

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

**SERVIZI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE
CAMPO CLARA NW**

**MONITORAGGIO DELL'AREA INTERESSATA
DALL'INSTALLAZIONE DELLA PIATTAFORMA
CLARA NW**

FASE DI POSA IN OPERA

(maggio - dicembre 2015)

**INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA E DEI SEDIMENTI,
INDAGINI SULLE COMUNITÀ PLANCTONICHE E INDAGINI SULLA COMUNITÀ
BENTONICA**

RAPPORTO n. 2

OPERATORE SCIENTIFICO:
CNR – ISMAR SEDE DI ANCONA

RESPONSABILE SCIENTIFICO:
GIANNA FABI

RAPPORTO A CURA DI:

GIANNA FABI

FABRIZIO BERNARDI AUBRY

ELISA CAMATTI

DANIELE CASSIN

ANNA MARIA DE BIASI

AMELIA DE LAZZARI

LUDMILA KOZINKOVA

ELISA PUNZO

ALESSANDRA SPAGNOLO

ANCONA, Luglio 2016

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
2. MATERIALI E METODI	5
2.1. CAMPIONAMENTO IN MARE	5
2.1.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA.....	5
2.1.2. INDAGINI SULLE COMUNITÀ PLANCTONICHE.....	8
2.1.3. MISURE CORRENTOMETRICHE	9
2.1.4. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI E SULLE COMUNITÀ BENTONICHE	9
2.1.5. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI	11
2.1.6. POPOLAMENTO ITTICO.....	12
2.1.7. RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI.....	12
2.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI.....	12
2.2.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA.....	12
2.2.2. INDAGINI SULLE COMUNITÀ PLANCTONICHE.....	20
2.2.2.1 Comunità fitoplanctoniche	20
2.2.2.2 Comunità zooplanctoniche.....	22
2.2.3. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI	23
2.2.4. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI	26
2.2.4.1 <i>Dunaliella tertiolecta</i>	26
2.2.4.2 <i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®).....	28
2.2.4.3 <i>Corophium orientale</i>	28
2.2.4.4 <i>Crassostrea gigas</i>	30
2.2.4.5 Ricerca di metalli pesanti in <i>Hediste diversicolor</i>	31
2.2.5. INDAGINI SULLE COMUNITÀ BENTONICHE	32
3. RISULTATI	37
3.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	37
3.1.1. TEMPERATURA, SALINITÀ, TORBIDITÀ, OSSIGENO DISCIOLTO E FLUORESCENZA INDOTTA.....	37
3.1.2. SALI NUTRITIVI	43
3.1.3. CLOROFILLE A, B E C E PARTICELLATO SOSPESO.....	54
3.1.4. IDROCARBURI TOTALI, IDROCARBURI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX.....	61
3.1.5. GLICOLE ETILENICO.....	64
3.1.6. METALLI PESANTI.....	65
3.1.7. CONFRONTO FRA I MONITORAGGI EFFETTUATI NEI PRE-SURVEY E DURANTE I LAVORI DI POSA IN OPERA	69
3.1.7.1 Indagini fisiche, chimiche e biologiche	69
3.1.7.2 Metalli e inquinanti organici	71
3.2. INDAGINI SULLE COMUNITÀ PLANCTONICHE	73
3.2.1. COMUNITÀ FITOPLANCTONICHE	73
3.2.1.1 Confronto fra i monitoraggi effettuati nei pre-survey e durante i lavori di posa in opera	84

3.2.2.	COMUNITÀ ZOOPLANCTONICHE	86
3.2.2.1	Confronto fra i monitoraggi effettuati nei pre-survey e durante i lavori di posa in opera	95
3.3.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI	98
3.3.1.	GRANULOMETRIA	98
3.3.2.	IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI	99
3.3.3.	IDROCARBURI TOTALI	101
3.3.4.	METALLI PESANTI	102
3.3.5.	SOSTANZA ORGANICA	108
3.3.6.	TOTAL ORGANIC CARBON (TOC)	109
3.4.	ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI	111
3.4.1.	<i>DUNALIELLA TERTIOLECTA</i>	111
3.4.2.	<i>VIBRIO FISCHERI</i> (SISTEMA MICROTOX®)	112
3.4.3.	<i>COROPHIUM ORIENTALE</i>	112
3.4.4.	<i>CRASSOSTREA GIGAS</i>	114
3.4.5.	RICERCA DI METALLI PESANTI IN <i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i>	115
3.5.	INDAGINI SULLE COMUNITÀ BENTONICHE	120
3.5.1.	DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P)	120
3.5.2.	AFFINITÀ BIOECENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE	127
3.5.3.	DOMINANZA	128
3.5.4.	RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S)	131
3.5.5.	RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA (S _M)	132
3.5.6.	DIVERSITÀ SPECIFICA (H')	133
3.5.7.	MULTIDIMENSIONAL SCALING (MDS)	134
3.5.8.	VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE	136
3.5.8.1	Indice W di Clarke	136
3.5.8.2	Indice AMBI	136
3.5.8.3	Indice BENTIX	137
3.5.8.4	Stato ecologico	137
4.	CONCLUSIONI	140
5.	BIBLIOGRAFIA	149
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 sulle comunità bentoniche	XII
ALLEGATO B	Schede granulometriche dei siti posti nell'area della piattaforma Clara NW e dei controlli K1-K4 - Survey durante i lavori di installazione	XV

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	A. Boldrin	CNR - ISMAR Venezia
	F. Acri	CNR - ISMAR Venezia
	F. Bernardi Aubry	CNR - ISMAR Venezia
	M. Borghini	CNR - ISMAR La Spezia
	D. Cassin	CNR - ISMAR Venezia
	M. Casula	CNR - ISMAR Venezia
	L. Dametto	CNR - ISMAR Venezia
	A. De Lazzari	CNR - ISMAR Venezia
	M. Leonetti	CNR - ISMAR Ancona
	L. Mazzei	CNR - ISMAR La Spezia
	S. Pasqual	CNR - ISMAR Venezia
	A. Pesce	CNR - ISMAR Venezia
P. Polidori	CNR - ISMAR Ancona	
Comunità fitoplanctoniche	F. Bernardi Aubry	CNR - ISMAR Venezia
	S. Finotto	CNR - ISMAR Venezia
Comunità zooplanctoniche	E. Camatti	CNR - ISMAR Venezia
	M. Pansera	CNR - ISMAR Venezia
Analisi dei sedimenti ed ecotossicologia	A.M. De Biasi	CIBM Livorno
	G. Bontà Pittaluga	CIBM Livorno
	S. Dell'Ira	CIBM Livorno
	L. Kozinkova	CIBM Livorno
	M. Pertusati	CIBM Livorno
	S. Polese	CIBM Livorno
	O. Spinelli	CIBM Livorno
Comunità bentonica	G. Bruno	Cooperativa Mare Ricerca Ancona
	C. Cuicchi	Cooperativa Mare Ricerca Ancona
	L. Montagnini	Cooperativa Mare Ricerca 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 Tecnopisca II del CNR-ISMAR UOS Ancona utilizzata per le indagini.

1. INTRODUZIONE

In riferimento al Decreto n. 0000227 del 17/09/2014 emesso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-ISMAR UOS Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS di effettuare un monitoraggio volto a valutare il potenziale impatto ambientale conseguente l'installazione della piattaforma Clara NW della condotta sottomarina collegante tale piattaforma alla già esistente Calipso.

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

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

Sulla base di tali considerazioni e delle esperienze condotte e/o tuttora in corso dal CNR-ISMAR presso analoghe strutture situate in Adriatico centrale e settentrionale (Fabi *et al.*, 2001a; 2001b; 2002; 2004; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015; 2016a; 2016b; 2016c; 2016d) per quanto concerne la piattaforma Clara NW 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.);
2. caratteristiche delle comunità fito- e zooplanctoniche (come da prescrizione ARPAM);
3. caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti presenti nel fondo mobile circostante;
4. ecotossicologia dei sedimenti;
5. caratteristiche delle comunità bentoniche;
6. analisi di inquinanti in organismi marini (*Hediste diversicolor*);

7. analisi di inquinanti e di biomarkers in organismi marini insediati sulle parti sommerse della piattaforma (*Mytilus galloprovincialis*);
8. evoluzione del popolamento ittico;
9. rilevamento del passaggio di cetacei.

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 SpA UPSTREAM DICS, nel programma di monitoraggio sono state previste le seguenti fasi (Tab. 1-I):

- 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 sono state condotte su base bimestrale per tutta la durata della fase: le indagini di cui ai punti 3-6 sono state effettuate nel corso di un survey condotto nel luglio 2015. Il rilevamento del passaggio di cetacei è stato condotto mediante operatori MMO secondo un programma di monitoraggio specifico (rif. DM A.7 punto a).
- c. Fase di produzione: le indagini previste ai punti 3-8 verranno effettuate 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 condurranno 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 condotte 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.

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

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

Nel presente rapporto sono descritti i risultati conseguiti durante la posa in opera della piattaforma (maggio-dicembre 2015) che riguardano i punti 1-5 del precedente elenco, confrontati con quanto rilevato nella fase di pre-survey.

Tab. 1-I – Survey previsti durante il programma di monitoraggio ambientale della piattaforma Clara NW.

Fase	Comparti d'indagine	Piattaforma Clara NW
Ante operam	Colonna acqua	1-3 survey
	Comunità planctoniche	1-3 survey
	Sedimenti	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey
	Comunità bentonica	1 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
	Ecotossicologia dei sedimenti	5 anni
	Comunità bentonica	5 anni
	Comunità ittica	5 anni
	Analisi inquinanti e biomarker in organismi marini	5 anni
	Rilevamento cetacei	5 anni
Pre smantellamento	Colonna d'acqua	**
	Sedimenti	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey
	Comunità bentonica	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
	Sedimenti	3 anni
	Ecotossicologia dei sedimenti	3 anni
	Comunità bentonica	3 anni
	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. MATERIALI E METODI

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

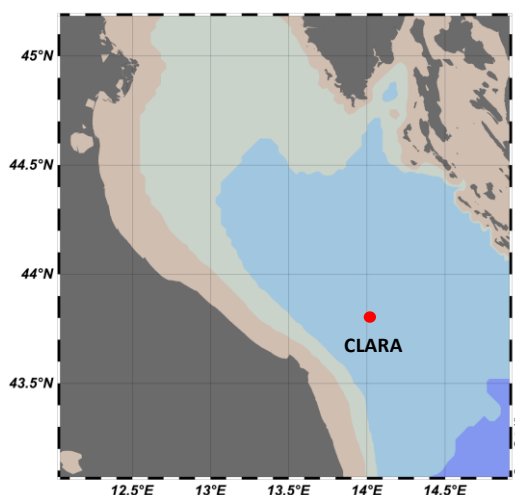


Fig. 2.1 - Ubicazione della piattaforma Clara NW.

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

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

2.1. CAMPIONAMENTO IN MARE

2.1.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

Per lo studio delle caratteristiche fisiche e biochimiche della colonna d'acqua sono stati condotti tre survey (luglio, settembre e novembre 2015).

I prelievi sono stati effettuati in 8 stazioni disposte a croce lungo le direttrici NW-SE e NE-SW e aventi come punto di intersezione la piattaforma, di cui 4 poste entro un raggio di 100 m dal punto di installazione e 4 a una distanza di almeno 2000 m da esso e da altre strutture offshore (fig. 2.2; Tab. 2-II).

In tutte le stazioni sono stati misurati in continuo mediante una sonda multiparametrica (CTD; All. A1-I) della Sea Bird modello SBE19plusV2 equipaggiata, oltre che con i sensori standard di pressione, temperatura e conducibilità, con un fluorimetro Turner -

Cyclops7 per la misurazione della concentrazione di clorofilla *a*, con un torbidimetro (Backscatterometro) Turner - Cyclops7 per la misurazione del particolato sospeso (TSM) e con un sensore di ossigeno SBE43 per la determinazione della concentrazione di ossigeno disciolto. La sonda SBE19plusV2 è stata calibrata dalla Ditta costruttrice per i parametri di pressione, temperatura e conducibilità. I sensori di ossigeno disciolto, fluorescenza e torbidità sono stati calibrati con campioni raccolti *in situ* durante ogni campagna e analizzati per il contenuto di ossigeno disciolto (metodo Winkler), di pigmenti clorofilliani (Chl, metodo HPLC) e per contenuto di materiale particolato totale (TSM, metodo gravimetrico).

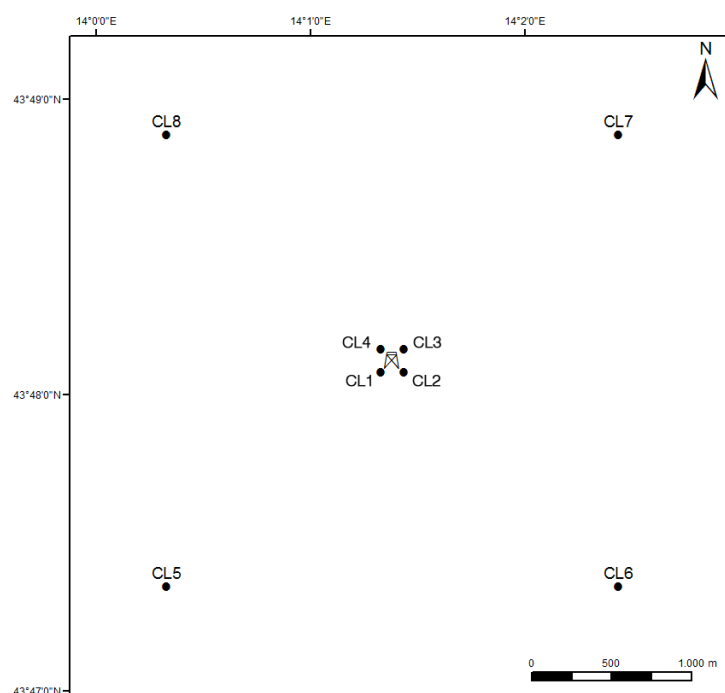


Fig. 2.2 - Schema di campionamento adottato nella fase di posa in opera della piattaforma per le indagini idrologiche.

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

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

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

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

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

Su tali campioni sono stati misurati i seguenti parametri:

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

Le aliquote d'acqua e i relativi contenitori, spillate direttamente dalla bottiglia di campionamento, per ogni parametro considerato erano le seguenti:

- ossigeno disciolto: 150 ml in beute di vetro a volume noto;
- nutrienti disciolti: 150 ml, prefiltrati con filtri Whatman GF/F, in bottiglie di polietilene (PET);
- carico solido: 2 l in bottiglie di polietilene (PET);
- pigmenti clorofilliani: 2 l in bottiglie di polietilene (PET);
- metalli: 500 ml in bottiglie di polietilene (PET);
- BTEX: 40 ml in vials di vetro con tappo perforabile;

- idrocarburi totali e etilenglicole: 1 l in bottiglie di vetro scuro;
- IPA e IA: 1 l in bottiglie di vetro scuro.

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

2.1.2. INDAGINI SULLE COMUNITÀ PLACTONICHE

In tutte le stazioni e alle quote campionate nei survey di luglio, settembre e novembre 2015 per i parametri fisici e chimici della colonna d'acqua tramite bottiglie Niskin sono stati raccolti campioni per la determinazione del fitoplancton. Da ogni campione sono stati conservati 250 ml di acqua in bottiglie di vetro scuro immediatamente fissati con lugol (concentrazione finale 2%).

In ogni stazione, inoltre, è stata campionata 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 m dal fondo fino alla superficie (fig. 2.3). Il retino è munito di flussimetro HYDRO-BIOS KIEL per calcolare i m³ 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%.

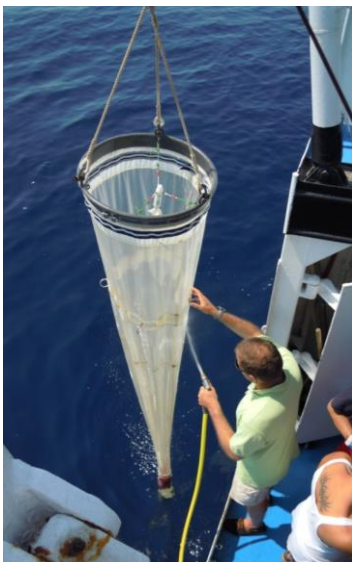


Fig. 2.3 - Retino di tipo WP2 con flussimetro HYDRO-BIOS per campionamento dello zooplancton.

2.1.3. MISURE CORRENTOMETRICHE

In questa fase non sono state previste le misurazioni correntometriche essendo impossibile il posizionamento della strumentazione necessaria a causa della presenza del jackup. Non si è ritenuto idoneo neanche adottare il sistema di misura lagrangiano poiché non adeguato per un monitoraggio sito-specifico.

2.1.4. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI E SULLE COMUNITÀ BENTONICHE

Il survey è stato condotto nel luglio 2015. 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 4 a 60 m di distanza da esso. Le altre 4 (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 dalla piattaforma e le profondità relative sono riportate in Tab. 2-III.

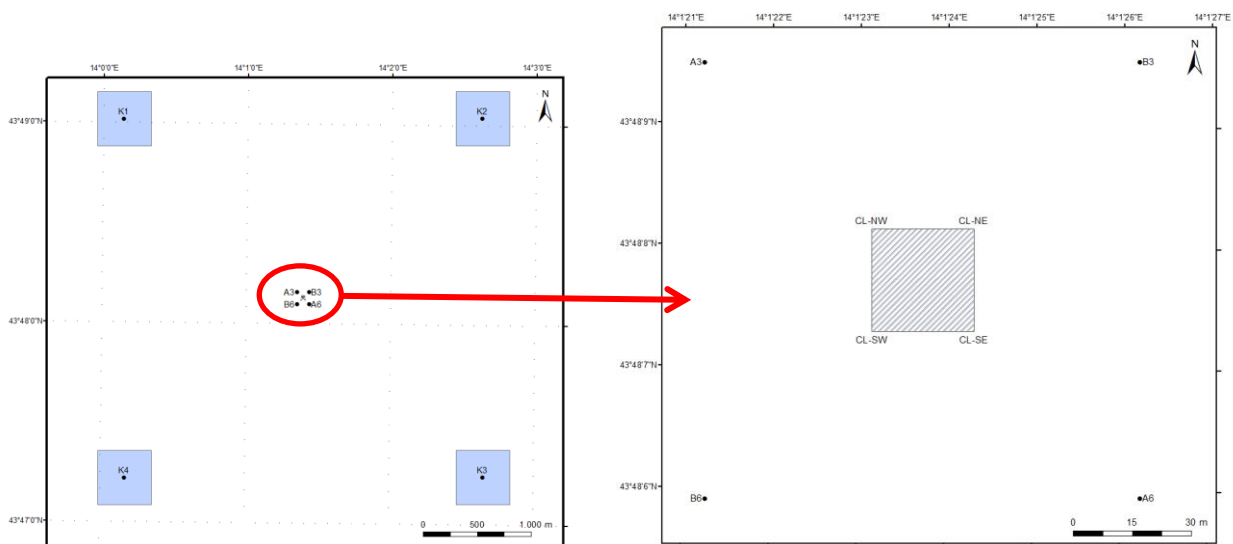


Fig. 2.4 - Schema di campionamento utilizzato per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica. A destra il particolare dei quattro siti di prelievo nel punto di installazione della piattaforma.

Tab. 2-III - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate durante la fase di posa in opera della piattaforma per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica. In rosso i punti di campionamento in corrispondenza di Clara NW.

	Distanza da Clara NW (m)	Posizione rispetto alla piattaforma	Coordinate geografiche	Profondità (m)
A3	60	NW	43°48,197N 14°01,350E	75,3
CL NW	0	NW	43°48,186N 14°01,378E	75,3
CL SE	0	SE	43°48,183N 14°01,400E	74,0
A6	60	SE	43°48,142N 14°01,426E	74,0
B3	60	NE	43°48,186N 14°01,424E	75,1
CL NE	0	NE	43°48,199N 14°01,405E	75,2
CL SW	0	SW	43°48,162N 14°01,371E	74,3
B6	0	SW	43°48,147N 14°01,334E	75,3
K1	2000	NW	43°48,992N 14°00,158E	75,4
K2	2000	NE	43°48,962N 14°02,697E	75,9
K3	2000	SE	43°47,242N 14°02,642E	75,6
K4	2000	SW	43°47,273N 14°00,179E	75,9

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

In situ sono stati rilevati i seguenti parametri:

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

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

- granulometria;
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA);
- Idrocarburi totali;
- metalli pesanti (alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio, zinco);
- sostanza organica totale;
- Total Organic Carbon (TOC).

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

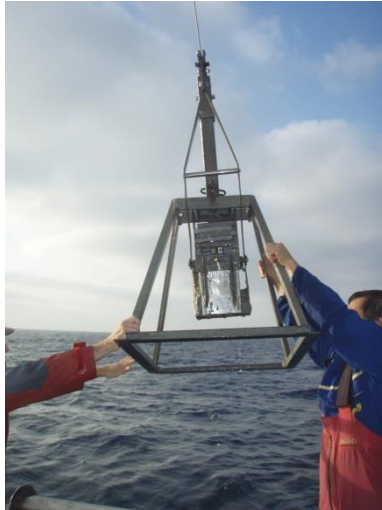


Fig. 2.5 – Box-corer utilizzato per le indagini fisiche e chimiche dei sedimenti.

Indagini sulle comunità bentoniche - Tutte le stazioni sono state campionate mediante una benna di tipo Van Veen avente una capacità di 12 l e un'apertura di 0,095 m² (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 formaldeide diluita in acqua di mare al 5%.



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

2.1.5. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

Sono state campionate le medesime stazioni indagate durante il pre-survey, ovvero CL SE, A3, A6, B3, B6, K1, K2, K3 e K4 (fig. 2.4). In tutti i siti i campioni sono stati prelevati mediante benna Van-Veen per lo svolgimento dei seguenti saggi ecotossicologici:

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

La ricerca di inquinanti è stata effettuata su esemplari di *Hediste diversicolor*; le prove di

bioaccumulo hanno riguardato i seguenti metalli pesanti: alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio, zinco.

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

2.1.6. POPOLAMENTO ITTICO

Durante i lavori di installazione di Clara NW non è stato possibile condurre indagini sulla comunità ittica per motivi di sicurezza e per la presenza del jackup e altri mezzi che impedivano l'avvicinamento alla struttura necessario per il calo degli attrezzi da pesca e per i rilevamenti acustici lungo la colonna d'acqua. Per quanto concerne quest'ultimo aspetto, è anche da considerare che le operazioni in corso determinano un disturbo acustico tale da interferire con l'acquisizione dati. E' comunque da tenere presente che qualunque effetto indotto dai lavori in corso sulla comunità ittica, sia positivo (attrazione) che negativo (allontanamento) è temporaneo, poiché si tratta di specie mobili.

2.1.7. RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI

Durante i lavori di installazione della piattaforma, come già specificato nel Cap. 1 del presente rapporto, sono stati condotti avvistamenti da parte di MMO per i quali è stato prodotto un Report a parte (Leonori *et al.*, 2016).

2.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI

2.2.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

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

Ossigeno disciolto - E' stato quantificato direttamente a bordo con metodo Winkler (1888): i campioni di acqua appena raccolti sono stati fissati con una soluzione di cloruro di manganese e una soluzione alcalina di ioduro di sodio, e conservati al buio fino alla determinazione. La titolazione è stata effettuata con tiosolfato di sodio con metodo

potenziometrico ed elettrodo di platino, entro le 4 h successive, utilizzando la buretta automatica Metrohm Basic Titrino 794 (All. A1-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 - I campioni per l'analisi dei macro-nutrienti inorganici sono stati prelevati dalle bottiglie di campionamento, dopo filtrazione con filtro in fibra di vetro Whatman GF/F (porosità = 0,7 μm ; Ø = 47 mm), e conservati al buio ad una temperatura di -20°C fino all'analisi.

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

- azoto da ammoniaca N-NH₃: il metodo prevede che l'ammoniaca reagisca in ambiente alcalino con fenolo e ipoclorito per formare blu di indofenolo letto a 660 nm;
- azoto da nitriti N-NO₂: lo ione nitrito è fatto reagire in ambiente acido con sulfanilamide e naftiletildiamina per formare un composto diazoico di colore rosso. L'assorbanza del prodotto di reazione è misurata a 540 nm;
- azoto da nitrati N-NO₃: il metodo si basa sulla loro riduzione a nitriti e sul successivo dosaggio dei nitriti totali utilizzando la metodica sopra esposta. La riduzione viene effettuata facendo passare il campione attraverso una colonna di cadmio fornita dalla ditta Systea s.r.l.;
- ortofosfati P-PO₄: il campione viene trattato con ammonio molibdato in ambiente acido; il complesso che ne risulta viene ridotto con acido ascorbico a blu di molibdeno. Si misura l'intensità della colorazione così prodotta a 880 nm;
- ortosilicati Si-SiO₄: il metodo automatico prevede la misurazione fotometrica del prodotto di riduzione (blu di molibdeno) che si forma in presenza di acido ascorbico, quando lo ione silicio reagisce con ammonio molibdato in ambiente acido. Il complesso è letto a 880 nm; l'acido ossalico viene addizionato allo scopo di eliminare le interferenze dei fosfati.

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

- N-NH₃: 0,05 μM ;
- N-NO₂: 0,01 μM ;
- N-NO₃: 0,10 μM ;

- P-PO₄: 0,01 µM;
- Si-SiO₄: 0,02 µM.

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

Le analisi delle clorofille *a*, *b* e *c* sono state effettuate secondo il metodo Vidussi *et al.* (1996) mediante HPLC (High Performance Liquid Chromatography; All. A1-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 Turner Cyclops-7 installato sulla sonda CTD- SBE19plusV2 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 della filtrazione i filtri sono stati conservati a -20°C in essiccatore fino al momento dell'analisi. La determinazione in laboratorio del peso secco totale è avvenuta per via gravimetrica, dopo essiccazione a 50-60°C per 4 ore, secondo le indicazioni riportate da Strickland and Parsons (1972). Il peso dei singoli filtri combusti è stato sottratto al peso del filtro corrispondente su cui è stato filtrato il campione. Le concentrazioni di TSM (total suspended matter) sono state espresse

in mg/l. I valori di TSM sono stati utilizzati per calibrare i dati del sensore di torbidità Turner Cyclops-7 installato sulla sonda CTD- SBE19plusV2 per i profili in continuo.

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

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

Il metodo prevede le seguenti fasi: a) agitazione del campione d'acqua e trasferimento di un volume adeguato (100 ml) in una beuta da 125 ml, aggiunta di 5 ml di acido nitrico, riscaldamento su una piastra e evaporazione fino al minor volume possibile (10-20 ml); b) riscaldamento e aggiunta di acido nitrico, se necessario, fino a che la mineralizzazione sia completa, cioè fino ad ottenere una soluzione trasparente e incolore, avendo cura di non fare andare a secco; c) trasferimento della soluzione, dopo filtrazione se necessario, in un matraccio tarato da 100 ml, aggiunta di due successive aliquote di 5 ml di acqua con cui sono state lavate le pareti della beuta, raffreddamento della soluzione e portata a volume con acqua per la successiva introduzione nello strumento di analisi.

Per la determinazione dei metalli è stato usato uno spettrometro di massa con sorgente al plasma di ultima generazione della Agilent Technologies serie 7700 (All. A1-VI). Questo strumento è dotato in particolare della nuova interfaccia HMI (High Matrix Interface), in grado di analizzare direttamente senza diluizione preventiva e senza che vi sia una deriva della linea di base o degradazione delle performance a causa del deposito di sale sugli iniettori; inoltre, tale nuova interfaccia ha una ottima tolleranza all'uso di matrici complesse, anche in presenza di alte concentrazioni di solidi disciolti in soluzione, riduce il rapporto degli ossidi a valori operativi inferiori allo 0,3%, rendendo ICP-MS 7700 lo strumento più efficiente nell'abbattere le interferenze.

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

emissione vengono rilevate, simultaneamente o in sequenza, e la concentrazione di analita presente nel campione viene determinata per confronto con una soluzione di riferimento a concentrazione nota.

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

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

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

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

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

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

EPA METHOD 8260C, 2006 - Volatile organic compounds by gas chromatography/ 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.

Solventi organici aromatici (BTEX) - La determinazione è stata effettuata mediante gascromatografia accoppiata a spazio di testa dinamico ("Purge & trap"). Soltanto i composti scarsamente solubili in acqua, relativamente volatili, tendono ad occupare lo

spazio di testa e quindi possono essere trasferiti nel gascromatografo; in tal modo è possibile minimizzare eventuali interferenze e/o contaminazioni della colonna gascromatografica e del rivelatore.

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

Lo strumento utilizzato per la determinazione dei BTEX è uno spettrometro di massa quadrupolare HEWLETT-PACKARD GC/MS 5973 Network, munito di 1 autocampionatore a 51 posizioni per spazio di testa 4552 Purge & Trap e sistema di Purge & Trap Eclipse 4660 O.I. Analytical (All. A1-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 volatilità sufficientemente elevata da essere efficacemente rimossi dal campione, mediante la procedura di equilibrio in spazio di testa.

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

L'autocampionatore ha quindi pressurizzato le vials con gas elio il quale ha spinto la miscela gassosa, formatasi nello spazio di testa attraverso una linea di trasferimento riscaldata, nella colonna GC. Le analisi sono eseguite utilizzando un GC con rivelatore a fiamma (FID).

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

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

IPA e IA - Utilizzando un cilindro graduato è stato misurato 1 l (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 stato 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 isooctano rispettivamente per analisi di IPA e IA) per la successiva analisi cromatografica.

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

d'onda variabile è stato sviluppato per consentire il rilevamento ottimale di tutti i composti. L'identificazione e la quantificazione dei composti si basa sul confronto con i tempi di ritenzione e sulla misurazione dell'area dei picchi di standard di riferimento esterni. Il limite di rilevabilità è compreso tra 0,01 e 0,1 µg/l. Campioni di bianco sono stati eseguiti per l'intera procedura. Recupero e precisione sono stati validati con campioni di riferimento certificati. La metodica è stata ulteriormente verificata tramite periodica attività di intercalibrazione internazionale.

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

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

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

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

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

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

Per le varie elaborazioni grafiche sono stati utilizzati il software Grapher™ Vers. 11.5.791 (32 bit), aprile 2015 della Golden Software, LLC, e il software Ocean Data View © Vers: 4.6.3 (Schlitzer, 2014; <http://odv.awi.de>).

Allo scopo di mettere in evidenza eventuali alterazioni nei parametri ambientali causate dalle attività di estrazione, sono state analizzate per ogni campagna le differenze fra le stazioni in prossimità della piattaforma, che più direttamente possono essere modificate nelle loro caratteristiche ambientali dalle attività in corso per l'installazione della piattaforma, e quelle localizzate a 2000 m, considerate come controllo di riferimento. È stata quindi applicata l'analisi della varianza fra le 4 stazioni a 100 m dalla piattaforma (stazioni CL1, CL2, CL3, CL4) e le quattro stazioni localizzate a circa 2000 m da essa (CL5, CL6, CL7, CL8), per le campagne effettuate in luglio (ENI4_2015), settembre (ENI5_2015) e novembre (ENI6_2015).

Infine, allo scopo di evidenziare eventuali alterazioni dei parametri ambientali legate ai lavori di installazione, è stata analizzata la variabilità prima dell'inizio delle operazioni (pre-survey) e durante la posa in opera, differenziando in entrambi i casi le condizioni osservate nell'area di installazione della piattaforma (stazione CL0 nelle campagne pre-survey e stazioni CL1, CL2, CL3, CL4 nelle campagne durante i lavori) rispetto alle stazioni più lontane a 2000 m (stazioni CL5, CL6, CL7, CL8).

Per le elaborazioni statistiche è stato utilizzato il software STATISTICA © per Windows (StatSoft Italia, 1997).

2.2.2. INDAGINI SULLE COMUNITÀ PLANCTONICHE

2.2.2.1 Comunità fitoplanctoniche

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 1-2 giorni, 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/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 stata 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	Thronsdén, 1993
Coccolitoforidee	Rampi, 1981 Heimdal, 1993
Euglenoficee	Thronsdén, 1993
Cloroficee	Pascher, 1915

I valori di abbondanza dei taxa rinvenuti sono stati organizzati in fogli elettronici specie/campione. Tutte le specie sono state revisionate e conformate ad eventuali sinonimi tramite i database WoRMS-World Register of Marine Species (<http://www.marinespecies.org/>) e Algaebase, Listing the World's Algae (<http://www.algaebase.org/>).

Per l'elaborazione di sintesi di tutti i dati sono stati utilizzati i seguenti pacchetti statistici: Statsoft Kernel release 5.5 (ANOVA, analisi della varianza), PRIMER 5.2.2 software (MDS, MultiDimensional Scaling, ordinamento dei dati biologici).

I dati di abbondanza del fitoplancton hanno subito una trasformazione logaritmica ($\log_{10}(N+1)$) e di doppia radice ($\sqrt{N+1}$) per ovviare alla loro distribuzione non normale in accordo con Sokal e Rohlf (1981).

Con lo scopo di valutare le differenze spazio-temporali tra i diversi siti di campionamento in base alla composizione quali-quantitativa del fitoplancton, alla matrice specie-campione è stata applicata la tecnica di ordinamento del Multidimensional Scaling (MDS; Clarke e Warwick, 1994), tecnica che permette di ottenere una rappresentazione di oggetti, in base alla "similarità" o dissimilarità, tra ciascuna coppia di oggetti. In questo caso permette la rappresentazione nello spazio dei campioni di fitoplancton in base alla loro abbondanza e composizione in specie.

Nel presente rapporto è stato anche effettuato un confronto con i dati relativi ai campionamenti condotti nel dicembre 2014 e a febbraio 2015, prima dell'inizio dei lavori di installazione della piattaforma (fase di pre-survey). Per ridurre la variabilità complessiva di tutti i campioni in esame, e appurata la differenziazione dei campioni lungo la colonna d'acqua in tutte le campagne analizzate, per ogni stazione relativa a ciascuna campagna di rilevamento e misura i valori di abbondanza delle 4 quote sono stati mediati, ottenendo così una matrice di dati di 34 campioni.

L'analisi dei risultati dei campioni è stata effettuata mediante un ordinamento degli stessi in base alla loro composizione specie specifica e alle loro abbondanze, come già effettuato per le singole campagne di rilevamento e misura.

2.2.2.2 Comunità zooplanctoniche

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/m³.

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

Dopo l'analisi dei campioni di zooplancton al microscopio, i valori di abbondanza sono stati organizzati in fogli elettronici specie/campione. Tutte le specie sono state revisionate e conformate ad eventuali sinonimi tramite i database World Register of Marine Species WoRMS - World Register of Marine Species (<http://www.marinespecies.org/index.php>).

Per l'elaborazione di sintesi di tutti i dati sono stati utilizzati i seguenti pacchetti statistici: Statsoft Kernel release 5.5 (analisi della varianza), PRIMER 5.2.2 software (MDS, MultiDimensional Scaling, ordinamento dei dati biologici; Clarke K.R., Warwick R.M. 1994).

Con lo scopo valutare le differenze spazio-temporali tra i diversi siti di campionamento in base alla composizione quali-quantitativa dello zooplancton, alla matrice taxa-campione è stata applicata la tecnica di ordinamento del Multidimensional Scaling (MDS), analogamente a quanto eseguito per le analisi delle comunità fitoplanctoniche.

2.2.3. 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.

IPA - Per la determinazione degli IPA ogni campione è stato scongelato e privato dell'eventuale frazione più grossolana; in seguito, l'analisi è stata compiuta su un'aliquota di circa 20 g (peso umido), mentre una seconda aliquota è stata utilizzata per la determinazione del peso secco.

La determinazione degli IPA è stata effettuata mediante gas cromatografia utilizzando un Gas cromatografo doppia colonna (All. A2-VI). I componenti della miscela (IPA), separati tra loro, sono stati rilevati con la tecnica FID (rilevatore ionizzazione di fiamma), che consente di valutare i tempi di ritenzione e l'ampiezza dei picchi relativi. Il limite di rilevabilità dello strumento e quello della metodica corrispondono rispettivamente a 0,05

µg di solvente e 0,002 mg/kg 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, DiBenzo(a,h)Antracene, Fluorene, Benzo(g,h,i)Perilene, Indeno(1,2,3,c,d)Pirene. Le rette di calibrazione sono state preparate con la tecnica della standardizzazione esterna utilizzando come IPA di riferimento il Perilene, che permette anche di normalizzare le aree dei picchi dei singoli componenti la miscela e di confrontarle tra loro ai fini della quantizzazione.

Idrocarburi totali - Per gli idrocarburi leggeri (C<12) sono stati seguiti i metodi EPA 5021A (2003a) e EPA 8015D (2003b). 5 g di sedimento sono posti in vial in cui sono stati aggiunti 10 ml di acqua procedendo al riscaldamento della miscela a 65°C per 1 h. Successivamente 0,5 ml sono stati iniettati nello spazio di testa in Gascromatografia (GC) con rivelatore FID (All. 2-VI).

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

Metalli pesanti - Sono stati analizzati i seguenti elementi, espressi in percentuale o mg/kg di sostanza secca: Alluminio, Arsenico, Bario, Cadmio, Cromo, Ferro, Indio, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Silicio, Vanadio e Zinco.

La mineralizzazione dei campioni è stata effettuata su circa 0,3 g di sostanza secca, mediante un sistema di digestione a microonde opportunamente programmato, aggiungendo a 3 ml di HNO₃, 1 ml di HCl e 4 ml di H₂O.

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 ICP-AES (Varian ICP-720ES; All. A2-IX) seguendo la metodica EPA 6010C (2007c).

La mineralizzazione del campione di sedimento è stata effettuata su circa 0,45 g di sostanza secca mediante un sistema di digestione a microonde opportunamente programmato, utilizzando una miscela acida composta da 9 ml di HNO₃, 3 ml di HCl (acidi concentrati). Al termine della mineralizzazione i campioni sono stati filtrati e portati a un volume finale di 25 ml utilizzando acqua Millipore.

L'analisi per la determinazione dell'indio è stata effettuata tecnica ICP-MS (Agilent Mod. 7700; All. A2-X) previa mineralizzazione acida impiegando un sistema "Digiprep" specifico per l'introduzione di campioni nell'ICP MS. Sono stati utilizzati circa 0,5 g di sostanza secca, mineralizzati con 10 ml di Acido Nitrico e portati a un volume finale di 50 ml utilizzando acqua Millipore.

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

I recuperi percentuali ottenuti rispetto ai valori certificati dei suddetti materiali sono riportati in Tab. 2-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 grammi di sostanza essiccata (in stufa per 48h a 40°C) che sono stati successivamente posti in muffola a 375°C fino a peso costante.

TOC - Il Total Organic Carbon è stato determinato seguendo il Metodo VII.3 - *Determinazione del carbonio organico* (metodo walkley-black, DM 13/09/1999 - Ministro per le Politiche Agricole). Il carbonio organico è stato ossidato ad anidride carbonica, in condizioni standardizzate, con soluzione di potassio bicromato in presenza di acido solforico. La velocità della reazione viene favorita dall'innalzamento della temperatura conseguente alla brusca diluizione dell'acido. Dopo un tempo stabilito, la reazione è stata interrotta per aggiunta di opportuna quantità di H₂O e la quantità di potassio bicromato che non ha reagito è stata determinata per titolazione con una soluzione di ferro (II) solfato eptaidrato. Il punto finale della titolazione è stato accertato con l'aggiunta di un opportuno indicatore di ossidoriduzione.

2.2.4. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

2.2.4.1 *Dunaliella tertiolecta*

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

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

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

Espressione e analisi dei dati – I risultati del saggio possono essere riportati come percentuale di inibizione della crescita algale e, qualora la tossicità del campione lo consenta, in termini di EC_{50} o EC_{20} . L' EC_{50} e l' EC_{20} si calcolano utilizzando il foglio Excel sviluppato dalla DTU (Danmarks Tekniske Universitet) denominato "KOK457T3" che utilizza i programmi statistici LOG457.EXE e LOG457W.EXE elaborati per la determinazione della relazione concentrazione-effetto in endpoint continui (Christensen *et al.*, 2009).

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

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

QA/QC - La sensibilità di ogni clone algale impiegato per i test con i campioni di elutriato è stata verificata mediante il test di controllo positivo eseguito con bicromato di potassio il cui risultato, espresso come EC_{50} , è stato confrontato con i dati della carta di controllo del

laboratorio il cui intervallo è compreso tra 5,8 e 9,9 mg/l come cromo; altri parametri che devono essere rispettati affinché il test sia considerato valido sono:

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

2.2.4.2 *Vibrio fischeri* (sistema Microtox®)

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

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

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

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

2.2.4.3 *Corophium orientale*

Il saggio effettuato con esemplari di *Corophium orientale* (fig. 2.7) è stato allestito secondo il protocollo ISO 16712:2005(E) (2005). Il principio del saggio biologico “a breve termine” (di tossicità acuta) consiste nell'esposizione di un numero stabilito di organismi per 10 gg al sedimento tal quale, con la finalità di stimare la percentuale di mortalità degli organismi stessi.

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

- temperatura dell'acqua: 16 \pm 2°C
- salinità: 36 \pm 2‰

- illuminazione: continua
- O₂ disciolto nell'acqua sovrastante il sedimento: >60%.



Fig. 2.7 - Esemplici di *C. orientalis*.

Procedimento del saggio - Circa 200 cc di sedimento da testare sono stati introdotti in un barattolo di vetro da 1 l e sono stati aggiunti circa 750 cc di acqua di mare naturale filtrata. Per ogni campione sono state allestite 4 repliche. Dopo 24 h sono stati immessi 25 individui in ciascun barattolo. Come sedimento di controllo è stato utilizzato il sedimento nativo proveniente da un sito non contaminato. I barattoli contenenti gli organismi sono stati coperti per ridurre l'evaporazione dell'acqua, posti alla temperatura di $16 \pm 2^\circ\text{C}$ e areati in continuo. Dopo 10 gg è stato vagliato il contenuto di ogni barattolo contando gli organismi ancora vivi. Sono stati considerati morti gli anfipodi che, dopo una delicata stimolazione, non mostravano alcun movimento degli arti. La sensibilità degli organismi (96hLC50) è stata determinata tramite l'esposizione per 96 h alle concentrazioni di 0,8; 1,6; 3,2 e 6,4 mg l⁻¹ CdCl₂.

All'inizio e alla fine del saggio biologico sono stati misurati i seguenti parametri dell'acqua sovrastante il sedimento: pH, salinità, NH₄⁺ e ossigeno disciolto.

Elaborazione dei dati - Il saggio biologico è considerato valido quando la mortalità media all'interno del sedimento di controllo è $\leq 15\%$ e quando la mortalità nella singola replica per l'intero periodo di esposizione è $\leq 20\%$. Sia nei campioni da testare che nel sedimento di controllo sono state calcolate le percentuali medie (\pm deviazione standard) degli anfipodi morti. La percentuale di mortalità rilevata in ogni campione è stata confrontata con quella nel sedimento di controllo. Il livello di tossicità è stato valutato prendendo in considerazione la percentuale di mortalità degli organismi osservata nei campioni da saggiare, corretta con la formula di Abbott (M). La scala adottata per la quantificazione della tossicità è riportata in Tab. 2-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

2.2.4.4 *Crassostrea gigas*

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

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

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

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

Espressione e analisi dei dati – I risultati del saggio di embriotossicità possono essere espressi sia in termini di percentuale di successo del test normalizzata (S%) rispetto alla risposta del controllo (acqua marina artificiale), sia in termini di EC₅₀, qualora la distribuzione dei dati relativi alle singole repliche ne consenta il calcolo tramite il software Trimmed Spearman Karber v3.1 messo a disposizione da USEPA nel proprio portale. I dati di EC₅₀ sono successivamente trasformati in unità di tossicità (TU) secondo l'equazione

$$TU = 100/ EC_{50}.$$

Al dato di tossicità è stato associato un giudizio qualitativo secondo lo schema riportato in Tab. 2-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	$S > 50$
$50 < S \leq TL$	Bassa		
$1 \leq TU < 2$	Media	Semiscala delle T.U.	$S \leq 50$
$2 \leq TU < 4$	Alta		
$TU \geq 4$	Molto alta		

Dove:

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

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

2.2.4.5 Ricerca di metalli pesanti in *Hediste diversicolor*

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

Gli organismi non maturi di *H. diversicolor* (taglia 6-10 cm; fig. 2.8) sono stati campionati manualmente dalle porzioni di un sedimento estuario.

