



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

**SERVIZI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE
CAMPO CLARA NW**

**MONITORAGGIO DELL'AREA INTERESSATA
DALL'INSTALLAZIONE DELLA PIATTAFORMA
CLARA NW E DELLA CONDOTTA COLLEGANTE
CLARA NW A CALIPSO**

FASE DI PRODUZIONE

RAPPORTO SEMESTRALE

(gennaio - giugno 2016)

RAPPORTO n. 3

**OPERATORE SCIENTIFICO:
CNR – ISMAR SEDE DI ANCONA**

**COORDINATORE:
GIANNA FABI**

**RESPONSABILE SCIENTIFICO:
ALESSANDRA SPAGNOLO**

**RAPPORTO A CURA DI:
GIANNA FABI
MIRENO BORGHINI
DANIELE CASSIN
ANNA MARIA DE BIASI
AMELIA DE LAZZARI**

**ANNALISA GAETANI
LUDMILA KOZINKOVA
GIULIO PELLINI
ELISA PUNZO
ALESSANDRA SPAGNOLO**

ANCONA, Ottobre 2016

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
2. PIATTAFORMA CLARA NW	4
2.1. MATERIALI E METODI	4
2.1.1. CAMPIONAMENTO IN MARE	5
2.1.1.1 Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua.....	5
2.1.1.2 Misure correntometriche	7
2.1.1.3 Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti e sulla comunità bentonica	8
2.1.1.4 Ecotossicologia dei sedimenti	10
2.1.1.5 Analisi di inquinanti e biomarker in organismi marini ...	11
2.1.1.6 Indagini sul popolamento ittico	11
2.1.1.7 Rilevamento del passaggio di cetacei	14
2.1.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI	15
2.1.2.1 Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua	15
2.1.2.2 Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti	22
2.1.2.3 Ecotossicologia dei sedimenti	25
2.1.2.4 Indagini sulla comunità bentonica	31
2.1.2.5 Indagini sul popolamento ittico	35
2.2. RISULTATI	38
2.2.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	38
2.2.1.1 Temperatura, salinità, torbidità, Ossigeno disciolto e fluorescenza indotta.....	38
2.2.1.2 Sali nutritivi	44
2.2.1.3 Clorofille <i>a</i> , <i>b</i> e <i>c</i> e particolato sospeso	52
2.2.1.4 Idrocarburi totali, Idrocarburi alifatici, Idrocarburi Policiclici Aromatici, BTEX	58
2.2.1.5 Glicole etilenico	61
2.2.1.6 Metalli pesanti	61
2.2.2. MISURE CORRENTOMETRICHE	66
2.2.3. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI	70
2.2.3.1 Granulometria.....	70
2.2.3.2 Idrocarburi Policiclici Aromatici	71
2.2.3.3 Idrocarburi totali	73
2.2.3.4 Metalli pesanti	73
2.2.3.5 Sostanza organica	77
2.2.3.6 Total Organic Carbon	77
2.2.4. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI	79
2.2.4.1 <i>Dunaliella tertiolecta</i>	79
2.2.4.2 <i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®).....	79
2.2.4.3 <i>Corophium orientale</i>	80
2.2.4.4 <i>Crassostrea gigas</i>	81
2.2.4.5 Ricerca di metalli pesanti in <i>Hediste diversicolor</i>	82

2.2.5.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA.....	85
2.2.5.1	Densità (N) e Biomassa (P)	85
2.2.5.2	Affinità biocenotiche delle specie rinvenute	90
2.2.5.3	Dominanza	90
2.2.5.4	Ricchezza specifica totale (S)	91
2.2.5.5	Ricchezza specifica media (S _m).....	92
2.2.5.6	Diversità specifica (H')	93
2.2.5.7	MultiDimensional Scaling (MDS)	93
2.2.5.8	Valutazione dello stato ambientale	95
2.2.6.	INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO.....	98
2.2.6.1	Campionamenti di pesca.....	98
2.2.6.2	Investigazioni acustiche	104
2.2.6.3	Acquisizione di immagini tramite telecamera	111
2.2.7.	RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI.....	113
2.3.	CONCLUSIONI	114
3.	SEA-LINE COLLEGANTE CLARA NW CON LA PIATTAFORMA	
	CALIPSO	119
3.1.	MATERIALI E METODI	119
3.1.1.	CAMPIONAMENTO IN MARE.....	119
3.1.1.1	Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti e sulla comunità bentonica	119
3.1.1.2	Ecotossicologia dei sedimenti	121
3.1.2.	ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI	121
3.2.	RISULTATI	122
3.2.1	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI	122
3.2.1.1	Granulometria.....	122
3.2.1.2	Idrocarburi Policiclici Aromatici	123
3.2.1.3	Idrocarburi totali	123
3.2.1.4	Metalli pesanti	123
3.2.1.5	Sostanza organica	125
3.2.1.6	Total Organic Carbon	125
3.2.2.	ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI	127
3.2.2.1	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	127
3.2.2.2	<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®).....	127
3.2.2.3	<i>Corophium orientale</i>	128
3.2.2.4	<i>Crassostrea gigas</i>	129
3.2.2.5	Ricerca di metalli pesanti in <i>Hediste diversicolor</i>	130
3.2.3.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA.....	133
3.2.3.1	Densità (N) e Biomassa (P)	133
3.2.3.2	Affinità biocenotiche delle specie rinvenute	136
3.2.3.3	Dominanza	137
3.2.3.4	Ricchezza specifica totale (S)	138
3.2.3.5	Ricchezza specifica media (S _m).....	139
3.2.3.6	Diversità specifica (H')	139
3.2.3.7	MultiDimensional Scaling (MDS)	140
3.2.3.8	Valutazione dello stato ambientale	141

3.3.	CONCLUSIONI	144
4.	BIBLIOGRAFIA.....	146
ALLEGATO A	Schede tecniche della strumentazione utilizzata nelle indagini	I
- ALL. A1	Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua	II
- ALL. A2	Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti	VII
- ALL. A3	Indagini sulla comunità bentonica.....	XII
- ALL. A4	Indagini sulla comunità ittica	XV
ALLEGATO B	Schede granulometriche dei siti posti nell'area della piattaforma Clara NW e dei controlli K1-K4 - 1° survey post lavori.....	XIX
ALLEGATO C	Schede granulometriche dei siti posti lungo i transetti C e D e dei controlli K5-K10 - 1° survey post lavori.....	XLIV

PARTECIPANTI AL PROGRAMMA

Coordinatore	G. Fabi	CNR - ISMAR Ancona
Responsabile Scientifico	A. Spagnolo	CNR - ISMAR Ancona
Analisi chimiche e fisiche colonna d'acqua	A. Boldrin F. Acri G. Caccamo D. Cassin M. Casula L. Dametto A. De Lazzari M. Leonetti A. Pesce P. Polidori	CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR Ancona CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR Ancona CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR Ancona
Misure correntometriche	M. Borghini L. Mazzei	CNR - ISMAR La Spezia CNR - ISMAR La Spezia
Analisi dei sedimenti ed ecotossicologia	A.M. De Biasi G. Bontà Pittaluga S. Dell'Ira L. Kozinkova M. Pertusati S. Polese O. Spinelli	CIBM Livorno CIBM Livorno CIBM Livorno CIBM Livorno CIBM Livorno CIBM Livorno CIBM Livorno
Comunità bentonica	G. Bruno C. Cuicchi L. Montagnini P. Polidori E. Punzo V. Salvalaggio A. Santelli P. Strafella	Cooperativa Mare Ricerca Ancona Cooperativa Mare Ricerca Ancona Cooperativa Mare Ricerca Ancona CNR - ISMAR Ancona
Comunità ittica	P. Polidori C. Ferrà Vega A. Gaetani S. Leoni G. Pellini A.N. Tasseti	CNR - ISMAR Ancona Coop. Mare Ricerca Ancona CNR - ISMAR Ancona Coop. Mare Ricerca Ancona Coop. Mare Ricerca Ancona CNR - ISMAR Ancona
Censimento mammiferi e rettili marini	V. Salvalaggio P. Strafella G. Bruno S. Leoni C. Ferrà Vega	CNR - ISMAR Ancona CNR - ISMAR Ancona Coop. Mare Ricerca Ancona Coop. Mare Ricerca Ancona Coop. Mare Ricerca 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-ISMAR UOS Ancona utilizzata per le indagini.

1. INTRODUZIONE

In riferimento al Decreto n. 0000227 del 17/09/2014 emesso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-ISMAR UOS 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 Clara NW della condotta sottomarina collegante tale piattaforma alla già esistente Calipso.

Clara NW è installata in Adriatico centrale, a circa 45 km in direzione Est dalla costa marchigiana, al largo di Ancona, su un fondale di circa 74-75 m, nella zona siltosa del largo. La condotta collegante le piattaforme Clara NW e Calipso si estende per circa 13 km in direzione ESE-WNW e ricade nella stessa fascia sedimentologica di Clara NW.

L'area in cui sono poste 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 e/o tuttora in corso dal CNR-ISMAR presso analoghe strutture situate in Adriatico centrale e settentrionale (Fabi *et al.*, 2001a; 2001b; 2002; 2003; 2004; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015; 2016a; 2016b; 2016c; 2016d) e le prescrizioni di ARPAM si è ritenuto opportuno proporre un programma di monitoraggio comprendente le seguenti indagini:

1. caratteristiche idrologiche della colonna d'acqua (correnti, temperatura, salinità, ossigeno disciolto, sali nutritivi, fluorescenza, ecc.) (solo piattaforma);
2. caratteristiche delle comunità fito- e zooplanctoniche (solo piattaforma come da indicazioni ARPAM del 06/02/2015, Prot. 003920);
3. caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti presenti nel fondo mobile circostante (piattaforma e sealine);
4. ecotossicologia dei sedimenti circostanti (piattaforma e sealine);

5. caratteristiche delle comunità bentoniche presenti nei sedimenti circostanti (piattaforma e sealine);
6. analisi di inquinanti in organismi marini (*Hediste diversicolor*) (piattaforma e sealine);
7. analisi di inquinanti e di biomarkers in organismi marini insediati sulle parti sommerse della piattaforma (*Mytilus galloprovincialis*);
8. evoluzione del popolamento ittico (solo piattaforma);
9. rilevamento del passaggio di cetacei (piattaforma e sealine).

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

Piattaforma Clara NW:

- a. Fase precedente alla posa in opera della struttura;
- b. Fase di installazione della piattaforma e perforazione dei pozzi: le indagini ai punti 1) e 2) dell'elenco sopra riportato sono state condotte su base bimestrale per tutta la durata della fase: le indagini di cui ai punti 3-6 sono state effettuate nel corso di un survey. Il rilevamento del passaggio di cetacei è avvenuto mediante operatori MMO.
- c. Fase di produzione: le indagini previste ai punti 1, 3-9 verranno condotte per 5 anni dopo la fine dei lavori di installazione delle strutture e perforazione dei pozzi. Per le indagini sedimentologiche, ecotossicologiche, sulla comunità bentonica e la ricerca di inquinanti e biomarkers in organismi marini si effettueranno survey stagionali (inverno ed estate). I campionamenti per lo studio della comunità ittica saranno mensili, mentre l'osservazione di mammiferi marini sarà effettuata mediante 3 campionamenti/mese. Le indagini previste al punto 1 verranno effettuate per tutta la durata dell'esercizio dell'impianto mediante campionamenti bimestrali. Le indagini di cui al punto 2 non sono previste in questa fase.
- d. Fase di fine produzione:
 1. pre-smantellamento: verranno condotte le indagini di cui ai punti 3-5 e 7-8; eccetto lo studio della comunità ittica si prevede un survey per ogni tipologia di indagini che verrà effettuato subito prima dell'inizio dei lavori di smantellamento. Per la comunità ittica verranno condotti 3 survey;
 2. smantellamento: in questa fase verranno condotte le indagini di cui ai punti 1, 3-5 e 8; si prevede come minimo n. 1 survey che potrà essere ripetuto in funzione della durata dei lavori;
 3. post-smantellamento: tutte le indagini di cui ai punti 3-5 e 7-8 verranno condotte per un periodo di 3 anni dallo smantellamento della piattaforma. Quelle

riguardanti i sedimenti e la comunità bentonica si svolgeranno in inverno e/o estate, il popolamento ittico verrà invece investigato mensilmente. Le indagini riguardanti la colonna d'acqua (punto 1) avranno la durata di 1 anno e si svolgeranno con cadenza bimestrale.

Condotta Clara NW - Calipso:

- 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 le fasi a) e b) sono stati previsti monitoraggi semplificati rispetto a quelli successivi all'installazione a causa dell'assenza fisica delle strutture (pre-survey) e di problemi tecnici e di sicurezza legati alla presenza dei mezzi di lavoro (fase di installazione).

Per quanto concerne la fase d), data la lunga durata della fase di produzione di una piattaforma, 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 piattaforma nel 1° semestre della fase di produzione (gennaio - giugno 2016).

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

Fase	Comparti d'indagine	Piattaforma Clara NW	Sealine
Ante operam	Colonna acqua	1-3 survey	
	Comunità planctoniche	1-3 survey	
	Sedimenti	1 survey	1-2 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey	1-2 survey
	Comunità bentonica	1 survey	1-2 survey
	Rilevamento cetacei	3-5 survey	
Cantiere	Colonna acqua	Per tutta la durata della fase	
	Comunità planctoniche	Per tutta la durata della fase	
	Sedimenti	Per tutta la durata della fase	
	Ecotossicologia dei sedimenti	Per tutta la durata della fase	
	Comunità bentonica	Per tutta la durata della fase	
	Rilevamento cetacei	*	*
Esercizio	Correntometria	Per tutta la durata della fase	
	Colonna acqua	Per tutta la durata della fase	
	Sedimenti	5 anni	3 anni
	Ecotossicologia dei sedimenti	5 anni	3 anni
	Comunità bentonica	5 anni	3 anni
	Comunità ittica	5 anni	
	Analisi inquinanti e biomarker in organismi marini	5 anni	
	Rilevamento cetacei	5 anni	
Pre smantellamento	Colonna d'acqua	**	1 survey
	Sedimenti	1 survey	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey	1 survey
	Comunità bentonica	1 survey	1 survey
	Comunità ittica	3 survey	
	Rilevamento cetacei	Ad ogni occasione	
Smantellamento	Colonna acqua	Per tutta la durata della fase	
	Sedimenti	Per tutta la durata della fase	
	Ecotossicologia dei sedimenti	Per tutta la durata della fase	
	Comunità bentonica	Per tutta la durata della fase	
	Rilevamento cetacei	Ad ogni occasione	
Post smantellamento	Colonna acqua	1 anno	1 survey
	Sedimenti	3 anni	1 anno
	Ecotossicologia dei sedimenti	3 anni	1 anno
	Comunità bentonica	3 anni	1 anno
	Comunità ittica	3 anni	
	Rilevamento cetacei	Ad ogni occasione	

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

** Incluso nella fase di Esercizio

2. PIATTAFORMA CLARA NW

2.1. MATERIALI E METODI

Come già accennato nel Cap. 1, la piattaforma Clara NW è ubicata a circa 45 km al largo di Ancona a una profondità di circa 74-75 m (fig. 2.1). Le coordinate del punto in cui è avvenuta l'installazione della struttura sono riportate in Tab. 2-I.

I lavori di installazione sono iniziati nel maggio 2015 e sono terminati a fine dicembre dello stesso anno.

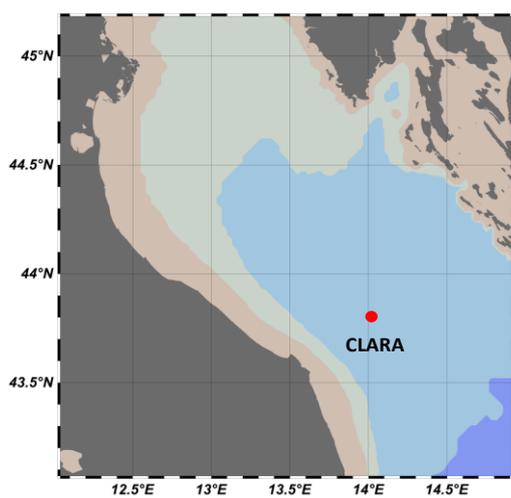


Fig. 2.1 - Ubicazione della piattaforma Clara NW.

Tab. 2-I – Coordinate geografiche del punto in cui è stata installata la piattaforma Clara NW.

Sito	Coordinate Geografiche
Piattaforma Clara NW	43° 48' 07,723''N 14° 01' 23,862''E

2.1.1. CAMPIONAMENTO IN MARE

2.1.1.1 Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua

Per lo studio delle caratteristiche fisiche e biochimiche della colonna d'acqua sono stati condotti tre survey (febbraio, marzo e aprile 2016).

Il campionamento, come da disciplinare tecnico, è stato effettuato in 8 stazioni disposte a croce lungo le direttrici NW-SE e NE-SW e aventi come punto di intersezione la piattaforma, di cui 4 poste entro un raggio di 100 m dal punto di ubicazione della piattaforma e 4 a una distanza di circa 2000 m da esso (fig. 2.1; Tab. 2-I).

In tutte le stazioni sono stati misurati in continuo mediante una sonda multiparametrica (CTD; All. A1-I) della Sea Bird modello SBE19plusV2 equipaggiata, oltre che con i

sensori standard di pressione, temperatura e conducibilità, con un fluorimetro Turner - Cyclops7 per la misurazione della concentrazione di clorofilla *a*, con un torbidimetro (Backscatterometro) Turner - Cyclops7 per la misurazione del particolato sospeso (TSM) e con un sensore di ossigeno SBE43 per la determinazione della concentrazione di ossigeno disciolto e con un altimetro Teledyne Benthos Altimetro PSA-916. La sonda è stata calibrata dalla Ditta costruttrice per i parametri di pressione, temperatura e conducibilità. I sensori di ossigeno disciolto, fluorescenza e torbidità sono stati calibrati con campioni raccolti *in situ* durante ogni campagna e analizzati per il contenuto di ossigeno disciolto (metodo Winkler), di pigmenti clorofilliani (Chl, metodo HPLC) e per contenuto di materiale particolato totale (TSM, metodo gravimetrico).

La sonda ha una frequenza di acquisizione di 4 serie di dati al secondo (4 Hz).

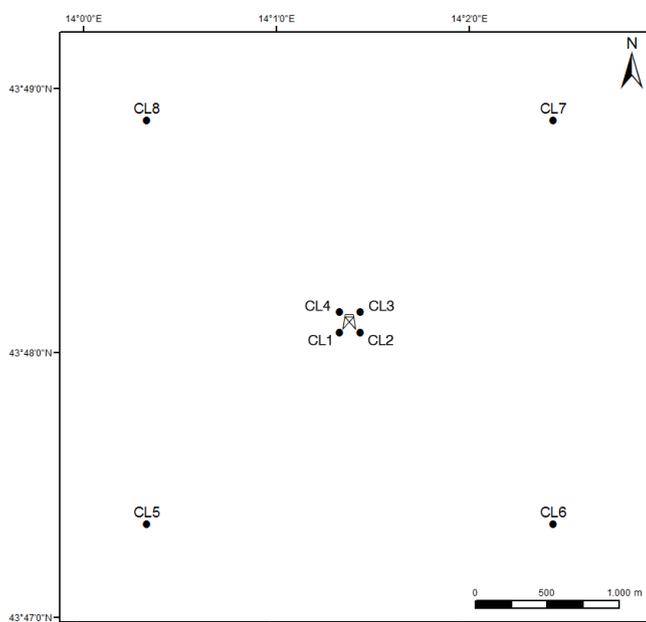


Fig. 2.2 - Schema di campionamento adottato nella fase di produzione della piattaforma per le indagini idrologiche.

Tab. 2-II - Coordinate geografiche delle stazioni di campionamento utilizzate per le indagini idrologiche.

Nome Stazione	Distanza da Bonaccia NW (m)	Posizione rispetto alla piattaforma	Coordinate geografiche
CL1	100	SW	43° 48' 05"N 14° 10' 21"E
CL2	100	SE	43° 48' 05"N 14° 10' 27"E
CL3	100	NE	43° 48' 10"N 14° 10' 27"E
CL4	100	NW	43° 48' 10"N 14° 10' 21"E
CL5	2000	SW	43° 47' 21"N 14° 00' 21"E
CL6	2000	SE	43° 47' 22"N 14° 20' 28"E
CL7	2000	NE	43° 48' 54"N 14° 20' 26"E
CL8	2000	NW	43° 48' 53"N 14° 00' 20"E

Lungo la colonna d'acqua sono stati registrati i seguenti parametri:

- profondità (pressione);
- temperatura;
- conducibilità (da cui si ricava la salinità);
- ossigeno disciolto;
- fluorescenza;
- torbidità (Backscatterometro).

Presso ogni stazione sono stati anche prelevati campioni di acqua a 4 quote (superficie, -20 m, -40 m e fondo) mediante “rosette” Sea-Bird Electronics mod. SBE 32C Carousel Water Sampler con bottiglie GO da 5 litri accoppiata alla sonda CTD SBE19 plusV2 (All. A1-I).

Su tali campioni sono stati misurati i seguenti parametri:

- ossigeno disciolto tramite metodo Winkler;
- azoto inorganico come Ammoniaca, Nitriti e Nitrati;
- fosforo inorganico disciolto come Ortofosfato;
- silicio inorganico disciolto come Ortosilicato;
- carico solido totale come peso secco;
- concentrazione di pigmenti clorofilliani;
- Idrocarburi totali;
- Idrocarburi alifatici (IA);
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA);
- Solventi organici aromatici (BTEX);
- metalli pesanti (alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio, zinco);
- glicole etilenico.

Tutti i campioni raccolti sono stati mantenuti in luogo fresco ed al buio fino al momento dell'analisi. I campioni dei nutrienti e i filtri per i solidi sospesi e i pigmenti clorofilliani sono stati conservati a -20°C fino al momento dell'analisi.

2.1.1.2 Misure correntometriche

Nei primi tre mesi dell'anno non è stato possibile posizionare il correntometro essendo ancora presenti impedimenti in prossimità di Clara NW per il protrarsi dei lavori di posa della condotta sottomarina. Il 21 aprile 2016 è stato posizionato un ormeggio correntometrico in prossimità di Clara NW (Latitudine 43°48.200' N, Longitudine

14°01.42' E) a circa 75 m di profondità. Tale ormeggio è costituito da due correntometri Nortek modello Aquapro (All. A1-II) uno posizionato a 36 m, l'altro a 66 m, da due boe di spinta in materiale sintattico, da uno sganciatore acustico Edge Tech e da una zavorra di ferro a perdere di circa 110 kg.

Il correntometro acustico (ADCP), oltre a misurare la direzione e la velocità della corrente nei vari strati, misura la temperatura e la pressione nel luogo in cui è posizionato. La sua accuratezza è di circa 0,5 cm/s e la risoluzione di 0,15 cm/s. Gli strumenti sono settati per misurare con 15 celle da 2 m, coprendo in questo modo 30 m di profilo ciascuno per un totale di 60 m. Il tempo di campionamento è stato impostato ogni ora. Sono stati registrati dati sino al 30 giugno 2016.

2.1.1.3 Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti e sulla comunità bentonica

Il survey è stato condotto nell'inverno 2016. I prelievi hanno interessato un'area di circa 2000x2000 m all'interno della quale sono state posizionate 20 stazioni lungo due transetti ortogonali tra di loro e aventi come punto di intersezione la piattaforma stessa (fig. 2.3). Il primo transetto (transetto A) è stato orientato da NW verso SE e il secondo (transetto B) da NE verso SW, ortogonalmente alla linea di costa. Le stazioni sono state poste a distanze crescenti dalla struttura (<5 m, 30 m, 60 m, 120 m, 250 m). Sono stati campionati anche 4 siti di controllo posizionati in modo random all'interno di aree (500x500 m) poste a circa 2000 m dalla struttura. La distanza e la posizione delle singole stazioni dal punto "Clara NW" e le profondità relative sono riportate in Tab. 2-III.

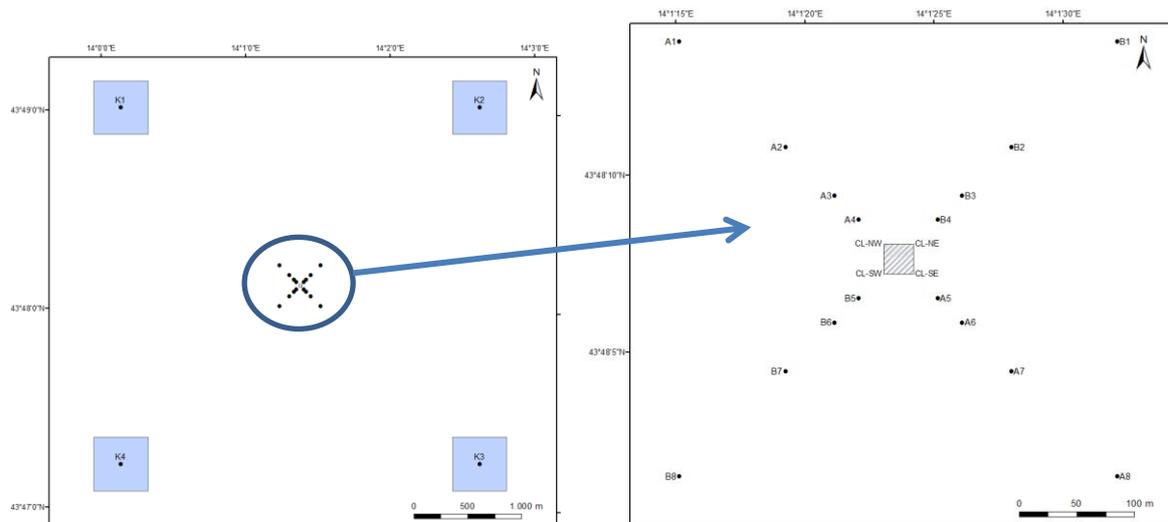


Fig. 2.3 - Schema di campionamento utilizzato per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica nella fase di produzione di Clara NW, con il particolare dei 20 siti attorno alla piattaforma.

Tab. 2-III - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate nel 1° survey post lavori di installazione per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica. In rosso i punti di campionamento in corrispondenza di Clara NW.

	Distanza dal sito Clara NW (m)	Posizione rispetto alla piattaforma	Coordinate geografiche	Profondità (m)
A1	250	NW	43°48'282N 14°01'300E	75,2
A2	120	NW	43°48'233N 14°01'360E	75,2
A3	60	NW	43°48'197N 14°01'383E	75,2
A4	30	NW	43°48'191N 14°01'404E	75,3
CL NW	0	NW	43°48'177N 14°01'417E	75,2
CL SE	0	SE	43°48'156N 14°01'443E	75,2
A5	30	SE	43°48'150N 14°01'453E	75,2
A6	60	SE	43°48'141N 14°01'463E	75,2
A7	120	SE	43°48'115N 14°01'512E	75,3
A8	250	SE	43°48'054N 14°01'570E	75,4
B1	250	NE	43°48'280N 14°01'566E	75,3
B2	120	NE	43°48'238N 14°01'498E	75,4
B3	60	NE	43°48'188N 14°01'457E	75,5
B4	30	NE	43°48'282N 14°01'300E	75,3
CL NE	0	NE	43°48'186N 14°01'442E	75,3
CL SW	0	SW	43°48'282N 14°01'300E	75,2
B5	30	SW	43°48'138N 14°01'376E	75,2
B6	60	SW	43°48'120N 14°01'366E	75,2
B7	120	SW	43°48'086N 14°01'269E	75,2
B8	250	SW	43°48'282N 14°01'300E	75,2
K1	2000	NW	43°48'971N 14°00'267E	75,2
K2	2000	NE	43°49'038N 14°02'648E	75,8
K3	2000	SE	43°47'250N 14°02'508E	75,4
K4	2000	SW	43°47'200N 14°00'228E	75,9

Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti - Tutte le stazioni sono state campionate mediante box-corer (fig. 2.4; All. A2-I).

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 (IPA);
- Idrocarburi totali;
- metalli pesanti (alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio, zinco);
- sostanza organica totale;

- Total Organic Carbon (TOC).

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

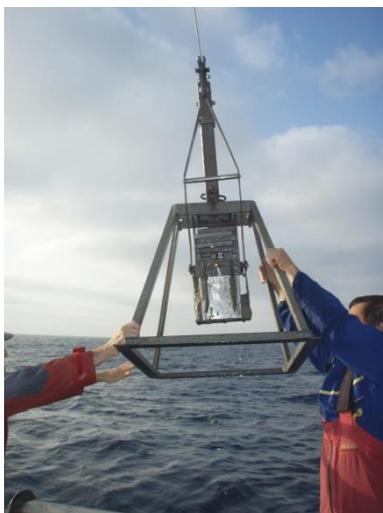


Fig. 2.4 – Box-corer utilizzato per le indagini fisiche e chimiche dei sedimenti.

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. 2.5; All. A3-I). Presso ogni stazione sono state effettuate 6 repliche. I campioni sono stati lavati e setacciati con maglia da 0,5 mm (All. A3-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.

2.1.1.4 Ecotossicologia dei sedimenti

Presso le stazioni di campionamento CL SE, A3, B3, A6, B6, K1, K2, K3 e K4 (fig. 2.3) sono stati prelevati mediante benna Van-Veen anche campioni di sedimento per lo svolgimento dei seguenti 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.

2.1.1.5 Analisi inquinanti e biomarker in organismi marini

Nel primo semestre post lavori di installazione della piattaforma Clara NW non è stato possibile eseguire tale tipo di analisi per la mancanza di esemplari di *Mytilus galloprovincialis* adesi sulle parti sommerse della struttura.

2.1.1.6 Indagini sul popolamento ittico

Campionamenti di pesca - Nel semestre gennaio - giugno 2016 sono stati condotti tre campionamenti di pesca mensili (aprile, maggio e giugno). Nei primi tre mesi dell'anno non è stato possibile condurre i survey per la presenza di mezzi tecnici che stavano completando la posa della condotta sottomarina.

I campionamenti di pesca sono stati effettuati sia nei pressi della piattaforma Clara NW (entro un raggio di 50 m dalla struttura), sia in due aree di controllo prive di substrati duri naturali o artificiali, situate sulla stessa batimetria della struttura e a una distanza di circa 1800 m, in modo da non essere influenzate dalla sua presenza. I campionamenti presso le due aree di controllo sono stati condotti in due dei quattro quadranti (NW, NE, SW e SE) intorno alla piattaforma, scelti in maniera casuale ad ogni campionamento (fig. 2.6).

Per i campionamenti è stata utilizzata una rete da posta tipo "tremaglio" avente le seguenti caratteristiche: lunghezza totale 300 m; altezza 3 m; pannello interno in monofilamento di poliammide con maglie di 72 mm di apertura; pannelli esterni in monofilamento di poliammide con maglie di 400 mm di apertura (All. 4-I).

La rete veniva calata al tramonto e salpata all'alba del giorno seguente, per una permanenza in mare di circa 12 h. I campionamenti sono stati effettuati con frequenza mensile e contemporaneamente nei tre siti, al fine di operare nelle medesime condizioni meteo-marine.

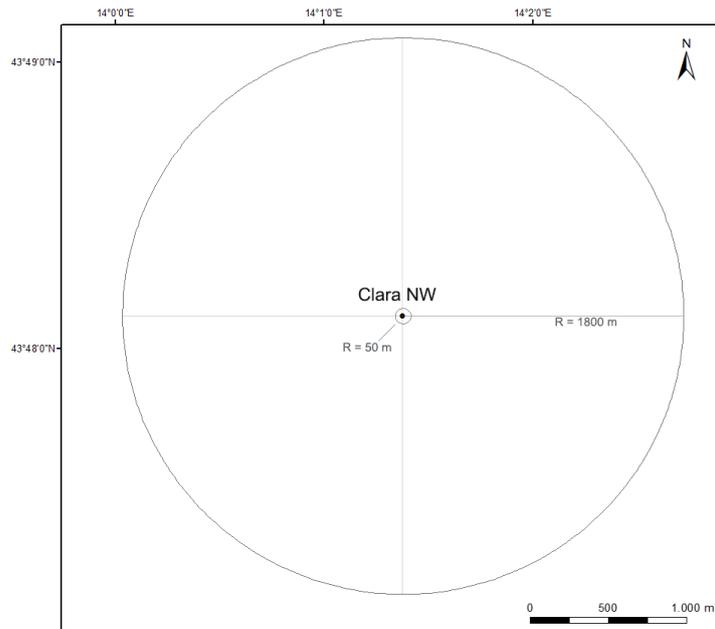


Fig. 2.6 - Schema di campionamento per le indagini sulla comunità ittica.

Investigazioni acustiche - Le investigazioni acustiche, condotte contemporaneamente ai campionamenti di pesca, sono state eseguite con sistema multibeam echosounder (MBES; Kongsberg Simrad EM3002D; All. 4-II) installato a bordo della TecnoPesca II di proprietà del CNR-ISMAR UOS Ancona. Kongsberg Simrad EM3002D è un multibeam echosounder ad alta risoluzione che lavora alla frequenza di 300 kHz. Rispetto ai sistemi precedenti, oltre alla completa mappatura del fondale marino, è in grado di acquisire dati acustici riguardanti la colonna d'acqua (fig. 2.7) restituendo, oltre a dati geometrici e morfologici di eventuali aggregazioni di pesce o altri riflettori presenti lungo la colonna stessa, anche immagini tridimensionali.

La fig. 2.8 illustra lo schema di campionamento adottato durante i survey. La colonna d'acqua è stata insonificata tramite una griglia quadrata dimensioni pari a 1500x1500 m composta da 13 transetti, di interasse pari a 125 m circa e centrata sulla piattaforma. Negli schemi planari di campionamento dei vari mesi si evidenzia un'area circolare che individua il volume d'acqua compreso entro un raggio di 300 m dalla piattaforma in quanto, da studi effettuati (Scarcella *et al.*, 2011), si è potuto determinare che tale è l'area di influenza della struttura in ambiente naturale: la circonferenza in planimetria definisce una colonna d'acqua cilindrica entro la quale si può apprezzare la variazione di popolazione ittica nel tempo e relazionarla all'esistenza della struttura.

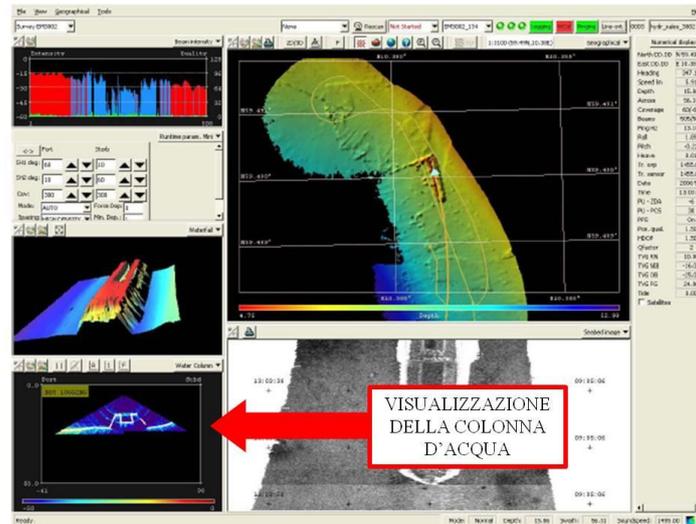


Fig. 2.7 - Schermata di acquisizione dati del software SIS utilizzato dal sistema multibeam EM3002D. Il sistema è in grado di visualizzare e acquisire dati acustici relativi alla colonna d'acqua. (Modificato da Kongsberg, 2006).

Un totale di 508 beam acustici è stato campionato digitalmente con una risoluzione spaziale di 15 cm per ciascun ping, creando un'immagine della porzione di massa d'acqua insonificata dal trasduttore. Considerando una profondità media di circa 80 m e un angolo di apertura del cono acustico di 120° in totale, è stato possibile investigare circa 210 m di areale per ogni transetto effettuato.

Tutti i campionamenti sono stati eseguiti nello stesso arco temporale della giornata (dalle 11:00 alle 16:00 circa), con condizioni di mare da calmo a poco mosso.

Indagini video - Durante i survey, ogni qualvolta lo hanno consentito le condizioni di visibilità, sono state realizzate riprese con telecamera subacquea Quasi Stellar Color (All. 4-III) che consente la visione diurna a colori del fondo in condizioni di scarsa luminosità e torbidità a grandi profondità (≥ 200 m \times 200 m), con intensità di appena 2 millesimi di lux. Le registrazioni sono state effettuate immergendo la telecamera in prossimità della piattaforma a vari step di profondità, controllando contemporaneamente le registrazioni dal monitor del notebook ad essa collegato: in tal modo si sono acquisiti filmati sulle aggregazioni rilevate ed è stata individuata la quota a cui sono state riscontrate nella colonna d'acqua.

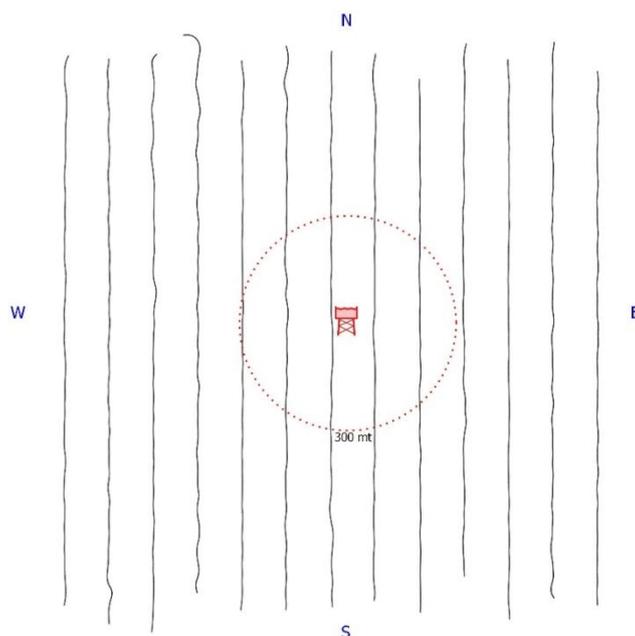


Fig. 2.8 - Schema di campionamento adottato durante i survey. La figura non è in scala. Al centro il simbolo della piattaforma e il limite dei 300 m (in rosso).

2.1.1.7 Rilevamento del passaggio di cetacei

Gli avvistamenti di cetacei attorno alla piattaforma Clara NW sono stati effettuati in un'area di circa 1 mn^2 avente al centro il punto Clara NW. All'interno di tale area sono stati tracciati dei transetti distanti circa 500 m l'uno dall'altro e percorsi a una velocità media di 5 nodi (fig. 2.9). Durante il survey due operatori osservavano simultaneamente l'eventuale presenza di cetacei registrandola sul quaderno di campo annotando l'ora, il numero degli esemplari, la loro posizione rispetto alla piattaforma e, ove possibile, la specie. Tali survey sono stati condotti sia nel corso delle campagne di campionamento della colonna d'acqua, dei sedimenti e delle comunità bentonica e ittica, sia durante apposite crociere. Nel periodo gennaio - giugno 2015 sono stati effettuati 3 avvistamenti/mese, per un totale di 18 survey.

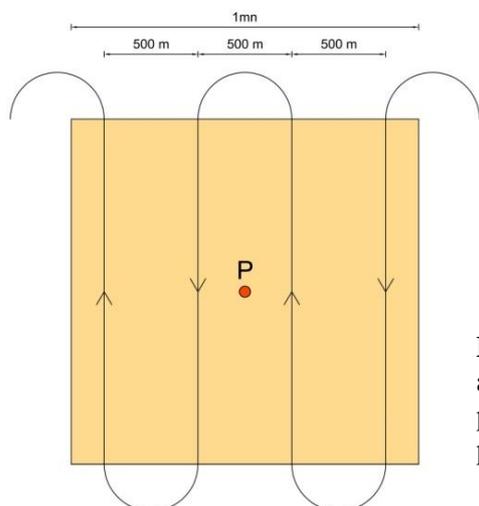


Fig. 2.9 - Schema di campionamento adottato per gli avvistamenti dei cetacei nell'area interessata dalla presenza della piattaforma Clara NW. P = piattaforma.

2.1.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI

2.1.2.1 Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua

I campioni di acqua raccolti sono stati analizzati in laboratorio per valutare il contenuto dei sali nutritivi disciolti (nitrati, nitriti, ammonio, ortofosfati e ortosilicati), dell'ossigeno disciolto, dei solidi totali sospesi (TSM: Total Suspended Matter) e della concentrazione di pigmenti clorofilliani. Sono stati inoltre ricercati i vari inquinanti elencati nel Cap. 2.1.1.

Ossigeno disciolto - E' stato quantificato direttamente a bordo con metodo Winkler (1888): i campioni di acqua appena raccolti sono stati fissati con una soluzione di cloruro di manganese e una soluzione alcalina di ioduro di sodio, e conservati al buio fino alla determinazione. La titolazione è stata effettuata con tiosolfato di sodio con metodo potenziometrico ed elettrodo di platino, entro le 4 h successive, utilizzando la buretta automatica Metrohm Basic Titrino 794 (All. A1-III) e confronto con soluzione standard di iodato di potassio (Strickland e Parsons, 1972; Saggiomo *et al.*, 1990). Le analisi di ossigeno disciolto effettuate sono state utilizzate per calibrare i valori misurati dal sensore SBE 43 installato sulla sonda CTD- SBE19plusV2 per i profili in continuo.

Sali nutritivi - I campioni per l'analisi dei macro-nutrienti inorganici sono stati prelevati dalle bottiglie di campionamento, dopo filtrazione con filtro in fibra di vetro Whatman GF/F (porosità = 0,7 µm; Ø = 47 mm), e conservati al buio ad una temperatura di -20°C fino all'analisi.

L'analisi dei nutrienti è stata eseguita tramite un analizzatore colorimetrico automatico EasyChem Plus™ della ditta Systea s.r.l. (All. A1-IV), seguendo le metodiche esposte in Grasshoff *et al.* (1999), in particolare:

- azoto da ammoniaca N-NH₃: il metodo prevede che l'ammoniaca reagisca in ambiente alcalino con fenolo e ipoclorito per formare blu di indofenolo letto a 660 nm;
- azoto da nitriti N-NO₂: lo ione nitrito è fatto reagire in ambiente acido con sulfanilamide e naftiletildiamina per formare un composto diazoico di colore rosso. L'assorbanza del prodotto di reazione è misurata a 540 nm;
- azoto da nitrati N-NO₃: il metodo si basa sulla loro riduzione a nitriti e sul successivo dosaggio dei nitriti totali utilizzando la metodica sopra esposta. La riduzione viene effettuata facendo passare il campione attraverso una colonna di cadmio fornita dalla ditta Systea s.r.l.;
- ortofosfati P-PO₄: il campione viene trattato con ammonio molibdato in ambiente acido; il complesso che ne risulta viene ridotto con acido ascorbico a blu di

molibdeno. Si misura l'intensità della colorazione così prodotta a 880 nm;

- ortosilicati Si-SiO₄: il metodo automatico prevede la misurazione fotometrica del prodotto di riduzione (blu di molibdeno) che si forma in presenza di acido ascorbico, quando lo ione silicio reagisce con ammonio molibdato in ambiente acido. Il complesso è letto a 880 nm; l'acido ossalico viene addizionato allo scopo di eliminare le interferenze dei fosfati.

Per ogni parametro i limiti di rilevabilità (IRSA-CNR, 1994) sono:

- N-NH₃: 0,05 µM;
- N-NO₂: 0,01 µM;
- N-NO₃: 0,10 µM;
- P-PO₄: 0,01 µM;
- Si-SiO₄: 0,02 µM.

Pigmenti clorofilliani - I campioni per la determinazione delle diverse clorofille sono stati prelevati mediante bottiglie idrologiche e filtrati a bordo, immediatamente dopo il prelievo, su filtri in fibra di vetro Whatman GF/F (porosità = 0,7 µm; Ø = 47 mm), e opportunamente conservati in freezer a -20°C fino al momento dell'analisi. La filtrazione è stata effettuata per aspirazione, con la minore depressione possibile per evitare la rottura delle cellule, in ogni caso minore di 200 mm Hg⁻¹.

Le analisi delle clorofille *a*, *b* e *c* sono state effettuate secondo il metodo Vidussi *et al.* (1996) mediante HPLC (High Performance Liquid Chromatography; All. A1-V) HP 1090 dotato di detector DAD (photodiode array detector), utilizzando una colonna *Synergy-Hydro Reversed-phase* (150 mm x 3 cm x 4 µm). I dati sono stati acquisiti tramite integratore HP 3396 series II. L'estratto è stato iniettato attraverso un loop di 200 µl e l'eluizione ha previsto un flusso pari a 0,8 ml/min con un gradiente binario lineare fra il solvente A (metanolo:ammonio acetato 0.5 N, 70:30 v:v) e il solvente B (metanolo puro), avente il seguente programma (minuti, %A, %B): 0, 75, 25 - 1, 50,50 - 15, 0, 100 - 18,5, 0, 100 - 19, 75, 25. L'identificazione dei pigmenti è stata effettuata per confronto con standard esterni (DHI Laboratories) settando la lunghezza d'onda per la lettura a 440 nm. I valori di clorofilla sono stati utilizzati per calibrare i dati del sensore di fluorimetria Turner Cyclops-7 installato sulla sonda CTD- SBE19plusV2 per i profili in continuo.

TSM (solidi sospesi totali) - Il carico solido totale è stato determinato con la seguente procedura: i campioni prelevati mediante bottiglie idrologiche sono stati filtrati *in situ* su filtri in fibra di vetro Whatman GF/F (porosità = 0.7 µm; Ø = 47 mm), pesati a freddo con

bilancia analitica Mettler 0,01 mg (All. A1-V) e riposti in singoli portafiltri numerati. La filtrazione è stata effettuata per aspirazione, con la minore depressione possibile per evitare la rottura delle cellule, in ogni caso minore di 200 mm Hg⁻¹. Per eliminare i residui salini il filtro è stato risciacquato nella fase finale della filtrazione del campione per 3 volte con acqua Milli-Q. Al termine della filtrazione i filtri sono stati conservati a -20°C in essiccatore fino al momento dell'analisi. La determinazione in laboratorio del peso secco totale è avvenuta per via gravimetrica, dopo essiccazione a 50-60°C per 4 ore, secondo le indicazioni riportate da Strickland and Parsons (1972). Il peso dei singoli filtri combusti è stato sottratto al peso del filtro corrispondente su cui è stato filtrato il campione. Le concentrazioni di TSM (total suspended matter) sono state espresse in mg/l. I valori di TSM sono stati utilizzati per calibrare i dati del sensore di torbidità Turner Cyclops-7 installato sulla sonda CTD- SBE19plusV2 per i profili in continuo.

Per la misura di inquinanti lungo la colonna d'acqua sono state utilizzate le metodiche elencate in Tab. 2-IV.

Metalli pesanti - Eccetto il silicio, per tutti gli altri metalli stata adottata la tecnica della spettrometria di massa a plasma accoppiato induttivamente, indicata con la sigla ICP-MS. Tale tecnica sfrutta l'utilizzo di una torcia al plasma ICP per produrre la ionizzazione del campione e uno spettrometro di massa separa e rileva gli ioni prodotti.

Si è proceduto con l'agitazione del campione e il trasferimento di 100 ml in una beuta da 125 ml; dopo l'aggiunta di 5 ml di acido nitrico, la beuta è stata riscaldata su una piastra e il campione è stato fatto evaporare fino al raggiungimento di un volume di 10-20 ml. Completata la mineralizzazione, alla soluzione sono state aggiunte due successive aliquote di 5 ml di acqua. Una volta raffreddato, il campione è stato portato a volume con acqua per la successiva introduzione nello strumento di analisi. Lo strumento usato è uno spettrometro di massa con sorgente al plasma ICP-MS 7500ce, con cella di collisione Shield Torch e sistema ISIS, Agilent Technologies, dotato di autocampionatore ASX520, Cetac (All. A1-VI).

Per la valutazione del silicio la base del metodo consiste nella misura delle intensità delle radiazioni elettromagnetiche emesse dagli atomi/ioni eccitati delle specie presenti nel campione, mediante tecniche spettrometriche con sorgente al plasma (ICP-OES). Il campione è trasportato nel plasma, dove, in seguito a fenomeni di eccitazione, avviene la produzione dello spettro di emissione composto dalle righe caratteristiche degli elementi presenti. Tali righe, dopo essere state separate mediante un sistema di dispersione, vengono inviate su un rivelatore (fotomoltiplicatore o a stato solido) che produce un segnale

elettrico di intensità proporzionale all'intensità delle righe di emissione. Le intensità di emissione vengono rilevate, simultaneamente o in sequenza, e la concentrazione di analita presente nel campione viene determinata per confronto con una soluzione di riferimento a concentrazione nota.

Per la misurazione del silicio è stato utilizzato uno spettrometro simultaneo ad emissione atomica con plasma ad accoppiamento indotto ICP-AES Vista-MPX dotato di autocampionatore SPS-3, Varian (All. A1-VII).

Tab. 2-IV - Elenco degli inquinanti analizzati lungo la colonna d'acqua e metodi di analisi utilizzati.

METALLI			
	unità di misura	limite rilevabilità	metodo
Alluminio	µg/L	0,1	EPA 6020A
Arsenico	µg/L	0,1	EPA 6020A
Bario	µg/L	0,1	EPA 6020A
Cadmio	µg/L	0,1	EPA 6020A
Cromo	µg/L	0,1	EPA 6020A
Ferro	µg/L	5	EPA 6020A
Mercurio	µg/L	0,1	EPA 6020A
Nichel	µg/L	0,1	EPA 6020A
Piombo	µg/L	0,1	EPA 6020A
Rame	µg/L	0,1	EPA 6020A
Vanadio	µg/L	0,1	EPA 6020A
Zinco	µg/L	0,1	EPA 6020A
Indio	µg/L	0,1	EPA 6020A
Silice	mg/L	0,01	EPA 200.7
SOLVENTI ORGANICI AROMATICI (BTEX)			
Benzene	µg/L	0,1	EPA 5030C + EPA 8260C
Etilbenzene	µg/L	1	EPA 5030C + EPA 8260C
Stirene	µg/L	1	EPA 5030C + EPA 8260C
Toluene	µg/L	1	EPA 5030C + EPA 8260C
Xilene	µg/L	1	EPA 5030C + EPA 8260C
ALTRE SOSTANZE			
Idrocarburi totali (n-esano)	µg/L	30	EPA 5021A + EPA 3510C + 8015D
Etilenglicole	mg/L	10	M.U. 1367:99
Idrocarburi policiclici aromatici	µg/L	0,01-0,1	EPA 3510C + EPA 8310
Idrocarburi alifatici	µg/L	1	EPA 3510C + EPA 8270D

EPA METHOD 6020A, 2007 - Inductively coupled plasma-mass spectrometry.

EPA METHOD 200.7, 2001 - Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

EPA METHOD 5030C, 2003 - Purge-and-trap for aqueous samples.

EPA METHOD 8260C, 2006 - Volatile organic compounds by gaschromatography/ mass spectrometry (gc/ms).

EPA METHOD 5021A, 2003 - Equilibrium headspace.

EPA METHOD 3510C, 1996 - Separatory funnel liquid-liquid extraction.

EPA METHOS 8015D, 2003 - Nonhalogenated organics using gc/fid.

EPA METHOD 8310, 1986 - Polynuclear aromatic hydrocarbons.

EPA METHOD 8270D, 2007 - Semivolatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry (gc/ms).

M.U. 1367:99 - Metodi Unichim, Qualità dell'acqua: determinazione di glicoli: etilenico, dietilenico, propilenico, dipropilenico e tripropilenico - Metodo gascromatografico.

Solventi organici aromatici (BTEX) - La determinazione è stata effettuata mediante gascromatografia accoppiata a spazio di testa dinamico ("Purge & trap"). Soltanto i

composti scarsamente solubili in acqua, relativamente volatili, tendono ad occupare lo spazio di testa e quindi possono essere trasferiti nel gascromatografo; in tal modo è possibile minimizzare eventuali interferenze e/o contaminazioni della colonna gascromatografica e del rivelatore.

Il metodo prevede l'estrazione dalla matrice acquosa delle sostanze organiche volatili, con bassa solubilità in acqua, mediante il gorgogliamento di un gas inerte (elio) direttamente nelle vials di campionamento (40 ml). I composti così estratti vengono intrappolati in apposito materiale adsorbente. Terminata l'estrazione, la trappola viene riscaldata e gli analiti sono trascinati dal flusso del gas all'interno del gas cromatografo equipaggiato con rivelatore a massa.

Lo strumento utilizzato per la determinazione dei BTEX è uno spettrometro di massa quadrupolare HEWLETT-PACKARD GC/MS 5973 Network, munito di 1 autocampionatore a 51 posizioni per spazio di testa 4552 Purge & Trap e sistema di Purge & Trap Eclipse 4660 O.I. Analytical (All. A1-VIII).

Idrocarburi totali - Questo parametro relativamente alle acque è da intendersi come somma delle due seguenti classi:

- a) i composti che, dopo i processi di estrazione e purificazione, sono rivelati mediante GC-FID, su colonna capillare non polare con tempi di ritenzione compresi tra quelli del n-decano (C₁₀ H₂₂) e del n-tetracontano (C₄₀ H₈₂) (frazione estraibile).
- b) i singoli idrocarburi, determinati mediante spazio di testa e analisi in gascromatografia con rivelatore FID, compresi tra il n-pentano (C₅ H₁₂) e in n-decano (C₁₀ H₁₂) inclusi (frazione volatile).

Analisi frazione volatile: Il metodo è applicabile a una vasta gamma di composti organici che hanno una volatilità sufficientemente elevata da essere efficacemente rimossi dal campione, mediante la procedura di equilibrio in spazio di testa.

In laboratorio, parte del campione d'acqua è stato trasferito in una vial per spazio di testa. All'interno della vial è stato inoltre aggiunto un modificatore di matrice e il relativo standard interno; successivamente, la vial chiusa e ben mescolata è stata posizionata nell'autocampionatore e mantenuta a temperatura ambiente. Il modificatore di matrice ha lo scopo di ben separare i composti volatili all'interno dello spazio di testa. Circa 1 ora prima dell'analisi, le singole fiale sono state riscaldate e miscelate per vibrazione meccanica.

L'autocampionatore ha quindi pressurizzato le vials con gas elio il quale ha spinto la miscela gassosa, formatasi nello spazio di testa attraverso una linea di trasferimento

riscaldata, nella colonna GC. Le analisi sono eseguite utilizzando un GC con rilevatore a fiamma (FID).

Analisi frazione estraibile: In un cilindro graduato è stato misurato 1 l di campione che è stato travasato dal cilindro nell'imbuto separatore. Tale imbuto è stato agitato energicamente per circa 2', con sfiato periodico per scaricare la pressione in eccesso. Lo strato organico è stato lasciato separato dalla fase acquosa per un minimo di 10' e si è ripetuta l'estrazione per altre due volte con porzioni fresche di solvente; al termine di tali operazioni i tre estratti di solvente sono stati uniti. L'essiccazione del campione dell'estratto è avvenuta tramite passaggio dello stesso su colonna di vetro, riempita con 20 g di sodio solfato anidro. Successivamente è stata eseguita la concentrazione in evaporatore rotante per effettuare il cambio del solvente per la successiva analisi cromatografica condotta mediante l'impiego di gascromatografo con rilevatore a fiamma (FID) con colonna capillare.

Gli idrocarburi totali sono stati determinati con un gascromatografo GC 8000 FISON INST. con colonna capillare e rivelatore F.I.D., munito di autocampione per spazio di testa statico a 50 posizioni (All. A1-IX).

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) e Idrocarburi Alifatici (IA) - I campioni di acqua sono stati preparati utilizzando la stessa metodica di laboratorio appena descritta per l'analisi della frazione estraibile degli Idrocarburi totali sino all'essiccazione del campione dell'estratto tramite passaggio dello stesso su colonna di vetro, riempita con 20 g di sodio solfato anidro. Successivamente, per IPA e IA è stata eseguita la concentrazione in evaporatore rotante per effettuare il cambio del solvente (acetonitrile e isoottano rispettivamente per analisi di IPA e IA) per la successiva analisi cromatografica.

Nel caso degli **IPA**, la concentrazione di 16 IPA (priority pollutants per la USEPA) (Naftalene, Acenaftene, Acenaftilene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)Fluorantene, Benzo(k)Fluorantene, Benzo(a)Pirene, Dibenzo(a,h)Antracene, Benzo(g,h,i)Perilene, Indenopirene) è stata determinata con cromatografo liquido ad alte prestazioni HPLC PE 200, accoppiato a un rivelatore a fluorescenza programmabile serie 200A. La colonna utilizzata è una Supelcosil LC-PAH (L = 150 mm ϕ = 3 cm, 5 micron) a fase inversa (All. A1-X). L'eluizione è avvenuta in gradiente ed è stata eseguita con acetonitrile-acqua come fase mobile ad un flusso di 0,8 ml/min. La colonna è stata termostata a 40°C. Un programma di lunghezza d'onda variabile è stato sviluppato per consentire il rilevamento ottimale di tutti i composti. L'identificazione e la quantificazione dei composti si basa sul confronto con i tempi di

ritenzione e sulla misurazione dell'area dei picchi di standard di riferimento esterni. Il limite di rilevabilità è compreso tra 0,01 e 0,1 µg/l. Campioni di bianco sono stati eseguiti per l'intera procedura. Recupero e precisione sono stati validati con campioni di riferimento certificati. La metodica è stata ulteriormente verificata tramite periodica attività di intercalibrazione internazionale.

Gli IA sono analizzati mediante gascromatografia capillare con gascromatografo Agilent 7820A accoppiato a rivelatore di massa sistema MSD Agilent 7820A accoppiato a rivelatore di massa sistema MSD Agilent Serie 5977A con autocampionatore a 50 posizioni (All. A1-XI).

L'identificazione degli IA si basa sul confronto con il tempo di ritenzione di soluzioni standard e la quantificazione è stata determinata dalle curve di taratura per ciascun composto analizzando cinque standard esterni. I limiti di rilevazione sono stati misurati con il metodo della curva di calibrazione e campioni di bianco sono stati eseguiti per l'intera procedura. Recupero del campione e precisione sono stati validati con campioni di riferimento certificati. La metodica è stata ulteriormente verificata tramite periodica attività di intercalibrazione internazionale.

Glicole etilenico - È stato misurato nei campioni di acqua mediante tecnica gas cromatografica utilizzando il rilevamento a ionizzazione di fiamma (FID). L'analisi in campioni d'acqua di mare non prevede la preparazione del campione, che è stato pertanto iniettato direttamente nello strumento previo prelievo di aliquota tarata.

Analogamente agli idrocarburi totali, l'etilenglicole è stato determinato con un gascromatografo GC 8000 FISIONS INST. con colonna capillare e rivelatore F.I.D., munito di autocampione per spazio di testa statico a 50 posizioni (All. A1-IX).

I dati raccolti sono stati restituiti in forma grafica in modo da descrivere l'andamento dei parametri lungo la colonna d'acqua, lungo transetti e spazialmente utilizzando appositi software.

Per l'acquisizione e l'elaborazione dei dati registrati e raccolti tramite le sonde CTD è stato utilizzato un software fornito dalla casa produttrice seguendo le norme suggerite dall'UNESCO (UNESCO, 1988) e riportate sul manuale "Handbook of method protocols" (Artegiani, 1996); le grandezze derivate, come salinità e anomalie della densità, sono state calcolate secondo gli algoritmi dell'UNESCO (UNESCO, 1983).

Per le varie elaborazioni grafiche sono stati utilizzati il software GrapherTM Vers. 11.3. della Golden Software, Inc., e il software Ocean Data View © Vers: 4.7.7 (Schlitzer,

2016).

2.1.2.2 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. A2-II). Successivamente sono stati posti in contenitori di alluminio e introdotti in stufa (All. A2-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 μ . 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. A2-IV) aventi dimensioni delle maglie decrescenti (4000 μ , 2000 μ , 1000 μ , 500 μ , 250 μ , 125 μ , 63 μ). 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 μ) 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. A2-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. A2-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 1 μ g/kg.

Sono stati ricercati nei siti di campionamento i 16 IPA indicati dall'EPA come contaminanti di interesse prioritario, espressi in $\mu\text{g}/\text{kg}$ 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. 2-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, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio e zinco.

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_3 , 1 ml di HCl e 4 ml di H_2O .

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. A2-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. A2-VIII), secondo la procedura EPA 7010 (2007b).

Le concentrazioni di **alluminio**, **bario**, **cromo**, **nicel**, **rame**, **silicio**, **ferro**, **vanadio** e **zinco** sono state ottenute mediante tecnica mediante tecnica ICP-AES (Varian ICP-720ES; All. A2-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 HNO₃, 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. A2-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).

I recuperi percentuali ottenuti rispetto ai valori certificati dei suddetti materiali sono riportati in Tab. 2-V.

Tab. 2-V - Recuperi percentuali ottenuti sui materiali certificati LGC 6137, tranne il mercurio per il quale è stato usato MESS-3.

Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	In	Ni	Pb	V	Si	V	Zn
125	96	130	76	107	97	98	101	93	97	95	83	n.d.	107	95

Tutti i parametri strumentali sono stati inoltre ottimizzati tramite una risposta tipica strumentale conforme a quella fornita dalla casa costruttrice.

I limiti di rilevabilità strumentale e della metodica per i metalli determinati, relativamente alla strumentazione impiegata, sono riportati in Tab 2-VI.

Tab. 2-VI - Limiti di rilevabilità strumentali (D.L.) e della metodica (M.D.L.) dei metalli determinati.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	In	Ni	Pb	V	Si	V	Zn
DL	1 µg/l	0,22 µg/l	0,15 µg/l	0,009 µg/l	0,9 µg/l	1,0 µg/l	0,8 µg/l	0,02 ng	0,2 µg/l	1,4 µg/l	0,2 µg/l	2,5 µg/l	0,7 µg/l	0,5 µg/l	1,4 µg/l
MDL	0,03 %	0,3 mg/kg	1,20 mg/kg	0,01 mg/kg	1,20 mg/kg	1,20 mg/kg	0,03 %	0,005 mg/kg	0,1 mg/kg	1,20 mg/kg	0,3 mg/kg	5 mg/kg	1,20 mg/kg	1,20 mg/kg	1,20 mg/kg

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 H₂O 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.

2.1.2.3 Ecotossicologia dei sedimenti

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 2×10^3 cellule 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 EC_{50} o EC_{20} . L' EC_{50} e l' 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_{50} , 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 (2×10^3 cellule ml^{-1});
- il coefficiente di variazione nei controlli e nel campione tal quale (CV%) $\leq 15\%$.

***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-VII.

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

Critério	Tossicità
$EC_{20} \geq 90\%$	Assente
$EC_{20} < 90\%$ e $EC_{50} \geq 90\%$	Bassa
$20\% \leq EC_{50} < 90\%$	Media
$EC_{50} < 20\%$	Alta

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
- 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 mg l^{-1} CdCl_2 .

All'inizio e alla fine del saggio biologico sono stati misurati i seguenti parametri dell'acqua sovrastante il sedimento: pH, salinità, 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-VIII.

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

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

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 percentuale 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 EC₅₀, 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 EC₅₀ sono successivamente trasformati in unità di tossicità (TU) secondo l'equazione $TU = 100/EC_{50}$.

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

Tab. 2-IX - 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
$50 < S \leq TL$	Bassa		
$1 \leq TU < 2$	Media	Semiscala delle T.U.	$S \leq 50$
$2 \leq TU < 4$	Alta		
$TU \geq 4$	Molto alta		

Dove:

$$S = [(Sopravvisuti campione) / (Sopravvisuti controllo)] \cdot 100$$

TL = Toxicity limit = Controllo · 90% del controllo

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 $36\pm 2\%$, 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 $\sim 300 \text{ cm}^3$ di sedimento da testare, ai quali sono stati aggiunti circa 600 ml di acqua di mare naturale filtrata ($36\pm 2\%$). 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_4^+ 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 $16\pm 2^\circ\text{C}$, 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.

Cb - concentrazione del metallo nei tessuti degli organismi prima (bianco) della loro esposizione ai sedimenti testati;

Ce - 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 $\geq 20\%$.

2.1.2.4 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. A3-III e A3-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. A3-V). Per ogni stazione sono stati quindi calcolati i seguenti indici medi utilizzando i dati relativi alle 6 repliche:

Abbondanza (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_m): *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, 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). Tutti gli indici utilizzati per questo scopo sono stati applicati quasi esclusivamente in aree marine costiere. Tuttavia, sono già stati utilizzati nell'ambito offshore in diversi casi (Fabi *et al.*, 2013; 2015; 2016b; 2016c; 2016d; Spagnolo *et al.*, 2014) fornendo utili indicazioni sull'eventuale impatto causato dalle piattaforme estrattive offshore.

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-X.

Tab. 2-X - 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-XI.

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.

Tab. 2-XI - Classificazione della qualità dell'ambiente in base al range di valori dell'indice AMBI (Borja *et al.*, 2000).

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

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-XII. In Tab. 2-XIII 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-XII - 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-XIII - 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

2.1.2.5 Indagini sulla comunità ittica

Campionamenti di pesca

Tutti gli individui delle specie presenti nelle catture sono stati portati in laboratorio e determinati dal punto di vista sistematico secondo Whitehead *et al.* (1986) per le specie ittiche e Fisher *et al.* (1987) per i crostacei e i molluschi. Inoltre, su ciascun esemplare sono stati rilevati i seguenti parametri morfometrici:

- lunghezza totale (pesci; al ½ cm inferiore);
- lunghezza del mantello (molluschi cefalopodi; al ½ cm inferiore);
- lunghezza del carapace (crostacei; al mm inferiore);
- peso fresco (al g inferiore).

Per *Sardina pilchardus* e *Engraulis encrasicolus* sono stati rilevati solo il numero e il peso complessivo.

Le varie specie ittiche catturate sono state suddivise in pelagiche (P), necto-bentoniche (NB) e bentoniche (B). Inoltre, per comprendere meglio l'influenza della piattaforma Elettra sulla fauna originaria, ciascuna specie è stata definita come “attratta” (AT), “parzialmente attratta” (PA) o “non attratta” (NA) in base alla sua affinità con i substrati duri, naturali o artificiali (Bombace *et al.*, 1994). Le specie definite “attratte” hanno un habitat limitato e sono strettamente dipendenti dai substrati duri. Esse utilizzano tali substrati, naturali o artificiali, per rifugiarsi e, probabilmente, “pascolano” su di essi o nelle loro immediate vicinanze. Quelle definite “parzialmente attratte” sono generalmente specie mobili, che possono essere temporaneamente attratte dai fondi duri, ma si possono osservare anche in aree prive di tali substrati. Le specie “non attratte” invece non hanno alcun rapporto con la piattaforma e, di norma, sono reperibili sul fondale originario.

Poiché la permanenza in mare dell'attrezzo variava nelle diverse stagioni e a volte la rete poteva subire dei danni a causa delle cattive condizioni meteo-marine, i dati di cattura delle singole specie sono stati standardizzati come numero e peso di individui pescati con 500 m di rete e 12 h.

Per le tre zone (piattaforma e 2 controlli) sono state calcolate sia la Ricchezza Specifica totale (S_{tot}), intesa come numero totale di specie rilevato in tutto il periodo di survey, sia la Ricchezza Specifica per cala (S), come numero di specie catturate in ogni campionamento di pesca.

L'indice di Shannon-Weaver (H'), per la cui definizione si rimanda al capitolo precedente, è stato applicato anch'esso ai dati relativi ad ogni singola cala in tutti i tre siti.

I rendimenti di pesca sono stati calcolati sia in termini numerici (n. ind/500m/12h) che ponderali (kg/500m/12h).

Al fine di comparare i risultati ottenuti per i suddetti indici nei tre siti, data la bassa numerosità campionaria è stato utilizzato un t-test per campioni indipendenti. Prima di effettuare questa analisi sono state valutate le assunzioni di normalità distributiva dei dati ed eguaglianze delle varianze rispettivamente con i test di Kolmogorov-Smirnov e di Levene (Zar, 1984). Se tale assunzioni non erano rispettate si è proceduto all'utilizzo di un test non parametrico Wilcoxon-Mann-Whitney.

Investigazioni acustiche

L'elaborazione dei dati inerenti la colonna d'acqua, rilevati tramite MBES, è stata eseguita con il software Echoview (Myriax, Tasmania), il quale dalla elaborazione dei *raw data* riproduce le informazioni come immagini bi- o tridimensionali dei banchi di pesce acquisiti.

Dopo la conversione dei *raw data*, è stato eseguito lo *screening* dettagliato degli ecogrammi bidimensionali relativi a ciascun transetto. Una volta individuata una possibile aggregazione di pesce (*target*), sono stati selezionati i ping contenenti l'aggregazione creando un sottoinsieme dell'ecogramma. In presenza di rumore di fondo ben distinguibile dal target, è stata applicata una pulizia del dato utilizzando la procedura di mascheramento di Echoview. D'altra parte, nel caso di intenso e diffuso rumore di fondo dovuto alla presenza di strutture e/o oggetti in grado di creare un forte *backscatter* e *scattering* dell'impulso acustico, non è stato possibile individuare alcun banco di pesce per l'alto livello di mascheramento. Questo avviene per esempio in prossimità della piattaforma stessa (fig. 2.10) la cui base, costituita da pali che si estendono verticalmente lungo tutta la colonna d'acqua, crea un intenso *backscatter* oltre al fenomeno di *scattering* omnidirezionale.

Inoltre, gli impulsi che penetrano negli spazi tra i pali della piattaforma possono venire riflessi più volte prima di tornare ai trasduttori o perdersi nell'ambiente circostante. Per tale motivo solo quei target chiaramente distinguibili dall'intenso rumore di fondo sono stati presi in considerazione. Una volta individuato, il banco di pesce è stato identificato e selezionato tramite la procedura *target detection* utilizzando l'algoritmo *cruise-scanning* per piattaforme (tipo imbarcazioni) in movimento (fig. 2.11). Visto che il sistema EM3002D non è calibrato per l'identificazione di particolari specie ittiche, si è considerato un *target strength* medio di -40 dB, funzione delle lunghezze degli individui catturati

durante i campionamenti di pesca nell'area oggetto di studio e funzione della frequenza del MBES EM3002D. Questa procedura, oltre a fornire l'immagine tridimensionale del target, permette di estrarne sia le informazioni metriche che le variabili acustiche.

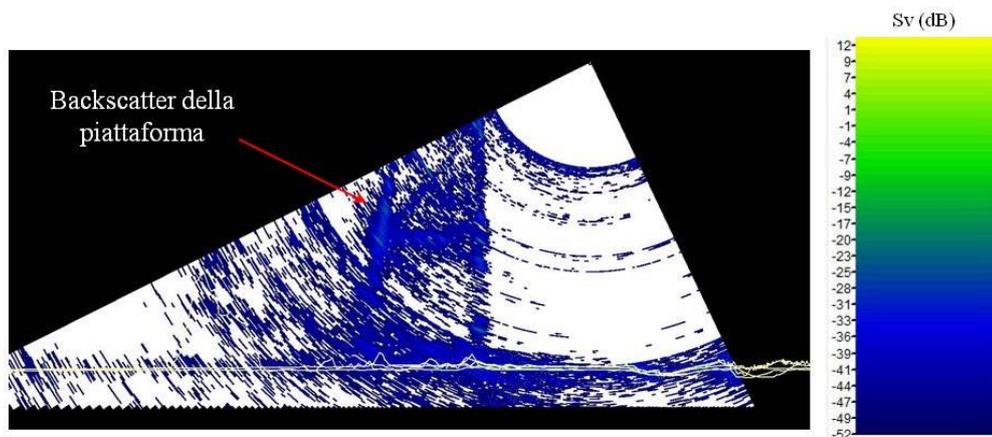


Fig. 2.10 - Ecogramma multibeam in prossimità alla piattaforma Clara NW. Il forte backscatter dovuto alla presenza della struttura stessa e lo scattering omnidirezionale degli impulsi acustici impediscono il rilevamento di eventuali aggregazioni di pesce nelle vicinanze della piattaforma o all'interno dell'areale tra i pali della stessa. Sv=Volume backscatter strength.

