kg), arsenico (12 mg/kg) e cromo totale (50 mg/kg). In tale tabella (tabella 2.5) sono inoltre indicati rame (40 mg/kg) e zinco (100 mg/kg).

**Alluminio** - Il tenore medio di alluminio rilevato lungo il transetto ( $\pm$  dev.st.; il sito C4 è incluso nella media del transetto) nel 4° post lavori è risultato in linea con quello dei controlli (C:  $1,69 \pm 0,22$ ; K:  $1,66 \pm 0,26\%$ ). Le percentuali sono apparse tutte modeste nell'intero periodo di osservazione, compreso il picco registrato in C1 nel 2° monitoraggio post lavori di installazione. Nell'inverno 2017 era stato evidenziato, rispetto al pre-survey, un incremento maggiore in C4 rispetto a quello registrato in K6; inoltre, in quel monitoraggio la maggior parte dei siti del transetto avevano presentato concentrazioni superiori a quelle dei riferimenti, seppur anch'esse modeste. Nell'estate 2017 i tenori di tutte le stazioni C sono diventati confrontabili con i controlli; inoltre, in C4 è avvenuto un decremento tale da raggiungere una concentrazione del tutto simile a quella di K7. I valori raggiunti sono apparsi trascurabilmente maggiori rispetto al pre-survey.

**Arsenico** – Nel 1° monitoraggio post lavori era avvenuto un aumento generalizzato dell'arsenico che aveva portato a concentrazioni superiori all'LCRN ovunque eccetto C3 e C7. I massimi erano stati rilevati nei controlli K5 e K6. Nell'estate 2016 era invece stata

evidenziata una riduzione diffusa, con tenori solo trascurabilmente maggiori di quelli del pre-survey. L'LCRN era stato superato di pochissimo solo in C2 e nei controlli K5 e K7. Dopo un cospicuo e generale aumento in inverno 2017, quando l'RCNR è stato superato ovunque eccetto in C6, nell'ultimo survey è avvenuta una nuova riduzione che non ha interessato solo C6 e C7, unici siti assieme ai riferimenti K6 e K7 in cui le concentrazioni sono risultate maggiori dell'LCRN. I tenori medi sono risultati del tutto confrontabili (C:  $11,90 \pm 1,87$ ; K:  $13,60 \pm 3,19$  mg/kg) e tutti quelli relativi al transetto sono rientrati nel range dei controlli.

**Bario** – Sin dal pre-survey l'area interessata dalla presenza della futura condotta aveva presentato una concentrazione di bario quasi doppia rispetto a quella del controllo K6, e tale situazione si è mantenuta anche successivamente; tuttavia in tutti i casi si tratta di concentrazioni molto basse.

A seguito dell'installazione si era verificato un incremento lungo il transetto ma non nei riferimenti; pertanto, le concentrazioni lungo C erano risultate maggiori rispetto a quelle dei siti K. Nell'estate 2016 il contenuto di bario in C1 (dove è stato rilevato il picco stagionale e il massimo dell'intero periodo;  $94,16$  mg/kg), C4 e C5 era risultato superiore a quello dei controlli; altrove era invece apparso in linea con i riferimenti. Mediamente, comunque, non si rilevavano differenze tra i due gruppi di siti a causa della variabilità che caratterizzava entrambi (C:  $65,47 \pm 15,94$ ; K:  $42,68 \pm 16,00$  mg/kg).

Nell'inverno 2017 le variazioni non sono state univoche; le concentrazioni sono in generale apparse modeste ma maggiori nei siti C rispetto ai controlli, con un picco in C4 ( $81,57$  mg/kg) quasi triplo rispetto alla media dei riferimenti ( $29,08 \pm 6,57$  mg/kg).

Nell'ultimo monitoraggio il contenuto di bario è leggermente aumentato rispetto al survey precedente quasi ovunque controlli inclusi, ma i tenori lungo il transetto sono rimasti quasi tutti maggiori rispetto ai riferimenti. In generale, i valori registrati nell'intero periodo appaiono modesti. Ciononostante, la differenza rispetto al tenore del pre-survey continua a essere maggiore in C4 (+43%) che in K6 (+30%), e ciò potrebbe indicare un effetto del sea-line su questo elemento.

**Cadmio** – Le concentrazioni medie di cadmio rilevate nell'ultimo monitoraggio sono apparse identiche (C:  $0,053 \pm 0,003$ ; K:  $0,053 \pm 0,003$  mg/kg) e i tenori relativi ai vari siti inferiori sia a quelli dell'inverno 2017 sia, e soprattutto, a quelli registrati nel pre-survey. Già nel 1° post lavori era avvenuto un decremento generalizzato, ma nei due monitoraggi successivi si era verificata un'inversione di tendenza. Quanto osservato nell'estate 2017 è del tutto in linea con l'inverno 2016. Comunque, considerando i valori assoluti, le

differenze sia tra i siti nell'ambito di un medesimo monitoraggio, sia tra survey diversi, sono trascurabili. Si sottolinea che in tutto il periodo il cadmio è risultato ampiamente inferiore all'LCRN.

**Cromo** – Nell'ultimo monitoraggio il cromo è risultato omogeneamente distribuito (C:  $54,19 \pm 5,29$ ; K:  $52,26 \pm 2,69$  mg/kg). Analizzando le singole stazioni solo C3 e C4 hanno presentato concentrazioni trascurabilmente superiori a K7. Per tutta la durata del monitoraggio sono stati rilevati tenori più elevati lungo C rispetto ai controlli, sebbene le differenze siano state in tutti i casi basse e non a carico di tutti i siti.

L'anomalia maggiore è stata registrata in C1 nel 2° post lavori. In questo caso, e in molti altri in tutti i monitoraggi, è stato superato l'LCRN, sia lungo il transetto che ai controlli.

Al momento le anomalie osservate sono troppo modeste per indicare un effetto del sea-line sui sedimenti circostanti.

**Ferro** – Anche per il ferro, presente in concentrazioni modeste nell'area di indagine come emerso nel pre-survey, nell'ultimo monitoraggio sono state ottenute concentrazioni medie praticamente identiche tra transetto e controlli ( $2,05 \pm 0,12$  e  $2,05 \pm 0,07\%$  rispettivamente), analogamente a quanto osservato nei campionamenti precedenti. Le differenze osservate per questo metallo, sia spaziali che temporali, sono del tutto prive di significato.

**Gallio** - Il gallio era aumentato in maniera evidente nel 1° post lavori rispetto al pre-survey. Nell'estate 2016 era avvenuto un decremento generalizzato che aveva portato, in diverse stazioni, a concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità della metodica. Ricomparso ovunque nell'inverno 2017, ma con tenori inferiori a quelli della stessa stagione del 2016, si è nuovamente ridotto nell'ultimo campionamento sino a non essere rilevabile in 3 siti del transetto e in due controlli. Le concentrazioni registrate in C4 e K6 sono risultate notevolmente inferiori alle corrispondenti, già peraltro modeste, rilevate nel pre-survey.

**Indio** – Questo metallo è stato rilevato solo nel 1° survey post lavori e in sole tre stazioni del transetto e in un controllo, in concentrazioni molto vicine al limite di rilevabilità strumentale.

**Magnesio** - Il magnesio ha sempre conservato concentrazioni modeste e omogenee. Il lieve aumento avvenuto nell'estate 2016 rispetto all'inverno era stato considerato del tutto trascurabile. In effetti, nel monitoraggio successivo i tenori si sono ridotti ovunque. Quanto osservato nell'estate 2017 è assolutamente in linea con i risultati del pre-survey.

**Manganese** - Nell'estate 2017 è avvenuto un lieve incremento di manganese rispetto al monitoraggio precedente, ma le concentrazioni lungo il transetto sono risultate tutte

inferiori, o al più comparabili, a quelle dei controlli, analogamente ai survey precedenti.

Rispetto al pre-survey si registra un incremento lieve in C4 e uno più evidente in K6.

**Mercurio** – Le concentrazioni di mercurio sono sempre apparse molto modeste, ampiamente inferiori all'LCRN. Anche il tenore registrato in C4 nell'inverno 2017 (0,035 mg/kg), corrispondente al massimo assoluto dell'intero periodo di indagine, è apparso quasi 10 volte inferiore all'LCRN. Dati i valori così bassi le differenze tra un sito e l'altro, così come quelle tra i diversi monitoraggi, appaiono prive di significato.

**Nichel** – Già nel pre-survey il nichel era stato rilevato in concentrazioni superiori all'LCRN in entrambe le stazioni di campionamento, con il massimo nell'area della futura condotta, e tale superamento ha caratterizzato quasi tutti i siti inclusi i controlli anche nei monitoraggi successivi.

Nell'estate 2016 (2° post lavori) era stato rilevato un picco in C1 (59,75 mg/kg), pari a 1,8 volte la media dei controlli (33,69±9,41 mg/kg). Comunque, le concentrazioni medie relative a transetto e controlli erano comparabili (C: 44,57±8,27; K: 33,69±9,41 mg/kg).

Nell'inverno successivo, invece, il nichel è risultato più elevato nei siti C (39,35±5,27 mg/kg) rispetto ai riferimenti (27,97±3,47 mg/kg) e il massimo (48,85 mg/kg) è stato rilevato in corrispondenza della condotta. Nell'ultimo monitoraggio è avvenuto un incremento generalizzato, soprattutto nei controlli, che non ha riguardato solo C4 rimasto stabile. E' stata comunque riscontrata una notevole omogeneità tra i siti, come indicato dalle concentrazioni medie (C: 46,74±4,69; K: 44,73±1,23 mg/kg).

Rispetto al pre-survey è avvenuto un aumento sia in C4 che in K6, proporzionalmente maggiore al controllo, ma si tratta complessivamente di oscillazioni modeste che escludono, al momento, la presenza di uno stato perturbato determinato dalla presenza del sea-line.

**Piombo** – I tenori di piombo sono risultati omogenei e molto bassi per tutto il periodo di osservazione, sempre ben al di sotto dell'LCNR. Pertanto, le differenze riscontrate tra i siti e tra i survey sono del tutto trascurabili. Confrontando il transetto con i controlli, solo nell'inverno 2017 sono state rilevate concentrazioni maggiori entro 30 m dal sea-line ma, mediamente, non sono state rilevate differenze neanche in quella stagione (C: 11,68±2,02; K: 9,58±1,16 mg/kg). Nell'ultimo monitoraggio è stata confermata la notevole omogeneità tra i siti (C: 12,05±2,31; K: 13,79±0,93 mg/kg) e anche il picco registrato in C5 (15,87 mg/kg), corrispondente al massimo assoluto dell'intero monitoraggio, è ancora troppo modesto per essere considerato anomalo sia in valore assoluto (corrisponde a circa la metà dell'LCRN), sia rispetto ai tenori registrati prima della posa della condotta. Dal confronto

con il pre-survey non sono emerse variazioni di rilievo.

**Rame** – Questo metallo è sempre stato rilevato in concentrazioni notevolmente inferiori all'LCRN, tanto che anche le differenze spaziali e temporali sono da ritenere del tutto trascurabili. Nel 1° survey post lavori era avvenuto un lieve incremento lungo il transetto, continuato in alcuni siti anche nell'estate 2016 quando, presso C1 e C2, sono state registrate le concentrazioni più elevate, corrispondenti rispettivamente a 2 e 2,5 volte la media dei riferimenti ( $9,76 \pm 2,34$  mg/kg). In ogni caso, anche i tenori in quelle due stazioni, pur rappresentando i massimi assoluti dell'intero periodo, erano molto modeste e molto inferiori all'LCRN. Nel 3° post lavori il massimo, rilevato in C4 (13,85 mg/kg), è risultato doppio rispetto alla media dei riferimenti ( $6,78 \pm 1,48$  mg/kg) e, in generale, erano state rilevate concentrazioni maggiori nei siti C. Nell'ultimo monitoraggio lungo il transetto non sono avvenuti cambiamenti eclatanti, mentre ai controlli il rame è leggermente aumentato. Queste variazioni hanno reso le concentrazioni medie del tutto confrontabili (C:  $11,04 \pm 1,67$ ; K:  $10,12 \pm 0,17$  mg/kg). Rispetto al pre-survey si rileva un leggero aumento sia in C4 che in K6, ma si tratta di variazioni del tutto trascurabili.

**Silicio** – Il silicio è sempre risultato piuttosto variabile, sin dal pre-survey quando era risultato non quantificabile nell'area della futura condotta. Nel 1° post lavori era stato rilevato in tutti i siti, con il massimo in K7 (78,78 mg/kg). Nell'estate 2016 le concentrazioni oscillavano tra 23,93 mg/kg (C4) e 106,02 mg/kg (C1), valore quest'ultimo del tutto in linea sia con quello di K7 (103,37 mg/kg), sia con quello rilevato in K5 nel pre-survey (103,60 mg/kg). Nell'inverno 2017 i tenori lungo il transetto sono risultati tutti inferiori al controllo K6, dove è stato registrato il massimo assoluto dell'intero periodo di monitoraggio (144,14 mg/kg). Anche nell'ultimo survey è stata riscontrata una notevole variabilità, sia lungo C che, e in maggior misura, ai controlli. Il massimo è stato registrato in C4 (90,40 mg/kg), il minimo in K7 (11,31 mg/kg).

**Stagno** - Anche lo stagno è caratterizzato da un'elevata variabilità. Assente nel pre-survey, nei primi due monitoraggi post lavori è stato quantificato in alcune stazioni, inclusi due controlli nell'estate 2016. Assente nell'inverno 2017, è ricomparso in estate solo in C5 con una concentrazione (1,48 mg/kg) molto modesta.

**Tab. 3-IV** - Concentrazioni (mg/kg s.s.; Al e Fe espressi in %) dei metalli in tracce presenti nei sedimenti prelevati nel pre-survey (PS) e nei primi quattro monitoraggi post lavori (PL). In rosso la stazione corrispondente alla condotta sottomarina. n.d. = non determinabile. L'ossido di zirconio è stato stimato per via stechiometrica supponendo che tutto lo zirconio sia presente come ossido. Pertanto la stima è in eccesso e ciò rende necessario anteporre alla concentrazione il segno "minore di".

	Alluminio					Arsenico					Bario					Cadmio					Cromo				
	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL
C1		2,11	2,62	1,94	1,81		12,84	5,49	16,45	11,29		68,74	94,16	58,24	66,02		0,051	0,070	0,082	0,048		56,92	72,18	51,02	54,85
C2		2,52	1,60	1,26	1,46		14,56	12,05	16,38	11,48		82,03	54,50	38,93	58,11		0,052	0,065	0,072	0,053		64,05	48,64	39,04	48,67
C3		2,13	1,30	1,77	2,01		10,34	7,55	16,34	10,46		70,57	52,78	50,42	79,05		0,041	0,051	0,080	0,057		55,38	40,85	48,31	63,59
C4	1,42	1,71	1,78	2,37	1,91	5,63	12,45	8,70	14,68	9,95	44,77	62,81	68,09	81,57	78,72	0,085	0,047	0,060	0,086	0,053	44,77	49,13	53,08	58,66	58,37
C5		1,74	2,24	1,33	1,61		16,69	7,25	17,44	11,19		53,40	78,19	46,63	61,65		0,048	0,058	0,073	0,058		47,44	62,53	39,05	53,13
C6		1,42	1,77	1,46	1,55		12,42	10,04	11,51	13,72		39,97	59,90	48,89	53,55		0,047	0,054	0,082	0,051		42,84	53,13	43,40	49,71
C7		1,86	1,60	1,49	1,47		11,32	9,75	14,87	15,19		55,86	50,66	49,16	45,21		0,040	0,070	0,078	0,051		49,68	49,64	44,06	51,02
K5		1,57	1,27	0,92	1,67		21,03	13,05	18,45	10,84		37,27	34,24	21,74	41,13		0,046	0,044	0,061	0,054		44,78	42,10	30,79	51,98
K6	1,16	1,00	1,05	1,21	1,39	8,85	17,58	13,67	19,76	17,09	26,21	23,47	32,66	31,04	37,53	0,090	0,041	0,047	0,067	0,055	40,27	31,88	34,98	36,41	49,72
K7		1,28	1,78	1,38	1,91		12,39	9,79	17,29	12,86		31,55	61,13	34,44	47,93		0,042	0,058	0,072	0,050		35,84	53,63	40,18	55,08

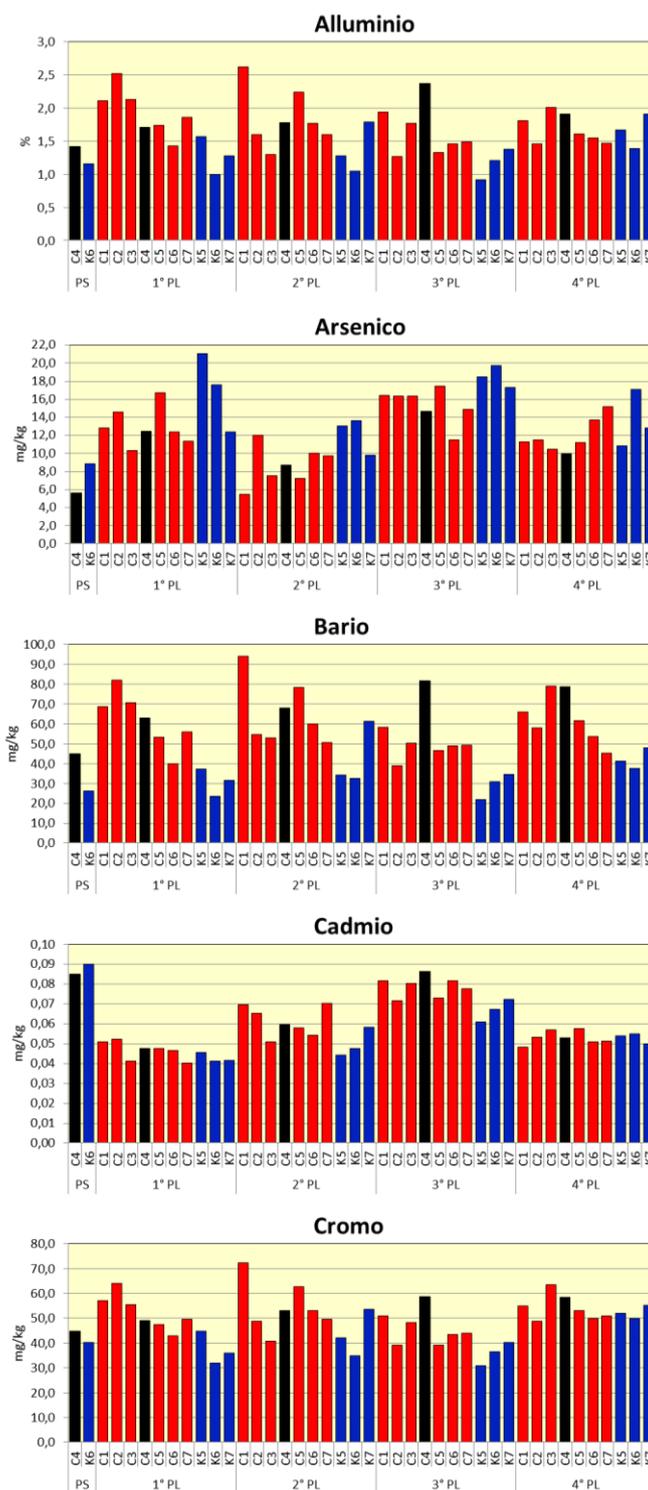
	Ferro					Gallio					Indio					Magnesio					Manganese				
	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL
C1		2,23	2,33	1,84	1,97		12,01	7,18	6,79	4,38		0,03	<0,02	<0,02	<0,02		1,62	2,16	1,70	1,73		851,53	606,51	667,02	834,17
C2		2,24	1,86	1,60	1,91		9,59	3,94	6,14	<1,20		0,03	<0,02	<0,02	<0,02		1,55	1,95	1,64	1,74		666,87	790,33	603,45	726,12
C3		2,01	1,55	1,82	2,27		5,78	<1,20	4,71	2,94		0,02	<0,02	<0,02	<0,02		1,47	1,80	1,65	1,95		637,29	488,14	708,60	1069,45
C4	1,77	1,94	1,94	1,97	2,11	4,84	10,55	3,08	5,70	1,20	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	1,74	1,51	1,93	1,57	1,86	794,06	640,13	673,27	681,08	890,49
C5		2,04	2,19	1,72	2,10		7,00	1,59	7,03	1,79		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		1,59	2,12	1,64	1,82		753,62	636,05	838,41	806,32
C6		1,78	2,01	1,71	1,98		8,29	3,65	5,64	<1,20		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		1,69	2,19	1,62	1,86		638,92	684,95	727,85	959,45
C7		1,91	1,87	1,72	2,01		8,80	<1,20	4,24	<1,20		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		1,68	2,15	1,61	1,95		615,73	678,16	722,04	750,78
K5		2,06	1,94	1,38	1,98		10,45	2,69	4,13	<1,20		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		1,54	2,43	1,71	1,87		971,69	1004,90	622,76	807,46
K6	1,70	1,50	1,60	1,64	2,13	3,99	9,55	<1,20	3,90	2,06	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	2,17	1,63	2,13	1,73	1,97	838,83	612,57	914,99	768,85	1114,97
K7		1,67	2,03	1,63	2,05		12,61	<1,20	2,91	<1,20		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		1,76	2,13	1,56	1,85		699,20	695,65	863,37	960,16

	Mercurio					Nichel					Piombo					Rame					Silicio				
	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL
C1		0,028	0,030	0,025	0,025		49,55	59,75	40,99	45,54		13,11	11,31	9,54	11,90		15,85	18,70	10,48	10,42		62,07	106,02	50,58	44,40
C2		0,033	0,021	0,021	0,022		52,11	39,21	33,54	41,70		13,00	12,07	9,04	11,81		16,11	25,04	8,23	9,87		62,69	59,56	80,30	61,37
C3		0,027	0,018	0,026	0,028		45,26	34,40	40,33	55,44		13,47	9,52	12,18	13,60		12,63	11,84	10,47	13,47		45,50	31,18	54,17	67,90
C4	0,027	0,024	0,023	0,035	0,029	40,50	43,64	44,38	48,85	49,11	12,84	11,94	11,76	13,48	9,00	11,36	12,38	14,03	13,85	12,82	<5,00	54,29	23,93	65,49	90,40
C5		0,023	0,025	0,022	0,029		40,91	50,17	33,13	48,40		13,17	12,82	14,71	15,87		13,30	15,94	8,88	11,84		51,00	69,97	72,09	68,26
C6		0,018	0,020	0,026	0,025		38,21	43,31	38,94	43,30		10,43	11,66	11,62	9,73		10,49	11,05	10,59	9,84		58,85	34,08	97,41	48,85
C7		0,021	0,020	0,029	0,022		39,18	40,75	39,69	43,70		10,73	12,68	11,20	12,46		11,68	10,97	10,71	9,06		49,12	58,11	83,59	57,71
K5		0,021	0,014	0,014	0,024		38,94	32,74	24,35	44,71		13,34	12,73	8,41	14,40		9,84	9,05	5,14	10,29		54,08	46,44	68,79	71,18
K6	0,021	0,014	0,012	0,018	0,024	33,73	24,37	24,79	28,30	43,52	12,06	9,61	12,81	9,58	14,23	8,80	6,75	7,85	7,18	9,96	103,60	48,16	59,14	144,14	55,43
K7		0,014	0,020	0,025	0,029		27,35	43,54	31,27	45,97		9,81	12,07	10,74	12,72		7,55	12,38	8,02	10,11		78,78	103,37	89,78	11,31

Tab. 3-IV - Continuo.

	Stagno					Titanio					Vanadio					Zinco					Zirconio				
	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL
C1		1,70	3,25	<1,20	<1,20		251,45	312,77	344,71	339,57		55,94	67,35	46,53	47,12		65,12	74,38	54,65	55,00		6,73	8,24	5,22	1,32
C2		<1,20	1,25	<1,20	<1,20		324,28	271,50	219,31	255,16		62,82	45,51	37,69	42,20		69,69	49,50	42,78	52,04		7,54	5,52	3,93	<1,20
C3		2,71	<1,20	<1,20	<1,20		328,93	192,56	246,74	251,53		53,54	37,13	45,31	53,39		58,17	43,22	50,69	66,48		6,03	4,17	5,18	1,97
C4	<1,20	<1,20	1,41	<1,20	<1,20	114,47	259,13	287,80	224,82	229,68	39,25	47,25	47,25	53,51	49,96	65,41	54,89	54,15	63,83	60,83	3,61	5,76	5,85	6,22	1,82
C5		1,66	2,48	<1,20	1,48		235,63	334,40	189,59	155,00		50,47	57,66	40,05	45,76		53,80	62,68	43,85	59,14		5,94	6,81	4,59	1,41
C6		<1,20	1,76	<1,20	<1,20		182,33	311,89	186,65	233,71		42,55	50,58	38,54	44,77		50,61	53,25	48,90	53,33		5,14	5,63	4,27	<1,20
C7		<1,20	<1,20	<1,20	<1,20		336,90	268,74	148,50	275,90		48,95	46,13	39,10	45,80		54,29	51,26	51,07	52,42		5,77	5,36	4,43	<1,20
K5		<1,20	1,79	<1,20	<1,20		205,07	271,66	220,72	258,64		47,54	44,59	31,75	48,33		50,31	42,69	31,88	53,36		6,21	4,91	3,43	1,25
K6	<1,20	<1,20	<1,20	<1,20	<1,20	126,81	219,69	291,37	261,31	161,84	38,75	35,25	39,42	38,97	45,58	57,39	35,44	33,64	36,70	53,35	3,48	3,89	3,98	4,38	1,20
K7		<1,20	2,30	<1,20	<1,20		342,77	320,18	233,65	306,18		42,07	49,55	38,95	51,98		38,70	54,35	40,11	56,70		4,64	6,02	4,34	1,49

	Ossido di zirconio				
	PS	1°PL	2° PL	3°PL	4° PL
C1		<9,09	<11,1	<7,05	<1,78
C2		1<0,8	<7,45	<5,31	n.d.
C3		<8,14	<5,64	<6,99	<2,66
C4	<4,87	<7,77	<7,90	<8,40	<2,45
C5		<8,02	<9,19	<6,19	<1,90
C6		<6,94	<7,60	<5,77	n.d.
C7		<7,79	<7,24	<5,98	n.d.
K5		<8,38	<6,62	<4,64	<1,69
K6	<4,70	<5,25	<5,37	<5,91	<1,62
K7		<6,27	<8,13	<5,87	<2,01



**Fig. 3.5** - Concentrazioni (mg/kg; Al e Fe in %) dei metalli pesanti registrate nell'intero periodo. In nero la stazione corrispondente alla condotta sottomarina. L'ossido di zirconio è stato stimato per via stechiometrica supponendo che tutto lo zirconio sia presente come ossido. Pertanto ha il medesimo andamento dello zirconio e quindi non è stato riportato in grafico.

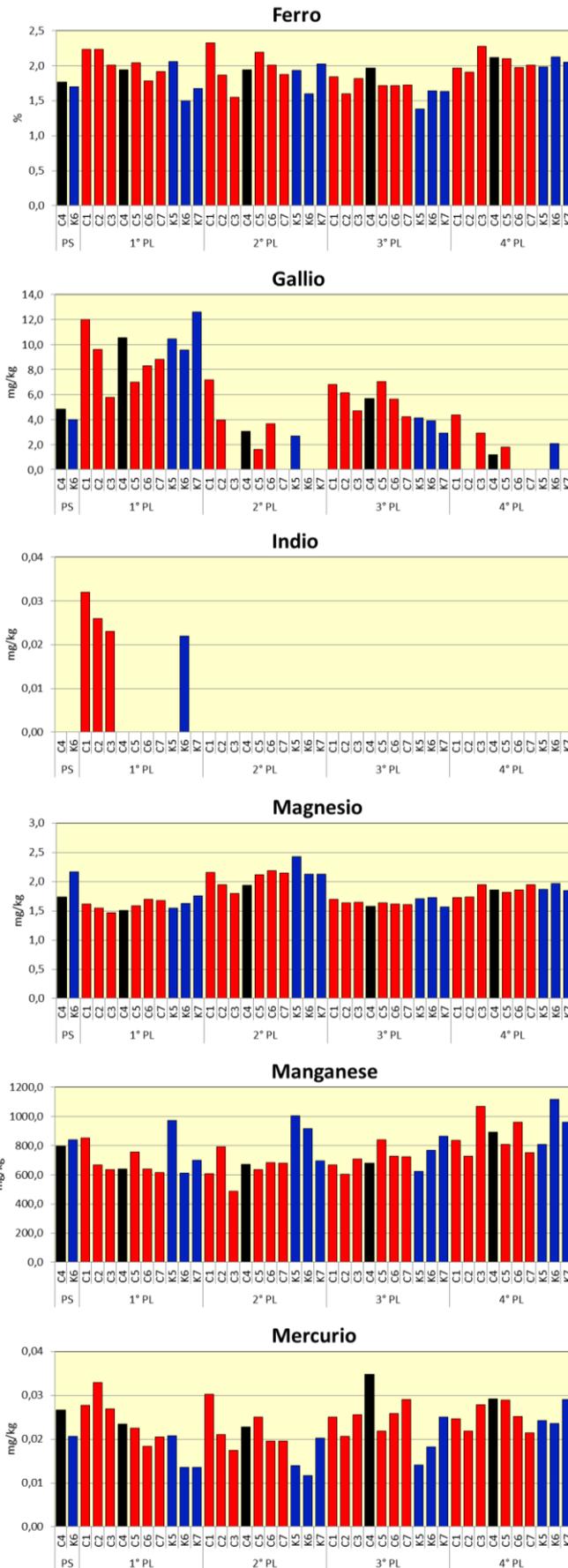


Fig. 3.5 - Continuo.

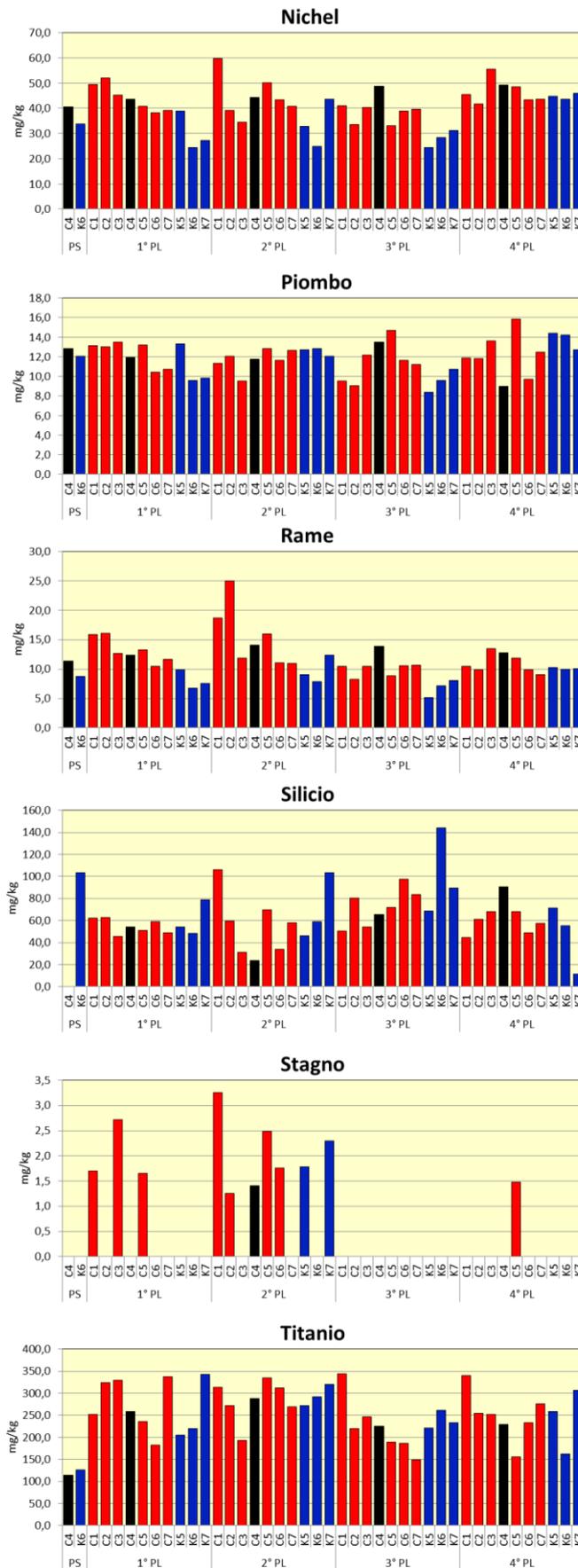


Fig. 3.5 - Continuo.