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



Fig. 2.8 - Esemplici 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 $\sim 300 \text{ cm}^3$ di sedimento da testare, ai quali sono stati aggiunti circa 600 ml di acqua di mare naturale filtrata ($36 \pm 2\%$). I barattoli sono stati quindi sistemati in camera condizionata, coperti e

areati in continuo. Dopo 24 h dall'introduzione dei sedimenti sono stati registrati i parametri di inizio del test (pH, salinità, NH_4^+ e ossigeno disciolto) e in ogni barattolo sono stati immessi 5 individui di *H. diversicolor*. Per l'intera durata del test i barattoli sono stati mantenuti alla temperatura di $16 \pm 2^\circ\text{C}$, aerati e illuminati senza alcun fotoperiodo. Come sedimento di controllo è stato utilizzato un sedimento nativo proveniente da un sito non contaminato. Il sedimento di controllo non contiene contaminanti o li contiene in concentrazioni molto basse. Il confronto tra il sedimento testato e il controllo consiste nella misura del livello di bioaccumulo. Il confronto degli organismi di controllo all'inizio e alla fine del periodo di esposizione indica se la contaminazione è avvenuta dall'acqua o dal sistema di esposizione. La mortalità degli organismi nel sedimento di controllo non dovrebbe superare il 10%.

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

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

$$D = (C_e - C_b)$$

dove:

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

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

C_e - concentrazione del metallo nei tessuti degli organismi dopo la loro esposizione ai sedimenti testati.

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

2.2.5. INDAGINI SULLE COMUNITÀ BENTONICHE

Durante le analisi di laboratorio le sei repliche prelevate in ciascuna stazione sono state trattate separatamente. Il sorting è stato compiuto con l'ausilio di uno stereomicroscopio e di un microscopio ottico (All. A3-III e A3-IV) e l'identificazione degli organismi è stata effettuata al più basso livello sistematico possibile. Gli individui appartenenti allo stesso gruppo sono stati contati e pesati (All. A3-V). Per ogni stazione sono stati quindi calcolati i

seguenti indici medi utilizzando i dati relativi alle 6 repliche:

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

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

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

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

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

Ricchezza specifica media (S_m): *Numero medio di specie presenti nelle sei repliche*

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

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

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

Con i dati di densità delle singole specie sono state calcolate le curve di dominanza cumulative. Per ricercare eventuali somiglianze tra le stazioni campionate e le differenze con i dati rilevati nel corso del pre-survey, con i dati di densità è stata effettuata un'analisi statistica multivariata utilizzando il pacchetto software PRIMER (Clarke e Warwick, 2001).

Infine, per valutare lo stato ecologico dell'area, sono stati confrontati i risultati di tre differenti indici (l'indice W di Clarke, l'indice AMBI e l'indice BENTIX; Clarke e Warwick, 2001; Borja *et al.* 2000; Simboura e Zenetos, 2002; Muxika *et al.*, 2007; Borja e Mader, 2008), seguendo quanto suggerito da Teixeira *et al.* (2007). Tutti gli indici utilizzati per questo scopo sono stati applicati quasi esclusivamente in aree marine costiere. Tuttavia, sono già stati utilizzati nell'ambito offshore in diversi casi (Fabi *et al.*, 2013; 2015; 2016b; 2016c; Spagnolo *et al.*, 2014) fornendo utili indicazioni sull'eventuale impatto causato dalle piattaforme estrattive offshore. 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:

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

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

Questo indice oscilla da -1 a +1 e indica nel primo caso la presenza di una comunità fortemente disturbata e, nel secondo, la presenza di un ambiente non perturbato. Nel caso in cui il valore sia vicino allo 0, l’ambiente è da considerare moderatamente perturbato (Craeymeersch, 1991). Per ottenere una classificazione della qualità dell’ambiente si è deciso di utilizzare gli intervalli di valori dell’indice W riportati in Tab. 2-XI.

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

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

L’indice AMBI 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 ($0 \leq \text{AMBI} \leq 1$);
2. leggermente disturbati ($1 \leq \text{AMBI} \leq 3,5$);
3. moderatamente disturbati ($3,5 \leq \text{AMBI} \leq 5$);

4. molto disturbati ($5 \leq \text{AMBI} \leq 6$);
5. estremamente disturbati ($6 \leq \text{AMBI} \leq 7$).

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

- gruppo I: Specie molto sensibili ad arricchimento organico e presenti solo in condizioni ambientali ottimali. Tale gruppo include i carnivori specialisti e alcuni policheti tubicoli detritivori.
- gruppo II: Specie indifferenti all'arricchimento organico, sempre presenti in basse densità senza particolari variazioni nel tempo. Esse includono sospensivori, alcuni carnivori poco selettivi e scavatori.
- gruppo III: Specie tolleranti a un eccessivo arricchimento organico nei sedimenti. Queste specie possono essere presenti in condizioni normali, ma le loro popolazioni sono stimulate 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. È 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).

Questo indice si basa sulla suddivisione dei taxa di fondo mobile (per i quali è fornita una lista) in 2 principali gruppi ecologici (Simboura e Argyrou, 2010):

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

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

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

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

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

Sulla base dei risultati ottenuti, per ogni sito di campionamento è stato possibile stilare una classifica della qualità dell'ambiente secondo i criteri riportati in Tab. 2-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	$4,5 \leq \text{BENTIX} < 6$
Ambiente leggermente inquinato, di transizione	$3,5 \leq \text{BENTIX} < 4,5$
Ambiente moderatamente inquinato	$2,5 \leq \text{BENTIX} < 3,5$
Ambiente fortemente inquinato	$2 \leq \text{BENTIX} < 2,5$
Ambiente estremamente inquinato	Azoico

Tab. 2-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

3. RISULTATI

3.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

3.1.1. TEMPERATURA, SALINITÀ, TORBIDITÀ, OSSIGENO DISCIOLTO E FLUORESCENZA INDOTTA

Nel **luglio 2015** era presente uno strato superficiale caratterizzato da alte temperature, che hanno raggiunto 27,06°C in CL7, e basse salinità (minimo 37,42 psu in CL2, a - 5 m), seguito da un netto gradiente sia termico che salino fino ai 25-30 m di profondità (fig. 3.1). Al di sotto le condizioni sono rimaste relativamente costanti fino al fondo, dove si sono misurati valori di temperatura di 12,8°C e salinità di circa 38,4 psu. Non sono state rilevate differenze nella distribuzione areale della temperatura, mentre è stato osservato in superficie un aumento della salinità nella parte nord-ovest (stazione CL8; fig. 3.1) dell'area esaminata (fig. 3.2).

La torbidità, determinata come *backscattering* ed espressa dopo calibrazione come peso secco in mg L⁻¹, è risultata intorno a 1,0-1,5 mg L⁻¹ nei primi 50 m, per aumentare nettamente verso il fondo fino a un massimo di 4,33 mg L⁻¹ nella stazione CL8 (fig. 3.1).

L'ossigeno disciolto ha presentato valori di saturazione nel range 94,77-123,53%, con massimi tra i 10 e i 15 m di profondità e minimi sul fondo (fig. 3.1).

Per tutti questi parametri (temperatura, salinità, torbidità e ossigeno disciolto) non sono state rilevate differenze significative tra le stazioni posizionate a 100 m di distanza dalla piattaforma e quelle a 2000 m (Tab. 3-I).

La fluorescenza *in situ*, espressa dopo calibrazione in µg L⁻¹ di clorofilla, ha presentato un lieve incremento in tutte le stazioni dalla superficie (valori di circa 0,1 µg L⁻¹) sino a 50 m di profondità (0,2 µg L⁻¹), seguito da un rapido aumento sino a circa 60 m; il massimo di 0,49 µg L⁻¹ è stato raggiunto nella stazione CL7 a 63 m (fig. 3.3).

A **settembre** la colonna d'acqua ha presentato uno strato superficiale di circa 5 m con temperature di circa 24°C e minimi di salinità di 37,74 psu (stazione CL2; fig. 3.4). E' seguita una riduzione delle temperature sino a circa 35 m senza altre variazioni di rilievo verso il fondo dove sono stati raggiunti i 13,17°C. Al contrario, la salinità è aumentata sino a circa 40 m (massimo di 38,61 psu in CL7) riducendosi lievemente sul fondo (circa 38,4 psu). I gradienti orizzontali sia di temperatura che di salinità hanno presentato generalmente valori maggiori nel settore Est (fig. 3.5).

La torbidità (TSM) ha mostrato valori inferiori a $2,0 \text{ mg L}^{-1}$ fino a 50 m e un aumento verso il fondo, dove si è raggiunta la massima concentrazione di $5,34 \text{ mg L}^{-1}$ in CL4 (fig. 3.4).

La saturazione dell'ossigeno disciolto ha raggiunto un picco pari a 133% a 11 m nella stazione CL5, e una successiva diminuzione verso il fondo dove è stato registrato il minimo di 92% praticamente ovunque (fig. 3.4).

Anche in questo survey non sono state rilevate differenze significative tra le stazioni posizionate a 100 m di distanza dalla piattaforma e quelle a 2000 m per alcuno dei parametri sopra descritti (Tab. 3-I).

Le concentrazioni della fluorescenza *in situ* sono apparse crescenti con la profondità, arrivando a un massimo di $0,62 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ nella stazione CL6 a 61 m (fig. 3.6).

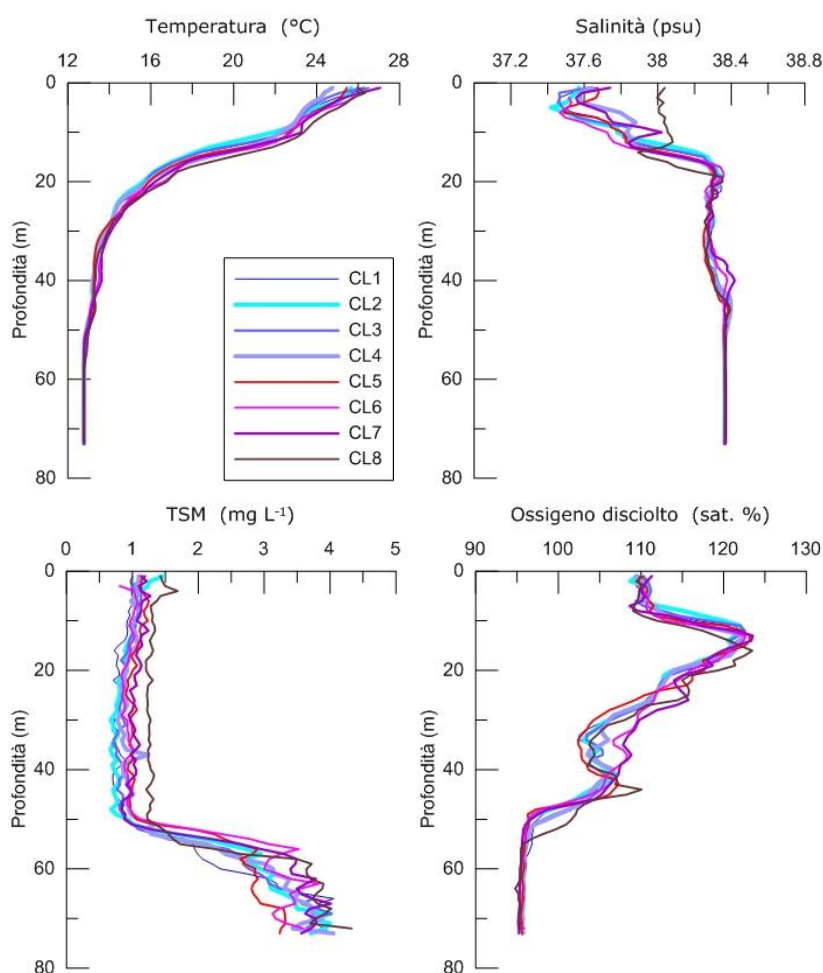


Fig. 3.1 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), particolato sospeso totale (Total Suspended Matter - TSM; mg/ l) e ossigeno disciolto (in percentuale di saturazione - sat %). **Luglio 2015.**

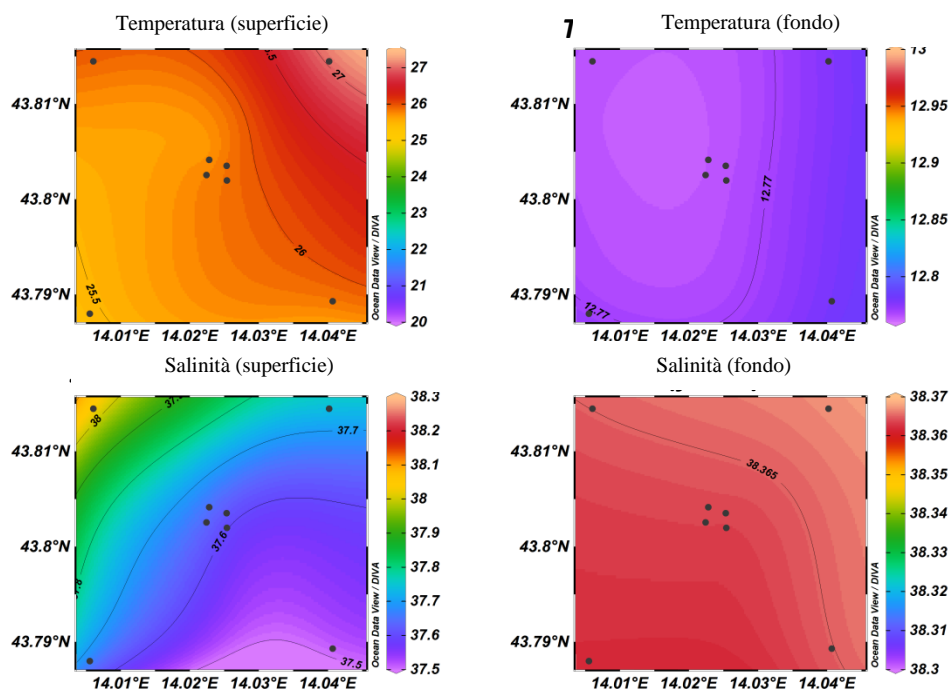


Fig. 3.2 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. Luglio 2015.

Tab. 3-I - Analisi della varianza fra le stazioni a 100 m dalla piattaforma (staz. CL1, CL2, CL3, CL4) e quelle a 2000 m (staz. CL5, CL6, CL7, CL8), nelle campagne effettuate durante i lavori di installazione di Bonaccia NW (**: differenze significative al livello $p < 0,05$; ns: non significative).

Parametri	Luglio 2015	Settembre 2015	Novembre 2015
Temperatura	ns	ns	ns
Salinità	ns	ns	ns
Ossigeno disciolto (ml/l)	ns	ns	ns
Ossigeno disciolto (% sat)	ns	ns	ns
TSM (mg/l)	ns	ns	ns
NO ₂ (µM)	ns	**	**
NO ₃ (µM)	ns	ns	ns
NH ₃ (µM)	*	ns	**
PO ₄ (µM)	ns	**	ns
Si(OH) ₄ (µM)	ns	ns	ns
CHLa (ng/l)	ns	ns	**
CHLb (ng/l)	ns	ns	ns
CHLc (ng/l)	ns	ns	ns

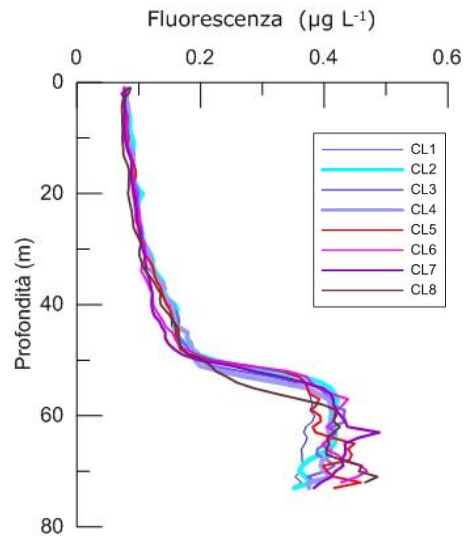


Fig. 3.3 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g/l}$) ottenuti nel **luglio 2015**.

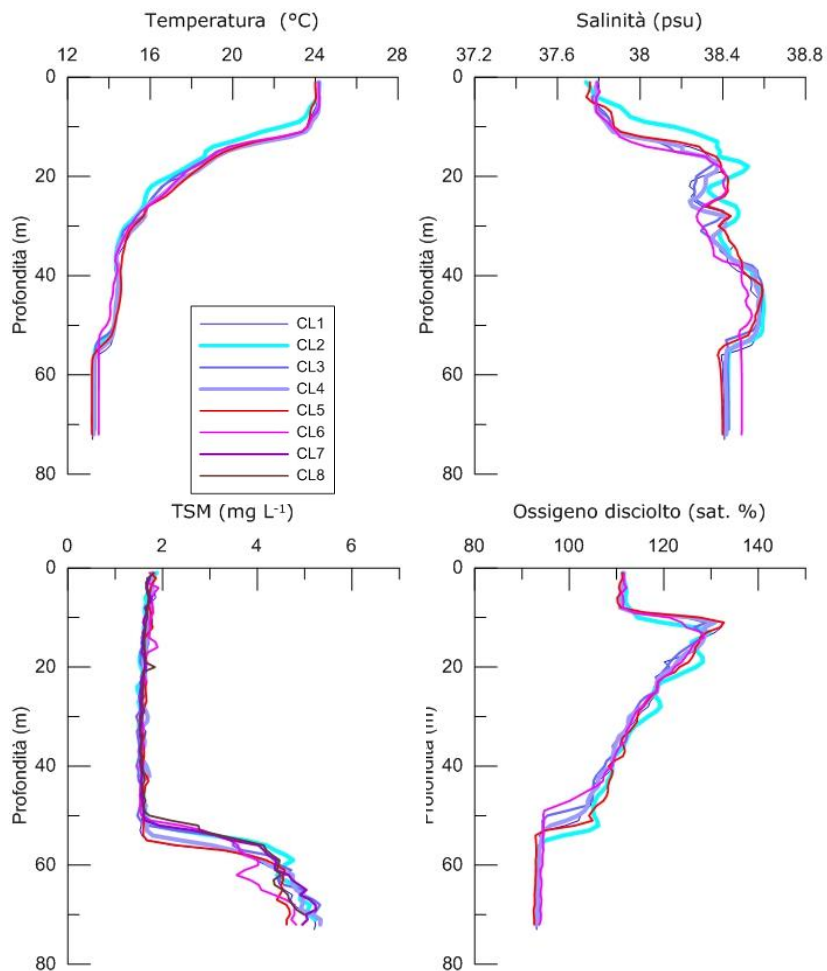


Fig. 3.4 - Profili di temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinità (psu), particolato sospeso totale (Total Suspended Matter - TSM; mg/l) e ossigeno disciolto (in percentuale di saturazione - sat %). **Settembre 2015**.

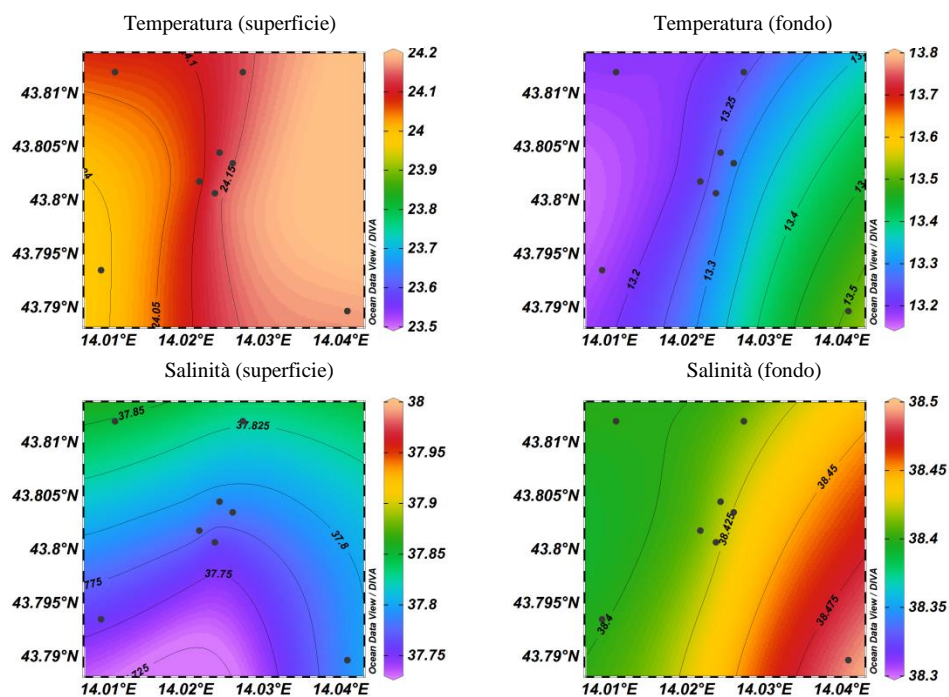


Fig. 3.5 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Settembre 2015.**

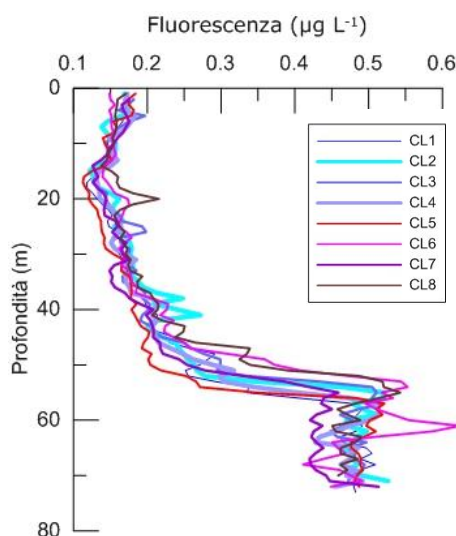


Fig. 3.6 - Profili di fluorescenza (µg/l) ottenuti nel **settembre 2015.**

A **novembre 2015** è stato rilevato uno strato più superficiale omogeneo di 20 m, con temperature comprese tra 18 e 19°C (fig. 3.7). Al di sotto dei 20 m la temperatura è diminuita progressivamente fino a un minimo di 14°C registrato in prossimità del fondo nella stazione CL5.

La salinità ha presentato in superficie valori attorno a 38,7 psu e un leggero decremento tra i 20 e i 40 m di profondità (~38,5 psu), per tornare poi a valori simili a quelli superficiali

tra i 40 e 50 m. Sul fondo è oscillata tra 38,5 e 38,6 psu. Temperature e salinità minori sono state registrate verso sud in superficie e verso ovest sul fondo (fig. 3.8).

I valori della torbidità sono apparsi costanti fino a circa 50-55 m ($\sim 2 \text{ mg L}^{-1}$), aumentando verso il fondo fino a un massimo di $4,02 \text{ mg L}^{-1}$ nella stazione CL2 (fig. 3.7).

Per l'ossigeno disciolto sono stati registrati valori di saturazione intorno al 102% nello strato superficiale, con una diminuzione a partire dai 40 m verso il fondo dove si sono registrati i minimi (minimo assoluto di 85,3% in CL1; fig. 3.7).

Analogamente ai monitoraggi precedenti, anche in questa crociera non sono state evidenziate differenze significative tra le stazioni a 100 m dalla piattaforma e quelle a 2000 m (Tab. 3-I).

La fluorescenza (fig. 3.9) è risultata relativamente bassa (media $0,26 \pm 0,06 \mu\text{g L}^{-1}$), con picchi tra i 20 e i 55 m di profondità (massimo di $0,47 \mu\text{g L}^{-1}$ a 51 m nella stazione CL6).

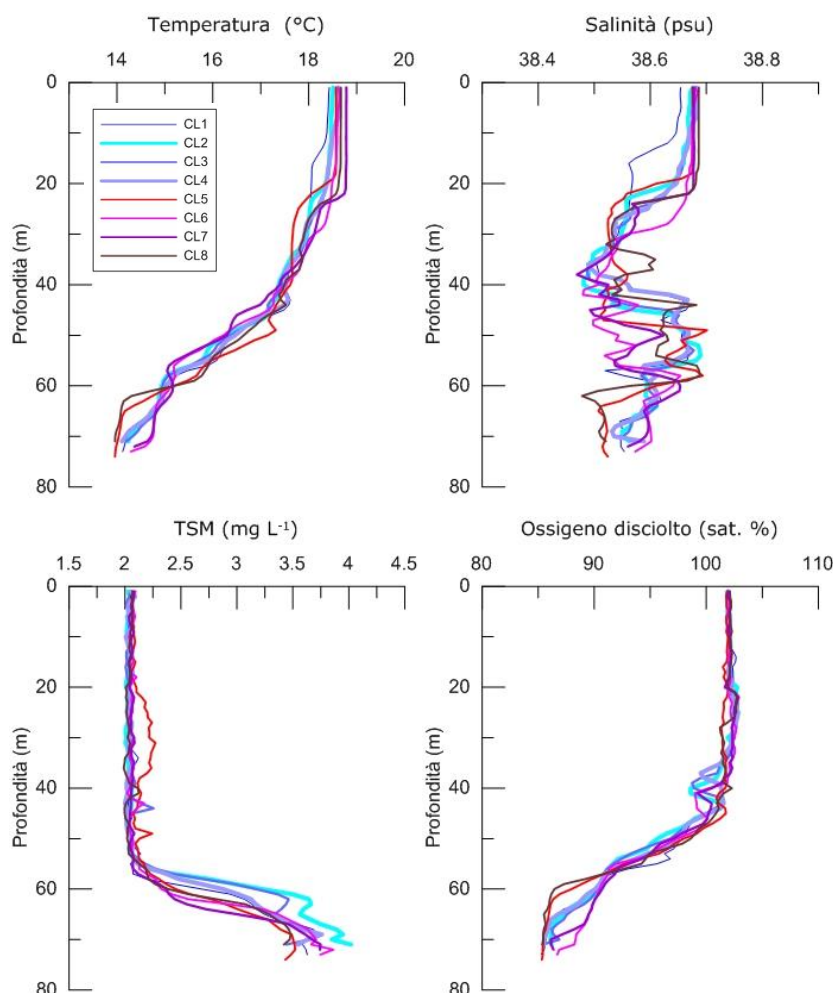


Fig. 3.7 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), particolato sospeso totale (Total Suspended Matter - TSM; mg/l) e ossigeno disciolto (in percentuale di saturazione - sat %). **Novembre 2015.**

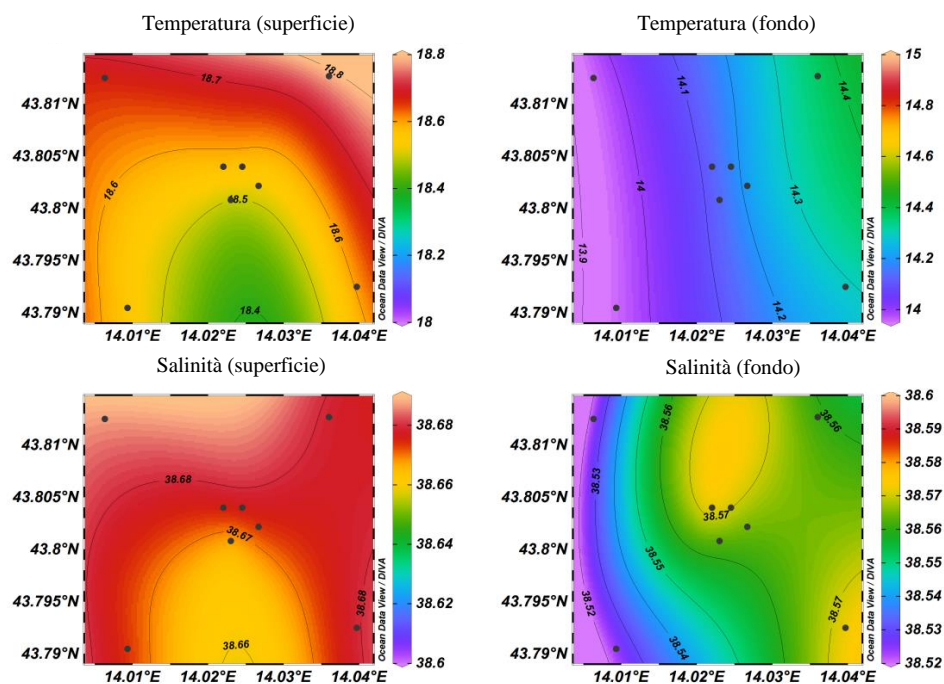


Fig. 3.8 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Novembre 2015.**

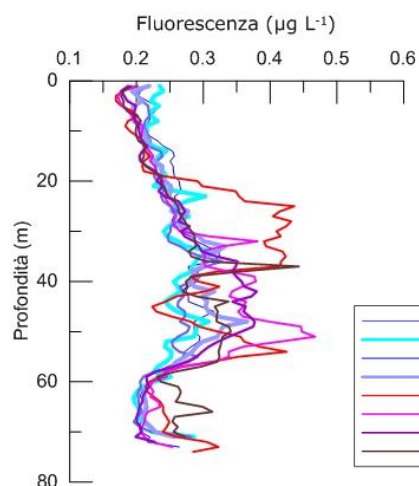


Fig. 3.9 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g/l}$) ottenuti nel **novembre 2015.**

3.1.2. SALI NUTRITIVI

A **luglio 2015** (figg. 3.10 e 3.11) i nitrati (NO_3) sono apparsi molto variabili, presentando concentrazioni nel range $0,03\text{-}3,55 \mu\text{M}$ (media di $0,91 \pm 0,97 \mu\text{M}$), e concentrazioni più elevate nelle stazioni vicine alla piattaforma rispetto a quelle poste a 2000 m; il massimo è stato raggiunto alla quota dei 20 m presso la stazione CL6 ($3,55 \mu\text{M}$), molto simile al valore registrato sul fondo della CL4 ($3,05 \mu\text{M}$).

I nitriti (NO_2) sono stati caratterizzati da una concentrazione media pari a $0,16 \pm 0,14 \mu\text{M}$ e da valori più elevati sul fondo rispetto alla superficie. Infatti, il massimo di $0,51 \mu\text{M}$ è stato

registrato sul fondo della CL5.

Al contrario, per l'ammoniaca (NH_3 ; medio di $0,63 \pm 0,32 \mu\text{M}$), i valori maggiori sono stati rilevati negli strati superiori della colonna d'acqua, in particolare vicino alla piattaforma (massimo di $1,26 \mu\text{M}$ presso CL4 alla quota di 20 m). L'ammoniaca è stato l'unico nutriente per cui è stata rilevata una differenza statisticamente significativa tra le stazioni prossime a Clara NW e quelle a 2000 m di distanza (Tab. 3-I; fig. 3.12).

Per gli ortofosfati (PO_4) è stata ottenuta una media di $0,09 \pm 0,03 \mu\text{M}$; per questo parametro i valori più elevati sono stati registrati verso ovest, dove è stato rilevato un massimo di $0,15 \mu\text{M}$ nella stazione CL5 in superficie.

Gli ortosilicati ($\text{Si}(\text{OH})_4$) hanno raggiunto mediamente un valore di $3,03 \pm 2,19 \mu\text{M}$, con un massimo pari a $11,86 \mu\text{M}$ in superficie della stazione CL2.

A **settembre** (figg. 3.13 e 3.14) i nitrati (NO_3) hanno presentato concentrazioni comprese tra $0,28$ e $1,72 \mu\text{M}$ (CL3; superficie e fondo rispettivamente), con valori più elevati in prossimità del fondo.

Nitriti e ammoniaca sono stati caratterizzati da concentrazioni medie pari a $0,15 \pm 0,10 \mu\text{M}$ e a $0,53 \pm 0,51 \mu\text{M}$ rispettivamente, con un aumento dei valori verso il fondo e nelle stazioni a 2000 m per il NO_2 (massimo di $0,34 \mu\text{M}$ in CL6), parametro per il quale è stata rilevata una differenza significativa tra i due gruppi di stazioni (Tab. 3-I; fig. 3.15), e nel lato NW per l' NH_3 (massimo di $2,24 \mu\text{M}$ in CL8, -20 m).

Gli ortofosfati (PO_4), presenti mediamente con una concentrazione di $0,18 \pm 0,08 \mu\text{M}$, sono stati maggiormente rilevati nelle stazioni a 2000 m dalla piattaforma, presentando una differenza significativa con i siti posti a 100 m da Clara NW (Tab. 3-I; fig. 3.16). La massima concentrazione ($0,37 \mu\text{M}$) è stata raggiunta in superficie in corrispondenza della CL5.

Infine, per gli ortosilicati ($\text{Si}(\text{OH})_4$) è stato ottenuto un valore medio di $2,32 \pm 1,16 \mu\text{M}$ ed è stato osservato un trend in aumento verso il fondo, raggiungendo un massimo di $5,36 \mu\text{M}$ nella stazione CL7.

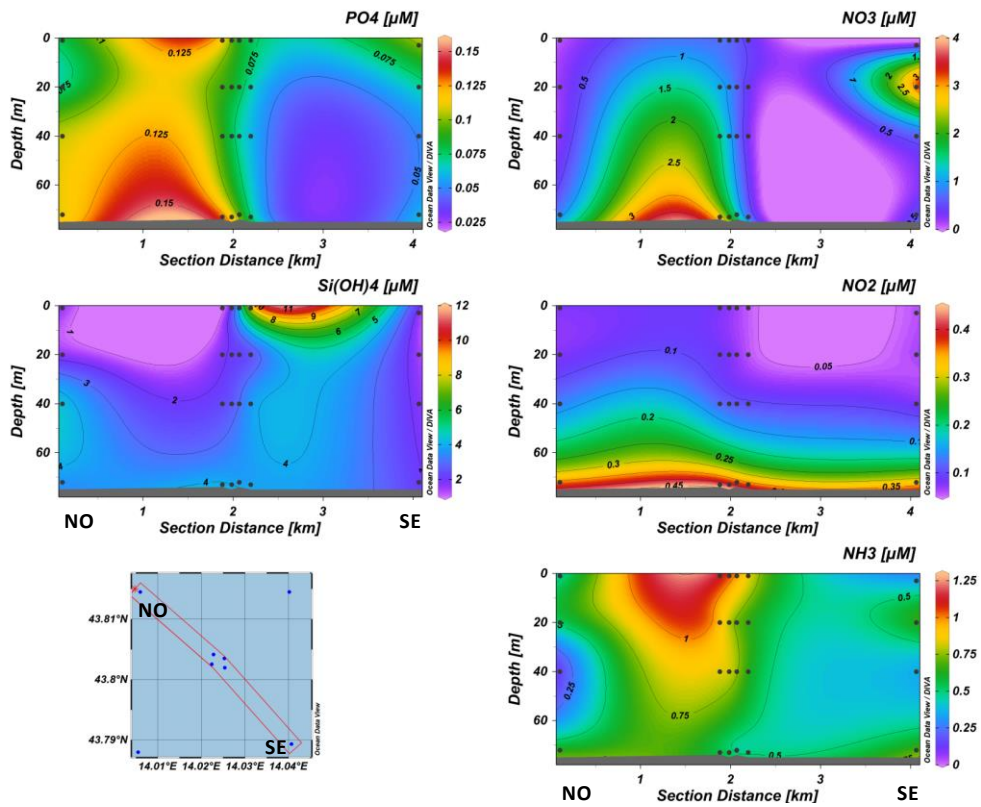


Fig. 3.10a - Sezioni verticali delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . **Luglio 2015.**

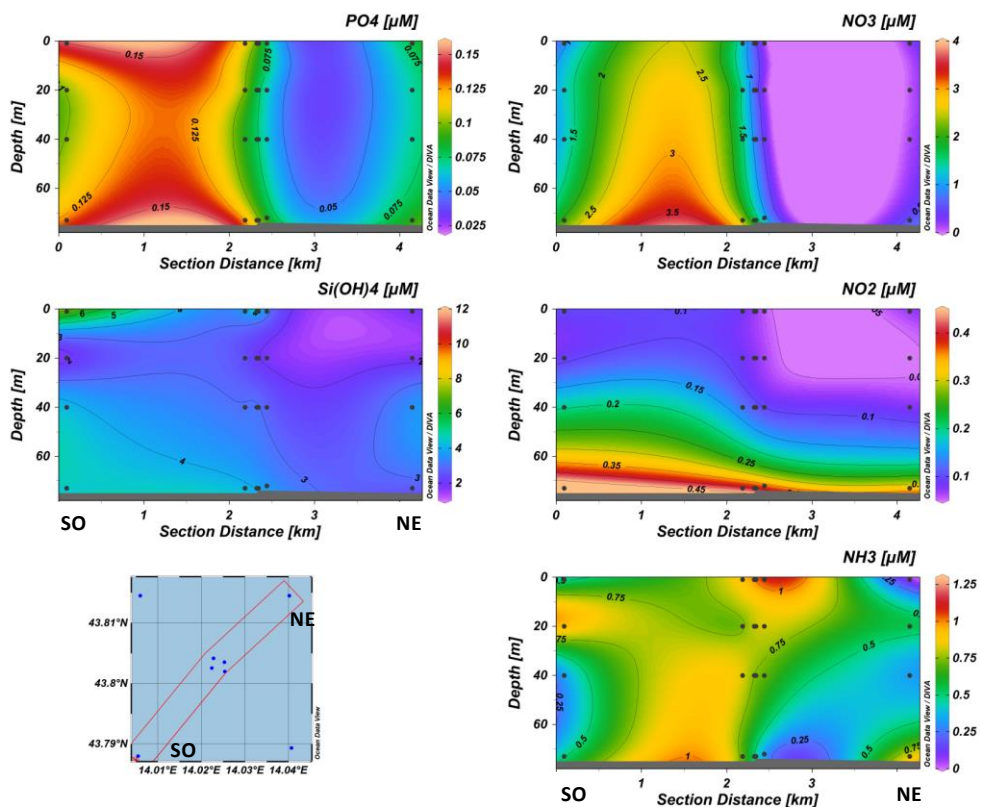


Fig. 3.10b - Sezioni verticali delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . **Luglio 2015.**

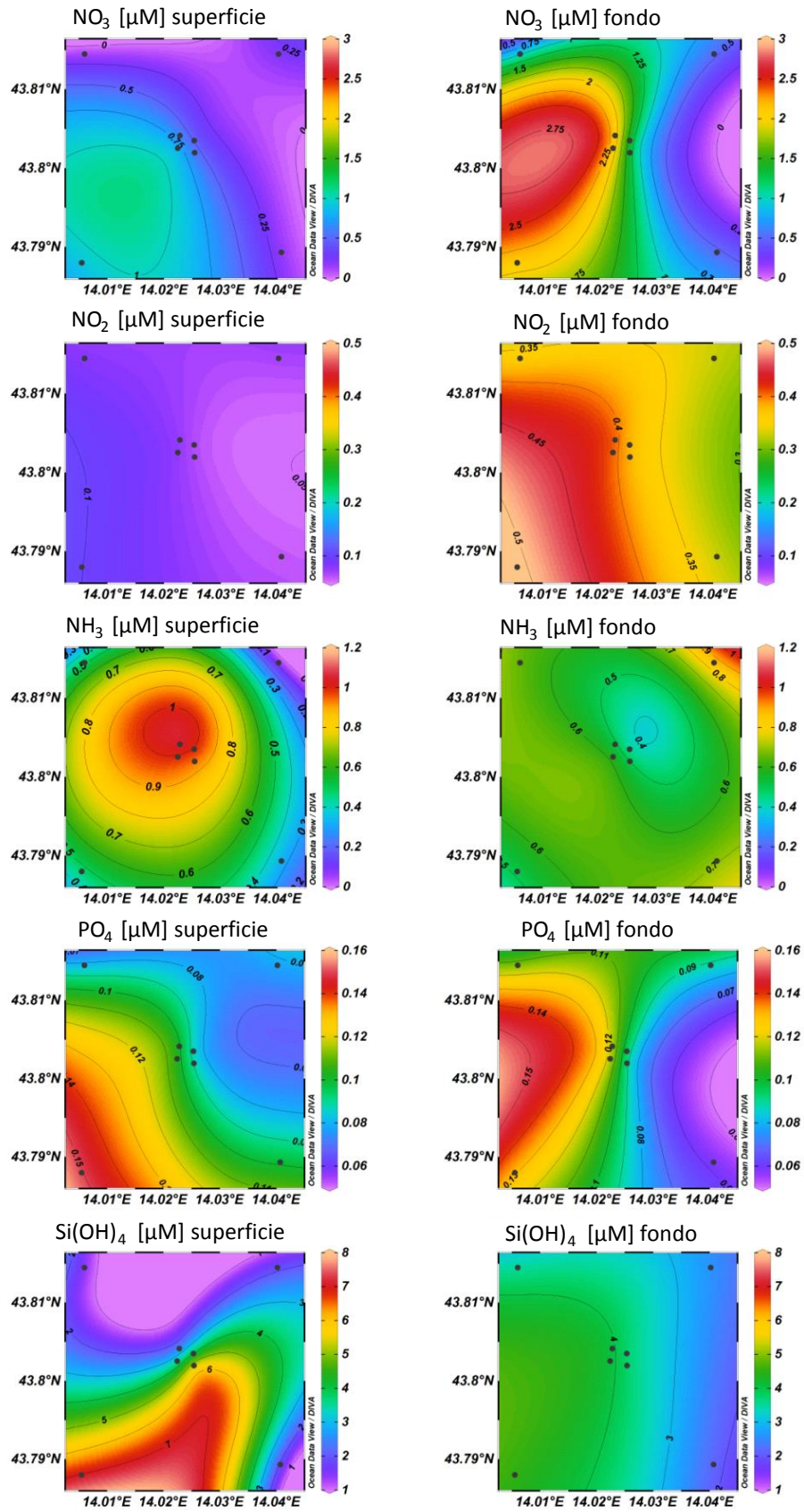


Fig. 3.11 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ammoniaca (NH_3), ortofosfati (PO_4) e ortosilicati (Si(OH)_4) espresse in μM , in superficie e al fondo. **Luglio 2015.**

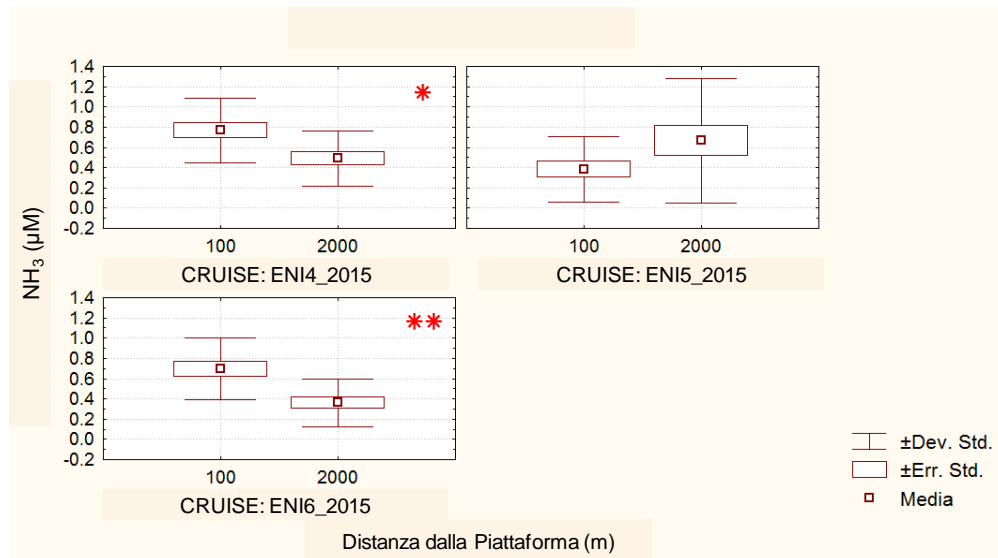


Fig. 3.12 - Box-plot della concentrazione di ammoniaca (NH₃), nelle stazioni vicine alla piattaforma (staz. CL1, CL2, CL3, CL4) e nelle stazioni a 2000 m (staz. CL5, CL6, CL7, CL8), nei survey effettuati durante i lavori di installazione (**: differenze significative a livello p<0,01; *: differenze significative a livello p<0,05). Analisi statistica e grafico realizzati con il software STATISTICA. ENI4_2015 = luglio; ENI5_2015 = settembre; ENI6_2015 = novembre.

