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

PRE-SURVEY (dicembre 2014 - aprile 2015)

INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA E DEI SEDIMENTI, ECOTOSSICOLOGIA E INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

RAPPORTO n. 1

OPERATORE SCIENTIFICO:
CNR – ISMAR SEDE DI ANCONA

RESPONSABILE SCIENTIFICO:
GIANNA FABI

RAPPORTO A CURA DI:
GIANNA FABI
FABRIZIO BERNARDI AUBRY
ALFREDO BOLDRIN
ELISA CAMATTI
ANNA DE BIASI
LUDMILA KOZINKOVA
ELISA PUNZO
ALESSANDRA SPAGNOLO

ANCONA, Dicembre 2015

INDICE

1. INTRODUZIONE 1

2. PIATTAFORMA CLARA NW 5

2.1. MATERIALI E METODI 5

2.1.1. CAMPIONAMENTO IN MARE 5

2.1.1.1 Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua 5

2.1.1.2 Indagini sulle comunità planctoniche 7

2.1.1.3 Misure correntometriche 8

2.1.1.4 Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti e della comunità bentonica 8

2.1.1.5 Ecotossicologia dei sedimenti 10

2.1.1.6 Popolamento ittico 11

2.1.1.7 Rilevamento del passaggio di cetacei 11

2.1.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI 12

2.1.2.1 Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua 12

2.1.2.2 Indagini sulle comunità planctoniche 19

2.1.2.3 Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti 20

2.1.2.4 Ecotossicologia dei sedimenti 24

2.1.2.5 Indagini sulla comunità bentonica 30

2.2. RISULTATI 35

2.2.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA 35

2.2.1.1 Temperatura, salinità, torbidità, Ossigeno disciolto e fluorescenza indotta 35

2.2.1.2 Sali nutritivi 41

2.2.1.3 Clorofille *a*, *b* e *c*e particellato sospeso 51

2.2.1.4 Confronto tra l'area della futura piattaforma e le stazioni di controllo 59

2.2.1.5 Idrocarburi totali, Idrocarburi alifatici, Idrocarburi Policiclici Aromatici, BTEX 61

2.2.1.6 Glicole etilenico 63

2.2.1.7 Metalli pesanti 63

2.2.2. INDAGINI SULLE COMUNITÀ PLANCTONICHE 68

2.2.2.1 Fitoplancton 68

2.2.2.2 Zooplancton 77

2.2.3. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI 82

2.2.3.1 Granulometria 82

2.2.3.2 Idrocarburi Policiclici Aromatici 83

2.2.3.3 Idrocarburi totali 84

2.2.3.4 Metalli pesanti 85

2.2.3.5 Sostanza organica 88

2.2.3.6 Total Organic Carbon (TOC) 89

2.2.4. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI 90

2.2.4.1 *Dunaliella tertiolecta* 90

2.2.4.2 *Vibrio fischeri* 90

2.2.4.3 *Corophium orientale* 91
2.2.4.4 *Crassostrea gigas* 92
2.2.4.5 Ricerca di metalli pesanti in *Hediste diversicolor* 93
2.2.5. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA 96
2.2.5.1 Densità (N) e Biomassa (P) 96
2.2.5.2 Affinità biocenotiche delle specie rinvenute 100
2.2.5.3 Dominanza 100
2.2.5.4 Ricchezza specifica totale (S) 102
2.2.5.5 Ricchezza specifica media (S_m) 102
2.2.5.6 Diversità specifica (H') 103
2.2.5.7 MultiDimensional Scaling (MDS) 104
2.2.5.8 Valutazione dello stato ambientale 105
2.2.6. RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI 107
2.3. CONCLUSIONI 108

3. SEA-LINE COLLEGANTE CLARA NW CON PIATTAFORMA CALIPSO 113

3.1. MATERIALI E METODI 113
3.1.1. CAMPIONAMENTO IN MARE 113
3.1.1.1 Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti e della comunità bentonica 113
3.1.1.2 Ecotossicologia dei sedimenti 114
3.1.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI 114
3.2. RISULTATI 116
3.2.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI 116
3.2.1.1 Granulometria 116
3.2.1.2 Idrocarburi Policiclici Aromatici 117
3.2.1.3 Idrocarburi totali 118
3.2.1.4 Metalli pesanti 119
3.2.1.5 Sostanza organica 121
3.2.1.6 Total Organic Carbon (TOC) 121
3.2.2. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI 122
3.2.2.1 *Dunaliella tertiolecta* 122
3.2.2.2 *Vibrio fischeri* 122
3.2.2.3 *Corophium orientale* 123
3.2.2.4 *Crassostrea gigas* 124
3.2.2.5 Ricerca di metalli pesanti in *Hediste diversicolor* 124
3.2.3. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA 127
3.2.3.1 Densità (N) e Biomassa (P) 127
3.2.3.2 Affinità biocenotiche delle specie rinvenute 130
3.2.3.3 Dominanza 131
3.2.3.4 Ricchezza specifica totale (S) 132
3.2.3.5 Ricchezza specifica media (S_m) 133
3.2.3.6 Diversità specifica (H') 133
3.2.3.7 Multidimensional Scaling (MDS) 134
3.3. CONCLUSIONI 137

4. BIBLIOGRAFIA 139

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

ALLEGATO B Schede granulometriche dei siti posti nell'area della futura piattaforma Clara NW e controlli K1-K4 XV

ALLEGATO C Schede granulometriche dei siti C4 e D4 posti in corrispondenza del futuro sea-line e dei controlli K6 e K9 XXVIII

PARTECIPANTI AL PROGRAMMA

Il presente programma è stato svolto in collaborazione con il Consorzio Interuniversitario di Biologia Marina ed Ecologia Applicata (CIBM) di Livorno.

Responsabile Scientifico	G. Fabi	CNR - ISMAR Ancona
Analisi chimiche e fisiche colonna d'acqua e analisi comunità fitoplanctoniche		
	F. Acri	CNR - ISMAR Venezia
	F. Bernardi Aubry	CNR - ISMAR Venezia
	S. Bruno	CNR - ISMAR Venezia
	D. Cassin	CNR - ISMAR Venezia
	M. Casula	CNR - ISMAR Venezia
	L. Dametto	CNR - ISMAR Venezia
	A. De Lazzari	CNR - ISMAR Venezia
	M. Pansera	CNR - ISMAR Venezia
	S. Pasqual	CNR - ISMAR Venezia
	P. Polidori	CNR - ISMAR Ancona
	M. Leonetti	CNR - ISMAR Ancona
	S. Leoni	CNR - ISMAR Ancona
	M. Betti	CNR - ISMAR Ancona
Analisi dei sedimenti ed ecotossicologia	G. Bontà Pittaluga	CIBM Livorno
	A.M. De Biasi	CIBM Livorno
	S. Dell'Ira	CIBM Livorno
	L. Kozinkova	CIBM Livorno
	M. Pertusati	CIBM Livorno
	S. Polese	CIBM Livorno
	O. Spinelli	CIBM Livorno
Comunità bentonica	C. Cuicchi	CNR - ISMAR Ancona
	L. Montagnini	CNR - ISMAR Ancona
	P. Polidori	CNR - ISMAR Ancona
	E. Punzo	CNR - ISMAR Ancona
	V. Salvalaggio	CNR - ISMAR Ancona
	A. Santelli	CNR - ISMAR Ancona
	A. Spagnolo	CNR - ISMAR Ancona
	P. Strafella	CNR - ISMAR 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 di 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 di Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. – UPSTREAM Distretto 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 verrà installata in Adriatico centrale, a circa 45 km in direzione Est dalla costa marchigiana, al largo di Ancona, su un fondale di circa 77 m, nella zona siltosa del largo. La condotta collegante le piattaforme Clara NW e Calipso si estenderà per circa 13 km in direzione ESE-WNW e ricadrà nella stessa fascia sedimentologica di Clara NW.

L'area in cui saranno 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).

Seguendo il Decreto n. 0000227, le numerose esperienze del CNR - ISMAR nel monitoraggio di piattaforme offshore ubicate nell'Adriatico centro-settentrionale (Fabi *et al.*, 2001; 2003; 2004; 2005; 2006; 2010a; 2010b; 2010c; 2013; 2014a; 2014b; 2014c; 2015) 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).

Al fine di ottenere un quadro esaustivo degli effetti indotti dall'installazione delle strutture, sulla base delle indicazioni riportate nel Decreto n. 0000227 del 17/09/2014 e della tempistica delle operazioni di posa in opera fornite da ENI S.p.A. – UPSTREAM Distretto DICS, nel programma di monitoraggio sono stati previsti i seguenti survey (Tab. 1-I):

Piattaforma Clara NW NW:

a. Fase precedente alla posa in opera della struttura: n. 1-2 survey;
b. Fase di installazione della piattaforma e perforazione dei pozzi: le indagini ai punti 1) e 2) dell'elenco sopra riportato verranno condotte su base bimestrale per tutta la durata della fase: le indagini di cui ai punti 3-6 saranno effettuate nel corso di survey stagionali (inverno ed estate) il cui numero varierà in funzione della durata dei lavori. Il rilevamento del passaggio di cetacei avverrà mediante operatori MMO.
c. Fase di produzione: le indagini previste ai punti 3-8 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.

4. Condotta Clara NW - Calipso:
   a. Fase precedente alla posa in opera della condotta: n. 1-2 survey;
   b. Fase di installazione: in questa fase saranno 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 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 nella fase di pre-survey (dicembre

2014 - marzo 2015) che riguardano i punti 1-5 e 9 del precedente elenco.

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 sarà ubicata a circa 45 km al largo di Ancona a una profondità di circa 77 m (fig. 2.1). Le coordinate del punto in cui avverrà l'installazione della struttura sono riportate in Tab. 2-I.

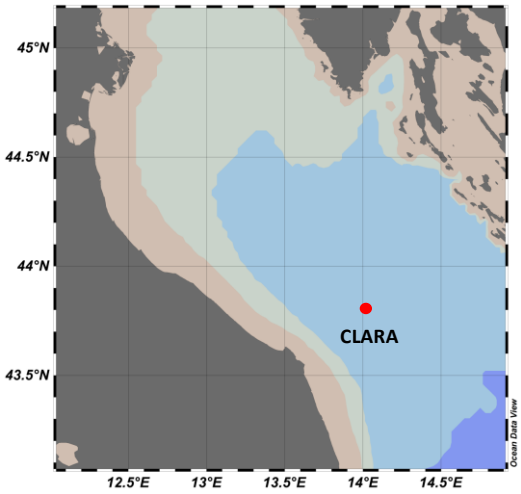


Fig. 2.1 - Ubicazione della piattaforma Clara NW.

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

Sito	Coordinate Geografiche
Piattaforma Bonaccia 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 quattro survey (dicembre 2014, febbraio, marzo e aprile 2015).

I prelievi sono stati effettuati in 5 stazioni disposte a croce, di cui 1 posta nel punto in cui verrà installata la piattaforma e 4 entro un raggio di 2000 m (~ 1 mn) da esso, orientate da NW a SE e da NE a SW (fig. 2.2; Tab. 2-II). In tutte le stazioni sono stati misurati in continuo, mediante una sonda multiparametrica (CTD; All. A1-I) 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 particellato sospeso (TSM)

e un sensore di ossigeno SBE43 per la determinazione della concentrazione di ossigeno disciolto e periodicamente calibrata presso il centro di calibrazione del SACLAND della NATO di La Spezia, i seguenti parametri lungo la colonna d'acqua:

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

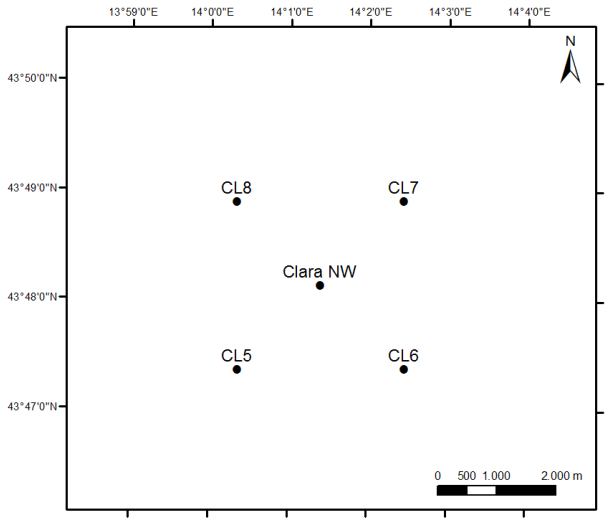


Fig. 2.2 - Schema di campionamento adottato nei due pre-survey per le indagini idrologiche.

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

Nome Stazione	Latitudine Nord	Longitudine Est
CL0	43° 48' 08"	14° 1' 24"
CL5	43° 47' 21"	14° 0' 21"
CL6	43° 47' 22"	14° 2' 28"
CL7	43° 48' 54"	14° 2' 26"
CL8	43° 48' 53"	14° 0' 20"

Presso ogni stazione sono stati anche prelevati tramite bottiglie Niskin campioni di acqua a 4 quote (superficie, -20 m, -40 m e fondo). Su tali campioni sono stati misurati i seguenti parametri volti a valutare l'attività biologica nell'area:

- 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;
- idrocarburi policiclici aromatici;
- Solventi organici aromatici (BTEX);
- metalli pesanti (Alluminio, Arsenico, Bario, Cadmio, Cromo, Ferro, Indio, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Silicio, Vanadio, Zinco);
- glicole etilenico.

2.1.1.2 Indagini sulle comunità plactoniche

In Accordo con ENI SpA., tali indagini sono state svolte nei mesi di dicembre 2014 e febbraio 2015. In tutte le stazioni e alle quote campionate per i parametri fisici e chimici della colonna d'acqua sono stati raccolti 250 ml di acqua in bottiglie di vetro scuro per l'analisi delle comunità fitoplanctoniche. I campioni sono stati fissati con lugol (concentrazione finale 2%) immediatamente dopo il prelievo. Purtroppo, all'arrivo in laboratorio, sono risultate rotte le bottiglie relative a 3 campioni della stazione CL0 (20 m, 40 m e fondo) che, pertanto, non è stato possibile analizzare.

In ogni stazione inoltre è stata analizzata la comunità zooplanctonica lungo tutta la colonna d'acqua. I prelievi di zooplancton sono stati eseguiti utilizzando un retino standard di tipo WP2 con rete da 200 μm e diametro dell'area di bocca da 57 cm, effettuando pescate verticali da circa 5 metri dal fondo fino alla superficie (fig. 2.3). Il retino è munito di flussimetro HYDRO-BIOS KIEL per calcolare i m^3 d'acqua filtrata. I campioni di organismi così raccolti sono stati fissati con formalina tamponata con tetraborato di sodio a una concentrazione finale del 4%.

Fig. 2.3 - Retino di tipo WP2con flussimetro HYDRO-BIOS per campionamento dello zooplancton.

2.1.1.3 Misure correntometriche

In questa fase di pre-survey non sono state previste le misurazioni correntometriche essendo impossibile il posizionamento della strumentazione necessaria perché, trattandosi di un'area di mare aperto fortemente sfruttata dalla pesca a strascico, qualsiasi strumento posto sul fondo o a mezz'acqua rischierebbe di rimanere intrappolato nelle reti e quindi danneggiato e/o perso. Non si è ritenuto idoneo neanche adottare il sistema di misura lagrangiano poiché non adeguato per un monitoraggio sito-specifico.

2.1.1.4 Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti e sulla comunità bentonica

Il survey è stato condotto nel dicembre 2014. I prelievi hanno interessato un'area di circa 2000x2000 m all'interno della quale sono state posizionate 12 stazioni lungo due transetti ortogonali tra di loro e aventi come punto di intersezione i pozzi stessi (fig. 2.4). 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. Quattro stazioni sono state posizionate in corrispondenza del punto di installazione della piattaforma e quattro a 60 m di distanza da esso. Le altre quattro (controlli) sono state posizionate in modo random all'interno di aree (500x500 m) poste a circa 2000 m dal punto di installazione di Clara NW. La distanza e la posizione delle singole stazioni dal punto "Clara NW" e le profondità relative sono riportate in Tab. 2-III.

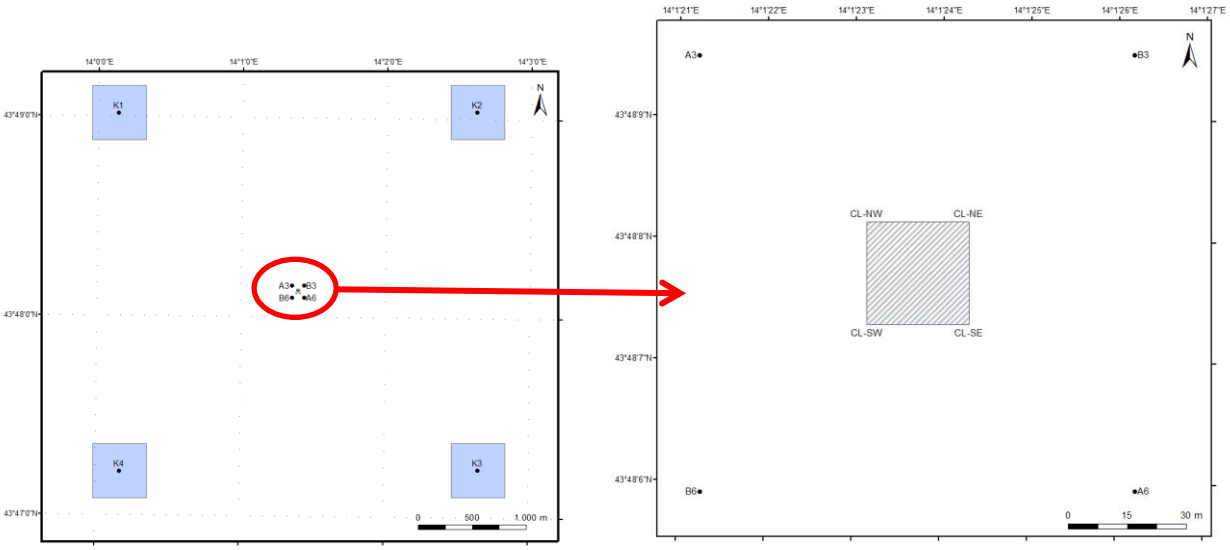


Fig. 2.4 - Schema di campionamento utilizzato per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica. A destra il particolare dei quattro siti di prelievo nel punto di installazione della futura piattaforma. In grigio l'area che verrà occupata dalla struttura.

Tab. 2-III - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate durante il pre-survey per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica. In rosso i punti di campionamento in corrispondenza della futura piattaforma.

	Distanza dal sito Clara NW (m)	Posizione rispetto alla futura piattaforma	Coordinate geografiche	Profondità (m)
A3	60	NW	43°48,158N 14°01,374E	75,6
CL NW	0	NW	43°48,136N 14°01,395E	75,3
CL SE	0	SE	43°48,130N 14°01,408E	75,3
A6	60	SE	43°48,104N 14°01,429E	76,6
B3	60	NE	43°48,158N 14°01,430E	75,6
CL NE	0	NE	43°48,134N 14°01,403E	75,2
CL SW	0	SW	43°48,128N 14°01,390E	75,3
B6	0	SW	43°48,103N 14°01,349E	75,3
K1	2000	NW	43°48,926N 14°00,116E	75,4
K2	2000	NE	43°49,031N 14°02,552E	75,8
K3	2000	SE	43°47,260N 14°02,729E	76,2
K4	2000	SW	43°47,218N 14°00,163E	76,1

Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti - Tutte le stazioni sono state campionate mediante box-corer (fig. 2.5; All. A2-I).

In sito 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;
- TOC (Total Organic Carbon).

I campioni sono stati congelati e conservati a –18°C ad eccezione di quelli utilizzati per la granulometria, conservati a +4°C.

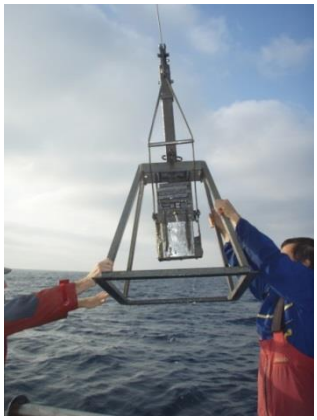


Fig. 2.5 – Box-corer utilizzato per le indagini fisiche e chimiche dei sedimenti.

Indagini sulla comunità bentonica - 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 m^2 (fig. 2.6; 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 formalina diluita in acqua di mare al 5%.

2.1.1.5 Ecotossicologia dei sedimenti

Presso le stazioni di campionamento CL SE, A3, A6, B3, B6, K1, K2, K3 e K4 (fig. 2.4) 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).

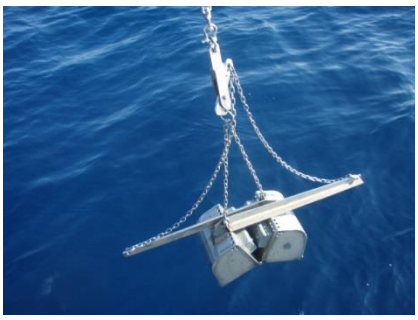


Fig. 2.6 – Benna Van Veen utilizzata per le indagini sulla comunità bentonica.

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.

2.1.1.6 Popolamento ittico

Nella fase di pre-survey non si è ritenuto necessario condurre tale tipo di indagine in quanto la valutazione degli eventuali effetti sulla fauna ittica dell'ambiente originale verrà effettuato nella fase post lavori tramite il confronto con i siti di controllo.

2.1.1.7 Rilevamento del passaggio di cetacei

Gli avvistamenti di cetacei nell'area della futura piattaforma Clara NW sono stati effettuati all'interno di 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. 2.7). 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 della comunità bentonica, sia durante apposite crociere. Nel periodo dicembre 2014 - aprile 2015 sono stati effettuati

complessivamente 11 avvistamenti.

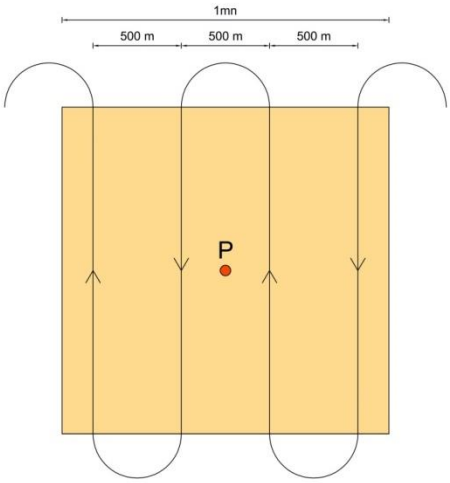


Fig. 2.7 - Schema di campionamento adottato per gli avvistamenti dei cetacei nell'area interessata dalla futura posa in opera della piattaforma Clara NW. P = futura piattaforma.

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. 2.1.1.1.

Ossigeno disciolto - E' stato quantificato direttamente a bordo con metodo Winkler (1888): i campioni di acqua appena raccolti sono stati fissati con idrossidi misti di manganese 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-II) 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 - Il campione per l'analisi dei macro-nutrienti inorganici è prelevato dalla bottiglia di campionamento, dopo filtrazione con filtro in fibra di vetro Whatman GF/F (porosità = 0,7 µm; Ø = 47 mm), e conservato 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-III), seguendo le metodiche esposte in Grasshoff *et al.* (1999), in particolare:

- azoto da ammoniaca N-NH_3: 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-NO_2: lo ione nitrito è fatto reagire in ambiente acido con sulfanilamide e naftiletilendiamina per formare un composto diazoico di colore rosso. L'assorbanza del prodotto di reazione è misurata a 540 nm;
- azoto da nitrati N-NO_3: 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-PO_4: 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-SiO_4: 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-NH_3: 0,05 µM;
- N-NO_2: 0,01 µM;
- N-NO_3: 0,10 µM;
- P-PO_4: 0,01 µM;
- Si-SiO_4: 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), 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-IV) 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 installato sulla sonda CTD per i profili in continuo.

Carico solido totale come peso secco - 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 dalla 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 l'acquisizione e l'elaborazione dei dati registrati e raccolti tramite la sonda CTD è stato utilizzato il 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. 11.5.791 (32 bit), aprile 2015 della Golden Software, LLC, e il software Ocean Data View © Vers: 4.6.3 (Schlitzer R., 2014; http://odv.awi.de).

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

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 trietilenico - Metodo gascromatografico.

Metalli pesanti - Eccetto il Silicio, per gli altri metalli è stata adottata la tecnica della spettrometria di massa a plasma accoppiato induttivamente, indicata con ICP-MS. Essa 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.

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). 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 tutti i metalli 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 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).

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 rilevatore a massa.

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

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 sufficientemente elevata volatilità 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: Utilizzando 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 si gascromatografo con rilevatore a fiamma (FID) con colonna capillare.

Gli idrocarburi totali sono stati determinati con un gascromatografo GC 8000 FISONS 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)** - Utilizzando un cilindro graduato è stato misurato 1 litro (nominale) di campione che è stato travasato nell'imbuto separatore. Successivamente sono stati utilizzati circa 60 ml di cloruro di metilene per sciacquare il cilindro e questa aliquota è stata trasferita nell' imbuto separatore, che è stato scosso energicamente per circa 2', con sfiato periodico per scaricare la pressione in eccesso. Alla fine lo strato organico è stto lasciato separato dalla fase acquosa per un minimo di 10'. L'estrazione è stata ripetuta per altre due volte con porzioni fresche di solvente, unendo poi alla fine i tre estratti di solvente. 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 si è eseguita la concentrazione in evaporatore rotante per effettuare il cambio del solvente (acetonitrile e isoootano rispettivamente per analisi di IPA e idrocarburi Alifatici) 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 ad 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 termostatata 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 rilevatore di massa sistema MSD Agilent 7820A accoppiato a rilevatore 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 FISONS INST. con colonna capillare e rivelatore F.I.D., munito di autocampione per spazio di testa statico a 50 posizioni (All. A1-IX).

2.2.1.2 Indagini sulle comunità planctoniche

Comunità fitoplanctonica - L'analisi qualitativa e quantitativa è stata effettuata secondo il metodo di Utermöhl (1958) mediante un microscopio invertito a contrasto di fase.

Dopo essere stato randomizzato, ogni campione è stato posto a sedimentare, per un periodo da uno a due gg, in camere di volume variabile tra 2 cm^3 e 50 cm^3, in funzione delle diverse abbondanze fitoplanctoniche.

I conteggi sono stati effettuati con un ingrandimento 400X su transetti, lungo il diametro della camera di sedimentazione, e per ogni campione sono state contate almeno 200 cellule per campione. La stima delle abbondanze fitoplanctoniche, espresse in cellule dm^{-3}, è stata calcolata applicando formule che tengono conto del numero di cellule contate, del numero dei transetti analizzati, del volume messo a sedimentare e dell'altezza del transetto (Zingone *et al*., 2010).

L'identificazione dei singoli taxa è realizzata mediante l'uso delle seguenti chiavi tassonomiche: Tomas (1997), ICRAM (2006), Bérard-Therriault *et al*. (1999).

Le chiavi tassonomiche utilizzate per i singoli gruppi sono riportate in Tab. 2-V.

Tab. 2-V - Chiavi tassonomiche utilizzate per la determinazione del fitoplancton.

Gruppo tassonomico	Riferimenti
Diatomee	Peragallo e Peragallo, 1897-1908 Hustedt, 1930-1966 Hendey, 1964 Sournia, 1987
Dinoflagellate	Schiller, 1933-1937 Rampi e Bernhard, 1980 Sournia, 1987
Silicoflagellatae	Throndsen, 1993
Coccolitoforidee	Rampi e Bernhard, 1981 Heimdal, 1993
Euglenoficee	Throndsen, 1993
Cloroficee	Pascher, 1915

Nel survey di dicembre non è stato possibile eseguire le analisi sulle quote 20 m, 40 m e fondo della stazione CL0 in quanto le bottiglie contenenti i campioni si era accidentalmente rotte durante il trasporto.

Comunità zooplanctonica - I conteggi e il riconoscimento degli organismi sono stati eseguiti osservando, al microscopio binoculare ZEISS–Stemi 2000CS (massimo 100 ingrandimenti), almeno due aliquote per ogni campione, prelevando frazioni variabili da un minimo del 5% a un massimo del 40% del campione totale e in ogni caso contando non meno di 400 individui nel subcampione, mentre per le specie rare è stato analizzato il 100% del campione. Gli individui presenti sono stati contati e divisi per taxa. Le abbondanze calcolate sono state espresse come N.ind/m^3.

Dopo l'analisi dei campioni al microscopio, i valori di abbondanza sono stati organizzati in fogli elettronici specie/campione. Tutte le specie sono state revisionate tramite il database World Register of Marine SpeciesWoRMS -(www.marinespecies.org).

L'identificazione dei singoli taxa è realizzata mediante l'uso delle seguenti chiavi tassonomiche: Rose (1933), Treguboff e Rose (1957), Avancini *et al*. (2006)

2.1.2.3 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.

Idrocarburi Policiclici Aromatici - Per la determinazione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (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 e quello della metodica corrispondono rispettivamente a 0,05 μg di solvente e 0,002 mg kg^{-1} di campione s.s.

Sono stati ricercati nei siti di campionamento i 16 IPA indicati dall'EPA come contaminanti di interesse prioritario, espressi in mg kg^{-1} di sostanza secca: Naftene, Acenaftalene, Acenaftene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benz(a)Antracene, Crisene, Benzo(b)Fluorantene, Benzo(k)Fluorantene, Benzo(a)Pirene, Di-Benzo(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^{-1} 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 fornetto di grafite (Varian SpectrAA-240Z. All. A2-VIII), secondo la procedura EPA 7010 (2007b).

Le concentrazioni di **alluminio**, **bario**, **cromo**, **nichel**, **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 a 9 ml di HNO_3, 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-VI.

Tab. 2-VI - 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-VII.

Tab. 2-VII - 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 g di sostanza essiccata (in stufa per 48h

a 40°C) che sono stati successivamente posti in muffola a 375°C fino a peso costante.

TOC - Il Total Organic Carbon è stato determinato seguendo il Metodo VII.3 - *Determinazione del carbonio organico* (metodo walkley-black, DM 13/09/1999 - Ministro per le Politiche Agricole). Il carbonio organico è stato ossidato ad anidride carbonica, in condizioni standardizzate, con soluzione di potassio bicromato in presenza di acido solforico. La velocità della reazione viene favorita dall'innalzamento della temperatura conseguente alla brusca diluizione dell'acido. Dopo un tempo stabilito, la reazione è stata interrotta per aggiunta di opportuna quantità di H_2O 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.

2.1.2.4. 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 $2x10^3$ cellule ml^{-1}), le piastre sono state trasferite per 72 h in camera fitologica a condizioni di temperatura e luminosità controllate (T = 20±2°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 ($2x10^3$ cellule ml^{-1});
- il coefficiente di variazione nei controlli e nel campione tal quale (CV%) ≤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 sopranatante, 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-VIII.

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

Criterio	Tossicità
EC20 ≥ 90%	Assente
EC20 < 90% e EC50 ≥ 90%	Bassa
20% ≤ EC50 < 90%	Media
EC50 < 20%	Alta

Corophium orientale

Il saggio effettuato con esemplari di *Corophium orientale* (fig. 2.8) 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.

Fig. 2.8 - Esemplari di *C. orientale*.

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±2°C
- salinità: 36±2‰
- 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±2°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 ≤15% e quando la mortalità nella singola replica per l'intero periodo di esposizione è ≤20%. Sia nei campioni da testare che nel sedimento di controllo sono state calcolate le percentuali medie (± 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-IX.

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

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

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^{-1}). 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 EC_{50}, qualora la distribuzione dei dati relativi alle singole repliche ne consenta il calcolo tramite il software Trimmed Spearman Karber v3.1 messo a disposizione da USEPA nel proprio portale. I dati di EC_{50} 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-X.

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

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

Dove:
S = [(Sopravvisuti campione) / (Sopravvissuti controllo)] ·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 *H. diversicolor* (taglia 6-10 cm; fig. 2.9) sono stati campionati manualmente dalle porzioni di un sedimento estuario.

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

Fig. 2.9 - Esemplari di *H. diversicolor*.

Allestimento del test - Il test è stato allestito in tre repliche per ogni campione di sedimento da testare poste in barattoli di vetro da 1 lt. In ogni barattolo sono stati inseriti ~300 cm^3 di sedimento da testare, ai quali sono stati aggiunti circa 600 ml di acqua di mare naturale filtrata (36±2‰). I barattoli sono stati quindi sistemati in camera condizionata, coperti e areati in continuo. Dopo 24 h dall'introduzione dei sedimenti sono stati registrati i parametri di inizio del test (pH, salinità, NH_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±2°C, aerati e illuminati senza alcun fotoperiodo. Come sedimento di controllo è stato utilizzato un sedimento nativo proveniente da un sito non contaminato. Il sedimento di controllo non contiene contaminanti o li contiene in concentrazioni molto basse. Il confronto tra il sedimento testato e il controllo consiste nella misura del livello di bioaccumulo. Il confronto degli organismi di controllo all'inizio e alla fine del periodo di esposizione indica se la contaminazione è avvenuta dall'acqua o dal sistema di esposizione. La mortalità degli organismi nel sedimento di controllo non dovrebbe superare il 10%.

Dopo 28 gg sono stati annotati i parametri finali del test e sono stati recuperati gli organismi dai singoli barattoli tramite setacciatura; gli individui vivi sono stati contati e reinseriti in barattoli contenenti sabbia quarzifera e acqua di mare filtrata. Dopo 3 gg i

policheti spurgati sono stati recuperati e lavati in acqua distillata per 1 h per liberarli dal muco e dai residui della sabbia. Successivamente, sono stati congelati e sottoposti ad analisi chimica.

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

$$D = (Ce - Cb)$$

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 ≥20%.

2.1.2.5 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): $N\ ind/0{,}095\ m^2$

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

Indice di Dominanza (D; May, 1975): $D = n_i N^{-1}$

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'): $H' = -\sum p_i \cdot Log\ p_i$

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 cumulative. Per valutare le 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). Questi Autori riportano infatti la possibilità di ottenere, attraverso la combinazione dei risultati derivati da più indici, un buon set di dati in grado di descrivere lo stato della qualità ecologica di una determinata area. 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; 2014a; 2014b; 2014c; 2015 Spagnolo *et al*., 2014) fornendo utili indicazioni sull'eventuale impatto causato dalle piattaforme E' da sottolineare che sia Borja (indice AMBI), sia Simboura (indice BENTIX), ritengono che i loro indici possano essere un valido strumento per determinare lo stato ecologico dell'ambiente circostante le piattaforme estrattive offshore dell'Adriatico (comunicazioni personali degli Autori).

Per quanto concerne i tre indici scelti per questo scopo, 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:

$$\sum_{i}^{S}\left(B_i - A_i\right) / \ \left[50\left(S-1\right)\right]$$

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-XI.

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

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

L'indice AMBI è stato applicato da Muxica *et al*. (2005) oltre che in ambienti marino-costieri, anche in aree più profonde (costa occidentale svedese) e in aree interessate dalla presenza di piattaforme petrolifere (Mare del Nord). 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≤AMBI≤1);
2. leggermente disturbati (1≤AMBI≤3,5);
3. moderatamente disturbati (3,5≤AMBI≤5);
4. molto disturbati (5≤AMBI≤6);
5. estremamente disturbati (6≤AMBI≤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-XII.

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. E' stato applicato con successo, tra l'altro, in aree soggette ad inquinamento organico (Simboura *et al*., 2005) e a sversamenti accidentali di petrolio (Zenetos *et al*., 2004a) ed è attualmente utilizzato in diverse aree del Mediterraneo nell'ambito del framework del *WFD intercalibration exercise* (EC, 2003).

Tab. 2-XII - 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 < AMBI ≤ 1,2
Ambiente leggermente inquinato, di transizione	1,2 < AMBI ≤ 3,3
Ambiente moderatamente inquinato	3,3 < AMBI ≤ 5,0
Ambiente fortemente inquinato	5,0 < AMBI ≤ 6,0
Ambiente estremamente inquinato	Azoico

Questo indice si basa sulla suddivisione dei taxa di fondo mobile (per i quali è fornita una lista) in 3 principali gruppi ecologici:

1. gruppo 1 (GI): include specie sensibili a un disturbo in generale;
2. gruppo 2 (GII): include specie tolleranti a un disturbo o a uno stress. Le popolazioni possono rispondere a un arricchimento organico o a un'altra fonte di inquinamento attraverso un incremento delle densità;
3. gruppo 3 (GIII): include le specie opportuniste di primo ordine, quelle pioniere e le specie tolleranti a situazioni di ipossia.

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

$$BENTIX = [(6 \times \%GI) + 2 \times (\% GII + \% GIII)] / 100$$

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

Sulla base dei risultati ottenuti, per ogni sito di campionamento è stato possibile stilare una classifica della qualità dell'ambiente secondo i criteri riportati in Tab. 2-XIII. In Tab. 2-XIV 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-XIII - Classificazione della qualità dell'ambiente in base al range di valori dell'indice BENTIX (Zenetos *et al*., 2004b).

Environmental Classification	BENTIX
Ambiente non inquinato	4,5 ≤ BENTIX < 6
Ambiente leggermente inquinato, di transizione	3,5 ≤ BENTIX < 4,5
Ambiente moderatamente inquinato	2,5 ≤ BENTIX < 3,5
Ambiente fortemente inquinato	2 ≤ BENTIX < 2,5
Ambiente estremamente inquinato	Azoico

Tab. 2-XIV - 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

2.2. 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 **dicembre 2014** (fig. 2.10) le temperature in tutte le stazioni sono risultate in media 16,47±0,29°C, pressoché omogenee sino a circa 50 m di profondità, a parte la temperatura dello strato intermedio della stazione CL6 che si è discostata da questo andamento generale facendo registrare a 45 m di profondità il massimo assoluto (17,05°C). Al di sotto dei 50 m i valori sono via via diminuiti, dapprima dolcemente e poi più repentinamente, sino a raggiungere i minimi sul fondo (minimo assoluto in CL6: 15,28°C). La salinità, con un trend opposto alla temperatura, a parte la CL6 in cui sono stati registrati valori leggermente superiori rispetto agli altri, ha presentato lo stesso andamento tra le stazioni sino a circa 50-55 m (salinità circa 38-38,1 psu). Il valore massimo di salinità (38,54 psu) è stato misurato al fondo della CL0, mentre il minimo, pari a 38,02 psu, in superficie nella stazione CL5.

La torbidità ha presentato valori piuttosto bassi sino a circa 50-55 m, con un minimo di 1,20 mg/l a circa 45 m nella stazione CL6. Negli strati sottostanti la torbidità è aumentata, dapprima in modo rapido poi più lentamente, sino a raggiungere le massime concentrazioni sul fondo (massimo assoluto in CL5: 3,63 mg/l). Anche l'ossigeno disciolto è risultato pressoché omogeneo sino a circa 50 m di profondità, con valori sempre superiori al 100% (max 103,50% a circa 40 m nella CL6). A quote superiori ha subito una diminuzione, inizialmente più rapida, con un minimo (83,33%) misurato al fondo della CL7.

La fluorescenza è oscillata tra 0,13 µg/l, registrato al fondo della stazione CL6, e 0,63 µg/l, a circa 30 m nella CL8 (fig. 2.11).

Nel **febbraio 2015** (fig. 2.12) la colonna d'acqua si è presentata completamente rimescolata dalla superficie al fondo, con valori medi di temperatura pari a 12,90±0,02°C e di salinità pari a 38,337±0,001.

Anche la torbidità ha mostrato un andamento pressoché costante su tutta la colonna (media 3,66±0,08 mg/l), sebbene con dei picchi sporadici nelle diverse stazioni e a diverse quote. Il massimo (4,44 mg/l) è stato registrato al fondo della CL6 e il minimo (3,51 mg/l) in superficie nella CL7.

L'ossigeno disciolto è piuttosto omogeneo lungo tutta la colonna d'acqua e ha presentato valori sempre superiori al 100% di saturazione. Le concentrazioni sono risultate comprese tra un minimo di 101,55%, alla quota superficiale della CL6, e un massimo di 102,13% , a circa 15 m nella CL0.

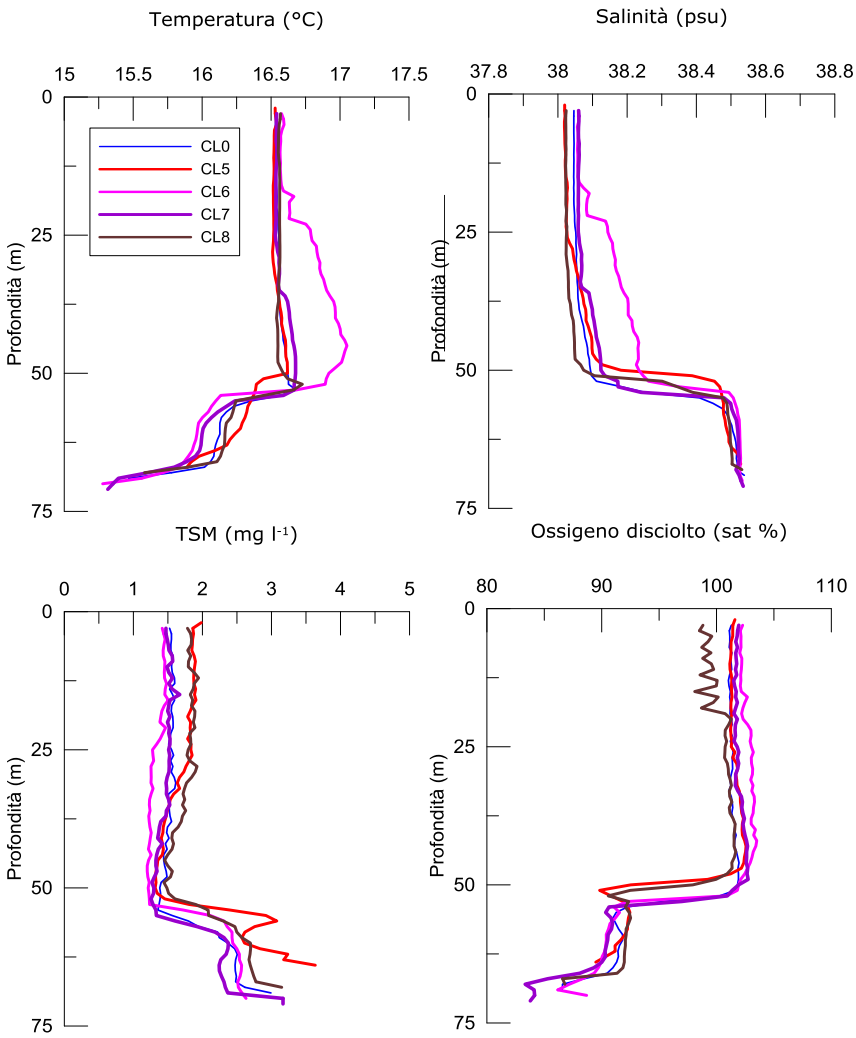


Fig. 2.10 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), particellato sospeso totale (Total Suspended Matter - TSM; mg/ l) e ossigeno disciolto (in percentuale di saturazione - sat %). **Dicembre 2014**.

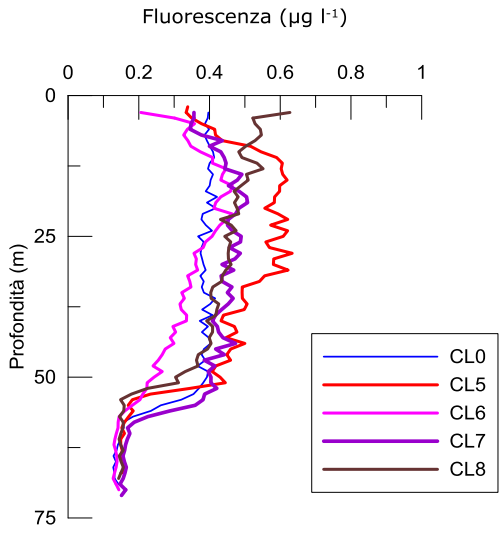


Fig. 2.11 - Profili di fluorescenza (µg/l) ottenuti a **dicembre 2014**.

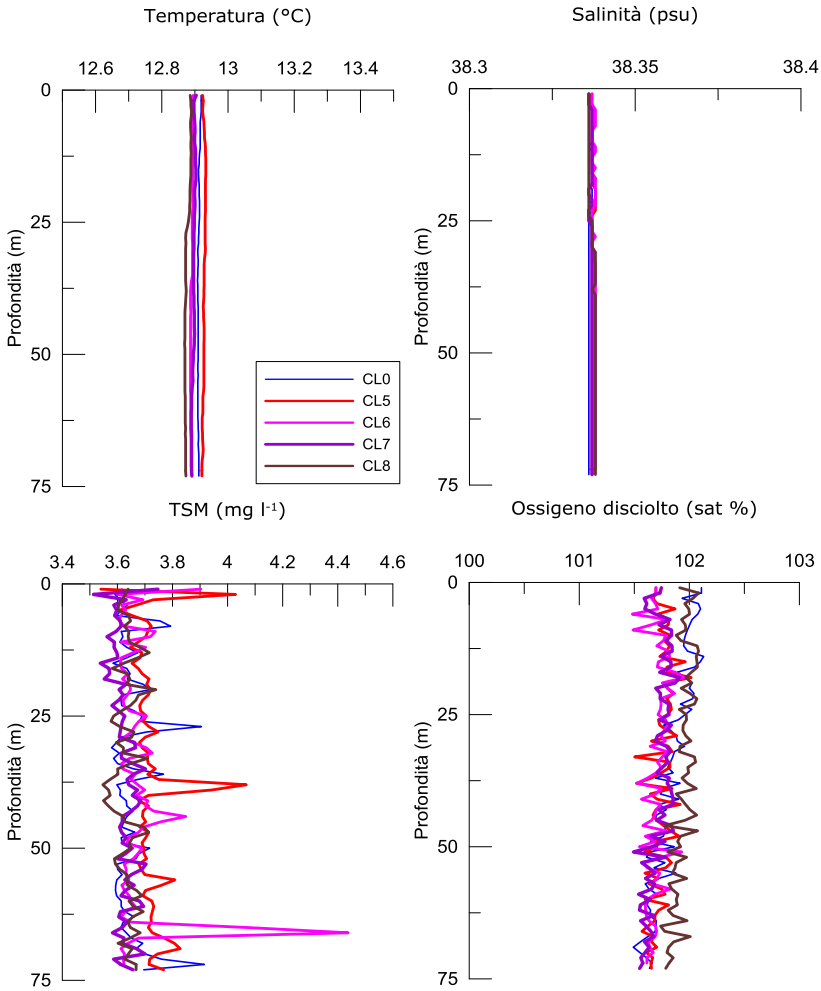


Fig. 2.12 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), particellato sospeso totale (Total Suspended Matter - TSM; mg/ l) e ossigeno disciolto (in percentuale di saturazione - sat %). **Febbraio 2015**.

I profili di fluorescenza (fig. 2.13) hanno mostrato una certa variabilità, con valori più alti sotto i 20-25 m di profondità. La minima concentrazione, pari a 0,19 µg/l, è stata misurata in superficie nella stazione CL8, mentre il massimo (1,49 µg/l) a circa 50 m nella CL6.

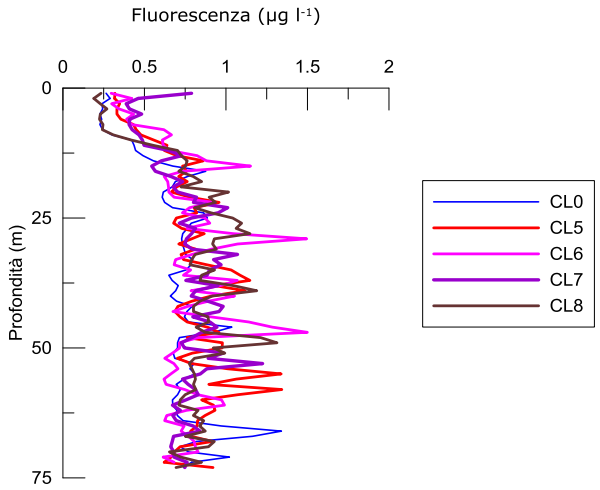


Fig. 2.13 - Profili di fluorescenza (µg/l) ottenuti nel **febbraio 2015**.

A **marzo** (fig. 2.14) la colonna d'acqua ha presentato ancora caratteristiche invernali, con un inizio di stratificazione termica superficiale (massimo di temperatura di 13,3°C nella stazione CL7). Sotto ai 10 m e fino a circa 55 m era presente uno strato omogeneo sia in temperatura che in salinità, mentre negli strati sottostanti è avvenuto un decremento abbastanza veloce di entrambi i parametri sino a raggiungere, tra i 60 m e il fondo, i minimi di temperatura e di salinità (12,05°C e 38,35 psu nella stazione CL5). La stazione CL7 (margine NE dell'area) ha mostrato un trend lievemente differente rispetto alle altre stazioni, caratterizzato da un costante decremento della temperatura e da una riduzione di salinità, meno drastica rispetto alle altre stazioni, attorno ai 45 m.

La torbidità ha presentato una modesta variabilità verticale sino a oltre i 50 m e un netto aumento verso il fondo, andando da un minimo di 2,00 mg/l a un massimo 3,55 mg/l. Anche per questo parametro la CL7 ha presentato un trend differente rispetto alle altre stazioni, con un aumento di torbidità al di sotto dei 45 m. L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi tra un minimo 98,6%, misurato nella stazione CL6 al fondo, e un massimo di 102,83% a circa 10 m di profondità nella CL7. Anche in questo caso la CL7 ha presentato un profilo differente dalle altre stazioni caratterizzato da un maggiore decremento tra i 20 e i 50-55 m di profondità.

La fluorescenza (fig. 2.15) ha mostrato valori bassi, sempre inferiori a 0,5 µg/l. I profili hanno presentato un andamento simile in tutte le stazioni, con minimi in superficie e un picco a circa 40 m di profondità (massimo di 0,44 µg/l in CL5 a 38 m), seguito da un decremento sino al fondo che, però, non ha fatto raggiungere le basse concentrazioni registrate in superficie.

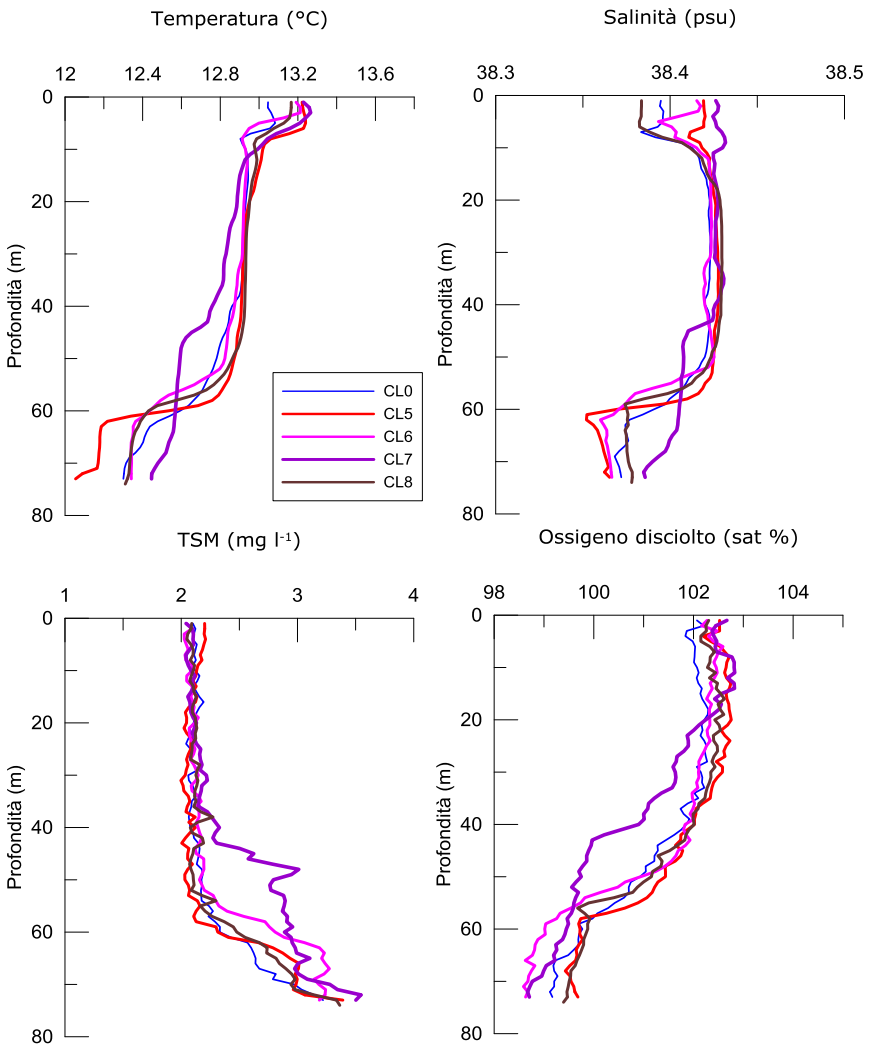


Fig. 2.14 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), particellato sospeso totale (Total Suspended Matter - TSM; mg/ l) e ossigeno disciolto (in percentuale di saturazione - sat %). **Marzo 2015**.

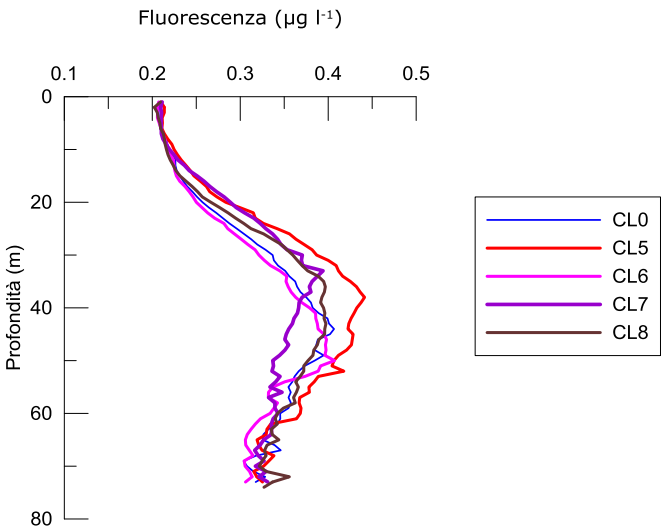


Fig. 2.15 - Profili di fluorescenza (µg/l) ottenuti nel **marzo 2015**.

Ad **aprile 2015** (fig. 2.16) nella struttura della colonna d'acqua si è osservato il progressivo riscaldamento stagionale, legato all'aumento della temperatura atmosferica in superficie, e la presenza nei primi 5 m di acque meno salate. I profili di temperatura sono risultati ben sovrapponibili in tutte le stazioni, con un massimo di 15,65°C registrato in superficie nella stazione CL6 e minimo di 12,50°C al fondo della stessa stazione. I valori di salinità sono oscillati tra 36,59 psu (CL0, superficie) e 38, 39 psu (CL7, 50 m).