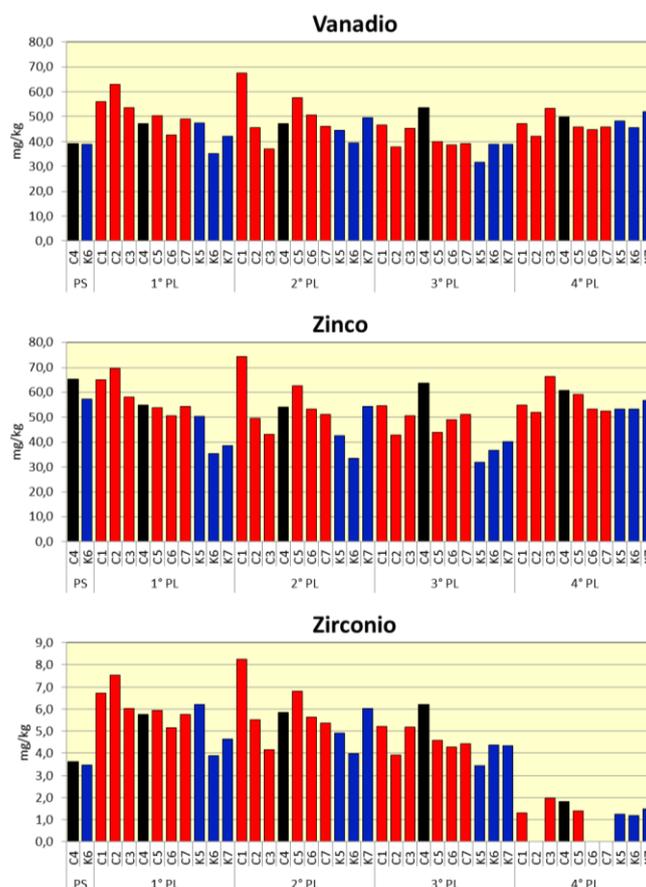


Fig. 3.5 - Continuo.

**Titanio** - Il titanio aveva presentato nel 1° post lavori un incremento generalizzato rispetto al pre-survey, attestandosi su valori rimasti stabili nell'estate 2016. In entrambi quei campionamenti tra transetto e controlli non si rilevavano differenze degne di nota essendo il range di C incluso in quello dei riferimenti.

Nell'inverno 2017 è stata osservata una variabilità maggiore lungo C rispetto ai controlli, dovuta sostanzialmente al picco in C1 corrispondente a 1,4 volte la media dei siti K. Nel complesso è stata comunque evidenziata una generale riduzione che non ha coinvolto solo C1 e C3. Tutti i siti del transetto (tranne C1) sono risultati ancora una volta inferiori o in linea con i riferimenti dove è stato registrato un tenore medio pari a  $238,6 \pm 20,7$  mg/kg. Nell'ultimo survey solo C1, C3 e C4 non hanno subito variazioni; altrove il titanio o è aumentato (C2, C6 e C7) o si è ridotto (C5). Variazioni non univoche sono state osservate anche nei riferimenti. Comunque, con l'eccezione di C1 tutti i siti sono rientrati nell'intervallo dei controlli. Rispetto al pre-survey il metallo è aumentato, in modo più accentuato in C4 rispetto a K6. Dai dati sinora a disposizione non è possibile ipotizzare l'esistenza di un processo di accumulo di titanio nell'area circostante la condotta essendo

solo sporadici i casi di non allineamento con i controlli.

**Vanadio** – Anche il vanadio è apparso omogeneamente distribuito sin dal pre-survey, essendo le medie relative ai due gruppi di siti sempre confrontabili, fatto confermato anche nell'ultimo monitoraggio (C:  $47,00 \pm 3,67$ ; K:  $48,63 \pm 3,21$  mg/kg). Anche per questo metallo il massimo assoluto è stato rilevato in C1 nell'estate 2016, corrispondente a 1,5 volte la media dei riferimenti. Nell'inverno 2017 il picco, pari a 53,51 mg/kg, è stato registrato in C4, anche in questo caso corrispondente a 1,5 volte la media dei riferimenti, mentre nell'ultimo monitoraggio non sono stati rilevati valori anomali. Nel tempo il vanadio è gradualmente aumentato in C4 sino al 3° survey post lavori, mostrando poi un lieve decremento nel 4° monitoraggio. In K6, invece, una tendenza all'aumento è stata osservata anche nell'estate 2017.

**Zinco** – In tutto il periodo di osservazione lo zinco è apparso presente in concentrazioni basse, ampiamente inferiori all'LCRN. Tuttavia, sino all'inverno 2017 i tenori di tutte le stazioni del transetto erano apparsi maggiori rispetto a quelli dei controlli. Nell'estate 2017 solo i siti posizionati entro 30 m dalla condotta hanno presentato un contenuto di zinco trascurabilmente superiore rispetto al range dei riferimenti, ma le concentrazioni medie sono risultate del tutto comparabili (C:  $57,03 \pm 5,36$ ; K:  $54,47 \pm 1,93$  mg/kg). E' da evidenziare che nei due anni successivi all'installazione della condotta i valori registrati in C4 sono stati sempre in linea o inferiori a quello del pre-survey.

**Zirconio e Ossido di zirconio** - Lo zirconio aveva presentato un incremento generalizzato nell'inverno 2016, mentre nei due survey successivi le variazioni non erano state univoche sia lungo C che ai controlli; nel complesso, comunque, le concentrazioni apparivano maggiori rispetto al pre-survey. Il massimo assoluto era stato ancora una volta rilevato in C1 nel 2° post lavori.

Nell'estate 2017 lo zirconio si è ridotto in modo evidente, tanto da risultare non quantificabile in alcuni siti e, laddove rilevato, molto inferiore rispetto al pre-survey. Tale risultato esclude un effetto del sea-line su questo metallo.

Per l'ossido di zirconio, essendo stato determinato per via stechiometrica, valgono le medesime considerazioni dello zirconio.

### 3.1.5. SOSTANZA ORGANICA

Durante il pre-survey il tenore di sostanza organica era risultato trascurabilmente maggiore in C4 rispetto a K6 (Tab. 3-V e fig. 3.6).

A seguito della posa della condotta sottomarina le concentrazioni erano leggermente aumentate e variavano, lungo il transetto, tra 18350 mg/kg (C4) e 26948 mg/kg (C2); in alcuni casi essere erano maggiori rispetto al range dei controlli, ma erano ancora modeste per testimoniare un'alterazione dell'area.

Nell'estate 2016 si era verificato un ulteriore aumento generalizzato che, questa volta, aveva coinvolto anche i riferimenti. Il tenore maggiore era stato registrato in C1 dove la sostanza organica (36300 mg/kg) era 1,8 volte la media dei siti K ( $20167 \pm 3252$  mg/kg).

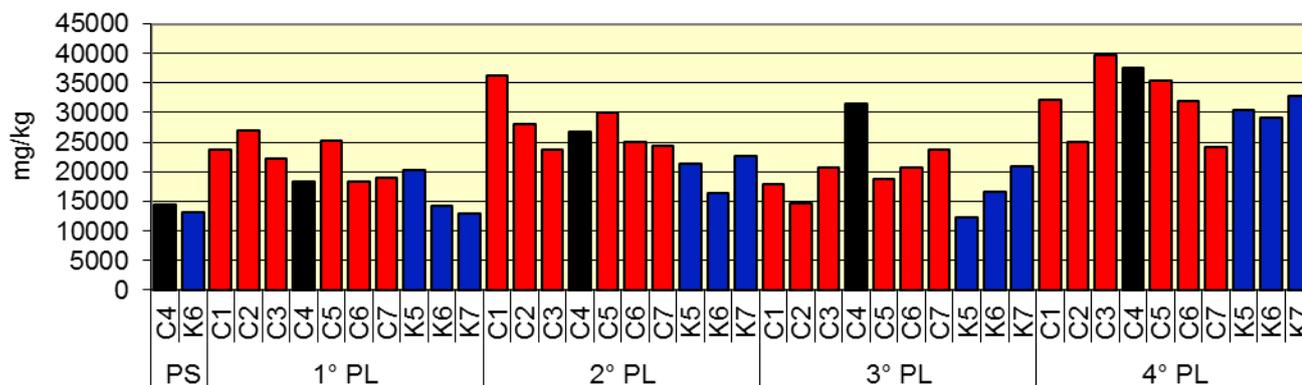
**Tab. 3-V** – Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'intero periodo di indagine. In rosso il sito corrispondente al sea-line.

	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL
C1		23843	36300	17849	32106
C2		26948	28100	14774	24991
C3		22282	23700	20739	39619
C4	14400	18350	26800	31418	37608
C5		25253	30100	18793	35322
C6		18386	25100	20793	32024
C7		18885	24300	23804	24248
K5		20186	21300	12230	30357
K6	13100	14322	16500	16704	29189
K7		12900	22700	20977	32848

Nell'inverno 2017, con la sola eccezione di C4, è avvenuta quasi ovunque una riduzione e la sostanza organica lungo il transetto è risultata paragonabile o trascurabilmente maggiore rispetto ai controlli. Al contrario, nell'ultimo campionamento è avvenuto un incremento in tutti i siti riferimenti inclusi, raggiungendo in molte stazioni le maggiori concentrazioni dell'intero periodo con il massimo assoluto in C3 (39619 mg/kg). Mediamente non sono state riscontrate differenze (C:  $32274 \pm 7899$ ; K:  $30798 \pm 1869$  mg/kg), ma entro 30 m dalla condotta i tenori sono apparsi leggermente superiori a quelli dei controlli.

Gli andamenti temporali della sostanza organica nei siti C4 e K6 sono stati praticamente identici e caratterizzati da un costante incremento, più marcato in corrispondenza del sea-line. Anche se in valore assoluto le concentrazioni sono basse, quanto osservato non esclude l'inizio di un fenomeno di accumulo di sostanza

organica nei sedimenti prossimi alla condotta.



**Fig. 3.6** - Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'intero periodo di indagine. In nero il sito corrispondente al sea-line

### 3.1.6. TOTAL ORGANIC CARBON (TOC)

Prima della posa in opera del sea-line il TOC non era stato rilevato (Tab. 3-VI; fig. 3.7). Nel 1° survey post lavori, invece, era stato osservato ovunque, con tenori lungo il transetto tutti inferiori a K6 (2600 mg/kg).

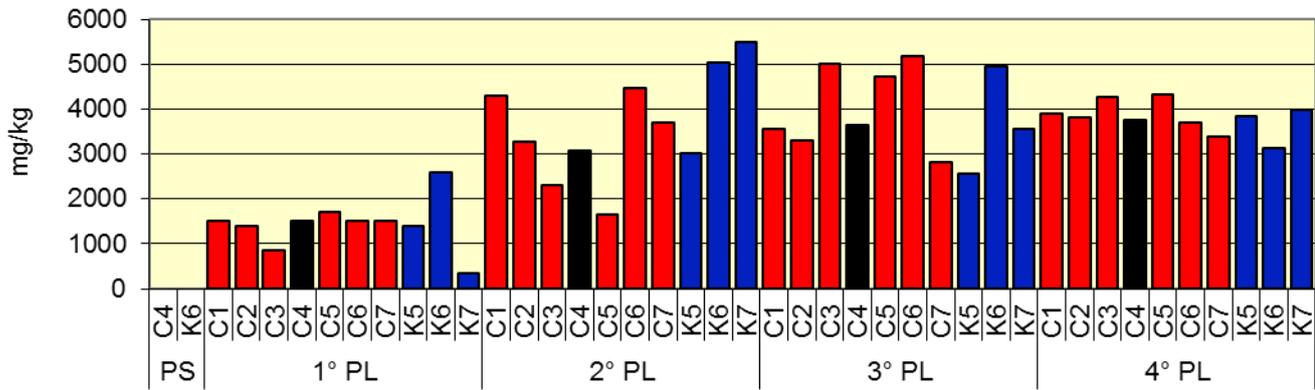
Nell'estate 2016 era avvenuto un diffuso aumento di TOC; comunque, le concentrazioni lungo C variavano ancora nel range dei controlli. Nel survey successivo si sono avute variazioni differenti tra i vari siti, ma il transetto è ancora una volta risultato comparabile ai riferimenti, così come nell'ultimo monitoraggio, quando è stata osservata un'omogeneità tra transetto e controlli ancora maggiore rispetto ai survey precedenti.

**Tab. 3-VI** – Concentrazioni di TOC (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'intero periodo di indagine. In rosso il sito corrispondente al sea-line. LQ = limite di quantificazione.

	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL
C1		1500	4310	3560	3907
C2		1400	3280	3290	3827
C3		870	2310	5000	4275
C4	<LQ	1500	3070	3630	3760
C5		1700	1650	4720	4340
C6		1500	4470	5190	3693
C7		1500	3690	2830	3385
K5		1400	3020	2570	3830
K6	<LQ	2600	5050	4960	3137
K7		350	5500	3570	3973

In corrispondenza del sea-line (C4) è avvenuto un costante, graduale aumento nel tempo. Un andamento simile è stato osservato anche in K6 sino al 2° post lavori, dopo di che vi è stato un decremento. In ogni caso, non si rilevano anomalie per questa variabile

riconducibili alla presenza della condotta sottomarina.



**Fig. 3.7** - Concentrazioni di TOC (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'intero periodo di indagine. In nero il sito corrispondente al sea-line.

### 3.2. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

#### 3.2.1. *DUNALIELLA TERTIOLECTA*

QA-QC - I due test eseguiti nell'estate 2017 come controllo positivo con  $K_2Cr_2O_7$  ( $EC_{50}=11,91$  mg/l come cromo,  $LC=11,50$  mg/l e  $UC=12,51$  mg/l) sono rientrati nei limiti della carta di controllo intralaboratorio; i coefficienti di variazione tra le repliche nei campioni non diluiti, alla massima concentrazione, sono risultati conformi in quanto inferiori al 15%. La crescita algale nei controlli è sempre stata superiore rispetto al limite minimo consentito (fattore  $\geq 16$ ).

Risultati del saggio - I risultati del saggio relativo all'estate 2017 indicano l'assenza di un effetto tossico ovunque, non essendo stata rilevata un'inibizione della crescita algale (Tab. 3-3-VII).

**Tab. 3-VII** - Parametri di contorno e risultati del saggio di tossicità con *D. tertiolecta* nel 4° survey post lavori. In rosso il sito corrispondente alla condotta sottomarina.

campione	pH	Salinità (‰)	$\Delta G$ 72h%	$EC_{20}$	$EC_{50}$	Tossicità
C2	8,04	36	2,70	$\geq 90$	>100%	Assente
C4	8,04	36	8,55	$\geq 90$	>100%	Assente
C6	8,06	36	7,05	$\geq 90$	>100%	Assente
K6	8,05	36	9,15	$\geq 90$	>100%	Assente

Confronto con i survey precedenti - Non si rilevano variazioni (Tab. 3-VIII).

**Tab. 3-VIII** – Risultati del test di tossicità eseguito con *D. tertiolecta* nei survey sinora condotti. In rosso il sito corrispondente alla condotta sottomarina.

	Pre-survey Inv 2015	1° Post Lavori Inv 2016	2° Post Lavori Est 2016	3° Post Lavori Inv 2017	4° Post Lavori Est 2017
C2		Assente	Bassa	Assente	Assente
C4	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
C6		Assente	Assente	Assente	Assente
K6	Assente	Assente	Bassa	Assente	Assente

#### 3.2.2. *VIBRIO FISCHERI* (SISTEMA MICROTOX®)

QA-QC – Nell'estate 2017 il test è stato effettuato con il lotto batterico n. 17C4076A (scadenza 03/19). Il valore della  $EC_{50}$  a  $15^\circ=11,56$  mg/l ( $LC=10,68$  e  $UC=12,52$ ) è rientrato nei limiti della carta di controllo del laboratorio.

Risultati del test – Tutti gli elutriati estratti dai sedimenti campionati nel 4° survey post lavori sono risultati privi di tossicità acuta (Tab. 3-IX).

Confronto con i survey precedenti - Non si rilevano variazioni (Tab. 3-X).

**Tab. 3-IX** - Risultati del saggio biologico *V. fischeri* relativo al 4° survey post lavori. In rosso la stazione corrispondente al sea-line.

campione	pH	Salinità (‰)	% Effetto (15')	% Effetto (30')	EC <sub>20</sub> (15/30')	EC <sub>50</sub> (15/30')	Tossicità
C2	8,04	36	-9,10	-9,41	>90	>90	Assente
<b>C4</b>	<b>8,04</b>	<b>36</b>	<b>-9,47</b>	<b>-9,19</b>	<b>&gt;90</b>	<b>&gt;90</b>	<b>Assente</b>
C6	8,06	36	-9,87	-9,70	>90	>90	Assente
K6	8,05	36	-8,55	-7,82	>90	>90	Assente

**Tab. 3-X** – Risultati del test di tossicità eseguito con *V. fischeri* nei survey sinora condotti. In rosso la stazione in corrispondenza della condotta sottomarina.

	Pre-survey Inv 2015	1° Post Lavori Inv 2016	2° Post Lavori Est 2016	3° Post Lavori Inv 2017	4° Post Lavori Est 2017
C2		Assente	Bassa	Assente	Assente
<b>C4</b>	<b>Assente</b>	<b>Assente</b>	<b>Assente</b>	<b>Assente</b>	<b>Assente</b>
C6		Assente	Assente	Assente	Assente
K6	Assente	Assente	Bassa	Assente	Assente

### 3.2.3. *COROPHIUM ORIENTALE*

Nell'estate 2017 la sensibilità rilevata degli organismi verso il tossico di riferimento (CdCl<sub>2</sub>) LC<sub>50</sub> = 3,29 (LC = 3,01 mg/l e UC = 3,59 mg/l) è rientrata nella carta di controllo di laboratorio. La sopravvivenza degli organismi sul sedimento di controllo dopo 10 gg è risultata conforme, in quanto superiore al 85%. In Tab. 3-XI sono indicati i principali parametri chimici e fisici misurati all'inizio e alla fine del test.

**Tab. 3-XI** – Parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante il sedimento testato osservati all'inizio e alla fine del test relativo al 4° survey post lavori. In rosso il sito posizionato sul sea-line.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)
Controllo	15±1	36	8,11	0-0,5	> 85	16±1	36	8,18	0,5	> 85
C2		37	8,13	0			35	8,09	0	
<b>C4</b>		<b>36</b>	<b>8,12</b>	<b>0</b>			<b>35</b>	<b>8,08</b>	<b>0</b>	
C6		36	8,11	0			35	8,12	0	
K6		36	8,12	0			35	8,13	0	

Risultati del test - Nel 4° survey post lavori le percentuali di mortalità degli organismi osservate dopo 10 gg sono risultate inferiori al limite del 15% dimostrando l'assenza di tossicità acuta (Tab. 3-XII).

Confronto con i survey precedenti - Solo nel 2° survey post lavori di installazione era stata rilevata una tossicità bassa in C2 e nel controllo K6. Dai risultati sinora ottenuti si può affermare che si era trattato di un caso sporadico e che le proprietà ecotossicologiche dei

sedimenti analizzati sono ottimali per la sopravvivenza dell'anfipode (Tab. 3-XIII).

**Tab. 3-XII** - Percentuali di mortalità degli organismi *C. orientale* osservati nel test di tossicità acuta relativo al 4° survey post lavori. In rosso il sito posizionato sulla condotta sottomarina.

Campione	N. organismi esposti	% organismi morti (± dev. st. %)	% (corretta) organismi morti	Tossicità
Controllo	100	2 ± 0,92	0	-
C2	100	8 ± 3,27	6	Assente
C4	100	13 ± 2,00	11	Assente
C6	100	17 ± 7,57	15	Assente
K6	100	13 ± 3,83	11	Assente

**Tab. 3-XIII** – Risultati del test di tossicità eseguito con *C. orientale* nei survey sinora condotti. In rosso la stazione in corrispondenza della condotta sottomarina.

	Pre-survey Inv 2015	1° Post Lavori Inv 2016	2° Post Lavori Est 2016	3° Post Lavori Inv 2017	4° Post Lavori Est 2017
C2		Assente	Bassa	Assente	Assente
C4	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
C6		Assente	Assente	Assente	Assente
K6	Assente	Assente	Bassa	Assente	Assente

### 3.2.4. CRASSOSTREA GIGAS

QA-QC - Il test eseguito nell'estate 2017 con la sostanza di riferimento ha prodotto una EC<sub>50</sub> di 12,12 µg/l di Cu (LC=11,33 e UC=12,96) che rientra nei limiti della carta di controllo; la % di larve D-shape normalmente sviluppate nel controllo (85±1,15%) è risultata superiore al limite del 70%.

Risultati del saggio - Nell'estate 2017 i valori dell'EC<sub>20</sub> hanno evidenziato la presenza di tossicità cronica bassa in tutti gli elutriati testati (Tab. 3-XIV).

**Tab. 3-XIV** - Risultati relativi al saggio di tossicità con *C. gigas* nei campioni prelevati nel 4° survey post lavori. In rosso il sito corrispondente al sea-line.

campione	Concentrazione	% media di larve normali ± dev.st	% media di larve malformate	Correzione Abbott larve malformate	EC <sub>20</sub> (%)	EC <sub>50</sub> (%)	Tossicità
Controllo		85 ± 1,15	15	0			
C2	100	64 ± 2,00	36	25	84,2	>100	Bassa
	50	75 ± 2,52	25	12			
	25	82 ± 2,08	18	4			
C4	100	58 ± 2,08	42	32	61,2	>100	Bassa
	50	70 ± 1,53	30	18			
	25	82 ± 1,53	18	4			
C6	100	63 ± 1,73	37	26	80,8	>100	Bassa
	50	78 ± 1,53	22	9			
	25	82 ± 2,08	18	4			
K6	100	58 ± 1,53	42	32	54,5	>100	Bassa
	50	67 ± 2,08	33	22			
	25	82 ± 1,73	18	4			

Confronto con i survey precedenti - I risultati ottenuti nell'estate 2017 hanno evidenziato un'ulteriore l'estensione di tossicità cronica rispetto ai monitoraggi precedenti (Tab. 3-XV).

**Tab. 3-XV** – Risultati del test di tossicità eseguito con *C. orientale* nei survey sinora condotti. In rosso la stazione in corrispondenza della condotta sottomarina.

	Pre-survey Inv 2015	1° Post Lavori Inv 2016	2° Post Lavori Est 2016	3° Post Lavori Inv 2017	4° Post Lavori Est 2017
C2		Bassa	Bassa	Bassa	Bassa
C4	Assente	Bassa	Assente	Bassa	Bassa
C6		Assente	Assente	Assente	Bassa
K6	Assente	Bassa	Bassa	Assente	Bassa

### 3.2.5. RICERCA DI METALLI PESANTI IN *HEDISTE DIVERSICOLOR*

I parametri (chimici e fisici) dell'acqua sovrastante il sedimento, registrati all'inizio e al termine del test effettuato nel 4° survey post lavori, sono riportati in Tab. 3-XVI, mentre in Tab. 3-XVII sono indicate le mortalità osservate negli organismi, risultate tutte inferiori rispetto a quella del controllo negativo.

Risultati del saggio - In Tab. 3-XVIII sono riportate le concentrazioni dei metalli pesanti rilevate nel bianco (tempo 0') e quelle rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* esposti ai sedimenti testati per 28 gg, mentre la Tab. 3-XIX mostra le differenze tra le concentrazioni dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* dopo l'esposizione ai sedimenti testati e quelle determinate nel bianco (0').

Nell'estate 2017 sono stati bioaccumulati solo quattro metalli: l'**arsenico** in C2, C6 e K6, il **bario** in C4, il **mercurio** nei due siti a 60 m di distanza dal sea-line e il **magnesio** in K6 e, soprattutto, C4 e C6. Tutti gli altri metalli ricercati o avevano concentrazioni simili o inferiori a quella registrata nel bianco, o non sono stati affatto rilevati (Al, Cr, In, V, Ga, Sn, Ti e Zr).

**Tab. 3-XVI** - Parametri (chimico-fisici) dell'acqua sovrastante il sedimento, registrati all'inizio ed al termine del test di bioaccumulo condotto nel 4° survey post lavori. In rosso è evidenziata la stazione corrispondente alla condotta sottomarina.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)
Controllo	15 ± 1	37	8,00	1	> 85	15 ± 1	36	8,43	0,5	> 85
C2		37	8,13	0			36	8,04	0,5	
C4		37	8,11	0			36	8,04	0,5-1	
C6		37	8,14	0			36	8,06	0	
K6		37	8,13	0			36	8,05	2	

**Tab. 3-XVII** - Percentuali di mortalità degli organismi *H. diversicolor* osservate nel test di bioaccumulo condotto nel 4° survey post lavori. In rosso è evidenziata la stazione corrispondente al sea-line.

Campione	Numero degli organismi esposti	% degli organismi morti ( $\pm$ dev.st %)
controllo	18	86 $\pm$ 0,00
C2	18	43 $\pm$ 0,00
<b>C4</b>	<b>18</b>	<b>52 <math>\pm</math> 8,25</b>
C6	18	33 $\pm$ 8,25
K6	18	33 $\pm$ 8,25

**Tab. 3-XVIII** - Concentrazioni (mg/kg; Al espresso in %) dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* nel 4° survey post lavori. In rosso è evidenziata la stazione corrispondente al sea-line. Bianco = organismi analizzati al tempo 0, prima dell'esposizione al sedimento da testare. Controllo = organismi sottoposti per 28 gg a un sedimento di controllo. n.r. = non rilevabile.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
Bianco	199,48	2,04	n.r.	0,062	n.r.	21,66	585,47	3,74	n.r.	0,47	461,45	n.r.	100,29	0,057
Controllo	n.r.	3,52	n.r.	0,024	n.r.	12,21	270,46	4,96	n.r.	0,56	186,95	n.r.	75,78	0,083
C2	n.r.	3,34	n.r.	0,048	n.r.	16,09	349,51	2,90	n.r.	0,25	85,08	n.r.	121,20	0,070
<b>C4</b>	<b>n.r.</b>	<b>2,23</b>	<b>29,76</b>	<b>0,044</b>	<b>n.r.</b>	<b>11,33</b>	<b>286,87</b>	<b>2,67</b>	<b>n.r.</b>	<b>0,30</b>	<b>105,51</b>	<b>n.r.</b>	<b>89,35</b>	<b>0,062</b>
C6	n.r.	2,96	n.r.	0,054	n.r.	12,78	357,23	3,98	n.r.	0,35	105,88	n.r.	87,57	0,076
K6	n.r.	3,15	n.r.	0,048	n.r.	15,37	380,92	2,95	n.r.	0,27	119,19	n.r.	104,40	0,067

campione	Ga	Mn	Mg	Sn	Ti	Zr
bianco	n.r.	37,05	2793,01	n.r.	6,87	n.r.
controllo	n.r.	6,49	3645,22	n.r.	2,50	n.r.
C2	n.r.	5,04	2915,94	n.r.	n.r.	n.r.
<b>C4</b>	<b>n.r.</b>	<b>5,37</b>	<b>5019,63</b>	<b>n.r.</b>	<b>n.r.</b>	<b>n.r.</b>
C6	n.r.	7,84	5018,27	n.r.	n.r.	n.r.
K6	n.r.	6,52	4181,92	n.r.	n.r.	n.r.

**Tab. 3-XIX** - Differenze tra le concentrazioni dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* esposti al sedimento di controllo e ai sedimenti da testare e il bianco (0°). In rosso è evidenziata la stazione corrispondente al sea-line. In grassetto sono evidenziati i valori che indicano bioaccumulo da parte degli organismi. (bianco = organismi spurgati/non esposti ai sedimenti testati; controllo = organismi esposti al sedimento di controllo). n.c. = non calcolabile.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
<b>controllo</b>	n.c.	<b>1,48</b>	n.c.	-0,038	n.c.	-9,45	-315,01	<b>1,22</b>	n.c.	0,09	-274,50	n.c.	-24,51	<b>0,026</b>
C2	n.c.	<b>1,30</b>	n.c.	-0,014	n.c.	-5,57	-235,96	-0,84	n.c.	-0,22	-376,37	n.c.	20,91	<b>0,013</b>
<b>C4</b>	<b>n.c.</b>	<b>0,19</b>	<b>29,76</b>	<b>-0,018</b>	<b>n.c.</b>	<b>-10,33</b>	<b>-298,60</b>	<b>-1,07</b>	<b>n.c.</b>	<b>-0,17</b>	<b>-355,94</b>	<b>n.c.</b>	<b>-10,94</b>	<b>0,005</b>
C6	n.c.	<b>0,92</b>	n.c.	-0,008	n.c.	-8,88	-228,24	0,24	n.c.	-0,12	-355,57	n.c.	-12,72	<b>0,019</b>
K6	n.c.	<b>1,11</b>	n.c.	-0,014	n.c.	-6,29	-204,55	-0,79	n.c.	-0,20	-342,26	n.c.	4,11	0,010

campione	Ga	Mn	Mg	Sn	Ti	Zr
<b>controllo</b>	n.c.	-30,56	<b>852,21</b>	n.c.	-4,37	n.c.
C2	n.c.	-32,01	122,93	n.c.	n.c.	n.c.
<b>C4</b>	<b>n.c.</b>	<b>-31,68</b>	<b>2226,62</b>	<b>n.c.</b>	<b>n.c.</b>	<b>n.c.</b>
C6	n.c.	-29,21	<b>2225,26</b>	n.c.	n.c.	n.c.
K6	n.c.	-30,53	<b>1388,91</b>	n.c.	n.c.	n.c.