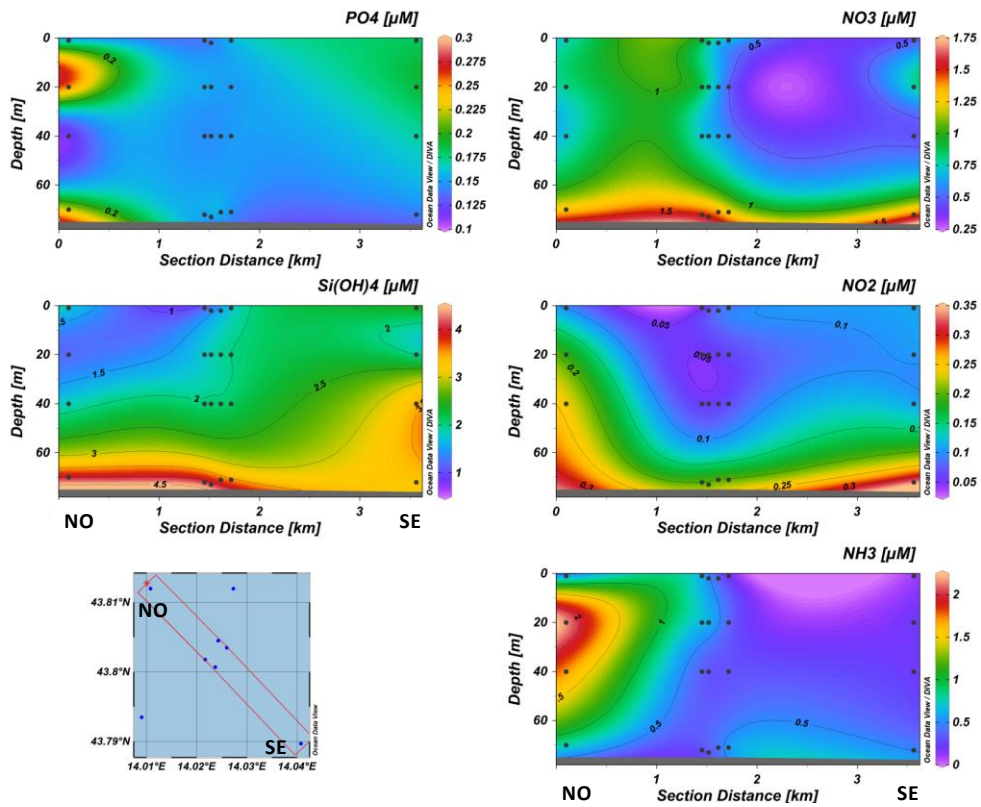


Fig. 3.13a - Sezioni verticali delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . Settembre 2015.

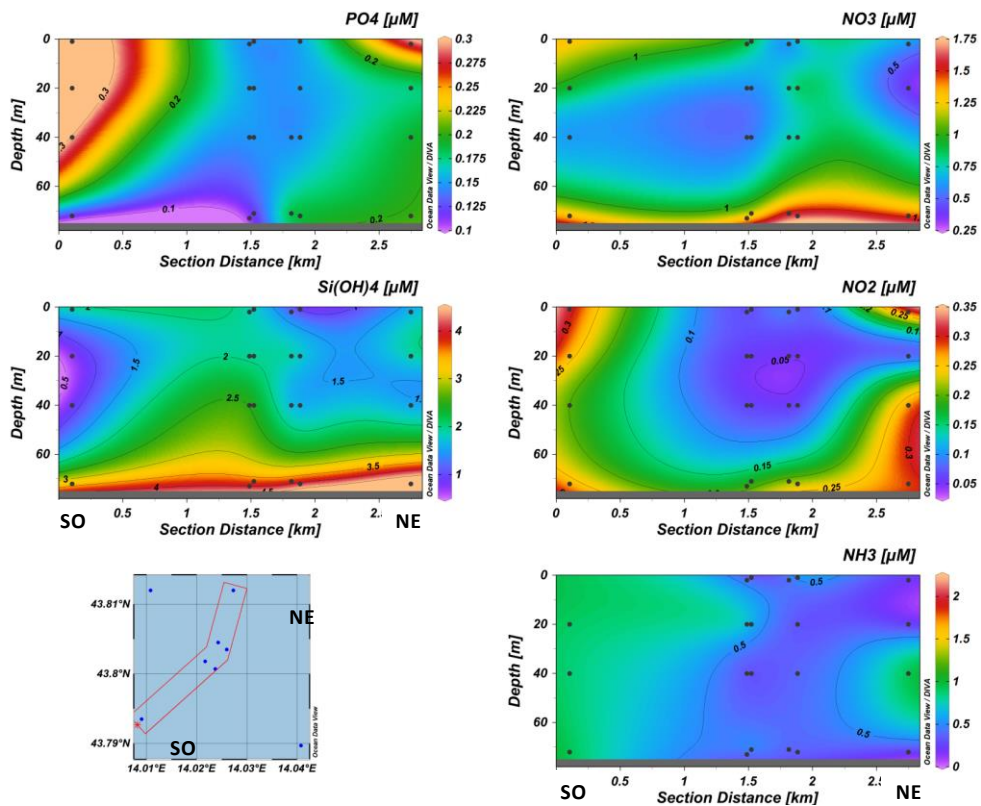


Fig. 3.13b - Sezioni verticali delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . Settembre 2015.

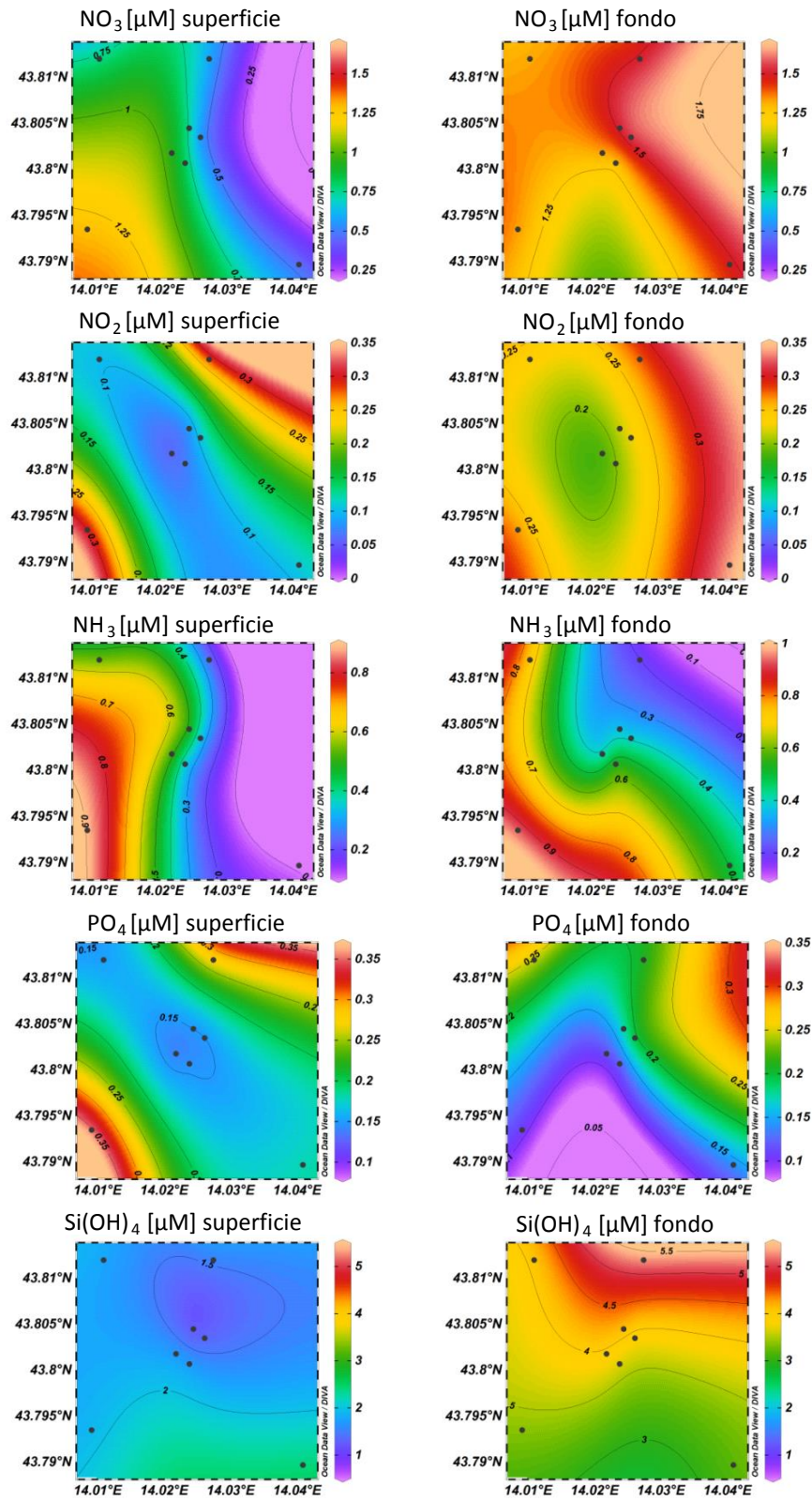


Fig. 3.14 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO₂), nitrati (NO₃), ammoniaca (NH₃), ortofosfati (PO₄) e ortosilicati (Si(OH)₄) espresse in μM, in superficie e al fondo. **Settembre 2015.**

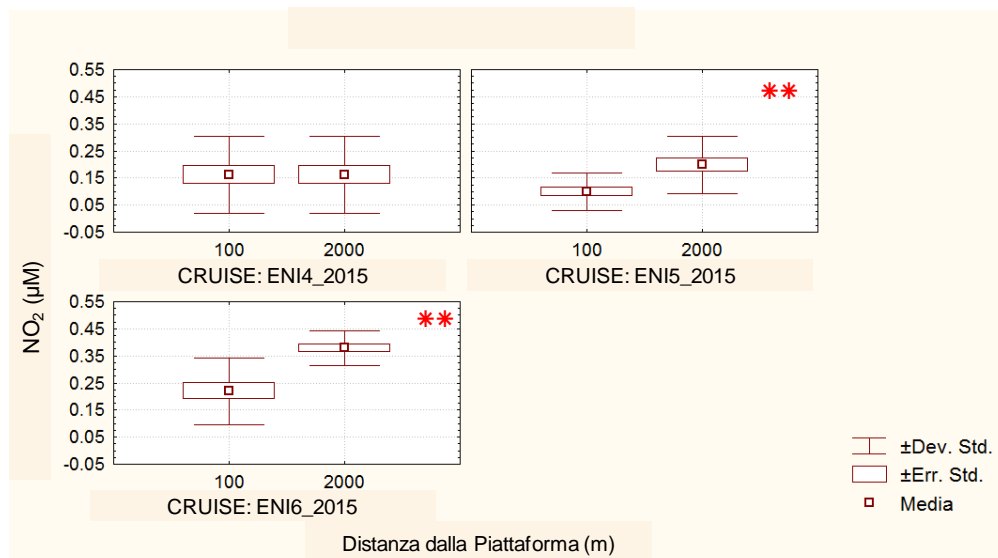


Fig. 3.15 - Box-plot della concentrazione di nitriti (NO_2) nelle stazioni vicine alla piattaforma (staz. BO1, BO2, BO3, BO4) e nelle stazioni a 2000 m (staz. BO5, BO6, BO7, BO8), nei survey effettuati durante i lavori di installazione (**: differenze significative a livello $p < 0,01$). Analisi statistica e grafico realizzati con il software STATISTICA. ENI4_2015 = luglio; ENI5_2015 = settembre; ENI6_2015 = novembre.

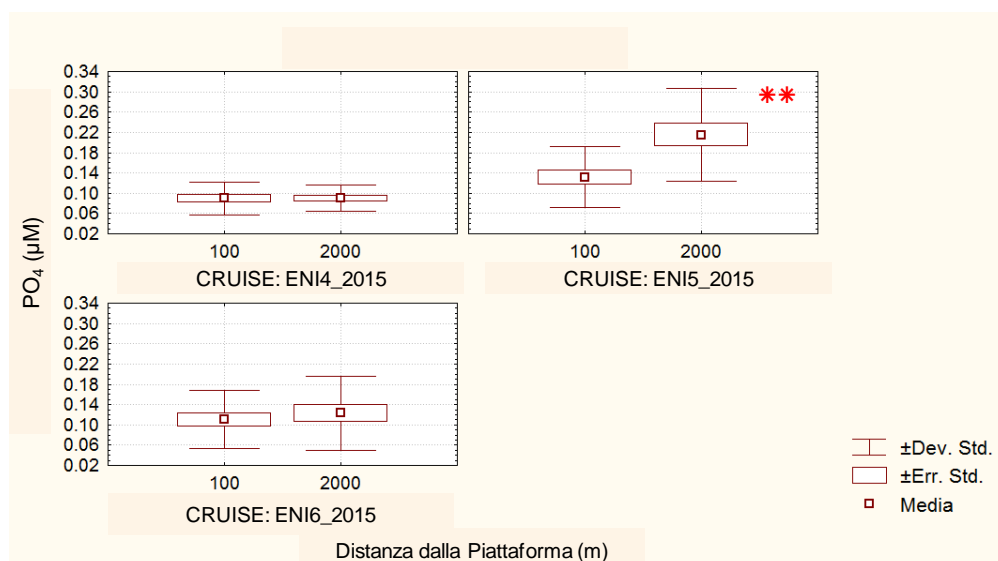


Fig. 3.16 - Box-plot della concentrazione di ortofosfati (PO_4), nelle stazioni vicine alla piattaforma (staz. CL1, CL2, CL3, CL4) e nelle stazioni a 2000 m (staz. CL5, CL6, CL7, CL8), nei survey effettuati durante i lavori di installazione (**: differenze significative a livello $p < 0,01$). Analisi statistica e grafico realizzati con il software STATISTICA. ENI4_2015 = luglio; ENI5_2015 = settembre; ENI6_2015 = novembre.

A **novembre** l' NO_3 ha mostrato una concentrazione media di $1,05 \pm 0,75 \mu\text{M}$ e valori più elevati al fondo, con un massimo pari a $2,65 \mu\text{M}$ nella stazione CL1 (figg. 3.17 e 3.18).

Le concentrazioni medie per NO_2 e NH_3 sono state rispettivamente di $0,30 \pm 0,13 \mu\text{M}$ e $0,53 \pm 0,32 \mu\text{M}$. I nitriti sono risultati significativamente più elevati nelle stazioni a 2000 m (Tab. 3-I; fig. 3.15), con un valore massimo di $0,48 \mu\text{M}$ al fondo nella CL6, mentre le concentrazioni maggiori di ammoniaca sono state osservate nelle stazioni centrali, anche in questo caso con differenze statisticamente significative (Tab. 3-I; fig. 3.12); il massimo ($1,26 \mu\text{M}$) è stato raggiunto nella stazione CL1 alla quota di 40 m.

Gli ortofosfati avevano una concentrazione media di $0,12 \pm 0,06 \mu\text{M}$, con valori generalmente più alti al fondo (massimo di $0,25 \mu\text{M}$ nella stazione CL1).

Anche il contenuto di $\text{Si}(\text{OH})_4$, mediamente pari a $2,42 \pm 1,51 \mu\text{M}$, è risultato maggiore in prossimità del fondo, raggiungendo un massimo di $5,70 \mu\text{M}$ nella stazione CL5.

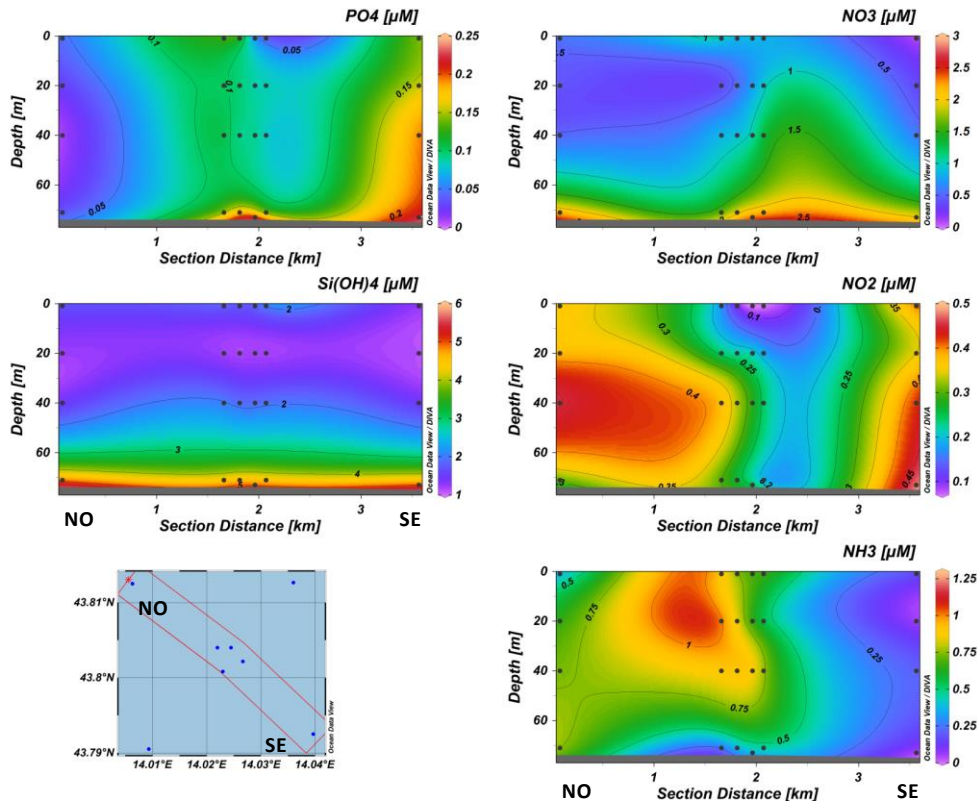


Fig. 3.17a - Sezioni verticali delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . Novembre 2015.

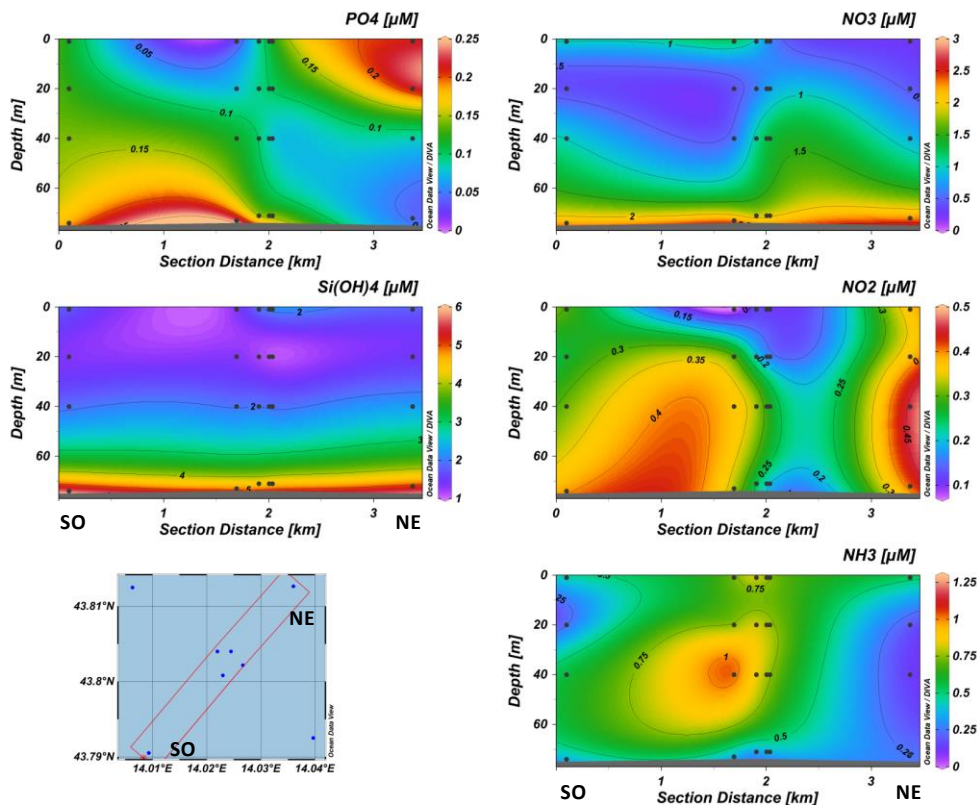


Fig. 3.17b - Sezioni verticali delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . Novembre 2015.

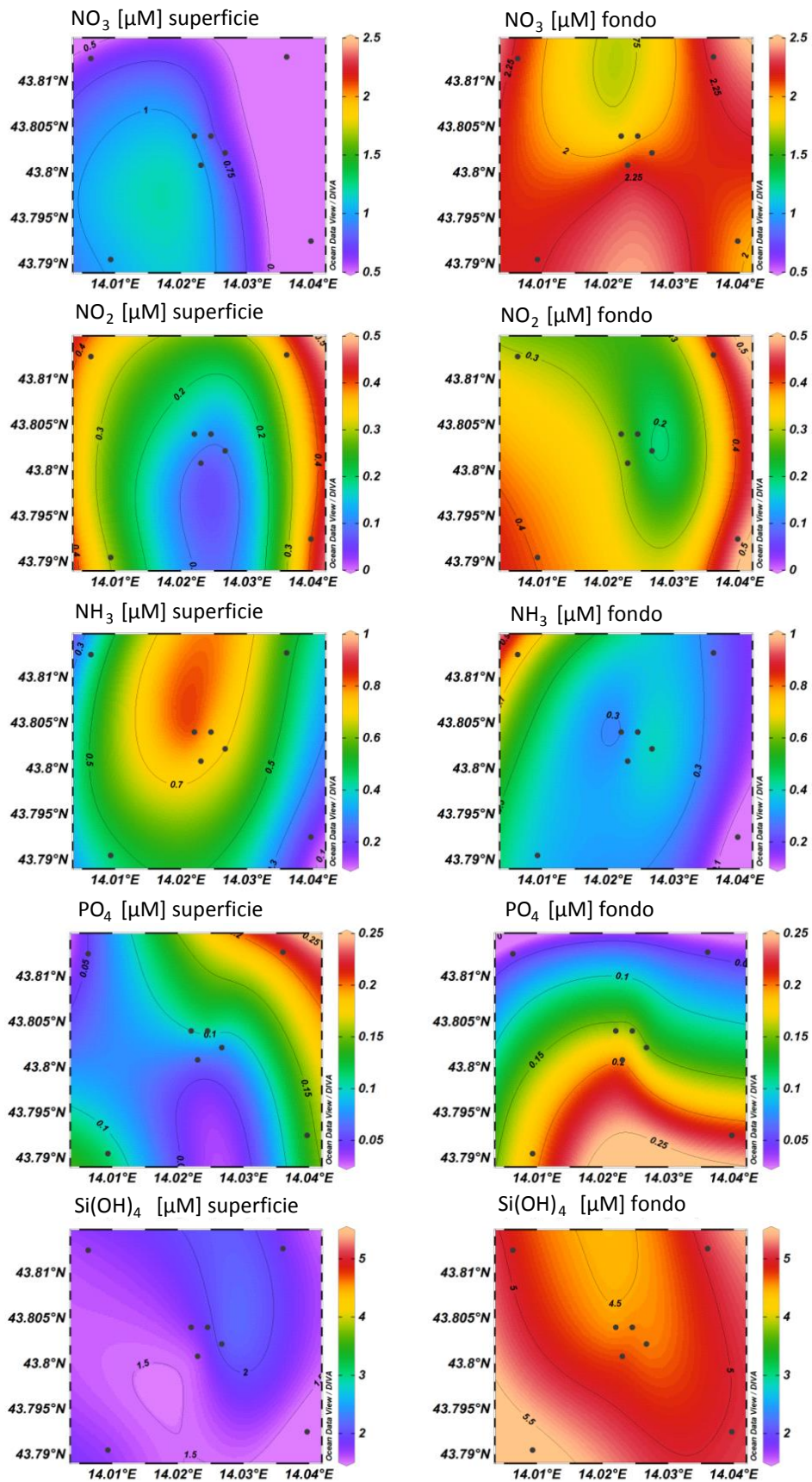


Fig. 3.18 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO₂), nitrati (NO₃), ammoniaca (NH₃), ortofosfati (PO₄) e ortosilicati (Si(OH)₄) espresse in μM, in superficie e al fondo. **Novembre 2015.**

3.1.3. CLOROFILLE A, B E C E PARTICELLATO SOSPESO

Per i pigmenti clorofilliani non sono mai state rilevate differenze statisticamente significative tra le stazioni poste a 100 m e quelle a 2000 m dalla piattaforma eccetto la clorofilla *a* in novembre (Tab. 3-I).

Nel **luglio 2015** la clorofilla *a* (Chl *a*) ha presentato una concentrazione media di $137,72 \pm 99,05 \text{ ng L}^{-1}$ e valori compresi tra $35,36 \text{ ng L}^{-1}$ (CL2, 20 m) e $342,47 \text{ ng L}^{-1}$ (CL8, fondo; fig. 3.19).

La clorofilla *b* (Chl *b*) è risultata mediamente pari a $39,27 \pm 34,03 \text{ ng L}^{-1}$, con il massimo ($140,31 \text{ ng L}^{-1}$) raggiunto sul fondo della stazione CL8 e il minimo ($11,42 \text{ ng L}^{-1}$) nel medesimo sito ma a quota 20 m.

Anche per la clorofilla *c* (Chl *c*) ($14,20 \pm 9,20 \text{ ng L}^{-1}$) la concentrazione maggiore è stata registrata sul fondo della CL8 ($342,47 \text{ ng L}^{-1}$). Quella minore, pari a $14,31 \text{ ng L}^{-1}$, è stata invece osservata in superficie della CL2 e a 20 m della CL8.

In generale, lo strato di fondo è apparso caratterizzato da concentrazioni più elevate di tutti i pigmenti, in aumento verso il lato NW dell'area in esame (fig. 3.20).

La concentrazione media di materiale particellato (TSM) è stata pari a $3,83 \pm 1,58 \text{ mg L}^{-1}$, con la maggiore ($8,11 \text{ mg L}^{-1}$) rilevata alla quota dei 40 m nella stazione CL4 (fig. 3.19).

A **settembre** la clorofilla *a* ha presentato una concentrazione media di $167,39 \pm 96,69 \text{ ng L}^{-1}$ e valori compresi tra $55,53 \text{ ng L}^{-1}$ (CL7, 20 m) e $355,61 \text{ ng L}^{-1}$ (CL8, fondo; fig. 3.21).

La clorofilla *b*, mediamente pari a $47,08 \pm 36,15 \text{ ng L}^{-1}$, ha raggiunto il minimo ($11,42 \text{ ng L}^{-1}$) alla profondità di 20 m in corrispondenza della stazione CL5 e il massimo ($121,60 \text{ ng L}^{-1}$) presso la CL1 sul fondo. La concentrazione media di Chl *c* è stata di $12,70 \pm 7,55 \text{ ng L}^{-1}$, con minimo ($4,15 \text{ ng L}^{-1}$) e massimo ($29,40 \text{ ng L}^{-1}$) registrati rispettivamente a -20 m presso la stazione CL5 e sul fondo della CL3.

Analogamente a luglio, lo strato di fondo ha in generale presentato le concentrazioni più elevate per tutti pigmenti (fig. 3.22).

Per quanto concerne il TSM (fig. 3.21), è stata ottenuta una concentrazione media di $4,03 \pm 1,73 \text{ mg L}^{-1}$. I valori maggiori sono stati osservati al fondo, in particolare nelle stazioni prossime alla piattaforma, dove è stato raggiunto il massimo ($11,07 \text{ mg L}^{-1}$) presso CL1.

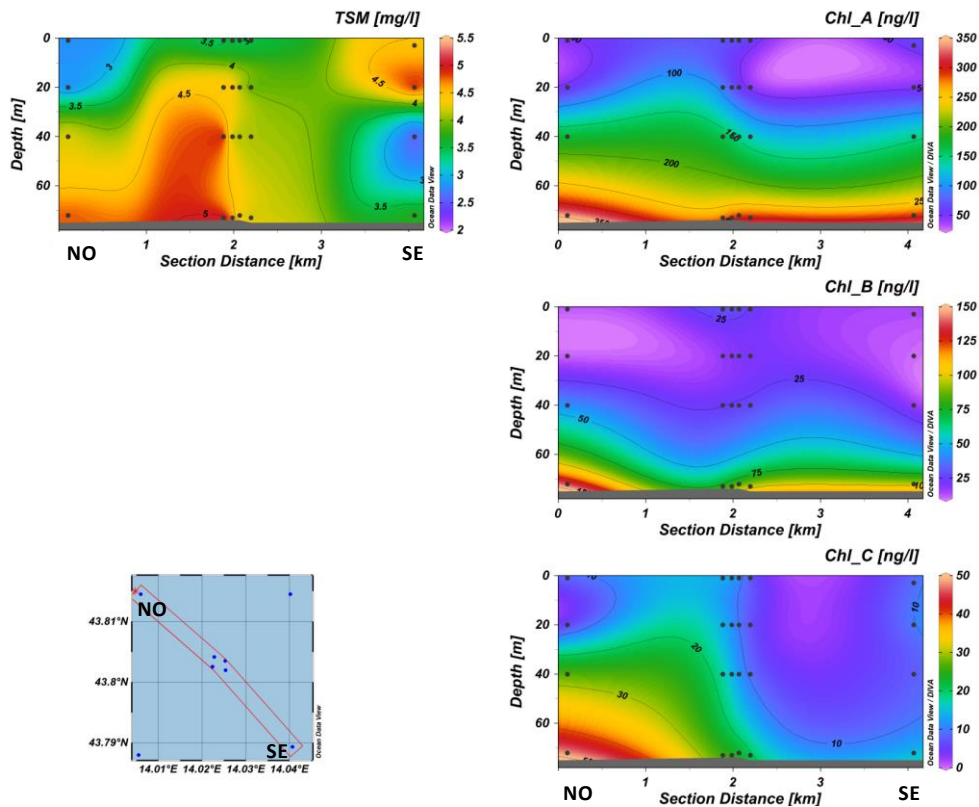


Fig. 3.19a - Sezione verticale delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Luglio 2015.**

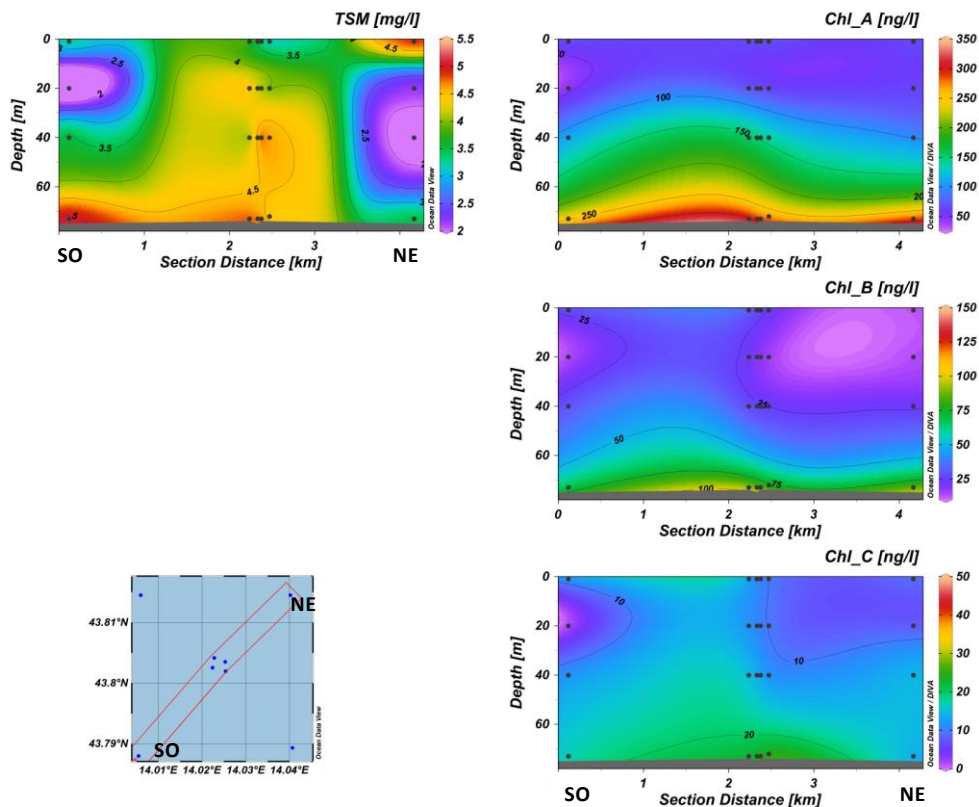


Fig. 3.19b - Sezione verticale delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Luglio 2015.**

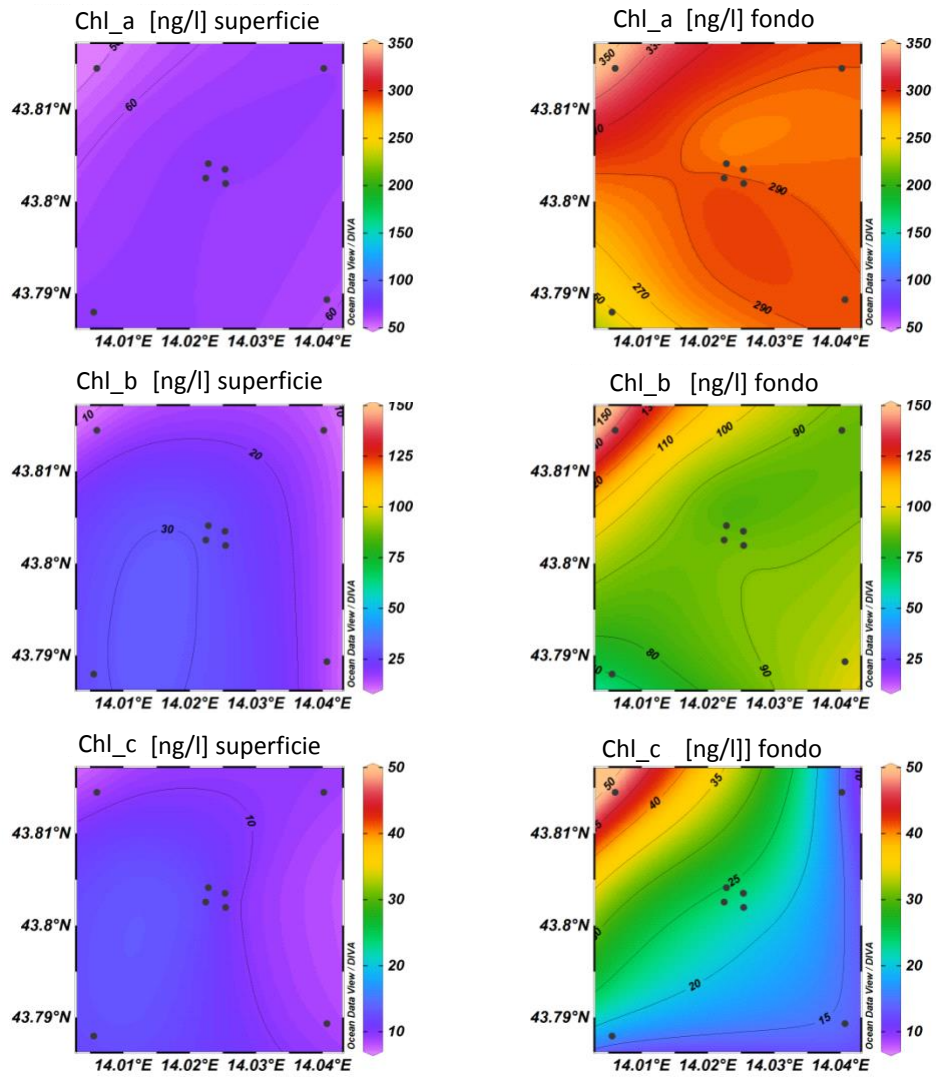


Fig. 3.20 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in ng/l. **Luglio 2015.**

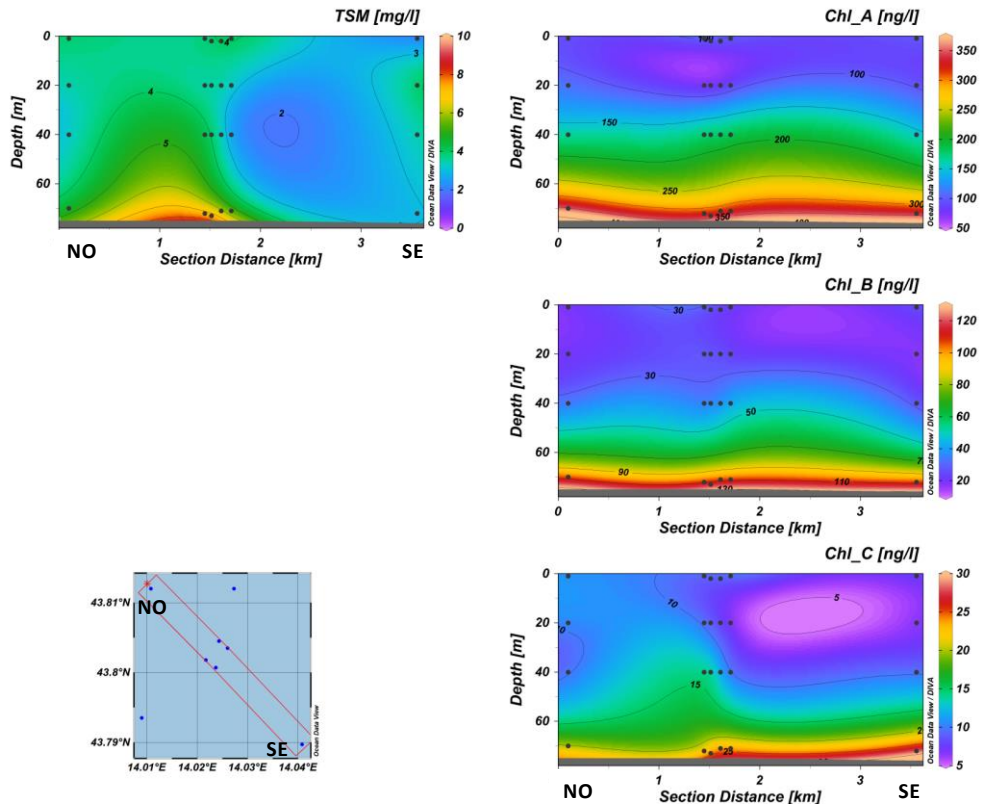


Fig. 3.21a - Sezione verticale delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Settembre 2015**.

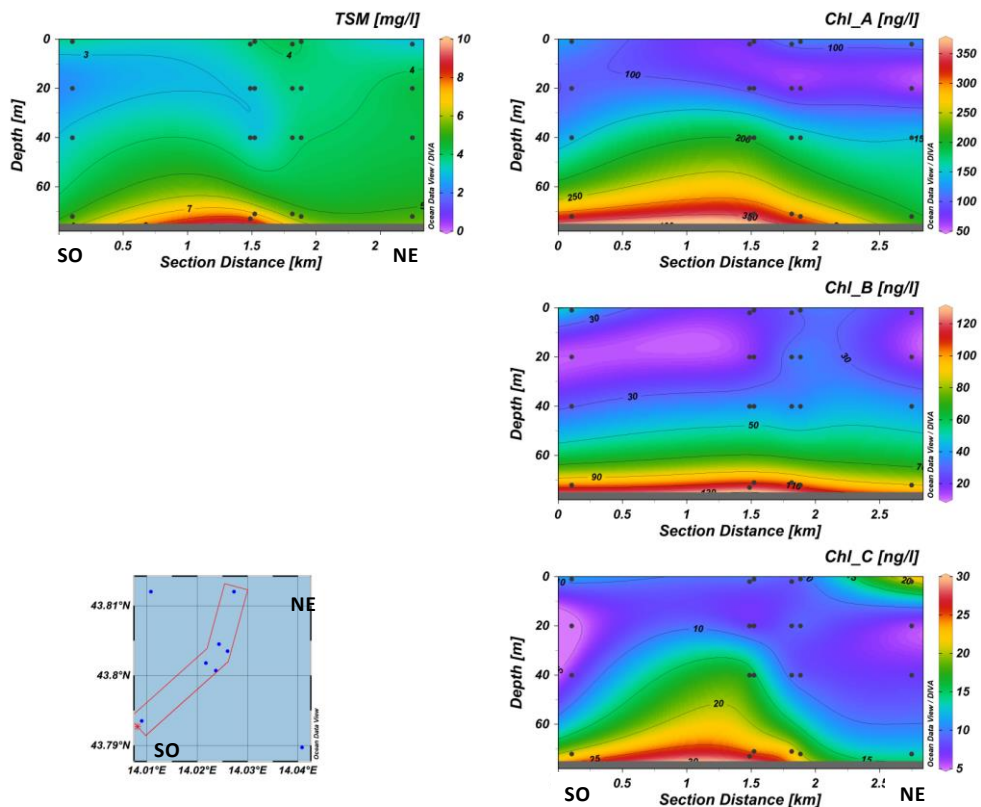


Fig. 3.21b - Sezione verticale delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Settembre 2015**.

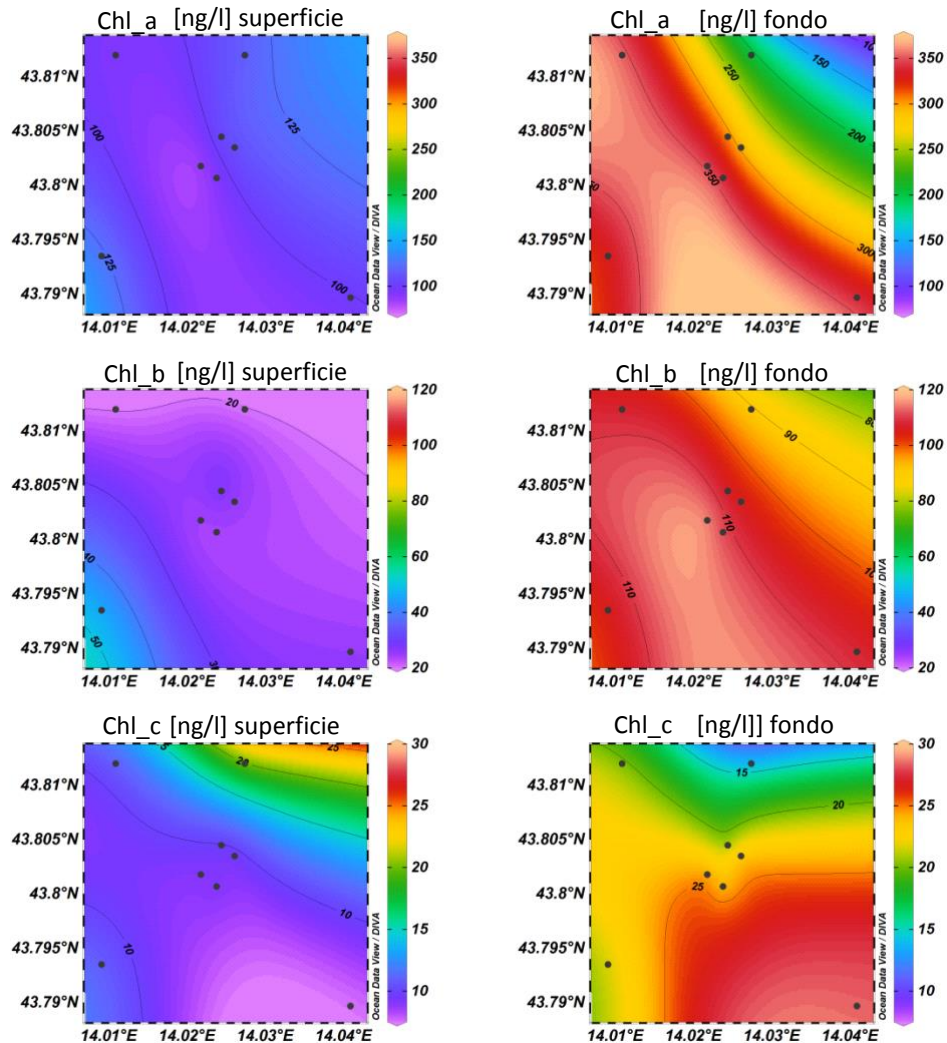


Fig. 3.22 - Mapped areali rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in ng/l. **Settembre 2015**.