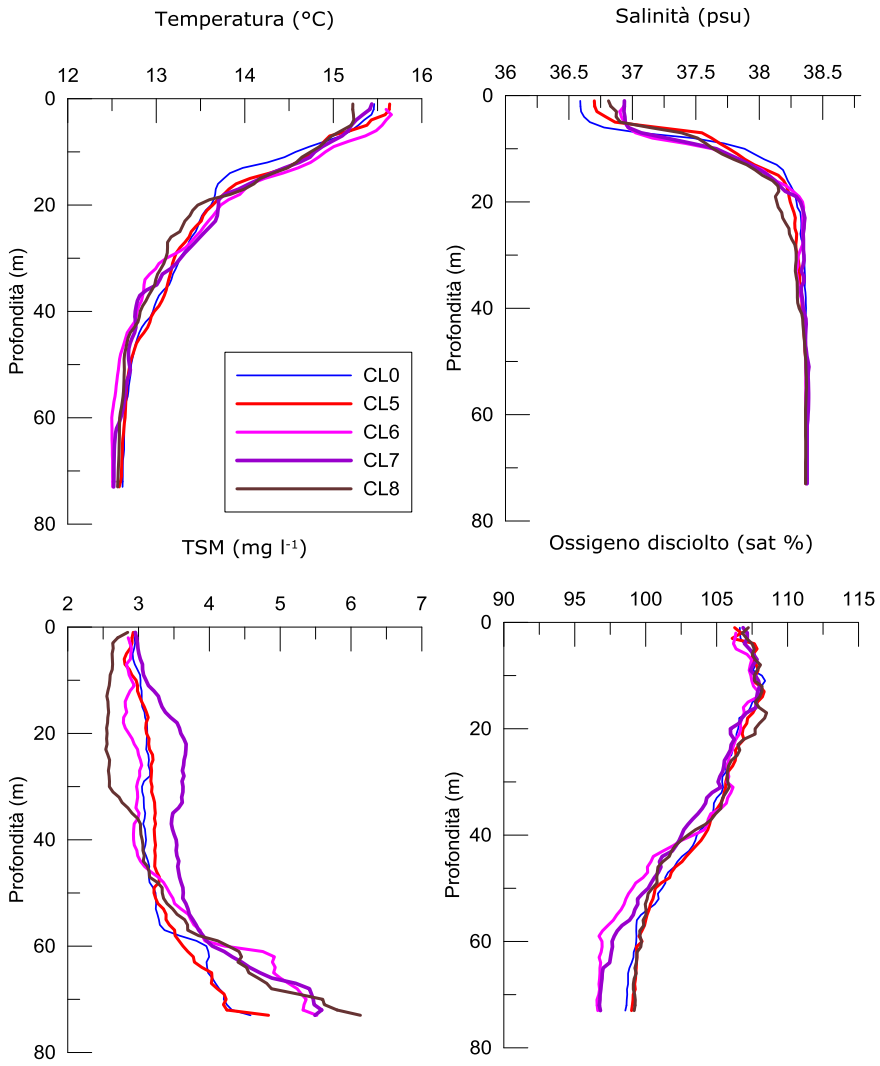


Fig. 2.16 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), particellato sospeso totale (Total Suspended Matter - TSM; mg/ l) e ossigeno disciolto (in percentuale di saturazione - sat %). **Aprile 2015**.

La torbidità ha presentato un trend crescente con la profondità e una maggiore variabilità fra le stazioni rispetto alla campagna precedente, con valori variabili tra un minimo di 2,54 mg/l misurato a circa 20 m nella stazione CL8 e un massimo di 6,13 mg/l al fondo della stessa stazione.

Le percentuali di saturazione dell'ossigeno disciolto sono state sempre superiori al 100% sino a circa 50 m nonostante una progressiva riduzione a partire dai 10 m circa, con un massimo di 108,52% a circa 20 m nella stazione CL8. Al di sotto dei 50 m i valori sono sono rimasti quasi stabili (solo in CL6 e CL7 la riduzione è continuata sino a circa 60 m). Il minimo è stato raggiunto sul fondo della CL6 (96,57%).

I profili di fluorescenza (fig. 2.17) mostrano un aumento a circa 50 m di profondità (massimo di 0,62 µg/l in CL6, -49 m) e un decremento al di sotto di tale quota, con valori maggiori rispetto a marzo.

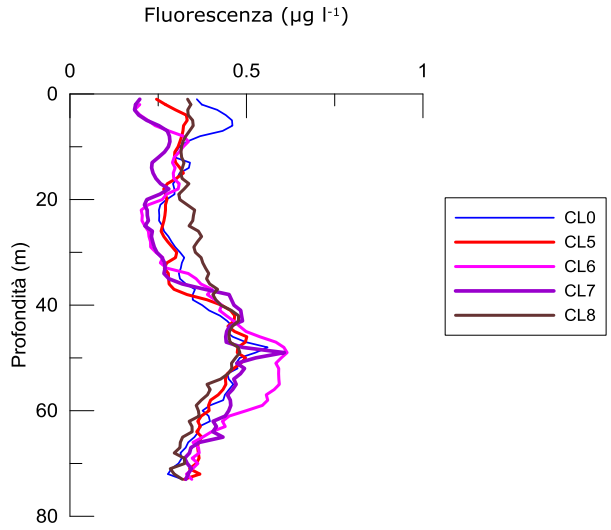


Fig. 2.17 - Profili di fluorescenza (µg/l) ottenuti nel **marzo 2015**.

2.2.1.2 Sali nutritivi

A **dicembre 2014** (figg. 2.18 e 2.19) i nitrati (NO_3) hanno presentato basse concentrazioni nello strato superficiale sino a circa 20 m di profondità, con un aumento dei valori verso il fondo (massimo 1,99 µM a -40 m in CL7).

I nitriti (NO_2), invece, sono risultati in generale più abbondanti verso la superficie e nell'area centrale, anche se il massimo (0,81 µM) è stato registrato al fondo della CL7. L'ammoniaca (NH_3) ha mostrato basse concentrazioni, con un massimo di 0,32 µM alla quota dei 20 m nella stazione CL8, valore molto simile a quello registrato sul fondo della CL5 (0,29 µM).

Gli ortofosfati (PO_4) erano presenti con concentrazioni in generale piuttosto basse, con un massimo di 0,10 µM al fondo della stazione centrale CL0.

Un evidente aumento delle concentrazioni verso il fondo è stato osservato per gli ortosilicati ($Si(OH)_4$), che hanno raggiunto la massima concentrazione in CL5 (6,18 µM).

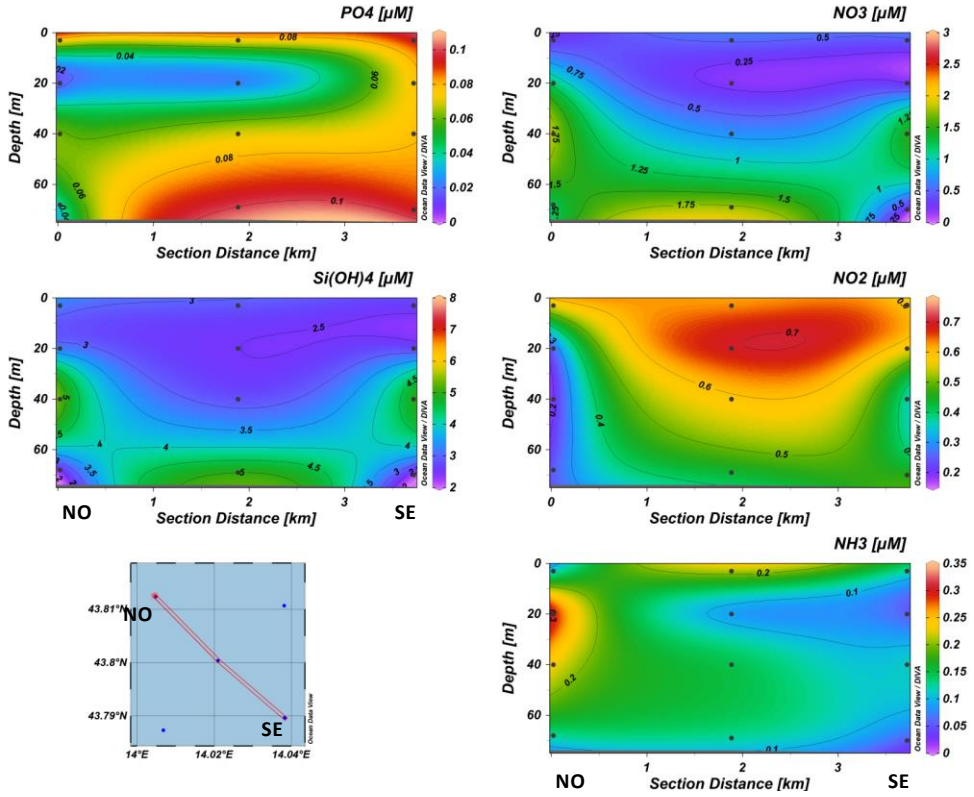


Fig. 2.18a - Sezioni verticali delle stazioni CL8, CL0 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati ($Si(OH)_4$) e ammoniaca (NH_3), espresse in µM. **Dicembre 2014**.

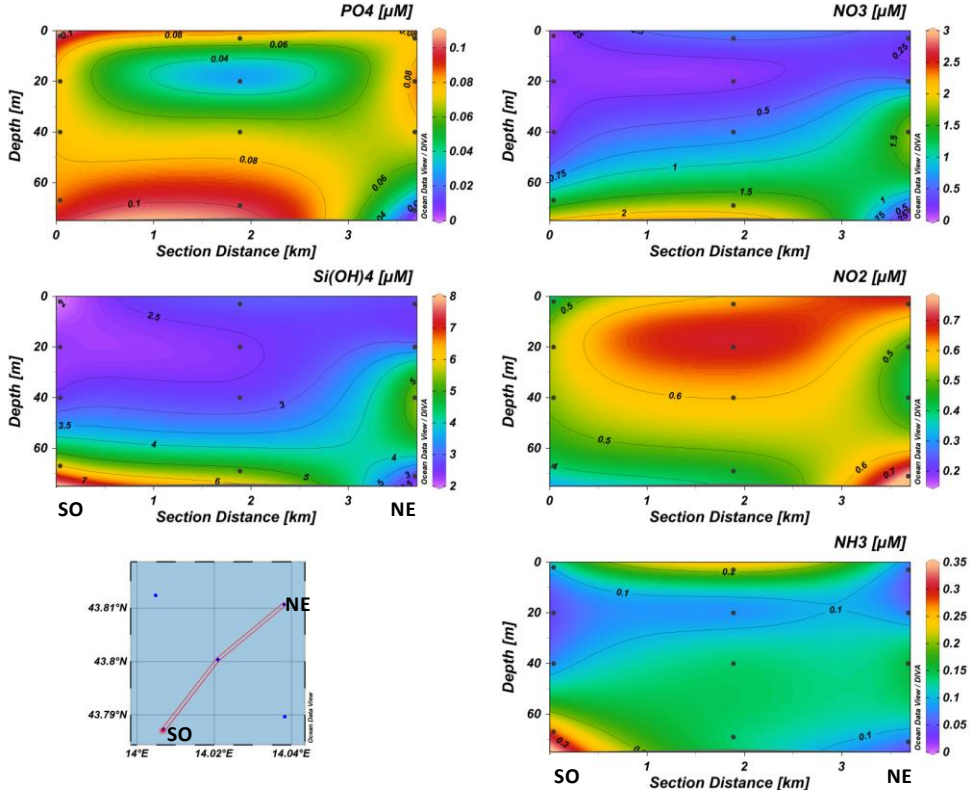


Fig. 2.18b - Sezioni verticali delle stazioni CL5 , CL0 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati ($Si(OH)_4$) e ammoniaca (NH_3), espresse in µM. **Dicembre 2014**.

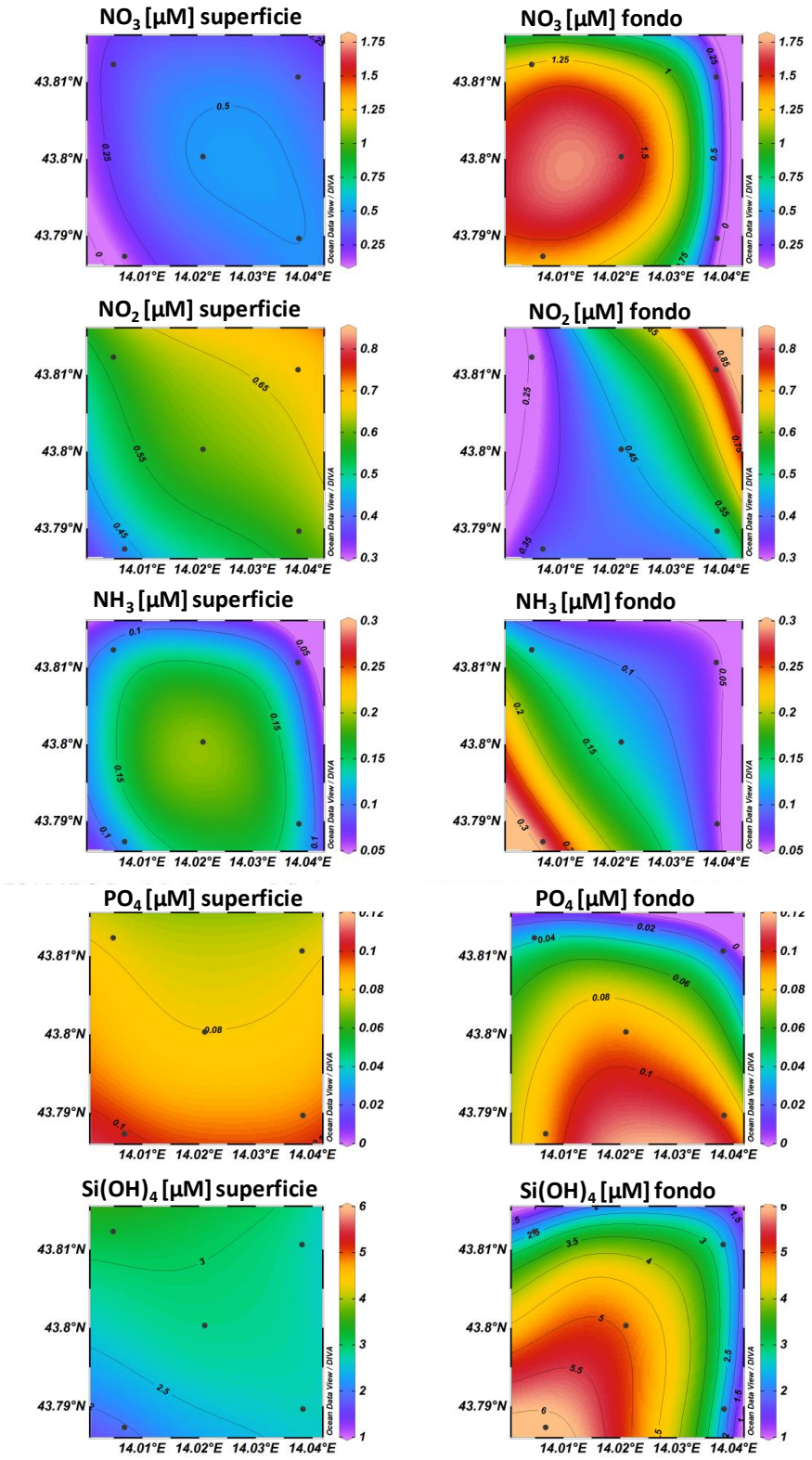


Fig. 2.19 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ammoniaca (NH_3),ortofosfati (PO_4) e ortosilicati ($Si(OH)_4$) espresse in µM, in superficie e al fondo. **Dicembre 2014**.

A **febbraio 2015** (figg. 2.20 e 2.21) nitriti e nitrati sono risultati mediamente simili al periodo precedente. NO_3 ha mostrato una media di 0,88±0,17 µM e un valore massimo di 3,83 µM in superficie nella stazione centrale (CL0), mentre NO_2 ha presentato una concentrazione media pari a 0,35±0,02 µM con un massimo di 0,51 µM, sempre in superficie ma nella stazione CL6 (angolo NE). L'ammoniaca è aumentata in modo consistente rispetto a dicembre sia nella media (0,15±0,02 µM a dicembre e 0,88±0,16 µM a febbraio), che nel massimo (2,90 µM), registrato in superficie nella CL5.

Anche le concentrazioni degli ortofosfati sono aumentate rispetto al periodo precedente (0,08±0,00 µM a dicembre e 0,15±0,03 µM a febbraio), con un massimo di 0,69 µM misurato in superficie della stazione CL5. Gli ortosilicati si sono invece mediamente ridotti (3,34±0,33 µM a dicembre e 1,15±0,05 µM a febbraio), raggiungendo il massimo di 1,47 µM a 40 m nella stazione CL0.

A **marzo 2015** (figg. 2.22 e 2.23) sono mediamente aumentate le concentrazioni dei nitrati (1,90±0,10 µM), anche se il massimo (2,67 µM in superficie della staz. CL0) è risultato inferiore a uello di febbraio. Nitriti e ammoniaca hanno mostrato valori analoghi a quelli di febbraio (media 0,38±0,02 µM per NO_2 e 0,73±0,10 µM per NH_3), con concentrazioni più elevate di entrambi alle quote di fondo.

In questo periodo sono quasi raddoppiate le concentrazioni di ortofosfati (0,30±0,03 µM, con massimo di 0,60 µM in CL7, -20 m) e degli ortosilicati (2,19±0,11 µM, con massimo di 3,04 µM in CL0, superficie), questi ultimi generalmente più abbondanti in superficie.

Ad **aprile 2015** (figg. 2.24 e 2.25) i nutrienti azotati hanno mediamente presentato una relativa diminuzione rispetto alla situazione precedente ad eccezione dell'ammoniaca, rimasta sostanzialmente costante. I nitrati sono risultati più elevati in superficie (massimo 4,09 µM in CL5), mentre i nitriti erano maggiormente presenti al fondo (massimo di 0,61 µM in CL7 a -73 m). L'ammoniaca ha presentato una maggiore variabilità spaziale, con il valore più elevato al fondo della stazione CL7 (2,41 µM), e picchi di concentrazione anche negli strati sub-superficiali della stazione centrale.

Le concentrazioni degli ortofosfati sono apparse maggiori rispetto al periodo precedente, con un massimo di 1,60 µM a 40 m nella stazione CL8. Gli ortosilicati hanno presentato valori più elevati in superficie, con un massimo di 3,42 µM nella stazione CL5.

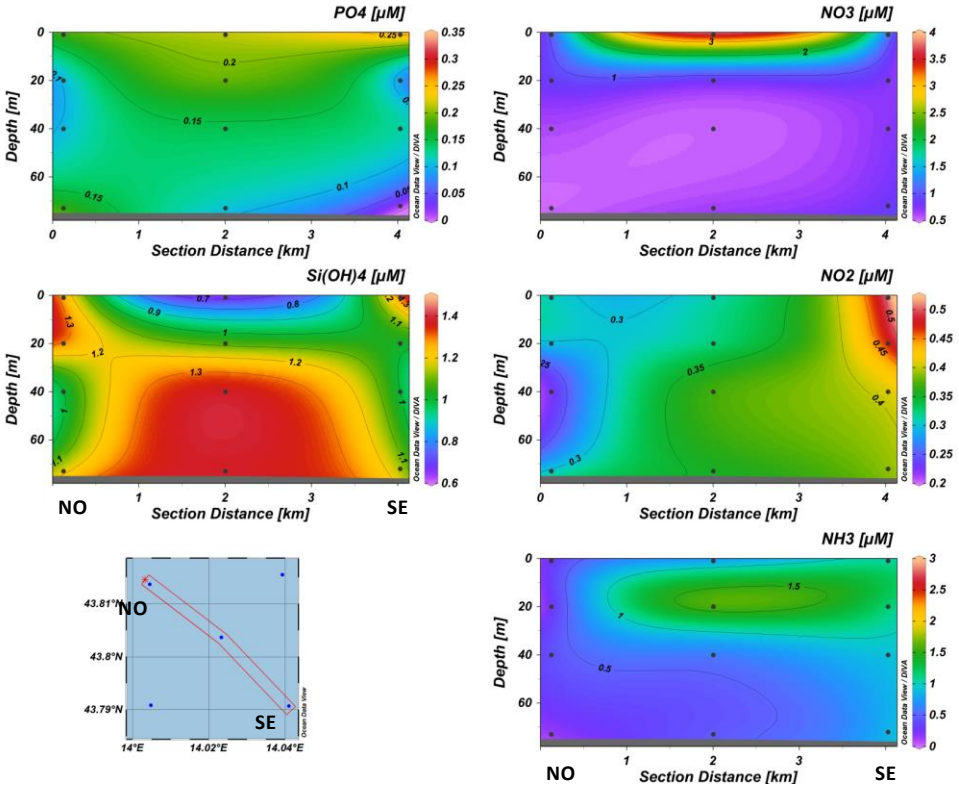


Fig. 2.20a - Sezioni verticali delle stazioni CL8, CL0 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati ($Si(OH)_4$) e ammoniaca (NH_3), espresse in µM. **Febbraio 2015**.

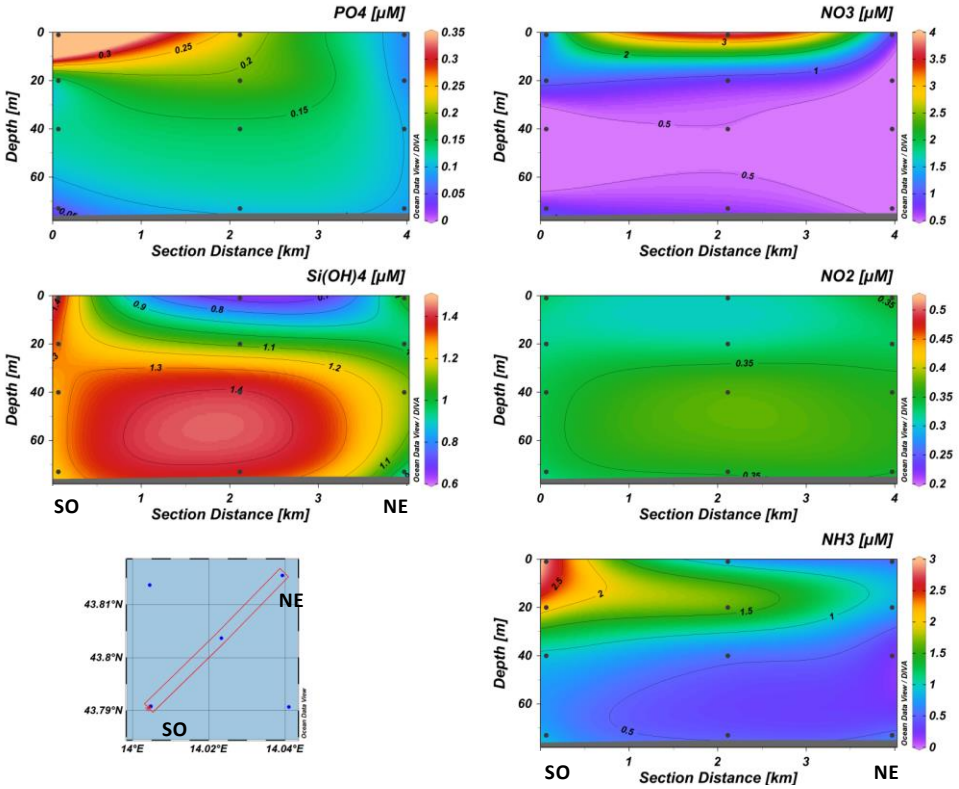


Fig. 2.20b - Sezioni verticali delle stazioni CL5, CL0 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati ($Si(OH)_4$) e ammoniaca (NH_3), espresse in µM. **Febbraio 2015**.

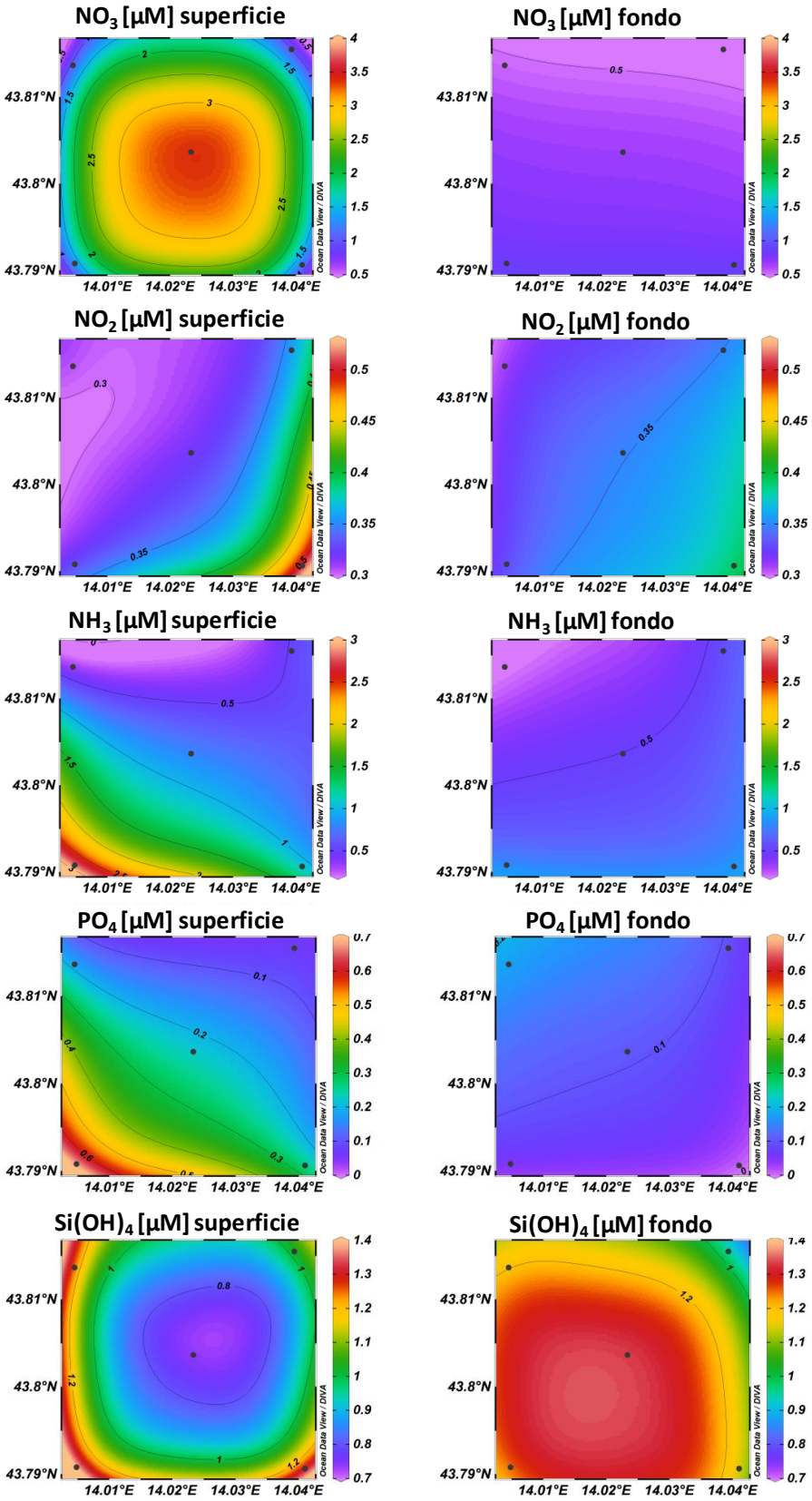


Fig. 2.21 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ammoniaca (NH_3),ortofosfati (PO_4) e ortosilicati ($Si(OH)_4$) espresse in µM, in superficie e al fondo. **Febbraio 2015**.

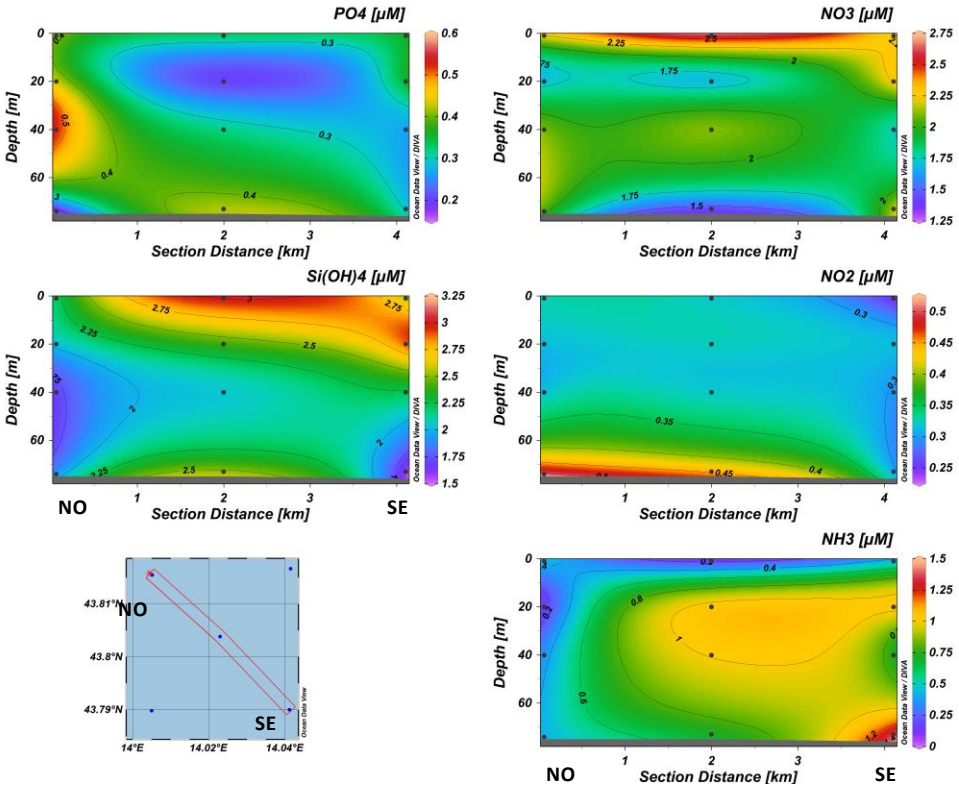


Fig. 2.22a - Sezioni verticali delle stazioni CL8, CL0 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati ($Si(OH)_4$) e ammoniaca (NH_3), espresse in µM. **Marzo 2015**.

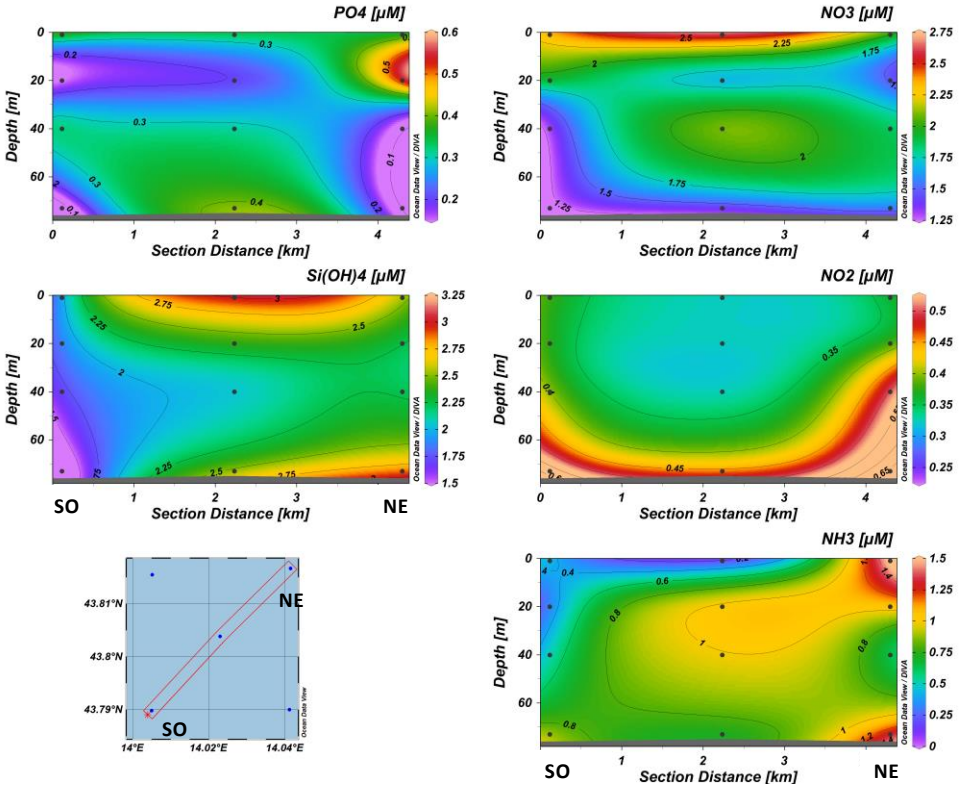


Fig. 2.22b - Sezioni verticali delle stazioni CL5, CL0 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati ($Si(OH)_4$) e ammoniaca (NH_3), espresse in µM. **Marzo 2015**.

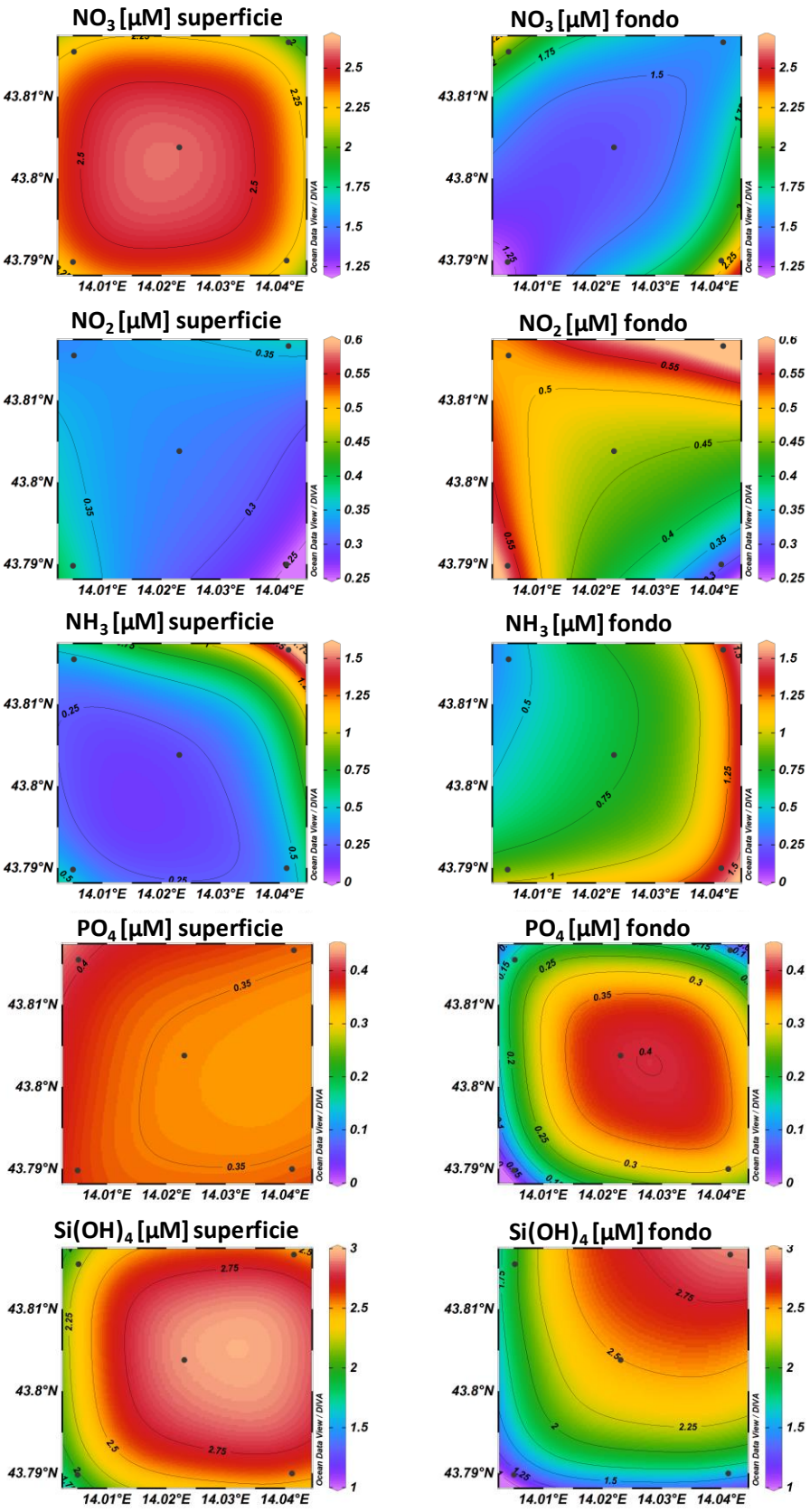


Fig. 2.23 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ammoniaca (NH_3),ortofosfati (PO_4) e ortosilicati ($Si(OH)_4$) espresse in µM, in superficie e al fondo. **Marzo 2015**.

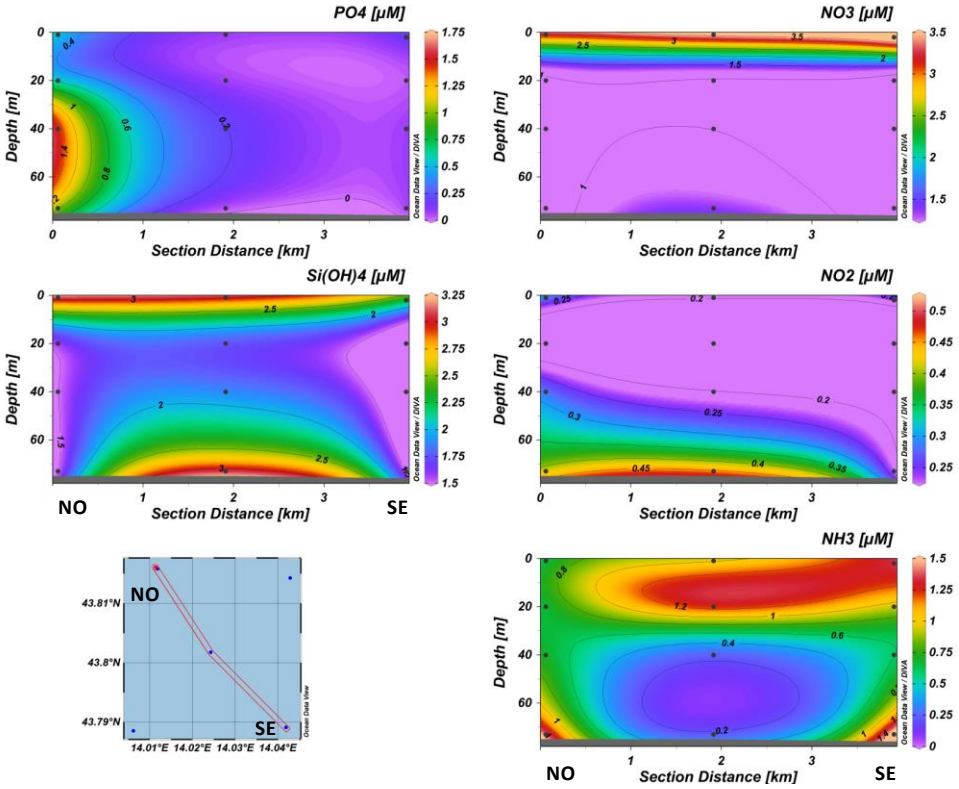


Fig. 2.24a - Sezioni verticali delle stazioni CL8, CL0 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati ($Si(OH)_4$) e ammoniaca (NH_3), espresse in µM. **Aprile 2015**.

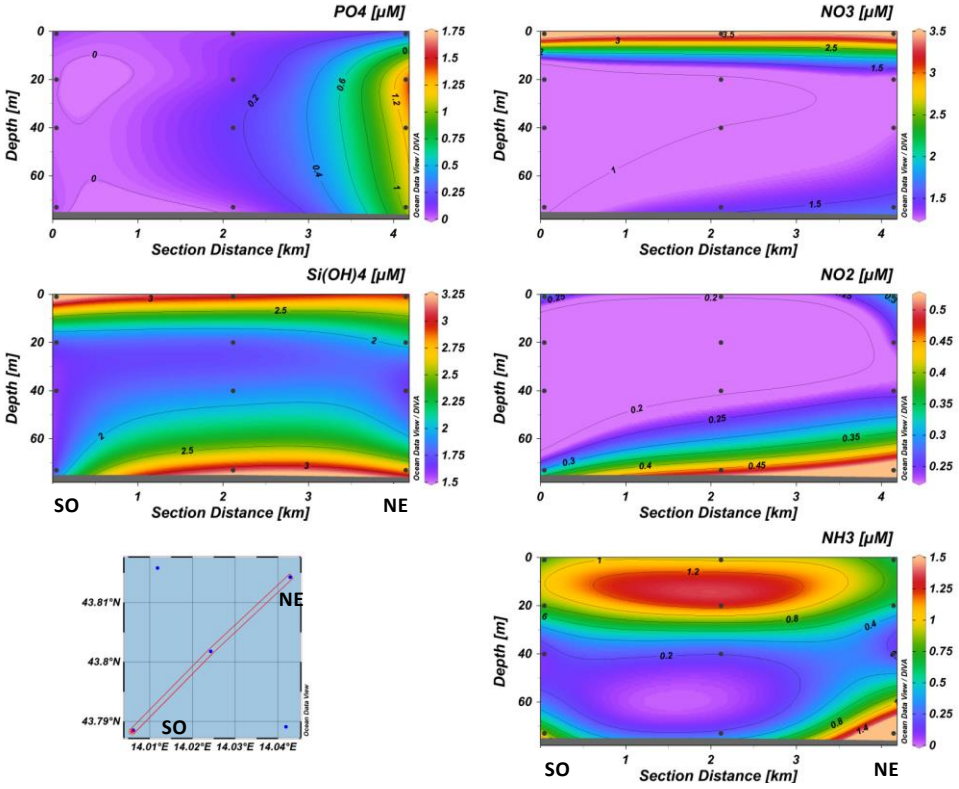


Fig. 2.24b - Sezioni verticali delle stazioni CL5, CL0 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati ($Si(OH)_4$) e ammoniaca (NH_3), espresse in µM. **Aprile 2015**.

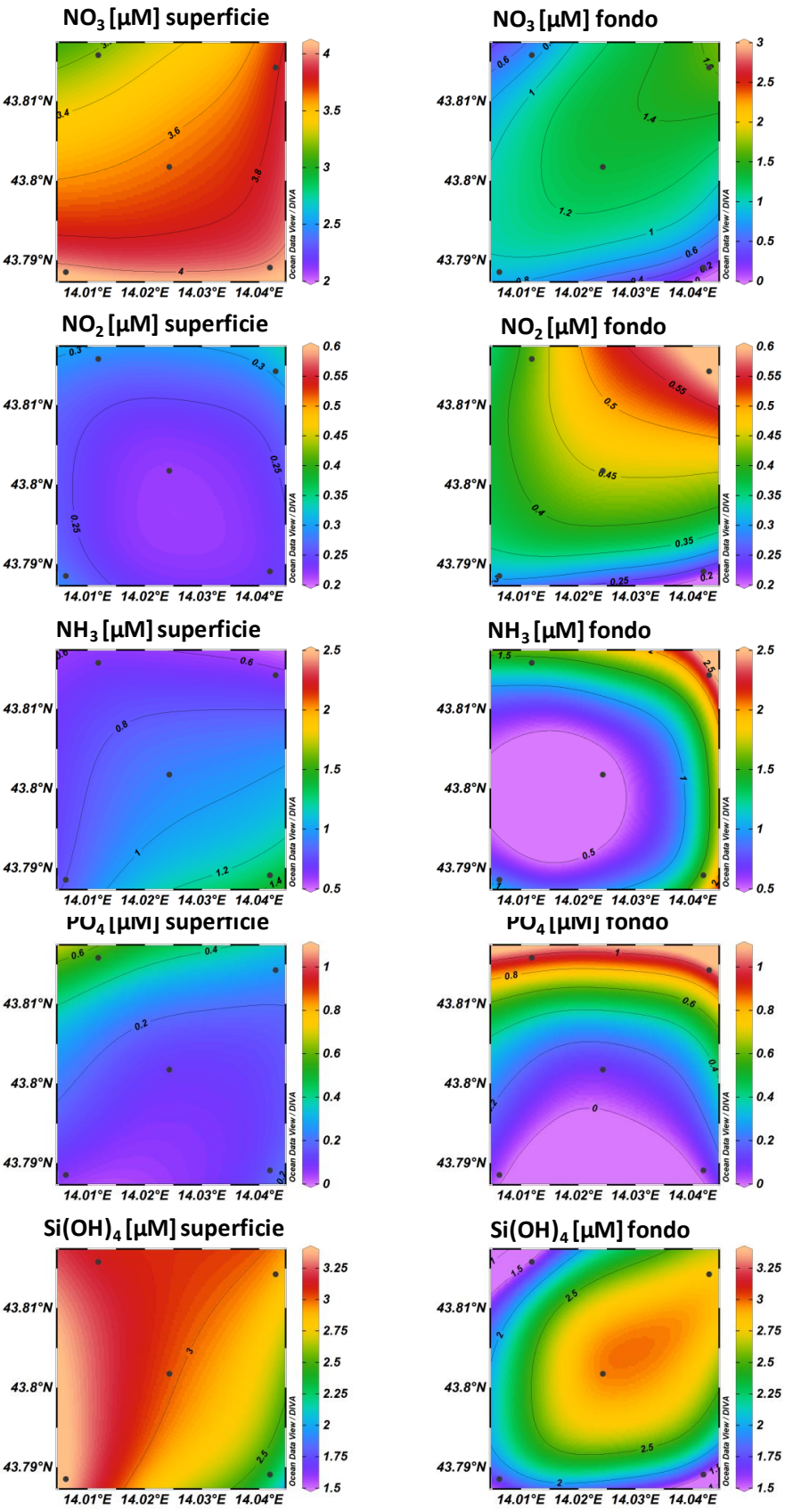


Fig. 2.25 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ammoniaca (NH_3),ortofosfati (PO_4) e ortosilicati ($Si(OH)_4$) espresse in µM, in superficie e al fondo. **Aprile 2015**.

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

Nel **dicembre 2014** (figg. 2.26 e 2.27) i pigmenti clorofilliani hanno in generale presentato concentrazioni più elevate verso la superficie.

La clorofilla *a* (Chl *a*) ha mostrato concentrazioni tra 100,88 ng/l a 40 m della stazione CL6, e 495,09 ng/l alla stessa quota della CL5. La componente di clorofilla *b* (Chl *b*) è risultata prevalente rispetto alla clorofilla *c* (Chl *c*), con medie rispettivamente pari a 40,23±3,11 ng/l e a 24,37±2,97 ng/l. La Chl *b* ha presentato dei picchi al centro dell'area investigata, con un massimo di 70,13 ng/l alla quota superficiale della CL0. I massimi di Chl *c* sono stati raggiunti alla superficie e a -20 m rispettivamente delle stazioni CL7 e CL5.

La concentrazione di materiale particellato (TSM) è stata mediamente pari a 1,68±0,14 mg/l con il valore massimo (3,48 mg/l) misurato al fondo nella stazione CL5.

A **febbraio 2015** (figg. 2.28 e 2.29) le concentrazioni di tutti i fitopigmenti sono aumentate rispetto a dicembre. Chl *a* ha presentato una concentrazione media di 564,45±15,20 ng/l e un massimo di 665,67 ng/l nella stazione CL8 alla quota dei 20 m. Chl *b* ha mostrato una concentrazione media di 115,64±5,48 ng/l con massimo di 172,52 ng/l (CL0, -40 m). La Chl *c*, triplicata rispetto a dicembre (media 80,09±4,36 ng/l, massimo 107,70 ng/l a -20 m della CL0), ha comunque continuato a rappresentare la componente clorofilliana con la concentrazione minore. Anche il TSM è mediamente aumentato ripsetto a dicembre sia nella media (3,15±0,24 mg/l) che nei massimi, con la più alta concentrazione pari a 5,52 mg/l, al fondo della stazione CL0.

A **marzo** i valori sono stati mediamente inferiori rispetto alla situazione di febbraio (Chl *a*: 243,01±18,88 ng/l; Chl *b*: 42,63±3,95 ng/l; Chl *c*: 10,23±0,84 ng/l). I picchi di Chl *a* e Chl *c* sono stati osservati nell'area centrale tra le quote di 20 e 40 m (figg. 2.30 e 2.31). In particolare, la Chl *a* ha presentato un massimo di 398,79 ng/l nella stazione CL0 quota 40 m, mentre la Chl *c* ha raggiunto il picco nella stessa stazione ma a -20 m (19,08 ng/l). La Chl *b*, invece, ha mostrato un massimo di 74,61 ng/l in CL7 (-40 m). Durante questa campagna, le concentrazioni di materiale sospeso (TSM) sono apparse simili a quelle rilevate nel periodo precedente (3,21±0,22 mg/l; massimo di 5,09 mg/l in CL5, in superficie).

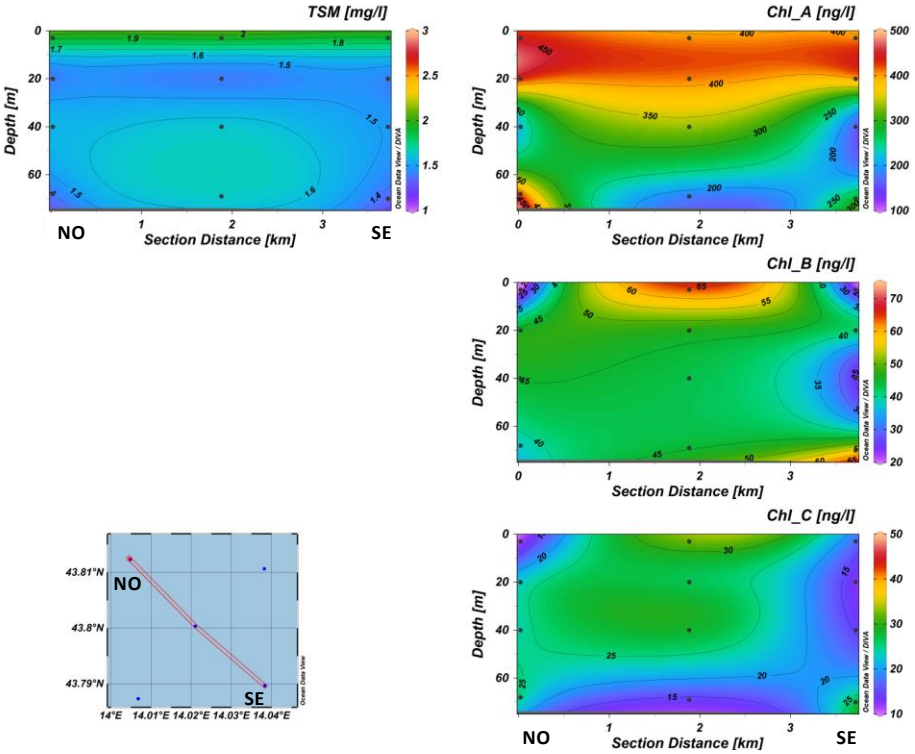


Fig. 2.26a - Sezione verticale delle stazioni CL8, CL0 e CL6 rappresentante le concentrazioni di particellato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Dicembre 2014**.

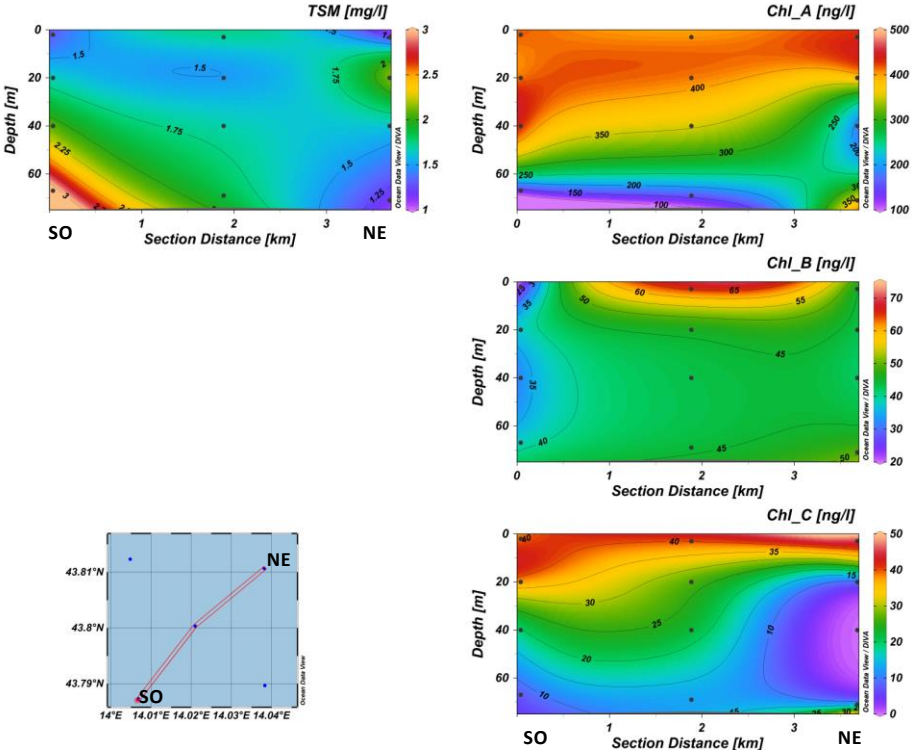


Fig. 2.26b - Sezione verticale delle stazioni CL5, CL0 e CL7 rappresentante le concentrazioni di particellato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Dicembre 2014**.

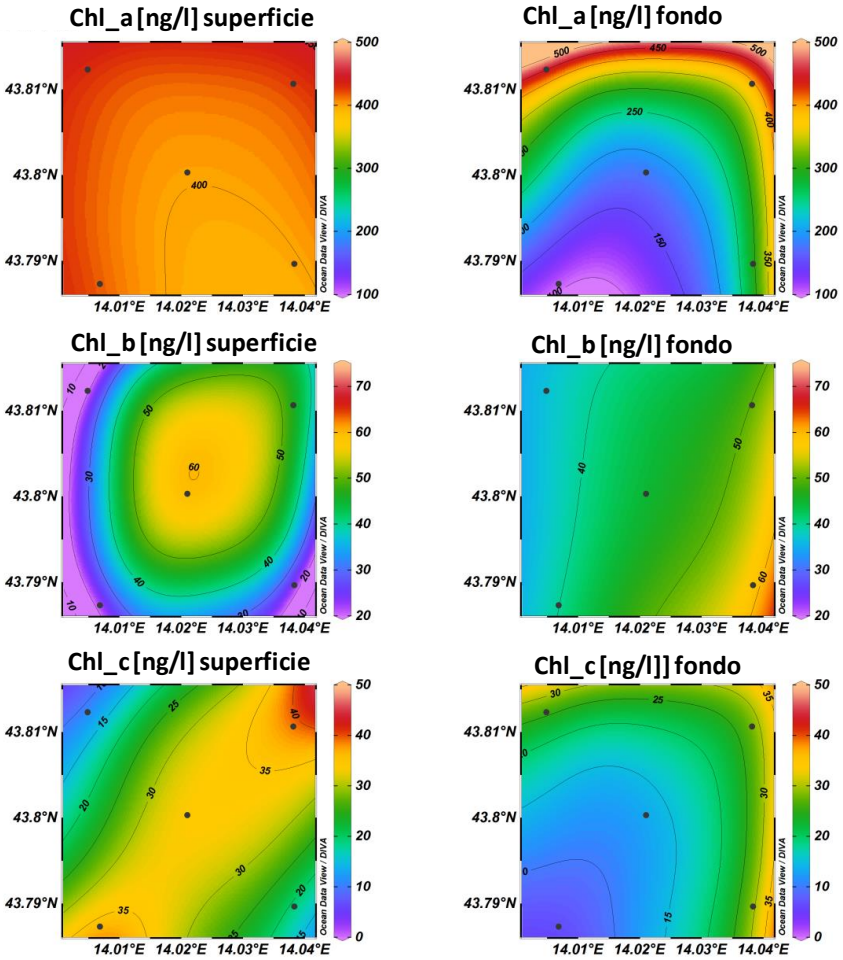


Fig. 2.27 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in ng/l. **Dicembre 2014**.

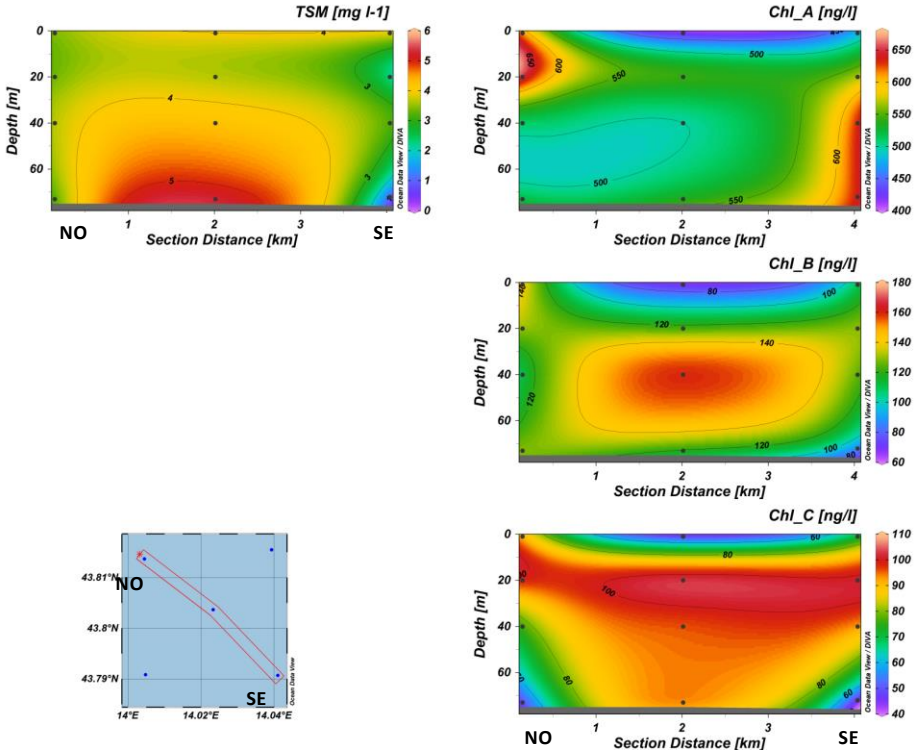


Fig. 2.28a - Sezione verticale delle stazioni CL8, CL0 e CL6 rappresentante le concentrazioni di particellato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Febbraio 2015**.