Confronto con i survey precedenti - Nell'estate 2017 sono stati confermati gli andamenti di quasi tutti i metalli ricercati (Tab. 3-XX). E' stato osservato un peggioramento per quanto riguarda l'**arsenico**, per il quale è stato registrato un bioaccumulo diffuso verificatosi (in modo simile) solo nel 1° post lavori, il **bario** che per la prima volta è stato rilevato in C4 con una concentrazione significativamente maggiore rispetto al bianco, e il **magnesio**. Un miglioramento è invece avvenuto per il  **nichel**  che, sin dal pre-survey, era risultato bioaccumulato ovunque, e per il **mercurio** per il quale si è ridotto il numero di siti coinvolti nel bioaccumulo; è da ricordare che quest'ultimo metallo era stato accumulato sia in C4 che in K6 nel pre-survey.

**Tab. 3-XX** - Confronto tra le differenze delle concentrazioni dei metalli pesanti con il bianco rilevate nel pre-survey (PS), e nei primi quattro monitoraggi post lavori (PL). In rosso è evidenziata la stazione corrispondente alla condotta sottomarina. In grassetto sono evidenziati i valori che indicano bioaccumulo da parte degli organismi. (controllo = organismi esposti al sedimento di controllo). n.c. = non calcolabile.

Campione	Al					As					Ba					Cd				
	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL
Controllo	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0,10	<b>0,70</b>	-0,50	-0,20	<b>1,48</b>	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0,040	0,030	0,004	-0,015	-0,038
C2							-0,72	-0,66	-0,82	<b>1,30</b>			<b>4,42</b>	n.c.	n.c.	-0,120	<b>0,028</b>	-0,041	-0,014	
C4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0,04	<b>0,48</b>	<b>-0,67</b>	<b>-0,07</b>	<b>0,19</b>	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	<b>29,76</b>	<b>-0,060</b>	<b>0,040</b>	<b>-0,013</b>	<b>-0,033</b>	<b>-0,018</b>
C6							<b>0,24</b>	-1,25	-0,52	<b>0,92</b>			n.c.	n.c.	n.c.	0,010	0,020	-0,021	-0,008	
K6	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0,00	<b>0,62</b>	-0,75	-0,34	<b>1,11</b>	n.c.	n.c.	0,13	n.c.	n.c.	-0,050	0,020	-0,005	-0,035	-0,014

Campione	Cr					Cu					Fe					Ni				
	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL
Controllo	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-5,98	-1,67	0,41	-1,42	-9,45	-407,40	-155,35	-17,44	-79,63	-315,01	-1,21	-0,03	<b>1,53</b>	<b>3,39</b>	<b>1,22</b>
C2							-4,79	-1,56	-3,44	-5,57		-288,94	-2,22	-159,75	-235,96		<b>0,66</b>	<b>1,45</b>	<b>2,26</b>	-0,84
C4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-7,21	<b>-6,38</b>	<b>-5,11</b>	<b>0,71</b>	<b>-10,33</b>	<b>-504,93</b>	<b>-309,36</b>	<b>-101,66</b>	<b>-137,67</b>	<b>-298,6</b>	<b>0,93</b>	<b>2,04</b>	<b>1,00</b>	<b>3,01</b>	<b>-1,07</b>
C6							-4,95	-0,96	-3,03	-8,88		-249,51	<b>97,15</b>	-152,18	-228,24		<b>1,50</b>	<b>1,68</b>	<b>4,77</b>	0,24
K6	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-5,55	-5,47	-2,21	-0,21	-6,29	-560,73	-265,98	-52,66	-161,57	-204,55	<b>1,59</b>	<b>2,49</b>	<b>2,38</b>	<b>1,07</b>	-0,79

Campione	In					Pb					Si					V				
	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL
Controllo	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-0,13	<b>0,13</b>	-0,12	0,09	-436,22	-414,45	<b>33,33</b>	-250,71	-274,50	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
C2							-0,09	<b>0,07</b>	-0,52	-0,22		-363,7	<b>89,51</b>	-213,99	-376,37		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
C4	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	<b>0,06</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,53</b>	<b>-0,17</b>	<b>-447,23</b>	<b>-407,47</b>	<b>32,87</b>	<b>-198,28</b>	<b>-355,94</b>	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
C6							0,04	<b>0,14</b>	-0,57	-0,12		-397,4	<b>164,65</b>	-199,63	-355,57		n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
K6	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-0,15	-0,19	<b>0,11</b>	-0,55	-0,20	-388,10	-398,22	<b>52,69</b>	-189,73	-342,26	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.

Campione	Zn					Hg					Ga					Mn				
	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL
Controllo	10,97	<b>35,31</b>	-24,22	5,25	-24,51	<b>0,088</b>	<b>0,017</b>	-0,057	<b>0,059</b>	<b>0,026</b>			n.c.	n.c.	n.c.		<b>16,79</b>	-29,10	<b>24,77</b>	-30,56
C2		0,32	-8,00	-1,12	20,91		-0,007	0,022	<b>0,020</b>	<b>0,013</b>			n.c.	n.c.	n.c.		-5,63	-35,20	-21,99	-32,01
C4	<b>-17,80</b>	<b>6,03</b>	<b>-36,37</b>	<b>2,74</b>	<b>-10,94</b>	<b>0,049</b>	<b>0,018</b>	<b>-0,032</b>	<b>0,039</b>	<b>0,005</b>			n.c.	n.c.	n.c.		<b>-4,94</b>	<b>-36,10</b>	<b>-20,45</b>	<b>-31,68</b>
C6		12,03	5,11	-2,95	-12,72		-0,010	-0,026	<b>0,020</b>	<b>0,019</b>			n.c.	n.c.	n.c.		-2,97	-35,30	-20,91	-29,21
K6	-31,55	8,31	-36,61	-8,23	4,11	<b>0,054</b>	0,004	0,015	<b>0,031</b>	0,010			n.c.	n.c.	n.c.		-4,23	-34,80	-22,71	-30,53

Campione	Mg					Sn					Ti					Zr					
	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL	
Controllo		29,23	<b>1310,00</b>	749,70	<b>852,21</b>			n.c.	n.c.	n.c.			n.c.	n.c.	n.c.			n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
C2		-1505	777,50	171,00	122,93			n.c.	n.c.	n.c.			n.c.	-1,86	n.c.			n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
C4		<b>-358</b>	<b>728,30</b>	<b>239,70</b>	<b>2226,62</b>			n.c.	n.c.	n.c.			n.c.	<b>-1,57</b>	n.c.			n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
C6		-265	355,70	124,40	<b>2225,26</b>			n.c.	n.c.	n.c.			n.c.	n.c.	n.c.			n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
K6		-319	635,20	-117,00	<b>1388,91</b>			n.c.	n.c.	n.c.			n.c.	-1,23	n.c.			n.c.	n.c.	n.c.	n.c.

### 3.3. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

#### 3.3.1. DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P)

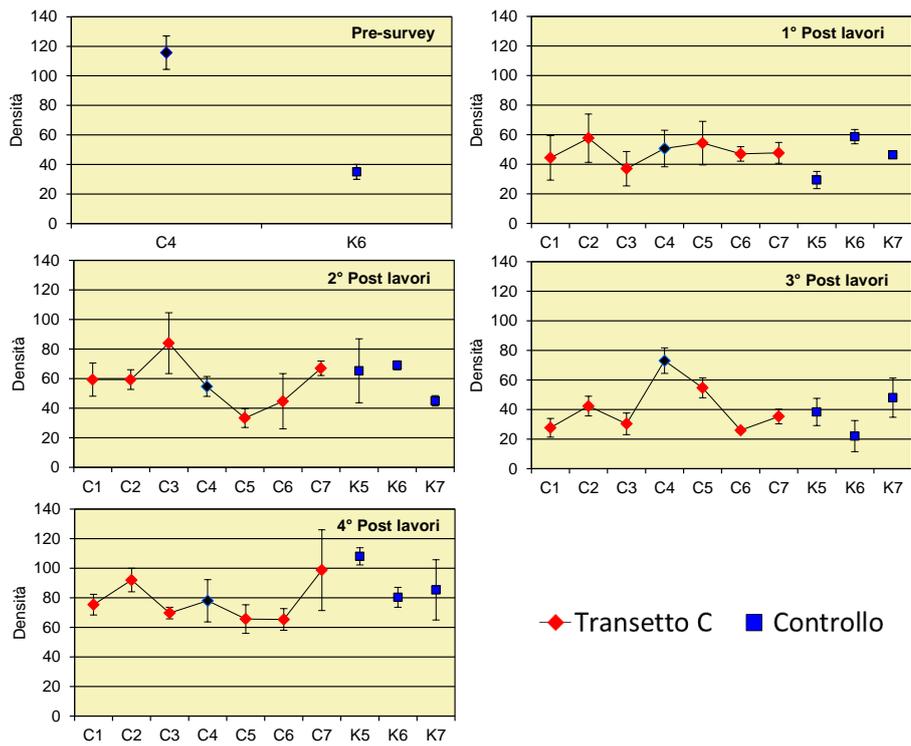
La densità registrata nel 4° survey post lavori lungo il transetto C (fig. 3.8) è oscillata tra  $65,33 \pm 7,31$  (C6) e  $98,67 \pm 27,35$  ind/0,095 m<sup>2</sup> (C7). Tutti i siti C sono risultati confrontabili tra loro a causa degli errori standard associati e con almeno un controllo, dove N è risultata compresa tra  $80,33 \pm 6,74$  (K6) e  $108,00 \pm 5,86$  ind/0,095 m<sup>2</sup> (K5).

I risultati ottenuti indicano un andamento più lineare rispetto ai survey finora condotti, evidenziando un lieve aumento di N in numerose stazioni rispetto all'inverno 2017 (C1-C3 e C6-C7). Nel sito C4 ( $78,00 \pm 14,29$  ind/0,095 m<sup>2</sup>), la densità è risultata ancora una volta inferiore rispetto al pre-survey ( $115,67 \pm 11,33$  ind/0,095 m<sup>2</sup>), benché paragonabile al campionamento precedente. La densità registrata prima dell'installazione della condotta sottomarina è stata eguagliata in modo del tutto sporadico e in poche stazioni (C3 nel 2° post lavori e in C7, K5 e K7 nel 4° post lavori).

I policheti Paraonidi sono risultati il taxon più abbondante in tutte le stazioni, così come già riscontrato in tutti i campionamenti sinora effettuati (Tabb. 3-XXI - 3-XXV). A seguire i policheti *Ophelina cylindricaudata* e *Paradiopatra calliopae*, tranne in C4 dove quest'ultimo ha superato *O. cylindricaudata*. Si riconfermano rimarchevoli anche i contributi di *Aphelochaeta filiformis*, la cui abbondanza è aumentata rispetto all'inverno 2017 risultando simile a quella registrata nel 1° e 2° survey dopo la posa della condotta. Degno di nota è inoltre l'aumento in tutti i siti dei policheti appartenenti alla famiglia Spionidae.

In termini di biomassa (fig. 3.9; Tabb. 3-XXVI - 3-3-XXX), nell'ultimo survey i valori lungo il transetto sono variati da un minimo di  $0,17 \pm 6,96$  (C1) a un massimo di  $4,21 \pm 27,35$  gr/0,195 m<sup>2</sup> (C7), rientrando nel range ottenuto nei siti di controllo ( $0,34 \pm 20,34 < P < 1,15 \pm 1,07$  gr/0,195 m<sup>2</sup>).

Come già riscontrato in tutti i campionamenti sinora condotti, la biomassa è risultata estremamente contenuta in tutta l'aria investigata. I pochi picchi registrati in una o più stazioni nei vari survey, caratterizzati da elevati errori standard, sono stati determinati dal rinvenimento in una replica di esemplari di grosse dimensioni, generalmente il riccio di mare *Brissopsis atlantica mediterranea*, come riscontrato anche nell'estate 2017 nel sito C7 (fig. 3.10).



**Fig. 3.8** – Densità ( $\pm$  e.s.) registrate presso i siti monitorati nell'intero periodo di indagine.

**Tab. 3-XXI** – Lista e densità (n. ind/0,095 m<sup>2</sup>) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate durante il **pre-survey**. Per ogni sito è riportato il numero totale di taxa osservati. Sono anche indicate le Biocenosi di appartenenza dei taxa determinati a livello di specie. C = Bioc. del Coralligeno; DC = Bioc. del Detritico Costiero; DE = Biocenosi del Detritico Infangato; DL= Bioc. del Detritico del Largo; HP = Bioc. delle praterie di Posidonia; Lim = limicolo; Lre = Larga Ripartizione Ecologica; MI = Bioc. dei Fondi Mobili Instabili; Minut = minuticolo; Mixt = misticolo; MO = indicatore della presenza di materia organica; Sab = sabulicolo; SFBC = Bioc. delle Sabbie Fini Ben Calibrate; SGCF = Bioc. delle Ghiaie Fini sotto l’influsso delle Correnti di Fondo; Sm = substrato mobile; SVMC = Bioc. delle Sabbie Infangate di Moda Calma; VB = Bioc. dei Fanghi Batiali; VTC = Bioc. dei Fanghi Terrigeni Costieri.

Stazione		Biocenosi	C4	K6
Distanza dal futuro sea-line (m)			0	2000
<b>Crostacei</b>				
Anfipodi	<i>Ampelisca diadema</i>	DE	0,33	
	Aoridae nd	-		0,33
Decapodi	<i>Hippomedon bidentatus</i>	VTC	1,33	
	<i>Callinassa subterranea</i>	Lim	0,33	1,33
	<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC	0,33	0,33
	<i>Processa</i> sp	-	0,67	0,33
<b>Echinodermi</b>				
Echinoidei	<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>	VB		0,33
Ofiuroidei	<i>Amphipura chiajei</i>	VTC	0,33	
<b>Molluschi</b>				
Bivalvi	<i>Abra alba</i>	Lim toll	0,67	0,33
	<i>Myrtea spinifera</i>	MO	2,00	
	<i>Nucula nitidosa</i>	Lim	1,67	0,33
	<i>Nucula sulcata</i>	Lim	0,33	
	<i>Saccella commutata</i>	Mixt	1,00	
	<i>Thyasira succisa</i>	Lim	1,00	
Caudofoveata	<i>Falcidens guttuosus</i>	Lim	3,00	
Gasteropodi	<i>Hyalia vitrea</i>	VTC	0,33	0,33
	<i>Mangelia coarctata</i>	Sm	0,33	
	<i>Turritella communis</i>	VTC	0,33	
<b>Nemertini</b>				
	Nemertea nd	-	0,67	
<b>Policheti</b>				
	<i>Ampharete acutifrons</i>	VTC		0,33
	<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>	VB		0,67
	<i>Aphelochaeta filiformis</i>	MO	2,33	0,33
	<i>Aphelochaeta marioni</i>	MO	0,33	
	Capitellidae nd	-		0,67
	Chaetopteridae nd	-		0,33
	<i>Chaetozone caputesocis</i>	Lim		0,33
	<i>Chirimia biceps</i>	MO	0,33	
	<i>Glycera rouxii</i>	MO	0,67	
	<i>Lumbrineris gracilis</i>	Sab	0,67	0,33
	<i>Marphysa bellii</i>	Lim	4,00	0,67
	<i>Melinna palmata</i>	Minut	0,33	
	<i>Minuspio cirrifera</i>	MO	1,67	
	<i>Nephtys hystericis</i>	VTC	0,67	0,33
	<i>Ninoe</i> sp	-	3,00	0,33
	<i>Notomastus aberans</i>	MO		1,33
	<i>Ophelina cylindricaudata</i>	Lim	7,33	6,33
	<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Sab		0,33
	Orbiniidae nd	-		0,33
	<i>Paradiopatra calliopae</i>	Lim	19,00	2,33
	<i>Paralacydonia paradoxa</i>	MO	1,67	
	Paraonidae nd	-	53,33	11,33
	Pilargidae nd	-		1,33
	<i>Pilargis verrucosa</i>	Sab	0,33	
	<i>Prionospio ehlersi</i>	Mixt		0,33
	<i>Prionospio</i> sp	-	0,33	
	<i>Scoletoma</i> sp	-		0,33
	<i>Scoloplos armiger</i>	Lre		1,00
	Spionidae nd	-	0,33	
	<i>Syllis</i> sp	-	0,33	
	Terebellidae nd	-	0,33	
<b>Sipunculidi</b>				
	<i>Aspidosiphon muelleri</i>	MO	0,33	0,33
	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	VB	2,00	
	<i>Sipuncula</i> nd	-	1,67	1,67
<b>Densità totale</b>			115,67	35,00
<b>Ricchezza specifica totale</b>			39	30

**Tab. 3-XXII** – Lista e densità (n. ind/0,095 m<sup>2</sup>) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 1° survey post lavori. Per ogni sito è riportato il numero totale di taxa osservati. Sono anche indicate le Biocenosi di appartenenza dei taxa determinati a livello di specie. Per la legenda si rimanda alla Tab. 3-XXI.

Stazione		Biocenosi	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal sea-line (m)			100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
<b>Briozoi</b>												
	Briozoa nd										0,33	0,33
	<i>Triticella flava</i>	Simbiosi										0,33
<b>Cnidari</b>												
Antozoi	Actiniaria nd							0,33				
	<i>Virgularia mirabilis</i>	VTC										0,33
Idrozoi	Hydroidea nd								0,33			0,33
<b>Crostacei</b>												
Antipodi	<i>Ampelisca diadema</i>	DE		0,33							0,33	
	<i>Ampelisca intermedia</i>	SFBC	0,33									
	<i>Carangoliopsis spinulosa</i>	VTC				0,33						
	<i>Gammaropsis</i> sp					0,33						
	<i>Harpinia dellavallei</i>	VTC			0,33	0,33						
	<i>Othomaera schmidtii</i>	VB								0,33		
	<i>Paraphoxus oculatus</i>	Mixt		0,33	0,33			0,33				0,33
	<i>Rhachotropis</i> sp			0,33								
Cumacei	Cumacea nd		0,33			0,33						
	<i>Eudorella truncatula</i>	Mixt						0,33				
	<i>Leucon siphonatus</i>	Lim							0,33			0,33
Decapodi	<i>Alpheus glaber</i>	VTC		0,67			0,67	0,33			0,33	
	<i>Anapagurus bicorniger</i>	Lim										0,33
	<i>Callianassa subterranea</i>	Lim	0,33	1,33	1,00	0,33	0,33	0,67	1,67	0,67	1,00	3,00
	<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC	0,67	0,67		0,67	0,33	0,67	1,00		0,33	0,33
	<i>Jaxea nocturna</i>	VTC						0,33				
	Paguridae nd										0,33	
	<i>Processa</i> sp										0,33	
	<i>Solenocera membranacea</i>	VB									0,33	
	<i>Upogebia deltaura</i>	DL									0,67	1,33
Isopodi	Bopyridae nd											0,67
	<i>Eurydice</i> sp								0,33			
	<i>Gnathia</i> sp			0,33			0,33				0,33	
Misidiacei	Misidiacea nd										0,67	
Tanaidacei	<i>Apseudes spinosus</i>	HP	0,33									
	<i>Leptognathia</i> sp		0,33									
<b>Echinodermi</b>												
Echinodermi	<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>	VB		0,33	0,33					0,33		
Oloturoidei	Holothuroidea nd			0,33	0,67	0,33			0,33	0,33		0,33
	<i>Labidoplax digitata</i>	VTC		0,33								
	<i>Trachythone elongata</i>	VTC							0,33			
<b>Molluschi</b>												
Bivalvi	<i>Anomia ephippium</i>	Lre									0,33	
	<i>Azorinus chamasolen</i>	Mixt	0,33									
	<i>Nucula nitidosa</i>	Lim		0,33			0,33				0,33	
	<i>Nucula sulcata</i>	Lim	0,33	0,33	0,33							
	<i>Parvicardium minimum</i>	Mixt										0,33
	<i>Phaxas adriaticus</i>	Sab								0,33		
	<i>Saccella commutata</i>	Mixt	0,33				0,33	0,33				
	<i>Thyasira biplicata</i>	Lim		0,33	0,33							
	<i>Timoclea ovata</i>	Lre						0,33	0,33		0,33	0,33
Caudofoveati	<i>Falcidens guttuosus</i>	Lim	1,67	1,00	1,33	0,33	1,00		0,67	0,33		
Gasteropodi	<i>Hyala vitrea</i>	VTC			0,67	0,67	1,00	0,33				
	<i>Symola fasciata</i>	HP								0,33		
	<i>Turritella communis</i>	VTC						0,67			0,33	
<b>Nemertini</b>												
	Nemertea nd		0,33	0,67	0,33	1,33	0,33		0,33		0,33	
<b>Platelminti</b>												
	Platelminta nd						0,33					
<b>Policheti</b>												
	<i>Ampharete acutifrons</i>	VTC	0,33						0,67	0,33		0,33
	Ampharetidae nd		0,33	0,33			0,33		0,33	0,67	5,67	2,67
	<i>Amphicteis gunneri</i>	Lim						0,33				
	<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>	VB	0,33				0,67	0,33				
	<i>Aphelochaeta filiformis</i>	MO	2,33	2,00	2,33	3,67	3,33	1,33	0,33	0,33	3,33	3,33
	<i>Aphelochaeta marioni</i>	MO	0,67		0,67	0,33			0,67		0,67	
	<i>Aponuphis brementii</i>	Lim	0,33								0,33	0,33

Tab. 3-XXII – Continuo.

Stazione	Biocenosi	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal sea-line (m)		100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
<b>Policheti</b>											
<i>Capitella capitata</i>	MO	0,33			0,67	0,33	0,67	0,67	1,00		0,33
Capitellidae nd				0,33		0,33				0,33	
Chaetopteridae nd							0,67				
<i>Chaetozone caputesocis</i>	Lim		0,33								
<i>Chirimia biceps</i>	MO							0,33			
Cirratulidae nd			0,67			0,33					
<i>Glycera alba</i>	Lim	0,33									
<i>Glycera rouxii</i>	MO	0,33					0,67			1,00	0,67
<i>Glycera</i> sp		0,33	0,67	0,33	0,67	1,67	0,33	1,33	0,67	2,00	1,00
<i>Glycera tessellata</i>	Sd	0,33			0,33				0,67	0,33	1,00
<i>Goniada maculata</i>	VTC					0,33					
<i>Harmothoe</i> sp										0,33	
<i>Inermonephtys inermis</i>	Mixt								0,33		
<i>Labioleanira yhleni</i>	VTC	0,33				0,33		0,33			
<i>Lumbrineris gracilis</i>	Sab						0,33	0,33		0,33	
Maldanidae nd		0,33									
<i>Marphysa bellii</i>	Lim	1,67	2,67	1,00	1,67	0,67	1,33		1,33	0,33	1,00
<i>Melinna palmata</i>	Minut	0,33		0,67			0,33	0,33		0,33	
<i>Micronephtys sphaerocirrata</i>	Sab toll		0,33								
<i>Minuspio cirrifera</i>	MO	0,67			0,33						
<i>Nephtys hystrix</i>	VTC			0,33	0,67	0,67	0,33	1,67		1,33	0,67
Nereididae nd					0,33						
<i>Ninoe</i> sp		0,67	0,33	0,33	0,67	1,00	0,33	0,33			
<i>Notomastus aberans</i>	MO	1,00		0,33	0,67	1,00	1,00	2,33	2,67	0,33	1,33
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	Lim	8,00	6,67	4,67	5,33	7,00	12,00	8,67	4,00	6,00	5,00
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Sab								0,33	0,33	0,33
<i>Owenia fusiformis</i>	SFBC				0,33						
<i>Paradiopatra calliopae</i>	Lim	3,33	3,67	1,33	3,33	2,33	1,33	2,33	1,33	4,33	0,67
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	MO	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	1,67	1,00	2,00	3,67	1,00
Paraonidae nd		11,67	25,33	16,33	19,33	19,67	15,00	13,33	8,67	13,67	14,33
<i>Paraprionospio pinnata</i>	VTC									0,33	
Phyllodocidae nd						0,33					
Pilargidae nd			0,33		0,33	0,33		0,67		1,33	0,33
<i>Pilargis verrucosa</i>	Sab		0,67					0,33	0,33		
<i>Prionospio</i> sp		1,00				0,33	0,67	0,33		0,33	
Sabellidae nd										1,00	0,33
<i>Scalibregma inflatum</i>	Lim		0,33		0,33	0,33					
<i>Scoletoma</i> sp		0,33		0,33	1,00	0,33	0,33	0,33		0,33	
<i>Scoloplos armiger</i>	Lre		0,67	0,33	1,67	1,33	1,67	1,00	1,00		0,33
Sphaerodoridae nd						0,33					0,33
Spionidae nd				0,33	1,33	1,00		0,33	0,33	1,00	1,67
<i>Spiophanes bombyx</i>	SFBC				0,33						
<i>Sternaspis scutata</i>	VTC		0,33								
<i>Syllis parapar</i>	SFBC - Mixt									0,33	
<i>Syllis</i> sp								0,33			
Terebellidae nd						0,33					
<i>Terebellides stroemi</i>	MO	0,33					0,33			0,33	
<i>Trachytrypa jeffreysii</i>	VTC					0,33					
<b>Sipunculidi</b>											
<i>Aspidosiphon muelleri</i>	MO					0,67				0,33	
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	VB	1,33	1,33			1,33	0,67	0,33			
<i>Phascolion strombus</i>	Lre									0,33	
<i>Sipuncula</i> nd		1,00	1,33	0,67	0,33	1,33	0,67	2,33	0,67	1,67	0,67
<b>Densità totale</b>		44,33	57,67	37,00	50,67	54,33	47,00	47,67	29,33	58,67	46,33
<b>Ricchezza specifica totale</b>		38	34	27	33	40	34	37	25	46	36

**Tab. 3-XXIII** – Lista e densità (n. ind./0,095 m<sup>2</sup>) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 2° survey post lavori. Per ogni sito è riportato il numero totale di taxa osservati. Sono anche indicate le Biocenosi di appartenenza dei taxa determinati a livello di specie. Per la legenda si rimanda alla Tab. 3-XXI.

Stazione		Biocenosi	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal sea-line (m)			100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
<b>Briozoi</b>	Briozoa nd										0,33	
<b>Cnidari</b>												
Idrozoi	Hydroidea nd		0,33							0,33	0,33	0,67
<b>Crostacei</b>												
Anfipodi	<i>Ampelisca diadema</i>	DE	0,33	0,33		0,33	0,33		0,33	0,67	0,33	
	<i>Corophium</i> sp				0,33	0,33					0,33	
	<i>Eriopisa elongata</i>	VB		0,33							0,33	
	<i>Harpinia dellavallei</i>	VTC			0,67							0,67
	<i>Leucothoe incisa</i>	SFBC									0,33	
	<i>Leucothoe liljeborgi</i>	MO						0,33				0,33
	<i>Metaphoxus simplex</i>	SFBC		0,33			0,33					
	<i>Orchomene grimaldii</i>	VTC, VB										1,00
	<i>Paraphoxus oculatus</i>	Mixt	0,67	0,33	0,33			0,67			0,33	0,67
	<i>Phtisica marina</i>	Lre										0,33
Copepodi	Copepoda nd											0,33
Cumacei	Cumacea nd			0,33								0,33
	<i>Eudorella truncatula</i>	Mixt		0,33						0,33		0,67
Decapodi	<i>Alpheus glaber</i>	VTC								0,33	0,33	
	<i>Callinassa subterranea</i>	Lim		0,33	1,67	0,33	0,33	0,33	1,33	0,67	2,67	1,33
	<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC				0,33	0,33		0,33			
	<i>Processa</i> sp		0,33									0,33
	<i>Upogebia deltaura</i>	DL		0,33								0,33
Tanaidacei	<i>Leptognathia</i> sp			0,33							0,67	
<b>Echinodermi</b>												
Echinoidei	<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>	VB					0,33			0,33	0,33	
Oloturoidei	Holothurioidea nd		1,33	0,33	0,67	1,33		0,67		0,67		
<b>Molluschi</b>												
Bivalvi	<i>Abra nitida</i>	VTC excl								0,33		
	<i>Abra prismatica</i>	DC excl			0,67							
	<i>Loripes lacteus</i>	Sab		0,33								
	<i>Nucula nitidosa</i>	Lim			1,00			0,33				
	<i>Nucula sulcata</i>	Lim			0,33					0,33		
	<i>Plagiocardium papillosum</i>	DC										0,67
	<i>Thyasira biplicata</i>	Lim				0,33						
	<i>Thyasira succisa</i>	Lim									0,33	
	<i>Timoclea ovata</i>	Lre		0,33							0,33	
Caudofoveati	<i>Falcidens gutturosus</i>	Lim	2,00	1,33	1,33		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	
Gasteropodi	<i>Hyala vitrea</i>	VTC		0,67	1,00				0,33	0,33	0,33	0,67
	<i>Turritella communis</i>	VTC					0,33		0,67		0,33	
<b>Nemertini</b>												
Nemertea	Nemertea nd		1,00		1,67	0,67	1,00				0,67	0,67
<b>Pantopodi</b>												
Picnogonidi	Pycnogonida nd							0,33				
<b>Policheti</b>												
	<i>Ampharete acutifrons</i>	VTC	0,33		0,67	0,33	0,33			0,67	1,00	0,33
	Ampharetidae nd		0,33		2,00			0,33		1,00	0,67	0,33
	<i>Ancystrosyllis groenlandica</i>	VB			0,33		1,00	0,67	0,33			
	<i>Aphelochaeta filiformis</i>	MO	2,00	4,00	3,33	2,00	1,00	1,33	2,67	2,33	5,33	3,00
	<i>Aphelochaeta marioni</i>	MO			0,67			0,33	0,33		0,67	0,33
	<i>Aponuphis brementi</i>	Lim										0,33
	Capitellidae nd			0,33	3,00	0,67		0,33	0,67		2,00	0,67
	<i>Chaetozone caputesocis</i>	Lim								0,33		
	Cirratulidae nd			0,67		0,67		0,67		0,33	0,67	0,67

Tab. 3-XXIII – Continuo.