A **novembre** i pigmenti clorofilliani hanno avuto concentrazioni più elevate rispetto a quelle di settembre e picchi a circa 40 m di profondità (fig. 3.23). Come nei periodi precedenti lo strato di fondo è apparso caratterizzato da concentrazioni più elevate per tutti i pigmenti (fig. 3.24).

La clorofilla *a* è stata in media pari a $174,16 \pm 33,47 \text{ ng L}^{-1}$, con un massimo di $264,49 \text{ ng L}^{-1}$ a 40 m nella stazione CL7; questo pigmento ha rappresentato l'unico caso in cui è stata rilevata una differenza statisticamente significativa tra i siti posti a 100 e a 2000 m dalla piattaforma (Tab. 3-I; fig. 3.25), con le concentrazioni maggiori presso queste ultime.

Il contenuto medio di Chl *b* è apparso più elevato della Chl *c* ($47,25 \pm 22,51 \text{ ng L}^{-1}$ e $10,41 \pm 4,08 \text{ ng L}^{-1}$ rispettivamente). Analogamente alla Chl *a*, la maggiore concentrazione di entrambe è stata rilevata in CL7 alla quota di 40 m ($125,47 \text{ ng L}^{-1}$ e $16,24 \text{ ng L}^{-1}$ rispettivamente).

Il TSM medio è stato pari a $2,59 \pm 0,89 \text{ mg L}^{-1}$, con valori generalmente maggiori verso il fondo; tuttavia, il massimo ($4,49 \text{ mg L}^{-1}$) è stato rilevato a 20 m nella CL8 (fig. 3.23).

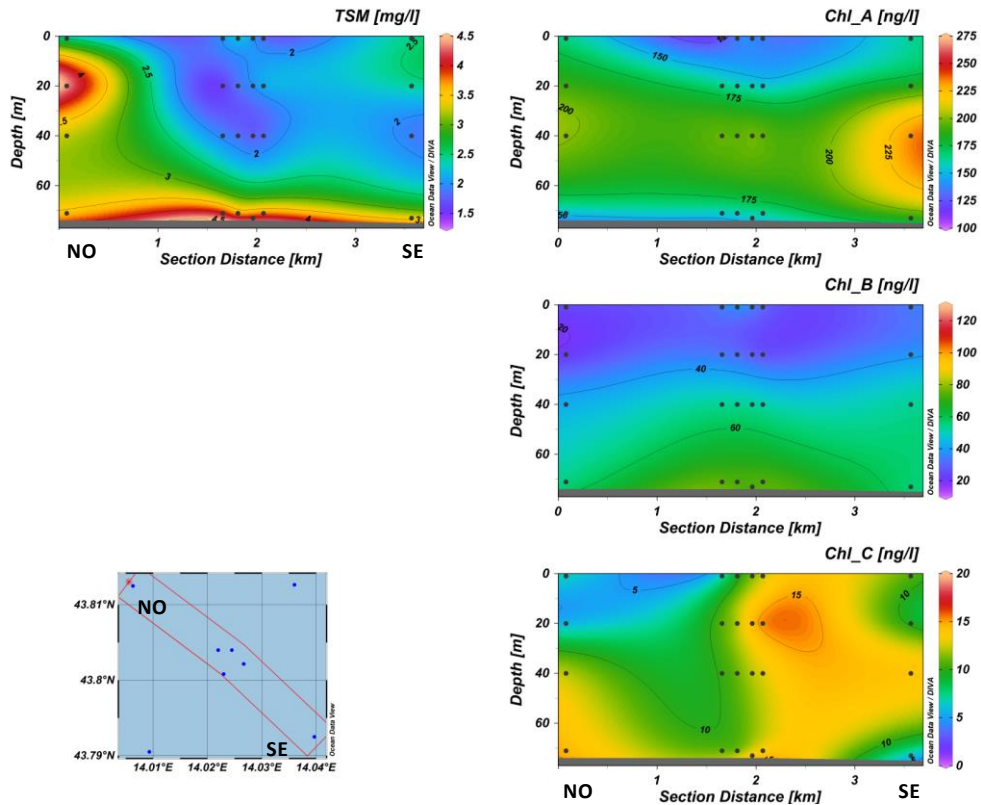


Fig. 3.23a - Sezione verticale delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Novembre 2015**.

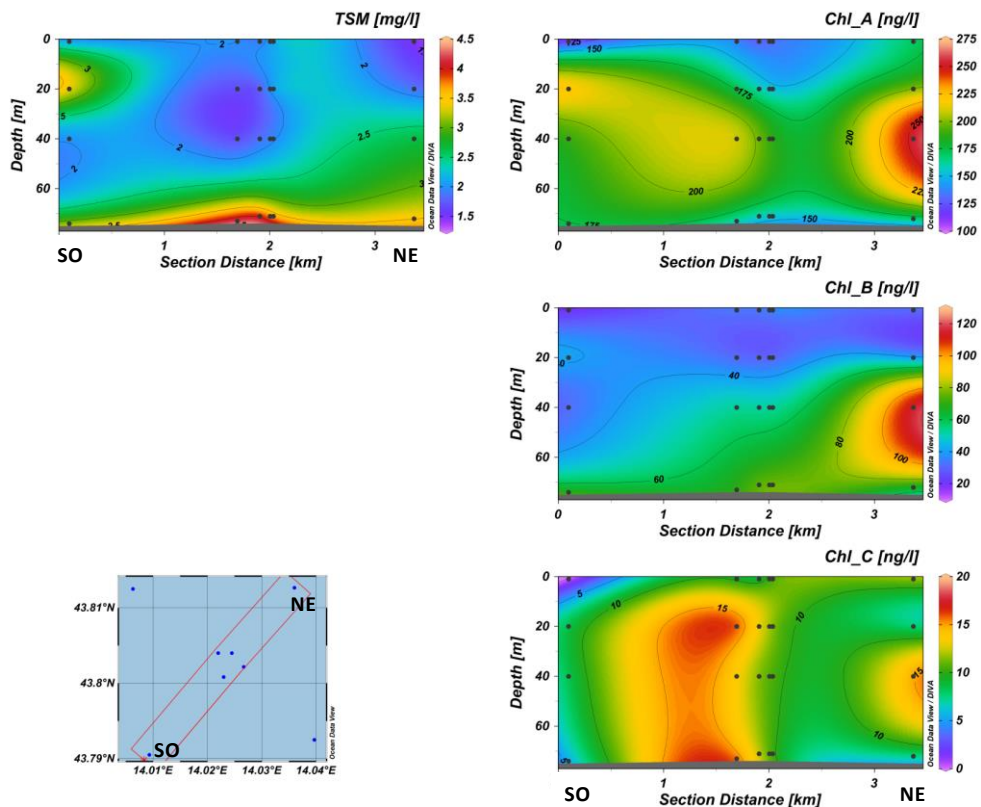


Fig. 3.23b - Sezione verticale delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c), espresse in ng/l. **Novembre 2015**.

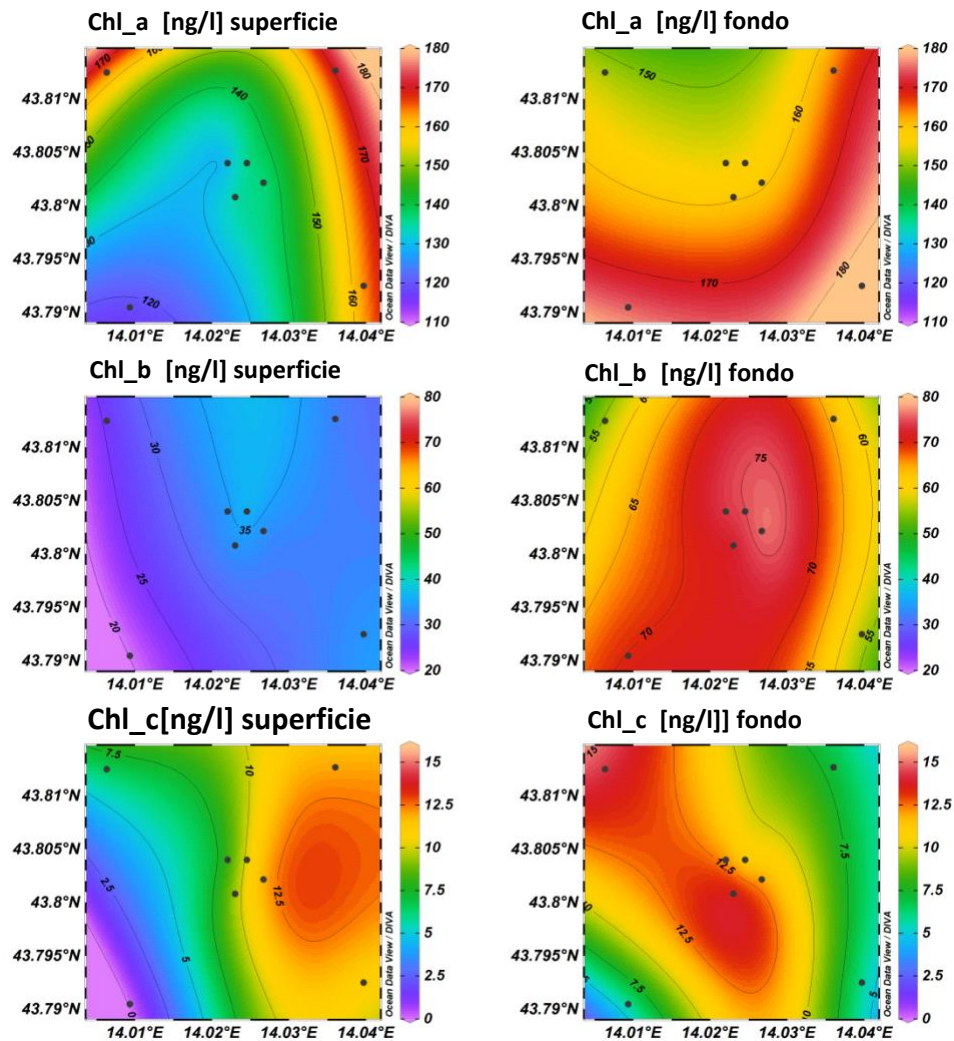


Fig. 3.24 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in ng/l. **Novembre 2015**.

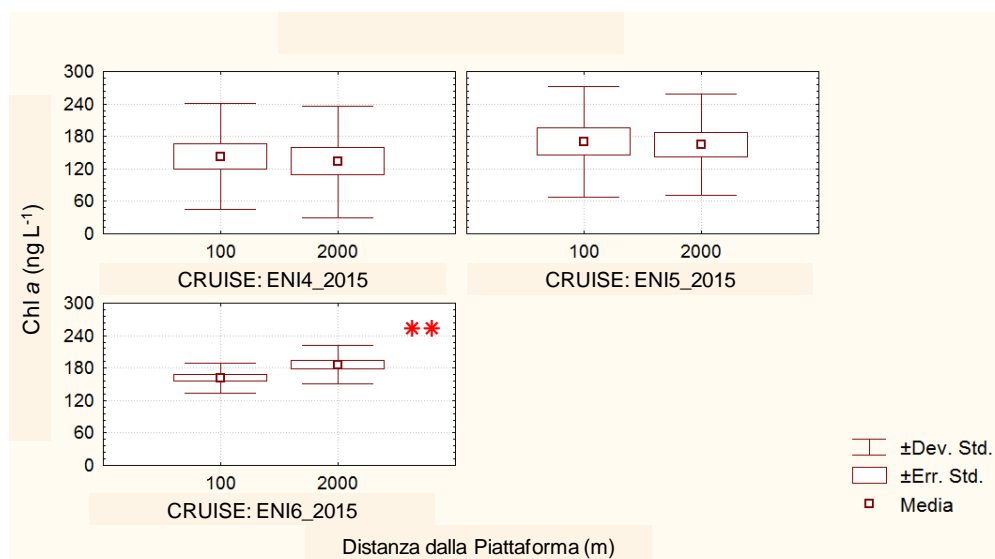


Fig. 3.25 - Box-plot della concentrazione di clorofilla a (CHL a), nelle stazioni vicine alla piattaforma (staz. CL1, CL2, CL3, CL4) e nelle stazioni a 2000 m (staz. CL5, CL6, CL7, CL8), nei survey effettuati durante i lavori di installazione (**): differenze significative a livello $p < 0,01$). Analisi statistica e grafico realizzati con il software STATISTICA.

3.1.4. IDROCARBURI TOTALI, IDROCARBURI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX

Tutti questi composti eccetto gli Idrocarburi alifatici (IA) sono risultati ovunque e sempre al di sotto dei limiti di rilevabilità strumentale (Tabb. 3-II e 3-III).

A **luglio** gli IA sono stati rilevati a una quota delle stazioni CL1, CL2, CL4 e CL8. Il massimo (1,33 µg/l) è stato raggiunto presso la CL8 in superficie.

A **settembre** gli IA sono risultati al di sopra del limite di rilevabilità nel 75% campioni. Comunque, i valori sono apparsi sempre piuttosto bassi raggiungendo una media di $2,41 \pm 1,83$ µg/l. Il massimo (8,75 µg/l) è stato rilevato in superficie nella stazione CL4.

A **novembre** il valore medio di questi composti è stato pari a $1,98 \pm 0,70$ µg/l. Gli IA sono stati registrati alla quota superficiale dei siti CL1, CL2, CL3, CL4 e CL5 e a -20 m della stazione CL6, raggiungendo il massimo di 3,16 µg/l in CL4.

L'analisi statistica, applicabile esclusivamente ai valori di settembre a causa del basso numero di dati di luglio e novembre, non ha individuato alcuna differenza tra le stazioni a 100 m e a 2000 m di distanza da Clara NW (Tab. 3-IV).

Tab. 3-II - Concentrazioni ($\mu\text{g/l}$) di Idrocarburi totali, IA e IPA registrate nelle diverse stazioni e alle diverse quote nei survey condotti durante l'installazione di Clara NW.

Stazione	Luglio 2015			Settembre 2015			Novembre 2015		
	Idroc. totali (n-esano)	IA (C10-C32)	IPA (16 IPA)	Idroc. totali (n-esano)	IA (C10-C32)	IPA (16 IPA)	Idroc. totali (n-esano)	IA (C10-C32)	IPA (16 IPA)
CL1 sup	< 30	< 1	<0,01	<30	5,88	<0,01	< 30	1,85	<0,01
CL1 20 m	< 30	1,32	<0,01	<30	2,12	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL1 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	1,79	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL1 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	1,69	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL2 sup	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	1,54	<0,01
CL2 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	2,04	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL2 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	1,32	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL2 fondo	< 30	1,32	<0,01	<30	2,86	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL3 sup	< 30	< 1	<0,01	<30	5,25	<0,01	< 30	2,45	<0,01
CL3 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	2,03	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL3 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	2,31	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL3 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	1,61	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL4 sup	< 30	1,15	<0,01	<30	8,75	<0,01	< 30	3,16	<0,01
CL4 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	1,26	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL4 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	1,30	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL4 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	2,25	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL5 sup	< 30	< 1	<0,01	<30	2,92	<0,01	< 30	1,33	<0,01
CL5 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	1,36	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL5 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	1,50	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL5 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	1,25	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL6 sup	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL6 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	1,52	<0,01
CL6 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	1,49	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL6 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL7 sup	< 30	< 1	<0,01	<30	1,15	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL7 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL7 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL7 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL8 sup	< 30	1,33	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL8 20 m	< 30	< 1	<0,01	<30	1,39	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL8 40 m	< 30	< 1	<0,01	<30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL8 fondo	< 30	< 1	<0,01	<30	1,98	<0,01	< 30	< 1	<0,01

Tab. 3-III - Microinquinanti organici (BTEX; µg/l) determinati nelle diverse stazioni e alle diverse quote nel corso dei survey condotti durante l'installazione di Clara NW.

Stazione	Luglio 2015					Settembre 2015					Novembre 2015				
	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene
CL1 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL1 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL1 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL1 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL2 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL2 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL2 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL2 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL3 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL3 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL3 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL3 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL4 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL4 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL4 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL4 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL5 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL5 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL5 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL5 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL6 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL6 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL6 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL6 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL7 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL7 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL7 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL7 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL8 sup	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL8 20 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL8 40 m	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1
CL8 fondo	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<1	<1	<1	<1

Tab. 3-IV - Analisi della varianza degli IA fra le stazioni a 100 m dalla piattaforma (CL1, CL2, CL3, CL4) e quelle a 2000 m (CL5, CL6, L7, CL8), nelle campagne effettuate nel secondo semestre 2015 (**: differenze significative al livello $p < 0,01$; ns: non significativo; nd: non determinabile).

<i>Parametro</i>	Luglio 2015	Settembre 2015	Novembre 2015
IA	nd	ns	nd

3.1.5. GLICOLE ETILENICO

Il Glicole etilenico è sempre risultato non rilevabile in tutti i tre survey condotti durante le operazioni di posa in opera di Clara NW (Tab. 3-V).

Tab. 3-V - Concentrazioni (mg/l) di Glicole etilenico registrate nelle diverse stazioni e alle diverse quote nel corso dei survey condotti durante l'installazione di Clara NW.

Stazione	Luglio 2015	Settembre 2015	Novembre 2015
CL1 sup	< 10	< 10	< 10
CL1 20 m	< 10	< 10	< 10
CL1 40 m	< 10	< 10	< 10
CL1 fondo	< 10	< 10	< 10
CL2 sup	< 10	< 10	< 10
CL2 20 m	< 10	< 10	< 10
CL2 40 m	< 10	< 10	< 10
CL2 fondo	< 10	< 10	< 10
CL3 sup	< 10	< 10	< 10
CL3 20 m	< 10	< 10	< 10
CL3 40 m	< 10	< 10	< 10
CL3 fondo	< 10	< 10	< 10
CL4 sup	< 10	< 10	< 10
CL4 20 m	< 10	< 10	< 10
CL4 40 m	< 10	< 10	< 10
CL4 fondo	< 10	< 10	< 10
CL5 sup	< 10	< 10	< 10
CL5 20 m	< 10	< 10	< 10
CL5 40 m	< 10	< 10	< 10
CL5 fondo	< 10	< 10	< 10
CL6 sup	< 10	< 10	< 10
CL6 20 m	< 10	< 10	< 10
CL6 40 m	< 10	< 10	< 10
CL6 fondo	< 10	< 10	< 10
CL7 sup	< 10	< 10	< 10
CL7 20 m	< 10	< 10	< 10
CL7 40 m	< 10	< 10	< 10
CL7 fondo	< 10	< 10	< 10
CL8 sup	< 10	< 10	< 10
CL8 20 m	< 10	< 10	< 10
CL8 40 m	< 10	< 10	< 10
CL8 fondo	< 10	< 10	< 10

3.1.6. METALLI PESANTI

Nel **luglio 2015** **cadmio**, **mercurio** e **indio** hanno mostrato concentrazioni sempre inferiori al limite di rilevabilità (Tab. 3-VI). Il **piombo** è risultato rilevabile soltanto in due stazioni (CL4, -40 m e CL7, superficie), mentre **alluminio**, **ferro** e **rame** sono stati rilevati nella maggior parte delle stazioni a una o più quote, con i massimi pari rispettivamente a 10,14 µg/l (fondo della stazione CL3), 15,24 µg/l (CL5, -40 m) e 1,70 µg/l (CL7, superficie). Tutti gli altri metalli sono risultati quasi ovunque sopra il limite di rilevabilità. **Arsenico**, **bario**, **vanadio** e **silicio** hanno evidenziato una minima variabilità delle concentrazioni sia nella distribuzione orizzontale, sia in quella verticale, con un coefficiente di variazione (CV) medio intorno al 10%. I corrispondenti massimi sono risultati rispettivamente pari a 1,80 µg/l (CL2, -40 m), 9,98 µg/l (CL2, superficie), 1,02 µg/l (CL1, -20 m) e 0,27 mg/l (CL6, fondo). **Cromo** e **nicel** sono stati caratterizzati da una variabilità decisamente maggiore rispetto ai metalli precedentemente descritti (CV ~ 90%), con concentrazioni medie comunque di poco oltre il limite di rilevabilità e pari a $0,27 \pm 0,27$ µg/l e $0,39 \pm 0,32$ µg/l rispettivamente. I massimi sono stati raggiunti per il cromo alla quota 40 della stazione CL5 (1,55 µg/l) e per il nichel sempre alla quota 40 ma della stazione CL2 (1,51 µg/l). Infine, lo **zinco** ha presentato la più alta variabilità, con CV medio abbondantemente superiore al 100%. In questo caso, il massimo è stato raggiunto al fondo della stazione CL3 (89,41 µg/l). In nessun caso sono state rilevate differenze statisticamente significative tra le stazioni prossime e quelle lontane dalla piattaforma (Tab. 3-VII).

A **settembre** si evidenziava una situazione simile a quella della crociera precedente per quasi tutte le specie chimiche considerate (Tab. 3-VI). **Cadmio**, **mercurio** e **indio** sono infatti risultati inferiori al limite di rilevabilità. **Ferro** e **piombo** non sono stati rilevati in circa il 75 % dei campioni, risultando presenti a una o più quote di 5 - 6 stazioni. I massimi sono stati registrati sul fondo della CL1 per il primo (8,30 µg/l) e a -20 m della CL4 per il secondo (0,39 µg/l). L'analogia tra i due periodi appare ancora più evidente per **arsenico**, **bario**, **vanadio** e **silicio**, per i quali si sono osservati la medesima scarsa variabilità e valori medi simili a quelli di luglio. Nonostante tale scarsa variabilità, il vanadio è l'unico metallo per il quale sono state rilevate differenze statisticamente significative tra le stazioni poste a 100 e a 2000 m da Clara NW (Tab. 3-VII), con valori maggiori in quelle più lontane. La massima concentrazione di arsenico è stata rilevata alla quota 40 della stazione CL7 (1,78 µg/l), quelle di vanadio e bario rispettivamente a -40 m e sul fondo del medesimo sito (1,42 µg/l e 9,17 µg/l). Il più alto contenuto di silicio è stato invece raggiunto sul fondo

della stazione CL5 (0,31 mg/l).

Cromo e nichel hanno presentato un CV di circa il 40%. I massimi di questi due metalli sono stati raggiunti rispettivamente in superficie della stazione CL1 (0,47 µg/l), e alla medesima quota della CL5 (1,86 µg/l). Lo **zinco** anche in questo periodo è apparso molto variabile rispetto a tutti gli altri metalli, con un CV medio superiore al 100%. Il valore massimo, pari a 50,26 µg/l, è stato raggiunto sul fondo della stazione CL1.

Rame e alluminio rappresentano le uniche due specie chimiche caratterizzate da un comportamento differente rispetto a luglio, essendo stati rilevati ovunque. I massimi sono stati raggiunti rispettivamente in superficie della CL5 (2,16 µg/l) e al fondo della CL1 (11,8 µg/l).

Tab. 3-VI – Metalli pesanti (µg/l; Si in mg/l) determinati nelle diverse stazioni e alle diverse quote nel corso dei survey condotti durante i lavori di installazione di Clara NW.

Stazione	Luglio 2015													
	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
CL1 sup	< 0,1	1,18	9,02	< 0,1	0,34	< 5	< 0,05	0,81	< 0,1	0,22	0,80	42,99	< 0,1	0,13
CL1 20 m	< 0,1	1,44	8,41	< 0,1	0,17	< 5	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,02	1,17	< 0,1	0,14
CL1 40 m	< 0,1	1,62	8,21	< 0,1	0,20	< 5	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,88	< 0,1	< 0,1	0,19
CL1 fondo	3,30	1,38	8,17	< 0,1	0,15	< 5	< 0,05	0,22	< 0,1	0,61	0,83	37,50	< 0,1	0,23
CL2 sup	1,95	1,39	9,98	< 0,1	0,40	12,17	< 0,05	0,85	< 0,1	0,22	0,74	12,01	< 0,1	0,11
CL2 20 m	< 0,1	1,40	7,76	< 0,1	0,24	< 5	< 0,05	0,12	< 0,1	< 0,1	0,89	11,37	< 0,1	0,15
CL2 40 m	2,95	1,80	7,54	< 0,1	0,29	< 5	< 0,05	1,51	< 0,1	< 0,1	0,93	34,60	< 0,1	0,21
CL2 fondo	< 0,1	1,55	8,12	< 0,1	0,17	< 5	< 0,05	0,31	< 0,1	< 0,1	0,81	< 0,1	< 0,1	0,19
CL3 sup	< 0,1	1,25	8,73	< 0,1	0,13	< 5	< 0,05	0,13	< 0,1	0,12	0,78	< 0,1	< 0,1	0,11
CL3 20 m	< 0,1	1,48	7,69	< 0,1	0,14	< 5	< 0,05	0,16	< 0,1	< 0,1	0,87	9,42	< 0,1	0,14
CL3 40 m	< 0,1	1,25	7,42	< 0,1	0,19	< 5	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,91	5,38	< 0,1	0,17
CL3 fondo	10,14	1,48	8,22	< 0,1	0,31	6,51	< 0,05	0,68	< 0,1	< 0,1	0,96	89,41	< 0,1	0,21
CL4 sup	< 0,1	1,35	8,69	< 0,1	0,14	< 5	< 0,05	0,17	< 0,1	0,14	0,76	18,28	< 0,1	0,12
CL4 20 m	< 0,1	1,46	7,62	< 0,1	0,16	< 5	< 0,05	0,10	< 0,1	< 0,1	0,69	7,01	< 0,1	0,16
CL4 40 m	< 0,1	1,70	7,80	< 0,1	0,21	7,62	< 0,05	0,31	0,12	< 0,1	0,91	< 0,1	< 0,1	0,15
CL4 fondo	< 0,1	1,44	8,19	< 0,1	0,16	< 5	< 0,05	0,23	< 0,1	< 0,1	0,93	4,81	< 0,1	0,22
CL5 sup	< 0,1	1,43	8,71	< 0,1	0,15	< 5	< 0,05	0,23	< 0,1	< 0,1	0,77	4,17	< 0,1	0,12
CL5 20 m	0,42	1,35	8,11	< 0,1	0,49	7,35	< 0,05	0,27	< 0,1	< 0,1	0,91	5,98	< 0,1	0,22
CL5 40 m	0,15	1,70	7,89	< 0,1	1,55	15,24	< 0,05	0,46	< 0,1	< 0,1	0,94	8,21	< 0,1	0,18
CL5 fondo	< 0,1	1,63	8,02	< 0,1	0,25	< 5	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,87	< 0,1	< 0,1	0,26
CL6 sup	< 0,1	1,49	9,41	< 0,1	0,13	< 5	< 0,05	0,29	< 0,1	0,32	0,79	2,61	< 0,1	0,17
CL6 20 m	0,01	1,51	7,96	< 0,1	0,22	< 5	< 0,05	0,37	< 0,1	0,46	0,96	11,85	< 0,1	0,22
CL6 40 m	2,82	1,44	7,76	< 0,1	0,16	< 5	< 0,05	0,24	< 0,1	< 0,1	0,92	5,60	< 0,1	0,24
CL6 fondo	< 0,1	1,40	7,98	< 0,1	0,16	< 5	< 0,05	0,25	< 0,1	< 0,1	0,89	1,21	< 0,1	0,27
CL7 sup	5,27	1,26	8,62	< 0,1	0,35	6,36	< 0,05	0,91	0,24	1,70	0,92	25,15	< 0,1	0,15
CL7 20 m	0,11	1,68	7,72	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,05	0,22	< 0,1	< 0,1	0,84	< 0,1	< 0,1	0,16
CL7 40 m	< 0,1	1,56	7,52	< 0,1	0,14	< 5	< 0,05	0,31	< 0,1	< 0,1	0,95	< 0,1	< 0,1	0,19
CL7 fondo	1,42	1,52	7,73	< 0,1	0,60	6,23	< 0,05	0,63	< 0,1	0,48	0,95	9,66	< 0,1	0,23
CL8 sup	7,84	1,38	8,78	< 0,1	0,26	5,97	< 0,05	0,43	< 0,1	0,23	0,92	53,47	< 0,1	0,14
CL8 20 m	< 0,1	1,39	7,64	< 0,1	0,12	< 5	< 0,05	0,23	< 0,1	< 0,1	0,96	< 0,1	< 0,1	0,16
CL8 40 m	< 0,1	1,62	7,67	< 0,1	0,12	< 5	< 0,05	0,21	< 0,1	< 0,1	0,80	6,59	< 0,1	0,20
CL8 fondo	< 0,1	1,38	8,45	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,05	0,11	< 0,1	< 0,1	0,89	< 0,1	< 0,1	0,22

Tab. 3-VI – Continuo.

Stazione	Settembre 2015													
	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
CL1 sup	1,46	1,64	8,26	< 0,1	0,47	9,54	< 0,05	1,27	0,23	0,97	0,79	12,06	< 0,1	0,13
CL1 20 m	7,42	1,59	8,90	< 0,1	0,34	6,92	< 0,05	0,90	0,27	1,20	1,03	46,58	< 0,1	0,17
CL1 40 m	3,53	1,46	7,73	< 0,1	0,25	< 5	< 0,05	0,53	< 0,1	0,18	1,00	10,57	< 0,1	0,17
CL1 fondo	11,78	1,47	8,68	< 0,1	0,45	8,30	< 0,05	0,59	< 0,1	0,31	0,83	50,26	< 0,1	0,30
CL2 sup	6,10	1,39	8,45	< 0,1	0,34	6,76	< 0,05	0,73	0,31	0,47	0,81	45,66	< 0,1	0,12
CL2 20 m	2,32	1,41	7,86	< 0,1	0,22	< 5	< 0,05	0,69	< 0,1	0,59	0,88	2,03	< 0,1	0,16
CL2 40 m	2,37	1,49	7,53	< 0,1	0,24	< 5	< 0,05	0,59	< 0,1	0,44	0,92	7,59	< 0,1	0,18
CL2 fondo	2,08	1,44	8,31	< 0,1	0,20	< 5	< 0,05	0,51	< 0,1	0,33	0,84	5,66	< 0,1	0,30
CL3 sup	1,61	1,46	7,65	< 0,1	0,21	< 5	< 0,05	0,41	< 0,1	0,39	0,87	3,37	< 0,1	0,16
CL3 20 m	1,57	1,74	8,13	< 0,1	0,17	< 5	< 0,05	0,39	< 0,1	0,12	0,91	3,26	< 0,1	0,17
CL3 40 m	2,41	1,50	8,31	< 0,1	0,25	< 5	< 0,05	0,46	< 0,1	0,30	0,93	5,07	< 0,1	0,15
CL3 fondo	2,13	1,57	7,88	< 0,1	0,19	< 5	< 0,05	0,42	< 0,1	0,22	1,05	2,94	< 0,1	0,27
CL4 sup	2,37	1,55	7,84	< 0,1	0,18	< 5	< 0,05	0,49	< 0,1	0,38	0,80	3,86	< 0,1	0,15
CL4 20 m	4,14	1,65	8,46	< 0,1	0,26	5,81	< 0,05	0,67	0,39	0,54	1,00	12,67	< 0,1	0,15
CL4 40 m	2,03	1,70	7,57	< 0,1	0,22	< 5	< 0,05	0,49	< 0,1	0,32	0,93	1,97	< 0,1	0,16
CL4 fondo	1,42	1,62	8,63	< 0,1	0,23	< 5	< 0,05	0,39	< 0,1	0,19	0,99	0,06	< 0,1	0,26
CL5 sup	6,29	1,43	8,33	< 0,1	0,33	6,35	< 0,05	1,86	0,36	2,16	0,82	38,41	< 0,1	0,11
CL5 20 m	1,31	1,72	8,28	< 0,1	0,20	< 5	< 0,05	0,42	< 0,1	< 0,1	1,02	< 0,1	< 0,1	0,16
CL5 40 m	1,85	1,65	7,52	< 0,1	0,18	< 5	< 0,05	0,71	< 0,1	0,41	1,02	2,57	< 0,1	0,13
CL5 fondo	2,27	1,64	8,39	< 0,1	0,23	< 5	< 0,05	0,38	< 0,1	0,13	0,92	4,83	< 0,1	0,31
CL6 sup	1,79	1,61	7,65	< 0,1	0,18	< 5	< 0,05	0,45	< 0,1	0,33	0,79	0,83	< 0,1	0,15
CL6 20 m	4,00	1,60	8,82	< 0,1	0,27	5,09	< 0,05	0,92	0,18	1,02	1,12	15,56	< 0,1	0,14
CL6 40 m	5,33	1,59	7,79	< 0,1	0,21	< 5	< 0,05	0,52	0,12	0,54	1,17	18,66	< 0,1	0,18
CL6 fondo	2,08	1,49	7,98	< 0,1	0,21	< 5	< 0,05	0,51	< 0,1	0,33	1,02	3,63	< 0,1	0,22
CL7 sup	2,61	1,51	7,90	< 0,1	0,20	< 5	< 0,05	0,55	< 0,1	0,35	1,00	8,25	< 0,1	0,12
CL7 20 m	2,63	1,65	9,00	< 0,1	0,26	< 5	< 0,05	0,43	< 0,1	0,22	1,09	4,78	< 0,1	0,12
CL7 40 m	2,28	1,78	7,59	< 0,1	0,20	< 5	< 0,05	0,56	< 0,1	0,29	1,42	1,41	< 0,1	0,13
CL7 fondo	2,13	1,61	9,17	< 0,1	0,24	< 5	< 0,05	0,46	< 0,1	0,28	1,20	7,67	< 0,1	0,25
CL8 sup	2,25	1,61	8,02	< 0,1	0,21	< 5	< 0,05	1,12	< 0,1	1,25	0,99	8,97	< 0,1	0,11
CL8 20 m	1,54	1,36	8,54	< 0,1	0,18	< 5	< 0,05	0,44	< 0,1	0,17	1,24	2,50	< 0,1	0,13
CL8 40 m	1,74	1,31	7,75	< 0,1	0,19	< 5	< 0,05	0,60	< 0,1	0,30	1,30	1,94	< 0,1	0,16
CL8 fondo	2,04	1,62	8,58	< 0,1	0,22	< 5	< 0,05	0,55	< 0,1	0,28	1,28	3,39	< 0,1	0,27

Tab. 3-VI – Continuo.

Stazione	Novembre 2015													
	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
CL1 sup	10,82	1,53	8,89	< 0,1	0,34	10,03	< 0,05	1,28	0,18	0,30	2,18	7,39	< 0,1	0,17
CL1 20 m	9,02	1,33	7,35	< 0,1	0,34	7,22	< 0,05	0,80	< 0,1	< 0,1	2,33	7,17	< 0,1	0,17
CL1 40 m	7,09	1,87	8,14	< 0,1	0,26	6,94	< 0,05	1,74	< 0,1	0,50	2,25	26,21	< 0,1	0,18
CL1 fondo	6,20	1,75	8,87	< 0,1	0,15	< 5	< 0,05	0,34	< 0,1	< 0,1	2,29	15,61	< 0,1	0,27
CL2 sup	2,56	1,28	8,54	< 0,1	0,12	< 5	< 0,05	0,32	< 0,1	< 0,1	2,33	10,34	< 0,1	0,15
CL2 20 m	4,84	1,36	8,08	< 0,1	0,22	< 5	< 0,05	0,95	< 0,1	< 0,1	2,29	15,93	< 0,1	0,14
CL2 40 m	2,24	1,61	8,05	< 0,1	0,14	< 5	< 0,05	0,23	< 0,1	< 0,1	2,21	0,33	< 0,1	0,16
CL2 fondo	1,11	1,70	8,24	< 0,1	0,10	< 5	< 0,05	0,19	< 0,1	< 0,1	2,55	< 0,1	< 0,1	0,24
CL3 sup	1,81	1,79	8,10	< 0,1	0,15	< 5	< 0,05	0,25	< 0,1	< 0,1	2,37	3,61	< 0,1	0,17
CL3 20 m	2,67	1,53	7,96	< 0,1	0,13	< 5	< 0,05	0,32	< 0,1	< 0,1	2,21	17,85	< 0,1	0,15
CL3 40 m	8,49	1,77	8,33	< 0,1	0,24	< 5	< 0,05	0,33	< 0,1	< 0,1	2,35	43,56	< 0,1	0,17
CL3 fondo	2,43	1,66	8,44	< 0,1	0,07	< 5	< 0,05	0,24	< 0,1	< 0,1	2,30	< 0,1	< 0,1	0,25
CL4 sup	2,87	1,66	7,13	< 0,1	0,17	< 5	< 0,05	0,33	< 0,1	< 0,1	2,36	7,77	< 0,1	0,12
CL4 20 m	7,94	1,50	8,31	< 0,1	0,21	< 5	< 0,05	0,32	< 0,1	< 0,1	2,41	23,46	< 0,1	0,13
CL4 40 m	4,16	1,70	8,59	< 0,1	0,17	< 5	< 0,05	0,35	< 0,1	< 0,1	2,35	9,21	< 0,1	0,17
CL4 fondo	2,47	1,61	9,85	< 0,1	0,21	< 5	< 0,05	0,18	< 0,1	< 0,1	2,34	< 0,1	< 0,1	0,25
CL5 sup	1,61	1,47	10,08	< 0,1	0,21	7,46	< 0,05	1,30	< 0,1	< 0,1	2,42	23,33	< 0,1	0,16
CL5 20 m	14,43	1,69	8,45	< 0,1	0,20	11,26	< 0,05	0,65	< 0,1	< 0,1	2,38	5,62	< 0,1	0,14
CL5 40 m	2,13	1,64	8,54	< 0,1	0,11	< 5	< 0,05	0,41	< 0,1	< 0,1	2,37	< 0,1	< 0,1	0,16
CL5 fondo	6,26	1,64	10,33	< 0,1	0,10	< 5	< 0,05	0,34	< 0,1	< 0,1	2,42	< 0,1	< 0,1	0,28
CL6 sup	2,27	1,48	8,33	< 0,1	0,29	6,23	< 0,05	1,22	0,25	< 0,1	2,38	22,38	< 0,1	0,13
CL6 20 m	1,78	1,54	8,41	< 0,1	0,55	13,60	< 0,05	1,50	0,53	0,53	2,29	54,43	< 0,1	0,13
CL6 40 m	7,31	1,38	8,65	< 0,1	0,22	10,85	< 0,05	0,59	< 0,1	< 0,1	2,42	7,69	< 0,1	0,17
CL6 fondo	2,49	1,41	7,42	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,05	0,43	< 0,1	< 0,1	2,38	0,50	< 0,1	0,26
CL7 sup	1,68	1,56	7,93	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,05	0,26	< 0,1	< 0,1	2,38	< 0,1	< 0,1	0,14
CL7 20 m	6,25	1,63	8,28	< 0,1	0,28	7,11	< 0,05	0,63	< 0,1	< 0,1	2,56	32,11	< 0,1	0,14
CL7 40 m	13,03	1,65	8,55	< 0,1	0,29	6,88	< 0,05	0,61	< 0,1	< 0,1	2,39	58,90	< 0,1	0,16
CL7 fondo	3,69	1,64	8,52	< 0,1	0,13	5,91	< 0,05	0,74	< 0,1	< 0,1	2,48	9,71	< 0,1	0,27
CL8 sup	3,90	1,51	7,74	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,05	0,74	< 0,1	< 0,1	2,39	8,19	< 0,1	0,10
CL8 20 m	1,61	1,40	7,96	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,05	0,25	< 0,1	< 0,1	2,32	2,28	< 0,1	0,16
CL8 40 m	1,29	1,78	8,16	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,05	0,23	< 0,1	< 0,1	2,42	12,91	< 0,1	0,14
CL8 fondo	2,44	1,52	8,57	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,05	0,23	< 0,1	< 0,1	2,46	23,92	< 0,1	0,31

Tab. 3-VII - Analisi della varianza degli inquinanti inorganici fra le stazioni a 100 m dalla piattaforma (staz. CL1, CL2, CL3, CL4) e le stazioni a 2000 m (staz. CL5, CL6, CL7, CL8), nelle campagne effettuate nel secondo semestre 2015 (** differenze significative al livello $p < 0,01$, ns: non significative; nd = non determinabile).

Parametri	Luglio 2015	Settembre 2015	Novembre 2015
Alluminio ($\mu\text{g/l}$)	ns	ns	ns
Arsenico ($\mu\text{g/l}$)	ns	ns	ns
Bario ($\mu\text{g/l}$)	ns	ns	ns
Cromo ($\mu\text{g/l}$)	ns	ns	ns
Ferro ($\mu\text{g/l}$)	ns	nd	ns
Nichel ($\mu\text{g/l}$)	ns	ns	ns
Piombo ($\mu\text{g/l}$)	nd	nd	nd
Rame ($\mu\text{g/l}$)	ns	ns	nd
Vanadio ($\mu\text{g/l}$)	ns	**	**
Zinco ($\mu\text{g/l}$)	ns	ns	ns
Silice (mg/l)	ns	ns	ns

Anche a **novembre** la situazione non si è discostata molto dalle precedenti, con ancora **cadmio**, **mercurio** e **indio** al di sotto dei rispettivi limiti di rilevabilità ovunque e **ferro** e **piombo** rilevabili in poco più del 20% dei campioni, con i massimi a -20 della stazione CL6 (13,60 µg/l e 0,53 µg/l rispettivamente). **Arsenico**, **bario** e **silicio** hanno mostrato la già evidenziata scarsa variabilità sia tra le stazioni, sia con i survey precedenti. I valori massimi sono stati raggiunti rispettivamente a quota 40 m della stazione CL1 (1,87 µg/l), al fondo della CL5 (10,33 µg/l) e al fondo della CL8 (0,31 µg/l). Il **vanadio** invece ha mostrato un trend in netto aumento rispetto alle campagne precedenti. Analogamente a luglio, esso ha rappresentato l'unico metallo con concentrazioni significativamente superiori nei siti a 2000 m rispetto a quelli posizionati a 100 m da Clara NW (Tab. 3-VII), con il massimo raggiunto a quota 20 m della CL7 (2,56 µg/l).

Cromo e **nicel** sono stati caratterizzati da una variabilità intermedia rispetto ai survey precedenti (CV pari a circa il 60%), senza differenze rilevanti di valori. I massimi sono stati raggiunti a -20 nella stazione CL6 (0,55 µg/l) e a quota 40 m della CL1 (1,74 µg/l).

Come a luglio e a settembre, lo **zinco** ha presentato la più alta variabilità, con un CV vicino al 100%, senza tuttavia particolari differenze di valori rispetto ai survey precedenti. In questo caso la massima concentrazione è stata misurata a quota 40 m della stazione CL7 (58,90 µg/l).

Infine, l'**alluminio** è stato rilevato ovunque, come a settembre, con il contenuto maggiore alla quota dei 20 m in CL5 (14,43 µg/l), mentre il **rame** è stato osservato unicamente in CL1 (a 2 quote) e CL6 (superficie).