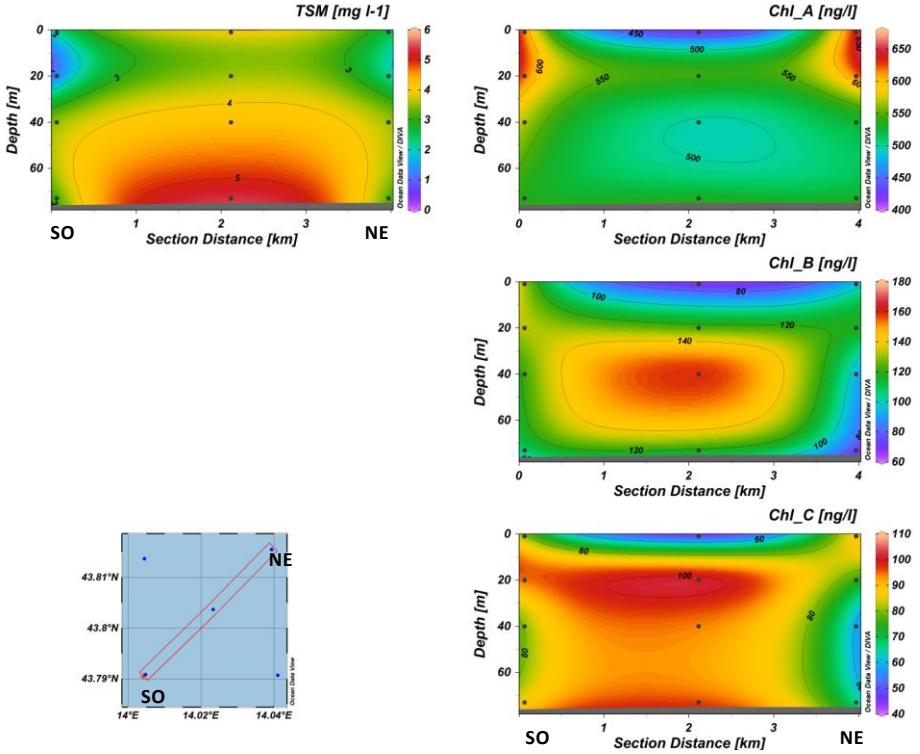


Fig. 2.28b - Sezione verticale delle stazioni CL5, CL0 e CL7 rappresentante le concentrazioni di particellato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Febbraio 2015**.

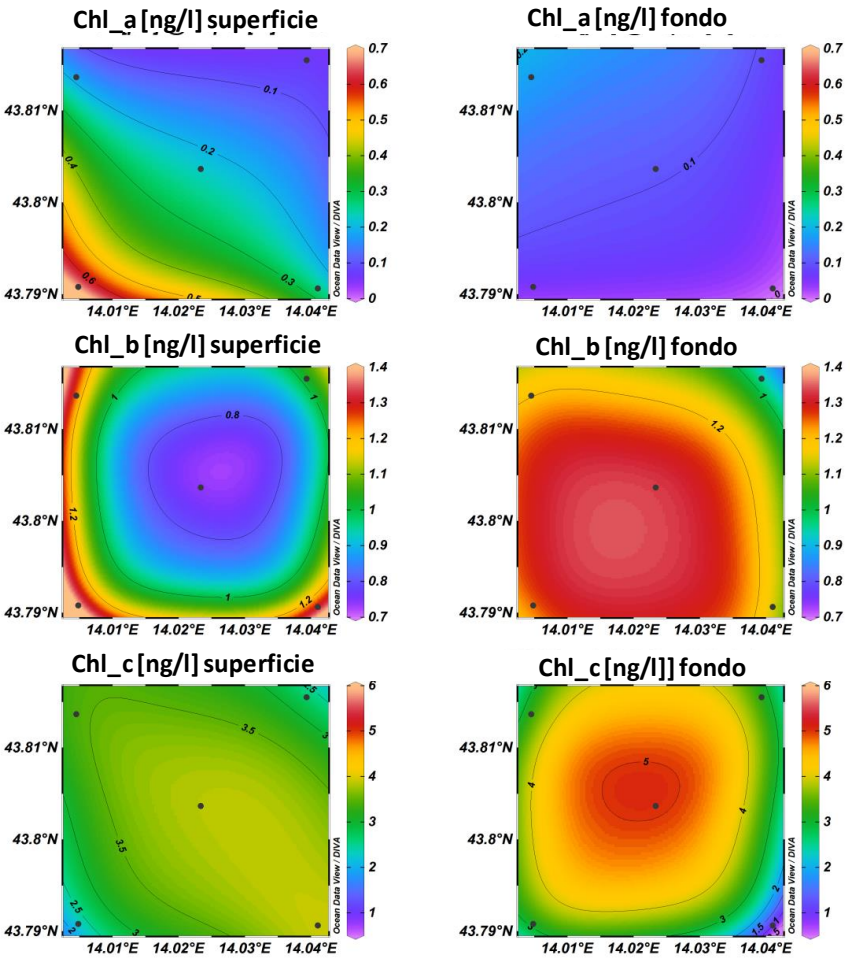


Fig. 2.29 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in ng/l. **Febbraio 2015**.

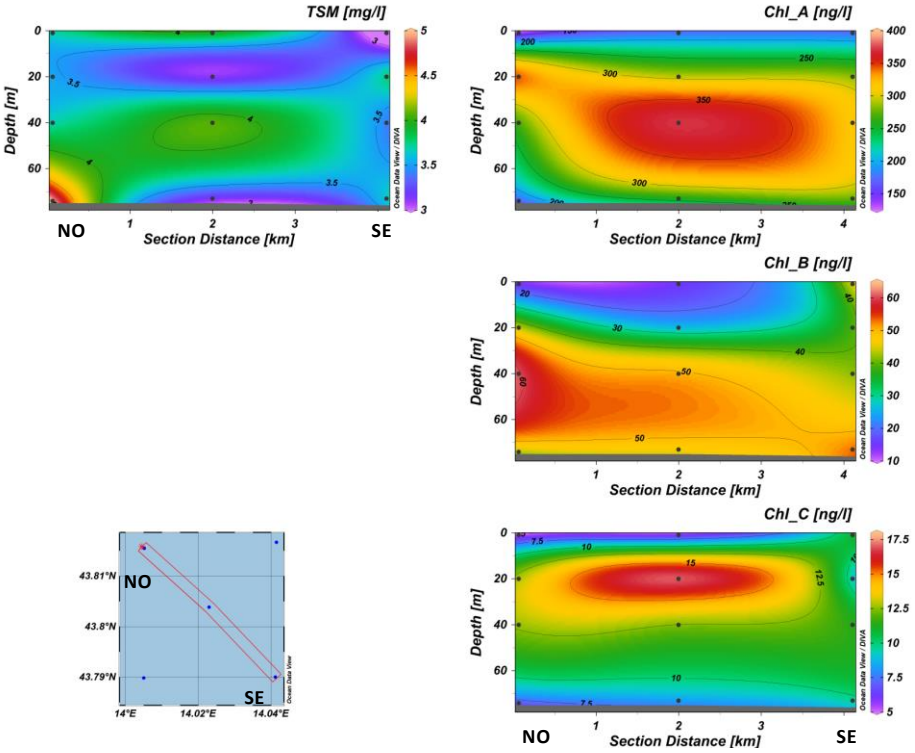


Fig. 2.30a - Sezione verticale delle stazioni CL8, CL0 e CL6 rappresentante le concentrazioni di particellato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Marzo 2015**.

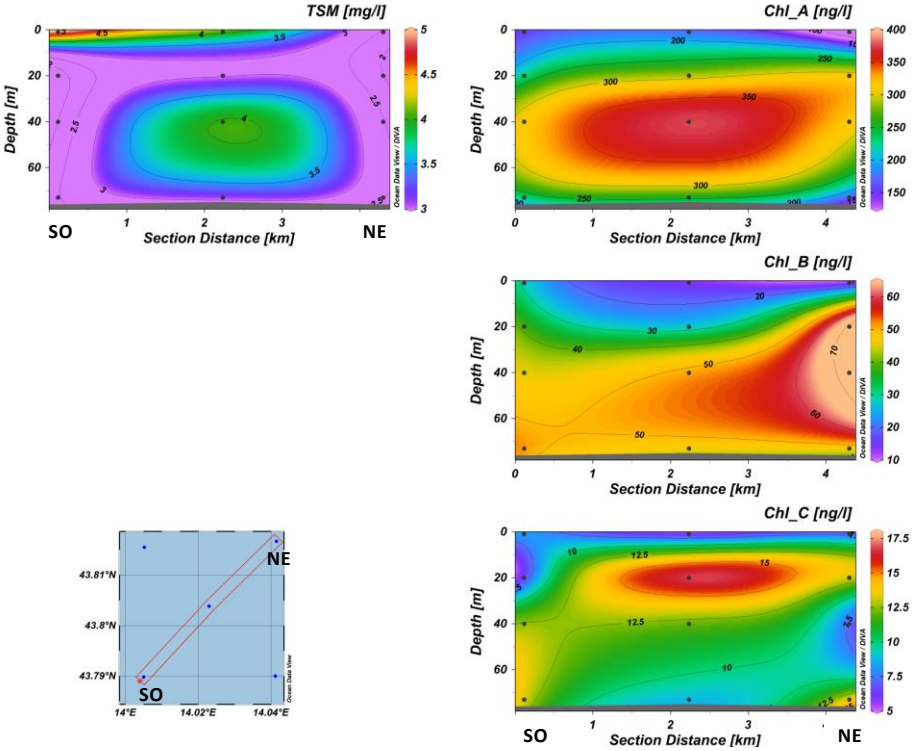


Fig. 2.30b - Sezione verticale delle stazioni CL5, CL0 e CL7 rappresentante le concentrazioni di particellato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Marzo 2015**.

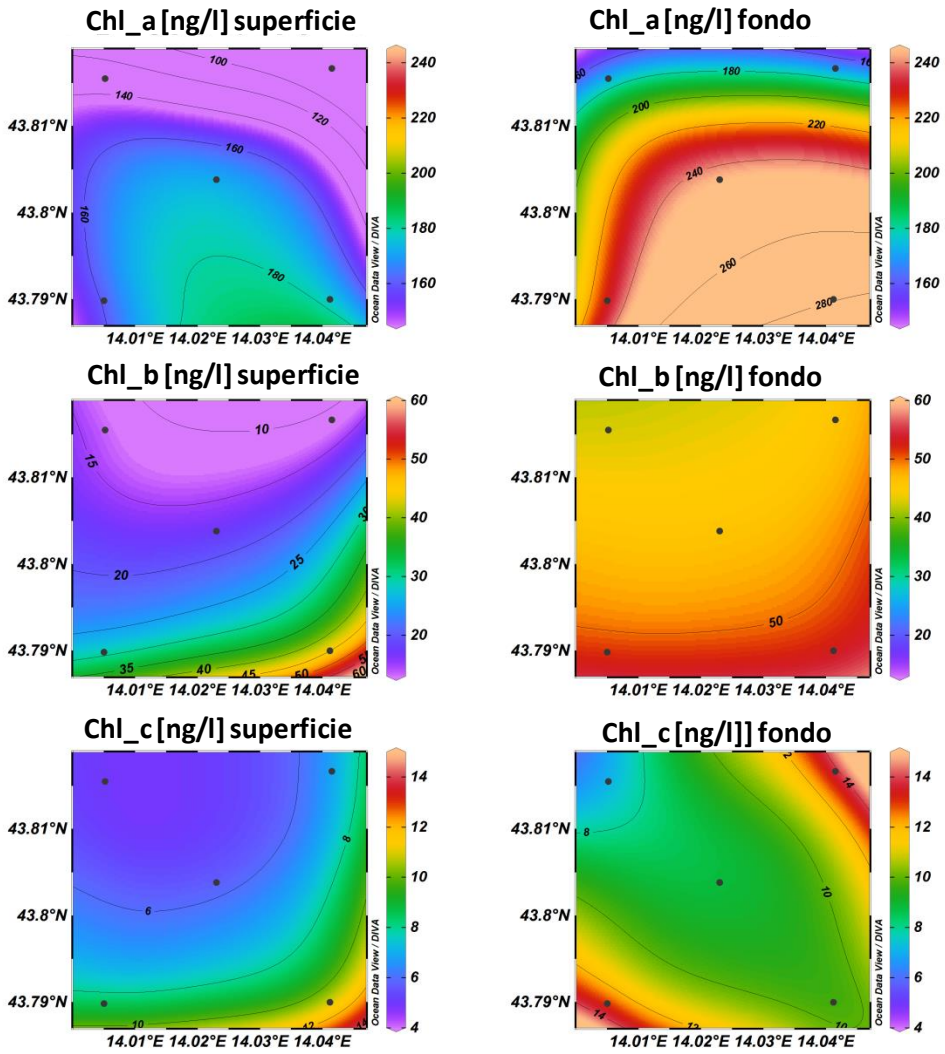


Fig. 2.31 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in ng/l. **Marzo 2015**.

Infine, ad **aprile** (figg. 2.32 e 2.33) le concentrazioni medie sono rimaste simili a quelle di marzo (Chl *a*: 258,47±18,03 ng/l; Chl *b*: 38,26±4,13 ng/l; Chl *c*: 11,51±1,82 ng/l).

I picchi di Chl *a* sono stati osservati verso Nord alla quota di 40 m (CL7: 440,24 ng/l; CL8: 425,50 ng/l). La Chl *b* ha mostrato un aumento verso il fondo, con un massimo di 72,46 ng/l nella stazione CL6 a 40 m, molto simile alla concentrazione rilevata sul fondo della CL7 (71,80 ng/l). La Chl *c* è stata rilevata prevalentemente nella stazione centrale, CL0, dove è stata registrata la sua massima concentrazione alla quota di 40 m (32,33 ng/l).

Durante questa campagna i solidi sospesi sono risultati mediamente più abbondanti rispetto al periodo precedente (4,05±0,39 mg/l) con valori maggiori verso il fondo dove è stata misurata la concentrazione massima, pari a 8,52 mg/l, nella stazione CL8.

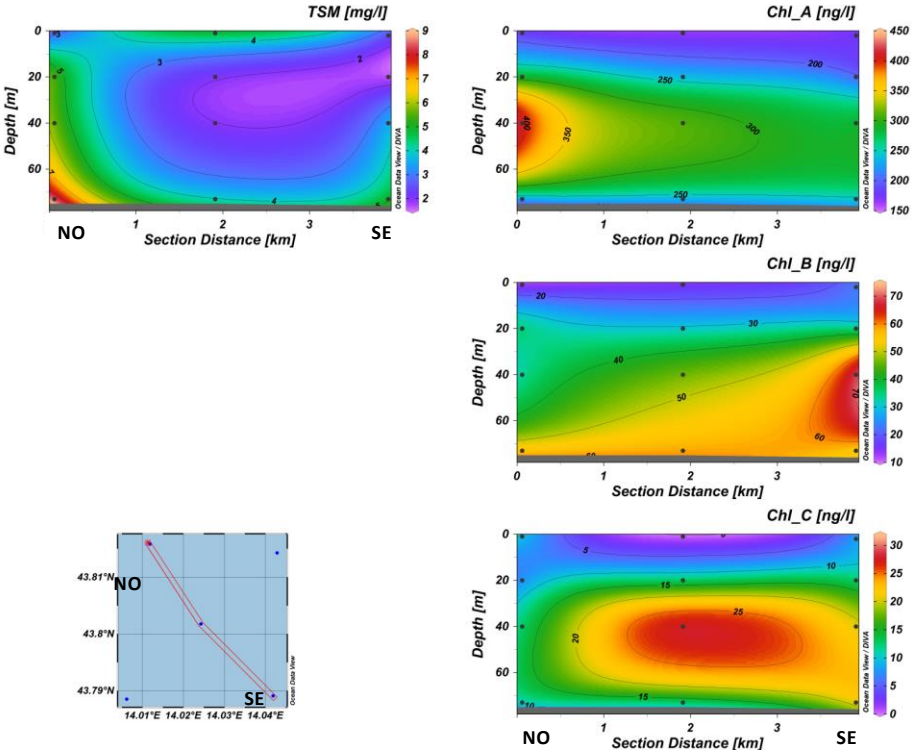


Fig. 2.32a - Sezione verticale delle stazioni CL8, CL0 e CL6 rappresentante le concentrazioni di particellato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Aprile 2015**.

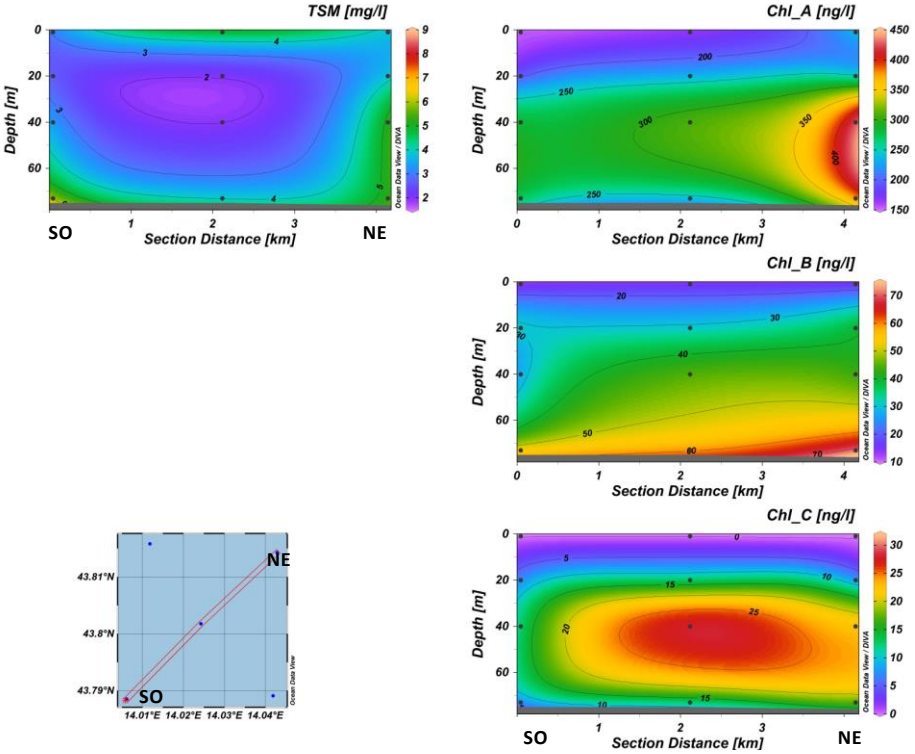


Fig. 2.32b - Sezione verticale delle stazioni CL5, CL0 e CL7 rappresentante le concentrazioni di particellato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Aprile 2015**.

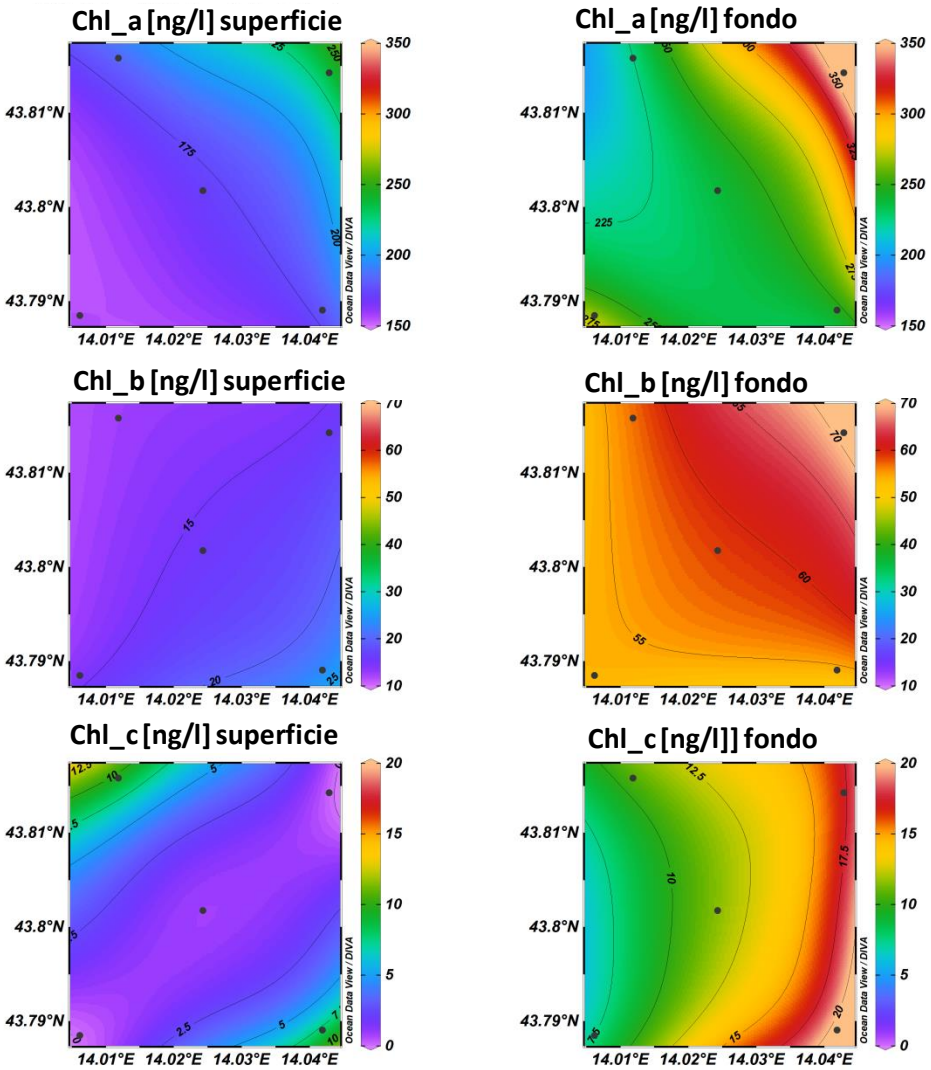


Fig. 2.33 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in ng/l. **Aprile 2015**.

2.2.1.4 Confronto tra l'area della futura piattaforma e le stazioni di controllo

Per stimare la variabilità nell'area esaminata e, in particolare, evidenziare eventuali differenze fra la stazione centrale (CL0) e le quattro stazioni localizzate a circa 2000 m da essa, è stata applicata l'analisi della varianza per tutti i parametri. L'analisi ha messo in evidenza differenze significative a livello $p<0,05$ solo in febbraio per TSM (che risulta maggiore nella stazione CL0; fig. 2.34) e per Chl *a* (concentrazione maggiore nelle stazioni a 2000 m; fig. 2.35). Non sono emerse differenze significative per tutti gli altri parametri analizzati nella colonna d'acqua. Si può quindi concludere che nel periodo considerato le condizioni fisico-chimiche e biologiche nell'area in esame sono generalmente caratterizzate da una bassa variabilità.

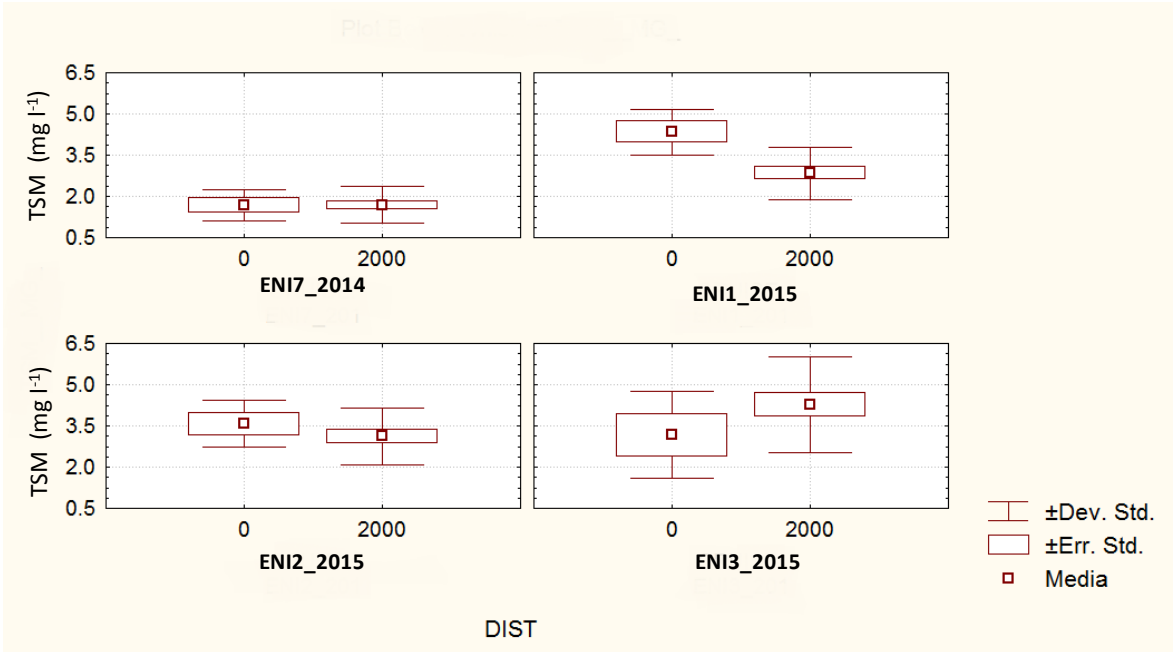


Fig. 2.34 - Box-plot della concentrazione di TSM (in mg/l) nella stazione CL0 (DIST 0) e nelle stazioni a 2000 m (DIST 2000, staz. CL5, CL6, CL7, CL8), nelle campagne di dicembre 2014, ENI7_2014, febbraio 2015, ENI1_2015, marzo 2015, ENI2_2015 e aprile 2015 ENI3_2015. Le differenze sono significative a livello p<0,05 nella campagna ENI1_2015 - febbraio 2015 (analisi e grafico realizzati con il software STATISTICA).

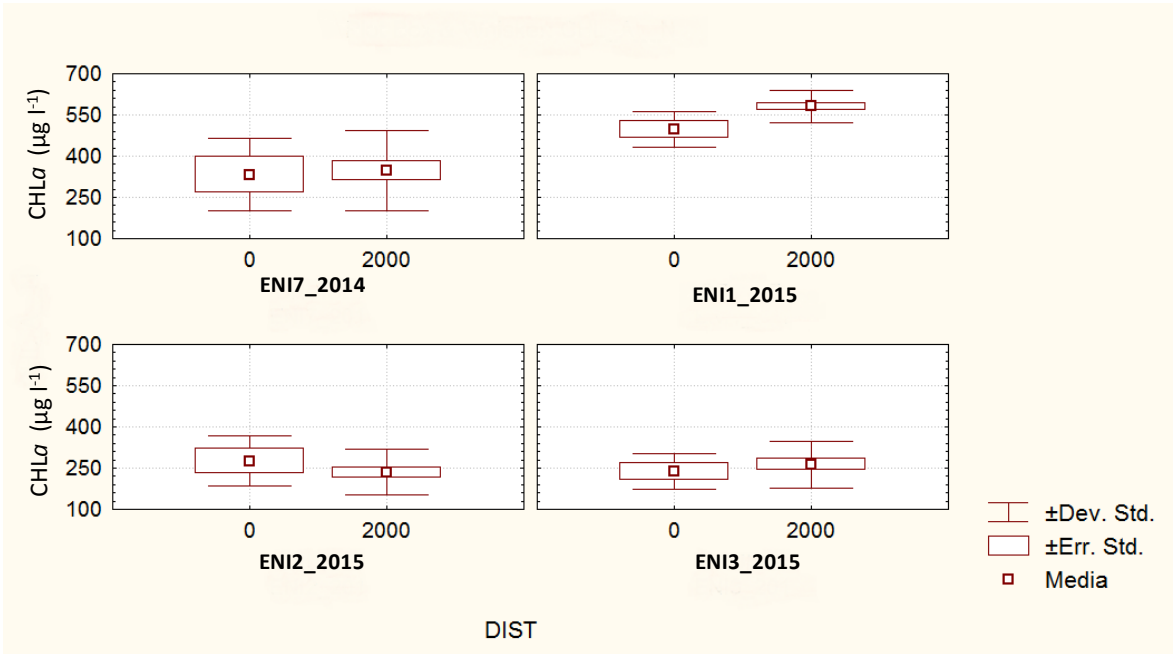


Fig. 2.35 - Box-plot della concentrazione di Chl *a* (in ng/l) nella stazione CL0 (DIST 0) e nelle stazioni a 2000 m (DIST 2000, stazioni CL5, CL6, CL7, CL8), nelle campagne di dicembre 2014, ENI7_2014, febbraio 2015, ENI1_2015, marzo 2015, ENI2_2015 e aprile 2015 ENI3_2015. Le differenze sono significative a livello p<0,05 nella campagna ENI1_2015 - febbraio 2015 (analisi e grafico realizzati con il software STATISTICA).

2.2.1.5 Idrocarburi totali, Idrocarburi alifatici, Idrocarburi Policiclici Aromatici, BTEX

Tutti questi composti eccetto gli IA sono risultati ovunque, e in tutti i survey, al di sotto dei limiti di rilevabilità strumentale (Tabb. 2-XV e 2-XVI). Gli IA sono stati rilevati a febbraio nel 60% dei campioni, con un range variabile tra 1,1 µg/l e 2,1 µg/l, e a marzo solo sul fondo della stazione CL8.

Tab. 2-XV - Concentrazioni (µg/l) di Idrocarburi totali (IC, n-esano), Idrocarburi Alifatici (IA, C10-C32) e Idrocaruri Policiclici Aromatici (IPA, 16 IPA) registrate nelle diverse stazioni e alle diverse quote nei quattro pre-survey condotti in dicembre 2014, febbraio, marzo e aprile 2015.

Stazione	1° pre-survey			2° pre-survey			3° pre-survey			4° pre-survey		
	IC	IA	IPA	IC	IA	IPA	IC	IA	IPA	IC	IA	IPA
CL0 sup	< 30	< 1	<0,01	<30	1,3	<0,01	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL 0 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	1,5	<0,01	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL 0 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL 0 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL 5 sup	< 30	< 1	<0,01	<30	1,7	<0,01	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL 5 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	1,1	<0,01	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL 5 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL 5 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	1,0	<0,01	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL 6 sup	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL 6 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL 6 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	1,1	<0,01	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL 6 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL 7 sup	< 30	< 1	<0,01	<30	1,9	<0,01	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL 7 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL 7 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	1,1	<0,01	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL 7 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	2,1	<0,01	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL 8 sup	< 30	< 1	<0,01	<30	1,7	<0,01	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL 8 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	1,2	<0,01	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL 8 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL 8 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	1,3	<0,01	< 30	< 1	<0,01

Tab. 2-XVI - Microinquinanti organici (BTEX; µg/l) determinati nelle diverse stazioni e alle diverse quote nel corso dei quattro pre-survey condotti in dicembre 2014, febbraio, marzo e aprile 2015.

	1° pre-survey					2° pre-survey				
Stazione	**Benzene**	**Etilbenzene**	**Stirene**	**Toluene**	**Xilene**	**Benzene**	**Etilbenzene**	**Stirene**	**Toluene**	**Xilene**
CL0 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 0 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 0 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 0 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 5 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 5 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 5 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 5 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 6 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 6 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 6 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 6 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 7 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 7 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 7 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 7 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 8 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 8 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 8 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 8 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1

	3° pre-survey					4° pre-survey				
Stazione	**Benzene**	**Etilbenzene**	**Stirene**	**Toluene**	**Xilene**	**Benzene**	**Etilbenzene**	**Stirene**	**Toluene**	**Xilene**
CL0 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 0 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 0 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 0 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 5 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 5 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 5 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 5 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 6 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 6 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 6 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 6 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 7 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 7 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 7 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 7 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 8 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 8 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 8 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL 8 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1

2.2.1.6 Glicole etilenico

Il Glicole etilenico è stato rilevato esclusivamente nel dicembre 2014 in corrispondenza della stazione CL6, alla quota di 20 m.

Tab. 2-XVII - Concentrazioni (mg/l) di Glicole etilenico registrate nelle diverse stazioni e alle diverse quote nel corso dei quattro pre-survey condotti in dicembre 2014, febbraio, marzo e aprile 2015.

Stazione	1° pre-survey	2° pre-survey	3° pre-survey	4° pre-survey
CL0 sup	< 10	< 10	< 10	< 10
CL 0 20 m	< 10	< 10	< 10	< 10
CL 0 40 m	< 10	< 10	< 10	< 10
CL 0 fondo	< 10	< 10	< 10	< 10
CL 5 sup	< 10	< 10	< 10	< 10
CL 5 20 m	< 10	< 10	< 10	< 10
CL 5 40 m	< 10	< 10	< 10	< 10
CL 5 fondo	< 10	< 10	< 10	< 10
CL 6 sup	< 10	< 10	< 10	< 10
CL 6 20 m	144	< 10	< 10	< 10
CL 6 40 m	< 10	< 10	< 10	< 10
CL 6 fondo	< 10	< 10	< 10	< 10
CL 7 sup	< 10	< 10	< 10	< 10
CL 7 20 m	< 10	< 10	< 10	< 10
CL 7 40 m	< 10	< 10	< 10	< 10
CL 7 fondo	< 10	< 10	< 10	< 10
CL 8 sup	< 10	< 10	< 10	< 10
CL 8 20 m	< 10	< 10	< 10	< 10
CL 8 40 m	< 10	< 10	< 10	< 10
CL 8 fondo	< 10	< 10	< 10	< 10

2.2.1.7 Metalli pesanti

Nel **dicembre 2014** (Tab. 2-XVIII) l'alluminio è sempre stato inferiore al limite di rilevabilità, a parte su una quota di 4 stazioni (CL0, CL5, CL7 e CL8). Arsenico e bario sono risultati sempre rilevabili con un andamento pressoché costante in tutte le stazioni, variando rispettivamente tra 1,74 µg/l (CL5 e CL7, -20 m) e 2,16 µg/l (CL6, fondo) e tra un minimo di 6,74 µg/l (CL6, -40 m) e un massimo di 8,49 µg/l (CL8, fondo). Anche nichel, vanadio e silicio sono sempre stati misurati, con un range rispettivamente di 0,23-2,17 µg/l (fondo delle stazioni CL6 e CL8 rispettivamente), di 0,38-0,83 µg/l (superficie di CL0 e fondo di CL8) e di 0,18-0,39 µg/l (CL7, -20 m e CL6, fondo). Il cadmio è stato rilevato solo sul fondo delle stazioni CL0 e CL8, il cromo e il rame sul fondo della CL8 così come lo zinco, rilevato però anche sulla superficie della CL0; il mercurio è stato osservato a due differenti quote della CL0 e della CL7 e il ferro sul fondo delle stazioni CL7 e CL8. Il piombo è stato rilevato in più di metà dei campioni, ma con concentrazioni

quasi sempre prossime al limite di rilevabilità, ad eccezione di un massimo di 1,32 µg/l registrato al fondo della CL8. L'indio, infine, è risultato ovunque non rilevabile.

Tab. 2-XVIII – Metalli pesanti (µg/l) determinati nelle diverse stazioni e alle diverse quote nel corso dei quattro pre-survey.

	1° pre-survey (dicembre 2014)													
Stazione	**Al**	**Ba**	**Cd**	**Cr**	**Hg**	**Ni**	**Pb**	**Cu**	**V**	**Zn**	**As**	**Fe**	**In**	**Si**
CL0 sup	<0,1	7,75	<0,1	<0,1	0,33	0,65	0,41	<0,1	0,38	1,09	1,93	<5	< 0,1	0,30
CL 0 20 m	0,95	7,37	<0,1	<0,1	0,06	0,55	0,12	<0,1	0,49	<0,1	1,81	<5	< 0,1	0,35
CL 0 40 m	<0,1	6,88	<0,1	<0,1	<0,05	0,50	0,17	<0,1	0,41	<0,1	1,75	<5	< 0,1	0,33
CL 0 fondo	<0,1	6,95	0,06	<0,1	<0,05	0,28	<0,1	<0,1	0,53	<0,1	1,90	<5	< 0,1	0,37
CL 5 sup	<0,1	7,20	<0,1	<0,1	<0,05	0,38	<0,1	<0,1	0,57	<0,1	1,87	<5	< 0,1	0,22
CL 5 20 m	<0,1	7,20	<0,1	<0,1	<0,05	0,43	0,16	<0,1	0,68	<0,1	1,74	<5	< 0,1	0,24
CL 5 40 m	0,31	7,44	<0,1	<0,1	<0,05	0,45	0,09	<0,1	0,64	<0,1	1,90	<5	< 0,1	0,22
CL 5 fondo	<0,1	7,35	<0,1	<0,1	<0,05	0,51	0,13	<0,1	0,71	<0,1	1,83	<5	< 0,1	0,36
CL 6 sup	<0,1	6,98	<0,1	<0,1	<0,05	0,34	0,07	<0,1	0,41	<0,1	1,88	<5	< 0,1	0,25
CL 6 20 m	<0,1	7,13	<0,1	<0,1	<0,05	0,38	<0,1	<0,1	0,57	<0,1	2,00	<5	< 0,1	0,27
CL 6 40 m	<0,1	6,74	<0,1	<0,1	<0,05	0,37	<0,1	<0,1	0,45	<0,1	1,77	<5	< 0,1	0,32
CL 6 fondo	<0,1	7,10	<0,1	<0,1	<0,05	0,23	<0,1	<0,1	0,67	<0,1	2,16	<5	< 0,1	0,39
CL 7 sup	<0,1	7,28	<0,1	<0,1	<0,05	0,51	0,06	<0,1	0,47	<0,1	1,89	<5	< 0,1	0,26
CL 7 20 m	<0,1	7,21	<0,1	<0,1	<0,05	0,84	0,05	<0,1	0,56	<0,1	1,74	<5	< 0,1	0,18
CL 7 40 m	<0,1	7,26	<0,1	<0,1	0,18	0,39	0,07	<0,1	0,55	<0,1	2,04	<5	< 0,1	0,26
CL 7 fondo	0,96	7,04	<0,1	<0,1	0,08	0,53	0,25	<0,1	0,61	<0,1	2,13	8,97	< 0,1	0,37
CL 8 sup	<0,1	7,33	<0,1	<0,1	<0,05	0,31	<0,1	<0,1	0,64	<0,1	2,10	<5	< 0,1	0,27
CL 8 20 m	<0,1	7,52	<0,1	<0,1	<0,05	0,63	0,20	<0,1	0,66	<0,1	1,82	<5	< 0,1	0,24
CL 8 40 m	<0,1	7,30	<0,1	<0,1	<0,05	0,48	0,22	<0,1	0,64	<0,1	1,96	6,00	< 0,1	0,38
CL 8 fondo	7,93	8,49	0,16	0,10	<0,05	2,17	1,32	0,10	0,83	10,09	2,03	<5	< 0,1	0,38

	2° pre-survey (febbraio 2015)													
Stazione	**Al**	**Ba**	**Cd**	**Cr**	**Hg**	**Ni**	**Pb**	**Cu**	**V**	**Zn**	**As**	**Fe**	**In**	**Si**
CL0 sup	1,66	7,43	< 0,1	0,16	<0,05	0,64	0,10	0,36	1,67	14,38	1,77	< 5	< 0,1	0,16
CL 0 20 m	0,93	7,57	< 0,1	0,19	<0,05	0,36	< 0,1	< 0,1	1,64	< 0,1	1,88	< 5	< 0,1	0,14
CL 0 40 m	5,61	7,45	< 0,1	0,29	<0,05	1,76	0,39	1,68	1,66	12,06	1,80	10,61	< 0,1	0,18
CL 0 fondo	< 0,1	7,45	< 0,1	0,14	<0,05	0,37	< 0,1	< 0,1	1,61	< 0,1	1,75	< 5	< 0,1	0,13
CL 5 sup	< 0,1	7,56	< 0,1	0,14	<0,05	0,40	< 0,1	< 0,1	1,71	< 0,1	1,61	< 5	< 0,1	0,39
CL 5 20 m	1,56	7,47	< 0,1	0,16	<0,05	3,58	0,64	2,45	1,81	< 0,1	1,95	5,31	< 0,1	0,17
CL 5 40 m	< 0,1	7,47	< 0,1	0,11	<0,05	0,64	< 0,1	< 0,1	1,72	< 0,1	1,79	< 5	< 0,1	0,15
CL 5 fondo	0,30	7,25	< 0,1	0,15	<0,05	0,13	< 0,1	< 0,1	1,77	1,86	1,99	< 5	< 0,1	0,16
CL 6 sup	< 0,1	7,32	< 0,1	0,13	<0,05	0,19	< 0,1	< 0,1	1,66	1,04	1,80	< 5	< 0,1	0,12
CL 6 20 m	< 0,1	7,39	< 0,1	0,11	<0,05	0,28	< 0,1	< 0,1	1,63	< 0,1	1,73	< 5	< 0,1	0,13
CL 6 40 m	2,50	7,95	< 0,1	0,20	<0,05	0,49	0,20	0,55	1,61	5,06	1,88	< 5	< 0,1	0,17
CL 6 fondo	< 0,1	7,41	< 0,1	0,12	<0,05	0,18	< 0,1	< 0,1	1,64	< 0,1	1,85	< 5	< 0,1	0,18
CL 7 sup	1,15	7,75	< 0,1	0,16	<0,05	0,81	0,13	< 0,1	1,72	< 0,1	1,72	< 5	< 0,1	0,15
CL 7 20 m	0,23	7,43	< 0,1	0,12	<0,05	0,19	< 0,1	< 0,1	1,65	< 0,1	1,69	< 5	< 0,1	0,14
CL 7 40 m	0,20	< 0,1	< 0,1	< 0,1	<0,05	< 0,1	0,11	< 0,1	0,28	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,12
CL 7 fondo	5,00	8,10	< 0,1	0,35	<0,05	2,80	1,27	1,84	1,78	5,21	1,60	9,47	< 0,1	0,21
CL 8 sup	2,05	7,64	< 0,1	0,17	<0,05	0,22	< 0,1	< 0,1	1,71	< 0,1	1,87	< 5	< 0,1	0,15
CL 8 20 m	1,06	7,27	< 0,1	0,13	<0,05	0,19	< 0,1	< 0,1	1,70	< 0,1	1,88	< 5	< 0,1	0,17
CL 8 40 m	0,14	7,50	< 0,1	0,90	<0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,63	< 0,1	1,75	< 5	< 0,1	0,16
CL 8 fondo	2,03	7,86	< 0,1	0,16	<0,05	0,28	< 0,1	< 0,1	1,84	< 0,1	1,67	< 5	< 0,1	< 0,1

Tab. 2-XVIII – Continuo.

	3° pre-survey (marzo 2015)													
Stazione	**Al**	**Ba**	**Cd**	**Cr**	**Hg**	**Ni**	**Pb**	**Cu**	**V**	**Zn**	**As**	**Fe**	**In**	**Si**
CL0 sup	4,28	8,29	< 0,1	0,35	<0,05	< 0,1	0,32	0,46	1,54	44,93	1,50	5,42	< 0,1	0,18
CL 0 20 m	1,89	7,86	< 0,1	0,23	<0,05	0,75	< 0,1	< 0,1	1,48	< 0,1	1,63	< 5	< 0,1	0,15
CL 0 40 m	0,47	7,64	< 0,1	0,22	<0,05	0,55	< 0,1	< 0,1	1,58	< 0,1	1,37	< 5	< 0,1	0,16
CL 0 fondo	1,16	8,33	< 0,1	0,22	<0,05	0,70	< 0,1	< 0,1	1,60	< 0,1	1,64	< 5	< 0,1	0,15
CL 5 sup	2,79	8,29	< 0,1	0,21	<0,05	0,53	0,12	0,19	1,58	< 0,1	1,63	< 5	< 0,1	0,22
CL 5 20 m	1,37	7,87	< 0,1	0,24	<0,05	0,45	< 0,1	< 0,1	1,81	< 0,1	1,65	< 5	< 0,1	0,18
CL 5 40 m	4,35	8,73	< 0,1	0,29	<0,05	0,88	0,12	< 0,1	1,74	37,11	1,84	< 5	< 0,1	0,21
CL 5 fondo	3,35	8,99	< 0,1	0,35	<0,05	0,75	0,12	0,32	1,78	12,36	1,77	5,50	< 0,1	0,22
CL 6 sup	1,10	8,44	< 0,1	0,21	<0,05	0,44	< 0,1	0,36	1,64	< 0,1	1,67	< 5	< 0,1	0,17
CL 6 20 m	1,44	7,89	< 0,1	0,21	<0,05	0,36	< 0,1	< 0,1	1,55	< 0,1	1,44	< 5	< 0,1	0,15
CL 6 40 m	1,57	8,29	< 0,1	0,24	<0,05	0,31	< 0,1	< 0,1	1,63	< 0,1	1,58	< 5	< 0,1	0,16
CL 6 fondo	1,63	8,30	< 0,1	0,32	<0,05	0,48	< 0,1	< 0,1	1,61	< 0,1	1,70	< 5	< 0,1	0,14
CL 7 sup	0,85	8,25	< 0,1	0,24	<0,05	0,62	< 0,1	0,16	1,62	< 0,1	1,50	< 5	< 0,1	0,15
CL 7 20 m	5,44	8,26	< 0,1	0,30	<0,05	0,62	< 0,1	< 0,1	1,65	48,43	1,51	< 5	< 0,1	0,13
CL 7 40 m	4,58	8,23	< 0,1	0,14	<0,05	0,37	< 0,1	< 0,1	1,63	< 0,1	1,60	< 5	< 0,1	0,13
CL 7 fondo	0,51	8,20	< 0,1	0,23	<0,05	0,36	< 0,1	< 0,1	1,76	< 0,1	1,46	< 5	< 0,1	0,17
CL 8 sup	< 0,1	8,08	< 0,1	0,14	<0,05	0,27	< 0,1	< 0,1	1,71	< 0,1	1,57	< 5	< 0,1	0,18
CL 8 20 m	0,71	8,07	< 0,1	0,21	<0,05	0,34	< 0,1	< 0,1	1,76	< 0,1	1,56	< 5	< 0,1	0,18
CL 8 40 m	0,18	7,69	< 0,1	0,23	<0,05	0,33	< 0,1	< 0,1	1,75	< 0,1	1,66	< 5	< 0,1	0,17
CL 8 fondo	1,28	8,49	< 0,1	0,25	<0,05	0,46	< 0,1	< 0,1	1,73	< 0,1	1,63	< 5	< 0,1	0,15

	4° pre-survey (aprile 2015)													
Stazione	**Al**	**Ba**	**Cd**	**Cr**	**Hg**	**Ni**	**Pb**	**Cu**	**V**	**Zn**	**As**	**Fe**	**In**	**Si**
CL0 sup	2,34	9,45	< 0,1	0,27	<0,05	0,57	< 0,1	0,14	1,34	10,80	1,23	< 5	< 0,1	0,11
CL 0 20 m	1,80	7,39	< 0,1	0,36	<0,05	0,34	< 0,1	< 0,1	1,58	3,35	1,44	< 5	< 0,1	< 0,1
CL 0 40 m	2,46	7,76	< 0,1	0,32	<0,05	0,51	0,50	< 0,1	1,69	< 0,1	1,52	< 5	< 0,1	0,11
CL 0 fondo	1,84	7,72	< 0,1	0,28	<0,05	0,29	< 0,1	< 0,1	1,57	8,99	1,47	< 5	< 0,1	< 0,1
CL 5 sup	5,11	9,81	< 0,1	0,41	<0,05	0,88	0,21	< 0,1	1,64	4,70	1,44	7,41	< 0,1	0,16
CL 5 20 m	1,27	7,53	< 0,1	0,18	<0,05	0,40	< 0,1	0,21	1,73	< 0,1	1,52	< 5	< 0,1	0,11
CL 5 40 m	2,88	7,44	< 0,1	0,43	<0,05	0,55	< 0,1	0,69	1,69	< 0,1	1,45	6,34	< 0,1	0,14
CL 5 fondo	7,02	7,85	< 0,1	0,48	<0,05	1,80	0,23	< 0,1	1,94	< 0,1	1,60	< 5	< 0,1	0,14
CL 6 sup	7,31	9,32	< 0,1	0,68	<0,05	1,11	0,43	2,03	1,32	< 0,1	1,35	11,25	< 0,1	0,15
CL 6 20 m	5,04	8,02	< 0,1	0,37	<0,05	0,49	< 0,1	< 0,1	1,62	1,95	1,59	< 5	< 0,1	0,15
CL 6 40 m	2,14	7,63	< 0,1	0,56	<0,05	0,27	< 0,1	< 0,1	1,52	< 0,1	1,37	7,24	< 0,1	0,14
CL 6 fondo	1,61	8,01	< 0,1	0,83	<0,05	0,48	< 0,1	< 0,1	1,69	8,63	1,59	9,41	< 0,1	0,19
CL 7 sup	1,57	8,81	< 0,1	0,22	<0,05	0,51	< 0,1	< 0,1	1,57	< 0,1	1,50	5,19	< 0,1	0,18
CL 7 20 m	3,75	8,39	< 0,1	0,45	<0,05	0,54	< 0,1	< 0,1	1,66	8,64	1,65	5,06	< 0,1	0,14
CL 7 40 m	2,76	7,88	< 0,1	0,61	<0,05	0,42	< 0,1	< 0,1	1,61	10,30	1,65	9,12	< 0,1	0,16
CL 7 fondo	1,62	7,90	< 0,1	0,38	<0,05	0,31	< 0,1	< 0,1	1,71	< 0,1	1,50	< 5	< 0,1	0,18
CL 8 sup	1,25	9,52	< 0,1	0,28	<0,05	0,58	< 0,1	0,25	1,52	13,25	1,21	< 5	< 0,1	0,20
CL 8 20 m	0,16	7,83	< 0,1	0,20	<0,05	0,27	< 0,1	< 0,1	1,78	< 0,1	1,41	7,72	< 0,1	0,15
CL 8 40 m	0,46	7,85	< 0,1	0,21	<0,05	0,26	< 0,1	< 0,1	1,82	< 0,1	1,59	< 5	< 0,1	0,17
CL 8 fondo	1,57	7,92	< 0,1	0,44	<0,05	0,38	< 0,1	< 0,1	1,65	< 0,1	1,56	< 5	< 0,1	0,19

A **febbraio** l' alluminio è risultato piuttosto variabile, con un minimo di 0,14 µg/l a quota 40 m nella stazione CL8 e un massimo di 5,06 µg/l sempre alla stessa quota ma nella stazione CL0 (in alcuni campioni non è stato rilevato). Arsenico e bario, sempre presenti eccetto a 40 m della CL7, hanno presentato la consueta scarsa variabilità. L'arsenico ha

mostrato un range di 1,60-1,99 µg/l (rispettivamente al fondo della CL7 e CL5) e il bario di 7,25-8,10 µg/l, minimo e massimo registrati sul fondo delle stazioni CL5 e CL7. Anche il silicio e il cromo sono stati sempre misurato (eccetto il primo sul fondo della CL8 e il secondo a -40 m della CL7), con valori compresi rispettivamente tra 0,12 e 0,39 µg/l (quota superficiale delle stazioni CL6 e CL5) e tra 0,11 e 0,90 µg/l (CL5, -20 m e CL8, -40 m). Vanadio e nichel (quest'ultimo eccetto 2 quote) sono sempre stati rilevati, con un range rispettivamente di 0,28-1,84 µg/l (CL7, -40 m e CL8, fondo) e di 0,13-3,58 µg/l (CL5, fondo e -20 m).

Cadmio, mercurio, ferro (quest'ultimo escluse soltanto 3 quote) e indio sono risultati sempre al di sotto del limite di rilevabilità. Piombo, rame e zinco sono stati misurati in meno della metà dei campioni. Il piombo è oscillato tra 0,10 µg/l (CL0 in superficie) e 1,27 µg/l (CL7, fondo). Il rame ha presentato la minima concentrazione (0,36 µg/l) in superficie nella stazione CL0 e la massima (2,45 µg/l) nella CL5 a quota 20 m. Lo zinco, sempre piuttosto variabile, è oscillato tra 1,04 µg/l nella stazione CL6 in superficie e 14,38 µg/l sempre in superficie ma nella stazione CL0.

A **marzo** l'alluminio è stato quasi sempre rilevato ma con concentrazioni piuttosto basse (0,18-5,44 µg/l, rispettivamente in CL8, -40 m e CL7, -20 m). Arsenico e bario sono sempre stati misurati, con un andamento pressochè costante. L'arsenico è variato tra 1,37 µg/l (CL0, -40 m) e 1,84 (CL5, -40 m), mentre il bario ha mostrato un minimo di 7,64 µg/l a quota 40 m nella stazione CL0 e un massimo di 8,99 µg/l al fondo della CL5. Cadmio, mercurio e indio hanno continuato a rimanere sempre sotto il limite di rilevabilità. Piombo, rame, ferro e zinco sono stati rilevati soltanto in pochissimi campioni, corrispondenti a meno del 15% del totale. Cromo, nichel e vanadio sono sempre stati misurabili (eccetto Ni in superficie della CL0) e hanno mostrato andamenti relativamente costanti. Il cromo è variato tra 0,14 µg/l, in CL7 a quota 40 m e in CL8 in superficie, e 0,35 µg/l, in superficie della CL0 e sul fondo della CL5. Il nichel ha presentato una concentrazione minima di 0,27 µg/l (CL8, superficie) e una massima di 0,88 µg/l (CL5, -40 m). Il vanadio è invece oscillato tra 1,48 µg/l (CL0, -20 m) e 1,81 µg/l (CL5, -20 m). Infine il silicio, anch'esso sempre rilevabile, ha mostrato la consueta scarsa variabilità, mostrando valori oscillanti tra 0,13 µg/l (CL7, -20 e -40 m) e 0,22 µg/l (CL5, superficie e fondo).

Nell'ultimo survey (**aprile**) l'alluminio è risultato variabile, con un minimo di 0,16 µg/l nella stazione CL8 a quota 20 m e un massimo di 7,31 µg/l in superficie nella stazione CL6. Il bario, sempre presente e con valori pressoché costanti, è oscillato tra 7,39 e 9,81 µg/l (rispettivamente CL0, -20 m e CL5, superficie). Trend molto simile anche per

l'arsenico, che ha mostrato un range di 1,21-1,65 µg/l, minimo e massimo misurati rispettivamente in superficie della CL8 e alle quote di 20 e 40 m della CL7. Cadmio, mercurio e indio hanno continuato a restare sotto il limite di rilevabilità ovunque. Piombo e rame sono stati misurati in meno del 20% dei campioni, con concentrazioni prossime al limite di rilevabilità. Il ferro e lo zinco, piuttosto variabili, sono stati misurati in circa metà dei campioni, variando rispettivamente tra 5,06 µg/l alla quota 20 della CL7 e 11,25 µg/l in superficie della CL6 e tra 1,95 µg/l (CL6, -20 m) e 13,25 µg/l (CL8, superficie). Come nelle due precedenti campagne cromo, nichel, vanadio e silicio (quest'ultimo eccetto a -20 m e sul fondo della CL0) sono sempre stati rilevati e le loro concentrazioni sono risultate piuttosto costanti. Il cromo ha presentato un range tra 0,18 µg/l (CL5, -20 m) e 0,83 µg/l (CL6, fondo). Il nichel è variato tra 0,26 e 1,80 µg/l (CL8, -40 m e CL5, fondo rispettivamente). Il vanadio è oscillato tra 1,32 µg/l (CL6, superficie) e 1,94 µg/l (CL5, fondo), mentre il silicio ha mostrato un range molto ristretto (0,11-0,20 mg/l) con il minimo misurato in due quote della CL0 e a -20 m della CL5 e il massimo raggiunto in superficie della CL8.

2.2.2. INDAGINI SULLE COMUNITÀ PLANCTONICHE

2.2.2.1 Fitoplancton

Come già specificato nel Cap. 2.2.1.2, nella campagna condotta nel **dicembre 2014** non è stato possibile eseguire le indagini sui campioni raccolti alle quote 20 m, 40 m e fondo della stazione CL0.