Stazione	Biocenosi	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal sea-line (m)		100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
<b>Policheti</b>											
<i>Ditrupea arietina</i>	MI							0,33			
<i>Dorvillea rubrovittata</i>	C									0,33	
<i>Drilonereis filum</i>	Lim				0,33			0,33	0,33	0,33	
<i>Glycera alba</i>	Lim			0,33							
<i>Glycera rouxii</i>	MO	0,33	0,33	0,67		0,33	0,67	0,33		0,67	0,33
<i>Glycera sp</i>		0,33	0,67	2,33	1,00	1,33	1,00	2,00	1,00	3,67	0,67
<i>Glycera tessellata</i>	Sd							0,33	1,67	1,00	
<i>Glycera tridactyla</i>	SFBC						0,33				
<i>Harmothoe sp</i>			0,33				0,33		0,33		
<i>Hydroides norvegicus</i>	Sd			0,33					0,33		
<i>Labioleanira yhleni</i>	VTC		0,33				0,33				
<i>Lumbrineris gracilis</i>	Sab							0,33	1,33		0,67
<i>Macroclymene santanderensis</i>	Sab									0,33	
Maldanidae nd				0,67				0,33	0,33		0,33
<i>Marphysa bellii</i>	Lim	1,33	2,33	0,67	1,67	0,67	1,33	1,00	1,00	0,67	1,00
<i>Melinna palmata</i>	Minut		0,33	0,33	1,00	0,33		0,33	0,67	0,33	
<i>Minuspia cirrifera</i>	MO		0,67		0,33				0,33	0,33	
<i>Nephtys hombergi</i>	SFBC		0,67						0,67		0,33
<i>Nephtys hystricis</i>	VTC		0,67		0,33	0,33	0,33	1,00	0,33	0,33	1,00
Nereididae nd		0,33	0,33				0,33			0,33	
<i>Ninoe sp</i>		0,67	0,67	0,33	1,00	0,33		0,33			
<i>Notomastus aberans</i>	MO	0,33	0,33	1,67	0,33		1,00	1,67	1,00	3,67	1,00
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	Lim	7,33	5,33	6,00	3,67	2,00	11,33	18,00	8,33	9,67	4,33
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Sab	0,33	0,33				0,33	0,67		0,33	
<i>Owenia fusiformis</i>	SFBC							0,33			
<i>Panthalis oerstedii</i>	VB			0,33							
<i>Paradiopatra calliopae</i>	Lim	21,67	3,00	6,67	4,33	1,00	4,67	3,33	4,33	5,33	2,00
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	MO	0,33	0,67	2,33	0,33		2,33	1,33	1,33	3,33	0,33
Paraonidae nd		16,00	26,00	32,67	26,67	18,33	11,67	22,67	22,00	14,67	12,00
Phyllodocidae nd						0,33					
<i>Phylo norvegica</i>	Lim				0,33						
Pilargidae nd			0,33	0,67	0,33				2,00	0,67	0,67
<i>Pilargis verrucosa</i>	Sab			0,67	0,67						
<i>Pista cristata</i>	Lim								0,67		
<i>Poecilochetus serpens</i>	VTC							0,33	0,33		
<i>Prionospio sp</i>		1,00			1,00	0,33		0,33	0,33	0,33	0,67
Sabellidae nd				0,33	0,33				0,67	0,67	0,33
<i>Scoletoma impatiens</i>	Mixt									0,33	0,33
<i>Scoletoma sp</i>		0,67	1,00	0,33	0,67					0,33	0,33
<i>Scoloplos armiger</i>	Lre	0,33	0,33	0,67	0,33	0,33	1,33	1,00	2,00		
<i>Serpula vermicularis</i>	AP	0,33	0,33			0,33					
Serpulidae nd			0,33								
Sphaerodoridae nd							0,33				
Spionidae nd			1,00	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33	1,00	0,33	
<i>Spiophanes bombyx</i>	SFBC				0,33				0,33		
<i>Syllis parapar</i>	SFBC - Mixt			0,33							
<i>Syllis sp</i>				0,33							
Terebellidae nd									0,67	0,33	0,33
<i>Terebellides stroemi</i>	MO	0,33								0,67	0,33
<b>Sipunculidi</b>											
<i>Aspidosiphon muelleri</i>	MO			0,33		0,33	0,33			0,33	0,67
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	VB		2,00	1,33		0,33		0,33	1,33	0,33	0,67
<i>Phascalion strombus</i>	Lre			0,67							
<i>Sipuncula nd</i>			0,33	2,67	1,33	0,33	0,33	2,33	1,33	1,33	2,33
<b>Densità totale</b>		59,33	59,33	84,00	54,67	33,33	44,67	67,00	65,33	69,00	45,00
<b>Ricchezza specifica totale</b>		24	40	44	34	29	30	35	44	48	43

**Tab. 3-XXIV** – Lista e densità (n. ind./0,095 m<sup>2</sup>) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 3° survey post lavori. Per ogni sito è riportato il numero totale di taxa osservati. Sono anche indicate le Biocenosi di appartenenza dei taxa determinati a livello di specie. Per la legenda si rimanda alla Tab. 3-XXI.

Stazione		Biocenosi	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal sea-line (m)			100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
<b>Briozoi</b>												
	<i>Scrupocellaria scruposa</i>	Sd				0,33				0,33		
<b>Cnidari</b>												
Antozoi	Actiniaria nd		0,33					0,33	0,33	0,33		
	Anthozoa nd						0,33	0,33				0,33
Idrozoi	Hydroidea nd						0,67	0,33				0,33
<b>Crostacei</b>												
Anfipodi	<i>Ampelisca diadema</i>	DE		0,33		0,33					0,33	0,33
	<i>Corophium</i> sp		0,33			0,33			0,33			
	<i>Harpinia dellavallei</i>	VTC			0,33	1,33	1,00					0,33
	<i>Leptocheirus mariae</i>	Mixt					0,33					
	<i>Leucothoe incisa</i>	SFBC										0,33
	<i>Leucothoe lilljeborgi</i>	MO						0,33				
	<i>Paraphoxus oculatus</i>	Mixt				1,33	0,67					
Cumacei	Cumacea nd			0,33					0,33			0,33
	<i>Eudorella truncatula</i>	Mixt	0,33									
Decapodi	<i>Alpheus glaber</i>	VTC	0,33	0,33		0,33			0,33		0,33	
	<i>Callinassa subterranea</i>	Lim	0,33	0,33		0,67	0,33			1,00		1,00
	<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC		0,33						0,33	0,33	0,67
	<i>Jaxea nocturna</i>	VTC						0,33				
	<i>Monodaeus couchi</i>	Lre						0,33				
	Paguridae nd					0,33						
	<i>Upogebia deltaura</i>	DL								0,33		0,33
Isopodi	<i>Gnathia</i> sp		0,33			0,33						0,33
Misidiacei	Misidiacea nd						0,33					
Ostracosi	Ostracoda nd									0,33		
Tanaidacei	<i>Apseudes spinosus</i>	HP					0,33					
	<i>Leptognathia</i> sp											0,33
<b>Echinodermi</b>												
Echinoidei	<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>	VB			0,33		0,33					
Oloturoidei	<i>Labidoplax digitata</i>	VTC						0,33				
<b>Molluschi</b>												
Bivalvi	<i>Abra nitida</i>	VTC					0,33					
	<i>Anomia ephippium</i>	Lre								1,00		
	<i>Azorinus chamasolen</i>	Mixt			0,33							0,33
	<i>Corbula gibba</i>	MI							0,33			
	<i>Kellia suborbicularis</i>	DC		0,33								
	<i>Kelliella abyssicola</i>	Sm					0,33					
	<i>Nucula nitidosa</i>	Lim		0,33		0,33		0,33	0,33			
	<i>Nucula sulcata</i>	Lim				0,67	0,33					
	<i>Parvicardium minimum</i>	Mixt				0,33						
	<i>Thyasira succisa</i>	Lim		0,33								0,33
	<i>Timoclea ovata</i>	Lre		0,33			0,33				0,33	
Caudofoveat	<i>Falcidens gutturosus</i>	Lim						0,33	0,33			
Gastropodi	<i>Hyalia vitrea</i>	VTC		1,33	0,33	2,67			0,33			
	<i>Turritella communis</i>	VTC			0,33	0,33	1,00		0,33	0,33		
<b>Nemertini</b>												
	Nemertea nd		0,33		0,67	1,33	1,67	0,33	1,00		0,33	1,00
<b>Pantopodi</b>												
	<i>Pycnogonida</i> nd					0,33						

Tab. 3-XXIV – Continuo.

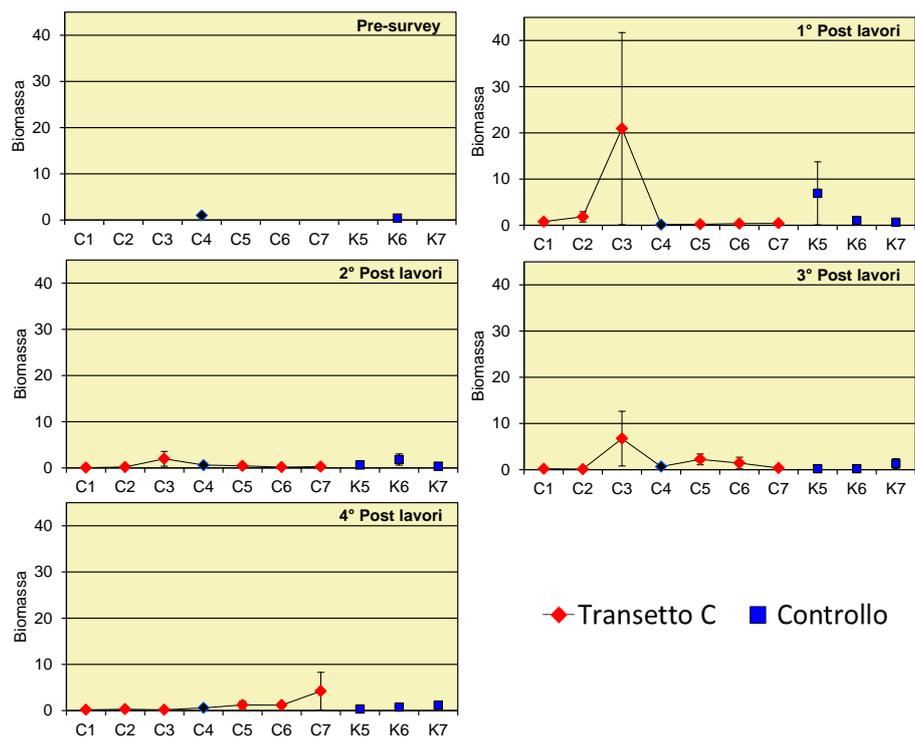
Stazione	Biocenosi	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal sea-line (m)		100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
<b>Polichei</b>											
<i>Ampharete acutifrons</i>	VTC	0,33	0,67	0,33	1,33	0,67			0,33		0,67
Ampharetidae nd		0,33		0,33	0,67	0,33	0,33		1,67	0,67	0,67
<i>Ancystrosyllis groenlandica</i>	VB			0,67	0,33	0,33			0,33		0,33
<i>Aphelochaeta filiformis</i>	MO	0,67	1,67	1,00	2,00	2,00	0,33	1,00	1,00	0,67	1,33
<i>Aphelochaeta marioni</i>	MO	0,67	0,67		2,33	1,67		0,33	0,33		2,33
<i>Aponuphis brementi</i>	Lim								0,33		
Capitellidae nd			0,67			0,33		0,33	0,33		
<i>Chaetozone caputesocis</i>	Lim		0,33								
<i>Chirimia biceps</i>	MO				0,67						
Cirratulidae nd		0,33			0,33						0,67
<i>Drilonereis filum</i>	Lim			0,67					0,67		0,33
<i>Glycera rouxii</i>	MO	0,33	0,33	0,33		0,67	0,33		0,33	0,33	
<i>Glycera</i> sp		1,00	1,33	0,33	0,33	2,67	0,67	0,33	0,33	0,67	2,00
<i>Glycera tessellata</i>	Sd			0,33							
<i>Harmothoe</i> sp						0,33					
<i>Hydroides norvegicus</i>	Sd								0,33		
<i>Lumbrineris gracilis</i>	Sab							0,33	0,33		
<i>Maldane glebiflex</i>	VTC				0,33						
Maldanidae nd						0,33		0,33			
<i>Marphysa bellii</i>	Lim	1,33		2,00	2,33	0,67	0,33	1,33	0,67	0,67	0,33
<i>Melinna palmata</i>	Minut								0,33	0,33	
<i>Minuspio cirrifera</i>	MO		0,33		0,33	0,33					0,33
<i>Nephtys hombergi</i>	SFBC						0,33				
<i>Nephtys hystricis</i>	VTC				0,33	0,67	0,67		1,33	0,67	1,33
<i>Ninoe</i> sp				0,67	0,33	0,67	0,33				
<i>Notomastus aberans</i>	MO		2,00	1,33	0,33	2,00	0,33		1,33	1,00	2,33
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	Lim	0,33	9,00	4,33	5,00	7,33	2,00	7,33	5,67	4,67	7,00
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Sab				0,33	0,33				0,33	0,67
<i>Owenia fusiformis</i>	SFBC					0,33					0,33
<i>Paradiopatra calliopae</i>	Lim	3,00	3,00	2,33	6,67	6,00	2,00	3,33	2,67	1,33	1,00
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	MO	0,33	0,67	1,00	1,67	1,00				1,00	1,00
Paraonidae nd		12,67	13,33	9,00	28,00	12,33	12,33	13,00	13,33	4,00	12,67
<i>Phyllodoce</i> sp						0,33					
Phyllodocidae nd											0,33
<i>Phylo norvegica</i>	Lim	0,33									
Pilargidae nd		0,33			0,67	0,33	0,67	0,33	1,00		0,67
<i>Pilargis verrucosa</i>	Sab						0,33		0,33		
<i>Prionospio</i> sp		0,67	0,33		0,67			0,67		0,33	
Sabellidae nd			0,67			1,00	0,33	0,33	0,33	1,33	0,67
<i>Scalibregma inflatum</i>	Lim					0,33					
<i>Scoletoma impatiens</i>	Mixt			0,33	0,33			0,33			
<i>Scoletoma</i> sp		0,67	0,33		0,33		0,33				
<i>Scoloplos armiger</i>	Lre	0,33	0,67	1,00	1,00	1,00					1,33
<i>Sphaerodoridae</i> nd			0,33					0,33			
Spionidae nd			0,33	0,67	2,67	0,67		0,33	0,33	0,33	0,67
<i>Spiophanes bombyx</i>	SFBC					0,33					
<i>Sternaspis scutata</i>	VTC				0,33						
Syllidae juv											0,33
<i>Syllis</i> sp					0,33						
<i>Terebellidae</i> nd							0,33				0,33
<i>Terebellides stroemi</i>	MO				0,67						
<b>Sipunculidi</b>											
<i>Aspidosiphon muelleri</i>	MO						0,33			0,67	
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	VB		0,33		1,00		0,33			0,33	0,33
Sipuncula nd		2,00	0,67	1,33		1,33	0,67	0,67	0,67	1,00	1,67
<b>Densità totale</b>		27,67	42,33	30,33	73,00	54,67	26,00	35,33	38,33	22,00	48,00
<b>Ricchezza specifica totale</b>		24	32	25	45	44	28	29	32	24	41

**Tab. 3-XXV** – Lista e densità (n. ind./0,095 m<sup>2</sup>) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 4° survey post lavori. Per ogni sito è riportato il numero totale di taxa osservati. Sono anche indicate le Biocenosi di appartenenza dei taxa determinati a livello di specie. Per la legenda si rimanda alla Tab. 3-XXI.

Stazione		Biocenosi	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal sea-line (m)			100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
<b>Briozoi</b>												
	<i>Scrupocellaria scruposa</i>	Sd								0,67		0,33
	<i>Triticella flava</i>	Simbiosi	0,33	0,33					0,67	0,67		
<b>Cnidari</b>												
Antozoi	Actiniaria nd					0,33						
	Anthozoa nd			3,33	0,67	3,00	0,33	0,33		0,33		
	<i>Edwardsia claparedii</i>	SFBC								0,33		
	<i>Virgularia mirabilis</i>	VTC		0,33						0,33		0,33
Idrozoi	Hydroidea nd				0,33	0,33			0,33	0,33	0,33	0,67
<b>Crostacei</b>												
Anfipodi	<i>Acidostoma nodiferum</i>	Lre				0,33						
	<i>Ampelisca diadema</i>	DE	0,33			0,33	0,33				0,67	
	<i>Corophium</i> sp			0,33								
	<i>Erichthonius brasiliensis</i>	Sd					0,33					
	<i>Gammaropsis</i> sp							0,33	0,67			
	<i>Harpinia dellavallei</i>	VTC	1,00	0,33	1,00	1,33	2,67	1,00	0,67	0,33	0,33	0,33
	<i>Idunella nana</i>	SGCF		0,33								
	<i>Leucothoe lilljeborgi</i>	MO										0,33
	<i>Orchomene grimaldii</i>	VTC				0,33						
	<i>Paraphoxus oculatus</i>	Mixt	0,67	0,67	0,67	0,33	0,33		1,00	0,33	1,33	0,33
	<i>Phtisica marina</i>	Lre							0,33	0,33		0,33
Copepodi	Copepoda nd		0,33	0,33			0,33	0,33	1,33	1,33	0,33	0,67
Cumacei	Cumacea nd			0,33		0,67		0,33	0,33	0,67		0,67
	<i>Eudorella truncatula</i>	Mixt							0,33	0,67		
	<i>Leucon mediterraneus</i>	C				0,33				0,33	0,33	
	<i>Leucon siphonatus</i>	Lim										0,33
Decapodi	<i>Alpheus glaber</i>	VTC								0,33		0,33
	<i>Callinassa subterranea</i>	Lim	1,00			0,33		0,67	2,00	3,33	1,00	2,00
	<i>Calliax lobata</i>							0,67				
	<i>Chlorotocus crassicomis</i>	VB				0,33						
	<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC	0,33	0,33					0,67	0,67		
	<i>Jaxea nocturna</i>	VTC	0,33	0,33		0,33						
	<i>Monodaeus couchi</i>	Lre		0,33	0,33							
	<i>Processa</i> sp								0,33			
Isopodi	<i>Anthura gracilis</i>	Lim										0,33
	<i>Astacilla</i> sp		0,33				0,33					
	<i>Gnathia</i> sp			0,67		1,33						
Misidiacei	Misidiacea nd											0,33
Ostracodi	Ostracoda nd						0,33					
Tanaidacei	<i>Leptocheilia savignyi</i>	C	0,33	0,33						0,67		
	<i>Leptognathia</i> sp								0,33			0,33
<b>Echinodermi</b>												
Echinoidei	<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>	VB					0,33		0,33		0,33	0,33
<b>Molluschi</b>												
Bivalvi	<i>Abra prismatica</i>	DC					0,33		0,33			
	<i>Azorinus chamasolen</i>	Mixt						0,33				0,33
	<i>Corbula gibba</i>	MI		0,33								
	<i>Cuspidaria rostrata</i>	DL				0,33						
	<i>Hiatella arctica</i>	Sd								0,33		
	<i>Nucula sulcata</i>	Lim									0,33	
	<i>Parvicardium minimum</i>	Mixt		0,33								
	<i>Thyasira biplicata</i>	Lim	0,33	0,67	0,33		0,67		0,33	0,33		
	<i>Thyasira succisa</i>	Lim	0,67				0,33		0,33			0,33
Caudofoveati	<i>Falcidens guttuerosus</i>	Lim		1,67	0,33	0,33	1,00	0,33	0,67	0,33		
Gasteropodi	<i>Alvania</i> sp								0,33	0,67	0,33	
	<i>Bela brachystoma</i>	Lre	0,33									
	<i>Hyala vitrea</i>	VTC	0,33		0,67	1,00		2,67	2,00	0,33	1,33	0,33
	<i>Turritella communis</i>	VTC						0,33	0,33			
<b>Nemertini</b>												
	Nemertea nd		2,67	1,33	1,33	1,33	1,67	2,00	1,67	2,33	2,00	2,33
<b>Pantopodi</b>												
Picnogonidi	Pycnogonida nd		0,33									
<b>Platelminti</b>												
	Platelminta nd											0,33
<b>Policheti</b>												
	<i>Ampharete acutifrons</i>	VTC		0,33			0,33		0,67	1,67		1,00

Tab. 3-XXV – Continuo.

Stazione	Biocenosi	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal sea-line (m)		100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
<b>Policheti</b>											
Ampharetidae nd		0,33	1,67	0,67	0,33				0,67	0,67	0,33
<i>Ancystrosyllis groenlandica</i>	VB	0,67	0,33	0,33		1,00		0,33			1,33
<i>Aphelochaeta filiformis</i>	MO	4,33	2,67	4,67	2,67	3,67	4,00	4,00	4,33	5,00	3,33
<i>Aphelochaeta marioni</i>	MO	1,67	1,00	0,33	0,67	1,33	0,67	2,67	1,33	1,00	1,33
<i>Aponuphis bilineata</i>	SFBC				0,33						
<i>Aponuphis brementi</i>	Lim								0,33		
Capitellidae nd		0,33	0,33				0,67	0,33	1,00	1,00	0,33
<i>Chaetopteridae nd</i>					0,33		0,67				0,33
<i>Chaetozone caputesocis</i>	Lim	0,33	0,33				0,33		0,33	0,67	0,33
Cirratulidae nd		1,00		1,00	0,33	0,67	0,33	0,33	1,00	0,67	1,00
<i>Ditrupa arietina</i>	MI		0,33								
<i>Dorvillea rudolphii</i>	HP			0,33							
<i>Drilonereis filum</i>	Lim	0,33			0,33	0,33		0,33	0,33	0,33	
<i>Glycera alba</i>	Lim	0,33	0,33	0,67		0,33		0,67	0,33	0,33	
<i>Glycera rouxii</i>	MO	0,33		0,33	0,33				0,33	0,33	0,33
<i>Glycera sp</i>		1,33	1,00	0,67	1,00	0,67	2,33	1,33	2,00	0,33	1,67
<i>Glycera tessellata</i>	Sd		0,33								1,00
<i>Glycera tridactyla</i>	SFBC						0,33				
<i>Harmothoe sp</i>						0,33	0,33		0,33	0,33	
<i>Hydroides norvegicus</i>	Sd								0,33		0,67
<i>Labioleanira yhlens</i>	VTC							0,33			
<i>Lumbrineris gracilis</i>	Sab	0,33		0,33				0,67	0,67		
Maldanidae nd			0,67	0,33							
<i>Marphysa bellii</i>	Lim	1,00	2,67	1,67	2,00	1,33	0,67	0,67	1,00	2,67	1,00
<i>Melinna palmata</i>	Minut	0,33	0,33					0,33	0,33		
<i>Minuspio cirrifera</i>	MO			0,33			0,33	1,33	0,67	0,67	1,33
<i>Nematoneis unicornis</i>	Mixt								0,33		
<i>Nephtys hystricis</i>	VTC		0,67	0,33	0,33	0,33	1,00	0,67	0,33	0,67	0,67
<i>Ninoe sp</i>		0,67	0,67	0,67	1,67	1,00		0,67		0,33	0,67
<i>Notomastus aberans</i>	MO	2,00	0,67	0,67	0,33		2,33	2,33	1,00	3,00	1,00
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	Lim	4,67	9,67	6,33	4,33	5,00	10,67	12,67	10,00	9,33	10,67
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Sab	0,33	0,33	0,33	0,67	1,00	0,33	0,67	0,67	0,33	0,67
Orbiidae nd								0,33			
<i>Owenia fusiformis</i>	SFBC							0,33	0,33		0,33
<i>Paradiopatra calliopae</i>	Lim	3,00	8,33	2,67	8,33	1,67	1,33	3,00	2,00	2,67	1,33
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	MO	1,33	1,33	1,33	0,67		1,67	2,33	1,67	0,67	1,00
Paraonidae nd		30,00	34,00	31,00	31,33	29,67	20,33	29,67	43,33	24,67	31,67
<i>Paraprionospio pinnata</i>	VTC					0,33		0,33		0,33	0,33
<i>Phyllodocidae nd</i>		0,33				0,33			0,67	0,33	
<i>Phylo norvegica</i>	Lim							0,67			
Pilargidae nd		1,67	0,33	0,67	0,33	0,33	0,67	1,33	1,67	1,67	0,67
<i>Pilargis verrucosa</i>	Sab			0,67							
<i>Poecilochetus serpens</i>	VTC			0,33	0,33			0,33		0,67	0,33
<i>Praxillella gracilis</i>	Lim				0,33	0,67					0,33
<i>Prionospio ehlersi</i>	Mixt								0,33		
<i>Prionospio sp</i>		0,33	0,67			0,33		0,67	1,00		
Sabellidae nd			1,00	0,67	0,33	0,33		0,33	1,00	0,33	0,67
<i>Scalibregma inflatum</i>	Lim				0,33		0,33	0,33		0,33	
<i>Scoletoma impatiens</i>	Mixt					0,33					
<i>Scoletoma sp</i>		0,67	0,67	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33	1,00	0,33	1,33
<i>Scoloplos armiger</i>	Lre	0,67	2,67	1,67	0,33	1,00	2,33	3,67	1,67	4,00	1,67
<i>Serpula vermicularis</i>	AP							0,33			
Serpulidae nd					0,33						
<i>Sigambra tentaculata</i>	Mixt	0,33									
<i>Sphaerodoridae nd</i>								0,33			
Spionidae nd		5,67	4,00	2,33	3,33	1,67	2,00	5,33	3,33	2,00	2,00
<i>Spiophanes bombyx</i>	SFBC							0,67	0,33		0,33
<i>Stemaspis scutata</i>	VTC			0,33							
Syllidae juv									0,33		
<i>Syllis sp</i>					0,33						
Terebellidae nd		0,33	0,33	0,33	0,33			0,33	0,33	0,33	1,00
<i>Terebellides stroemi</i>	MO		0,33				0,33			0,33	
<b>Poriferi</b>											
Porifera nd									0,33		
<b>Sipunculidi</b>											
<i>Aspidosiphon muelleri</i>	MO										0,33
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	VB	0,33	0,33	1,33	2,33	1,67		0,33	1,00	1,00	1,33
<i>Sipuncula nd</i>		0,67	1,00		0,33	0,33	1,67	1,33	2,67	2,33	2,33
<b>Densità totale</b>		<b>75,33</b>	<b>92,00</b>	<b>69,67</b>	<b>78,00</b>	<b>65,67</b>	<b>65,33</b>	<b>98,67</b>	<b>108,00</b>	<b>80,33</b>	<b>85,33</b>
<b>Ricchezza specifica totale</b>		<b>47</b>	<b>51</b>	<b>40</b>	<b>49</b>	<b>42</b>	<b>37</b>	<b>62</b>	<b>63</b>	<b>49</b>	<b>54</b>



**Fig. 3.9** – Biomassa ( $\pm$  e.s.) registrata nell'intero periodo di indagine.



**Fig. 3.10** - Esempio di *B. atlantica mediterranea* rinvenuto in una replica del sito C7 nell'estate 2017.

**Tab. 3-XXVI** – Lista e biomassa (gr/0,095 m<sup>2</sup>) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate durante il **pre-survey**. C4 = sito posto in corrispondenza della condotta sottomarina. \* = <0,001 gr/0,095 m<sup>2</sup>.

Stazione	C4	K6
Distanza dal futuro sea-line (m)	0	2000
<b>Crostacei</b>		
Anfipodi <i>Ampelisca diadema</i>	0,002	
Aoridae nd		*
<i>Hippomedon bidentatus</i>	0,001	
Decapodi <i>Callinassa subterranea</i>	0,003	0,016
<i>Goneplax rhomboides</i>	0,001	0,067
<i>Processa</i> sp	0,002	0,001
<b>Echinodermi</b>		
Echinoidei <i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>		0,161
Ofiuroidei <i>Amphiura chiajei</i>	0,031	
<b>Molluschi</b>		
Bivalvi <i>Abra alba</i>	0,103	0,008
<i>Myrtea spinifera</i>	0,279	
<i>Nucula nitidosa</i>	0,451	0,056
<i>Nucula sulcata</i>	0,004	
<i>Saccella commutata</i>	0,014	
<i>Thyasira succisa</i>	*	
Caudofoveata <i>Falcidens guttuosus</i>	0,003	
Gasteropodi <i>Hyala vitrea</i>	*	*
<i>Mangelia coarctata</i>	0,001	
<i>Turritella communis</i>	0,002	
<b>Nemertini</b>		
Nemertea nd	0,002	
<b>Policheti</b>		
<i>Ampharete acutifrons</i>		0,001
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>		*
<i>Aphelochaeta filiformis</i>	0,002	*
<i>Aphelochaeta marioni</i>	*	
Capitellidae nd		0,001
Chaetopteridae nd		*
<i>Chaetozone caputesocis</i>		0,004
<i>Chirimia biceps</i>	0,022	
<i>Glycera rouxii</i>	0,007	
<i>Lumbrineris gracilis</i>	0,001	0,001
<i>Marphysa bellii</i>	0,011	0,025
<i>Melinna palmata</i>	0,002	
<i>Minuspio cirrifera</i>	*	
<i>Nephtys hystricis</i>	0,013	0,009
<i>Ninoe</i> sp	0,017	0,001
<i>Notomastus aberans</i>		0,007
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	0,001	0,002
<i>Ophiodromus flexuosus</i>		*
Orbiniidae nd		0,018
<i>Paradiopatra calliopae</i>	0,027	0,003
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	*	
Paraonidae nd	0,004	0,002
Pilargidae nd		*
<i>Pilargis verrucosa</i>	0,001	
<i>Prionospio ehlersi</i>		0,003
<i>Prionospio</i> sp	*	
<i>Scoletoma</i> sp		0,001
<i>Scoloplos armiger</i>		*
Spionidae nd	0,002	
<i>Syllis</i> sp	*	
Terebellidae nd	0,001	
<b>Sipunculidi</b>		
<i>Aspidosiphon muelleri</i>	0,001	*
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	0,002	
<i>Sipuncula</i> nd	0,001	0,001
<b>Biomassa totale</b>	<b>1,012</b>	<b>0,388</b>

**Tab. 3-XXVII** – Lista e biomassa (gr./0,095 m<sup>2</sup>) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 1° survey post lavori. C4 = sito posto in corrispondenza della condotta sottomarina. \* = <0,001 gr. 0,095 m<sup>-2</sup>.

Stazione	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal sea-line (m)	100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
<b>Briozoi</b>										
Briozoa nd									0,005	*
<i>Triticella flava</i>										*
<b>Cnidari</b>										
Antozoi										
Actiniaria nd						0,087				
<i>Virgularia mirabilis</i>										0,005
Idrozoi										*
Hydroidea nd							0,008			
<b>Crostacei</b>										
Anfipodi										
<i>Ampelisca diadema</i>		0,001							*	
<i>Ampelisca intermedia</i>	*									
<i>Carangoliopsis spinulosa</i>				*						
<i>Gammaropsis</i> sp				*						
<i>Harpinia dellavallei</i>			*	*						
<i>Othomaera schmidtii</i>								*		
<i>Paraphoxus oculatus</i>		*	*			*				*
<i>Rhachotropis</i> sp		*								
Cumacei										
Cumacea nd	*			*						
<i>Eudorella truncatula</i>						*				
<i>Leucon siphonatus</i>							*			*
Decapodi										
<i>Alpheus glaber</i>		0,053			0,018	0,028			0,009	
<i>Anapagurus bicorniger</i>										0,014
<i>Callinassa subterranea</i>	0,019	0,001	0,002	0,001	0,001	0,006	0,009	0,021	0,006	0,048
<i>Goneplax rhomboides</i>	0,016	0,136		0,012	0,003	0,014	0,159		0,009	0,006
<i>Jaxea nocturna</i>						0,001				
Paguridae nd									*	
<i>Processa</i> sp									*	
<i>Solenocera membranacea</i>									0,524	
<i>Upogebia deltaura</i>									0,016	0,416
Isopodi										0,003
Bopyridae nd							*			
<i>Eurydice</i> sp										
<i>Gnathia</i> sp		*			*				*	
Misidiacei									0,001	
Misidiacea nd										
Tanaidacei										
<i>Apseudes spinosus</i>	*									
<i>Leptognathia</i> sp	*									
<b>Echinodermi</b>										
Echinodermi										
<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>		0,838	20,580					6,288		*
Oloturoidei										
Holothuriodea nd		*	0,001	*				*		*
<i>Labidoplax digitata</i>		0,298								
<i>Trachythylene elongata</i>							0,165			
<b>Molluschi</b>										
Bivalvi										
<i>Anomia ephippium</i>									0,010	
<i>Azorinus chamasolen</i>	0,339									
<i>Nucula nitidosa</i>		0,002			*				0,002	
<i>Nucula sulcata</i>	0,188	0,002	0,235							
<i>Parvicardium minimum</i>										*
<i>Phaxas adriaticus</i>								0,484		
<i>Saccella commutata</i>	0,011				0,006	0,007				
<i>Thyasira biplicata</i>		0,019	0,002							
<i>Timoclea ovata</i>						*	*		*	*
Caudofoveati										
<i>Falcidens guttuosus</i>	0,001	0,001	0,001	*	0,001		0,001	*		
Gasteropodi										
<i>Hyala vitrea</i>			0,001	0,001	0,001	*		*		
<i>Symola fasciata</i>										
<i>Turritella communis</i>						0,121			0,232	
<b>Nemertini</b>										
Nemertea nd	*	*	*	0,049	*		*		*	
<b>Platelminti</b>										
Platelminta nd						*				
<b>Policheti</b>										
<i>Ampharete acutifrons</i>	*						*	*		*
Ampharetidae nd	*	*			0,001		*	0,003	0,002	0,001
<i>Amphicteis gunneri</i>										
<i>Ancystrosyllis groenlandica</i>	*				0,001	*				
<i>Aphelochaeta filiformis</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	*	0,003	*	*	0,051	0,001
<i>Aphelochaeta marioni</i>	*		*	*			*		*	
<i>Aponuphis brementi</i>	0,003								0,013	0,007

Tab. 3-XXVII – Continuo.