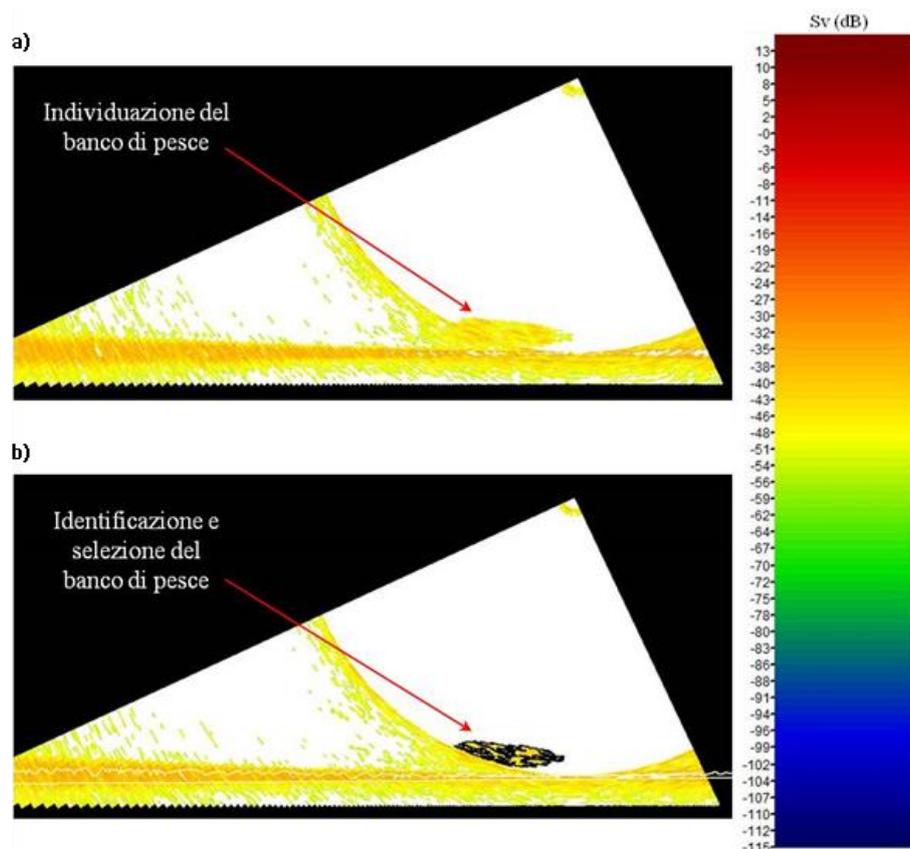


Fig. 2.11 - Elaborazione dei dati acustici della colonna d'acqua tramite il software Echowiew. a) Individuazione di un'aggregazione di pesce in un ping durante lo *screening* dell'ecogramma. b) Identificazione e selezione del target tramite la procedura Target detection. La scala a colori sulla destra rappresenta il volume backscattering strength (Sv) in dB e si riferisce a entrambi a) e b).

Di seguito si riporta la descrizione relativa a ciascuna caratteristica metrica e variabile acustica considerata per ogni target tridimensionale individuato (Tab. 2-XIV e 2-XV).

Completata l'individuazione dei banchi di pesce, sono state create scene quadrimensionali (tre dimensioni spaziali e dimensione temporale) delle porzioni di colonna d'acqua investigate, includendo anche il fondale marino e la superficie dell'acqua.

Tab. 2-XIV - Descrizione delle caratteristiche metriche relative ai target tridimensionali (aggregazioni di pesce) individuati durante la procedura di *Target detection* del software Echoview.

Caratteristica metrica	Unità	Descrizione
Superficie	m ²	Superficie del target (include la superficie di eventuali vacuoli individuati all'interno del target).
Lunghezza NS	m	Lunghezza massima del target lungo l'asse Nord-Sud.
Lunghezza EW	m	Lunghezza massima del target lungo l'asse Est-Ovest.
Profondità minima	m	Profondità minima del target.
Profondità massima	m	Profondità massima del target.
Altezza	m	Altezza del target (dalla profondità massima alla profondità minima).
Volume	m ³	Volume del target (non include il volume di eventuali vacuoli individuati all'interno del target).
Centro geometrico (LAT)	gradi	Latitudine del punto geometrico centrale del target.
Centro geometrico (LONG)	gradi	Longitudine del punto geometrico centrale del target.
Centro geometrico profondità	m	Profondità del punto geometrico centrale del target.
Ruvidità	m ⁻¹	Superficie del target diviso il volume del target.
n. vacuole	-	Numero di vacuoli individuati all'interno del target.
Volume totale vacuole	m ³	Volume totale dei vacuoli individuati all'interno del target.

Tab. 2-XV - Descrizione delle variabili acustiche relative ai target tridimensionali (aggregazioni di pesce) individuati durante la procedura di *Target detection* del software Echoview.

Variabile acustica	Unità	Descrizione
Sv medio	dB re 1 m ⁻¹	Volume backscatter strength all'interno del target.
n. campioni	-	Numero di campioni validi all'interno del target.
n. ping	-	Numero di ping analizzati che intersecano il target.
n. beam	-	Numero di beam analizzati che intersecano il target.
Sv minimo	dB re 1 m ⁻¹	Valore minimo del volume backscatter strength all'interno del target.
Sv massimo	dB re 1 m ⁻¹	Valore massimo del volume backscatter strength all'interno del target.
Densità	Kg/m ³	La densità volumetrica di pesce espressa in unità di massa.

Indagini video in prossimità della piattaforma

I video registrati mediante telecamera in prossimità della piattaforma sono stati analizzati al fine di avvalorare i risultati ottenuti dalla pesca e dalle investigazioni tramite MBES e per avere un riscontro sull'effettivo potere attrattivo della stessa.

2.2. RISULTATI

2.2.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

2.2.1.1 Temperatura, salinità, torbidità, Ossigeno disciolto e fluorescenza indotta

Nel **febbraio 2016** la colonna d'acqua nella maggior parte delle stazioni si è presentata sostanzialmente omogenea, con temperature di circa 13,5°C e salinità di 38,63-38,64 psu (fig. 2.12). Tre siti (CL1, CL2 e CL5), localizzati al centro e angolo SW dell'area in esame, sono stati caratterizzati in superficie da temperature e salinità più basse (minimo 12,37°C e 38,30 psu in CL5; figg. 2.12 e 2.13).

La torbidità determinata come backscattering ed espressa dopo calibrazione in mg l^{-1} , era mediamente $3,07 \pm 0,12 \text{ mg l}^{-1}$, con una tendenza ad aumentare verso la superficie fino a un massimo di $3,61 \text{ mg l}^{-1}$ nella stazione CL5 (fig. 2.12).

L'ossigeno disciolto ha presentato valori di saturazione nel range 98-100% con valori più elevati in superficie e minori al fondo (fig. 2.12).

Anche la fluorescenza *in situ*, espressa dopo calibrazione in $\mu\text{g l}^{-1}$ di clorofilla (fig. 2.14), ha mostrato concentrazioni costanti lungo la colonna (media di $0,55 \pm 0,14 \mu\text{g l}^{-1}$), con un massimo di $0,97 \mu\text{g l}^{-1}$ nella stazione CL1 a 44 m di profondità.

A **marzo 2016** la colonna d'acqua si è presentata quasi completamente rimescolata fino a 50 m di profondità con una temperatura media di $12,89 \pm 0,03^\circ\text{C}$ e $38,68 \pm 0,002$ psu di salinità (fig. 2.15). Al di sotto dei 50 m, è stata osservata una maggior variabilità fra le stazioni e valori di temperatura e salinità inferiori (minimo 12,37°C e 38,30 psu; figg. 2.15, 2.16).

La torbidità (in media $2,84 \pm 0,14 \text{ mg l}^{-1}$) ha mostrato un aumento verso il fondo dove ha raggiunto il massimo di $3,43 \text{ mg l}^{-1}$ nella stazione CL1 (fig. 2.15).

La percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto è risultata pressoché costante lungo i primi 50 m della colonna d'acqua con una modesta diminuzione verso il fondo (range 101-104%; fig. 2.15).

La fluorescenza *in situ* ha avuto concentrazioni di poco inferiori a quelle di febbraio (media $0,46 \pm 0,12 \mu\text{g l}^{-1}$, range 0,24-0,85 $\mu\text{g l}^{-1}$) con valori più alti al fondo (fig. 2.17).

Ad **aprile** la colonna d'acqua era caratterizzata in superficie da temperature di 15,5-16,5°C in riduzione sino a circa 50 m raggiungendo 12,8°C nello strato dai 60 m al fondo. La salinità, invece, dai 38,3-38,4 psu della superficie è aumentata fino a 38,7 psu nei primi 20 m rimanendo pressoché costante sino al fondo (fig. 2.18). Le stazioni a 2000 m in superficie hanno mostrato generalmente temperature più elevate (fig. 2.19).

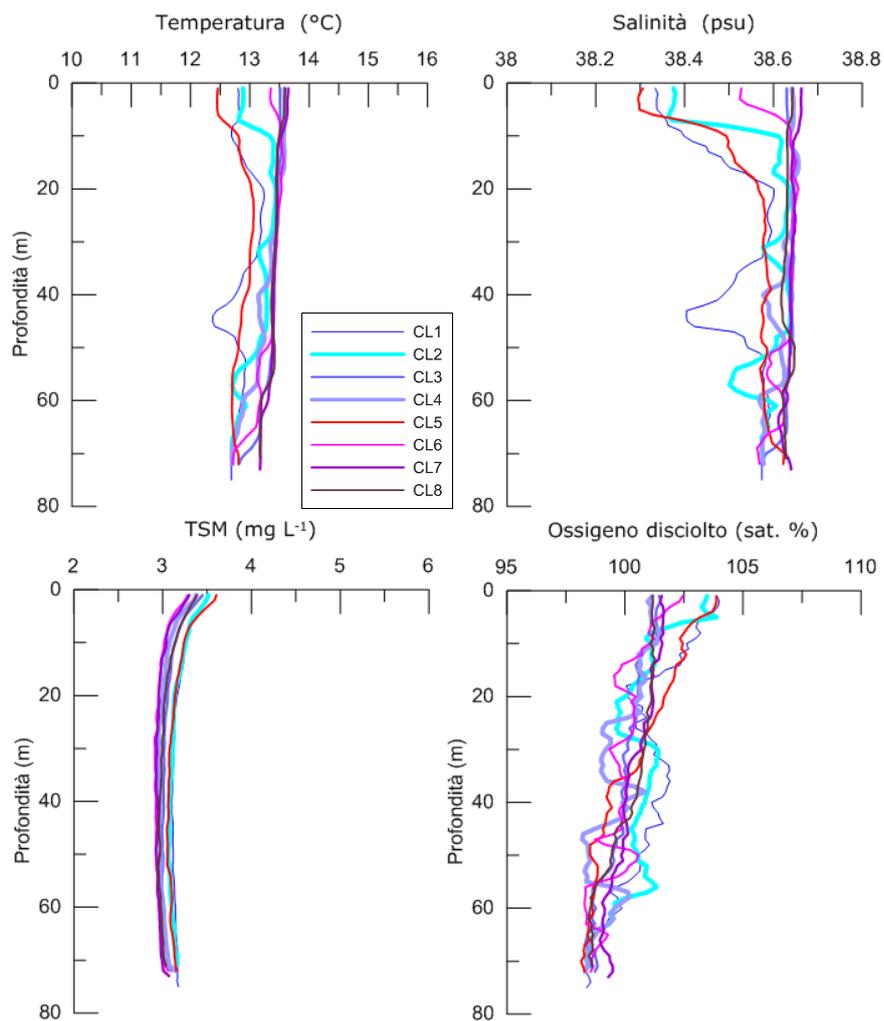


Fig. 2.12 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), particolato sospeso totale (Total Suspended Matter - TSM; mg/l) e ossigeno disciolto (in percentuale di saturazione - sat %). **Febbraio 2016**.

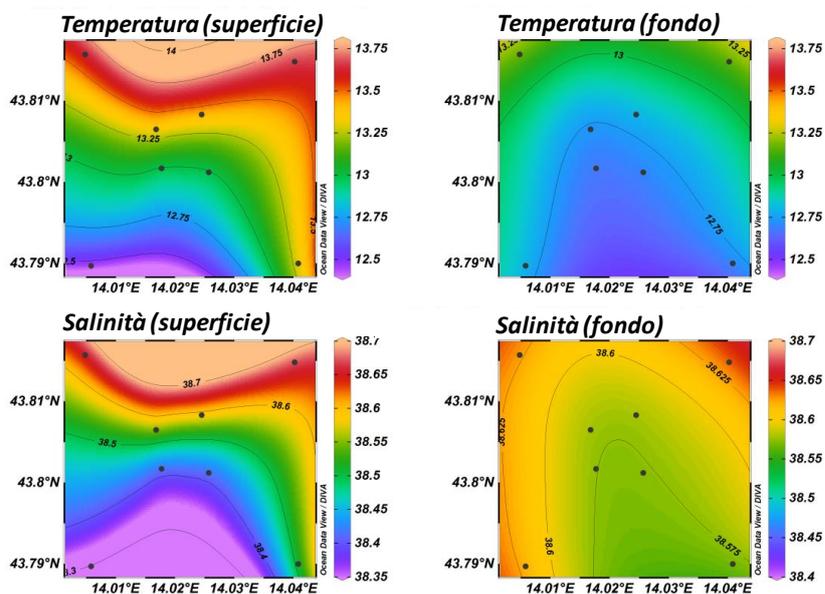


Fig. 2.13 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Febbraio 2016**.

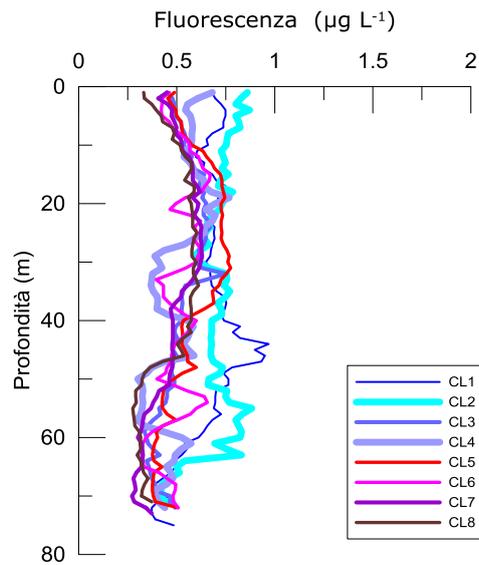


Fig. 2.14 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g/l}$) ottenuti nel **febbraio 2016**.

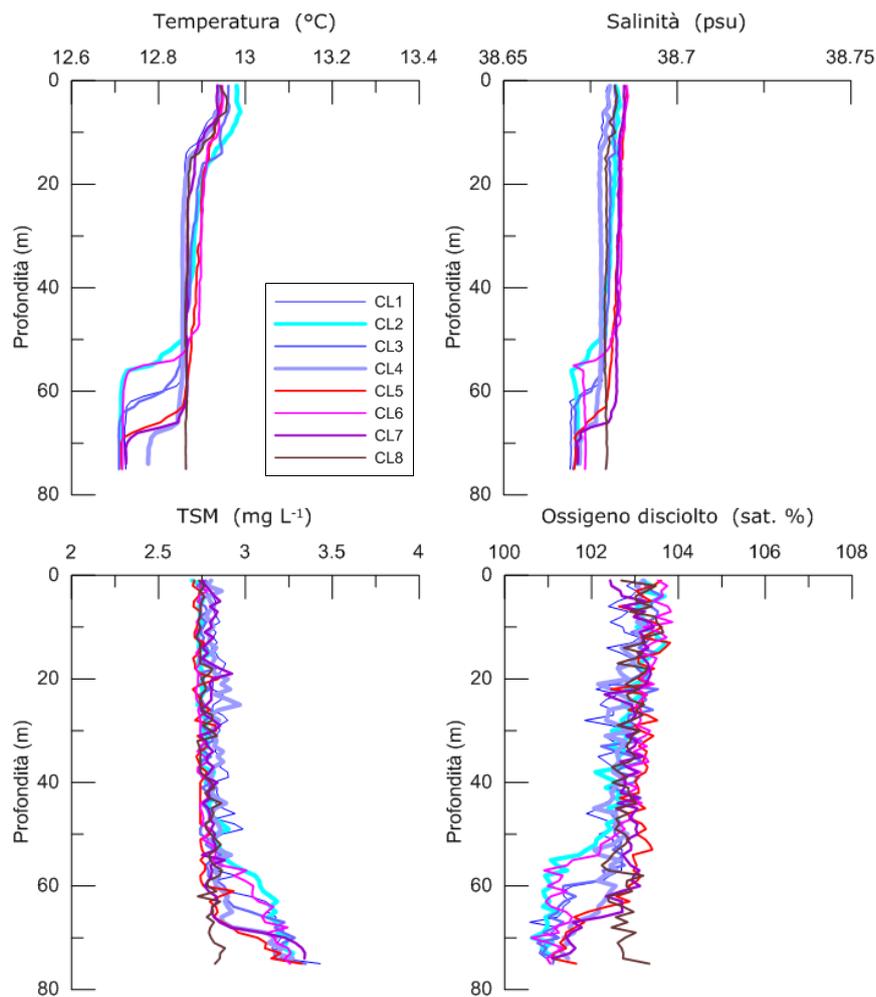


Fig. 2.15 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), particolato sospeso totale (Total Suspended Matter - TSM; mg/l) e ossigeno disciolto (in percentuale di saturazione - sat %). **Marzo 2016**.

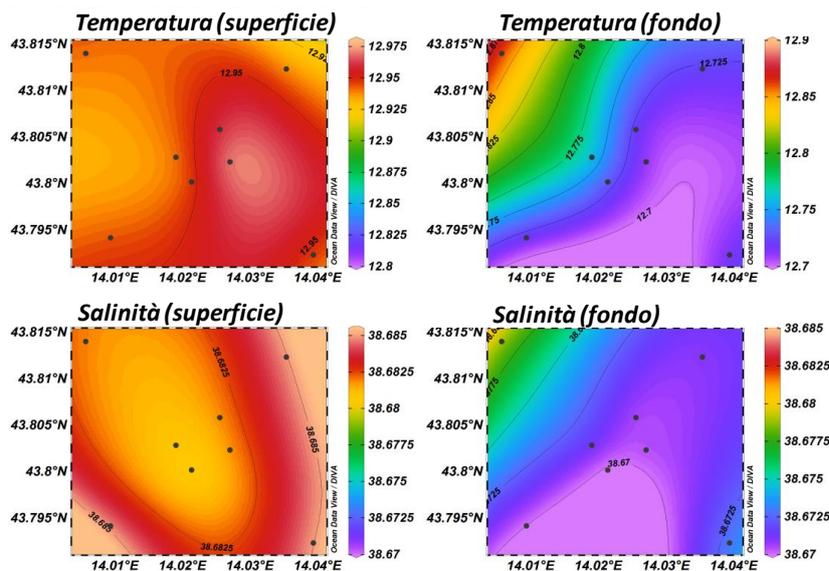


Fig. 2.16 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Marzo 2016**.

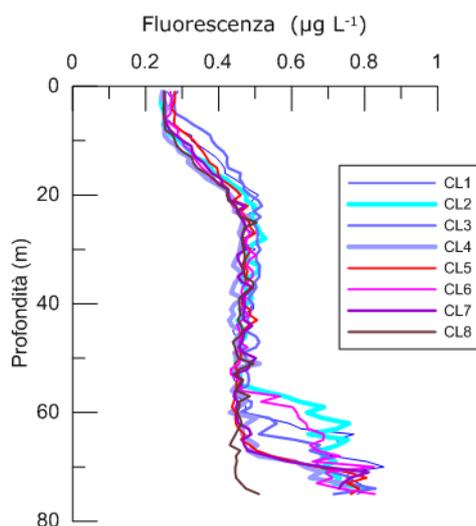


Fig. 2.17 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g/l}$) ottenuti nel **marzo 2016**.

Ad aprile sono stati osservati valori medi di torbidità analoghi a quelli di marzo ($2,86 \pm 0,77 \text{ mg l}^{-1}$), con concentrazioni costanti intorno a $2,5 \text{ mg l}^{-1}$ fino a 40-50 m e un brusco aumento verso il fondo dove è stato raggiunto un massimo $5,29 \text{ mg l}^{-1}$ nella staz. CL8 (fig. 2.18).

L'ossigeno disciolto ha presentato valori di saturazione di 106-108% nello strato superficiale in diminuzione nello strato di fondo fino al 97% nella stazione CL7 (fig. 2.18). Per la fluorescenza (fig. 2.20) sono stati registrati picchi di concentrazione tra i 40 e i 60 m (massimo di $0,89 \mu\text{g l}^{-1}$ in CL7 a 43 m). Altrove è oscillata tra 0,2 e $0,4 \mu\text{g l}^{-1}$.

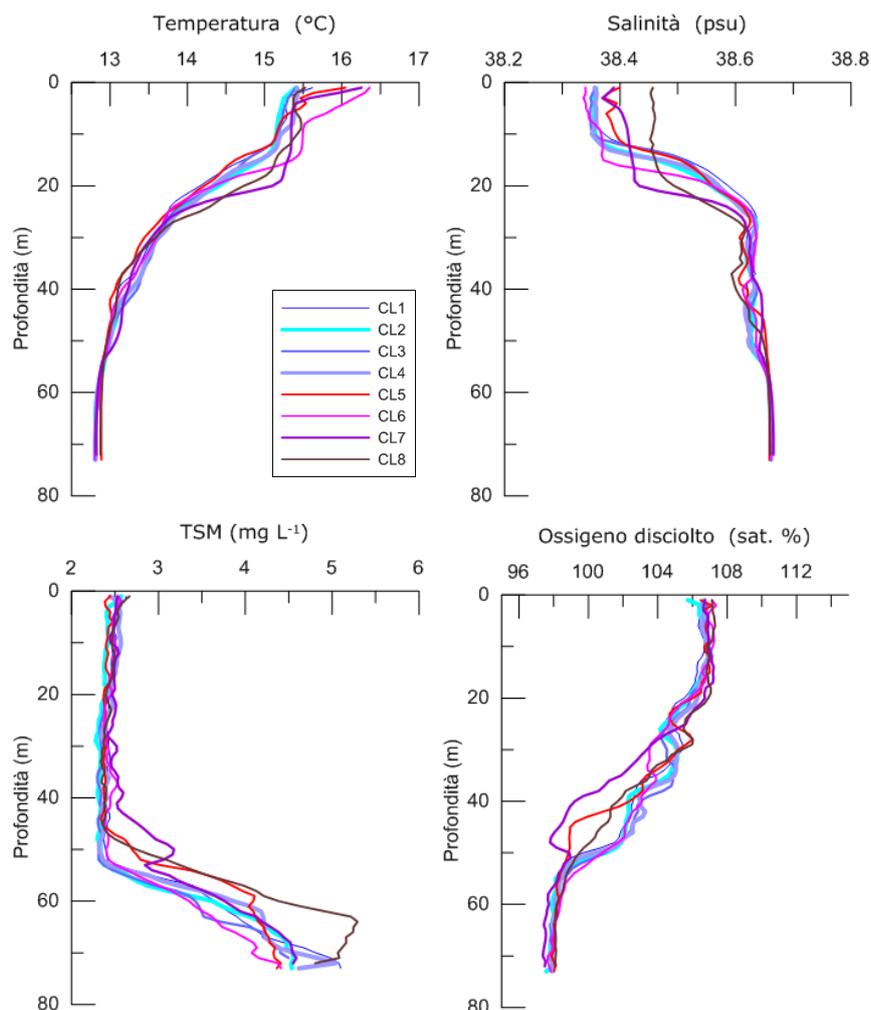


Fig. 2.18 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), particolato sospeso totale (Total Suspended Matter - TSM; mg/ l) e ossigeno disciolto (in percentuale di saturazione - sat %). **Aprile 2016.**

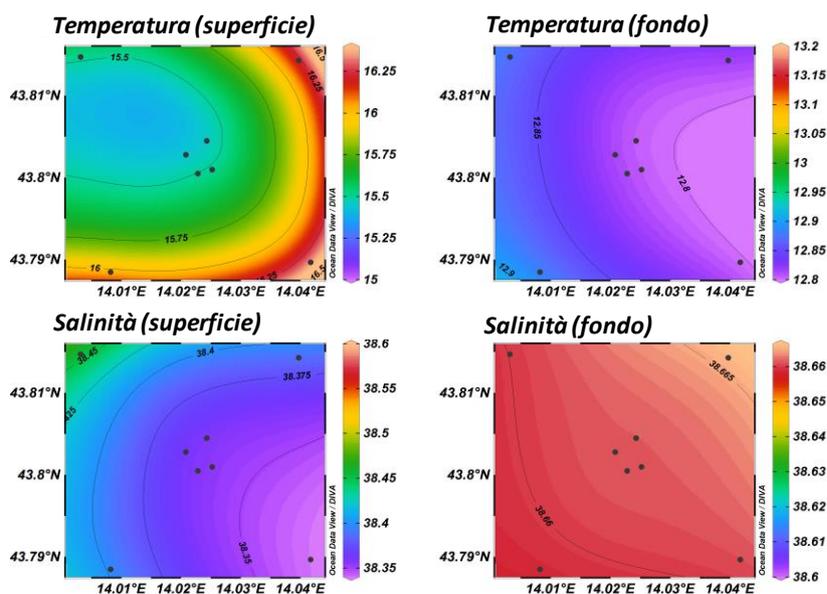


Fig. 2.19 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Aprile 2016.**

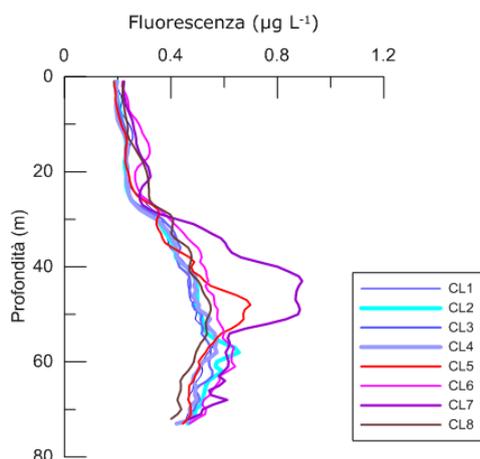


Fig. 2.20 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g/l}$) ottenuti nel **aprile 2016**.

2.2.1.2 Sali nutritivi

A **febbraio** le concentrazioni dei nutrienti azotati sono risultate mediamente di $1,23 \pm 0,57$ μM per NO_3 , di $0,30 \pm 0,07$ per NO_2 e di $0,52 \pm 0,24$ μM per NH_3 (figg. 2.21a, 2.21b).

I massimi di NO_3 ($2,56$ μM) e di NO_2 ($0,46$ μM) sono stati misurati nella stazione CL8, mentre per NH_3 il massimo di $1,06$ μM è stato misurato in CL2 al fondo (fig. 2.22). Le stazioni a 100 m dalla piattaforma hanno mostrato concentrazioni di NO_3 e NH_3 maggiori rispetto a quelle a 2000 m, anche se mediamente comparabili per le elevate variabilità (per NO_3 $1,46 \pm 0,41$ μM e $1,00 \pm 0,62$ μM ; per NH_3 $0,58 \pm 0,27$ μM e $0,47 \pm 0,20$ μM).

Il contenuto medio di PO_4 è stato pari a $0,37 \pm 0,46$ μM , con valori tendenzialmente più elevati nei siti a 2000 m e un massimo di $2,49$ μM alla quota superficiale di CL8 (figg. 2.21a, 2.21b, 2.22). I picchi di $\text{Si}(\text{OH})_4$ (media $2,28 \pm 0,59$ μM) si sono rilevati in superficie in prossimità della piattaforma (massimo di $3,78$ in CL1; figg. 2.21a, 2.21b, 2.22).

A **marzo** (figg. 2.23a, 2.23b e 2.24) gli NO_3 sono in media lievemente diminuiti rispetto a febbraio ($0,88 \pm 0,49$ μM). I valori più elevati sono stati determinati in prossimità della piattaforma (massimo $2,08$ μM nella stazione CL1 al fondo; figg. 2.23a, 2.23b e 2.24). Gli NO_2 (media $0,41 \pm 0,09$ μM) hanno mostrato una distribuzione simile ai NO_3 , con aumenti fino a $0,61$ in CL4 a 40 m.

NH_3 è risultata in media pari a $0,64 \pm 0,47$ μM , con valori fino a $1,83$ μM a 40 m nella stazione CL7 (figg. 2.23a, 2.23b e 2.24).

I PO_4 (media $0,26 \pm 0,13$ μM) erano presenti prevalentemente nel lato SE in superficie; il massimo ($0,55$ μM) è stato rilevato alla quota dei 20 m in CL3.

I $\text{Si}(\text{OH})_4$ ($1,34 \pm 0,40$ μM) sono stati rilevati maggiormente in superficie (massimo di $2,17$ μM nella stazione CL4).

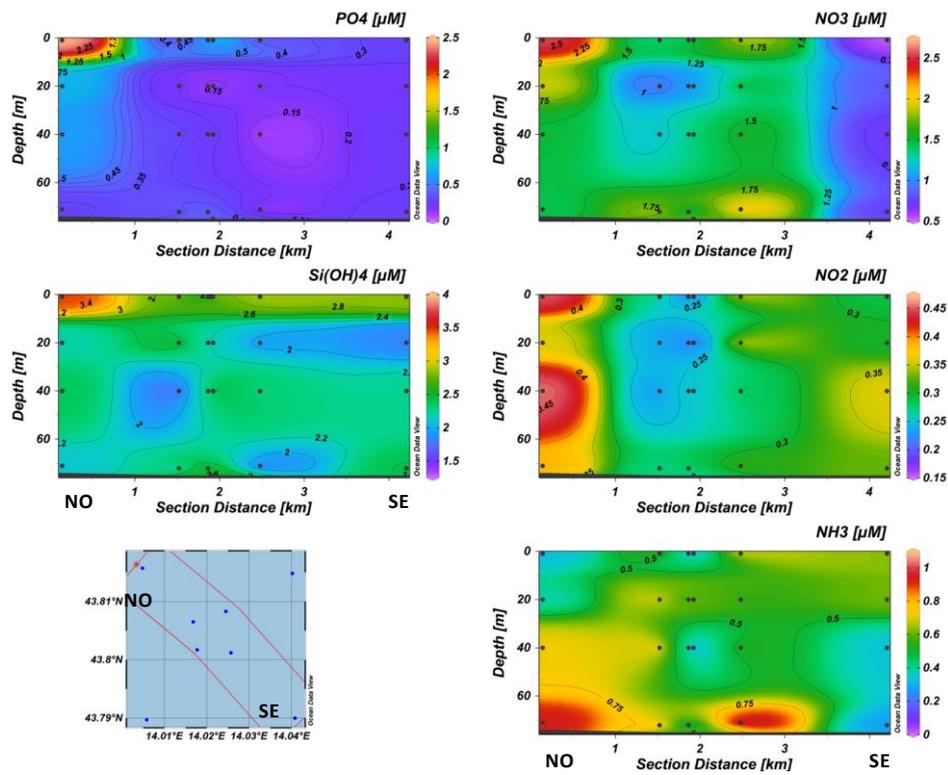


Fig. 2.21a - Sezioni verticali delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati ($\text{Si}(\text{OH})_4$) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . Febbraio 2016.

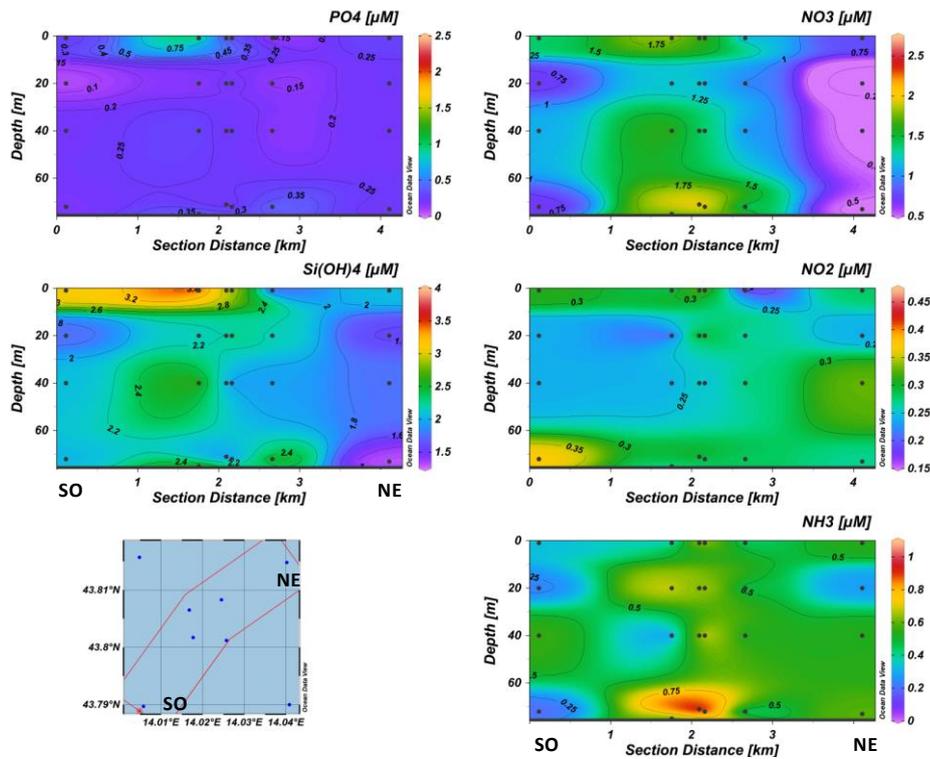


Fig. 2.21b - Sezioni verticali delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati ($\text{Si}(\text{OH})_4$) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . Febbraio 2016.

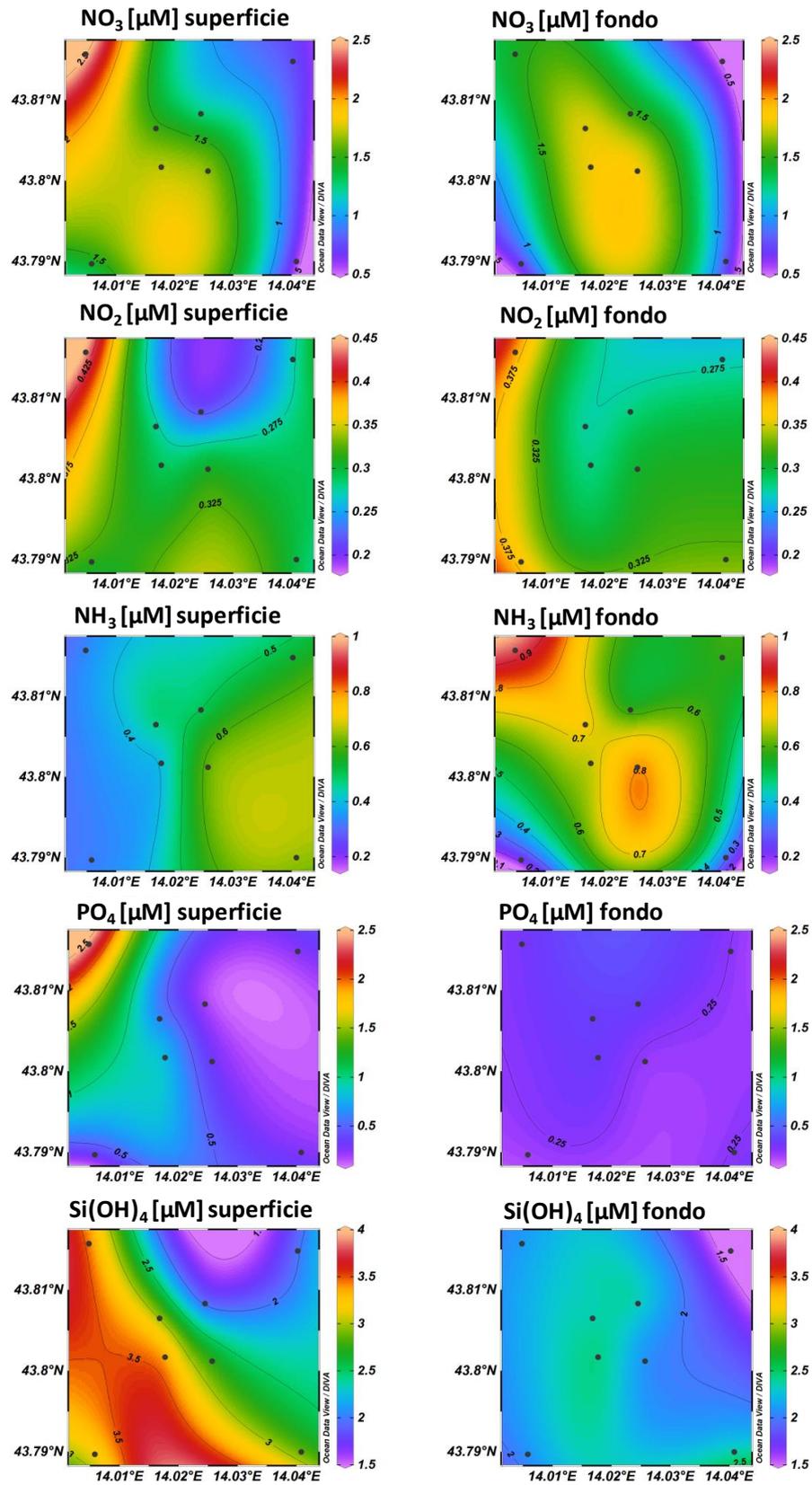


Fig. 2.22 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO₂), nitrati (NO₃), ammoniaca (NH₃), ortofosfati (PO₄) e ortosilicati (Si(OH)₄) espresse in μM, in superficie e al fondo. **Febbraio 2016.**

Ad **aprile 2016** le concentrazioni medie di NO_3 , NO_2 e NH_3 sono state $0,82 \pm 0,38 \mu\text{M}$, $0,25 \pm 0,15 \mu\text{M}$ e $0,68 \pm 0,71$, rispettivamente (figg. 2.25a, 2.25b, 2.26), sugli stessi ordini di grandezza di quanto misurato in marzo. NO_3 e NO_2 sono apparsi relativamente più elevati al fondo nelle stazioni a 100 m dalla piattaforma, contrariamente all' NH_3 risultato più abbondante a 2000 m. I massimi sono stati pari a $2,60 \mu\text{M}$ per NH_3 (CL5, fondo), a $0,56 \mu\text{M}$ per NO_2 (CL2, fondo) e a $1,79 \mu\text{M}$ per NO_3 (CL3, superficie).

I PO_4 hanno presentato una concentrazione media di $0,14 \pm 0,05 \mu\text{M}$, con tendenza ad aumentare nelle stazioni esterne sia in superficie che al fondo (massimo di $0,27 \mu\text{M}$ in CL6, fondo e CL7, superficie).

Le concentrazioni di Si(OH)_4 (media $1,91 \pm 1,57 \mu\text{M}$) sono risultate più elevate in superficie, con un massimo di $9,58 \mu\text{M}$ nella stazione CL3, vicina alla piattaforma (figg. 2.25a, 2.25b, 2.26).

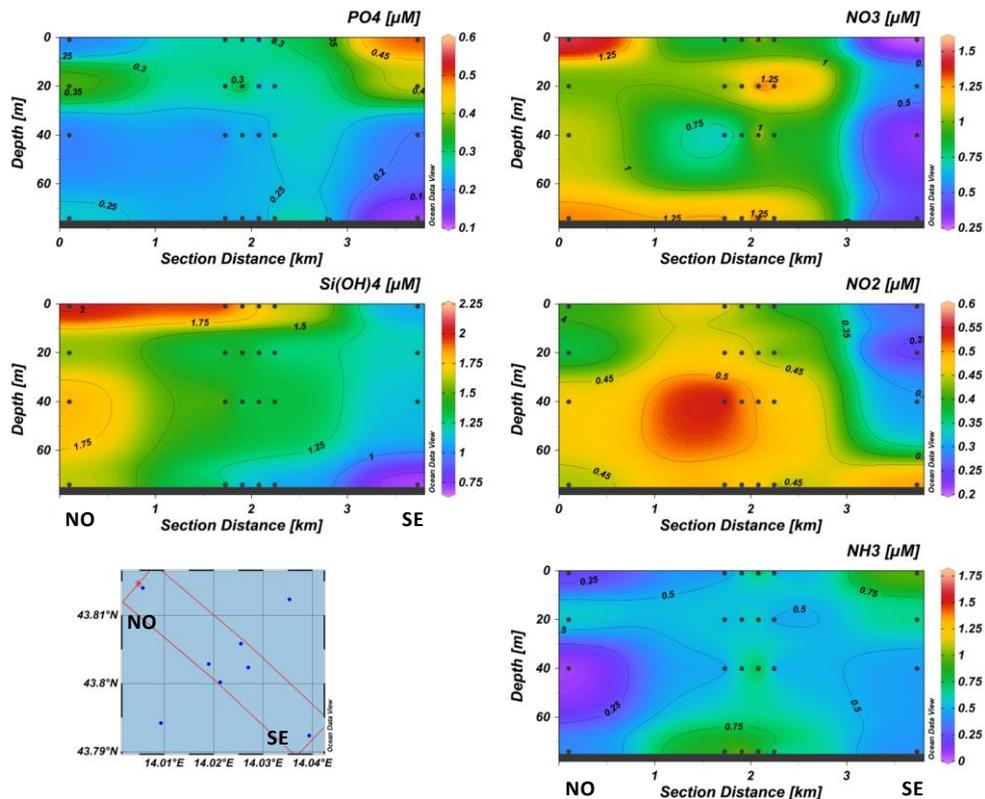


Fig. 2.23a - Sezioni verticali delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . **Marzo 2016**.

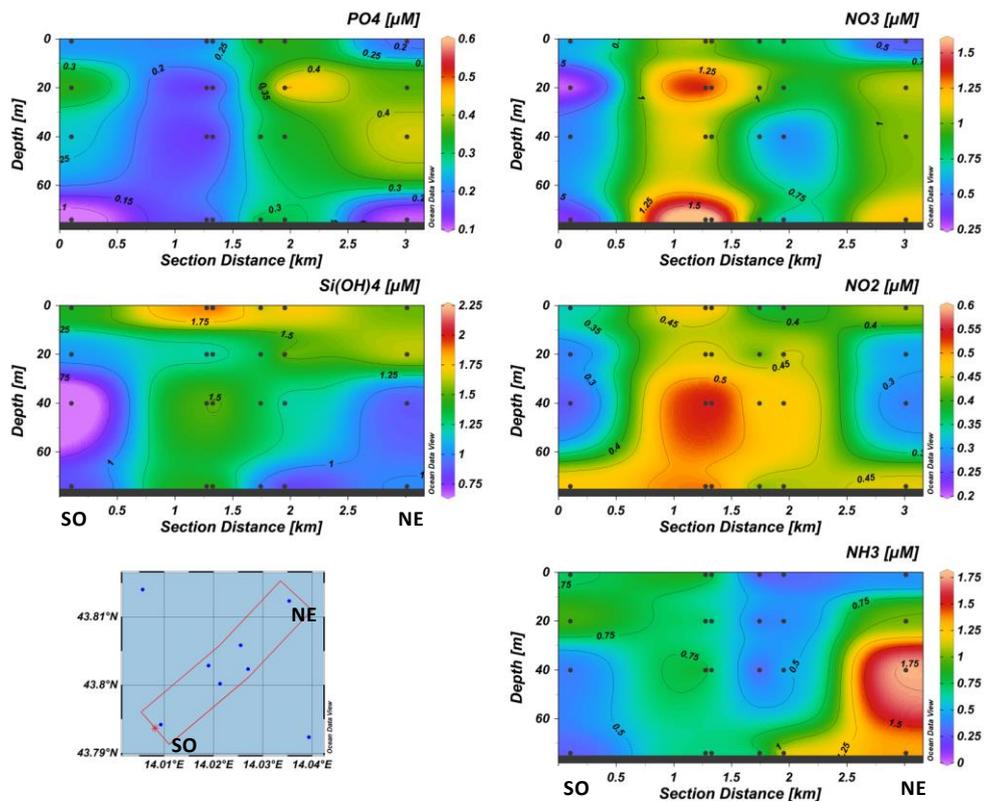


Fig. 2.23b - Sezioni verticali delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . **Marzo 2016**.

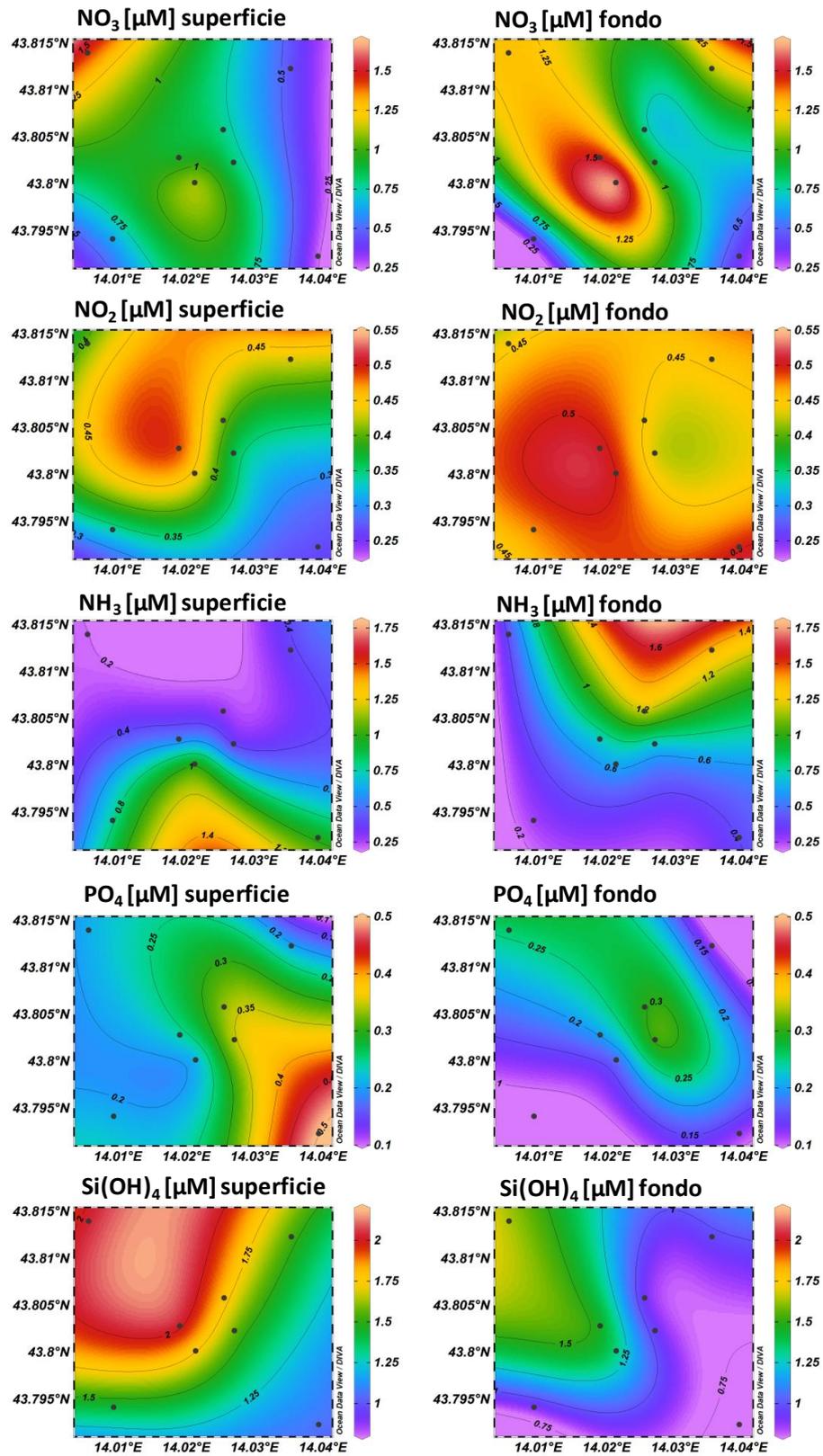


Fig. 2.24 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ammoniaca (NH_3), ortofosfati (PO_4) e ortosilicati (Si(OH)_4) espresse in μM , in superficie e al fondo. **Marzo 2016.**

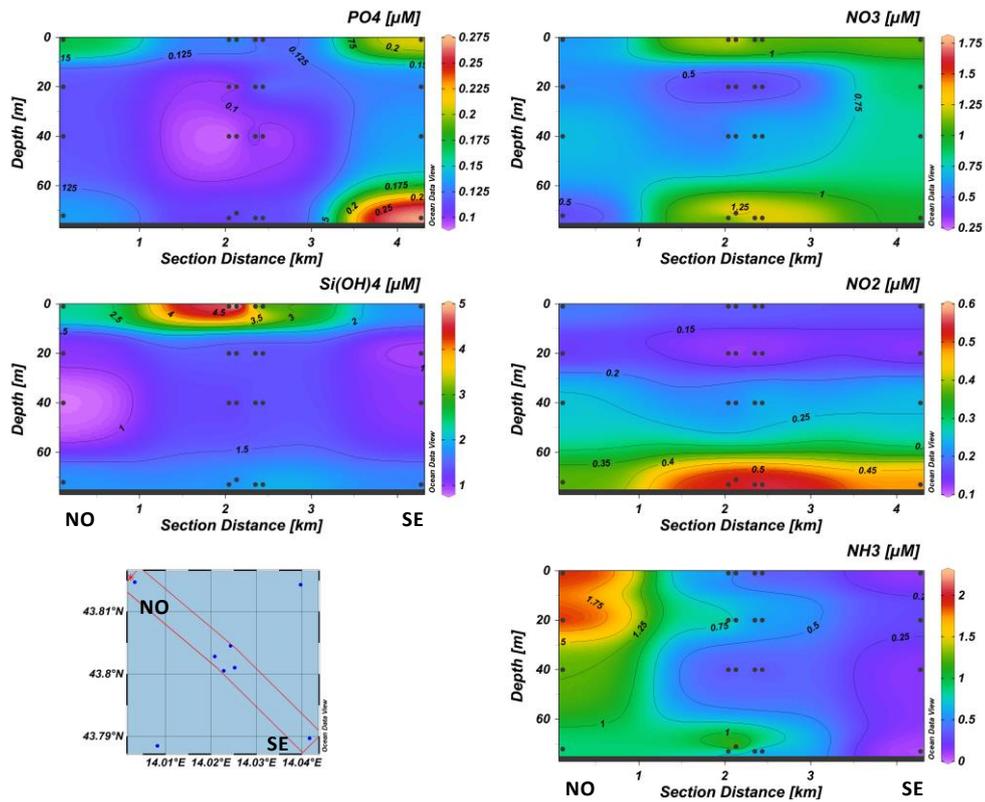


Fig. 2.25a - Sezioni verticali delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . **Aprile 2016.**

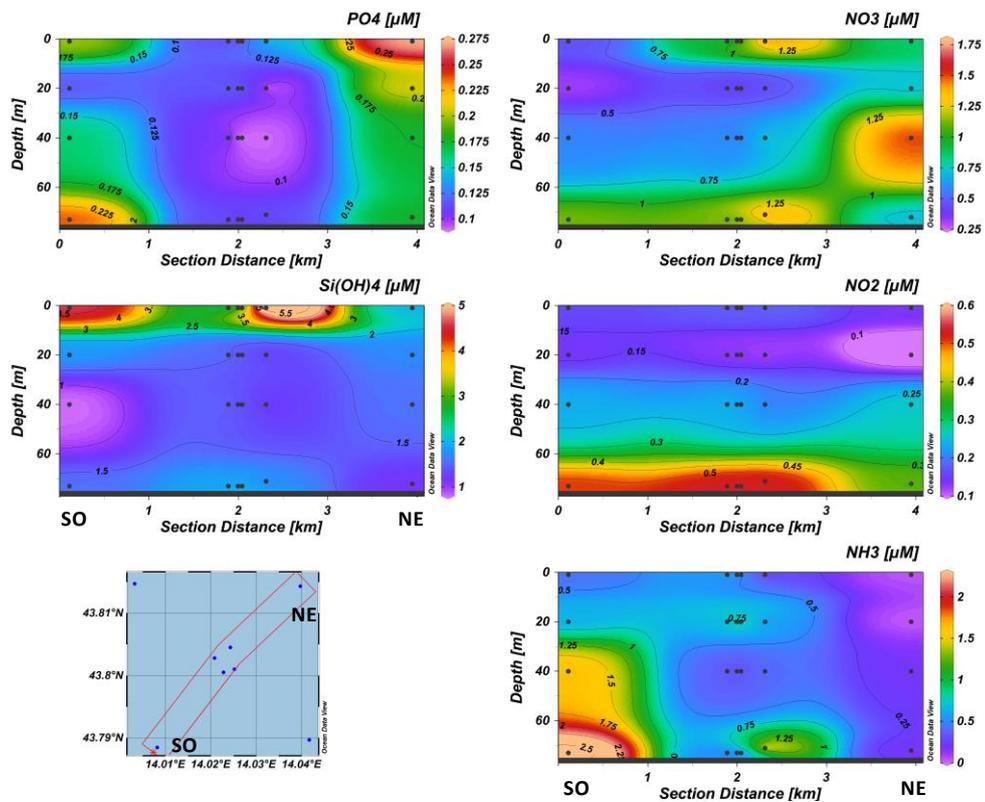


Fig. 2.25b - Sezioni verticali delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . **Aprile 2016.**

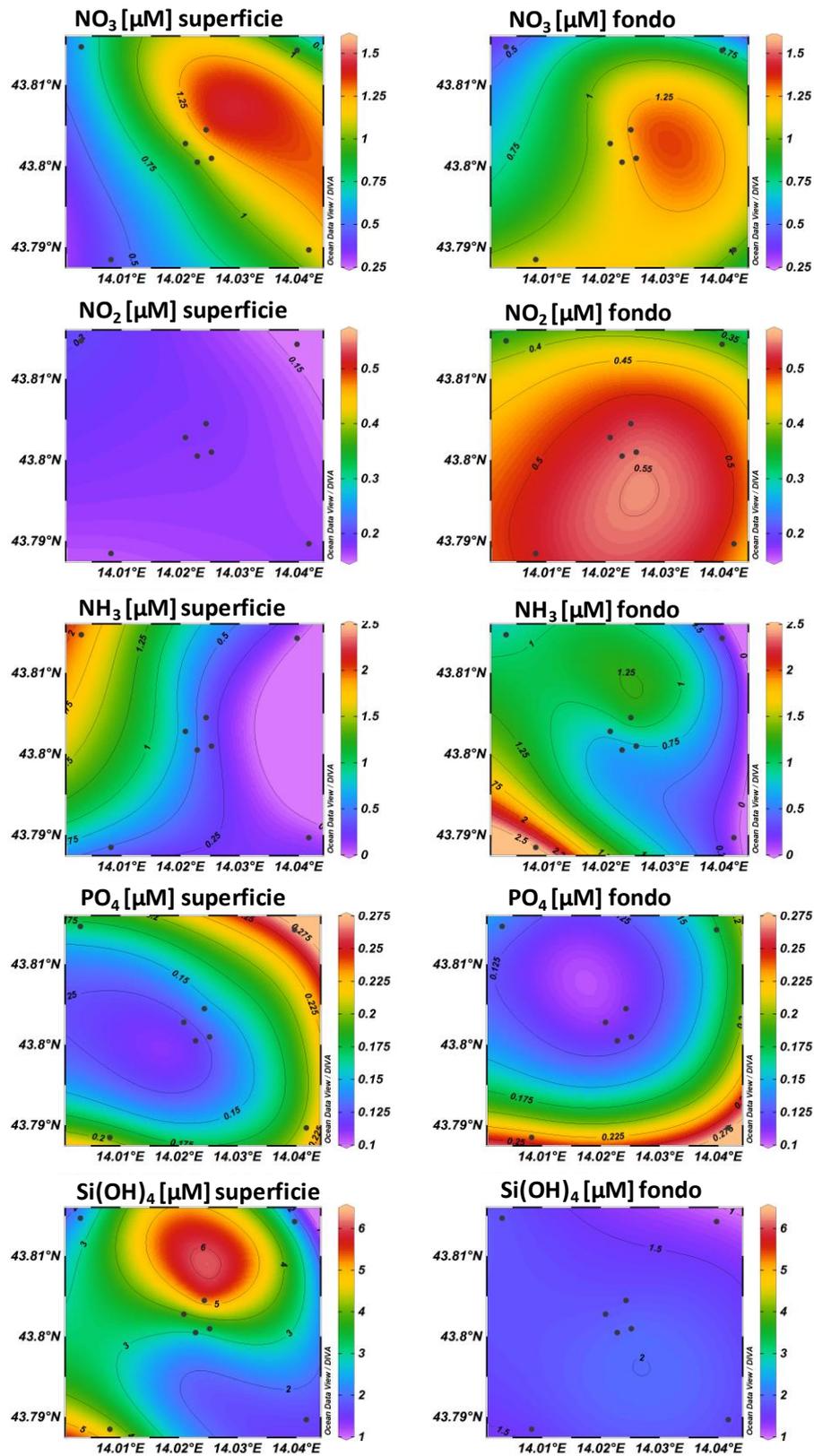


Fig. 2.26 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO₂), nitrati (NO₃), ammoniaca (NH₃), ortofosfati (PO₄) e ortosilicati (Si(OH)₄) espresse in μM, in superficie e al fondo. **Aprile 2016.**

2.2.1.3 Clorofille *a*, *b* e *c* e particolato sospeso

A **febbraio** tutti i pigmenti clorofilliani hanno mostrato una concentrazione maggiore negli strati superficiale e sub-superficiale (figg. 2.27a, 2.27b, 2.28). Il contenuto della clorofilla *a* (Chl *a*) è risultato mediamente $417,90 \pm 95,48 \text{ ng l}^{-1}$, con un valore massimo di $580,86 \text{ ng l}^{-1}$ (staz. CL5 in superficie). La clorofilla *b* (Chl *b*) era circa 5 volte la clorofilla *c* (Chl *c*), con concentrazioni medie di $146,61 \pm 48,38 \text{ ng l}^{-1}$ e $30,54 \pm 16,16 \text{ ng l}^{-1}$ rispettivamente. Sia Chl *b* che Chl *c* hanno avuto i picchi di concentrazione a 20 m di profondità (rispettivamente $234,01 \text{ ng l}^{-1}$ in CL3 e $74,87 \text{ ng l}^{-1}$ in CL5). Chl *a* e Chl *b* sono apparse più abbondanti nelle stazioni a 100 m dalla piattaforma.

La concentrazione di materiale particolato (TSM) è stata mediamente di $3,22 \pm 0,68 \text{ mg l}^{-1}$ con un massimo di $5,14 \text{ mg l}^{-1}$ registrato al fondo nella stazione CL8.

A **marzo** i valori più elevati di pigmenti clorofilliani sono stati registrati soprattutto in prossimità del fondo (figg. 2.29a, 2.29b, 2.30). La Chl *a* (media $475,07 \pm 124,24 \text{ ng l}^{-1}$) è risultata compresa tra $352,41 \text{ ng l}^{-1}$ nella stazione CL3 a 40 m e $779,29 \text{ ng l}^{-1}$ nella CL7 al fondo. La Chl *b* è risultata sempre più abbondante rispetto alla Chl *c*, con una concentrazione media di $56,34 \pm 14,72 \text{ ng l}^{-1}$ rispetto ai $27,17 \pm 16,70 \text{ ng l}^{-1}$ della Chl *c*. I massimi sono stati raggiunti rispettivamente sul fondo della CL7 ($103,91 \text{ ng l}^{-1}$) e sul fondo della CL3 ($77,63 \text{ ng l}^{-1}$).

La concentrazione di TSM è stata mediamente di $2,88 \pm 0,57 \text{ mg l}^{-1}$. In generale, questo parametro è apparso più elevato in vicinanza della superficie, dove il massimo di $4,38 \text{ mg l}^{-1}$ è stato misurato nella stazione CL5.

Ad **aprile** (figg. 2.31a, 2.31b, 2.32) i picchi di concentrazione di tutti i pigmenti clorofilliani sono stati localizzati prevalentemente a circa 40 m di profondità.

La Chl *a* è diminuita di quasi il 50% rispetto a marzo; il tenore medio è stato di $255,55 \pm 110,50 \text{ ng l}^{-1}$, con un massimo di $571,84 \text{ ng l}^{-1}$ in CL8 a 40 m. La Chl *b* è risultata ancora più abbondante della Chl *c* pur presentando valori medi comparabili ($38,37 \pm 20,77 \text{ ng l}^{-1}$ e $14,90 \pm 9,35 \text{ ng l}^{-1}$ rispettivamente). I massimi sono stati raggiunti sul fondo della CL2 ($82,24 \text{ ng l}^{-1}$) e a -40 m della stazione CL5 ($46,30 \text{ ng l}^{-1}$).

In questo periodo le concentrazioni di TSM sono state in media $3,41 \pm 1,01 \text{ mg l}^{-1}$ con valori più elevati al fondo (massimo di $5,48 \text{ mg l}^{-1}$ nella stazione CL6).

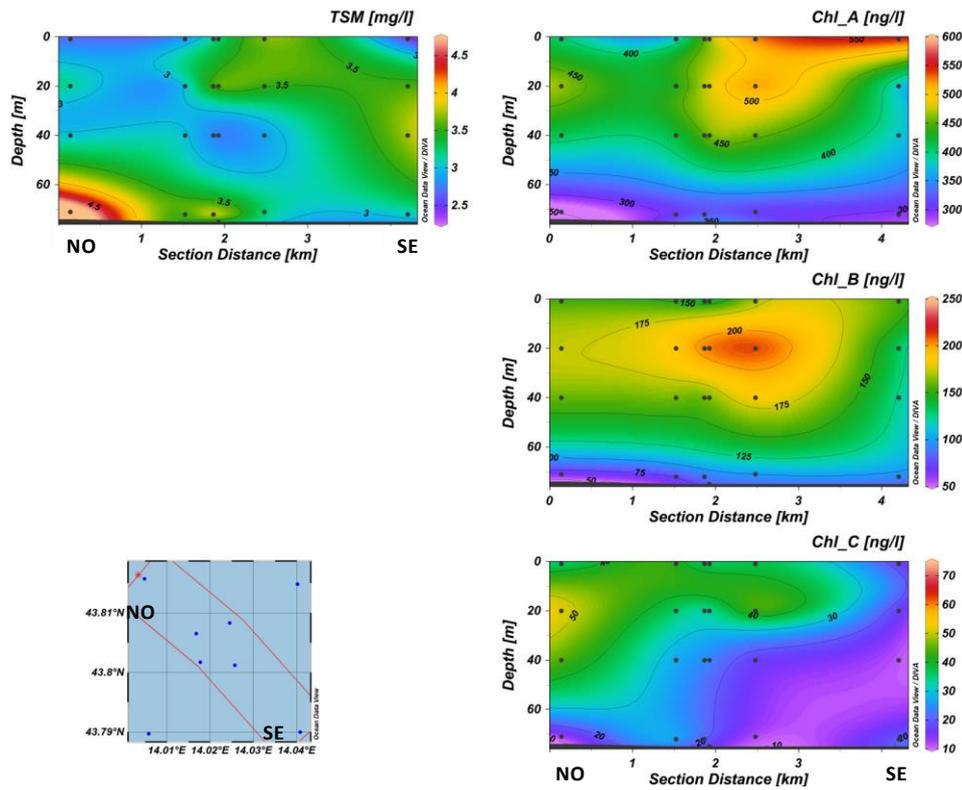


Fig. 2.27a - Sezione verticale delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Febbraio 2016.**

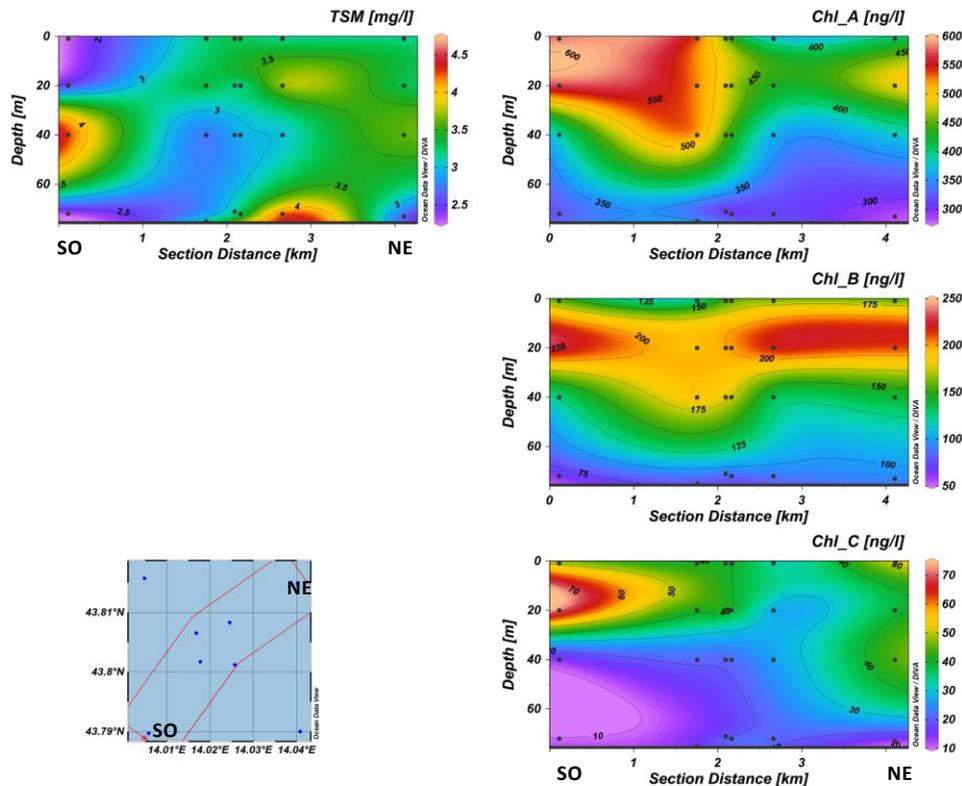


Fig. 2.27b - Sezione verticale delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Febbraio 2016.**

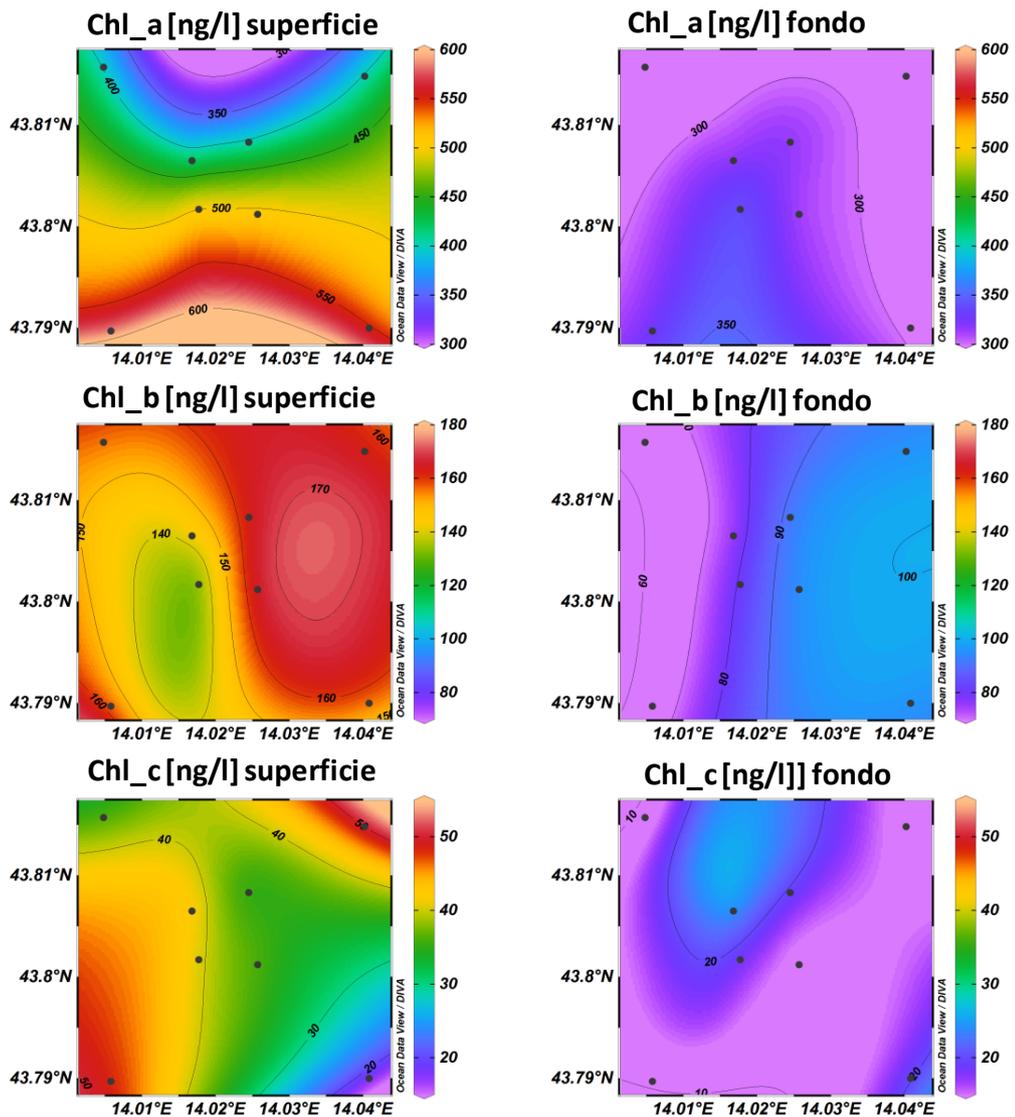


Fig. 2.28 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in ng/l. **Febbraio 2016.**

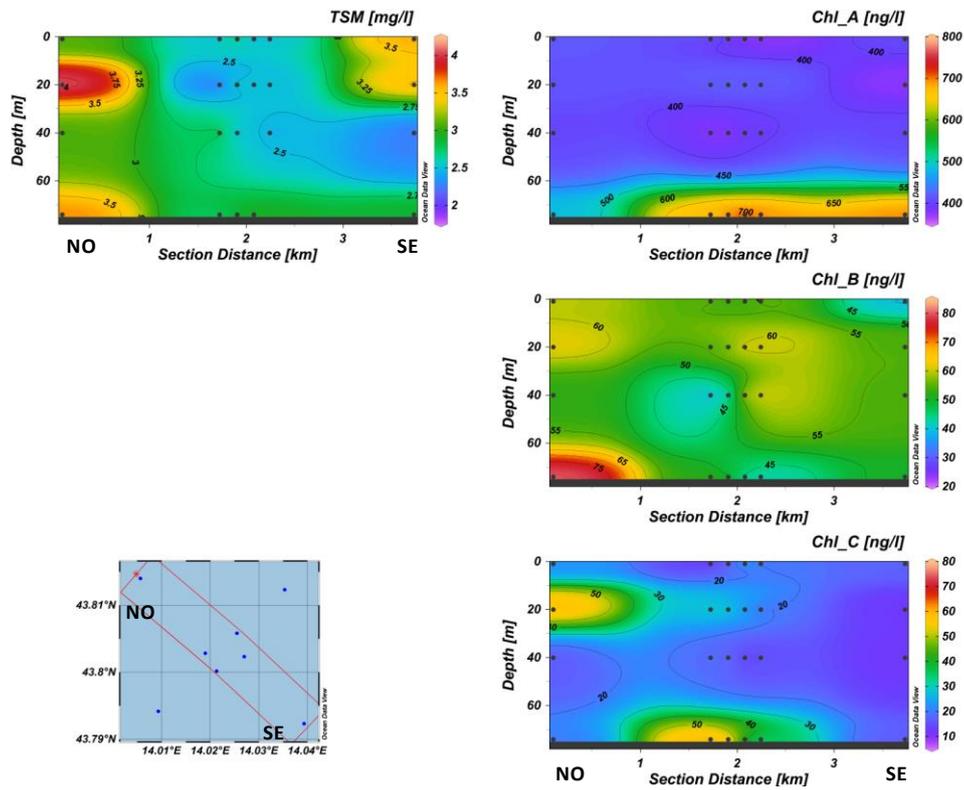


Fig. 2.29a - Sezione verticale delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Marzo 2016.**