In totale sono stati identificati 54 taxa appartenenti ai seguenti gruppi tassonomici: Diatomee (38), Dinoflagellate (9), Coccolitine (2), Criptoficee (3), Prasinoficee (1), Nanolagellati (1). Con il termine Nanoflagellati viene indicato il gruppo che include le forme sferiche di dimensioni ridotte (circa 5 µm) dotate di flagello appartenenti a classi diverse che, a causa delle ridotte dimensioni, non possono essere determinate a livello di specie.

Le abbondanze fitoplanctoniche sono variate da un minimo di 81.079 cell/dm^3 (st. CL6 al fondo, 68 m) a un massimo di 668.449 cell/dm^3 (st. CL5 a 20 m; Tab. 2-XIX).

Complessivamente le forme flagellate hanno prevalso in abbondanza, con un contributo medio dei Nanoflagellati indeterminati del 62% (fig. 2.36). In misura molto minore hanno contribuito le Diatomee (29%), le Dinoflagellate (5%) e le Criptoficee (4%). Altri taxa come le Coccolitoforidee o le Prasinoficee hanno contribuito poco alle abbondanze totali (contributo medio < 1%).

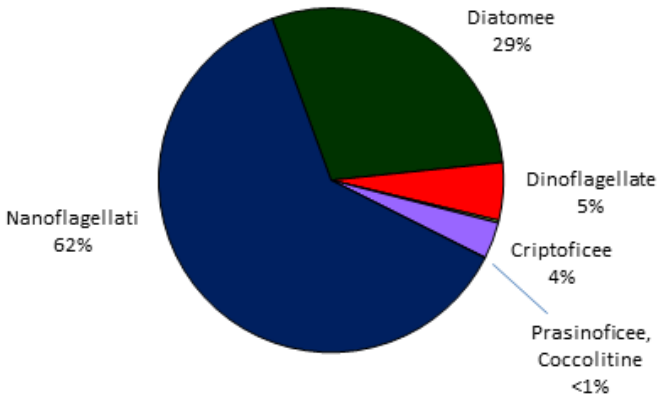


Fig. 2.36 - Dicembre 2014. Contributo percentuale medio dei principali gruppi tassonomici del fitoplancton.

Le abbondanze fitoplanctoniche hanno mostrato un andamento lungo la colonna caratterizzato da picchi di abbondanza tra la superficie e la quota di 40 m e da valori minimi al fondo (tra 65 m e 69 m; figg 2.37 - 2.39). In superficie le abbondanze maggiori si sono riscontrate alla stazione CL7 (534755 cell/dm^3) e i valori più bassi alle stazione

CL5 (255882 cell/dm^3). Al fondo le abbondanze maggiori si sono riscontrate alla stazione CL8 (268631 cell/dm^3) e quelle più basse in CL6 (81079 cell/dm^3).

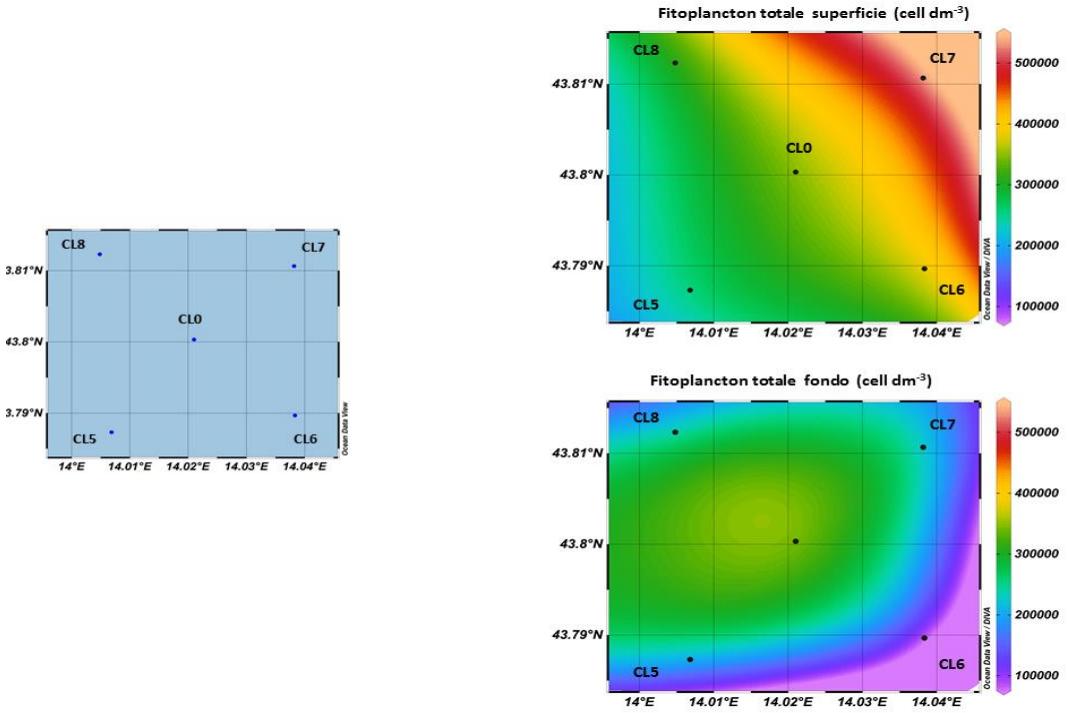


Fig. 2.37 - Dicembre 2014. Mappe areali delle abbondanze fitoplanctoniche espresse in cell/dm^3 in superficie e al fondo.

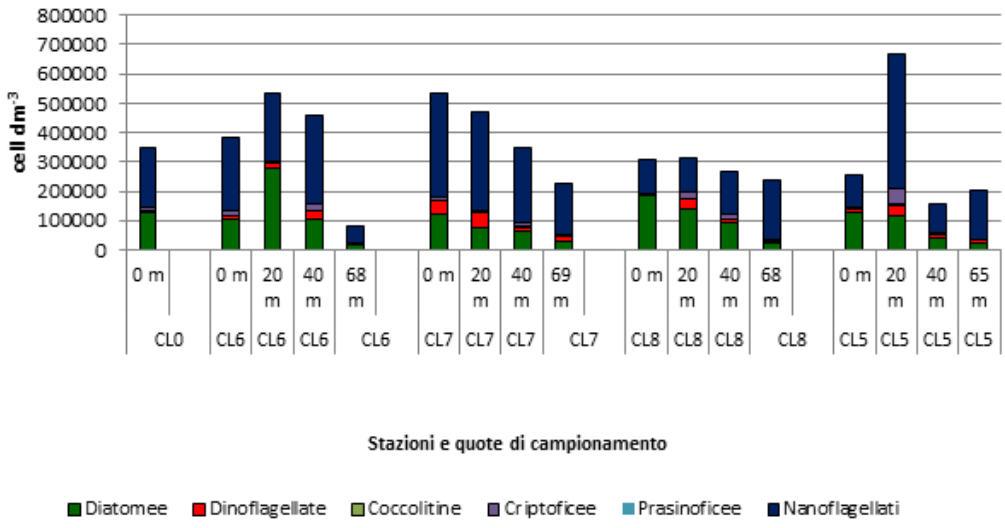


Fig. 2.38 - Dicembre 2014. Abbondanze dei taxa fitoplanctoinici rinvenuti durante il periodo di studio.

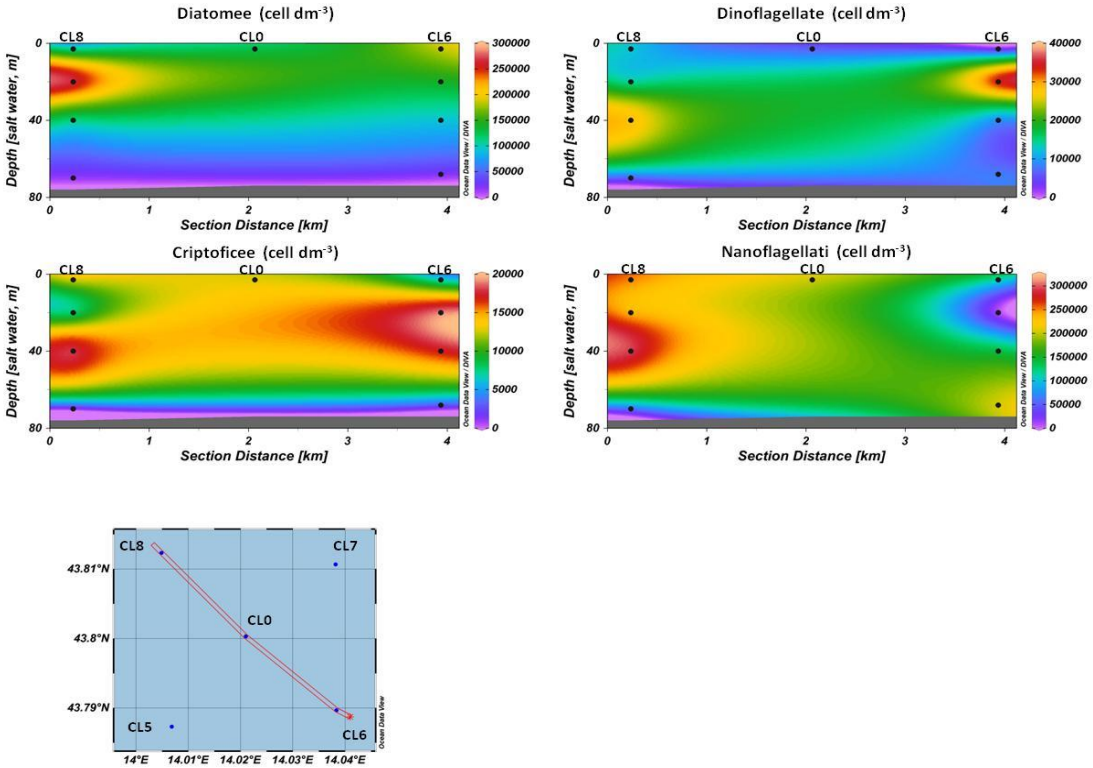


Fig. 2.39a - Dicembre 2014. Sezioni verticali delle abbondanze dei principali taxa fitoplanctonici; stazioni CL8, CL0 e CL6.

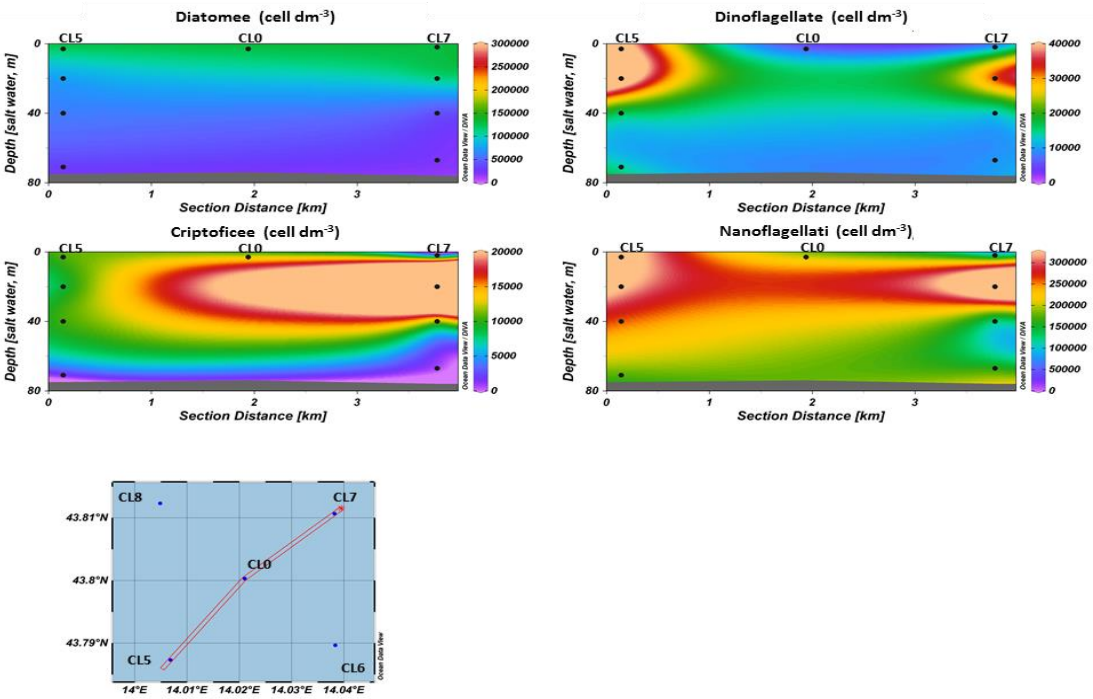


Fig. 2.39b - Dicembre 2014. Sezioni verticali delle abbondanze dei principali taxa fitoplanctonici; stazioni CL5, CL0 e CL7.

Le specie che hanno maggiormente caratterizzato i popolamenti fitoplanctonici (fig. 2.40 sono state *Leucocryptos marina* (Criptoficee) e *Gyrodinium flagellar*e (Dinoflagellate) e le Diatomee *Cylindrotheca closterium, Leptocylindrus mediterraneus* e *Lioloma pacificum*. Tali specie sono risultate più abbondanti in superficie e alle quote di 20 m e 40 m rispetto al fondo.

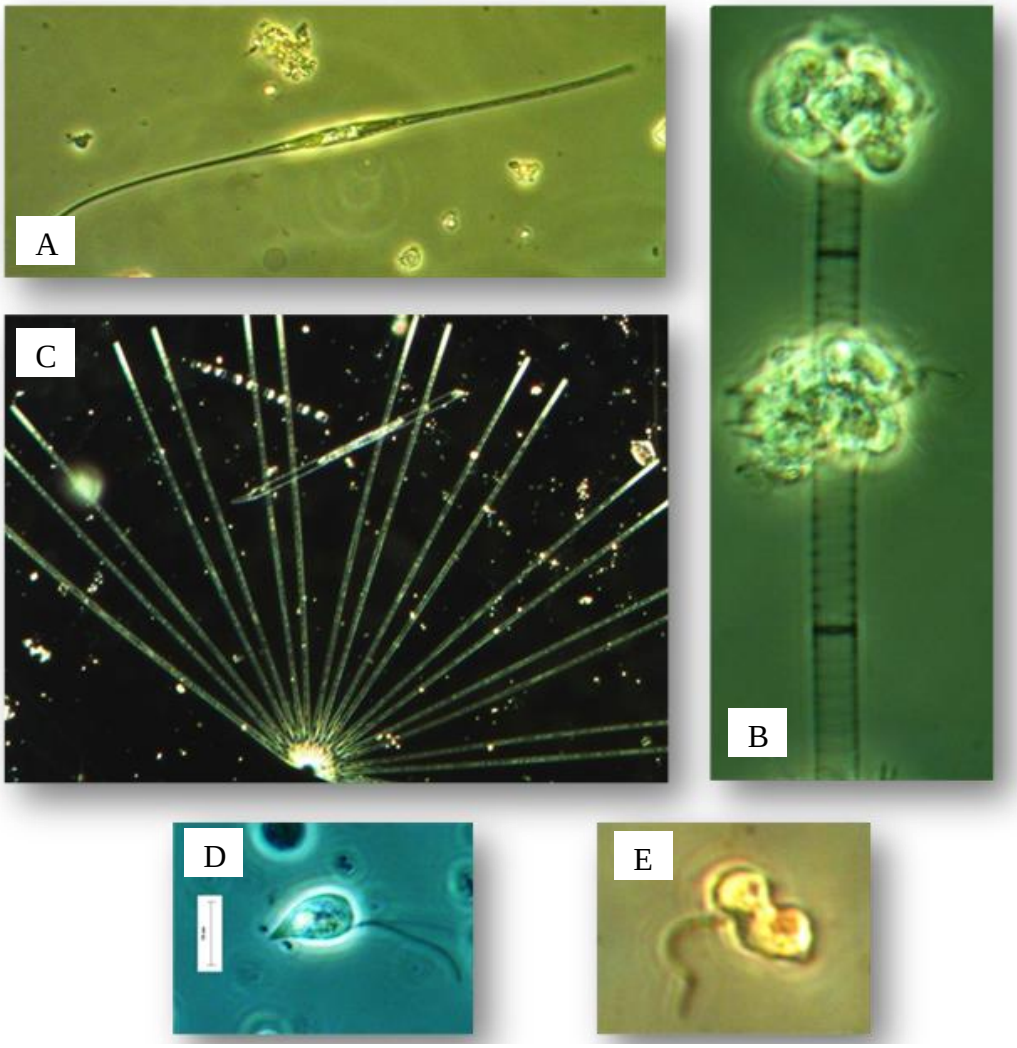


Fig. 2.40 - Specie fitoplanctoniche rinvenute a **Dicembre 2014**. *A) Cylindrotheca closterium; B) Leptocylindrus mediterraneus;* C) *Lioloma pacificum;* D) *Leucocryptos marina*; E) *Gyrodinium flagellar*e.

Nel campionamento effettuato nel **febbraio 2015** sono stati identificati 54 taxa appartenenti ai seguenti gruppi tassonomici: Diatomee (34), Dinoflagellate (11), Coccolitine (2), Criptoficee (3), Primnesioficee (1), Prasinoficee (1), Dictiocoficee (2), Nanolagellati (1).

Le abbondanze fitoplanctoniche sono variate da un minimo di 234.318 cell/dm (st. CL0 a 40 m) a un massimo di 642.571 cell/dm^3 (st. CL6 a 73 m).

Come nel dicembre 2014 complessivamente hanno prevalso le forme flagellate, con un contributo medio dei Nanoflagellati indeterminati del 75% (fig. 2.41). In misura molto minore hanno contribuito le Diatomee (11%), le Criptoficee (7%) e le Dinoflagellate (7%). Altri taxa come le Primnesioficee, Coccolitoforidee, le Dictiocoficee e le Prasinoficee hanno contribuito poco alle abbondanze totali (< 1%).

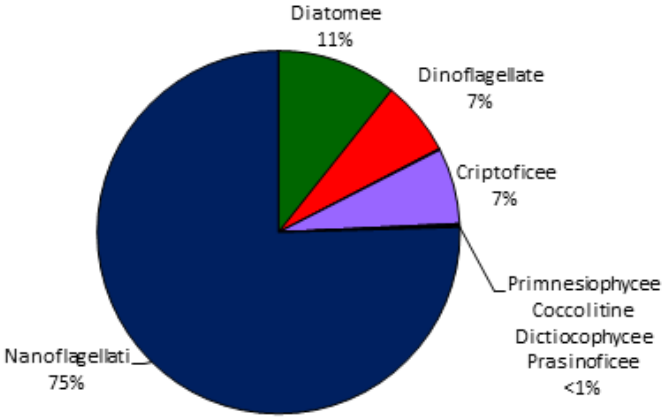


Fig. 2.41 - Febbraio 2015. Contributo percentuale medio dei principali gruppi tassonomici del fitoplancton.

Le abbondanze fitoplanctoniche hanno mostrato un andamento caratterizzato da picchi di abbondanza tra le quote di 20 m, 40 m e la quota di fondo (figg. 2.42 - 2.44). In superficie il valore minimo è stato riscontrato alla stazione CL05 (310.504 cell/dm^3) e il massimo alla stazione CL8 (625.324 cell/dm^3). Sul fondo i valori di abbondanza sono variati tra 288.939 cell/dm^3 nella stazione CL7 e 642.571 cell/dm^3 nella CL6.

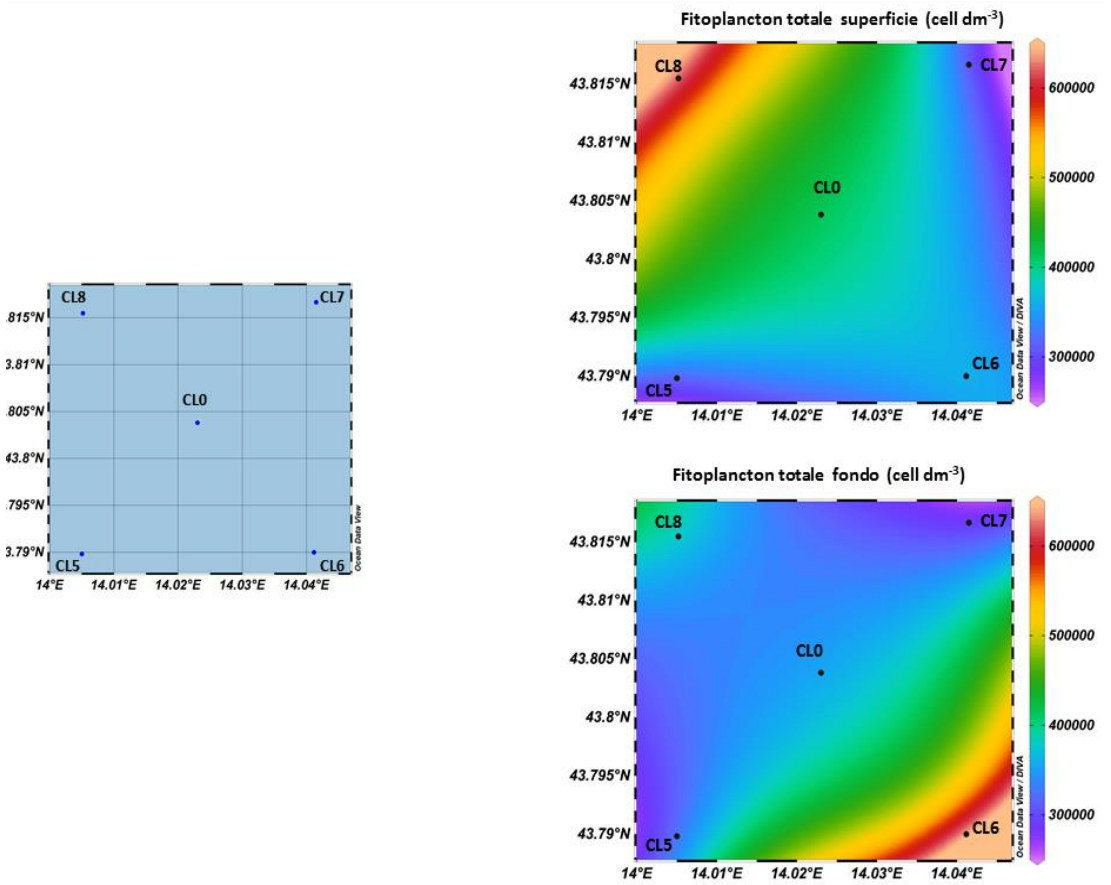


Fig. 2.42 - Febbraio 2015. Mappe areali delle abbondanze fitoplanctoniche espresse in cell/dm^3, in superficie e al fondo.

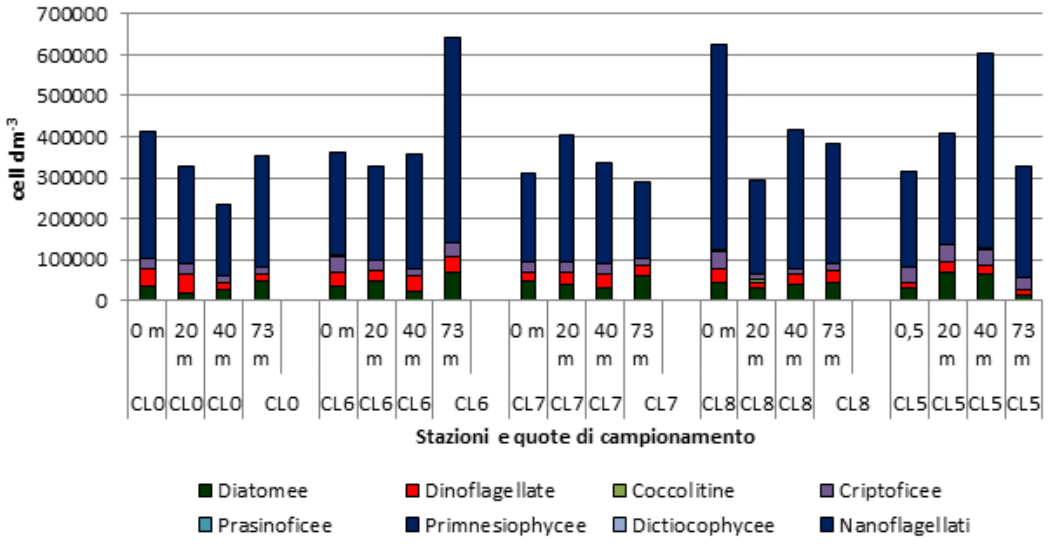


Fig. 2.43 - Febbraio 2015. Abbondanze dei taxa fitoplanctonici rinvenuti durante il periodo di studio.

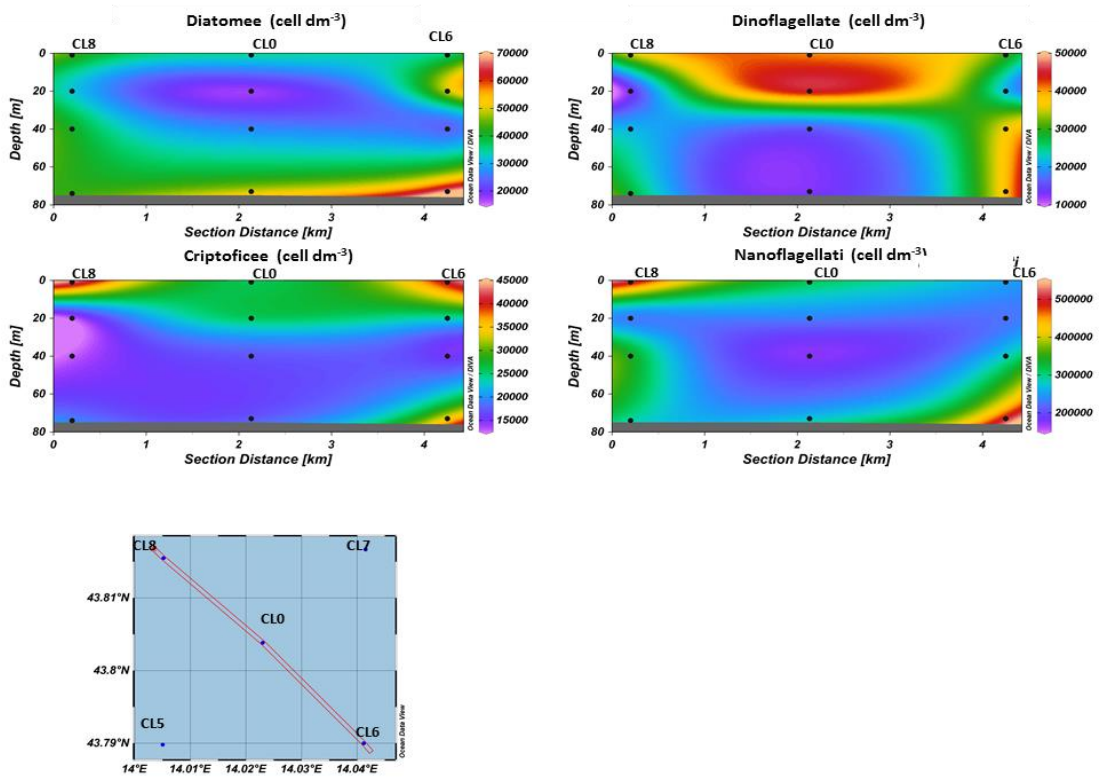


Fig. 2.44a - Febbraio 2015. Sezioni verticali delle abbondanze dei principali taxa fitoplanctonici espresse in cell/dm^3; stazioni CL8, CL0 e CL6.

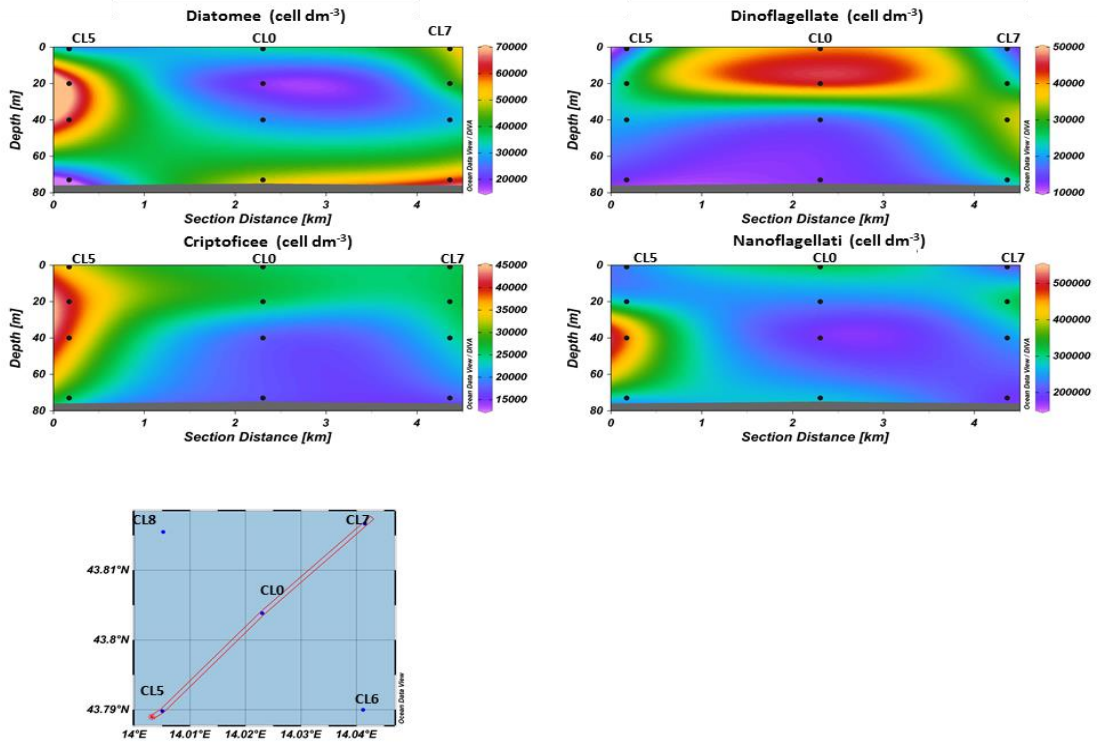


Fig. 2.44b - Febbraio 2015. Sezioni verticali delle abbondanze dei principali taxa fitoplanctonici espresse in cell/dm^3; stazioni CL5, CL0 e CL7.

Le specie che hanno maggiormente caratterizzato i popolamenti fitoplanctonici sono state *Leucocryptos marina* (Criptoficee) e *Gyrodinium flagellar*e (Dinoflagellate) e tra le Diatomee *Cylindrotheca closterium, Hemiaulus hauckii e Pseudosolenia calcar-avis* (fig. 2.45).

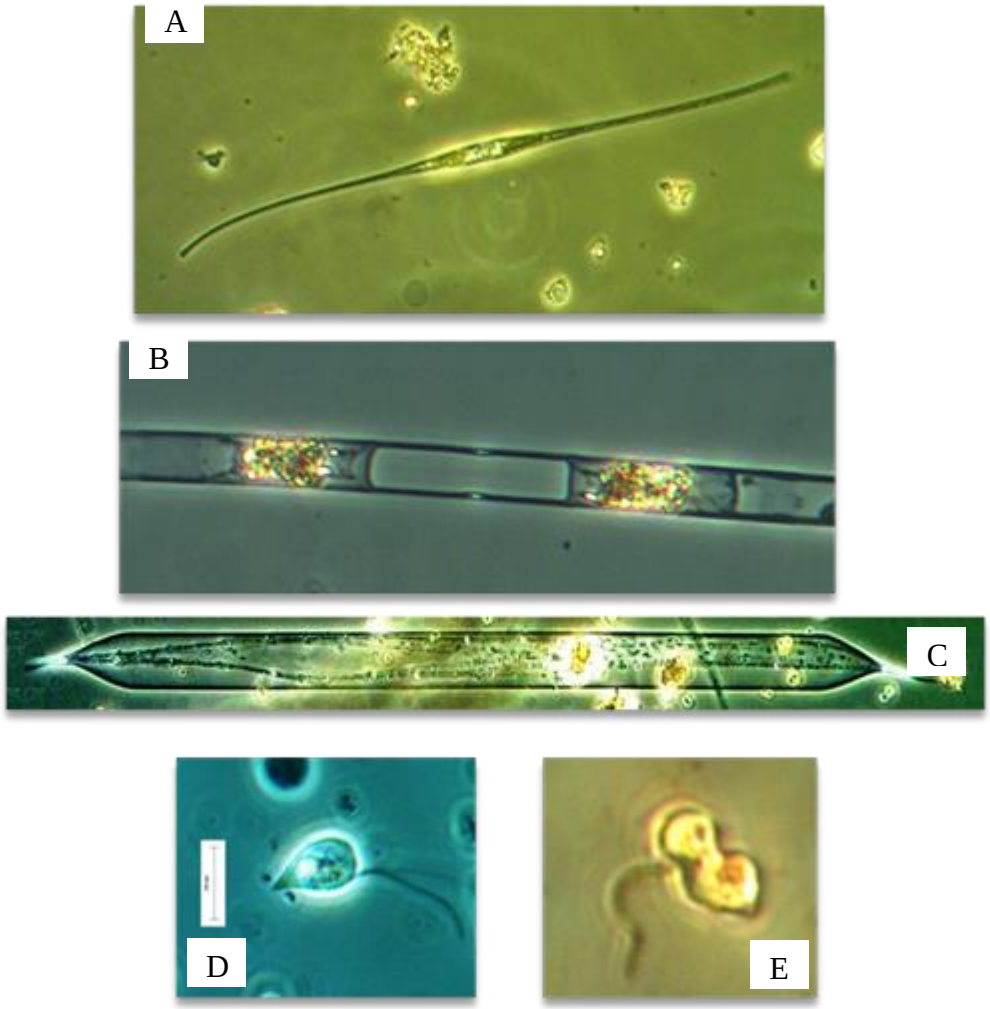


Fig. 2.45 - Specie fitoplanctoniche rinvenute a **Febbraio 2015**. A) *Cylindrotheca closterium; B) Hemiaulus hauckii;* C) *Pseudosolenia calcar-avis;* D) *Leucocryptos marina*; E) *Gyrodinium flagellar*e.

Dal confronto tra i due survey sono emerse abbondanze fitoplanctoniche mediamente più elevate in febbraio 2015 rispetto a dicembre 2014 per l'allungarsi del fotoperiodo e la maggiore disponibilità di nutrienti (fig. 2.46).

Nelle Tabb. 2-XIX e 2-XX sono riportate rispettivamente la lista floristica e le abbondanze dei gruppi rinvenuti.

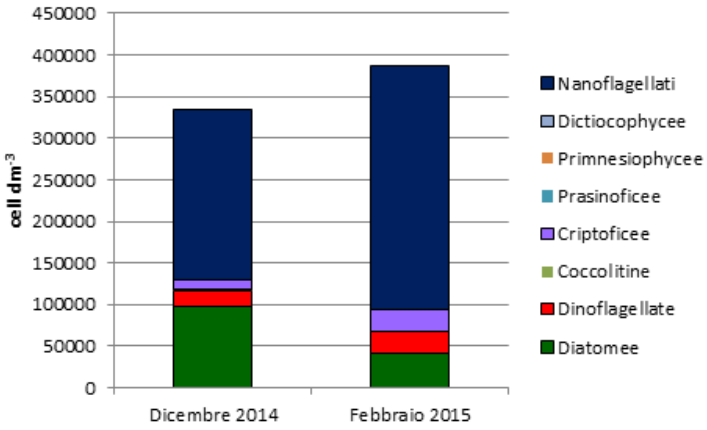


Fig. 2.46 - Abbondanze fitoplanctoniche medie dei principali gruppi tassonomici nella campagna di dicembre 2014 e febbraio 2015.

Tab. 2-XIX - Lista floristica delle specie fitoplanctoniche rinvenute nel corso dei due pre-survey.

Diatomee	**Dinoflagellate**
Amphiprora sp.	*Ceratium trichoceros*
Amphora spp.	*Gymnodinium* spp.
Asterionellopsis glacialis	*Gyrodinium flagellare*
Bacteriastrum varians	*Gyrodinium* spp.
Cerataulina pelagica	*Oxytoxum variabile*
Chaetoceros affinis	*Pronoctiluca spinifera*
Chaetoceros compressus	*Prorocentrum micans*
Chaetoceros convolutus	*Prorocentrum minimum*
Chaetoceros decipiens	*Prorocentrum rotundatum*
Chaetoceros didymus	*Protoperidinium brevipes*
Chaetoceros pseudocurvisetus	*Scrippsiella trochoidea*
Chaetoceros spp.	*Und. naked dino*
Cocconeis scutellum	*Und. thecate dino*
Cyclotella spp.	
Cylindrotheca closterium	**Coccolitoforidee**
Dactyliosolen fragilissimus	*Emiliania huxleyi*
Diploneis crabro	*Und. Coccolitophorids*
Ditylum brightwellii	
Guinardia flaccida	**Criptoficee**
Guinardia striata	*Leucocryptos marina*
Hemiaulus hauckii	*Telonema subtilis*
Leptocylindrus danicus	*Und. Cryptophyceae*
Leptocylindrus mediterraneus	
Leptocylindrus minimus	**Prasinoficee**
Lioloma pacificum	*Pyramimonas* sp.
Navicula forcipata	*Und. Prasinophyceae*
Navicula lanceolata	
Navicula spp.	**Primesioficee**
Nitzschia sigma	*Und. Prymnesiophyceae*
Nitzschia sp.	
Pinnularia sp.	**Dictiocoficee**
Pleurosigma cfr normanii	*Dictyocha fibula*
Proboscia alata	*Dictyocha speculum*
Psammodictyon panduriformis	
Pseudo-nitzschia delicatissima	**Nanoflagellati**
Pseudonitzschia galaxiae	*Nanoflagellates*
Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima	
Pseudo-nitzschia seriata complex	
Pseudonitzschia sp.	
Pseudosolenia calcar-avis	
Rhizosolenia styliformis	
Skeletonema marinoi	
Synedra sp.	
Thalassionema nitzschioides	
Thalassiosira spp.	
Und. *Pennate diatoms*	

Tab. 2-XX - Abbondanze dei gruppi fitoplanctonici (n. cell/dm^3) rinvenuti nei due survey (dicembre 2014 e febbraio 2015) alle diverse quote delle stazioni di campionamento.

	Stazione	Diatomee cell/dm^3	Dinoflagellate cell/dm^3	Coccolitine cell/dm^3	Criptoficee cell/dm^3	Prasinoficee cell/dm^3	Primnesioficee cell/dm^3	Dictiocoficee cell/dm^3	Nanoflagellati cell/dm^3	Totale cell/dm^3
1° Pre-survey (dicembre 2014)	CL0, superfice	127.222	6.469	-	12.937	-	-	-	202.690	349.318
	CL5, superficie	129.380	10.063	-	2.875	-	-	-	113.564	255.882
	CL5, -20 m	116.441	34.501	4.313	56.063	-	-	-	457.131	668.449
	CL5, -40 m	38.815	11.500	-	8.625	-	-	-	100.626	159.566
	CL5, fondo	24.440	10.063	-	1.438	-	-	-	169.627	205.568
	CL6, superficie	105.656	12.938	-	12.937	-	-	-	252.284	383.815
	CL6, -20 m	280.317	12.938	2.156	6.469	-	-	-	230.722	532.602
	CL6 -40 m	105.656	30.188	-	19.406	-	-	-	306.191	461.441
	CL6, fondo	17.252	6.038	-	863	-	-	-	56.926	81.079
	CL7, superficie	120.751	45.281	2.156	10.781	-	-	-	355.786	534.755
	CL7, -20 m	75.469	49.594	-	8.625	2.156	-	-	332.067	467.911
	CL7, -40 m	62.532	15.094	2.156	10.781	-	-	-	258.753	349.316
	CL7, fondo	31.629	14.376	2.875	1.438	-	-	-	175.377	225.695
	CL8, superficie	185.440	2.156	-	6.469	-	-	-	116.439	310.504
	CL8, -20 m	140.158	36.657	-	19.406	-	-	-	118.595	196.221
	CL8, -40 m	94.878	7.189	-	17.250	-	-	-	145.189	264.506
	CL8, fondo	21.564	8.626	-	2.876	-	-	-	205.565	238.631
2° Pre-survey (febbraio 2015)	CL0, superfice	34.499	40.969	-	25.876	-	-	-	312.660	414.004
	CL0, -20 m	17.250	45.281	-	25.875	-	2.156	-	235.034	325.596
	CL0, -40 m	27.315	15.813	-	17.250	-	-	-	173.940	234.318
	CL0, fondo	49.597	12.938	-	17.251	-	-	-	273.847	353.633
	CL5, superficie	30.188	15.093	-	34.501	-	-	2.156	235.034	316.972
	CL5, -20 m	69.000	25.875	-	40.969	2.156	-	-	271.691	409.691
	CL5, -40 m	64.690	21.564	-	38.814	-	-	4.313	474.381	603.762
	CL5, fondo	15.095	12.937	-	25.875	-	-	-	271.691	325.598
	CL6, superficie	36.656	30.187	-	40.969	-	-	2.156	252.284	362.252
	CL6, -20 m	49.594	21.563	2.156	23.719	2.156	-	-	226.409	325.597
	CL6 -40 m	23.718	36.656	-	15.094	-	-	-	280.316	355.784
	CL6, fondo	69.002	38.813	-	34.500	-	-	-	500.256	642.571
	CL7, superficie	49.594	17.250	-	25.876	-	-	2.156	215.628	310.504
	CL7, -20 m	40.970	25.876	-	25.876	2.156	-	-	310.504	405.382
	CL7, -40 m	30.188	34.501	-	23.720	-	-	-	247.972	336.381
	CL7, fondo	60.374	23.719	-	17.250	-	-	-	187.596	288.939
	CL8, superficie	43.128	34.501	-	43.126	4.313	-	-	500.256	625.324
	CL8, -20 m	32.343	12.938	6.469	12.938	-	-	-	228.565	293.253
	CL8, -40 m	40.969	21.563	-	12.938	-	-	-	342.848	418.318
	CL8, fondo	43.126	28.031	-	19.407	-	-	-	291.097	381.661

2.2.2.2 Zooplancton

In Tab. 2-XXI sono riportati i dati relativi alle analisi sui popolamenti zooplactonici effettuate in tutte le stazioni nelle due campagne condotte a dicembre 2014 e a febbraio 2015, mentre in Tab. 2-XXII viene riportato l'elenco delle specie di Copepodi, Cladoceri e dei gruppi tassonomici rinvenuti nei due periodi di studio.

In **dicembre 2014** in tutte le stazioni si sono rinvenuti valori relativamente bassi di abbondanza (media 413±103 ind/m^3; fig. 2.47). Il minimo è stato rilevato nella stazione CL8 (332 ind/m^3), mentre il massimo è stato registrato in CL7 (519 ind/m^3).

Pochi sono stati i taxa che hanno caratterizzato i popolamenti zooplanctonici invernali (Tab. 2-XXI). I Copepodi sono risultati il gruppo dominante, con percentuali pari a circa il 70% rispetto al totale della comunità (Tab. 2-XXI; fig. 2.48), seguiti da individui

appartenenti alla classe Appendicularia (10% circa) e da Doliolidi, Ostracodi e Chetognati con valori percentuali sempre molto bassi.

Tab. 2-XXI - Abbondanze (n. ind/m^3) dei vari gruppi tassonomici rinvenuti nei due pre-survey condotti a dicembre 2014 e a febbraio 2015.

Data	1° Pre-survey (dicembre 2014)										2° Pre-survey (febbraio 2015)									
Stazione	CL0		CL6		CL7		CL8		CL5		CL0		CL6		CL7		CL8		CL5	
	ind/m^3	%	ind/m^3	%	ind/m^3	%	ind/m^3	%	ind/m^3	%	ind/m^3	%	ind/m^3	%	ind/m^3	%	ind/m^3	%	ind/m^3	%
Copepodi	326,0	81,7	368,0	71,0	353,0	68,0	237,0	71,6	212,0	70,9	1282,7	86,7	592,0	87,7	771,0	85,1	1389,6	91,7	1232,4	90,2
Cladoceri					1,0	0,2	1,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	0,5	1,9	0,2	4,4	0,3	0,2	0,0
Amphipoda																			1,8	0,1
Appendicularia	13,0	3,3	62,0	12,0	54,0	10,4	35,0	10,6	33,0	11,0	5,8	0,4	7,3	1,1	9,4	1,0	8,3	0,5	12,6	0,9
Bivalvia larve	13,0	3,3	8,0	1,5	6,0	1,2	4,0	1,2	7,0	2,3	68,1	4,6	9,2	1,4	13,1	1,4	6,3	0,4	30,6	2,2
Chetognati	7,0	1,8	10,0	1,9	18,0	3,5	5,0	1,5	9,0	3,0	31,1	2,1	33,0	4,9	39,3	4,3	35,4	2,3	34,2	2,5
Decapoda larve	9,0	2,3	5,0	1,0	2,0	0,4	3,0	0,9	0,0	0,0	9,7	0,7	3,7	0,5	28,1	3,1	12,5	0,8	1,8	0,1
Doliolida	4,0	1,0	18,0	3,5	23,0	4,4	11,0	3,3	6,0	2,0	3,9	0,3	1,8	0,3			0,5	0,0	7,2	0,5
Echinodermata larve	2,0	0,5	4,0	0,8	10,0	1,9	4,0	1,2	11,0	3,7	11,7	0,8	3,7	0,5	7,5	0,8	10,4	0,7	3,6	0,3
Eufausiacei							3,0	0,9												
Gastropoda larve	7,0	1,8	6,0	1,2	5,0	1,0	9,0	2,7	4,0	1,3	13,6	0,9	3,7	0,5	3,7	0,4	2,1	0,1	9,0	0,7
Hydrozoa			1,0	0,2	2,0	0,4	1,0	0,3					0,3	0,0	3,7	0,4	0,3	0,0		
Isopodi							1,0	0,3												
Larve indet.											1,9	0,1					0,1	0,0		
Ostracoda	11,0	2,8	16,0	3,1	24,0	4,6	4,0	1,2	4,0	1,3	23,4	1,6	1,8	0,3	7,5	0,8	4,2	0,3	3,6	0,3
Polychaeta			6,0	1,2	6,0	1,2	5,0	1,5	7,0	2,3	15,6	1,1	7,3	1,1	3,7	0,4	31,3	2,1	19,8	1,5
Pteropodi	4,0	1,0	3,0	0,6	9,0	1,7	5,0	1,5	4,0	1,3	3,9	0,3			1,9	0,2			1,8	0,1
Siphonophora	3,0	0,8	11,0	2,1	6,0	1,2	2,0	0,6	2,0	0,7	7,8	0,5	5,5	0,8	15,0	1,7	8,3	0,5	5,4	0,4
Teleostea larve													1,8	0,3	0,4	0,0	2,1	0,1	1,8	0,1
Teleostea uova													0,4	0,1	0,2	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0

Nel **febbraio 2015** i popolamenti zooplanctonici hanno mostrato valori di abbondanza numerica notevolmente più elevati rispetto alla situazione precedente, raggiungendo una media di 1189±376 ind/m^3 (Tab. 2-XXI; fig. 2.47). La stazione CL8 ha raggiunto il massimo valore assoluto pari a 1516 ind/m^3; il minimo è stato registrato nella stazione CL6 (675 ind/m^3).

In tutte le cinque stazioni, il popolamento zooplanctonico è risultato costituito da pochi taxa (Tab. 2-XXI). Il contributo percentuale dei Copepodi è stato pari a circa il 90% seguito da quello delle Appendicolarie e delle forme larvali di Bivalvi (Tab. 2-XXI; fig. 2.48).

Nei due periodi analizzati le specie principali sono state i Copepodi appartenenti principalmente ai generi *Clausocalanus* ed *Oithona* (fig. 2.49). Sia in dicembre che in febbraio, solo su alcune stazioni e sempre con abbondanze poco rilevanti, si segnala la presenza dei Crostacei Cladoceri.

Tab. 2-XXII - Lista faunistica delle specie di zooplanctone rinvenute nei due pre-survey (dicembre 2014 e febbraio 2015).

	1° Pre-survey (dicembre 2014)	2° Pre-survey (febbraio 2015)
Copepodi		
Acartia clausi		*
Calanus helgolandicus	*	*
Calocalanus contractus	*	*
Calocalanus pavo		*
Calocalanus styliremis		*
Calocalanus spp.		*
Candacia armata	*	
Centropages typicus		*
Clausocalanus furcatus	*	*
Clausocalanus jobei	*	*
Clausocalanus spp.	*	*
Clytemnestra spp.	*	
Corycaeus spp.	*	*
Ctenocalanus vanus	*	*
Diaixis pygmaea	*	*
Euchaeta sp.	*	*
Euterpina acutifrons	*	*
Mecynocera clausi	*	*
Nannocalanus minor	*	*
Neocalanus gracilis		*
Oithona similis	*	*
Oithona plumifera	*	*
Oithona setigera		*
Oithona spp.	*	*
Oncaea spp.	*	*
Paracalanus nanus		*
Paracalanus parvus	*	*
Lubbockia squillimana	*	
Lucicutia flavicornis		*
Sapphirina sp.	*	*
Temora longicornis	*	
Temora stylifera	*	*
Cladoceri		
Penilia avirostris	*	*
Podon sp.		*
Altri taxa		
Amphipoda	*	*
Appendicularia	*	*
Bivalvia larve	*	*
Chetognati	*	*
Decapoda larve	*	*
Doliolida	*	*
Echinodermata larve	*	*
Eufausiacei	*	
Gastropoda larve	*	*
Hydrozoa sp.p.	*	*
Misidacei	*	
Ostracoda	*	*
Polychaeta	*	*
Pteropodi	*	*
Salpidi	*	
Siphonophora	*	*
Teleostea larve	*	*
Teleostea uova	*	*

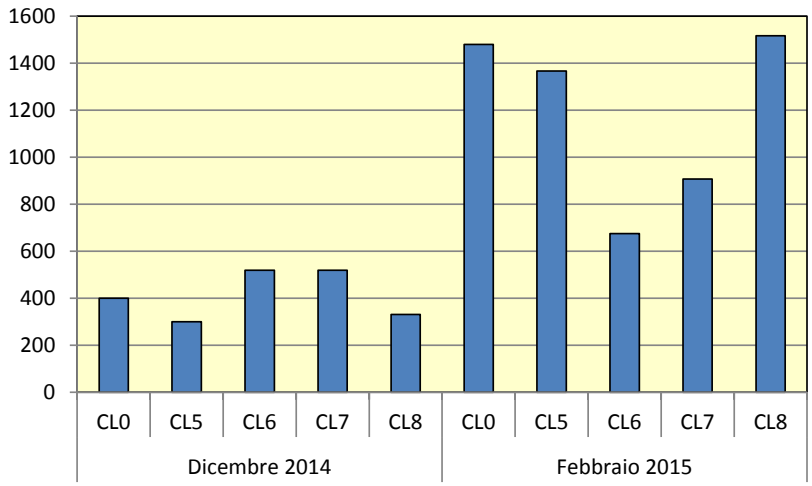


Fig. 2.47 - Abbondanze zooplanctoniche espresse in individui m^3 nei mesi di dicembre 2014 e febbraio 2015.

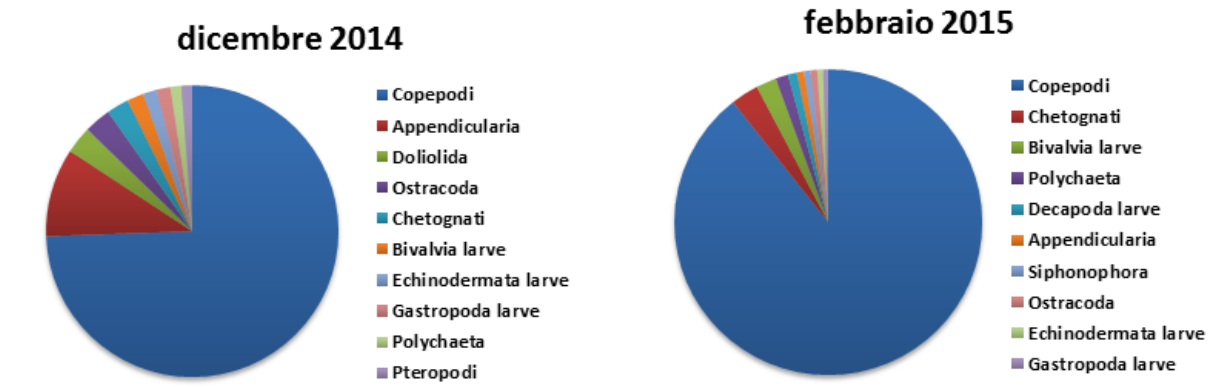


Fig. 2.48 - Contributo percentuale dei principali gruppi zooplanctonici nei mesi di dicembre 2014 e febbraio 2015.

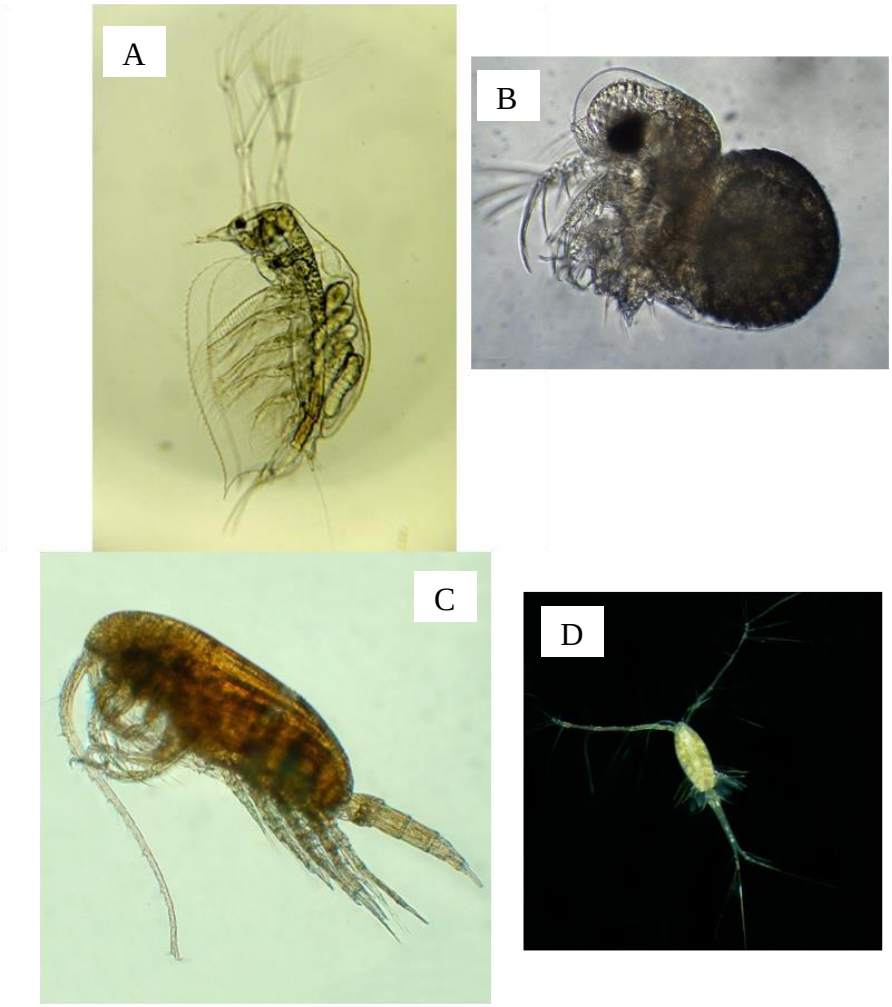


Fig. 2.48 - Specie zooplanctoniche: A) Cladocero *Penilia avirostris*; B) Cladocero appartenente al genere Podon; C).Copepode *Clausocalanus furcatus*; D) Copepode *Oithona plumifera*.

2.2.3. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

2.2.3.1 Granulometria

All'analisi visiva tutti i sedimenti sono apparsi tutti simili tra loro e costituiti da fango inodore color ocra (fig. 2.49). Segni di bioturbazione e residui conchigliari sono stati osservati in tutti i campioni (All. B).