Stazione	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal sea-line (m)	100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
<b>Policheti</b>										
<i>Capitella capitata</i>							*			
Capitellidae nd	*			0,001	*	*	0,003	*		0,001
Chaetopteridae nd			0,038		0,026				*	
<i>Chaetozone caputesocis</i>		0,001				0,001				
<i>Chirimia biceps</i>							*			
Cirratulidae nd		0,002			*					
<i>Glycera alba</i>	0,001									
<i>Glycera rouxii</i>	0,003					0,013			0,006	0,004
<i>Glycera</i> sp	*	*	*	*	*	*	0,001	*	0,001	*
<i>Glycera tessellata</i>	*			0,002				*	*	0,001
<i>Goniada maculata</i>					*					
<i>Harmothoe</i> sp									*	
<i>Inermonephtys inermis</i>								*		
<i>Labioleanira yhleni</i>	0,002				0,057		0,013			
<i>Lumbrineris gracilis</i>						0,001	0,001		*	
Maldanidae nd	*									
<i>Marphysa bellii</i>	0,152	0,045	0,044	0,068	0,048	0,031		0,093	0,028	0,109
<i>Melinna palmata</i>	0,001		0,002			0,001	*		0,001	
<i>Micronephtys sphaerocirrata</i>		*								
<i>Minuspio cirrifera</i>	*			*						
<i>Nephtys hystrixis</i>			0,001	0,006	0,009	0,001	0,033		0,010	0,017
Nereididae nd				*						
<i>Ninoe</i> sp	0,009	0,001	0,001	0,001	0,004	0,001	0,001			
<i>Notomastus aberans</i>	0,004		*	0,001	0,020	0,011	0,012	0,010	0,007	0,011
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001
<i>Ophiodromus flexuosus</i>								*	*	*
<i>Owenia fusiformis</i>				*						
<i>Paradiopatra calliopae</i>	0,002	0,003	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	*	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	*	0,001	0,003	0,001
Paraonidae nd	0,001	0,003	0,001	0,003	0,003	0,030	0,002	0,001	0,003	0,001
<i>Paraprionospio pinnata</i>									0,002	
Phyllococidae nd					*					
Pilargidae nd		*		*	*		0,001		*	*
<i>Pilargis verrucosa</i>		*					0,001	*		
<i>Prionospio</i> sp	0,001				0,001	*	*		*	*
Sabellidae nd									*	*
<i>Scalibregma inflatum</i>		0,001		*	0,001				*	*
<i>Scoletoma</i> sp	*		0,002	0,010	*	0,002	0,002		*	*
<i>Scoloplos armiger</i>		*	*	*	*	*	*	*		*
Sphaerodoridae nd					*				*	*
Spionidae nd			*	0,001	*		*	*	*	*
<i>Spiophanes bombyx</i>				*						
<i>Sternaspis scutata</i>		0,413								
<i>Syllis parapari</i>									0,002	
<i>Syllis</i> sp							*			
Terebellidae nd					0,001					
<i>Terebellides stroemi</i>	0,021					0,002			*	
<i>Trachytrypane jeffreysii</i>					0,001					
<b>Sipunculidi</b>										
<i>Aspidosiphon muelleri</i>					0,012				0,029	
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	0,001	0,001			0,001	0,001	0,001			
<i>Phascolion strombus</i>									0,030	
Sipuncula nd	0,001	0,003	0,006	*	0,001	0,001	0,017	*	0,002	*
<b>Biomassa totale</b>	<b>0,781</b>	<b>1,831</b>	<b>20,920</b>	<b>0,161</b>	<b>0,221</b>	<b>0,367</b>	<b>0,437</b>	<b>6,904</b>	<b>1,009</b>	<b>0,649</b>

**Tab. 3-XXVIII** – Lista e biomassa (gr./0,095 m<sup>2</sup>) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 2° survey post lavori. C4 = sito posto in corrispondenza della condotta sottomarina. \* = <0,001 gr. 0,095 m<sup>-2</sup>.

Stazione	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal futuro sea-line (m)	100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
<b>Briozoi</b>										
Briozoa nd									0,004	
<b>Cnidari</b>										
Idrozoi		*						*	0,006	0,009
<b>Crostacei</b>										
Anfipodi	0,004		*		*		*	0,001	0,001	
<i>Ampelisca diadema</i>										
<i>Corophium</i> sp				*	*					
<i>Eriopisa elongata</i>		0,001							*	
<i>Harpinia dellavallei</i>				0,001						*
<i>Leucothoe incisa</i>									*	
<i>Leucothoe lilljeborgi</i>						*				*
<i>Metaphoxus simplex</i>		*			*					*
<i>Orchomene grimaldii</i>		*								*
<i>Paraphoxus oculatus</i>		*	*	*		*			*	*
<i>Phtisica marina</i>										*
Copepodi										*
Copepoda nd										
Cumacei			*							
Cumacea nd			*							*
<i>Eudorella truncatula</i>								*		*
Decapodi										
<i>Alpheus glaber</i>								0,049	0,003	
<i>Callinassa subterranea</i>		*	0,010	0,003	0,006	0,001	0,012	0,006	0,022	0,023
<i>Goneplax rhomboides</i>				0,405	0,019		0,006			
<i>Processa</i> sp	*									0,002
<i>Upogebia deltaura</i>		*								0,002
Tanaidacei		*							*	
<i>Leptognathia</i> sp		*							*	
<b>Echinodermi</b>										
Echinoidei					0,245			0,348	1,351	
<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>										
Oloturoidei	0,001	*	0,001	*		*		*		
Holothurioidea nd										
<b>Molluschi</b>										
Bivalvi									0,011	
<i>Abra nitida</i>										
<i>Abra prismatica</i>			*							
<i>Loripes lacteus</i>		0,010								
<i>Nucula nitidosa</i>			1,728				0,036			
<i>Nucula sulcata</i>			0,128					0,081		
<i>Plagiocardium papillosum</i>										*
<i>Thyasira biplicata</i>				0,023						
<i>Thyasira succisa</i>									*	
<i>Timoclea ovata</i>		*							0,001	
Caudofoveati	*	0,001	*		*	*	*	*		
<i>Falcidens guttuosus</i>										
Gasteropodi		*	0,001				0,001	*	*	0,001
<i>Hyalia vitrea</i>										
<i>Turritella communis</i>					0,052		0,135		0,060	
<b>Nemertini</b>										
Nemertea nd	0,003		0,002	0,117	*				*	0,002
<b>Pantopodi</b>										
Picnogonidi							*			
Pycnogonida nd										
<b>Policheti</b>										
<i>Ampharete acutifrons</i>	*		0,001	*	*			0,002	*	*
Ampharetidae nd	*		0,001			*		*	*	*
<i>Ancystrosyllis groenlandica</i>			*		*	*	*			
<i>Aphelochaeta filiformis</i>	*	0,001	*	*	*	*	0,001	0,001	0,001	0,001
<i>Aphelochaeta marioni</i>			*			*	*	*	*	*
<i>Aponuphis brementi</i>										0,012
Capitellidae nd		*	0,007	*		*	*		0,020	0,002
<i>Chaetozone caputesocis</i>								0,002		
<i>Ditrupa arietina</i>							0,001			
<i>Dorvillea rubrovittata</i>									*	
<i>Drilonereis filum</i>				0,001			*	0,001	*	
<i>Glycera alba</i>			*							
<i>Glycera rouxii</i>	0,001	0,001	0,002		0,006	0,082	*		0,035	0,225
<i>Glycera</i> sp	*	*	0,002	0,001	0,001	0,006	0,001	*	0,002	*
<i>Glycera tessellata</i>							*	0,002	0,024	
<i>Glycera tridactyla</i>						0,024				
Cirratulidae nd		0,001		*		*		*	0,025	0,001

Tab. 3-XXVIII – Continuo.

Stazione	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal futuro sea-line (m)	100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
<b>Policheti</b>										
<i>Hamothoe</i> sp		0,005				0,004		*		
<i>Hydroides norvegicus</i>			*					*		
<i>Labioleanira yhleni</i>		0,021				0,001				
<i>Lumbrineris gracilis</i>							0,001	0,002		0,001
<i>Macroclymene santanderensis</i>									0,069	
Maldanidae nd			0,004				0,004	0,085		*
<i>Marphysa bellii</i>	0,001	0,125	0,005	0,044	0,117	0,043	0,026	0,002	0,068	0,002
<i>Melinna palmata</i>		0,001	*	0,002	*		*	*	*	
<i>Minuspio cirrifera</i>		*		*				*	*	
<i>Nephtys hombergi</i>		0,007						0,001		0,003
<i>Nephtys hystricis</i>		0,001		*	0,001	0,003	0,052	*	0,002	0,029
Nereididae nd	*	*				*			0,001	
<i>Ninoe</i> sp	0,001	0,001	0,001	0,002	*		0,001			
<i>Notomastus aberans</i>	0,007	0,005	0,017	0,001		0,006	0,003	0,005	0,039	0,011
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	0,001	0,001	0,001	*	*	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	0,001	*				*	*	*	*	
<i>Owenia fusiformis</i>							*			
<i>Panthalis oerstedii</i>			0,047							
<i>Paradiopatra calliopae</i>	0,011	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	*	*	0,001	*		*	*	0,001	0,002	*
Paraonidae nd	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	*	0,002	0,003	0,002	0,002
Phyllodocidae nd					*					
<i>Phylo norvegica</i>				0,008						
Pilargidae nd		*	*	*				0,001	*	*
<i>Pilargis verrucosa</i>			*	*						
<i>Pista cristata</i>								0,001		
<i>Poecilochetus serpens</i>								0,001		
<i>Prionospio</i> sp	*			*	*		*	0,001	*	*
Sabellidae nd			*	*				*	*	*
<i>Scoletoma impatiens</i>										*
<i>Scoletoma</i> sp	0,013	0,006	0,002	0,001					0,001	0,001
<i>Scoloplos armiger</i>	*	*	*	*	*	*	*	*		
<i>Serpula vermicularis</i>	*	*			*					
Serpulidae nd		*								
Sphaerodoridae nd						*				
Spionidae nd		0,001	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Spiophanes bombyx</i>				*				*		
<i>Syllis parapari</i>			*							
<i>Syllis</i> sp			*							
Terebellidae nd								0,001	*	*
<i>Terebellides stroemi</i>	*								0,019	0,001
<b>Sipunculidi</b>										
<i>Aspidosiphon muelleri</i>			0,001		0,009	0,005			0,028	0,001
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>		0,002	0,001		*		0,001	0,002	0,001	0,001
<i>Phascolion strombus</i>			0,005							
Sipuncula nd		*	0,003	0,001	*	*	0,001	0,003	0,005	0,005
<b>Biomassa totale</b>	0,048	0,194	1,978	0,615	0,462	0,178	0,290	0,616	1,794	0,342

**Tab. 3-XXIX** – Lista e biomassa (gr. 0,095 m<sup>-2</sup>) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 3° survey post lavori. C4 = sito posto in corrispondenza della condotta sottomarina. \* = <0,001 gr/0,095 m<sup>2</sup>.

Stazione	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal futuro sea-line (m)	100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
<b>Briozoi</b>				*				0,001		
<i>Scrupocellaria scruposa</i>				*				0,001		
<b>Cnidari</b>										
Antozoi										
Actinaria nd	*						0,005	0,025		
Anthozoa nd					*	*	*			0,003
Idrozoi					0,012	*				0,000
Hydroidea nd					0,012	*				0,000
<b>Crostacei</b>										
Anfipodi				*					*	*
<i>Ampelisca diadema</i>		*		*					*	*
<i>Corophium</i> sp	*			*			*			
<i>Harpinia dellavallei</i>			*	*	*					*
<i>Leptocheirus mariae</i>				*	*					*
<i>Leucothoe incisa</i>					*					*
<i>Leucothoe lilljeborgi</i>						*				
<i>Paraphoxus oculatus</i>				*	*					
Cumacei							*			*
Cumacea nd		*					*			*
<i>Eudorella truncatula</i>	*									
Decapodi										
<i>Alpheus glaber</i>	0,015	0,012		0,131			0,074		0,045	
<i>Callinassa subterranea</i>	*	0,001		0,005	0,001			0,015		0,022
<i>Goneplax rhomboides</i>		0,011						0,002	0,004	0,065
<i>Jaxea nocturna</i>						0,001				
<i>Monodaeus couchi</i>							*			
Paguridae nd				*						
<i>Upogebia deltaura</i>								0,002		0,008
Isopodi				*						*
<i>Gnathia</i> sp		*		*						*
Misidiacei					*					
Misidiacea nd					*					
Ostracosi								*		
Ostracoda nd								*		
Tanaidacei										*
<i>Apeudes spinosus</i>					0,001					*
<i>Leptognathia</i> sp										*
<b>Echinodermi</b>										
Echinoidei			5,426		1,046					
<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>			5,426		1,046					
Oloturoidei						0,156				
<i>Labidoplax digitata</i>						0,156				
<b>Molluschi</b>										
Bivalvi						0,008			*	
<i>Abra nitida</i>						0,008			*	
<i>Anomia ephippium</i>										
<i>Azorinus chamasolen</i>			0,708							1,013
<i>Corbula gibba</i>							0,002			
<i>Kellia suborbicularis</i>		*								
<i>Kelliella abyssicola</i>		*			*					
<i>Nucula nitidosa</i>		*		0,016		*	0,001			
<i>Nucula sulcata</i>				0,227	0,304					
<i>Parvicardium minimum</i>				*						
<i>Thyasira succisa</i>		*								*
<i>Timoclea ovata</i>		0,001				0,003			0,006	
Caudofoveat							*	0,001		
<i>Falcidens gutturosus</i>							*	0,001		
Gastropodi								*		
<i>Hyalia vitrea</i>		0,001	*	0,003				*		
<i>Turritella communis</i>			0,106	0,001	0,690		0,249	0,001		
<b>Nemertini</b>										
Nemertea nd	*		0,309	0,004	0,001	0,009	0,005		*	0,002
<b>Pantopodi</b>										
Pycnogonida nd				0,000						

Tab. 3-XXIX – Continuo.

Stazione	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal futuro sea-line (m)	100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
<b>Policei</b>										
<i>Ampharete acutifrons</i>	0,001	0,001	*	0,001	*			*		*
Ampharetidae nd	*		*	0,001	*	*		*	*	*
<i>Ancystrosyllis groenlandica</i>			*	*	*			*		*
<i>Aphelochaeta filiformis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Aphelochaeta marioni</i>	*	*		*	*		*	*		*
<i>Aponuphis brementi</i>								0,007		
Capitellidae nd		0,003			0,002		*	*		
<i>Chaetozone caputesocis</i>		0,001								
<i>Chirimia biceps</i>				0,012						
Cirratulidae nd	*			*						0,001
<i>Drilonereis filum</i>			*					0,001		0,001
<i>Glycera rouxii</i>	0,032	0,053	0,008		*	0,050		0,015	0,001	
<i>Glycera</i> sp	*	*	0,001	*	0,001	0,001	*	*	*	*
<i>Glycera tessellata</i>			*							
<i>Harmothoe</i> sp					*					
<i>Hydroides norvegicus</i>								0,004		
<i>Lumbrineris gracilis</i>							*	*		
<i>Maldane glebiflex</i>				0,001						
Maldanidae nd					*		0,008			
<i>Marphysa bellii</i>	0,096		0,152	0,079	0,140	0,007	0,010	0,050	0,064	0,043
<i>Melinna palmata</i>								0,001	0,001	
<i>Minuspio cirrifera</i>		*		*	*					*
<i>Nephtys hombergi</i>						0,006				
<i>Nephtys hystricis</i>				0,001	0,004	0,024		0,054	0,009	0,043
<i>Ninoe</i> sp			0,002	*	*	*				
<i>Notomastus aberans</i>		0,023	0,011	*	0,007	0,032		0,008	0,009	0,107
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	*	0,001	*	*	0,001	*	*	*	*	0,001
<i>Ophiodromus flexuosus</i>				*	*		*		*	*
<i>Owenia fusiformis</i>					*					*
<i>Paradiopatra calliopae</i>	0,001	0,002	0,002	0,008	0,005	0,001	0,002	0,003	*	0,001
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	*	*	*	0,001	*				0,001	*
Paraonidae nd	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
<i>Phyllodoce</i> sp					*					
Phyllodocidae nd										*
<i>Phylo norvegica</i>	0,017									
Pilargidae nd	*			*	*	*	*	*		*
<i>Pilargis verrucosa</i>						0,001		*		
<i>Prionospio</i> sp	0,001	*		*			0,001		*	
Sabellidae nd		*			*	*	*	*	*	*
<i>Scalibregma inflatum</i>					*					
<i>Scoletoma impatiens</i>			0,002	*			0,001			
<i>Scoletoma</i> sp	0,002	*		*		0,008				
<i>Scoloplos armiger</i>	*	*	*	*	*					*
<i>Sphaerodoridae</i> nd		*					*			
Spionidae nd		*	*	*	*		*	*	*	*
<i>Spiophanes bombyx</i>					*					
<i>Sternaspis scutata</i>				0,192						
Syllidae juv										*
<i>Syllis</i> sp				*						
<i>Terebellidae</i> nd						1,125				*
<i>Terebellides stroemi</i>				*						
<b>Sipunculidi</b>										
<i>Aspidosiphon muelleri</i>						0,008			0,045	
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>		*		*		*			*	*
<i>Sipuncula</i> nd	0,034	0,001	*		0,002	0,003	0,003	*	0,003	0,005
<b>Biomassa totale</b>	<b>0,201</b>	<b>0,114</b>	<b>6,728</b>	<b>0,688</b>	<b>2,232</b>	<b>1,434</b>	<b>0,366</b>	<b>0,191</b>	<b>0,190</b>	<b>1,318</b>

**Tab. 3-XXX** – Lista e biomassa (gr. 0,095 m<sup>-2</sup>) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 4° survey post lavori. C4 = sito posto in corrispondenza della condotta sottomarina. \* = <0,001 gr/0,095 m<sup>2</sup>.

Stazione		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal sea-line (m)		100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
<b>Briozoi</b>											
	<i>Scrupocellaria scruposa</i>								0,010		*
	<i>Triticella flava</i>	*	*					*	*		
<b>Cnidari</b>											
Antozoi	Actiniaria nd				*						
	Anthozoa nd		0,004	*	0,001	*	*		*		
	<i>Edwardsia claparedii</i>								0,001		
	<i>Virgularia mirabilis</i>		*								*
Idrozoi	Hydroidea nd			*	*			0,001	*	*	0,001
<b>Crostacei</b>											
Anfipodi	<i>Acidostoma nodiferum</i>				0,001						
	<i>Ampelisca diadema</i>	*			*	0,001				*	
	<i>Corophium</i> sp		*								
	<i>Erichthonius brasiliensis</i>					*					
	<i>Gammaropsis</i> sp						*	*			
	<i>Harpinia dellavallei</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Idunella nana</i>		*								
	<i>Leucothoe liljeborgi</i>									*	
	<i>Orchomene grimaldii</i>				*						
	<i>Paraphoxus oculatus</i>	*	*	*	*	*		*	*	*	*
	<i>Phtisica marina</i>							*	*	*	*
Copepodi	Copepoda nd	*	*			*	*	*	*	*	*
Cumacei	Cumacea nd		*		*		*	*	*	*	*
	<i>Eudorella truncatula</i>				*			*	*	*	*
	<i>Leucon mediterraneus</i>				*				*	*	
	<i>Leucon siphonatus</i>										*
Decapodi	<i>Alpheus glaber</i>								0,062		0,026
	<i>Callinassa subterranea</i>	0,008			0,002		0,002	0,015	0,027	0,002	0,020
	<i>Calliax lobata</i>						0,243				
	<i>Chlorotocus crassicomis</i>				0,326						
	<i>Goneplax rhomboides</i>	0,040	0,051					0,085	0,083		
	<i>Jaxea nocturna</i>	0,003	0,129		0,022						
	<i>Monodaeus couchi</i>		0,032	0,038							
	<i>Processa</i> sp							0,001			
Isopodi	<i>Anthura gracilis</i>									*	
	<i>Astacilla</i> sp	*				*					
	<i>Gnathia</i> sp		*		*						
Misidiacei	Misidiacea nd									0,001	
Ostracodi	Ostracoda nd					*					
Tanaidacei	<i>Leptocheilia savignyi</i>	*	*						*		
	<i>Leptognathia</i> sp							*			*
<b>Echinodermi</b>											
Echinoidei	<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>					0,877		3,825		0,270	0,729
<b>Molluschi</b>											
Bivalvi	<i>Abra prismatica</i>					0,001		0,001			
	<i>Azorinus chamasolen</i>						0,607				0,081
	<i>Corbula gibba</i>		0,003								
	<i>Cuspidaria rostrata</i>				0,040						
	<i>Hiatella arctica</i>								*		
	<i>Nucula sulcata</i>									0,278	
	<i>Parvicardium minimum</i>		*								
	<i>Thyasira biplicata</i>	*	0,017	0,004		0,039		*	*		
	<i>Thyasira succisa</i>	*				*		*	*		*
Caudofoveati	<i>Falcidens gutturosus</i>		0,002	*	*	0,001	*	*	*		
Gasteropodi	<i>Alvania</i> sp							*	0,001	*	
	<i>Bela brachystoma</i>	*									
	<i>Hyalia vitrea</i>	*		0,001	0,001		0,002	0,002	*	0,001	*
	<i>Turritella communis</i>						0,023	0,145			
<b>Nemertini</b>											
	Nemertea nd	0,012	0,009	*	0,010	0,126	0,006	0,001	*	0,003	0,021
<b>Pantopodi</b>											
Picnogonidi	Pycnogonida nd	*									
<b>Platelminti</b>											
	Platelminta nd										0,001

Tab. 3-XXX – Continuo.

Stazione	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal sea-line (m)	100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
<b>Policheti</b>										
<i>Ampharete acutifrons</i>		*			0,001		*	*		*
Ampharetidae nd	*	0,002	*	*				*	*	*
<i>Ancystrosyllis groenlandica</i>	*	*	*		0,001		*		0,001	
<i>Aphelochaeta filiformis</i>	*	*	0,001	*	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	*
<i>Aphelochaeta marioni</i>	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*
<i>Aponuphis bilineata</i>				*						
<i>Aponuphis brementi</i>								0,013		
Capitellidae nd	*	*				0,001	*	0,001	0,001	*
<i>Chaetopteridae nd</i>				0,004		0,011				0,059
<i>Chaetozone caputesocis</i>	0,002	0,004		*	*	0,002		0,004	0,004	0,001
Cirratulidae nd	0,043		*	*	*	0,079	*	*	0,024	*
<i>Ditrupa arietina</i>		*								
<i>Dorvillea rudolphii</i>			*							
<i>Dilonereis filum</i>	*			0,003	0,001		0,001	0,003	0,001	
<i>Glycera alba</i>	0,001	0,001	0,001		0,003		0,001	0,001		
<i>Glycera rouxii</i>	0,001		0,004	0,057				*	*	0,005
<i>Glycera sp</i>	0,004	*	*	*	0,001	0,003	0,001	0,001	*	0,001
<i>Glycera tessellata</i>		0,001								0,001
<i>Glycera tridactyla</i>						0,054				
<i>Harmothoe sp</i>					*	0,005		0,001	0,002	
<i>Hydroides norvegicus</i>								*		*
<i>Labioleanira yhleni</i>							0,030			
<i>Lumbrineris gracilis</i>	0,001		*				0,001	0,002		
Maldanidae nd		0,006	*							
<i>Marphysa bellii</i>	0,024	0,017	0,091	0,080	0,133	0,126	0,060	0,077	0,078	0,131
<i>Melinna palmata</i>	0,001	*					*	0,002		
<i>Minuspio cirrifera</i>			*			*	*	*	*	*
<i>Nematonereis unicornis</i>								*		
<i>Nephtys hystricis</i>		0,007	0,004	*	*	0,001	0,010	*	0,001	0,017
<i>Ninoe sp</i>	0,013	*	0,002	0,004	0,006		*	*	*	0,004
<i>Notomastus aberans</i>	0,009	0,001	0,002	0,002		0,008	0,014	0,007	0,051	0,010
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Orbiniidae nd							*	*		*
<i>Owenia fusiformis</i>							*	*		*
<i>Paradiopatra calliopae</i>	0,002	0,009	0,002	0,014	0,001	0,002	0,003	0,002	0,002	0,001
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	0,001	*	0,001	*		*	0,001	*	*	*
Paraonidae nd	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,004	0,003	0,003
<i>Paraprionospio pinnata</i>					0,001		*		0,001	*
Phyllococidae nd	*				*		*	*	*	*
<i>Phylo norvegica</i>							0,004			
Pilargidae nd	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pilargis verrucosa</i>			0,001							
<i>Poecilochetus serpens</i>			*	0,002			*	*	*	*
<i>Praxillella gracilis</i>				0,017	0,021					0,013
<i>Prionospio ehlersi</i>								*		
<i>Prionospio sp</i>	*	*			*		*	*		
Sabellidae nd		*	*	*	*		*	*	*	*
<i>Scalibregma inflatum</i>				0,001		*	*	*	*	*
<i>Scoletoma impatiens</i>					*					
<i>Scoletoma sp</i>	0,001	0,002	*	*	0,006	0,001	*	0,012	0,002	0,005
<i>Scoloplos armiger</i>	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	0,001
<i>Serpula vermicularis</i>							*	*	*	*
Serpulidae nd				*						
<i>Sigambra tentaculata</i>	*									
<i>Sphaerodoridae nd</i>							*	*	*	*
Spionidae nd	0,001	*	0,001	0,001	*	*	0,001	0,001	*	*
<i>Spiophanes bombyx</i>							*	*	*	*
<i>Sternaspis scutata</i>			0,014					*		
Syllidae juv								*		
<i>Syllis sp</i>				*						
Terebellidae nd	0,001	*	0,012	*			*	0,001	0,013	0,006
<i>Terebellides stroemi</i>		*				0,001			0,002	

**Tab. 3-XXX – Continuo.**

Stazione	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Distanza dal sea-line (m)	100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
Poriferi								*		
Porifera nd										
Sipunculidi										*
<i>Aspidosiphon muelleri</i>										
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	0,001	*	0,001	0,003	0,001		*	0,001	0,002	0,002
Sipuncula nd	*	0,001		0,001	*	0,008	0,001	0,014	0,005	0,004
<b>Biomassa totale</b>	0,174	0,306	0,185	0,597	1,227	1,190	4,213	0,337	0,754	1,148

### 3.3.2. AFFINITÀ BIOECENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE

Come già evidenziato in tutti i survey condotti sinora (Tabb. 3-XXXIa e 3-XXXIb), anche nell'estate 2017 i popolamenti rinvenuti sono risultati quasi esclusivamente composti da organismi di fondo mobile, in particolare Limicoli (Lim), nettamente dominanti ovunque per numero di taxa e densità. A seguire gli organismi indicatori di Materia Organica (MO), risultati ovunque secondi per importanza.

Sabulicoli (Sab), Misticoli (Mixt), organismi tipici di substrato duro (Sd) e quelli aventi Larga ripartizione ecologica (Lre) sono risultati poco rappresentati in tutte le stazioni, ad eccezione dei siti C7 e K5 dove Sab e Sd (questi ultimi unicamente nel controllo) hanno quasi eguagliato per numero di taxa gli MO. I restanti gruppi biocenotici, ove presenti, sono ancora una volta apparsi poco rappresentati.