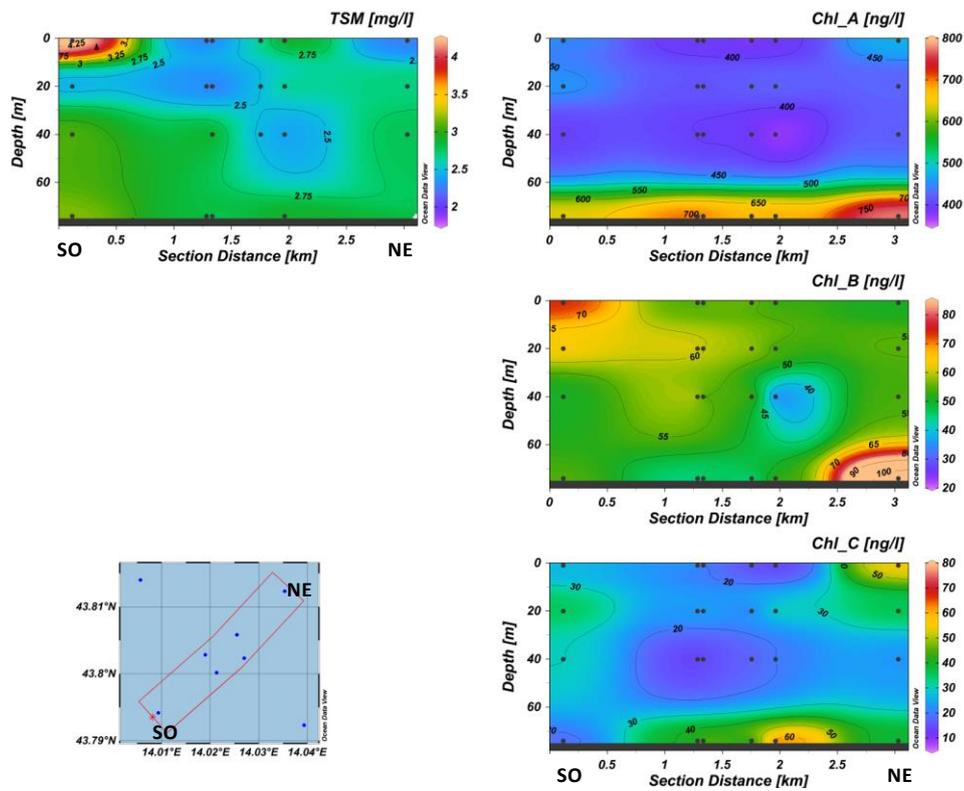


Fig. 2.29b - Sezione verticale delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Marzo 2016.**

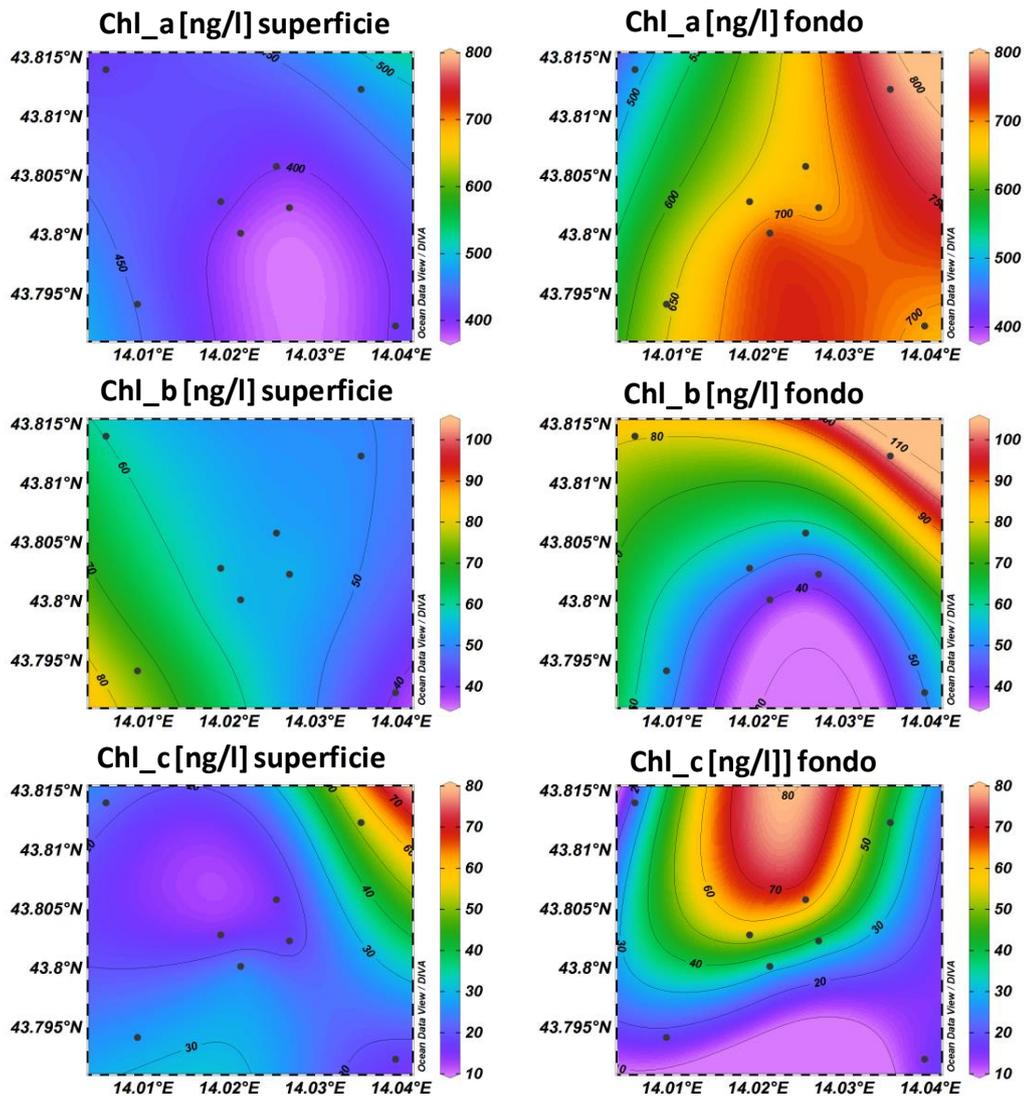


Fig. 2.30 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in ng/l. **Marzo 2016.**

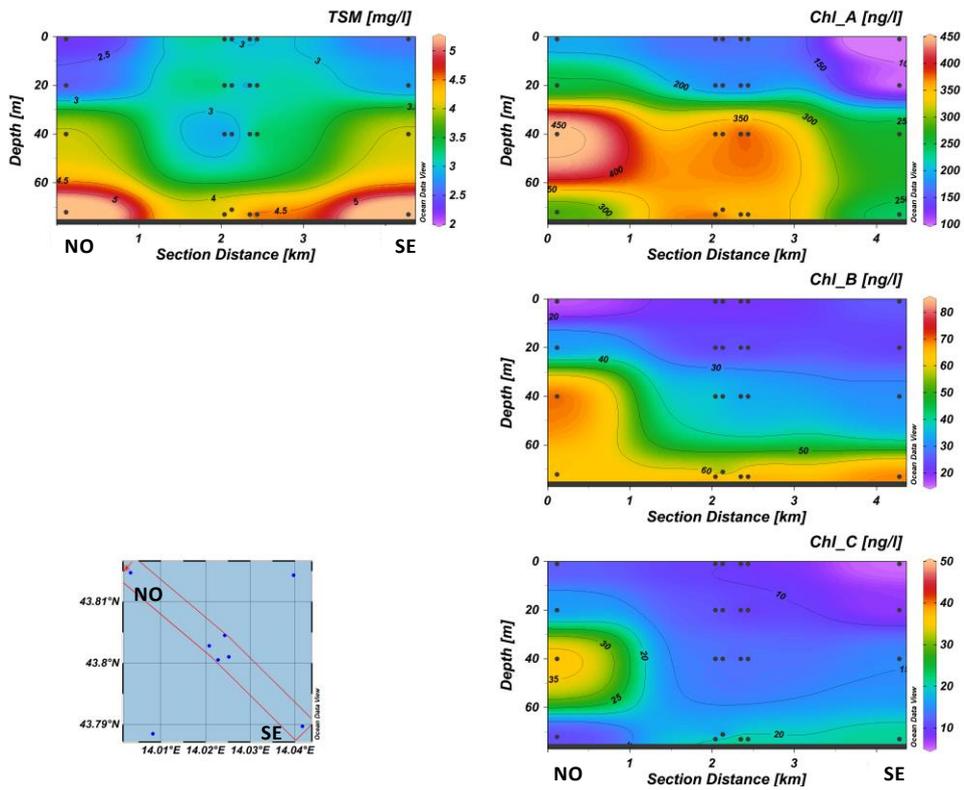


Fig. 2.31a - Sezione verticale delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Aprile 2016.**

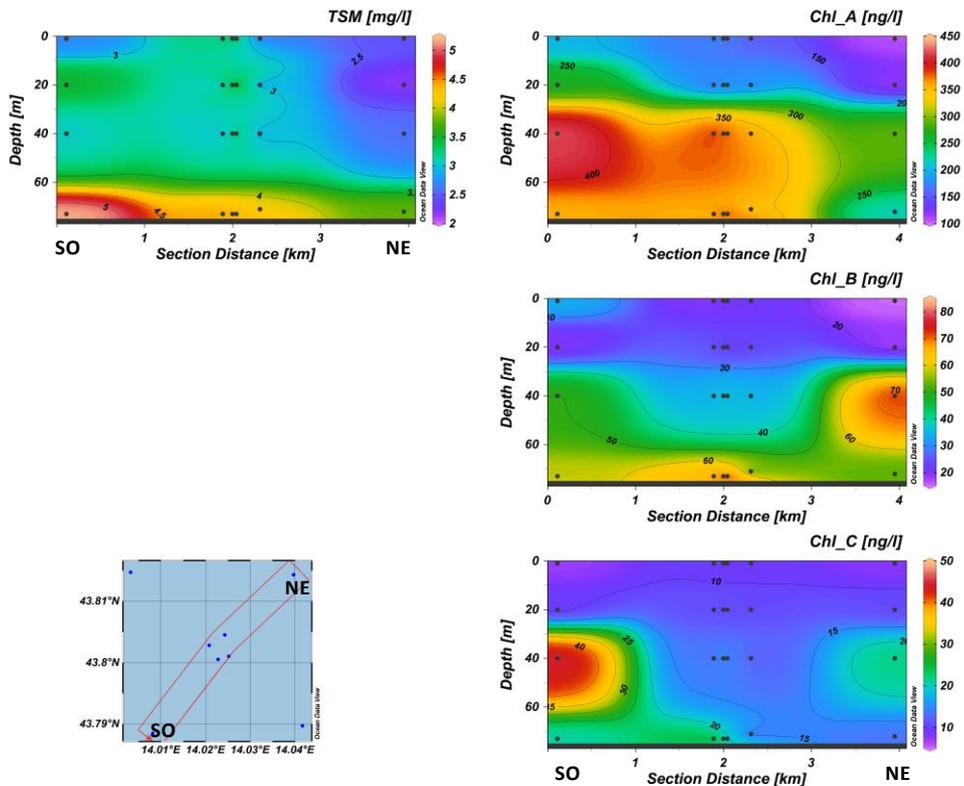


Fig. 2.31b - Sezione verticale delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Aprile 2016.**

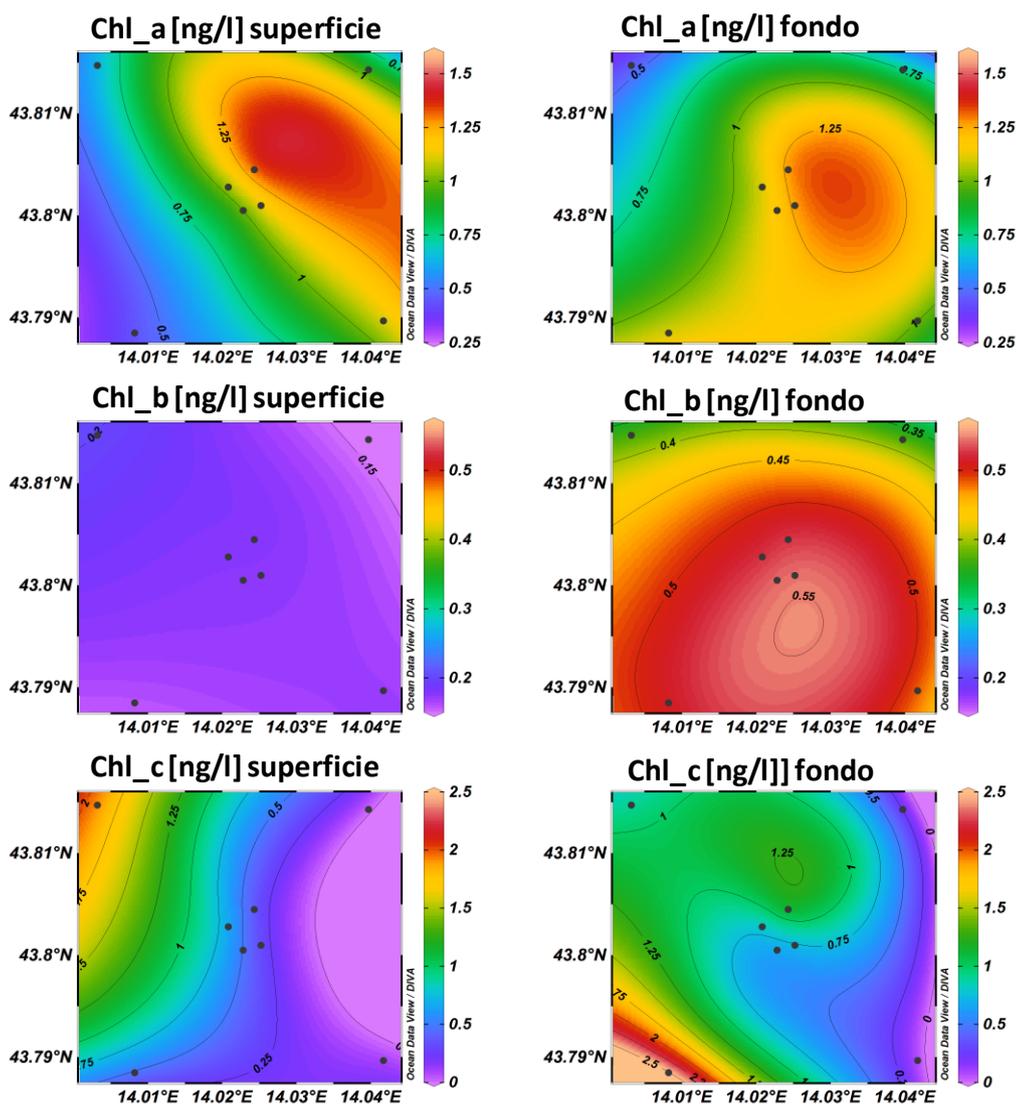


Fig. 2.32 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in ng/l. **Aprile 2016.**

2.2.1.4 Idrocarburi totali, Idrocarburi alifatici, Idrocarburi Policiclici Aromatici, BTEX

Tutti questi composti eccetto gli Idrocarburi alifatici (IA) sono risultati ovunque e sempre al di sotto dei limiti di rilevabilità strumentale (Tabb. 2-XVI e 2-XVII).

Gli IA sono gli unici composti organici ad essere stati rilevati in tutte le crociere. Tuttavia nei survey di febbraio e aprile il numero di campioni al di sopra del limite di rilevabilità è risultato esiguo (4 e 7 rispettivamente), nel primo caso tutti corrispondenti alla quota superficiale delle quattro stazioni a 100 m dalla piattaforma. Ad aprile la maggior parte dei campioni è stato raccolto nei siti posizionati a 100 m da Clara NW, ma il massimo di $14,30 \mu\text{g l}^{-1}$ è stato raggiunto in CL7, localizzata a 2000 m di distanza.

Nella crociera di marzo gli IA sono stati misurati in oltre il 65% dei campioni, con una variabilità piuttosto elevata e con una distribuzione relativamente omogenea rispetto alla posizione della piattaforma. In ogni caso non è stato evidenziato alcun trend particolare e la concentrazione media è risultata relativamente bassa ($4,15 \pm 3,18 \mu\text{g l}^{-1}$). Il massimo assoluto pari a $14,43 \mu\text{g l}^{-1}$ è stato misurato a 40 m della stazione CL7.

Tab. 2-XVI - Concentrazioni ($\mu\text{g/l}$) di Idrocarburi totali, IA e IPA registrate nelle diverse stazioni e alle diverse quote nei survey condotti a febbraio, marzo e aprile 2016.

Stazione	Febbraio 2016			Marzo 2016			Aprile 2016		
	Idroc. totali (n-esano)	IA (C10-C32)	IPA (16 IPA)	Idroc. totali (n-esano)	IA (C10-C32)	IPA (16 IPA)	Idroc. totali (n-esano)	IA (C10-C32)	IPA (16 IPA)
CL1 sup	< 30	1,59	<0,01	<30	6,66	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL1 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	1,72	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL1 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL1 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL2 sup	< 30	3,02	<0,01	<30	3,80	<0,01	< 30	1,90	<0,01
CL2 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	1,69	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL2 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	1,62	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL2 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	1,24	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL3 sup	< 30	3,19	<0,01	<30	5,44	<0,01	< 30	1,27	<0,01
CL3 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	6,66	<0,01	< 30	1,75	<0,01
CL3 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL3 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	3,85	<0,01	< 30	3,22	<0,01
CL4 sup	< 30	1,37	<0,01	<30	7,14	<0,01	< 30	1,22	<0,01
CL4 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	1,41	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL4 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	4,57	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL4 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL5 sup	< 30	< 1	<0,01	<30	1,71	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL5 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	2,91	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL5 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL5 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	1,65	<0,01	< 30	2,52	<0,01
CL6 sup	< 30	< 1	<0,01	<30	2,62	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL6 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	5,58	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL6 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL6 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL7 sup	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL7 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	1,85	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL7 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	14,43	<0,01	< 30	14,30	<0,01
CL7 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL8 sup	< 30	< 1	<0,01	<30	1,40	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL8 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	5,15	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL8 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL8 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	8,17	<0,01	< 30	< 1	<0,01

2.2.1.5 Glicole etilenico

Il Glicole etilenico è sempre risultato non rilevabile in tutti i tre survey (Tab. 2-XVIII).

Tab. 2-XVIII - Concentrazioni (mg/l) di Glicole etilenico registrate nelle diverse stazioni e alle diverse quote nel corso dei survey condotti a febbraio, marzo e aprile 2016.

Stazione	Febbraio 2016	Marzo 2016	Aprile 2016
CL1 sup	< 10	< 10	< 10
CL1 20 m	< 10	< 10	< 10
CL1 40 m	< 10	< 10	< 10
CL1 fondo	< 10	< 10	< 10
CL2 sup	< 10	< 10	< 10
CL2 20 m	< 10	< 10	< 10
CL2 40 m	< 10	< 10	< 10
CL2 fondo	< 10	< 10	< 10
CL3 sup	< 10	< 10	< 10
CL3 20 m	< 10	< 10	< 10
CL3 40 m	< 10	< 10	< 10
CL3 fondo	< 10	< 10	< 10
CL4 sup	< 10	< 10	< 10
CL4 20 m	< 10	< 10	< 10
CL4 40 m	< 10	< 10	< 10
CL4 fondo	< 10	< 10	< 10
CL5 sup	< 10	< 10	< 10
CL5 20 m	< 10	< 10	< 10
CL5 40 m	< 10	< 10	< 10
CL5 fondo	< 10	< 10	< 10
CL6 sup	< 10	< 10	< 10
CL6 20 m	< 10	< 10	< 10
CL6 40 m	< 10	< 10	< 10
CL6 fondo	< 10	< 10	< 10
CL7 sup	< 10	< 10	< 10
CL7 20 m	< 10	< 10	< 10
CL7 40 m	< 10	< 10	< 10
CL7 fondo	< 10	< 10	< 10
CL8 sup	< 10	< 10	< 10
CL8 20 m	< 10	< 10	< 10
CL8 40 m	< 10	< 10	< 10
CL8 fondo	< 10	< 10	< 10

2.2.1.6 Metalli pesanti

Le concentrazioni dei metalli determinati nella colonna d'acqua nelle campagne oggetto di questa relazione sono riportate in Tab. 2-XIX.

A **febbraio cadmio, mercurio** (eccetto in CL2 superficie) e **indio** non sono risultati rilevabili. **Ferro, piombo, rame e zinco** sono stati rilevati solo in un numero esiguo di campioni (circa il 20%) e con una distribuzione del tutto casuale che non permette ulteriori considerazioni. Tutti gli altri metalli sono apparsi praticamente sempre sopra il limite di rilevabilità. **Arsenico, bario, vanadio e silicio**, hanno evidenziato una scarsa

variabilità delle concentrazioni sia nella distribuzione orizzontale, sia in quella verticale, con un coefficiente di variazione (CV) medio di circa il 12%. I corrispondenti massimi sono risultati pari a 2,11 $\mu\text{g l}^{-1}$ (CL2, 20 m), 8,34 $\mu\text{g l}^{-1}$ (CL1, superficie), 1,67 $\mu\text{g l}^{-1}$ (CL8, 20 m) e a 0,29 mg l^{-1} (CL2, superficie). **Cromo** e **nichel** sono stati caratterizzati da una variabilità maggiore (CV di circa il 45%) ma anche da concentrazioni medie poco superiori il limite di rilevabilità e pari rispettivamente a $0,25\pm 0,10 \mu\text{g l}^{-1}$ e $0,46\pm 0,22 \mu\text{g l}^{-1}$. I massimi sono stati raggiunti per Cr in superficie della stazione CL4 ($0,67 \mu\text{g l}^{-1}$) e per Ni a 40 m della CL8 ($1,30 \mu\text{g l}^{-1}$). L'**alluminio** è il metallo con la maggiore variabilità (CV abbondantemente superiore al 100%), senza alcun particolare andamento spaziale (orizzontale e verticale). Il massimo assoluto per questo elemento è stato raggiunto a -40 m della CL8 ($39,39 \mu\text{g l}^{-1}$).

Tab. 2-XIX – Metalli pesanti ($\mu\text{g/l}$; Si in mg/l) determinati a febbraio, marzo e aprile 2016.

Stazione	Febbraio 2016													
	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
CL1 sup	7,87	1,63	8,34	<0,1	0,32	<5	<0,1	0,62	<0,1	0,33	1,18	<0,1	<0,1	0,19
CL1 20 m	6,19	1,80	7,74	<0,1	0,23	<5	<0,1	0,51	0,12	0,13	1,20	4,52	<0,1	0,20
CL1 40 m	6,97	1,78	8,13	<0,1	0,30	<5	<0,1	0,65	0,10	0,17	1,29	<0,1	<0,1	0,21
CL1 fondo	4,03	1,64	7,69	<0,1	0,27	<5	<0,1	0,41	<0,1	<0,1	1,13	<0,1	<0,1	0,15
CL2 sup	2,92	1,66	7,78	<0,1	0,21	<5	0,10	0,36	<0,1	<0,1	1,16	<0,1	<0,1	0,29
CL2 20 m	3,10	2,11	7,48	<0,1	0,21	<5	<0,1	0,28	<0,1	<0,1	1,22	<0,1	<0,1	0,18
CL2 40 m	4,72	1,95	7,51	<0,1	0,29	<5	<0,1	0,50	0,27	<0,1	1,24	5,92	<0,1	0,16
CL2 fondo	3,53	1,61	7,56	<0,1	0,19	<5	<0,1	0,37	<0,1	<0,1	1,26	<0,1	<0,1	0,19
CL3 sup	5,22	1,91	7,55	<0,1	0,29	<5	<0,1	0,30	0,16	<0,1	1,18	12,93	<0,1	0,19
CL3 20 m	28,65	1,69	7,77	<0,1	0,31	6,27	<0,1	0,65	0,84	<0,1	1,21	<0,1	<0,1	0,21
CL3 40 m	19,01	1,70	7,97	<0,1	0,39	8,17	<0,1	0,66	0,92	<0,1	1,30	49,10	<0,1	0,19
CL3 fondo	3,88	1,77	7,69	<0,1	0,22	<5	<0,1	0,37	0,39	<0,1	1,29	<0,1	<0,1	0,20
CL4 sup	4,62	1,77	7,34	<0,1	0,67	11,18	<0,1	0,87	<0,1	0,22	1,37	<0,1	<0,1	0,18
CL4 20 m	2,61	1,77	7,43	<0,1	0,16	<5	<0,1	0,29	<0,1	<0,1	1,22	<0,1	<0,1	0,19
CL4 40 m	2,73	1,82	7,66	<0,1	0,20	<5	<0,1	0,33	<0,1	<0,1	1,28	<0,1	<0,1	0,17
CL4 fondo	3,64	1,81	7,82	<0,1	0,18	<5	<0,1	0,86	<0,1	0,13	1,28	<0,1	<0,1	0,03
CL5 sup	3,21	1,77	7,69	<0,1	0,17	<5	<0,1	0,33	<0,1	<0,1	1,30	<0,1	<0,1	0,15
CL5 20 m	2,06	1,84	7,63	<0,1	0,19	<5	<0,1	0,26	<0,1	<0,1	1,31	<0,1	<0,1	0,13
CL5 40 m	3,22	1,84	7,58	<0,1	0,19	<5	<0,1	0,39	<0,1	<0,1	1,25	<0,1	<0,1	0,13
CL5 fondo	4,55	1,95	8,05	<0,1	0,20	<5	<0,1	0,44	<0,1	0,12	1,23	<0,1	<0,1	0,14
CL6 sup	3,38	1,78	7,81	<0,1	0,19	<5	<0,1	0,32	<0,1	0,11	1,29	<0,1	<0,1	0,14
CL6 20 m	6,19	1,75	7,52	<0,1	0,28	<5	<0,1	0,46	0,15	<0,1	1,28	6,09	<0,1	0,13
CL6 40 m	3,38	1,66	7,40	<0,1	0,20	<5	<0,1	0,31	<0,1	<0,1	1,32	<0,1	<0,1	0,12
CL6 fondo	2,46	1,71	7,54	<0,1	0,16	<5	<0,1	0,29	<0,1	<0,1	1,26	<0,1	<0,1	0,14
CL7 sup	4,84	1,90	7,65	<0,1	0,22	<5	<0,1	0,38	<0,1	<0,1	1,33	3,84	<0,1	0,13
CL7 20 m	3,85	1,73	7,34	<0,1	0,14	<5	<0,1	0,31	<0,1	<0,1	1,25	<0,1	<0,1	0,12
CL7 40 m	3,21	1,85	7,47	<0,1	0,24	<5	<0,1	0,35	<0,1	<0,1	1,42	<0,1	<0,1	0,11
CL7 fondo	3,18	1,76	7,53	<0,1	0,26	<5	<0,1	0,48	<0,1	<0,1	1,31	<0,1	<0,1	0,11
CL8 sup	2,39	1,89	7,48	<0,1	0,22	<5	<0,1	0,32	<0,1	<0,1	1,35	<0,1	<0,1	0,10
CL8 20 m	6,08	1,92	7,55	<0,1	0,27	5,48	<0,1	0,44	<0,1	<0,1	1,67	<0,1	<0,1	0,13
CL8 40 m	39,39	1,96	8,12	<0,1	0,42	13,59	<0,1	1,30	0,29	0,36	1,51	<0,1	<0,1	0,14
CL8 fondo	3,49	1,66	7,62	<0,1	0,15	<5	<0,1	0,26	<0,1	<0,1	1,35	<0,1	<0,1	0,10

Tab. 2-XIX – Continuo.

Marzo 2016														
Stazione	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
CL1 sup	15,69	1,63	8,77	<0,1	0,31	7,28	<0,1	0,85	0,19	<0,1	1,96	59,30	<0,1	0,14
CL1 20 m	21,93	1,47	7,96	<0,1	0,25	<5	<0,1	0,55	0,13	<0,1	1,70	<0,1	<0,1	0,16
CL1 40 m	13,06	1,27	7,58	<0,1	0,37	<5	<0,1	0,50	0,12	<0,1	1,61	27,30	<0,1	0,13
CL1 fondo	9,47	1,56	7,77	<0,1	0,19	<5	<0,1	0,45	<0,1	<0,1	1,56	3,70	<0,1	0,13
CL2 sup	8,89	1,75	7,58	<0,1	0,20	<5	0,26	0,56	<0,1	<0,1	1,52	7,70	<0,1	0,13
CL2 20 m	8,95	1,52	7,09	<0,1	0,14	<5	<0,1	0,28	<0,1	<0,1	1,53	3,87	<0,1	0,17
CL2 40 m	20,46	1,38	7,57	<0,1	0,40	6,37	<0,1	0,96	<0,1	<0,1	1,62	<0,1	<0,1	0,14
CL2 fondo	11,63	1,28	7,33	<0,1	0,21	<5	<0,1	0,44	<0,1	<0,1	1,66	18,95	<0,1	0,77
CL3 sup	10,65	1,33	7,37	<0,1	0,22	<5	<0,1	0,35	<0,1	<0,1	1,61	16,40	<0,1	0,12
CL3 20 m	6,92	1,42	7,13	<0,1	<0,1	<5	<0,1	0,22	<0,1	<0,1	1,54	7,37	<0,1	0,13
CL3 40 m	8,03	1,24	7,13	<0,1	0,10	<5	<0,1	0,28	<0,1	<0,1	1,62	2,33	<0,1	0,12
CL3 fondo	9,75	1,30	7,55	<0,1	0,26	<5	<0,1	0,36	<0,1	<0,1	1,64	45,43	<0,1	0,11
CL4 sup	7,91	1,60	7,20	<0,1	0,26	<5	<0,1	0,29	<0,1	<0,1	1,56	8,63	<0,1	<0,1
CL4 20 m	8,21	1,41	7,16	<0,1	0,16	<5	<0,1	0,33	<0,1	<0,1	1,66	16,91	<0,1	0,11
CL4 40 m	9,21	1,25	7,02	<0,1	0,19	<5	<0,1	0,32	0,20	<0,1	1,59	23,33	<0,1	0,13
CL4 fondo	6,08	1,66	7,22	<0,1	0,12	<5	<0,1	0,21	<0,1	<0,1	1,65	<0,1	<0,1	0,13
CL5 sup	7,49	1,35	7,15	<0,1	0,17	<5	0,19	0,27	<0,1	<0,1	1,59	<0,1	<0,1	0,14
CL5 20 m	11,58	1,21	7,51	<0,1	0,28	<5	<0,1	0,49	0,29	<0,1	1,50	61,05	<0,1	0,12
CL5 40 m	10,71	1,19	7,60	<0,1	0,14	<5	<0,1	0,85	0,15	<0,1	1,42	<0,1	<0,1	0,13
CL5 fondo	18,69	1,40	7,38	<0,1	0,65	8,98	<0,1	0,68	0,20	<0,1	1,63	<0,1	<0,1	0,14
CL6 sup	15,63	1,50	8,25	<0,1	0,28	5,37	<0,1	0,67	0,12	<0,1	1,60	22,66	<0,1	0,13
CL6 20 m	13,11	1,43	7,30	<0,1	0,24	<5	<0,1	0,53	<0,1	<0,1	1,63	19,14	<0,1	0,13
CL6 40 m	8,92	1,50	7,05	<0,1	0,23	<5	<0,1	0,42	<0,1	<0,1	1,65	22,82	<0,1	0,13
CL6 fondo	6,29	1,40	7,17	<0,1	0,13	<5	<0,1	0,26	<0,1	<0,1	1,56	<0,1	<0,1	0,12
CL7 sup	7,93	1,36	7,11	<0,1	0,16	<5	<0,1	0,22	<0,1	<0,1	1,62	<0,1	<0,1	0,14
CL7 20 m	8,58	1,64	7,25	<0,1	0,16	6,10	<0,1	0,64	<0,1	<0,1	1,63	1,31	<0,1	0,13
CL7 40 m	7,61	1,43	6,94	<0,1	0,12	<5	<0,1	0,33	<0,1	<0,1	1,70	<0,1	<0,1	0,15
CL7 fondo	7,20	1,58	7,19	<0,1	0,14	<5	<0,1	0,25	<0,1	<0,1	1,42	<0,1	<0,1	0,23
CL8 sup	14,80	1,61	7,52	<0,1	0,29	<5	0,25	0,54	0,29	<0,1	1,70	41,95	<0,1	0,17
CL8 20 m	9,16	1,14	7,13	<0,1	0,20	<5	<0,1	0,25	<0,1	<0,1	1,71	24,01	<0,1	0,13
CL8 40 m	10,40	1,37	7,00	<0,1	0,22	<5	<0,1	0,41	<0,1	<0,1	1,58	17,95	<0,1	0,13
CL8 fondo	9,50	1,43	7,01	<0,1	0,11	<5	<0,1	0,25	<0,1	<0,1	1,58	<0,1	<0,1	0,14

Tab. 2-XIX – Continuo.

Aprile 2016														
Stazione	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
CL1 sup	0,27	1,60	8,39	<0,1	0,18	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,53	5,97	<0,1	0,16
CL1 20 m	4,03	1,63	8,09	<0,1	0,10	<5	<0,1	0,68	<0,1	<0,1	1,66	11,94	<0,1	0,16
CL1 40 m	1,93	1,98	8,21	<0,1	0,32	<5	<0,1	<0,1	0,16	<0,1	1,39	23,97	<0,1	0,13
CL1 fondo	<0,1	1,78	8,09	<0,1	0,16	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,50	1,94	<0,1	0,15
CL2 sup	4,95	1,91	8,62	<0,1	0,25	26,29	0,14	0,34	0,44	<0,1	1,57	9,29	<0,1	0,14
CL2 20 m	<0,1	1,35	7,50	<0,1	0,30	<5	0,10	<0,1	<0,1	<0,1	1,65	<0,1	<0,1	0,12
CL2 40 m	4,38	1,55	8,03	<0,1	0,93	11,30	0,11	0,24	0,37	<0,1	1,41	52,56	<0,1	0,16
CL2 fondo	<0,1	1,77	8,44	<0,1	0,23	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,64	<0,1	<0,1	0,15
CL3 sup	<0,1	1,47	7,92	<0,1	0,10	<5	<0,1	0,51	<0,1	<0,1	1,55	3,28	<0,1	0,12
CL3 20 m	<0,1	1,49	7,89	<0,1	0,17	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,57	4,82	<0,1	0,13
CL3 40 m	<0,1	1,90	7,89	<0,1	0,14	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,50	20,94	<0,1	0,13
CL3 fondo	<0,1	1,58	8,20	<0,1	0,20	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,77	53,83	<0,1	0,15
CL4 sup	<0,1	1,44	8,31	<0,1	0,20	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,48	9,30	<0,1	0,13
CL4 20 m	<0,1	1,60	7,81	<0,1	0,14	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,54	4,59	<0,1	0,11
CL4 40 m	<0,1	1,63	7,85	<0,1	0,20	<5	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	1,48	10,41	<0,1	0,15
CL4 fondo	<0,1	1,79	8,56	<0,1	0,16	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,58	<0,1	<0,1	0,15
CL5 sup	2,05	1,50	8,03	<0,1	0,19	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,85	36,18	<0,1	0,14
CL5 20 m	<0,1	1,71	8,04	<0,1	<0,1	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,84	<0,1	<0,1	0,15
CL5 40 m	2,88	1,77	8,07	<0,1	0,18	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,65	<0,1	<0,1	0,15
CL5 fondo	0,12	1,39	8,28	<0,1	0,18	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,58	13,25	<0,1	0,15
CL6 sup	1,99	1,68	8,65	<0,1	0,10	<5	<0,1	0,38	<0,1	<0,1	1,44	0,96	<0,1	0,12
CL6 20 m	2,80	1,50	7,88	<0,1	0,29	<5	<0,1	0,35	0,10	<0,1	1,67	3,75	<0,1	0,13
CL6 40 m	<0,1	1,57	7,48	<0,1	0,20	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,60	<0,1	<0,1	0,13
CL6 fondo	<0,1	1,63	7,79	<0,1	<0,1	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,68	<0,1	<0,1	0,15
CL7 sup	<0,1	1,63	8,50	<0,1	0,15	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,69	<0,1	<0,1	0,12
CL7 20 m	4,68	1,85	8,19	<0,1	0,76	8,71	<0,1	0,23	<0,1	<0,1	1,78	12,12	<0,1	0,10
CL7 40 m	<0,1	1,73	8,50	<0,1	0,14	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,79	<0,1	<0,1	0,11
CL7 fondo	1,08	1,75	8,81	<0,1	0,37	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,70	7,31	<0,1	0,17
CL8 sup	1,74	1,63	8,49	<0,1	0,15	<5	0,13	0,22	0,12	<0,1	1,66	<0,1	<0,1	0,10
CL8 20 m	20,44	1,75	8,93	<0,1	0,37	14,32	<0,1	0,27	0,99	<0,1	1,70	45,78	<0,1	0,13
CL8 40 m	0,62	1,59	8,30	<0,1	<0,1	<5	<0,1	0,23	<0,1	<0,1	1,85	<0,1	<0,1	0,10
CL8 fondo	<0,1	1,67	8,60	<0,1	0,10	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,82	<0,1	<0,1	0,20

A **marzo** è stata evidenziata una situazione simile a quella della crociera precedente per quasi tutte le specie chimiche considerate. **Cadmio**, **mercurio** (fatta eccezione per 3 campioni) e **indio**, assieme al **rame**, non sono stati rilevati. Anche il **ferro** e il **piombo** hanno mostrato un andamento simile al survey precedente, essendo non rilevabili in circa l'80% dei campioni. Discorso simile anche per quanto riguarda **arsenico**, **bario**, **vanadio** e **silicio**, risultati scarsamente variabili e con medie simili a quelle di febbraio. Il massimo valore di As è stato registrato in superficie della stazione CL2 ($1,75 \mu\text{g l}^{-1}$), quelli di V e Ba in superficie della CL1 ($1,96 \mu\text{g l}^{-1}$ e $8,77 \mu\text{g l}^{-1}$ rispettivamente). La concentrazione maggiore di Si è stata invece raggiunta al fondo della stazione CL2 ($0,77 \text{mg l}^{-1}$).

Anche **cromo** e **nicel** hanno evidenziato un andamento simile alla crociera precedente, mostrando valori sempre rilevabili, simili a quelli di febbraio e un CV di circa il 47%. I

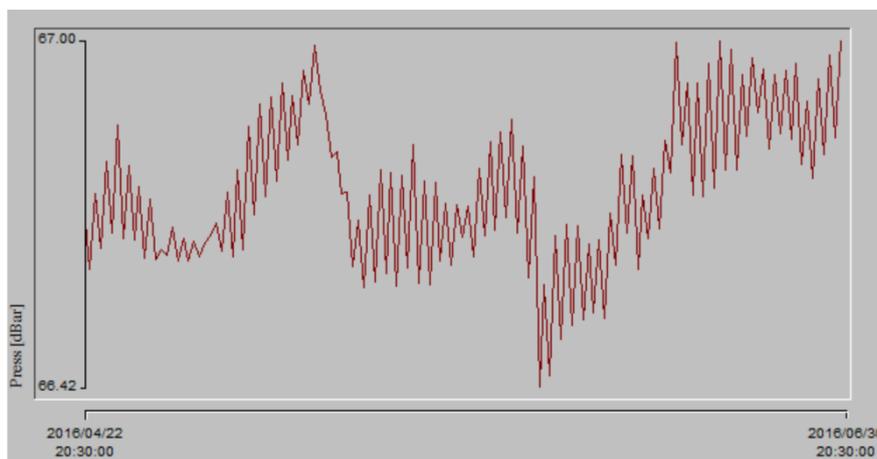
massimi sono stati raggiunti per Cr al fondo della stazione CL5 ($0,65 \mu\text{g l}^{-1}$) e per Ni alla quota 40 ($0,96 \mu\text{g l}^{-1}$) della CL2. **Alluminio** e **zinco** sono le due uniche specie chimiche che hanno mostrato un aumento importante delle concentrazioni rispetto febbraio. In particolare, Zn è risultato quasi sempre rilevabile, con il massimo di $61,05 \mu\text{g l}^{-1}$ a -20 m della CL5. La concentrazione maggiore di Al ($21,93 \mu\text{g l}^{-1}$) è stata invece registrata sempre alla quota dei m 20 ma della stazione CL1.

Anche ad **aprile** la situazione non si è discostata molto dalle precedenti, con **cadmio**, **mercurio** (fatta eccezione per 4 campioni) **rame** e **indio** sempre al di sotto dei rispettivi limiti di rilevabilità e **ferro** e **piombo** rilevabili in poco più del 15% delle stazioni analogamente, in questa crociera, al **nicel**, rilevabile in circa il 30% dei campioni. **Arsenico**, **bario**, **vanadio** e **silicio** hanno presentato la consueta scarsa variabilità e valori non particolarmente dissimili dai precedenti. I valori massimi sono stati raggiunti rispettivamente a -40 m della stazione CL1 ($1,98 \mu\text{g l}^{-1}$), a -20 m della CL8 ($8,93 \mu\text{g l}^{-1}$), a -40 m sempre della CL8 ($1,85 \mu\text{g l}^{-1}$) e al fondo della CL8 ($0,20 \mu\text{g l}^{-1}$). Il **romo** è risultato sempre rilevabile (eccezion fatta per 3 campioni), così come nei survey di febbraio e marzo, mostrando una maggiore variabilità (CV pari a circa il 77%) ma valori simili ai precedenti. Il massimo è stato raggiunto alla quota 40 della stazione CL2 ($0,93 \mu\text{g l}^{-1}$). Come già negli altri survey, **alluminio** e **zinco** hanno presentato la più alta variabilità, con un CV medio di quasi il 120%. I valori massimi sono stati misurati rispettivamente alla quota 20 della stazione CL8 ($20,4 \mu\text{g l}^{-1}$) e al fondo della CL3 ($53,8 \mu\text{g l}^{-1}$).

2.2.2 MISURE CORRENTOMETRICHE

Dal grafico delle pressione (fig. 2.33) è emerso che i correntometri sono rimasti costantemente alla stessa profondità con lievi spostamenti, indicando un ormeggio e ben equilibrato.

Pressione aprile – giugno 2016 Nortek - 66m



Pressione aprile – giugno 2016 Nortek - 36m

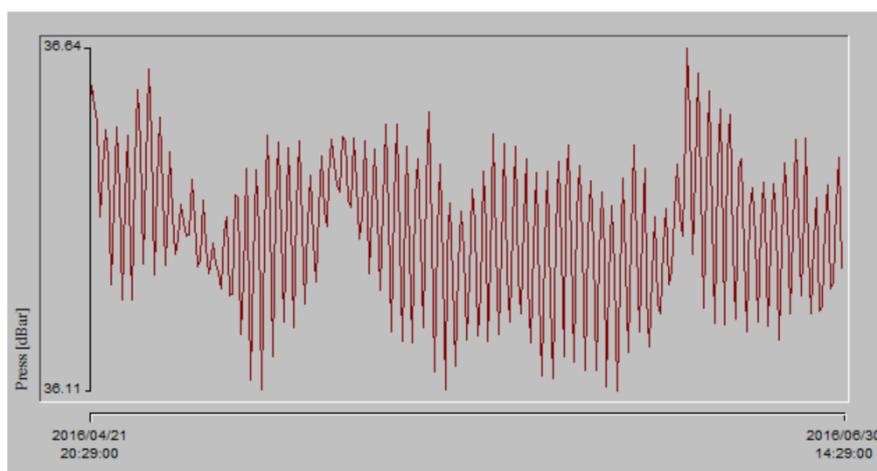


Fig. 2.33 - Pressione misurata dal 21 aprile al 30 giugno dai correntometri posizionati presso Clara NW.

Durante il periodo preso in considerazione (21 aprile - 30 giugno 2016) le correnti sono risultate tendenzialmente dirette a SW, con una rotazione verso N da inizio maggio a inizio giugno nella colonna d'acqua da -66 m a -36 m; a profondità inferiori, invece, anche in quel periodo l'andamento era verso SW con un aumento delle intensità verso la superficie (fig. 2.34). L'intensità della corrente è apparsa relativamente costante e di modesta intensità, intorno a 0,25 m/s eccetto tra i 40 e i 36 m in cui era di 0,4 m/s.

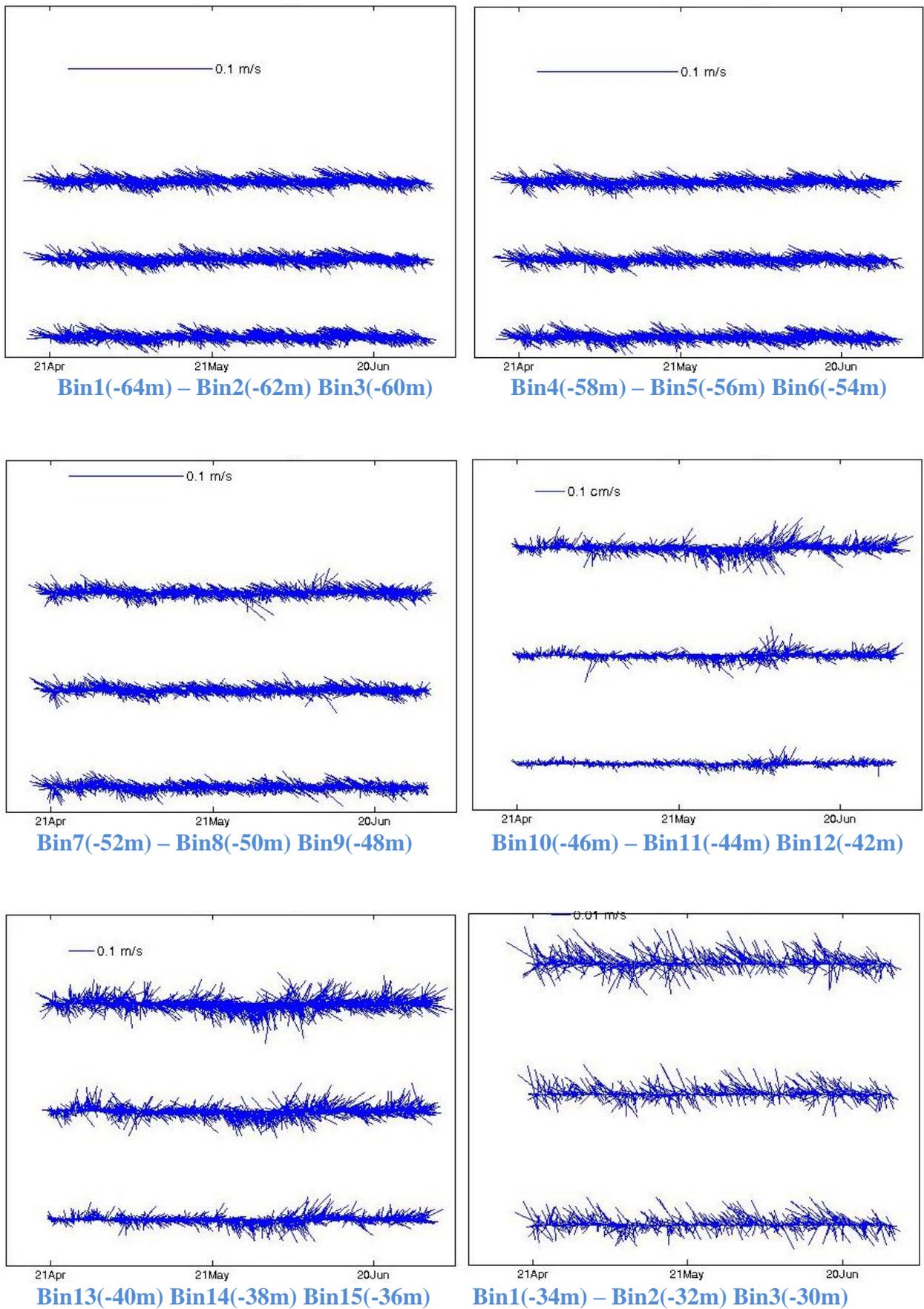


Fig. 2.34 - Stickplot delle correnti (medie giornaliere) lungo la colonna d'acqua (dal fondo verso la superficie) ottenuti con i correntometri ADCP nel periodo 21/04 - 30/06/2016.

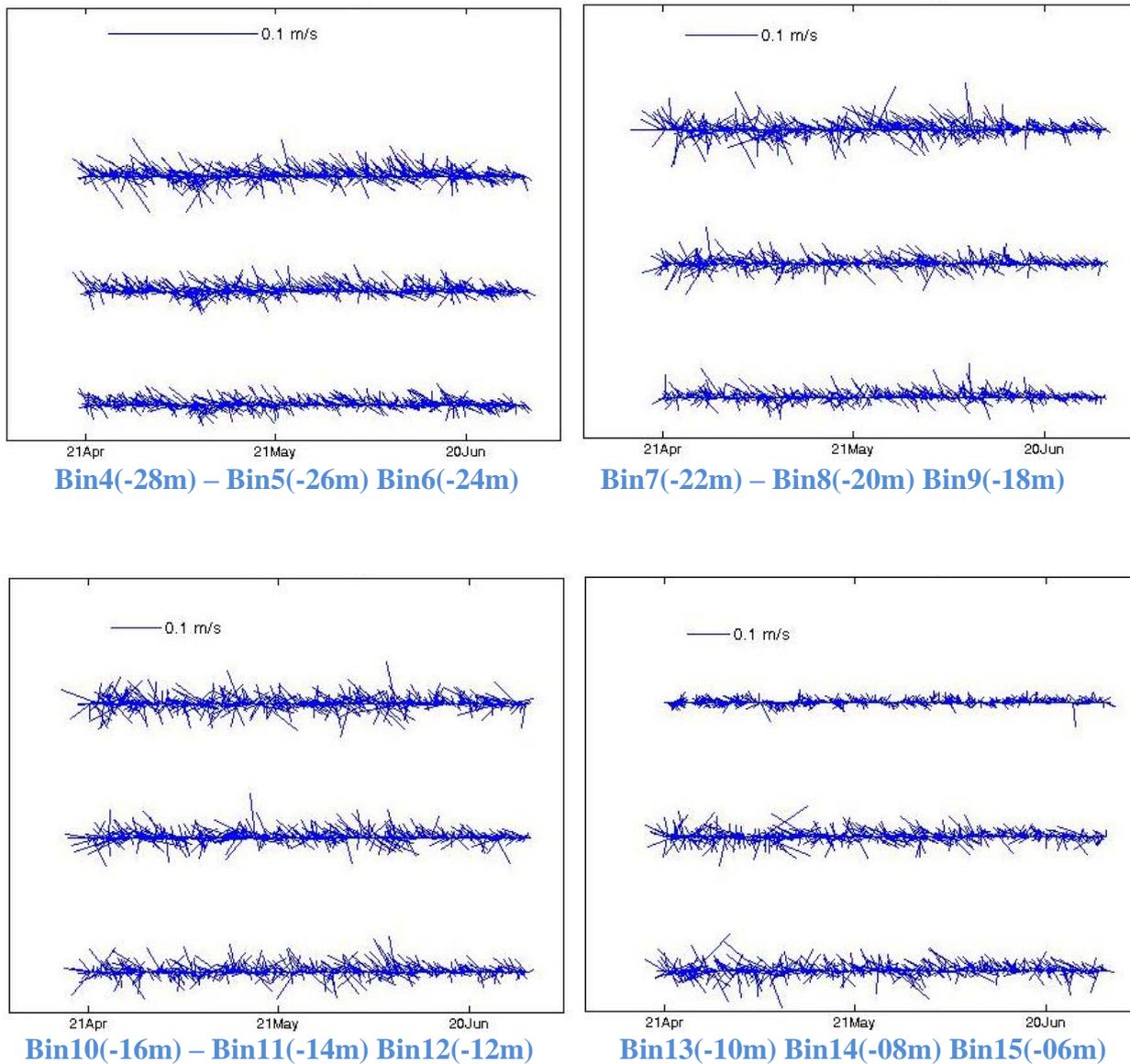
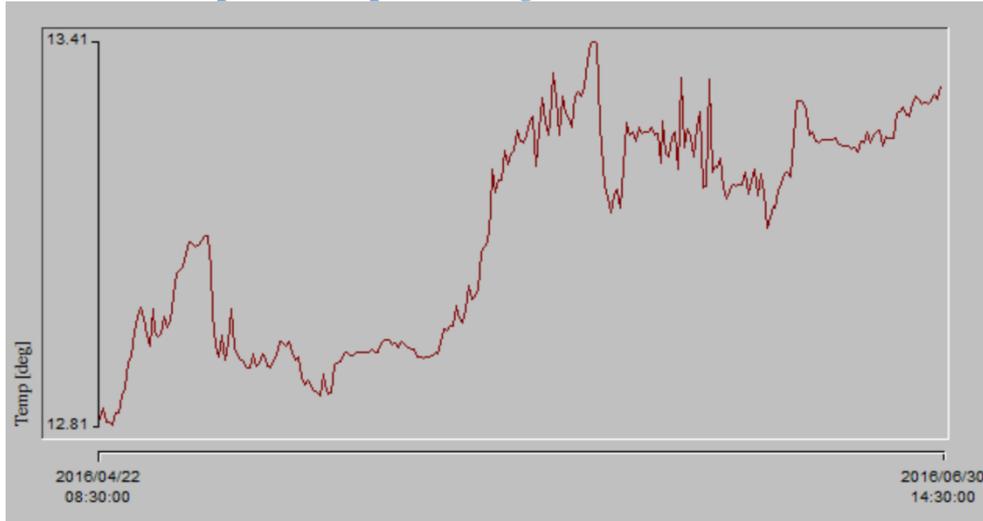


Fig. 2.34 - Continuo.

La temperatura misurata dai correntometri (fig. 2.35) è apparsa in aumento da aprile verso la fine di giugno ad entrambe le quote. Quella misurata a 66 m di profondità è passata da 12,8°C a 13,3°C, con una punta di 13,4°C nei primi giorni di giugno.

La temperatura misurata a 36 m è invece passata da 13,5°C ad aprile a 15,3°C a fine periodo presentando maggiori oscillazioni rispetto a quella più profonda.

Temperatura Aprile – Giugno 2016 Nortek - 66m



Temperatura Aprile – Giugno 2016 Nortek - 36m

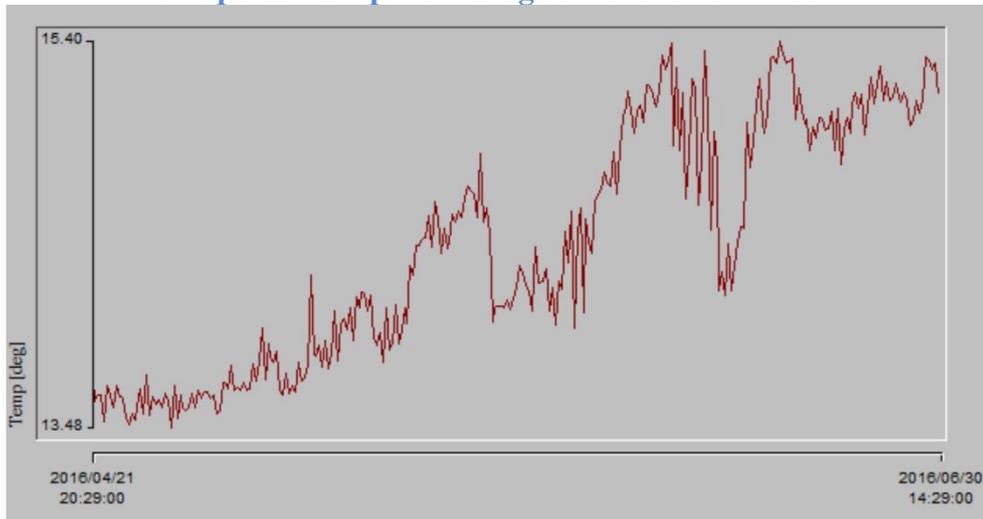


Fig. 2.35 - Andamento della temperatura registrata dai sensori dei due ADCP posizionati a -66 m e a -36 m dal 21 aprile al 30 giugno 2016.

2.2.3. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

2.2.3.1 Granulometria

All'analisi visiva tutti i sedimenti monitorati dopo l'istallazione della piattaforma hanno presentato scarse differenze tra loro, essendo costituiti in prevalenza dalla frazione pelitica, caratterizzati da un colore nocciola-grigio con scarsa presenza di biodetrito conchifero.

Solo nelle stazioni CL NW, CL SW e A6 sono state rilevate strie nerastre indicatrici di scarsa ossigenazione. In CL NW, inoltre, è stato campionato abbondante materiale di evidente origine antropica.

L'analisi granulometrica (fig. 2.36, Tab. 2-XX) ha confermato la prevalenza in quasi tutti i campioni della frazione siltosa, il cui picco è stato rilevato in corrispondenza di A8 (49,24%). Fanno eccezione le stazioni CL NW e B4 in cui, seppur di poco, l'argilla ha presentato una percentuale maggiore rispetto al silt. Tuttavia tale comportamento è stato osservato anche in K3. In tutti i casi la differenza tra silt e argilla è apparsa molto modesta tranne in A5 e A6 e, in minor misura, in CL SW dove la percentuale di silt era chiaramente maggiore rispetto all'argilla. In A5 e A6 la modesta percentuale di argilla è stata compensata da una maggior presenza della frazione sabbiosa, in quasi tutte le restanti stazioni inferiore al 20%.

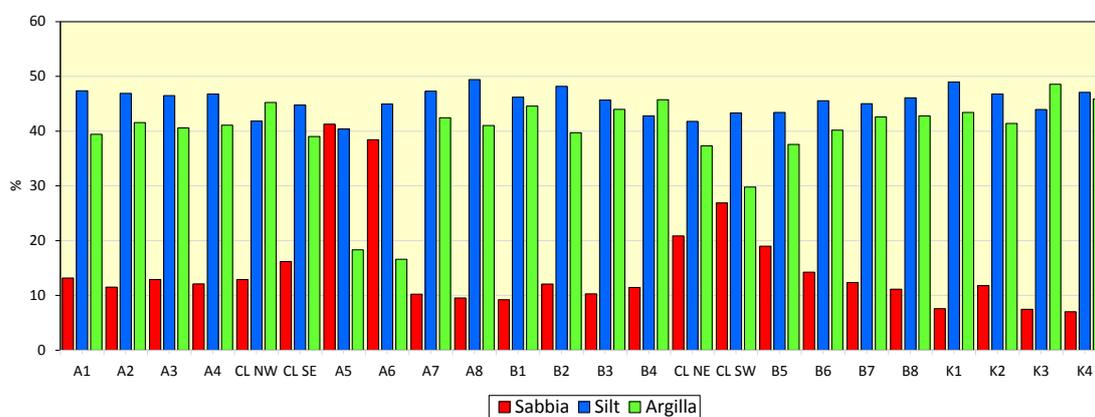


Fig. 2.36 - Ripartizione delle classi granulometriche, espresse in percentuale, nei sedimenti analizzati nel nel 1° survey post lavori.

Tab. 2-XX - Composizione percentuale delle principali classi granulometriche dei sedimenti analizzati nel 1° survey post lavori. I siti corrispondenti alla piattaforma sono evidenziati in rosso.

	Sabbia	Pelite		Classificazione di Shepard
		Silt	Argilla	
A1	13,19	47,38	39,43	Silt argilloso
A2	11,51	46,92	41,57	Silt argilloso
A3	12,90	46,49	40,61	Silt argilloso
A4	12,11	46,78	41,11	Silt argilloso
CL NW	12,89	41,86	45,24	Argilla siltosa
CL SE	16,20	44,77	39,02	Silt argilloso
A5	41,27	40,41	18,32	Sabbia siltosa
A6	38,43	44,97	16,60	Silt sabbioso
A7	10,24	47,31	42,44	Silt argilloso
A8	9,54	49,42	41,04	Silt argilloso
B1	9,22	46,21	44,57	Silt argilloso
B2	12,09	48,18	39,73	Silt argilloso
B3	10,31	45,70	44,00	Silt argilloso
B4	11,46	42,79	45,75	Argilla siltosa
CL NE	20,86	41,80	37,34	Loam
CL SW	26,89	43,32	29,78	Loam
B5	19,00	43,43	37,57	Silt argilloso
B6	14,26	45,54	40,20	Silt argilloso
B7	12,37	45,02	42,61	Silt argilloso
B8	11,14	46,07	42,79	Silt argilloso
K1	7,59	48,99	43,42	Silt argilloso
K2	11,80	46,78	41,43	Silt argilloso
K3	7,47	43,97	48,56	Argilla siltosa
K4	7,04	47,09	45,88	Silt argilloso

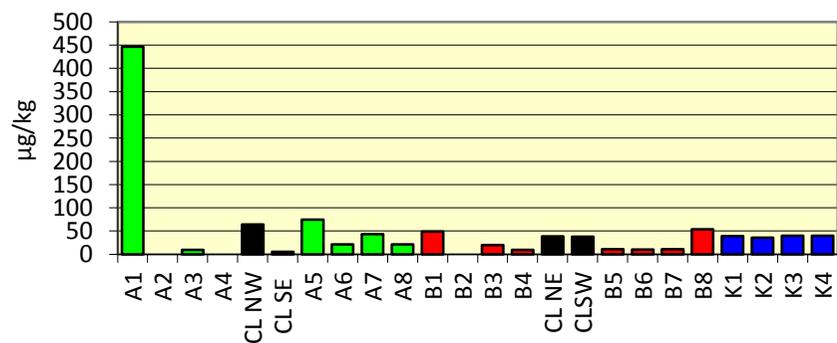
2.2.3.2 Idrocarburi Policiclici Aromatici

Nel 1° survey post lavori i vari composti hanno presentato comportamenti diversi tra loro (Tab. 2-XXI). Nel complesso sono apparsi poco presenti, nessuno di loro è stato rilevato in tutte le stazioni e nei siti A2, A4 e B2 non sono stati affatto determinati. A1 risulta la stazione maggiormente contaminata sia come numero di composti rinvenuti, sia come concentrazioni.

Gli IPA totali hanno presentato tenori molto bassi (fig. 2.37), ben al di sotto degli LCB indicati dal Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini (ICRAM-APAT, 2007), anche in A1.

Tab. 2-XXI - Concentrazioni degli Idrocarburi Policiclici Aromatici ($\mu\text{g}/\text{kg}$ s.s.) nei sedimenti prelevati nel nel 1° survey post lavori. Le stazioni poste in corrispondenza della piattaforma sono evidenziate in rosso. Ove disponibili sono anche riportati gli LCB indicati da ICRAM-APAT (2007).

	LCB	A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Acenaftene	7	260,	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,7	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Acenaftilene		27,0	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Antracene	47	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Benzo (a) antracene	75	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Benzo (a) pirene	80	50,0	<1	<1	<1	<1	<1	13	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Benzo (b) fluorantene	40	38,0	<1	<1	<1	17,0	<1	11,0	<1	13,0	<1	<1	<1	<1	<1	11,0	13,0	<1	<1	<1	17,0	11,0	11,0	13,0	14,0
Benzo (g, h,i) perilene	55	41,0	<1	<1	<1	16,0	<1	17,0	<1	12,0	10,0	11,0		10,0		11,0	12,0	<1	<1	<1	18,0	11,0	12,0	13,0	12,0
Benzo (k) fluorantene	20	33,0	<1	<1	<1	12,0	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Crisene	108	24,0	<1	<1	<1	<1	<1	14,0	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Dibenzo (a, h) antracene	6	45,0	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Fenantrene	87	22,0	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	4,4	<1	<1	<1	<1	<1	4,2	<1	<1	<1
Fluorantene	113	32,0	<1	<1	<1	<1	<1	8,3	<1	4,1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Fluorene	21	11,0	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	70	41,0	<1	9,6	<1	19,0	5,6	11,0	<1	14,0	11,0	13,0		10,0	9,7	12,0	13,0	9,5	10,0	11,0	19,0	13,0	13,0	14,0	14,0
Naftalene	35	33,0	<1	<1	<1	<1	<1	<1	21,0	<1	<1	25,0	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Pirene	153	24,0	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Totale	900	447,0		9,6		64,0	5,6	74,3	21,0	43,1	21,0	49,0		20,0	9,7	38,4	38,0	11,2	10,0	11,0	54,0	39,2	36,0	40,0	40,0



2.37 - Concentrazioni ($\mu\text{g}/\text{kg}$ s.s.) nei sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. Le stazioni poste in corrispondenza della piattaforma sono evidenziate in nero.

2.2.3.3 Idrocarburi totali

Nel 1° survey post lavori di installazione di Clara NW gli Idrocarburi sia pesanti ($C>12$) che leggeri ($C<12$) non sono risultati rilevabili in alcuna stazione.

2.2.3.4 Metalli pesanti

I contenuti dei metalli pesanti rilevati nell'inverno 2012 sono riportati in fig. 2.38 e in Tab. 2-XXII. Nella discussione che segue vengono riportati gli SQA indicati nei DM 56/2009, DM 260/2010 e DM 172/2015 per cadmio, mercurio, piombo, nichel, arsenico e cromo, unici metalli per i quali sono disponibili.

Alluminio – Lungo i transetti l'alluminio è oscillato tra 1,04% (A5) e 2,94% (B1), valori inferiori o compresi nell'intervallo dei controlli (2,08% - 3,19%). Sia nel settore SE del transetto A che in quello NE del transetto B si evidenzia un trend decrescente dai siti più lontani verso la piattaforma dove è stato registrato un incremento rispetto a questi ultimi.

Arsenico – Questo metallo è presente nell'area di indagine con tenori molto modesti. Le concentrazioni lungo i transetti sono apparse inferiori o in linea con i controlli. L'SQA riportato nella Tab. 3/B del DM 2015/172 (12 mg/kg s.s.) è stato di poco superato in alcuni siti dei transetti e in tre controlli.

Bario – Per quanto concerne i siti corrispondenti alla piattaforma, in CL NW è stata rilevata una concentrazione doppia rispetto alla media dei controlli ($79,68 \pm 31,55$ mg/kg). Nelle altre tre stazioni i tenori sono apparsi in linea con i riferimenti. Riguardo ai transetti sono da segnalare i picchi in A4 e A5 corrispondenti rispettivamente a 5 e 4 volte la media dei controlli. Di minore entità risulta l'anomalia osservata in A2 dove il bario è doppio rispetto alla media dei riferimenti.

Cadmio – Le concentrazioni di cadmio sono risultate molto basse ovunque, notevolmente inferiori all'SQA riportato nella Tab. 3/A del DM 2015/172 (0,3 mg/kg s.s.). I tenori registrati lungo i transetti e nei siti CL sono tutti inferiori o confrontabili con i controlli.

Cromo – Il contenuto di cromo lungo i transetti e nei siti CL è risultato modesto e inferiore o in linea con i controlli. Nel ramo SE del transetto A si rileva il medesimo trend descritto per Al.

Il superamento dell'SQA riportato nella Tab. 3/B del DM 250/2015 (50 mg/kg) avvenuto ovunque eccetto A5 e A6 non è imputabile alla piattaforma essendosi verificato anche ai controlli.

Tab. 2-XXII - Concentrazioni (mg/kg s.s.; Al e Fe espressi in %) dei metalli in tracce presenti nei sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. In rosso le stazioni corrispondenti a Clara NW.

	Alluminio	Arsenico	Bario	Cadmio	Cromo	Rame	Ferro	Indio	Mercurio	Nichel	Piombo	Silicio	Vanadio	Zinco
A1	2,81	11,79	110,94	0,047	67,34	17,74	2,64	0,03	0,033	54,70	17,56	136,26	71,74	72,27
A2	2,71	12,00	160,84	0,057	65,23	16,94	2,57	0,03	0,034	54,31	16,94	124,50	68,18	71,78
A3	1,96	13,03	113,28	0,050	53,13	14,74	2,28	0,03	0,034	49,13	16,89	106,56	53,49	66,15
A4	2,20	11,90	406,14	0,059	56,83	16,71	2,34	0,03	0,038	49,43	17,57	90,31	57,77	66,67
CL NW	2,54	10,84	166,51	0,073	63,85	15,71	2,37	0,03	0,035	50,42	14,40	142,07	65,17	64,72
CL SE	2,08	9,65	50,39	0,063	56,19	12,50	2,12	0,02	0,015	47,30	10,03	124,25	55,23	51,85
A5	1,04	6,09	346,25	0,072	27,82	14,83	1,41	<0,02	0,018	32,58	8,17	106,48	31,56	40,95
A6	1,17	6,00	38,60	0,048	32,22	6,09	1,46	<0,02	0,008	29,54	7,77	87,96	32,16	34,89
A7	1,99	11,92	65,79	0,050	53,16	15,59	2,28	0,03	0,038	49,30	19,20	381,18	54,16	64,78
A8	2,15	12,61	74,69	0,047	55,62	15,82	2,32	0,03	0,037	48,93	18,48	76,84	56,14	67,28
B1	2,94	10,54	116,89	0,051	67,85	16,45	2,56	0,03	0,036	54,54	19,29	165,36	71,90	75,21
B2	2,49	12,16	83,90	0,047	63,63	16,88	2,55	0,03	0,035	55,47	19,20	125,46	64,89	72,02
B3	2,26	12,86	69,82	0,048	57,33	14,76	2,32	0,03	0,036	50,44	18,48	78,66	58,98	68,19
B4	1,90	7,28	52,71	0,047	60,28	14,36	2,12	0,03	0,035	51,74	17,23	67,39	49,91	61,35
CL NE	2,22	11,63	101,36	0,068	57,98	17,36	2,30	0,03	0,033	48,40	12,44	150,25	61,21	61,22
CL SW	2,66	9,93	107,79	0,064	64,72	14,85	2,37	0,03	0,032	49,44	13,25	134,28	66,48	64,62
B5	1,87	12,73	80,45	0,048	53,49	14,72	2,11	0,02	0,030	45,06	17,70	111,97	52,34	60,56
B6	2,55	13,77	74,22	0,044	63,39	17,45	2,53	0,03	0,040	53,57	20,21	89,30	66,01	72,16
B7	2,44	11,23	72,76	0,051	61,61	16,68	2,49	0,03	0,038	54,42	20,61	98,58	63,19	70,80
B8	2,07	12,21	54,52	0,042	54,49	15,90	2,26	0,03	0,038	49,09	20,97	89,03	56,52	64,78
K1	2,51	14,96	60,02	0,065	65,40	16,62	2,41	0,03	0,036	52,48	15,85	143,11	63,66	66,38
K2	2,08	16,55	49,90	0,079	55,06	13,48	2,16	0,03	0,041	46,32	14,48	174,71	56,75	56,99
K3	3,15	9,37	120,06	0,071	83,97	21,38	2,95	0,03	0,038	66,01	15,78	146,60	79,45	80,91
K4	3,19	14,85	88,74	0,077	75,25	17,75	2,69	0,03	0,043	56,53	15,70	164,61	77,42	74,10

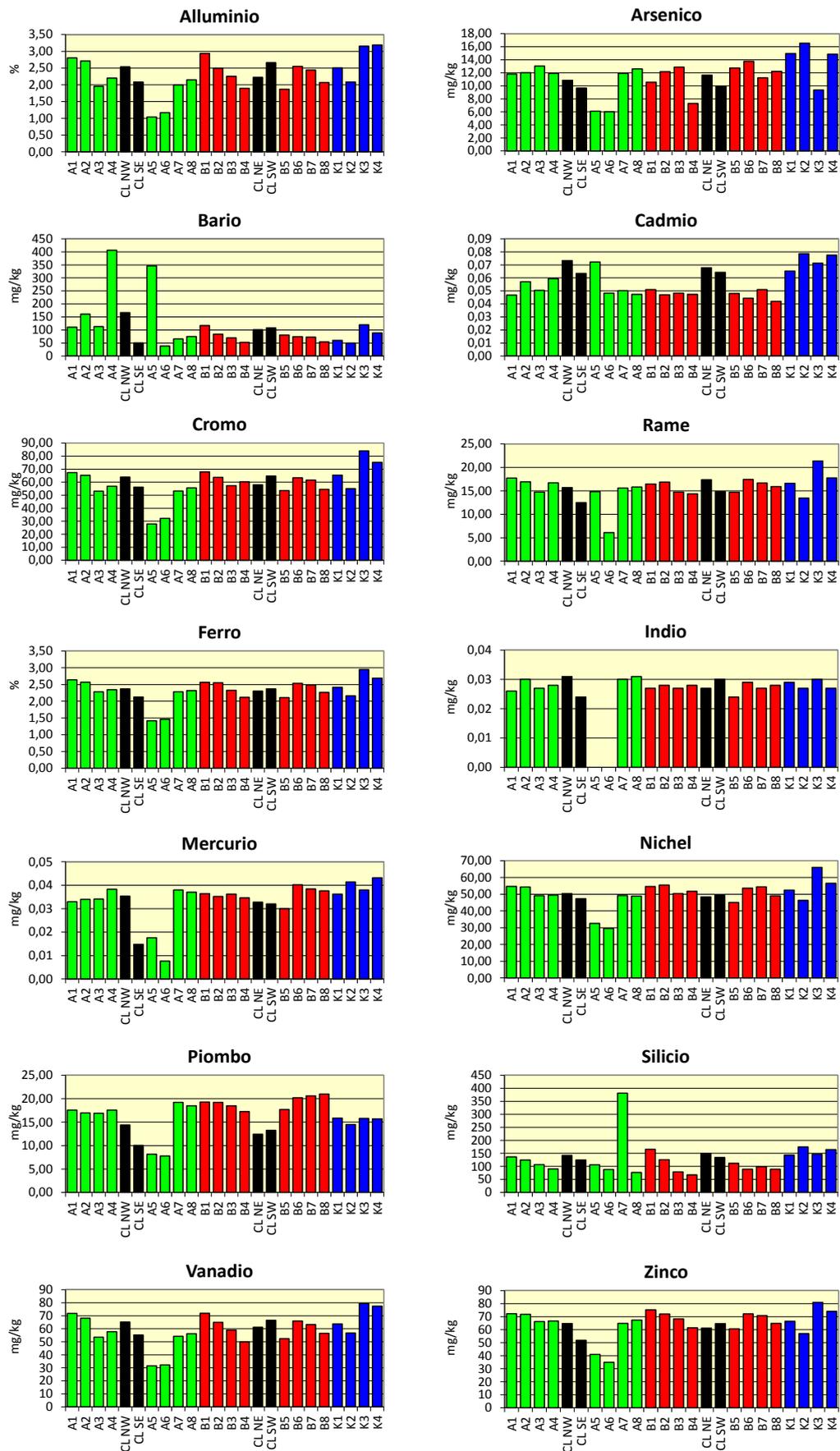


Fig. 2.38 - Concentrazioni (mg/kg; Al e Fe in %) dei metalli pesanti registrate nel 1° survey post lavori. In nero le stazioni corrispondenti alla piattaforma

Rame – Le concentrazioni di rame relative ai transetti e ai siti corrispondenti alla piattaforma sono risultate modeste, essendo comprese tra 6,09 mg/kg (A6) e 17,74 mg/kg (A1), e inferiori o in linea con i controlli dove questo metallo è oscillato tra 13,48 e 21,38 mg/kg.