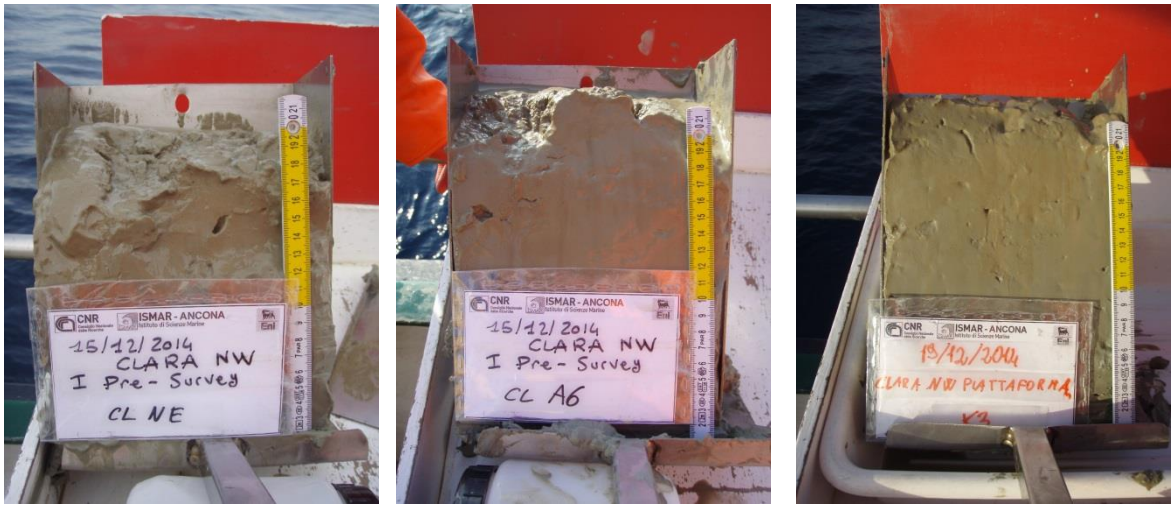


Fig. 2.49 - Campioni di sedimento raccolti in corrispondenza dei siti CL NE, A6 e K3 durante il pre-survey.

L'analisi granulometrica (fig. 2.50; Tab. 2-XXIII) ha confermato in tutti i campioni una dominanza della frazione siltosa, che entro 60 m dalla futura piattaforma ha esibito il picco in corrispondenza di CL SW (50,34%) e il minimo in CL SE (48,16%). Queste percentuali sono in accordo a quanto osservato nei controlli, dove questa frazione è oscillata tra il 47,49% (K2) e il 50,48% (K3). La restante parte dei campioni è risultata costituita prevalentemente da argilla, che entro 60 m di distanza dal punto Clara NW ha raggiunto il suo massimo in A6 (35,97%) e il minimo in B6 (33,68%). Anche per questa componente non si osservano differenze degne di nota rispetto ai riferimenti. Infine, la sabbia, la frazione meno abbondante, è oscillata tra il 14,07% (A6) e il 17,17% (CL SE), valori del tutto in linea con la media dei riferimenti (16,6±2,3%).

Secondo la classificazione di Sheppard tutti i sedimenti sono risultati classificati come silt argilloso (All. B).

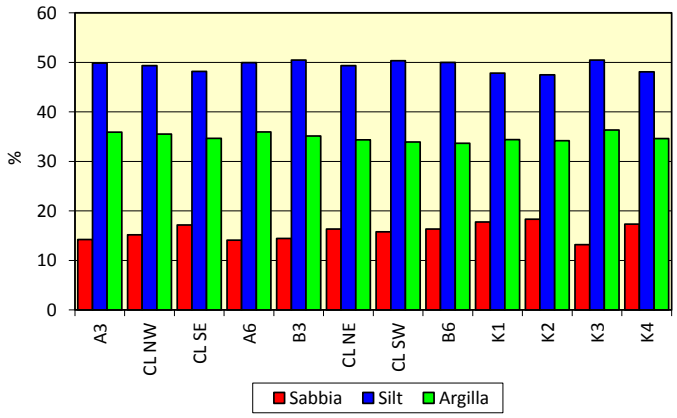


Fig. 2.50 - Ripartizione delle classi granulometriche, espresse in percentuale, nei sedimenti analizzati durante il pre-survey.

Tab. 2-XXIII - Composizione percentuale delle principali classi granulometriche dei sedimenti analizzati durante il pre-survey. Le stazioni di campionamento poste in corrispondenza della futura piattaforma sono evidenziate in rosso.

	Sabbia	Pelite		Classificazione di Sheppard
		Silt	Argilla	
A3	14,23	49,87	35,90	Silt argilloso
CL NW	15,15	49,34	35,51	Silt argilloso
CL SE	17,17	48,16	34,67	Silt argilloso
A6	14,07	49,97	35,97	Silt argilloso
B3	14,44	50,45	35,11	Silt argilloso
CL NE	16,33	49,34	34,33	Silt argilloso
CL SW	15,76	50,34	33,90	Silt argilloso
B6	16,32	50,00	33,68	Silt argilloso
K1	17,77	47,81	34,42	Silt argilloso
K2	18,32	47,49	34,19	Silt argilloso
K3	13,19	50,48	36,33	Silt argilloso
K4	17,31	48,08	34,61	Silt argilloso

2.2.3.2 Idrocarburi Policiclici Aromatici

I vari composti appartenenti agli Idrocarburi Policiclici Aromatici hanno presentato comportamenti diversi tra loro, seppur tutti con concentrazioni modeste, molto al di sotto degli LCB indicati dal "Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini" (ICRAM-APAT, 2007; Tab. 2-XXIV). La maggior parte di essi è risultata presente in tutti (Antracene, Benzo(a)antracene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Benzo(k)fluorantene, Crisene, Fenantrene, Indeno(1,2,3-c,d)pirene) o quasi tutti (Fluorantene, Naftalene, Pirene) i siti indagati. Il Benzo(a)pirene è stato rilevato in otto siti su 12, tra cui due controlli. Al contrario, la presenza di Acenaftene e Fluorene è stata rilevata in un solo sito (A3 e K4 rispettivamente). I restanti composti non sono stati rilevati.

Essendo le concentrazioni dei singoli IPA diffusamente basse, anche gli IPA totali sono risultati scarsamente presenti, ben al di sotto dell'LCB. Il tenore maggiore è stato rilevato nel controllo K4 (88,8 µg/kg), ma anch'esso è da considerarsi basso (Tab. 2-XXIV; fig. 2.51).

Tab. 2-XXIV - Concentrazioni degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (µg/kg s.s.) nei sedimenti prelevati durante il pre-survey. Le stazioni poste in corrispondenza della futura piattaforma sono evidenziate in rosso. Le celle vuote indicano l'assenza del composto in quel sito. Ove disponibili sono anche riportati gli LCB indicati da ICRAM-APAT (2007).

	LCB	A3	CL NW	CL SE	A6	B3	CL NE	CL SW	B6	K1	K2	K3	K4
Naftalene	35	3,5	3,7	3,2	3,4	3,1		3,3	3,9	3,2	2,9	3,5	4,2
Acenaftene	7	3,9											
Fluorene	21												1,2
Fenantrene	87	3,2	3,7	2,9	2,4	3,6	3,8	3,2	3,1	2,6	3,0	2,1	5,1
Antracene	47	5,6	11,2	7,3	6,7	3,9	10,3	3,2	6,7	10,4	9,7	9,0	7,0
Fluorantene	113	3,7	3,8	3,5	3,3		3,3	3,7	3,6	3,2	3,4	3,3	4,8
Pirene	153	4,7	4,1	3,9	3,9		3,2	4,8	4,3	3,5	3,7	3,9	4,5
Benzo (a) antracene	75	1,1	1,9	1,4	1,5	2,0	4,5	1,7	1,5	1,2	1,4	1,3	2,0
Crisene	108	3,7	4,0	3,5	3,8	4,3	7,6	3,7	3,8	2,8	3,8	3,7	5,1
Benzo (b) fluorantene		8,4	8,4	10,4	11,0	10,3	8,1	9,0	9,4	8,7	9,0	9,2	14,2
Benzo (k) fluorantene		4,0	5,9	6,5	6,2	4,6	4,7	6,7	5,3	9,1	6,5	9,5	15,1
Benzo (a) pirene	80	1,4		1,0	1,6	1,6		1,6	2,2	1,3			1,1
Dibenzo (a, h) antracene	6												
Benzo (g, h,i) perilene		6,6	8,5	6,8	5,7	8,4	7,2	7,6	7,8	5,3	6,7	6,5	10,7
Indeno (1,2,3- c,d) pirene		8,8	9,6	9,0	7,6	10,4	9,7	9,1	10,0	7,6	8,8	8,3	13,9
Acenaftilene													
Totale	**900**	**58,6**	**64,6**	**59,6**	**57,2**	**52,0**	**62,5**	**57,5**	**61,5**	**59,0**	**58,9**	**60,3**	**88,8**

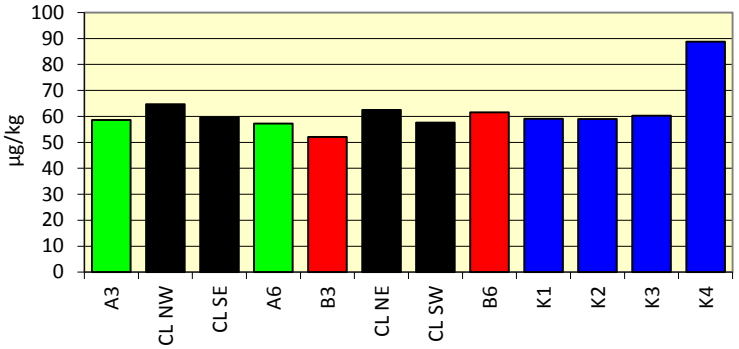


Fig. 2.51 - Concentrazioni (µg/kg s.s.) degli Idrocarburi Policiclici Aromatici totali nei sedimenti prelevati durante il pre-survey. In nero sono indicate le stazioni situate nell'area destinata ad accogliere la piattaforma Clara NW.

2.2.3.3 Idrocarburi totali

Le concentrazioni degli idrocarburi leggeri (C<12) sono risultate in tutti i casi al di sotto del limite di quantificazione (Tab. 2-XXV).

Per quanto riguarda gli idrocarburi pesanti (C>12) i tenori sono apparsi variabili nei diversi siti (Tab. 2-XXV; fig. 2.52). Le concentrazioni maggiori sono state rilevate nelle stazioni a

60 m dalla futura piattaforma, con un picco in A3 (358,3 mg/kg). In CL SE questi composti non sono stati rilevati, mentre nelle altre stazioni posizionate dove verrà installata la piattaforma le concentrazioni sono risultate decisamente ridotte e quasi tutte inferiori al controllo meno contaminato (K1).

Tab. 2-XXV – Idrocarburi (mg/kg) C>12 e Idrocarburi C<12 rilevate nei sedimenti campionati durante il pre-survey. In rosso i siti in cui verrà istallata la piattaforma Clara NW.

	A3	CL NW	CL SE	A6	B3	CL NE	CL SW	B6	K1	K2	K3	K4
C>12	358,3	26,6	< 5,0	253,2	184,0	13,6	14,7	224,9	19,5	45,7	22,0	65,1
C<12	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

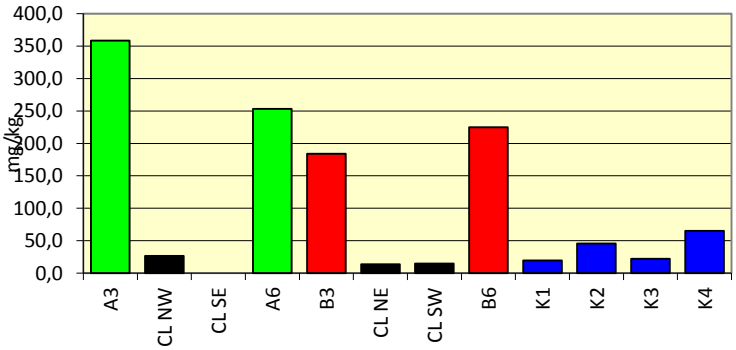


Fig. 2.52 - Idrocarburi (mg/kg) C>12 rilevati nei sedimenti campionati durante il pre-survey. Gli idrocarburi <12 non sono riportati in quanto non rilevabili. In nero i siti in cui verrà istallata la piattaforma Clara NW.

2.2.3.4 Metalli pesanti

In Tab. 2-XXVI e in fig. 2.53 sono riportate le concentrazioni dei metalli pesanti quantificate nei sedimenti.

Alluminio – Le percentuali di questo metallo rilevate lungo i transetti e nell'area destinata ad accogliere Clara NW sono variate tra 2,47% (B3) e 3,16% (CL SW). Tali valori sono in linea con la media dei controlli (2,77±0,26%).

Arsenico – Le concentrazioni dell'arsenico rilevate entro un raggio di 60 m dalla futura piattaforma sono oscillate tra 9,31 mg/kg (CL NW) e 12,07 mg/kg (A3), risultando in linea con la media dei controlli (10,68±1,06 mg/kg).

Bario – Lungo i transetti e nell'area destinata ad accogliere Clara NW i tenori di bario sono oscillati tra 66,97 mg/kg (B3) e 87,58 mg/kg (CL SW), concentrazioni leggermente superiori ai controlli K1 (59,99 mg/kg), K2 (53,08 mg/kg) e, eccetto B3, a K4 (68,47

mg/kg); esse sono tuttavia risultate decisamente inferiori a K3, dove il tenore di questo metallo è apparso molto più elevato raggiungendo un picco pari a 189,22 mg/kg.

Cadmio – Le concentrazioni di cadmio sono risultate molto basse in tutti i siti posti entro 60 m dalla futura piattaforma, dove sono oscillate in un range molto ristretto compreso tra 0,08 mg/kg (A3, A6, B6) e 0,11 mg/kg (CL SE, CL NE, CL SW). Tali valori sono apparsi mediamente confrontabili con i riferimenti (0,09±0,01 e 0,08±0,01 mg/kg rispettivamente).

Tab. 2-XXVI - Concentrazioni (mg/kg s.s.; Al e Fe espressi in %) dei metalli in tracce presenti nei sedimenti prelevati nel corso del pre-survey. In rosso le stazioni campionate nel sito in cui verrà installata la piattaforma Clara NW.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	In	Hg	Ni	Pb	Si	V	Zn
A3	2,65	12,07	78,69	0,08	74,25	15,44	2,55	<0,02	0,0389	56,48	10,83	34,60	65,37	76,25
CL NW	3,05	9,31	83,41	0,09	79,09	15,42	2,66	<0,02	0,0389	58,81	11,38	42,84	71,72	81,54
CL SE	3,02	10,76	80,09	0,11	79,37	15,72	2,68	<0,02	0,0369	58,73	11,37	13,00	71,95	77,11
A6	2,75	10,56	75,59	0,08	72,51	14,33	2,45	<0,02	0,0395	55,18	11,56	14,26	65,76	70,89
B3	2,47	12,05	66,97	0,09	69,83	15,16	2,47	<0,02	0,0373	54,58	10,51	< 5	61,24	71,35
CL NE	2,64	11,65	80,48	0,11	69,18	13,83	2,37	<0,02	0,0357	51,66	10,88	14,68	63,35	67,24
CL SW	3,16	10,41	87,58	0,11	80,67	15,74	2,67	<0,02	0,0401	58,38	12,60	17,97	73,48	76,65
B6	3,11	10,87	83,69	0,08	82,58	16,54	2,79	<0,02	0,0398	62,37	11,53	32,68	73,80	79,53
K1	2,64	9,98	59,99	0,06	71,16	14,44	2,45	<0,02	0,0409	55,01	11,31	8,21	63,07	69,97
K2	2,50	12,20	53,08	0,07	72,36	15,65	2,61	<0,02	0,0401	60,42	11,38	< 5	62,81	75,68
K3	3,09	9,95	189,22	0,08	80,38	16,55	2,70	<0,02	0,0439	60,10	12,47	6,74	72,44	79,12
K4	2,86	10,59	68,47	0,09	76,86	16,18	2,67	<0,02	0,0443	59,90	12,96	18,42	67,64	79,34

Cromo – Le concentrazioni di cromo rilevate lungo i transetti e nell'area destinata ad accogliere Clara NW sono oscillate tra 69,18 mg/kg (CL NE) e 82,58 mg/kg (B6); esse sono comunque risultate in linea con la media dei controlli (75,19±4,24 mg/kg).

Rame – Il rame entro 60 m dalla futura piattaforma è variato tra 13,83 mg/kg (CL NE) e 16,54 mg/kg (B6), risultando comparabile con quanto rilevato mediamente ai controlli (15,71±0,92 mg/kg).

Ferro – Le percentuali di questo metallo rilevate lungo i transetti e nell'area di Clara NW sono oscillate tra 2,37% (CL NE) e 2,79% (B6). Anche in questo caso, tali valori sono apparsi confrontabili la media dei controlli (2,61±0,11%).

Indio – Questo metallo è risultato al sotto del limite di quantificazione in tutte le stazioni analizzate.

Mercurio – Il mercurio ha presentato concentrazioni molto basse e omogenee in tutti i siti indagati, come indicato dalle concentrazioni medie (entro 60 m: 0,038±0,002; controlli: 0,042±0,002 mg/kg). Il massimo è stato raggiunto in K4 (0,044 mg/kg).

Nichel – Anche per il nichel, entro 60 m dalla futura piattaforma minimo e massimo sono stati registrati rispettivamente in CL NE (51,66 mg/kg) e B6 (62,37 mg/kg). Non sono state

riscontrate differenze tra le medie relative all'area della piattaforma e i controlli (57,02±3,27 e 58,86±2,57 mg/kg rispettivamente).

Piombo – Le concentrazioni del piombo rilevate lungo i transetti e nell'area destinata ad accogliere Clara NW sono oscillate in un range molto ristretto, compreso tra 10,51 mg/kg (B3) e 12,60 mg/kg (CL SW), risultando in linea con la media dei controlli (12,03±0,82 mg/kg).

Silicio – Le concentrazioni di silicio sono apparse molto variabili tra siti. Il picco è stato registrato in corrispondenza di CL NW (42,84 mg/kg), valore più che doppio rispetto a K4, ossia il controllo più contaminato (18,42 mg/kg). Concentrazioni inferiori a CL NW, ma comunque elevate se paragonate alle altre, sono state rilevate anche B6 (32,68 mg/kg) e in A3 (34,60 mg/kg). In tutti gli altri siti in cui il silicio è stato rilevato i valori sono apparsi tutti inferiori a K4.

Vanadio – Questo metallo lungo i transetti e nell'area destinata ad accogliere Clara NW è oscillato tra 61,24 mg/kg (B3) e 73,80 mg/kg (B6), valore quest'ultimo molto simile a quello di CL SW (73,48 mg/kg). Eccetto le due concentrazioni maggiori tutte le altre sono risultate confrontabili con la media dei controlli (66,49±4,54 mg/kg).

Zinco – Le concentrazioni di zinco rilevate entro 60 m dalla futura piattaforma sono oscillate tra 67,24 mg/kg (CL NE) e 81,54 mg/kg (CL NW), risultando leggermente inferiori o in linea con la media dei controlli (76,03±4,37 mg/kg).

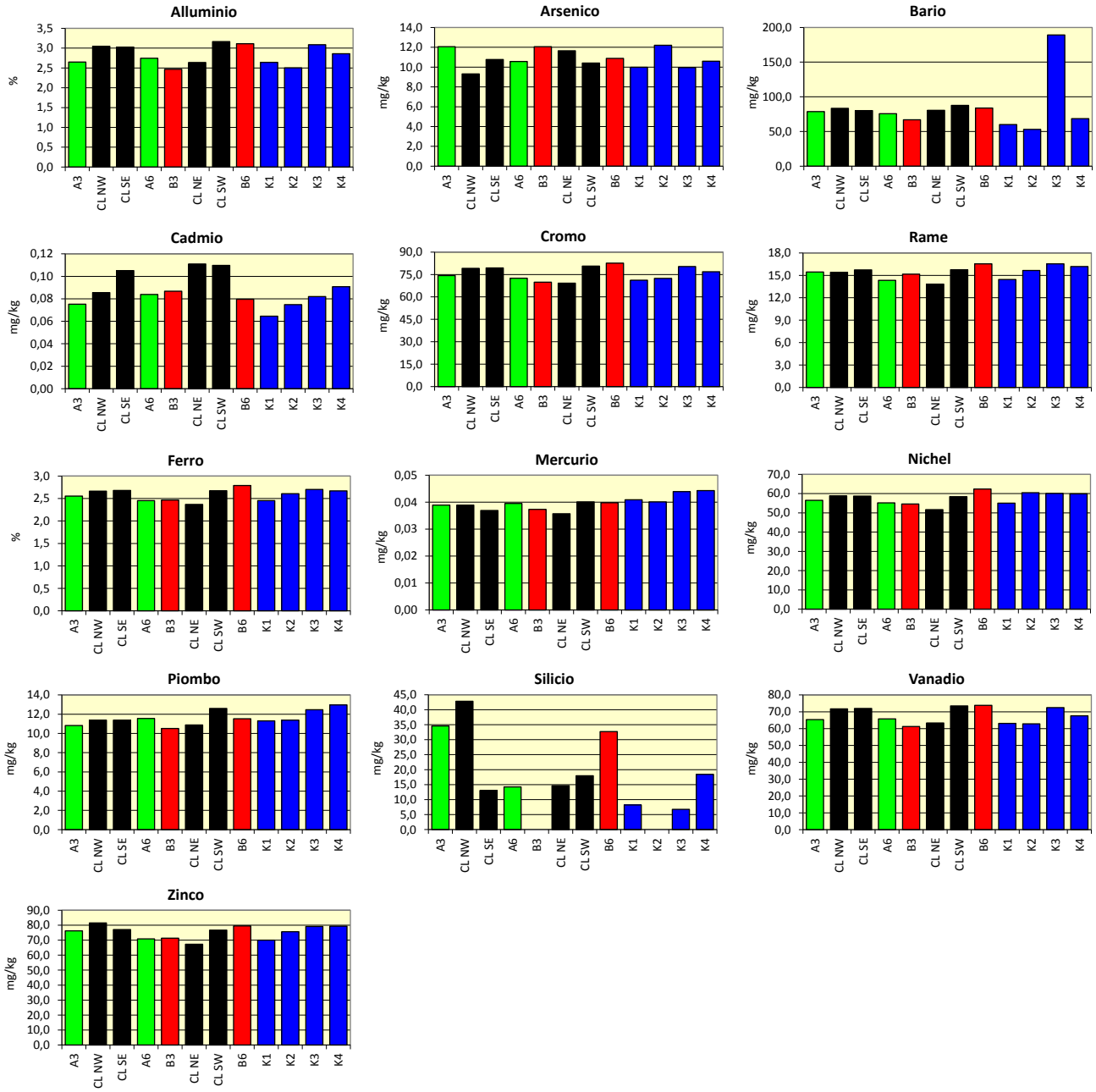


Fig. 2.53 - Concentrazioni (mg/kg; Al e Fe in %) dei metalli pesanti registrate nel corso del pre-survey. In nero le stazioni campionate nel sito in cui verrà installata la piattaforma. Non è riportato il grafico relativo all'indio in quanto non quantificabile in alcuna delle stazioni campionate.

2.2.3.5 Sostanza organica

Il contenuto di sostanza organica entro un raggio di 60 m dal sito destinato ad accogliere la piattaforma è oscillato in un intervallo compreso tra 25.300 mg/kg (B3) e 31.400 mg/kg (CL NW), risultando mediamente confrontabile con i controlli (entro 60 m: 27.563±2.147; controlli: 34.525±4.688 mg/kg; Tab. 2-XXVII; fig. 2.54).

Tab. 2-XXVII – Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nel corso del pre-survey. In rosso le stazioni campionate nel sito in cui verrà installata la piattaforma Clara NW.

	SO
A3	25.300
CL NW	31.400
CL SE	27.900
A6	25.400

	SO
B3	25.300
CL NE	28.300
CL SW	28.900
B6	28.000

	SO
K1	29.300
K2	34.200
K3	33.900
K4	40.700

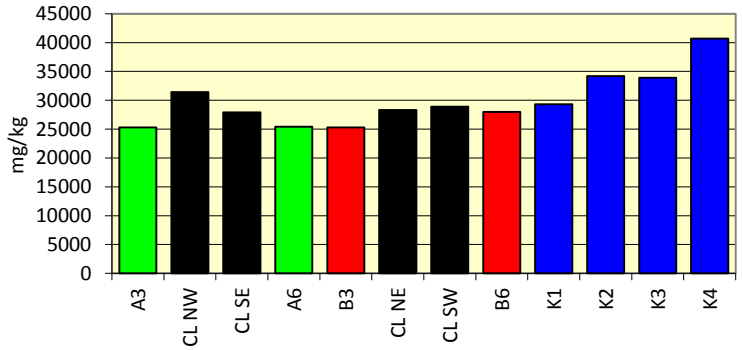


Fig. 2.54 - Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) nei sedimenti relativi al pre-survey. In nero le stazioni campionate nel sito in cui verrà installata la piattaforma Clara NW.

2.2.3.6 Total Organic Carbon (TOC)

Il TOC è stato rilevato unicamente in B3, Clara NE e nei controlli K4 e K1. In quest'ultimo sito è stato rilevato il picco pari a 4.700 mg/kg. Nei rimanenti siti il TOC è risultato inferiore a 1.000 mg/kg; Tab. 2-XXVIII e fig. 2.55).

Tab. 2-XXVIII – Total Organic Carbon (TOC) espresso in mg/kg s.s. rilevato nei sedimenti prelevati nel corso del pre-survey. In rosso le stazioni campionate nel sito in cui verrà installata la piattaforma Clara NW.

	SO
A3	< 1.000
CL NW	<1.000
CL SE	<1.000
A6	< 1.000

	SO
B3	2.900
CL NE	2.200
CL SW	<1.000
B6	< 1.000

	SO
K1	4.700
K2	< 1.000
K3	< 1.000
K4	2.600

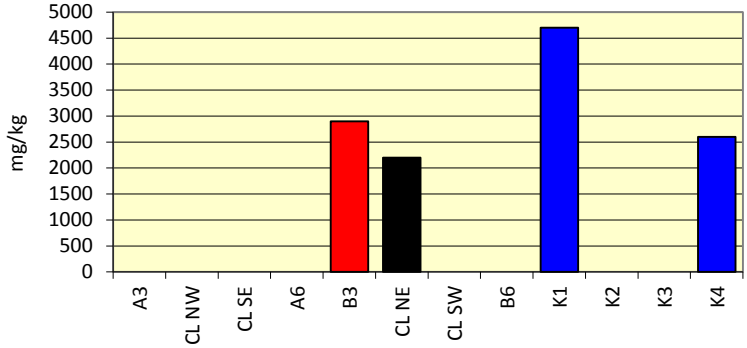


Fig. 2.55 - Total Organic Carbon (TOC) espresso in mg/kg s.s. rilevato nei sedimenti prelevati nel corso del pre-survey. In nero le stazioni campionate nel sito in cui verrà installata la piattaforma Clara NW.

2.2.4. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

2.2.4.1 *Dunaliella tertiolecta*

QA-QC - I due test eseguiti come controllo positivo con $K_2Cr_2O_7$ (6,6 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 perché in tutti i casi inferiori al 15%. La crescita algale nei controlli è sempre stata superiore al limite minimo consentito (fattore ≥16).

Risultati del saggio - I risultati del saggio applicato ai campioni sono riportati in Tab. 2-XXIX, contestualmente ai principali parametri di contorno misurati. In tutti i campioni non è stato evidenziato alcun effetto tossico. In alcuni casi eccetto K2 è stato osservato un effetto biostimolante (valori negativi della % di effetto), ma statisticamente non è risultato significativo (p>0,05) rispetto alla crescita misurata nei rispettivi controlli eseguiti con acqua marina artificiale.

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

campione	pH	Salinità (‰)	% effetto/biostimolazione	EC_{50}	Giudizio
CL SE	8,09	36	-13%	n.c.	Assenza di effetto
A3	8,21	36	-15%	n.c.	Assenza di effetto
A6	8,00	36	-9%	n.c	Assenza di effetto
B3	8,18	37	-16%	n.c	Assenza di effetto
B6	8,09	36	-7%	n.c	Assenza di effetto
K1	8,14	36	-11%	n.c	Assenza di effetto
K2	8,20	37	+5%	n.c	Assenza di effetto
K3	8,18	37	-14%	n.c	Assenza di effetto
K4	8,28	34	-3%	n.c	Assenza di effetto

2.2.4.2 *Vibrio fischeri*

QA-QC – Il test con sostanza di riferimento (Cu) ha prodotto una EC_{50} a 15’ di 6,60 mg/l (LC=5,01 e UC=8,69) che è rientrata nei limiti della carta di controllo del laboratorio (4,24-11,19 mg/l).

Risultati del saggio – Tutti i sedimenti testati sono risultati privi di tossicità acuta (Tab. 2-XXX).

Tab. 2-XXX - Risultati del saggio biologico *V. fischeri* applicato ai sedimenti prelevati nel corso del pre-survey. In rosso la stazione in cui verrà installata Clara NW.

campione	pH	Salinità (‰)	% Effetto (15')	% Effetto (30')	EC20 (15/30')	EC50 (15/30')	Tossicità
CL SE	8,09	36	-8,65	-8,52	>90	>90	Assente
A3	8,21	36	-0,08	-0,89	>90	>90	Assente
A6	8,00	36	-8,88	-9,49	>90	>90	Assente
B3	8,18	37	-7,17	-6,79	>90	>90	Assente
B6	8,09	36	-7,69	-8,34	>90	>90	Assente
K1	8,14	36	-5,30	-6,29	>90	>90	Assente
K2	8,20	37	-6,86	-6,37	>90	>90	Assente
K3	8,18	37	-9,49	-8,89	>90	>90	Assente
K4	8,28	34	4,59	3,59	>90	>90	Assente

2.2.4.3 *Corophium orientale*

La sensibilità rilevata degli organismi verso il tossico di riferimento ($CdCl_2$) LC 50 = 4,19 (LC = 3,55 mg/l e UC = 4,94 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-XXXI sono indicati i principali parametri chimici e fisici misurati all'inizio e alla fine del test.

Risultati del saggio - Le percentuali di mortalità degli organismi osservate dopo 10 gg hanno documentato l'assenza di tossicità acuta in tutti i sedimenti testati (Tab. 2-XXXII).

Tab. 2-XXXI – Parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante il sedimento testato osservati all'inizio e alla fine del test. In rosso il sito in cui verrà installata la piattaforma.

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	35	8,10	0,5	> 85	15 ± 1	36	8,18	0,5	> 85
CL SE		36	8,09	0			37	8,06	0	
A3		36	8,11	0			38	8,01	0	
A6		36	8,10	0			38	8,02	0	
B3		36	8,11	0			38	8,03	0,5	
B6		36	8,11	0			37	8,06	0	
K1		36	8,10	0			38	8,07	0	
K2		36	8,10	0			38	8,07	0,5	
K3		36	8,10	0			38	8,06	0,5	
K4		36	8,11	0			37	8,08	0	

Tab. 2-XXXII - Percentuali di mortalità degli organismi *C.orientale* osservati nel test di tossicità acuta relativo al pre-survey. In rosso è indicato il sito della futura piattaforma.

Campione	N. organismi esposti	% organismi morti (± dev. st. %)	% (corretta) organismi morti	Giudizio
Controllo	100	0 ± 0,00	0	-
CL SE	100	3 ± 1,52	3	Assente
A3	100	5 ± 1,52	5	Assente
A6	100	10 ± 2,31	10	Assente
B3	100	5 ± 3,83	5	Assente
B6	100	7 ± 2,00	7	Assente
K1	100	7 ± 2,00	7	Assente
K2	100	6 ± 2,31	6	Assente
K3	100	4± 3,27	4	Assente
K4	100	4 ± 3,27	4	Assente

2.2.4.4 *Crassostrea gigas*

QA-QC - Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha prodotto una EC_{50} di 10,33 µg/l di Cu (LC=9,84 e UC=10,84), che rientra nei limiti della carta di controllo (5-45 µg/l); la % di larve D-shape normalmente sviluppate nel controllo è risultata superiore al 70%.

Risultati del test - Il valore dell'EC20/50 relativo all'elutriato estratto dal sedimento K4 ha evidenziato una tossicità cronica media. Le percentuali delle larve D-shape normali osservate negli elutriati restanti sono risultate conformi al controllo negativo dimostrando l'assenza di tossicità cronica (Tab. 2-XXXIII).

Tab. 2-XXXIII - Risultati del saggio di tossicità con *C. gigas* relativi al pre-survey. In rosso il sito corrispondente alla futura piattaforma Clara NW.

campione	Concentrazione	% media di larve normali ± dev.st	% media di larve malformate	Correzione Abbott larve malformate	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
Controllo		88 ± 0,58	12	0			
CL SE	100 50 25	81 ± 2,08 82 ± 2,08 86 ± 1,00	19 18 14	8 6 2	> 90	>100	Assente
A3	100 50 25	79 ± 2,00 81 ± 1,15 86 ± 0,58	21 19 14	10 8 2	> 90	>100	Assente
A6	100 50 25	81 ± 1,00 83 ± 1,15 85 ± 1,15	19 17 15	8 6 3	> 90	>100	Assente
B3	100 50 25	80 ± 1,00 82 ± 1,53 84 ± 1,15	20 18 16	9 7 5	> 90	>100	Assente
B6	100 50 25	80 ± 1,73 82 ± 1,00 86 ± 1,53	20 18 14	9 6 2	> 90	>100	Assente
K1	100 50 25	76 ± 1,00 80 ± 0,58 83 ± 1,53	24 20 17	13 9 5	> 90	>100	Assente
K2	100 50 25	80 ± 1,15 82 ± 1,53 86 ± 1,00	20 18 14	9 6 2	> 90	>100	Assente
K3	100 50 25	78 ± 1,53 81 ± 1,15 86 ± 1,53	22 19 16	11 8 3	> 90	>100	Assente
K4	100 50 25	0 ± 0,00 66± 1,53 80 ± 1,53	100 34 20	100 24 8	49,8	54,9	Media

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, sono riportati in Tab. 2-XXXIV, mentre in Tab. 2-XXXV sono indicate le mortalità degli organismi osservate nel test di bioaccumulo.

Le percentuali maggiori di mortalità sono state rilevate nei sedimenti B3, K4, A6 e K2.

Tab. 2-XXXIV - Parametri (chimico-fisici) dell'acqua sovrastante il sedimento, registrati all'inizio ed al termine del test di bioaccumulo condotto nel pre-survey. In rosso è evidenziata la stazione campionata nel sito in cui verrà installata la 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	8,08	1	> 85	16 ± 1	34	8,08	1	> 85
CL SE		39	8,05	0			38	7,99	0	
A3		37	8,07	0			38	8,01	0	
A6		37	8,07	0			38	8,02	0	
B3		37	8,07	0			38	8,03	0,5	
B6		37	8,06	0			38	8,14	2	
K1		37	8,06	0			38	8,01	0	
K2		37	8,06	0			38	8,02	0	
K3		37	8,06	0			38	7,98	0	
K4		37	8,07	0			38	8,04	2	

Tab. 2-XXXV - Percentuali di mortalità degli organismi *H. diversicolor* osservate nel test di bioaccumulo condotto nel pre-survey. In rosso è evidenziata la stazione campionata nel sito in cui verrà installata la piattaforma.

Campione	Numero degli organismi esposti	% degli organismi morti (± dev.st %)
Controllo	18	11 ± 9,62
CL SE	18	28 ± 9,62
A3	18	17 ± 0,00
A6	18	39 ± 9,62
B3	18	61 ± 9,62
B6	18	28 ± 9,62
K1	18	28 ± 10,00
K2	18	33 ± 0,00
K3	18	22 ± 9,62
K4	18	50 ± 0,00

In Tab. 2-XXXVI e in fig. 2.56 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-XXXVI 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-XXXVI - Concentrazioni (mg/kg; Al espresso in %) dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* nel pre-survey. (bianco = tempo zero 0'- organismi spurgati/non esposti ai sedimenti). In rosso è evidenziato il sito in cui verrà installata la piattaforma. 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	427	0,91	3	0,25	1,86	17,63	845,10	2,58	n.r.	0,46	540,14	n.r.	163,25	0,168
Controllo	n.r.	1,01	n.r.	0,29	n.r.	11,65	437,70	1,37	n.r.	n.r.	103,92	n.r.	174,22	0,256
CL SE	n.r.	1,02	n.r.	0,22	n.r.	10,33	407,94	3,38	n.r.	0,33	240,54	n.r.	164,510	0,205
A3	n.r.	0,96	n.r.	0,22	n.r.	11,06	394,73	3,10	n.r.	n.r.	91,98	n.r.	132,444	0,200
A6	n.r.	0,87	n.r.	0,21	n.r.	9,25	231,71	2,69	n.r.	n.r.	91,19	n.r.	136,545	0,203
B3	n.r.	1,11	n.r.	0,22	n.r.	10,19	400,89	2,12	n.r.	0,29	103,07	n.r.	134,622	0,221
B6	n.r.	1,20	n.r.	0,24	n.r.	11,94	330,38	3,21	n.r.	0,28	134,26	n.r.	148,133	0,187
K1	n.r.	1,03	n.r.	0,23	n.r.	10,34	312,86	2,91	n.r.	0,27	132,07	n.r.	142,475	0,200
K2	n.r.	1,15	n.r.	0,27	n.r.	13,21	468,53	2,59	n.r.	0,28	91,49	n.r.	143,130	0,230
K3	n.r.	1,06	n.r.	0,23	n.r.	9,01	336,37	2,40	n.r.	0,36	150,16	n.r.	147,467	0,197
K4	n.r.	1,30	n.r.	0,23	n.r.	10,29	310,87	3,17	n.r.	0,42	87,55	n.r.	130,708	0,190

Tab. 2-XXXVII - 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 evidenziato il sito in cui verrà installata la piattaforma. In grassetto sono indicati i valori che indicano bioaccumulo da parte degli organismi. n.c. = non calcolabile.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
Controllo	n.c.	0,10	n.c.	0,04	n.c.	-5,98	-407,39	-1,21	n.c.	n.c.	-436,22	n.c.	10,97	**0,087**
BO SE	n.c.	0,11	n.c.	-0,04	n.c.	-7,29	-437,16	**0,80**	n.c.	-0,14	-299,60	n.c.	1,26	**0,036**
A3	n.c.	0,05	n.c.	-0,03	n.c.	-6,57	-450,37	**0,52**	n.c.	n.c.	-448,16	n.c.	-30,81	0,032
A6	n.c.	-0,04	n.c.	-0,04	n.c.	-8,38	-613,39	0,11	n.c.	n.c.	-448,95	n.c.	-26,71	**0,034**
B3	n.c.	**0,20**	n.c.	-0,04	n.c.	-7,44	-444,21	-0,46	n.c.	-0,17	-437,07	n.c.	-28,63	**0,053**
B6	n.c.	**0,29**	n.c.	-0,01	n.c.	-5,69	-514,72	**0,63**	n.c.	-0,18	-405,88	n.c.	-15,12	0,019
K1	n.c.	0,12	n.c.	-0,02	n.c.	-7,29	-532,24	0,34	n.c.	-0,20	-408,07	n.c.	-20,78	0,032
K2	n.c.	**0,24**	n.c.	0,02	n.c.	-4,41	-376,57	0,01	n.c.	-0,19	-448,65	n.c.	-20,12	**0,062**
K3	n.c.	0,15	n.c.	-0,03	n.c.	-8,62	-508,73	-0,17	n.c.	-0,11	-389,98	n.c.	-15,79	0,029
K4	n.c.	**0,39**	n.c.	-0,02	n.c.	-7,34	-534,23	**0,59**	n.c.	-0,05	-452,59	n.c.	-32,55	0,022

I livelli di **Al**, **Ba**, **Cr**, **In** e **V** sono risultati al di sotto dei limiti di quantificazione in tutti gli organismi test, dimostrando la mancanza di biodisponibilità di questi metalli.

Per **Cd**, **Cu**, **Fe**, **Pb**, **Si** e **Zn** è stata rilevata la tendenza al rilascio. L'**arsenico** è stato bioaccumulato in B3, B6, K2 e, soprattutto, K4. Anche il **nichel** è stato accumulato in quattro siti tra cui un controllo (CL SE, A3, B6 e K4), mentre **Hg** è stato bioaccumulato nel punto di installazione di Clara NW, in due stazioni a 60 m (A6 e B3) e nel controllo K2.

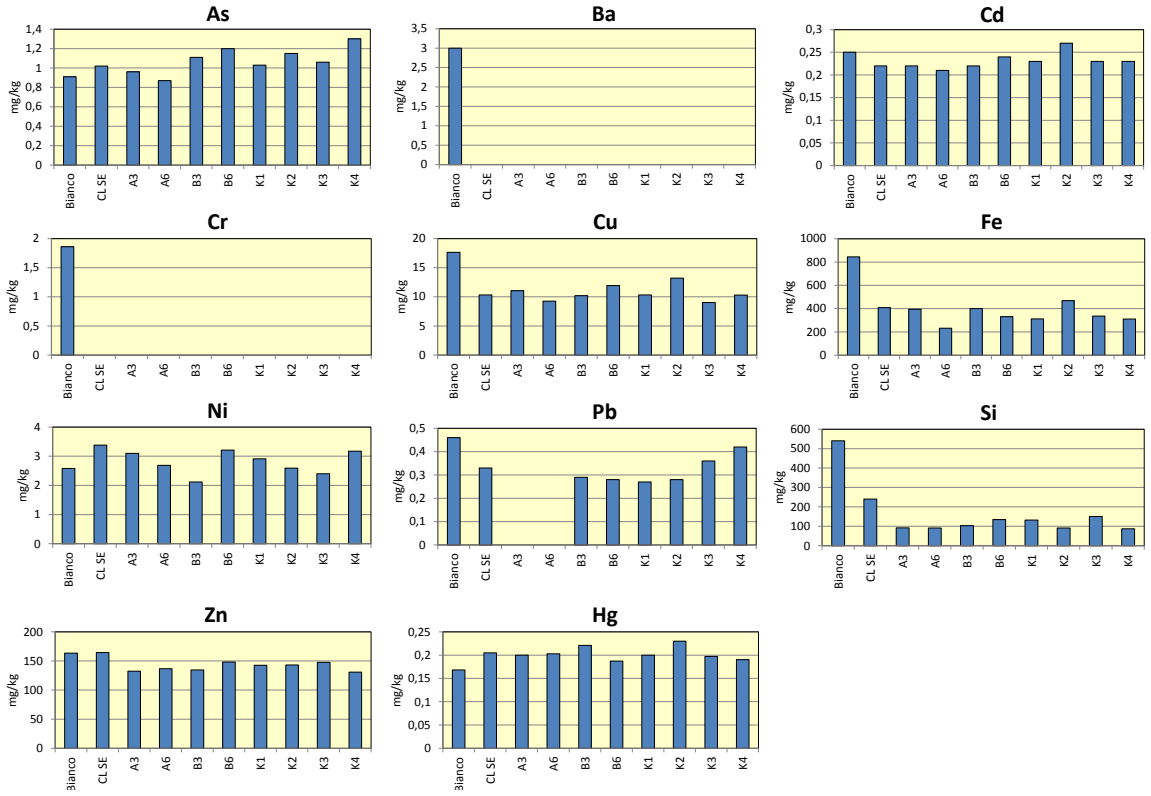


Fig. 2.56 - Concentrazioni dei metalli pesanti rilevate negli organismi di *H. diversicolor* esposti ai sedimenti da testare al al bianco durante il pre-survey. Non sono iportati Al, In e V in quanto inferiori al limite di rilevabilità strumentale ovunque.

2.2.5. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

2.2.5.1 Densità (N) e Biomassa (P)

In generale la comunità bentonica rinvenuta nei siti investigati è risultata abbastanza povera in termini di numero di individui (fig. 2.57). Lungo il transetto A è stato registrato un trend spaziale dei valori di densità da NW a SE, con il maggiore presso la stazione A3 (36,67±4,91 ind/0,095 m^2) e il minore in A6 (16,67±2,85 ind/0,095 m^2). Lungo B, invece, minimo e massimo sono stati registrati in CL SW (11,00±1,00 ind/0,095 m^2) e CL NE (19,67±7,22 ind/0,095 m^2).

Ai controlli la densità è apparsa piuttosto omogenea e in linea con quanto osservato presso la maggior parte delle stazioni situate entro 60 m dalla futura piattaforma. I valori sono oscillati tra 13,67±1,20 (K4) e 17,00±2,31 ind/0,095 m^2 (K3).

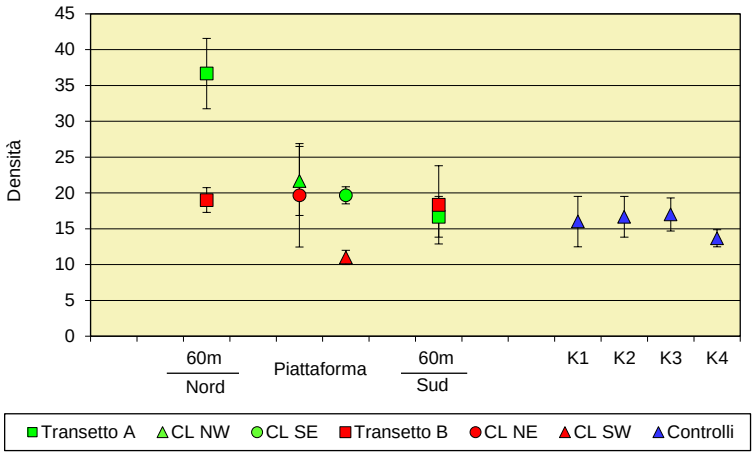


Fig. 2.57 – Densità (± e.s.) registrate presso i siti monitorati durante il pre-survey.

I policheti Paraonidae nd e il gasteropode *Hyala vitrea* hanno rappresentato il primo e/o il secondo taxon più numeroso nella maggior parte delle stazioni situate nell'area circostante la futura piattaforma, seguiti dal decapode *Callianassa subterranea* o dal polichete *Aphelochaeta filiformis* (Tab. 2-XXXVIII). Nel sito CL SW, invece, *C. subterranea* è risultato il taxon più numeroso seguito dai policheti paraonidi e dal riccio di mare *Brissopsis atlantica mediterranea.*

Presso i controlli è stata registrata una situazione simile a quella osservata nelle stazioni poste entro 60 m dalla futura piattaforma, con i paranoidi e *H. vitrea* risultati primo e/o secondo taxon (Tab. 2-XXXVIII).

Tab. 2-XXXVIII – Lista e densità (n. ind/0,095 m^2) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate durante il pre-survey. Per ogni sito è riportato il numero totale di taxa osservati. Sono anche indicate le Biocenosi di appartenenza dei taxa determinati a livello di specie. 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.

			Transetto A				Transetto B				Controlli			
Stazione		**Biocenosi**	**A3**	**CL NW**	**CL SE**	**A6**	**B3**	**CL NE**	**CL SW**	**B6**	**K1**	**K2**	**K3**	**K4**
Distanza dalla futura piattaforma			**60**	**0**	**0**	**60**	**60**	**0**	**0**	**60**	**2000**	**2000**	**2000**	**2000**
Crostacei														
Anfipodi	*Ampelisca diadema*	DE								0,33				
	Eriopisa elongata	VB												0,33
	Harpinia dellavallei	VTC	0,33											
	Leucothoe lilljeborgi	MO			0,33		0,67							
	Othomaera schmidtii	VB				0,33	0,33				0,33			
	Paraphoxus oculatus	Mixt		0,33		0,33					0,33			
Decapodi	*Alpheus glaber*	VTC			0,33									
	Callianassa subterranea	Lim	1,33	2,67	1,33	0,33	1,00	1,33	1,67	2,00	1,67	0,67	1,67	1,33
	Chlorotocus crassicornis	VB		0,33						0,33				
	Goneplax rhomboides	VTC		0,33		0,33		0,33				0,33		0,67
Isopodi	*Gnathia* sp	-											0,33	
Tanaidacei	*Apseudes latreillii*	Minut		0,33										
Echinodermi														
Echinoidei	*Brissopsis atlantica mediterranea*	VB							1,33	0,33				
Oloturoidei	Holothurioidea nd	-				0,33								
	Labidoplax digitata	VTC		0,33	0,33	0,33					0,33			0,33
	Ocnus planci	Sd						0,67	0,33					
Molluschi														
Bivalvi	*Abra prismatica*	DC	0,33											
	Azorinus chamasolen	Mixt							0,33	0,33		0,67		
	Kurtiella bidentata	VTC					0,33							
	Nucula nitidosa	Lim				1,00	0,33	0,33	0,33	0,67			0,33	0,33
	Parvicardium minimum	Mixt	0,33											
	Tellimya ferruginosa	SFBC							1,00	0,33				
Gasteropodi	*Bela brachystoma*	Lre									0,33			
	Hyala vitrea	VTC	0,33	2,67	2,00	1,67	3,33	1,00	0,33	0,33	2,00	2,67	1,33	3,00
	Turritella communis	VTC	0,33		0,33	0,33						0,33		
Nemertini														
	Nemertea nd	-	1,67	0,67	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33				0,67	0,33
Policheti														
	Ampharete acutifrons	VTC									0,33		0,33	
	Ampharetidae nd	-			0,33	0,33								
	Ancystrosyllis groenlandica	VB	0,33	0,33	0,33		0,67		0,33	0,67		0,33		0,33
	Aphelochaeta filiformis	MO	3,00	1,00	0,67	0,33	1,00	0,67	0,33	1,00	0,67	1,33	0,67	1,00
	Aphelochaeta marioni	MO	0,67					0,33				0,67		
	Aponuphis bilineata	SGCF			0,33									
	Aquilaspio sexoculata	MO	0,67				0,33			0,67				
	Chaetozone caputesocis	Lim	0,33	0,33			0,33	0,33	0,33		0,33		1,00	
	Cirratulidae nd	-	0,67			0,33								
	Glycera rouxii	MO	0,33	0,67	0,33		0,33	1,00	0,67	0,67		0,67		0,33
	Glycera sp	-	1,00	0,67	0,33	1,67								
	Harmothoe sp	-		0,33		0,33				0,33				
	Labioleanira yhleni	VTC		0,67		0,33		0,33						
	Lumbrineris gracilis	Sab						0,33						
	Marphysa bellii	Lim	0,33	1,00	1,00	0,67		0,67		0,33	1,00	0,33	0,67	1,33
	Melinna palmata	Minut						0,33						
	Micronephtys sphaerocirrata	Sab										0,33		0,33
	Minuspio cirrifera	MO		0,33									0,33	
	Nephtys hystricis	VTC	1,00	0,33	0,67		0,33	0,33		0,33	0,67	1,00	1,00	0,33
	Ninoe sp	-	0,67		0,67	0,33	0,67	0,33	0,67			0,33	0,33	
	Notomastus aberans	MO	0,33	0,33	1,33	0,67	0,33			0,33	0,33			0,33
	Ophelina cylindricaudata	Lim	1,00	1,00			0,33			1,00	1,33		1,00	
	Ophiodromus flexuosus	Sab	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33		0,33				
	Paradiopatra calliopae	Lim	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,67			1,00			
	Paralacydonia paradoxa	MO	1,33	0,33	1,33	0,67	1,00	1,00	0,33	1,00	0,67	0,33	0,33	0,33
	Paraonidae nd	-	12,67	3,00	4,33	3,67	5,00	6,67	1,33	4,00	2,33	4,33	4,67	1,33
	Phylo norvegica	Lim		0,33	0,33				0,33	0,33	0,33			
	Pilargidae nd	-	0,33				0,67		0,33	0,33		0,33		0,67
	Pilargis verrucosa	Sab		0,33										
	Poecilochetus serpens	VTC											0,33	
	Polyophthalmus pictus	Mixt		0,33										
	Prionospio ehlersi	Mixt							0,33					
	Prionospio malmgreni	SFBC										0,33		
	Prionospio sp	-	0,67											
	Scoletoma sp	-	1,33	0,33		0,33				0,67	0,33		0,33	
	Scoloplos armiger	Lre	1,33		0,67		0,33			0,33				
	Spionidae nd	-						0,33						0,33
	Terebellidae nd	-								0,67	0,33			
Sipunculidi														
	Onchnesoma steenstrupi	VB	1,67	1,00	1,00	0,33	0,33	1,67		0,67	1,33	1,33	1,67	0,67
	Sipuncula nd	-	0,33	0,67		0,67	0,33	0,33	0,33			0,33		
Densità totale			**36,67**	**21,67**	**19,67**	**16,67**	**19,00**	**19,67**	**11,00**	**18,33**	**16,00**	**16,67**	**17,00**	**13,67**
Ricchezza specifica totale			**30**	**30**	**24**	**26**	**24**	**23**	**19**	**26**	**20**	**19**	**18**	**19**

In termini di biomassa (fig. 2.58), i valori nell'area circostante la futura piattaforma sono risultati estremamente bassi e compresi tra 0,07±0,04 gr/0,095 m^2 (B3) e 1,11±0,50 gr/0,095 m^2 (CL NW), ad eccezione dei picchi osservati nelle stazioni CL SW (23,06±11,82 gr/0,095 m^2) e B6 (31,07±30,48 gr/0,095 m^2). Questi valori, caratterizzati da un elevato errore standard, sono stati determinati dal rinvenimento dell'echinoideo *B. atlantica mediterranea* (fig. 2.59; Tab. 2-XXXIX).

Anche presso i siti di controllo sono stati registrati valori piuttosto bassi, compresi tra 0,09±0,04 (K3) e 1,65±0,37 gr/0,095 m^2 (K4), e simili a quelli osservati presso l'area di installazione di Clara NW.

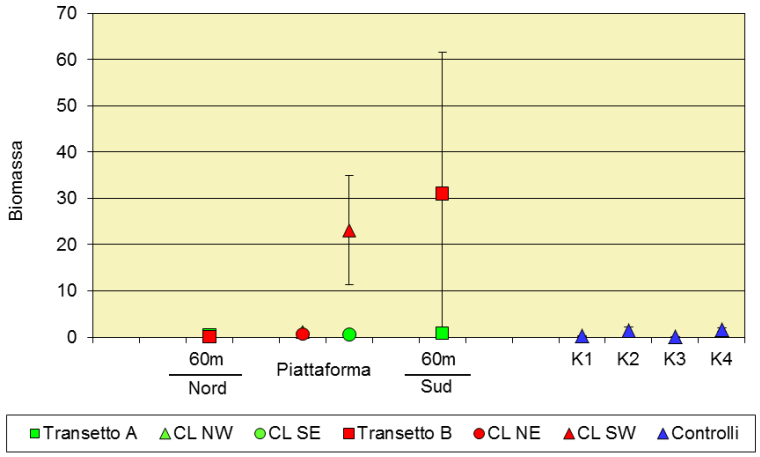


Fig. 2.58 – Biomassa (± e.s.) registrata presso i siti monitorati durante il pre-survey.

Fig. 2.59 – Esemplari di *Brissopsis atlantica mediterranea* rinvenuti in una replica dei siti CL SW (sinistra) e B6 (destra).

Tab. 2-XXXIX – Lista e biomassa (gr. 0,095 m^{-2}) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate durante il pre-survey. * = <0,001 gr/0,095 m^2.