**Tab. 3-XXXI** – Numero di taxa (a) e di individui (b; n/0,095 m<sup>2</sup>) rinvenuti nell'intero periodo determinati a livello di specie suddivisi in base alla loro affinità biocenotica. In giallo sono indicati i gruppi più numerosi. Per la legenda si rimanda alla Tab. 3-XXI.

a)

Pre-Survey

	C4	K6
Substrato mobile non rinv. in letter. (Sm)	1	
Limicoli (Lim, VTC, VB)	16	13
Sabulicoli (Sab, SFBC)	2	2
Misticoli (Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC)	2	1
Fondi mobili instabili (MI)		
Minuticoli (Minut)	1	
Indicatori di Materia Organica (MO)	8	3
Substrato duro (AP, C, HP, Sd)		
Larga ripartizione ecologica (Lre)		1

1° Post lavori

	Sealine C							Controlli		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Substrato mobile non rinv. in letter. (Sm)										
Limicoli (Lim, VTC, VB)	13	16	11	11	16	14	11	8	12	11
Sabulicoli (Sab, SFBC)	1	2		2		1	2	3	3	1
Misticoli (Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC)	2	2	1		1	3		1	2	3
Fondi Mobili Instabili (MI)										
Minuticoli (Minut)	1		1			1	1		1	
Indicatori di Materia Organica (MO)	7	2	4	5	4	5	6	3	7	4
Substrato duro (AP, C, HP, Sd)	2			1				2	1	1
Larga ripartizione ecologica (Lre)		1	1	1	1	2	2	1	3	2

2° Post lavori

	Sealine C							Controlli		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Substrato mobile non rinv. in letter. (Sm)										
Limicoli (Lim, VTC, VB)	5	10	13	11	12	8	13	17	14	11
Sabulicoli (Sab, SFBC)	1	4	2	2	1	2	3	3	3	2
Misticoli (Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC)	1	2	4	1	1	1	1	2	2	5
Fondi Mobili Instabili (MI)							1			
Minuticoli (Minut)		1	1	1	1		1	1	1	
Indicatori di Materia Organica (MO)	5	5	6	4	3	7	5	4	8	8
Substrato duro (AP, C, HP, Sd)	1	1	1		1		1	2	2	
Larga ripartizione ecologica (Lre)	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1

3° Post lavori

	Sealine C							Controlli		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Substrato mobile non rinv. in letter. (Sm)					1					
Limicoli (Lim, VTC, VB)	7	11	10	16	13	9	8	11	7	12
Sabulicoli (Sab, SFBC)				1	3	2	1	2	1	3
Misticoli (Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC)	1	2	2	4	2		1	1	1	3
Fondi Mobili Instabili (MI)							1			
Minuticoli (Minut)								1	1	
Indicatori di Materia Organica (MO)	4	6	4	7	6	5	2	4	5	5
Substrato duro (AP, C, HP, Sd)			1	1	1			2		
Larga ripartizione ecologica (Lre)	1	2	1	1	2		1	1	1	1

4° Post lavori

	Sealine C							Controlli		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Substrato mobile non rinv. in letter. (Sm)										
Limicoli (Lim, VTC, VB)	15	15	13	16	16	11	23	17	17	18
Sabulicoli (Sab, SFBC)	2	1	3	2	1	2	4	5	1	3
Misticoli (Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC)	3	3	1	3	4	1	3	4	2	2
Fondi Mobili Instabili (MI)		2								
Minuticoli (Minut)	1	1					1	1		
Indicatori di Materia Organica (MO)	5	5	6	5	2	6	5	6	8	7
Substrato duro (AP, C, HP, Sd)	1	2	1	1	1		1	5	1	3
Larga ripartizione ecologica (Lre)	2	2	2	2	1	1	2	2	1	2

Tab. 3-XXXI – Continuo.

b)

Pre-Survey

	C4	K6
Substrato mobile non rinv. in letter. (Sm)	0,33	
Limicoli (Lim, VTC, VB)	42,67	14,00
Sabulicoli (Sab, SFBC)	1,00	0,67
Misticoli (Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC)	1,33	0,33
Fondi mobili instabili (MI)		
Minuticoli (Minut)	0,33	
Indicatori di Materia Organica (MO)	9,33	2,00
Substrato duro (AP, C, HP, Sd)		
Larga ripartizione ecologica (Lre)		1,00

1° Post lavori

	Sealine C							Controlli		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Substrato mobile non rinv. in letter. (Sm)										
Limicoli (Lim, VTC, VB)	19,00	20,67	11,67	14,00	17,67	20,00	18,00	8,67	15,33	12,33
Sabulicoli (Sab, SFBC)	0,33	1,00		0,67		0,33	0,67	1,00	1,00	0,33
Misticoli (Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC)	0,67	0,67	0,33		0,33	1,00		0,33	1,00	2,00
Fondi Mobili Instabili (MI)										
Minuticoli (Minut)	0,33		0,67			0,33	0,33		0,33	
Indicatori di Materia Organica (MO)	6,33	4,00	4,33	7,00	6,00	5,00	5,33	5,00	9,67	6,33
Substrato duro (AP, C, HP, Sd)	0,67			0,33				1,00	0,33	1,00
Larga ripartizione ecologica (Lre)		0,67	0,33	1,67	1,33	2,00	1,33	1,00	1,00	0,67

2° Post lavori

	Sealine C							Controlli		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Substrato mobile non rinv. in letter. (Sm)										
Limicoli (Lim, VTC, VB)	32,67	16,33	21,67	12,67	7,33	19,33	27,67	20,33	22,33	13,33
Sabulicoli (Sab, SFBC)	0,33	1,67	1,00	1,00	0,33	0,67	1,33	2,33	1,00	1,00
Misticoli (Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC)	0,33	1,00	1,67	0,33	0,33	0,67	0,33	1,00	0,67	2,67
Fondi Mobili Instabili (MI)							0,33			
Minuticoli (Minut)		0,33	0,33	1,00	0,33		0,33	0,67	0,33	
Indicatori di Materia Organica (MO)	3,33	6,00	9,00	3,00	1,67	6,33	6,33	5,00	15,00	6,33
Substrato duro (AP, C, HP, Sd)	0,33	0,33	0,33		0,33		0,33	2,00	1,33	
Larga ripartizione ecologica (Lre)	0,33	0,67	1,33	0,33	0,33	1,33	1,00	2,00	0,33	0,33

3° Post lavori

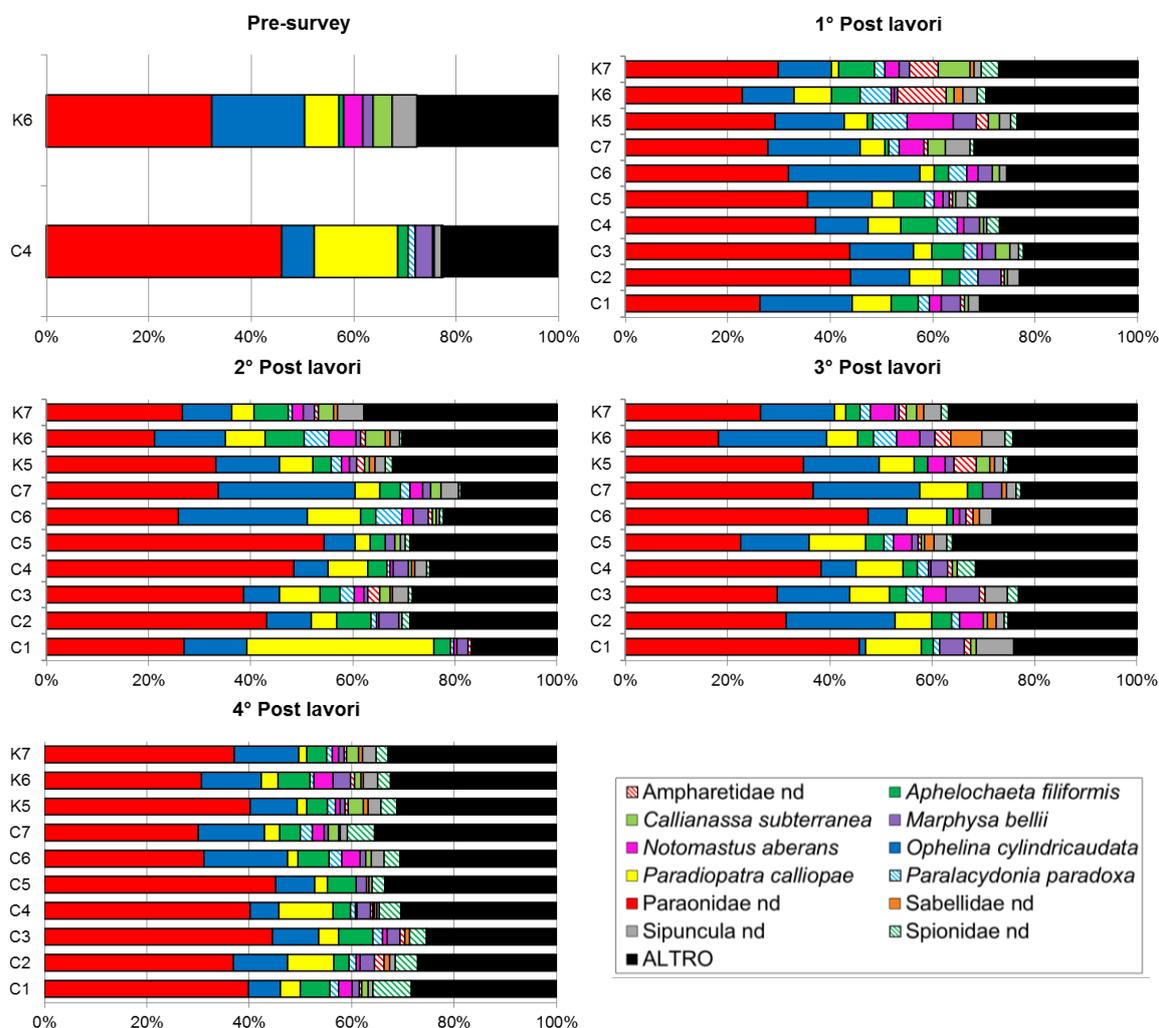
	Sealine C							Controlli		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Substrato mobile non rinv. in letter. (Sm)							0,33			
Limicoli (Lim, VTC, VB)	6,00	16,33	11,67	24,00	19,33	6,67	13,67	13,67	8,33	13,67
Sabulicoli (Sab, SFBC)				0,33	1,00	0,67	0,33	0,67	0,33	1,33
Misticoli (Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC)	0,33	0,67	0,67	2,33	1,00		0,33	0,33	0,33	1,00
Fondi Mobili Instabili (MI)							0,33			
Minuticoli (Minut)								0,33	0,33	
Indicatori di Materia Organica (MO)	2,00	5,67	3,67	8,00	7,67	1,67	1,33	3,00	3,67	7,33
Substrato duro (AP, C, HP, Sd)			0,33	0,33	0,33			0,67		
Larga ripartizione ecologica (Lre)	0,33	1,00	1,00	1,00	1,33	0,00	0,33	1,00	0,33	1,33

4° Post lavori

	Sealine C							Controlli		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7
Substrato mobile non rinv. in letter. (Sm)										
Limicoli (Lim, VTC, VB)	14,67	26,67	16,33	22,67	18,00	19,33	28,67	23,00	23,67	21,67
Sabulicoli (Sab, SFBC)	0,67	0,33	1,33	1,00	1,00	0,67	2,33	2,33	0,33	1,33
Misticoli (Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC)	1,33	1,33	0,67	1,00	1,33	0,33	1,67	1,67	2,00	0,67
Fondi Mobili Instabili (MI)		0,67								
Minuticoli (Minut)	0,33	0,33					0,33	0,33		
Indicatori di Materia Organica (MO)	9,67	6,00	7,67	4,67	5,00	9,33	12,67	9,33	11,33	8,67
Substrato duro (AP, C, HP, Sd)	0,33	0,67	0,33	0,33	0,33		0,33	2,33	0,33	2,00
Larga ripartizione ecologica (Lre)	1,00	3,00	2,00	0,67	1,00	2,33	4,00	2,00	4,00	2,00

### 3.3.3. DOMINANZA

Per la rappresentazione grafica delle dominanze sono stati evidenziati i 12 taxa che complessivamente hanno costituito quasi il 70% delle comunità, includendo i rimanenti nella categoria “altro” (fig. 3.11).



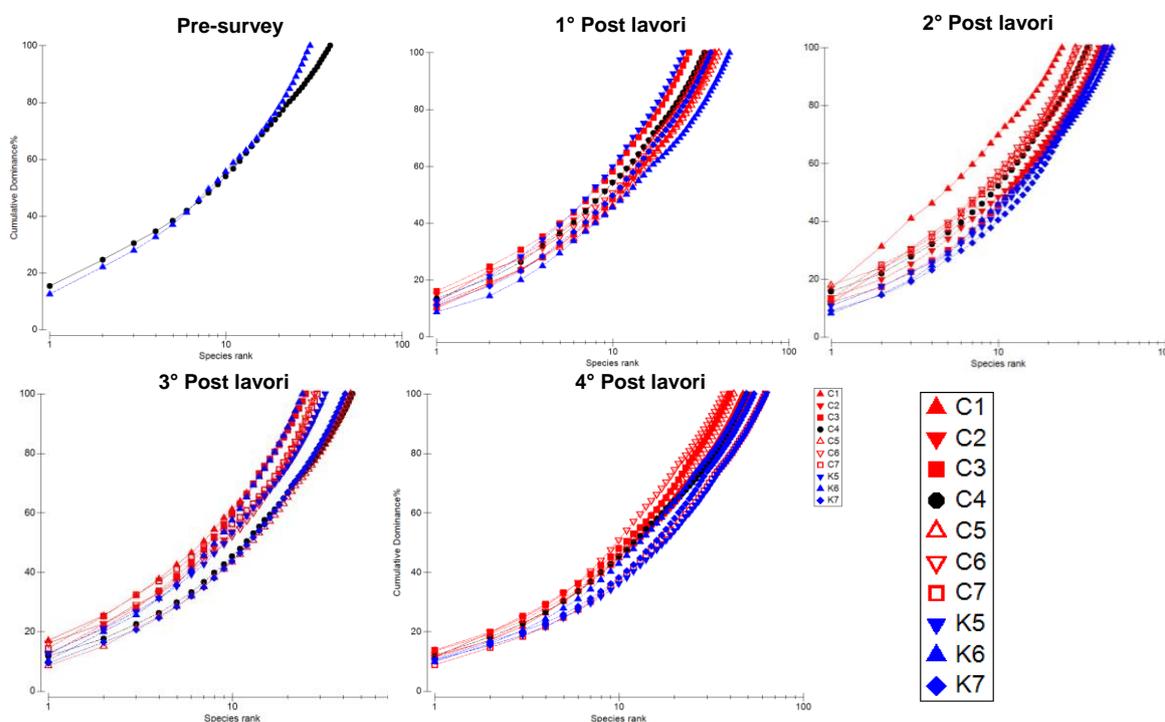
**Fig. 3.11** - Valori percentuali di dominanza delle specie principali ottenuti nelle stazioni monitorate nei survey finora condotti.

Come riscontrato sin dal pre-survey, i policheti paraonidi sono risultati il taxon dominante in tutte le stazioni, con percentuali comprese tra 30,07% (C7) e 45,18% (C5). A seguire *O. cylindricaudata*, tranne nel sito C4 dove ha prevalso invece *P. calliopae* (con percentuali rispettivamente di 5,56% e 10,68%). L'importanza di queste due specie si è alternata nei campionamenti condotti sin dal pre-survey. Tuttavia, mentre l'importanza di *O. cylindricaudata* è rimasta più costante nel tempo, l'abbondanza di *P. calliopae* è oscillata raggiungendo valori anche molto elevati in alcuni siti monitorati nel 2° e nel 3° survey post

lavori, per poi ridursi nell'ultimo campionamento, tornando ad un pattern di dominanza più simile a quello del pre-survey e del 1° post lavori.

Come riscontrato in tutti i campionamenti precedenti, anche nell'estate 2017 tutti gli altri taxa riportati in fig. 3.11 hanno presentato percentuali inferiori al 10%. Tuttavia, come già sottolineato in precedenza (Cfr. Cap. 3.3.1.), è degno di nota l'aumento di importanza dei policheti della famiglia Spionidae riscontrato in tutte le stazioni.

La categoria "altro" è ancora una volta risultata ben rappresentata ovunque, con percentuali comprese tra 25,36% (C3) e 35,47% (C7). Sia le specie principali, sia quelle secondarie, sono risultate ben ripartite nei popolamenti indagati, come evidenziato dall'andamento delle curve cumulative (fig 3.12).



**Fig. 3.12** - Curve di dominanza cumulativa ottenute per le stazioni campionate nell'intero periodo di indagine.

### 3.3.4. RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S)

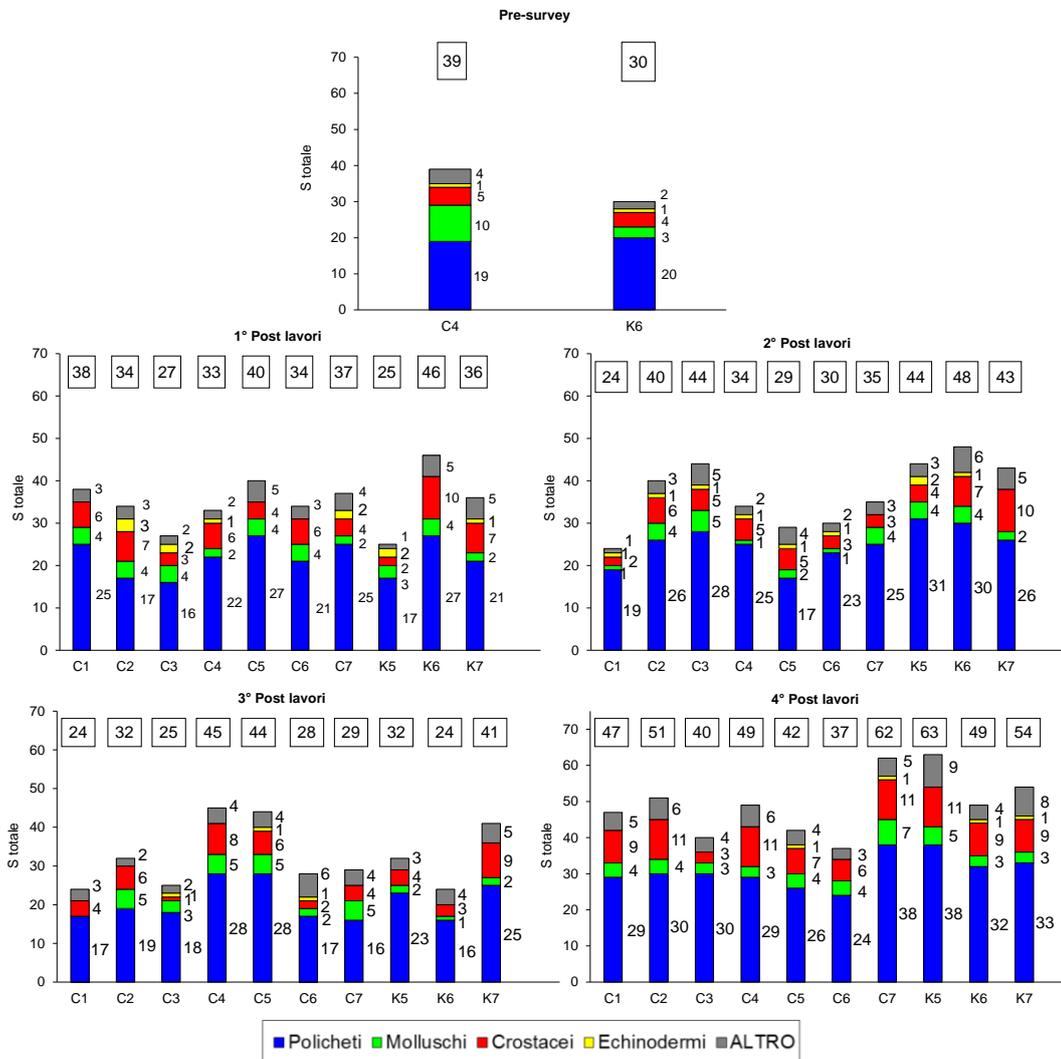
Nell'estate 2017 sono stati rinvenuti complessivamente 123 taxa appartenenti principalmente a policheti, crostacei e molluschi in precedenza (Tab. 3-XXXII). Si tratta del quantitativo maggiore mai riscontrato sinora.

Lungo il transetto l'indice è oscillato tra 37 (C6) e 62 (C7) e quattro siti (C1, C3, C5 e C6) hanno presentato una S inferiore rispetto a quella dei controlli, compresa tra 49 (K6) e 63 (K5; fig. 3.13). Ovunque è avvenuto un incremento rispetto ai survey sinora condotti,

eccetto C3 e C5 dove la Ricchezza specifica è lievemente diminuita se comparata rispettivamente al 3° e al 2° survey post lavori.

**Tab. 3-XXXII** – Ripartizione secondo il phylum di appartenenza e totale dei taxa rinvenuti nei survey condotti prima (PS) e dopo (PL) l’installazione del sealine.

	PS	1° PL	2° PL	3° PL	4° PL
<b>Briozoi</b>		2	1	1	2
<b>Cnidari</b>		3	1	3	5
<b>Crostacei</b>	6	26	19	21	31
<b>Echinodermi</b>	2	4	2	2	1
<b>Molluschi</b>	10	13	12	14	14
<b>Nemertini</b>	1	1	1	1	1
<b>Pantopodi</b>			1	1	1
<b>Platelminti</b>		1			1
<b>Policheti</b>	31	55	58	51	63
<b>Poriferi</b>					1
<b>Sipunculidi</b>	3	4	4	3	3
<b>Totale</b>	<b>53</b>	<b>109</b>	<b>99</b>	<b>97</b>	<b>123</b>



**Fig. 3.13** - Ripartizione secondo il phylum di appartenenza delle specie rinvenute nelle singole stazioni campionate nell’intero periodo di indagine. Sono anche riportati i valori della Ricchezza specifica totale ottenuti per i vari siti (riquadri).

I policheti sono risultati ancora una volta il gruppo più numeroso, seguito da crostacei (la cui abbondanza è aumentata in quasi tutte le stazioni rispetto ai campionamenti precedenti) e/o molluschi. Sono rimasti invece poco rappresentati gli echinodermi, censiti unicamente in C5 e C7.

C4, corrispondente alla condotta sottomarina, ha presentato il numero più elevato di specie censite in un unico sito (8, pari a circa il 16% della comunità), superando di poco C7 e K5 (rispettivamente 6 e 7), ovvero le stazioni con la più alta S riscontrata sin dal pre-survey in tutta l'aria indagata.

### 3.3.5. RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA ( $S_M$ )

La Ricchezza specifica media ha seguito un andamento del tutto analogo a quello già descritto per N e S, oscillando lungo il transetto tra  $22,00 \pm 1,53$  (C5) e  $33,67 \pm 5,78$  (C7) e ai controlli tra  $27,33 \pm 0,88$  (K6) e  $34,00 \pm 2,31$  (K5; fig. 3.14). I siti C3, C5 e C6 non sono rientrati nel range ottenuto ai controlli presentando valori inferiori a tale intervallo.

Rispetto ai campionamenti precedenti si è assistito a un incremento della Ricchezza specifica media, ad eccezione dei siti C4 e C5 rimasti invariati rispetto all'inverno 2017.

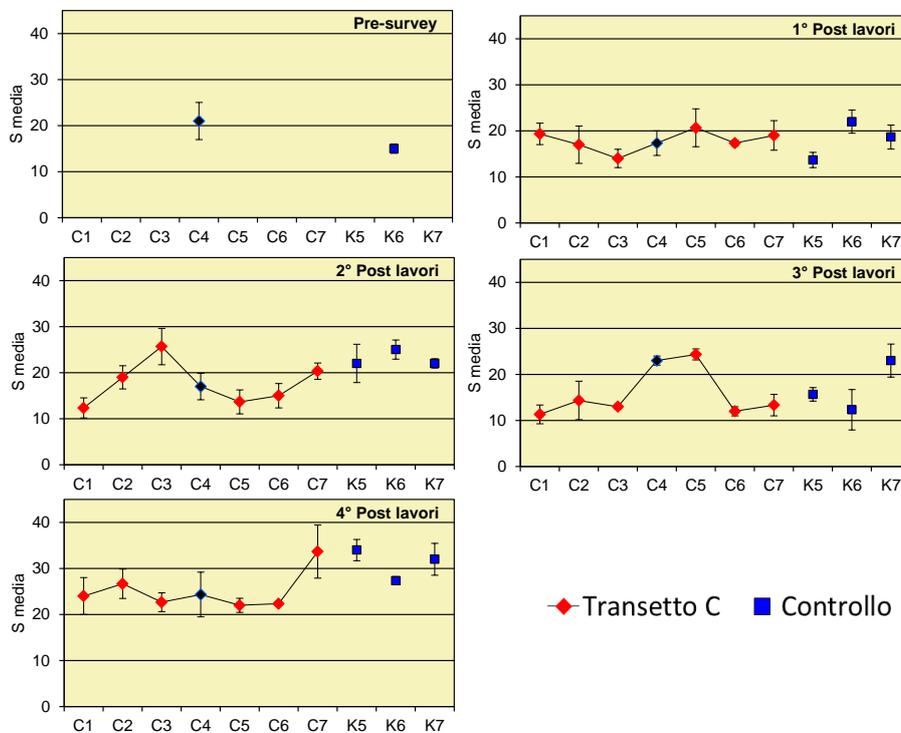


Fig. 3.14 - Ricchezza specifica media ( $\pm$  e.s.) registrata nei survey condotti sinora.

### 3.3.6. DIVERSITÀ SPECIFICA (H')

La Diversità specifica ha mostrato un andamento più lineare lungo tutto il transetto rispetto a quanto riscontrato sino all'inverno 2017 (fig. 3.15). I valori sono apparsi infatti tutti confrontabili, eccetto quello relativo a C7 in cui è avvenuto un aumento che ha portato al massimo assoluto ( $2,77 \pm 0,10$ ) per la presenza di una comunità più ricca e diversificata (Cfr. Capp. 3.3.3. e 3.3.4.).

Tutti i valori registrati sono comunque rientrati nel range ottenuto ai controlli, dove H' è variata da un minimo di  $2,57 \pm 0,09$  (K5) a un massimo di  $2,65 \pm 0,03$  (K6).

Le variazioni osservate nel tempo sono state sempre una conseguenza delle oscillazioni dei tre taxa principali (Paraonidae nd *O. cylindricaudata*, e *P. calliopae*).

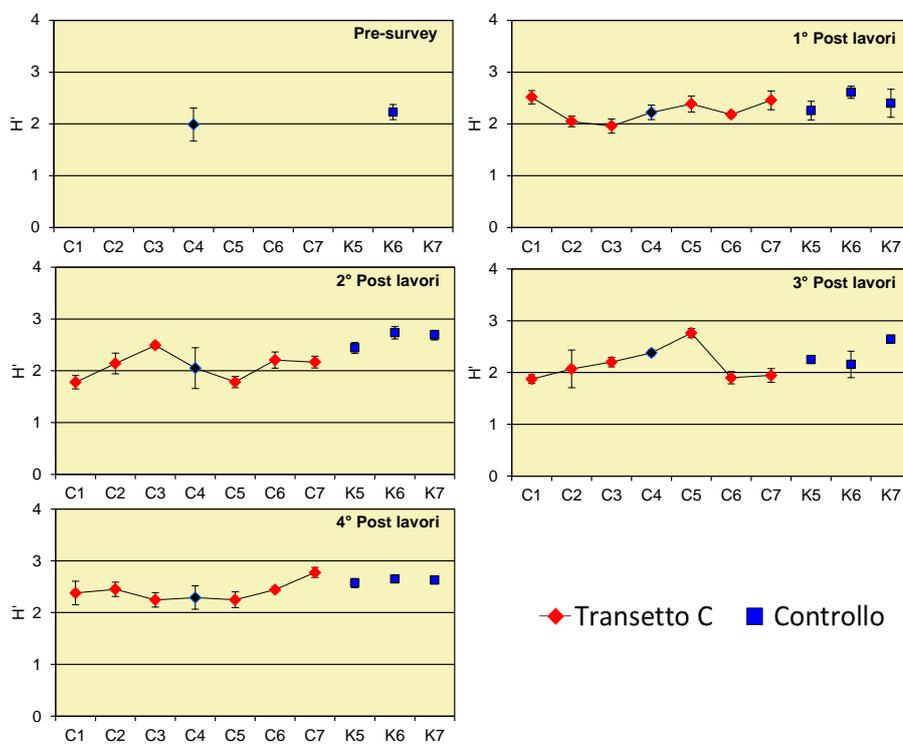


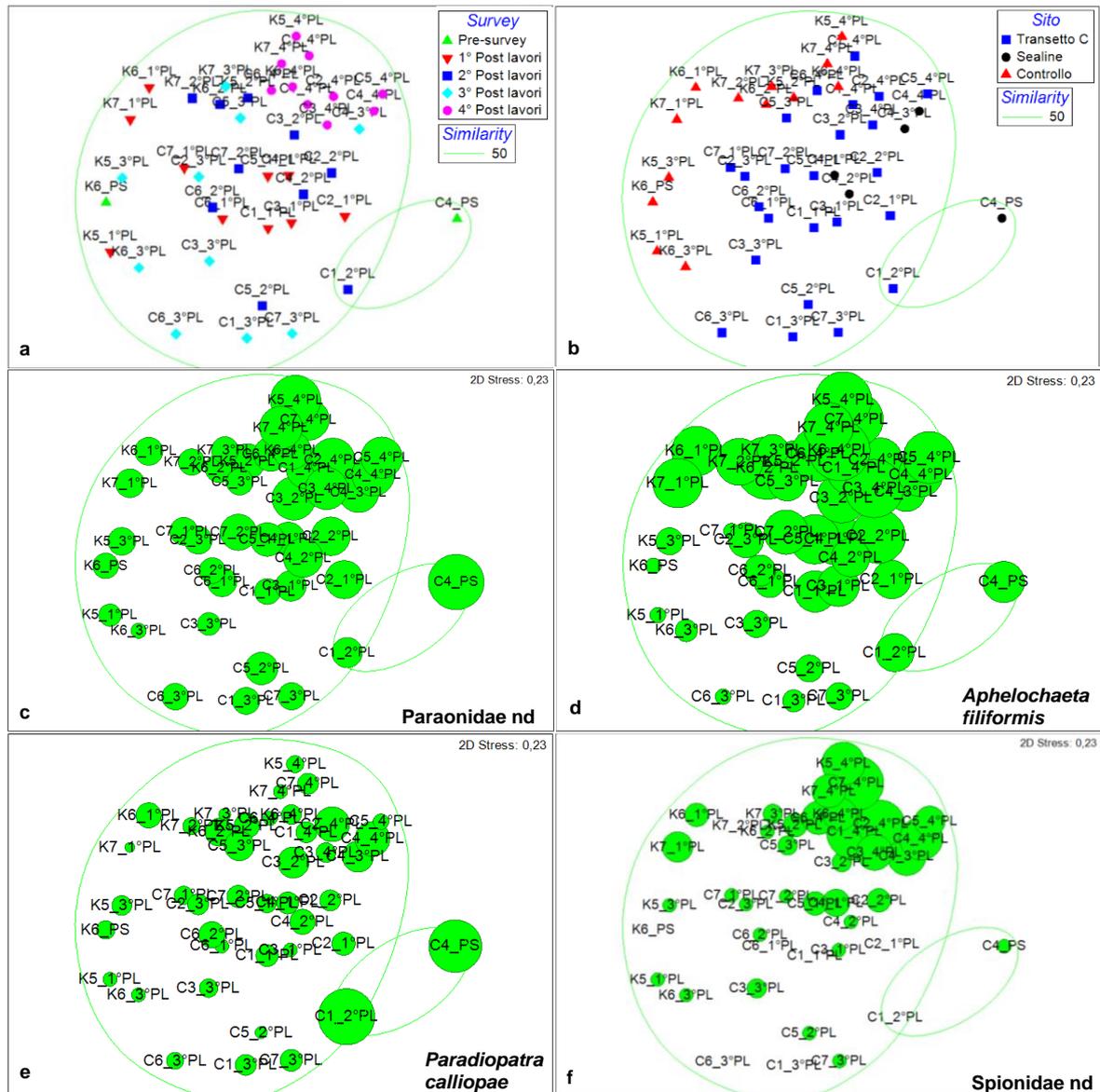
Fig. 3.15 - Diversità specifica ( $\pm$  e.s.) registrata nell'intero periodo di indagine.

### 3.3.7. MULTIDIMENSIONAL SCALING (MDS)

Il MultiDimensional Scaling applicato ai dati di densità dei singoli taxa campionati nell'intero periodo di indagine ha messo in evidenza, con una similarità del 50%, la somiglianza tra tutte le stazioni monitorate nei diversi survey (raggruppati in un unico cluster), ad eccezione del sito C4 campionato nel pre-survey che ha formato un gruppo separato ma comunque intersecante l'altro (figg. 3.16a e 3.16b). Tuttavia, le stazioni monitorate nell'ultimo survey condotto sono state tutte raggruppate nella parte superiore

del cluster principale (fig. 3.16a). Tale isolamento è determinato dai diversi quantitativi di taxa principali (paraonidi, *A. filiformis*, *P. calliopeae*; (figg. 3.16c-3.16e) e dall'incremento dei policheti spionidi (fig. 3.16f).