Ferro – Il ferro è apparso presente in concentrazioni modeste lungo i transetti e nelle stazioni CL, inferiori o in linea con i controlli dove questo metallo è risultato compreso tra il 2,16% e il 2,95%.

Indio – L'indio è scarsamente presente nell'area di studio. In A5 e A6 non è stato affatto rilevato e altrove tutti i valori sono risultati prossimi al limite di quantificazione (0,02 mg/kg).

Mercurio – Anche le concentrazioni di mercurio sono risultate molto modeste, ampiamente inferiori all'SQA (0,3 mg/kg s.s.) riportato nella Tab. 3/A del DM 2015/172. I tenori lungo i transetti e nei siti della piattaforma sono apparsi in linea o più bassi rispetto a quelli rilevati ai controlli.

Nichel – Le concentrazioni di nichel rilevate dopo i lavori di installazione lungo i transetti e presso Clara NW sono risultate complessivamente omogenee tra loro eccetto in A5 e A6 dove sono stati registrati i minimi (32,58 e 29,54 mg/kg rispettivamente). Esse sono inoltre apparse inferiori o in linea con i controlli.

L'SQA riportato nelle Tabb. 2/A del DM 56/2009 e del DM 260/2010 (30 mg/kg s.s.) è stato superato ovunque eccetto in A6.

Piombo – Le concentrazioni di piombo rilevate dopo la posa in opera di Clara NW nei vari siti sono risultate molto basse, ampiamente inferiori all'SQA riportato nella Tab. 3/A del DM 2015/172 (30 mg/kg s.s.). I siti posizionati lungo i transetti eccetto A5 e A6 hanno presentato tenori trascurabilmente maggiori dei controlli dove questo metallo è oscillato tra 14,48 e 15,85 mg/kg. Le stazioni CL sono invece apparse inferiori o confrontabili con i riferimenti.

Silicio – Lungo i transetti e in prossimità della piattaforma il silicio è risultato presente in quantità inferiori o in linea con quelle dei controlli. Fa eccezione il sito A7 dove è stato raggiunto un tenore (318,18 mg/kg) pari a circa 2,5 volte la media dei controlli (157,26±14,97 mg/kg).

Vanadio – Le concentrazioni rilevate nei siti A e B e in prossimità della piattaforma sono apparse inferiori o in linea con i controlli.

Zinco – Anche il contenuto di zinco lungo i transetti e nei siti CL è risultato inferiore o in linea con i controlli.

2.2.3.5 Sostanza organica

Nel 1° survey post lavori di installazione le concentrazioni di materia organica rilevate lungo i transetti e nei siti CL, comprese tra 2.335 mg/kg (A5) e 20.925 mg/kg (B8) sono risultate tutte inferiori rispetto ai controlli, dove la sostanza organica è oscillata tra 22.553 mg/kg (K1) e 26.617 mg/kg (K4; Tab. 2-XXIII e fig. 2.39).

Tab. 2-XXIII – Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. In rosso le stazioni corrispondenti alla piattaforma.

A1	15.748
A2	18.385
A3	14.994
A4	14.438
CL NW	17.253
CL SE	16.254
A5	2.335
A6	6.252
A7	16.448
A8	19.740
B1	18.480
B2	18.157
B3	17.395
B4	18.106
CL NE	19.154
CL SW	19.842
B5	15.060
B6	19.099
B7	19.221
B8	20.925
K1	22.553
K2	24.132
K3	24.555
K4	26.617

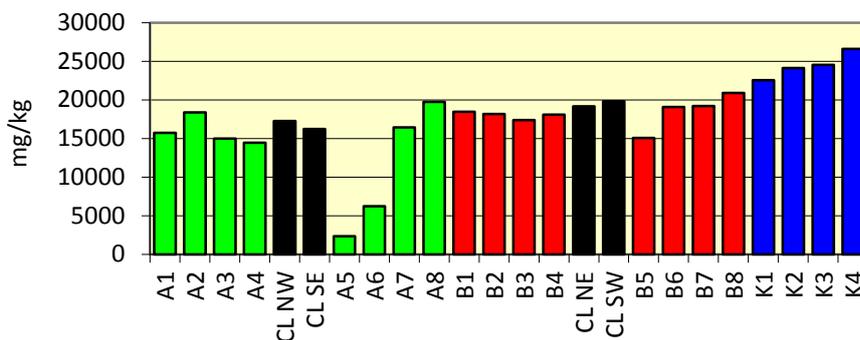


Fig. 2.39 - Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. In nero le stazioni campionate nel sito in cui è installata la piattaforma.

2.2.3.5 Total Organic Carbon (TOC)

Le concentrazioni di TOC rilevate dopo i lavori di installazione (Tab. 2-XXIV, fig.

2.40) sono risultate variabili lungo i transeetti e in quasi tutti i casi maggiori della media dei controlli (13.050±4.165 mg/kg). I valori più alti sono stati riscontrati in A3 e B6 dove il TOC è stato pari, rispettivamente, a 5 e 4 volte la media dei riferimenti.

In prossimità della piattaforma i tenori sono oscillati da 8.100 mg/kg (CL NW) a 27.000 mg/kg (CL SE).

Tab. 2-XXIV – Total Organic Carbon (TOC) espresso in mg/kg s.s. rilevato nei sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. In rosso le stazioni corrispondenti a Clara NW.

A1	19.000
A2	23.000
A3	66.000
A4	21.000
CL NW	8.100
CL SE	27.000
A5	18.000
A6	19.000
A7	34.000
A8	15.000
B1	15.000
B2	36.000
B3	14.000
B4	13.000
CL NE	14.000
CL SW	9.700
B5	9.700
B6	58.000
B7	15.000
B8	22.000
K1	17.000
K2	8.200
K3	11.000
K4	16.000

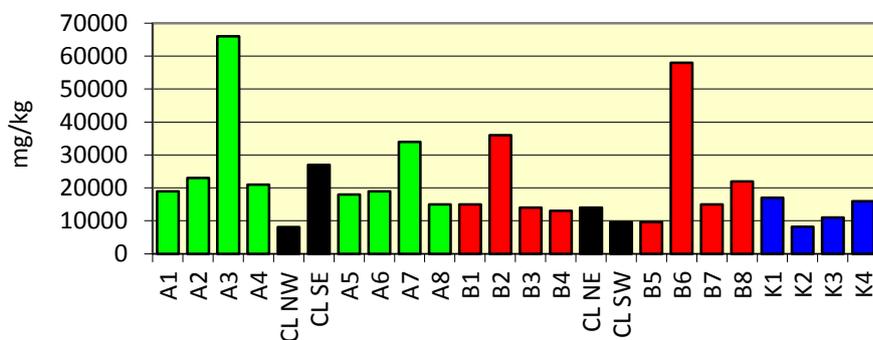


Fig. 2.40 - Total Organic Carbon (TOC) espresso in mg/kg s.s. rilevato nei sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. In nero le stazioni corrispondenti alla piattaforma.

2.2.4. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

2.2.4.1 *Dunaliella tertiolecta*

QA-QC - I due test eseguiti come controllo positivo con $K_2Cr_2O_7$ (10,95 mg/l come cromo) sono rientrati nei limiti della carta di controllo intralaboratorio (5,8 – 9,9 mg/l); 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 ≥ 16).

Risultati del saggio - I risultati del saggio applicato agli elutriati estratti dai sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori di installazione di Clara NW, contestualmente ai principali parametri di contorno misurati, indicano l'assenza di un effetto tossico ovunque non essendo stata rilevata un'inibizione della crescita algale (Tab. 2-XXV).

Tab. 2-XXV - Parametri di contorno e risultati relativi al saggio di tossicità con *D. tertiolecta* nei campioni prelevati nel 1° survey post lavori. In rosso è indicato il sito in corrispondenza della piattaforma. Valori negativi della % di effetto indicano effetto stimolante.

campione	pH	Salinità (‰)	ΔG (%) 72 h	EC50 % (L.C. 95%)	EC20 % (L.C. 95%)	Tossicità
CL SE	8,31	37	-4.80%	≥ 90	>100%	Assente
A3	8,31	37	-7.20%	≥ 90	>100%	Assente
A6	8,25	37	-5.92%	≥ 90	>100%	Assente
B3	8,31	37	-2.72%	≥ 90	>100%	Assente
B6	8,22	37	-6.24%	≥ 90	>100%	Assente
K1	8,39	37	1.60%	≥ 90	>100%	Assente
K2	8,35	37	-6.08%	≥ 90	>100%	Assente
K3	8,10	35	-4.16%	≥ 90	>100%	Assente
K4	8,08	34	-3.36%	≥ 90	>100%	Assente

2.2.4.2 *Vibrio fischeri* (sistema Microtox®)

QA-QC – Il valore della $EC_{50}(15')$ = 10,62 mg/l (LC=8,77 e UC=12,86) rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio (3,47-11,47).

Risultati del test – Tutti gli elutriati estratti dai sedimenti campionati nel 1° survey post lavori sono risultati privi di tossicità acuta (Tab. 2-XXVI).

Tab. 2-XXVI - Risultati del saggio biologico *V. fischeri* applicato agli elutriati estratti dai sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. In rosso la stazione corrispondente a Clara NW.

campione	pH	Salinità (‰)	% Effetto (15')	% Effetto (30')	EC20 (15/30')	EC50 (15/30')	Tossicità
CL SE	8,31	34	1,14	2,54	>90	>90	Assente
A3	8,31	37	6,21	7,35	>90	>90	Assente
A6	8,25	37	6,49	7,75	>90	>90	Assente
B3	8,31	37	7,12	9,43	>90	>90	Assente
B6	8,22	37	1,29	3,76	>90	>90	Assente
K1	8,39	37	-2,01	0,10	>90	>90	Assente
K2	8,35	37	-6,60	-3,49	>90	>90	Assente
K3	8,10	35	-1,15	0,55	>90	>90	Assente
K4	8,08	34	-2,67	-0,15	>90	>90	Assente

2.2.4.3 *Corophium orientale*

La sensibilità rilevata degli organismi verso il tossico di riferimento (CdCl_2) $\text{LC}_{50} = 3,10$ ($\text{LC} = 2,82 \text{ mg/l}$ e $\text{UC} = 3,40 \text{ mg/l}$) 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. 2-XXVII sono indicati i principali parametri chimici e fisici misurati all'inizio e alla fine del test eseguito nel 1° survey post lavori.

Risultati del test - Le percentuali di mortalità degli organismi osservate dopo 10 gg hanno documentato l'assenza di tossicità acuta in tutti i sedimenti testati eccetto in B6 (tossicità bassa; Tab. 2-XXVIII).

Tab. 2-XXVII – Parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante il sedimento testato osservati all'inizio e alla fine del test relativo al 1° survey post lavori. In rosso il sito corrispondente a Clara NW.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	T (°C)	Salinità (%)	pH	NH_4^+ (mg/l)	O_2 (%)	T (°C)	Salinità (%)	pH	NH_4^+ (mg/l)	O_2 (%)
Controllo	15 ± 1	36	8,13	0	> 85	15 ± 1	36	8,11	1	> 85
CL SE		36	8,15	0			36	8,13	0	
A3		37	8,12	0			36	8,14	0	
A6		37	8,15	0			37	8,13	0,5	
B3		37	8,12	0,5			37	8,15	0	
B6		37	8,12	0,5			36	8,13	1	
K1		37	8,12	0			37	8,16	1	
K2		36	8,13	0			36	8,17	0	
K3		36	8,14	0			36	8,15	0	
K4		37	8,15	0			37	8,13	0	

Tab. 2-XXVIII - Percentuali di mortalità degli organismi *C.orientale* osservati nel test di tossicità acuta relativo al 1° survey post lavori. In rosso il sito corrispondente a Clara NW.

Campione	N. organismi esposti	% organismi morti (± dev. st. %)	% (corretta) organismi morti	Tossicità
Controllo	100	1 ± 0,79	0	-
CL SE	100	7 ± 0,80	6	Assente
A3	100	6 ± 0,92	5	Assente
A6	100	3 ± 2,00	2	Assente
B3	100	4 ± 0,00	3	Assente
B6	100	17 ± 3,83	16	Bassa
K1	100	7 ± 2,00	6	Assente
K2	100	10 ± 2,31	9	Assente
K3	100	9 ± 2,00	8	Assente
K4	100	14 ± 2,31	13	Assente

2.2.4.4 *Crassostrea gigas*

QA-QC - Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha prodotto una EC₅₀ di 13,18 µg/l di Cu (LC=12,25 e UC=14,18) che rientra nei limiti della carta di controllo (5-45 µg/l); la % di larve D-shape normalmente sviluppate nel controllo (86±1,53%) è risultata superiore al limite del 70%.

Risultati del saggio - Le riduzioni significative delle larve D-shape regolarmente sviluppate rispetto al controllo negativo negli elutriati B6 e K1 hanno determinato una EC₅₀ che indica la presenza di una tossicità cronica media (Tab. 2-XXIX). I valori dell'EC₂₀ relativi agli elutriati K2, K3 e K4 segnalano invece una tossicità cronica bassa.

Tab. 2-XXIX - Risultati relativi al saggio di tossicità con *C. gigas* nei campioni prelevati nel 1° survey post lavori. In rosso il sito corrispondente alla piattaforma Clara NW.

campione	Concentrazione	% media di larve normali \pm dev.st	% media di larve malformate	Correzione Abbott larve malformate	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
Controllo		86 \pm 1,53	14	0			
CL SE	100 50 25	77 \pm 1,15 79 \pm 1,00 83 \pm 2,00	23 21 17	11 8 4	>90	>100	Assente
A3	100 50 25	75 \pm 1,15 79 \pm 1,15 82 \pm 1,00	25 21 18	13 9 5	>90	>100	Assente
A6	100 50 25	77 \pm 1,53 79 \pm 1,53 82 \pm 1,73	23 21 18	10 8 5	>90	>100	Assente
B3	100 50 25	76 \pm 2,15 78 \pm 1,53 83 \pm 1,15	24 22 17	12 9 4	>90	>100	Assente
B6	100 50 25	40 \pm 2,00 59 \pm 1,15 77 \pm 2,08	60 41 23	54 32 11	36,1	88,9	Media
K1	100 50 25	36 \pm 2,08 53 \pm 1,53 80 \pm 0,58	64 47 20	59 38 8	34,7	75,6	Media
K2	100 50 25	54 \pm 2,00 67 \pm 1,53 80 \pm 1,53	46 33 20	37 22 8	50,2	>100	Bassa
K3	100 50 25	51 \pm 1,00 66 \pm 1,15 80 \pm 1,53	49 34 20	41 24 7	47,4	>100	Bassa
K4	100 50 25	59 \pm 1,15 69 \pm 1,53 81 \pm 1,15	41 31 18	32 20 7	56,7	>100	Bassa

2.2.4.5 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 1° survey post lavori sono riportati in Tab. 2-XXX, mentre in Tab. 2-XXXI sono indicate le mortalità degli organismi osservate nel test di bioaccumulo. Le percentuali di mortalità rilevate entro 60 m dalla piattaforma e in K4 sono apparse leggermente inferiori rispetto al controllo, mentre quelle dei restanti riferimenti sono risultate comparabili.

Risultati del saggio - In Tab. 2-XXXII 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. 2-XXXIII 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').

Tab. 2-XXX - Parametri (chimico-fisici) dell'acqua sovrastante il sedimento, registrati all'inizio ed al termine del test di bioaccumulo condotto nel 1° survey post lavori. In rosso è evidenziata la stazione corrispondente alla piattaforma.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)
Controllo	15 ± 1	34	8,13	0,5	> 85	16 ± 1	33	8,29	1	> 85
CL SE		37	8,15	0,5			37	8,11	0-0,5	
A3		37	8,15	0			37	8,12	0	
A6		37	8,14	0			37	8,10	0-0,5	
B3		37	8,15	0,5			37	8,12	0-0,5	
B6		37	8,15	0			37	8,14	0	
K1		37	8,13	0			38	8,13	0,5	
K2		37	8,12	0			38	8,12	0	
K3		37	8,12	0			37	8,12	0,5	
K4		37	8,12	0			37	8,12	0,5	

Tab. 2-XXXI - Percentuali di mortalità degli organismi *H. diversicolor* osservate nel test di bioaccumulo condotto nel 1° survey post lavori. In rosso è evidenziata la stazione corrispondente alla piattaforma.

Campione	Numero degli organismi esposti	% degli organismi morti (± dev.st %)
Controllo	21	67 ± 8,25
CL SE	21	43 ± 0,00
A3	21	48 ± 8,25
A6	21	48 ± 8,25
B3	21	48 ± 8,25
B6	21	48 ± 8,25
K1	21	52 ± 8,25
K2	21	52 ± 8,25
K3	21	52 ± 8,25
K4	21	57 ± 0,00

Tab. 2-XXXII - Concentrazioni (mg/kg; Al espresso in %) dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* nel survey condotto nel 1° survey post lavori. (bianco = tempo zero 0²- organismi spurgati/non esposti ai sedimenti). In rosso è evidenziata la stazione corrispondente a Clara NW. 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	256,02	1,15	1,34	0,19	n.r.	22,037	579,26	2,05	n.r.	0,37	308,52	n.r.	111,75	0,077
Controllo	14,32	3,63	n.r.	0,17	n.r.	14,650	334,36	1,95	n.r.	0,38	287,13	n.r.	150,01	0,185
CL SE	41,28	1,51	n.r.	0,23	n.r.	13,121	341,59	2,85	n.r.	0,47	157,52	n.r.	117,02	0,093
A3	19,72	1,29	n.r.	0,20	n.r.	14,682	339,57	2,72	n.r.	0,37	127,31	n.r.	123,71	0,112
A6	71,44	1,18	n.r.	0,17	n.r.	11,349	362,58	1,98	n.r.	0,34	195,83	n.r.	105,37	0,096
B3	410,92	1,13	1,66	0,14	n.r.	11,944	535,80	2,42	n.r.	0,59	753,40	1,45	82,10	0,078
B6	19,10	1,09	n.r.	0,19	n.r.	10,360	279,30	2,22	n.r.	0,33	106,78	n.r.	104,40	0,104
K1	103,26	1,20	n.r.	0,20	n.r.	11,581	313,98	2,89	n.r.	0,44	227,33	n.r.	103,36	0,108
K2	39,78	1,75	n.r.	0,19	n.r.	14,441	311,37	2,58	n.r.	0,45	161,02	n.r.	113,06	0,099
K3	98,33	1,58	n.r.	0,21	n.r.	14,869	462,15	1,60	n.r.	0,47	285,63	n.r.	107,78	0,102
K4	11,17	1,48	n.r.	0,19	n.r.	14,848	338,64	1,77	n.r.	0,45	152,77	n.r.	109,85	0,103

Tab. 2-XXXIII - 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 alla piattaforma. 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
Controllo	-242	2,48	n.c.	-0,02	n.c.	-7,39	-244,91	-0,10	n.c.	0,02	-21,40	n.c.	38,25	0,11
CL SE	-215	0,36	n.c.	0,05	n.c.	-8,92	-237,67	0,80	n.c.	0,10	-151,00	n.c.	5,27	0,02
A3	-236	0,14	n.c.	0,01	n.c.	-7,35	-239,69	0,67	n.c.	0,01	-181,21	n.c.	11,96	0,03
A6	-185	0,03	n.c.	-0,02	n.c.	-10,69	-216,69	-0,07	n.c.	-0,03	-112,70	n.c.	-6,38	0,02
B3	155	-0,01	0,32	-0,05	n.c.	-10,09	-43,47	0,37	n.c.	0,23	444,88	0,85	-29,66	0,00
B6	-237	-0,06	n.c.	0,00	n.c.	-11,68	-299,97	0,16	n.c.	-0,04	-201,74	n.c.	-7,35	0,03
K1	-153	0,06	n.c.	0,01	n.c.	-10,46	-265,29	0,84	n.c.	0,08	-81,19	n.c.	-8,39	0,03
K2	-216	0,60	n.c.	0,00	n.c.	-7,60	-267,89	0,53	n.c.	0,08	-147,50	n.c.	1,31	0,02
K3	-158	0,43	n.c.	0,02	n.c.	-7,17	-117,12	-0,46	n.c.	0,10	-22,89	n.c.	-3,98	0,02
K4	-245	0,34	n.c.	0,00	n.c.	-7,19	-240,63	-0,28	n.c.	0,08	-155,75	n.c.	-1,90	0,03

I livelli di **Al**, **Ba**, **Cd**, **Cr**, **Cu**, **Fe**, **In**, **Si**, **V** e **Zn** sono risultati o al di sotto dei limiti di quantificazione, o inferiori al bianco. Alcuni di questi metalli (Al, Ba, Si e V) sono però risultati bioaccumulati in B3 e Cd in CL SE.

As ha presentato concentrazioni significativamente superiori a quella del bianco nel controllo negativo, in CL SE e in tre siti K, **Ni** in CL SE, A3 e in K1 e K2. **Pb** è risultato bioaccumulato nei 4 controlli, mentre un bioaccumulo più diffuso è stato evidenziato per **Hg**, assente solo in B3.

2.2.5. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

2.2.5.1 Densità (N) e Biomassa (P)

La comunità bentonica rinvenuta nei siti investigati è apparsa abbastanza povera in termini di numero di individui (fig. 2.41, Tab. 2-XXXIV). Non sono stati riscontrati andamenti ben definiti lungo i transetti, dove i valori sono risultati compresi tra $6,67 \pm 2,67$ (B7) e $25,00 \pm 10,21$ ind $0,095/m^2$ (B5), tutti inclusi nell'intervallo dei controlli dove N è oscillata tra $7,00 \pm 1,53$ (K2) e $22,00 \pm 4,58$ ind $0,095/m^2$ (K1).

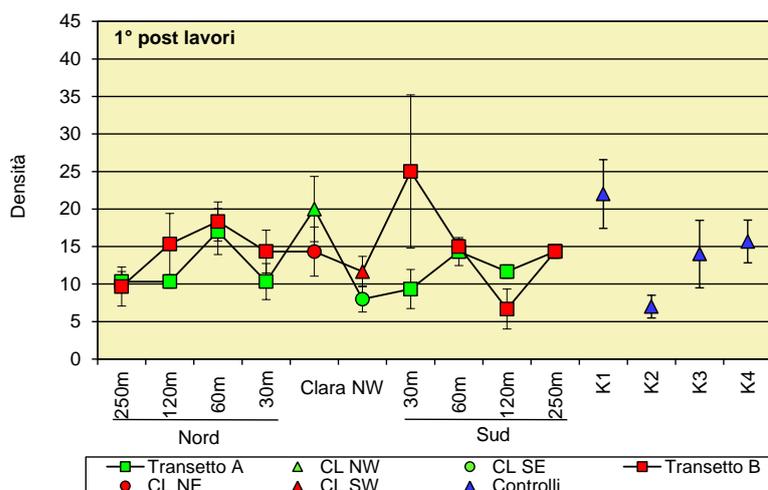


Fig. 2.41 – Densità (\pm e.s.) registrate presso i siti monitorati nel 1° survey post lavori.

I policheti della famiglia Paraonidae hanno rappresentato il taxon più numeroso nella maggior parte delle stazioni situate sia nell'area circostante la piattaforma che presso i controlli, assieme al gasteropode *Hyala vitrea*, al decapode *Callinassa subterranea* e al polichete *Aphelochaeta filiformis* (Tab. 2-XXXIV).

In termini di biomassa (fig. 2.42; Tab. 2-XXXV), sono stati rilevati tre picchi in A1 ($10,01 \pm 9,88$ gr/ $0,095$ m²), in A7 ($28,35 \pm 27,91$ gr/ $0,095$ m²), corrispondente al massimo, e in B6 ($24,66 \pm 22,91$ gr/ $0,095$ m²), tutti determinati dal rinvenimento di uno o pochi individui di grandi dimensioni, come l'echinoideo *Brissopsis atlantica mediterranea* (fig. 2.43). Presso le restanti stazioni P è risultata compresa tra $0,07 \pm 0,05$ gr/ $0,095$ m² (A8) e $3,36 \pm 3,15$ gr/ $0,095$ m² (B3). Tutti i valori inclusi i massimi sopra descritti sono apparsi confrontabili con quanto registrato ai controlli ($0,34 \pm 0,15 \leq P \leq 6,11 \pm 5,44$ gr/ $0,095$ m²).

Tab. 2-XXXIV – Lista e densità (n. ind/0,095 m²) 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. Lim = limicolo; Sab = sabulicolo; VTC = Bioc. dei Fanghi Terrigeni Costieri; VB = Bioc. dei Fanghi Batiali; DC = Bioc. del Detritico Costiero; DE = Bioc. del Detritico infangato; Minut = minuticolo; Mixt = misticolo; Lre = Larga Ripartizione Ecologica; SFBC = Bioc. delle Sabbie Fini Ben Calibrate; SGCF = Bioc. delle Ghiaie Fini sotto l’influsso delle Correnti di Fondo; MO = indicatore della presenza di materia organica; SVMC = Bioc. delle Sabbie Infangate di Moda Calma.

Stazione	Biocenosi	Transetto A										Transetto B								Controlli					
		A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Distanza dalla futura piattaforma (m)		250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	2000	2000	2000	2000
Briozoi																									
	Briozoa nd	-				0,67																			
	<i>Cellaria salicornioides</i>	Mixt	0,33	0,33	0,33									0,33											
	<i>Triticella flava</i>	Simbiosi													0,33								0,33		
Cnidari																									
	Antozoi																								
	Actiniaria nd	-																							
	<i>Funiculina quadrangularis</i>	Lim	0,33									0,67										0,33		0,33	
	<i>Virgularia mirabilis</i>	VTC			0,33																				
	Idrozozi																								
	Hydroidea nd	-						0,33																	
Crostacei																									
	Anfipodi																								
	<i>Ampelisca diadema</i>	DE							0,33																
	<i>Eriopisa elongata</i>	VB																							
	<i>Harpinia dellavallei</i>	VTC												0,33										0,33	0,67
	<i>Orchomene grimaldii</i>	VTC															0,33								
	<i>Othomera schmidtii</i>	VB			0,33																				
	<i>Paraphoxus oculatus</i>	Mixt																							0,33
	Decapodi																								
	<i>Alpheus glaber</i>	VTC	0,33			0,33	0,67	0,33							0,33	0,33		0,33	0,67						
	<i>Anapagurus</i> sp	-							0,33																
	<i>Athanas amazone</i>	Lim																0,33							
	<i>Callinassa subterranea</i>	Lim	0,33	0,33	1,67		1,00		1,00	0,67	1,67	0,33	3,33	2,67	2,00		1,67	1,67	0,33	0,67	3,00	0,33	1,00	1,33	
	<i>Galathea</i> sp	-					0,33																		
	<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC					0,33	0,67	0,33						0,33	1,00	1,33	0,33	0,67				0,33		
	<i>Jaxea nocturna</i>	VTC	0,33												0,33								0,33		
	Paguridae nd	-							0,33																
	<i>Solenocera membranacea</i>	VB																			0,33				
	<i>Upogebia deltaura</i>	DL																0,67							
	Isopodi																						0,33		
	<i>Cirolana borealis</i>	Lre																						0,33	
	<i>Gnathia</i> sp	-																0,33							0,33
	Tanaidacei																								
	<i>Apseudes spinosus</i>	HP											0,67												
	<i>Leptochelia savignyi</i>	C											0,33												
Echinodermi																									
	Echinoidei																								
	<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>	VB	0,33							0,33															
	Ofiuroidei																								
	<i>Amphiura chiajei</i>	VTC						0,67																	
	<i>Ophiura albida</i>	DC							0,33																
	Oloturoidei																								
	Holothurioidea nd	-					0,33		0,33	0,67							1,00		0,33	0,33					
	<i>Labidoplax digitata</i>	VTC					0,33							0,33	0,33	0,33		0,33						0,33	
Molluschi																									
	Bivalvi																								
	<i>Azorinus chamasolen</i>	Mixt				0,33									0,67										
	<i>Hiatella arctica</i>	Sd																							
	<i>Hiatella rugosa</i>	Sd																							
	<i>Kurtiella bidentata</i>	VTC																				0,33			
	<i>Nucula nitidosa</i>	Lim																					0,33		
	<i>Nucula sulcata</i>	Lim																0,33		0,33			0,33		0,33
	<i>Poromya granulata</i>	Mixt																							0,33
	<i>Timoclea ovata</i>	Lre							0,33									0,33							
	Gasteropodi																								
	<i>Hyala vitrea</i>	VTC	2,67	1,33	2,00	1,00	1,33			1,67	0,67	1,67	0,33	0,33		4,00		1,00	0,33	0,67	2,33	1,00	1,00	1,33	0,67
	<i>Trophonopsis muricatus</i>	Sd							0,33																
	<i>Turritella communis</i>	VTC																				0,33			
Nemertini																									
	Nemertea nd	-	0,33		0,33		0,33	1,00		1,00					0,33	0,67	1,00					1,67	0,33	0,33	0,67

Tab. 2-XXXIV – Continuo.

Stazione	Biocenosi	Transetto A										Transetto B								Controlli					
		A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Distanza dalla futura piattaforma (m)		250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	2000	2000	2000	2000
Poicheti																									
	Ampharetidae nd	-				0,33										0,33									
	<i>Ancystrosyllis groenlandica</i>	VB								0,67		0,33									0,33	0,33			
	<i>Aphelochaeta filiformis</i>	MO	0,33	2,00	1,00	0,33	1,00		0,67	1,00	1,33	0,67	1,33	1,67	1,00	1,00	0,67	1,67	1,00		1,33	3,33	0,33	0,67	
	<i>Aphelochaeta marioni</i>	MO			0,33		0,33		0,33					1,00		0,33		0,33	0,33		0,33				
	Capitellidae nd	-			0,33			0,33																	
	Chaetopteridae nd	-																							
	<i>Chaetozone caputesocis</i>	Lim			0,67	0,33	0,67		0,33						1,00		0,33		0,67	0,33					
	Cirratulidae nd	-																							
	<i>Ditrupa arietina</i>	MI	0,33												0,33	0,33					0,33				
	<i>Glycera alba</i>	Lim					0,33		0,33						0,33					1,33					
	<i>Glycera rouxii</i>	MO			0,67	0,67		0,33				0,67				0,33				0,33		0,33	0,33		
	<i>Glycera</i> sp	-	0,33		0,33	0,33	2,33	1,67	1,00	0,67	0,33								1,33	0,33		0,33	0,33	0,33	
	<i>Glycera tessellata</i>	Sd		0,33											0,33			1,00							
	<i>Harmothoe</i> sp	-	0,33				0,67				0,67														
	<i>Hydroides norvegicus</i>	Sd					0,33		0,33											0,33				0,33	
	<i>Labiolleanira yhleni</i>	VTC																							
	<i>Marphysa bellii</i>	Lim	0,67	0,33	0,33	0,67			0,33	0,67	0,33	0,33		1,00	0,67	0,33		0,67	1,33		0,33	0,67	0,33	0,67	
	<i>Melinna palmata</i>	Minut							0,33															0,33	
	<i>Minuspio cirrifera</i>	MO						0,33																	
	<i>Nephtys hombergi</i>	SFBC																							
	<i>Nephtys hystricis</i>	VTC						1,33	0,67											0,33					
	Nereididae nd	-				0,33																			
	<i>Ninoe</i> sp	-			0,67				0,33	0,33	0,33	0,33						0,33	0,33	0,33		1,00	0,33	0,33	
	<i>Notomastus aberans</i>	MO		0,33						0,33	0,33	0,33										0,33	0,33		
	<i>Ophelina cylindricauda</i>	Lim	0,33		0,67					0,33		0,33		0,67						0,33		0,67	0,33	0,67	
	<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Sab			0,33															0,33		0,67			
	<i>Owenia fusiformis</i>	SFBC						0,67														0,67			
	<i>Paradiopatra calliopae</i>	Lim		0,33	0,33	0,67			0,67	0,67					0,33			0,67			1,33	0,33		0,33	
	<i>Paralacydonia paradoxa</i>	MO	0,33	0,33	0,33			0,67		0,67				0,67	1,00			0,67		0,67		0,33	0,33	0,67	
	Paraonidae nd	-	2,00	2,67	3,67	5,00	7,00	1,67	1,33	2,67	6,00	2,00	3,33	4,00	3,00	5,00		8,00	5,00	1,33	5,00	4,67	0,33	4,67	
	<i>Pectinaria koreni</i>	Sab							0,33																
	<i>Phyllodoce</i> sp	-							0,33																
	Phyllodoceidae nd	-							0,33																
	<i>Phylo norvegica</i>	Lim			0,33	0,33									0,33										
	Pilargidae nd	-	0,33		0,33		0,33			0,33	0,33				0,33	0,67	0,67			0,33	0,33			0,33	
	<i>Pilargis verrucosa</i>	Sab																				0,33		1,00	
	<i>Poecilochetus serpens</i>	VTC																				0,33			
	<i>Polydortes maxillosus</i>	DE																						0,33	
	<i>Prionospio</i> sp	-	0,33	0,33		0,67		1,33	1,33					0,33						0,33				0,33	
	<i>Scoletoma</i> sp	-		0,33			0,67		0,33					0,67	0,33					0,33				0,33	
	<i>Scoloplos armiger</i>	Lre							0,33						0,33	0,33						0,67			
	Spionidae nd	-			0,33		0,33	1,33	1,33					0,33	0,33					0,33	1,00	0,33			
	<i>Spiophanes bombyx</i>	SFBC																			0,33				
	<i>Sternaspis scutata</i>	VTC				0,33			0,33				0,33											0,33	
	<i>Syllis</i> sp	-									0,33														
	<i>Trachytrypa jeffreysii</i>	Sm																						0,33	
Sipunculidi																									
	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	VB		0,67	1,00				0,33	0,33	0,67									0,33	0,33	0,67	0,33	0,33	
	<i>Sipuncula</i> nd	-		0,67	0,33					0,33	0,33									0,33	0,33	0,67	0,33	0,67	
Densità totale		10,33	10,33	17,00	10,33	20,00	8,00	9,33	14,33	11,67	14,33	9,67	15,33	18,33	14,33	14,33	11,67	25,00	15,00	6,67	14,33	22,00	7,00	14,00	15,67
Ricchezza specifica totale		18	15	24	12	22	12	14	26	17	15	16	21	24	20	14	16	29	17	12	15	24	18	21	16

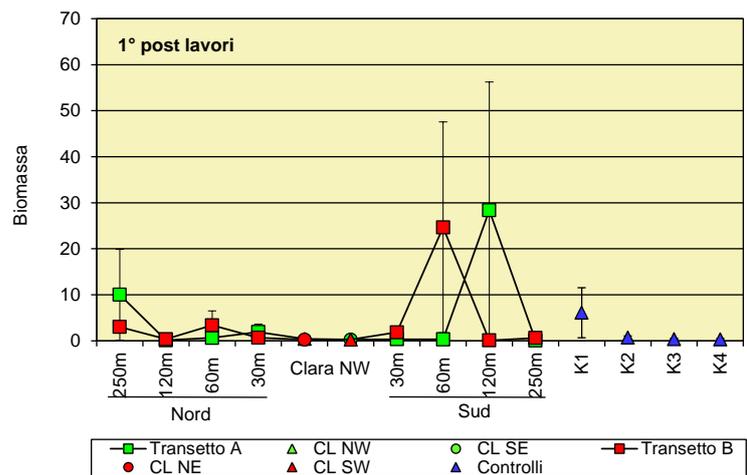


Fig. 2.42 – Biomassa (\pm e.s.) registrata presso i siti monitorati nel 1° survey post lavori.



Fig. 2.43 – Esemplare di *B. atlantica mediterranea* rinvenuto in una replica prelevata del sito A1 nel 1° survey condotto dopo i lavori di installazione di Clara NW.

2.2.5.2 Affinità biocenotiche delle specie rinvenute

I taxa di fondo mobile sono risultati i più rappresentati (Tab. 2-XXXVI); in particolare, le specie limicole (legate alla presenza di fango) hanno costituito il raggruppamento biocenotico più importante in tutte le stazioni sia in termini di numero di specie che di densità. Ha costituito un'eccezione il sito A5 in cui, come numero di taxa, hanno prevalso gli indicatori di materia organica nei sedimenti. Questo gruppo è risultato il secondo più numeroso nella maggior parte delle altre stazioni, affiancato dai misticoli e/o dai sabulicoli. Tutte le altre categorie ecologiche sono apparse, ove presenti, meno rappresentative. La distribuzione dei gruppi biocenotici è apparsa piuttosto simile tra l'area circostante la piattaforma e i siti di controllo.

Tab. 2-XXXVI – Numero di taxa (a) e di individui (b) rinvenuti nel 1° survey post lavori 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. 2-XXXIV.

	Transetto A								Transetto B								Controlli								
	A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4	
Substrato mobile non rinv. in letter. (Sm)	8	5	10	6	8	3	2	8	7	8	7	7	10	10	6	3	12	10	4	7	11	7	8	7	
Limicoli (Lim, VTC, VB)																									
Sabulicoli (Sab, SFBC)			1				1	1									2				2				
Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF)	1	1	1	1			1	1			1		1			1	1							1	1
Indicatori di Materia Organica (MO)	2	3	4	2	2	1	3	2	3	1	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2	
Minuticoli (Minut)								1																1	
Fondi mobili instabili (MI)	1																								
Substrato duro (Sd, HP, C)		1			1	1	1	2					3			1	2	1							
Larga ripartizione ecologica (Lre)					1	1					1	1									1	1			

	Transetto A								Transetto B								Controlli								
	A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4	
Substrato mobile non rinv. in letter. (Sm)	5,33	3,00	7,67	3,33	5,00	1,67	1,67	4,00	4,67	5,00	4,00	5,67	7,00	5,67	6,33	3,00	6,33	7,00	2,00	5,67	7,67	3,00	4,33	4,67	
Limicoli (Lim, VTC, VB)			0,33			0,33	0,67	0,33					0,33				0,67								
Sabulicoli (Sab, SFBC)																					1,00				
Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF)	0,33	0,33	0,33	0,33			0,33	0,33			0,67		0,33			0,33	0,67							0,33	0,33
Indicatori di Materia Organica (MO)	0,67	2,67	2,33	1,00	1,33	0,33	1,33	1,00	2,00	1,33	1,67	1,67	3,33	2,00	1,33	1,00	2,33	1,33	1,00	1,67	4,33	1,33	1,00	1,33	
Minuticoli (Minut)								0,33																0,33	
Fondi mobili instabili (MI)	0,33																								
Substrato duro (Sd, HP, C)		0,33			0,33	0,33	0,67					1,67			0,33	0,67	1,00								
Larga ripartizione ecologica (Lre)							0,33	0,33				0,33	0,33								0,67	0,33			

2.2.5.3 Dominanza

Per la rappresentazione grafica delle dominanze sono stati evidenziati i 14 taxa che complessivamente hanno costituito il 65% della comunità rinvenuta nel 1° survey post lavori, includendo i rimanenti nella categoria “altro” (fig. 2.44).

I policheti paraonidi hanno rappresentato quasi ovunque il taxon più importante, con valori oscillanti tra 9,3% (K1) e 48,4% (A6). Presso i siti A1 e K2 i paraonidi sono stati superati dal gasteropode *H. vitrea*, presente in buone percentuali anche presso altre stazioni, mentre in B2 sono stati eguagliati dal decapode *C. subterranea*, anch'esso ben rappresentato altrove. Infine, in CL SE e CL SW, in cui i paraonidi non sono stati rinvenuti, ha dominato il polichete *Glycera* sp, seguito dai policheti Spionidae nd nella prima stazione e da *Goneplax rhomboides* e Nemertea nd in CL SW.

Tutte le altre specie riportate in fig. 2.44 sono risultate meno importanti di quelle appena descritte.

La categoria “altro” è apparsa ben rappresentata ovunque essendo compresa tra il 16,3% (CL NE) e il 50,0% (B7), indicando una cospicua presenza di specie rappresentate da un basso numero di individui.

In generale, la ripartizione degli organismi tra le specie è risultata abbastanza simile tra i siti campionati, come evidenziato dalle curve di dominanza cumulativa che appaiono piuttosto raggruppate le une alle altre (fig. 2.45).

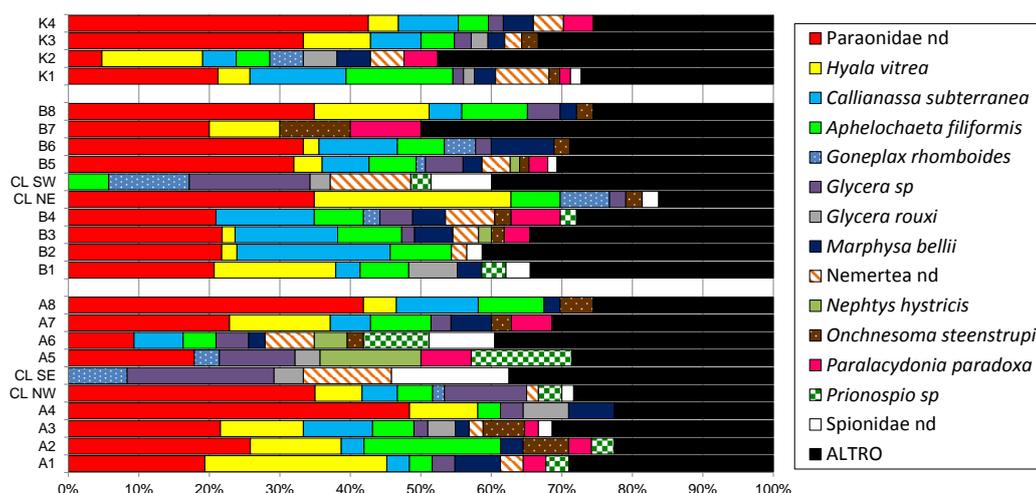


Fig. 2.44 - Valori percentuali di dominanza delle specie principali ottenuti nelle stazioni monitorate nel 1° survey post installazione.

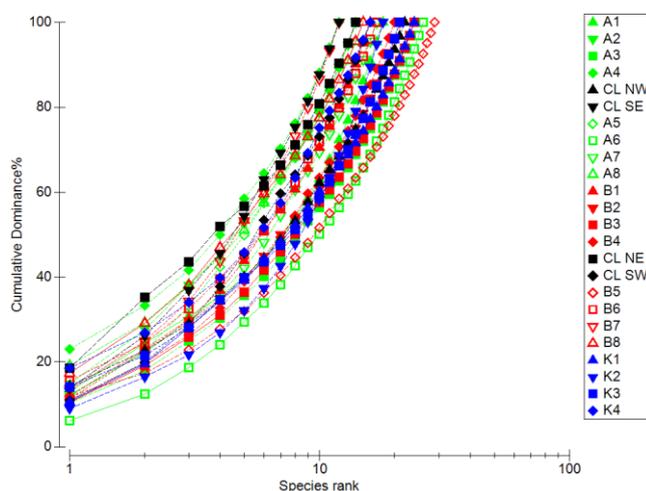


Fig. 3.45 - Curve di dominanza cumulativa ottenute per le stazioni campionate nel 1° survey post installazione.

2.2.5.4 Ricchezza specifica totale (S)

Nel 1° survey post lavori nell’area indagata sono stati rinvenuti complessivamente 92 taxa, con policheti, crostacei e molluschi tra i gruppi principali (Tab. 2-XXXVII). Nell’area

circostante la piattaforma il minimo (12) è stato registrato presso CL SE e B7, mentre il massimo è stato raggiunto in B5 (29; fig. 2.46). Ai controlli il range di S è apparso compreso tra 16 (K4) e 24 (K1).

I policheti hanno rappresentato ovunque il gruppo principale, seguiti da crostacei e/o molluschi, mentre gli echinodermi sono stati censiti solo in alcuni siti e con poche specie.

Il numero di specie esclusive, ovvero censite unicamente in un sito, ha raggiunto il massimo (5) in A5 e A6, corrispondente rispettivamente al 35% e 19% dei taxa rinvenuti (Tab. 2-XXXIV). In molte stazioni è stata registrata la presenza di una sola specie esclusiva, mentre in A2, A8, B1, CL NE, B6 e B7 non ne è stata rinvenuta alcuna.

Tab. 2-XXXVII – Ripartizione secondo il phylum di appartenenza e totale dei taxa rinvenuti nel 1° survey post installazione.

Briozoi	3
Cnidari	4
Crostacei	20
Echinodermi	5
Molluschi	11
Nemertini	1
Policheti	46
Sipunculidi	2
Totale	92

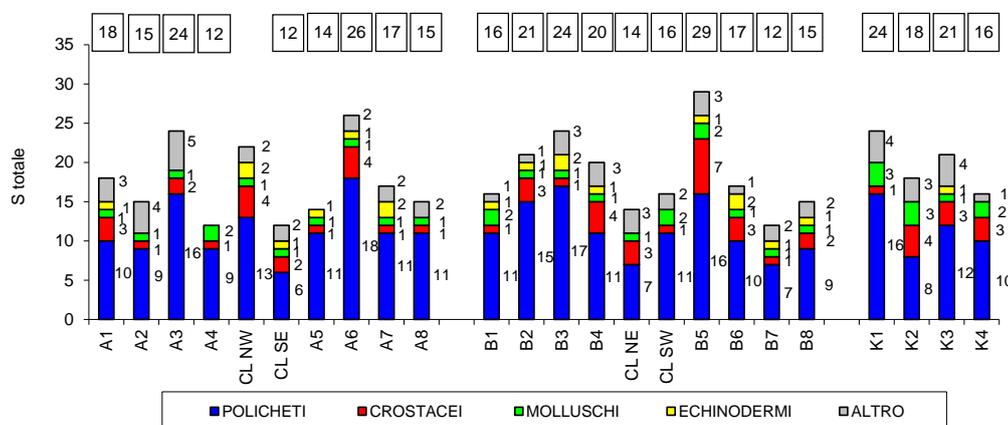


Fig. 2.46 - Ripartizione secondo il phylum di appartenenza delle specie rinvenute nelle singole stazioni campionate nel 1° survey post installazione. Sono anche riportati i valori della Ricchezza specifica totale ottenuti per i vari siti (riquadri).

2.2.5.5 Ricchezza specifica media (S_m)

S_m ha presentato un trend simile a quello osservato per la densità e la Ricchezza specifica totale (fig. 2.47), mostrando anche una certa variabilità tra le repliche prelevate da ciascun sito. Lungo i transetti il minimo è stato registrato presso CL SE ($6,0 \pm 1,2$) e B7 ($6,0 \pm 2,0$), mentre il massimo è stato raggiunto in B5 ($13,7 \pm 4,4$). Anche in questo caso ai controlli i

valori sono rientrati in un range più ristretto e compreso tra $6,7 \pm 1,3$ (K2) e $12,3 \pm 0,7$ (K1), comprendente tuttavia tutte le stazioni dei transetti.

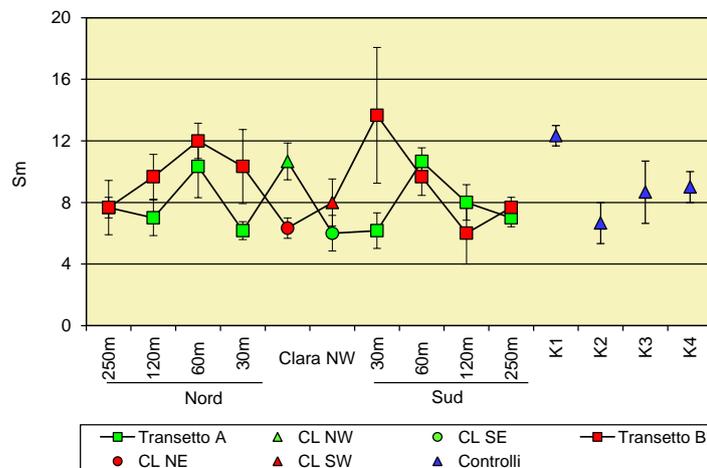


Fig. 2.47 – Ricchezza specifica media (\pm e.s.) registrata nel 1° survey post lavori.

2.2.5.6 Diversità specifica (H')

Nel 1° survey post lavori il valore più basso è stato registrato presso A4 ($1,52 \pm 0,13$), determinato dall'elevata dominanza dei due taxa principali (*Paraonidae* nd e *H. vitrea*), mentre il massimo è stato raggiunto in B3 ($2,30 \pm 0,07$; fig. 2.48). I siti di controllo K2-K4 sono risultati molto omogenei tra loro ($1,84 \pm 0,23 \leq H' \leq 1,88 \pm 0,25$), mentre in K1 è stato registrato il valore maggiore ($2,29 \pm 0,09$). In ogni caso, tutte le stazioni posizionate lungo i transetti sono risultate comparabili ad almeno un sito di riferimento.

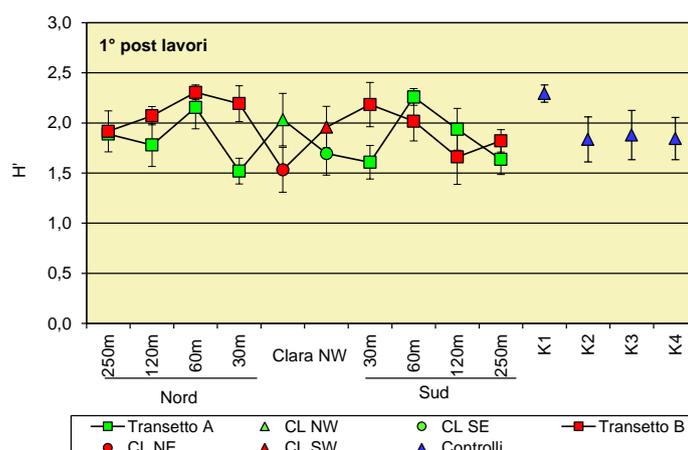


Fig. 2.48 - Diversità specifica (\pm e.s.) registrata nel 1° survey post lavori.

2.2.5.7 MultiDimensional Scaling (MDS)

Il MultiDimensional Scaling applicato ai dati di densità delle singole specie campionate nel

corso del 1° survey post lavori ha evidenziato un cluster principale in cui sono raggruppate tutte le stazioni ad esclusione di A5, CL SE e CL SW, isolati in due raggruppamenti secondari (similarità al 45%; figg. 2.49a). Tale separazione è stata determinata soprattutto dalla bassa densità e ricchezza specifica totale registrata nei siti A5, CL SE e CL SW e dall'assenza della maggior parte dei taxa principali come Paraonidae nd (fig. 2.49b), *H. vitrea* (fig. 2b49c), *C. subterranea* (fig. 2.49d), *Aphelochaeta filiformis* (fig. 2.49e) e *M. bellii* (fig. 2.49f).

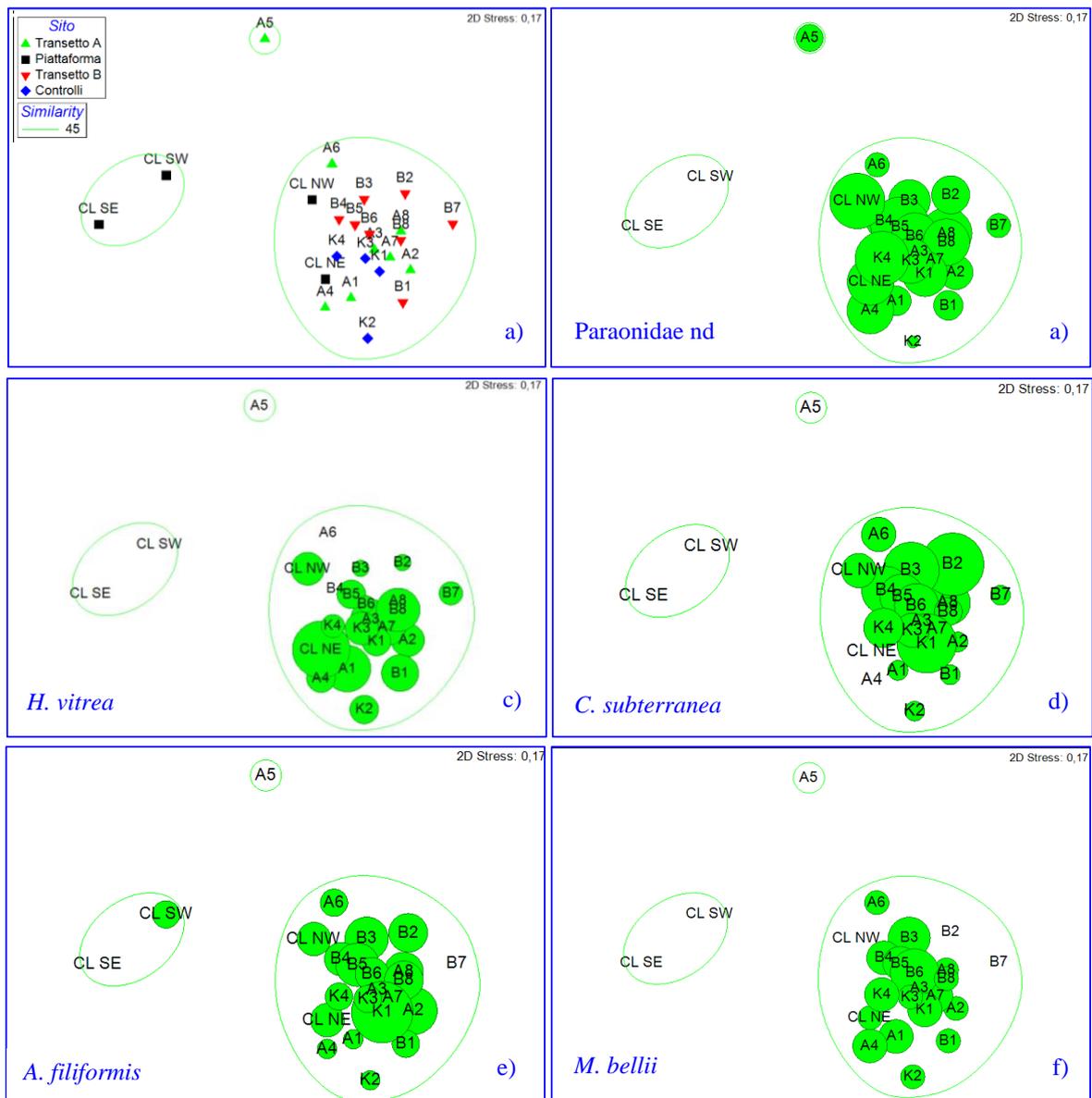


Fig. 2.49 – Rappresentazione bidimensionale dei siti campionati nel 1° survey post lavori tramite il metodo del MultiDimensional Scaling. I cerchi verdi indicano i quantitativi in termini di densità delle singole specie.

2.2.5.8 Valutazione dello stato ambientale

Indice W di Clarke

Nel 1° survey post lavori questo indice ha evidenziato la presenza di un ambiente leggermente disturbato nella maggior parte delle stazioni situate lungo i transetti e nei controlli. Hanno rappresentato un'eccezione i siti A1 e A7, risultati non disturbati, e A8 classificato come moderatamente disturbato (Tab. 2-XXXVIII).

Tab. 2-XXXVIII – Valori dell'indice W di Clarke ottenuti nel 1° survey post lavori. In rosso i siti posti in corrispondenza della piattaforma.

	Stazione	W	Classificazione ambientale
I Post lavori	A1	0,705	Non disturbato
	A2	0,313	Leggermente disturbato
	A3	0,478	Leggermente disturbato
	A4	0,547	Leggermente disturbato
	CL NW	0,395	Leggermente disturbato
	CL SE	0,312	Leggermente disturbato
	A5	0,539	Leggermente disturbato
	A6	0,436	Leggermente disturbato
	A7	0,727	Non disturbato
	A8	0,267	Moderatamente disturbato
	B1	0,648	Leggermente disturbato
	B2	0,484	Leggermente disturbato
	B3	0,547	Leggermente disturbato
	B4	0,400	Leggermente disturbato
	CL NE	0,351	Leggermente disturbato
	CL SW	0,430	Leggermente disturbato
	B5	0,528	Leggermente disturbato
	B6	0,650	Leggermente disturbato
	B7	0,473	Leggermente disturbato
	B8	0,487	Leggermente disturbato
K1	0,577	Leggermente disturbato	
K2	0,566	Leggermente disturbato	
K3	0,411	Leggermente disturbato	
K4	0,445	Leggermente disturbato	

Indice AMBI

L'indice AMBI (Tab. 2-XXXIX) ha evidenziato una situazione di leggero disturbo ovunque. La maggior parte delle specie rinvenute appartiene al III gruppo ecologico (specie tolleranti a un eccessivo arricchimento organico nei sedimenti). Presso A1, CL SW, B7 e K2 hanno invece dominato le specie del I gruppo (specie sensibili ad arricchimento organico e presenti solo in condizioni ambientali ottimali), mentre in CL SE e A5 quelle ascrivibili al II gruppo (specie indifferenti all'arricchimento organico).

Indice BENTIX

Il BENTIX (Tab. 2-XL) ha fornito risultati diversi e leggermente più negativi rispetto agli altri due indici. Infatti, il tratto A1 - CL NW, i restanti 3 siti posti a 250 m, CL NE e 3 controlli sono stati classificati come moderatamente disturbati.

Tab. 2-XXXIX – Suddivisione percentuale delle specie rinvenute in ciascun sito monitorato nel 1° survey post lavori 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) e classificazione del disturbo ambientale secondo l’indice AMBI. In giallo è riportato il gruppo ecologico più rappresentativo in ciascuna stazione. In rosso i siti posti in corrispondenza della piattaforma.

	Stazione	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	Classificazione ambientale
I Post lavori	A1	48,3	20,7	31,0	0,0	0,0	1,241	Leggermente disturbato
	A2	31,0	13,8	55,2	0,0	0,0	1,862	Leggermente disturbato
	A3	34,0	16,0	42,0	6,0	2,0	1,890	Leggermente disturbato
	A4	22,6	19,4	54,8	3,2	0,0	2,081	Leggermente disturbato
	CL NW	17,2	22,4	53,4	6,9	0,0	2,250	Leggermente disturbato
	CL SE	16,7	54,2	29,2	0,0	0,0	1,688	Leggermente disturbato
	A5	8,7	56,5	26,1	4,3	4,3	2,087	Leggermente disturbato
	A6	15,4	23,1	51,3	10,3	0,0	2,346	Leggermente disturbato
	A7	39,8	20,0	40,2	0,0	0,0	1,500	Leggermente disturbato
	A8	14,0	9,3	69,8	4,7	2,3	2,581	Leggermente disturbato
	B1	39,3	14,3	42,9	0,0	3,6	1,714	Leggermente disturbato
	B2	15,2	8,7	69,6	4,3	2,2	2,543	Leggermente disturbato
	B3	14,8	18,5	51,9	14,8	0,0	2,500	Leggermente disturbato
	B4	26,2	21,4	50,0	0,0	2,4	1,964	Leggermente disturbato
	CL NE	42,9	9,5	45,2	2,4	0,0	1,607	Leggermente disturbato
	CL SW	32,4	23,5	29,4	14,7	0,0	1,897	Leggermente disturbato
	B5	24,0	21,3	52,0	1,3	1,3	2,020	Leggermente disturbato
	B6	20,0	17,8	51,1	6,7	4,4	2,367	Leggermente disturbato
	B7	40,0	20,0	25,0	10,0	5,0	1,800	Leggermente disturbato
	B8	32,6	9,3	51,2	4,7	2,3	2,023	Leggermente disturbato
	K1	16,7	16,7	66,7	0,0	0,0	2,250	Leggermente disturbato
	K2	45,0	30,0	25,0	0,0	0,0	1,200	Leggermente disturbato
	K3	33,3	19,0	47,6	0,0	0,0	1,714	Leggermente disturbato
	K4	21,7	13,0	65,2	0,0	0,0	2,152	Leggermente disturbato

Tab. 2-XL – Risultati dell’indice BENTIX e relativa classificazione del disturbo ambientale relativi al 1° survey post lavori. In rosso i siti posti in corrispondenza della piattaforma.

	Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale
I Post lavori	A1	3,35	Moderatamente disturbato
	A2	3,10	Moderatamente disturbato
	A3	3,41	Moderatamente disturbato
	A4	3,03	Moderatamente disturbato
	CL NW	3,40	Moderatamente disturbato
	CL SE	3,92	Leggermente disturbato
	A5	3,57	Leggermente disturbato
	A6	3,58	Leggermente disturbato
	A7	3,83	Leggermente disturbato
	A8	3,40	Moderatamente disturbato
	B1	3,24	Moderatamente disturbato
	B2	3,74	Leggermente disturbato
	B3	3,56	Leggermente disturbato
	B4	3,95	Leggermente disturbato
	CL NE	2,60	Moderatamente disturbato
	CL SW	3,53	Leggermente disturbato
	B5	3,62	Leggermente disturbato
	B6	3,69	Leggermente disturbato
	B7	3,80	Leggermente disturbato
	B8	3,30	Moderatamente disturbato
	K1	3,45	Moderatamente disturbato
	K2	3,43	Moderatamente disturbato
	K3	3,90	Leggermente disturbato
	K4	3,36	Moderatamente disturbato

Stato ecologico

In Tab. 2-XLI è riportato lo stato ecologico relativo alle diverse stazioni derivato dalla combinazione dei tre indici durante il 1° survey post lavori, che è risultato compreso tra il buono e il moderato lungo i transetti e tra il buono e il buono/moderato ai controlli.

Tab. 2-XLI – Classificazione dello stato ecologico del 1° survey post lavori derivata dalla combinazione dei tre differenti indici. In rosso i siti posti in corrispondenza della piattaforma.

	Stazione	W	AMBI	BENTIX	Stato ecologico
		Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	
I Post lavori	A1	Non disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono
	A2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	A3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	A4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	CL NW	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	CL SE	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	A5	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	A6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	A7	Non disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	A8	Moderatamente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Moderato
	B1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	B2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	B3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	B4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	CL NE	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	CL SW	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	B5	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	B6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	B7	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	B8	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	K1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	K2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	K3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	K4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato

2.2.6. INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

2.2.6.1 Campionamenti di pesca

Ricchezza specifica (S) e Diversità specifica (H')

Nei tre mesi di monitoraggio (aprile - giugno 2016) sono state censite 24 specie (20 pesci, 2 molluschi e 2 crostacei). Di queste, 16 sono state catturate attorno a Clara NW (13 pesci, 2 molluschi e 1 crostaceo; Tab.2-XLII). Presso i due controlli invece sono state censite complessivamente 13 specie (8 pesci nel C1, 7 pesci e 1 crostaceo presso il C2; Tabb. 2-XLIII e 2-XLIV).

Oltre ai due molluschi (*Aequipecten opercularis* e *Octopus vulgaris*), esclusivamente presso la piattaforma sono stati catturati il crostaceo *Squilla mantis* e 8 specie ittiche (*Mullus barbatus*, *Pagellus bogaraveo*, *Sardina pilchardus*, *Scophthalmus rhombus*, *Scorpaena notata*, *Scorpaena porcus*, *Sparus aurata*, *Torpedo marmorata*).

Centrolophus niger, *Citharus linguatula*, *Eutrigla gurnardus*, *Prionace glauca* e *Solea solea* sono state catturate solo in C1, mentre il crostaceo *Nephrops norvegicus* e i pesci *Alosa fallax fallax*, *Raja asterias* e *Zeus faber* sono stati censiti solo in C2.

I valori medi sia di Ricchezza specifica che di Diversità specifica sono risultati maggiori presso il sito di estrazione, ma solo per la prima è stata riscontrata una significatività statistica tra la piattaforma e C1 (Tabb. 2-XLV e 2-XLVI)

Tab. 2-XLII - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle specie catturate durante i campionamenti di pesca presso la **piattaforma Clara NW** da aprile a giugno 2016.

			Aprile		Maggio		Giugno	
			N.in.	P(Kg)	N.in.	P(Kg)	N.in.	P(Kg)
Crostacei								
<i>Squilla mantis</i>	B	NA	1,26	0,03				
Crostacei Totale			1,26	0,03				
Molluschi								
<i>Octopus vulgaris</i>	B	AT	1,26	1,93				
<i>Aequipecten opercularis</i>	B	NA					1,21	0,02
Molluschi Totale			1,26	1,93			1,21	0,02
Pesci								
<i>Lophius budegassa</i>	B	NA	1,26	0,38				
<i>Mullus barbatus</i>	B	NA	1,26	0,04				
<i>Scophthalmus rhombus</i>	B	NA					1,21	0,78
<i>Scorpaena notata</i>	B	AT					1,21	0,05
<i>Scorpaena porcus</i>	B	AT			1,17	0,03	6,06	0,54
<i>Torpedo marmorata</i>	B	NA					1,21	0,72
<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA	8,80	3,19	4,68	1,92		
<i>Pagellus bogaraveo</i>	NB	PA	3,77	0,13	21,07	0,97	4,85	0,18
<i>Sparus aurata</i>	NB	AT					1,21	0,12
<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	NB	PA	11,31	0,36	3,51	0,10		
<i>Boops boops</i>	P	PA	21,36	1,31	24,59	1,82		
<i>Sardina pilchardus</i>	P	NA	1,26	0,03				
<i>Scomber japonicus</i>	P	PA	3,77	0,94	3,51	0,74		
Pesci Totale			52,77	6,38	58,54	5,57	15,76	2,39

Tab. 2-XLIII - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle specie catturate durante i campionamenti di pesca presso il **controllo C1** da aprile a giugno 2016.

			Aprile		Maggio		Giugno	
			N.in.	P(Kg)	N.in.	P(Kg)	N.in.	P(Kg)
Pesci								
<i>Citharus linguatula</i>	B	NA			1,10	0,04		
<i>Eutrigla gurnardus</i>	B	NA	2,35	0,08				
<i>Solea solea</i>	B	NA					1,15	0,26
<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA			2,20	1,07		
<i>Centrolophus niger</i>	P	NA	1,18	0,53				
<i>Prionace glauca</i>	P	NA	1,18	4,12				
<i>Boops boops</i>	P	PA			1,10	0,08		
<i>Scomber japonicus</i>	P	PA	3,53	1,44	1,10	0,22		
Pesci Totale			8,24	6,17	5,50	1,42	1,15	0,26

Tab. 2-XLIV - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle specie catturate durante i campionamenti di pesca presso il **controllo C2** da aprile a giugno 2016.

			Aprile		Maggio		Giugno	
			N.in.	P(Kg)	N.in.	P(Kg)	N.in.	P(Kg)
Crostacei								
<i>Nephrops norvegicus</i>	B	NA			3,65	0,36	1,25	0,09
Crostacei Totale					3,65	0,36	1,25	0,09
Pesci								
<i>Lophius budegassa</i>	B	NA	1,32	0,94				
<i>Raja asterias</i>	B	NA	1,32	0,82				
<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA	1,32	0,56	2,44	1,36		
<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	NB	PA	1,32	0,06				
<i>Zeus faber</i>	NB	PA	1,32	0,69				
<i>Alosa fallax fallax</i>	P	NA	1,32	1,02				
<i>Scomber japonicus</i>	P	PA			2,44	0,55		
Pesci Totale			7,91	4,09	4,87	1,91		

Tab. 2-XLV – Valori medi (\pm e.s.) ottenuti per i vari indici nel periodo aprile - giugno 2016 presso la piattaforma ClaraNW e le due aree di controllo. N = n. ind/500m/12h; P = kg/500m/12h.

	Clara NW	C1	C2
S	7,66 \pm 1,20	3,00 \pm 1,00	3,33 \pm 1,45
H'	0,69 \pm 0,06	0,37 \pm 0,19	0,41 \pm 0,23
N	43,59 \pm 13,35	4,96 \pm 2,06	5,89 \pm 2,33
P	5,44 \pm 1,71	2,61 \pm 1,81	2,14 \pm 1,16

Tab. 2-XLVI – Risultati del t-test applicato ai valori di Ricchezza specifica (S), diversità specifica (H'), abbondanza (N) e biomassa (P).

S	Clara NW	C2
C1	0,042*	0,860
C2	0,085	
H'	Clara NW	C2
C1	0,230	0,898
C2	0,346	
N	Clara NW	C2
C1	0,046*	0,779
C2	0,050*	
P	Clara NW	C2
C1	0,320	0,839
C2	0,196	

Nel periodo considerato la Ricchezza specifica relativa al sito di estrazione si è ridotta da aprile a maggio (10 e 6 rispettivamente) ed è lievemente aumentata a giugno (7; fig. 2.50), mese in cui in C1 è avvenuto un decremento passando da 4 a 1. In C2 il trend è apparso decrescente (da 6 di aprile e maggio a 1 a giugno).

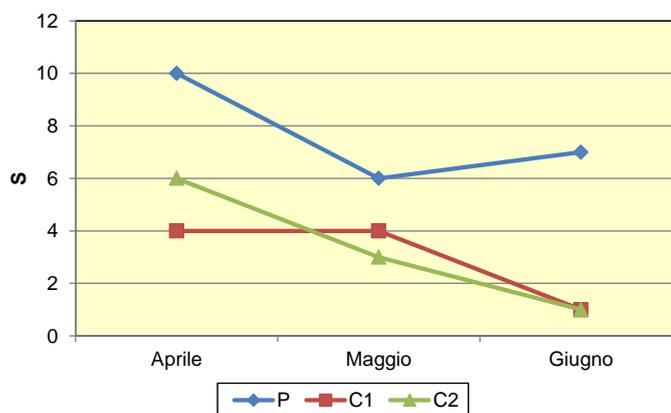


Fig. 2.50 - Ricchezza specifica ottenuta per la piattaforma ClaraNW e per i due siti di controllo da aprile a giugno 2016.

I trend relativi all'indice di Diversità specifica di Shannon-Weaver sono risultati simili a quelli di S (fig. 2.51); per la piattaforma il massimo è stato ottenuto ad aprile (0,77) e il minimo a maggio (0,59) per i due controlli l'indice è risultato nullo a giugno; i valori più alti (C1: 0,58; C2: 0,78) sono stati raggiunti rispettivamente a maggio e aprile.

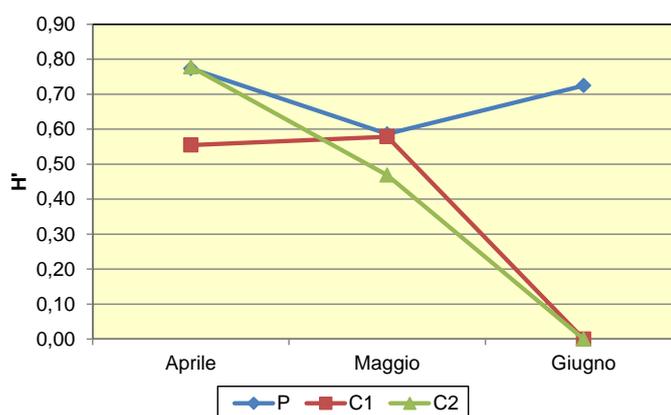


Fig. 2.51 - Diversità specifica ottenuta per la piattaforma ClaraNW e per i due siti di controllo da aprile a giugno 2016.

Rendimenti di pesca e composizione delle catture

I rendimenti di pesca medi sono risultati significativamente più alti presso il sito di estrazione rispetto alle aree di controllo solo in termini numerici (Tabb. 2-XLV e 2-XLVI).

Per quanto concerne i rendimenti in numero (fig. 2.52), in piattaforma dopo un leggero aumento registrato a maggio (58,54 ind/500m/12h) si è assistito a un forte decremento a giugno (16,97 ind/500m/12h). Un trend simile, ma molto meno accentuato, è stato osservato per C2, dove i rendimenti sono variati tra 1,25 e 8,53 ind/500m/12h rispettivamente a giugno e maggio, mentre in C1 l'andamento è apparso decrescente nel periodo (da 8,24 a 1,15 ind/500m/12h).