3.1.7. CONFRONTO FRA I MONITORAGGI EFFETTUATI NEI PRE-SURVEY E DURANTE I LAVORI DI POSA IN OPERA

3.1.7.1 Indagini fisiche, chimiche e biologiche

Sia nel pre-survey che durante i lavori di posa in opera della piattaforma è stata rilevata un'elevata variabilità dei parametri osservati, con differenze solo in pochi casi statisticamente significative fra le stazioni localizzate in prossimità della piattaforma rispetto a quelle a 2000 m (figg. 3.26 e 3.27).

In conclusione non sono state evidenziate differenze significative nei parametri analizzati durante il pre-survey rispetto a quanto osservato durante i lavori di installazione da attribuire alle operazioni di posa della piattaforma Clara NW.

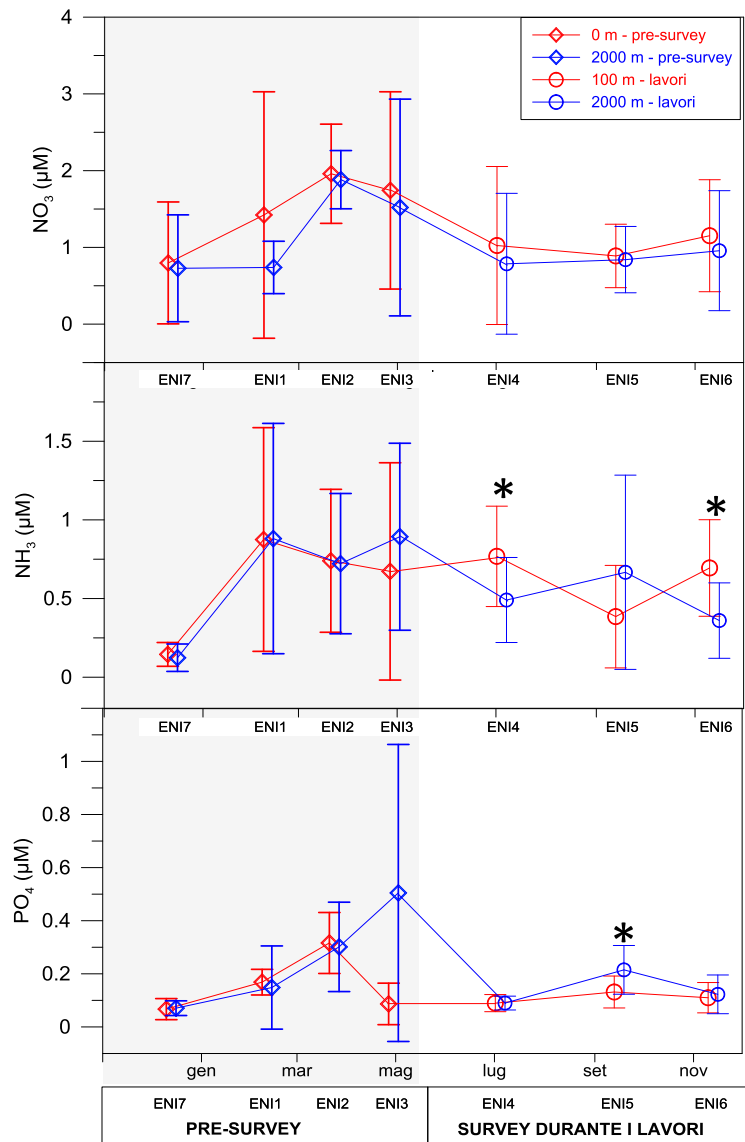


Fig. 3.26 - Medie e deviazioni standard della concentrazione di nitrati (NO₃), ammoniaca (NH₃) e ortofosfati (PO₄) nelle stazioni vicine alla piattaforma (staz. CL0, CL1, CL2, CL3, CL4) e in quelle a 2000 m (staz. CL5, CL6, CL7, CL8), nei pre-survey e nei campionamenti effettuati durante i lavori di installazione (* = differenze significative p<0,05).

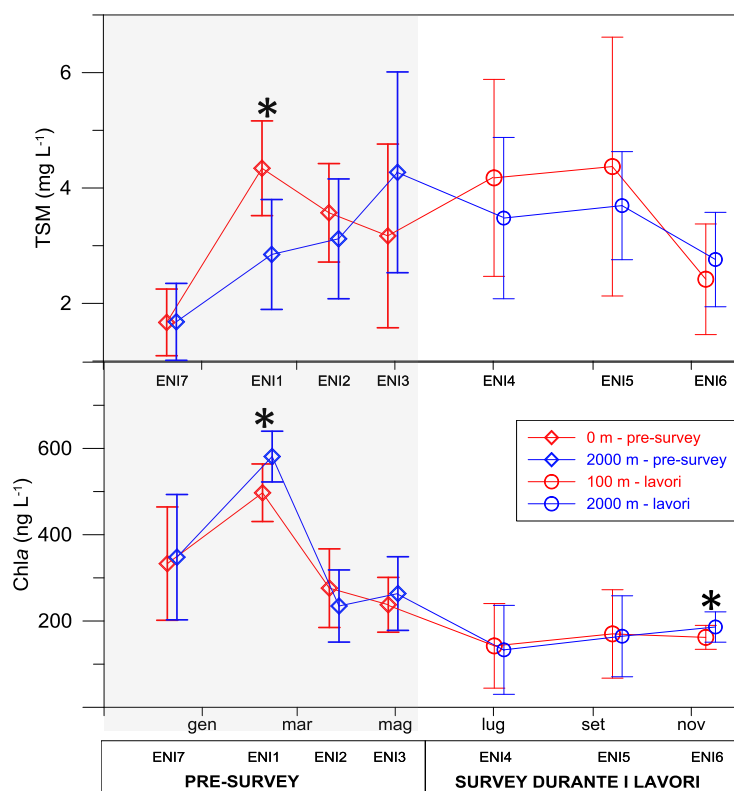


Fig. 3.27 - Medie e deviazioni standard della concentrazione di materiale particolato (TSM) e clorofilla a (Chla) nelle stazioni vicine alla piattaforma (staz. CL0, CL1, CL2, CL3, CL4) e nelle stazioni a 2000 m (staz. CL5, CL6, CL7, CL8), nei pre-survey e nei survey effettuati durante i lavori di installazione (*= differenze significative $p < 0,05$).

3.1.7.2 Metalli e inquinanti organici

Anche per quanto riguarda gli inquinanti inorganici e organici, le osservazioni effettuate durante i lavori di posa in opera della piattaforma sono state confrontate con i risultati dei monitoraggi di pre-survey.

Nel dettaglio, in fig. 3.28 sono mostrati i confronti tra le concentrazioni medie (e relative deviazioni standard) delle specie chimiche analizzate nelle varie crociere. Data la scarsità di dati al di sopra del limite di rilevabilità, nessun composto organico è stato incluso in questa analisi ad eccezione degli idrocarburi alifatici.

Dal confronto non si evidenziano differenze significative tra i due periodi analizzati. In generale, a fronte di una notevole variabilità di alcune delle specie considerate (es. alluminio, ferro, zinco, rame), i valori medi si attestano su valori relativamente costanti. Inoltre, nessuno degli elementi analizzati evidenzia particolari trend, né spaziali né temporali. L'unica eccezione è relativa al vanadio. Infatti, nella crociera ENI6 2015 di novembre è stato evidenziato un aumento significativo della concentrazione media di questo metallo, il quale però risulta sempre nei limiti della propria variabilità naturale nelle acque marine (Alves *et al.*, 1993).

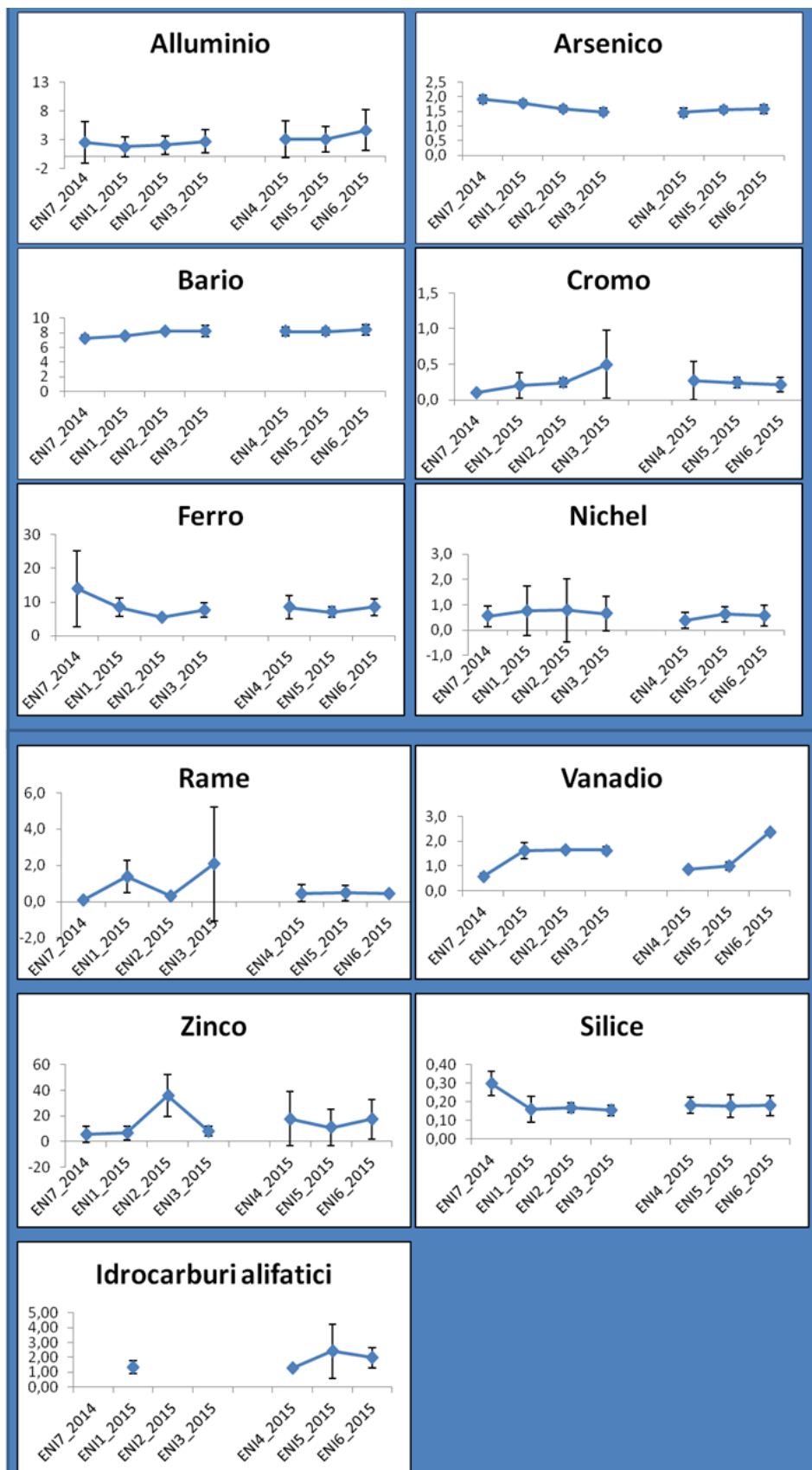


Fig. 3.28 - Andamenti delle concentrazioni medie (\pm dev. st.) di alluminio, arsenico, bario, cromo ferro, nichel, rame, vanadio, zinco e silicio nelle campagne di pre-survey e nei monitoraggi effettuati durante i lavori di installazione; statistica realizzata con il software STATISTICA. ENI7_2014 = dicembre 2014; ENI81_2015 = febbraio 2015; ENI2_2015 = marzo 2015; ENI3_2015 = aprile 2015; ENI4_2015 = luglio 2015; ENI5_2015 = settembre 2015; ENI6_2015 = novembre 2015.

3.2. INDAGINI SULLE COMUNITÀ PLANCTONICHE

3.2.1. COMUNITÀ FITOPLANCTONICHE

Nel campionamento effettuato a **luglio 2015** sono stati identificati complessivamente 54 taxa, appartenenti ai seguenti gruppi tassonomici: Diatomee (22), Dinoflagellate (17), Coccolitine (4), Criptoficee (4), Crisoficee (2), Nanoflagellati (2), Desmidiacee (1), Prasinoficee (1), Euglenoficee (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 148.074 cell/dm³ (stazione CL1 al fondo) a un massimo di 1.099.703 cell/dm³ (CL4 in superficie) e 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, seppure con qualche eccezione (figg 3.29 e 3.30).

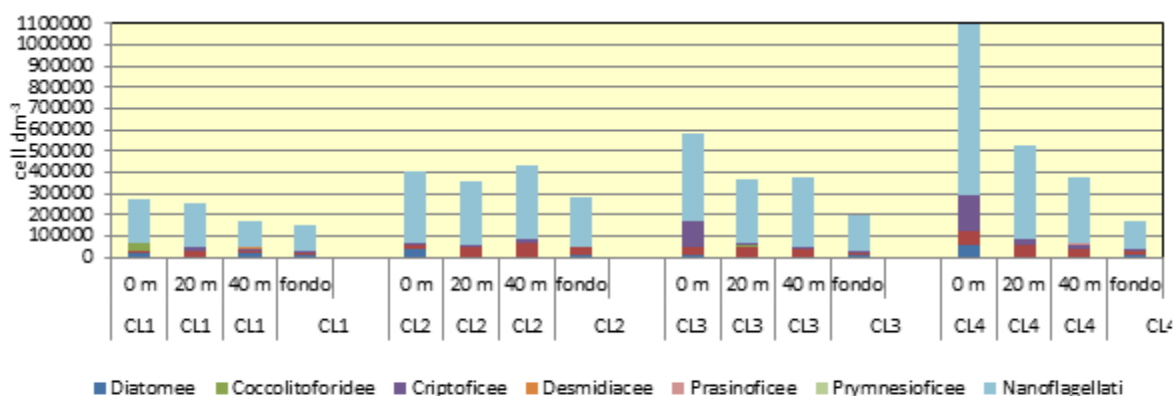


Fig. 3.29 - Luglio 2015. Abbondanze dei taxa fitoplanctonici rinvenuti nelle stazioni poste a **100 m** dalla piattaforma in costruzione.

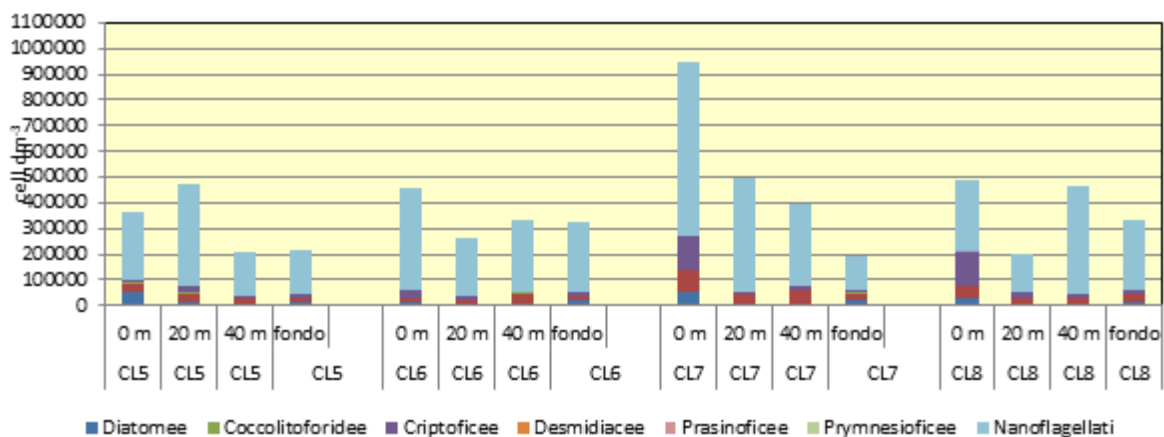


Fig. 3.30 - Luglio 2015. Abbondanze dei taxa fitoplanctonici rinvenuti nelle stazioni poste a **2000 m** dalla piattaforma in costruzione.

Le abbondanze totali medie (\pm dev.st.) sono state di 376.787 ± 230.869 cell/dm³ per le stazioni a 100 m e di 386.323 ± 185.038 cell/dm³ per quelle a 2000 m. L'analisi della varianza non ha evidenziato differenze significative tra i due gruppi di siti.

Complessivamente le forme flagellate hanno prevalso in abbondanza, con un contributo medio dei Nanoflagellati indeterminati del 79% (fig. 3.31). Hanno seguito, con percentuali molto minori, le Dinoficee (9%), le Criptoficee (7%) e le Diatomee (4%). Altri taxa, come le Coccolitoforidee hanno contribuito poco alle abbondanze totali (1%). Gli altri taxa hanno presentato percentuali <1%.

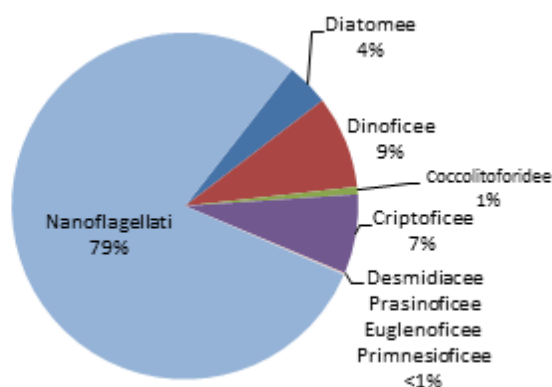


Fig. 3.31 - Luglio 2015. Contributo percentuale medio delle abbondanze dei principali gruppi tassonomici del fitoplancton.

Le specie che hanno maggiormente caratterizzato i popolamenti fitoplanctonici (fig. 3.32) sono state, tra le forme flagellate, *Leucocryptos marina* (Criptoficee) e *Gyrodinium flagellare* (Dinoflagellate) e, tra le Diatomee, *Cerataulina pelagica*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* e *Proboscia alata*. Tali specie sono risultate più abbondanti tra la superficie e le quote di 20 m e 40 m, meno abbondanti alla quota di fondo. Al fondo il contributo relativo delle Diatomee è stato maggiore per la presenza di taxa bentonici risospesi come *Cylindrotheca closterium*, *Navicula* sp., *Psammodictyon panduriforme*, *Diploneis crabro* e *Pseudo-nitzschia galaxiae*.

L'MDS non ha evidenziato una distribuzione dei campioni dovuta al posizionamento delle stazioni rispetto all'area di installazione della piattaforma, bensì conseguente alle quote di campionamento: i tre raggruppamenti relativi rispettivamente alle stazioni di superficie, alle stazioni di fondo, e alle quote intermedie (20 m e 40 m), appaiono ben distinti tra loro (fig. 3.33).

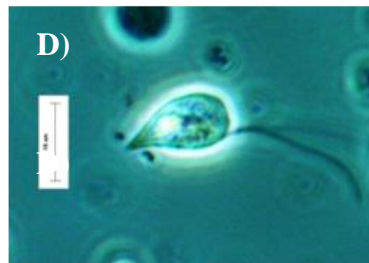
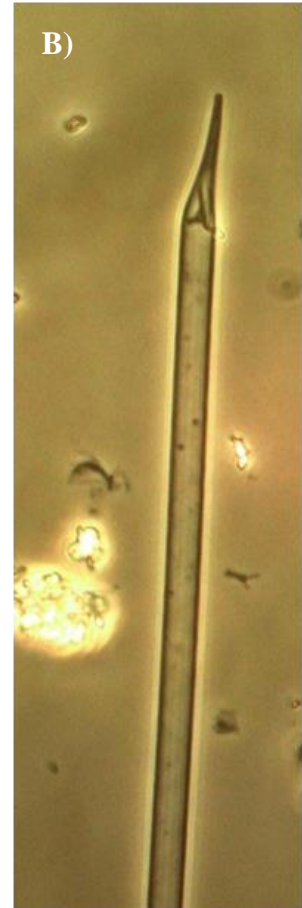


Fig. 3.32 - Luglio 2015. Specie principali rinvenute. A) *Cylindrotheca closterium*; B) *Proboscia alata*; C) *Cerataulina pelagica*; D) *Leucocryptos marina*; E) *Gyrodinium flagellare*.

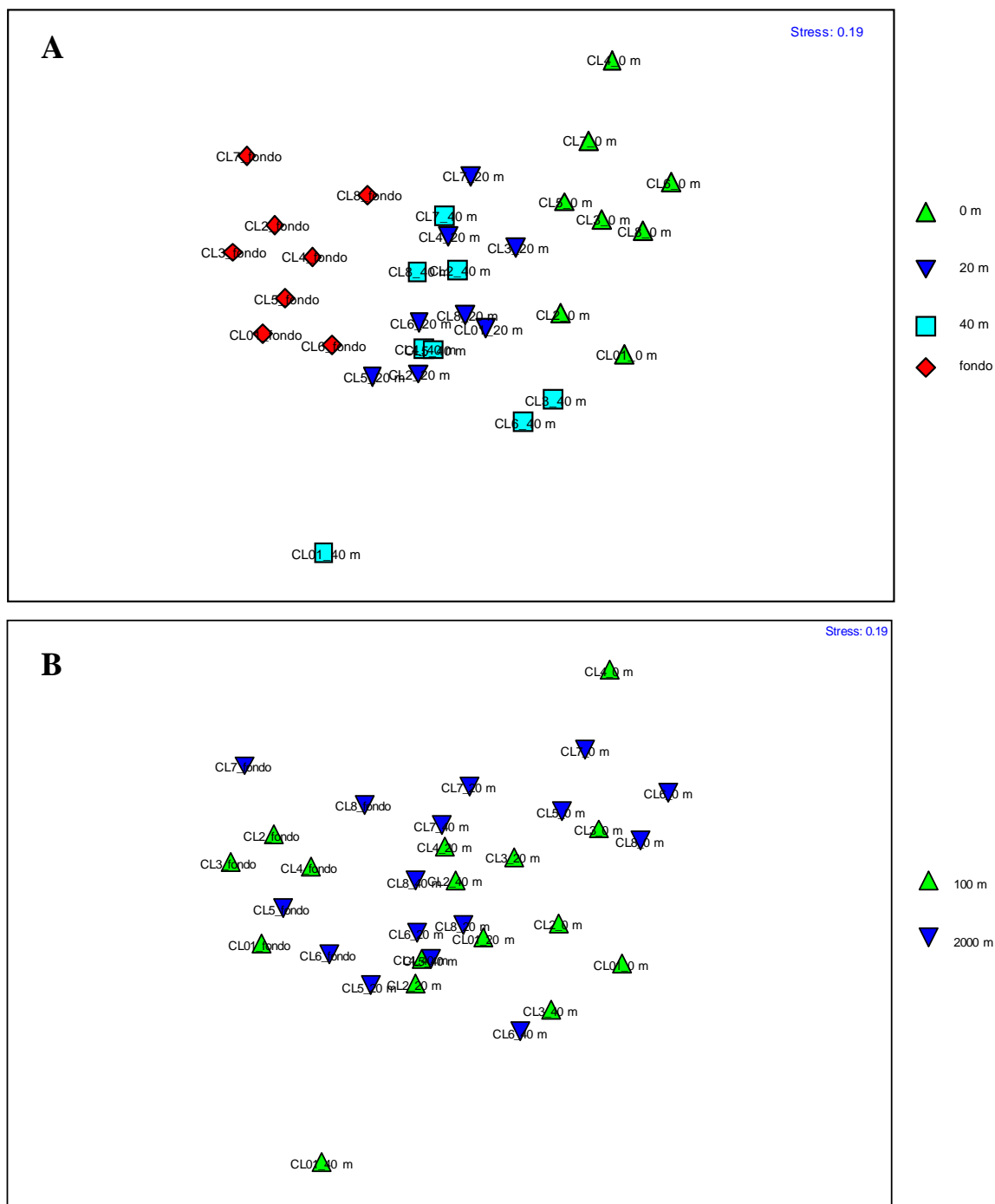


Fig. 3.33 - Luglio 2015. Ordinamento dei campioni di fitoplancton effettuato in base alla composizione in specie e alle abbondanze relative in base alla quota di campionamento (A) e alla distanza dalla piattaforma (B).

Nel **settembre 2015** complessivamente sono stati identificati 71 taxa appartenenti ai seguenti gruppi tassonomici: Diatomee (35), Dinoflagellate (22), Coccolitine (4), Criptoficee (4), Dictiocoficee (2), Desmidiacee (1), Prasinoficee (1), Nanoflagellati (2).

Le abbondanze fitoplanctoniche sono variate da un minimo 48.301 cell/dm³ (CL2, fondo) a un massimo di 1.078.141 cell/dm³ (CL3, superficie; figg. 3.34 e 3.35), mostrando in

generale un andamento caratterizzato da picchi di abbondanza tra la quota superficiale e quella dei 20 m eccetto in CL1.

L'abbondanza fitoplanctonica totale media relativa ai siti posti a 100 m dalla piattaforma è stata di $343.182 \pm 297.131 \text{ cell/dm}^3$, mentre quella relativa alle stazioni più lontane di $303.450 \pm 150.923 \text{ cell/dm}^3$, senza differenze significative tra i due gruppi.

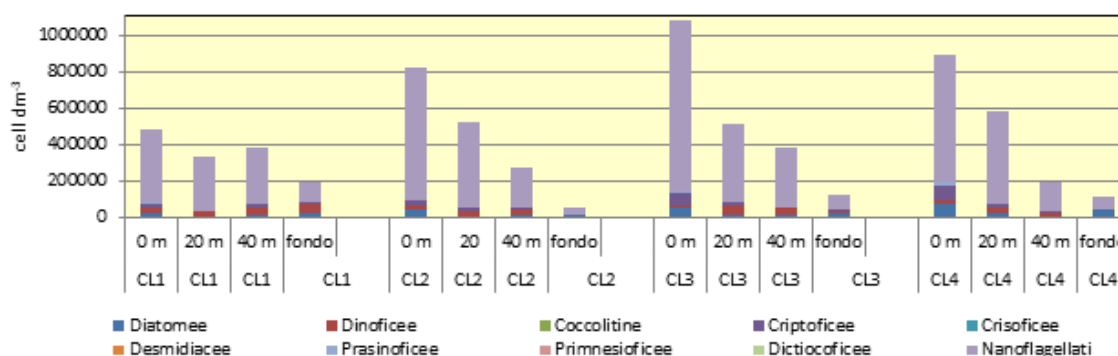


Fig. 3.34 - Settembre 2015. Abbondanze dei taxa fitoplanctonici rinvenuti nelle stazioni poste a **100 m** dalla piattaforma in costruzione.

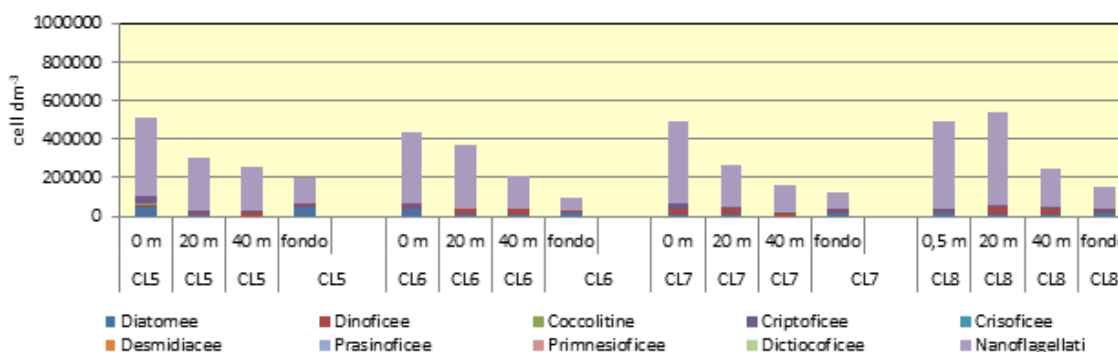


Fig. 3.35 - Settembre 2015. Abbondanze dei taxa fitoplanctonici rinvenuti nelle stazioni poste a **2000 m** dalla piattaforma in costruzione.

Anche in questo campionamento le forme flagellate hanno prevalso in abbondanza (fig. 3.36), con un contributo medio dei Nanoflagellati indeterminati dell'84%. In misura minore hanno contribuito le Dinoficee e le Diatomee (6%) e le Criptoficee (4%). Altri taxa, come le Coccolitoforidee o le Prasinoficee, hanno influito poco sulle abbondanze totali (< 1%).

Le specie che hanno caratterizzato maggiormente i popolamenti fitoplanctonici sono state, tra le forme flagellate, le Criptoficee e *Gyrodinium flagellare* (Dinoficee) e, tra le Diatomee, *Proboscia alata*, *Lioloma pacificum* e *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* (fig. 3.37). Tali specie sono risultate più abbondanti in superficie e la quota di 40 m, meno alle quote di fondo. A questa quota il contributo relativo delle diatomee è aumentato fino a

raggiungere valori superiori del 20% per la presenza di specie bentoniche risospese dal fondo (*Cylindrotheca closterium*, *Navicula* sp., *Psammodictyon panduriforme* e *Diploneis crabro*).

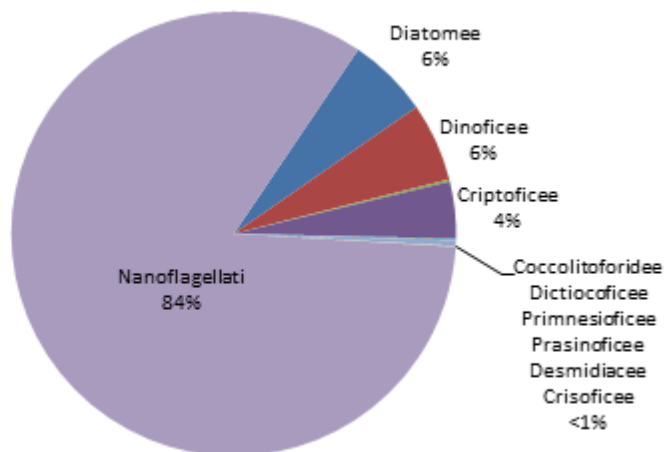


Fig. 3.36 - Settembre 2015. Contributo percentuale medio delle abbondanze dei principali gruppi tassonomici del fitoplancton.

Analogamente a luglio, l'ordinamento dei campioni in base alla loro composizione di specie e alle loro abbondanze (fig. 3.38) non ha evidenziato alcuna distribuzione spaziale legata alla distanza delle stazioni rispetto all'area di costruzione della piattaforma, bensì in base alla quota di campionamento dei campioni stessi: le stazioni di superficie e le quote intermedie (20 m e 40 m) appaiono raggruppate e ben distinte dai campioni di fondo.

Nella campagna di rilevamento condotta a **novembre 2015** complessivamente sono stati identificati 84 taxa appartenenti ai seguenti gruppi tassonomici: Diatomee (44), Dinoflagellate (21), Coccolitine (1), Criptoficee (4), Primnesioficee (3), Diatomee (44), Dinoflagellate (21), Criptoficee (4), Primnesioficee (3), Prasinoficee (3), Nanoflagellati (3), Crisoficee (2), Coccolitine (1), Prasinoficee (1), Rafidoficee (1), Dictiocoficee (1), Incertae sedis (1). Le abbondanze fitoplanctoniche sono variate da un minimo di 64.694 cell/dm³ (CL3, al fondo) a un massimo di 1.418.832 cell/dm³ (CL1, in superficie), mostrando un andamento caratterizzato da picchi di abbondanza tra la superficie e i 40 m di profondità (figg. 3.39 e 3.40).

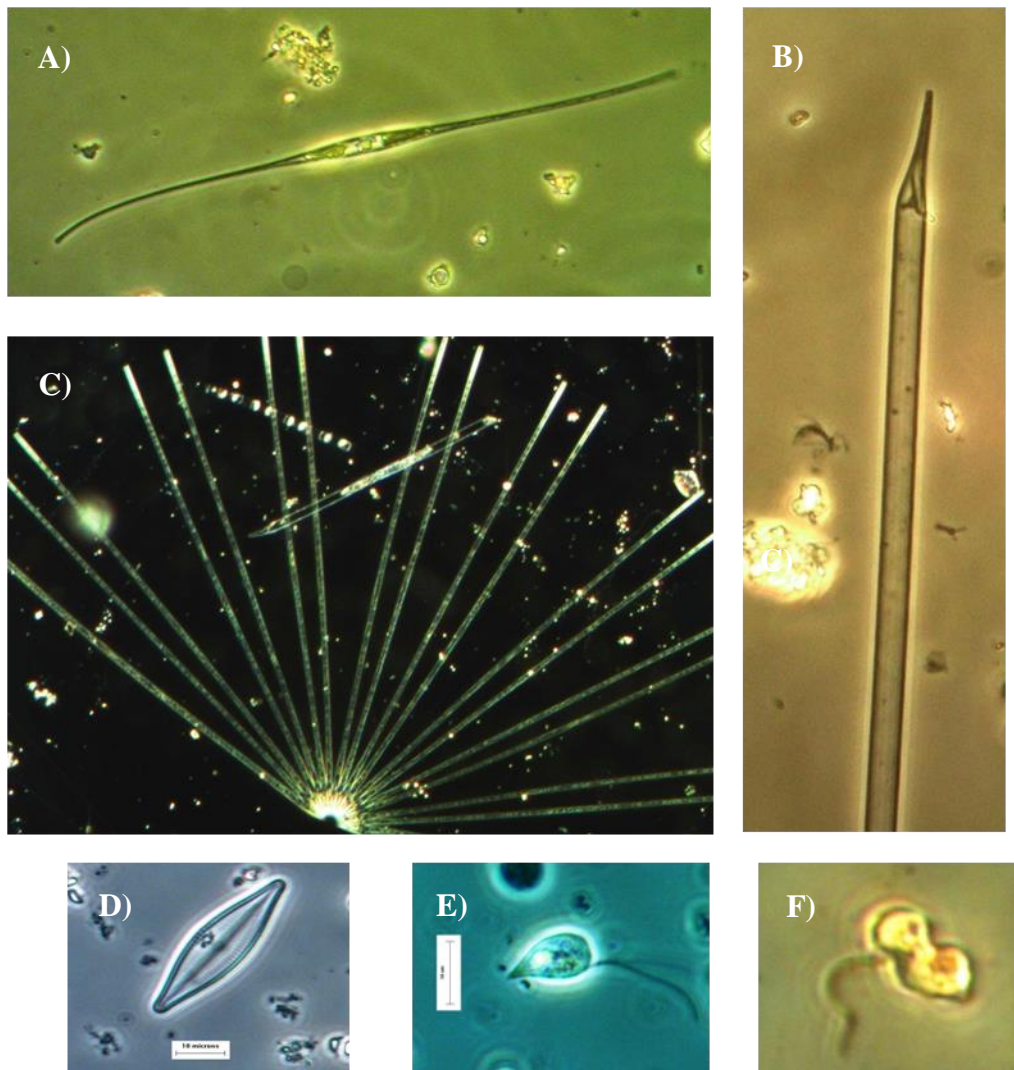


Fig. 3.37 - Settembre 2015. Specie principali rinvenute. A) *Cylindrotheca closterium*; B) *Proboscia alata*; C) *Lioloma pacificum*; D) *Navicula* sp.; E) *Leucocryptos marina*; F) *Gyrodinium flagellare*.

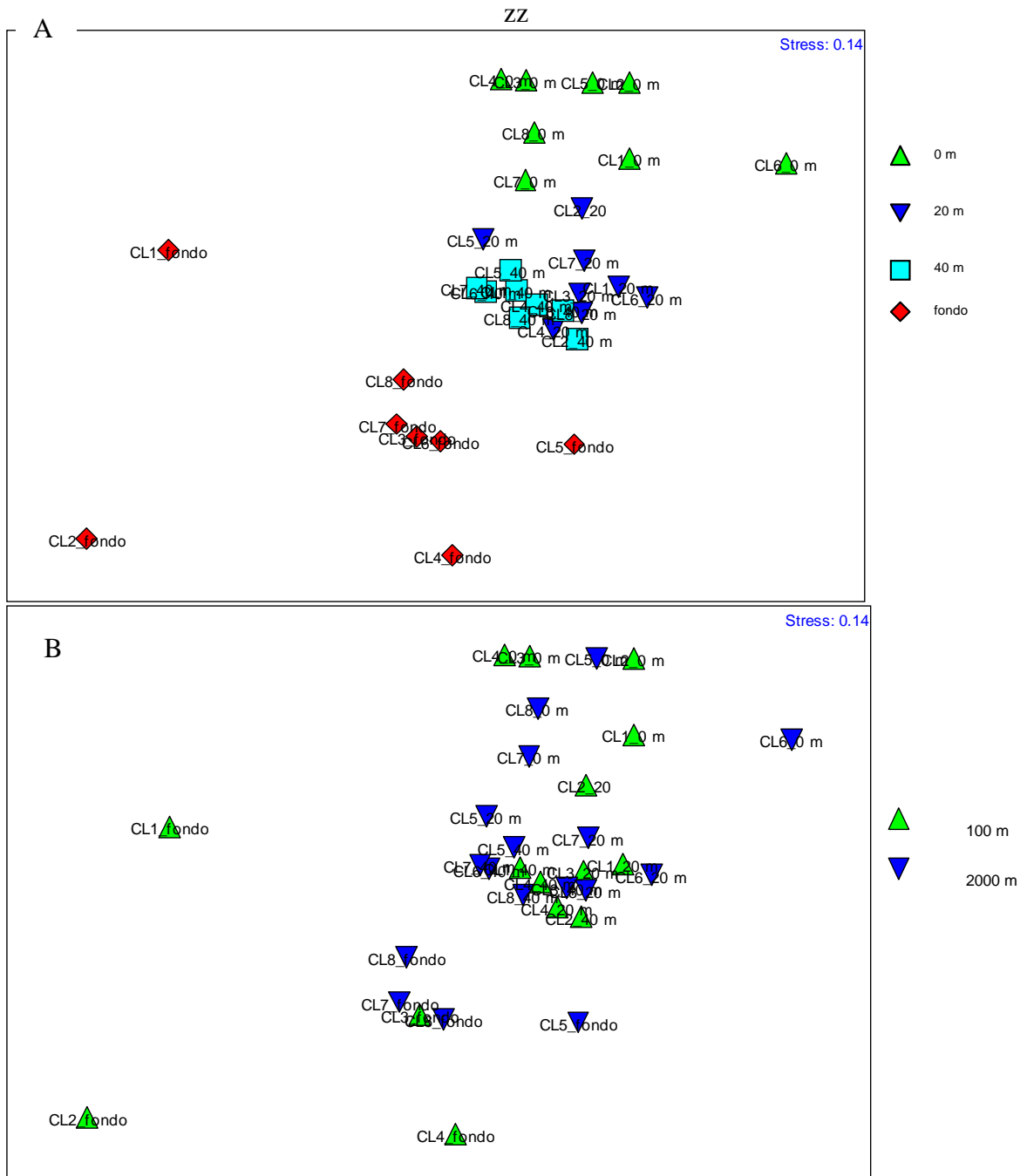


Fig. 3.38 - Settembre 2015. Ordinamento dei campioni di fitoplancton effettuato in base alla composizione in specie e alle abbondanze relative in base alla quota di campionamento (A) e alla distanza dalla piattaforma (B).

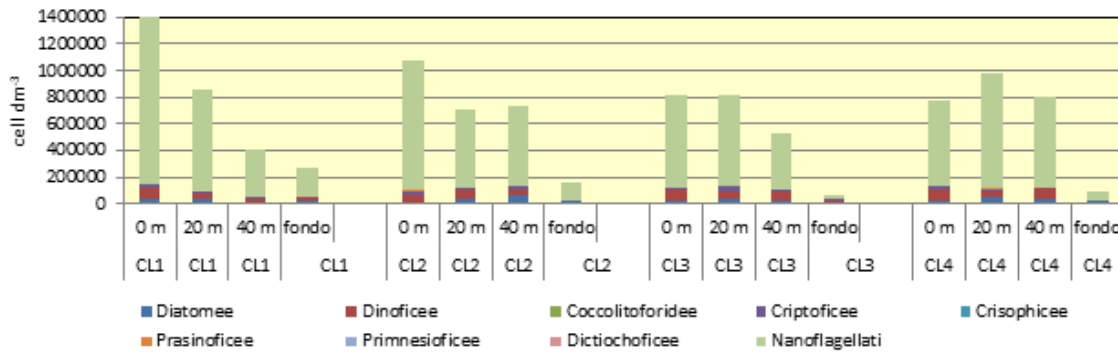


Fig. 3.39 - Novembre 2015. Abbondanze dei taxa fitoplanctonici rinvenuti nelle stazioni poste a **100 m** dalla piattaforma in costruzione.

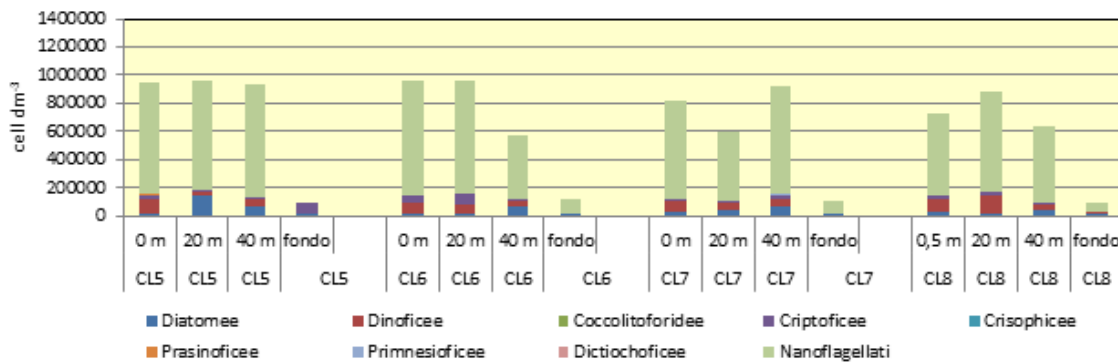


Fig. 3.40 - Novembre 2015. Abbondanze dei taxa fitoplanctonici rinvenuti nelle stazioni poste a **2000 m** dalla piattaforma in costruzione.

Le abbondanze totali medie sono apparse omogenee essendo pari a 656.640 ± 379.172 cell/dm³ per le stazioni a 100 m e a 644.840 ± 350.199 cell/dm³ per quelle posizionate a 2000 m.

Analogamente a quanto rilevato nei survey precedenti, anche in questo caso hanno prevalso le forme flagellate, con un contributo medio delle abbondanze dei Nanoflagellati indeterminati del 79% (fig. 3.41). In misura inferiore hanno contribuito le Diatomee (9%) le Dinoficee (8%) e le Criptoficee (3%). Altri taxa come ad esempio le Coccolitine, le Prasinoficee o le Primnesioficee hanno raggiunto contributi $\leq 1\%$.

Le specie più caratteristiche dei popolamenti fitoplanctonici (fig. 3.42) sono state, tra le forme flagellate, Criptoficee e *Gyrodinium flagellare* (Dinoflagellate) e, tra le Diatomee, *Cerataulina pelagica*, *Proboscia alata* e *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*. Tali specie sono risultate più abbondanti tra la superficie e i 40 m di profondità. Al fondo è risultata meglio rappresentata la diatomea bentonica *Diploneis crabro* e *Cylindrotheca closterium*.

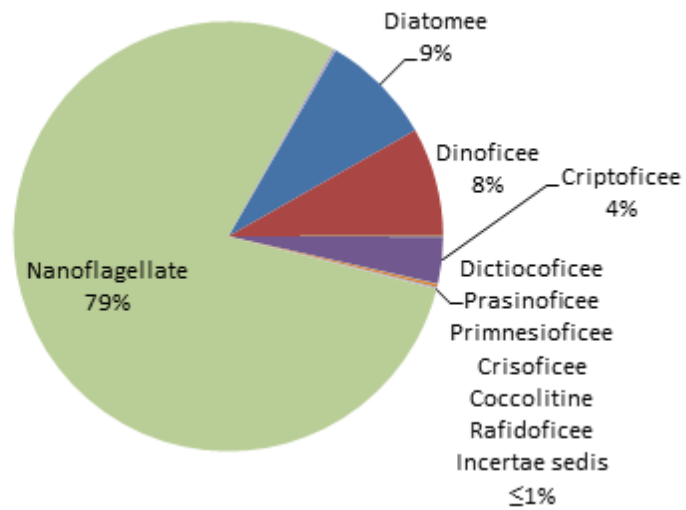


Fig. 3.41 - Novembre 2015. Contributo percentuale medio delle abbondanze dei principali gruppi tassonomici del fitoplancton.