		Transetto A				Transetto B				Controlli			
Stazione		**A3**	**CL NW**	**CL SE**	**A6**	**B3**	**CL NE**	**CL SW**	**B6**	**K1**	**K2**	**K3**	**K4**
Distanza dalla futura piattaforma		**60**	**0**	**0**	**60**	**60**	**0**	**0**	**60**	**2000**	**2000**	**2000**	**2000**
Crostacei													
Anfipodi	*Ampelisca diadema*								*				
	Eriopisa elongata												0,001
	Harpinia dellavallei	*											
	Leucothoe lilljeborgi			*		*							
	Othomaera schmidtii				0,003	0,001				0,005			
	Paraphoxus oculatus		*		*					*			
Decapodi	*Alpheus glaber*			0,131									
	Callianassa subterranea	0,004	0,028	0,027	0,007	0,006	0,039	0,038	0,021	0,049	0,026	0,038	0,014
	Chlorotocus crassicornis		0,395						0,446				
	Goneplax rhomboides		0,313		0,111		0,093				0,075		1,032
Isopodi	*Gnathia* sp											0,000	
Tanaidacei	*Apseudes latreillii*		*										
Echinodermi													
Echinoidei	*Brissopsis atlantica mediterranea*							22,440	29,709				
Oloturoidei	Holothurioidea nd				0,000								
	Labidoplax digitata		0,009	0,050	0,029					0,033			0,013
	Ocnus planci						0,469	0,001					
Molluschi													
Bivalvi	*Abra prismatica*	*											
	Azorinus chamasolen							0,014	0,508		1,015		
	Kurtiella bidentata					*							
	Nucula nitidosa				0,700	0,002	0,001	0,478	0,317			0,019	0,306
	Parvicardium minimum	*											
	Tellimya ferruginosa							0,004	*				
Gasteropodi	*Bela brachystoma*									0,002			
	Hyala vitrea	*	0,003	0,003	0,002	0,005	0,001	*	*	0,002	0,003	0,002	0,003
	Turritella communis	0,021		0,239	0,007						0,289		
Nemertini													
	Nemertea nd	0,001	0,003	0,005	*	*	0,000	*				0,013	0,020
Policheti													
	Ampharete acutifrons									*		0,001	
	Ampharetidae nd			*	*								
	Ancystrosyllis groenlandica	*	*	*		*		*	*		0,001		*
	Aphelochaeta filiformis	0,001	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Aphelochaeta marioni	*					*				*		
	Aponuphis bilineata			*									
	Aquilaspio sexoculata	*				*			*				
	Chaetozone caputesocis	0,001	0,003			0,002	0,001	0,001		0,002		0,003	
	Cirratulidae nd	0,005			*								
	Glycera rouxii	0,013	0,014	0,001		0,035	0,008	0,066	0,002		0,003		0,001
	Glycera sp	0,001	0,001	0,001	0,015								
	Harmothoe sp		0,001		*				0,002				
	Labioleanira yhleni		0,191		*		*						
	Lumbrineris gracilis						*						
	Marphysa bellii	0,236	0,102	0,086	0,012		0,034		0,002	0,132	0,025	*	0,252
	Melinna palmata						*						
	Micronephtys sphaerocirrata										*		*
	Minuspio cirrifera		*									*	
	Nephtys hystricis	0,060	*	0,028		0,003	0,003		0,001	0,005	0,022	0,016	0,002
	Ninoe sp	0,001		0,002	*	0,004	*	0,003			0,002	*	
	Notomastus aberans	0,003	0,005	0,002	0,002	0,004			0,001	0,005			0,002
	Ophelina cylindricaudata	*	*			*			*	*		*	
	Ophiodromus flexuosus	*	*	*	*	*	*		0,001				
	Paradiopatra calliopae	0,002	*	*	0,001	0,002	0,001			0,001			
	Paralacydonia paradoxa	0,001	*	0,001	*	0,000	0,001	*	0,001	*	*	*	*
	Paraonidae nd	0,002	0,002	*	*	0,001	0,001	*	*	*	0,001	0,001	*
	Phylo norvegica		0,010	0,003				0,008	0,010	0,017			
	Pilargidae nd	*				*		*	*		*		*
	Pilargis verrucosa		*										
	Poecilochetus serpens											*	
	Polyophthalmus pictus		0,003										
	Prionospio ehlersi							0,001					
	Prionospio malmgreni										0,001		
	Prionospio sp	*											
	Scoletoma sp	*	*		0,004				0,008	0,001		0,000	
	Scoloplos armiger	*		*		*			*				
	Spionidae nd						*						*
	Terebellidae nd								0,039	0,002			
Sipunculidi													
	Onchnesoma steenstrupi	0,002	0,001	0,001	*	0,001	0,002		0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
	Sipuncula nd	*	0,027		0,001	0,006	0,017	0,001			0,008		
Biomassa totale		**0,356**	**1,111**	**0,581**	**0,896**	**0,071**	**0,672**	**23,057**	**31,070**	**0,258**	**1,473**	**0,095**	**1,647**

2.2.5.2 Affinità biocenotiche delle specie rinvenute

Nei siti campionati i taxa di fondo mobile sono risultati i più rappresentati nei popolamenti rinvenuti, sia in termini di numero di specie che di individui (Tab. 2-XL).

Tab. 2-XL – Numero di taxa (a) e di individui (b) rinvenuti nel corso del pre-survey 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. 2-XXXVIII.

a)

	Transetto A				Transetto B				Controlli			
	A3	CL NW	CL SE	A6	B3	CL NE	CL SW	B6	K1	K2	K3	K4
Limicoli (Lim, VTC, VB)	11	14	11	11	11	10	7	11	12	8	10	10
Sabulicoli (Sab, SFBC)	1	2	1	1	1	2	1	2		2		1
Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF)	2	2	1	1			2	2	1	1		
Indicatori di Materia Organica (MO)	6	5	5	3	6	4	3	5	3	4	3	4
Minuticoli (Minut)		1				1						
Substrato duro (Sd)						1	1					
Larga ripartizione ecologica (Lre)	1		1		1			1	1			

b)

	Transetto A				Transetto B				Controlli			
	A3	CL NW	CL SE	A6	B3	CL NE	CL SW	B6	K1	K2	K3	K4
Limicoli (Lim, VTC, VB)	8,00	11,67	8,00	6,00	7,67	7,00	4,67	7,00	10,67	7,00	9,33	8,67
Sabulicoli (Sab, SFBC)	1,00	0,67	0,33	0,33	0,33	0,67	1,00	0,67		0,67		0,33
Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF)	0,67	0,67	0,33	0,33			0,67	0,67	0,33	0,67		
Indicatori di Materia Organica (MO)	6,33	2,67	4,00	1,67	3,67	3,00	1,33	3,67	1,67	3,00	1,33	2,00
Minuticoli (Minut)		0,33				0,33						
Substrato duro (Sd)						0,67	0,33					
Larga ripartizione ecologica (Lre)	1,33		0,67		0,33			0,33	0,33			

Le specie limicole (legate alla presenza di fango) hanno rappresentato il raggruppamento biocenotico più importante in tutte le stazioni sia in termini di numero di specie che di densità, seguite dai taxa indicatori di materia organica (MO) che hanno costituito ovunque il secondo gruppo più abbondante. Tutte le altre categorie ecologiche, incluse quelle legate ai substrati rocciosi, sono apparse, ove presenti, meno rappresentative. La distribuzione dei gruppi biocenotici è apparsa piuttosto simile tra l'area in cui verrà installata la futura piattaforma e i siti di controllo.

2.2.5.3 Dominanza

Per la rappresentazione grafica delle dominanze sono stati evidenziati i taxa che complessivamente hanno costituito circa il 67% delle comunità, includendo i rimanenti nella categoria "altro" (fig. 2.60).

I policheti appartenenti alla famiglia dei paraonidi hanno rappresentato quasi ovunque il taxon predominante in termini percentuali, con valori oscillanti tra 14,6% (K1) e 34,6% (A3). Presso i siti CL SW e K4 hanno invece prevalso rispettivamente il decapode *C.*

subterranea e il gasteropode *H. vitrea*, risultate entrambe piuttosto importanti anche presso le altre stazioni.

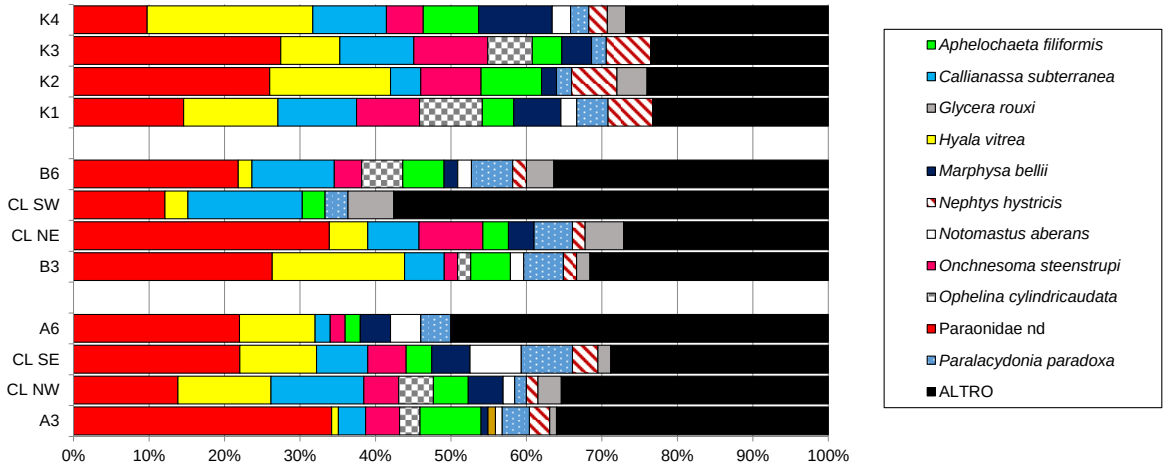


Fig. 2.60 - Valori percentuali di dominanza delle specie principali ottenuti nelle stazioni monitorate durante il pre-survey.

Tutte le altre specie riportate in fig. 2.60 sono risultate meno importanti di quelle appena descritte e hanno presentato percentuali piuttosto simili nei diversi siti.

La categoria "altro" è apparsa ben rappresentata ovunque, con percentuali comprese tra 23,3% (K1) e 57,6% (CL SW), 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. 2.61).

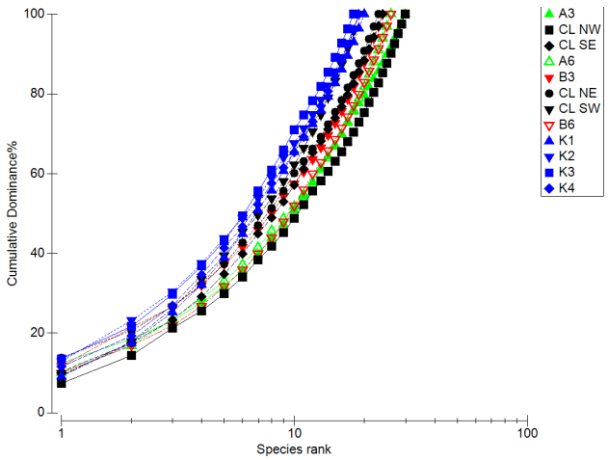


Fig. 2.61 - Curve di dominanza cumulative ottenute per le stazioni campionate nel pre-survey.

2.2.5.4 Ricchezza specifica totale (S)

In tutta l'area indagata sono stati rinvenuti 66 taxa di cui 38 policheti, 12 crostacei, 9 molluschi, 4 echinodermi, 2 sipunculidi e 1 nemertino (Tab. 2-XXXVIII).

Nell'area circostante la futura piattaforma minimo e massimo sono stati raggiunti rispettivamente in CL SW (19) e in A3 e CL NW (30; fig. 2.62). I valori maggiori sono stati registrati nei siti posti lungo il transetto A rispetto ai corrispondenti di quello B, ad eccezione di A6 e B6 in cui è stato rinvenuto lo stesso numero di taxa (26). Ai controlli il range di S è apparso leggermente inferiore e più ristretto rispetto a quello osservato nell'area di installazione di Clara NW, essendo risultato compreso tra 18 (K3) e 20 (K1).

I policheti hanno rappresentato ovunque il gruppo principale, oscillando da 10 taxa (CL SW) a 21 (A3). Crostacei e molluschi sono apparsi il secondo e/o terzo gruppo più abbondante in tutti i siti, mentre gli echinodermi sono stati rappresentati al massimo da due specie (A6 e CL SW) e non sono stati rinvenuti in 4 stazioni (A3, B3, K2 e K3).

Il numero di specie esclusive, ovvero censite unicamente in un sito, è oscillato tra 1 (in diverse stazioni), valore corrispondente al 4-5% dei taxa rinvenuti in ciascun sito, e 4 (in A3), corrispondente al 13% (Tab. 2-XXXVIII).

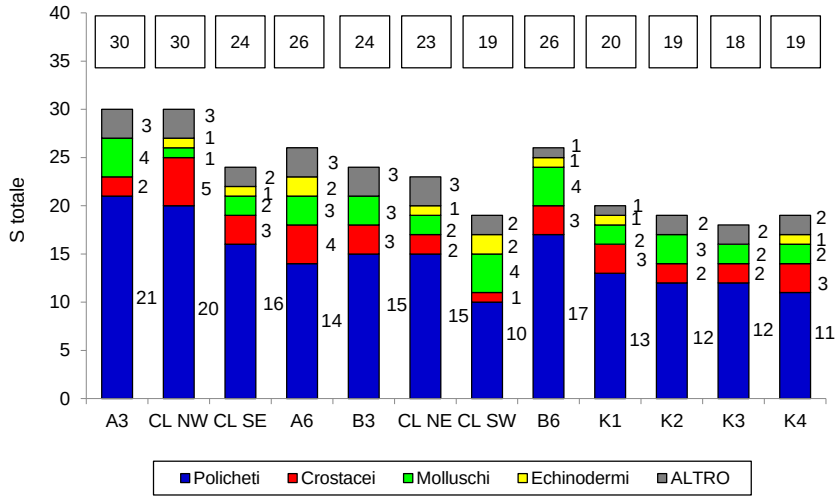


Fig. 2.62 - Ripartizione secondo il phylum di appartenenza delle specie rinvenute nelle singole stazioni campionate durante il pre-survey. Sono anche riportati i valori della Ricchezza specifica totale ottenuti per i vari siti (riquadri).

2.2.5.5 Ricchezza specifica media (S_m)

La Ricchezza specifica media ha presentato un trend simile a quello osservato per S (fig. 2.63). S_m è oscillata tra 10,7±0,0 (A6) e 16,3±1,8 (A3) lungo A, mentre lungo B il minimo è stato registrato presso CL SW (9,0±0,0) e il massimo presso B3 (11,7±0,3) e CL NE (11,7±1,7). Inoltre, presso A3 e CL SE sono stati registrati valori maggiori rispetto ai

corrispondenti siti lungo il transetto B. Ai controlli i valori sono risultati piuttosto omogenei, con il minimo presso K1 e K2 (9,3±0,3) e il massimo presso K3 (10,7±1,8). Dal confronto tra le stazioni poste nell'area circostante la futura piattaforma e i controlli è emersa una discreta omogeneità (solo A3 non è apparso confrontabile con alcun riferimento.

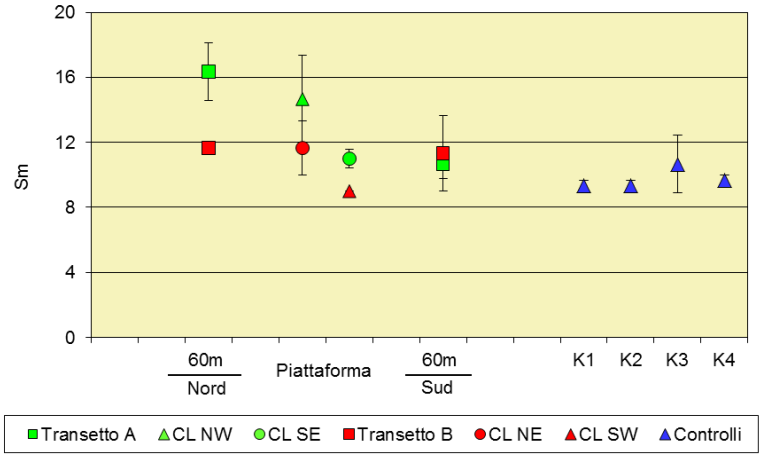


Fig. 2.63 – Ricchezza specifica media (± e.s.) registrata presso i siti monitorati nel corso del pre-survey.

2.2.5.6 Diversità specifica (H')

Entro un raggio di 60 m dalla futura struttura la Diversità specifica ha mostrato valori piuttosto bassi ad evidenziare una comunità non molto diversificata (fig. 2.64). Il minimo è stato registrato presso CL SW (2,13±0,03) e il massimo presso CL NW (2,50±0,15).

I controlli hanno presentato valori molto omogenei tra loro (1,99±0,08≤H'≤2,16±0,22) e paragonabili con le stazioni poste nell'area circostante la futura piattaforma Clara NW.

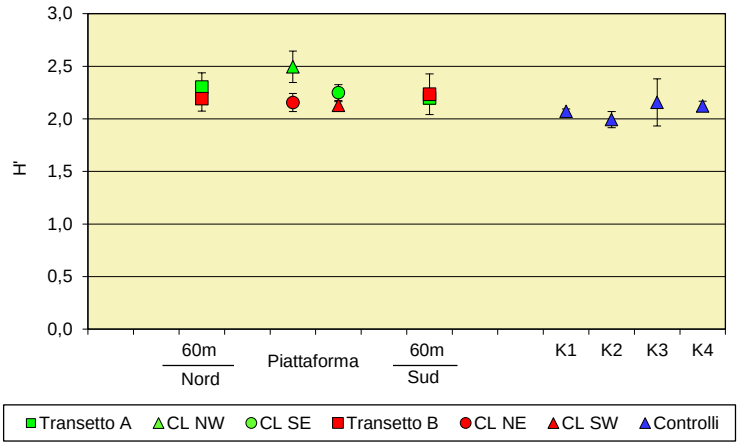


Fig. 2.64 - Diversità specifica (± e.s.) registrata nelle stazioni monitorate nel corso del pre-survey.

2.2.5.7 MultiDimensional Scaling (MDS)

Il MultiDimensional Scaling applicato ai dati di densità delle singole specie ha confermato la confrontabilità tra i siti, essendo stati raggruppati tutti in un unico grande cluster (similarità al 54%; fig. 2.65a) ad eccezione di CL SW che ha costituito un gruppo a sé. La similarità tra la maggioranza dei siti può essere facilmente spiegata dal rinvenimento di alcuni taxa, come il gasteropode *H. vitrea* (fig. 2.65b), i policheti appartenenti alla famiglia dei paraonidi (fig. 2.65c) e il decapode *C. subterranea* (fig. 2.65d), che sono risultati abbondanti ovunque. Il distacco di CL SW, invece, può essere spiegato dalla presenza esclusiva del polichete *Prionospio elhersi* (fig. 2.65e), o dall'assenza di specie rinvenute nelle altre stazioni, come il sipunculide *Onchnesoma steenstrupi* (fig. 2.65f).

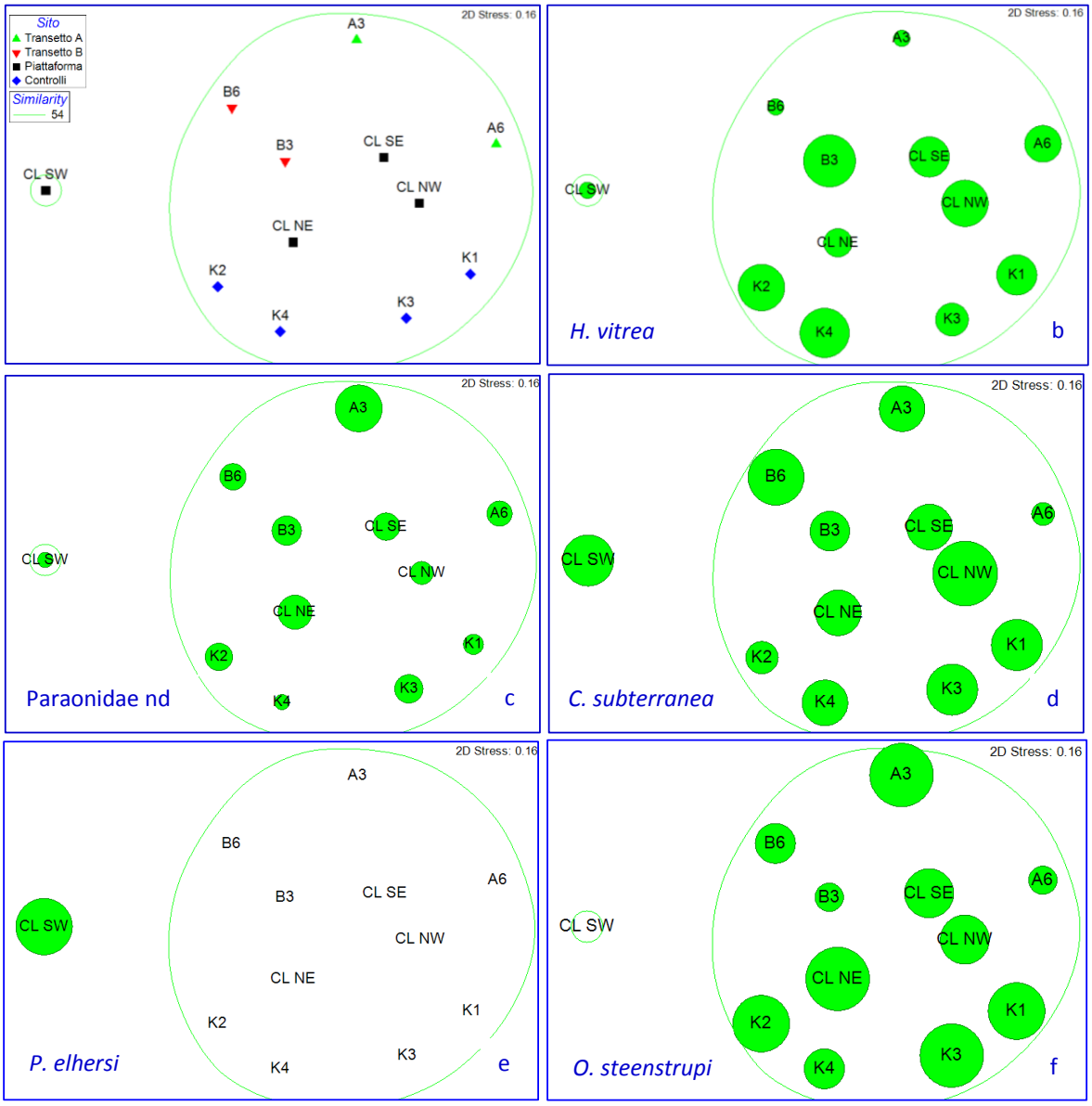


Fig. 2.65 – Rappresentazione bidimensionale dei siti campionati nel pre-survey tramite il metodo del MultiDimensional Scaling. I cerchi verdi indicano i quantitativi in termini di densità delle singole specie.

2.2.5.8 Valutazione dello stato ambientale

Indice W di Clarke - L'indice W di Clarke ha evidenziato la presenza di un ambiente leggermente disturbato sia nell'area circostante la futura piattaforma che presso i siti di controllo (Tab. 2-LI).

Tab. 2-LI – Valori dell'indice W di Clarke ottenuti per i siti monitorati durante il pre-survey. In rosso i siti posti in corrispondenza della futura piattaforma.

Stazione	W	Classificazione ambientale
A3	0,400	Leggermente disturbato
CL NW	0,491	Leggermente disturbato
CL SE	0,451	Leggermente disturbato
A6	0,537	Leggermente disturbato
B3	0,286	Leggermente disturbato
CL NE	0,477	Leggermente disturbato
CL SW	0,743	Leggermente disturbato
B6	0,698	Leggermente disturbato
K1	0,389	Leggermente disturbato
K2	0,481	Leggermente disturbato
K3	0,386	Leggermente disturbato
K4	0,554	Leggermente disturbato

Indice AMBI - L'indice AMBI (Tab. 2-LII) ha fornito risultati identici a quelli ottenuti con W di Clarke, evidenziando ovunque una situazione di leggero disturbo. La maggior parte delle specie rinvenute appartiene al III gruppo ecologico (specie tolleranti a un eccessivo arricchimento organico nei sedimenti) o al I (specie sensibili ad arricchimento organico e presenti solo in condizioni ambientali ottimali), queste ultime dominanti in A6, K1 e K4.

Tab. 2-LII – Suddivisione percentuale delle specie rinvenute in ciascun sito monitorato durante il pre-survey 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 futura piattaforma.

Stazione	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	Classificazione ambientale
A3	14,8	20,4	58,3	6,5	0	2,347	Leggermente disturbato
CL NW	37,5	20,3	39,1	3,1	0	1,617	Leggermente disturbato
CL SE	25,4	27,1	47,5	0,0	0	1,831	Leggermente disturbato
A6	36,0	30,0	32,0	2,0	0	1,500	Leggermente disturbato
B3	35,1	14	47,4	3,5	0	1,789	Leggermente disturbato
CL NE	27,1	20,3	49,2	3,4	0	1,932	Leggermente disturbato
CL SW	33,3	24,2	36,4	6,1	0	1,727	Leggermente disturbato
B6	25,9	24,1	46,3	3,7	0	1,917	Leggermente disturbato
K1	45,8	20,8	31,3	2,1	0	1,344	Leggermente disturbato
K2	34,0	20,0	40,0	6,0	0	1,770	Leggermente disturbato
K3	29,4	17,6	45,1	7,8	0	1,971	Leggermente disturbato
K4	43,9	19,5	36,6	0,0	0	1,390	Leggermente disturbato

Indice BENTIX - L'indice BENTIX (Tab. 2-XLIII) ha fornito risultati leggermente diversi rispetto agli altri due indici classificando A3, B3, CL NE, e K2 come moderatamente disturbati.

Tab. 2-XLIII – Risultati dell'indice BENTIX e relativa classificazione del disturbo ambientale per i siti monitorati durante il pre-survey. In rosso i siti posti in corrispondenza della futura piattaforma.

Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale
A3	3,24	Moderatamente disturbato
CL NW	4,00	Leggermente disturbato
CL SE	3,63	Leggermente disturbato
A6	3,76	Leggermente disturbato
B3	3,19	Moderatamente disturbato
CL NE	3,08	Moderatamente disturbato
CL SW	4,24	Leggermente disturbato
B6	3,64	Leggermente disturbato
K1	4,25	Leggermente disturbato
K2	3,36	Moderatamente disturbato
K3	3,65	Leggermente disturbato
K4	3,56	Leggermente disturbato

Stato ecologico - In Tab. 2-XLIV è riportato lo stato ecologico relativo alle diverse stazioni derivato dalla combinazione dei tre indici indici che è risultato tra il buono e il buono/moderato sia nell'area circostante la futura piattaforma che ai controlli.

Tab. 2-XLIV – Classificazione dello stato ecologico derivata dalla combinazione dei tre differenti indici. In rosso i siti posti in corrispondenza della futura piattaforma.

	W	AMBI	BENTIX	Stato ecologico
	Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	
A3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente inquinato	Buono/moderato
CL NW	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
CL SE	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
A6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
B3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente inquinato	Buono/moderato
CL NE	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente inquinato	Buono/moderato
CL SW	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
B6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
K1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
K2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente inquinato	Buono/moderato
K3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
K4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono

2.2.6. RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI

Nei mesi di pre-survey è avvenuto un solo avvistamento il giorno 19 dicembre 2014. In quell'occasione, alle ore 15:00 è stata notata la presenza di 3 gruppi formati da 4, 1 e 4 individui di *Tursiops truncatus* che, dal punto di installazione di Clara NW, si dirigevano verso il tracciato della condotta Clara NW - Calipso seguendo la scia di un'imbarcazione da pesca al traino (Tab. 2-XLV; fig. 2.66).

Tab. 2-2-XLII - Survey condotti per l'avvistamento di cetacei nell'area in cui verrà installata la piattaforma Clara NW condotti durante i mesi di pre-survey.

	N. survey	N. avvist.
Dicembre 2014	3	1
Gennaio 2015	1	0
Febbraio 2015	2	0
Marzo 2015	2	0
Aprile 2015	3	0

Fig. 2.66 - Dicembre 2014. Esemplare di *Tursiops truncatus* avvistato durante il campionamento di sedimenti e benthos.

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 di Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. – Divisione E&P 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, Emilio, Calipso, Clara Est, Clara Nord, Annamaria B, pozzi sottomarini Bonaccia EST 2 & 3; Fabi *et al*., 2001; 2004; 2005; 2010a; 2010b; 2010c; 2013; 2014a; 2015); e) alle caratteristiche idrologiche e sedimentologiche della zona in cui verrà installata Clara NW.

E' stato proposto un monitoraggio comprendente indagini riguardanti la colonna d'acqua (solo piattaforma; studio delle correnti caratteristiche fisiche e chimiche), le comunità fito- e zooplanctoniche (solo piattaforma; solo nelle fasi di pre-survey e durante i lavori di installazione, in base alle indicazioni di ARPAM del 06/02/2015), i sedimenti (piattaforma e sea-line; 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 della piattaforma, la composizione quali-quantitativa della comunità bentonica (piattaforma e sea-line) e del popolamento ittico (solo piattaforma).

Il monitoraggio comprende diverse fasi:

a. Fase precedente alla posa in opera delle strutture (pre-survey);
b. Fase di installazione della piattaforma e perforazione dei pozzi;
c. Fase di esercizio della piattaforma e del sea-line;
d. Fase di fine esercizio della piattaforma e del sea-line.

Nella presente relazione sono riportati i risultati ottenuti nella fase di pre-survey condotto nel periodo dicembre 2014 - aprile 2015.

In questa fase per ogni comparto da investigare è stato proposto un monitoraggio semplificato rispetto a quello che verrà seguito nel periodo di produzione della piattaforma a causa dell'assenza fisica della struttura. Per quanto concerne la colonna d'acqua l'indagine è stata effettuata presso 5 siti di campionamento di cui posto in corrispondenza della futura piattaforma e quattro posizionate a circa 2000 m di distanza (controlli). Le medesime stazioni sono state campionate anche per la caratterizzazione delle comunità planctoniche. Sedimenti e comunità bentonica sono stati indagati presso 12 siti disposti a croce di cui 4 nell'area in cui verrà installata Clara NW, 4 a 60 m e 4 a circa 2000 m di distanza (controlli).

Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua - L'area dove sarà installata la piattaforma di estrazione Clara NW è localizzata a circa 30 mn dalla costa ed è caratterizzata da condizioni oceanografiche di mare aperto, risentendo solo in parte della circolazione costiera (Artegiani *et al*., 1997a e 1997b). Le caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua determinate durante il periodo analizzato (dicembre 2014-aprile 2015) sono in accordo con la climatologia del bacino (Artegiani *et al*., 1997a; Zavatarelli *et al*., 1998).

I monitoraggi effettuati hanno evidenziato la presenza di condizioni idrologiche tardo autunnali in dicembre 2014 (temperature superficiali di circa 16,5°C e colonna d'acqua ancora stratificata sia in temperatura che in salinità), mentre nelle altre situazioni analizzate (febbraio, marzo e aprile 2015) erano presenti condizioni invernali, con temperature sotto i 13°C lungo tutta la colonna d'acqua, salvo un inizio di debole riscaldamento in aprile. I valori di salinità, generalmente superiori a 38,0 psu, hanno confermato la limitata presenza di acque di diluizione continentale, convalidando le condizioni offshore dell'area. Soltanto durante la campagna di aprile sono stati registrati valori superficiali di salinità inferiori a 37 psu, dovuti ad apporti più elevati di acqua diluita nel bacino nel periodo primaverile legati alle maggiori portate dei fiumi e alle piogge.

Per quanto riguarda gli aspetti idrochimici considerati, la concentrazione di ossigeno disciolto si è mantenuta su valori di saturazione sempre al di sopra del 80%, con minimi in prossimità del fondo a dicembre. Non sono state osservate quindi condizioni anossiche o ipossiche durante il periodo considerato.

Le concentrazioni dei macro-nutrienti azotati e del fosforo sono risultate particolarmente basse in dicembre, aumentando in modo importante nelle situazioni successive. In particolare, ammoniaca e fosfati sono risultati presenti in aprile con concentrazioni 6 volte maggiori rispetto a dicembre, mentre i nitrati erano più di 2 volte superiori a marzo e ad

aprile. Per quanto riguarda gli ortosilicati, invece, la concentrazione più elevata è stata osservata in dicembre e la minima in febbraio per il possibile consumo da parte del fitoplancton siliceo, come evidenziato dalla presenza in febbraio dei massimi di concentrazione di clorofilla *c* che identifica il gruppo delle diatomee, alghe con scheletro siliceo. Le concentrazioni di nutrienti e i trend stagionali sono nei range dei valori noti per l'area (Zavatarelli *et al*., 1998; Marini *et al*., 2008).

Il carico solido sospeso ha presentato in generale un aumento nelle acque di fondo, andamento questo osservato frequentemente in Adriatico e legato a possibili processi di risospensione e trasporto di sedimenti (Wang e Pinardi, 2002; Wang *et al*., 2006).

Le concentrazioni di pigmenti clorofilliani misurati durante il periodo considerato sono rappresentative di condizioni di ridotta attività fotosintetica da parte degli organismi del plancton e confermano le condizioni di oligotrofia dell'area (Zavatarelli *et al*., 1998; Totti *et al*., 2000). Le concentrazioni di clorofilla (come somma di Chl *a*, *b* e *c*) sono risultate infatti generalmente inferiori a 500 ng/l in tutte le situazioni analizzate, ad eccezione di febbraio in cui si sono raggiunti valori superiori a 800 ng/l rappresentando pertanto la condizione di massima attività degli organismi autotrofi nel periodo considerato. Analizzando le differenze per i vari parametri tra la stazione in cui verrà installata la piattaforma e i quattro siti posizionati a 2000 m di distanza e utilizzati come controlli, sono state evidenziate differenze statisticamente significative solo per il carico solido sospeso e per la Chl *a* a febbraio. Pertanto, si può concludere che nel periodo analizzato le condizioni fisiche, chimiche e biologiche nell'area in esame sono state generalmente caratterizzate da una bassa variabilità.

Per quanto riguarda gli inquinanti organici e i metalli le concentrazioni determinate nella colonna d'acqua nell'area di posa della piattaforma Clara NW nel periodo di pre-survey sono risultate per la maggior parte al di sotto del limite di rilevabilità. Le concentrazioni dei parametri rilevabili erano comunque ampiamente al di sotto dei limiti previsti dalle leggi attinenti la qualità delle acque (es. i limiti per le acque riportati nella Direttiva 2008/105/EC).

Per i parametri risultati sempre rilevabili (alluminio arsenico, bario, nichel, vanadio e silicio) è stato possibile fare qualche considerazione relativa alla loro variabilità durante il periodo di monitoraggio. In particolare alluminio e nichel hanno mostrato delle differenze nei valori medi, con un leggero aumento delle loro concentrazioni in particolare tra febbraio e aprile, mentre l'arsenico ha mostrato un trend in diminuzione, con il minimo raggiunto nel marzo 2015. Tutti gli altri metalli invece non hanno evidenziato differenze

significative durante tutto il periodo indagato. Nessuna differenza significativa è altresì rilevabile nel confronto tra stazioni di controllo e quella centrale dove si installerà la struttura. In generale si può affermare quindi che la variabilità dei parametri indagati è risultata molto limitata.

In conclusione, nel periodo di osservazione in tutta l'area esaminata non è stato evidenziato alcun fenomeno di contaminazione ambientale.

Comunità planctoniche - La disponibilità di luce e la maggiore concentrazione dei nutrienti nella campagna di febbraio 2015 rispetto al dicembre 2014 hanno influenzato la distribuzione del fitoplancton lungo la colonna che è risultato talvolta abbondante alle quote di 40 m e di fondo rispetto alla superficie.

La composizione in specie è risultata simile nei due survey a livello di grandi gruppi o classi, avendo prevalso sempre i nanoflagellati e le Diatomee. Tra le Diatomee le specie bentoniche risospese (*Diploneis crabro* e *Navicula* sp.) hanno contribuito maggiormente alle quote di fondo nel primo monitoraggio.

Alcune specie sono risultate presenti in entrambe le campagne (*Gyrodinium flagellare, Thalassionema nitzschioides, Cylindrotheca closterium*). Altre sono state rinvenute solo in uno dei due campionamenti, essendo caratteristiche della stagione in cui è avvenuto il survey: si tratta in particolare della diatomea *Lioloma pacificum*, caratteristica del periodo autunnale e rinvenuta in dicembre 2014 e delle diatomee *Pseudosolenia calcar-avis* e *Hemiaulus hauckii* caratteristiche del periodo invernale, osservate nel febbraio 2015.

Le differenze sia in abbondanza che in composizione specifica sono dovute alla normale successione stagionale e rientrano nella normale variazione spazio-temporale dei popolamenti fitoplanctonici.

Per quanto concerne lo zooplancton, a livello generale le comunità rilevate nei due periodi considerati nell'area in cui verrà installata la piattaforma Clara NW risultano indicative di una situazione tipicamente stagionale e solitamente riscontrabile nelle acque adriatiche, sia in termini di abbondanze che di composizione delle comunità (Hure e Krsinic, 1998). In entrambe le situazioni analizzate, tra i Copepodi hanno dominato con poche specie appartenenti principalmente ai generi *Clausocalanus* e *Oithona*. Sia in dicembre che in febbraio solo su alcune stazioni e sempre con abbondanze poco rilevanti, è stata segnalata la presenza dei Crostacei Cladoceri.

Caratteristiche sedimentologiche - L'area destinata ad accogliere la piattaforma Clara NW è caratterizzata da un sedimento costituito in prevalenza silt con una cospicua

percentuale di argilla, tanto che tutti i sedimenti sono stati classificati come silt argillosi secondo Sheppard.

Per quanto riguarda i contaminanti indagati, i dati suggeriscono che nell'area non ci sono segnali di contaminazione. Sia i composti organici sia i metalli hanno presentato complessivamente tenori modesti, tanto che anche le differenze tra sito e sito hanno scarso significato.

Ecotossicologia dei sedimenti - I saggi biologici condotti con *Dunaliella tertiolecta, Vibrio fischeri, Corophium orientale* e *Crassostrea gigas* hanno tutti evidenziato l'assenza di tossicità nell'intera area investigata con l'eccezione di una tossicità media rilevata nel sito di controllo K4 relativamente allo sviluppo larvale di *C. gigas*.

I risultati del test di bioaccumulo eseguito utilizzando esemplari di *Hediste diversicolor* hanno dimostrato la parziale biodisponibilità solo di tre dei 14 metalli esaminati (As, Hg e Ni). Tutti gli altri o sono risultati al di sotto del limite di rilevabilità strumentale, o sono stati rilasciati dagli organismi testati. Nel complesso, dunque, nel pre-survey non sono stati rilevati segnali di inquinamento da parte di metalli pesanti nelle forme biodisponibili per gli organismi.

Comunità bentonica – La comunità bentonica nell'area investigata è apparsa piuttosto povera sia in termini di numero di individui che di specie, con popolamenti costituiti quasi esclusivamente da taxa di fondo mobile. In particolare, in tutte le stazioni le specie limicole hanno rappresentato il raggruppamento biocenotico più importante e ovunque è stato rinvenuto anche un discreto numero di organismi indicatori della presenza di materia organica nei sedimenti. I policheti sono risultati il taxon principale, seguiti da crostacei e/o molluschi, con valori abbastanza confrontabili tra le differenti stazioni.

Complessivamente, la maggior parte dei siti posti nell'area in cui verrà installata la piattaforma ha mostrato valori degli indici biotici (Densità, Ricchezza specifica totale e media, Diversità specifica) piuttosto simili a quelli rinvenuti nei siti di riferimento, suggerendo una buona omogeneità, sia in termini quantitativi che di struttura dei popolamenti. Tale situazione è stata confermata anche dall'MDS che ha raggruppato tutte le stazioni indagate in un unico grande cluster, separando solo il sito CL SW, caratterizzato da basso numero di individui e di specie.

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 buono/moderato sia nell'area circostante la futura struttura che nei controlli.

3. SEA-LINE COLLEGANTE CLARA NW CON LA PIATTAFORMA 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

Il pre-survey è stato condotto nel dicembre 2014. Tenendo in considerazione la lunghezza del futuro sea-line (13 km), in questa fase si è ritenuto sufficiente effettuare i prelievi su 2 stazioni posizionate lungo il tracciato della condotta rispettivamente a una distanza di 4,3 km dalla futura piattaforma Clara NW (stazione C4) e una a 8,6 km (D4), e su n. 2 siti di controllo (K6 e K9) posizionati in modo random all'interno di aree prive di altre strutture artificiali (1000 x1000 m) poste a circa 2000 m dal tracciato della condotta in direzione NNE (fig. 3.1). La distanza e la posizione delle due stazioni dalla futura condotta sottomarina e le profondità relative sono riportate in Tab. 3-I.

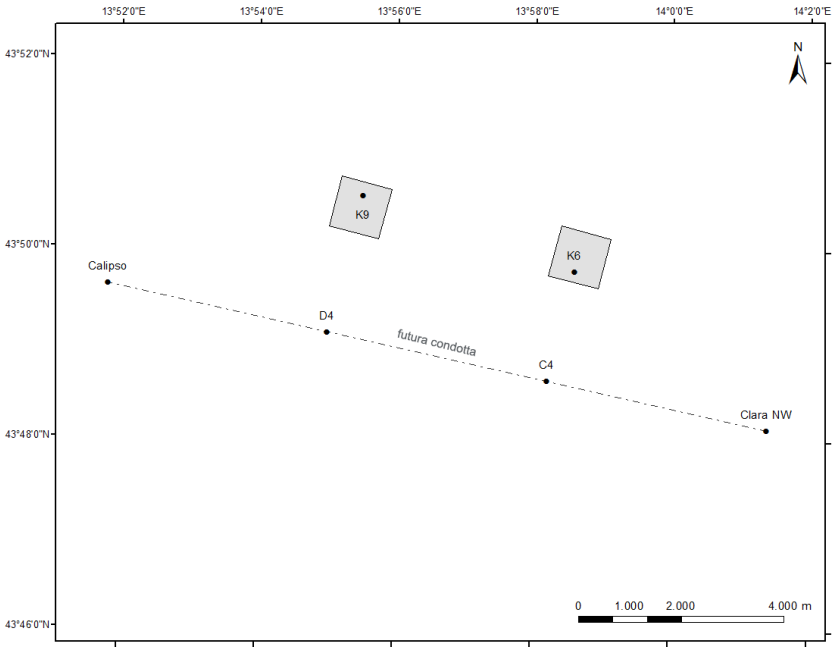


Fig. 3.1 - Schema di campionamento utilizzato per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica.

Tab. 3-I - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate durante il pre-survey per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica. In rosso i punti di campionamento in corrispondenza della futura condotta sottomarina.

	Distanza dalla condotta sottomarina (m)	Posizione rispetto alla futura condotta	Coordinate geografiche	Profondità (m)
C4	0	-	43°48'35",58N 13°58'12",54E	75,1
K6	2000	NNE	43°49'45",72N 13°58'28",38E	75,0
D4	0	-	43°49'06",66N 13°54'59",82E	74,6
K6	2000	NNE	43°50'22",62N 13°55'14",70E	74,5

Per il campionamento dei sedimenti e della comunità bentonica sono state adottate le procedure già descritte per l'area in cui verrà 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

Presso le quattro stazioni di campionamento sono stati prelevati mediante benna Van-Veen anche campioni di sedimento per lo svolgimento dei saggi biologici descritti al Cap. 2.1.1.5.

3.1.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI

Per la descrizione delle analisi di laboratorio e dei dati relative alle indagini sedimentologiche, ecotossicologiche e sulla comunità bentonica si rimanda ai Capp. 2.1.2.3, 2.1.2.4 e 2.1.2.5 rispettivamente.

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 verrano 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).

Tali metalli sono da ricercare anche, in termini di possibile bioaccumulo, nei tessuti di *Hediste diversicolor*. A causa delle modalità di utilizzo dei campioni di sedimento richieste per questo tipo di analisi (sedimento fresco) e della tempistica della richiesta ARPAM

(circa 9 mesi dopo il campionamento) non è stato possibile eseguire il test nella fase di pre-survey. I primi risultati sul bioaccumulo per questi metalli riguarderanno pertanto la fase post lavori di installazione.

3.2. RISULTATI

3.2.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

3.2.1.1 Granulometria

All'analisi visiva i campioni si presentavano color nocciola, ben ossigenati e inodori, senza distinzioni tra di loro (fig. 3.2).

L'analisi granulometrica ha consentito di confermare un'elevata omogeneità tra i sedimenti analizzati, tutti classificati come silt argilloso secondo la classificazione di Sheppard (All. B). Infatti essi sono apparsi caratterizzati dalla dominanza della frazione siltosa compresa tra 49,8% (D4) e 51,5% (C4; Tab. 3-II; fig. 3.3). L'argilla ha rappresentato in tutti i casi oltre il 30% del campione. Infine, la frazione sabbiosa, la meno cospicua, è variata tra il 13,8% (C4) e 15,7% (K6).

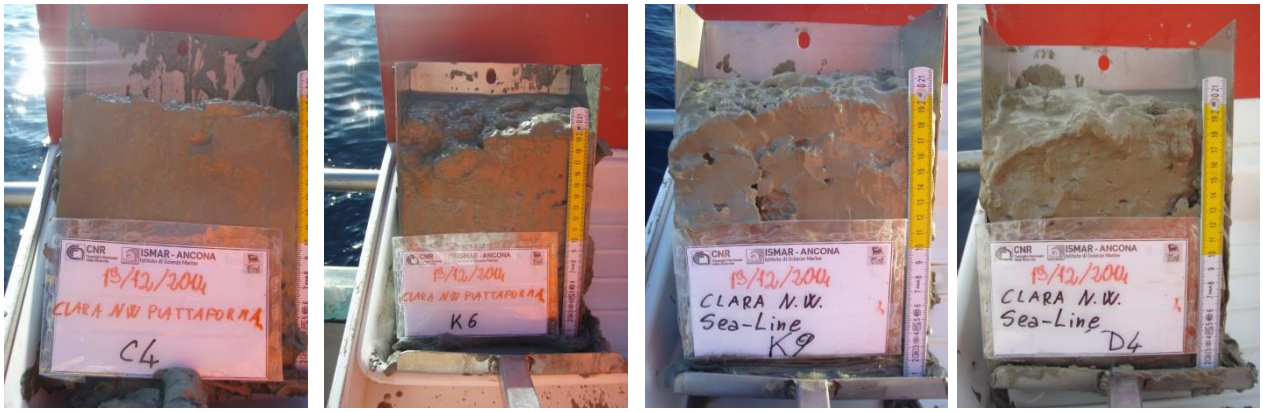


Fig. 3.2 - Campioni di sedimento prelevati dai quattro siti mediante box-corer durante il pre-survey. C4 e D4: siti posti sul tracciato della futura condotta. K6 e K9: controlli.

Tab. 3-II - Percentuale delle principali frazioni granulometriche dei sedimenti campionati prima della realizzazione del sea-line. In rosso le stazioni poste sulla futura condotta.

	Sabbia	Pelite		Classificazione di Sheppard
		Silt	Argilla	
C4	13,8	51,5	34,7	silt argilloso
K6	15,7	50,4	33,9	silt argilloso
D4	15,5	49,8	34,7	silt argilloso
K9	14,1	50,7	35,2	silt argilloso

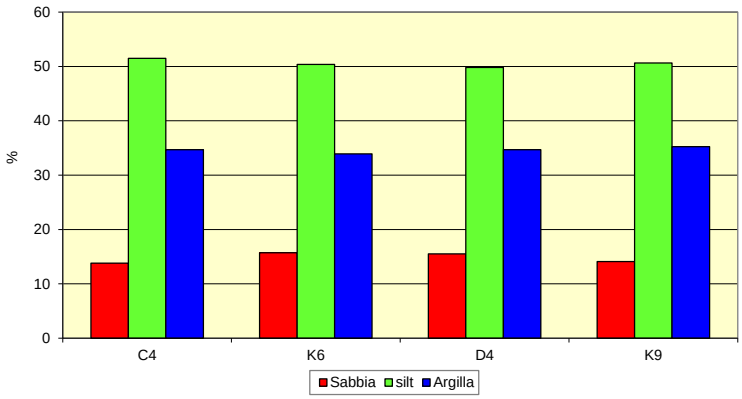


Fig. 3.3 - Ripartizione delle classi granulometriche, espresse in percentuale, nei sedimenti analizzati durante il monitoraggio antecedente l'installazione del sea-line.

3.2.1.2 Idrocarburi Policiclici Aromatici

Molti dei composti ricercati sono risultati presenti in tutti (Antracene, Benzo(a)antracene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Benzo(k)fluorantene, Crisene, Fenantrene, Fluorantene, Indeno(,2,3-c,d)pirene, Pirene) o quasi tutti i siti (Benzo(a)pirene, Naftalene), seppure in concentrazioni molto modeste e inferiori ai rispettivi LCB indicati da ICRAM-APAT (2007; Tab. 3-III). Il Fluorene è stato rilevato unicamente nei siti di controllo. Gli altri IPA sono risultati al di sotto del limite di quantificazione ovunque.

Essendo le concentrazioni dei singoli composti basse, anche gli IPA Totali sono risultati scarsamente presenti (fig. 3.4). Il tenore maggiore è stato rilevato C4 (73,5 µg/kg), ma anche in questo caso si tratta di una concentrazione molto modesta.

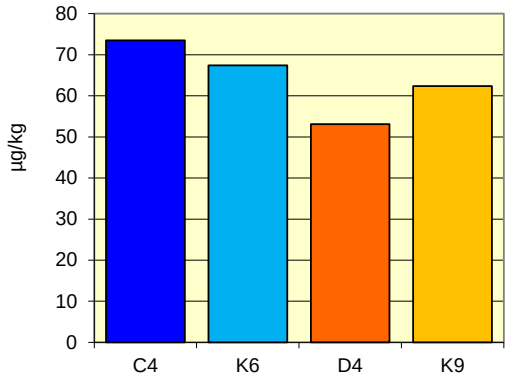


Fig. 3.4 - Concentrazioni degli IPA (µg/kg s.s.) nei sedimenti prelevati durante il pre-survey. C4 e D4 = siti posti in corrispondenza del futuro sea-line.

Tab. 3-III - Concentrazioni degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (µg/kg s.s.) nei sedimenti prelevati durante il pre-survey. Le stazioni poste in corrispondenza della futura condotta sottomarina sono evidenziate in rosso. Le celle vuote indicano l'assenza del composto in quel sito. Ove disponibili sono anche riportati gli LCB indicati da ICRAM-APAT (2007).

	LCB	C4	K6	D4	K9
Acenaftene	7				
Acenaftilene					
Antracene	47	4,4	7,8	3,6	7,8
Benzo (a) antracene	75	2,1	1,4	1,5	1,3
Benzo (a) pirene	80	1,8	1,3		1,5
Benzo (b) fluorantene		12,6	12,2	9,8	9,7
Benzo (g, h,i) perilene		8,9	7,7	6,6	6,5
Benzo (k) fluorantene		12,3	12,4	6,6	9,3
Crisene	108	3,4	3,2	2,8	2,5
Fenantrene	87	3,4	2,3	3,3	3,1
Fluorantene	113	4,0	3,7	3,6	4,6
Fluorene	21		1,1		1,3
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene		12,3	10,1	9,2	7,8
Naftalene	35	3,7		2,3	2,2
Pirene	153	4,6	4,3	3,8	4,8
Dibenzo (a, h) antracene	6				
IPA Totali	**900**	**73,5**	**67,4**	**53,1**	**62,4**

3.2.1.3 Idrocarburi totali

Gli idrocarburi con C<12 non sono stati rilevati. Gli idrocarburi con C>12 sono stati rilevati sono stati registrati unicamente nel sito D4 (Tab. 3-IV; fig. 3.5).

Tab. 3-IV – Idrocarburi (mg/kg) C>12 e Idrocarburi C<12 rilevate nei sedimenti campionati durante il pre-survey. In rosso i siti in cui verrà installato il sea-line.

	C4	K6	D4	K9
Idrocarburi C<12	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Idrocarburi C>12	<0,5	<0,5	4,1	<0,5

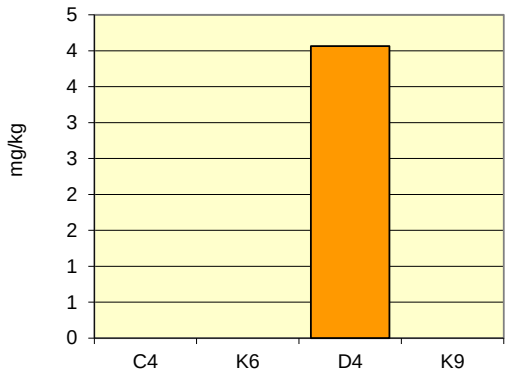


Fig. 3.5 - Concentrazioni degli Idrocarburi totali con C>12 (mg/kg s.s.) nei sedimenti prelevati durante il pre-survey. C4 e D4 = siti posti in corrispondenza del futuro sea-line.

3.2.1.4 Metalli pesanti

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

In tutti i casi i valori sono risultati estremamente modesti e le eventuali differenze osservate tra un sito e l'altro sono da considerare del tutto trascurabili. Per questo motivo non si è ritenuto necessario descrivere dettagliatamente i singoli metalli.

Quasi tutti gli elementi ricercati hanno presentato concentrazioni maggiori nei siti posti sul tracciato del sea-line rispetto ai controlli corrispondenti. Fanno eccezione a questo andamento l'arsenico sia in C4-K6 che in D4-K9 e il piombo, gallio, magnesio, manganese e zirconio in D4 e K9 e il titanio in C4-K6. Inoltre, per la maggior parte dei metalli il tenore maggiore è stato registrato in C4. Le eccezioni in questo caso riguardano l'arsenico, come già detto più abbondante in K6, il bario più abbondante in D4 e il piombo e titanio in K9. Il silicio è risultato al di sotto del limite di rilevabilità strumentale nel controllo K9 e lo stagno in entrambi i controli; l'indio non è stato affatto rilevato.

Tab. 3-V - Concentrazioni dei metalli in tracce (mg/kg s.s.; Al e Fe espressi in %) nei sedimenti campionati prima della realizzazione del sea-line. In rosso le stazioni poste sulla futura condotta.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	In	Ni
C4	2,81	9,64	59,16	0,0950	79,16	16,61	2,82	0,0419	<0,02	65,05
K6	2,26	10,33	46,38	0,0690	63,32	13,34	2,27	0,0352	<0,02	50,40
D4	2,36	8,89	67,06	0,0773	66,76	13,49	2,35	0,0369	<0,02	51,53
K9	2,22	9,99	46,28	0,0723	62,42	12,86	2,23	0,0353	<0,02	50,07

	Pb	Si	V	Zn	Ga	Mg	Mn	Sn	Ti	Zr	Ossido di Zr
C4	13,11	10,96	68,09	83,74	7,02	2,02	1318,54	2,61	132,78	5,25	< 7,10
K6	11,39	5,62	55,76	65,17	6,17	1,86	959,06	< 1,20	158,51	4,36	< 5,88
D4	12,01	5,43	56,78	68,65	6,46	1,96	963,45	1,96	182,57	4,57	< 6,17
K9	13,42	< 5	53,92	64,93	6,56	1,99	1112,14	< 1,20	196,11	4,75	< 6,42

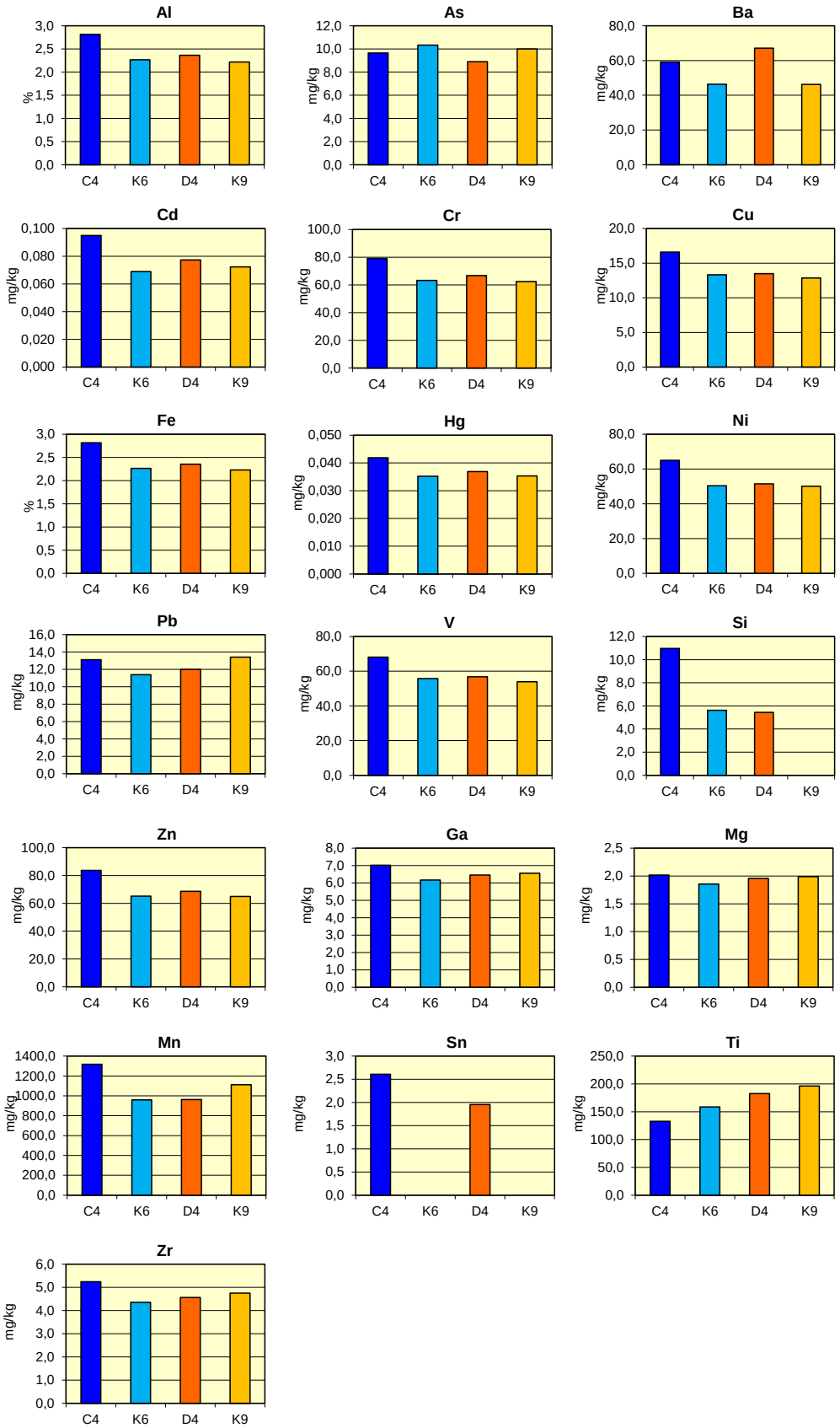


Fig. 3.6 - Concentrazioni dei metalli in tracce (mg/kg s.s.; Al e Fe espressi in %) nei sedimenti campionati prima della realizzazione del sea-line. C4 e D4 = stazioni poste sulla futura condotta. Non è riportato l'indio in quanto inferiore al limite di rilevabilità in tutti i siti di campionamento.