L'isolamento del sito C4 monitorato campionato nel pre-survey è invece una conseguenza della maggiore densità di *P. calliopeae* (condizione che accomuna il sito al C1 monitorato nel 2° post lavori; fig. 3.16e) e della presenza di numerose specie esclusive (quali ad es. *Amphiura chiajei*, *Hippomedon bidentatus* e *Myrtea spinifera*).



**Fig. 3.16** – Rappresentazione bidimensionale dei siti campionati nei survey condotti sinora tramite il metodo del MultiDimensional Scaling. I cerchi verdi indicano i quantitativi in termini di densità delle singole specie.

### 3.3.8. VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE

#### 3.3.8.1 Indice W di Clarke

L'indice W di Clarke calcolato per l'estate 2017 ha evidenziato rispetto all'inverno un lieve peggioramento nel tratto di transetto C1-C3, dove è stato evidenziato un disturbo moderato (Tab. 3-XXXIII), presentando una condizione più simile a quella riscontrata nel 2° survey post lavori. In tutte le altre stazioni è stata confermata la presenza di un ambiente leggermente disturbato.

**Tab. 3-XXXIII** – Valori dell'indice W di Clarke ottenuti per i siti monitorati nei survey condotti sinora.

	Stazione	W	Classificazione ambientale				
PS	C4	0,210	Moderatamente disturbato				
	K6	0,300	Leggermente disturbato				
1° Post lavori	C1	0,390	Leggermente disturbato	2° Post lavori	C1	0,021	Moderatamente disturbato
	C2	0,402	Leggermente disturbato		C2	0,223	Moderatamente disturbato
	C3	0,595	Leggermente disturbato		C3	0,388	Leggermente disturbato
	C4	0,296	Moderatamente disturbato		C4	0,369	Leggermente disturbato
	C5	0,273	Moderatamente disturbato		C5	0,446	Leggermente disturbato
	C6	0,285	Moderatamente disturbato		C6	0,308	Leggermente disturbato
	C7	0,342	Leggermente disturbato		C7	0,270	Moderatamente disturbato
	K5	0,606	Leggermente disturbato	K5	0,332	Leggermente disturbato	
	K6	0,336	Leggermente disturbato	K6	0,358	Leggermente disturbato	
	K7	0,402	Leggermente disturbato	K7	0,360	Leggermente disturbato	
3° Post lavori	C1	0,417	Leggermente disturbato	4° Post lavori	C1	0,279	Moderatamente disturbato
	C2	0,316	Leggermente disturbato		C2	0,296	Moderatamente disturbato
	C3	0,556	Leggermente disturbato		C3	0,291	Moderatamente disturbato
	C4	0,409	Leggermente disturbato		C4	0,365	Leggermente disturbato
	C5	0,517	Leggermente disturbato		C5	0,440	Leggermente disturbato
	C6	0,509	Leggermente disturbato		C6	0,367	Leggermente disturbato
	C7	0,382	Leggermente disturbato		C7	0,485	Leggermente disturbato
	K5	0,339	Leggermente disturbato	K5	0,320	Leggermente disturbato	
	K6	0,390	Leggermente disturbato	K6	0,357	Leggermente disturbato	
	K7	0,509	Leggermente disturbato	K7	0,410	Leggermente disturbato	

#### 3.3.8.2 Indice AMBI

L'indice AMBI ha fornito risultati più ottimistici rispetto a W classificando tutti i siti come leggermente disturbati (Tab. 3-XXXIV). Ciò sottolinea una situazione simile a quella del pre-survey e lievemente più impattata rispetto ai primi tre monitoraggi condotti dopo la posa della condotta, in cui una o più stazioni lungo il transetto erano state classificate come indisturbate. Ancora una volta gli organismi indifferenti all'arricchimento organico (II gruppo ecologico) sono risultati i più abbondanti, seguiti dalle specie sensibili e da quelle tolleranti a un eccessivo arricchimento organico nei sedimenti (rispettivamente I e III gruppo).

**Tab. 3-XXXIV** – Suddivisione percentuale nei 5 gruppi ecologici (I = specie molto sensibili; II = specie indifferenti all’arricchimento organico; III = specie tolleranti; IV = specie opportuniste di II ordine; V = specie opportuniste di I ordine) delle specie rinvenute nei siti monitorati nei survey condotti sinora e classificazione del disturbo ambientale secondo l’indice AMBI. In giallo è riportato il gruppo ecologico più rappresentativo in ciascuna stazione.

	Stazione	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	Classificazione ambientale
PS	<b>C4</b>	34,50	12,80	51,00	1,70	0	1,80	Leggermente disturbato
	K6	41,30	7,70	47,10	1,90	1,90	1,73	Leggermente disturbato
1° Post lavori	C1	43,75	40,63	10,94	3,91	0,78	1,16	Non disturbato
	C2	30,99	57,31	9,94	1,75	0	1,24	Leggermente disturbato
	C3	28,83	54,05	15,32	1,80	0	1,35	Leggermente disturbato
	<b>C4</b>	24,67	53,33	19,33	1,33	1,33	1,52	Leggermente disturbato
	C5	31,88	51,25	15,63	0,63	0,63	1,30	Leggermente disturbato
	C6	36,69	48,20	12,23	1,44	1,44	1,24	Leggermente disturbato
	C7	39,01	42,55	13,48	1,42	3,55	1,32	Leggermente disturbato
	K5	28,24	50,59	17,65	0	3,53	1,50	Leggermente disturbato
	K6	33,97	51,92	12,18	1,92	0	1,23	Leggermente disturbato
K7	25,00	51,56	22,66	0	0,78	1,50	Leggermente disturbato	
2° Post lavori	C1	57,23	36,42	6,36	0	0	0,74	Non disturbato
	C2	27,84	58,52	10,80	2,27	0,57	1,34	Leggermente disturbato
	C3	30,61	51,43	13,06	1,22	3,67	1,44	Leggermente disturbato
	<b>C4</b>	24,85	60,87	11,18	1,86	1,24	1,41	Leggermente disturbato
	C5	17,17	68,69	14,14	0	0	1,46	Leggermente disturbato
	C6	41,67	43,94	11,36	2,27	0,76	1,15	Non disturbato
	C7	39,00	48,00	11,50	0,50	1,00	1,15	Non disturbato
	K5	34,38	50,52	13,54	1,56	0	1,23	Leggermente disturbato
	K6	31,53	43,35	19,70	2,46	2,96	1,53	Leggermente disturbato
K7	36,64	45,80	13,74	2,29	1,53	1,29	Leggermente disturbato	
3° Post lavori	C1	24,69	64,20	7,41	3,70	0	1,35	Leggermente disturbato
	C2	40,48	42,06	12,70	3,18	1,59	1,25	Leggermente disturbato
	C3	31,87	50,55	17,58	0	0	1,29	Leggermente disturbato
	<b>C4</b>	28,11	55,30	12,44	4,15	0	1,39	Leggermente disturbato
	C5	36,81	41,72	17,18	3,68	0,61	1,34	Leggermente disturbato
	C6	34,62	61,54	3,85	0	0	1,04	Non disturbato
	C7	39,81	49,52	7,77	1,94	0,97	1,12	Non disturbato
	K5	37,72	48,25	12,28	0,88	0,88	1,18	Non disturbato
	K6	49,23	38,46	12,31	0	0	0,95	Non disturbato
K7	31,94	43,75	17,36	6,94	0	1,49	Leggermente disturbato	
4° Post lavori	C1	18,00	51,40	25,20	5,00	1	1,78	Leggermente disturbato
	C2	31,00	51,70	14,80	2,20	0,40	1,34	Leggermente disturbato
	C3	23,60	55,80	16,80	4	0	1,51	Leggermente disturbato
	<b>C4</b>	30,60	56,50	11,60	1,30	0	1,25	Leggermente disturbato
	C5	21,80	57,50	16,60	4,10	0,00	1,55	Leggermente disturbato
	C6	30,80	43,60	22,10	3	1	1,49	Leggermente disturbato
	C7	30,20	41,70	22,20	5,60	0,30	1,56	Leggermente disturbato
	K5	23,60	54,10	17,50	3,80	1,00	1,57	Leggermente disturbato
	K6	28,50	42,70	23,40	4	1	1,61	Leggermente disturbato
K7	27,60	50,40	16,50	5,10	0	1,51	Leggermente disturbato	

### 3.3.8.3 Indice BENTIX

L’indice BENTIX ha classificato come leggermente disturbati i siti C2 e C4, mentre tutte le restanti stazioni, inclusi i controlli, sono risultate moderatamente impattate (Tab. 3-XXXV). Si evidenzia dunque un generale peggioramento in tutta l’area indagata rispetto ai survey finora condotti, ad eccezione dei siti C1 e C2, rimasti invariati rispetto all’inverno 2017, e di C4, dove invece è stato riscontrato un lieve miglioramento che ha riportato il sito alla stessa condizione riscontrata nel pre-survey.

**Tab. 3-XXXV** – Valori dell'indice BENTIX ottenuti per i siti monitorati nei survey condotti sinora.

	Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale				
PS	C4	3,61	Leggermente disturbato				
	K6	3,92	Leggermente disturbato				
1° Post lavori	C1	3,95	Leggermente disturbato	2° Post lavori	C1	4,38	Leggermente disturbato
	C2	3,57	Leggermente disturbato		C2	3,42	Moderatamente disturbato
	C3	3,41	Moderatamente disturbato		C3	3,40	Moderatamente disturbato
	C4	3,26	Moderatamente disturbato		C4	3,32	Moderatamente disturbato
	C5	3,64	Leggermente disturbato		C5	3,20	Moderatamente disturbato
	C6	3,76	Leggermente disturbato		C6	4,09	Leggermente disturbato
	C7	3,93	Leggermente disturbato		C7	3,95	Leggermente disturbato
	K5	3,61	Leggermente disturbato	K5	3,59	Leggermente disturbato	
	K6	3,73	Leggermente disturbato	K6	3,80	Leggermente disturbato	
	K7	3,54	Leggermente disturbato	K7	3,90	Leggermente disturbato	
3° Post lavori	C1	3,49	Moderatamente disturbato	4° Post lavori	C1	3,03	Moderatamente disturbato
	C2	3,64	Leggermente disturbato		C2	3,56	Leggermente disturbato
	C3	3,85	Leggermente disturbato		C3	3,12	Moderatamente disturbato
	C4	3,33	Moderatamente disturbato		C4	3,68	Leggermente disturbato
	C5	3,98	Leggermente disturbato		C5	3,30	Moderatamente disturbato
	C6	3,64	Leggermente disturbato		C6	3,47	Moderatamente disturbato
	C7	3,87	Leggermente disturbato		C7	3,43	Moderatamente disturbato
	K5	3,88	Leggermente disturbato	K5	3,32	Moderatamente disturbato	
	K6	4,12	Leggermente disturbato	K6	3,44	Moderatamente disturbato	
	K7	3,69	Leggermente disturbato	K7	3,44	Moderatamente disturbato	

### 3.3.8.4 Stato ecologico

In Tab. 3-XXXVI è riportato lo stato ecologico derivato dalla combinazione dei tre indici per l'intero periodo di indagine.

Nell'ultimo monitoraggio effettuato nell'estate 2017 tutte le stazioni inclusi i controlli sono peggiorate rispetto al survey precedente eccetto C4, dove è stato invece riscontrato un lieve miglioramento. Si tratta comunque di lievi variazioni eccetto in C3 dove lo stato è passato da buono a moderato.

**Tab. 3-XXXVI** - Classificazione dello stato ecologico derivata dalla combinazione dei tre differenti indici.

		W	AMBI	BENTIX	Stato ecologico
		Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	
PS	C4	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono/moderato
	K6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
1° Post lavori	C1	Leggermente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	buono
	C2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	C3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	C4	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato
	C5	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono/moderato
	C6	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono/moderato
	C7	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
1° Post lavori	K5	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	K6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	K7	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
2° Post lavori	C1	Moderatamente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	buono
	C2	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato
	C3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	C4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	C5	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	C6	Leggermente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	buono
	C7	Moderatamente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	buono
2° Post lavori	K5	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	K6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	K7	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
3° Post lavori	C1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	C2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	C3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	C4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	C5	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	C6	Leggermente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	buono
	C7	Leggermente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	buono
3° Post lavori	K5	Leggermente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	buono
	K6	Leggermente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	buono
	K7	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
4° Post lavori	C1	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato
	C2	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono/moderato
	C3	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	moderato
	C4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	buono
	C5	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	C6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	C7	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
4° Post lavori	K5	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	K6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato
	K7	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	buono/moderato

## 4. CONCLUSIONI

In riferimento al Decreto n. 0000222 del 09/09/2014 emesso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-IRBIM (ex ISMAR) di Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS di effettuare un monitoraggio volto a valutare il potenziale impatto ambientale conseguente l'installazione della piattaforma Bonaccia NW e della condotta sottomarina collegante tale struttura alla piattaforma Bonaccia. Gli aspetti indagati contemplati in tale monitoraggio sono stati scelti in base: a) alle specifiche riportate nel Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare; b) alle prescrizioni dell'ARPAM; c) alle conoscenze acquisite dal CNR-IRBIM di Ancona a partire dalla sua costituzione (1969) nel campo dell'oceanografia e della biologia marina in Adriatico e negli altri mari italiani; d) alle numerose esperienze effettuate dal CNR-IRBIM dal 1998 ad oggi presso altri impianti di estrazione off-shore installati in alto e medio Adriatico su diverse tipologie di fondale da 20 a 85 m di profondità (Regina, Anemone, Annalisa, Barbara NW, Calpurnia, Naomi-Pandora, PCMS-1, Calipso, Clara Est, Clara Nord, Naide, Tea, Annamaria B, pozzi sottomarini Bonaccia EST 2&3, Fauzia, Elettra; Fabi *et al.*, 2001a; 2001b; 2002; 2003; 2004a; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015a; 2017a; 2018a; 2018b); d) alle caratteristiche idrologiche e sedimentologiche della zona in cui è installata Bonaccia NW.

Per la condotta sottomarina collegante le piattaforme Bonaccia NW e Bonaccia è stato proposto un monitoraggio comprendente indagini riguardanti i sedimenti (granulometria, IPA, idrocarburi totali, metalli pesanti, sostanza organica, TOC, ecotossicologia, bioaccumulo) e la composizione quali-quantitativa della comunità bentonica.

Il monitoraggio comprende 3 fasi:

- a. fase precedente alla posa in opera (pre-survey);
- b. fase di esercizio;
- c. fase di fine esercizio.

Data la lunghezza limitata del sea-line (2,5 km) le indagini sono state svolte lungo un transetto intersecante la struttura lungo il quale sono state posizionate a distanze crescenti 7 stazioni di campionamento e in tre controlli.

Nella presente relazione sono riportati i risultati ottenuti dal pre-survey sino al 2° anno della fase di produzione della struttura (2017).

**Caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti** – L'area interessata dalla posa del sea-line nel pre-survey era caratterizzata da sedimenti costituiti in prevalenza da sabbia, che

rappresentava oltre il 60% del campione. Non erano state individuate differenze rispetto a K6. Nel tempo le caratteristiche granulometriche si sono modificate, anche sensibilmente, con variazioni percentuali talvolta maggiori del 20%. Esse però hanno interessato anche i controlli e pertanto sono da considerare più legate a cambiamenti naturali che non alla presenza della condotta. Dopo due anni dalla posa della struttura i sedimenti appaiono arricchiti delle frazioni fini a scapito della sabbia, che supera il 50% solo in un sito posizionato a 100 m di distanza dal sea-line (C7) e nel controllo K6. Nell'insieme i sedimenti sono risultati omogenei tra siti C e K testimoniando l'assenza di effetti dovuti al sea-line.

Per quanto riguarda i contaminanti, le concentrazioni rilevate nell'area circostante la struttura sono sempre apparse, con poche eccezioni, molto basse e comunque per lo più in linea con quelle rilevate nei siti di controllo e con quelle registrate nel pre-survey.

Tra le eccezioni si annoverano gli IPA totali, che nel 2° monitoraggio post lavori di installazione erano risultati maggiori in corrispondenza della condotta (C4) rispetto a tutti gli altri siti. Si trattava comunque di una concentrazione bassissima, decine di volte inferiore al LCB (ICRAM-APAT, 2007), che pertanto non indicava in alcun modo uno stato di alterazione dell'area. In tutto il periodo di indagine le concentrazioni degli IPA sono sempre rimaste notevolmente inferiori rispetto all'LCB.

Merita un cenno il contenuto di sostanza organica che, al di là delle oscillazioni temporali, nell'ultimo monitoraggio condotto nell'estate 2017 è risultata più che doppia rispetto al pre-survey, con valori leggermente più elevati nei siti più vicini al sea-line. Anche nei controlli si è verificato un aumento, ma non esclude l'inizio di un fenomeno di accumulo nei sedimenti prossimi alla condotta.

Anche il TOC ha mostrato nel tempo un deciso incremento ma, analogamente alla sostanza organica, il transetto attorno alla condotta e i controlli hanno esibito comportamenti paragonabili; pertanto, non si ritiene che la struttura abbia un ruolo in tali variazioni temporali.

Nulla da segnalare per quanto riguarda gli Idrocarburi totali, che hanno conservato nel tempo tenori sempre inferiori a quelli rilevati nel pre-survey, risultando in molti casi al di sotto del limite di quantificazione.

Infine, le concentrazioni dei metalli sono sempre state modeste lungo il transetto e in linea con i controlli, sebbene non siano mancate le eccezioni. Per molti di essi (Al, Cd, Hg, Pb, Cu, Zn) i tenori sono sempre stati talmente bassi in valore assoluto che le variazioni da sito a sito, o i picchi positivi, sono da ritenere del tutto trascurabili.

Invece altri metalli, come arsenico o cromo, sono incrementati dopo l'installazione della condotta superando i corrispettivi LCRN. Mentre l'arsenico ha conservato lungo il transetto valori sempre in linea con i controlli o inferiori, il cromo ha esibito picchi anomali lungo C che, comunque, sono stati sporadici e insufficienti per testimoniare uno stato di alterazione dell'area.

Anche il nichel, che già nel pre-survey aveva concentrazioni superiori all'LCRN, è leggermente aumentato nel rispetto al pre-survey presentando picchi sporadici che, al momento, sono comunque privi di significato. Il bario è aumentato anch'esso rispetto al pre-survey, con valori generalmente superiori lungo il transetto rispetto ai controlli sin da prima dell'installazione della condotta. Tuttavia, confrontando i dati dell'estate 2017 con quelli del pre-survey relativi a C4 (sito corrispondente alla condotta) e al controllo K6, uniche stazioni campionate in entrambi i monitoraggi, l'aumento in C4 è stato maggiore e ciò potrebbe indicare un effetto del sea-line su questo elemento. Si sottolinea comunque che le concentrazioni raggiunte sono tutte ancora piuttosto modeste.

**Ecotossicologia dei sedimenti** – Nell'intero periodo di indagine non è stata rilevata alcuna tossicità nei confronti di *Dunaliella tertiolecta*, *Vibrio fischeri* e *Corophium orientale*, se si esclude per quest'ultimo organismo una tossicità bassa osservata in un sito a 60 m dalla condotta (C2) e nel controllo K6 nel 2° survey post lavori di installazione.

Per quanto concerne *Crassostrea gigas*, invece, il test condotto dopo l'installazione del sea-line ha sempre rilevato la presenza di tossicità bassa in tutte o quasi tutte le stazioni, controllo incluso. La presenza di tale fenomeno anche nel sito di riferimento in tutto il periodo post lavori (eccetto in inverno 2017) esclude un ruolo da parte della struttura.

La ricerca di metalli pesanti nei policheti appartenenti alla specie *Hediste diversicolor* ha evidenziato un bioaccumulo di arsenico nei due siti a 60 m dalla condotta (dove è stato accumulato anche mercurio) e al controllo, di bario presso la condotta e di magnesio nel sito di riferimento, presso il sea-line e nella stazione C6, indicando un peggioramento per questi metalli rispetto ai monitoraggi precedenti. E' stato rilevato invece un miglioramento per quanto riguarda il nichel che, per la prima volta, non è stato bioaccumulato, e per il mercurio relativamente al numero di siti coinvolti nel bioaccumulo.

**Comunità bentonica** – Come riscontrato in tutti i survey sinora condotti, nei popolamenti rinvenuti in tutta l'area investigata hanno dominato taxa tipici di fondo mobile, in particolare organismi limicoli, sempre seguiti da specie indicatrici della presenza di materia organica nei sedimenti. Le restanti categorie biocenotiche sono risultate ancora una volta poco rappresentate. In tutte le stazioni hanno sempre prevalso i policheti, seguiti da

molluschi e/o crostacei; l'importanza di quest'ultimo gruppo è costantemente aumentata nel tempo, sino a raggiungere il massimo di 31 taxa nell'ultimo survey condotto.

Benché la comunità bentonica sia sempre risultata non molto diversificata, nell'estate 2017 si è assistito a un incremento di tutti gli indici biotici principali (N, S e  $S_m$ ), che hanno raggiunto valori paragonabili a quelli riscontrati nel pre-survey se non superiori, come nel caso della Ricchezza specifica totale e media. Il pattern di dominanza è tuttavia rimasto pressoché invariato nel tempo con pochi taxa, alcuni dei quali considerati sensibili a situazioni di stress (es.: *O. cylindricaudata* e *P. calliopae*), altri tolleranti (paraonidi, e *A. filiformis*), che da soli hanno costituito ovunque più del 50% dei popolamenti bentonici.

È rimarchevole però l'aumento di importanza riscontrato nel 4° survey post lavori di alcuni taxa sino ad allora secondari, in particolare dei policheti spionidi considerati tolleranti, come ben sottolineato dal grafico MDS che, nonostante abbia raggruppato tutti i siti monitorati nei vari periodi, ha però mantenuto leggermente distaccati dagli altri quelli campionati nell'estate 2017. Tale incremento, unitamente all'aumento di importanza di *A. filiformis*, è probabilmente responsabile anche del generale, lieve peggioramento delle condizioni ambientali, che ha portato a una valutazione dello stato ecologico per lo più buono/moderato, sia lungo il transetto che ai controlli. A tale proposito, l'unico sito in cui si è assistito a un miglioramento rispetto a tutti i survey sinora condotti è quello posto in corrispondenza della condotta sottomarina, dove per la prima volta è stato registrato un stato ecologico buono (nel pre-survey era risultato buono/moderato).

I risultati ottenuti nell'estate 2017 per il transetto indicano una buona omogeneità con i dati del pre-survey e, eccetto nel caso della Ricchezza specifica totale (inferiore nei dintorni della condotta rispetto ai riferimenti), con i controlli.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- Amouroux J.M. 1974. Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. *Vie Milieu*, 24 (1) sèr. B: 209-222.
- ASTM. 1998. *Standard guide for determination of the bioaccumulation of sediment-associated contaminants by benthic invertebrates*. Standard ASTM E1688-97a. American Society for testing and materials, Philadelphia, PA: 1072-1121.
- ASTM. 2004a. *Standard guide for conducting static toxicity tests with microalgae*. ASTM E1218-04-E1. 14 pp.
- ASTM. 2004b. *Standard Guide for Conducting Static Acute Toxicity Tests Starting with Embryos of Four Species of Saltwater Bivalve Molluscs*. ASTM E724-98. 21 pp.
- Augier H. 1992. *Inventaire et classification des biocénoses marines benthique de la Méditerranée*. Conseil de l'Europe. U.E.R. Des Sciences de la Mer et de l'Environnement de Luminy Marseille. 59 pp.
- Bellan Santini D., Ledoyer M. 1972. Inventaire des amphipodes gammariens récoltés dans la Région de Marseille. *Tethys*, 4(4): 899-934.
- Bellan G., Bellan Santini D., Picard J. 1980. Mise en évidence de modèles eco-biologiques dans des zones soumises à perturbations par matières organiques. *Oceanol. Acta*, 3: 383-390.
- Bettencourt A., Bricker S.B., Ferriera J.G., Franco A., Marques J.C., Melo J.J., Nobre A., Ramos L., Reis C.S., Salas F., Silva M.C., Simas T., Wolff W. 2004. *Typology and reference conditions for Portuguese transitional and coastal waters*. Instituto da Agua. Instituto do Mar, Lisbon.
- Bianchi C.N., Ceppodomo I., Galli C., Sgorbini S., Dell'Amico F., Morri C. 1993. Benthos dei mari toscani. I: Livorno – Isola d'Elba (Crociera ENEA 1985). *ENEA Arcipelago Toscano – Serie Studi Ambientali*: 263-291.
- Borja A., Mader J. 2008. *Instructions for the use of the AMBI index software (version 4.1)*. AZTI-Tecnalia. 13 pp.
- Borja A., Franco J., Pérez V. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environment. *Mar. Poll. Bull.*, 40(12): 1100-1114.
- Bourcier M., Nodot C., Jeudy De Grissac A., Tine J. 1979. Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon (France). *Tethys*, 9: 103-112.
- Chimenz Gusso C., Gravina M.F., Maggiore F.R. 2001. Temporal variations in soft bottom benthic communities in Central Tyrrhenian Sea (Italy). *Archo Oceanogr. Limnol.*, 22: 175-182.
- Christensen E.R., Kusk, K.O., Nyholm N. 2009. Dose-response regressions for algal growth and similar continuous endpoint: calculation of effective concentrations. *Environ. Toxicol. Chem.*, 28: 826-835.
- Clarke K.R., Warwick R.M. 2001. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 2nd Edition. PRIMER-E, Plymouth, Uk. 172 pp.
- Craeymeersch J.A. 1991. Applicability of the abundance/biomass comparison method to detect pollution effects on intertidal macrobenthic communities. *Hydrobiol. Bull.*, 24(2): 133-140.
- EPA. 1993. *Guidance manual, Bedded sediment Bioaccumulation Tests*. EPA/600/R-93/183. 246 pp.
- EPA. 1996. *Silica gel cleanup*. EPA METHOD 3550C. 15 pp.
- EPA. 2003a. *Volatile organic compounds in various sample matrices using equilibrium headspace analysis*. EPA METHOD 5021A. 25 pp.
- EPA. 2003b. *Nonhalogenated organics using gc/fid*. EPA METHOD 8015D. 37 pp.
- EPA. 2007a. *Ultrasonic extraction*. EPA METHOD 3550C. 17 pp.
- EPA. 2007b. *Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry*. EPA METHOD 7473. 15 pp.
- EPA. 2007c. *Graphite furnace atomic absorption spectrophotometry*. EPA METHOD 7010. 24 pp.
- ICRAM. 2001. *Metodologie analitiche di riferimento. Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003)*.

- ICRAM-APAT. 2007. *Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini*. 72 pp.
- ISO. 2004. *Determination of content of hydrocarbon in the range C10 to C40 by gas chromatography*. ISO 16703:2004. 18 pp.
- ISO. 2005. *Water quality - determination of acute toxicity of marine or estuarine sediment to amphipods*. ISO 16712:2005(E). 15 pp.
- May R.M. 1979. Patterns of Species Abundance and Diversity. Pagg. 81-120, in: Cody M.L. and Diamond J.M. (Eds). *Ecology and Evolution of Communities*, 4.
- Muxika I., Borja A., Bald J. 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Framework Directive. *Mar. Poll. Bull.*, 55: 13-29.
- Nodot C., Bourcier M., Juedy De Grissac A., Hursner S., Regis J., Tine J. 1984. Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon (France). 2. La Grande Rade. *Tethys*, 11: 141-153.
- Pérès J.M., Picard J. 1964. Nouveau Manuel de Bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Recl. Trav. St. Mar. Endoume*, 31(47). 137 pp.
- Pianka E.R. 1970. On r- and k-selection. *Amer. Nat.*, 104: 592-597.
- Pielou E.C. 1974. *Population and Community Ecology: Principles and Methods*. Gordon and Breach Sci. Pubbl., New York. 424 pp.
- Poppe G.T., Goto Y. 1991. *European Seashells (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogaster, Gastropoda)*. Vol. 1. Pubbl. by V.C. Hemmen, Grillparzerstr. 22, D-6200 Wiesbaden, Federal Republic of Germany. 352 pp.
- Poppe G.T., Goto Y. 1993. *European seashells. Vol. II (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda)*. Hemmen V.C. (Ed.), Germany. 221 pp.
- Rinelli P., Spanò N. 1997. Distribuzione di crostacei decapodi ed echinodermi di ambienti detritici insulari. *Biol. Mar. Medit.*, 4: 440-442.
- Salen-Picard C. 1985. Indicateurs biologiques et sédimentation en milieu circalitoral Méditerranéen. *Rapp. p. v. Réu. Comm. Int. pour l'Explor. Sci. Mer Médit.*, 29: 5.
- Simboura N., Zenetos A. 2002. Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystem, including a new biotic index. *Mediterr. Mar. Sci.*, 3: 77-111.
- Teixeira H., Salas F., Pardal M.A., Marques J.C. 2007. Applicability of ecological evaluation tools in estuarine ecosystem: a case of the lower Mondego estuary (Portugal). *Hydrobiologia*, 587: 101-112.
- UNI EN ISO. 2000. *Saggio di inibizione della crescita di alghe marine con Skeletonema costatum e Phaeodactylum tricornerum*. UNI EN ISO 10253:2000. 14 pp.
- USEPA. 1991. *Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater organisms -Section 14- Green alga Selenastrum capricornutum growth test - Method 1003.0*. EPA/600/4-91/002. 334 pp.
- USEPA. 1995. *Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluent and receiving waters to west coast marine and estuarine organisms*. EPA/600/R-95/136. 15 pp.
- Zenetos A., Bellou N., Abousamra F. 2004. *The use of BENTIX in Assessing Ecological Quality of coastal waters across the Mediterranean. Proceedings of an international workshop on the promotion and use of benthic tools for assessing the health of coastal marine ecosystems*. Intergovernmental Oceanographic Commission. Workshop Report n. 195: 19-22.

*ALLEGATO A*

**SCHEDE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE**

**UTILIZZATA NELLE INDAGINI**

# A1

## INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

### A1-I BOX-CORER per il prelievo dei campioni



Materiale	Dimensione scatola campionatore (cm)
Ferro zincato	17x10x24,5h

### A1-II BILANCIA ELETTRONICA



Le bilance elettroniche sono sensibili all'accelerazione di gravità; pertanto, in accordo con la direttiva 90/384, devono essere calibrate nel luogo di utilizzo con masse tarate in classe F1 che corrispondono a un peso di 200 g.

Strumento	Costruttore	Modello	Sensibilità	Capacità
Bilancia elettronica	Gibertini Elettronica S.r.l.	EU 2000	±0,01 g	1000 g

### A1-III STUFA TERMOSTATA “HIGH PERFORMANCE”



Strumento	Costruttore	Modello	Capacità (litri)	Temperatura (°C)	Precisione (°C)
Stufa termostata	F.lli Galli G&P	2100	96	50 – 300	±2

Ogni sei mesi viene inserito un termometro per verificare che la temperatura della stufa resti costante. La lettura del termometro viene eseguita ogni 45 minuti per una durata totale della prova di 3 ore. E' accettata una variazione di 2°C rispetto alla temperatura iniziale.