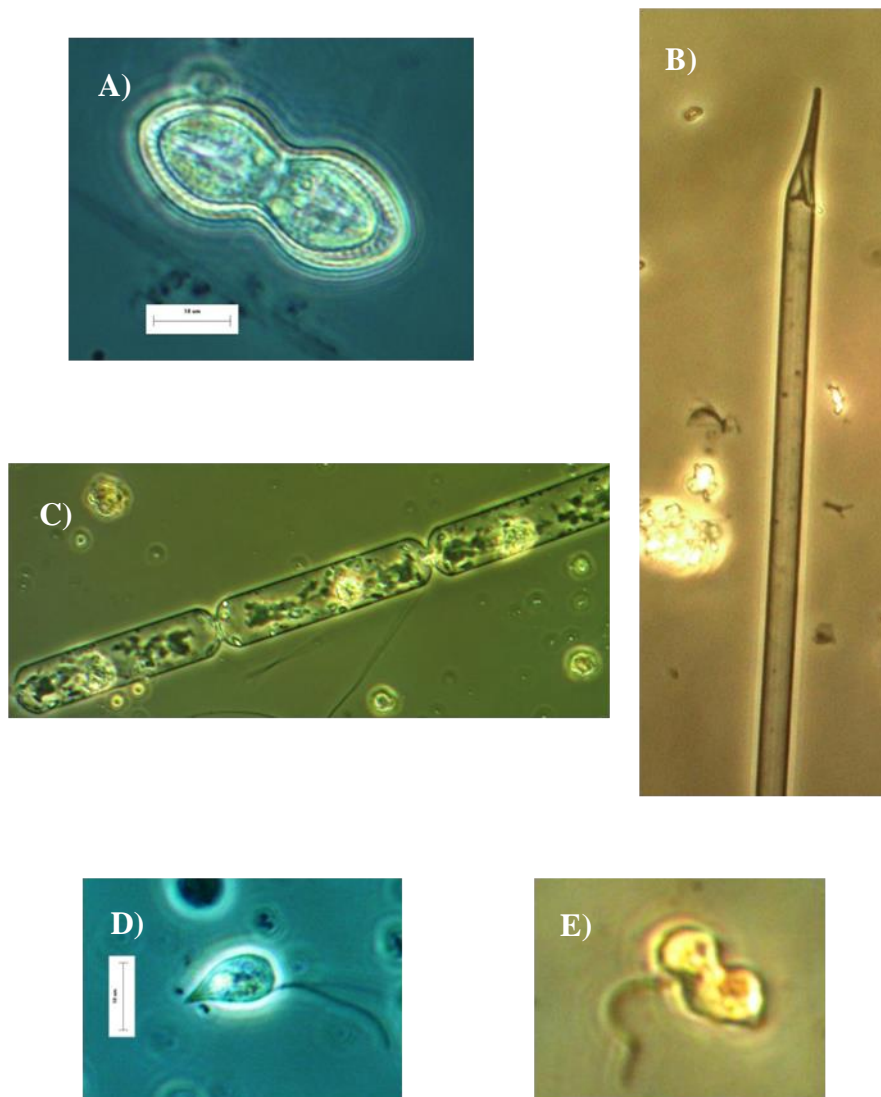


Fig. 3.42 - Novembre 2015. Specie principali rinvenute. A) *Diploneis crabro*; B) *Proboscia alata*; C) *Cerataulina pelagica*; D) *Leucocryptos marina*; E) *Gyrodinium flagellare*.

Come nei survey precedenti, l'MDS (fig. 3.43) non ha evidenziato alcuna distribuzione spaziale dei campioni dovuta al posizionamento delle stazioni rispetto all'area di costruzione della piattaforma, bensì in base alla quota di campionamento: il raggruppamento comprendente i campioni superficiali e quelli prelevati alle quote intermedie (20 m e 40 m) è apparso infatti ben distinto da quello che include i campioni di fondo.

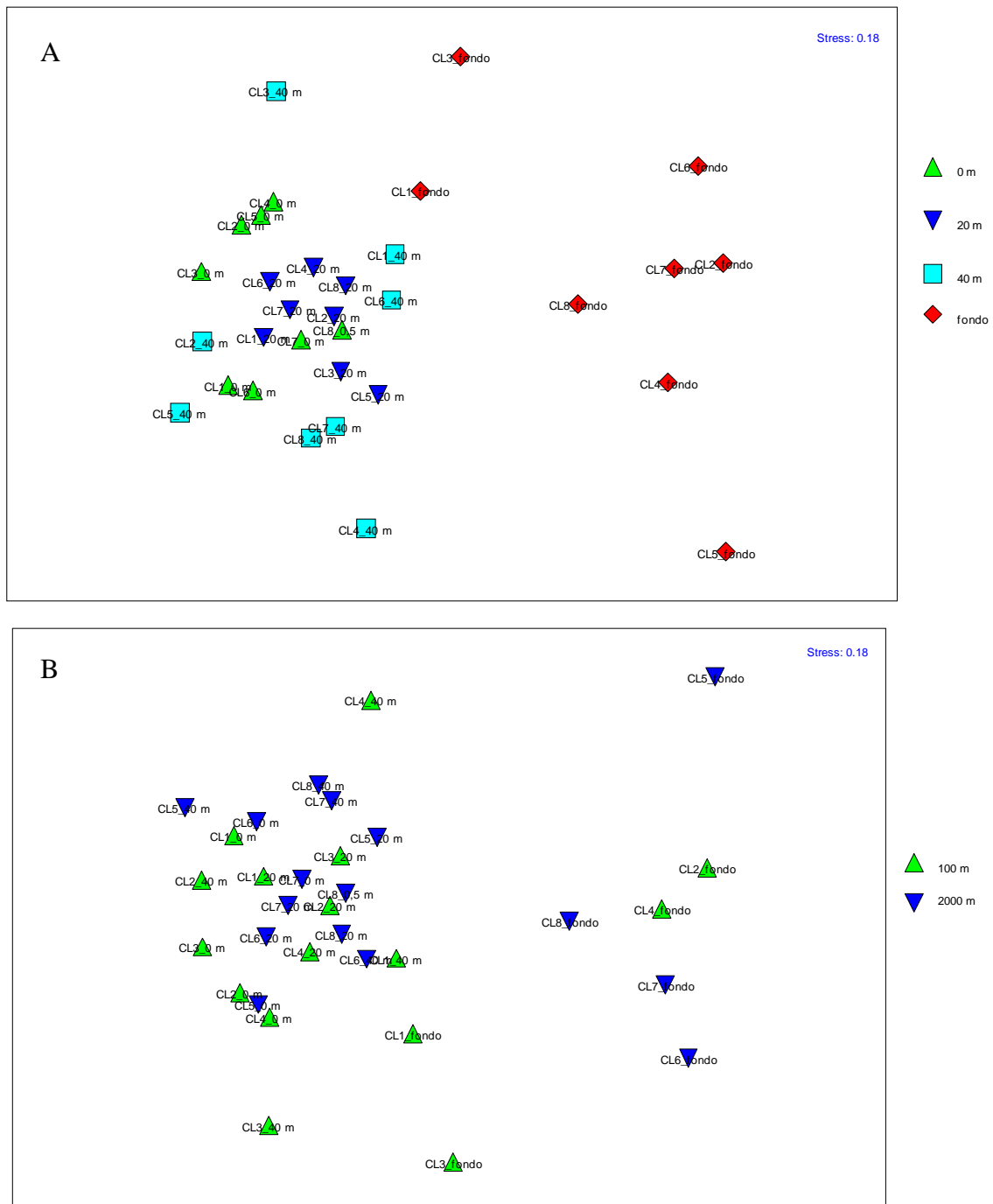


Fig. 3.43 - Novembre 2015. Ordinamento dei campioni di fitoplancton effettuato in base alla composizione in specie e alle abbondanze relative in base alla quota di campionamento (A) e alla distanza dalla piattaforma(B).

3.2.1.1 Confronto fra i monitoraggi effettuati nei pre-survey e durante i lavori di posa in opera

Dal confronto tra i dati registrati nelle campagne di dicembre 2014 e febbraio 2015 (pre-survey) e quelli relativi ai campionamenti condotti a luglio, settembre e novembre 2015 (durante lavori di installazione di Clara NW) è emerso un raggruppamento dei campioni dovuto principalmente alla stagionalità (fig. 3.44): ciò significa che i popolamenti fitoplanctonici sono variati significativamente di mese in mese o di stagione in stagione sia in abbondanza totale che in composizione e abbondanza relativa delle singole specie. I campioni di dicembre 2014 e marzo 2015 sono rappresentativi della stagione invernale, quelli di luglio e settembre 2015 della stagione estiva e quello di novembre 2015 del periodo autunnale.

Anche considerando i campioni in base alla distanza delle stazioni dall'area di installazione della piattaforma si può notare come tutti i siti monitorati durante la fase di pre-survey, campionati a 2000 m o coincidenti con l'area di installazione, siano raggruppati tra loro e si differenzino chiaramente da quelli relativi ai periodi successivi (luglio, settembre e novembre 2015).

Pertanto, sebbene i campioni sembrano differenziarsi nettamente in due raggruppamenti in base alle due fasi di monitoraggio, tale suddivisione così netta non è dovuta all'impatto dei lavori di installazione, bensì all'alternarsi stagionale delle diverse specie fitoplanctoniche. Nel periodo di indagine le abbondanze fitoplanctoniche totali sono mediamente aumentate da dicembre 2014 a novembre 2015 (fig. 3.45).

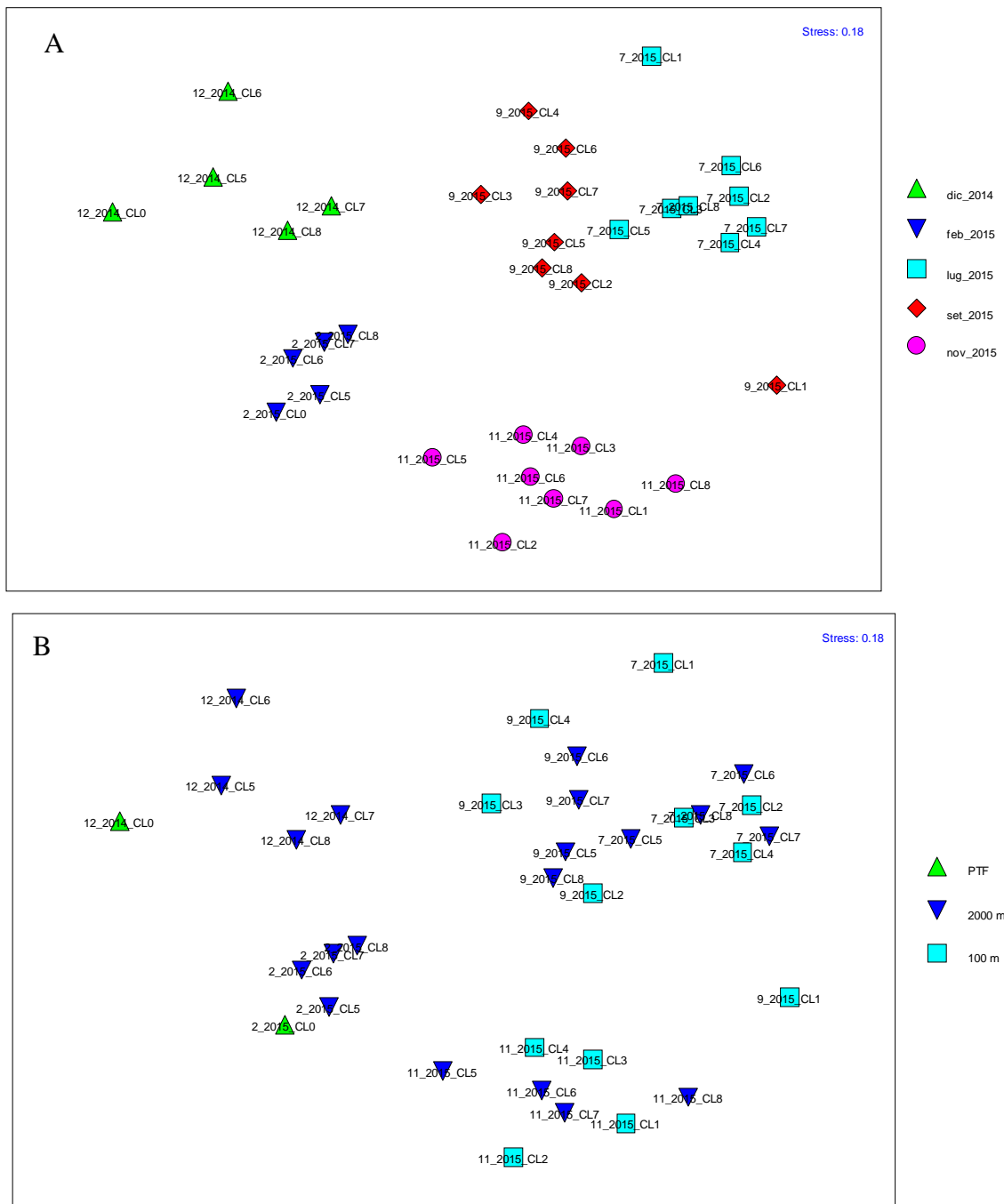


Fig. 3.44 - Ordinamento dei campioni di fitoplancton effettuato in base alla composizione in specie e alle abbondanze relative in base al periodo di campionamento (A) e alla alla distanza dalla piattaforma (B). Dicembre 2014 e febbraio 2015 = fase di pre-survey; luglio, settembre e novembre 2015 = durante i lavori di installazione di Clara NW.

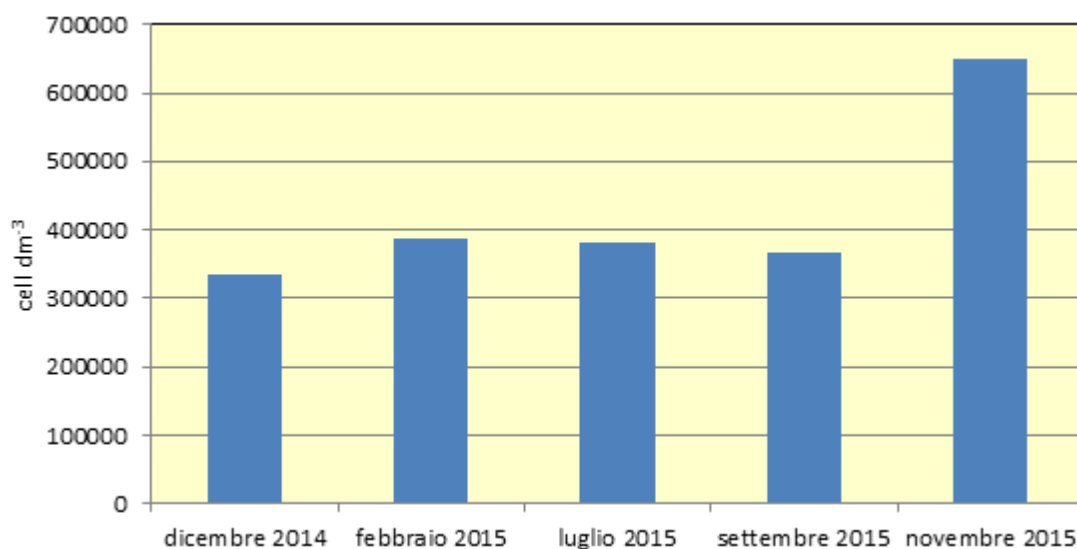


Fig. 3.45 - Abbondanze fitoplanctoniche medie nelle diverse campagne di rilevamento. Dicembre 2014 e febbraio 2015 = fase di pre-survey; luglio, settembre e novembre 2015 = durante i lavori di installazione di Clara NW.

3.2.2. COMUNITÀ ZOOPLANCTONICHE

Nel **luglio 2015** in tutte le stazioni si sono rinvenuti valori di abbondanza conformi alla media del periodo per queste acque (6581 ± 1623 ind./m³; Tab. 3-VIII). Il massimo è stato registrato nella stazione CL4 (3991 ind./m³; fig. 3.46a) e il minimo in CL7 (4862 ind./m³; fig. 3.46b).

Pochi sono stati i taxa che hanno caratterizzato i popolamenti zooplanctonici estivi (Tabb. 3-VIII e 3-IX). In tutte le otto stazioni hanno dominato i Cladoceri e i Copepodi, che complessivamente hanno rappresentato il 35% e il 29% del totale della comunità, e individui appartenenti all'ordine Doliolida e alla classe Appendicularia (26% e 5% rispettivamente; fig. 3.47).

Tra le stazioni poste a 100 m e a 2000 m dall'area di installazione della piattaforma non sono state osservate differenze significative, essendo le abbondanze totali medie pari rispettivamente a 6978 ± 2117 ind./m³ e a 6185 ± 1118 ind./m³.

In **settembre** è stata ottenuta un'abbondanza media di 2912 ± 378 ind./m³, con massimo e minimo registrati rispettivamente in CL2 e CL6 (3737 ind./m³ e 2557 ind./m³; Tab. 3-X; fig. 3.48).

Come a luglio, i taxa che hanno caratterizzato i popolamenti zooplanctonici sono stati pochi (Tab. 3-IX) e, anche in questo caso, hanno dominato i Cladoceri e i Copepodi (con percentuali pari rispettivamente a circa il 49% e il 35% sul totale della comunità) e individui appartenenti alla classe Appendicularia (7%; fig. 3.49).

Le abbondanze medie delle stazioni poste a 100 m e a 2000 m da Clara NW sono risultate molto simili, essendo pari a 3154 ± 400 ind./m³ e a 2669 ± 128 ind./m³ rispettivamente.

Tab. 3-VIII - Lista dei taxa zooplanctonici con relative abbondanze (ind/m³) e percentuali rinvenuti nel luglio 2015.

	luglio 2015															
	CLO1		CLO2		CLO3		CLO4		CLO5		CLO6		CLO7		CLO8	
	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	2400	28	2172	26	2133	31	1193	30	2049	30	1964	26	1595	33	1726	30
Cladoceri	3379	40	3353	40	2431	35	1391	35	1945	29	2634	36	1392	28	1987	35
Amphipoda ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Appendicularia ind.	446	5	457	5	424	6	173	4	325	5	290	4	231	5	252	4
Bivalvia larve ind.	70	1	21	0	8	0	37	1	94	1	62	1	36	1	59	1
Caprellidae ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetognatha ind.	53	1	21	0	25	0	20	0	36	1	18	0	36	1	23	0
Cirripedia larve ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cnidaria ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ctenophora ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Decapoda larve ind.	11	0	7	0	4	0	8	0	7	0	9	0	10	0	3	0
Doliolida ind.	1789	21	2119	25	1709	25	1014	25	2130	32	2231	30	1412	29	1401	25
Echinodermata larve ind.	32	0	35	0	21	0	12	0	33	0	15	0	18	0	15	0
Euphausiacea ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastropoda ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	1	0	0
Gastropoda larve ind.	32	0	3	0	0	0	14	0	36	1	39	1	0	0	64	1
Hydrozoa ind.	7	0	21	0	8	0	4	0	39	1	15	0	13	0	26	0
Isopoda ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Larve ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mysida ind.	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Ostracoda ind.	7	0	5	0	2	0	6	0	2	0	3	0	3	0	3	0
Phoronida larve ind.	11	0	3	0	0	0	2	0	3	0	6	0	0	0	12	0
Polychaeta ind.	2	0	2	0	0	0	4	0	1	0	3	0	1	0	3	0
Polychaeta larve ind.	18	0	14	0	13	0	6	0	13	0	24	0	10	0	23	0
Pteropoda ind.	39	0	28	0	71	1	26	1	16	0	18	0	10	0	12	0
Salpidae ind.	0	0	199	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Siphonophorae ind.	200	2	0	0	105	2	81	2	13	0	86	1	91	2	76	1
Pisces larve	3	0	1	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	2	0
Pisces uova	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uova <i>Engraulis encrasicolus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Totale	8500		8462		6959		3991		6743		7417		4891		5688	

Tab. 3-IX - Presenza/assenza dei taxa zooplactonici rinvenuti nel corso dei monitoraggi condotti durante la fase di installazione di Clara NW.

	luglio 2015	settembre 2015	novembre 2015
Copepodi			
<i>Acartia clausi</i>	*	*	*
<i>Acartia negligens</i>			*
<i>Calanus helgolandicus</i>	*	*	*
<i>Calocalanus contractus</i>		*	
<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*
<i>Calocalanus pavo</i>			*
<i>Calocalanus</i> sp.p.			*
<i>Candacia giesbrechti</i>	*	*	*
<i>Candacia</i> sp.	*		
<i>Centropages ponticus</i>	*		*
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*
<i>Centropages kroyeri</i>		*	
<i>Centropages violaceus</i>			*
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus</i> sp.p.	*		
<i>Clytemnestra</i> sp.	*	*	
<i>Clytemnestra rostrata</i>			*
<i>Copilia</i> sp.p.		*	*
<i>Corycaeus</i> sp.p.	*	*	*
<i>Ctenocalanus vanus</i>	*	*	*
<i>Diaixis pygmaea</i>	*	*	*
<i>Eucheta</i> sp.	*		
<i>Euterpina acutifrons</i>	*	*	*
<i>Farranula rostrata</i>			*
<i>Haloptilus longicornis</i>			*
<i>Isias clavipes</i>		*	
<i>Labidocera wollastoni</i>			*
<i>Lubbockia squillimana</i>			*
<i>Mecynocera clausi</i>	*	*	*
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	*	*	*
<i>Microsetella</i> sp.			*
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>	*		
<i>Oithona nana</i>	*	*	*
<i>Oithona plumifera</i>	*	*	*
<i>Oithona setigera</i>	*	*	*
<i>Oithona similis</i>	*	*	*
<i>Oncaea</i> sp.p.	*	*	*
<i>Paracalanus denudatus</i>			*
<i>Paracalanus nanus</i>			*
<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*
<i>Paraeuchaeta hebes</i>		*	*
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>			*
<i>Sapphirina</i> sp.p.		*	*
<i>Scolecithricella dentata</i>			*
<i>Temora longicornis</i>	*		
<i>Temora stylifera</i>	*	*	*

Tab. 3-IX - Continuo.

		luglio 2015	settembre 2015	novembre 2015
Cladoceri	<i>Penilia avirostris</i>			*
	<i>Evadne spinifera</i>			*
	<i>Evadne nordmanni</i>	*		
	<i>Evadne tergestina</i>	*		
	<i>Podon sp.</i>	*	*	
Altri taxa	Amphipoda ind.		*	*
	Appendicularia ind.	*	*	*
	Bivalvia larve ind.	*	*	*
	Caprellidae ind.			*
	Chaetognatha ind.	*	*	*
	Cirripedia larve ind.			*
	Cnidaria ind.			*
	Ctenophora ind.			*
	Decapoda larve ind.	*	*	*
	Doliolida ind.	*	*	*
	Echinodermata larve ind.	*	*	*
	Euphausiacea ind.			*
	Gastropoda ind.		*	*
	Gastropoda larve ind.	*	*	*
	Hydrozoa ind.	*	*	*
	Isopoda ind.		*	*
	Larve ind.			*
	Mysida ind.	*		*
	Ostracoda ind.	*	*	*
	Phoronida larve ind.	*	*	*
	Polychaeta ind.	*	*	*
	Polychaeta larve ind.	*	*	*
	Pteropoda ind.	*	*	*
	Salpidae ind.		*	*
	Siphonophorae ind.	*	*	*
	Pisces larve	*	*	*
	Pisces uova	*	*	*
	Uova <i>Engraulis encrasicolus</i>	*	*	

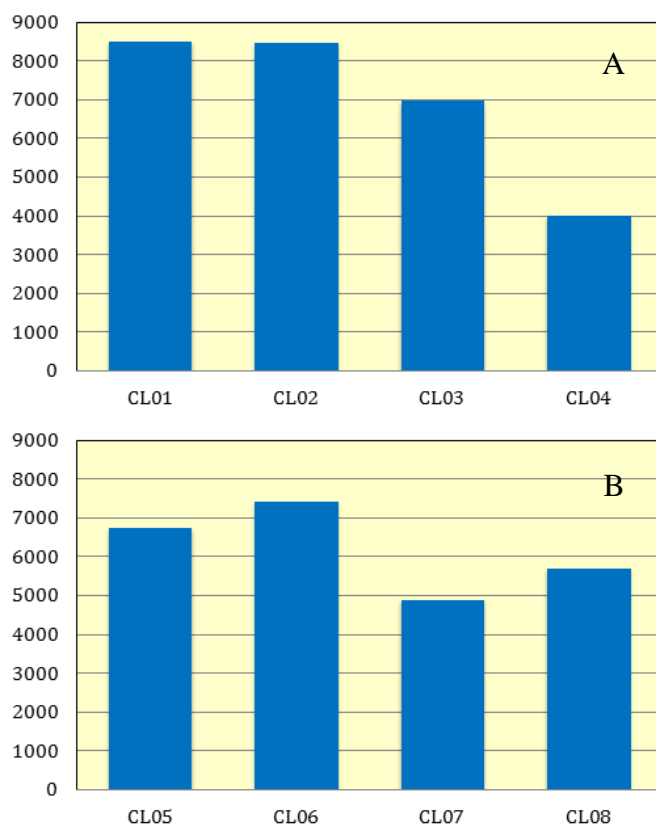


Fig. 3.46 - Luglio 2015. Abbondanze zooplanctoniche totali ind/m³ rinvenute nelle stazioni poste a 100 m (A) e a 2000 m (B) dalla piattaforma in costruzione.

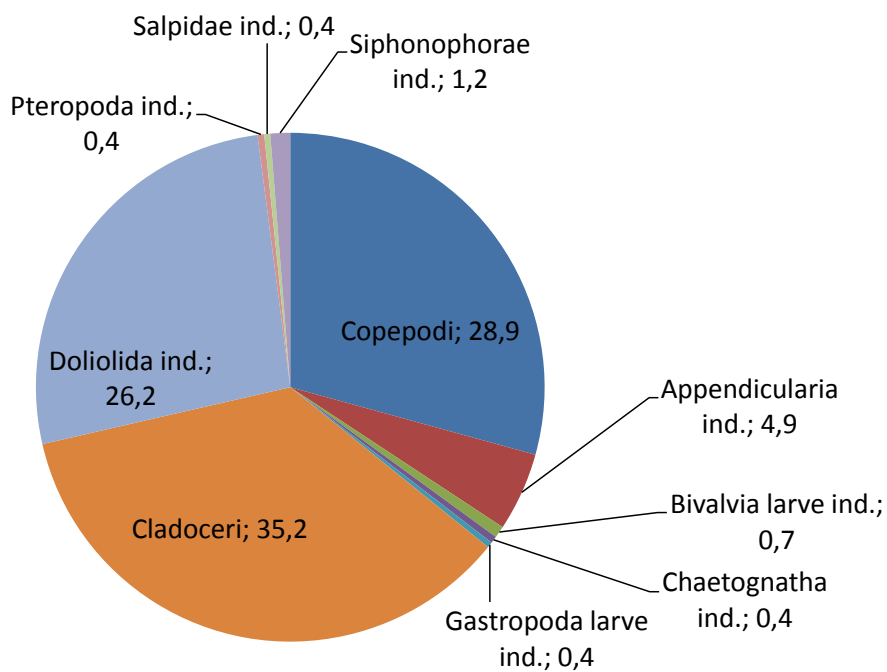


Fig. 3.47 - Luglio 2015. Contributo percentuale medio delle abbondanze dei principali gruppi tassonomici dello zooplancton.

Tab. 3-X - Lista dei taxa zooplanctonici con relative abbondanze (ind/m³) e percentuali rinvenuti nel settembre 2015.

	settembre 2015															
	CL01		CL02		CL03		CL04		CL05		CL06		CL07		CL08	
	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	1055	34	1217	33	915	32	946	32	915	36	1007	39	886	32	1093	39
Cladoceri	1605	52	1877	50	1426	50	1442	49	1210	47	1007	39	1447	52	1332	48
Amphipoda ind.	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Appendicularia ind.	155	5	237	6	237	8	261	9	135	5	258	10	205	7	158	6
Bivalvia larve ind.	41	1	52	1	32	1	25	1	43	2	49	2	59	2	41	1
Caprellidae ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetognatha ind.	65	2	183	5	74	3	92	3	95	4	71	3	70	3	59	2
Cirripedia larve ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cnidaria ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ctenophora ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Decapoda larve ind.	2	0	2	0	2	0	7	0	2	0	4	0	2	0	2	0
Doliolida ind.	34	1	88	2	56	2	74	3	68	3	71	3	45	2	32	1
Echinodermata larve ind.	2	0	29	1	9	0	38	1	16	1	16	1	9	0	9	0
Euphausiacea ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastropoda ind.	0	0	2	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Gastropoda larve ind.	11	0	7	0	38	1	9	0	18	1	31	1	20	1	20	1
Hydrozoa ind.	5	0	0	0	5	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isopoda ind.	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Larve ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mysida ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostracoda ind.	2	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0
Phoronida larve ind.	7	0	2	0	2	0	5	0	2	0	4	0	2	0	1	0
Polychaeta ind.	25	1	0	0	2	0	5	0	2	0	2	0	2	0	3	0
Polychaeta larve ind.	5	0	2	0	2	0	5	0	7	0	7	0	2	0	0	0
Pteropoda ind.	2	0	5	0	9	0	0	0	2	0	4	0	2	0	5	0
Salpidae ind.	20	1	7	0	9	0	29	1	23	1	11	0	14	0	18	1
Siphonophorae ind.	9	0	23	1	11	0	9	0	18	1	13	1	16	1	2	0
Pisces larve	5	0	2	0	5	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Pisces uova	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uova <i>Engraulis encrasicolus</i>	10	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totale	3075		3737		2847		2957		2560		2557		2783		2776	

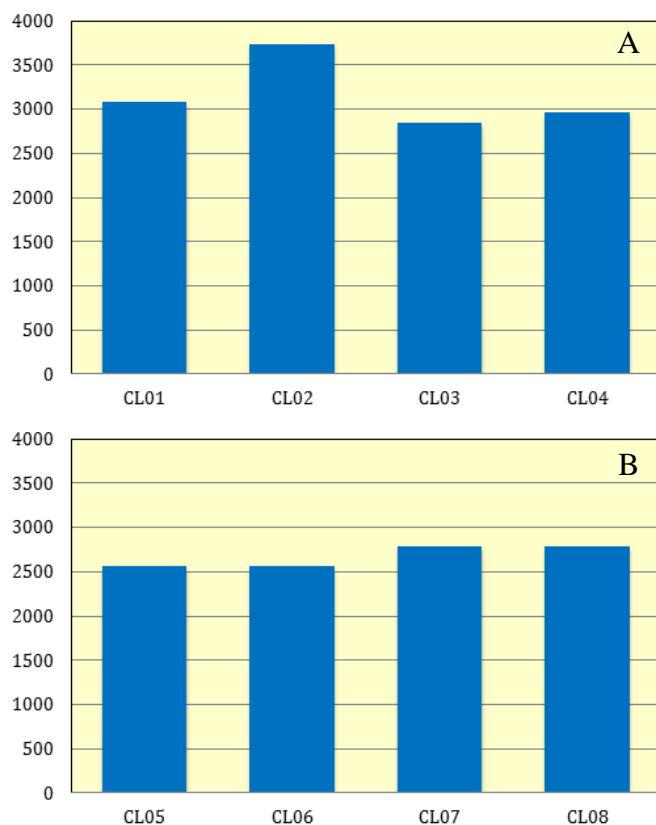


Fig. 3.48 - Settembre 2015. Abbondanze zooplanctoniche totali ind/m³ rinvenute nelle stazioni poste a 100 m (A) e a 2000 m (B) dalla piattaforma in costruzione.

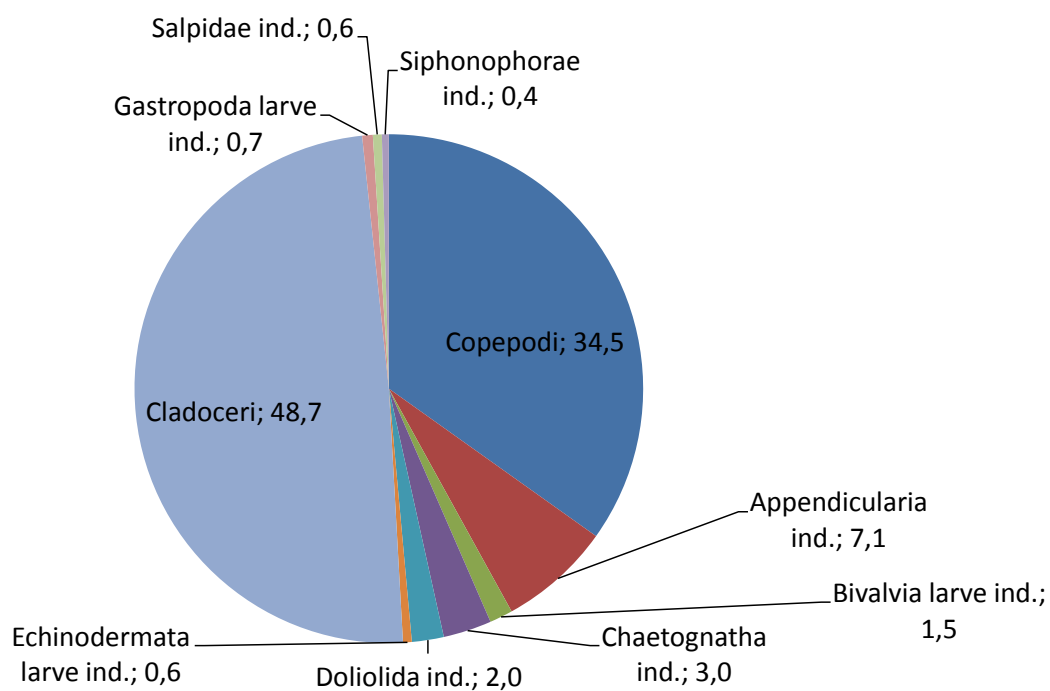


Fig. 3.49 - Settembre 2015. Contributo percentuale medio delle abbondanze dei principali gruppi tassonomici dello zooplancton.

In **novembre** l'abbondanza media relativa a tutte le stazioni è stata di 1659 ± 140 ind./m³, risultando conforme alla media del periodo per l'area in cui è installata Clara NW (Hure e Krsinic, 1998). Massimo (1868 ind./m³) e minimo (1448 ind./m³) sono stati registrati registrati rispettivamente in CL1 e CL8 (Tab. 3-XI; fig. 3.50).

Ancora una volta i popolamenti zooplanctonici sono stati caratterizzati da pochi taxa (Tabb. 3-IX e 3-XI). In tutte le otto stazioni hanno dominato i Copepodi, rappresentanti circa il 64% dell'intera comunità, seguiti da individui appartenenti alla classe Appendicularia, all'ordine Doliolida e al phylum Chaetognatha (11%, 6% e 4% rispettivamente; fig. 3.51; Tab. 3-XI).

Tra le stazioni poste a 100 m dall'area di installazione della piattaforma e quelle di controllo a 2000 m non sono emerse differenze statisticamente significative. Infatti, le abbondanze totali medie sono state rispettivamente pari a 1709 ± 149 ind/m³ e a 1609 ± 129 ind/m³.

Tab. 3-XI - Lista dei taxa zooplanctonici con relative abbondanze (ind/m³) e percentuali rinvenuti nel novembre 2015.

	novembre 2015															
	CL01		CL02		CL03		CL04		CL05		CL06		CL07		CL08	
	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	1159	62	1045	64	1278	71	952	62	1056	62	1126	65	1039	66	883	61
Cladoceri	21	1	32	2	6	0	16	1	16	1	19	1	3	0	22	2
Amphipoda ind.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Appendicularia ind.	216	12	148	9	155	9	118	8	235	14	172	10	149	10	211	15
Bivalvia larve ind.	24	1	11	1	10	1	16	1	19	1	13	1	8	1	11	1
Caprellidae ind.	0	0	54	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetognatha ind.	86	5	0	0	59	3	96	6	67	4	105	6	76	5	69	5
Cirripedia larve ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cnidaria ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ctenophora ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Decapoda larve ind.	2	0	1	0	2	0	1	0	2	0	1	0	1	0	0	0
Doliolida ind.	104	6	102	6	98	5	98	6	96	6	110	6	84	5	75	5
Echinodermata larve ind.	33	2	32	2	28	2	33	2	77	5	32	2	42	3	25	2
Euphausiacea ind.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastropoda ind.	45	2	57	3	17	1	23	1	12	1	20	1	18	1	29	2
Gastropoda larve ind.	12	1	11	1	10	1	41	3	8	0	5	0	8	1	17	1
Hydrozoa ind.	27	1	32	2	15	1	25	2	11	1	30	2	17	1	22	2
Isopoda ind.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Larve ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mysida ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostracoda ind.	50	3	22	1	36	2	49	3	32	2	40	2	28	2	36	2
Phoronida larve ind.	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Polychaeta ind.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Polychaeta larve ind.	53	3	46	3	26	1	19	1	40	2	13	1	56	4	25	2
Pteropoda ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salpidae ind.	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0
Siphonophorae ind.	33	2	51	3	46	3	44	3	29	2	35	2	31	2	19	1
Pisces larve	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pisces uova	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uova <i>Engraulis encrasicolus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totale	1868		1645		1789		1534		1701		1726		1563		1448	

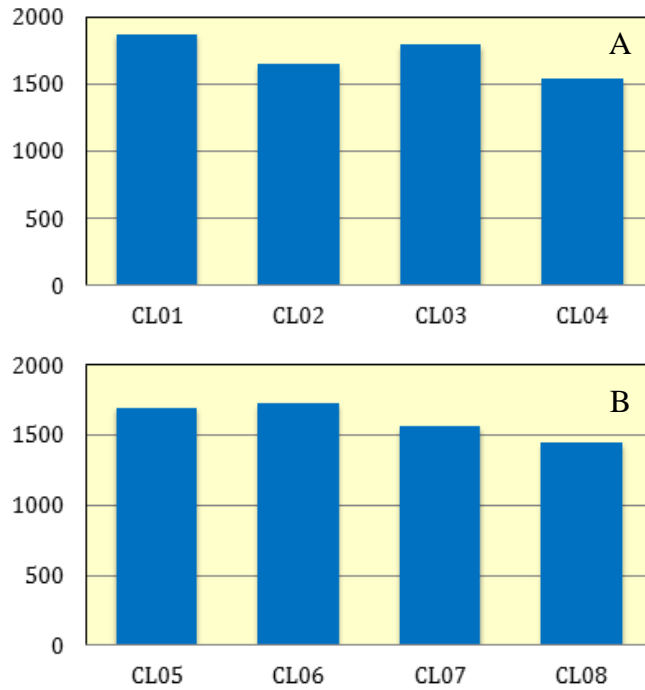


Fig. 3.50 - Novembre 2015. Abbondanze zooplanctoniche totali ind/m³ rinvenute nelle stazioni poste a 100 m (A) e a 2000 m (B) dalla piattaforma in costruzione.

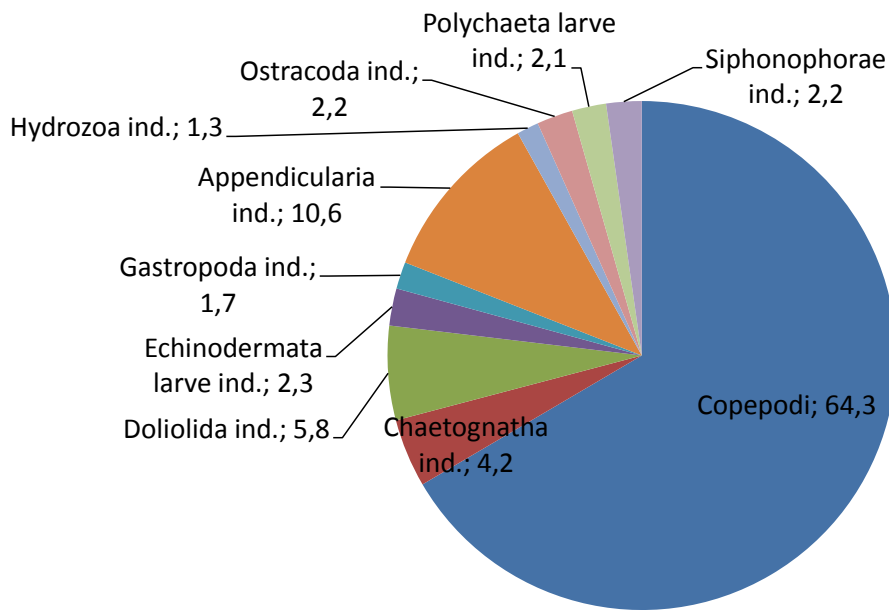


Fig. 3.51 - Novembre 2015. Contributo percentuale medio delle abbondanze dei principali gruppi tassonomici dello zooplancton.

3.2.2.1 Confronto fra i monitoraggi effettuati nei pre-survey e durante i lavori di posa in opera

Con lo scopo di verificare se i lavori di installazione avessero influenzato le abbondanze e la composizione specifica dello zooplancton nell'area di posa in opera della piattaforma stessa, è stato fatto un confronto tra i popolamenti zooplanctonici relativi ai campionamenti di dicembre 2014 e febbraio 2015 effettuati entrambi nella fase di pre-survey e quelli relativi fase di costruzione di Clara NW.

L'ordinamento risultante ha messo in evidenza un raggruppamento dei campioni dovuto principalmente alla stagionalità: ciò significa che i popolamenti zooplanctonici sono variati significativamente sia in abbondanza totale che in composizione e abbondanza relativa dei singoli taxa di mese in mese o di stagione in stagione. I dati relativi ai campionamenti di dicembre 2014 e febbraio 2015 sono rappresentativi della stagione invernale, quelli di luglio e settembre della stagione estiva e quello di novembre della stagione autunnale.

L'analisi effettuata in base alla distanza delle stazioni dall'area di installazione della piattaforma (0 m e 100 m; 2000 m; fig. 3.52a) evidenzia come le stazioni si raggruppino in base alla stagionalità. In generale, i campioni più vicini al punto di installazione della piattaforma si raggruppano con i quelli relativi alle stazioni monitorate negli stessi periodi ma distanti 2000 m, differenziandosi invece chiaramente dai campioni relativi ai periodi stagionali diversi.

Anche il confronto dei campioni effettuato rispetto alle fasi di installazione della piattaforma (fasi di pre-survey e durante i lavori) ha evidenziato raggruppamenti distinti in base esclusivamente al periodo temporale in cui sono stati effettuati i prelievi di zooplancton (fig. 3.52b).

Nel periodo di monitoraggio le abbondanze zooplanctoniche totali hanno presentato un andamento stagionale con massimi in estate (luglio 2015; 6581 ± 1623 ind/m³) e minimi assoluti nel periodo più freddo (dicembre 2014; 413 ± 102 ind/m³; fig. 3.53).