3.2.1.5 Sostanza organica

Le concentrazioni di sostanza organica rinvenute nei sedimenti sono oscillate tra 33.800 mg/kg (K9) e 41.000 mg/kg (C4), quest'ultima superiore al controllo corrispondente K6 (fig. 3.7; Tab. 3-VI).

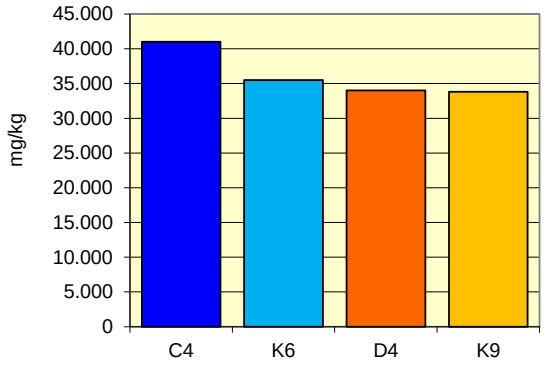


Fig. 3.7 – Sostanza organica (mg/kg) rilevata nei sedimenti campionati prima della realizzazione del sea-line. C4 e D4 = stazioni poste sulla futura condotta.

Tab. 3-VI – Sostanza organica (mg/kg) rilevata nei sedimenti campionati prima della realizzazione del sea-line. In rosso le stazioni poste sulla futura condotta.

C4	41.000
K6	35.500
D4	34.000
K9	33.800

3.2.1.6 Total Organic Carbon (TOC)

I tenori di carbonio organico totale sono stati quantificati solo nelle stazioni poste sopra la futura condotta. In C4 (3.900 mg/kg) è stata rilevata una concentrazione maggiore rispetto a D4 (2.600 mg/kg; fig. 3.8; Tab. 3-VII).

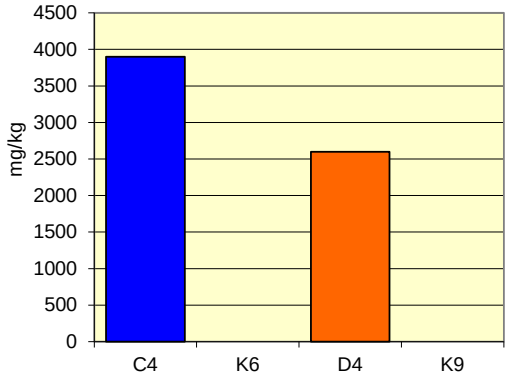


Fig. 3.8 – Total Organic Carbon (mg/kg s.s.) rilevata nei sedimenti campionati prima della realizzazione del sea-line. C4 e D4: siti posti sul tracciato della futura condotta.

Tab. 3-VII – Sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevata nei sedimenti campionati prima della realizzazione del sea-line. In rosso le stazioni poste sulla futura condotta. n.r. = non rilevabile.

C4	3900
K6	n.r.
D4	2600
K9	n.r.

3.2.2. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

3.2.2.1 *Dunaliella tertiolecta*

QA-QC - I test eseguiti come controllo positivo con $K_2Cr_2O_7$ (6,6 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 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 applicato alle quattro stazioni campionate sono riportati in Tab. 3-IX, contestualmente ai principali parametri di contorno misurati. In nessun caso è stata evidenziata la presenza di un effetto tossico. Ovunque è stato osservato un effetto biostimolante ma statisticamente non significativo ($p<0,05$) rispetto alla crescita misurata nel controllo eseguito con acqua marina artificiale.

Tab. 3-IX - Parametri di contorno e risultati relativi al saggio di tossicità con *D. tertiolecta* nei campioni prelevati nel pre-survey. In rosso sono indicati i siti in corrispondenza della futura condotta. Valori negativi della % di effetto indicano effetto stimolante.

campione	pH	S	% effetto	EC_{50}	Giudizio
C4	8,23	36	-6	n.c.	Assenza di effetto
K6	8,17	36	-10	n.c.	Assenza di effetto
D4	8,13	38	-8	n.c	Assenza di effetto
K9	8,31	34	-13	n.c	Assenza di effetto

3.2.2.2 *Vibrio fischeri*

QA-QC – Il valore della EC50 a 15' uguale a 6,60 mg/l (LC=5,01 e UC=8,69) è rientrata nei limiti della carta di controllo del laboratorio (4,24-11,19 mg/l).

Risultati del test – Gli elutriati estratti dai sedimenti testati sono risultati privi di tossicità (Tab. 3-X).

Tab. 3-X - Risultati del saggio biologico *V. fischeri* applicato agli elutriati estratti dai sedimenti prelevati nel corso del pre-survey. In rosso le stazioni situate in corrispondenza del futuro sea-line.

campione	pH	Salinità (‰)	% Effetto (15')	%Effetto (30')	EC20 (15/30')	EC50 (15/30')	Tossicità
C4	8,23	36	-1,99	-1,44	>90	>90	Assente
K6	8,17	36	-2,98	-3,42	>90	>90	Assente
D4	8,13	38	-2,67	-3,23	>90	>90	Assente
K9	8,31	34	3,23	2,87	>90	>90	Assente

3.2.2.3 *Corophium orientale*

QA-QC - La sensibilità rilevata degli organismi verso il tossico di riferimento ($CdCl_2$) LC 50 = 4,19 (LC = 3,55 mg/l e UC = 4,94 mg/l) è rientrata nella carta di controllo di laboratorio. La sopravvivenza degli organismi sul sedimento di controllo dopo 10 giorni è risultata conforme, in quanto superiore al 85%.

In Tab. 3-XI sono indicati i principali parametri chimici e fisici misurati all'inizio e alla fine del saggio biologico eseguito nel pre-survey.

Tab. 3-XI – Parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante il sedimento testato osservati all'inizio e alla fine del test effettuato sui campioni prelevati nel pre-survey. In rosso le stazioni situate in corrispondenza del futuro 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±1	35	8,10	0,5	> 85	15±1	36	8,18	0,5	> 85
C4		36	8,11	0			37	8,06	0	
K6		36	8,11	0			38	8,07	0,5	
D4		36	8,11	0			38	8,08	0	
K9		36	8,11	0			37	8,09	0	

Risultati del test - Le percentuali di mortalità degli organismi osservate nei campioni dei sedimenti testati hanno documentato l'assenza di tossicità acuta (Tab. 3-XII).

Tab. 3-XII - Percentuali di mortalità di *C. orientale* osservate nel test di tossicità acuta relativo al pre-survey. In rosso sono indicati i siti posti sul futuro sea-line.

campione	Numero degli organismi esposti	% degli organismi morti (± ds)	% (corretta) degli organismi morti	Tossicità
Controllo	100	0 ± 0,00	0	-
C4	100	4 ± 3,27	4	Assente
K6	100	8 ± 3,27	8	Assente
D4	100	12 ± 3,27	12	Assente
K9	100	3 ± 3,83	3	Assente

3.2.2.4 *Crassostrea gigas*

QA-QC - Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha prodotto una EC_{50} di 10,33 µg/l di Cu che rientra nei limiti della carta di controllo intralaboratorio (5-45 µg/l); la percentuale di larve D-shape normalmente sviluppate nel campione di controllo (88,0±0,6%) è risultata superiore al limite del 70%.

Risultati del saggio - Nell'elutriato estratto dal sedimento K9 è stata rilevata la presenza di tossicità cronica media, comprovata dai valori dell'EC20 ed EC50. Le percentuali delle larve D-shape normalmente sviluppate osservate negli restanti elutriati sono risultate conformi al controllo negativo, mostrando l'assenza di tossicità cronica (Tab. 3-XIII).

Tab. 3-XIII - Risultati relativi al saggio di tossicità con *C. gigas* nei campioni prelevati nel corso del pre-survey. In rosso sono indicati i siti posti sul futuro sea-line.

campione	Concentrazione	% media di larve normali ± dev.st	% media di larve malformate	Correzione Abbott larve malformate	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
Controllo		88 ± 0,58	12	0			
C4	100 50 25	80 ± 1,53 81 ± 1,53 85± 0,58	20 19 15	9 7 3	> 90	>100	Assente
K6	100 50 25	79 ± 1,15 82 ± 2,08 84 ± 1,53	21 18 16	10 7 4	> 90	>100	Assente
D4	100 50 25	79 ± 1,15 62 ± 1,53 85 ± 0,58	21 18 16	10 7 3	> 90	>100	Assente
K9	100 50 25	17 ± 2,00 71 ± 2,08 81 ± 1,53	83 29 19	81 19 7	52,2	72,6	Media

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 condotto durante il pre-survey, sono riportati in Tab. 3-XIV, mentre in Tab. 3-XV sono indicate le mortalità degli organismi osservate nel test di bioaccumulo, risultate superiori a quelle del controllo in D4 e K9.

Tab. 3-XIV - Parametri (chimico-fisici) dell'acqua sovrastante il sedimento, registrati all'inizio ed al termine del test di bioaccumulo condotto nel pre-survey. In rosso le stazioni in corrispondenza del futuro 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±1	34	8,08	1	> 85	16±1	34	8,08	1	> 85
C4		39	8,05	0			38	7,99	0	
K6		37	8,07	0			38	8,01	0	
D4		37	8,07	0			38	8,02	0	
K9		37	8,07	0			38	8,03	0,5	

Tab. 3-XV - Percentuali di mortalità degli organismi *H. diversicolor* osservate nel test di bioaccumulo condotto nel pre-survey. In rosso le stazioni posizionate in corrispondenza del futuro sea-line.

campione	N. degli organismi esposti	% organismi morti (± dev.st %)
controllo	18	11 ± 9,62
C4	18	6 ± 10,00
K6	18	17 ± 0,00
D4	18	44 ± 10,00
K9	18	33 ± 10,00

In Tab. 3-XVI e in fig. 3.9 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-XVII 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-XVI - Concentrazioni (mg/kg; Al espresso in %) dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* nel pre-survey. Bianco = organismi analizzati al tempo 0, prima dell'esposizione al sedimento da testare. Controllo = organismi esposti per 28 gg a un sedimento di controllo. n.r.= non rilevabile. In rosso le stazioni situate in corrispondenza del futuro sea-line.

campione	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
bianco	427	0,91	3,00	0,25	1,86	17,63	845,10	2,58	n.r.	0,46	540,14	n.r.	163,25	0,168
controllo	n.r.	1,01	n.r.	0,29	n.r.	11,65	437,70	1,37	n.r.	n.r.	103,92	n.r.	174,22	0,256
C4	n.r.	0,95	n.r.	0,24	n.r.	8,84	366,13	2,32	n.r.	0,28	163,73	n.r.	156,751	0,183
K6	n.r.	1,06	n.r.	0,26	n.r.	12,77	476,27	2,18	n.r.	0,31	139,29	n.r.	140,187	0,202
D4	n.r.	1,24	n.r.	0,19	n.r.	10,07	372,01	2,95	n.r.	n.r.	92,54	n.r.	127,752	0,204
K9	n.r.	0,85	1,68	0,22	n.r.	14,90	635,69	2,80	n.r.	0,43	250,05	n.r.	170,834	0,201

Tab. 3-XVII - Differenze tra le concentrazioni dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* esposti ai sedimenti testati e il bianco (0') nel pre-survey In rosso le stazioni poste in corrispondenza del futuro sea-line. In grassetto le concentrazioni che indicano il bioaccumulo del metallo.

campione	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
controllo	n.c.	0,10	n.c.	0,04	n.c.	-5,98	-407,39	-1,21	n.c.	n.c.	-436,22	n.c.	10,97	**0,088**
C4	n.c.	0,04	n.c.	-0,01	n.c.	-8,79	-478,97	-0,26	n.c.	-0,19	-376,41	n.c.	-6,50	0,015
K6	n.c.	0,15	n.c.	0,01	n.c.	-4,86	-368,83	-0,40	n.c.	-0,16	-400,85	n.c.	-23,06	**0,034**
D4	n.c.	**0,33**	n.c.	-0,06	n.c.	-7,56	-473,09	0,37	n.c.	n.c.	-447,60	n.c.	-35,50	**0,036**
K9	n.c.	-0,06	-1,32	-0,03	n.c.	-2,73	-209,41	0,22	n.c.	-0,04	-290,09	n.c.	7,58	0,033

Le concentrazioni di **alluminio**, **cromo**, **indio** e **vanadio**, inferiori ai limiti di quantificazione, indicano l'assenza di biodisponibilità in tutti i campioni dei sedimenti testati. Il **bario** è stato rilevato solo in K9 e in concentrazione inferiore al bianco (dunque è

stato rilasciato dei policheti); analogamente, il **piombo**, ove presente, è stato rilasciato dagli organismi come indicato dalle differenze negative con il bianco.

Cadmio, **rame**, **ferro**, **nichel**, **silicio** e **zinco** hanno presentato concentrazioni paragonabili o inferiori al bianco, indicando assenza di bioaccumulo o rilascio.

L'**arsenico** è risultato bioaccumulato nei policheti testati sul sedimento proveniente da D4 e il **mercurio** in quelli sottoposti ai campioni provenienti dal controllo K6 e da D4.

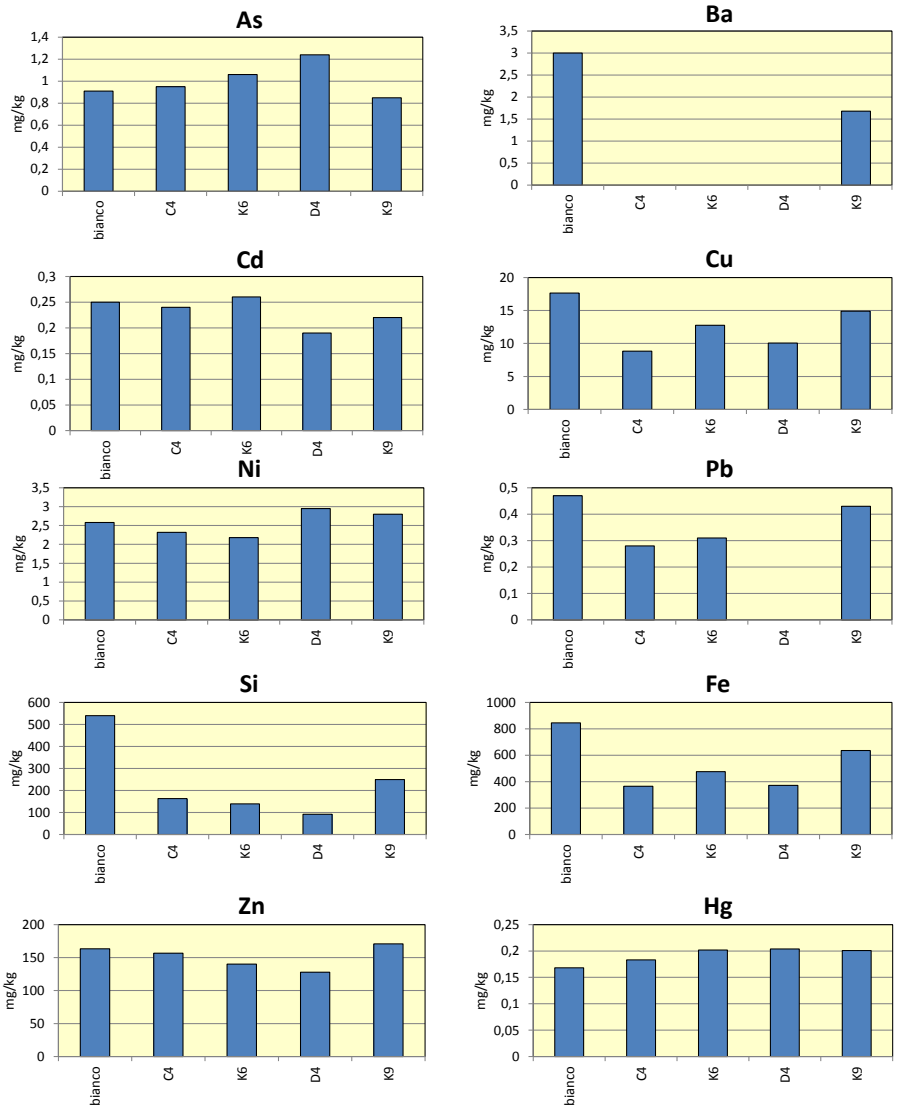


Fig. 3.9 – Concentrazioni dei metalli pesanti rilevate negli organismi di *H. diversicolor* nel corso del pre-survey. C4 e D4 = stazioni poste sulla futura condotta, K6 e K9 = controlli. Non sono riportati alluminio, cromo, indio e vanadio in quanto le loro concentrazioni sono risultate inferiori al limite di rilevabilità strumentale nei sedimenti da testare.

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 piuttosto povera in termini di numero di individui (fig. 3.10; Tab. 3-XVIII).

I siti posizionati lungo il futuro sea-line (C4: 20,33±3,18 ind/0,095 m^2; D4: 18,67±3,38 ind/0,095 m^2) hanno mostrato valori di densità confrontabili con i corrispondenti controlli (K6: 26,00±2,08 ind/0,095 m^2; K9: 16,00±0,58 ind/0,095 m^2).

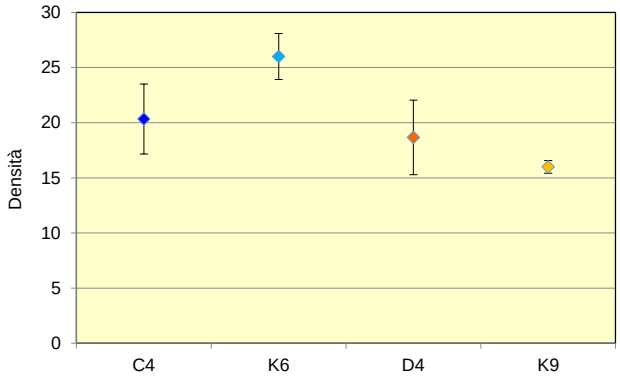


Fig. 3.10 - Densità (± e.s.) registrate durante il pre-survey. C4 = sito posto in corrispondenza della futura condotta sottomarina. K6 = controllo.

I policheti appartenenti alla famiglia Paraonidae nd hanno rappresentato il taxon più numeroso nelle due stazioni in corrispondenza della futura condotta, mentre nei siti di controllo sono stati preceduti dal gasteropode *Hyala vitrea*.

In termini di biomassa (fig. 3.11; Tab. 3-XIX), il minimo è stato registrato in K6 (0,91±0,74 gr/0,095 m^2) e il massimo in K9 (2,34±1,16 gr/0,095 m^2). Tutti i quattro siti sono comunque risultati confrontabili per gli elevati errori standard determinati dalla presenza di uno o pochi esemplari di grandi dimensioni presenti in una replica, come ad esempio l'echinoideo *Brissopsis atlantica mediterranea* rinvenuto in C4 (fig. 3.12).

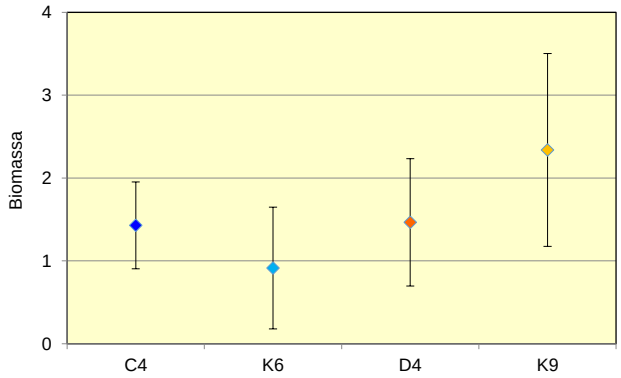


Fig. 3.11 - Biomassa (± e.s.) registrata durante il pre-survey. C4 e D4 = siti posti in corrispondenza della futura condotta sottomarina. K6 e K9 = controlli.

Tab. 3-XVIII – Lista e densità (n. ind/0,095 m^2) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate durante il pre-survey. Per ogni sito è anche 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; SFBC = Bioc. delle Sabbie Fini Ben Calibrate; DE = Bioc. del Detritico Infangato; Mixt = misticolo; Lre = Larga Ripartizione Ecologica; MO = indicatore della presenza di materia organica; Sd = substrato roccioso.

Stazione		**Biocenosi**	**C4**	**K6**	**D4**	**K9**
Distanza dal futuro sealine (m)			**0**	**2000**	**0**	**2000**
Crostacei						
Anfipodi	*Harpinia dellavallei*	VTC		0,33		
	Paraphoxus oculatus	Mixt		0,33		
Decapodi	*Alpheus glaber*	VTC		0,33		
	Callianassa subterranea	Lim	1,67	3,00	0,33	1,33
	Chlorotocus crassicornis	VB	0,33			
	Goneplax rhomboides	VTC			0,33	
Echinodermi						
Echinoidei	*Brissopsis atlantica mediterranea*	VB	0,33			
Oloturoidei	Holothurioidea nd	-			0,33	
	Labidoplax digitata	VTC	0,33	0,33	0,33	
	Ocnus planci	Sd			0,33	0,33
Molluschi						
Bivalvi	*Azorinus chamasolen*	Mixt		0,33		
	Nucula nitidosa	Lim	0,33	0,67		
	Tellimya ferruginosa	SFBC			0,33	
	Thyasira biplicata	Lim			0,33	
Gasteropodi	*Bela brachystoma*	Lre		0,33	0,33	
	Hyala vitrea	VTC	1,00	4,67	1,33	3,00
	Turritella communis	VTC			0,33	2,00
Nemertini						
	Nemertea nd	-	0,33	0,67		0,67
Policheti						
	Ampharete acutifrons	VTC	0,33			
	Ancystrosyllis groenlandica	VB			0,33	0,33
	Aphelochaeta filiformis	MO	1,33	1,00	0,67	0,33
	Aphelochaeta marioni	MO	1,67	0,33	0,67	
	Chaetozone caputesocis	Lim	0,33	1,67		
	Glycera rouxii	MO	1,33	1,00	0,33	0,33
	Harmothoe sp	-	0,33			
	Labioleanira yhleni	VTC	0,33	0,67	0,33	
	Lumbrineris gracilis	Sab	0,33			0,33
	Marphysa bellii	Lim	0,67		1,33	1,00
	Minuspio cirrifera	MO	0,33	0,67	0,33	
	Nephtys hystricis	VTC		0,33	0,33	0,33
	Ninoe sp	-	0,67	0,33	0,33	1,33
	Notomastus aberans	MO		0,67		
	Ophelina cylindricaudata	Lim		1,33		
	Ophiodromus flexuosus	Sab	0,33			
	Paradiopatra calliopae	Lim		1,00		0,67
	Paralacydonia paradoxa	MO	0,67	0,33	0,33	0,33
	Paraonidae nd	-	5,67	2,33	7,00	2,00
	Phylo norvegica	Lim		0,33	0,33	
	Pilargidae nd	-	0,67	0,67		
	Praxillella gracilis	Lim	0,33	0,33		
	Scoletoma emandibulata mabiti	DE			0,33	0,33
	Scoletoma sp	-	0,33	1,00	0,33	
	Scoloplos armiger	Lre		0,33		
	Spionidae nd	-		0,33		
Sipunculidi						
	Onchnesoma steenstrupi	VB	0,33	0,33	0,67	0,67
	Sipuncula nd	-			0,67	0,67
Densità totale			**20,33**	**26,00**	**18,67**	**16,00**
Ricchezza specifica totale			**25**	**30**	**26**	**18**

Tab. 3-XIX – Lista e biomassa (gr/0,095 m^2) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate durante il pre-survey. * = <0,001 gr/0,095 m^2.

Stazione		**C4**	**K6**	**D4**	**K9**
Distanza dal futuro sealine (m)		**0**	**2000**	**0**	**2000**
Crostacei					
Anfipodi	*Harpinia dellavallei*			*	
	Paraphoxus oculatus			*	
Decapodi	*Alpheus glaber*			0,002	
	Callianassa subterranea	0,026	0,010	0,031	0,039
	Chlorotocus crassicornis	0,221			
	Goneplax rhomboides		0,346		
Echinodermi					
Echinoidei	*Brissopsis atlantica mediterranea*	0,346			
Oloturoidei	Holothurioidea nd		0,001		
	Labidoplax digitata	0,525	0,243	0,003	
	Ocnus planci		0,200		0,525
Molluschi					
Bivalvi	*Azorinus chamasolen*			0,732	
	Nucula nitidosa	0,010		0,047	
	Tellimya ferruginosa		0,001		
	Thyasira biplicata		*		
Gasteropodi	*Bela brachystoma*		0,002	0,003	
	Hyala vitrea	0,001	0,002	0,005	0,004
	Turritella communis		0,161		1,084
Nemertini					
	Nemertea nd	0,002		0,017	0,202
Policheti					
	Ampharete acutifrons	0,001			
	Ancystrosyllis groenlandica		*		*
	Aphelochaeta filiformis	*	*	*	*
	Aphelochaeta marioni	*	*	*	
	Chaetozone caputesocis	0,004		0,006	
	Glycera rouxii	0,001	0,002	0,010	0,206
	Harmothoe sp	0,002			
	Labioleanira yhleni	0,205	*	0,006	
	Lumbrineris gracilis	*			*
	Marphysa bellii	0,070	0,296		0,081
	Minuspio cirrifera	*	*	*	
	Nephtys hystricis		0,186	0,006	0,006
	Ninoe sp	0,008	0,003	0,003	0,005
	Notomastus aberans			0,010	
	Ophelina cylindricaudata			*	
	Ophiodromus flexuosus	*			
	Paradiopatra calliopae			*	*
	Paralacydonia paradoxa	*	*	*	*
	Paraonidae nd	0,001	0,001	*	*
	Phylo norvegica		0,009	0,026	
	Pilargidae nd	*		*	
	Praxillella gracilis	0,001		0,003	
	Scoletoma emandibulata mabiti		0,001		0,008
	Scoletoma sp	0,002	0,001	0,002	
	Scoloplos armiger			*	
	Spionidae nd			*	
Sipunculidi					
	Onchnesoma steenstrupi	*	0,001	0,001	0,001
	Sipuncula nd		0,001		0,176
Biomassa totale		**1,429**	**1,465**	**0,913**	**2,338**

Fig. 3.12 - Esemplare di *B. atlantica mediterranea* (freccia) rinvenuto in una replica prelevata dal sito C4 durante il pre-survey.

3.2.3.2 Affinità biocenotiche delle specie rinvenute

I popolamenti rinvenuti nei siti campionati sono risultati costituiti quasi esclusivamente da taxa di fondo mobile, sia in termini di numero di specie che di densità (Tab. 3-XXa-b).

Tab. 3-XX - Numero di taxa (a) e di individui (b; n. ind/0,095 m^2) rinvenuti nel corso del pre-survey 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-XV. C4 e D4 = siti posti in corrispondenza della futura condotta sottomarina. K6 e K9 = controlli.

a)	C4	K6	D4	K9
Limicoli (Lim, VTC, VB)	12	14	12	8
Sabulicoli (Sab, SFBC)	2		1	1
Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF)		2	1	1
Indicatori di Materia Organica (MO)	5	6	5	3
Substrato duro (Sd)			1	1
Larga ripartizione ecologica (Lre)		2	1	

b)	C4	K6	D4	K9
Limicoli (Lim, VTC, VB)	6,33	15,33	6,33	9,33
Sabulicoli (Sab, SFBC)	0,67		0,33	0,33
Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF)		0,67	0,33	0,33
Indicatori di Materia Organica (MO)	5,33	4,00	2,33	1,00
Substrato duro (Sd)			0,33	0,33
Larga ripartizione ecologica (Lre)		0,67	0,33	

In particolare, in tutte le stazioni le specie limicole (legate alla presenza di fango) hanno rappresentato il raggruppamento biocenotico più importante, seguite da quelle indicatrici di materia organica nei sedimenti. Meno rappresentativi, invece, sono apparsi i sabulicoli (assenti in K6), i misticoli (assenti in C4), gli organismi tipici di substrati rocciosi (non rinvenuti in C4 e K6) e quelli a larga ripartizione ecologica (assenti in C4 e K9), sia in

termini di numero di specie che di densità.

3.2.3.3 Dominanza

Per la rappresentazione grafica della dominanza sono stati considerati gli 11 taxa che complessivamente hanno costituito il 67% circa delle comunità rinvenute nel pre-survey, includendo i rimanenti nella categoria "altro" (fig. 3.13).

I policheti appartenenti alla famiglia Paraonidae sono risultati il taxon più importante presso entrambi i siti situati sulla futura condotta, oscillando tra 27,9% (C4) e 37,5% (D4), mentre sono risultati la seconda o la terza specie presso gli altri due siti. I due controlli, infatti, sono apparsi caratterizzati dalla predominanza del gasteropode *H. vitrea* (K6: 18,0%; K9: 18,8%). Da rilevare la presenza del gasteropode *Turritella communis* solo in D4 e K9, sito in cui ha raggiunto il 12,5% parimenti ai paraonidi.

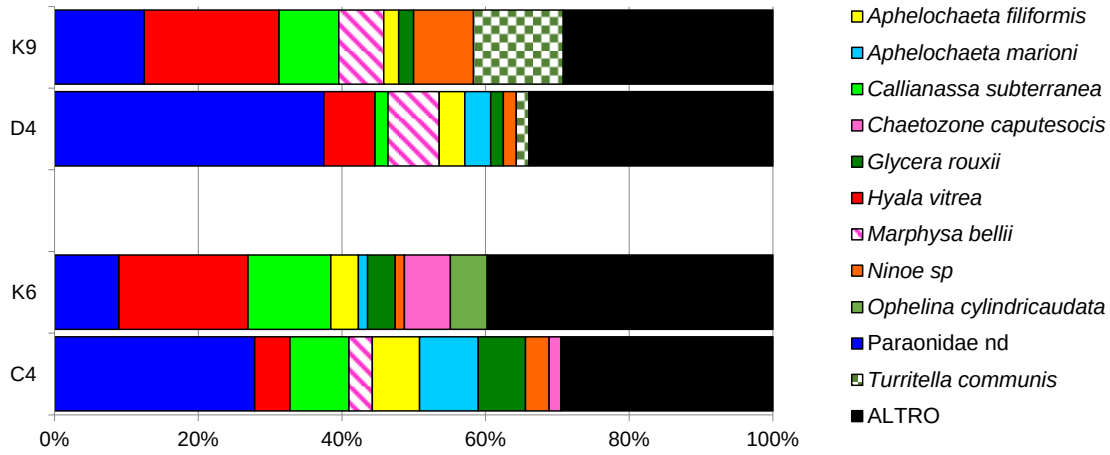


Fig. 3.13 - Valori percentuali di dominanza delle specie principali ottenuti nelle stazioni monitorate durante il pre-survey. C4 e D4 = siti posti in corrispondenza della futura condotta sottomarina. K6 e K9 = controlli.

Sono risultati ben rappresentati anche il decapode *C. subterranea* e il polichete M. *bellii*, la prima più importante presso C4 (8,2%) e K6 (11,5%) e la seconda presso D4 (7,1%).

La categoria "altro" è apparsa piuttosto rappresentata ovunque, raggiungendo il 40% in K6.

Le curve di dominanza cumulativa riportate in fig. 3.14 hanno evidenziato un'omogeneità tra i siti C4 e K6, risultati simili anche a D4. La curva del controllo K9, invece, appare distaccata dalle altre per la maggiore importanza delle specie principali.

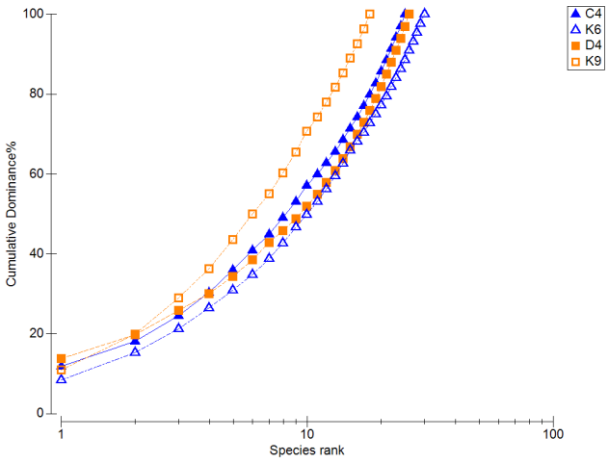


Fig. 3.14 - Curve di dominanza cumulative ottenute per le due stazioni campionate nel pre-survey. C4 e D4 = siti posti in corrispondenza della futura condotta sottomarina. K6 e K9 = controlli.

3.2.3.4 Ricchezza specifica totale (S)

In tutta l'area indagata sono stati rinvenuti 46 taxa, di cui 26 policheti, 7 molluschi, 6 crostacei, 4 echinodermi, 2 sipunculidi, 1 nemertino (Tab. 3-XVIII).

Il numero massimo di specie è stato raggiunto presso K6 (30), mentre il minimo è stato registrato in K9 (18). Pertanto, C4, ha presentato una S inferiore a K6 e D4 superiore a K9 (fig. 3.15).

I policheti hanno costituito il gruppo principale in tutte le stazioni. Crostacei e molluschi sono stati rappresentati dal medesimo numero di taxa in C4 (2) e K6 (4), risultando identici anche agli echinodermi in C4. In D4 e K9 dopo i policheti sono risultati più numerosi i molluschi seguiti nell'ordine da echinodermi e crostacei in D4 che, in K9, sono stati entrambi rappresentati da un taxon.

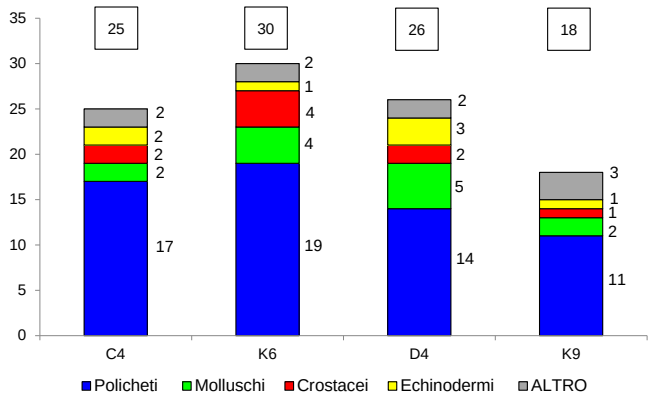


Fig. 3.15 - Ricchezza specifica totale ottenuta nelle stazioni monitorate nel pre-survey. Sono anche riportati i valori della Ricchezza specifica totale ottenuti per i vari siti (riquadri). C4 e D4 = siti posti in corrispondenza della futura condotta sottomarina. K6 e K9 = controlli.

Il numero di specie esclusive, ovvero censite in un solo sito, è oscillato tra 4 in D4 e 8 in K6, rappresentando al massimo il 26% del popolamento presente (K6). Presso il sito K9, invece, non è stato rinvenuto alcun taxon esclusivo.

3.2.3.5 Ricchezza specifica media (S_m)

Nell'area della futura condotta i valori di Ricchezza specifica media sono apparsi simili tra loro, risultando compresi tra 11,00±0,58 (D4) e 11,67±0,67 (C4; fig. 3.16). Solo D4 è apparso confrontabile con il rispettivo controllo (K9; 10,00±0,58), mentre in K6 è stato ottenuto un valore superiore a quello di C4 (16,00±2,00).

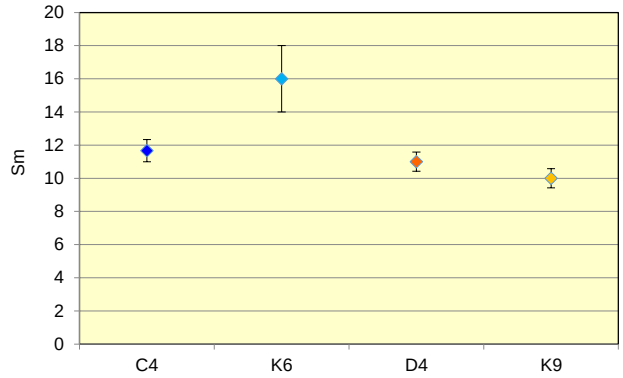


Fig. 3.16 – Ricchezza specifica media (± e.s.) registrata presso i siti monitorati nel corso del pre-survey. C4 e D4 = siti posti in corrispondenza della futura condotta sottomarina. K6 e K9 = controlli.

3.2.3.6 Diversità specifica (H')

I valori della Diversità specifica non sono risultati particolarmente elevati, oscillando tra 2,03±0,13 (D4) e 2,55±0,16 (K6), a causa dell'elevata dominanza delle specie principali (fig. 3.17). Ogni sito posto sul tracciato della futura condotta è apparso confrontabile con il rispettivo controllo.

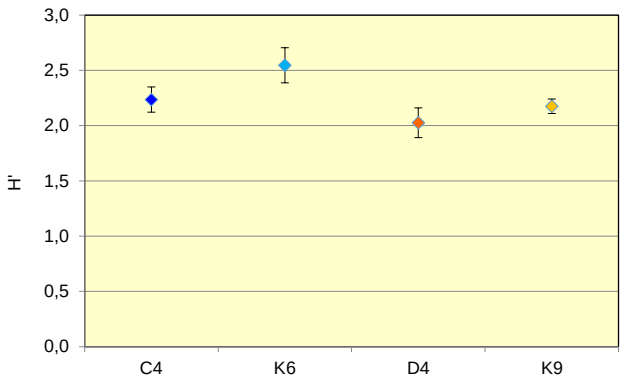


Fig. 3.17 - Diversità specifica (± e.s.) registrata nelle stazioni monitorate nel corso del pre-survey. C4 e D4 = siti posti in corrispondenza della futura condotta sottomarina. K6 e K9 = controlli.

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 verrà installata la condotta e i rispettivi controlli, essendo state raggruppate in due cluster (similarità al 58%; fig. 3.18a). Questa similarità può essere facilmente spiegata dal rinvenimento esclusivo di alcune specie, come ad esempio *Nucula nitidosa* (fig. 3.18b) e *Praxillella gracilis* (fig. 3.18c) presso i siti C4 e K6, e *Scoletoma emandibulata mabiti* (fig. 3.18d), *T. communis* (fig. 3.18e) e *Ocnus planci* (fig. 3.18f) in D4 e K9.

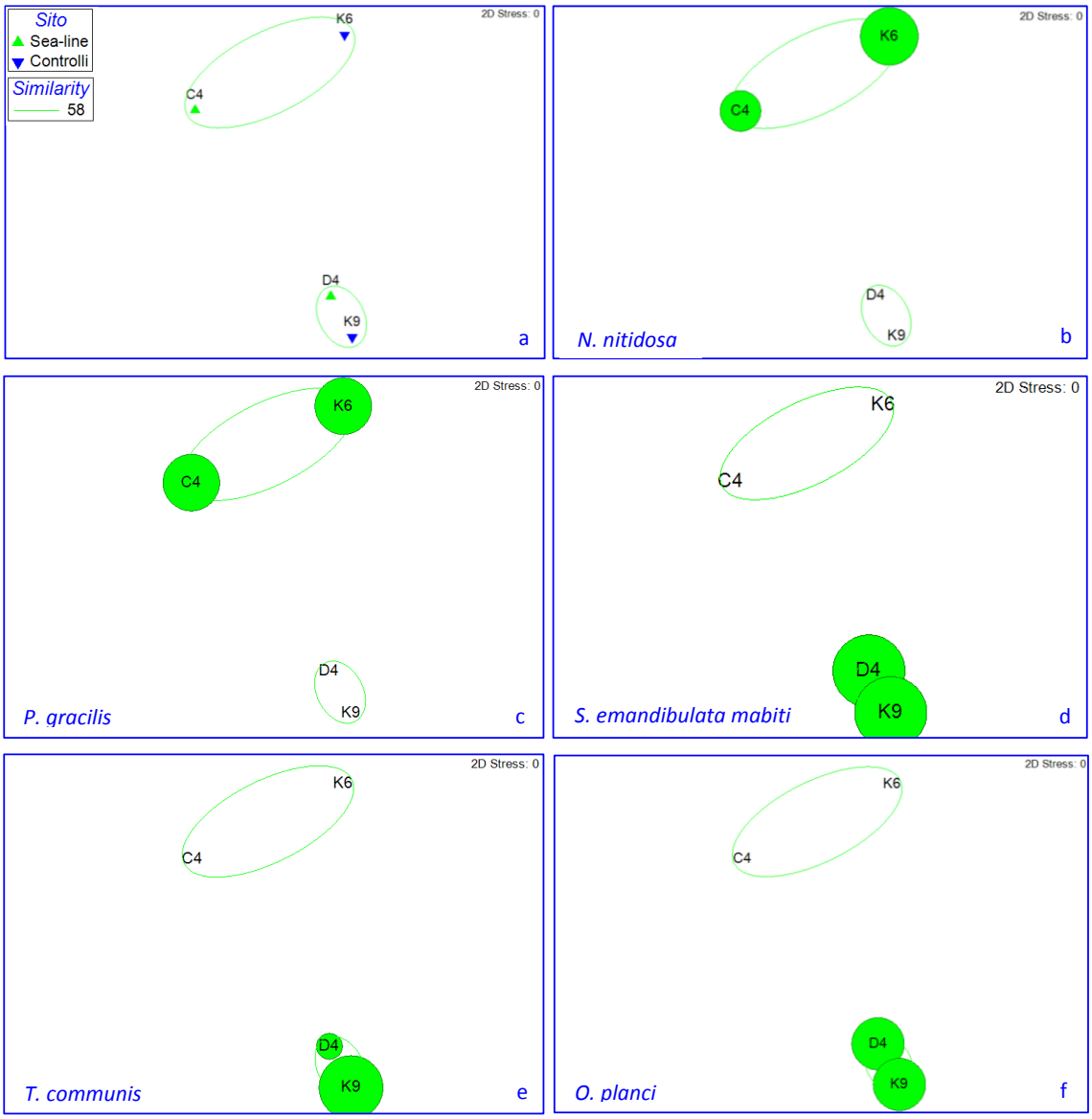


Fig. 3.18 – Rappresentazione bidimensionale dei siti monitorati durante il pre-survey tramite il metodo del MultiDimensional Scaling. I cerchi verdi indicano i quantitativi in termini di densità delle singole specie. C4 e D4 = siti posti in corrispondenza della futura condotta sottomarina. K6 e K9 = controlli.

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). I valori, risultati piuttosto omogenei tra tutti i siti campionati, sono oscillati tra 0,443 (K6) e 0,487 (D4).

Tab. 3-XXI – Valori dell'indice W di Clarke ottenuti per i siti monitorati nel pre-survey. C4 e D4 = siti posti in corrispondenza della futura condotta sottomarina. K6 e K9 = controlli.

Stazione	W	Classificazione ambientale
C4	0,469	Leggermente disturbato
K6	0,443	Leggermente disturbato
D4	0,487	Leggermente disturbato
K9	0,454	Leggermente disturbato

Indice AMBI - Analogamente all'indice W, anche i risultati dell'indice AMBI (Tab. 3-XXII) hanno evidenziato una notevole omogeneità tra tutti i siti indagati e una situazione di leggero disturbo. Nei siti C4 e D4 a maggior parte delle specie rinvenute appartiene al III gruppo ecologico (specie tolleranti a un eccessivo arricchimento organico nei sedimenti), mentre nei due controlli hanno ottenuto percentuali maggiori le specie appartenenti al I gruppo (specie sensibili ad arricchimento organico e presenti solo in condizioni ambientali ottimali) in K6 e al II gruppo (specie indifferenti all'arricchimento organico, sempre presenti in basse densità senza particolari variazioni nel tempo) in K9.

Tab. 3-XXII – Suddivisione percentuale delle specie rinvenute in ciascun sito monitorato durante il pre-survey suddivise 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 evidenziato il gruppo ecologico più rappresentativo in ciascuna stazione. C4 e D4 = siti posti in corrispondenza della futura condotta sottomarina. K6 e K9 = controlli.

Stazione	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	Classificazione ambientale
C4	16,7	25,0	46,7	11,7	0	2,300	Leggermente disturbato
K6	42,3	14,1	33,3	10,3	0	1,673	Leggermente disturbato
D4	26,8	21,4	46,4	5,4	0	1,955	Leggermente disturbato
K9	33,3	37,5	29,2	0,0	0	1,438	Leggermente disturbato

Indice BENTIX - L'indice BENTIX (Tab. 3-XXIII) ha fornito risultati leggermente peggiori rispetto a quelli ottenuti con l'indice W di Clarke e l'indice AMBI. Le stazioni situate in prossimità della futura condotta sono state classificate come moderatamente disturbate e quelle di controllo come leggermente disturbate, con valori compresi tra 3,79 e 4,00.

Tab. 3-XXIII – Risultati dell'indice BENTIX e relativa classificazione del disturbo ambientale per i siti monitorati durante il pre-survey. C4 e D4 = siti posti in corrispondenza della futura condotta sottomarina. K6 e K9 = controlli.

Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale
C4	3,15	Moderatamente disturbato
K6	3,61	Leggermente disturbato
D4	3,25	Moderatamente disturbato
K9	4,13	Leggermente disturbato

Stato ecologico - In Tab. 3-XXIV è riportato lo stato ecologico relativo alle quattro stazioni derivato dalla combinazione dei tre indici precedenti. Si rilevano uno stato ecologico buono/moderato presso i siti lungo la futura condotta e uno stato ecologico buono presso i controlli.

Tab. 3-XXIV – Classificazione dello stato ecologico derivata dalla combinazione dei tre differenti indici. C4 e D4 = siti posti in corrispondenza della futura condotta sottomarina. K6 e K9 = controlli.

	W	AMBI	BENTIX	Stato ecologico
	Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	
C4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
K6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
D4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
K9	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono

3.3. CONCLUSIONI

Come già riportato nel Cap. 2.3 riguardo alla piattaforma Clara NW, anche nel caso della condotta sottomarina nella fase di pre-survey è stato proposto un monitoraggio semplificato rispetto a quello che verrà effettuato una volta ultimati i lavori di posa. Il campionamento è stato condotto presso due stazioni posizionate lungo il tracciato del sea-line, poste rispettivamente a una distanza di 4,3 km dalla futura piattaforma Clara NW (stazione C4) e a 8,6 km (D4), e su n. 2 siti di controllo (K6 e K9) posizionati in modo random all'interno di aree prive di altre strutture artificiali (1000 x1000 m) poste a circa 2000 m dal tracciato della condotta in direzione NNE. Nella presente relazione sono riportati i risultati ottenuti nella fase di pre-survey effettuata nel dicembre 2014.

Caratteristiche chimiche e fisiche dei sedimenti - L'area interessata dalla posa del sea-line collegante le piattaforme Clara NW e Calipso è caratterizzata da sedimenti siltosi con una cospicua percentuale di argilla. La frazione sabbiosa rappresenta al massimo il 15% dei campioni. Tutti i sedimenti risultano, pertanto, silt argillosi secondo Sheppard.

Le concentrazioni dei contaminanti sono apparse modeste ovunque. Gli idrocarburi totali sono stati rilevati unicamente nel sito C4, mentre il TOC è stato quantificato solo nei siti in cui verrà posta in opera la condotta. I metalli pesanti sono risultati ovunque presenti ovunque in concentrazioni modeste, leggermente maggiori nei siti posti sul tracciato del sea-line rispetto ai controlli corrispondenti eccetto l'arsenico, piombo, gallio, magnesio, manganese, titanio e zirconio. Inoltre, per tutti eccetto arsenico, bario, piombo e titanio, il tenore maggiore è stato registrato in C4. Il silicio è risultato al di sotto del limite di rilevabilità strumentale nel controllo K9 e l'indio non è stato affatto rilevato.

Ecotossicologia - I test tossicologici effettuati per verificare se i sedimenti presenti nell'area in cui verrà posata la condotta sottomarina abbiano un qualche grado di tossicità per gli organismi marini hanno dimostrato la presenza di condizioni ottimali per la crescita algale di *Dunaliella tertiolecta*, per la bioluminescenza di *Vibrio fischeri* e per la sopravvivenza di *Corophium acherusicum*. Anche lo sviluppo larvale di *Crassostrea gigas* non sembra subire danni eccetto nel controllo K9 dove è risultata una tossicità media.

Il test di bioaccumulo di metalli pesanti nei policheti appartenenti alla specie *Hediste diversicolor* ha sostanzialmente rilevato l'assenza di biodisponibilità per la gran parte degli elementi metallici nei sedimenti testati. Un certo bioaccumulo è stato riscontrato solo per l'arsenico in D4 e per il mercurio in D4 e nel controllo K9.

Comunità bentonica - La comunità bentonica nell'area investigata è apparsa abbastanza

povera in termini di numero di individui, con popolamenti costituiti quasi esclusivamente da taxa di fondo mobile. Tra questi, i policheti appartenenti alla famiglia Paraonidae sono risultati dominanti nei siti posti sul tracciato della futura condotta, sostituiti dal gasteropode *Hyala vitrea*, tipico di fondali fangosi, ai controlli.

Lungo il tracciato la Ricchezza specifica è apparsa molto simile, mentre ai controlli sono stati registrati valori piuttosto diversi, superiore in K6 rispetto al corrispondente sito C4 e inferiore in K9 rispetto alla stazione corrispondente D4. I policheti sono risultati il gruppo tassonomico rappresentato dal maggior numero di specie ovunque, seguiti da molluschi, crostacei ed echinodermi lungo il sea-line e dai molluschi ai controlli.

La predominanza delle specie principali e la quantità relativamente ridotta del numero di taxa hanno portato a valori di Diversità specifica non troppo elevati in tutte le quattro stazioni. Comunque, il MultiDimensional Scaling ha consentito di appurare che ciascun sito posizionato lungo il tracciato del sea-line ha caratteristiche ecologiche simili a quelle dei rispettivi controlli. Lo stato ecologico relativo alle diverse stazioni, derivato dalla combinazione dei tre indici W di Clarke, AMBI, BENTIX, è risultato buono/moderato nei siti in corrispondenza della futura condotta e buono nei siti di controllo.

4. BIBLIOGRAFIA

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 toxitcity tests with microalghe*. ASTM E1218-o4-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.

Avancini M., Cicero A.M., Di Girolamo I., Innamorati M., Magaletti E., Sertorio Zunini T. 2006. *Guida al riconoscimento del plancton dei mari italiani*, Vol. I-II – Zooplancton Neritico – Tavole. Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio – DPN; ICRAM – Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica applicata al mare.

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.

Berard-Therriault L., Poulin M., Bossé L. 1999. *Guide d'identification du phytoplancton marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent*. NRC Research Press, 387 pp.

Bettencourt A., Bricker S.B., Ferriera J.G., Franco A., Marques J.C., Melo J.J., Nobre A., Ramos L., Reis C.S., Salas F., Silva M.C., Simas T., Wolff W. 2004. *Typology and reference conditions for Portuguese transitional and coastal waters*. Instituto da Agua. Instituto do Mar, Lisbon.

Bianchi C.N., Ceppodomo I., Galli C., Sgorbini S., Dell'Amico F., Morri C. 1993. Benthos dei mari toscani. I: Livorno – Isola d'Elba (Crociera ENEA 1985). *ENEA Arcipelago Toscano – Serie Studi Ambientali*: 263-291.

Borja A., Mader J. 2008. *Instructions for the use of the AMBI index software (version 4.1)*. AZTI-Tecnalia. 13 pp.

Borja A., Franco J., Pérez V. 2000. A narine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environment. *Mar. Poll. Bull.*, 40 (12): 1100-1114.

Bourcier M., Nodot C., Jeudy De Grissac A., Tine J. 1979. Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon (France). *Tethys*, 9: 103-112.

Chimenz Gusso C., Gravina M.F., Maggiore F.R. 2001. Temporal variations in soft bottom benthic communities in Central Tyrrhenian Sea (Italy). *Archo Oceanogr. Limnol.*, 22: 175-182.

Christensen E.R., Kusk, K.O., Nyholm N. 2009. Dose-response regressions for algal growth and similar continuous endpoint: calculation of effective concentrations. *Environ. Toxicol. Chem.*, 28: 826-835.

Clarke K.R., Warwick R.M. 2001. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 2nd Edition. PRIMER-E, Plymouth, Uk. 172 pp.

Craeymeersch J.A. 1991. Applicability of the abundance/biomass comparison method to detect pollution effects on intertidal macrobenthic communities. *Hydrobiol. Bull.*, 24 (2): 133-140.

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. 2001. *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., 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. 2005. *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., 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., De Ranieri S., Nasci C., Spagnolo A. 2010b. *Monitoraggio ambientale Pozzi sottomarini "Bonaccia EST 2 e Bonaccia EST 3" Monitoraggio delle aree interessate dall'installazione dei pozzi sottomarini e del sea-line collegante i pozzi con la piattaforma Bonaccia. II Pre-survey (inverno 2010). Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti, ecotossicologia e indagini sulla comunità bentonica.* Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 113 + XXV pp.

Fabi G., Campanelli A., De Ranieri S., Nasci C., Polidori P., Punzo E. 2010c. *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., Bruno S., De Ranieri S., Girasole M., Gomiero A., Malaspina S., Nasci C., Spagnolo A. 2014a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B - Piano Nazionale. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. I anno di indagine durante la fase di produzione. Rapporto Finale (estate 2010 - inverno 2011).* Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 308 + LXXXVIII pp.

Fabi G., Boldrin A., Campanelli A., De Ranieri S., Santelli A., Spagnolo A. 2014b. *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. Pre-survey (ottobre-dicembre 2013). Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua e dei sedimenti, Ecotossicologia e Indagini sulla comunità bentonica. Rapporto n. 1.* Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 119 + XXXI pp.

Fabi G., Boldrin A., Cuicchi C., De Ranieri S., Grilli F., Spagnolo A. 2014c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante le piattaforme Fauzia - Barbara B- Pre-survey (ottobre-dicembre 2013). Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua e dei sedimenti, Ecotossicologia e Indagini sulla comunità bentonica. Rapporto n. 1.* Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 122 + XXXIII 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.

Grasshoff K., Cremling K., Erhardt M. 1999. *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie, Weinheim, Germany. 600 pp.

Heimdal B.R. 1993 *Modern Coccolithophorids.* Pagg. 147-248. In: *Marine phytoplankton a guide to naked flagellates and coccolithophorids*. Tanos editors, Academic Press.

Hendey N.I. 1964. *An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V: Bacillariophyceae, Diatoms*. Fishery Invest. Lond. Ser. IV 5. 317 pp.

Hure J., Krsinic F. 1998. *Planktonic copepods of the Adriatic Sea. Fauna Croatica*. Vol. 7 (2). 135 pp.

Hustedt F. 1930-1966. *Die Kiesealgen von Deutschland, Österreichs und der Schweiz mit Berusichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzender Mehresgebiete*. In : Rabenhorst's Kriptogamen-Flora von Deutschland, Österreichs und der Schweiz. Akad; Verlag. m. b. H. Leipzig. 7 : Tl. 2. 920 pp. : Tl., 2 845 pp. ; Tl. 3, 816 pp.

ICRAM. 2001. *Metodologie analitiche di riferimento. Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003).*

ICRAM, 2006. *Guida al riconoscimento del plancton dei mari italiani*. ROMA, Ministero Ambiente e Tutela del territorio e del mare. 503 pp.

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.

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**.**

Muxica I., Borja A., Bonne W. 2005. The suitability of the marine biotic incex (AMBI) to new impact sources along European coasts. *Ecological Indicators*, 5: 19-31.