In termini ponderali da aprile a giugno si è assistito a un decremento in tutti i tre siti: da 8,34 a 2,41 kg/500/12h presso Clara NW, da 6,17 a 0,26 kg/500/12h in C1 e da 4,09 a 0,09 kg/500/12h in C2.

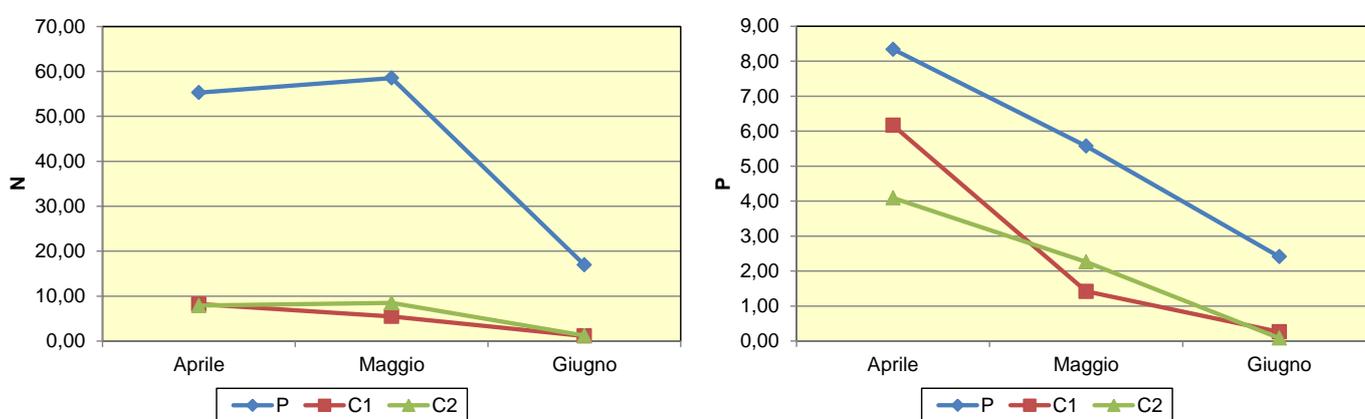


Fig. 2.52 - Rendimenti di pesca in termini numerici (N; n. ind/500m/12h) e ponderali (kg/500m/12h) registrati presso Clara NW e nelle zone di controllo da aprile a giugno 2016.

I pesci hanno costituito la frazione dominante (l'unica in C1) delle catture sia in termini numerici che ponderali (fig. 2.53).

Pesci bentonici – In totale sono state censite 10 specie ittiche appartenenti a questo gruppo. Nel sito di estrazione ne sono state rilevate 6, in C1 3 e in C2 2 (Tabb. 2-XLII - 2-XLIV). Presso Clara NW i pesci bentonici sono risultati sia numericamente (10,23%) che in termini ponderali (15,54%) i meno importanti rispetto agli altri gruppi, ma è interessante la presenza nelle catture delle specie bentoniche AT *Scorpena notata* e *Scorpena porcus*. In C1 i bentonici hanno rappresentato il secondo gruppo in termini numerici (30,91%) e l'ultimo in peso (4,87%), contrariamente a quanto osservato in C2 (numero: 14,91%; peso: 27,35%).

Pesci necto-bentonici – Complessivamente sono state censite 5 specie ittiche necto-bentoniche di cui 4 presso il sito di estrazione, 1 in C1 e 3 in C2 (Tabb. 2-XLII - 2-XLIV). Sia numericamente che ponderalmente la componente necto-bentonica è risultata la più importante sia nei pressi della piattaforma (45,26% e 42,71%), sia in C2 (36,14% e

41,41%). Da evidenziare presso Clara NW la presenza nelle catture ottenute a giugno della specie AT *Sparus aurata*. Invece presso C1 i necto-bentonici, rappresentati esclusivamente da *Merluccius merluccius*, sono risultati terzi (14,79%) in numero e secondi (13,65%) in peso.

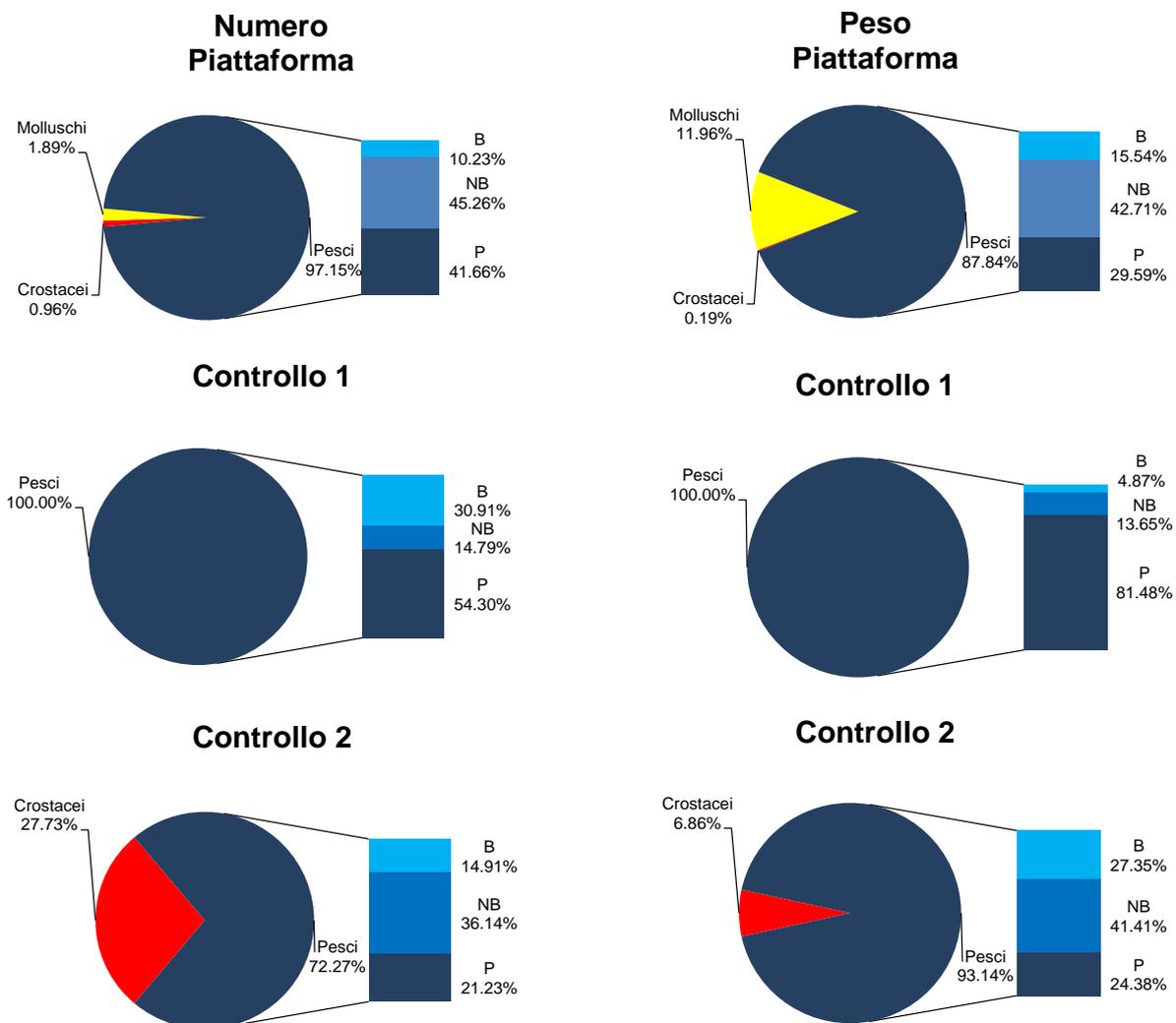


Fig. 2.53 - Composizione percentuale delle catture in numero e in peso tra aprile e giugno 2016 presso Clara NW e nei due siti di controllo. B = bentonico; NB = necto-bentonic; P = pelagico.

Pesci pelagici - In totale sono state censite 6 specie di cui 3 presso il sito di estrazione, 4 presso C1 e 2 presso C2 (Tabb. 2-XLII - 2-XLIV). I pelagici hanno rappresentato il secondo gruppo in numero e in peso sia in piattaforma che in C2 e il primo in C1, dove è stato catturato l'elasmobranchio *Prionace glauca*.

Crostacei - I crostacei sono comparsi solo nelle catture relative alla piattaforma e a C2 (Tabb. 2-XLII - 2-XLIV). Mentre nel sito di estrazione, in cui l'unica specie catturata è stata *S. mantis*, i crostacei sono apparsi irrilevanti sia in numero che in peso (0,96%, 0,19%), in C2 l'unica specie rivenuta (*N. norvegicus*) ha presentato percentuali degne di

nota, soprattutto in numero (23,73%).

Molluschi – Per questo gruppo sono state censite due sole specie (*Octopus vulgaris* e *Aequipecten opercularis*) esclusivamente presso il sito di estrazione (Tabb. 2-XLII - 2-XLIV), dove ha rappresentato l'1,89% in numero e l' 11,96% in peso delle catture totali.

Affinità delle specie catturate con i substrati duri

L'analisi della composizione delle catture secondo il grado di affinità delle specie con i substrati duri (fig. 2.54) ha evidenziato una prevalenza numerica presso Clara NW di specie ittiche pelagiche e necto-bentoniche PA, rappresentate soprattutto da *B. boops* e da *Pagellus bogaraveo* e *T. minutus capelanus*. Hanno seguito i necto-bentonici NA, confrontabili con i bentonici AT e NA. In termini ponderali sono risultati meglio rappresentati i pesci necto-bentonici NA e i pelagici PA per le catture di *M. merluccius*, *B. boops* e *S. japonicus*. Data l'elevata variabilità le catture di questi organismi sono risultate confrontabili con quelle della maggior parte degli altri gruppi rinvenuti.

In C1 i diversi gruppi sono apparsi paragonabili sia in termini numerici che ponderali, così come in C2.

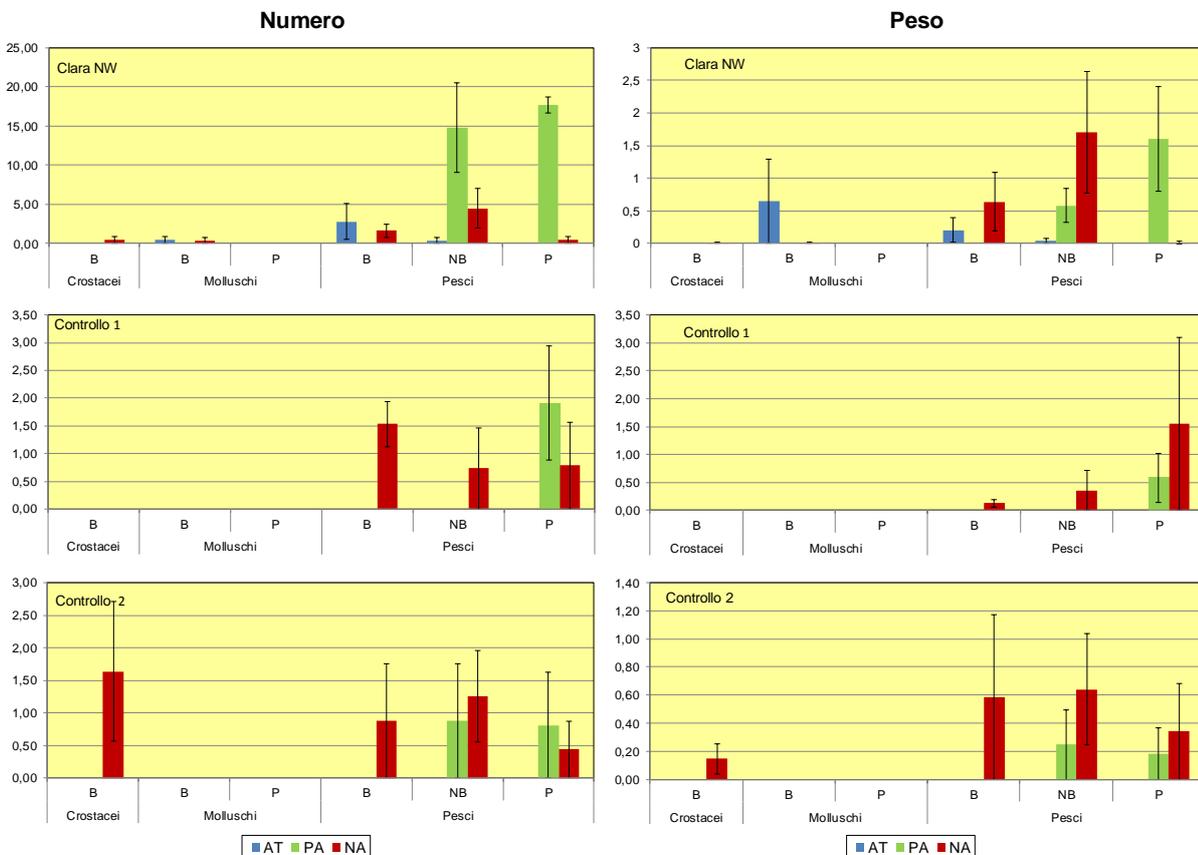


Fig. 2.54 - Numero (n. ind./500m/12h) e peso (kg/500m/12h) medi (± e.s.) delle specie attratte (AT), parzialmente attratte (PA) e non attratte (NA) ottenuti nelle catture effettuate nel periodo aprile - giugno 2016 nei tre siti. B = bentonico; NB = necto-bentonic; P = pelagico.

2.2.6.2 Investigazioni acustiche

Nell'aprile 2016 sono stati rilevati 14 banchi di pesce, distribuiti per lo più nell'area a N di Clara NW (fig. 2.55): solo due banchi sono stati osservati entro i 300 m; tra questi il n. 8 è risultato il più vicino (159,95 m; Tab. 2-XLVII). Lo stesso banco ha mostrato caratteristiche dimensionali maggiori per quanto riguarda volume ($130,295 \text{ m}^3$), lunghezza NS (12,194 m) e lunghezza EW (14,101 m; Tab. 2-XLVIII) mentre il maggior sviluppo per superficie è stato attribuito all'aggregazione n. 13 ($966,688 \text{ m}^2$). I valori maggiori delle medie delle caratteristiche metriche (fig. 2.56) sono stati ottenuti per i banchi prossimi alla piattaforma. Le profondità rilevate ricoprono un range di 20 m dal fondale essendo il banco più superficiale (n. 8) sondato a 58,851 m e il più profondo (n. 4) a 75,604 m. La mediana relativa alle profondità dei banchi vicini a Clara NW è risultata inferiore a quella delle aggregazioni periferiche (rispettivamente 64,943 m e 73,457 m). Le variabili acustiche sono riportate in Tab. 2-XLIX.

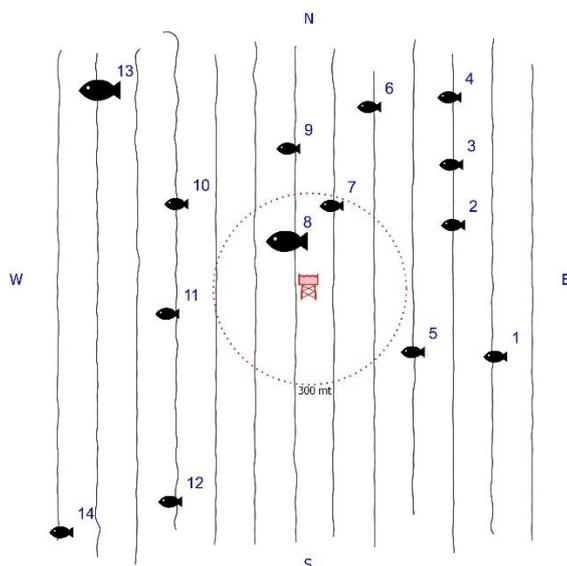


Fig. 2.55 - Schema planare della posizione dell'aggregazione di pesce individuata durante il campionamento condotto nell'aprile 2016. Figura non in scala.

Tab. 2-XLVII – Distanza (m) dalla piattaforma Clara NW del banco di pesce individuato durante il campionamento condotto nell'aprile 2016; i banchi individuati entro i 300 m dalla struttura sono evidenziati in verde.

Banco	Distanza da Clara NW (m)
1	617,03
2	494,28
3	585,64
4	741,66
5	381,98
6	590,62
7	263,04

Banco	Distanza da Clara NW (m)
8	159,95
9	443,06
10	484,13
11	441,27
12	799,01
13	891,75
14	1087,81

Tab. 2-XLVIII - Caratteristiche metriche del banco di pesce individuato durante il campionamento condotto nell'aprile 2016. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume; i banchi individuati entro i 300 m dalla struttura sono evidenziati in verde.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	38,519	2,051	6,596	73,860	75,108	1,248	3,257	43°48,050'	14°1,821'	74,486	11,827	0	0
2	55,199	3,603	5,267	73,448	74,694	1,246	5,453	43°48,271'	14°1,725'	74,896	10,122	0	0
3	255,655	6,804	10,145	72,927	75,728	2,801	25,860	43°48,373'	14°1,714'	74,412	9,886	0	0
4	45,095	2,566	6,660	74,971	76,151	1,180	4,408	43°48,488'	14°1,711'	75,604	10,229	0	0
5	44,301	1,697	6,545	74,470	75,552	1,082	3,279	43°48,054'	14°1,630'	5,979	13,510	0	0
6	75,929	4,631	7,145	73,526	74,781	1,255	12,752	43°48,465'	14°1,525'	74,174	5,954	0	0
7	56,932	2,200	5,692	70,000	73,093	3,093	5,910	43°48,299'	14°1,440'	71,035	9,559	0	0
8	799,095	12,194	14,101	56,592	62,346	5,754	130,295	43°48,242'	14°1,341'	58,851	6,133	0	0
9	98,854	6,133	6,661	68,143	69,930	1,787	15,037	43°48,399'	14°1,337'	69,160	6,574	0	0
10	134,341	5,756	8,328	73,332	75,764	2,432	13,112	43°48,300'	14°1,079'	60,846	10,163	0	0
11	170,441	5,727	9,532	69,423	72,885	3,462	19,634	43°48,113'	14°1,065'	65,015	8,681	0	0
12	161,967	5,219	5,334	70,669	73,888	3,219	17,165	43°47,795'	14°1,075'	73,002	10,146	0	0
13	966,688	9,174	10,973	70,063	75,374	5,311	117,341	43°48,491'	14°0,900'	72,769	8,238	0	0
14	200,996	5,711	8,152	72,624	75,102	2,478	19,117	43°47,740'	14°0,822'	73,911	10,514	0	0

Tab. 2-XLIX - Variabili acustiche relative al banco di pesce individuato durante il campionamento condotto nell'aprile 2016; i banchi individuati entro i 300 m dalla struttura sono evidenziati in verde.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-50,063	44	2	17	-53,731	-44,187	0,099
2	-50,386	77	4	29	-53,678	-44,643	0,091
3	-49,891	398	9	96	-53,757	-42,652	0,103
4	-49,857	62	3	24	-53,774	-45,765	0,103
5	-49,678	44	2	19	-53,739	-45,222	0,108
6	-48,179	176	5	50	-53,691	-40,655	0,152
7	-49,506	55	2	14	-53,999	-43,544	0,112
8	-47,348	2223	15	282	-53,995	-35,852	0,184
9	-48,877	267	8	88	-53,975	-39,436	0,130
10	-49,238	148	6	52	-53,739	-43,713	0,119
11	-48,510	254	6	72	-53,765	-42,248	0,141
12	-49,085	127	6	38	-53,687	-42,661	0,123
13	-49,283	1422	10	157	-53,994	-42,201	0,118
14	-50,190	295	7	66	-53,748	-45,687	0,096
1	-50,063	44	2	17	-53,731	-44,187	0,099

*Sv = Volume backscattering strength

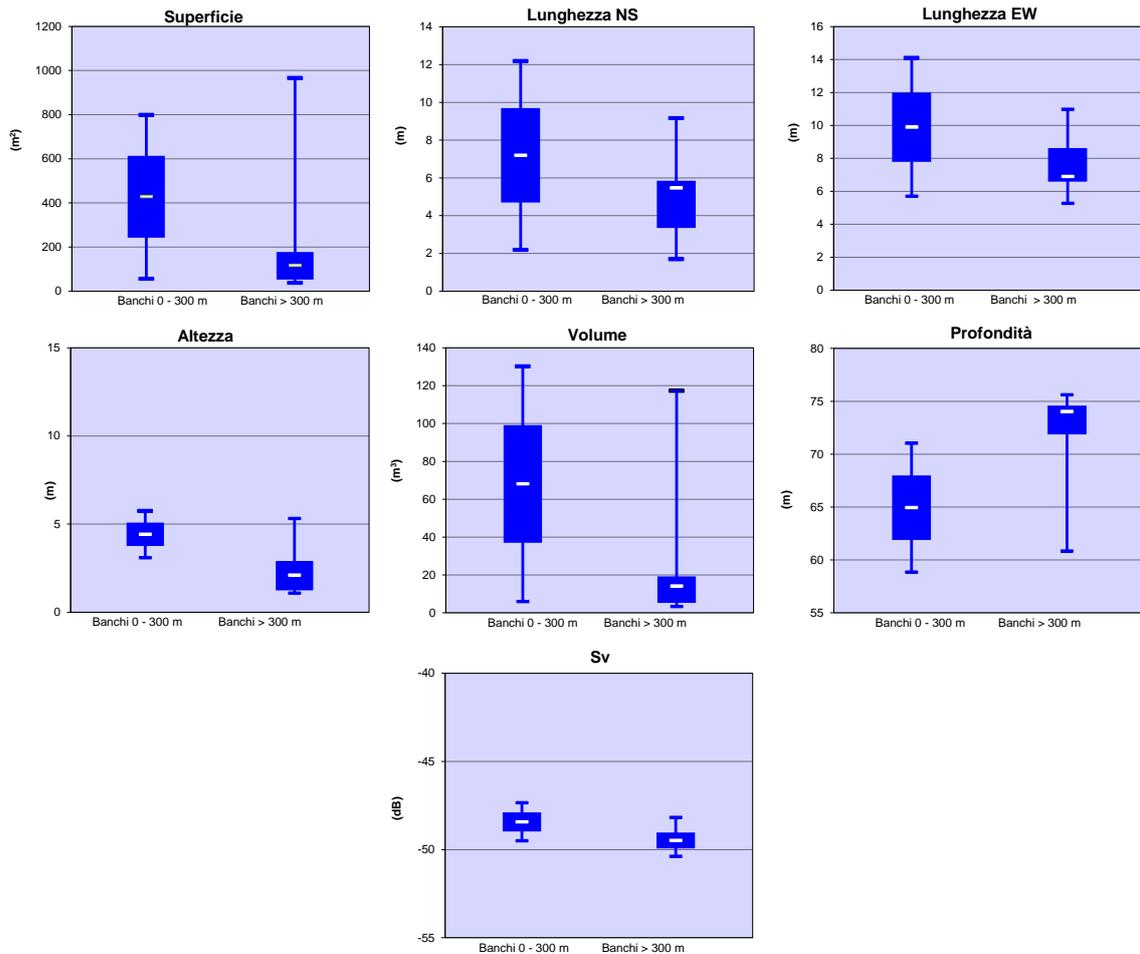


Fig. 2.56 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate nell'aprile 2016. Sono mostrati il 50% dei campioni (box), il primo e il terzo quartile e la mediana. Sv = Volume backscatter strength.

A **maggio** sono state individuate 17 aggregazioni di pesce di cui 8 entro 300 m da Clara NW (fig. 2.57): la più vicina è stata la n.11 a 96,32 m e la più lontana la n. 17 a 797,16 m (Tab. 2-L).

I valori delle mediane individuano caratteristiche dimensionali maggiori per i banchi prossimi a Clara NW rispetto a quelli lontani (fig. 2.58), anche se i picchi di valori sono stati registrati per i banchi n. 9 (volume di 146,237 m³) e n. 10 (superficie di 1530,498 m², lunghezza NS di 14,538 m, EW di 16,904 m ed altezza 10,54 m; Tab. 2-LI) entrambi rilevati oltre i 300 m dalla struttura. Anche la posizione delle aggregazioni lungo la colonna d'acqua è risultata molto varia essendo le profondità dei centri geometrici oscillate tra 45,713 m (banco n. 9) e 76,496 m (banco n. 12).

Le variabili acustiche dei banchi sono descritte in Tab. 2-LII.

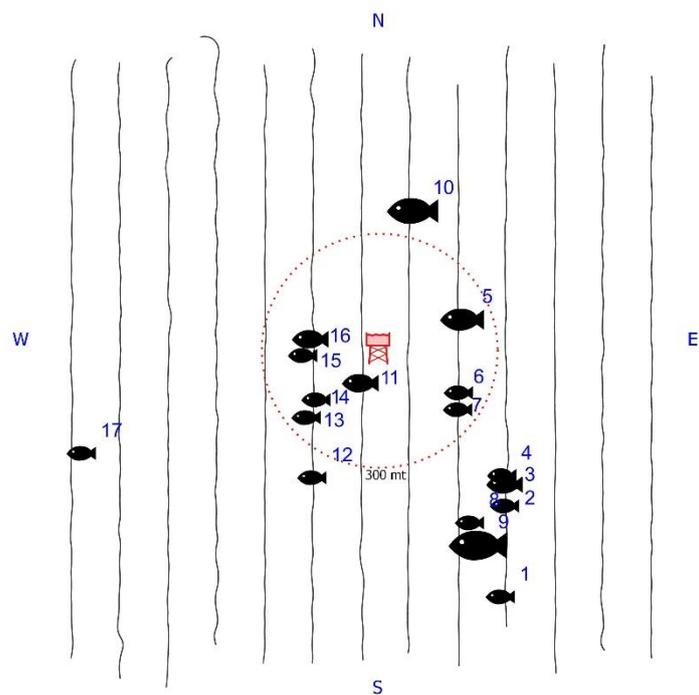


Fig. 2.57 - Schema planare della posizione delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel maggio 2016. Figura non in scala.

Tab. 2-L - Distanza (m) dalla struttura Clara NW dei banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel maggio 2016; in verde sono evidenziati i banchi individuati entro i 300 m dalla struttura.

Banco	Distanza da Clara NW (m)
1	708,52
2	514,81
3	475,80
4	457,66
5	231,97
6	230,55
7	247,71
8	507,53
9	569,02
10	361,42
11	96,32
12	369,66
13	239,37
14	210,18
15	183,65
16	169,37
17	797,16

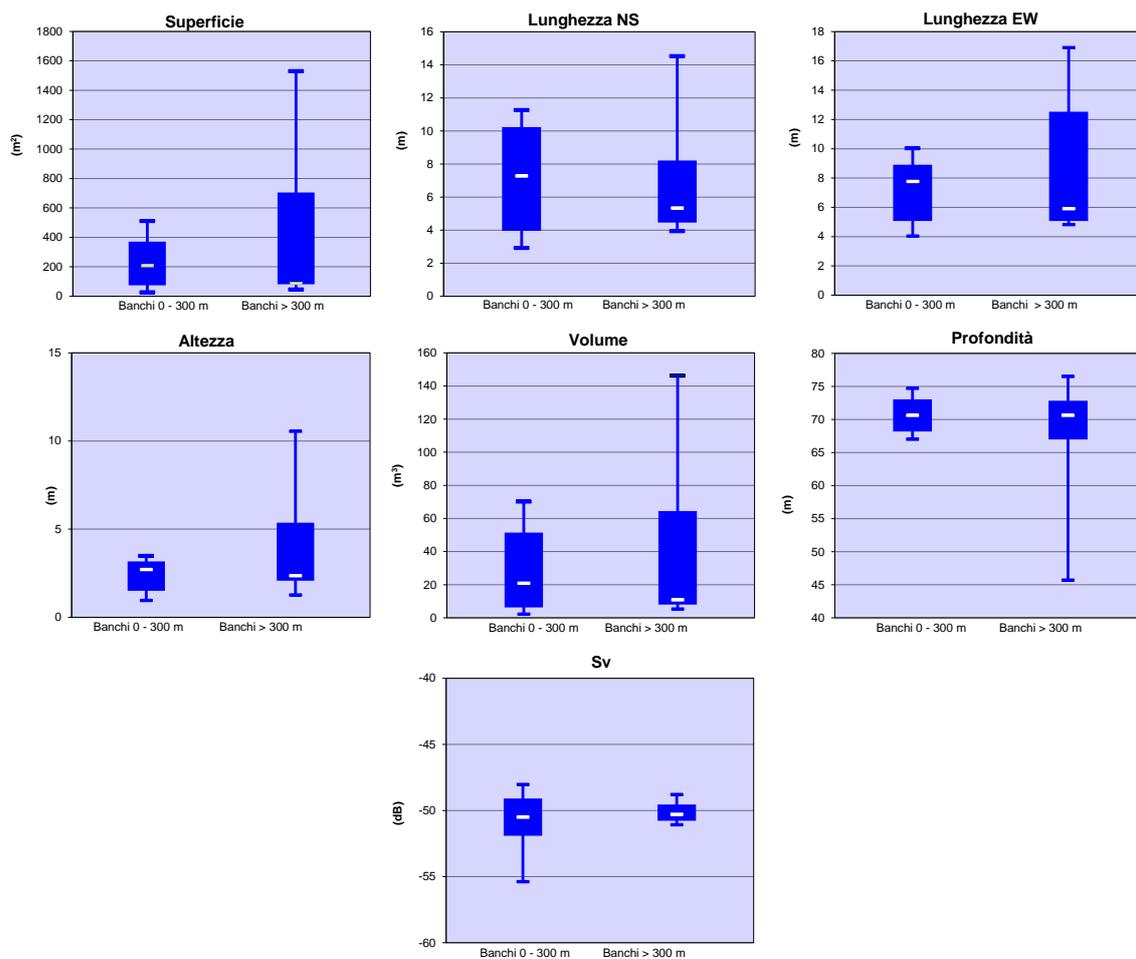


Fig. 2.58 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate nel maggio 2016. Sono mostrati il 50% dei campioni (box), il primo e il terzo quartile e la mediana. Sv = Volume backscatter strength.

Tab. 2-LI - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel maggio S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume; i banchi individuati entro i 300 m dalla piattaforma sono evidenziati in verde.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	80,285	4,461	5,898	72,535	74,117	1,582	8,531	43°47,822'	14°1,628'	72,835	9,411	0	0
2	85,821	4,495	4,813	72,164	74,237	2,073	10,787	43°47,948'	14°1,632'	73,222	7,956	0	0
3	704,953	8,213	12,532	68,406	73,767	5,361	64,467	43°47,978'	14°1,634'	70,621	10,935	0	0
4	81,441	4,177	5,558	71,807	73,887	2,080	8,007	43°47,985'	14°1,626'	72,856	10,172	0	0
5	511,837	11,278	9,117	68,327	71,698	3,371	70,234	43°48,205'	14°1,550'	68,519	7,288	0	0
6	27,208	2,930	4,133	72,461	73,429	0,968	2,134	43°48,105'	14°1,540'	67,016	12,753	0	0
7	88,744	3,779	5,388	72,853	74,533	1,680	7,562	43°48,091'	14°1,544'	74,724	11,735	0	0
8	84,893	5,332	5,072	65,922	68,282	2,360	7,329	43°47,920'	14°1,564'	66,984	11,583	0	0
9	1285,703	7,583	14,071	41,413	51,894	10,481	146,237	43°47,890'	14°1,583'	45,713	8,792	0	0
10	1530,498	14,538	16,904	43,914	54,462	10,548	125,544	43°48,351'	14°1,455'	46,192	10,454	0	0
11	325,702	7,490	10,038	71,589	74,688	3,099	49,498	43°48,116'	14°1,356'	73,041	6,580	0	0
12	46,142	3,946	4,857	74,673	75,938	1,265	5,225	43°47,984'	14°1,265'	76,496	8,831	0	0
13	222,414	7,045	7,475	70,229	72,980	2,751	21,730	43°48,076'	14°1,254'	71,604	10,235	0	0
14	29,930	4,012	4,033	72,069	73,022	0,953	2,422	43°48,088'	14°1,269'	73,088	12,355	0	0
15	189,674	11,241	8,054	67,718	71,206	3,488	19,818	43°48,164'	14°1,250'	69,633	9,571	0	0
16	505,136	9,906	8,831	65,757	68,415	2,658	57,280	43°48,176'	14°1,262'	67,245	8,819	0	0
17	354,125	10,513	9,338	67,015	70,623	3,608	32,568	43°48,012'	14°0,829'	68,976	10,873	0	0

Tab. 2-LII - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento di maggio 2016; i banchi individuati entro i 300 m da Clara NW sono evidenziati in verde.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-50,202	126	6	40	-53,655	-45,645	0,095
2	-50,293	158	6	40	-53,645	-45,099	0,093
3	-50,767	961	10	173	-53,994	-43,446	0,084
4	-50,390	112	5	33	-53,645	-44,645	0,091
5	-48,035	807	12	120	-53,994	-40,051	0,157
6	-52,499	27	3	12	-53,655	-49,636	0,056
7	-49,285	94	4	29	-53,710	-42,673	0,118
8	-51,083	89	6	32	-53,636	-47,099	0,078
9	-48,787	2320	10	136	-53,995	-38,277	0,132
10	-49,422	1427	18	320	-53,989	-38,763	0,114
11	-48,476	606	8	95	-53,682	-39,589	0,142
12	-49,546	75	5	33	-53,755	-44,201	0,111
13	-50,269	305	9	77	-53,691	-44,080	0,094
14	-51,707	38	5	23	-53,589	-48,580	0,068
15	-50,726	348	16	101	-53,664	-43,636	0,085
16	-55,382	972	14	201	-53,807	-42,736	0,029
17	-51,039	383	11	107	-53,755	-46,682	0,079

Nel **giugno** 2016 sono stati individuati 14 banchi tutti oltre i 300 m da Clara NW (fig. 2.59). L'associazione più prossima alla piattaforma, identificata con il n. 8, è stata rinvenuta a 416,52 m (Tab. 2-LIII).

Il banco n. 2 ha presentato le dimensioni maggiori (superficie: 1513,265 m²; volume: 167,158 m³; lunghezza NS: 13,253 m; lunghezza EW: 16,830 m; Tab. 2-LIV).

Tutte le associazioni sono state rilevate entro i primi 15 m dal fondo (Tab. 2-LIV): il banco più profondo è stato il n. 8 (75,902 m), il più superficiale il n. 6 (61,426 m). Nella Tab. 2-LV sono riportate le variabili acustiche dei banchi sondati.

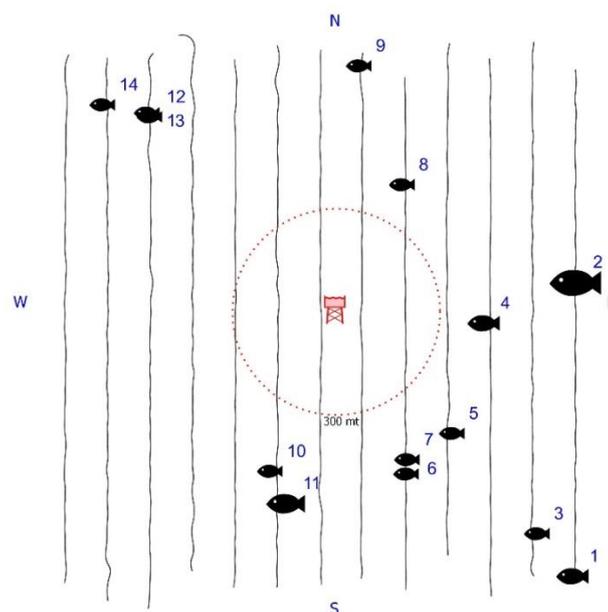


Fig. 2.59 - Schema planare della posizione delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel giugno 2016. Figura non in scala.

Tab. 2-LIII - Distanza (m) dalla struttura Clara NW dei banchi di pesce individuati durante il campionamento di giugno 2016.

Banco	Distanza da Clara NW (m)
1	1038,26
2	702,56
3	873,21
4	428,99
5	494,19
6	467,12
7	482,26
8	416,52
9	714,05
10	509,67
11	536,99
12	769,26
13	791,61
14	891,85

Tab. 2-LIV - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel giugno 2016. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	356,947	8,821	10,753	66,636	75,855	9,219	37,886	43°47,746'	14°1,907'	74,564	9,344	0	0
2	1513,265	13,253	16,830	64,050	69,624	5,574	167,158	43°48,208'	14°1,909'	66,616	9,053	0	0
3	252,431	7,585	7,634	70,633	73,198	2,565	33,892	43°47,815'	14°1,828'	71,875	7,448	0	0
4	350,458	8,651	11,453	70,861	73,951	3,090	45,491	43°48,145'	14°1,707'	72,535	7,704	0	0
5	154,915	4,921	7,089	71,682	74,794	3,112	19,157	43°47,969'	14°1,642'	73,708	7,133	0	0
6	44,721	1,840	6,033	75,363	76,353	0,990	5,117	43°47,935'	14°1,539'	61,426	7,439	0	0
7	130,028	6,083	7,525	73,646	75,359	1,713	13,978	43°47,929'	14°1,547'	74,183	9,302	0	0
8	43,411	3,803	6,581	75,323	76,342	1,019	3,610	43°48,362'	14°1,532'	75,902	12,026	0	0
9	263,144	5,889	7,221	67,437	73,249	5,812	32,819	43°48,546'	14°1,432'	69,340	8,011	0	0
10	275,125	6,338	9,972	71,767	74,154	2,387	27,882	43°47,901'	14°1,267'	73,012	9,861	0	0
11	399,705	8,213	12,098	72,088	75,082	2,994	71,593	43°47,884'	14°1,275'	73,565	5,583	0	0
12	160,469	5,610	11,971	73,884	76,331	2,447	16,660	43°48,460'	14°0,987'	75,031	9,632	0	0
13	49,591	5,427	4,240	75,262	76,393	1,131	4,152	43°48,470'	14°0,977'	75,810	11,944	0	0
14	64,052	4,212	7,655	74,019	75,367	1,348	6,757	43°48,478'	14°0,884'	74,625	9,479	0	0

Tab. 2-LV - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel giugno 2016.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-48,363	461	10	112	-53,787	-35,769	0,146
2	-49,461	2776	17	338	-53,873	-39,630	0,113
3	-48,951	421	7	77	-53,999	-40,556	0,127
4	-48,339	631	11	137	-53,769	-40,742	0,147
5	-46,925	136	3	26	-53,687	-38,678	0,203
6	-49,188	40	1	10	-53,769	-44,233	0,121
7	-51,850	142	7	45	-53,742	-45,251	0,065
8	-50,498	49	4	26	-53,760	-46,760	0,089
9	-47,423	333	8	52	-53,979	-34,421	0,181
10	-49,654	302	7	75	-53,650	-43,103	0,108
11	-47,044	877	9	119	-53,733	-37,659	0,198
12	-48,416	235	7	76	-53,770	-41,718	0,144
13	-51,780	60	7	33	-53,796	-47,796	0,066
14	-50,001	87	4	33	-53,727	-44,700	0,100

*Sv = Volume backscattering strength

Di seguito si riportano alcuni esempi di rappresentazioni tridimensionali delle aggregazioni di pesce rilevate nei campionamenti sopra descritti (figg. 2.60-2.62). Tali immagini permettono una percezione spazio-temporale dei singoli banchi nell'ambiente circostante la struttura.



Fig. 2.60 – Immagine tridimensionale della colonna d'acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce nell'aprile 2016. Al centro dell'immagine è visibile la struttura Clara NW.

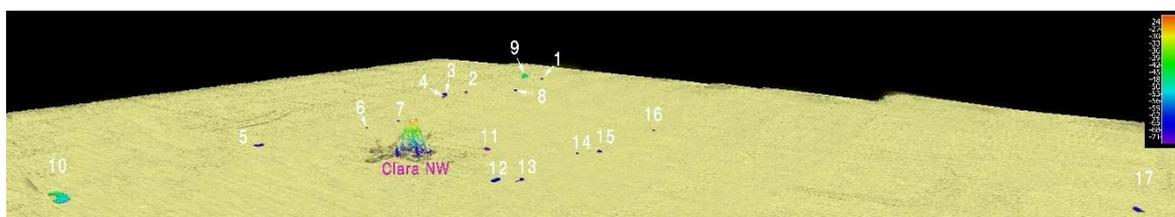


Fig. 2.61 – Immagine tridimensionale della colonna d'acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce nel maggio 2016. Visibile la struttura nell'immagine.



Fig. 2.62 – Immagine tridimensionale della colonna d'acqua in cui è stato individuato il banco di pesce nel giugno 2016. Al centro dell'immagine è visibile la struttura Clara NW.

2.2.6.3 Acquisizione di immagini tramite telecamera

Nell'aprile 2016 tra i 15 e i 45 m di profondità sono state invece identificate specie pelagiche parzialmente attratte come *Boops boops* e *Trachurus trachurus* o necto-bentoniche come *Pagellus bogaraveo* (PA) e *Diplodus vulgaris* (AT; (fig. 2.63).



Fig 2.63 – Aprile 2016. Specie ittiche pelagiche e necto-bentoniche attorno alla piattaforma; sono distinguibili esemplari di *T. trachurus*, *P. Bogaraveo*, *B. boops* e *D. Vulgaris*.

A **maggio** in prossimità dei pali della piattaforma a una profondità di circa 15 m è stato rilevato un grosso banco composto dalla specie pelagica parzialmente attratta *Trachurus mediterraneus* (fig. 2.64) mentre a **giugno** sono state individuate alcune specie pelagiche attorno a 20 m di profondità (fig. 2.65).

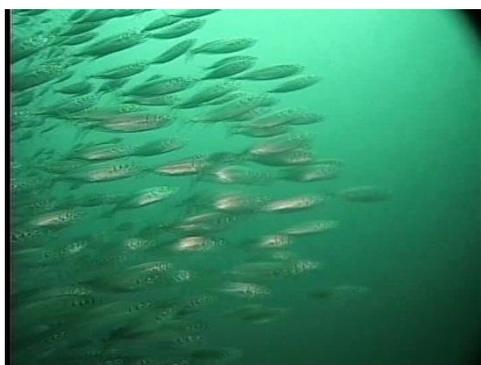


Fig. 2.64 – Esempari di *T. mediterraneus* individuati durante il campionamento condotto nel **maggio 2016**.



Fig. 2.65 - Esempari di specie pelagiche individuate a circa 20 m di profondità (*B. boops* e *Trachurus* spp.) nel **giugno 2016**.

2.2.7. RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI

Nel 1° semestre 2016 durante i 18 survey non è avvenuto alcun avvistamento di cetacei nell'area indagata.

2.3. CONCLUSIONI

In riferimento al Decreto n. 0000227 del 17/09/2014 emesso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-ISMAR UOS 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 Clara NW e della condotta sottomarina collegante tale struttura alla piattaforma Calipso. 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-ISMAR 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-ISMAR di Ancona 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; 2004; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015; 2016a; 2016b; 2016c; 2016d); d) alle caratteristiche idrologiche e sedimentologiche della zona in cui è installata Clara NW.

Per quanto concerne la piattaforma, è stato proposto un monitoraggio comprendente indagini riguardanti la colonna d'acqua (studio delle correnti, caratteristiche fisiche e chimiche), le comunità fito- e zooplanctoniche (solo nelle fasi di pre-survey e durante i lavori di installazione), i sedimenti (granulometria, IPA, idrocarburi totali, metalli pesanti, sostanza organica, TOC, ecotossicologia, bioaccumulo), la ricerca di inquinanti e lo studio di biomarkers in esemplari di *Mytilus galloprovincialis* insediati sulle parti sommerse, la composizione quali-quantitativa della comunità bentonica e del popolamento ittico.

Il monitoraggio comprende diverse fasi:

- a. fase precedente alla posa in opera della piattaforma (pre-survey);
- b. fase di installazione e perforazione dei pozzi;
- c. fase di esercizio;
- d. fase di fine esercizio.

Nella presente relazione sono riportati i risultati ottenuti nel 1° semestre successivo all'entrata in produzione della struttura (gennaio - giugno 2016), durante il quale sono state condotte tutte le indagini previste eccetto quelle inerenti *Mytilus galloprovincialis* per il

mancato rinvenimento di esemplari adesi alle parti sommerse della piattaforma.

Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua - Le caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua nel 1° semestre 2016 sono in accordo con la climatologia del bacino (Artegiani *et al.*, 1997a; 1997b; Zavatarelli *et al.*, 1998). La condizione tardo-invernale di febbraio, caratterizzata da condizioni di instabilità su gran parte della colonna d'acqua, si è mantenuta anche a marzo, mentre in aprile è iniziato il riscaldamento dello strato superficiale accompagnato da una salinità relativamente bassa. Sul fondo le condizioni termo-aline si sono mantenute più stabili per tutto il periodo. Per quanto riguarda gli aspetti idrochimici considerati, l'ossigeno disciolto è apparso generalmente in diminuzione verso il fondo ma non sono state osservate condizioni ipossiche o anossiche.

Le concentrazioni di nutrienti sono nei range dei valori noti per l'area (Zavatarelli *et al.*, 1998; Marini *et al.*, 2008). Per quanto riguarda i composti azotati i valori relativamente più alti sono stati osservati in febbraio e i minimi in aprile. Questo trend è stato individuato anche per i fosfati, mentre i silicati sono apparsi più bassi in marzo.

Considerando i profili di fluorescenza *in situ*, in febbraio sono stati osservati una distribuzione omogenea su tutta la colonna, a marzo un aumento verso il fondo e ad aprile picchi relativi di attività fotosintetica tra i 40 e i 60 m di profondità.

La concentrazione di pigmenti clorofilliani è risultata mediamente più elevata in febbraio per il consistente contributo della Chl *b* (caratteristica delle alghe verdi -Prasinophyceae- e delle Euglenophyta), che ha raggiunto i valori massimi, mentre aprile è stato caratterizzato dalla minore attività fitoplanctonica.

Il carico solido sospeso ha presentato un aumento della concentrazione nelle acque di fondo a marzo ma soprattutto ad aprile, trend osservato frequentemente in Adriatico e probabilmente da correlare a processi di risospensione e trasporto di sedimenti di fondo (Wang e Pinardi, 2002; Wang *et al.*, 2006).

Nel confronto fra le stazioni in prossimità della piattaforma e quelle localizzate a 2000 m in generale non sono emerse differenze per quanto riguarda le condizioni oceanografiche, salvo un limitato incremento di temperatura nelle stazioni di controllo in aprile.

Riguardo i parametri idrochimici, nelle stazioni a 100 m sono risultati più abbondanti NO₃ sia a febbraio che a marzo, NO₂ a marzo e Si(OH)₄ ad aprile. Hanno invece prevalso nelle stazioni a 2000 m NO₂ a febbraio, PO₄ a febbraio e aprile e TSM a marzo.

In definitiva, non sono risultate evidenti alterazioni nei parametri oceanografici e idrochimici da attribuire alle attività di estrazione in corso sulla piattaforma Clara NW.

Per quanto riguarda i metalli pesanti, l'analisi dei dati ha evidenziato la completa assenza

(concentrazioni sempre sotto il limite di rilevabilità) di alcune delle specie chimiche considerate tra le più tossiche (mercurio, cadmio, rame e indio; Canli e Furness, 1995; Dong *et al.*, 2016). Anche piombo e ferro sono risultati molto spesso non rilevabili e in ogni caso, considerato il loro valore medio, non hanno mostrato alcuna differenza degna di nota nel confronto tra i due diversi survey. Tra le specie chimiche rilevabili sono stati fondamentalmente distinti due differenti andamenti. L'arsenico, il bario, il vanadio e il silicio hanno evidenziato una minima variabilità delle concentrazioni sia nella distribuzione orizzontale, sia in quella verticale. Cromo, nichel, alluminio e zinco sono invece apparsi molto più variabili, spesso con valori del coefficiente di variabilità superiore al 100%, pur conservando concentrazioni medie simili nei survey eccetto zinco e alluminio per i quali è stato osservato un aumento a marzo.

Per quanto riguarda gli inquinanti organici, l'unica categoria di composti saltuariamente presente è stata quella degli Idrocarburi alifatici, comunque caratterizzati da valori piuttosto bassi e sempre vicini al limite di rilevabilità.

In generale, tutti i metalli e i microinquinanti organici rilevati sono risultati comunque ampiamente al di sotto dei limiti previsti dalle Leggi attinenti agli obiettivi di qualità delle acque (es. i limiti per le acque riportati nella DIRETTIVA 2008/105/EC) e confrontabili con i risultati ottenuti in altre aree non contaminate sia del Mediterraneo (Béthoux *et al.*, 1990; Annibaldi *et al.*, 2009), sia di altre zone d'Europa e del mondo (Law, 1978; Middelburg *et al.* 1988; Alves *et al.*, 1993; Crompton, 2006). Inoltre, non sono apparsi distinguibili particolari trend delle concentrazioni per alcuna specie chimica considerata in relazione né alla profondità, né alla sua distribuzione orizzontale.

Per quanto concerne infine eventuali peculiarità dei siti posizionati nei pressi della piattaforma rispetto ai controlli, l'unico inquinante a presentare delle differenze è stato lo zinco, più abbondante nelle stazioni più lontane rispetto alla posizione della piattaforma. Tale aumento appare comunque entro i limiti della naturale variabilità di questo elemento.

In conclusione, nei periodi di osservazione in tutta l'area esaminata non è stato evidenziato alcun fenomeno di contaminazione ambientale in relazione alla presenza di Clara NW. Infatti, i trend osservati per alcune specie chimiche sono più da imputare alla variabilità delle condizioni idrologiche e meteorologiche della zona.

Caratteristiche sedimentologiche - L'area di indagine è caratterizzata dalla presenza di sedimenti costituiti in gran parte da silt con una cospicua percentuale di argilla, tanto che la maggior parte di essi sono stati classificati come silt argillosi.

Per quanto riguarda i contaminanti, gli IPA sono stati rilevati in concentrazioni

estremamente modeste presentando un picco a 250 m a NW comunque inferiore all'LCB (ICRAM-APAT, 2007). Gli Idrocarburi totali sono risultati ovunque in concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità. I metalli pesanti lungo i transetti e presso la piattaforma hanno presentato tutti tenori molto bassi e in linea o inferiori a quelli dei controlli. Nulla da segnalare per quanto concerne la sostanza organica, mentre il TOC ha presentato dei picchi a 60 m a NW e SW della piattaforma.

Ecotossicologia dei sedimenti - Nel 1° survey post installazione della piattaforma Clara NW i saggi biologici con *Dunaliella tertiolecta* e *Vibrio fischeri* hanno confermato l'assenza di tossicità nell'intera area investigata. Una tossicità bassa è stata rilevata per la sopravvivenza di *Corophium orientale* a 60 m a SW dalla piattaforma (B6), mentre una tossicità più diffusa è stata rilevata per lo sviluppo larvale di *Crassostrea gigas*, essendo stata osservata di basso o medio grado in B6 e nei 4 controlli.

I risultati del test di bioaccumulo eseguito utilizzando esemplari di *Hediste diversicolor* hanno evidenziato una biodisponibilità diffusa solo di mercurio, sia nell'area della piattaforma che nei controlli. Questi ultimi sono stati interessati da un bioaccumulo anche di As (rilevato anche in piattaforma), Ni (rilevato anche in piattaforma e a 60 m a NW da essa) e Pb, assente invece altrove. Un bioaccumulo di Al, Ba, Si e V è stato rilevato esclusivamente nel sito posizionato a 60 m a NE (B3). Cd è apparso significativamente superiore al bianco solo in corrispondenza di Clara NW.

Tutti gli altri metalli o non sono stati rilevati, o hanno mostrato una tendenza al rilascio.

Comunità bentonica - Complessivamente la comunità bentonica rinvenuta nei siti investigati è risultata piuttosto povera sia in termini di numero di individui che di specie, con popolamenti costituiti quasi esclusivamente da taxa di fondo mobile. Quasi tutte le specie sono risultate tipiche di fondali limicoli, e ovunque è stato rinvenuto anche un discreto numero di organismi indicatori della presenza di materia organica nei sedimenti. Meno importanti sono apparsi gli organismi sabulicoli e le altre categorie ecologiche.

La maggior parte dei taxa rinvenuti appartiene ai policheti, seguiti dai crostacei e/o dai molluschi, mentre gli echinodermi sono apparsi scarsi ovunque.

La densità e gli altri indici biotici non hanno evidenziato un trend preciso rispetto alla presenza della struttura.

Lo stato ecologico relativo alle diverse stazioni, derivato dalla combinazione dei tre indici W di Clarke, AMBI, BENTIX, è risultato compreso tra il buono e il moderato, senza evidenziare differenze sostanziali tra l'area circostante la struttura e i controlli.

Indagini sul popolamento ittico - L'indagine condotta con reti tremaglio nel primo

semestre 2016 ha evidenziato valori di Ricchezza specifica sempre superiori presso il sito di estrazione rispetto ai controlli confermando i risultati di monitoraggi pregressi effettuati in Adriatico settentrionale presso altre strutture estrattive (Fabi *et al.*, 2001; 2003; 2004; 2005a; 2006; 2010b; 2013; 2016b; Scarcella *et al.*, 2011). Anche i rendimenti di pesca sia in numero che in peso sono risultati maggiori presso la piattaforma rispetto a quelli di riferimento, anche se statisticamente non sono state sempre rilevate differenze significative.

La maggiore presenza di specie attratte (*O. vulgaris*, *S. aurata*, *S. notata*, *S. porcus*) e parzialmente attratte (es.: *B.boops*, *P.bogaraveo*, *S. japonicus*) presso Clara NW e la preponderanza di specie non attratte presso i siti di controllo evidenziano l'influenza da parte delle strutture nei confronti di organismi altrimenti rari o assenti nell'area.

Dall'analisi dei dati acquisiti con l'indagine acustica MBES si è riscontrata una concentrazione maggiore di specie ittiche negli strati d'acqua più vicini al fondo, legata all'etologia delle specie gregarie che, nelle ore diurne (periodo in cui vengono condotti i survey acustici) si trovano negli strati di acqua più profondi per sfuggire ai predatori e per trovare nutrimento (Pitchaer, 1986); nelle ore notturne invece, soprattutto nella stagione riproduttiva, gli individui maturi salgono sopra il termoclino per rilasciare i gameti (Palomera, 1991). In riferimento ai dati raccolti nei tre mesi di indagini svolte tramite il sistema MBES, dalle osservazioni fatte sulla base della letteratura e dalle riprese tramite telecamera, oltre che dai campionamenti di pesca, si può ipotizzare che i banchi individuati in prossimità del fondale (76-70 m) e nelle vicinanze della piattaforma, come i banchi n. 7 di aprile e n. 7-11-13-14 di maggio potessero appartenere a specie necto-bentoniche parzialmente attratte come *T. minutus capelanus* o *P. bogaraveo*. Probabilmente riconducibile a specie pelagiche parzialmente attratte (es. *T. trachurus*) è il banco n. 13 di maggio. Specie pelagiche parzialmente attratte dai substrati duri come *T. trachurus* e *Boops boops* sono state individuate con ogni probabilità a profondità meno elevate (50-70 m), sempre in prossimità di Clara NW (banco n. 8 di aprile o i nn. 5, 6, 15 e 16 di maggio). Nelle zone periferiche rispetto Clara NW sono state rilevate aggregazioni anche di notevoli dimensioni come ad esempio i banchi n. 13 di aprile, n. 10 di maggio e n. 2 di giugno 2016, presumibilmente rappresentate da pelagici non attratti o parzialmente quali *S. japonicus*, *Engraulis encrasicolus*, *T. trachurus* e *Sardina pilchardus* che tendono ad aggregarsi in grossi banchi. Riconducibili plausibilmente alla specie necto-bentonica *T. minutus capelanus* i banchi rinvenuti ad elevate profondità come il n. 11 e il n. 12 di aprile 2016, il n. 1 e il n. 2 di maggio 2016 o il n. 12, il n. 13 e il n. 14 di giugno 2016.

3. SEA-LINE COLLEGANTE CLARA NW CON LA PIATTAFORMA CALIPSO

La condotta collegante le piattaforme Clara NW e Calipso si estende per circa 13 km in direzione ESE-WNW (fig. 3.1). I lavori di installazione sono terminati nel marzo 2016.

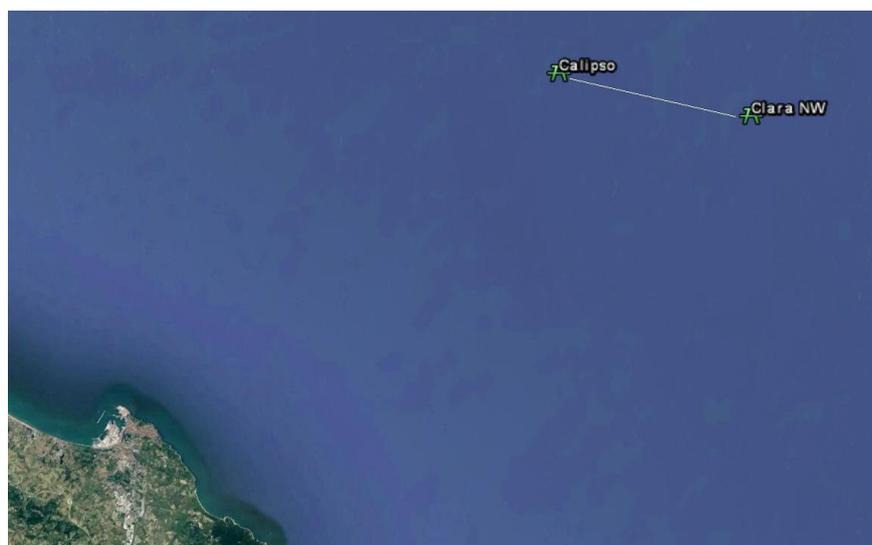


Fig. 3.1 - Sea-line collegante le piattaforme Clara NW e Calipso.

3.1. MATERIALI E METODI

3.1.1. CAMPIONAMENTO IN MARE

3.1.1.1 Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti e sulla comunità bentonica

I prelievi sono stati effettuati lungo due 2 transetti perpendicolari alla condotta stessa e quindi orientati in direzione NNE-SSW, posti rispettivamente alla distanza di 4,3 km e 8,6 km dalla piattaforma Clara NW (fig. 3.2).

Su ciascun transetto sono state posizionate 7 stazioni, di cui 1 nelle immediate vicinanze del sealine, 3 a distanze crescenti da esso in direzione NNE e 3 a distanze crescenti verso SSW. Inoltre sono stati campionati 3 siti di controllo per ciascun transetto posti in modo random all'interno di aree (1000x1000 m) prive di altre strutture artificiali situate a circa 2000 m dalla condotta in direzione NNE. Le coordinate delle singole stazioni sono riportate in Tab. 3-I.

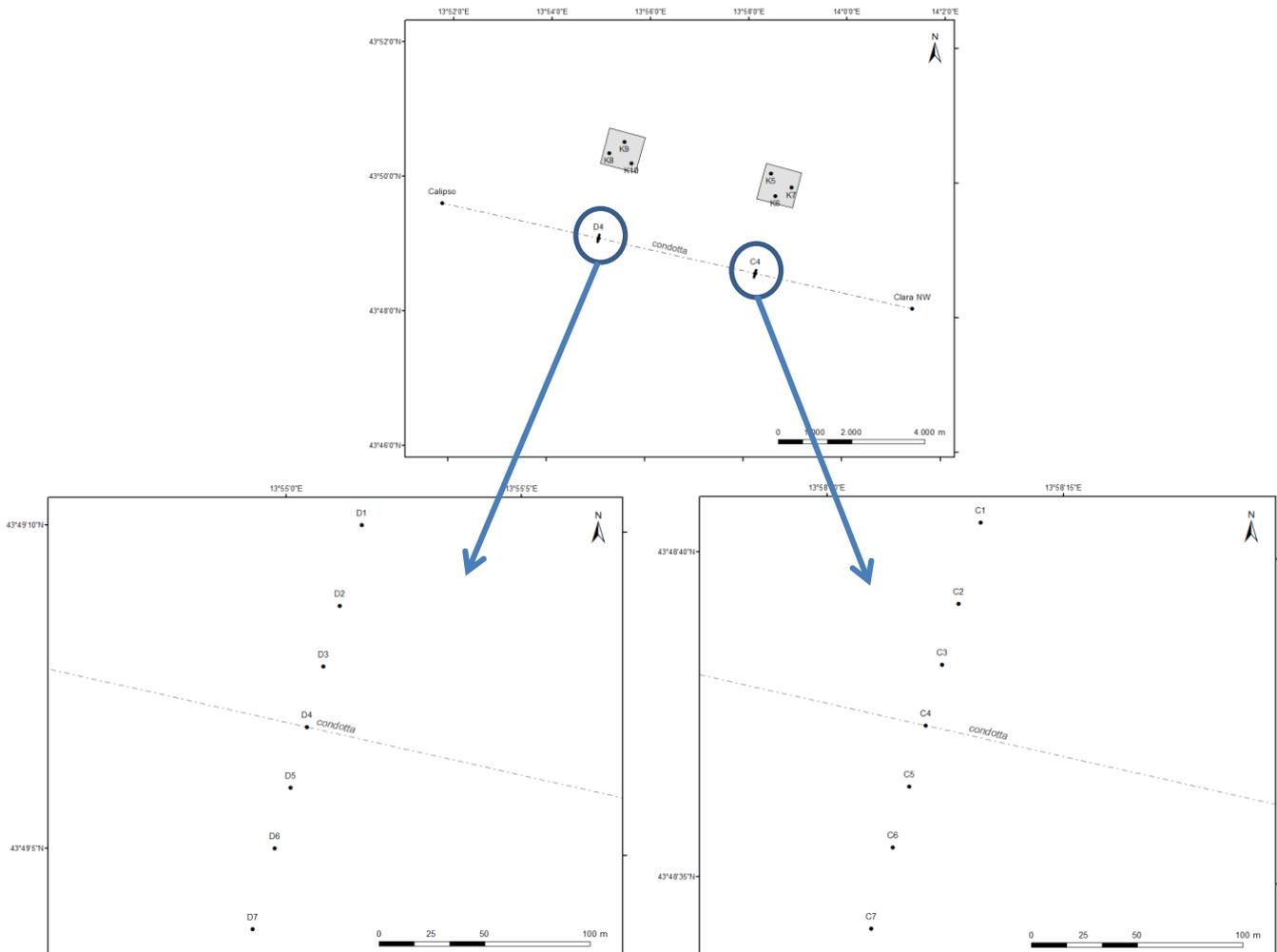


Fig. 3.2 - Schema di campionamento del sea-line per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica, con particolare dei due transetti.

Tab. 3-I - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate nel 1° survey post lavori per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica. In rosso i punti corrispondenti al sea-line.

	Distanza dal sea-line (m)	Posizione rispetto al sea-line	Coordinate geografiche	Profondità (m)
C1	100	NNE	43°48'672N 13°58'217E	75,4
C2	60	NNE	43°48'657N 13°58'218E	75,2
C3	30	NNE	43°48'640N 13°58'208E	75,2
C4	0	-	43°48'625N 13°58'205E	75,2
C5	30	SSW	43°48'601N 13°58'195E	75,4
C6	60	SSW	43°48'580N 13°58'210E	75,4
C7	100	SSW	43°48'561N 13°58'181E	75,8
K5	2000	NNE	43°49'754N 13°58'385E	75,0
K6	2000	NNE	43°49'885N 13°58'563E	75,0
K7	2000	NNE	43°49'780N 13°58'824E	75,1
D1	100	NNE	43°49'177N 13°55'041E	74,9
D2	60	NNE	43°49'160N 13°55'037E	74,8
D3	30	NNE	43°49'137N 13°55'027E	74,9
D4	0	-	43°49'121N 13°55'012E	74,8
D5	30	SSW	43°49'100N 13°54'994E	75,0
D6	60	SSW	43°49'086N 13°54'982E	75,0
D7	100	SSW	43°49'068N 13°54'958E	75,0
K8	2000	NNE	43°50'292N 13°55'180E	74,6
K9	2000	NNE	43°50'503N 13°55'381E	74,6
K10	2000	NNE	43°50'410N 13°55'724E	74,6

Per il campionamento dei sedimenti e della comunità bentonica sono state adottate le procedure già descritte per l'area in cui è stata installata la piattaforma Clara NW, per cui per la loro descrizione si rimanda al Cap. 2.1.1.4.

3.1.1.2 Ecotossicologia dei sedimenti

I prelievi sono stati effettuati tramite box-corer sui sedimenti di 4 stazioni di campionamento per ciascun transetto: 1 prossima al sealine (C4 e D4), 2 poste a 60 m da esso in direzione NNE (C2 e D2) e SSW (C6 e D6) e 1 sito di controllo (K6 e K9).

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 a 10 gg);
- *Crassostrea gigas* (embriotossicità).

La ricerca di inquinanti su esemplari di *Hediste diversicolor* ha riguardato i medesimi metalli ricercati per l'area circostante la piattaforma (vedi Cap. 2.1.1.4).

3.1.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI

Per ciascuno degli aspetti indagati sono state adottate le stesse metodiche di cui al Cap. 2.1.2.

Per quanto concerne la ricerca di metalli pesanti nei sedimenti, è da segnalare che, oltre agli elementi indicati nella Specifica Tecnica e indicati nel Cap. 2.1.2.4, l'ARPAM, presa visione della composizione degli anodi sacrificali che verranno posizionati a salvaguardia del sea-line, ha esplicitamente richiesto le analisi anche di altri 7 elementi (manganese, magnesio, titanio, gallio, zirconio, stagno e ossido di zirconio; nota del 11/09/2015 - Prot. 0030430). Si specifica che l'ossido di zirconio è stato stimato esclusivamente tendo conto dei rapporti stechiometrici come se tutto lo zirconio fosse presente sotto forma di ossido.

Le concentrazioni di tutti i metalli aggiuntivi sono state ottenute mediante tecnica ICP-AES seguendo la metodica EPA 6010C (2007).

3.2. RISULTATI

3.2.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

3.2.1.1 Granulometria

All'analisi visiva i sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori, prevalentemente pelitici, presentavano un colore grigio-nocciola con uno strato ossidato di circa 0,5 cm. In tutti i campioni il biodetrito conchifero è risultato scarso e in nessun caso sono state rilevate strie nerastre indicatrici di scarsa ossigenazione. L'analisi granulometrica (Tab. 3-II, fig. 3.3) ha consentito di confermare che tutti i sedimenti analizzati sono costituiti in prevalenza da silt e argilla.

Tab. 3-II - Percentuale delle principali frazioni granulometriche.

	Sabbia	Pelite		Classificazione di Shepard
		Silt	Argilla	
C1	6,22	46,96	46,82	Silt argilloso
C2	6,36	48,90	44,74	Silt argilloso
C3	5,91	51,00	43,09	Silt argilloso
C4	4,80	52,72	42,48	Silt argilloso
C5	4,60	52,68	42,72	Silt argilloso
C6	3,36	52,31	44,33	Silt argilloso
C7	4,31	52,72	42,97	Silt argilloso
K5	9,09	49,58	41,33	Silt argilloso
K6	8,43	73,32	18,25	Silt argilloso
K7	10,55	62,78	26,67	Silt argilloso
D1	9,95	46,16	43,89	Silt argilloso
D2	8,25	54,14	37,61	Silt argilloso
D3	6,66	57,23	36,10	Silt argilloso
D4	6,72	57,30	35,98	Silt argilloso
D5	6,78	57,12	36,10	Silt argilloso
D6	6,22	56,92	36,86	Silt argilloso
D7	6,73	54,63	38,63	Silt argilloso
K8	10,30	67,45	22,25	Silt argilloso
K9	7,84	67,35	24,81	Silt argilloso
K10	7,63	70,94	21,43	Silt argilloso

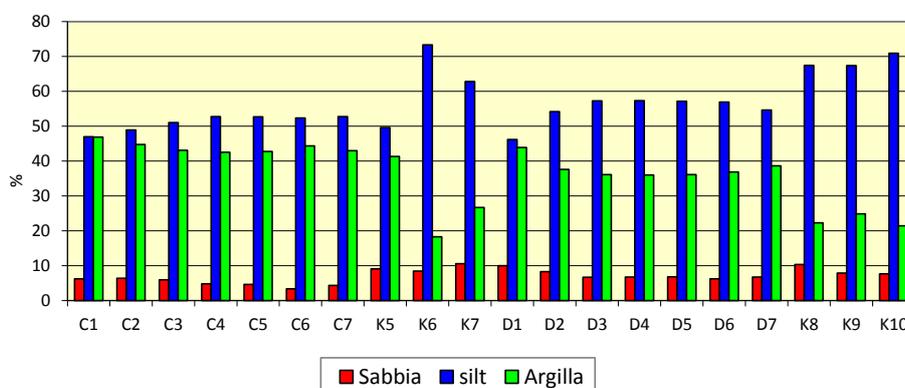


Fig. 3.3 - Ripartizione delle classi granulometriche (%) relative ai campioni prelevati nel 1° survey post lavori.

3.2.1.2 Idrocarburi Policiclici Aromatici

A seguito della posa della condotta questi composti sono tutti risultati inferiori al limite di quantificazione in tutte le stazioni campionate.

3.2.1.3 Idrocarburi totali

Gli idrocarburi totali sia leggeri ($C < 12$) che pesanti ($C > 12$) sono risultati inferiori al limite di quantificazione in tutte le stazioni campionate nel 1° survey post lavori.

3.2.1.4 Metalli pesanti

Le concentrazioni dei metalli sono riportate in Tab. 3-V e in fig. 3.6.

L'area in studio è caratterizzata da modesti valori di tutti i metalli ricercati. Anche le eventuali differenze osservate tra un sito e l'altro sono da considerare del tutto trascurabili.

L'**alluminio** ha esibito variazioni modeste tra un sito e l'altro e il picco in C5 al momento è trascurabile. Analogo comportamento è stato osservato per **cromo, ferro, magnesio, nichel, vanadio, zinco e zirconio**.

I tenori dell'**arsenico** rilevati lungo i transetti appaiono confrontabili con i controlli.

Le concentrazioni di **bario** lungo i transetti sono risultate quasi tutte maggiori lungo i transetti rispetto ai riferimenti.

Il **gallio** è risultato altamente variabile, senza tuttavia mostrare pattern riconducibili alla presenza del sea-line.

L'**indio** è stato quantificato in tutti i siti con tenori comunque molto bassi e confrontabili tra loro.

Anche il **silicio** è risultato diffusamente presente con tenori tendenzialmente più elevati lungo C rispetto sia ai propri controlli, sia a D apparso invece confrontabile con i riferimenti. Attualmente è prematuro ricondurre quanto osservato alla presenza della condotta.

Le concentrazioni di **manganese** e **rame** rilevate lungo i transetti sono risultate confrontabili con i controlli eccetto i siti a SSE lungo C.

Lo **stagno** è stato rilevato in alcuni siti C e in D2.

Il **titanio** non ha mostrato gradienti relazionabili alla presenza del sea-line. L'elevata variabilità riscontrata richiede ulteriori analisi per chiarire i comportamenti di questo metallo.

I restanti metalli hanno esibito variazioni ancora più modeste di quelle sopra descritte;

pertanto, al momento, i dati non mostrano segnali di alterazione dell'area.