### A1-IV SETACCI



Strumento	Costruttore	Serie	Materiale	Diametro (mm)	Dimensione delle maglie (μ)
Setacci normalizzati	Giuliani Teconologie S.r.l.	ASTM	acciaio inox	100 - 200	63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000

Periodicamente si verifica che le maglie abbiano mantenuto le dimensioni e la forma originaria e si testa la regolarità delle saldature.

## A1-V DENSIMETRO



Strumento	Costruttore	Serie	Scala (ml)	Divisione (ml)	Zavorra	Taratura (°F)
Densimetro per terreni	Vetrotecnica	Normale ASTM	0,995 – 1,040	0,001	piombo	68/68

Lo strumento non necessita di verifica e taratura. Viene sostituito quando la scala graduata non è più visibile.

## A1-VI GAS-CROMATOGRAFO DOPPIA COLONNA, RIVELATORE FID - PERKIN ELMER SIGMA3B – DUAL FID



Il controllo interno della taratura dello strumento viene effettuato preliminarmente all'avvio di ogni indagine commissionata. Il controllo esterno e l'eventuale taratura ordinaria sono condotti annualmente da un Tecnico incaricato dalla Ditta costruttrice, quando il controllo interno risulta sfavorevole.

### **A1-VII DMA 80 per la misurazione del MERCURIO**



Consente di effettuare analisi per la determinazione diretta del contenuto di mercurio su matrici di varia natura, senza che si rendano necessari trattamenti chimici del campione.

### **A1-VIII VARIAN SPECTRA AA-240 Z per la misurazione di CADMIO e PIOMBO E ARSENICO**

Spettrofotometro ad assorbimento atomico usato mediante l'impiego del fornello di grafite con piattaforma pirolitica. La correzione del rumore di fondo è assicurata dalla correzione di background trasversa "Zeeman" e dall'interpolazione polinomiale per la correzione delle interferenze. Al fine di ridurre il rumore di fondo e il limite di rivelabilità e di incrementare la sensibilità vengono utilizzate lampade monoelemento a catodo cavo.



**A1-IX      VARIAN ICP-720ES per la misurazione di ALLUMINIO, BARIO, FERRO, CROMO, NICHEL, RAME, SILICIO, VANADIO, ZINCO, MANGANESE, MAGNESIO, TITANIO, GALLIO, ZIRCONIO e STAGNO**



Spettrofotometro ad emissione atomica al plasma ad accoppiamento induttivo (ICP) e lettura sequenziale. Il sistema di raccolta della radiazione emessa dal plasma è di tipo assiale. Il generatore di radiofrequenze è 40 MHz. Per il raffreddamento del plasma viene impiegato argon ultrapuro.

**A1-X      ICP-MS Agilent Mod. 7700 per la misurazione dell'INDIO**



## A2

### INDAGINI SULLA COMUNITA' BENTONICA

#### A2-I BENNA VAN VEEN



Materiale	superficie di sedimento campionata (m <sup>2</sup> )
Acciaio	0,095

#### A2-II SETACCIO



Materiale	Lato maglia (mm)
Acciaio inox	0,5

#### A2-III MICROSCOPIO STEREO ZEISS STEMI 2000-C



Range dello zoom: 0,65x...5,0x.

## A2-IV MICROSCOPIO OTTICO ZEISS AXIOLAB



Obiettivi in dotazione: 10x, 40x, 100x.

## A2-V BILANCIA ANALITICA



<b>Strumento</b>	<b>Costruttore</b>	<b>Modello</b>	<b>Risoluzione</b>	<b>Capacità</b>
Bilancia elettronica	Mettler Toledo	ML204	0,0001 g	220 g

# ***ALLEGATO B***

## **SCHEDE GRANULOMETRICHE DEI SITI POSTI LUNGO IL TRANSETTO C E DEI CONTROLLI K5-K7**

**4° SURVEY POST LAVORI DI INSTALLAZIONE**

**2° semestre 2017**



## Stazione C1 (100 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	44,4
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

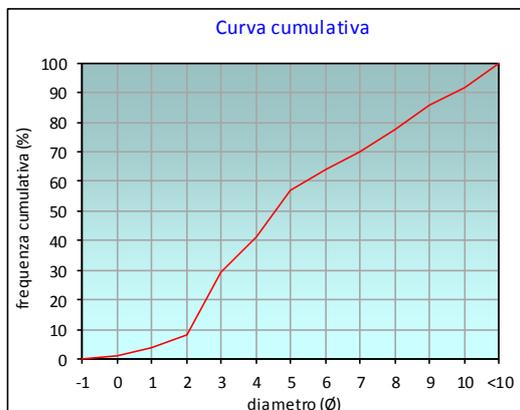
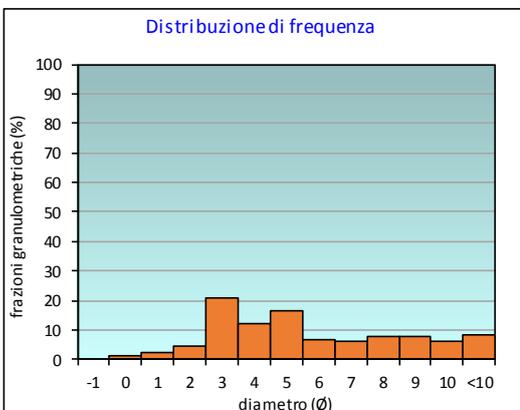
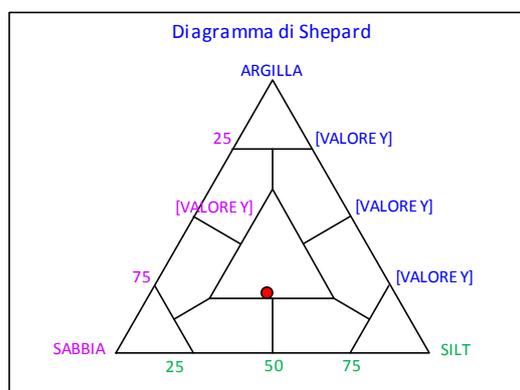
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M <sub>i</sub>	5,25	5	1,30
Mediana	M <sub>d</sub>	4,56	16	2,37
Classazione	σ	2,99	25	2,80
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,30	50	4,56
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,77	75	7,65
			84	8,81
			95	10,40

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,1	1,1
SABBIA	1	500	2,5	3,6
	2	250	4,7	8,3
	3	125	20,8	29,1
	4	62,5	11,9	41,0
LIMO	5	31,2	16,2	57,2
	6	15,6	6,8	64,0
	7	7,8	6,0	70,0
	8	3,9	7,7	77,7
ARGILLA	9	2	7,8	85,5
	10	0,98	6,2	91,6
	<10	<0,98	8,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	41,0	36,7	22,3

NOTE	
n.d.	

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Loam
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Platicurtica



## Stazione C2 (60 m SW)

PARAMETRI FISICI		
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )		n.d.
Umidità (%)		39,5
Colore MUNSEL (codice)		n.d.
Colore MUNSEL (nome)		n.d.

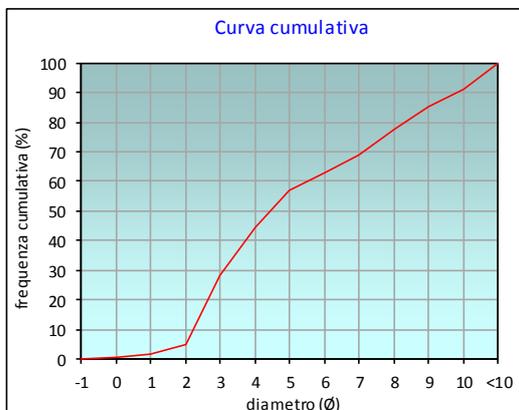
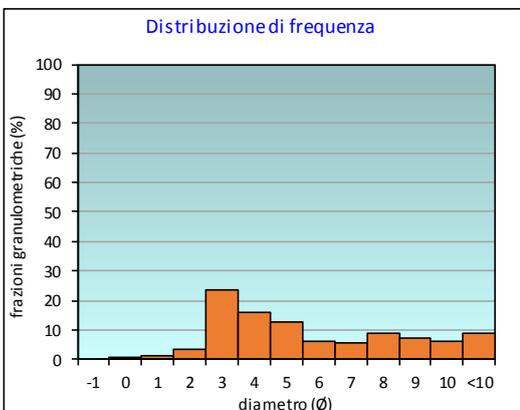
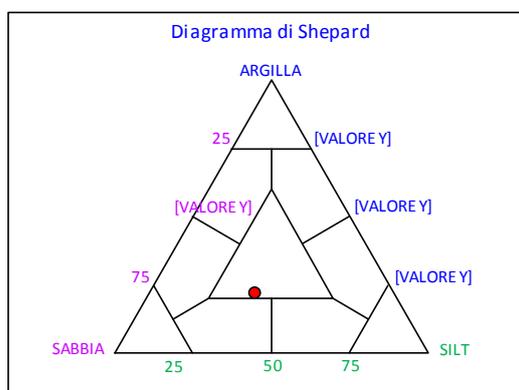
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M <sub>i</sub>	5,25	5	2,00
Mediana	M <sub>d</sub>	4,44	16	2,47
Classazione	σ	2,87	25	2,85
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,40	50	4,44
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,71	75	7,70
			84	8,85
			95	10,43

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,5	0,5
SABBIA	1	500	1,2	1,7
	2	250	3,2	4,9
	3	125	23,5	28,4
	4	62,5	16,0	44,4
LIMO	5	31,2	12,7	57,1
	6	15,6	6,0	63,1
	7	7,8	5,6	68,7
	8	3,9	9,0	77,7
ARGILLA	9	2	7,4	85,1
	10	0,98	6,2	91,3
	<10	<0,98	8,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	44,4	33,2	22,3

NOTE	
n.d.	

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Loam
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Platicurtica



## Stazione C3 (30 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	49,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

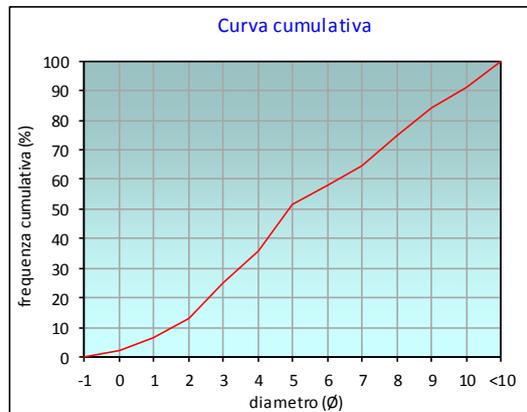
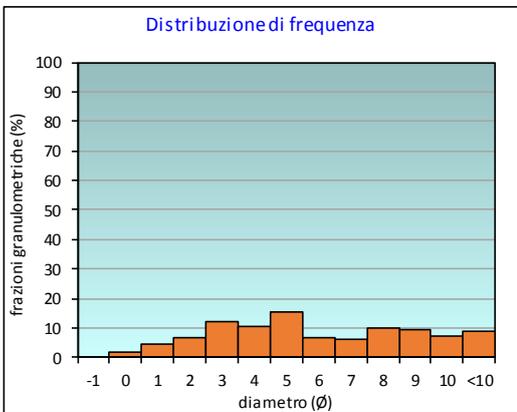
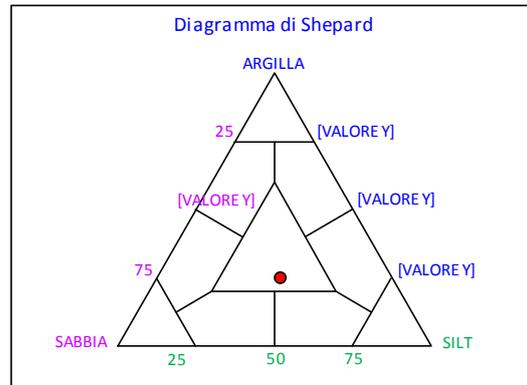
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	Ø
Media	M <sub>i</sub>	5,39	5	0,65
Mediana	M <sub>d</sub>	4,91	16	2,24
Classazione	σ	3,18	25	2,99
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,17	50	4,91
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,80	75	8,03
			84	9,02
			95	10,45

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	2,0	2,0
SABBIA	1	500	4,7	6,6
	2	250	6,5	13,1
	3	125	12,0	25,1
	4	62,5	10,7	35,8
LIMO	5	31,2	15,6	51,4
	6	15,6	6,9	58,3
	7	7,8	6,3	64,6
	8	3,9	10,2	74,8
ARGILLA	9	2	9,1	83,9
	10	0,98	7,1	90,9
	<10	<0,98	9,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	35,8	38,9	25,2

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Loam
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica positiva
Appuntimento	Platicurtica



## Stazione C4 (SEA-LINE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	47,4
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

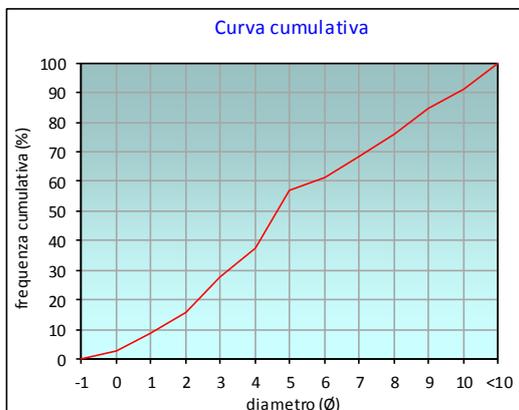
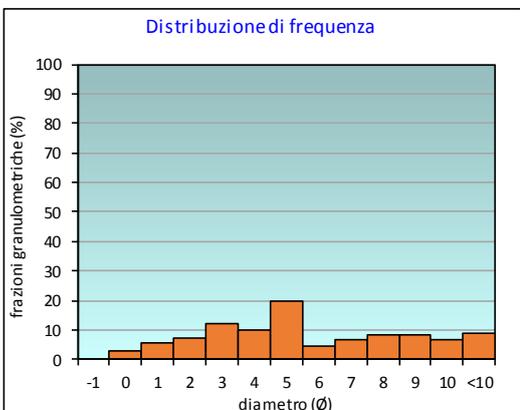
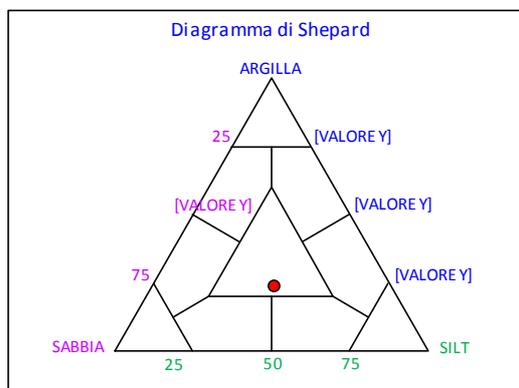
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M <sub>i</sub>	5,21	5	0,37
Mediana	M <sub>d</sub>	4,65	16	2,04
Classazione	σ	3,25	25	2,79
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,20	50	4,65
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,81	75	7,86
			84	8,95
			95	10,43

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	2,9	2,9
	1	500	5,6	8,5
	2	250	7,0	15,5
	3	125	12,0	27,6
	4	62,5	9,7	37,3
LIMO	5	31,2	19,6	56,9
	6	15,6	4,5	61,4
	7	7,8	6,7	68,1
	8	3,9	8,0	76,1
ARGILLA	9	2	8,3	84,4
	10	0,98	6,8	91,2
	<10	<0,98	8,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	37,3	38,8	23,9

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Loam
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica positiva
Appuntimento	Platicurtica



## Stazione C5 (30 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	48,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

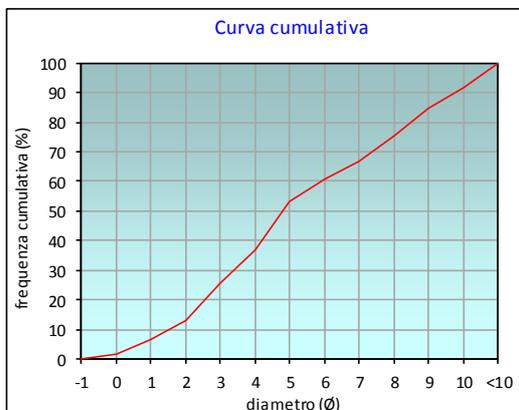
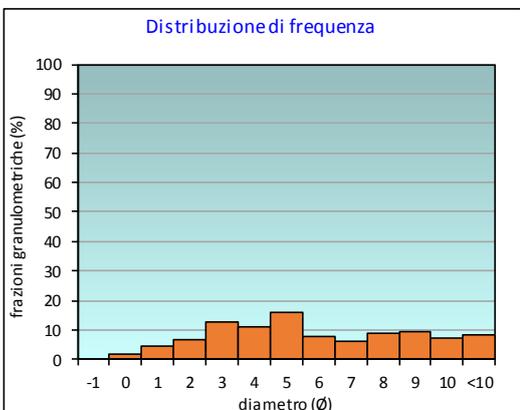
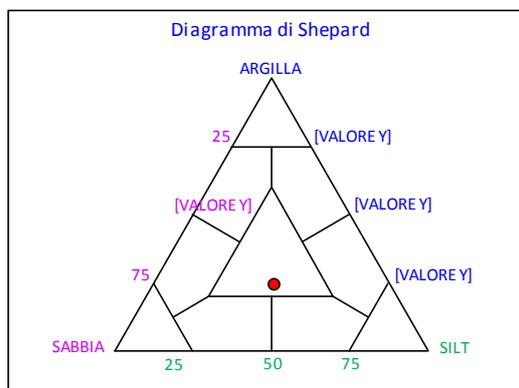
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	$\phi$
Media	$M_i$	5,34	5	0,72
Mediana	$M_d$	4,82	16	2,25
Classazione	$\sigma$	3,14	25	2,96
Asimmetria	$S_{ki}$	0,19	50	4,82
Appuntimento	$K_G$	0,79	75	7,97
			84	8,94
			95	10,41

	$\phi$	$\mu m$	%	Freq. Comul. %
<b>GHIAIA</b>	-1	2000	0,0	0,0
<b>SABBIA</b>	0	1000	1,7	1,7
	1	500	4,6	6,3
	2	250	6,6	12,8
	3	125	12,7	25,6
<b>LIMO</b>	4	62,5	11,2	36,8
	5	31,2	16,1	52,9
	6	15,6	7,6	60,5
	7	7,8	6,2	66,6
<b>ARGILLA</b>	8	3,9	8,6	75,2
	9	2	9,3	84,5
	10	0,98	6,9	91,5
	<10	<0,98	8,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	36,8	38,5	24,8

NOTE	
n.d.	

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Loam
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica positiva
Appuntimento	Platicurtica



## Stazione C6 (60 m NE)

PARAMETRI FISICI		
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )		n.d.
Umidità (%)		41,7
Colore MUNSEL (codice)		n.d.
Colore MUNSEL (nome)		n.d.

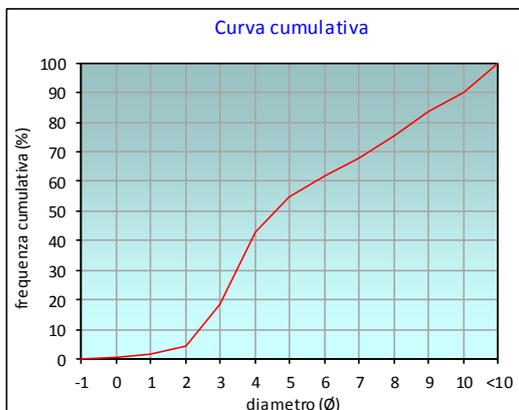
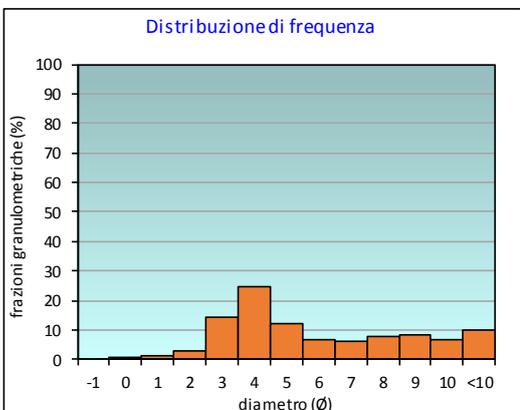
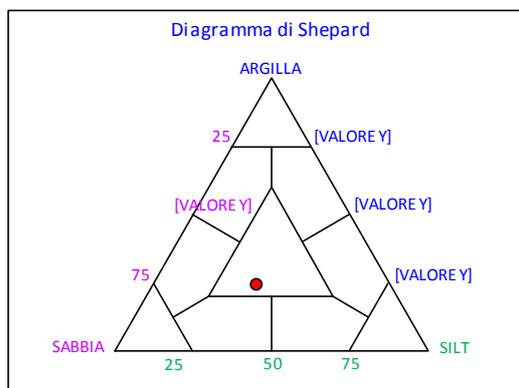
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	Ø
Media	M <sub>i</sub>	5,50	5	2,05
Mediana	M <sub>d</sub>	4,59	16	2,83
Classazione	σ	2,84	25	3,27
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,42	50	4,59
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,74	75	7,95
			84	9,08
			95	10,49

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
<b>GHIAIA</b>	-1	2000	0,0	0,0
<b>SABBIA</b>	0	1000	0,5	0,5
	1	500	1,1	1,6
	2	250	2,7	4,3
	3	125	14,1	18,4
	4	62,5	24,5	42,9
<b>LIMO</b>	5	31,2	12,0	54,9
	6	15,6	6,8	61,7
	7	7,8	5,9	67,7
	8	3,9	7,8	75,4
<b>ARGILLA</b>	9	2	8,0	83,5
	10	0,98	6,8	90,3
	<10	<0,98	9,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	42,9	32,5	24,6

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Loam
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Platicurtica



## Stazione C7 (100 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	37,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

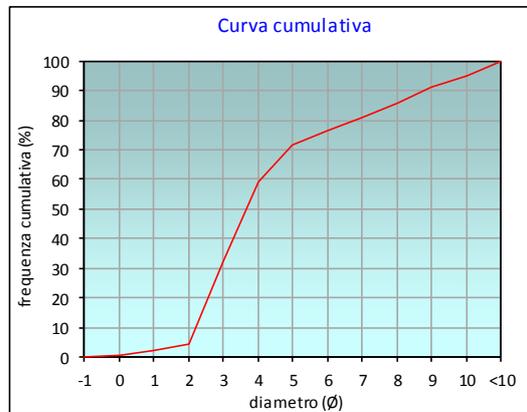
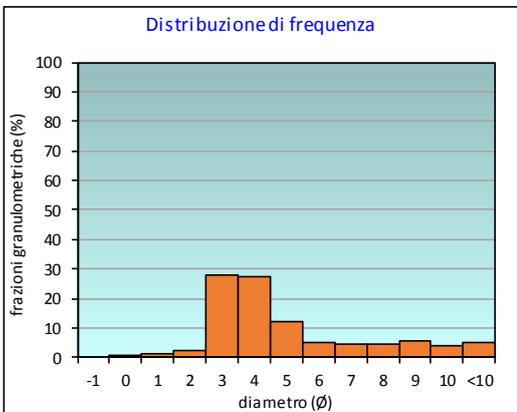
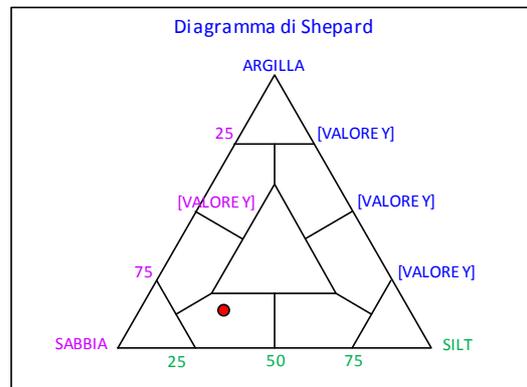
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M <sub>i</sub>	4,58	5	2,03
Mediana	M <sub>d</sub>	3,66	16	2,42
Classazione	σ	2,51	25	2,75
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,56	50	3,66
Appuntimento	K <sub>G</sub>	1,10	75	5,71
			84	7,65
			95	9,96

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,5	0,5
SABBIA	1	500	1,4	1,9
	2	250	2,4	4,3
	3	125	27,6	31,9
	4	62,5	27,4	59,3
LIMO	5	31,2	12,2	71,5
	6	15,6	4,9	76,4
	7	7,8	4,5	81,0
	8	3,9	4,7	85,6
ARGILLA	9	2	5,4	91,0
	10	0,98	4,1	95,2
	<10	<0,98	4,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	59,3	26,3	14,4

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Mesocurtica



## Stazione K5

PARAMETRI FISICI		
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )		n.d.
Umidità (%)		40,1
Colore MUNSEL (codice)		n.d.
Colore MUNSEL (nome)		n.d.

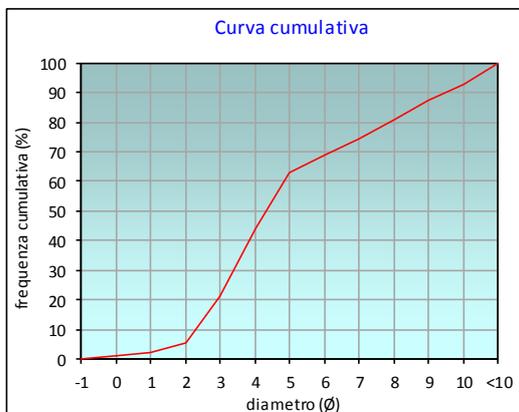
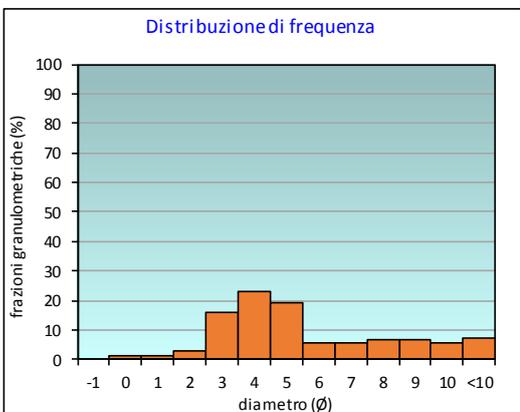
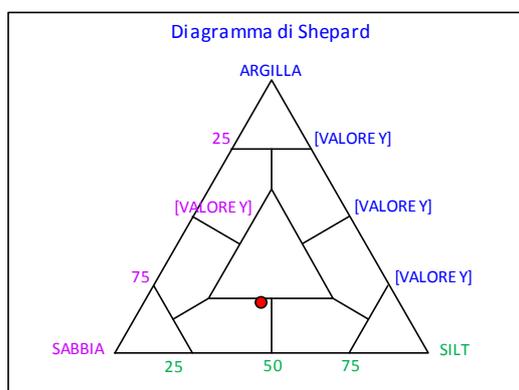
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	Ø
Media	M <sub>i</sub>	5,15	5	1,93
Mediana	M <sub>d</sub>	4,31	16	2,67
Classazione	σ	2,71	25	3,16
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,43	50	4,31
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,88	75	7,07
			84	8,47
			95	10,29

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,1	1,1
SABBIA	1	500	1,2	2,4
	2	250	2,8	5,2
	3	125	16,0	21,2
	4	62,5	22,9	44,1
LIMO	5	31,2	19,0	63,1
	6	15,6	5,8	68,9
	7	7,8	5,6	74,5
	8	3,9	6,5	81,0
ARGILLA	9	2	6,4	87,4
	10	0,98	5,5	92,9
	<10	<0,98	7,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	44,1	36,9	19,0

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Platicurtica



# Stazione K6

PARAMETRI FISICI		
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )		n.d.
Umidità (%)		39,0
Colore MUNSEL (codice)		n.d.
Colore MUNSEL (nome)		n.d.

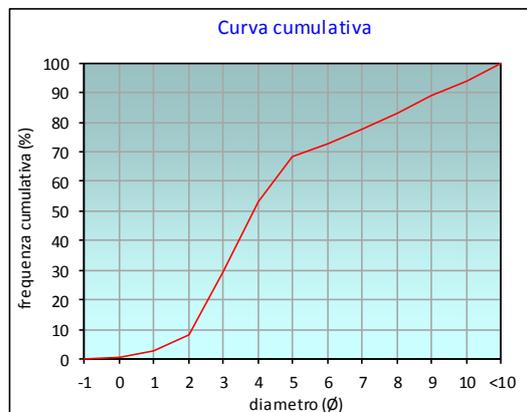
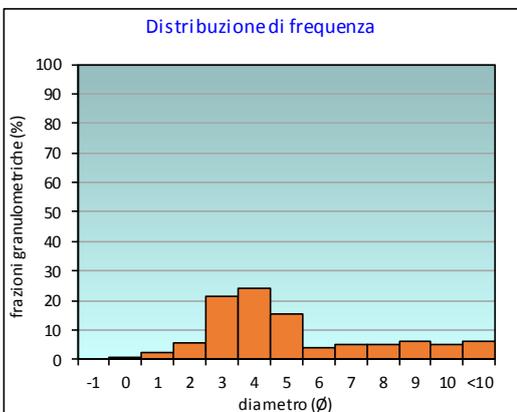
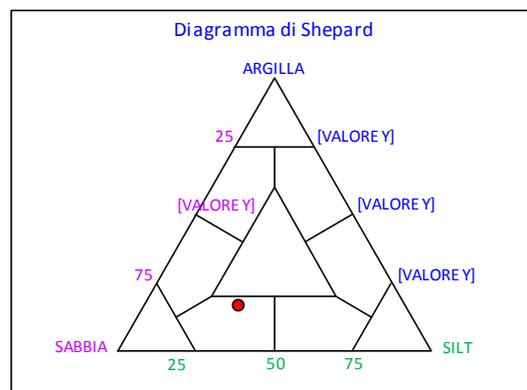
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M <sub>i</sub>	4,81	5	1,47
Mediana	M <sub>d</sub>	3,86	16	2,38
Classazione	σ	2,78	25	2,80
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,47	50	3,86
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,98	75	6,47
			84	8,19
			95	10,21

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,4	0,4
SABBIA	1	500	2,1	2,5
	2	250	5,4	7,9
	3	125	21,4	29,3
	4	62,5	24,1	53,3
LIMO	5	31,2	15,2	68,5
	6	15,6	4,0	72,5
	7	7,8	5,3	77,8
	8	3,9	5,1	82,9
ARGILLA	9	2	6,0	88,9
	10	0,98	4,8	93,7
	<10	<0,98	6,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	53,3	29,5	17,1

NOTE	
n.d.	

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Mesocurtica



## Stazione K7

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	n.d.
Umidità (%)	45,3
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M <sub>i</sub>	5,06	5	1,01
Mediana	M <sub>d</sub>	4,34	16	2,36
Classazione	σ	2,94	25	2,90
Asimmetria	S <sub>ki</sub>	0,32	50	4,34
Appuntimento	K <sub>G</sub>	0,94	75	6,96
			84	8,47
			95	10,33

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	2,0	2,0
SABBIA	1	500	3,0	5,0
	2	250	5,1	10,0
	3	125	16,6	26,7
	4	62,5	17,8	44,5
LIMO	5	31,2	16,2	60,7
	6	15,6	7,1	67,7
	7	7,8	7,5	75,3
	8	3,9	5,9	81,1
ARGILLA	9	2	6,1	87,2
	10	0,98	5,3	92,6
	<10	<0,98	7,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	44,5	36,7	18,9

NOTE	
n.d.	

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Mesocurtica