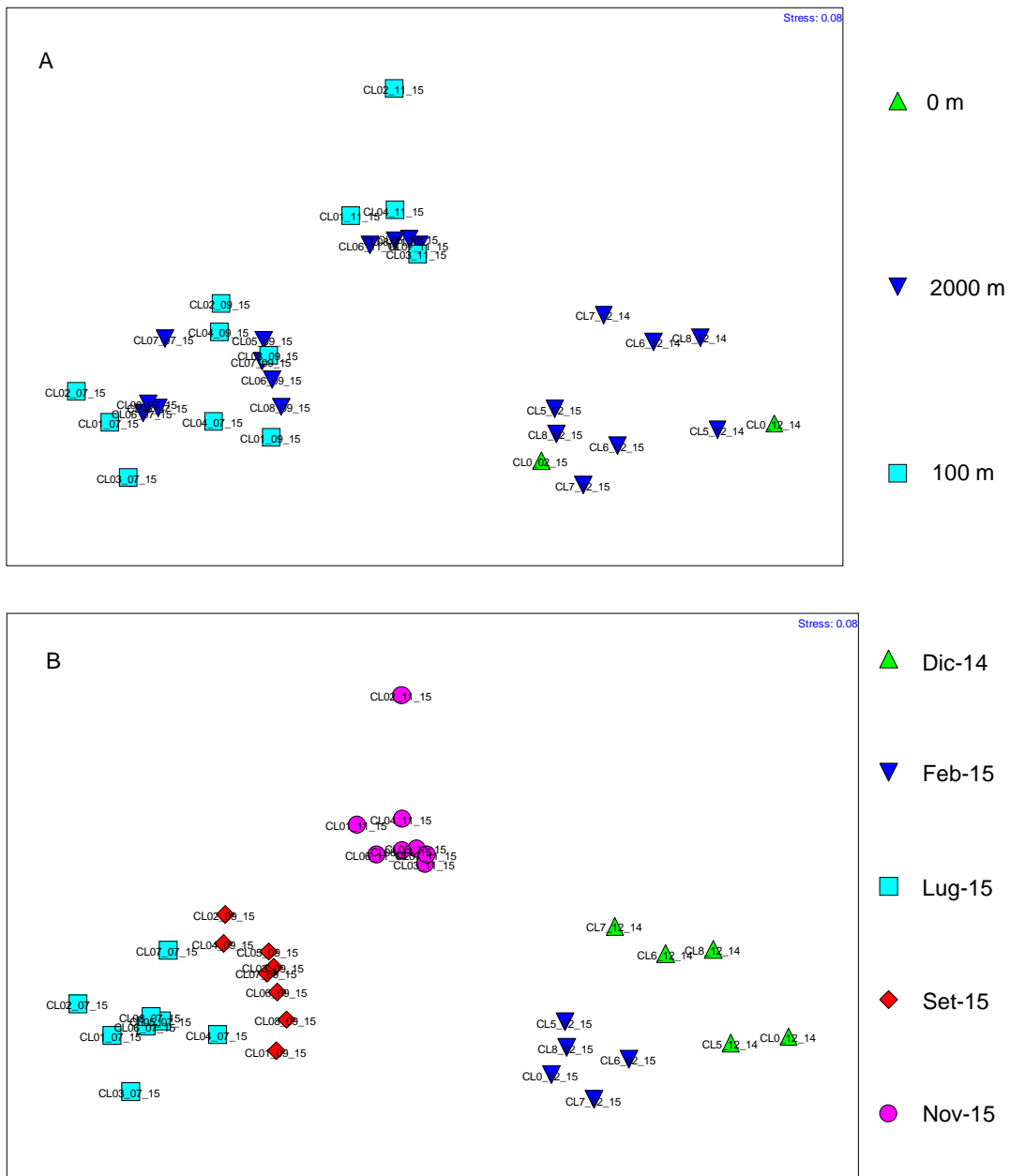


Fig. 3.52 - Ordinamento dei campioni di zooplankton effettuato in base alla composizione in taxa e alle abbondanze relative in base alla distanza dalla piattaforma (A) e alla data di campionamento (B). Dicembre 2014 e febbraio 2015 = fase di pre-survey; luglio, settembre e novembre 2015 = durante i lavori di installazione di Clara NW.

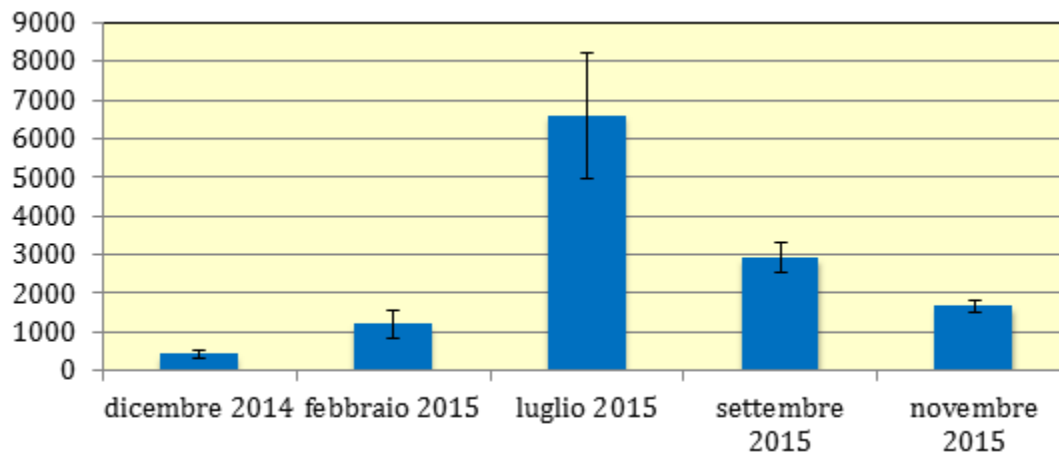


Fig. 3.53 - Abbondanze zooplanctoniche medie espresse in ind/m³ nei diversi survey. Dicembre 2014 e febbraio 2015 = fase di pre-survey; luglio, settembre e novembre 2015 = durante i lavori di installazione di Clara NW.

3.3. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

3.3.1. GRANULOMETRIA

All'analisi visiva tutti i sedimenti monitorati durante i lavori di installazione di Clara NW non mostravano differenze tra loro (fig. 3.54). Al tatto risultava dominante la frazione pelitica analogamente a quanto osservato nel pre-survey.

L'analisi granulometrica (fig. 3.55, Tab. 3-XII) ha confermato la prevalenza in tutti i campioni della frazione siltosa, il cui picco è stato rilevato in corrispondenza di Clara NE (52,13%) e il minimo in A3 (48,52%). L'argilla ha costituito la seconda componente più abbondante, oscillando tra il 36,47% (K4) e il 37,92% (B6). Infine, la componente sabbiosa ha rappresentato una parte molto modesta dei campioni, mai superiore al 14% (massimo del 13,97% in A3). Non sono state rilevate discrepanze tra siti entro 60 m da Clara NW e controlli per alcuna delle tre componenti granulometriche.

Tutti i campioni sono stati classificati come silt argillosi (All. B), confermando quanto emerso dalle indagini del pre-survey rispetto al quale, infatti, le variazioni osservate sono apparse molto modeste. Esse sono consistite in un generale decremento della sabbia in tutti i siti indagati con differenze tra i due campionamenti mai superiori al 5,5%. Le altre frazioni hanno subito variazioni ancora più limitate, rappresentate nella maggior parte dei casi da aumenti, ad indicare che le operazioni di posa della piattaforma non hanno comportato alterazioni nella tessitura dei sedimenti.

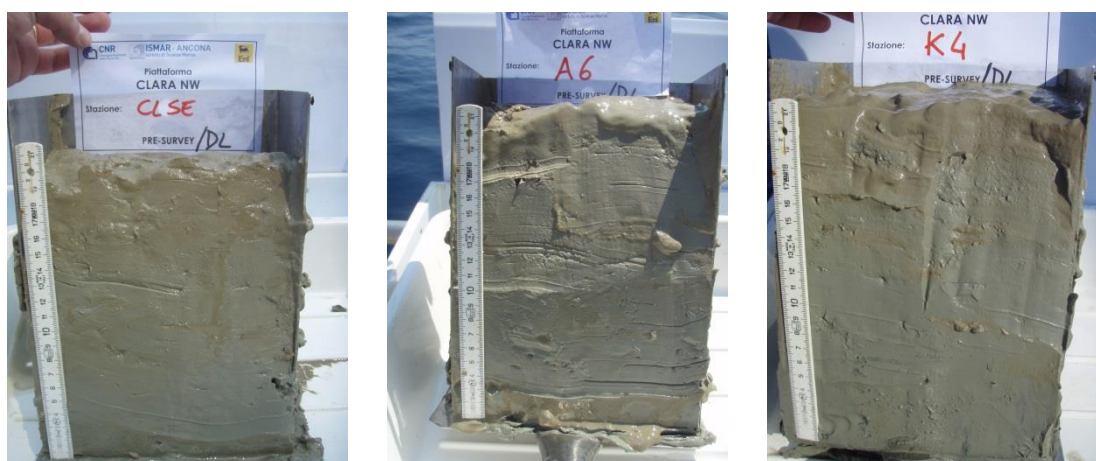


Fig. 3.54 - Campioni di sedimento raccolti in corrispondenza dei siti CL SE, A6 e K4 durante i lavori di installazione di Clara NW.

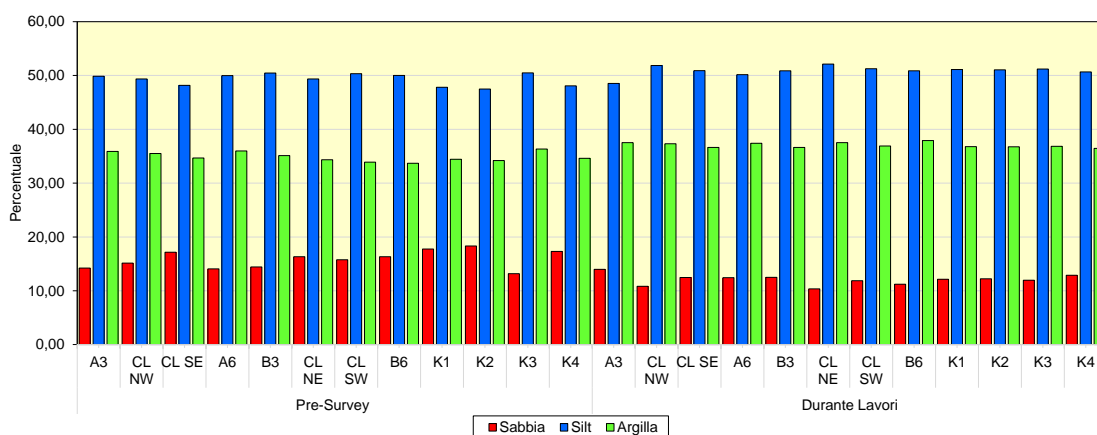


Fig. 3.55 - Ripartizione delle classi granulometriche, espresse in percentuale, nei sedimenti analizzati nel pre-survey e durante le operazioni di installazione di Clara NW.

Tab. 3-XII - Composizione percentuale delle principali classi granulometriche dei sedimenti analizzati nel pre-survey e durante le operazioni di installazione di Clara NW. I siti corrispondenti alla piattaforma sono evidenziati in rosso.

	Pre-survey			Durante lavori		
	Sabbia	Pelite		Sabbia	Pelite	
		Silt	Argilla		Silt	Argilla
A3	14,23	49,87	35,90	13,97	48,52	37,51
CL NW	15,15	49,34	35,51	10,83	51,85	37,32
CL SE	17,17	48,16	34,67	12,46	50,90	36,64
A6	14,07	49,97	35,97	12,45	50,16	37,39
B3	14,44	50,45	35,11	12,50	50,88	36,62
CL NE	16,33	49,34	34,33	10,35	52,13	37,52
CL SW	15,76	50,34	33,90	11,86	51,25	36,89
B6	16,32	50,00	33,68	11,21	50,87	37,92
K1	17,77	47,81	34,42	12,13	51,09	36,78
K2	18,32	47,49	34,19	12,22	51,04	36,74
K3	13,19	50,48	36,33	11,96	51,19	36,85
K4	17,31	48,08	34,61	12,87	50,66	36,47

3.3.2. IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

I dati acquisiti durante i lavori di installazione della piattaforma Clara NW hanno confermato sostanzialmente quelli del pre-survey (Tab. 3-XIII). In entrambe le campagne i vari composti hanno infatti presentato comportamenti diversi tra loro. Nel secondo survey, così come nel primo, molti di essi sono risultati presenti in tutti i siti (Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(ghi)perilene, Benzo(k)fluorantene, Crisene, Fenantrene, Fluorantene, Indeno(1,2,3-c,d) pirene, Pirene) o in quasi tutti (Naftalene). Il Dibenzo(a,h)antracene, invece, è stato rilevato unicamente nei siti A e B posti a 60 m dalla piattaforma, mentre l'Acenafilene è stato osservato solo in CL NW.

I restanti composti non sono stati rilevati. L'unica variazione degna di nota rispetto al pre-survey riguarda l'Antracene, che nel pre-survey era apparso diffusamente presente mentre durante lavori non è stato affatto rilevato.

Tab. 3-XIII - Concentrazioni degli Idrocarburi Policiclici Aromatici ($\mu\text{g}/\text{kg}$ s.s.) nei sedimenti prelevati nel pre-survey e durante le operazioni di installazione di Clara NW. Le stazioni poste in corrispondenza della 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	Pre-survey											
		A3	CL NW	CL SE	A6	B3	CL NE	CL SW	B6	K1	K2	K3	K4
Naftalene	35	3,50	3,70	2,68	3,40	3,10		3,30	3,90	3,20	2,90	3,5	4,20
Acenaftene	7	3,90											
Fluorene	21												1,20
Fenantrene	87	3,20	3,70	1,96	2,40	3,60	3,80	3,20	3,10	2,60	3,00	2,10	5,10
Antracene	47	5,60	11,20		6,70	3,90	10,30	3,20	6,70	10,40	9,70	9,00	7,00
Fluorantene	113	3,70	3,80	2,48	3,30		3,30	3,70	3,60	3,20	3,40	3,30	4,80
Pirene	153	4,70	4,10	1,77	3,90		3,20	4,80	4,30	3,50	3,70	3,90	4,50
Benzo (a) antracene	75	1,1	1,90	1,36	1,50	2,00	4,50	1,70	1,50	1,20	1,40	1,30	2,00
Crisene	108	3,70	4,00	1,23	3,80	4,30	7,60	3,70	3,80	2,80	3,80	3,70	5,10
Benzo (b) fluorantene		8,40	8,40	6,23	11,00	10,30	8,10	9,00	9,40	8,70	9,00	9,20	14,20
Benzo (k) fluorantene		4,00	5,9	5,09	6,20	4,60	4,70	6,70	5,30	9,10	6,50	9,50	15,10
Benzo (a) pirene	80	1,40		1,29	1,60	1,60		1,60	2,20	1,30			1,10
Dibenzo (a, h) antracene	6												
Benzo (g, h,i) perilene		6,60	8,50	3,62	5,70	8,40	7,20	7,60	7,80	5,30	6,70	6,50	10,70
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene		8,80	9,60	6,00	7,60	10,40	9,70	9,10	10,00	7,60	8,80	8,30	13,90
Acenaftilene				4,71									
Totale	900	58,60	64,60	38,42	57,20	52,00	62,50	57,50	61,50	59,00	58,90	60,30	88,80

	LCB	Durante Lavori											
		A3	CL NW	CL SE	A6	B3	CL NE	CL SW	B6	K1	K2	K3	K4
Naftalene	35	2,83	2,68		2,47	2,26	2,52	1,72	2,36	2,09	1,99	2,22	
Acenaftene	7												
Fluorene	21												
Fenantrene	87	2,82	1,96	2,61	2,42	2,59	2,55	2,63	2,57	2,40	2,50	2,24	2,90
Antracene	47												
Fluorantene	113	2,82	2,48	2,53	2,45	2,69	2,15	2,29	2,70	2,13	2,28	2,32	3,19
Pirene	153	2,42	1,77	1,98	2,53	2,19	1,88	1,96	2,05	1,64	1,99	1,75	2,41
Benzo (a) antracene	75	1,37	1,36	1,49	1,28	1,41	1,10	1,12	1,76	1,10	1,12	1,02	2,57
Crisene	108	1,95	1,23	1,77	1,54	1,80	1,66	1,48	1,87	1,27	1,49	1,47	2,17
Benzo (b) fluorantene		12,00	6,23	3,94	7,89	9,73	6,16	7,87	6,33	6,24	7,46	4,87	6,34
Benzo (k) fluorantene		7,75	5,09	3,83	5,74	6,87	4,40	2,88	5,27	4,92	3,66	4,69	6,14
Benzo (a) pirene	80	2,16	1,29	1,61	1,98	1,96	1,36	1,48	1,89	1,44	1,73	1,74	2,35
Dibenzo (a, h) antracene	6	1,82			1,86	1,72			1,83				
Benzo (g, h,i) perilene		6,52	3,62	4,49	6,21	5,56	4,10	4,28	5,65	4,21	5,00	4,81	5,49
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene		9,75	6,00	6,91	9,76	9,07	6,42	7,08	9,79	7,35	8,11	7,78	9,05
Acenaftilene			4,71										
Totale	900	54,21	38,42	31,16	46,13	47,85	34,3	34,79	44,07	34,79	37,33	34,91	42,61

In tutti i casi i tenori sono risultati sempre molto bassi, come si evince anche dai valori di IPA totali (Tab. 3-XIII; fig. 3.56), ben al di sotto degli LCB indicati dal Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini (ICRAM-APAT, 2007) e notevolmente inferiori agli Standard di Qualità Ambientale (SQA) riportati per i sedimenti di corpi idrici marino-costieri e di transizione nei DM 56/2009, DM 260/2010 e DM 172/2015.

Inoltre, nonostante le concentrazioni totali fossero già molto basse nel pre-survey, nel campionamento successivo è avvenuto un decremento di entità paragonabile in tutti i siti.

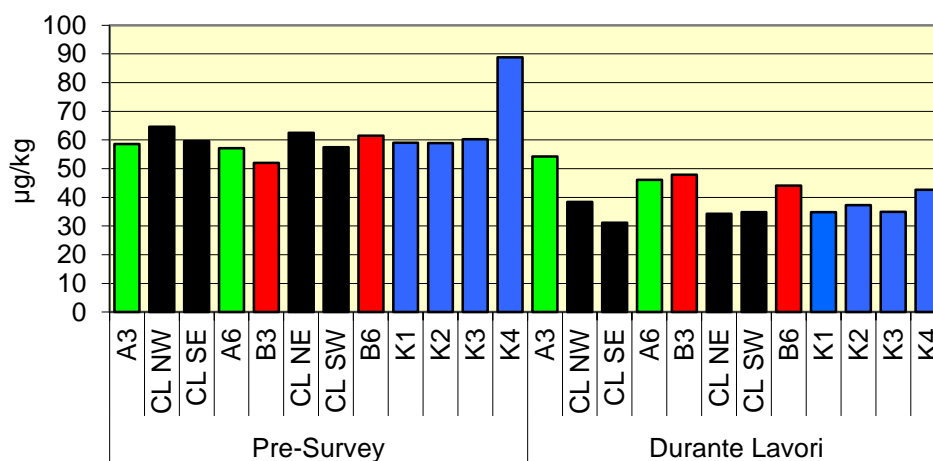


Fig. 3.56 - Concentrazioni ($\mu\text{g}/\text{kg}$ s.s.) nei sedimenti prelevati nel pre-survey e durante le operazioni di installazione di Clara NW. Le stazioni poste in corrispondenza della piattaforma sono evidenziate in nero.

3.3.3. IDROCARBURI TOTALI

Le concentrazioni degli idrocarburi leggeri ($C < 12$) sono risultate in tutti i casi al di sotto del limite di quantificazione sia nel pre-survey, sia nel monitoraggio condotto durante l'installazione della piattaforma.

Per quanto riguarda gli idrocarburi pesanti ($C > 12$; Tab. 3-XIV; fig. 3.57), durante i lavori i tenori nei siti A e B a 60 m dalla struttura sono oscillati tra 37,8 mg/kg (A6) e 64,1 mg/kg (A3) risultando pertanto in linea, eccetto A3, con la media dei controlli ($44,3 \pm 5,55$ mg/kg). Anche in prossimità della piattaforma le concentrazioni sono apparse modeste e complessivamente confrontabili con i riferimenti tranne in corrispondenza di CL NW, dove è stato registrato un picco (95,3 mg/kg) circa doppio rispetto alla media dei siti K.

Dal confronto con i dati del pre-survey si può osservare un comportamento non univoco tra le varie stazioni di campionamento. Le variazioni maggiori sono avvenute in prossimità della piattaforma dove questi contaminanti hanno subito un forte incremento, registrato anche nei controlli K1 e K3 ma in misura minore. Comportamento opposto, con variazioni

ancor più marcate, è stato osservato nei siti A e B; un decremento è avvenuto anche nei riferimenti K2 e K4 ma in misura decisamente inferiore.

Nel complesso, l'elevata variabilità dei dati non consente di identificare delle relazioni causa-effetto con le attività in corso. Inoltre va sottolineato che tutti i valori osservati nel durante lavori sono risultati notevolmente inferiori a quelli registrati nell'intorno della futura piattaforma nel pre-survey, rappresentativi pertanto dello stato naturale dell'area.

Tab. 3-XIV – Idrocarburi (mg/kg) C>12 rilevati nei sedimenti campionati nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Clara NW. In rosso i siti corrispondenti alla piattaforma.

	Pre-Survey	Durante Lavori
A3	358,3	64,1
CL NW	26,6	95,3
CL SE	<5,0	47,1
A6	253,2	37,8
B3	184,0	41,0
CL NE	13,6	36,5
CL SW	14,7	44,2
B6	224,9	39,8
K1	19,5	45,0
K2	45,7	36,3
K3	22,0	47,5
K4	65,1	48,5

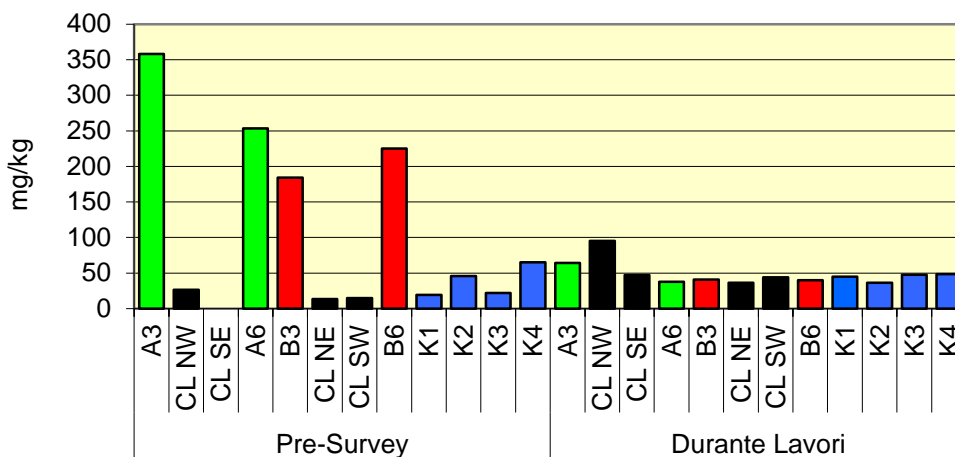


Fig. 3.57 - Idrocarburi (mg/kg) C>12 rilevati nei sedimenti campionati nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Clara NW. In nero i siti in cui è installata la piattaforma.

3.3.4. METALLI PESANTI

I contenuti dei metalli pesanti rilevati nell'inverno 2012 sono riportati in fig. 3.58 e in Tab. 3-XV. Nella discussione che segue vengono riportati gli SQA indicati nei DM 56/2009,

DM 260/2010 e DM 172/2015 per cadmio, mercurio, piombo, nichel, arsenico e cromo, unici metalli per i quali sono disponibili.

Alluminio – Le percentuali di alluminio rilevate durante i lavori di installazione di Clara NW nei siti CL e in quelli a 60 m dalla piattaforma sono risultate modeste e mediamente (\pm dev. st.) confrontabili con i controlli (60 m: $2,48 \pm 0,33\%$; CL: $2,36 \pm 0,17$; K: $2,68 \pm 0,22\%$), senza esibire particolari pattern spaziali. Dal confronto con i dati del pre-survey emerge un decremento generalizzato che non ha interessato solo A6 e K1, anche se le differenze tra i due campionamenti sono irrilevanti; ciò indica che l'alluminio non è stato influenzato dalle attività che si stavano svolgendo nell'area.

Arsenico – Le concentrazioni rilevate durante i lavori di installazione entro i 60 m di distanza sono apparse modeste e mediamente del tutto confrontabili con i controlli (60 m: $10,12 \pm 1,60$; CL: $10,46 \pm 0,93$; K: $10,10 \pm 0,34$ mg/kg), senza esibire particolari pattern spaziali. I valori riscontrati sono del tutto in linea con quelli tipici dell'area registrati nel pre-survey poiché le variazioni osservate, consistenti per lo più in decrementi, sono da considerare trascurabili.

In entrambi i monitoraggi le concentrazioni sono risultate inferiori allo Standard di Qualità Ambientale (SQA) dei sedimenti riportato nella Tab. 3/B del DM 2015/172 (12 mg/kg s.s.), eccetto in tre casi nel pre-survey (A3, B3 e K2) in cui è stato di poco superato.

Bario – Le concentrazioni di bario rilevate durante la posa in opera della piattaforma nei siti posti a 60 m di distanza dalla struttura sono risultate del tutto in linea con quelle dei controlli K1, K2, K4, inferiori rispetto al controllo K3 e mediamente confrontabili (60 m: $78,16 \pm 12,81$; K: $89,81 \pm 47,26$ mg/kg). Anche i tenori dei siti corrispondenti alla piattaforma, eccetto quello di CL NW, sono apparsi inferiori o simili a K3 e mediamente confrontabili con i riferimenti a causa dell'elevata variabilità (CL: $149,85 \pm 70,89$ mg/kg). Se si analizzano però le singole stazioni emerge che presso CL NW e CL SE le concentrazioni (247,11 mg/kg e 156,73 mg/kg) sono risultate pari rispettivamente a 2,8 e a 1,7 volte la media dei riferimenti.

Rispetto al pre-survey nella maggior parte dei siti non sono state osservate variazioni degne di nota. Solo in corrispondenza della piattaforma e limitatamente a CL NW e CL SE il bario è rispettivamente triplicato e raddoppiato nel secondo campionamento. Seppur in termini assoluti i tenori raggiunti siano ancora modesti, i dati potrebbero rappresentare l'inizio di un fenomeno di accumulo nei sedimenti di quelle stazioni.

Cadmio – Le concentrazioni di cadmio sono risultate molto basse e omogenee ovunque, come si evince dai valori medi (60 m: $0,050 \pm 0,006$; CL: $0,058 \pm 0,009$; K: $0,058 \pm 0,003$

mg/kg). Rispetto al pre-survey è avvenuto un generale decremento che comunque può ritenersi trascurabile visti i tenori tanto modesti.

In tutto il periodo le concentrazioni sono risultate ampiamente inferiori all'SQA riportato nella Tab. 3/A del DM 2015/172 (0,3 mg/kg s.s.).

Tab. 3-XV - Concentrazioni (mg/kg s.s.; Al e Fe espressi in %) dei metalli in tracce presenti nei sedimenti prelevati nel pre-survey (PS) e durante le operazioni di installazione della piattaforma (DL). In rosso le stazioni campionate nel sito in cui è installata Clara NW.

	Al		As		Ba		Cd		Cr		Cu		Fe	
	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL
A3	2,65	2,61	12,07	10,86	78,69	94,87	0,075	0,042	74,25	69,83	15,44	16,05	2,55	2,50
CL NW	3,05	2,40	9,31	9,59	83,41	247,11	0,086	0,056	79,09	63,23	15,42	15,91	2,66	2,28
CL SE	3,02	2,47	10,76	11,36	80,09	156,73	0,105	0,070	79,37	66,71	15,72	17,06	2,68	2,49
A6	2,75	2,88	10,56	7,73	75,59	79,58	0,084	0,054	72,51	72,49	14,33	15,52	2,45	2,50
B3	2,47	2,25	12,05	10,85	66,97	73,93	0,087	0,050	69,83	65,23	15,16	14,93	2,47	2,26
CL NE	2,64	2,11	11,65	11,17	80,48	89,16	0,111	0,048	69,18	62,94	13,83	15,05	2,37	2,26
CL SW	3,16	2,47	10,41	9,73	87,58	106,43	0,110	0,057	80,67	73,83	15,74	17,31	2,67	2,43
B6	3,11	2,18	10,87	11,07	83,69	64,28	0,080	0,053	82,58	66,72	16,54	14,91	2,79	2,26
K1	2,64	2,82	9,98	9,82	59,99	67,29	0,065	0,057	71,16	75,94	14,44	16,23	2,45	2,55
K2	2,50	2,36	12,20	10,58	53,08	50,52	0,075	0,054	72,36	67,59	15,65	14,83	2,61	2,36
K3	3,09	2,73	9,95	10,10	189,22	157,72	0,082	0,059	80,38	76,65	16,55	15,31	2,70	2,43
K4	2,86	2,82	10,59	9,92	68,47	83,69	0,091	0,061	76,86	69,91	16,18	15,45	2,67	2,41

	In		Hg		Ni		Pb		Si		V		Zn	
	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL
A3	<0,02	0,03	0,039	0,034	56,48	54,98	10,83	16,56	34,60	50,28	65,37	63,47	76,25	72,06
CL NW	<0,02	0,04	0,039	0,032	58,81	48,11	11,38	15,72	42,84	256,29	71,72	62,31	81,54	65,58
CL SE	<0,02	0,04	0,037	0,054	58,73	52,30	11,37	15,49	13,00	161,98	71,95	64,77	77,11	129,69
A6	<0,02	0,03	0,040	0,029	55,18	55,16	11,56	17,32	14,26	66,97	65,76	67,31	70,89	70,37
B3	<0,02	0,03	0,037	0,034	54,58	52,23	10,51	16,90	< 5	44,88	61,24	56,26	71,35	68,78
CL NE	<0,02	0,03	0,036	0,032	51,66	50,94	10,88	15,93	14,68	105,61	63,35	56,32	67,24	65,42
CL SW	<0,02	0,03	0,040	0,033	58,38	57,37	12,60	14,95	17,97	65,73	73,48	60,07	76,65	68,98
B6	<0,02	0,03	0,040	0,032	62,37	53,51	11,53	16,93	32,68	45,77	73,80	54,25	79,53	65,42
K1	<0,02	0,02	0,041	0,036	55,01	56,63	11,31	16,37	8,21	53,12	63,07	66,96	69,97	72,62
K2	<0,02	0,03	0,040	0,034	60,42	53,73	11,38	15,84	< 5	40,57	62,81	57,70	75,68	67,77
K3	<0,02	0,03	0,044	0,039	60,10	57,21	12,47	16,53	6,74	32,27	72,44	64,15	79,12	69,79
K4	<0,02	0,03	0,044	0,038	59,90	52,64	12,96	16,53	18,42	35,18	67,64	64,59	79,34	70,38

Cromo – Le concentrazioni di cromo rilevate durante i lavori di installazione di Clara NW in prossimità della struttura e nei siti distanti 60 m sono risultate del tutto simili tra loro e mediamente confrontabili con i controlli (60 m: $68,57 \pm 3,24$; CL: $66,68 \pm 5,07$; K: $72,52 \pm 4,47$ mg/kg).

Avendo riscontrato anche una uniformità con il pre-survey (le variazioni consistenti per lo più in decrementi sono da considerare trascurabili) è possibile affermare che le operazioni di installazione non hanno avuto effetto sulle concentrazioni di questo metallo.

Il superamento avvenuto ovunque dell'SQA riportato nella Tab. 3/B del DM 250/2015 (50

mg/kg) non è imputabile alla piattaforma essendosi verificato ovunque, anche ai controlli, in entrambi i campionamenti.

Rame – Le concentrazioni di rame rilevate durante i lavori di installazione di Clara NW nei siti a 60 m e in prossimità della struttura sono risultate molto basse, del tutto simili tra loro e con i controlli (60 m: $15,36 \pm 0,54$; CL: $16,33 \pm 1,05$; K: $15,45 \pm 0,58$ mg/kg).

Rispetto al pre-survey sono avvenuti incrementi trascurabili nei siti CL, A3, A6 e nel controllo K1 e riduzioni altrettanto non degne di nota nelle altre stazioni.

E' pertanto possibile affermare che le operazioni di installazione non hanno avuto effetto sulle concentrazioni di questo metallo.

Ferro – Le concentrazioni di ferro rilevate durante l'installazione di Clara NW sono risultate mediamente tutte in linea (60 m: $2,38 \pm 0,14$; CL: $2,37 \pm 0,11$; K: $2,44 \pm 0,08\%$).

Le operazioni non hanno avuto effetto sulla distribuzione di questo metallo che si è ridotto, seppure in modo trascurabile, praticamente ovunque.

Indio – L'indio, che durante il pre-survey era risultato al sotto del limite di quantificazione (0,02 mg/kg) in tutte le stazioni analizzate, nel durante lavori è risultato rilevabile ovunque ma con tenori estremamente bassi, sempre prossimi a tale limite. Anche i picchi in CL NW e CL SE sono da ritenere particolarmente modesti, sebbene corrispondenti a 1,5 volte la media dei controlli ($0,029 \pm 0,004$ mg/kg).

Mercurio – Le concentrazioni di mercurio rilevate durante i lavori di installazione di Clara NW entro 60 m dalla piattaforma sono apparse mediamente confrontabili con i controlli (60 m: $0,032 \pm 0,002$; CL: $0,038 \pm 0,011$; K: $0,037 \pm 0,002$ mg/kg). Analizzando le singole stazioni si evidenzia un generale decremento rispetto al pre-survey eccetto in CL SE dove, a seguito di un aumento, è stato rilevato un picco pari a 1,5 volte la media dei riferimenti. Si tratta comunque di concentrazioni e variazioni tutte trascurabili, anche considerando che i tenori sono ampiamente inferiori all'SQA (0,3 mg/kg s.s.) riportato nella Tab. 3/A del DM 2015/172.

Nichel – Le concentrazioni di nichel rilevate durante i lavori di installazione sono risultate molto basse e mediamente del tutto simili tra i gruppi di stazioni (60 m: $53,97 \pm 1,38$; CL: $52,18 \pm 3,88$; K: $55,05 \pm 2,21$ mg/kg).

Le operazioni di posa in opera non hanno avuto effetto su questo metallo che si è lievemente abbassato rispetto al pre-survey eccetto in K1 (variazioni comunque tutte assolutamente trascurabili).

L'SQA riportato nelle Tab. 2/A del DM 56/2009 e del DM 260/2010 (30 mg/kg s.s.) è stato superato ovunque in entrambi i survey; pertanto, le operazioni di posa in opera non

hanno influito sulla preesistente qualità ambientale.

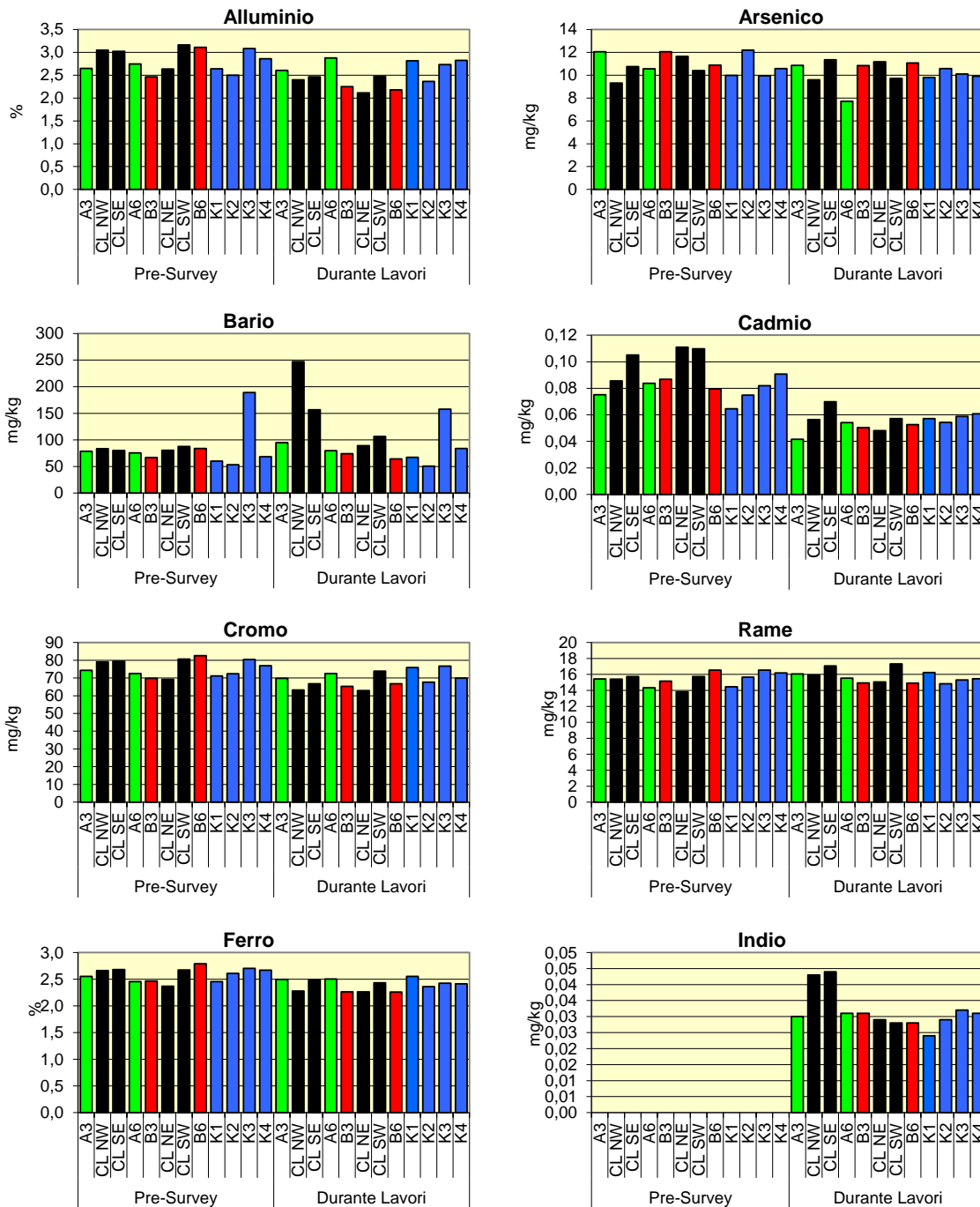


Fig. 3.58 - Concentrazioni (mg/kg; Al e Fe in %) dei metalli pesanti registrate nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Clara NW. In nero le stazioni campionate nel sito in cui è stata installata la piattaforma.

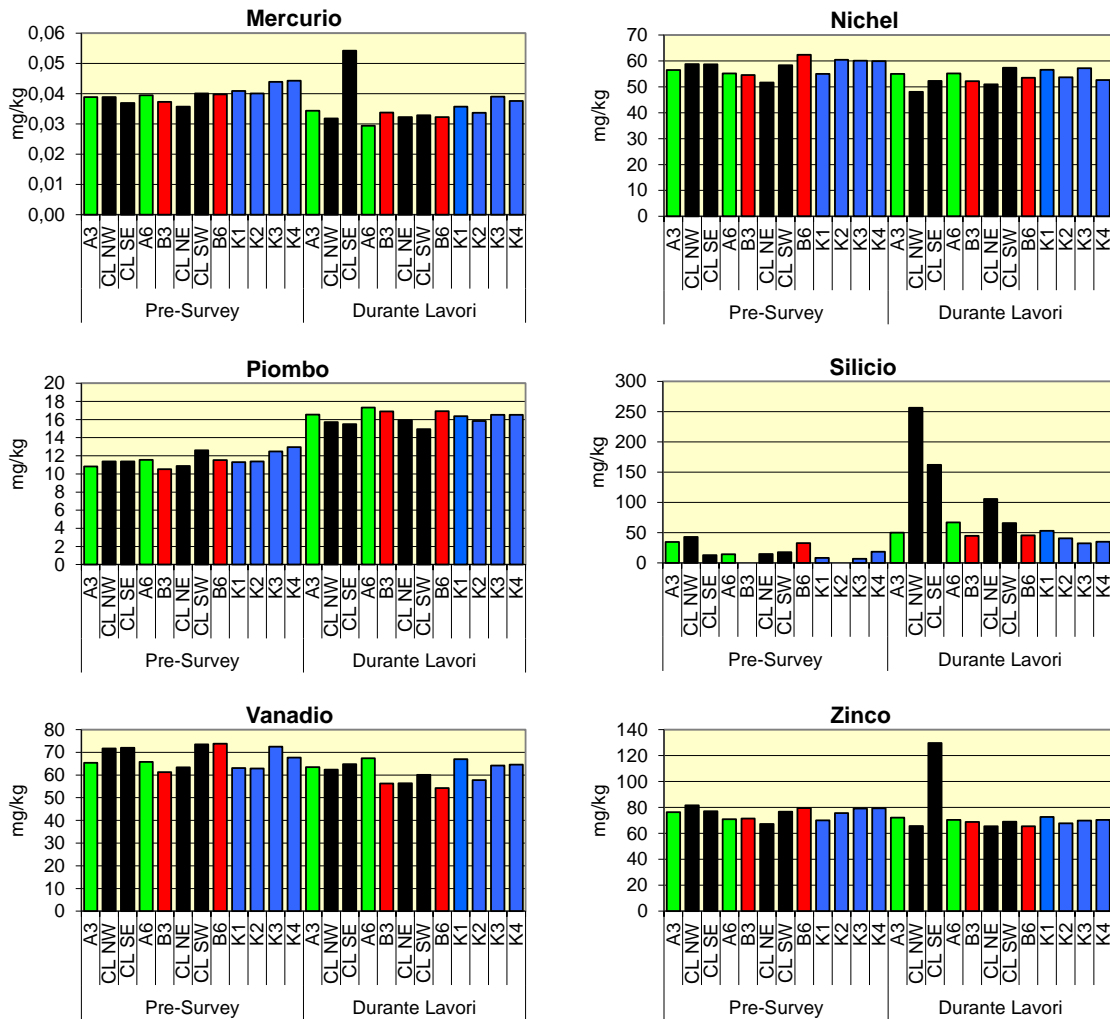


Fig. 3.58 - Continuo.

Piombo – Le concentrazioni di piombo rilevate durante la posa in opera di Clara NW nei vari gruppi di siti sono risultate molto basse e mediamente confrontabili (60 m: $16,93 \pm 0,31$; CL: $15,52 \pm 0,42$; K: $16,32 \pm 0,33$ mg/kg).

Le operazioni in corso non hanno avuto effetto sul contenuto di questo metallo, che rispetto ai valori rilevati nel pre-survey ha mostrato un incremento paragonabile e del tutto trascurabile sia nell'area circostante la piattaforma, sia ai controlli. Nonostante tale aumento, i tenori sono risultati ancora ampiamente inferiori all'SQA riportato nella Tab. 3/A del DM 2015/172 (30 mg/kg s.s.).

Silicio – Le concentrazioni rilevate durante i lavori di installazione di Clara NW nei siti posizionati a 60 m di distanza dalla struttura sono risultate mediamente paragonabili ai controlli (60 m: $51,98 \pm 10,27$; K: $40,29 \pm 9,22$ mg/kg). In prossimità della struttura, invece, il contenuto di silicio è apparso notevolmente superiore, presentando il massimo in CL NW (256,29 mg/kg) corrispondente a oltre 6 volte la media dei riferimenti. Anomalie positive

inferiori alla precedente ma comunque degne di nota sono state registrate in CL SE (161,98 mg/kg; 4 volte la media di K) e in CL NE (105,61 mg/kg; 2,6 volte la media di K).

Rispetto al pre-survey il silicio è aumentato in tutti i siti. Tuttavia gli incrementi più evidenti hanno interessato l'area in cui si stavano svolgendo le operazioni di installazione e, pertanto, è presumibile che esista un fenomeno di causalità. I survey successivi consentiranno di capire se, in effetti, questo metallo si stia progressivamente accumulando nei sedimenti, o se al contrario quanto osservato rispecchi una naturale variabilità ambientale.

Vanadio – Le concentrazioni rilevate nell'ultimo survey sono risultate molto basse e mediamente simili (60 m: $60,32 \pm 6,12$; CL: $60,87 \pm 3,59$; K: $63,35 \pm 3,96$ mg/kg).