Tab. 3-V - Concentrazioni dei metalli in tracce (mg/kg s.s.; Al e Fe espressi in %) nei sedimenti campionati nel 1° survey post lavori. In rosso le stazioni poste sulla condotta.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	In	Mg	Mn	Hg	Ni	Pb	Si	Sn	Ti	V	Zn	Zr
C1	3,10	14,36	76,10	0,07	73,83	16,80	2,55	10,23	0,03	1,64	979,89	0,04	55,64	15,16	214,68	3,05	420,64	73,86	70,82
C2	2,85	14,43	65,99	0,07	67,18	15,94	2,48	4,74	0,03	1,55	812,51	0,04	51,62	15,90	164,93	<1,20	340,45	69,44	68,59
C3	2,57	16,02	59,33	0,07	67,22	16,24	2,44	2,76	0,03	1,56	936,56	0,04	54,20	15,17	125,93	1,51	222,77	63,98	68,67
C4	2,86	14,84	64,35	0,08	73,55	18,92	2,68	1,82	0,03	1,64	1011,63	0,04	60,09	15,79	181,01	<1,20	275,64	70,06	75,50
C5	3,55	15,44	81,29	0,07	86,07	20,62	3,19	7,41	0,03	1,90	1192,02	0,04	67,82	15,59	161,07	2,94	358,40	84,86	89,71
C6	2,61	16,37	59,29	0,07	69,36	19,02	2,76	7,30	0,03	1,66	1220,10	0,04	60,10	16,45	145,83	<1,20	174,57	67,46	79,81
C7	2,35	14,44	52,55	0,08	62,14	17,68	2,46	2,92	0,03	1,56	1021,80	0,04	52,74	14,15	187,14	1,55	190,17	60,95	69,82
K5	2,49	11,39	55,37	0,08	62,62	15,47	2,39	8,87	0,03	1,61	848,59	0,05	50,66	16,48	125,91	<1,20	283,71	63,25	67,18
K6	1,92	16,66	41,90	0,07	56,88	15,34	2,25	7,01	0,03	1,57	889,75	0,03	50,16	16,39	125,00	<1,20	117,22	51,94	64,45
K7	2,07	13,76	44,89	0,07	60,88	14,90	2,22	5,54	0,03	1,56	872,99	0,03	48,58	15,47	109,78	<1,20	170,19	53,59	63,45
D1	2,33	11,24	62,24	0,07	61,85	15,00	2,24	5,86	0,03	1,59	885,12	0,04	48,41	12,29	164,49	<1,20	308,45	58,92	62,65
D2	2,08	10,41	60,33	0,08	55,33	14,17	2,20	5,90	0,03	1,56	738,64	0,04	45,91	12,69	140,96	1,25	195,90	53,08	62,80
D3	2,62	12,11	78,38	0,07	65,29	16,18	2,49	5,67	0,03	1,70	978,28	0,04	49,58	15,79	182,22	<1,20	393,27	65,09	70,00
D4	2,51	12,82	76,14	0,08	63,43	16,42	2,39	5,98	0,03	1,63	833,84	0,04	49,62	15,39	105,19	<1,20	315,43	61,65	67,24
D5	2,85	14,56	82,00	0,08	72,55	17,59	2,67	9,55	0,03	1,77	982,69	0,04	55,69	17,08	135,72	<1,20	389,13	69,94	75,16
D6	2,05	14,32	63,47	0,07	54,56	14,79	2,19	2,32	0,03	1,53	871,90	0,04	45,68	16,42	117,06	<1,20	201,00	52,86	62,26
D7	2,42	9,99	71,26	0,08	60,81	15,34	2,32	9,50	0,02	1,58	802,89	0,04	46,97	16,26	156,99	<1,20	305,96	59,40	65,20
K8	2,17	12,51	49,55	0,07	56,24	14,21	2,23	4,68	0,03	1,57	908,34	0,03	45,67	16,00	132,42	<1,20	251,42	56,86	62,49
K9	2,72	10,34	63,63	0,08	63,78	14,73	2,33	4,00	0,03	1,59	745,10	0,03	48,81	16,63	195,43	<1,20	420,36	65,88	64,23
K10	2,42	14,11	54,05	0,08	63,52	15,71	2,37	5,88	0,03	1,62	1013,44	0,03	50,39	18,09	158,00	<1,20	264,17	60,07	67,80

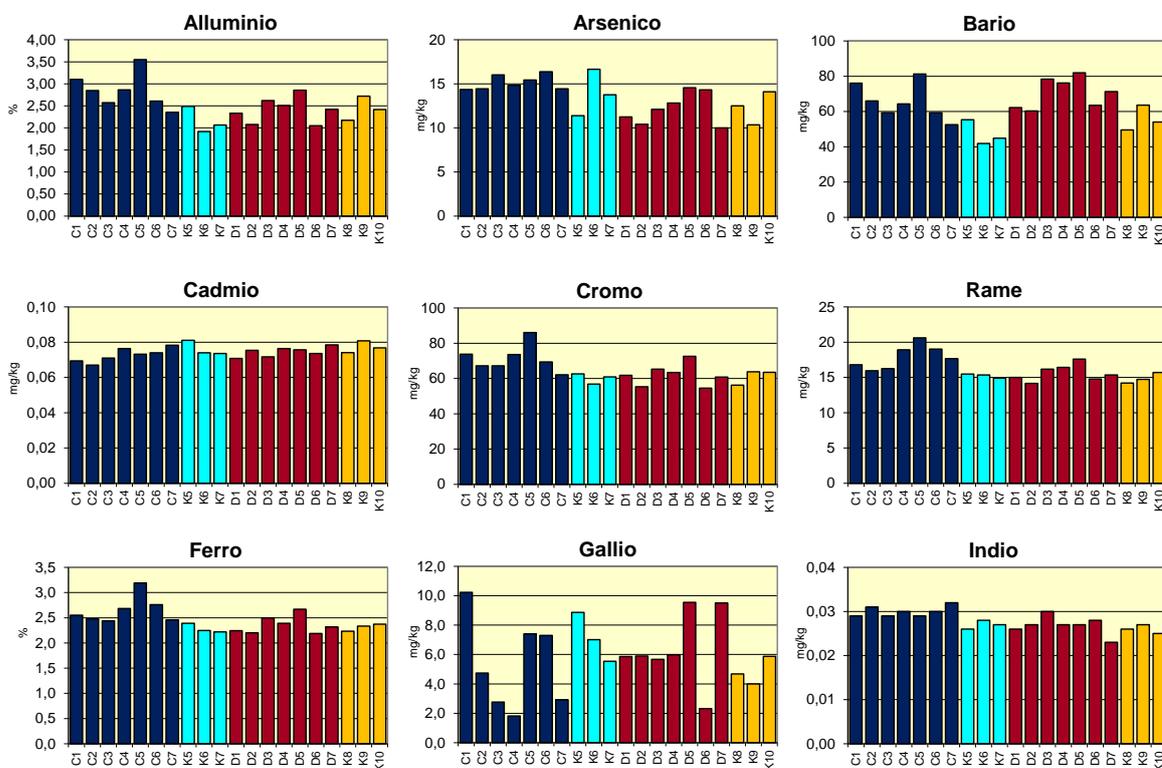


Fig. 3.6 - Concentrazioni dei metalli in tracce (mg/kg s.s.; Al e Fe espressi in %) nei sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. C4 e D4 = siti posti in corrispondenza del sea-line.

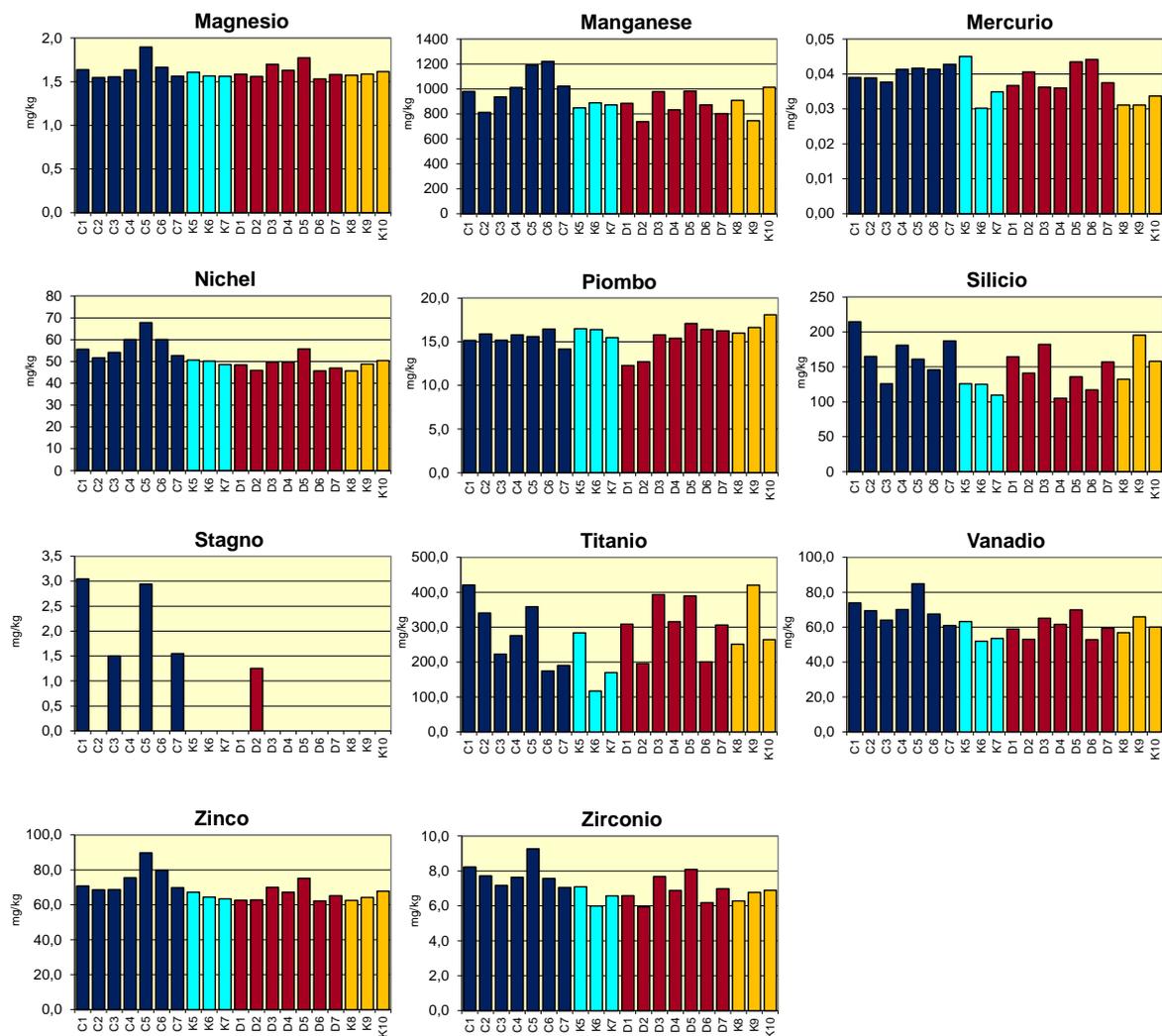


Fig. 3.6 - Continuo.

3.2.1.5 Sostanza organica

Nell'inverno 2016 le concentrazioni di sostanza organica rilevate lungo i transetti sono risultate tutte confrontabili con quelle dei controlli eccetto in D5 dove il tenore (69.942 mg/kg) è risultato triplo rispetto alla media dei controlli (22.527 ± 181 mg/kg; Tab. 3-VI, fig. 3.7).

3.2.1.6 Total Organic Carbon (TOC)

Nel 1° survey post lavori il contenuto di TOC è apparso eterogeneo (Tab. 3-VII, fig. 3.8). Tale comportamento, tuttavia, è stato rilevato sia lungo i transetti che nei rispettivi controlli, indicando che si tratta di un fenomeno indipendente dalla condotta. Per quanto riguarda il transetto C, il tenore maggiore rilevato in C7 è del tutto comparabile al controllo K6. Lungo il transetto D le concentrazioni sono risultate tutte inferiori a K8 e K10.

Tab. 3-VI – Sostanza organica (mg/kg) rilevata nei sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. C4 e D4 = siti posti in corrispondenza del sea-line.

C1	24.506	D1	22.496
C2	25.349	D2	26.982
C3	24.606	D3	27.065
C4	25.184	D4	26.505
C5	30.136	D5	69.942
C6	25.804	D6	21.729
C7	27.211	D7	23.581
K5	24.902	K8	22.698
K6	24.791	K9	22.546
K7	23.385	K10	22.337

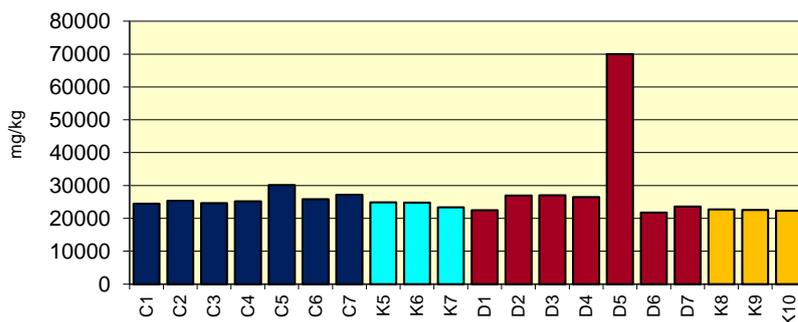


Fig. 3.7 – Sostanza organica (mg/kg) rilevata nei sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. C4 e D4 = siti posti in corrispondenza del sea-line.

Tab. 3-VII – Total Organic Carbon (mg/kg) rilevato nei sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. C4 e D4 = siti posti in corrispondenza del sea-line.

C1	6.300	D1	5.700
C2	4.500	D2	3.800
C3	3.900	D3	6.100
C4	1.800	D4	7.800
C5	7.500	D5	4.300
C6	1.900	D6	5.000
C7	12.000	D7	9.300
K5	5.000	K8	16.000
K6	12.000	K9	5.100
K7	4.300	K10	6.300

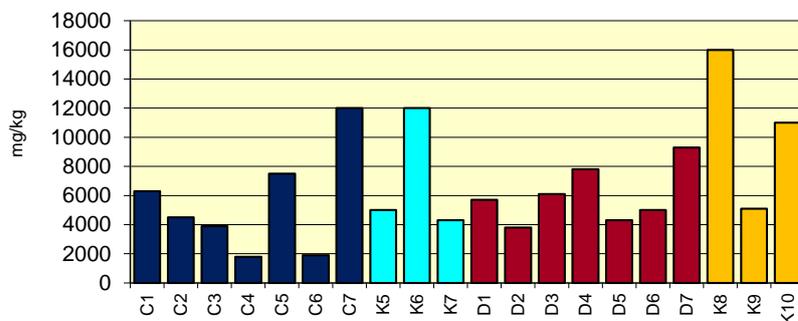


Fig. 3.8 – Total Organic Carbon (mg/kg) rilevato nei sedimenti prelevati nel 1° survey post lavori. C4 e D4 = siti posti in corrispondenza del sea-line.

3.2.2. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

3.2.2.1 *Dunaliella tertiolecta*

QA-QC - I due test eseguiti come controllo positivo con $K_2Cr_2O_7$ (10,95 mg l⁻¹ come cromo) sono rientrati nei limiti della carta di controllo del laboratorio (LC=10,48 e UC=11,31 mg l⁻¹); i coefficienti di variazione tra le repliche nei campioni non diluiti, alla massima concentrazione, sono risultati conformi perché in tutti i casi inferiori al 15%. La crescita algale nei controlli è sempre stata superiore rispetto al limite minimo consentito (fattore ≥ 16)

Risultati del saggio - I risultati del saggio eseguito con gli elutriati estratti dai sedimenti prelevati nel 1° post lavori sono riportati in Tab. 3-VIII, insieme ai principali parametri del test. In tutti gli elutriati non è avvenuta alcuna inibizione algale rispetto al controllo negativo indicando l'assenza di tossicità.

Tab 3-VIII – Parametri rilevati negli elutriati utilizzati nel saggio di tossicità con *D. tertiolecta* estratti dai sedimenti relativi al 1° survey post lavori. In rosso sono indicati il siti in corrispondenza del sea-line. Valori negativi della percentuale di effetto indicano effetto stimolante.

campione	Salinità (‰)	pH	ΔG (%) 72 h	EC20	EC50	Tossicità
C2	37	8,22	-4.16%	≥ 90	>100%	Assente
C4	37	8,18	-3.04%	≥ 90	>100%	Assente
C6	37	8,18	-3.52%	≥ 90	>100%	Assente
K6	37	8,12	-3.68%	≥ 90	>100%	Assente
D2	37	8,25	3.52%	≥ 90	>100%	Assente
D4	37	8,16	-9.60%	≥ 90	>100%	Assente
D6	37	8,23	-3.04%	≥ 90	>100%	Assente
K9	37	8,34	-7.68%	≥ 90	>100%	Assente

3.2.2.2 *Vibrio fischeri*

QA-QC -- Il valore della EC50 (15') = 10,62 mg/l (LC=8,77 e UC=12,86) è rientrato nei limiti della carta di controllo del laboratorio (3,47-11,47).

Risultati del test – Negli elutriati estratti dai sedimenti campionati nell'inverno 2016 non si rileva alcuna inibizione della bioluminescenza. I valori dell'EC20>90 e dell'EC50>90 dimostrano l'assenza di tossicità acuta ovunque (Tab. 3-IX).

Tab. 3-IX - Risultati del saggio biologico *V. fischeri* relativo al 1° survey post lavori. In rosso sono indicati il siti in corrispondenza del sea-line.

Campione	Salinità (%)	pH	% Effetto (15')	%Effetto (30')	EC20 (15/30')	EC50 (15/30')	Tossicità
C2	37	8,22	1,24	0,63	>90	>90	Assente
C4	37	8,18	8,15	5,66	>90	>90	Assente
C6	37	8,18	4,01	0,79	>90	>90	Assente
K6	37	8,12	-4,17	-3,00	>90	>90	Assente
D2	37	8,25	4,12	5,25	>90	>90	Assente
D4	37	8,16	5,73	7,69	>90	>90	Assente
D6	37	8,23	7,00	7,12	>90	>90	Assente
K9	37	8,34	2,60	3,29	>90	>90	Assente

3.2.2.3 *Corophium orientale*

QA-QC - La sensibilità rilevata degli organismi verso il tossico di riferimento (CdCl_2) $\text{LC}_{50} = 3,10$ ($\text{LC} = 2,82 \text{ mg l}^{-1}$ e $\text{UC} = 3,40 \text{ mg l}^{-1}$) 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-X sono indicati i principali parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante dei sedimenti testati misurati all'inizio e alla fine del saggio biologico.

Tab. 3-X – Parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante i sedimenti testati osservati all'inizio e alla fine del test. In rosso sono indicati il siti in corrispondenza del sea-line.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH_4^+ (mg/l)	O_2 (%)	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH_4^+ (mg/l)	O_2 (%)
Controllo	15±2	36	8,13	0,5	>85	15±1	36	8,11	1	>85
C2		36	8,19	0			36	8,12	0	
C4		36	8,12	0			36	8,11	0	
C6		36	8,12	0			36	8,10	0	
K6		36	8,16	0,5			36	8,08	0,5	
D2		37	8,17	1			37	8,13	1	
D4		37	8,13	0,5			37	8,14	1	
D6		37	8,14	0			37	8,15	0,5	
K9		37	8,13	0			37	8,17	0	

Risultati del test - Le percentuali di mortalità degli organismi osservate dopo 10 gg nei sedimenti testati dimostrano la presenza di tossicità acuta nella maggior parte dei campioni (Tab. 3-XI). In particolare, è stato rilevato un livello medio nei sedimenti K6 e D4 e un livello basso in tutti gli altri campioni eccetto C6 risultato privo di tossicità.

Tab. 3-XI - Risultati relativi al saggio di tossicità con *C. orientale* nei campioni prelevati nel 1° survey post lavori. In rosso sono indicati il siti in corrispondenza del sea-line.

Campione	Numero degli organismi esposti	% degli organismi morti (\pm incertezza)	% (corretta) degli organismi morti	Tossicità
Controllo	100	1 \pm 0,79	0	-
C2	100	15 \pm 2,00	14	Bassa
C4	100	21 \pm 3,83	20	Bassa
C6	100	10 \pm 2,31	9	Assente
K6	100	43 \pm 3,83	42	Media
D2	100	18 \pm 2,31	17	Bassa
D4	100	33 \pm 3,83	32	Media
D6	100	16 \pm 3,27	15	Bassa
K9	100	20 \pm 3,27	19	Bassa

3.2.2.4 *Crassostrea gigas*

QA-QC – Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito una EC₅₀ di 13,18 $\mu\text{g l}^{-1}$ di Cu (LC=12,25 e UC=14,18), che rientra nei limiti della carta di controllo intra-laboratorio. La percentuale media di larve D-shape normalmente sviluppate nel campione di controllo (86 \pm 1,53 %) è risultata conforme, in quanto superiore al limite del 70%.

Risultati del saggio – Nell’elutriato preparato dal sedimento pervenuto dalla stazione C4 è stata osservata una riduzione significativa delle larve D-shape provocata dalla presenza di una tossicità cronica media (Tab. 3-XII). Altrove la tossicità è risultata bassa eccetto nei due controlli privi di tossicità.

Tab. 3-XII - Risultati relativi al saggio di tossicità con *C. gigas* nei campioni prelevati nel 1° survey post lavori. In rosso sono indicati il siti in corrispondenza del sea-line.

Campione	Concentrazione	% media di larve normali \pm dev.st	% media di larve malformate	Correzione Abbott larve malformate	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
Controllo		86 \pm 1,53	14	0			
C2	100	60 \pm 2,00	41	31	62,1	>100	Bassa
	50	71 \pm 2,00	31	18			
	25	81 \pm 1,53	19	7			
C4	100	42 \pm 2,00	40	51	42,8	95,9	Media
	50	63 \pm 1,53	29	27			
	25	80 \pm 2,00	19	7			
C6	100	46 \pm 0,58	58	47	46,1	>100	Bassa
	50	68 \pm 1,00	37	24			
	25	80 \pm 1,73	20	7			
K6	100	70 \pm 1,53	30	19	>90	>100	Assente
	50	76 \pm 1,53	24	12			
	25	82 \pm 1,53	18	5			

Tab. 3-XII - Continuo.

Campione	Concentrazione	% media di larve normali \pm dev.st	% media di larve malformate	Correzione Abbott larve malformate	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
D2	100 50 25	49 \pm 1,15 65 \pm 1,16 80 \pm 1,53	51 35 20	44 24 8	45,7	>100	Bassa
D4	100 50 25	54 \pm 2,00 69 \pm 1,15 80 \pm 2,08	46 31 20	37 20 7	53,6	>100	Bassa
D6	100 50 25	64 \pm 2,00 73 \pm 1,15 82 \pm 2,00	36 27 18	26 16 5	74,7	>100	Bassa
K9	100 50 25	75 \pm 1,53 78 \pm 1,53 83 \pm 0,58	25 22 17	14 10 4	>90	>100	Assente

3.2.2.5 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 1° survey post lavori sono riportati in Tab. 3-XIII, mentre in Tab. 3-XIV sono indicate le mortalità degli organismi osservate nel test di bioaccumulo.

Le percentuali di mortalità sono risultate comparabili al controllo in C2 e C6 e inferiori altrove.

Tab. 3-XIII – Parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante i sedimenti testati osservati all'inizio e alla fine del test. In rosso sono indicati il siti in corrispondenza del sea-line.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)
Controllo	15 \pm 2	34	8,13	0,5	>85	16 \pm 1	33	8,29	1	>85
C2		37	8,12	0			38	8,11	0,5	
C4		36	8,13	0			37	8,11	0,5	
C6		36	8,12	0			37	8,11	0-0,5	
K6		36	8,14	0			37	8,11	5	
D2		36	8,14	0			37	8,15	0	
D4		36	8,14	0			37	8,14	0-0,5	
D6		36	8,14	0			37	8,15	0-0,5	
K9		36	8,16	0,5			37	8,14	0,5	

Tab. 3-XIV - Percentuali di mortalità degli organismi *H. diversicolor* osservate nel test di bioaccumulo condotto nel 1° survey post lavori. In rosso sono indicati i siti sul sea-line.

Campione	N. organismi esposti	% organismi morti (\pm dev.st %)
controllo	21	67 \pm 8,25
C2	21	71 \pm 0,00
C4	21	38 \pm 8,25
C6	21	52 \pm 8,25
K6	21	43 \pm 8,25
D2	21	48 \pm 8,25
D4	21	33 \pm 0,00
D6	21	43 \pm 8,25
K9	21	48 \pm 0,00

Risultati del saggio – In Tab. 3-XV sono riportate le concentrazioni dei metalli pesanti nel bianco (tempo 0) e quelle rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* esposti ai sedimenti testati, mentre la Tab. 3-XVI 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').

Tab.3-XV - Concentrazioni (mg/kg; Al in %) dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* nel 1° post lavori. Bianco = organismi analizzati al tempo 0, prima dell'esposizione al sedimento da testare. Controllo = organismi esposti per 28 gg al sedimento di controllo. n.r.= non rilevabile. In rosso sono indicati il siti in corrispondenza del sea-line.

Campione	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
bianco	256,02	1,15	1,34	0,19	n.r.	22,037	579,26	2,05	n.r.	0,37	308,52	n.r.	111,75	0,077
controllo	14,32	3,63	n.r.	0,17	n.r.	14,650	334,36	1,95	n.r.	0,38	287,13	n.r.	150,01	0,185
C2	32,91	1,31	n.r.	0,18	n.r.	13,333	266,09	1,98	n.r.	0,38	146,23	n.r.	109,08	0,099
C4	34,00	1,45	n.r.	0,20	n.r.	13,393	327,96	1,75	n.r.	0,39	149,95	n.r.	113,78	0,100
C6	17,25	1,19	n.r.	0,18	n.r.	11,597	307,22	1,63	n.r.	0,38	109,81	n.r.	104,25	0,099
K6	30,68	1,19	n.r.	0,17	n.r.	11,143	319,59	1,76	n.r.	0,27	136,89	n.r.	113,42	0,114
D2	38,35	1,33	n.r.	0,21	n.r.	12,276	302,02	1,56	n.r.	0,34	111,96	n.r.	93,92	0,083
D4	41,91	1,66	n.r.	0,23	n.r.	13,686	339,17	1,56	n.r.	0,42	191,57	n.r.	99,42	0,097
D6	17,40	1,12	n.r.	0,19	n.r.	11,369	372,84	1,63	n.r.	0,28	139,85	n.r.	117,94	0,107
K9	26,12	0,73	n.r.	0,19	n.r.	13,671	310,28	1,41	n.r.	0,36	225,65	n.r.	105,86	0,084

Tab. 3-XVI - Differenze tra le concentrazioni dei metalli pesanti (mg/kg) rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* esposti ai sedimenti testati e il bianco (0') nel 1° post lavori. In grassetto le concentrazioni che indicano il bioaccumulo del metallo. In rosso i siti in corrispondenza del sea-line. n.c. = non calcolabile.

Campione	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
controllo	-242	2,48	n.c.	-0,02	n.c.	-7,39	-244,90	-0,10	n.c.	0,01	-21,39	n.c.	38,25	0,108
C2	-223	0,17	n.c.	-0,01	n.c.	-8,70	-313,17	-0,07	n.c.	0,01	-162,29	n.c.	-2,67	0,022
C4	-222	0,30	n.c.	0,01	n.c.	-8,64	-251,30	-0,30	n.c.	0,02	-158,57	n.c.	2,03	0,023
C6	-239	0,05	n.c.	-0,01	n.c.	-10,44	-272,04	-0,42	n.c.	0,01	-198,71	n.c.	-7,50	0,022
K6	-225	0,04	n.c.	-0,02	n.c.	-10,89	-259,67	-0,29	n.c.	-0,10	-171,63	n.c.	1,67	0,037
D2	-218	0,18	n.c.	0,02	n.c.	-9,76	-277,25	-0,49	n.c.	-0,03	-196,56	n.c.	-17,83	0,006
D4	-214	0,51	n.c.	0,04	n.c.	-8,35	-240,09	-0,49	n.c.	0,05	-116,95	n.c.	-12,33	0,020
D6	-239	-0,03	n.c.	0,00	n.c.	-10,67	-206,42	-0,42	n.c.	-0,09	-168,67	n.c.	6,19	0,030
K9	-230	-0,42	n.c.	0,00	n.c.	-8,37	-268,98	-0,64	n.c.	-0,01	-82,87	n.c.	-5,89	0,007

Al, Ba, Cr, Cu, Fe, Ni, In, Pb, Si, V e Zn sono risultati non rilevabili negli organismi test o presenti in concentrazioni inferiori o comparabili a quelle del bianco. **As** è risultato bioaccumulato nei due siti corrispondenti alla condotta sottomarina e **Cd** solo in D4. Un bioaccumulo diffuso è stato rilevato per **Hg**, assente solo in D2 e K9.

3.2.3. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

3.2.3.1 Densità (N) e Biomassa (P)

La comunità bentonica rinvenuta nei siti investigati è risultata abbastanza povera in termini di numero di individui (fig. 3.9; Tab. 3-XVII).

Quasi tutti i siti posizionati lungo il transetto C hanno mostrato valori di densità paragonabili tra loro, con il minimo registrato in C5 ($8,33 \pm 4,67$ ind $0,095 \text{ m}^{-2}$) e il massimo in C1 ($15,67 \pm 2,60$ ind $0,095 \text{ m}^{-2}$). Lungo D, invece, è stata riscontrata una variabilità maggiore, essendo N compresa tra $11,00 \pm 3,46$ ind $0,095 \text{ m}^{-2}$ (D7) e $28,33 \pm 10,27$ ind $0,095 \text{ m}^{-2}$ (D2). Entrambi i transetti, comunque, sono rientrati nei range dei rispettivi siti di riferimento.

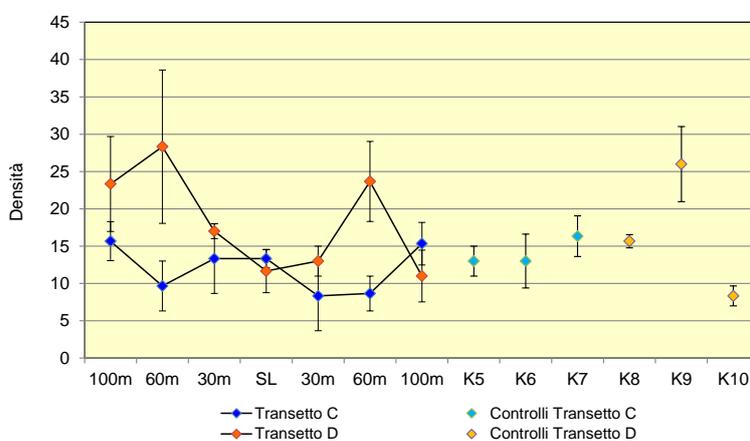


Fig. 3.9 – Densità ($\pm e.s.$) registrata presso i siti monitorati durante il 1° survey post lavori.

I policheti Paraonidae nd hanno rappresentato il primo taxon più numeroso nella maggior parte delle stazioni monitorate, sostituiti solo in alcuni casi dal gasteropode *Hyala vitrea* e dal crostaceo *Callianassa subterranea* (Tab. 3-XVII). Queste ultime due specie sono comunque risultate piuttosto importanti ovunque.

In termini di biomassa (Tab. 3-XVIII; fig. 3.10) i siti posizionati lungo entrambi i transetti sono apparsi caratterizzati da valori piuttosto bassi e confrontabili tra loro, inclusi nel range $0,16 \pm 0,09$ gr $0,095 \text{ m}^{-2}$ (C4) e $2,18 \pm 1,78$ gr $0,095 \text{ m}^{-2}$ (C5). Ha rappresentato un'eccezione D2 in cui è stato registrato il massimo assoluto ($18,88 \pm 16,46$ gr $0,095 \text{ m}^{-2}$), determinato dal rinvenimento del riccio di mare *Brissopsis atlantica mediterranea* (fig. 3.11). Ai controlli, comparabili con i rispettivi transetti, P è oscillata tra $0,20 \pm 0,07$ gr $0,095 \text{ m}^{-2}$ (K10) e $6,22 \pm 4,85$ gr $0,095 \text{ m}^{-2}$ (K5), massimo determinato ancora una volta dalla presenza dell'echinoideo *B. atlantica mediterranea* (fig. 3.11).

Tab. 3-XVIII – Lista e biomassa (gr. 0,095 m⁻²) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 1° survey post lavori. * = <0,001 gr. 0,095 m⁻².

Stazione	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	K8	K9	K10
Distanza dal sea-line	100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000	100	60	30	0	30	60	100	2000	2000	2000
Briozoi																				
<i>Triticella flava</i>		0,003				*							*		*					
Cnidari																				
<i>Actiniaria nd</i>									0,013											
Crostacei																				
<i>Anfipodi Ampelisca diadema</i>													*							
<i>Harpinia dellavallei</i>												*								
<i>Leucothoe liljeborgi</i>								*	*				*							
<i>Microdeutopus sp</i>													*							
<i>Paraphoxus oculatus</i>						*														
<i>Cumace Eudorella truncatula</i>												*								
<i>Decapod Alpheus glaber</i>			0,082				0,102						*							
<i>Callinassa subterranea</i>	0,001	*	*	0,005			0,001	0,016	0,010	0,019	0,076	0,070	0,025	0,002	0,010	0,015	0,021	0,043	0,004	0,017
<i>Chlorotocus crassicornis</i>			0,661										*							
<i>Goneplax rhomboides</i>		0,289				0,716								0,004	0,167					
<i>Misidiac Misidiacea nd</i>			*																	
<i>Tanaida Apeudes spinosus</i>	*	0,001					*	*		0,001										
<i>Leptognathia sp</i>							*													
Echinodermi																				
<i>Echinoic Brissopsis atlantica mediterranea</i>					1,896	0,565		5,253			0,972	17,088								
<i>Oloturoi Holothuriodea nd</i>	0,241				0,117	0,137	0,258	0,337		0,129		0,116	0,126		1,141	0,140		0,035		0,169
<i>Labidoplax digitata</i>	0,749	0,029									0,402				0,391		0,478			
Molluschi																				
<i>Bivalvi Abra prismatica</i>	0,001																			
<i>Azorinus chamasolen</i>								0,300	1,703											
<i>Nucula nitidosa</i>																	0,003			
<i>Nucula sulcata</i>									0,335											
<i>Thyasira biplicata</i>										0,003										
<i>Gastero Hyala vitrea</i>	0,002	0,005	0,002	0,002	0,004	*	0,001	0,003	0,002	0,002	0,004	0,002	0,003	0,004	0,001	0,001	0,001	0,004	0,002	0,002
<i>Turritella communis</i>													0,080			0,298			0,402	0,492
Nemertini																				
<i>Nemertea nd</i>	0,004			*				*			0,002		0,001	0,009	0,001	*		0,001		
Policheti																				
<i>Ampharete acutifrons</i>	*	*		*		*		*				*								
<i>Ancystrosyllis groenlandica</i>	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	0,001	*	*	0,001	*	*	0,001	*	0,001	*	*
<i>Aphelocheata filiformis</i>	*	*	*	*	*	*		*	*		*	*		*	*		*	*	*	*
<i>Aphelocheata marioni</i>	*	*	*	*	*	*		*	*		*	*		*	*		*	*	*	*
<i>Aphroditidae nd</i>									0,089											
<i>Capitellidae nd</i>													*							
<i>Chaetozone caputesocis</i>			*	0,006	*										0,002					
<i>Cirratulidae nd</i>					*															
<i>Dilonereis filum</i>	0,002			*																0,001
<i>Glycera alba</i>															0,086	0,006				0,003
<i>Glycera rouxii</i>								0,092	0,082		0,015	0,463	0,006							
<i>Glycera sp</i>	0,025							0,001	0,032	0,001	0,001	*	0,004							
<i>Glycera tessellata</i>		0,004																		
<i>Glycera tridactyla</i>														0,044						
<i>Harmothoe sp</i>		0,001									*									
<i>Labioleania yhleni</i>							0,047										0,109			
<i>Lumbrineris gracilis</i>					*							*					*	*		
<i>Maldanidae nd</i>				0,001						0,002										
<i>Marphysa bellii</i>	0,145	0,255	0,045	0,135	0,161	0,250	0,020	0,195	0,206	0,003	0,219	0,149	0,001	0,148	0,044	0,124	0,065	0,031	0,034	0,009
<i>Melinna palmata</i>										0,001										
<i>Minuspio cirrifera</i>													*							
<i>Nephtys hystricis</i>	0,001											0,989							0,006	
<i>Ninoe sp</i>	0,008	*	0,002	0,003	0,001	0,001				0,011		0,002					*	0,001	0,001	0,003
<i>Notomastus aberans</i>								0,018				0,003								
<i>Ophelina cylindricaudata</i>					*						*		0,001	*		*	*	*	*	*
<i>Ophiodromus flexuosus</i>		*									*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Paradiopatra calliopae</i>	*		0,001	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Paraonidae nd</i>	0,001	*	0,001	*	*	*	0,001	0,001	*	*	0,001	0,001	*	0,001	*	0,001	*	*	*	0,002
<i>Paraprionospio pinnata</i>													*	0,003						
<i>Phyto norvegica</i>							0,001	*	*	*			0,024	*	0,016	*	0,012	*	*	*
<i>Pilargidae nd</i>	*		*	*	*	*		*	*	0,001	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pilargis verrucosa</i>					*	*								*	*	*	*	*	*	*
<i>Poecilochetus serpens</i>														*	*	*	*	*	*	*
<i>Polydortes maxillosus</i>														*	*	*	*	*	*	*
<i>Prionospio sp</i>				0,001					*		*									0,041
<i>Scoletoma impatiens</i>											0,002									
<i>Scoletoma sp</i>										*				*	0,002		0,004	0,002		
<i>Scoloplos armiger</i>			*						*	*										
<i>Spionidae nd</i>											0,001			*			*			
<i>Spiophanes bombyx</i>							*													
<i>Stemaspis scutata</i>																				0,005
<i>Trachytrypa jeffreysii</i>												0,001								
Sipunculidi																				
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	0,001			0,002	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	*	0,001	0,001		0,001	0,001	0,003				
<i>Phascolion strombus</i>			0,001		*		0,001	*	*											*
<i>Sipuncula nd</i>			0,001									0,001	*		0,001					*
Biomassa totale	1,183	0,587	0,797	0,156	2,180	1,672	0,434	6,216	2,474	0,174	1,695	18,887	0,278	0,211	1,863	0,710	0,584	0,526	0,583	0,202

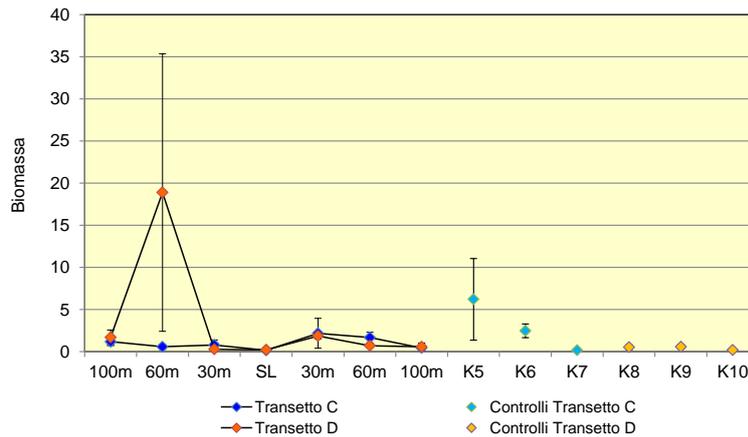


Fig. 3.10 – Biomassa (\pm e.s.) registrata presso i siti monitorati nel corso del 1° survey post lavori.



Fig. 3.11 - Esemplici di *Brissopsis atlantica mediterranea* rinvenuti in una replica prelevata dai siti D2 e K5.

3.2.3.2 Affinità biocenotiche delle specie rinvenute

I popolamenti rinvenuti sono risultati costituiti quasi esclusivamente da taxa di fondo mobile, sia in termini di numero di taxa che di densità (Tab. 3-XIX).

In particolare, in tutte le stazioni gli organismi limicoli (legati alla presenza di fango) hanno rappresentato il raggruppamento biocenotico più importante, seguiti dagli indicatori di materia organica nei sedimenti e dai sabulicoli. Meno rappresentativi, invece, sono apparsi i misticoli, i minuticoli, gli organismi tipici di substrati rocciosi e quelli a larga ripartizione ecologica. Complessivamente non sono state riscontrate particolari differenze nella distribuzione dei gruppi ecologici tra le stazioni poste nell'area circostante il sea-line e i rispettivi controlli.

Tab. 3-XIX - Numero di taxa (a) e di individui (b) rinvenuti durante il 1° survey post lavori e 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-XVII.

a)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	K8	K9	K10
Substrato mobile non in letter. (Sm)												1								
Limicoli (Lim, VTC, VB)	9	6	7	7	6	6	7	5	5	5	8	9	9	6	10	10	6	7	4	4
Sabulicoli (Sab, SFBC)		2		1	1	1	1							3		1	2	2	1	1
Misticoli (Mixt, DC, DE)	1					1		1	1		1	1	1	0					1	
Indicatori di Materia Organica (MO)	3	1	2	1	1	2	2	4	4	2	3	5	3	2	1	3	1	2	3	2
Minuticoli (Minut)										1										
Substrato duro (HP)	1	1						1		1										
Larga ripartizione ecologica (Lre)			2				1		1											

b)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	K5	K6	K7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	K8	K9	K10
Substrato mobile non in letter. (Sm)												0,33								
Limicoli (Lim, VTC, VB)	6,00	5,67	4,00	7,00	5,67	3,33	4,67	4,67	4,00	6,00	12,33	10,00	8,33	4,00	6,33	7,67	6,33	9,33	5,00	5,33
Sabulicoli (Sab, SFBC)		0,67		0,33	0,33	0,33	0,33					0,67	0,00	1,00		0,67	0,67	0,67	1,33	0,33
Misticoli (Mixt, DC, DE)	0,33					0,33		0,33	0,67		0,33	3,67	0,33							0,33
Indicatori di Materia Organica (MO)	2,67	0,33	1,33	1,00	0,33	1,33	2,33	1,67	2,33	1,67	1,33	2,67	2,33	1,00	1,00	3,00	0,67	1,33	2,00	0,67
Minuticoli (Minut)												0,33								
Substrato duro (HP)	0,33	0,33						0,33		0,33										
Larga ripartizione ecologica (Lre)			0,67				0,33		0,33											

3.2.3.3 Dominanza

Per la rappresentazione grafica delle dominanze sono stati evidenziati i 12 taxa che complessivamente hanno costituito circa il 74% della comunità, includendo i rimanenti nella categoria “altro” (fig. 3.12).

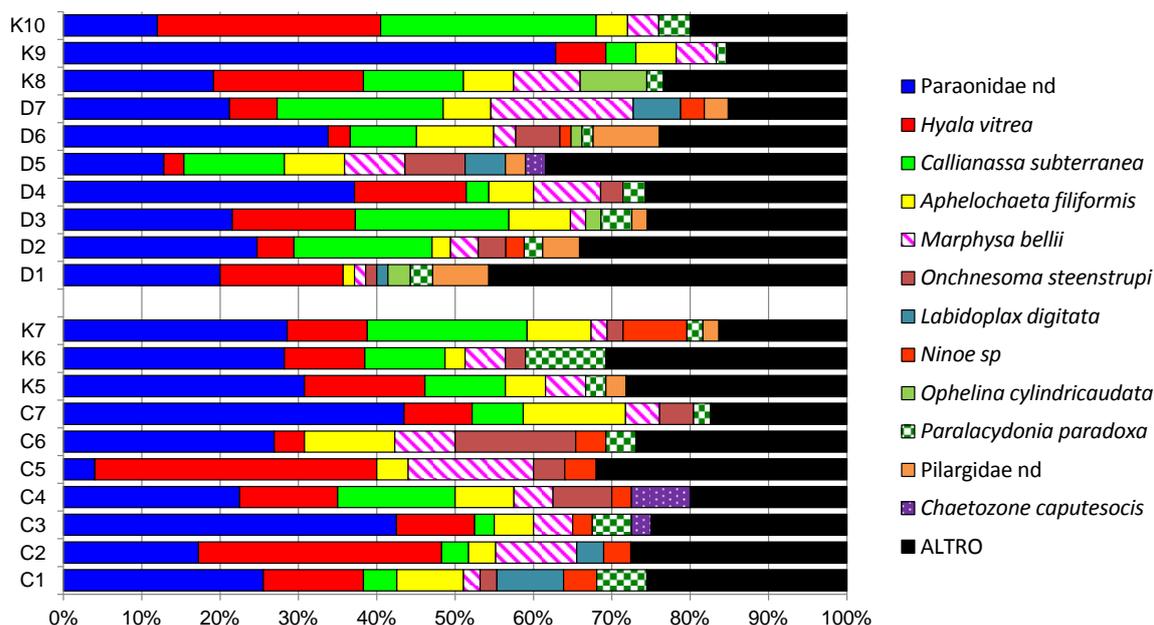


Fig. 3.12 - Valori percentuali di dominanza delle specie principali ottenuti nelle stazioni monitorate durante il 1° survey post lavori.

I policheti appartenenti alla famiglia Paraonidae sono risultati il taxon più importante nella maggior parte dei siti monitorati, rappresentando al massimo il 62,8% (K9). In C2 e C5 e K10 ha invece dominato il gasteropode *H. vitrea*, mentre in D5, D7 e K8 i paraonidi sono stati rinvenuti in percentuali uguali a quelle di *C. subterranea* (D5 e D7) e *H. vitrea* (K8). In generale sono apparsi ben rappresentati anche i policheti *Marphysa bellii* e

Aphelochaeta filiformis, risultati la seconda o terza specie più importante in diverse stazioni.

La categoria “altro” è apparsa piuttosto rappresentata ovunque, raggiungendo il 46% in D1. L’omogeneità tra i siti è stata messa in evidenza anche dalle curve di dominanza cumulativa riportate in fig. 3.13 in cui risultano leggermente distaccati i siti K9 e K10.

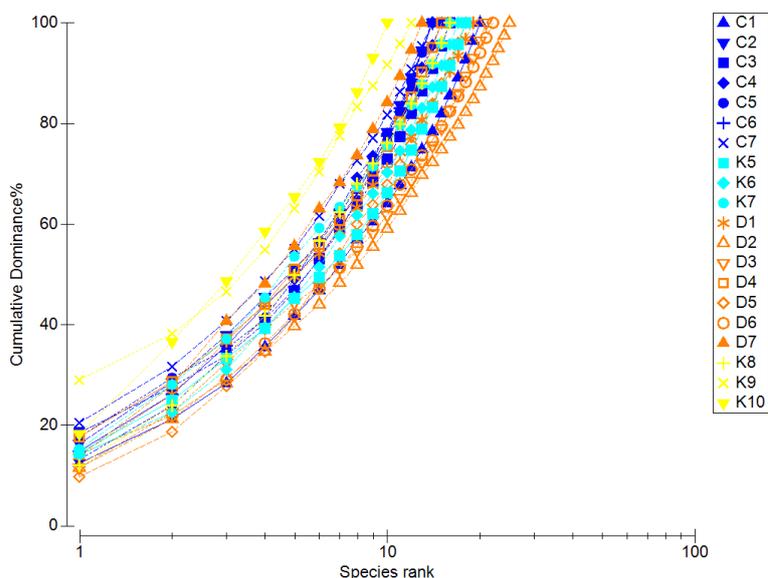


Fig. 3.13 – Curve di dominanza cumulativa ottenute per le stazioni campionate durante il 1° survey post lavori.

3.2.3.4 Ricchezza specifica totale (S)

Nell’ultimo survey in tutta l’area indagata sono stati rinvenuti 72 taxa, principalmente policheti, crostacei e molluschi (Tab. 3-XX).

Tab. 3-XX - Numero complessivo di taxa suddivisi nei gruppi tassonomici rinvenuti nel 1° survey post lavori.

Briozoi	1
Cnidari	1
Crostacei	13
Echinodermi	3
Molluschi	7
Nemertini	1
Policheti	43
Sipunculidi	3
TOTALE	72

Lungo il transetto C il numero maggiore di specie è stato raggiunto in C1 (20) e il minore (14) in diversi siti (C2, C5, C6 e C7), valori confrontabili con quelli registrati presso i rispettivi siti di controllo ($16 \leq S \leq 18$; fig. 3.14). Lungo D, invece, minimo e massimo sono

stati registrati rispettivamente presso D7 (13) e D2 (26); in questo caso i valori rinvenuti lungo il transetto sono risultati per lo più superiori a quelli dei controlli corrispondenti ($10 \leq S \leq 16$).

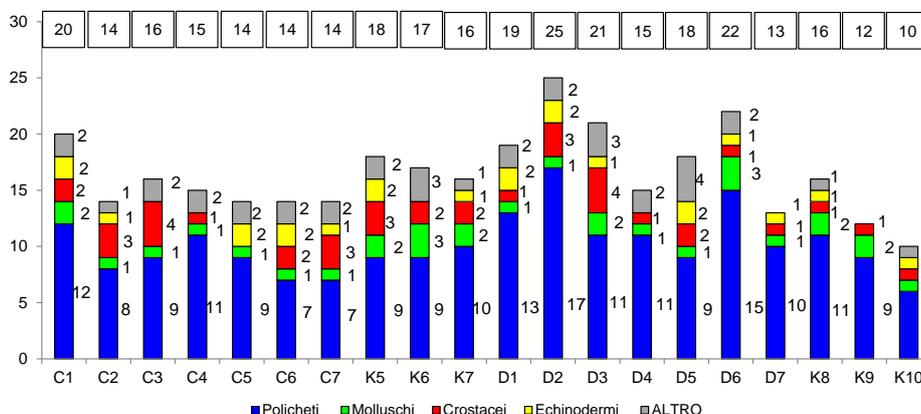


Fig. 3.14 - Ripartizione secondo il phylum di appartenenza delle specie rinvenute nelle singole stazioni campionate durante il 1° survey post lavori. Sono anche riportati i valori della Ricchezza specifica totale ottenuti per i vari siti (riquadri).

I policheti hanno rappresentato il gruppo principale in tutte le stazioni, seguiti da crostacei e molluschi. Gli echinodermi sono stati censiti quasi ovunque con al massimo 2 specie.

Il numero di taxa esclusivi, ovvero censiti in un solo sito, è oscillato tra 1 (in più stazioni) e 6 (D2), rappresentando al massimo il 24% del popolamento presente (D2). Presso i siti C1, C4, C5, K5, D5, D7, K8 e K10, invece, non è stato rinvenuto alcun taxon esclusivo.

3.2.3.5 Ricchezza specifica media (S_m)

S_m ha presentato un trend simile a quello osservato per la densità e la Ricchezza specifica totale (fig. 3.15). Lungo il transetto C il minimo è stato registrato in C5 ($5,7 \pm 2,6$) e il massimo in C1 ($10,0 \pm 1,2$) e i valori sono apparsi confrontabili con almeno un sito di controllo. Lungo D l'indice è oscillato tra $8,0 \pm 1,0$ (D5) e $12,33 \pm 2,9$ (D2). Anche in questo caso tutti i valori sono risultati comparabili con almeno un sito di controllo.

3.2.3.6 Diversità specifica (H')

Nel 1° survey post lavori lungo il transetto C il valore più basso di H' è stato registrato presso C5 ($1,23 \pm 0,62$) a causa della bassa densità registrata e dell'elevata dominanza del taxon principale (Paraonidae nd), mentre il massimo è stato raggiunto in C1 ($2,10 \pm 0,10$; fig. 3.16). I valori sono risultati comunque paragonabili a quelli registrati presso i rispettivi siti di controllo ($1,75 \pm 0,11 \leq H' \leq 1,90 \pm 0,21$). Lungo il transetto D, invece, H' era compreso

tra $1,67 \pm 0,17$ (D7) e $2,17 \pm 0,29$ (D6), risultando anch'esso confrontabile con le stazioni di riferimento K8-K10 ($1,28 \pm 0,15 \leq H' \leq 2,09 \pm 0,10$).

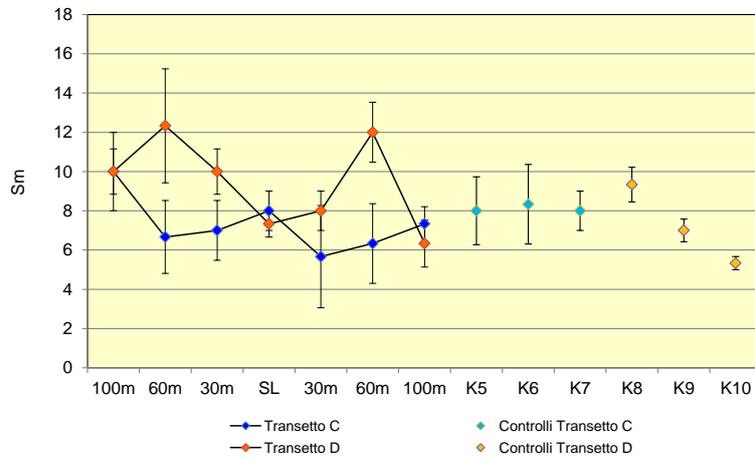


Fig. 3.15 – Ricchezza specifica media (\pm e.s.) registrata presso i siti monitorati durante il 1° survey post lavori.

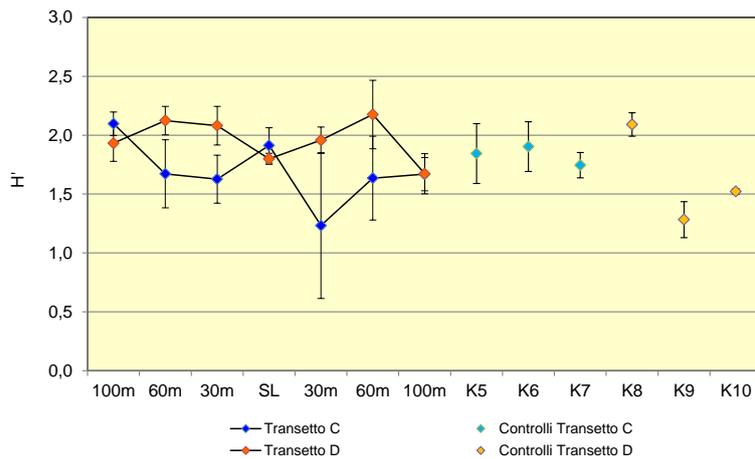


Fig. 3.16 – Diversità specifica (\pm e.s.) registrata presso i siti monitorati durante il 1° survey post lavori.

3.2.3.7 MultiDimensional Scaling (MDS)

Il MultiDimensional Scaling, applicato ai dati di densità delle singole specie, ha confermato la confrontabilità tra le stazioni poste nell'area in cui è stata installata la condotta e i rispettivi controlli, essendo state raggruppate tutte in unico cluster (similarità al 45%; fig. 3.17a). Questa similarità può essere facilmente spiegata dal rinvenimento in tutte le stazioni dei taxa principali, come *A. filiformis* (fig. 3.17b), *H. vitrea* (fig. 3.17c) e Paraonidae nd (fig. 3.17d).

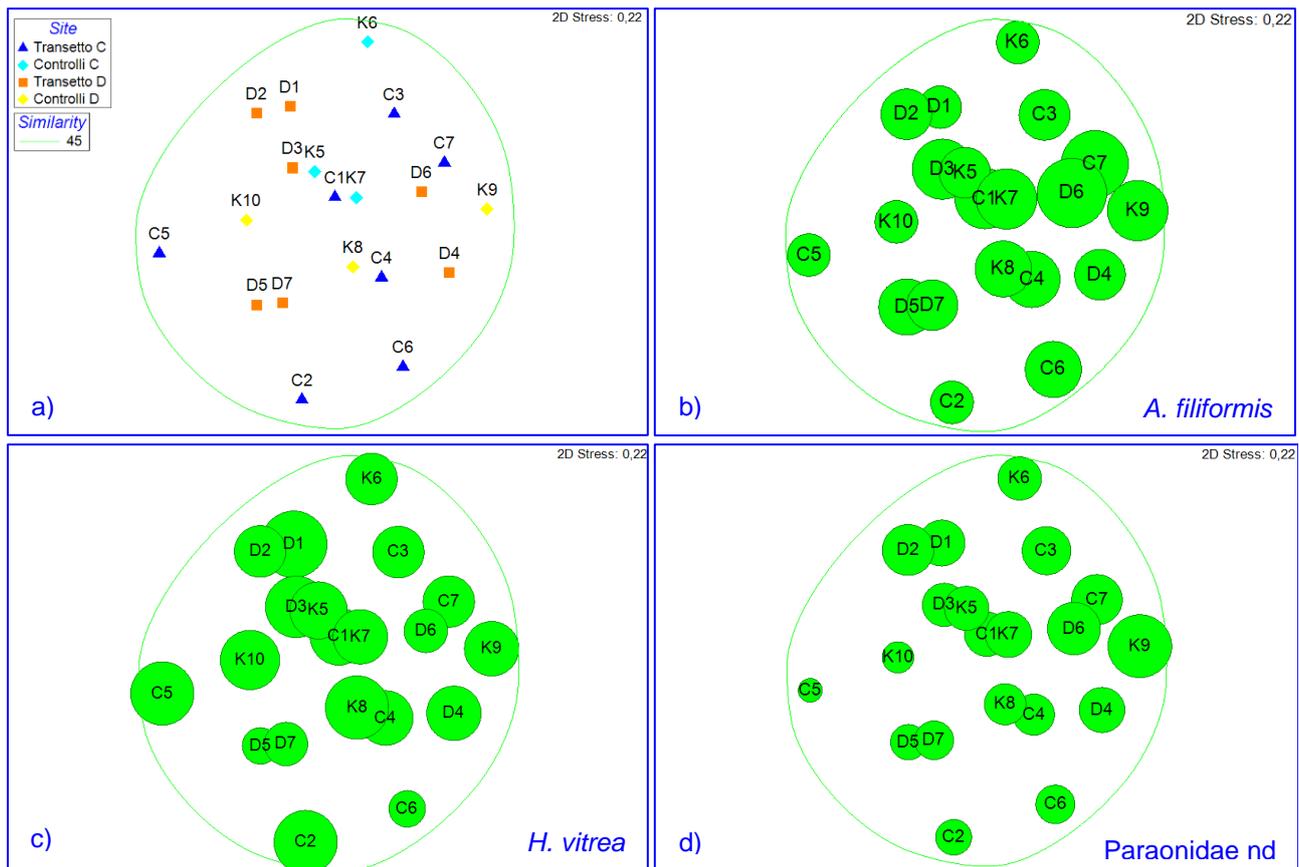


Fig. 3.17 – Rappresentazione bidimensionale dei siti monitorati durante il 1° survey post lavori tramite il metodo del MultiDimensional Scaling. I cerchi verdi indicano i quantitativi in termini di densità delle singole specie.

3.2.3.8 Valutazione dello stato ambientale

Indice W di Clarke

Questo indice ha evidenziato la presenza di un ambiente leggermente disturbato ovunque (Tab. 3-XXI), senza differenze particolari tra l'area circostante la condotta e quelle di controllo di controllo.

Indice AMBI

Anche l'indice AMBI (Tab. 3-XXII) ha evidenziato una notevole omogeneità tra tutti i siti indagati e una situazione di leggero disturbo ovunque, fatta eccezione per il sito C5 classificato come non disturbato. La maggior parte delle specie rinvenute appartiene al III gruppo ecologico (specie tolleranti a un eccessivo arricchimento organico nei sedimenti), seguite da quelle afferenti al I (specie sensibili ad arricchimento organico e presenti solo in condizioni ambientali ottimali) e al II gruppo (specie indifferenti all'arricchimento organico, sempre presenti in basse densità senza particolari variazioni nel tempo).

Tab. 3-XXI – Valori dell'indice W di Clarke ottenuti per i siti monitorati nel 1° survey post lavori.

Stazione	W	Classificazione ambientale
C1	0,515	Leggermente disturbato
C2	0,535	Leggermente disturbato
C3	0,547	Leggermente disturbato
C4	0,419	Leggermente disturbato
C5	0,680	Leggermente disturbato
C6	0,588	Leggermente disturbato
C7	0,391	Leggermente disturbato
K5	0,593	Leggermente disturbato
K6	0,520	Leggermente disturbato
K7	0,307	Leggermente disturbato
D1	0,465	Leggermente disturbato
D2	0,597	Leggermente disturbato
D3	0,388	Leggermente disturbato
D4	0,478	Leggermente disturbato
D5	0,533	Leggermente disturbato
D6	0,423	Leggermente disturbato
D7	0,505	Leggermente disturbato
K8	0,451	Leggermente disturbato
K9	0,322	Leggermente disturbato
K10	0,444	Leggermente disturbato

Tab. 3-XXII – Suddivisione percentuale delle specie rinvenute in ciascun sito monitorato durante il 1° survey post lavori 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) 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
C1	31,9	19,1	46,8	2,1	0,0	1,787	Leggermente disturbato
C2	39,3	25,0	35,7	0,0	0,0	1,446	Leggermente disturbato
C3	25,6	17,9	53,8	2,6	0,0	2,000	Leggermente disturbato
C4	28,2	10,3	53,8	7,7	0,0	2,115	Leggermente disturbato
C5	64,0	24,0	8,0	4,0	0,0	0,780	Non disturbato
C6	36,0	20,0	44,0	0,0	0,0	1,620	Leggermente disturbato
C7	26,1	8,7	65,2	0,0	0,0	2,087	Leggermente disturbato
K5	30,8	12,8	56,4	0,0	0,0	1,885	Leggermente disturbato
K6	27,0	27,0	45,9	0,0	0,0	1,784	Leggermente disturbato
K7	18,4	20,4	61,2	0,0	0,0	2,143	Leggermente disturbato
D1	31,9	13,0	55,1	0,0	0,0	1,848	Leggermente disturbato
D2	33,3	16,7	47,6	1,2	1,2	1,804	Leggermente disturbato
D3	32,0	14,0	52,0	2,0	0,0	1,860	Leggermente disturbato
D4	22,9	22,9	51,4	2,9	0,0	2,014	Leggermente disturbato
D5	47,4	10,5	36,8	5,3	0,0	1,500	Leggermente disturbato
D6	23,9	14,1	57,7	4,2	0,0	2,134	Leggermente disturbato
D7	21,2	30,3	48,5	0,0	0,0	1,909	Leggermente disturbato
K8	31,9	23,4	44,7	0,0	0,0	1,691	Leggermente disturbato
K9	11,5	15,4	71,8	1,3	0,0	2,442	Leggermente disturbato
K10	40,0	12,0	44,0	4,0	0,0	1,680	Leggermente disturbato

Indice BENTIX

Il BENTIX (Tab. 3-XXIII) ha fornito risultati leggermente peggiori rispetto ai due indici precedentemente descritti, avendo classificato 4 siti del transetto C e due dei rispettivi controlli, oltre a due stazioni afferenti al transetto D e K9, come moderatamente disturbati.

Tab. 3-XXIII - Risultati dell'indice BENTIX e relativa classificazione del disturbo ambientale per i siti monitorati durante il 1° survey post lavori.

Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale
C1	3,49	Moderatamente disturbato
C2	3,24	Moderatamente disturbato
C3	3,23	Moderatamente disturbato
C4	3,60	Leggermente disturbato
C5	3,92	Leggermente disturbato
C6	3,77	Leggermente disturbato
C7	3,07	Moderatamente disturbato
K5	3,28	Moderatamente disturbato
K6	3,38	Moderatamente disturbato
K7	3,59	Leggermente disturbato
D1	4,00	Leggermente disturbato
D2	4,26	Leggermente disturbato
D3	3,37	Moderatamente disturbato
D4	2,69	Moderatamente disturbato
D5	4,31	Leggermente disturbato
D6	3,52	Leggermente disturbato
D7	4,18	Leggermente disturbato
K8	3,87	Leggermente disturbato
K9	2,87	Moderatamente disturbato
K10	3,76	Leggermente disturbato

Stato ecologico

In Tab. 3-XXIV è riportato lo stato ecologico relativo alle diverse stazioni derivato dalla combinazione dei tre indici precedentemente trattati. In generale si rileva uno stato ecologico compreso tra buono e buono/moderato sia lungo i transetti che ai controlli.

Tab. XXIV – Classificazione dello stato ecologico derivata dalla combinazione dei tre differenti indici.

Stazione	W	AMBI	BENTIX	Stato ecologico
	Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	
C1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
C2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
C3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
C4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
C5	Leggermente disturbato	Non disturbato	Leggermente disturbato	Buono
C6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
C7	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
K5	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
K6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
K7	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
D1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
D2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
D3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
D4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
D5	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
D6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
D7	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
K8	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
K9	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
K10	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono

3.3. CONCLUSIONI

Per la condotta sottomarina collegante le piattaforme Clara NW e Calipso 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.

Nella presente relazione sono riportati i risultati ottenuti nel 1° survey successivo alla posa in opera della struttura (inverno 2016).

Caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti - I sedimenti sono risultati tutti silt argillosi secondo Shepard. IPA e Idrocarburi totali sono risultati ovunque inferiori ai limiti di rilevabilità. Per gli altri composti ricercati (metalli, sostanza organica e TOC) non vi sono anomalie da segnalare.

Ecotossicologia dei sedimenti - Nel 1° survey condotto dopo la posa della condotta sottomarina i sedimenti si sono dimostrati ottimali per la crescita algale di *Dunaliella tertiolecta* e per la bioluminescenza di *Vibrio fischeri*. Nel caso della sopravvivenza dell'anfipode *Corophium orientale*, invece, è stata rilevata una tossicità bassa in tutti i siti dei transetti eccetto C4 posizionato in corrispondenza del sea-line; nei due controlli non è stata rilevata tossicità; ciò indica un peggioramento delle condizioni determinato dalla presenza della struttura. Il test riguardante lo sviluppo larvale del mollusco bivalve *Crassostrea gigas* ha rilevato una tossicità per lo più bassa. Un grado medio di tossicità è stato evidenziato in un controllo e in un sito corrispondente alla condotta, mentre nella stazione C6 posizionata a 60 m a SSW della struttura non è stata rilevata alcuna tossicità. In questo caso, pertanto quanto osservato non è necessariamente legato alla presenza della condotta.

Infine, la maggior parte dei metalli ricercati nel test di bioaccumulo condotto utilizzando policheti afferenti alla specie *Hediste diversicolor* è risultata in concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità o alla concentrazione relativa al bianco. Da rilevare un bioaccumulo di As e Cd in uno o entrambi i siti posizionati sul sea-line e di Hg piuttosto diffuso, non avendo interessato solo un controllo e la stazione lungo il transetto D posta a 60 m verso NNE.

Indagini sulla comunità bentonica - La comunità bentonica nell'area investigata è apparsa abbastanza povera in termini di numero di individui e di specie, con popolamenti costituiti quasi esclusivamente da taxa di fondo mobile.

In tutte le stazioni le specie limicole hanno rappresentato il raggruppamento biocenotico più importante, sia in termini di numero di taxa che in termini di densità. I policheti sono risultati il taxon principale, seguiti da molluschi e crostacei, con valori piuttosto confrontabili tra le differenti stazioni.

In generale, è stata riscontrata una certa omogeneità tra l'area circostante la condotta e le stazioni di controllo, come anche evidenziato dall'MDS.

Lo stato ecologico relativo alle diverse stazioni, derivato dalla combinazione dei tre indici W di Clarke, AMBI, BENTIX, è risultato compreso tra buono e buono/moderato sia nei siti posti lungo i transetti che nei controlli.

4. BIBLIOGRAFIA

- Alves L.C., Allen L.A., Houk R.S. 1993. Measurement of vanadium, nickel, and arsenic in seawater and urine reference materials by inductively coupled plasma mass spectrometry with cryogenic desolvation. *Anal. Chem.*, 65(18): 2468-2471.
- Annibaldi A., Truzzi C., Illuminati S., Scarponi G. 2009. Recent sudden decrease of lead in Adriatic coastal seawater during the years 2000–2004 in parallel with the phasing out of leaded gasoline in Italy. *Mar. Chem.*, 113: 238–249.
- Amouroux J.M. 1974. Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. *Vie Milieu*, 24 (1) sèr. B: 209-222.
- Artegiani A. 1996. *Temperature and salinity measurements of seawaters, Handbook of method protocols*. MAST II Mediterranean Targeted Project. 34 pp.
- Artegiani, A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., Russo A. 1997a. The Adriatic Sea general circulation. Part I. Air-sea interactions and water mass structure, *J. Phys. Oceanogr.*, 27, 1492–1514.
- Artegiani, A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., Russo A. 1997b. The Adriatic Sea general circulation. Part II: Baroclinic Circulation Structure, *J. Phys. Oceanogr.*, 27: 1515–1532.
- 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 microalghe*. 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.
- Azur Environmental. 1994. *Microtox® M500 manual* (A toxicity testing handbook).
- 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.
- Béthoux J.P., Courau P., Nicolas E., Ruiz-Pino D. 1990. Trace metal pollution in the Mediterranean Sea. *Oceanol. Acta*, 13: 481–488.
- 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.
- Bombace G., Fabi G., Fiorentini L., Speranza S. 1994. Analysis of the efficacy of artificial reefs located in five different areas of the Adriatic Sea. *Bull. Mar. Sci.*, 55(2-3): 559-580.
- 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. Pollut. 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.
- Canli M., Furness R.W. 1995. Mercury and cadmium uptake from seawater and from food by the Norway lobster *Nephrops norvegicus*. *Environ. Toxicol. Chem.*, 14: 819-828.
- 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.
- Crompton T.R. 2006. *Analysis of Seawater. A Guide for the Analytical and Environmental Chemist*. CRC Press. 297 pp.
- DIRETTIVA 2008/105/CE, 2008. *Standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive del Consiglio 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE e 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio*. Parlamento Europeo e Consiglio. 16 dicembre 2008.
- Dong Y., Rosenbaum R.K., Hauschild M.Z. 2016. Assessment of metal toxicity in marine ecosystems: comparative toxicity potentials for nine cationic metals in coastal seawater. *Environ. Sci. Technol.*, 50: 269-278.
- EC. 2003. *Towards a guidance on establishment of the intercalibration network and the processes on the intercalibration exercise*. CIS Working Group 2.5 (Intercalibration), Common Implementation Strategy of the Water Framework Directive, European Commission. 54 pp.
- EPA. 1993. *Guidance manual, Bedded sediment Bioaccumulation Tests*. EPA/600/R-93/183. 246 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 METHODS 8015D. 37 pp.
- EPA. 2007a. *Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry*. EPA METHOD 7473. 15 pp.
- EPA. 2007b. *Graphite furnace atomic absorption spectrophotometry*. EPA METHOD 7010. 24 pp.
- EPA. 2007c. *Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry*. EPA METHOD 6010C. 34 pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Grati F., Marini M., Spagnolo A. 2001a. *Servizi di monitoraggio ambientale campo Regina. III Anno di indagine. Rapporto finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 185 + XXVII pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M. 2001b. *Servizi di monitoraggio ambientale campo Anemone (1999-2000). Rapporto finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 119 + XI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Panfili M. 2002. *Servizi di monitoraggio ambientale campo*

- Calpurnia. Rapporto conclusivo di due anni di indagine (2000-2001)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 65 + IX pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M., Scarcella G., Spagnolo A. 2003. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annalisa. III Anno di indagine. Rapporto Finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 123 + XLVI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Scarcella G., Spagnolo A. 2004. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Barbara NW. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (2000 – 2002)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 228 + XLIX pp.
- Fabi G., Boldrin A., De Ranieri S., Manoukian S., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2005a. *Servizi di monitoraggio ambientale Piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi “Naomi-Pandora”. Rapporto conclusivo di due anni di indagine (2002-2003)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 201 + XXVIII pp.
- Fabi G., Ausili S., De Ranieri S., Nasci C., Spagnolo A. 2005b. *Servizi di monitoraggio ambientale piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi “Porto Corsini Mare Sud 1 (PCMS-1)”*. Rapporto conclusivo di due anni di indagine. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 95 + XI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Meneghetti F., Paschini E., Scarcella G., Spagnolo A. 2006. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Calipso. Rapporto finale di 4 anni di studio (2002-2005)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 224 + XLII pp.
- Fabi G. De Ranieri S., Grilli F., Nasci C., Spagnolo A. 2010a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Nord. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 240 + XLIII pp.
- Fabi G., Campanelli A., De Ranieri S., Nasci C., Polidori P., Punzo E. 2010b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Est. Rapporto conclusivo di tre anni di monitoraggio (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 353 + XLI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2013. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Naide. Rapporto conclusivo di 4 anni di monitoraggio, dal pre-survey al terzo anno dopo la posa (estate 2004 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 397 + xlvi pp.
- Fabi G., Bolognini L., De Ranieri S., Domenichetti F., Nasci C., Penna P., Santelli A., Spagnolo A. 2015. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Tea. II anno dopo la posa in opera della piattaforma, III anno dopo la posa del sea-line - Rapporto finale (estate 2006 - estate 2009)*. Rapporto per ENI S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 307 + XLV pp.
- Fabi G., Campanelli A., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gaetani A., Gomiero A., Kozinkova L., Spagnolo A. 2016a. *Monitoraggio ambientale Pozzi sottomarini Bonaccia Est 2 e Bonaccia Est 3. Monitoraggio dell’area interessata dall’installazione dei pozzi sottomarini e del sea-line collegante i pozzi con la piattaforma Bonaccia. II anno successivo ai lavori di installazione (2012). Rapporto finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 228 + LXXIII pp.
- Fabi G., Bolognini L., Campanelli A. De Biasi A.M., Girasole M., Gomiero A., Malaspina S., Spagnolo A. 2016b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B - Piano Nazionale. Monitoraggio dell’area interessata dall’installazione della piattaforma. II anno di indagine durante la fase di produzione. Rapporto finale (estate 2011 - inverno 2012)*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 271 + CV pp.
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Polidori P., Spagnolo A. 2016c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell’area interessata dall’installazione della piattaforma e del sea-line collegante Elettra con la condotta Bonaccia - Barbara C. 2° anno della fase di produzione -*

- Rapporto semestrale (luglio - dicembre 2015). Rapporto n.6. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 222 + LXVI pp.*
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., M. Girasole, A. Gomiero, Kozinkova L., Leoni S., Spagnolo A. 2016d. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante Fauzia a Barbara B. 2° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale (luglio - dicembre 2015). Rapporto n. 6. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 222 + LXXVI pp*
- Fisher W., Bauchot M.L., Schneider M. (Eds). 1987. *Fishes FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1) Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. 1. Végétaux et Invertébrés.* Publication préparée par la FAO, résultat d'un accord entre la FAO et la Commission des Communautés Européennes (Project GCP/INT/422/EEC) financée conjointement par ces deux organizations. Rome, FAO. 760 pp.
- Grasshoff K., Cremling K., Erhardt M. 1999. *Methods of seawater analysis.* Verlag Chemie, Weinheim, Germany. 600 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.
- IRSA-CNR. 1994. *Metodi analitici per le acque.* Istituto poligrafico e zecca dello Stato, Roma.
- 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.
- Law R.J. 1978. Determination of petroleum hydrocarbons in water, fish and sediments following the Ekofisk blow-out. *Mar. Poll. Bul.*, 9: 321-324.
- Losso C., Picone M., Arizzi Novelli A., Delaney E., Ghetti P.F., Volpi Ghirardini A. 2007. Developing toxicity scores for embryotoxicity tests on elutriates with the sea urchin *Paracentrotus lividus*, the oyster *Crassostrea gigas* and the mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 53: 220–226.
- Marini M., Jones B.H., Campanelli A., Grilli F., Lee C.M. 2008. Seasonal variability and Po River plume influence on biochemical properties along western Adriatic coast. *J. Geophys. Res.*, 113 (C05S90), doi:10.1029/2007JC004370.
- 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.
- Middelburg J.J., Hoede D., Van Der Sloot H.A., Van Der Weijden C.H., Wijkstra J. 1988. Arsenic, antimony and vanadium in the North Atlantic Ocean. *Geochim. cosmochim. Acta*, 52: 2871-2878.
- 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. Pollut. 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.
- Palomera I. 1999. Vertical distribution of eggs and larvae of *Engraulis encrasicolus* in stratified waters of the western Mediterranean. *Mar Biol.*, 111: 37-44.
- 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. Publ., New York. 424 pp.
- Pitchaer T.J. 1986. Functions of shoaling behaviour in teleosts. Pagg. 294-337, in: Pitcher T.J. (Ed.), *The behaviour of teleost fishes*. John Hopkins Press, Baltimore.
- Poppe G.T., Goto Y. 1991. *European Seashells (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogaster, Gastropoda)*. Vol. I. Publ. 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.
- Saggiomo V., Catalano G., Ribera d'Alcalà M. 1990. Ossigeno disciolto. Pagg. 91-103. In: Innamorati M., Ferrari I., Marino D., Ribera d'Alcalà M. (Eds.), *Metodi nell'ecologia del plancton marino*. Nova Thalassia, Vol. 11.
- Salen-Picard C. 1985. Indicateurs biologiques et sedimentation en milieu circalitoral Mediterranéen. *Rapp. p. v. Réu. Comm. Int. pour l'Explor. Sci. Mer Médit.*, 29: 5.
- Scarcella G., Grati F., Fabi G. 2011. Temporal and Spatial Variation of the Fish Assemblage Around a Gas Platform in the Northern Adriatic Sea, Italy. *Turkish J. Fish. Aquatic Sci.*, 11: 433-444.
- Schlitzer R., 2016. *Ocean Data View*. <http://odv.awi.de>.
- Simboura N., Zenetos A. 2002. Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystem, including a new biotic index. *Medit. Mar. Sci.*, 3: 77-111.
- Spagnolo A., Punzo E., Santelli A., Scarcella G., Straffella P., Grati F., Fabi G. 2014. Offshore platforms: comparison of five benthic indicators for assessing the macrozoobenthic stress level. *Mar. Pollut. Bull.*, 82: 55-65.
- Strickland J.D.H., Parsons T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 167. 310 pp.
- 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 tricorutum*. UNI EN ISO 10253:2000. 14 pp.
- UNESCO. 1983. *Algorithms for computation of fundamental properties of seawater*. Tech. Pap. Mar. Sci., 44. 53 pp.
- UNESCO. 1988. *The acquisition, calibration, and analysis of CTD data*. Tech. Pap. Mar. Sci., 54. 59 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.
- Vidussi F., Claustre H., Bustillos-Guzmán J., Cailliau C., Marty J. C. 1996. Determination of Chlorophylls and carotenoids of marine phytoplankton: separation of Chlorophyll a from divinylChlorophyll a and zeaxanthin from lutein. *J. Plankton Res.*, 18(12): 2377-2382.