Muxika I., Borja A., Bald J. 2007. Using historical data, export judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Framework Directive. *Mar. Poll. Bull.*, 55: 13-29.

Nodot C., Bourcier M., Juedy De Grissac A., Hursner S., Regis J., Tine J. 1984. Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon (France). 2. La Grande Rade. *Tethys*, 11: 141-153.

Pascher A. 1915. Die Süsswasser-Flora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Heft 5. Chlorophyceae II. . Jena: Gustav Fischer.

Peragallo H., Peragallo M. 1897-1908. *Diatomees Marine de France et des Districts Maritimes Voisins*. Micrographe Editeur Grez sur Loing (S. et M.). 419 pp.

Pérès J.M., Picard J. 1964. Nouveau Manuel de Bionomie benthique de la Mer Mediterranée. *Recl. Trav. St. Mar. Endoume*, 31 (47). 137 pp.

Pianka E.R. 1970. On r- and k-selection. *Amer. Nat*., 104: 592-597.

Pielou E.C. 1974. *Population and Community Ecology: Principles and Methods*. Gordon and Breach Sci. Pubbl., New York. 424 pp.

Poppe G.T., Goto Y. 1991. *European Seashells (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogastra, Gastropoda). Vol. 1*. Pubbl. by V.C. Hemmen, Grillparzerstr. 22, D-6200 Wiesbaden, Federal Republic of Germany. 352 pp.

Poppe G.T., Goto Y. 1993. *European seashells. Vol. II (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda)*. Hemmen V.C. (Ed.), Germany. 221 pp.

Rampi L., Bernhardt M. 1980. *Chiave per la determinazione tassonomica delle Peridinee Pelagiche Mediterranee*, C.N.E.N., Roma (RT/B10 (81-13): 1-98.

Rinelli P., Spanò N. 1997. Distribuzione di crostacei decapodi ed echinodermi di ambienti detritici insulari. *Biol. Mar. Medit.*, 4: 440-442.

Rose M. 1933. *Faune de France (26) – Copepodes pélagiques*. Ed. Paul Lechevalier, Paris, France.

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 Mediterraneen. *Rapp. p. v. Réu. Comm. Int. pour l'Explor. Sci. Mer Médit.*, 29: 5.

Schiller J. 1931-37. *Dinoflagellatae (Peridineae) Monografischer Behandlung*. In: Rabenhorst Kriptogamen-Flora von Deutschland, Österreichs und der Schweiz. Verlag. m. b. H. Leipzig. 10 (3) -1, 1-617, (1931-1933), (10) 3-2, 1-590, (1933-1937).

Simboura N., Zenetos A. 2002. Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystem, including a new biotic index. *Mediterr. Mar. Sci.*, 3: 77-111.

Simboura N., Panayitudus P., Papathanassiou E. 2005. A synthesis of the biological quality elements for the implementation of the European Water Framework Directive in the

Mediterranean Ecoregion: the case of Saronikos Gulf. *Ecol. Ind.*, 5: 253-266.

Sournia A. 1993. *Atlas du phytoplancton marin. Editions du Centre National de la recerche Scientifique*. (1), 1-219, (2) 1-297.

Spagnolo A., Punzo E., Santelli A., Scarcella G., Strafella 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 evaluatuon tools in estuarine ecosystem: a case of the lower Mondego estuary (Portugal). *Hydrobiologia*, 587: 101-112.

Throndsen J. 1993. The planktonic marine flagellates. Pagg. 7-131. In: *Marine phytoplankton a guide to naked flagellates and coccolithophorids*. Tanos editors, Academic Press.

Tomas C.R. 1997. *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press, Arcourt Brace & Company.

Totti C., Civitarese G., Acri F., Barletta D., Candelari G., Paschini E., Solazzi A. 2000. Seasonal variability of phytoplankton populations in the middle Adriatic sub-basin. *J. Plankton Res*., 22(9): 1735–1756.

Treguboff G., Rose M. 1957. Manuel de planctonologie Mediterraneenne. Paris. *Centre Nat. Rech. Sci*., 1: 1-587.

UNI EN ISO. 2000. *Saggio di inibizione della crescita di alghe marine con Skeletonema costatum e Phaeodactylum tricornutum*. 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 cronic 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.

Utermöhl H. 1958. Zur Vervollkomnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Verein. Limnol*., 9: 1-38

Vidussi F., Claustre H., Bustillos-Guzmàn 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.

Winkler L.W. 1888. Die Bestimmung des im Wasser gelosten Sauerstoffes. *Chem. Ber*., 21: 2843-2855.

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., Chadjianestis I., Lantzoumi M., Simboura M., Sklivagou E., Arvanitakis G. 2004a. The Eurobulker oil spill: mid-term changes of some ecosystem indicators. *Mar. Poll. Bull*., 48: 12-131.

Zenetos A., Bellou N., Abousamra F. 2004b. 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 healt of coastal marine ecosystems. Intergovernmental Oceanographic Commission. Workshop Report n. 195: 19-22.

Zingone A., Totti C., Sarno D., Cabrini M., Caroppo C., Giacobbe M.G., Luglié A., Nuccio C., Socal G., 2010. *Fitoplancton: metodiche di analisi quali-quantitativa*. In: Metodologie di studio del plancton marino Socal et al. (Eds.). Manuali e Linee Guida, 56/2010.

ALLEGATO A

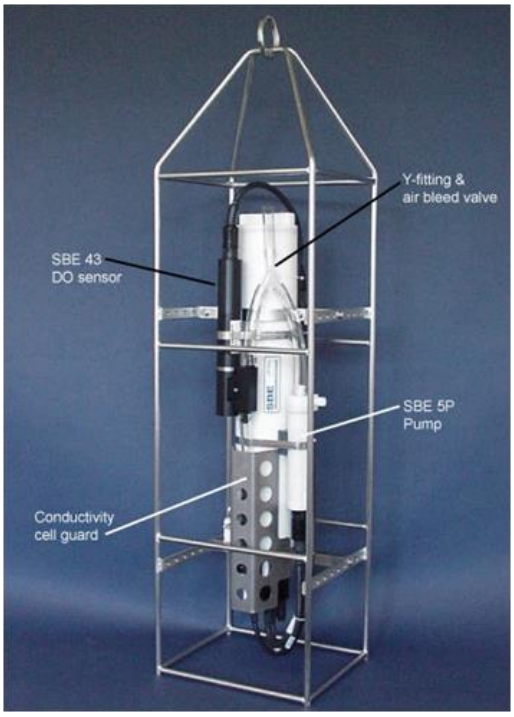
SCHEDE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE

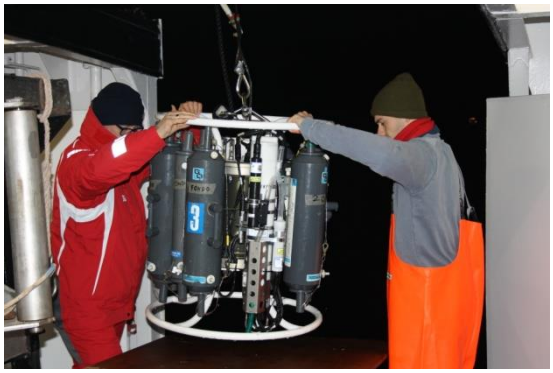
UTILIZZATA NELLE INDAGINI

A1

INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

SONDA MULTIPARAMETRICA CTD e "ROSETTE"



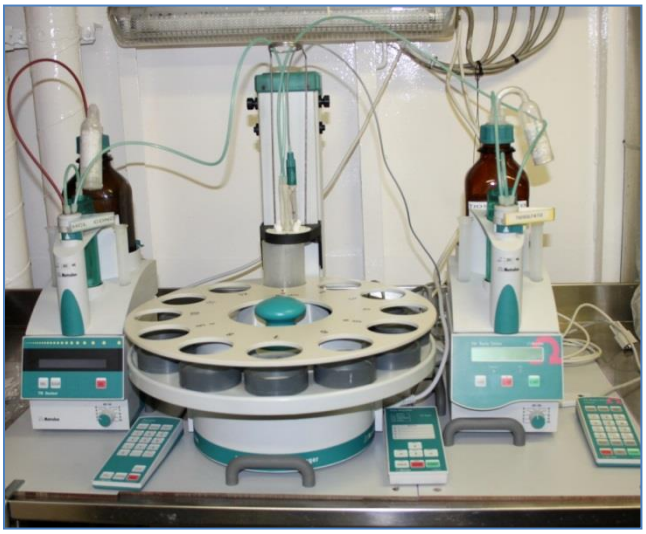


CTD: Sea Bird Electronics SBE19plusV2 (frequenza di campionamento 24 Hz) dotato dei seguenti sensori:

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

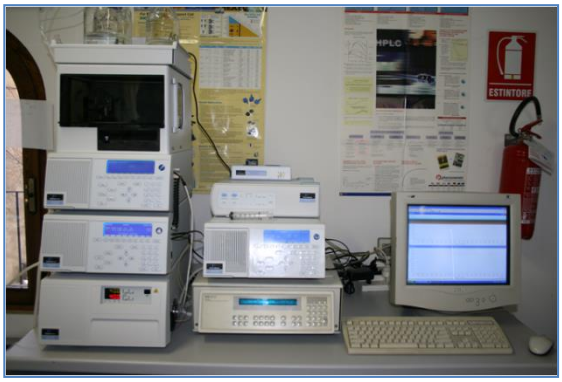
Campionatore: Rosette General Oceanics equipaggiato con 12 bottiglie idrologiche Niskin da 10 lt.

A1-II **Sistema di titolazione automatico con Metrohm Basic Titrino 794 e campionatore, utilizzato per le analisi dell'ossigeno disciolto**



A1-III **Analizzatore colorimetrico automatico EasyChem Plus™ per l'analisi dei sali nutritivi**

A1-IV HPLC per l'analisi dei pigmenti clorofilliani



HP 1090 dotato di detector DAD (photodiode array detector).

A1-V BILANCIA ANALITICA

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

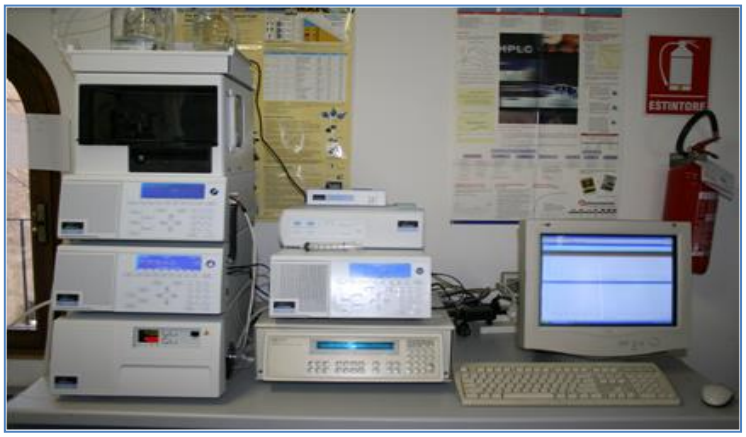
A1- VI Analisi metalli pesanti - Spettrometro di massa ICP-MS Agilent Technologies serie 7700

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

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

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

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



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

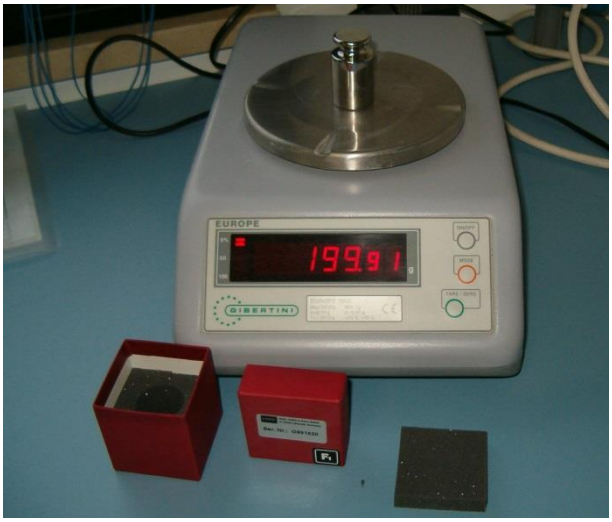
A2

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 fornetto di grafite con piattaforma pirolitica. La correzione del rumore di fondo è assicurata dalla correzione di background transversa "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

ALLEGATO B

SCHEDE GRANULOMETRICHE
DEI SITI POSTI NELL'AREA DELLA FUTURA
PIATTAFORMA CLARA NW E DEI CONTROLLI
K1 - K4

PRE-SURVEY

Stazione A3 (60 m NW)

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	62,55
Peso umido (g)	Pu	140,36
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm^3)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm^3)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici		
Media	M_ϕ	6,90
Classazione	σ_ϕ	2,66
Asimmetria	$S_{k\phi}$	-0,04
Appuntimento	K_G	0,81
Mediana	Md	7,06

Percentile	ϕ
5°	2,72
16°	4,16
25°	4,97
50°	7,06
75°	8,82
84°	9,49
95°	10,31

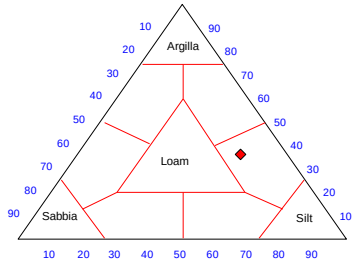
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,06	0	1000	0,10%	0,10%
	0,28	1	500	0,45%	0,56%
	0,90	2	250	1,44%	2,00%
	2,59	3	125	4,14%	6,14%
	5,06	4	62,5	8,09%	14,23%
Limo	6,96	5	31	11,13%	25,36%
	7,21	6	15,6	11,52%	36,88%
	7,62	7	7,8	12,18%	49,06%
	9,41	8	3,9	15,04%	64,10%
Argilla	8,36	9	2,0	13,36%	77,47%
	6,43	10	0,98	10,28%	87,75%
	7,66	< 10	< 0,98	12,25%	######

Classificazione	
Shepard	Silt-argilloso
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	platicurtica

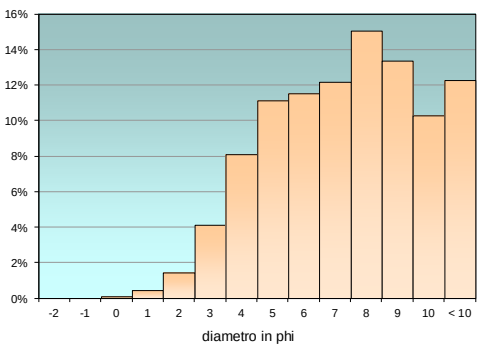
Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	14,23%	49,87%	35,90%

Note
1,12 g di materiale organogeno (conchiglie)

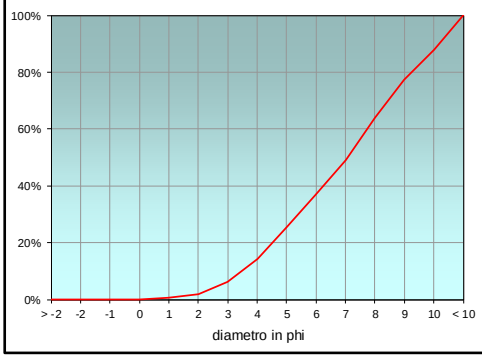
Diagramma SHEPARD



Distribuzione di frequenza



Curva Cumulativa



Stazione CL NW

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	61,47
Peso umido (g)	Pu	149,84
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm^3)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm^3)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici		
Media	M_ϕ	6,91
Classazione	σ_ϕ	2,70
Asimmetria	$S_{k\phi}$	-0,07
Appuntimento	K_G	0,82
Mediana	Md	7,18

Percentile	ϕ
5°	2,48
16°	4,08
25°	4,89
50°	7,18
75°	8,80
84°	9,48
95°	10,31

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,12	0	1000	0,19%	0,19%
	0,34	1	500	0,55%	0,75%
	1,18	2	250	1,91%	2,66%
	3,03	3	125	4,93%	7,59%
	4,65	4	62,5	7,56%	15,15%
Limo	6,77	5	31	11,01%	26,16%
	7,01	6	15,6	11,40%	37,56%
	5,72	7	7,8	9,30%	46,86%
	10,84	8	3,9	17,63%	64,49%
Argilla	8,13	9	2,0	13,22%	77,71%
	6,25	10	0,98	10,17%	87,88%
	7,45	< 10	< 0,98	12,12%	######

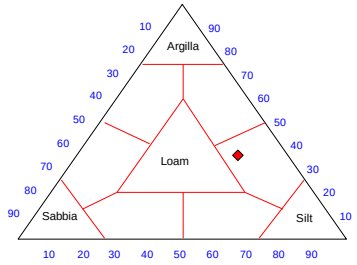
Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	15,15%	49,34%	35,51%

Classificazione	
Shepard	Silt-argilloso
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	platicurtica

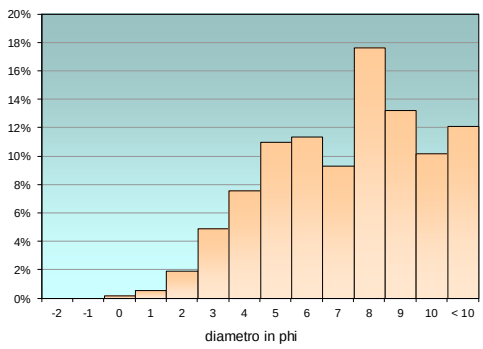
Note

1,5 g di materiale organogeno (conchiglie)

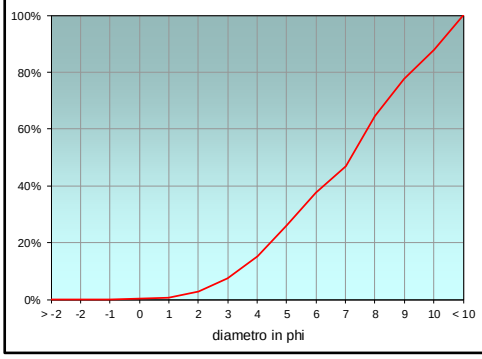
Diagramma SHEPARD



Distribuzione di frequenza



Curva Cumulativa



Stazione CL SE

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	51,97
Peso umido (g)	Pu	130,12
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm^3)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm^3)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici		
Media	M_ϕ	6,75
Classazione	σ_ϕ	2,79
Asimmetria	$S_{k\phi}$	-0,05
Appuntimento	K_G	0,80
Mediana	Md	6,93

Percentile	ϕ
5°	2,42
16°	3,87
25°	4,73
50°	6,93
75°	8,75
84°	9,45
95°	10,30

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,06	0	1000	0,12%	0,12%
	0,24	1	500	0,45%	0,58%
	1,04	2	250	2,01%	2,58%
	2,99	3	125	5,75%	8,34%
	4,59	4	62,5	8,83%	17,17%
Limo	5,59	5	31	10,75%	27,92%
	5,78	6	15,6	11,13%	39,04%
	6,11	7	7,8	11,76%	50,80%
	7,55	8	3,9	14,53%	65,33%
Argilla	6,71	9	2,0	12,91%	78,24%
	5,16	10	0,98	9,93%	88,17%
	6,15	< 10	< 0,98	11,83%	######

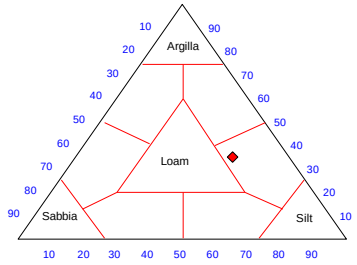
Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	17,17%	48,16%	34,67%

Classificazione	
Shepard	Silt-argilloso
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	platicurtica

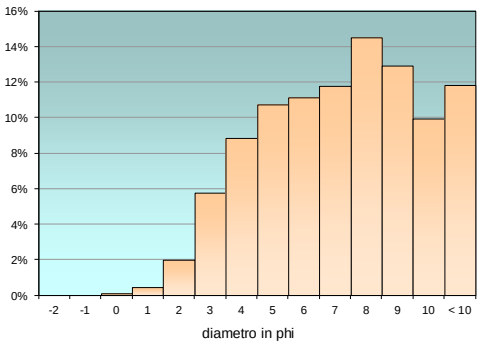
Note

1,06 g di materiale organogeno (conchiglie)

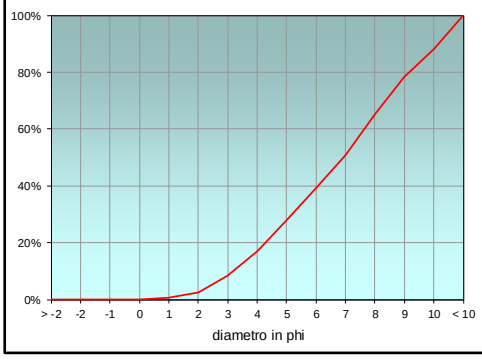
Diagramma SHEPARD



Distribuzione di frequenza



Curva Cumulativa



Stazione A6 (60 m SE)

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	68,75
Peso umido (g)	Pu	161,58
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm^3)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm^3)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici		
Media	M_ϕ	6,91
Classazione	σ_ϕ	2,66
Asimmetria	$S_{k\phi}$	-0,04
Appuntimento	K_G	0,79
Mediana	Md	7,07

Percentile	ϕ
5°	2,88
16°	4,17
25°	4,98
50°	7,07
75°	8,82
84°	9,49
95°	10,31

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,09	0	1000	0,13%	0,13%
	0,32	1	500	0,46%	0,59%
	0,88	2	250	1,28%	1,88%
	2,45	3	125	3,56%	5,44%
	5,93	4	62,5	8,63%	14,07%
Limo	7,67	5	31	11,15%	25,22%
	7,94	6	15,6	11,54%	36,76%
	8,39	7	7,8	12,20%	48,96%
	10,36	8	3,9	15,07%	64,03%
Argilla	9,21	9	2,0	13,39%	77,42%
	7,08	10	0,98	10,30%	87,73%
	8,44	< 10	< 0,98	12,27%	######

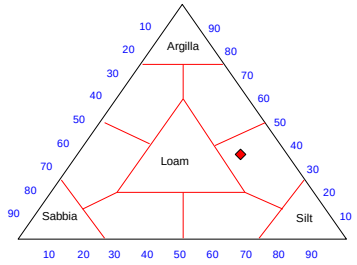
Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	14,07%	49,97%	35,97%

Classificazione	
Shepard	Silt-argilloso
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	platicurtica

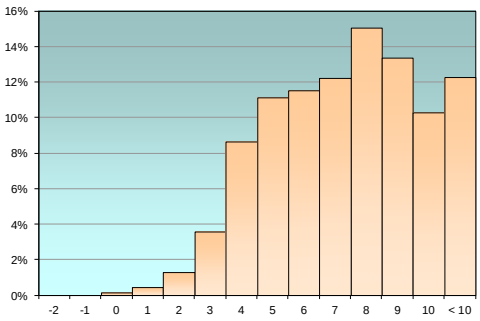
Note

1,3 g di materiale organogeno (conchiglie)

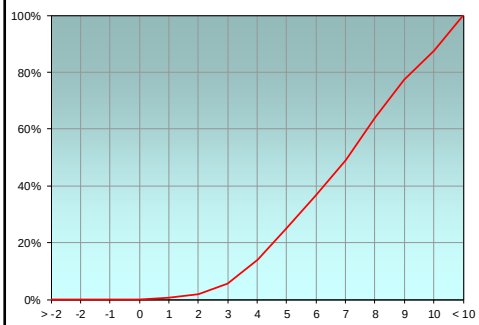
Diagramma SHEPARD



Distribuzione di frequenza



Curva Cumulativa



Stazione B3 (60 m NE)

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	62,97
Peso umido (g)	Pu	148,80
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm^3)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm^3)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici		
Media	M_ϕ	6,91
Classazione	σ_ϕ	2,67
Asimmetria	$S_{k\phi}$	-0,07
Appuntimento	K_G	0,80
Mediana	Md	7,15

Percentile	ϕ
5°	2,61
16°	4,12
25°	4,84
50°	7,15
75°	8,77
84°	9,46
95°	10,30

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,09	0	1000	0,14%	0,14%
	0,30	1	500	0,48%	0,62%
	0,93	2	250	1,48%	2,10%
	2,99	3	125	4,75%	6,85%
	4,78	4	62,5	7,59%	14,44%
Limo	7,91	5	31	12,56%	27,00%
	7,10	6	15,6	11,27%	38,27%
	5,79	7	7,8	9,19%	47,46%
	10,98	8	3,9	17,43%	64,89%
Argilla	8,23	9	2,0	13,07%	77,96%
	6,33	10	0,98	10,06%	88,02%
	7,54	< 10	< 0,98	11,98%	######

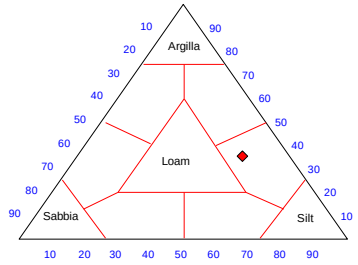
Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	14,44%	50,45%	35,11%

Classificazione	
Shepard	Silt-argilloso
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	platicurtica

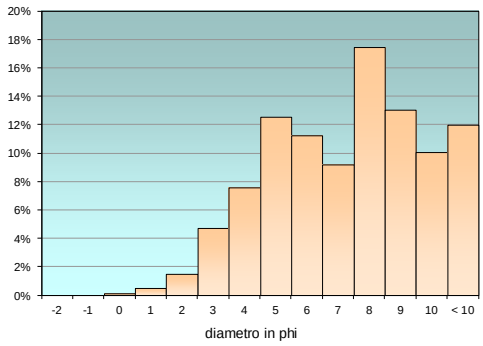
Note

1,23 g di materiale organogeno (conchiglie)

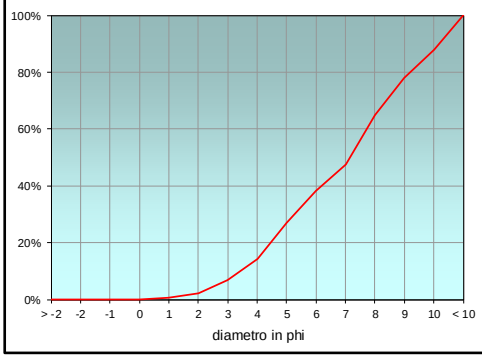
Diagramma SHEPARD



Distribuzione di frequenza



Curva Cumulativa



Stazione CL NE

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	63,19
Peso umido (g)	Pu	154,00
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm^3)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm^3)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici		
Media	M_ϕ	6,83
Classazione	σ_ϕ	2,74
Asimmetria	Sk_ϕ	-0,07
Appuntimento	K_G	0,79
Mediana	Md	7,08

Percentile	ϕ
5°	2,55
16°	3,96
25°	4,71
50°	7,08
75°	8,73
84°	9,43
95°	10,30

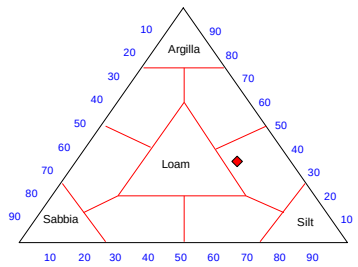
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,08	0	1000	0,13%	0,13%
	0,38	1	500	0,60%	0,72%
	1,11	2	250	1,76%	2,49%
	2,87	3	125	4,54%	7,03%
	5,88	4	62,5	9,31%	16,33%
Limo	7,76	5	31	12,28%	28,62%
	6,96	6	15,6	11,02%	39,63%
	5,68	7	7,8	8,99%	48,62%
	10,77	8	3,9	17,05%	65,67%
Argilla	8,08	9	2,0	12,78%	78,45%
	6,21	10	0,98	9,83%	88,28%
	7,40	< 10	< 0,98	11,72%	######

Classificazione	
Shepard	Silt-argilloso
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	platicurtica

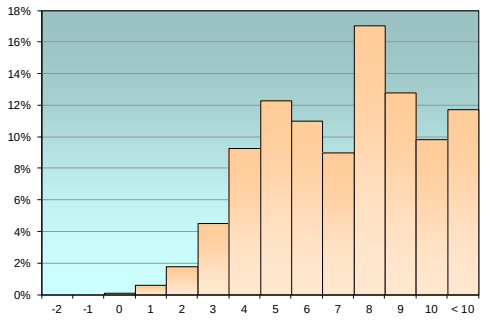
Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	16,33%	49,34%	34,33%

Note
1,37 g di materiale organogeno (conchiglie)

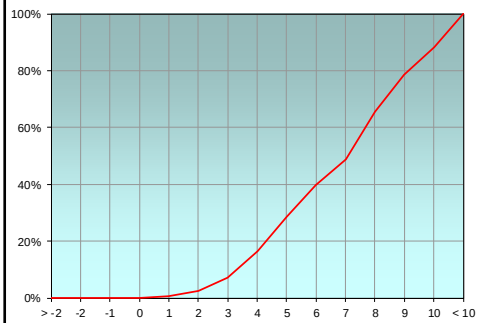
Diagramma SHEPARD



Distribuzione di frequenza



Curva Cumulativa



Stazione CL SW

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	59,95
Peso umido (g)	Pu	134,53
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm^3)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm^3)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici		
Media	M_ϕ	6,76
Classazione	σ_ϕ	2,70
Asimmetria	$S_{k\phi}$	-0,02
Appuntimento	K_G	0,80
Mediana	Md	6,84

Percentile	ϕ
5°	2,45
16°	4,02
25°	4,67
50°	6,84
75°	8,71
84°	9,42
95°	10,29

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,10	0	1000	0,16%	0,16%
	0,27	1	500	0,45%	0,61%
	1,27	2	250	2,13%	2,74%
	3,03	3	125	5,05%	7,79%
	4,78	4	62,5	7,97%	15,76%
Limo	8,24	5	31	13,75%	29,51%
	6,52	6	15,6	10,88%	40,39%
	6,89	7	7,8	11,50%	51,89%
	8,52	8	3,9	14,21%	66,10%
Argilla	7,57	9	2,0	12,62%	78,72%
	5,82	10	0,98	9,71%	88,43%
	6,94	< 10	< 0,98	11,57%	######

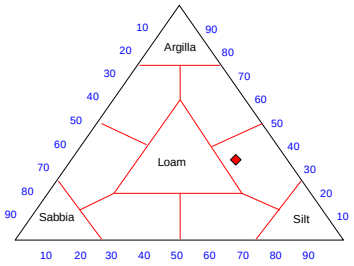
Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	15,76%	50,34%	33,90%

Classificazione	
Shepard	Silt-argilloso
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	platicurtica

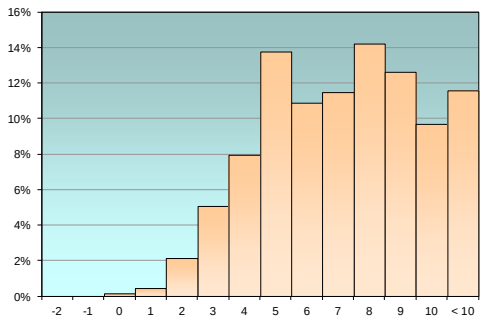
Note

1,37 g di materiale organogeno (conchiglie)

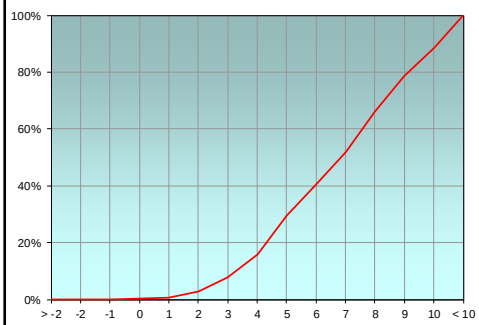
Diagramma SHEPARD



Distribuzione di frequenza



Curva Cumulativa



Stazione B6 (60 m SW)

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	60,92
Peso umido (g)	Pu	149,52
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm^3)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm^3)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici		
Media	M_ϕ	6,80
Classazione	σ_ϕ	2,72
Asimmetria	$S_{k\phi}$	-0,06
Appuntimento	K_G	0,80
Mediana	Md	7,02

Percentile	ϕ
5°	2,41
16°	3,96
25°	4,64
50°	7,02
75°	8,69
84°	9,41
95°	10,29

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,14	0	1000	0,22%	0,22%
	0,42	1	500	0,70%	0,92%
	1,32	2	250	2,17%	3,09%
	2,85	3	125	4,68%	7,77%
	5,21	4	62,5	8,55%	16,32%
Limo	8,32	5	31	13,66%	29,98%
	6,58	6	15,6	10,81%	40,79%
	5,37	7	7,8	8,82%	49,60%
	10,19	8	3,9	16,72%	66,32%
Argilla	7,64	9	2,0	12,54%	78,86%
	5,88	10	0,98	9,65%	88,51%
	7,00	< 10	< 0,98	11,49%	######

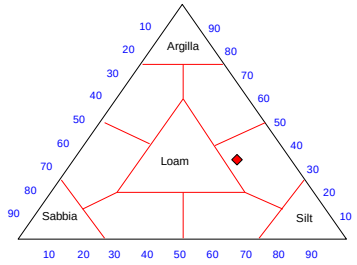
Classificazione	
Shepard	Silt-argilloso
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	platicurtica

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	16,32%	50,00%	33,68%

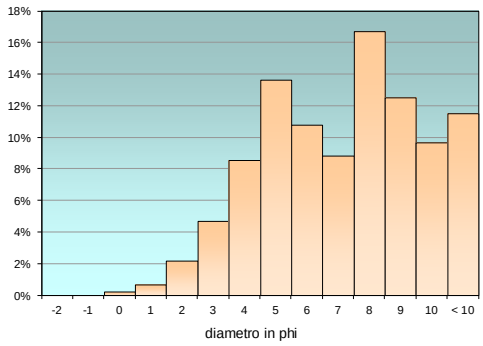
Note

1,83 g di materiale organogeno (conchiglie)

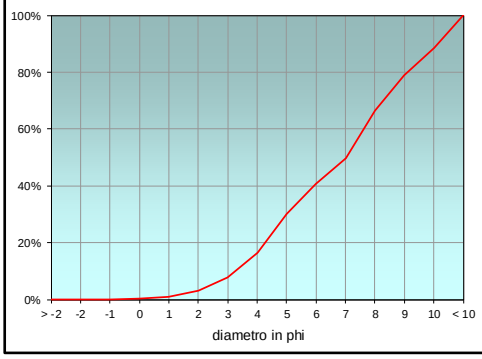
Diagramma SHEPARD



Distribuzione di frequenza



Curva Cumulativa



Stazione K1

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	61,48
Peso umido (g)	Pu	150,65
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm^3)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm^3)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici		
Media	M_ϕ	6,78
Classazione	σ_ϕ	2,81
Asimmetria	$S_{k\phi}$	-0,08
Appuntimento	K_G	0,80
Mediana	Md	7,09

Percentile	ϕ
5°	2,40
16°	3,82
25°	4,68
50°	7,09
75°	8,73
84°	9,44
95°	10,30

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,11	0	1000	0,18%	0,18%
	0,44	1	500	0,71%	0,89%
	1,24	2	250	2,02%	2,90%
	3,22	3	125	5,24%	8,14%
	5,92	4	62,5	9,63%	17,77%
Limo	6,56	5	31	10,67%	28,44%
	6,79	6	15,6	11,05%	39,49%
	5,54	7	7,8	9,01%	48,50%
	10,50	8	3,9	17,09%	65,58%
Argilla	7,88	9	2,0	12,81%	78,40%
	6,06	10	0,98	9,86%	88,26%
	7,22	< 10	< 0,98	11,74%	######

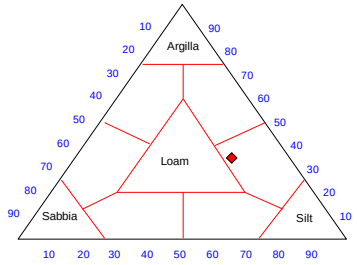
Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	17,77%	47,81%	34,42%

Classificazione	
Shepard	Silt-argilloso
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	platicurtica

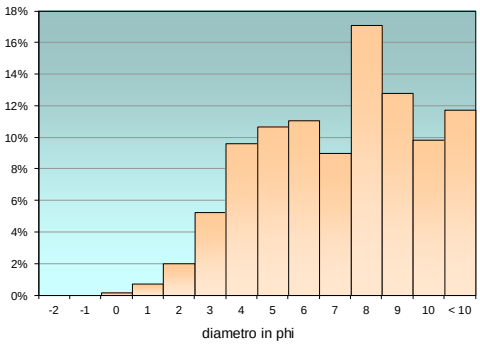
Note

1,63 g di materiale organogeno (conchiglie)

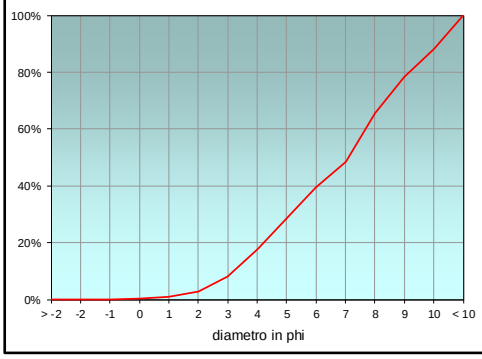
Diagramma SHEPARD



Distribuzione di frequenza



Curva Cumulativa



Stazione K2

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	51,83
Peso umido (g)	Pu	133,19
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm^3)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm^3)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici		
Media	M_ϕ	6,67
Classazione	σ_ϕ	2,86
Asimmetria	$S_{k\phi}$	-0,05
Appuntimento	K_G	0,82
Mediana	Md	6,87

Percentile	ϕ
5°	2,08
16°	3,71
25°	4,63
50°	6,87
75°	8,72
84°	9,43
95°	10,29

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,78	0	1000	1,51%	1,51%
	0,33	1	500	0,64%	2,15%
	1,25	2	250	2,42%	4,56%
	2,91	3	125	5,62%	10,18%
	4,22	4	62,5	8,14%	18,32%
Limo	5,49	5	31	10,60%	28,92%
	5,69	6	15,6	10,97%	39,89%
	6,01	7	7,8	11,60%	51,49%
	7,42	8	3,9	14,33%	65,81%
Argilla	6,60	9	2,0	12,73%	78,54%
	5,08	10	0,98	9,79%	88,33%
	6,05	< 10	< 0,98	11,67%	######

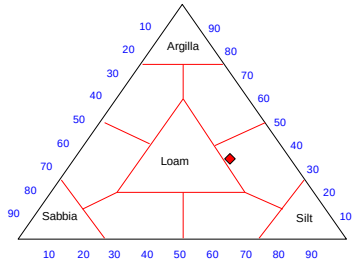
Classificazione	
Shepard	Silt-argilloso
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	platicurtica

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	18,32%	47,49%	34,19%

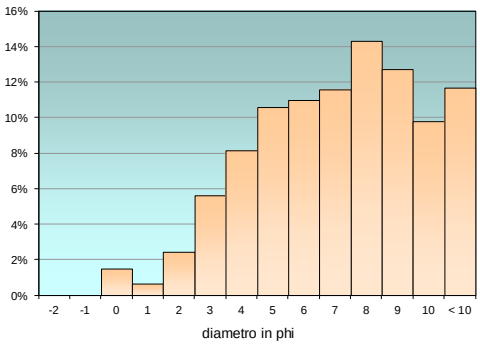
Note

4,16 g di materiale organogeno (conchiglie)

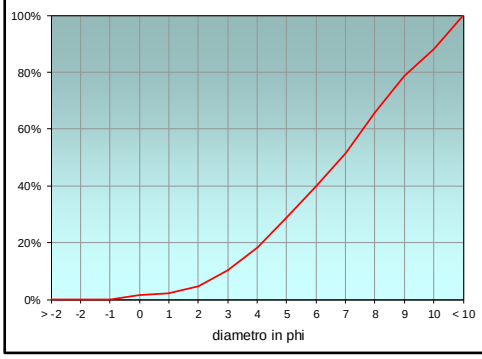
Diagramma SHEPARD



Distribuzione di frequenza



Curva Cumulativa



Stazione K3

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	68,80
Peso umido (g)	Pu	160,93
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm^3)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm^3)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici		
Media	M_ϕ	6,95
Classazione	σ_ϕ	2,63
Asimmetria	$S_{k\phi}$	-0,04
Appuntimento	K_G	0,82
Mediana	Md	7,10

Percentile	ϕ
5°	2,73
16°	4,25
25°	5,05
50°	7,10
75°	8,84
84°	9,50
95°	10,32

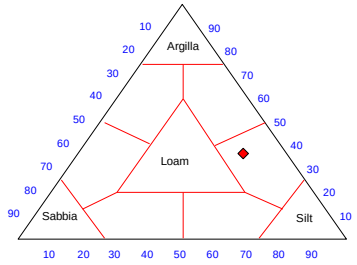
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,07	0	1000	0,10%	0,10%
	0,23	1	500	0,34%	0,44%
	1,15	2	250	1,67%	2,11%
	2,72	3	125	3,95%	6,06%
	4,90	4	62,5	7,12%	13,19%
Limo	7,75	5	31	11,26%	24,45%
	8,02	6	15,6	11,66%	36,11%
	8,48	7	7,8	12,33%	48,44%
	10,48	8	3,9	15,23%	63,67%
Argilla	9,31	9	2,0	13,53%	77,19%
	7,16	10	0,98	10,41%	87,60%
	8,53	< 10	< 0,98	12,40%	######

Classificazione	
Shepard	Silt-argilloso
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	platicurtica

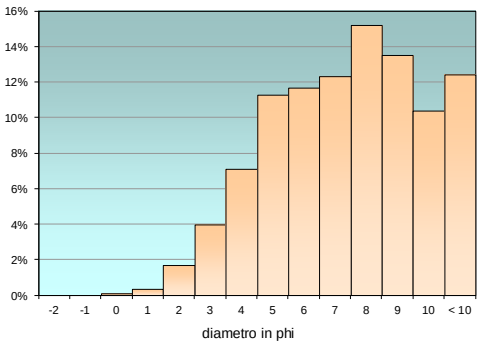
Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	13,19%	50,48%	36,33%

Note
1,13 g di materiale organogeno (conchiglie)

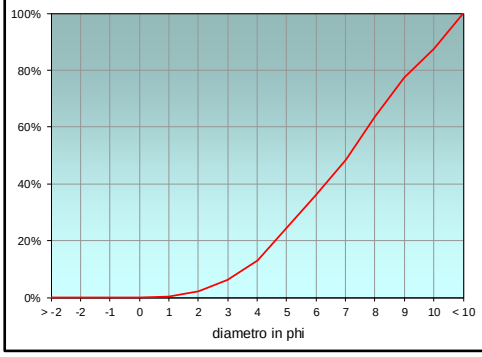
Diagramma SHEPARD



Distribuzione di frequenza



Curva Cumulativa



Stazione K4

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	55,64
Peso umido (g)	Pu	142,13
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm^3)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm^3)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici		
Media	M_ϕ	6,80
Classazione	σ_ϕ	2,80
Asimmetria	$S_{k\phi}$	-0,08
Appuntimento	K_G	0,80
Mediana	Md	7,10

Percentile	ϕ
5°	2,43
16°	3,85
25°	4,72
50°	7,10
75°	8,75
84°	9,44
95°	10,30

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,13	0	1000	0,24%	0,24%
	0,40	1	500	0,71%	0,95%
	0,88	2	250	1,57%	2,52%
	3,22	3	125	5,79%	8,31%
	5,01	4	62,5	9,00%	17,31%
Limo	5,97	5	31	10,73%	28,04%
	6,18	6	15,6	11,11%	39,15%
	5,04	7	7,8	9,06%	48,21%
	9,56	8	3,9	17,18%	65,39%
Argilla	7,17	9	2,0	12,88%	78,28%
	5,52	10	0,98	9,91%	88,19%
	6,57	< 10	< 0,98	11,81%	######

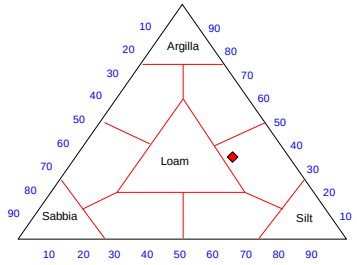
Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	17,31%	48,08%	34,61%

Classificazione	
Shepard	Silt-argilloso
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	platicurtica

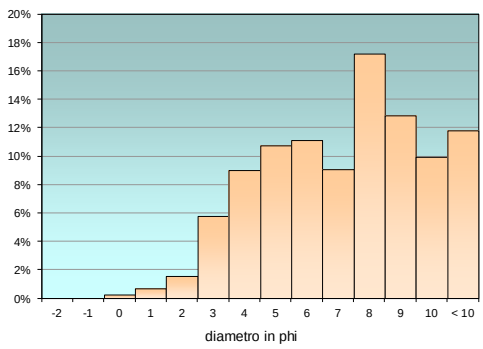
Note

1,5 g di materiale organogeno (conchiglie)

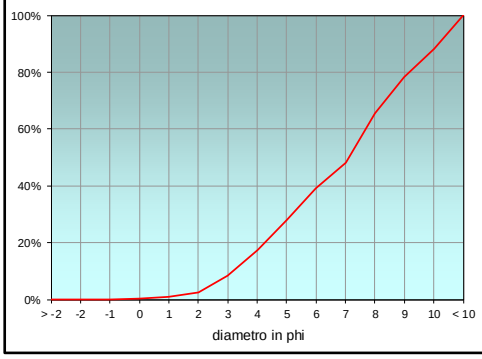
Diagramma SHEPARD



Distribuzione di frequenza



Curva Cumulativa



ALLEGATO C

SCHEDE GRANULOMETRICHE
DEI SITI C4 e D4 POSTI IN CORRISPONDENZA DEL FUTURO SEA-LINE e DEI CONTROLLI K6 e K9

PRE-SURVEY

Stazione C4

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	68,16
Peso umido (g)	Pu	161,22
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm^3)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm^3)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici		
Media	M_ϕ	6,85
Classazione	σ_ϕ	2,65
Asimmetria	$S_{k\phi}$	-0,03
Appuntimento	K_G	0,80
Mediana	Md	6,93

Percentile	ϕ
5°	2,58
16°	4,16
25°	4,80
50°	6,93
75°	8,75
84°	9,45
95°	10,30

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,11	0	1000	0,16%	0,16%
	0,38	1	500	0,56%	0,72%
	1,25	2	250	1,84%	2,56%
	2,88	3	125	4,23%	6,79%
	4,79	4	62,5	7,03%	13,82%
Limo	9,59	5	31	14,07%	27,88%
	7,59	6	15,6	11,13%	39,01%
	8,02	7	7,8	11,77%	50,78%
	9,91	8	3,9	14,54%	65,32%
Argilla	8,80	9	2,0	12,91%	78,23%
	6,77	10	0,98	9,94%	88,16%
	8,07	< 10	< 0,98	11,84%	######

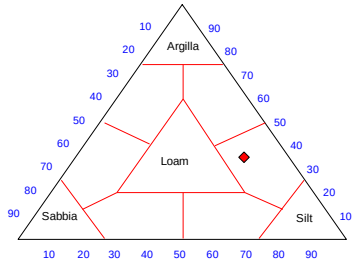
Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	13,82%	51,50%	34,68%

Classificazione	
Shepard	Silt-argilloso
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	platicurtica

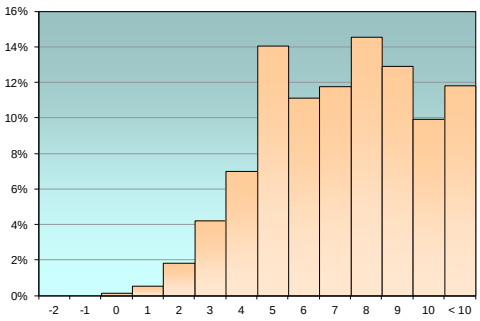
Note

1,55 g di materiale organogeno (conchiglie)

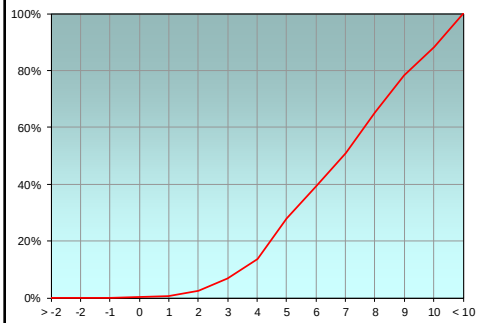
Diagramma SHEPARD



Distribuzione di frequenza



Curva Cumulativa



Stazione K6

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	59,52
Peso umido (g)	Pu	147,91
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm^3)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm^3)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici		
Media	M_ϕ	6,76
Classazione	σ_ϕ	2,70
Asimmetria	$S_{k\phi}$	-0,02
Appuntimento	K_G	0,78
Mediana	Md	6,84

Percentile	ϕ
5°	2,65
16°	4,02
25°	4,68
50°	6,84
75°	8,71
84°	9,42
95°	10,29

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,08	0	1000	0,13%	0,13%
	0,30	1	500	0,51%	0,64%
	0,76	2	250	1,28%	1,92%
	2,82	3	125	4,74%	6,66%
	5,39	4	62,5	9,06%	15,71%
Limo	8,19	5	31	13,76%	29,47%
	6,48	6	15,6	10,89%	40,36%
	6,85	7	7,8	11,51%	51,86%
	8,46	8	3,9	14,22%	66,08%
Argilla	7,52	9	2,0	12,63%	78,71%
	5,78	10	0,98	9,72%	88,42%
	6,89	< 10	< 0,98	11,58%	#######

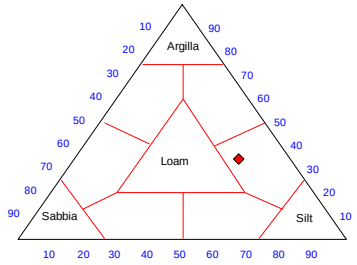
Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	15,71%	50,37%	33,92%

Classificazione	
Shepard	Silt-argilloso
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	platicurtica

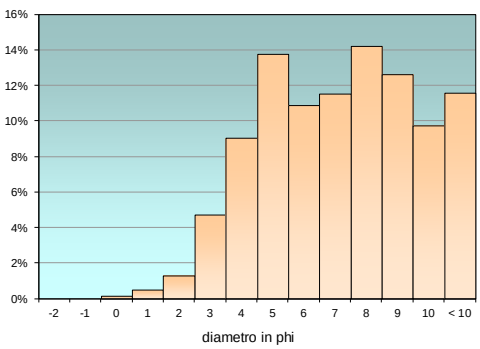
Note

1,2 g di materiale organogeno (conchiglie)

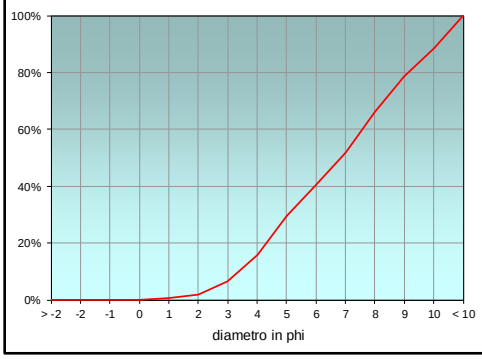
Diagramma SHEPARD



Distribuzione di frequenza



Curva Cumulativa



D4

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	62,14
Peso umido (g)	Pu	150,58
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm^3)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm^3)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici		
Media	M_{ϕ}	6,81
Classazione	σ_{ϕ}	2,70
Asimmetria	$S_{k\phi}$	-0,03
Appuntimento	K_G	0,80
Mediana	Md	6,93

Percentile	ϕ
5°	2,51
16°	4,04
25°	4,77
50°	6,93
75°	8,75
84°	9,45
95°	10,30

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,09	0	1000	0,15%	0,15%
	0,32	1	500	0,52%	0,67%
	1,14	2	250	1,84%	2,51%
	3,05	3	125	4,91%	7,41%
	5,03	4	62,5	8,10%	15,51%
Limo	7,71	5	31	12,40%	27,91%
	6,91	6	15,6	11,13%	39,04%
	7,31	7	7,8	11,76%	50,80%
	9,03	8	3,9	14,53%	65,33%
Argilla	8,02	9	2,0	12,91%	78,24%
	6,17	10	0,98	9,93%	88,17%
	7,35	< 10	< 0,98	11,83%	#######

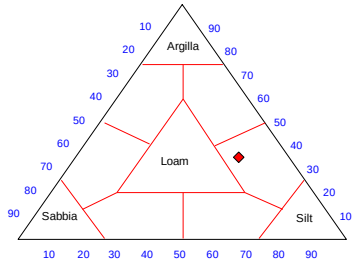
Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	15,51%	49,82%	34,67%

Classificazione	
Shepard	Silt-argilloso
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	platicurtica

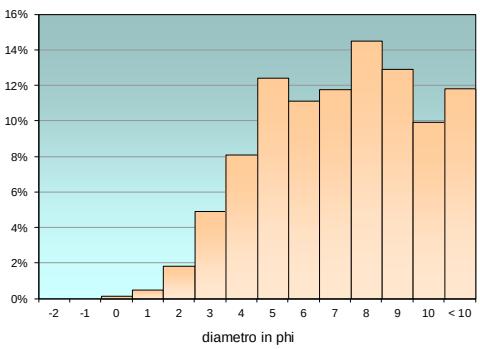
Note

1,45 g di materiale organogeno (conchiglie)

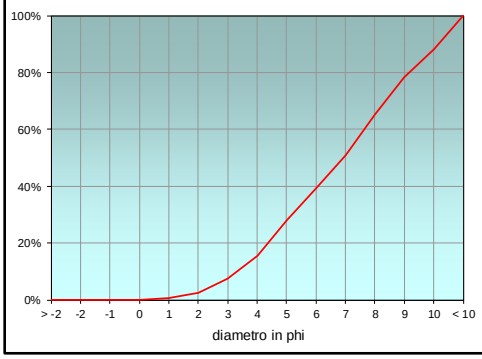
Diagramma SHEPARD



Distribuzione di frequenza



Curva Cumulativa



K9

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	61,04
Peso umido (g)	Pu	148,49
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm^3)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm^3)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici		
Media	M_ϕ	6,87
Classazione	σ_ϕ	2,66
Asimmetria	$S_{k\phi}$	-0,04
Appuntimento	K_G	0,79
Mediana	Md	7,00

Percentile	ϕ
5°	2,71
16°	4,15
25°	4,86
50°	7,00
75°	8,78
84°	9,47
95°	10,31

	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,06	0	1000	0,10%	0,10%
	0,26	1	500	0,42%	0,51%
	0,97	2	250	1,59%	2,11%
	2,47	3	125	4,05%	6,16%
	4,85	4	62,5	7,95%	14,10%
Limo	7,70	5	31	12,61%	26,71%
	6,90	6	15,6	11,31%	38,02%
	7,30	7	7,8	11,96%	49,98%
	9,02	8	3,9	14,77%	64,75%
Argilla	8,01	9	2,0	13,12%	77,87%
	6,16	10	0,98	10,10%	87,97%
	7,34	< 10	< 0,98	12,03%	######

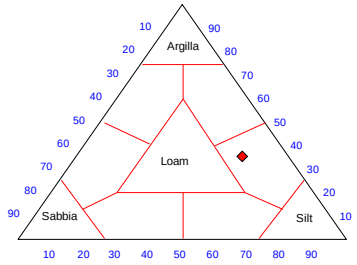
Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	14,10%	50,65%	35,25%

Classificazione	
Shepard	Silt-argilloso
Wentworth	
Classazione	molto mal classato
Asimmetria	simmetrica
Appuntimento	platicurtica

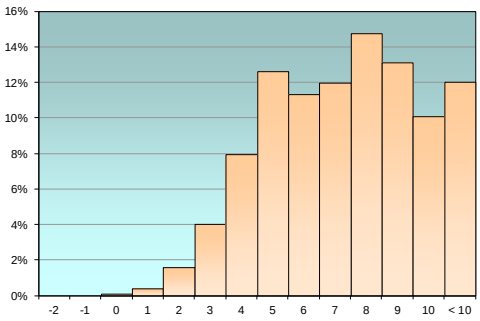
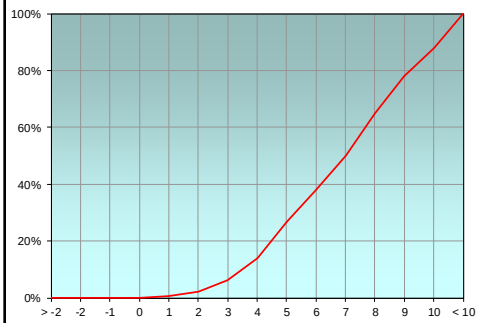
Note

1,07 g di materiale organogeno (conchiglie)

Diagramma SHEPARD



Distribuzione di frequenza



Curva Cumulativa