- Wang, X.H., Pinardi N. 2002. Modeling the dynamics of sediment transport and resuspension in the northern Adriatic Sea. *J. Geophys. Res.*, 107(C12): 1-23.
- Wang, X.H., Pinardi N., Malacic V. 2006. Sediment transport and resuspension due to combined motion of wave and current in the northern Adriatic Sea during a Bora event in January 2001: A numerical modelling study. *Cont. Shelf Res.*, 27(5): 613 – 633.
- Whitehead P.J.P., Bauchot M.L., Hureau J.C., Nielsen J., Tortonese E. (eds). 1986. Fishes of the North- Eastern Atlantic and Mediterranean. UNESCO, Voll. 1-2-3. 1473 pp.
- Winkler L.W. 1888. Die Bestimmung des im Wasser gelosten Sauerstoffes. *Chem. Ber.*, 21: 2843-2855.
- Zar J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 663 pp.
- Zavatarelli M., Raicich F., Bregant D., Russo A., Artegiani A. 1998. Climatological biogeochemical characteristics of the Adriatic Sea. *J. Mar. Syst.*, 18: 227-263.
- 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.

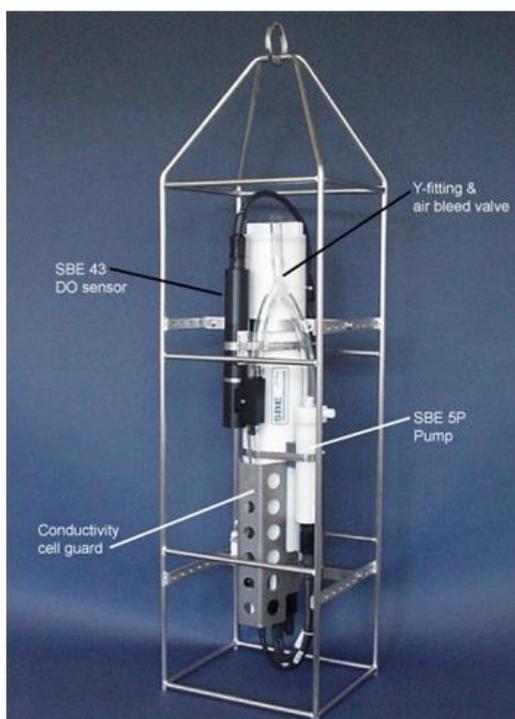
ALLEGATO A

SCHEDE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE

UTILIZZATA NELLE INDAGINI

A1
**INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA
D'ACQUA**

A1-I SONDA MULTIPARAMETRICA CTD e “ROSETTE”



CTD: Sonda multiparametrica CTD SBE 19plusV2 dotata dei seguenti sensori:

Sensore	Costruttore	Modello	Accuratezza	Intervallo di misura	Data calibrazione
Temperatura	Sea Bird Electronics	Interno	$\pm 0,005$ °C	-5 : +35°C	12/02/2014
Conducibilità	Sea Bird Electronics	Interno	$\pm 0,0005$ S m ⁻¹	0 : 9 S m ⁻¹	12/02/2014
Pressione	Sea Bird Electronics	Druck	$\pm 0,1$ % fondo scala	0: 600 m	04/02/2014
Ossigeno	Sea Bird Electronics	SBE 43	$\pm 0,1$ ml L ⁻¹	0 : 15 ml L ⁻¹	calibrazione con Winkler ad ogni campagna
Fluorimetro	Turner Designs	Cyclops-7	$\pm 0,01$ µg L ⁻¹	0 : 50 µg L ⁻¹	calibrazione con campioni di Chl ad ogni campagna
Torbidimetro	Turner Designs	Cyclops-7	$\pm 0,01$ NTU	0 : 300 NTU	calibrazione con campioni di TSM ad ogni campagna

Campionatore: SBE 32C Carousel Water Sampler con bottiglie GO.



A1-II ADCP (ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER)



A1-III TRITINO per la misurazione dell'ossigeno disciolto con il metodo Winkler

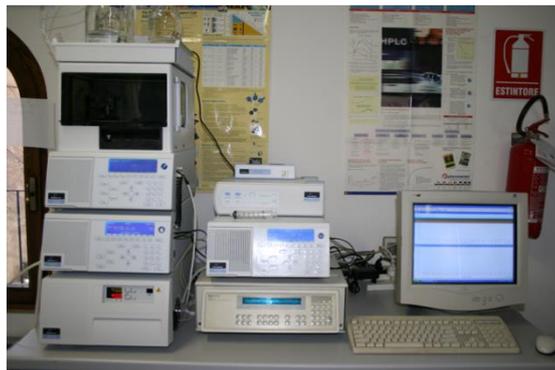


Sistema di titolazione automatico con Metrohm Basic Titrino 794 e campionatore

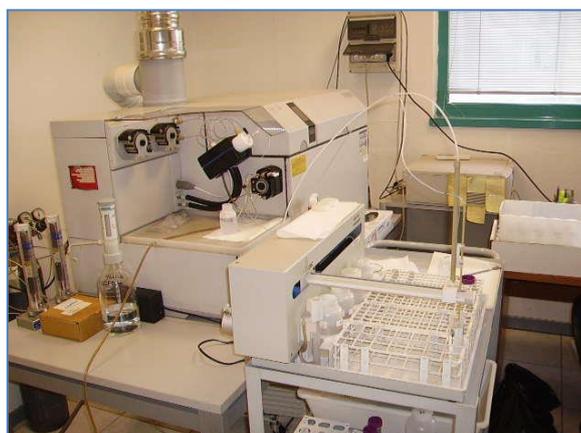
**A1-IV ANALIZZATORE COLORIMETRICO AUTOMATICO
EasyChem Plus™ per l'analisi dei sali nutritivi**



A1-V HPLC per l'analisi dei pigmenti



**A1- VI Analisi metalli pesanti - Spettrofotometro di massa ICP-MS
7500ce**



**A1- VII Analisi del Silicio - Spettrofotometro a emissione atomica
ICP-AES Vista-MPX**



**A1- VIII Analisi BTEX - Spettrofotometro di massa quadrupolare
HEWLITT-PACKARD GC/MS 5973 Network**



**A1- IX Analisi Glicole etilenico e Idrocarburi totali -
Gascromatografo GC FISIONS INST.**



A1- X Analisi cromatografica degli IPA - Cromatografo liquido HPLC Perkin Elmer PE 200, accoppiato a un rivelatore a fluorescenza PE serie 200A



A1- XI Analisi cromatografica degli IA - Gascromatografo Agilent 7820A accoppiato a un rivelatore di massa sistema MSD Agilent Serie 5977A.



A2

INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

A2-I BOX-CORER per il prelievo dei campioni



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

A2-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

A2-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.

A2-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.

A2-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.

A2-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.

A2-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.

A2-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.



A2-IX VARIAN ICP-720ES per la misurazione di ALLUMINIO, BARIO, FERRO, CROMO, NICHEL, RAME, SILICIO, VANADIO e ZINCO



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.

A2-X ICP-MS Agilent Mod. 7700 per la misurazione dell'INDIO



A3

INDAGINI SULLA COMUNITA' BENTONICA

A3-I BENNA VAN VEEN



Materiale	superficie di sedimento campionata (m ²)
Acciaio	0,095

A3-II SETACCIO



Materiale	Lato maglia (mm)
Acciaio inox	0,5

A3-III MICROSCOPIO STEREO ZEISS STEMI 2000-C



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

A3-IV MICROSCOPIO OTTICO ZEISS AXIOLAB



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

A3-V BILANCIA ANALITICA

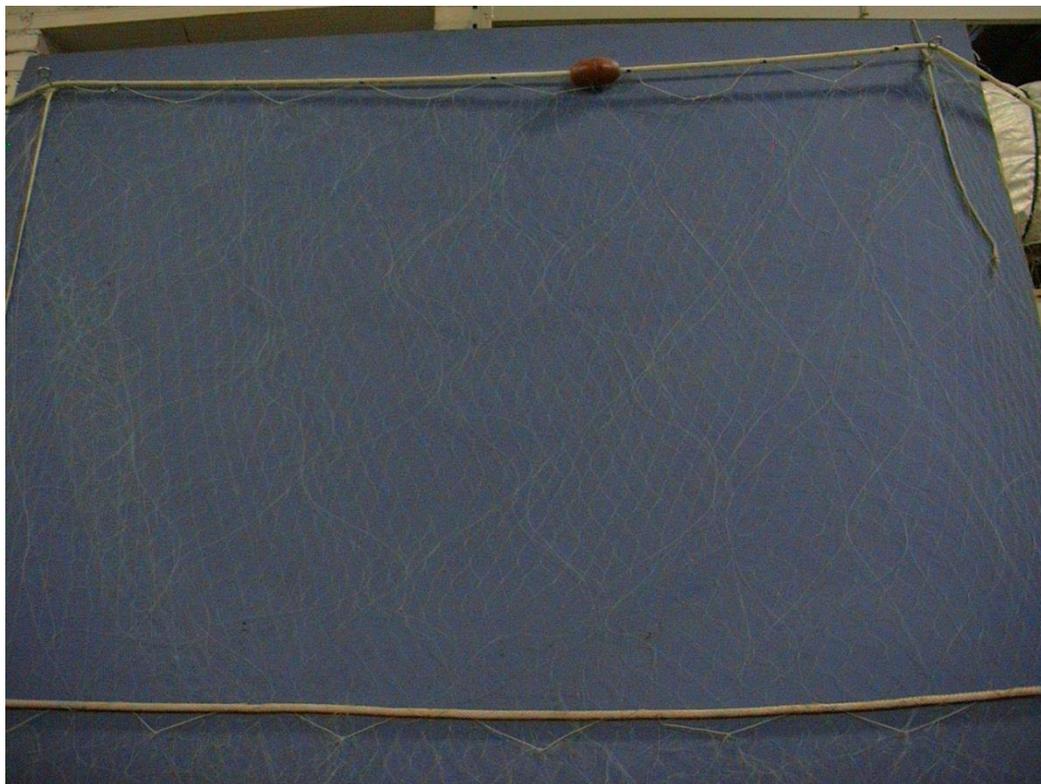


Strumento	Costruttore	Modello	Risoluzione	Capacità
Bilancia elettronica	Mettler Toledo	ML204	0,0001 g	220 g

A4

INDAGINI SULLA COMUNITA' ITTICA

A4-I RETE TREMAGLIO



Lunghezza totale:300 m

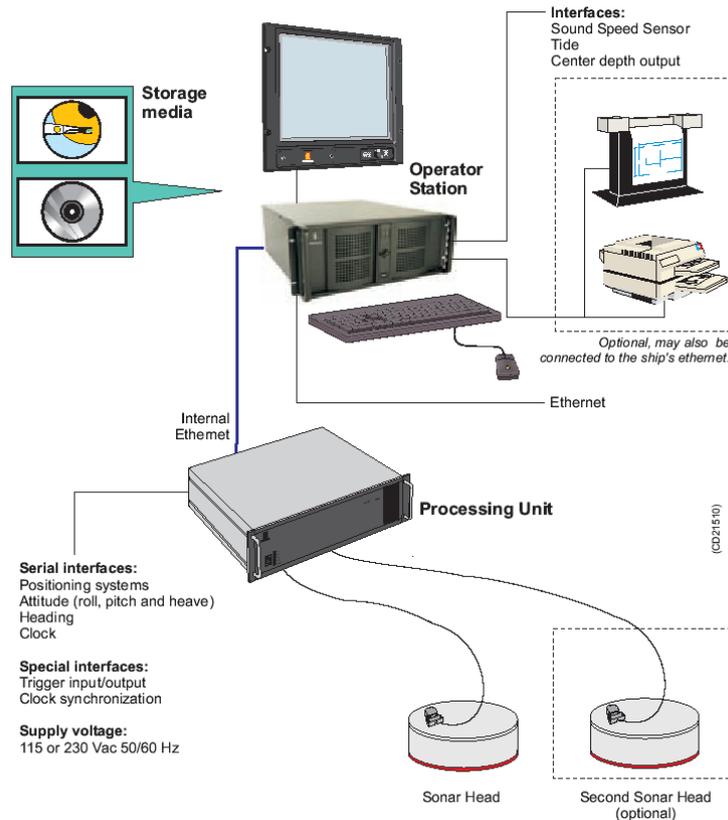
	Pannello interno	Pannello esterno
materiale	Monofilamento di poliammide	Monofilamento di poliammide
altezza (m)	6	3
apertura maglia stirata (mm)	72	400
diametro filo (mm)	0,18	0,30
rapporto di armamento	0,35	0,50

	Lima dei galleggianti	galleggianti	Lima dei piombi
materiale	poliammide		
diametro (mm)	7		
quantità ogni metro		1	
tipo		B19-70	
spinta (g)		55	
peso (g/m)			120

A4-II MULTIBEAM ECHOSOUNDER KONGSBERG EM 3002

Features

The EM 3002 system uses frequencies in the 300 kHz band. This is an ideal frequency for shallow water applications, as the high frequency ensures narrow beams with small physical dimensions. At the same time, 300 kHz secures a high maximum range capability and robustness under conditions with high contents of particles in the water.



EM 3002 uses a powerful sonar processor unit in combination with 1 or 2 compact sonar heads. The high computing power of the EM 3002 sonar processor makes it possible to apply sophisticated and exact signal processing algorithms for beamforming, beam stabilisation, and bottom detection. In High Density processing mode the system has close to uniform acoustic footprints and resolution over the whole swath width, and therefore a much improved capability to detect objects and other details on the bottom.

EM 3002 will in addition to bathymetric soundings, produce an acoustic image of the seabed. The image is obtained by combining the acoustic return signals inside each beam, thus improving signal to noise ratio considerably, as well as eliminating several artifacts related to conventional sidescan sonars. The acoustic image is compensated for the transmission source level, receiver sensitivity and signal attenuation in the water column, so that reliable bottom backscatter levels in dB are obtained. The image is also compensated for acoustic ray bending, and thus completely geo-referenced, so that preparation of a sonar mosaic for a survey area based upon data from several survey lines is easy. Objects observed on the seabed image are correctly located and their positions can be readily derived.

Technical specifications

Operational specifications

Frequencies.....	.293, 300, 307 kHz
Number of soundings per ping:	
Single sonar head.....	Max 254
Maximum ping rate.....	40 Hz
Maximum angular coverage:	
Single sonar head.....	130 degrees
Pitch stabilisation.....	Yes
Roll stabilisation.....	Yes
Heave compensation.....	Yes
Pulse length.....	150 μ s
Range sampling rate.....	14, 14.3, 14.6 kHz
Depth resolution.....	1 cm
Transducer geometry.....	Mills cross
Beam spacing.....	Equidistant or equiangular

Beamforming:

- Time delay with shading
- Dynamically focused receive beams

Seabed image data

- Composed from beamformed signal amplitudes
- Range resolution 5 cm.
- Compensated for source level and receiver sensitivity, as well as attenuation and spherical spreading in the water column.
- Amplitude resolution: 0.5 dB.

External sensors

- Position
- Heading
- Motion sensor (Pitch, roll and heave)
- Sound velocity profile
- Sound velocity at transducer.
- Clock synchronisation (1 PPS)

Environmental and EMC specifications

The system meets all requirements of the IACS E10 specification. The Operator Station, LCD monitor and Processing Unit are all IP22 rated.

A4-III **QUASI STELLAR COLOR**



Quasi Stellar, derivata dalla Light Camera, deriva dall'applicazione di recenti tecnologie elettroniche e meccaniche. Costruita con componenti elettronici e meccanici di qualità (acciaio inossidabile, metacrilato, delrin), consente la visione diurna in bianco e nero (o a colori) del fondo in condizioni di scarsa luminosità e torbidità a grandi profondità, fino e oltre 200 m., con intensità di appena 2 millesimi di lux, ideale per la ricerca sistematica con i metodi della traina o del pendolo, consente un buon riconoscimento della tipologia del fondo e degli oggetti, anche seminterrati.

Caratteristiche generali: Trasmettitore video entro-contenuto, che permette la ricezione su qualsiasi televisore o videoregistratore (non occorrono monitor). Cavo ombelicale di piccolo diametro (4.2 mm.) rinforzato internamente con treccia in poliestere che assicura una trazione di oltre 80 Kg. Dimensioni e pesi contenuti: corpo 101,6 mm. di diametro per 280 mm. di lunghezza. L'alimentazione, fornita da batterie al piombo gelatinoso alloggiato nella consolle, assicura una lunga autonomia (maggiore di 24 h di servizio continuo) grazie al basso consumo della telecamera. Per periodi d'uso continuato, o se non si desidera ricorrere all'uso delle batterie, sono disponibili alimentatori a 220 V. Quasi Stellar è fornita in allestimento base con versioni operative a 100 e 200 m. di profondità, con pezzature di cavo ombelicale di analoga lunghezza e cavetto di collegamento al televisore.

ALLEGATO B

SCHEDE GRANULOMETRICHE DEI SITI POSTI NELL'AREA DELLA PIATTAFORMA CLARA NW E DEI CONTROLLI

K1 - K4

1° SURVEY POST LAVORI DI INSTALLAZIONE

1° semestre 2016



Stazione A1 (250 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	51,0
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

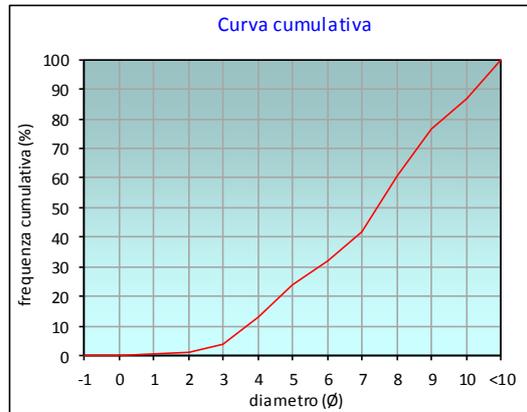
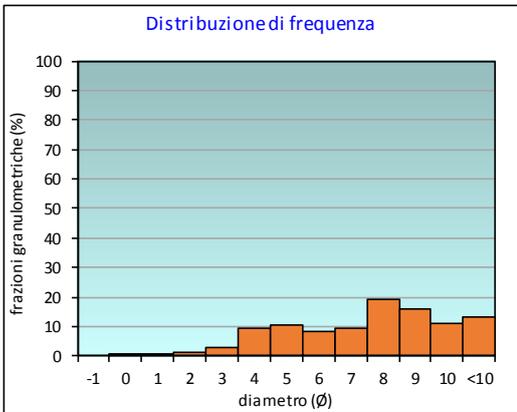
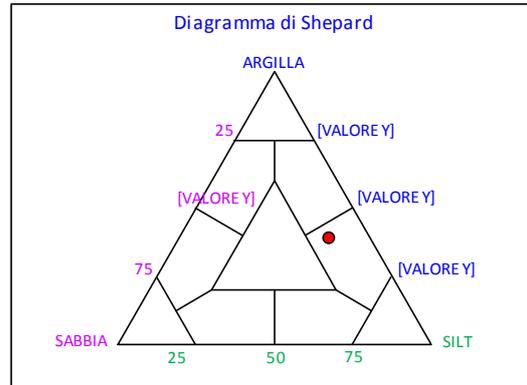
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	7,14	5	3,11
Mediana	M _d	7,45	16	4,26
Classazione	σ	2,50	25	5,14
Asimmetria	S _{ki}	-0,16	50	7,45
Appuntimento	K _c	0,81	75	8,92
			84	9,72
			95	10,61

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,3	0,4
	2	250	1,0	1,3
	3	125	2,7	4,0
	4	62,5	9,2	13,2
LIMO	5	31,2	10,6	23,8
	6	15,6	8,5	32,3
	7	7,8	9,2	41,5
	8	3,9	19,1	60,6
ARGILLA	9	2	15,7	76,3
	10	0,98	10,8	87,1
	<10	<0,98	12,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	13,2	47,4	39,4

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Platicurtica



Stazione A2 (120 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	51,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

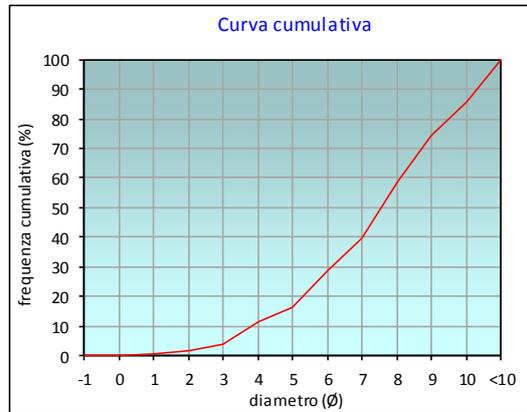
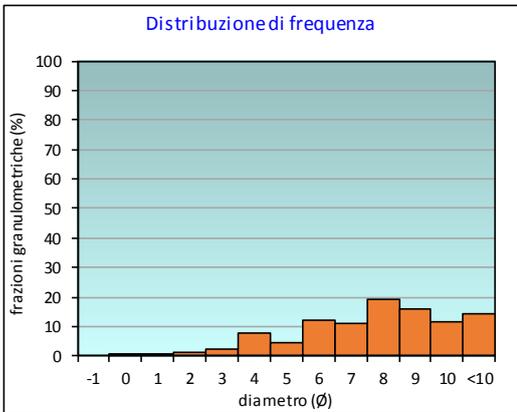
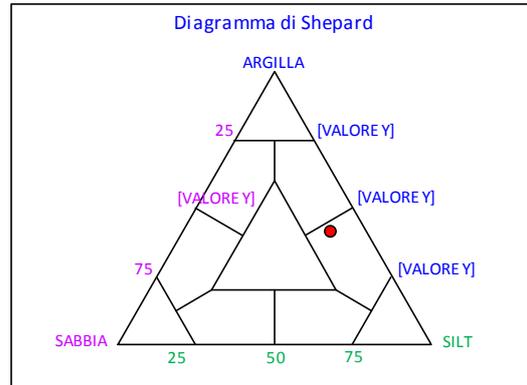
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	7,45	5	3,16
Mediana	M _d	7,56	16	4,96
Classazione	σ	2,35	25	5,72
Asimmetria	S _{ki}	-0,12	50	7,56
Appuntimento	K _c	0,92	75	9,04
			84	9,83
			95	10,64

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,4	0,4
	2	250	1,0	1,4
	3	125	2,4	3,8
	4	62,5	7,7	11,5
LIMO	5	31,2	4,7	16,2
	6	15,6	12,3	28,5
	7	7,8	11,0	39,5
	8	3,9	18,9	58,4
ARGILLA	9	2	16,1	74,6
	10	0,98	11,4	85,9
	<10	<0,98	14,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	11,5	46,9	41,6

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione A3 (60 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	50,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	7,26
Mediana	M _d	7,49
Classazione	σ	2,53
Asimmetria	S _{ki}	-0,14
Appuntimento	K _c	0,84

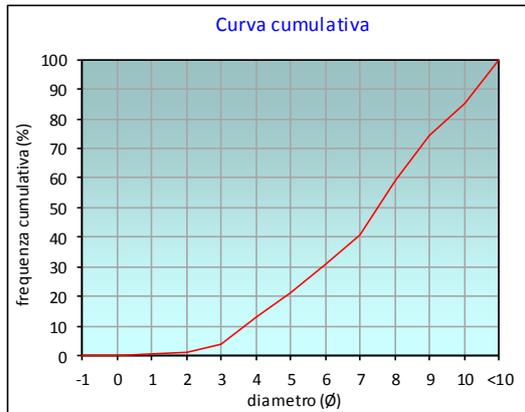
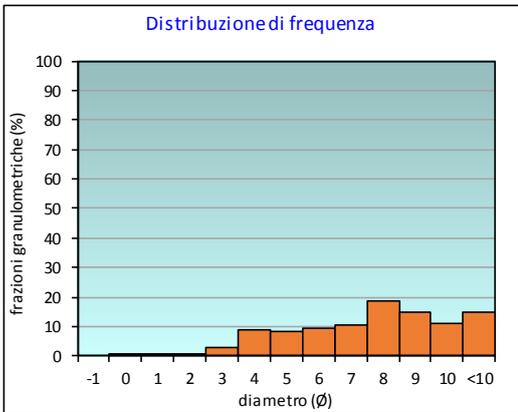
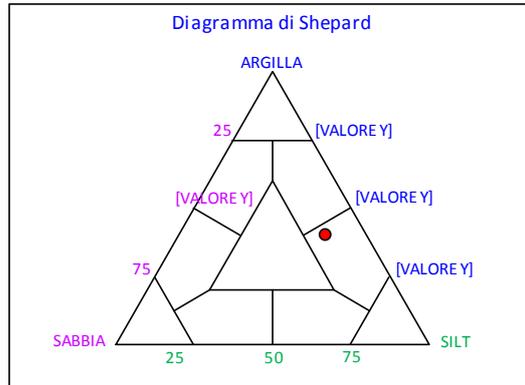
PERCENTILE	φ
5	3,11
16	4,38
25	5,41
50	7,49
75	9,07
84	9,91
95	10,67

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,3	0,3
	2	250	0,8	1,2
	3	125	2,8	4,0
	4	62,5	8,9	12,9
LIMO	5	31,2	8,2	21,1
	6	15,6	9,6	30,7
	7	7,8	10,2	40,9
	8	3,9	18,5	59,4
ARGILLA	9	2	14,8	74,2
	10	0,98	10,8	85,0
	<10	<0,98	15,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	12,9	46,5	40,6

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Platicurtica



Stazione A4 (30 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	49,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	7,42
Mediana	M _d	7,55
Classazione	σ	2,36
Asimmetria	S _{ki}	-0,13
Appuntimento	K _c	0,98

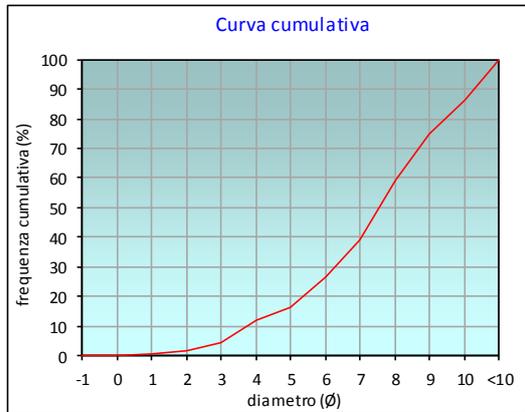
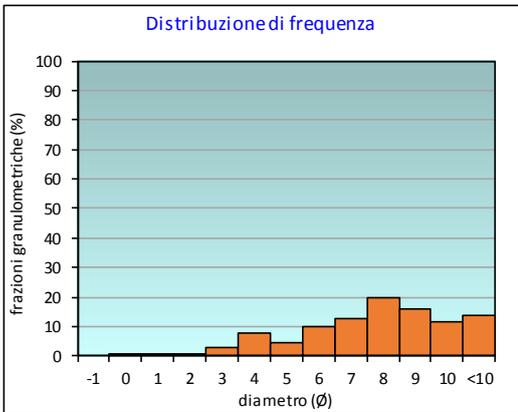
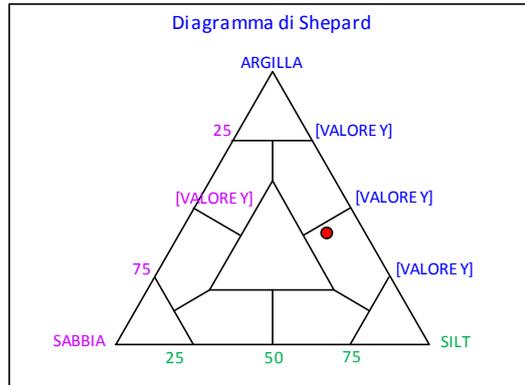
PERCENTILE	φ
5	3,11
16	4,91
25	5,86
50	7,55
75	9,01
84	9,79
95	10,63

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,2	0,2
SABBIA	1	500	0,4	0,6
	2	250	0,9	1,4
	3	125	2,7	4,2
	4	62,5	8,0	12,1
LIMO	5	31,2	4,3	16,4
	6	15,6	10,0	26,4
	7	7,8	12,6	39,0
	8	3,9	19,9	58,9
ARGILLA	9	2	16,0	74,8
	10	0,98	11,5	86,4
	<10	<0,98	13,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	12,1	46,8	41,1

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione CL NW

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

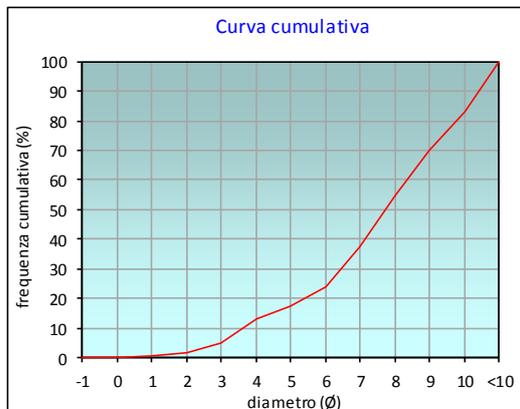
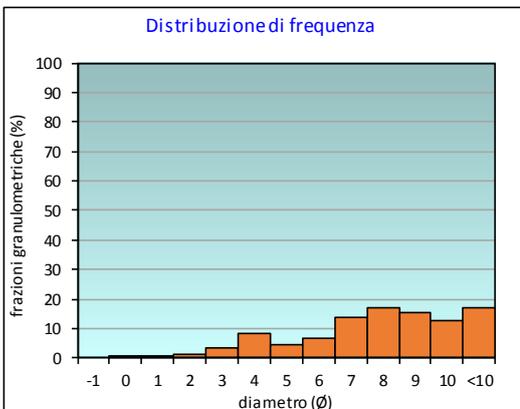
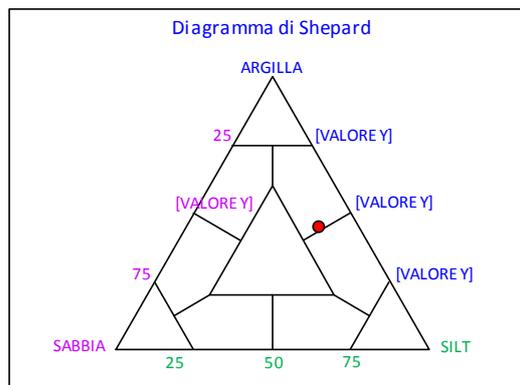
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	7,51	5	3,02
Mediana	M _d	7,72	16	4,73
Classazione	σ	2,50	25	6,07
Asimmetria	S _{ki}	-0,17	50	7,72
Appuntimento	K _c	0,95	75	9,38
			84	10,06
			95	10,71

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,2	0,2
	1	500	0,4	0,6
	2	250	1,0	1,6
	3	125	3,2	4,8
LIMO	4	62,5	8,1	12,9
	5	31,2	4,2	17,1
	6	15,6	6,9	24,0
	7	7,8	13,7	37,7
	8	3,9	17,1	54,8
ARGILLA	9	2	15,4	70,2
	10	0,98	12,8	83,0
	<10	<0,98	17,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	12,9	41,9	45,2

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Argilla siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione CL SE

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	44,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	7,09
Mediana	M _d	7,28
Classazione	σ	2,74
Asimmetria	S _{ki}	-0,13
Appuntimento	K _c	0,85

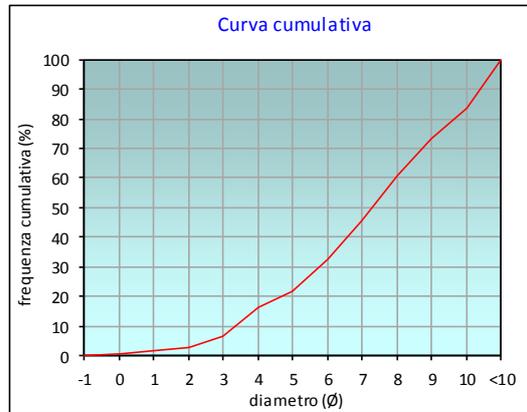
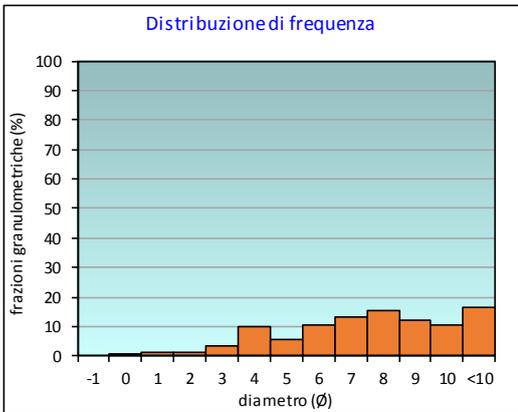
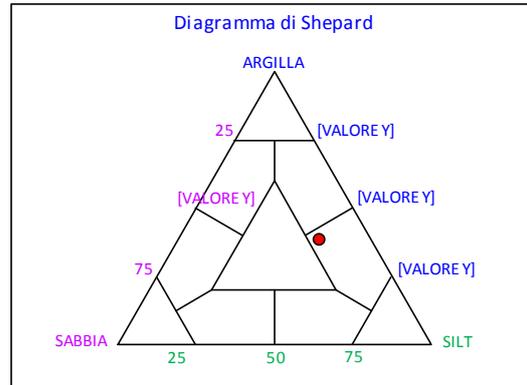
PERCENTILE	∅
5	2,59
16	3,98
25	5,29
50	7,28
75	9,17
84	10,01
95	10,69

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,4	0,4
SABBIA	1	500	1,1	1,5
	2	250	1,5	3,0
	3	125	3,4	6,4
	4	62,5	9,8	16,2
LIMO	5	31,2	5,8	22,0
	6	15,6	10,5	32,5
	7	7,8	13,2	45,7
	8	3,9	15,3	61,0
ARGILLA	9	2	12,2	73,2
	10	0,98	10,7	83,8
	<10	<0,98	16,2	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	16,2	44,8	39,0

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Platicurtica



Stazione A5 (30 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	24,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	5,41
Mediana	M _d	4,66
Classazione	σ	2,50
Asimmetria	S _{ki}	0,43
Appuntimento	K _c	0,85

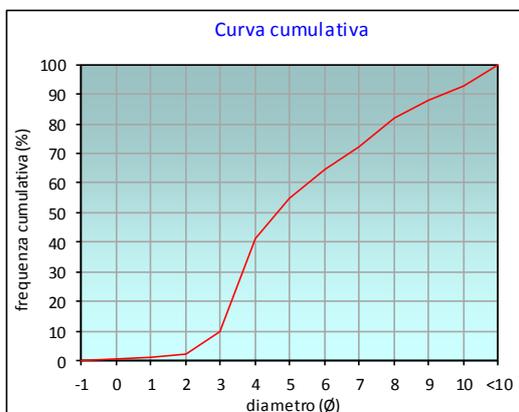
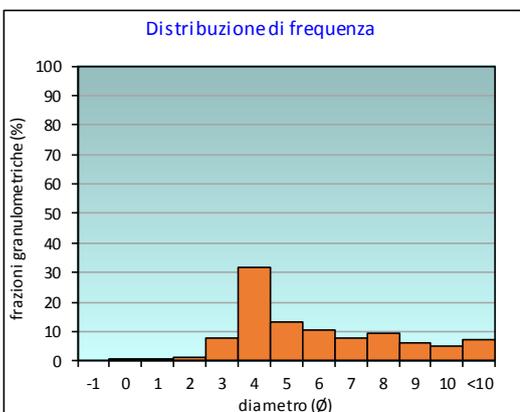
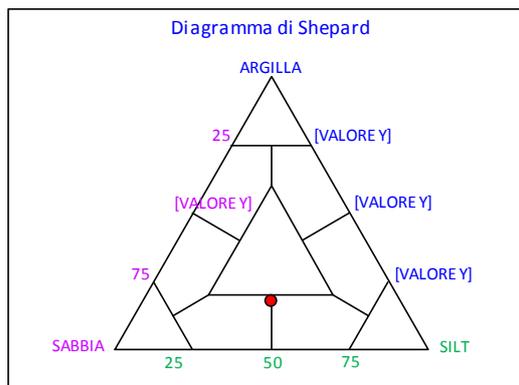
PERCENTILE	φ
5	2,39
16	3,20
25	3,48
50	4,66
75	7,29
84	8,38
95	10,31

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,4	0,4
	1	500	0,6	1,0
	2	250	1,0	2,0
	3	125	7,9	9,8
LIMO	4	62,5	31,5	41,3
	5	31,2	13,3	54,5
	6	15,6	10,2	64,7
	7	7,8	7,5	72,2
ARGILLA	8	3,9	9,4	81,7
	9	2	6,2	87,8
	10	0,98	4,9	92,7
	<10	<0,98	7,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	41,3	40,4	18,3

NOTE
n.d.

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



Stazione A6 (60 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	28,3
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	5,39
Mediana	M _d	4,91
Classazione	σ	2,49
Asimmetria	S _{ki}	0,30
Appuntimento	K _c	1,01

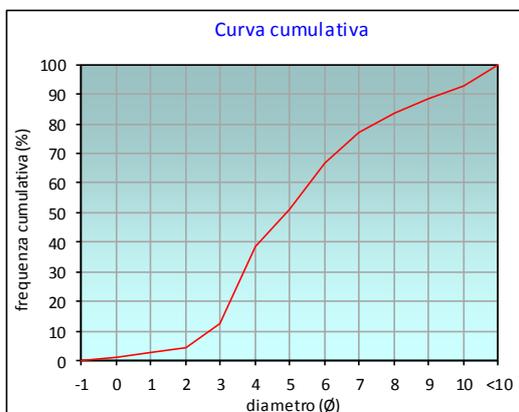
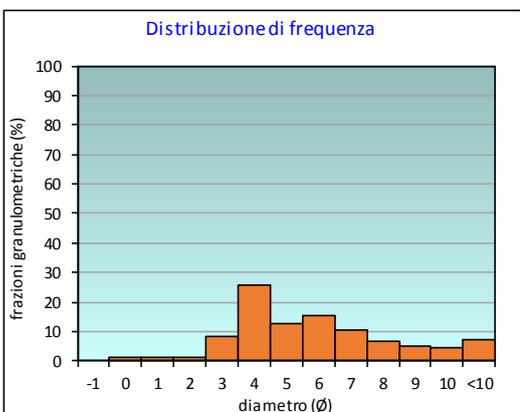
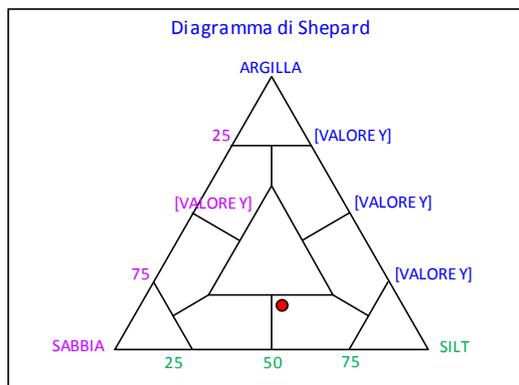
PERCENTILE	φ
5	2,11
16	3,14
25	3,48
50	4,91
75	6,81
84	8,12
95	10,30

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,3	1,3
SABBIA	1	500	1,3	2,7
	2	250	1,5	4,1
	3	125	8,4	12,5
	4	62,5	25,9	38,4
LIMO	5	31,2	12,7	51,1
	6	15,6	15,6	66,7
	7	7,8	10,2	77,0
	8	3,9	6,4	83,4
ARGILLA	9	2	4,9	88,3
	10	0,98	4,5	92,9
	<10	<0,98	7,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	38,4	45,0	16,6

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt sabbioso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione A7 (120 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	51,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	7,59
Mediana	M _d	7,64
Classazione	σ	2,32
Asimmetria	S _{ki}	-0,11
Appuntimento	K _c	0,95

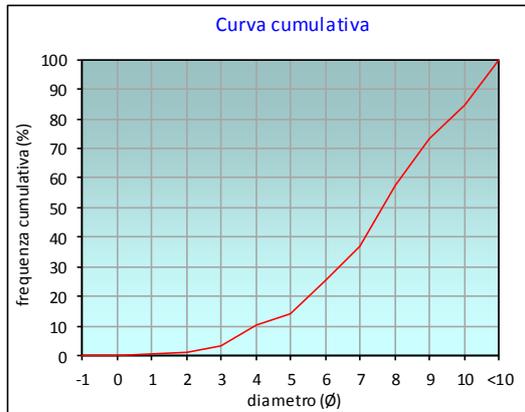
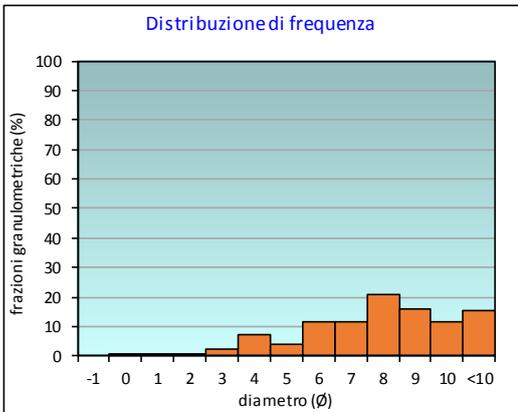
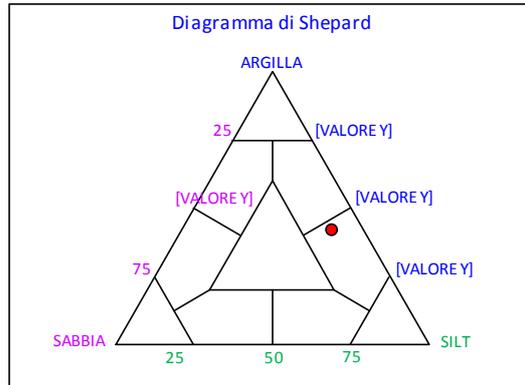
PERCENTILE	φ
5	3,25
16	5,18
25	5,97
50	7,64
75	9,15
84	9,95
95	10,68

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,2	0,4
	2	250	0,7	1,1
	3	125	2,2	3,2
	4	62,5	7,0	10,2
LIMO	5	31,2	3,7	14,0
	6	15,6	11,4	25,4
	7	7,8	11,4	36,8
	8	3,9	20,7	57,6
ARGILLA	9	2	15,7	73,3
	10	0,98	11,3	84,6
	<10	<0,98	15,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	10,2	47,3	42,4

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione A8 (250 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	53,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	7,53
Mediana	M _d	7,55
Classazione	σ	2,23
Asimmetria	S _{ki}	-0,08
Appuntimento	K _c	1,02

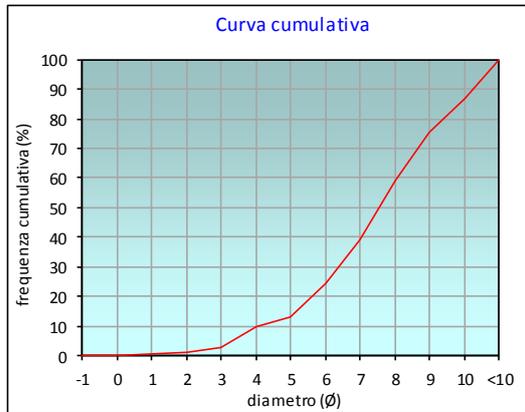
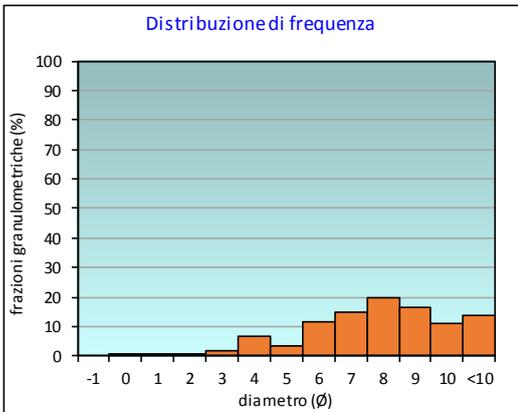
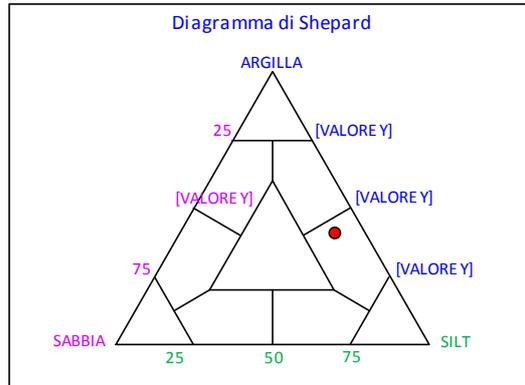
PERCENTILE	φ
5	3,33
16	5,27
25	6,04
50	7,55
75	8,98
84	9,78
95	10,63

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,3	0,3
	2	250	0,7	1,0
	3	125	1,9	2,8
	4	62,5	6,7	9,5
LIMO	5	31,2	3,3	12,8
	6	15,6	11,5	24,3
	7	7,8	14,8	39,1
	8	3,9	19,8	59,0
ARGILLA	9	2	16,3	75,3
	10	0,98	11,2	86,5
	<10	<0,98	13,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	9,5	49,4	41,0

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione B1 (250 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	51,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	7,69
Mediana	M _d	7,73
Classazione	σ	2,27
Asimmetria	S _{ki}	-0,11
Appuntimento	K _c	0,97

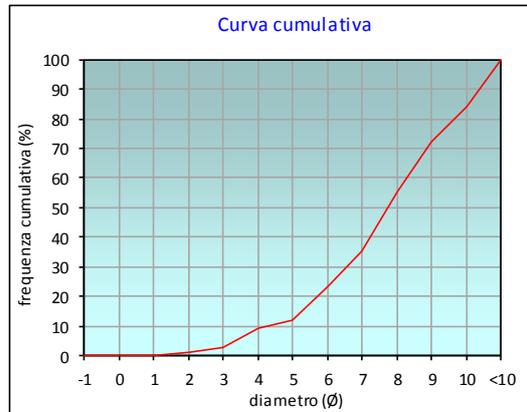
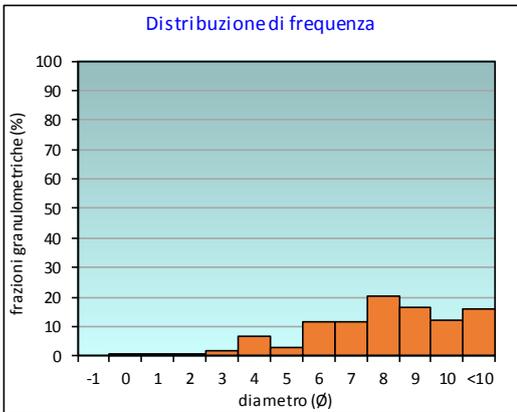
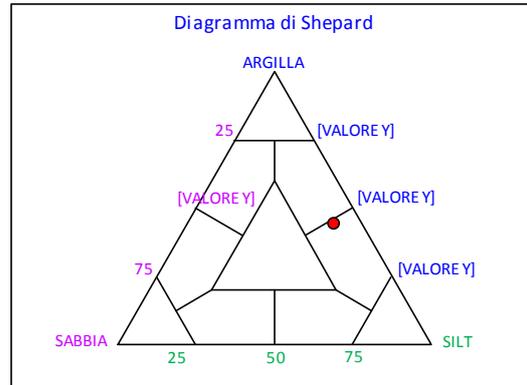
PERCENTILE	φ
5	3,35
16	5,36
25	6,13
50	7,73
75	9,25
84	9,99
95	10,68

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,2	0,2
	2	250	0,6	0,9
	3	125	1,9	2,7
	4	62,5	6,5	9,2
LIMO	5	31,2	2,7	11,9
	6	15,6	11,5	23,4
	7	7,8	11,7	35,2
	8	3,9	20,3	55,4
ARGILLA	9	2	16,5	72,0
	10	0,98	12,2	84,1
	<10	<0,98	15,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	9,2	46,2	44,6

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione B2 (120 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	50,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

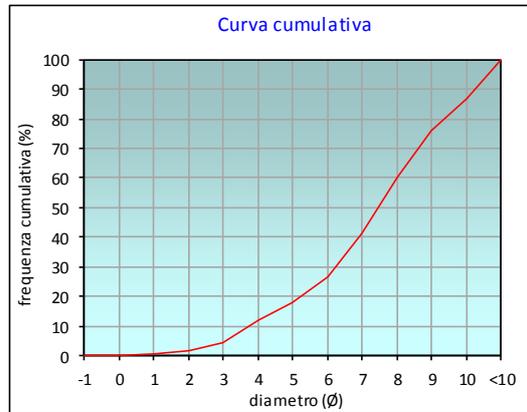
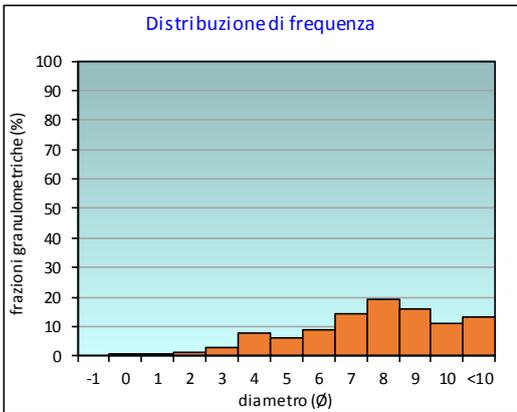
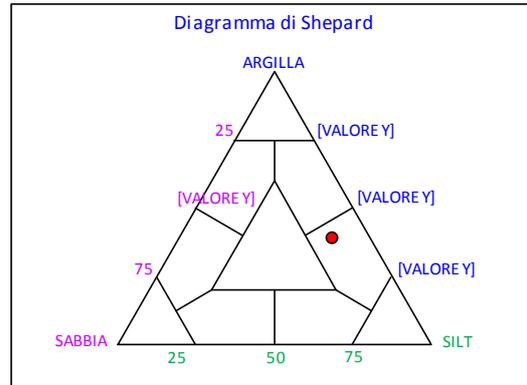
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	7,28	5	3,11
Mediana	M _d	7,47	16	4,66
Classazione	σ	2,41	25	5,80
Asimmetria	S _{ki}	-0,13	50	7,47
Appuntimento	K _c	0,98	75	8,93
			84	9,73
			95	10,62

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,4	0,5
	2	250	1,0	1,5
	3	125	2,6	4,1
	4	62,5	8,0	12,1
LIMO	5	31,2	5,9	18,0
	6	15,6	8,7	26,8
	7	7,8	14,3	41,1
	8	3,9	19,2	60,3
ARGILLA	9	2	15,8	76,1
	10	0,98	10,9	87,0
	<10	<0,98	13,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	12,1	48,2	39,7

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione B3 (60 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	50,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	7,57
Mediana	M _d	7,70
Classazione	σ	2,42
Asimmetria	S _{ki}	-0,14
Appuntimento	K _c	0,92

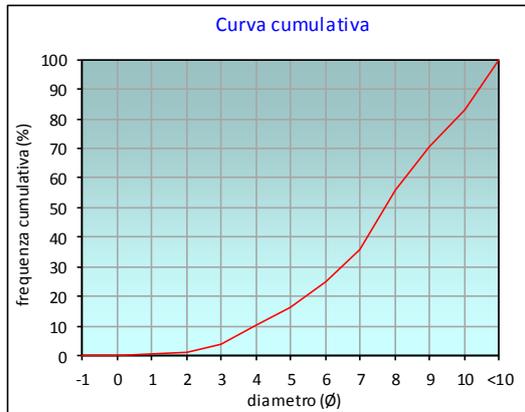
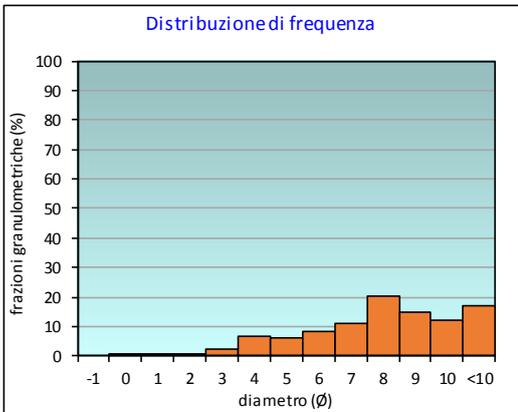
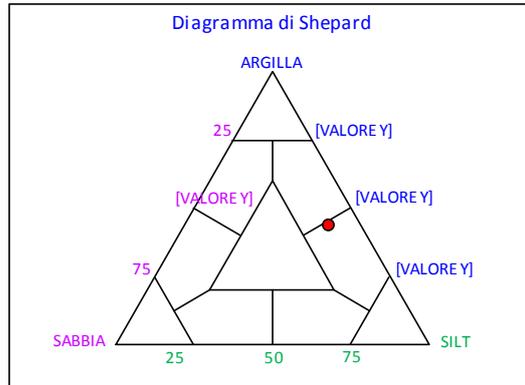
PERCENTILE	∅
5	3,21
16	4,95
25	6,03
50	7,70
75	9,36
84	10,07
95	10,71

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,4	0,4
	2	250	0,9	1,3
	3	125	2,3	3,6
	4	62,5	6,7	10,3
LIMO	5	31,2	6,0	16,3
	6	15,6	8,4	24,7
	7	7,8	11,2	35,9
	8	3,9	20,1	56,0
ARGILLA	9	2	14,6	70,6
	10	0,98	12,2	82,9
	<10	<0,98	17,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	10,3	45,7	44,0

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione B4 (30 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	47,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	7,54
Mediana	M _d	7,76
Classazione	σ	2,51
Asimmetria	S _{ki}	-0,17
Appuntimento	K _c	0,88

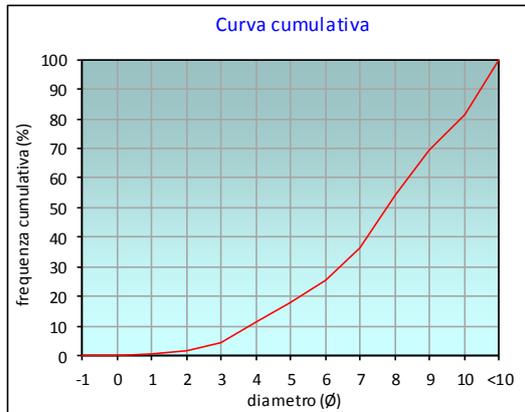
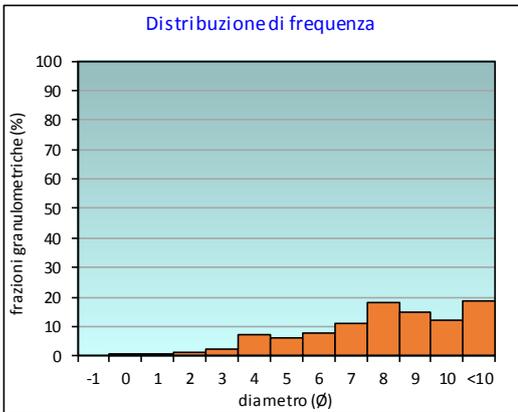
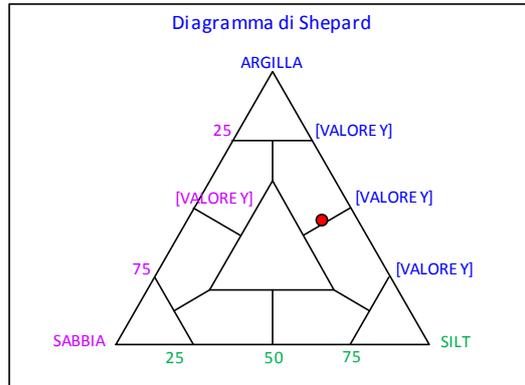
PERCENTILE	φ
5	3,11
16	4,72
25	5,93
50	7,76
75	9,47
84	10,13
95	10,73

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,2	0,2
SABBIA	1	500	0,4	0,7
	2	250	0,9	1,6
	3	125	2,6	4,2
	4	62,5	7,3	11,5
LIMO	5	31,2	6,3	17,7
	6	15,6	7,8	25,5
	7	7,8	10,8	36,3
	8	3,9	17,9	54,3
ARGILLA	9	2	15,0	69,3
	10	0,98	12,3	81,6
	<10	<0,98	18,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	11,5	42,8	45,7

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Argilla siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Platicurtica



Stazione CL NE

PARAMETRI FISICI		
Peso specifico (g/cm ³)		n.d.
Umidità (%)		47,8
Colore MUNSEL (codice)		n.d.
Colore MUNSEL (nome)		n.d.

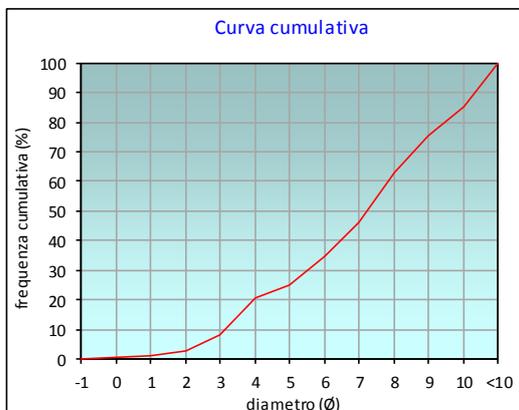
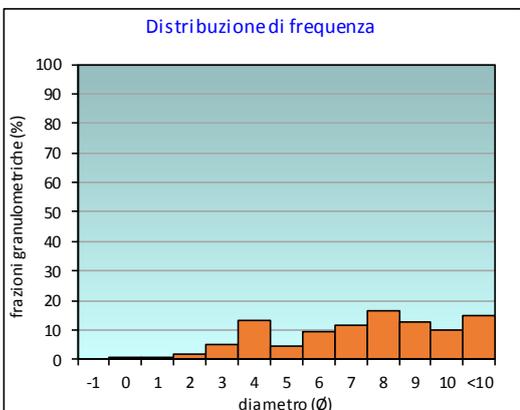
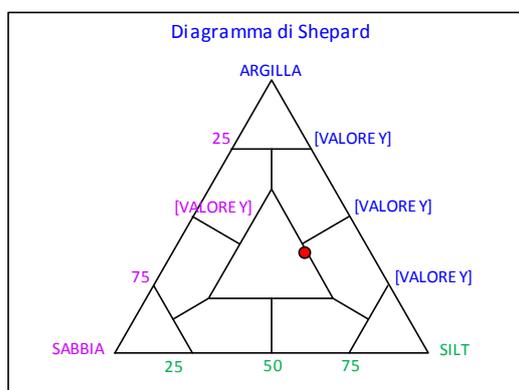
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,91	5	2,44
Mediana	M _d	7,24	16	3,62
Classazione	σ	2,81	25	4,95
Asimmetria	S _{ki}	-0,16	50	7,24
Appuntimento	K _G	0,84	75	8,98
			84	9,86
			95	10,66

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,5	0,5
SABBIA	1	500	0,6	1,2
	2	250	1,5	2,7
	3	125	5,2	7,9
	4	62,5	12,9	20,9
LIMO	5	31,2	4,4	25,2
	6	15,6	9,4	34,7
	7	7,8	11,4	46,1
	8	3,9	16,6	62,7
ARGILLA	9	2	12,5	75,2
	10	0,98	10,2	85,4
	<10	<0,98	14,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	20,9	41,8	37,3

NOTE
n.d.

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



Stazione CL SW

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	48,4
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

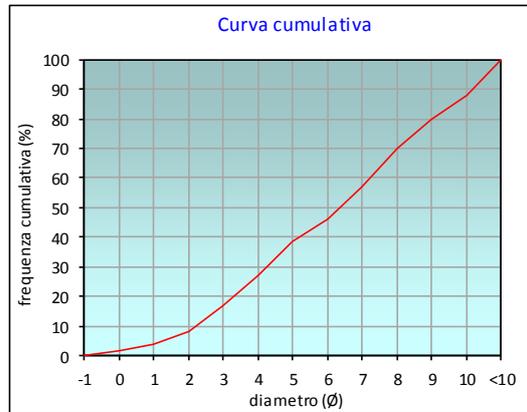
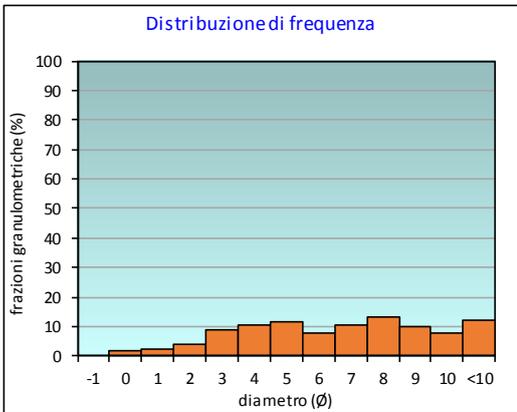
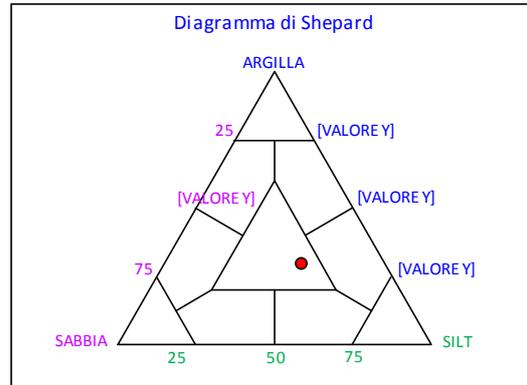
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,26	5	1,29
Mediana	M _d	6,34	16	2,93
Classazione	σ	3,05	25	3,82
Asimmetria	S _{ki}	-0,06	50	6,34
Appuntimento	K _c	0,82	75	8,49
			84	9,50
			95	10,58

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	1,6	1,6
	1	500	2,2	3,8
	2	250	4,1	7,9
	3	125	8,7	16,6
LIMO	4	62,5	10,3	26,9
	5	31,2	11,6	38,5
	6	15,6	7,9	46,4
	7	7,8	10,5	56,9
ARGILLA	8	3,9	13,3	70,2
	9	2	9,8	80,0
	10	0,98	8,0	88,0
	<10	<0,98	12,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	26,9	43,3	29,8

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Loam
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione B5 (30 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	46,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,92
Mediana	M _d	7,24
Classazione	σ	2,71
Asimmetria	S _{ki}	-0,16
Appuntimento	K _c	0,82

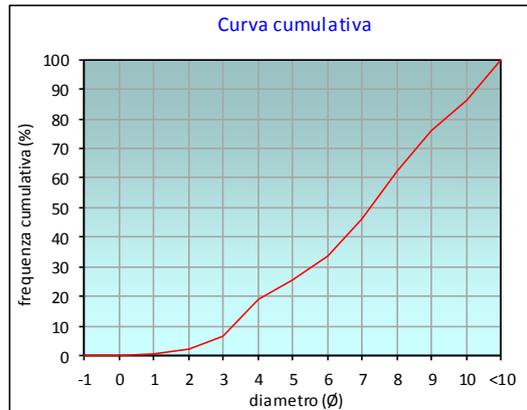
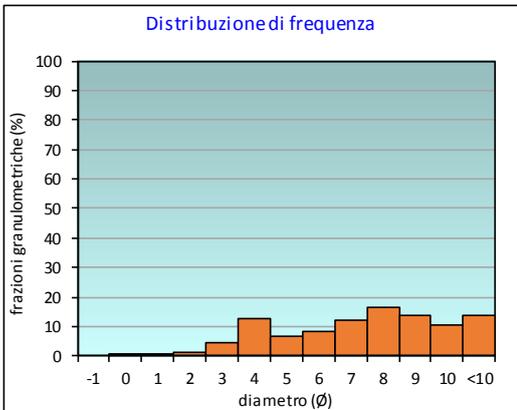
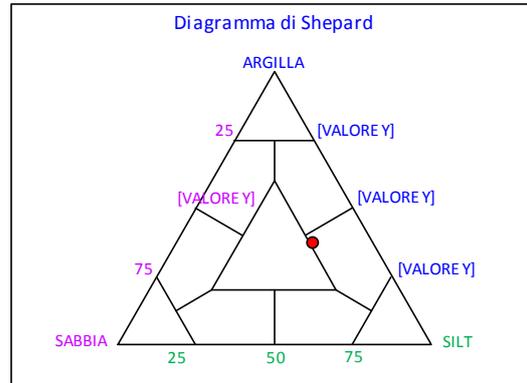
PERCENTILE	φ
5	2,65
16	3,76
25	4,92
50	7,24
75	8,92
84	9,76
95	10,63

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,2	0,2
SABBIA	1	500	0,5	0,7
	2	250	1,4	2,0
	3	125	4,6	6,6
	4	62,5	12,4	19,0
LIMO	5	31,2	6,5	25,5
	6	15,6	8,2	33,7
	7	7,8	12,3	46,1
	8	3,9	16,4	62,4
ARGILLA	9	2	13,7	76,1
	10	0,98	10,4	86,5
	<10	<0,98	13,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	19,0	43,4	37,6

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Platicurtica



Stazione B6 (60 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	52,5
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	7,28
Mediana	M _d	7,46
Classazione	σ	2,54
Asimmetria	S _{ki}	-0,14
Appuntimento	K _c	0,94

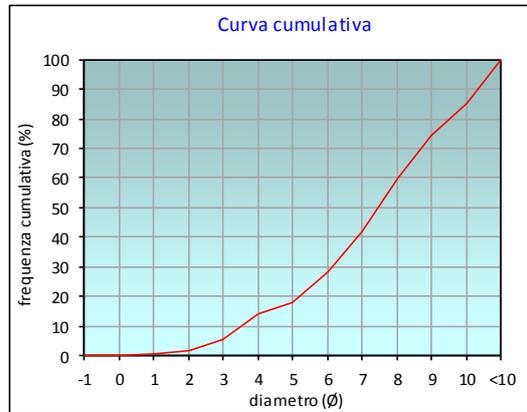
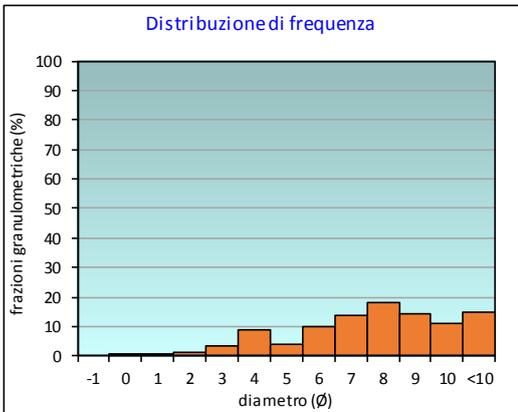
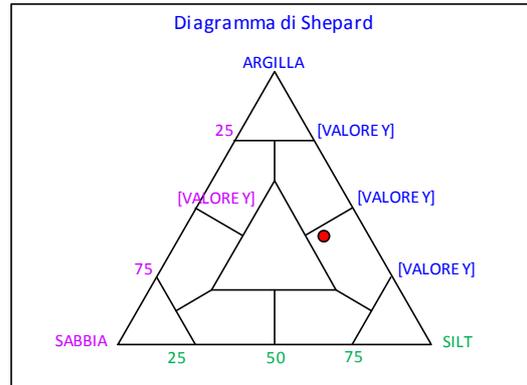
PERCENTILE	φ
5	2,89
16	4,47
25	5,69
50	7,46
75	9,08
84	9,91
95	10,67

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,2	0,2
SABBIA	1	500	0,5	0,7
	2	250	1,2	1,9
	3	125	3,5	5,4
	4	62,5	8,9	14,3
LIMO	5	31,2	3,7	18,0
	6	15,6	10,1	28,1
	7	7,8	13,7	41,8
	8	3,9	18,0	59,8
ARGILLA	9	2	14,3	74,1
	10	0,98	11,0	85,0
	<10	<0,98	15,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	14,3	45,5	40,2

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione B7 (120 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	50,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	7,46
Mediana	M _d	7,58
Classazione	σ	2,49
Asimmetria	S _{ki}	-0,13
Appuntimento	K _α	0,94

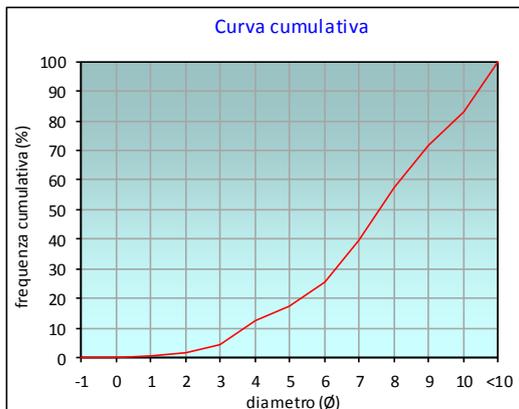
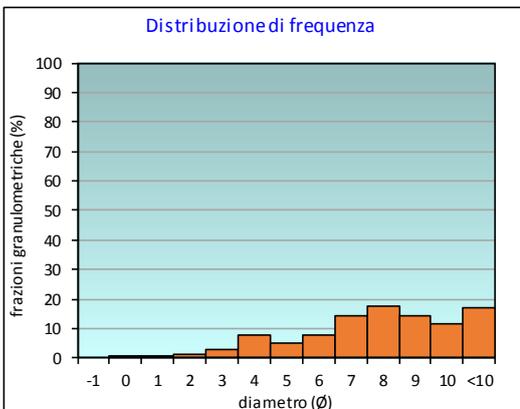
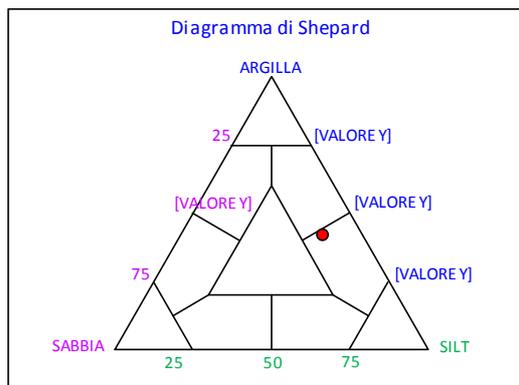
PERCENTILE	φ
5	3,06
16	4,73
25	5,96
50	7,58
75	9,30
84	10,06
95	10,71

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,2	0,2
SABBIA	1	500	0,5	0,6
	2	250	1,1	1,7
	3	125	2,8	4,5
	4	62,5	7,9	12,4
LIMO	5	31,2	5,0	17,3
	6	15,6	8,0	25,3
	7	7,8	14,5	39,8
	8	3,9	17,5	57,4
ARGILLA	9	2	14,2	71,6
	10	0,98	11,4	83,0
	<10	<0,98	17,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	12,4	45,0	42,6

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione B8 (250 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	51,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	7,58
Mediana	M _d	7,63
Classazione	σ	2,37
Asimmetria	S _{ki}	-0,11
Appuntimento	K _c	0,97

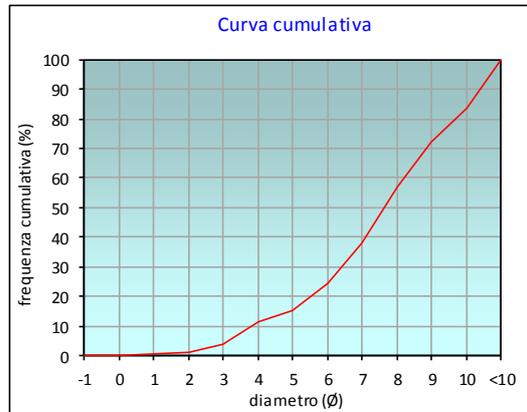
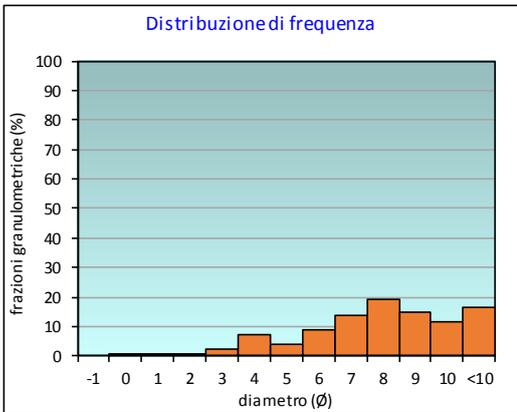
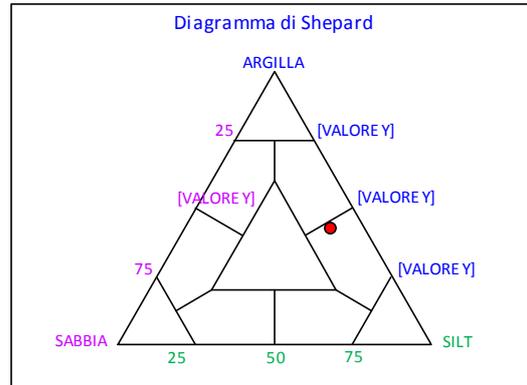
PERCENTILE	φ
5	3,18
16	5,09
25	6,06
50	7,63
75	9,24
84	10,02
95	10,69

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,2	0,2
SABBIA	1	500	0,3	0,4
	2	250	0,8	1,3
	3	125	2,4	3,7
	4	62,5	7,5	11,1
LIMO	5	31,2	4,1	15,2
	6	15,6	9,0	24,2
	7	7,8	13,6	37,8
	8	3,9	19,4	57,2
ARGILLA	9	2	15,0	72,2
	10	0,98	11,5	83,7
	<10	<0,98	16,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	11,1	46,1	42,8

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione K1

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	52,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	7,70
Mediana	M _d	7,66
Classazione	σ	2,26
Asimmetria	S _{ki}	-0,06
Appuntimento	K _c	0,93

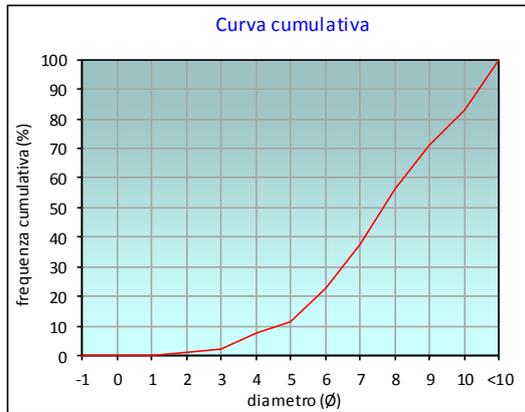
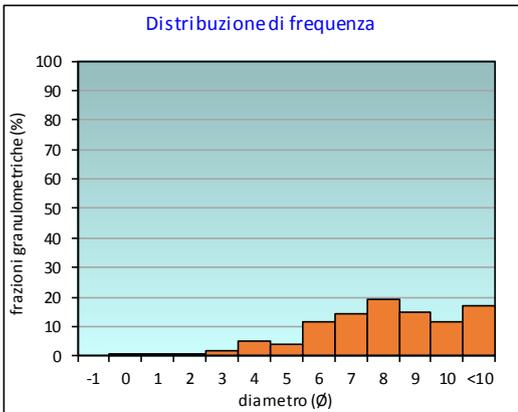
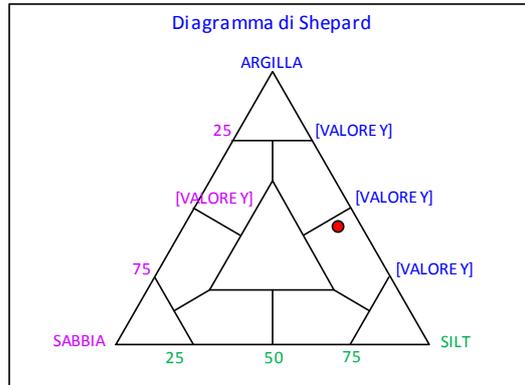
PERCENTILE	φ
5	3,50
16	5,39
25	6,15
50	7,66
75	9,32
84	10,06
95	10,71

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,2	0,2
	2	250	0,7	0,9
	3	125	1,5	2,4
	4	62,5	5,2	7,6
LIMO	5	31,2	4,0	11,6
	6	15,6	11,3	22,9
	7	7,8	14,4	37,3
	8	3,9	19,3	56,6
ARGILLA	9	2	14,6	71,2
	10	0,98	11,8	83,0
	<10	<0,98	17,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	7,6	49,0	43,4

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione K2

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	52,4
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	7,45
Mediana	M _d	7,54
Classazione	σ	2,42
Asimmetria	S _{ki}	-0,11
Appuntimento	K _c	0,95

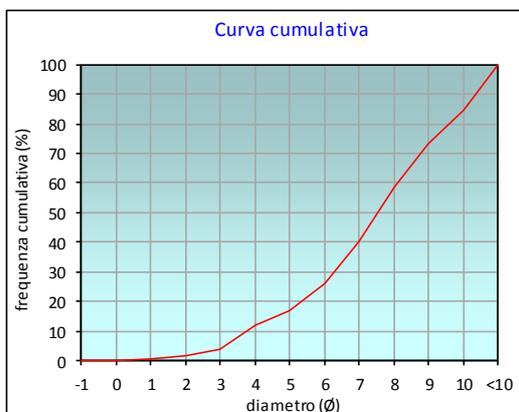
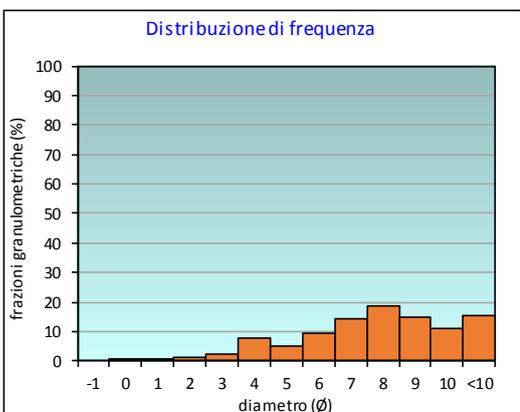
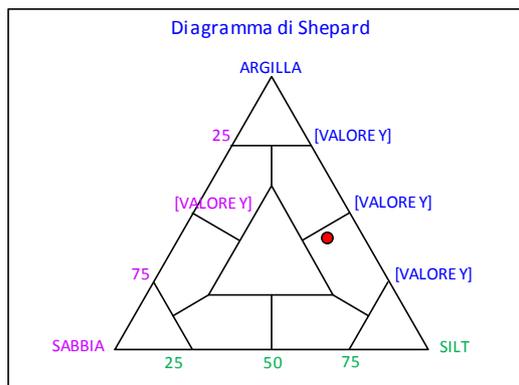
PERCENTILE	φ
5	3,14
16	4,85
25	5,90
50	7,54
75	9,15
84	9,95
95	10,68

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,4	0,5
	2	250	1,0	1,4
	3	125	2,5	3,9
	4	62,5	7,9	11,8
LIMO	5	31,2	4,9	16,7
	6	15,6	9,2	25,9
	7	7,8	14,1	40,0
	8	3,9	18,6	58,6
ARGILLA	9	2	14,7	73,3
	10	0,98	11,3	84,6
	<10	<0,98	15,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	11,8	46,8	41,4

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione K3

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	51,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	7,90
Mediana	M _d	7,93
Classazione	σ	2,24
Asimmetria	S _{ki}	-0,13
Appuntimento	K _c	0,99

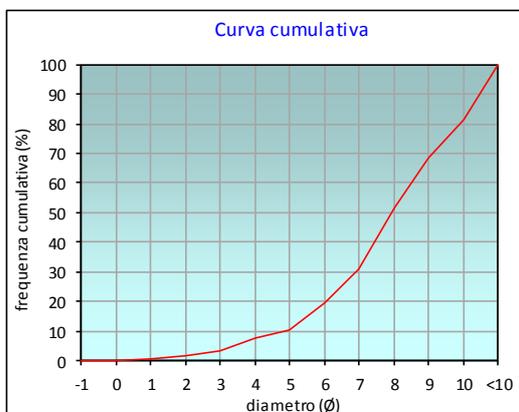
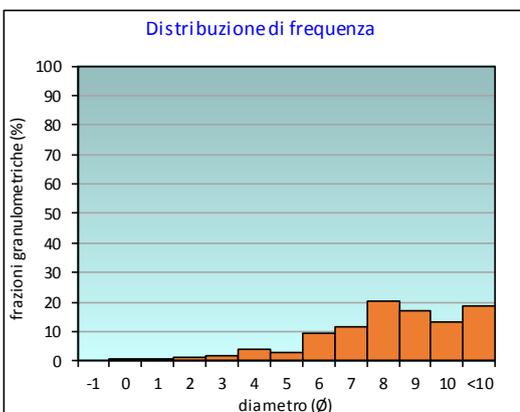
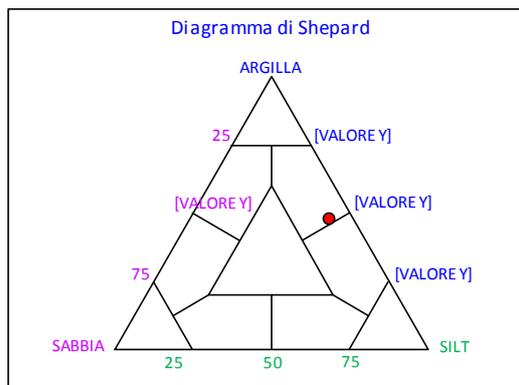
PERCENTILE	∅
5	3,40
16	5,63
25	6,48
50	7,93
75	9,52
84	10,15
95	10,73

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,6	0,7
	2	250	1,0	1,7
	3	125	1,7	3,3
	4	62,5	4,1	7,5
LIMO	5	31,2	2,7	10,2
	6	15,6	9,2	19,4
	7	7,8	11,7	31,1
	8	3,9	20,4	51,4
ARGILLA	9	2	16,8	68,2
	10	0,98	13,0	81,2
	<10	<0,98	18,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	7,5	44,0	48,6

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Argilla siltosa
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione K4

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	54,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	7,85
Mediana	M _d	7,81
Classazione	σ	2,19
Asimmetria	S _{ki}	-0,09
Appuntimento	K _c	1,03

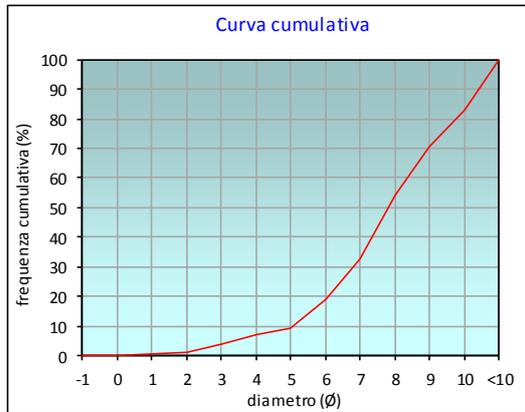
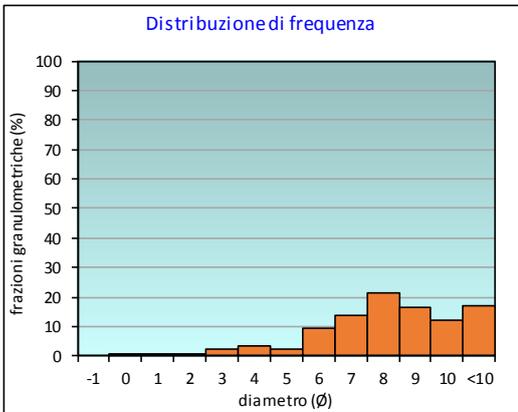
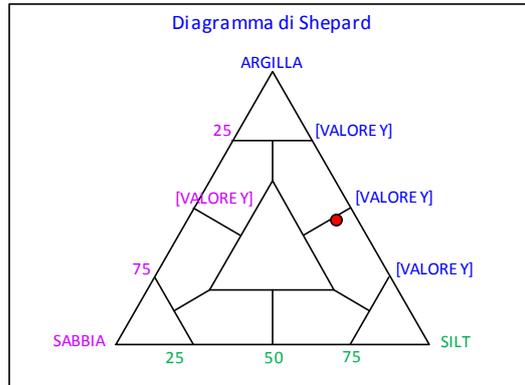
PERCENTILE	φ
5	3,41
16	5,69
25	6,44
50	7,81
75	9,34
84	10,05
95	10,70

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,2	0,2
	1	500	0,4	0,5
	2	250	0,8	1,3
	3	125	2,3	3,6
LIMO	4	62,5	3,5	7,0
	5	31,2	2,3	9,3
	6	15,6	9,6	18,9
	7	7,8	13,7	32,6
ARGILLA	8	3,9	21,5	54,1
	9	2	16,7	70,8
	10	0,98	12,3	83,1
	<10	<0,98	16,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	7,0	47,1	45,9

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Mesocurtica



ALLEGATO C

SEA-LINE ELETTRA - BONACCIA-BARBARA C

**SCHEDE GRANULOMETRICHE
DEI SITI POSTI LUNGO I TRANSETTI C E D E DEI
CONTROLLI K5-K10**

1° SURVEY POST LAVORI (1° SEMESTRE 2016)



Stazione C1 (100 m NNW)

PARAMETRI FISICI		
Peso specifico (g/cm ³)		n.d.
Umidità (%)		54,7
Colore MUNSEL (codice)		n.d.
Colore MUNSEL (nome)		n.d.

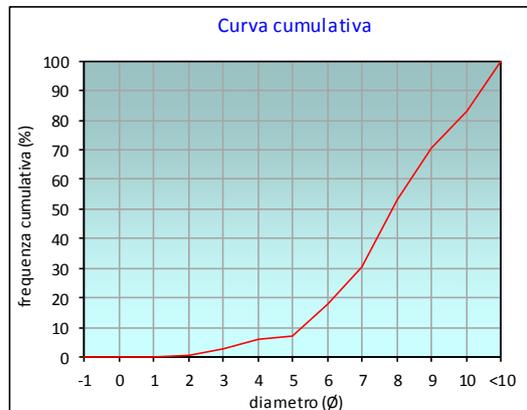
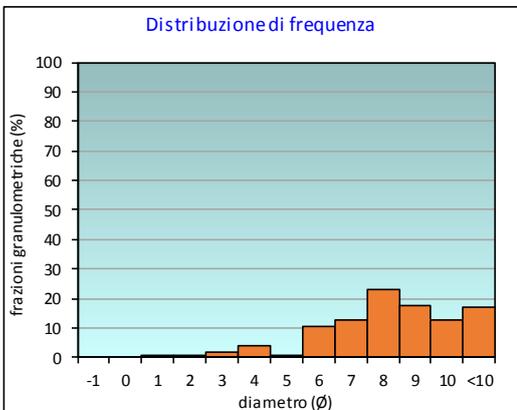
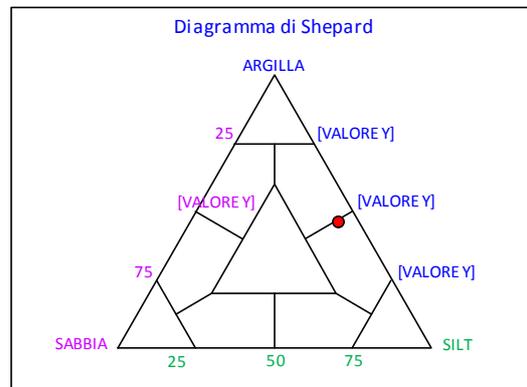
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	7,92	5	3,67
Mediana	M _d	7,86	16	5,84
Classazione	σ	2,12	25	6,58
Asimmetria	S _{ki}	-0,07	50	7,86
Appuntimento	K _G	1,04	75	9,36
			84	10,06
			95	10,71

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,1	0,1
	2	250	0,5	0,7
	3	125	1,9	2,5
	4	62,5	3,7	6,2
LIMO	5	31,2	0,9	7,1
	6	15,6	10,6	17,7
	7	7,8	12,6	30,3
	8	3,9	22,9	53,2
ARGILLA	9	2	17,3	70,5
	10	0,98	12,5	83,0
	<10	<0,98	17,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	6,2	47,0	46,8

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione C2 (60 m NNW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	54,0
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

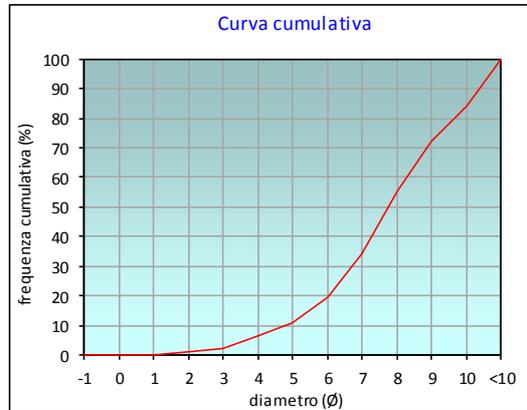
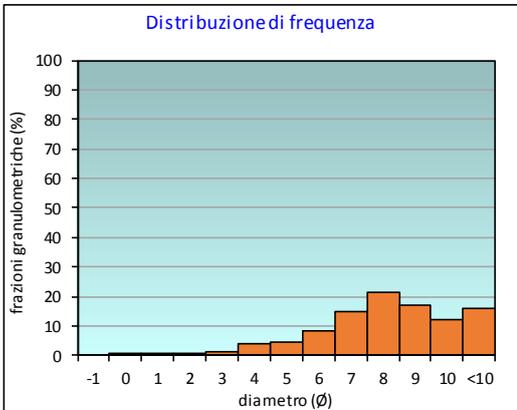
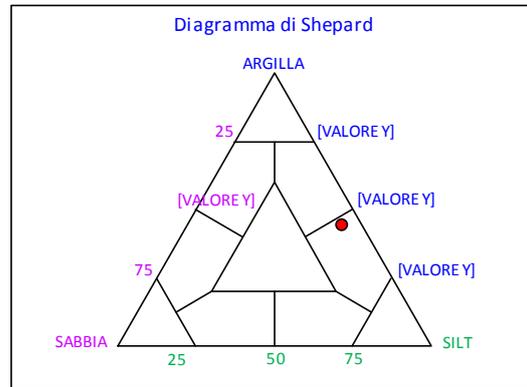
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	7,77	5	3,67
Mediana	M _d	7,75	16	5,59
Classazione	σ	2,16	25	6,38
Asimmetria	S _{ki}	-0,07	50	7,75
Appuntimento	K _G	1,01	75	9,23
			84	9,97
			95	10,68

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,1	0,1
	1	500	0,2	0,2
	2	250	0,6	0,8
	3	125	1,4	2,2
LIMO	4	62,5	4,2	6,4
	5	31,2	4,7	11,0
	6	15,6	8,4	19,4
	7	7,8	14,7	34,2
ARGILLA	8	3,9	21,1	55,3
	9	2	17,0	72,3
	10	0,98	12,0	84,3
	<10	<0,98	15,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	6,4	48,9	44,7

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione C3 (30 m NNW)

PARAMETRI FISICI		
Peso specifico (g/cm ³)		n.d.
Umidità (%)		54,5
Colore MUNSEL (codice)		n.d.
Colore MUNSEL (nome)		n.d.

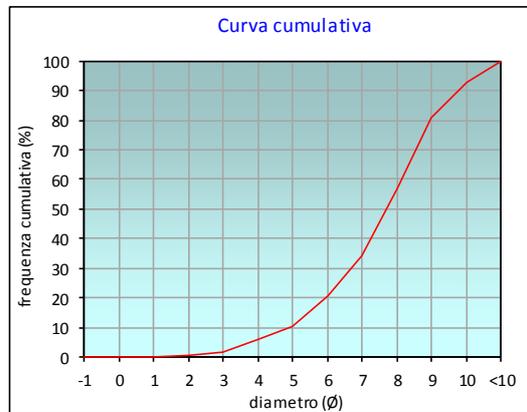
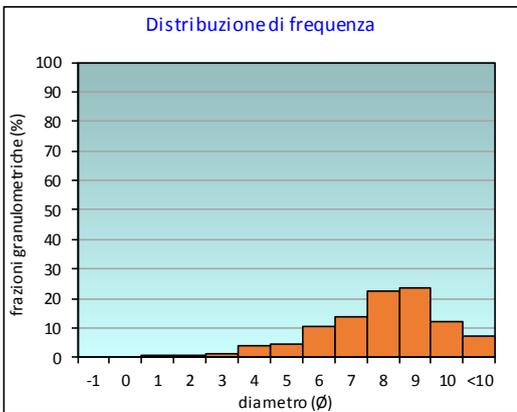
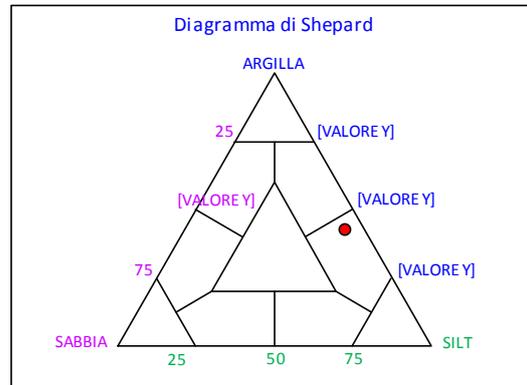
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	7,50	5	3,78
Mediana	M _d	7,69	16	5,54
Classazione	σ	1,93	25	6,31
Asimmetria	S _{ki}	-0,18	50	7,69
Appuntimento	K _G	1,09	75	8,76
			84	9,28
			95	10,31

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,2	0,2
	2	250	0,5	0,7
	3	125	1,1	1,8
	4	62,5	4,1	5,9
LIMO	5	31,2	4,5	10,5
	6	15,6	10,3	20,8
	7	7,8	13,5	34,3
	8	3,9	22,6	56,9
ARGILLA	9	2	23,7	80,6
	10	0,98	12,2	92,8
	<10	<0,98	7,2	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	5,9	51,0	43,1

NOTE	
n.d.	

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione C4 (SEA-LINE)

PARAMETRI FISICI		
Peso specifico (g/cm ³)		n.d.
Umidità (%)		54,9
Colore MUNSEL (codice)		n.d.
Colore MUNSEL (nome)		n.d.

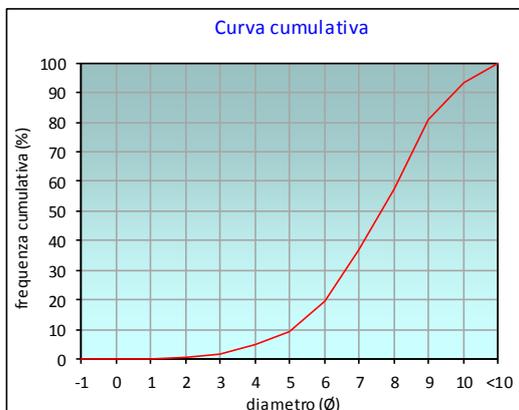
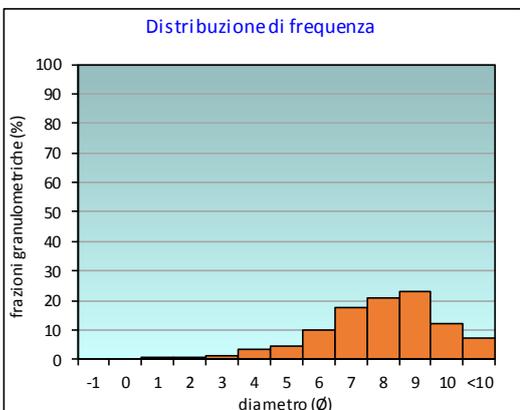
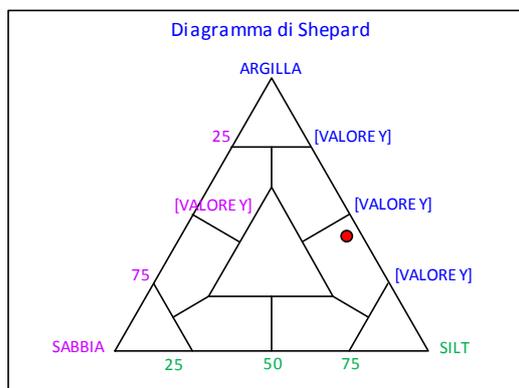
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	Ø
Media	M _i	7,52	5	4,04
Mediana	M _d	7,64	16	5,66
Classazione	σ	1,85	25	6,33
Asimmetria	S _{ki}	-0,13	50	7,64
Appuntimento	K _G	1,05	75	8,75
			84	9,26
			95	10,28

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,1	0,1
	2	250	0,4	0,5
	3	125	1,0	1,5
	4	62,5	3,3	4,8
LIMO	5	31,2	4,6	9,4
	6	15,6	9,9	19,3
	7	7,8	17,3	36,7
	8	3,9	20,9	57,5
ARGILLA	9	2	23,3	80,8
	10	0,98	12,3	93,0
	<10	<0,98	7,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	4,8	52,7	42,5

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione C5 (30 m SSE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	56,0
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

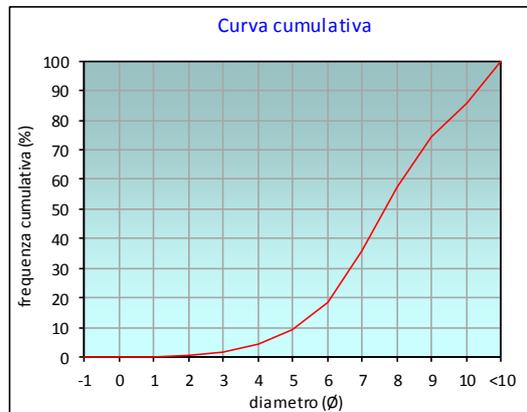
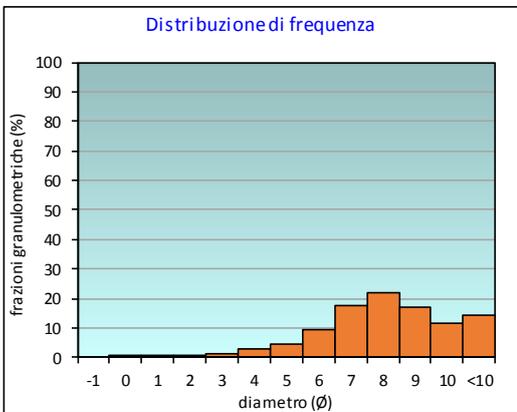
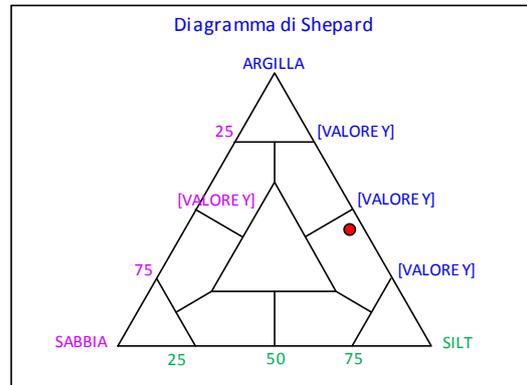
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	Ø
Media	M _i	7,75	5	4,09
Mediana	M _d	7,66	16	5,76
Classazione	σ	2,01	25	6,39
Asimmetria	S _{ki}	-0,01	50	7,66
Appuntimento	K _G	1,00	75	9,07
			84	9,84
			95	10,65

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,2	0,2
	2	250	0,3	0,6
	3	125	1,1	1,7
	4	62,5	2,9	4,6
LIMO	5	31,2	4,5	9,1
	6	15,6	9,1	18,2
	7	7,8	17,4	35,6
	8	3,9	21,7	57,3
ARGILLA	9	2	16,9	74,2
	10	0,98	11,7	85,9
	<10	<0,98	14,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	4,6	52,7	42,7

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione C6 (60 m SSE)

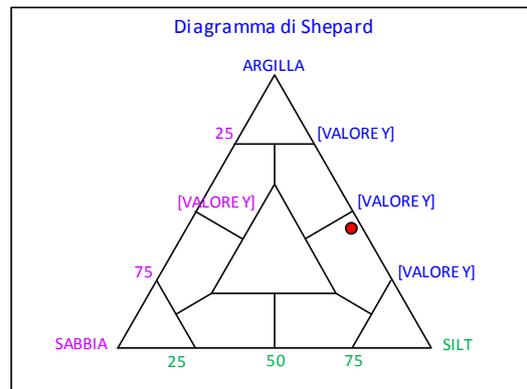
PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	55,4
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	Ø
Media	M _i	7,85	5	4,31
Mediana	M _d	7,74	16	5,76
Classazione	σ	2,04	25	6,42
Asimmetria	S _{ki}	0,00	50	7,74
Appuntimento	K _G	0,91	75	9,31
			84	10,05
			95	10,70

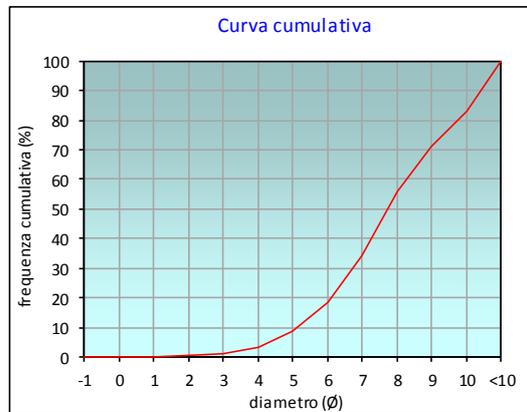
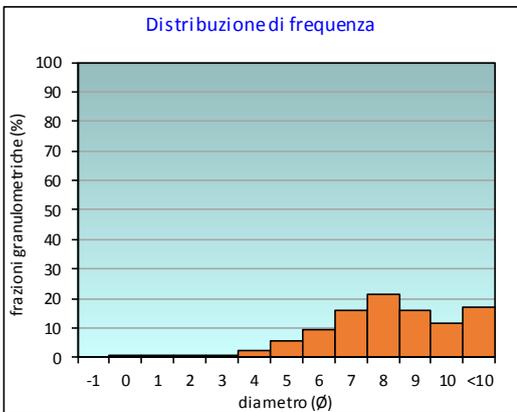
	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,1	0,1
	1	500	0,1	0,2
	2	250	0,2	0,4
	3	125	0,7	1,1
LIMO	4	62,5	2,3	3,4
	5	31,2	5,4	8,7
	6	15,6	9,6	18,3
	7	7,8	16,0	34,2
ARGILLA	8	3,9	21,4	55,7
	9	2	15,7	71,3
	10	0,98	11,8	83,1
	<10	<0,98	16,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	3,4	52,3	44,3

NOTE
n.d.



CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione C7 (100 m SSE)

PARAMETRI FISICI		
Peso specifico (g/cm ³)		n.d.
Umidità (%)		56,2
Colore MUNSEL (codice)		n.d.
Colore MUNSEL (nome)		n.d.

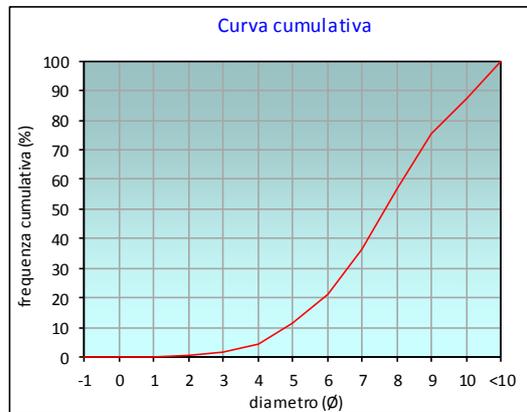
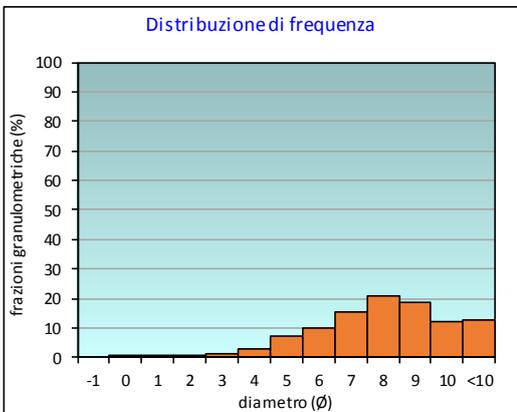
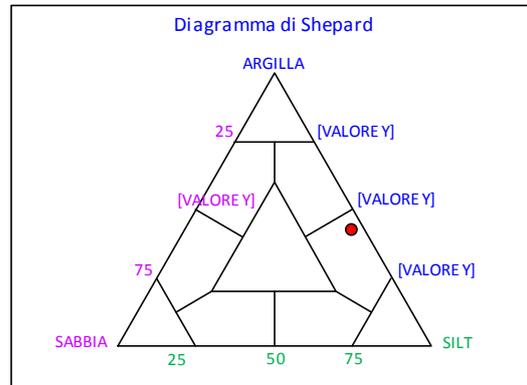
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	7,61	5	4,10
Mediana	M _d	7,66	16	5,47
Classazione	σ	2,04	25	6,26
Asimmetria	S _{ki}	-0,06	50	7,66
Appuntimento	K _G	0,98	75	8,97
			84	9,71
			95	10,60

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,1	0,1
	1	500	0,1	0,2
	2	250	0,4	0,6
	3	125	1,0	1,5
LIMO	4	62,5	2,8	4,3
	5	31,2	7,1	11,4
	6	15,6	9,7	21,1
	7	7,8	15,2	36,3
ARGILLA	8	3,9	20,7	57,0
	9	2	18,5	75,5
	10	0,98	12,0	87,6
	<10	<0,98	12,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	4,3	52,7	43,0

NOTE	
n.d.	

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione K5

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

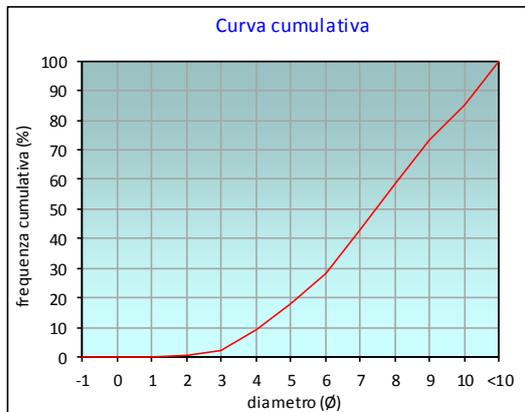
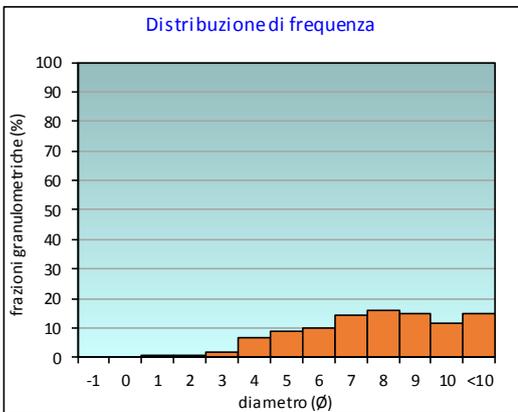
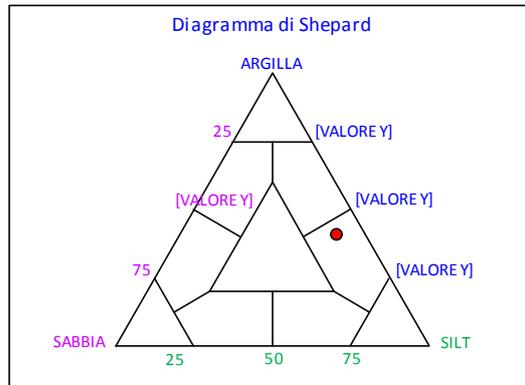
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	Ø
Media	M _i	7,38	5	3,41
Mediana	M _d	7,46	16	4,77
Classazione	σ	2,38	25	5,69
Asimmetria	S _{ki}	-0,08	50	7,46
Appuntimento	K _G	0,86	75	9,14
			84	9,91
			95	10,66

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,1	0,1
	2	250	0,5	0,6
	3	125	1,6	2,2
	4	62,5	6,9	9,1
LIMO	5	31,2	8,9	18,0
	6	15,6	10,2	28,2
	7	7,8	14,5	42,7
	8	3,9	16,0	58,7
ARGILLA	9	2	14,7	73,4
	10	0,98	11,7	85,1
	<10	<0,98	14,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	9,1	49,6	41,3

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione K6

PARAMETRI FISICI		
Peso specifico (g/cm ³)		n.d.
Umidità (%)		51,9
Colore MUNSEL (codice)		n.d.
Colore MUNSEL (nome)		n.d.

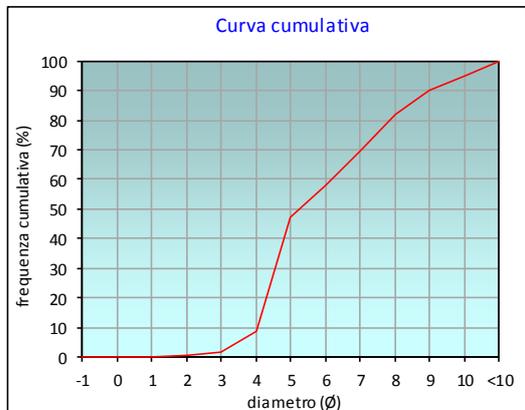
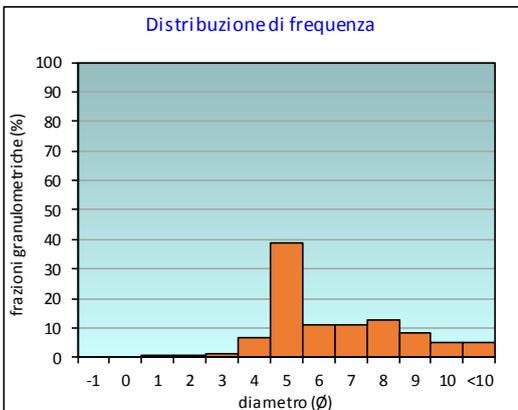
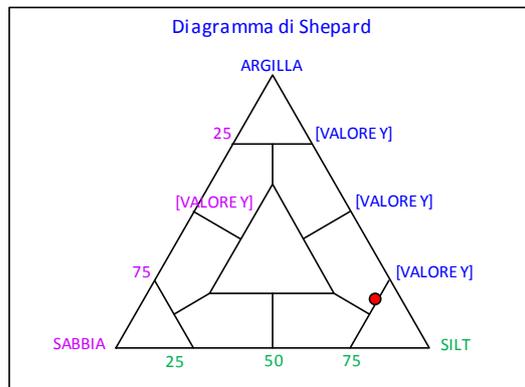
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	Ø
Media	M _i	5,91	5	3,49
Mediana	M _d	5,27	16	4,20
Classazione	σ	2,01	25	4,43
Asimmetria	S _{ki}	0,46	50	5,27
Appuntimento	K _G	0,88	75	7,46
			84	8,27
			95	10,01

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,1	0,1
	2	250	0,3	0,4
	3	125	1,3	1,7
	4	62,5	6,8	8,4
LIMO	5	31,2	38,5	47,0
	6	15,6	11,3	58,3
	7	7,8	11,0	69,3
	8	3,9	12,4	81,7
ARGILLA	9	2	8,4	90,2
	10	0,98	4,8	94,9
	<10	<0,98	5,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	8,4	73,3	18,3

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Platicurtica



Stazione K7

PARAMETRI FISICI		
Peso specifico (g/cm ³)		n.d.
Umidità (%)		50,1
Colore MUNSEL (codice)		n.d.
Colore MUNSEL (nome)		n.d.

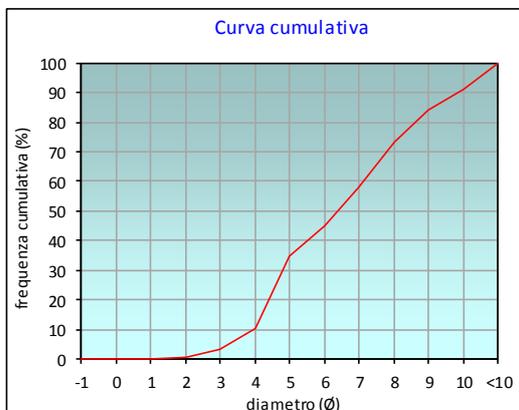
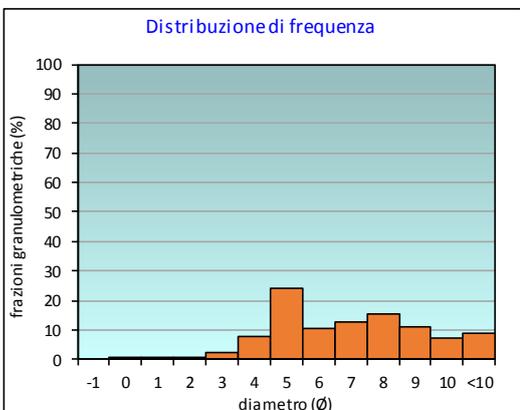
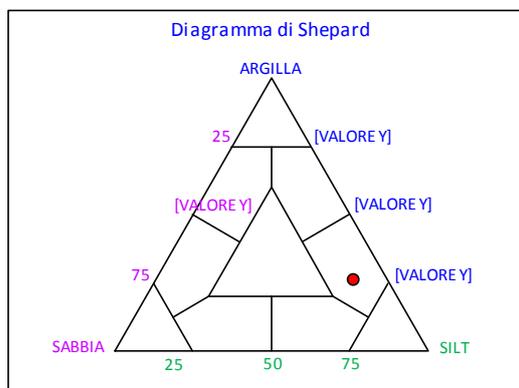
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,53	5	3,26
Mediana	M _d	6,37	16	4,23
Classazione	σ	2,28	25	4,60
Asimmetria	S _{ki}	0,11	50	6,37
Appuntimento	K _G	0,83	75	8,15
			84	8,99
			95	10,43

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,1	0,1
	1	500	0,1	0,3
	2	250	0,5	0,8
	3	125	2,3	3,0
LIMO	4	62,5	7,5	10,6
	5	31,2	24,0	34,5
	6	15,6	10,6	45,2
	7	7,8	12,9	58,1
ARGILLA	8	3,9	15,3	73,3
	9	2	10,8	84,1
	10	0,98	7,1	91,2
	<10	<0,98	8,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	10,6	62,8	26,7

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica positiva
Appuntimento	Platicurtica



Stazione D1 (100 m NNW)

PARAMETRI FISICI		
Peso specifico (g/cm ³)		n.d.
Umidità (%)		56,9
Colore MUNSEL (codice)		n.d.
Colore MUNSEL (nome)		n.d.

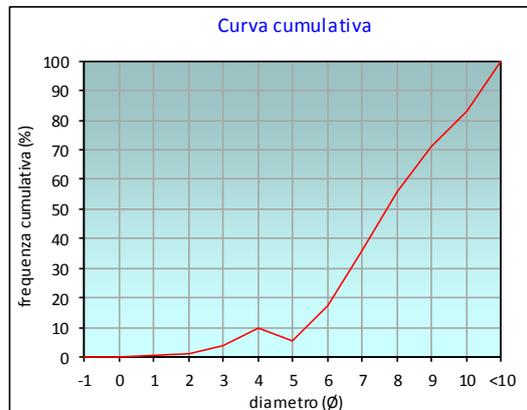
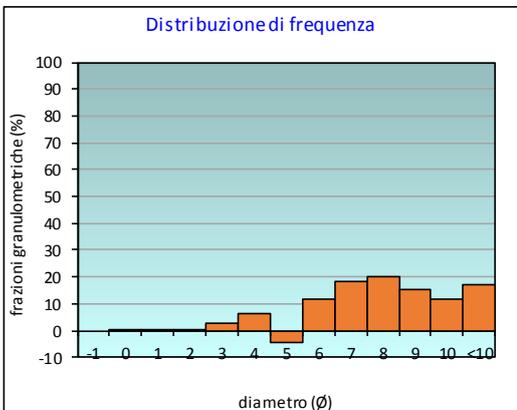
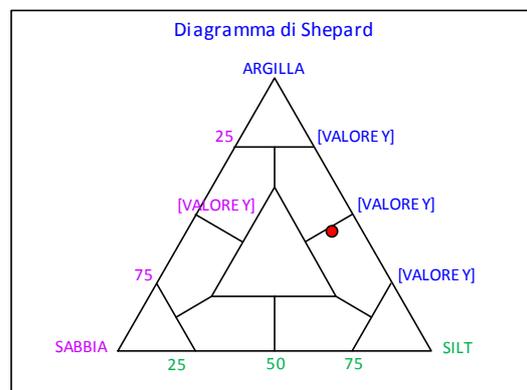
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	7,89	5	3,20
Mediana	M _d	7,70	16	5,90
Classazione	σ	2,18	25	6,42
Asimmetria	S _{ki}	-0,03	50	7,70
Appuntimento	K _G	1,06	75	9,32
			84	10,06
			95	10,71

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,1	0,1
	1	500	0,4	0,5
	2	250	0,6	1,1
	3	125	2,7	3,7
	4	62,5	6,2	9,9
LIMO	5	31,2	4,7	5,3
	6	15,6	11,9	17,2
	7	7,8	18,5	35,7
	8	3,9	20,4	56,1
ARGILLA	9	2	15,1	71,2
	10	0,98	11,8	83,0
	<10	<0,98	17,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	9,9	46,2	43,9

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Mesocurtica



Stazione D2 (60 m NNW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	50,0
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

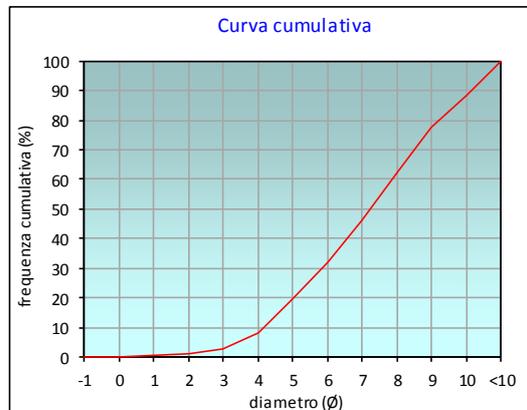
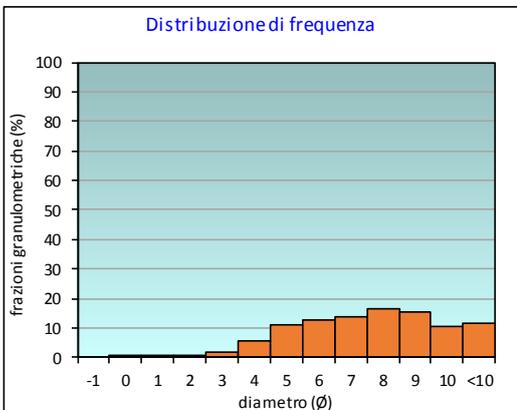
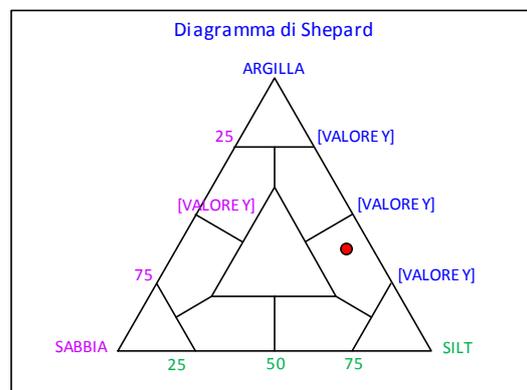
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	7,17	5	3,42
Mediana	M _d	7,24	16	4,69
Classazione	σ	2,31	25	5,43
Asimmetria	S _{ki}	-0,06	50	7,24
Appuntimento	K _G	0,86	75	8,82
			84	9,59
			95	10,57

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,1	0,1
	1	500	0,2	0,3
	2	250	0,6	0,9
	3	125	1,7	2,6
	4	62,5	5,6	8,2
LIMO	5	31,2	11,3	19,5
	6	15,6	12,7	32,3
	7	7,8	13,7	46,0
	8	3,9	16,4	62,4
ARGILLA	9	2	15,3	77,7
	10	0,98	10,7	88,4
	<10	<0,98	11,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	8,2	54,1	37,6

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione D3 (30 m NNW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	52,0
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

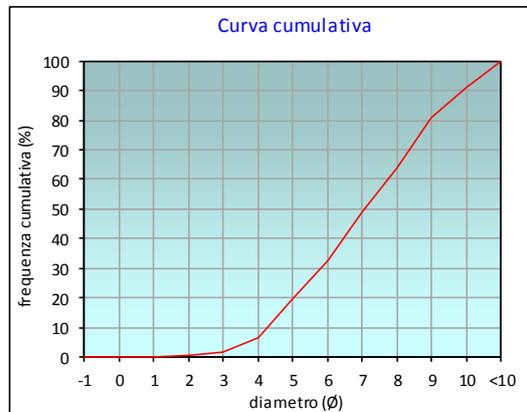
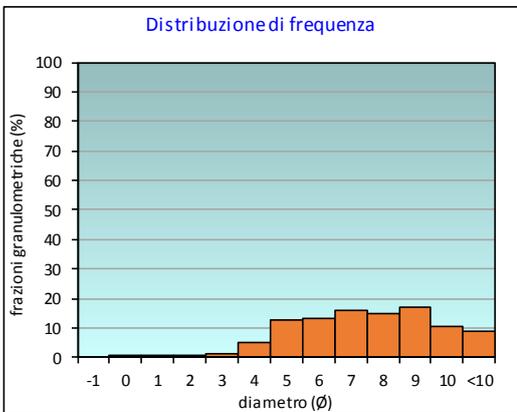
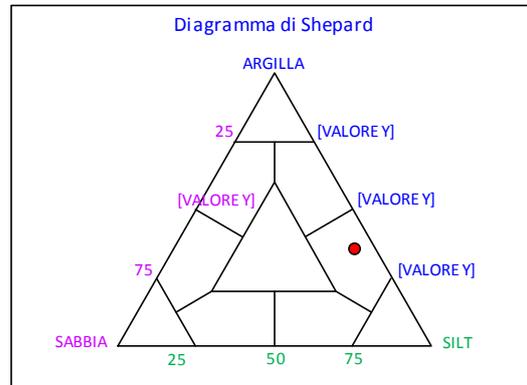
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	7,03	5	3,65
Mediana	M _d	7,08	16	4,73
Classazione	σ	2,17	25	5,42
Asimmetria	S _{ki}	-0,02	50	7,08
Appuntimento	K _G	0,86	75	8,65
			84	9,29
			95	10,42

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,1	0,1
	2	250	0,3	0,5
	3	125	1,4	1,9
	4	62,5	4,8	6,7
LIMO	5	31,2	12,8	19,5
	6	15,6	13,2	32,7
	7	7,8	16,1	48,8
	8	3,9	15,1	63,9
ARGILLA	9	2	17,0	80,9
	10	0,98	10,4	91,4
	<10	<0,98	8,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	6,7	57,2	36,1

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione D4 (SEA-LINE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	49,5
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

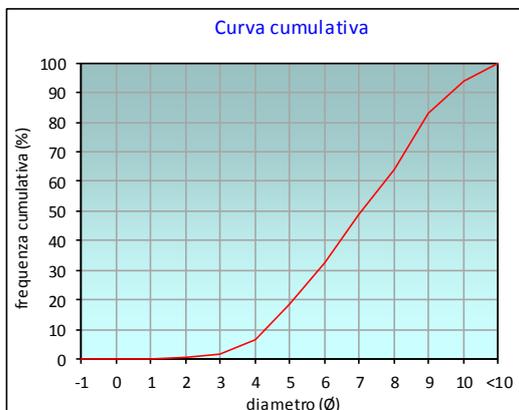
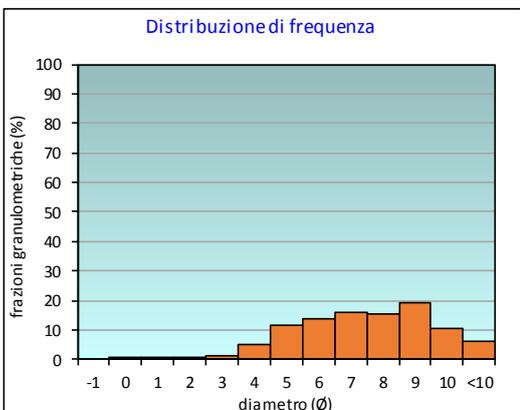
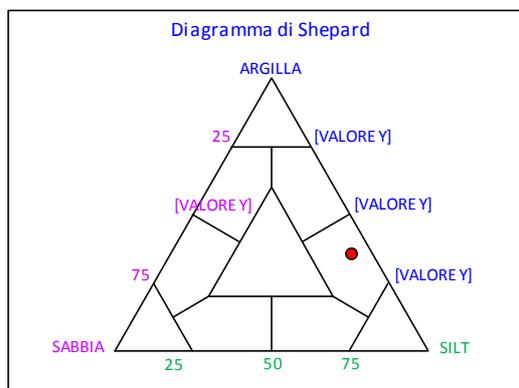
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,98	5	3,65
Mediana	M _d	7,09	16	4,79
Classazione	σ	2,07	25	5,46
Asimmetria	S _{ki}	-0,06	50	7,09
Appuntimento	K _G	0,86	75	8,57
			84	9,08
			95	10,20

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,1	0,2
	2	250	0,4	0,6
	3	125	1,3	1,9
	4	62,5	4,9	6,7
LIMO	5	31,2	11,8	18,5
	6	15,6	14,0	32,5
	7	7,8	16,1	48,6
	8	3,9	15,4	64,0
ARGILLA	9	2	19,2	83,2
	10	0,98	10,5	93,7
	<10	<0,98	6,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	6,7	57,3	36,0

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione D5 (30 m SSE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	51,0
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

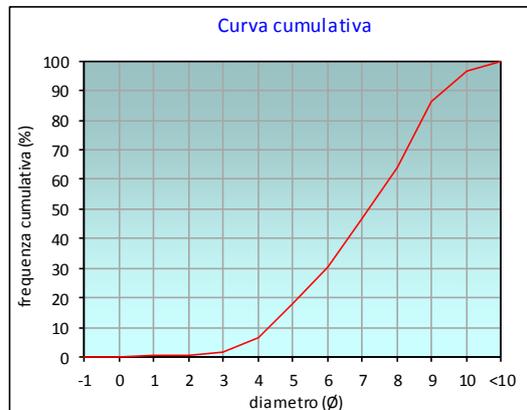
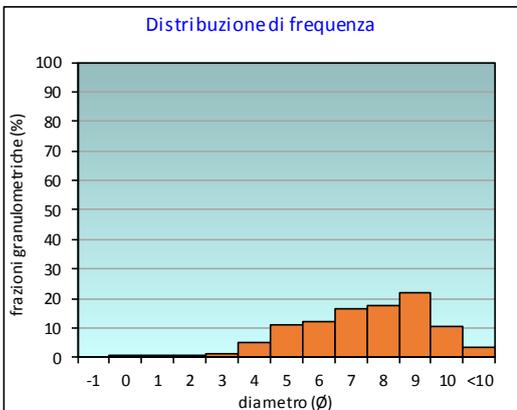
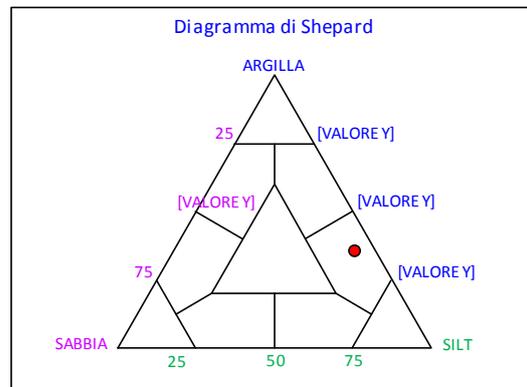
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,98	5	3,65
Mediana	M _d	7,20	16	4,82
Classazione	σ	1,96	25	5,57
Asimmetria	S _{ki}	-0,16	50	7,20
Appuntimento	K _G	0,87	75	8,50
			84	8,91
			95	9,86

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,2	0,3
	2	250	0,4	0,7
	3	125	1,0	1,7
	4	62,5	5,1	6,8
LIMO	5	31,2	11,3	18,0
	6	15,6	12,2	30,2
	7	7,8	16,2	46,4
	8	3,9	17,5	63,9
ARGILLA	9	2	22,1	86,0
	10	0,98	10,5	96,5
	<10	<0,98	3,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	6,8	57,1	36,1

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Asimmetrica negativa
Appuntimento	Platicurtica



Stazione D6 (60 m SSE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	51,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

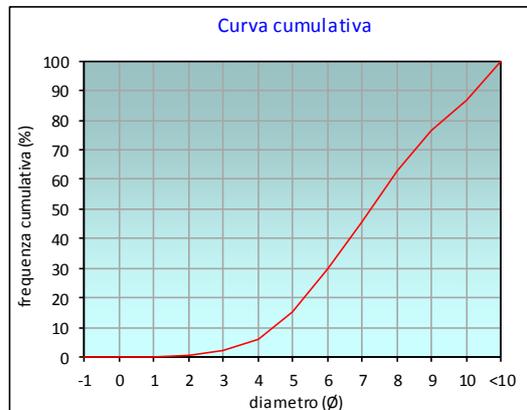
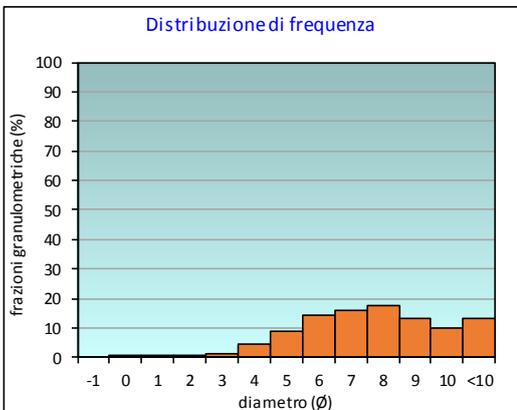
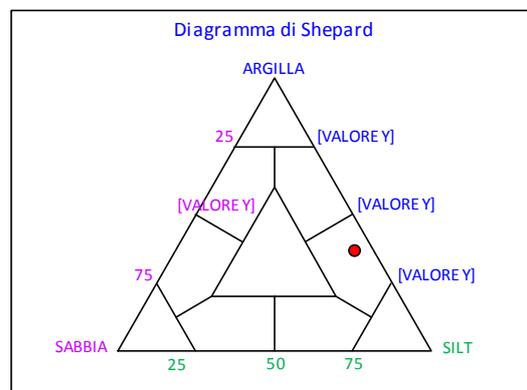
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	7,35	5	3,72
Mediana	M _d	7,24	16	5,07
Classazione	σ	2,22	25	5,69
Asimmetria	S _{ki}	0,02	50	7,24
Appuntimento	K _G	0,88	75	8,89
			84	9,75
			95	10,63

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,1	0,1
	1	500	0,1	0,2
	2	250	0,4	0,6
	3	125	1,3	1,9
	4	62,5	4,3	6,2
LIMO	5	31,2	8,8	15,0
	6	15,6	14,5	29,6
	7	7,8	16,2	45,8
	8	3,9	17,4	63,1
ARGILLA	9	2	13,3	76,5
	10	0,98	10,1	86,5
	<10	<0,98	13,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	6,2	56,9	36,9

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione D7 (100 m SSE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	49,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

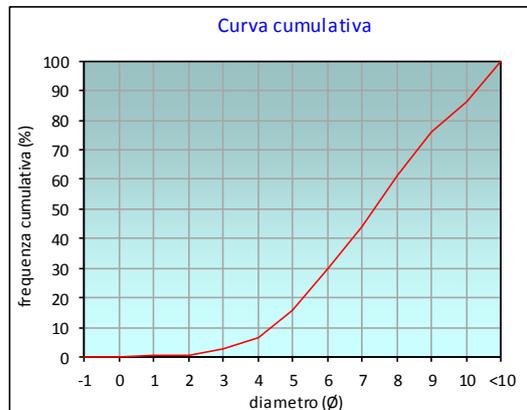
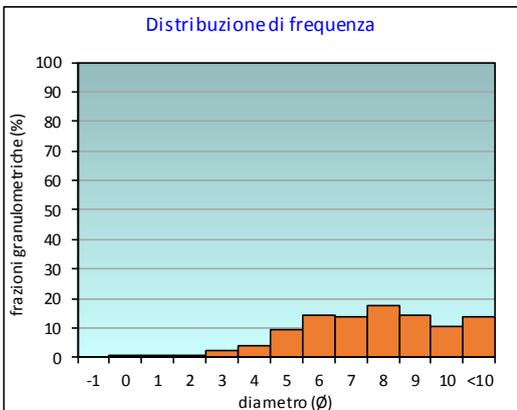
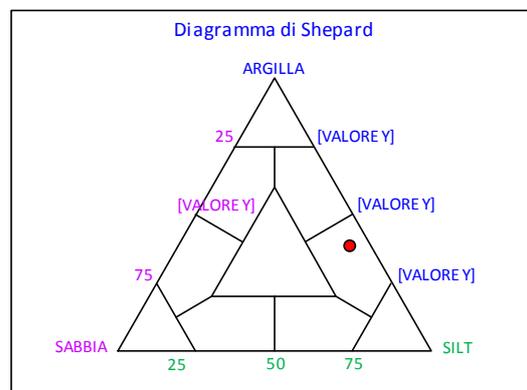
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	7,38	5	3,55
Mediana	M _d	7,35	16	5,00
Classazione	σ	2,27	25	5,64
Asimmetria	S _{ki}	-0,03	50	7,35
Appuntimento	K _G	0,88	75	8,95
			84	9,79
			95	10,64

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,1	0,1
	1	500	0,3	0,4
	2	250	0,5	0,8
	3	125	2,1	2,9
	4	62,5	3,9	6,7
LIMO	5	31,2	9,3	16,0
	6	15,6	14,1	30,1
	7	7,8	13,7	43,8
	8	3,9	17,6	61,4
ARGILLA	9	2	14,3	75,7
	10	0,98	10,6	86,3
	<10	<0,98	13,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	6,7	54,6	38,6

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Simmetrica
Appuntimento	Platicurtica



Stazione K8

PARAMETRI FISICI		
Peso specifico (g/cm ³)		n.d.
Umidità (%)		46,8
Colore MUNSEL (codice)		n.d.
Colore MUNSEL (nome)		n.d.

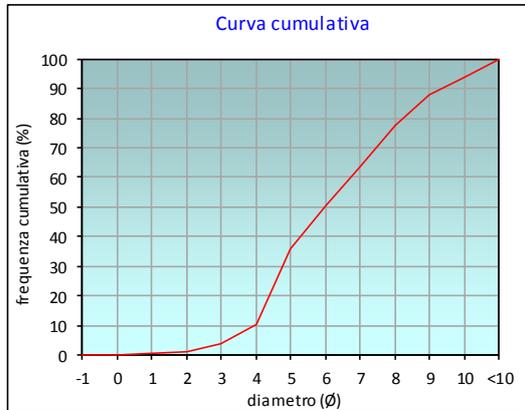
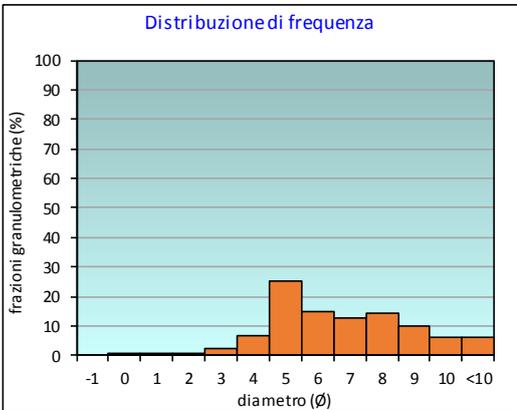
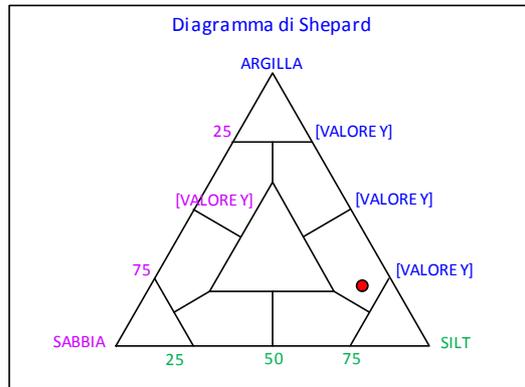
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,27	5	3,19
Mediana	M _d	5,96	16	4,22
Classazione	σ	2,16	25	4,58
Asimmetria	S _{ki}	0,21	50	5,96
Appuntimento	K _G	0,89	75	7,81
			84	8,62
			95	10,21

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,2	0,4
	2	250	0,8	1,2
	3	125	2,6	3,8
	4	62,5	6,5	10,3
LIMO	5	31,2	25,4	35,7
	6	15,6	14,9	50,7
	7	7,8	12,9	63,5
	8	3,9	14,2	77,8
ARGILLA	9	2	10,0	87,8
	10	0,98	5,9	93,7
	<10	<0,98	6,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	10,3	67,5	22,2

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica positiva
Appuntimento	Platicurtica



Stazione K9

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	47,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

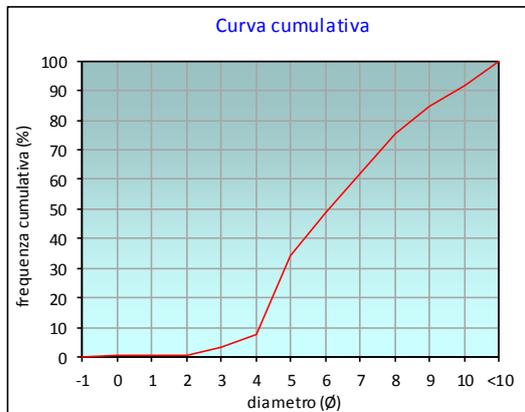
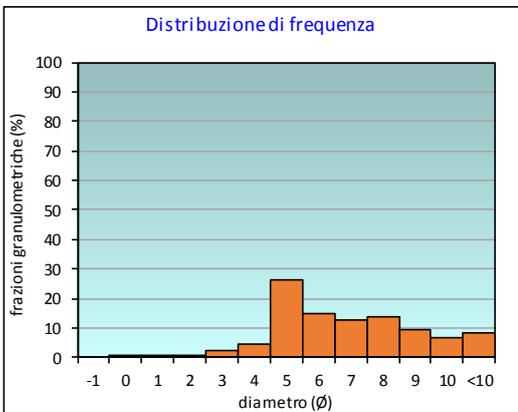
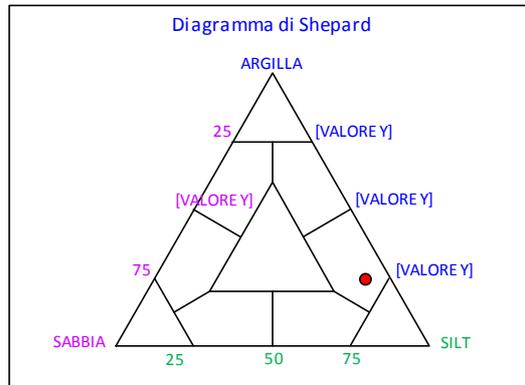
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,44	5	3,37
Mediana	M _d	6,09	16	4,31
Classazione	σ	2,22	25	4,65
Asimmetria	S _{ki}	0,23	50	6,09
Appuntimento	K _G	0,86	75	7,99
			84	8,92
			95	10,41

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,5	0,5
SABBIA	1	500	0,1	0,6
	2	250	0,2	0,8
	3	125	2,6	3,4
	4	62,5	4,5	7,8
LIMO	5	31,2	26,4	34,3
	6	15,6	14,6	48,9
	7	7,8	12,8	61,7
	8	3,9	13,5	75,2
ARGILLA	9	2	9,6	84,8
	10	0,98	6,8	91,6
	<10	<0,98	8,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	7,8	67,3	24,8

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Asimmetrica positiva
Appuntimento	Platicurtica



Stazione K10

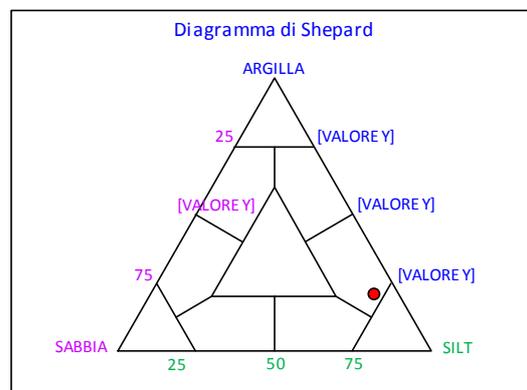
PARAMETRI FISICI		
Peso specifico (g/cm ³)		n.d.
Umidità (%)		51,0
Colore MUNSEL (codice)		n.d.
Colore MUNSEL (nome)		n.d.

PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,21	5	3,51
Mediana	M _d	5,75	16	4,26
Classazione	σ	2,11	25	4,55
Asimmetria	S _{ki}	0,33	50	5,75
Appuntimento	K _G	0,87	75	7,74
			84	8,61
			95	10,26

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,1	0,2
	2	250	0,3	0,5
	3	125	1,8	2,2
	4	62,5	5,4	7,6
LIMO	5	31,2	31,8	39,4
	6	15,6	14,1	53,5
	7	7,8	11,3	64,9
	8	3,9	13,7	78,6
ARGILLA	9	2	9,0	87,5
	10	0,98	5,7	93,3
	<10	<0,98	6,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	7,6	70,9	21,4

NOTE
n.d.



CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Platicurtica