Le operazioni di installazione non hanno avuto effetto su questo metallo che, eccetto in A6 e K1, è trascurabilmente diminuito rispetto al pre-survey.

Zinco – Le concentrazioni di zinco registrate durante i lavori di installazione di Clara NW a 60 m di distanza dalla piattaforma sono risultate perfettamente in linea con quelle dei controlli (60 m: $69,16 \pm 2,83$; K: $70,14 \pm 1,99$ mg/kg). Anche in corrispondenza della struttura i tenori sono apparsi confrontabili con i siti a 60 m e con i controlli ad eccezione di CL SE, dove è stato registrato un picco (129,69 mg/kg) circa doppio rispetto alla media dei riferimenti. Questo sito risulta l'unico ad esibire un aumento di zinco dal pre-survey. In tutti gli altri casi sono state registrate trascurabili riduzioni.

3.3.5. SOSTANZA ORGANICA

Le concentrazioni di sostanza organica rilevate durante le operazioni di installazione sono risultate modeste e omogenee tra i siti (60 m: 32.625 ± 1.459 ; CL: 37.350 ± 2.559 ; K: 39.650 ± 3.750 mg/kg; fig. 3.59; Tab. 3-XVI).

Rispetto al pre-survey questa variabile ha mostrato un leggero incremento di entità simile tra siti entro 60 m e i riferimenti. Pertanto, le variazioni osservate sono inquadrabili nella naturale dinamica ambientale e non sono riconducibili alle attività che si stavano svolgendo nell'area.

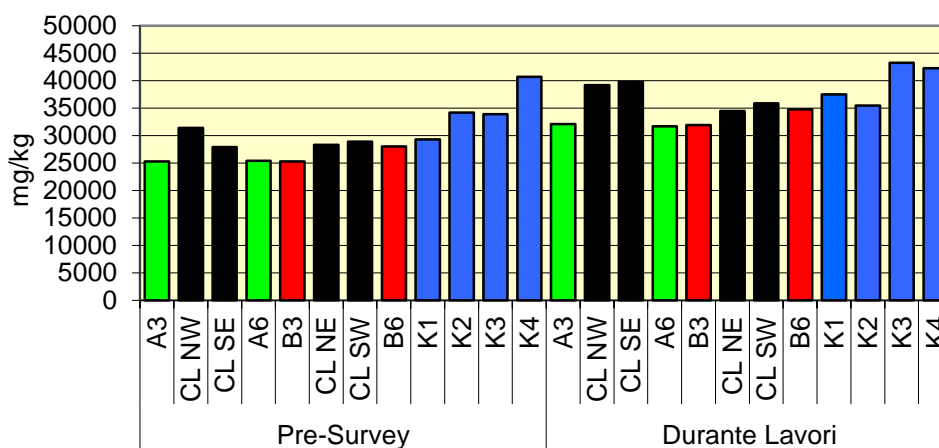


Fig. 3.59 - Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Clara NW. In nero le stazioni campionate nel sito in cui è installata la piattaforma.

Tab. 3-XVI – Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nel pre-survey (PS) e durante i lavori di installazione di Clara NW (DL). In rosso le stazioni campionate nel sito in cui è posizionata la piattaforma.

	PS	DL
A3	25.300	32.100
CL NW	31.400	39.200
CL SE	27.900	39.800
A6	25.400	31.700
B3	25.300	31.900
CL NE	28.300	34.500
CL SW	28.900	35.900
B6	28.000	34.800
K1	29.300	37.500
K2	34.200	35.500
K3	33.900	43.300
K4	40.700	42.300

3.3.6. TOTAL ORGANIC CARBON (TOC)

Le concentrazioni di TOC rilevate durante i lavori di installazione entro i 60 m dalla piattaforma sono risultate molto omogenee tra siti, con la sola eccezione di CL SE (4.780 mg/kg) dove il tenore è apparso molto più basso (fig. 3.60; Tab. 3-XVII). Tale variabilità è stata tuttavia riscontrata anche tra i controlli, dove la concentrazione in K4 (3.790 mg/kg) è apparsa notevolmente inferiore a quella degli altri siti K.

Rispetto al pre-survey, durante il quale il TOC non era risultato rilevabile nella maggior parte delle stazioni, è avvenuto un evidente incremento che tuttavia non risulta legato alle attività di installazione essendo avvenuto anche nei siti di controllo.

Tab. 3-XVII – Total Organic Carbon (TOC) espresso in mg/kg s.s. rilevato nei sedimenti prelevati nel pre-survey (PS) e durante i lavori di installazione di Clara NW (DL). In rosso le stazioni campionate nel sito in cui è installata la piattaforma. Loq = limite di quantificazione.

	PS	DL
A3	<loq	8.850
EL NW	<loq	8.640
EL SE	<loq	4.780
A6	<loq	9.600
B3	2.900	8.790
EL NE	2.200	8.450
EL SW	<loq	7.850
B6	<loq	8.950
K1	4.700	10.300
K2	<loq	7.840
K3	<loq	8.400
K4	2.600	3.790

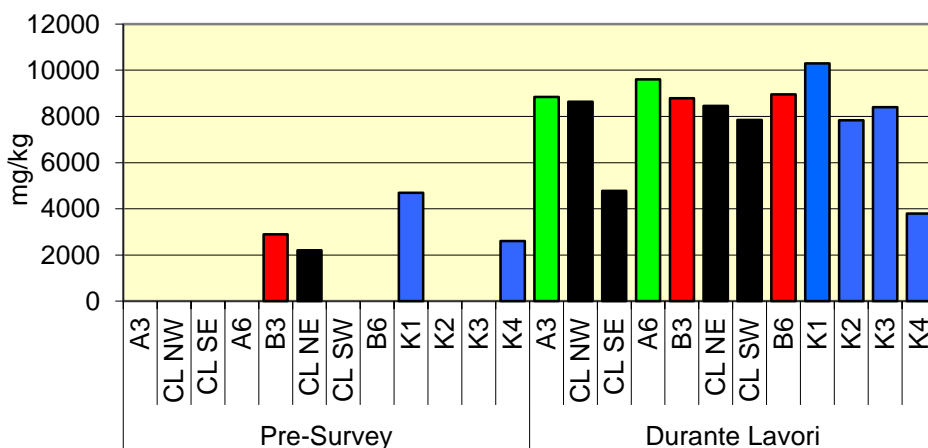


Fig. 3.60 - Total Organic Carbon (TOC) espresso in mg/kg s.s. rilevato nei sedimenti prelevati nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Clara NW. In nero le stazioni campionate nel sito in cui è installata la piattaforma.

3.4. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

3.4.1. *DUNALIELLA TERTIOLECTA*

QA-QC - I due test eseguiti come controllo positivo con $K_2Cr_2O_7$ (7,9 mg/l come cromo) sono rientrati nei limiti della carta di controllo intralaboratorio (5,8 – 9,9 mg/l); i coefficienti di variazione tra le repliche nei campioni non diluiti, alla massima concentrazione, sono risultati conformi in quanto inferiori al 15%. La crescita algale nei controlli è sempre stata superiore rispetto al limite minimo consentito (fattore ≥ 16).

Risultati del saggio - I risultati del saggio applicato agli elutriati estratti dai sedimenti prelevati durante i lavori di installazione di Clara NW e riportati in Tab. 3-XVIII, contestualmente ai principali parametri di contorno misurati, indicano l'assenza di un effetto tossico ovunque non essendo stata rilevata un'inibizione della crescita algale.

Confronto con il pre-survey - Il test eseguito durante i lavori di posa in opera non ha evidenziato alcuna variazione rispetto al pre-survey comprovando l'assenza di tossicità in tutti gli elutriati (Tab. 3-XIX).

Tab. 3-XVIII - Parametri di contorno e risultati relativi al saggio di tossicità con *D. tertiolecta* nei campioni prelevati durante i lavori di installazione di Clara NW. In rosso è indicato il sito in corrispondenza della piattaforma. Valori negativi della % di effetto indicano effetto stimolante.

campione	pH	Salinità (‰)	ΔG (%) 72 h	EC50 % (L.C. 95%)	EC20 % (L.C. 95%)	Tossicità
CL SE	8,20	38	18,23	>90	>90	Assente
A3	8,13	38	-15,31	>90	>90	Assente
A6	8,28	38	17,52	>90	>90	Assente
B3	8,18	38	13,90	>90	>90	Assente
B6	8,19	38	8,63	>90	>90	Assente
K1	8,14	38	-19,37	>90	>90	Assente
K2	8,20	38	12,46	>90	>90	Assente
K3	8,27	38	-10,51	>90	>90	Assente
K4	8,22	38	16,72	>90	>90	Assente

Tab 3-XIX – Confronto tra il pre-survey (PS) e il campionamento condotto durante i lavori di installazione di Clara NW (DL). In rosso il sito corrispondente a Clara NW.

Campione	PS	DL
CL SE	Assente	Assente
A3	Assente	Assente
A6	Assente	Assente
B3	Assente	Assente
B6	Assente	Assente
K1	Assente	Assente
K2	Assente	Assente
K3	Assente	Assente
K4	Assente	Assente

3.4.2. *VIBRIO FISCHERI* (SISTEMA MICROTOX®)

QA-QC – Il test con sostanza di riferimento (Cu) ha prodotto una EC₅₀ a 15' di 5,37 mg/l (LC=4,21 e UC=6,84) che è rientrata nei limiti della carta di controllo del laboratorio (4,24-11,19 mg/l).

Risultati del test – Tutti gli elutriati estratti dai sedimenti campionati durante i lavori di installazione di Clara NW sono risultati privi di tossicità acuta (Tab. 3-XX).

Confronto con il pre-survey - Non sono state rilevate variazioni tra i due periodi di osservazione (Tab. 3-XXI).

Tab. 3-XX - Risultati del saggio biologico *V. fischeri* applicato agli elutriati estratti dai sedimenti prelevati durante i lavori di installazione. In rosso la stazione corrispondente a Clara NW.

campione	pH	Salinità (‰)	% Effetto (15')	% Effetto (30')	EC20 (15/30')	EC50 (15/30')	Tossicità
CL SE	8,20	38	-0,50	1,53	>90	>90	Assente
A3	8,13	38	-10,68	-11,85	>90	>90	Assente
A6	8,28	38	-2,35	-2,76	>90	>90	Assente
B3	8,18	38	-4,63	-5,03	>90	>90	Assente
B6	8,19	38	0,23	1,38	>90	>90	Assente
K1	8,14	38	-10,54	-8,68	>90	>90	Assente
K2	8,20	38	-3,78	-1,14	>90	>90	Assente
K3	8,27	38	-6,94	-4,55	>90	>90	Assente
K4	8,22	38	-3,67	-1,06	>90	>90	Assente

Tab 3-XXI – Confronto tra il pre-survey (PS) e il campionamento condotto durante i lavori di installazione di Clara NW (DL). In rosso il sito corrispondente a Clara NW.

Campione	PS	DL
CL SE	Assente	Assente
A3	Assente	Assente
A6	Assente	Assente
B3	Assente	Assente
B6	Assente	Assente
K1	Assente	Assente
K2	Assente	Assente
K3	Assente	Assente
K4	Assente	Assente

3.4.3. *COROPHIUM ORIENTALE*

La sensibilità rilevata degli organismi verso il tossico di riferimento (CdCl₂) LC50 = 3,52 (LC = 3,19 mg/l e UC = 3,88 mg/l) è rientrata nella carta di controllo di laboratorio. La sopravvivenza degli organismi sul sedimento di controllo dopo 10 gg è risultata conforme, in quanto superiore al 85%. In Tab. 3-XXII sono indicati i principali parametri chimici e fisici misurati all'inizio e alla fine del test eseguito durante i lavori di installazione.

Risultati del test - Le percentuali di mortalità degli organismi osservate dopo 10 gg hanno documentato l'assenza di tossicità acuta in tutti i sedimenti testati (Tab. 3-XXIII).

Confronto con il pre-survey - Il test eseguito durante i lavori di posa in opera non ha evidenziato alcuna variazione rispetto al pre-survey (Tab. 3-XXIV).

Tab. 3-XXII – Parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante il sedimento testato osservati all'inizio e alla fine del test. In rosso il sito corrispondente a Clara NW.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	T (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)	T (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)
Controllo	15 ± 1	36	8,10	0	> 85	15 ± 1	36	8,18	0,5	> 85
CL SE		37	8,11	0,5			37	8,18	0	
A3		37	7,99	0			36	8,12	0	
A6		37	8,08	0,5			37	8,13	0	
B3		37	8,07	0			37	8,10	0	
B6		36	8,08	0,5			36	8,15	0	
K1		36	8,11	0			37	8,11	0	
K2		36	8,12	0			36	8,14	0	
K3		36	8,11	0			37	8,13	0	
K4		37	8,12	0			36	8,15	0	

Tab. 3-XXIII - Percentuali di mortalità degli organismi *C.orientale* osservati nel test di tossicità acuta relativo al monitoraggio effettuato durante i lavori di installazione della piattaforma. In rosso il sito corrispondente a Clara NW.

Campione	N. organismi esposti	% organismi morti (± dev. st. %)	% (corretta) organismi morti	Tossicità
Controllo	100	1 ± 0,79	0	-
CL SE	100	9 ± 0,80	8	Assente
A3	100	5 ± 0,80	4	Assente
A6	100	11 ± 3,83	10	Assente
B3	100	7 ± 2,00	6	Assente
B6	100	7 ± 2,00	6	Assente
K1	100	26 ± 2,31	25	Assente
K2	100	4 ± 0,00	3	Assente
K3	100	17 ± 3,83	16	Assente
K4	100	10 ± 2,31	9	Assente

Tab 3-XXIV – Confronto tra il pre-survey (PS) e il campionamento condotto durante i lavori di installazione di Clara NW (DL). In rosso il sito corrispondente a Clara NW.

Campione	PS	DL
CL SE	Assente	Assente
A3	Assente	Assente
A6	Assente	Assente
B3	Assente	Assente
B6	Assente	Assente
K1	Assente	Assente
K2	Assente	Assente
K3	Assente	Assente
K4	Assente	Assente

3.4.4. CRASSOSTREA GIGAS

QA-QC - Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha prodotto una EC₅₀ di 8,09 µg/l di Cu (LC=7,60 e UC=8,61) che rientra nei limiti della carta di controllo (5-45 µg/l); la % di larve D-shape normalmente sviluppate nel controllo (81±1,15%) è risultata superiore al limite del 70%.

Risultati del saggio - Le riduzioni significative delle larve D-shape regolarmente sviluppate rispetto al controllo negativo e i valori dell'EC₂₀ rilevati in tutti gli elutriati dimostrano la presenza di una tossicità cronica bassa eccetto in K1, dove la tossicità è risultata media (Tab. 3-XXV).

Confronto con il pre-survey – Rispetto al pre-survey il test con *C.gigas* eseguito durante i lavori di installazione evidenzia un cambiamento negativo delle proprietà ecotossicologiche degli elutriati estratti dai sedimenti testati, presumibilmente non determinato esclusivamente dai lavori in corso essendosi verificato anche ai controlli; a testimonianza di ciò il peggioramento più consistente in uno dei riferimenti (Tab. 3-XXVI).

Tab. 3-XXV - Risultati relativi al saggio di tossicità con *C. gigas* nei campioni prelevati durante i lavori di installazione. In rosso il sito corrispondente alla 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		81 ± 1,15	19	0			
CL SE	100	49 ± 1,53	51	40	59,6	>100	Bassa
	50	68 ± 2,08	32	15			
	25	80 ± 0,58	20	1			
A3	100	54 ± 1,53	46	33	67	>100	Bassa
	50	70 ± 1,00	30	13			
	25	80 ± 2,31	20	0			
A6	100	47 ± 1,15	53	42	47,8	>100	Bassa
	50	60 ± 1,53	40	25			
	25	79 ± 1,53	21	2			
B3	100	47 ± 2,31	53	41	61,2	>100	Bassa
	50	63 ± 1,53	37	21			
	25	80 ± 1,53	20	0			
B6	100	57 ± 1,53	43	29	58,8	>100	Bassa
	50	63 ± 1,53	37	21			
	25	78 ± 2,00	22	3			
K1	100	41 ± 1,73	59	49	48,3	98	Media
	50	62 ± 2,00	38	23			
	25	80 ± 1,00	20	1			
K2	100	44 ± 1,15	56	46	47,2	>100	Bassa
	50	60 ± 1,53	40	25			
	25	80 ± 2,00	20	1			
K3	100	58 ± 1,53	42	29	83,1	>100	Bassa
	50	68 ± 1,15	32	15			
	25	81 ± 0,58	19	0			
K4	100	64 ± 2,08	36	21	88,3	>100	Bassa
	50	71 ± 2,08	29	12			
	25	80 ± 1,53	20	0			

Tab 3-XXVI – Confronto tra il pre-survey (PS) e il campionamento condotto durante i lavori di installazione di Clara NW (DL). In rosso il sito corrispondente a Clara NW.

Campione	PS	DL
CL SE	Assente	Bassa
A3	Assente	Bassa
A6	Assente	Bassa
B3	Assente	Bassa
B6	Assente	Bassa
K1	Assente	Media
K2	Assente	Bassa
K3	Assente	Bassa
K4	Media	Bassa

3.4.5. RICERCA DI METALLI PESANTI IN *HEDISTE DIVERSICOLOR*

I parametri (chimici e fisici) dell'acqua sovrastante il sedimento, registrati all'inizio e al termine del test effettuato durante i lavori di posa in opera della piattaforma, sono riportati in Tab. 3-XXVII, mentre in Tab. 3-XXVIII sono indicate le mortalità degli organismi osservate nel test di bioaccumulo.

La percentuale di mortalità maggiore degli organismi test è stata osservata nel sedimento pervenuto dalla stazione della piattaforma (CL SE). Percentuali superiori a quella del controllo sono state rilevate anche in B3 e B6. Eccetto K3 e K4 in cui non è stata rilevata mortalità, i restanti siti sono risultati confrontabili con il controllo.

Tab. 3-XXVII - Parametri (chimico-fisici) dell'acqua sovrastante il sedimento, registrati all'inizio ed al termine del test di bioaccumulo condotto durante i lavori di installazione di Clara NW. In rosso è evidenziata la stazione corrispondente alla piattaforma.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)
Controllo	16 ± 1	36	8,12	0,5	> 85	16 ± 1	36	8,18	1	> 85
CL SE		37	8,03	0			37	8,02	0,5	
A3		37	8,03	0			37	8,05	0	
A6		36	8,05	0			36	8,07	0,5	
B3		36	8,01	0			36	8,02	0	
B6		36	8,03	0			36	8,04	0	
K1		37	8,02	0			36	8,03	0	
K2		37	8,01	0			37	8,05	0	
K3		37	8,03	0			37	8,04	0	
K4		37	8,05	0			37	8,03	0,5	

Tab. 3-XXVIII - Percentuali di mortalità degli organismi *H. diversicolor* osservate nel test di bioaccumulo condotto durante i lavori di installazione. In rosso è evidenziata la stazione corrispondente alla piattaforma.

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

In Tab. 3-XXIX sono riportate le concentrazioni dei metalli pesanti rilevate nel bianco (tempo 0') e quelle rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* esposti ai sedimenti testati per 28 gg, mentre la Tab. 3-XXX 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-XXIX - Concentrazioni (mg/kg; Al espresso in %) dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* nel survey condotto durante i lavori di installazione. (bianco = tempo zero 0'- organismi spurgati/non esposti ai sedimenti). In rosso è evidenziata la stazione corrispondente a Clara NW. Bianco = organismi analizzati al tempo 0, prima dell'esposizione al sedimento da testare. Controllo = organismi sottoposti per 28 gg a un sedimento di controllo. n.r. = non rilevabile.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
Bianco	n.r.	0,96	29,14	0,12	n.r.	27,24	388,37	2,16	n.r.	0,375	94,07	n.r.	165,52	0,143
Controllo	n.r.	1,35	n.r.	0,09	n.r.	14,11	245,77	3,80	n.r.	n.r.	96,67	n.r.	110,32	0,172
CL SE	n.r.	0,99	n.r.	0,10	n.r.	13,30	287,68	3,64	n.r.	n.r.	101,96	n.r.	97,26	0,138
A3	n.r.	1,02	n.r.	0,10	n.r.	11,64	315,90	3,54	n.r.	n.r.	110,71	n.r.	102,76	0,142
A6	n.r.	0,98	27,19	0,11	n.r.	14,68	302,93	4,14	n.r.	n.r.	203,67	n.r.	124,39	0,117
B3	n.r.	0,97	n.r.	0,09	n.r.	12,90	290,88	3,68	n.r.	n.r.	120,65	n.r.	97,45	0,128
B6	n.r.	0,94	n.r.	0,10	n.r.	14,27	274,68	4,21	n.r.	n.r.	114,69	n.r.	117,15	0,132
K1	n.r.	0,97	n.r.	0,10	n.r.	12,88	294,62	3,18	n.r.	n.r.	120,44	n.r.	106,33	0,149
K2	n.r.	0,97	n.r.	0,11	n.r.	10,93	372,85	3,73	n.r.	n.r.	150,61	n.r.	103,50	0,136
K3	n.r.	1,01	n.r.	0,11	n.r.	12,75	278,53	3,93	n.r.	n.r.	102,08	n.r.	112,07	0,127
K4	n.r.	1,09	n.r.	0,11	n.r.	14,70	291,91	3,81	n.r.	n.r.	128,27	n.r.	134,57	0,144

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

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	In	Pb	Si	V	Zn	Hg
Controllo	n.c.	0,39	n.c.	-0,03	n.c.	-13,13	-142,6	1,64	n.c.	n.c.	2,60	n.c.	-55,20	0,029
CL SE	n.c.	0,03	n.c.	-0,02	n.c.	-13,94	-100,69	1,48	n.c.	n.c.	7,89	n.c.	-68,26	-0,005
A3	n.c.	0,06	n.c.	-0,02	n.c.	-15,6	-72,47	1,38	n.c.	n.c.	16,64	n.c.	-62,76	-0,001
A6	n.c.	0,02	-1,95	-0,01	n.c.	-12,56	-85,44	1,98	n.c.	n.c.	109,60	n.c.	-41,13	-0,026
B3	n.c.	0,01	n.c.	-0,03	n.c.	-14,34	-97,49	1,52	n.c.	n.c.	26,58	n.c.	-68,07	-0,015
B6	n.c.	-0,02	n.c.	-0,02	n.c.	-12,97	-113,69	2,05	n.c.	n.c.	20,62	n.c.	-48,37	-0,011
K1	n.c.	0,01	n.c.	-0,02	n.c.	-14,36	-93,75	1,02	n.c.	n.c.	26,37	n.c.	-59,19	0,006
K2	n.c.	0,01	n.c.	-0,01	n.c.	-16,31	-15,52	1,57	n.c.	n.c.	56,54	n.c.	-62,02	-0,007
K3	n.c.	0,05	n.c.	-0,01	n.c.	-14,49	-109,84	1,77	n.c.	n.c.	8,01	n.c.	-53,45	-0,016
K4	n.c.	0,13	n.c.	-0,01	n.c.	-12,54	-96,46	1,65	n.c.	n.c.	34,20	n.c.	-30,95	0,001

I livelli di **Al**, **Cr**, **In**, **Pb** e **V** sono risultati al di sotto dei limiti di quantificazione in tutti gli organismi test. Analogamente, non è risultato rilevabile neanche il **Ba** eccetto in A6 in cui è stato rilasciato.

Per **Cd**, **Cu**, **Fe**, **Zn** e **Hg** è stata rilevata la tendenza al rilascio. **As** è stato accumulato solo nel controllo risultando in linea con il bianco in tutti i sedimenti testati, mentre **Ni** e **Si** sono risultati bioaccumulati, il primo ovunque, il secondo in tre siti a 60 m di distanza da Clara NW e in tre controlli.

Confronto con il pre-survey – In Tab. 3-XXXI sono riportate 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') sia nel pre-survey che durante i lavori di installazione, mentre la fig. 3.61 illustra le concentrazioni rilevate nei due campionamenti.

Gli ultimi risultati hanno dimostrato analogamente al pre-survey, l'assenza o la presenza di una scarsa biodisponibilità dei metalli pesanti nell'area indagata.

Nel durante lavori è stato osservato un miglioramento per quanto concerne **As** e **Hg**, che erano apparsi bioaccumulati in alcuni siti prima dell'installazione di Clara NW, mentre è apparso più diffuso il bioaccumulo di **Ni**, rilevato in tutti i siti campionati. Un peggioramento ha riguardato anche **Si** che, rilasciato nel pre-survey, è risultato bioaccumulato nella maggior parte delle stazioni nel secondo campionamento.

Tuttavia, poiché entrambi questi metalli hanno presentato concentrazioni significativamente superiori a quelle del bianco anche in tutti o quasi tutti i controlli, la variazione osservata non è attribuibile esclusivamente alle operazioni in corso.

Tab. 3-XXXI - Confronto tra i livelli di bioaccumulo rilevati nel pre-survey e nel campionamento effettuato durante le operazioni di posa in opera della piattaforma. In grassetto i valori significativi. In rosso il sito corrispondente a Clara NW. n.c. = non calcolabile.

	Al		As		Ba		Cd		Cr		Cu		Fe	
	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL
Controllo	n.c.	n.c.	0,10	0,39	n.c.	n.c.	0,04	-0,03	n.c.	n.c.	-5,98	-13,13	-407,39	-142,60
CL SE	n.c.	n.c.	0,11	0,03	n.c.	n.c.	-0,04	-0,02	n.c.	n.c.	-7,29	-13,94	-437,16	-100,69
A3	n.c.	n.c.	0,05	0,06	n.c.	n.c.	-0,03	-0,02	n.c.	n.c.	-6,57	-15,6	-450,37	-72,47
A6	n.c.	n.c.	-0,04	0,02	n.c.	-1,95	-0,04	-0,01	n.c.	n.c.	-8,38	-12,56	-613,39	-85,44
B3	n.c.	n.c.	0,20	0,01	n.c.	n.c.	-0,04	-0,03	n.c.	n.c.	-7,44	-14,34	-444,21	-97,49
B6	n.c.	n.c.	0,29	-0,02	n.c.	n.c.	-0,01	-0,02	n.c.	n.c.	-5,69	-12,97	-514,72	-113,69
K1	n.c.	n.c.	0,12	0,01	n.c.	n.c.	-0,02	-0,02	n.c.	n.c.	-7,29	-14,36	-532,24	-93,75
K2	n.c.	n.c.	0,24	0,01	n.c.	n.c.	0,02	-0,01	n.c.	n.c.	-4,41	-16,31	-376,57	-15,52
K3	n.c.	n.c.	0,15	0,05	n.c.	n.c.	-0,03	-0,01	n.c.	n.c.	-8,62	-14,49	-508,73	-109,84
K4	n.c.	n.c.	0,39	0,13	n.c.	n.c.	-0,02	-0,01	n.c.	n.c.	-7,34	-12,54	-534,23	-96,46

	Ni		In		Pb		Si		V		Zn		Hg	
	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL	PS	DL
Controllo	-1,21	1,64	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-436,22	2,60	n.c.	n.c.	10,97	-55,20	0,087	0,029
CL SE	0,80	1,48	n.c.	n.c.	-0,14	n.c.	-299,60	7,89	n.c.	n.c.	1,26	-68,26	0,036	-0,005
A3	0,52	1,38	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-448,16	16,64	n.c.	n.c.	-30,81	-62,76	0,032	-0,001
A6	0,11	1,98	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	-448,95	109,60	n.c.	n.c.	-26,71	-41,13	0,034	-0,026
B3	-0,46	1,52	n.c.	n.c.	-0,17	n.c.	-437,07	26,58	n.c.	n.c.	-28,63	-68,07	0,053	-0,015
B6	0,63	2,05	n.c.	n.c.	-0,18	n.c.	-405,88	20,62	n.c.	n.c.	-15,12	-48,37	0,019	-0,011
K1	0,34	1,02	n.c.	n.c.	-0,2	n.c.	-408,07	26,37	n.c.	n.c.	-20,78	-59,19	0,032	0,006
K2	0,01	1,57	n.c.	n.c.	-0,19	n.c.	-448,65	56,54	n.c.	n.c.	-20,12	-62,02	0,062	-0,007
K3	-0,17	1,77	n.c.	n.c.	-0,11	n.c.	-389,98	8,01	n.c.	n.c.	-15,79	-53,45	0,029	-0,016
K4	0,59	1,65	n.c.	n.c.	-0,05	n.c.	-452,59	34,20	n.c.	n.c.	-32,55	-30,95	0,022	0,001



Fig. 3.61 - Concentrazioni dei metalli pesanti rilevate negli organismi di *H. diversicolor* esposti ai sedimenti da testare e nel bianco nel presurvey e durante i lavori di installazione di Clara NW. Non sono riportati Al, In e V in quanto inferiori al limite di rilevabilità strumentale ovunque.

3.5. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

3.5.1. DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P)

In generale la comunità bentonica rinvenuta nei siti investigati è risultata abbastanza povera in termini di numero di individui in entrambi i campionamenti (fig. 3.62). Durante il pre-survey lungo il transetto A le densità erano oscillate tra $16,67 \pm 2,85$ ind/0,095 m² (A6) e $36,67 \pm 4,91$ ind/0,095 m² (A3), mentre lungo B minimo e massimo erano stati registrati in CL SW ($11,00 \pm 1,00$ ind/0,095 m²) e CL NE ($19,67 \pm 7,22$ ind/0,095 m²). Ai controlli la densità era apparsa piuttosto omogenea e in linea con quanto osservato presso la maggior parte delle stazioni situate entro 60 m dalla futura piattaforma ($13,67 \pm 1,20 \leq N \leq 17,00 \pm 2,31$ ind/0,095 m²).

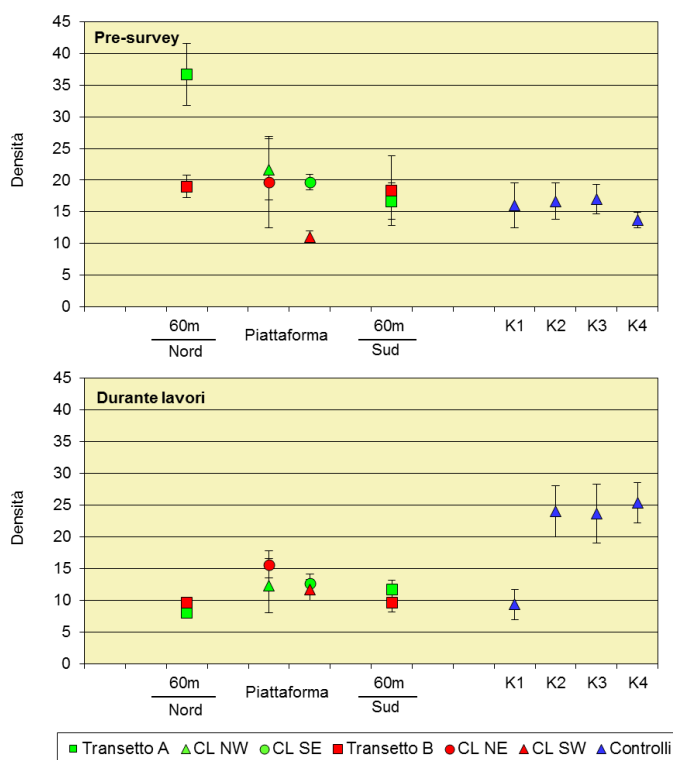


Fig. 3.62 – Densità (\pm e.s.) registrate presso i siti monitorati nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Clara NW.

Nel survey condotto durante i lavori di installazione di Clara NW è stata riscontrata una riduzione del numero di individui nelle stazioni a 60 m a Nord della piattaforma e in CL SE. Un aumento è stato registrato in K4, mentre le altre stazioni sono rimaste pressoché invariate.

Lungo il transetto A, minimo e massimo sono stati registrati rispettivamente in A3 ($8,00 \pm 0,58$ ind/0,095 m²) e CL SE ($12,67 \pm 1,45$ ind/0,095 m²), mentre lungo B i valori

sono risultati compresi tra $9,66 \pm 0,88$ ind/0,095 m² (B3) e $15,67 \pm 2,19$ ind/0,095 m² (CL NE). I controlli sono apparsi confrontabili tra loro eccetto K1, dove è stato registrato il minimo per questi siti ($9,33 \pm 2,33$ ind/0,095 m²), unico riferimento a risultare confrontabile con l'area circostante la piattaforma.

Nel pre-survey i policheti Paraonidae nd e il gasteropode *Hyala vitrea* avevano rappresentato il primo e/o il secondo taxon più numeroso nella maggior parte delle stazioni campionate, seguiti dal decapode *Callinassa subterranea* o dal polichete *Aphelochaeta filiformis* (Tab. 3-XXXII). Durante i lavori i Paraonidi e *H. vitrea* hanno continuato a rappresentare i taxa con il maggior numero di individui nella gran parte delle stazioni anche se, essendo diminuite le densità complessive, la differenza rispetto agli altri taxa si è ridotta notevolmente rispetto al pre-survey (Tab. 3-XXXIII). Da evidenziare il comportamento di *Turritella communis* che, censita solo sporadicamente nel pre-survey, è divenuta la specie più abbondante presso CL SW e K2 nel secondo campionamento.

Tab. 3-XXXII – Lista e densità (n. ind/0,095 m²) 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.

Stazione	Biocenosi	Transetto A				Transetto B				Controlli			
		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	<i>Ampelisca diadema</i>	DE							0,33				
	<i>Eriopisa elongata</i>	VB											0,33
	<i>Harpinia dellavallei</i>	VTC	0,33										
	<i>Leucothoe lilljeborgi</i>	MO		0,33		0,67							
	<i>Othomaera schmidtii</i>	VB			0,33	0,33				0,33			
	<i>Paraphoxus oculatus</i>	Mixt	0,33		0,33					0,33			
Decapodi	<i>Alpheus glaber</i>	VTC		0,33									
	<i>Callinassa subterranea</i>	Lim	1,33	2,67	1,33	0,33	1,00	1,33	1,67	2,00	1,67	0,67	1,67
	<i>Chlorotocus crassicornis</i>	VB		0,33						0,33			
	<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC		0,33	0,33			0,33			0,33		0,67
Isopodi	<i>Gnathia</i> sp	-										0,33	
	<i>Apseudes latreillii</i>	Minut	0,33										
Echinodermi													
Echinoidei	<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>	VB							1,33	0,33			
Oloturoidei	Holothuroidea nd	-			0,33								
	<i>Labidoplax digitata</i>	VTC	0,33	0,33	0,33					0,33			0,33
	<i>Ocnus planci</i>	Sd					0,67	0,33					
Molluschi													
Bivalvi	<i>Abra prismatica</i>	DC	0,33										
	<i>Azorinus chamasolen</i>	Mixt							0,33	0,33		0,67	
	<i>Kurtiella bidentata</i>	VTC				0,33							
	<i>Nucula nitidosa</i>	Lim			1,00	0,33	0,33	0,33	0,67			0,33	0,33
	<i>Parvicardium minimum</i>	Mixt	0,33										
	<i>Tellimya ferruginosa</i>	SFBC							1,00	0,33			
Gasteropodi	<i>Bela brachystoma</i>	Lre								0,33			
	<i>Hyala vitrea</i>	VTC	0,33	2,67	2,00	1,67	3,33	1,00	0,33	0,33	2,00	2,67	1,33
	<i>Turritella communis</i>	VTC	0,33	0,33	0,33						0,33		3,00
Nemertini													
	Nemertea nd	-	1,67	0,67	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33				0,67
Policheti													
	<i>Ampharete acutifrons</i>	VTC								0,33			0,33
	Ampharetidae nd	-			0,33	0,33							
	<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>	VB	0,33	0,33	0,33		0,67		0,33	0,67		0,33	0,33
	<i>Aphelochaeta filiformis</i>	MO	3,00	1,00	0,67	0,33	1,00	0,67	0,33	1,00	0,67	1,33	0,67
	<i>Aphelochaeta marioni</i>	MO	0,67					0,33				0,67	1,00
	<i>Aponuphis bilineata</i>	SGCF			0,33								
	<i>Aquiaspio sexoculata</i>	MO	0,67			0,33				0,67			
	<i>Chaetozone caputesocis</i>	Lim	0,33	0,33			0,33	0,33	0,33		0,33		1,00
	Cirratulidae nd	-	0,67			0,33							
	<i>Glycera rouxii</i>	MO	0,33	0,67	0,33		0,33	1,00	0,67	0,67		0,67	0,33
	<i>Glycera</i> sp	-	1,00	0,67	0,33	1,67							
	<i>Harmothoe</i> sp	-		0,33	0,33					0,33			
	<i>Labioleanira yhlani</i>	VTC		0,67				0,33					
	<i>Lumbrineris gracilis</i>	Sab						0,33					
	<i>Marphysa bellii</i>	Lim	0,33	1,00	1,00	0,67				0,33	1,00	0,33	0,67
	<i>Melinna palmata</i>	Minut							0,33				
	<i>Micronephthys sphaerocirrata</i>	Sab									0,33		0,33
	<i>Minuspio cirrifera</i>	MO		0,33									0,33
	<i>Nephtys hystricis</i>	VTC	1,00	0,33	0,67		0,33	0,33		0,33	0,67	1,00	1,00
	<i>Ninoe</i> sp	-	0,67		0,67	0,33	0,67	0,33	0,67		0,33	0,33	0,33
	<i>Notomastus aberans</i>	MO	0,33	0,33	1,33	0,67	0,33			0,33	0,33		0,33
	<i>Ophelina cylindricaudata</i>	Lim	1,00	1,00			0,33			1,00	1,33		1,00
	<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Sab	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33		0,33			
	<i>Paradiopatra calliopae</i>	Lim	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,67			1,00		
	<i>Paralacydonia paradoxa</i>	MO	1,33	0,33	1,33	0,67	1,00	1,00	0,33	1,00	0,67	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
	<i>Phylo norvegica</i>	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
	<i>Pilargis verrucosa</i>	Sab		0,33									
	<i>Poecilochetus serpens</i>	VTC											0,33
	<i>Polyophthalmus pictus</i>	Mixt		0,33									
	<i>Prionospio ehlersi</i>	Mixt							0,33				
	<i>Prionospio malmgreni</i>	SFBC									0,33		
	<i>Prionospio</i> sp	-	0,67										
	<i>Scoletoma</i> sp	-	1,33	0,33		0,33				0,67	0,33		0,33
	<i>Scoloplos armiger</i>	Lre	1,33		0,67		0,33			0,33			
	Spionidae nd	-						0,33					0,33
	Terebellidae nd	-								0,67	0,33		
Sipunculidi													
	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	VB	1,67	1,00	1,00	0,33	0,33	1,67		0,67	1,33	1,33	1,67
	<i>Sipuncula</i> 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
Ricchezza specifica totale			30	30	24	26	24	23	19	26	20	19	18

Tab. 3-XXXIII – Lista e densità (n. ind/0,095 m²) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel survey **durante i lavori**. Per ogni sito è riportato il numero totale di taxa osservati. Sono anche indicate le Biocenosi di appartenenza dei taxa determinati a livello di specie. Lim = limicolo; Sab = sabulicolo; VTC = Bioc. dei Fanghi Terrigeni Costieri; VB = Bioc. dei Fanghi Batiali; DL = Bioc. del Detritico del Largo; DE = Bioc. del Detritico infangato; Minut = minuticolo; Mixt = misticolo; Lre = Larga Ripartizione Ecologica; SFBC = Bioc. delle Sabbie Fini Ben Calibrate; SVMC = Bioc. delle Sabbie Infangate di Moda Calma; MO = indicatore della presenza di materia organica.

Stazione	Biocenosi	Transetto A				Transetto B				Controlli				
		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	
Briozoi														
	<i>Cellaria salicornioides</i>	Mixt	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Cnidari														
	Antozoi	-			0,33									
	Idrozoi	-		0,33	0,33									
Crostacei														
	Anfipodi	DE									0,33			
		VTC								0,33				
	<i>Hippomedon bidentatus</i>	VTC			0,33									
	<i>Orchomene grimaldii</i>	VTC					0,67							
	<i>Othomaera schmidtii</i>	VB							0,33			0,67		
	Cumacei	-									0,33			
	Decapodi	VTC				0,33								
	<i>Callinassa subterranea</i>	Lim	1,33	0,67	1,00		2,00	0,67		1,67	0,33	3,67	1,33	
	<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC	0,33		0,33				0,33					
	<i>Processa</i> sp	-										0,33		
	<i>Solenocera membranacea</i>	VB								0,33				
	<i>Upogebia deltaura</i>	DL						0,33						
	Isopodi	Lre		0,33		0,67		0,33		0,33				
	<i>Cirolana borealis</i>	-		0,33	1,00	0,67		1,67						
	<i>Eurydice</i> sp	-												
	Tanaidacei	Minut											0,33	
	<i>Apeudes latreillii</i>	-												
Echinodermi														
	Echinoidei	VB			0,33				0,33				0,67	
	Oloturoidei	VTC									0,33			
	<i>Labidoplax digitata</i>	DE									0,33			
	<i>Thyone fusus</i>	VTC										0,33		
	<i>Trachythone elongata</i>	VTC											0,33	
	<i>Trachythone tergestina</i>	VTC				0,33								
Molluschi														
	Bivalvi	Mixt					0,33				0,33	0,33		
	<i>Callista chione</i>	Lim									0,33	0,33		
	<i>Nucula nitidosa</i>	Lim	0,33							0,33	0,33	0,33		
	<i>Poromya granulata</i>	Mixt				0,33								
	Gasteropodi	VTC		2,00	0,33		0,33	1,00	4,67	0,33	0,67	2,67	2,00	
	<i>Hyala vitrea</i>	VTC	1,00	0,67	0,67	3,67	0,33			0,33			3,33	
	<i>Turritella communis</i>	VTC												
Nemertini														
	<i>Nemertea</i> nd	-	0,33			0,67		0,33		0,33		0,33	0,67	
Policheti														
	<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>	VB			0,33								2,00	
	<i>Aphelocheata filiformis</i>	MO	0,33	0,67	1,00		0,33	1,67		0,33		0,67	1,33	
	<i>Aphelocheata marioni</i>	MO	0,33				0,33		0,67				1,00	
	<i>Capitella capitata</i>	MO					0,33							
	<i>Chaetozone caputesocis</i>	Lim					0,33				0,33		0,67	
	<i>Glycera rouxii</i>	MO		0,67			0,33			0,33	0,67		1,00	
	<i>Glycera</i> sp	-		0,33	0,33				1,00	0,33	0,33	0,33		
	<i>Goniada maculata</i>	VTC							0,33					
	<i>Harmothoe</i> sp	-					0,33				0,33	0,33		
	<i>Labioleanira yhleni</i>	VTC			0,33						0,33	0,33		
	<i>Laonice cirrata</i>	VTC								0,33				
	<i>Lumbrineris gracilis</i>	Sab	0,33								0,67	0,67	0,67	
	<i>Marphysa bellii</i>	Lim	0,33			1,00	1,33	0,33		1,00	0,67	0,67	0,33	
	<i>Minuspio cirrifer</i>	MO									0,33	0,33	0,33	
	<i>Nephtys hystrix</i>	VTC			0,33			0,33	0,33		0,33	0,67	1,00	
	Nereididae nd	-				0,33								
	<i>Ninoe</i> sp	-			0,67		0,33	0,33		0,33	0,33		0,67	
	<i>Notomastus aberans</i>	MO	0,67				0,67			0,67	0,33	0,33	0,33	
	<i>Ophelina cylindrica</i>	Lim		0,33		0,33				0,33	1,00	1,67	2,00	
	<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Sab		0,33				0,67	1,00			0,67	0,33	
	<i>Paradiopatra calliopae</i>	Lim					0,33					0,33	0,33	
	<i>Paralacydonia paradoxa</i>	MO			0,33		0,33		0,33	0,67	0,67	0,67	1,00	
	Paraonidae nd	-	1,33	3,00	2,33	0,33	0,67		0,67	0,67	7,00	2,33	7,67	
	<i>Phylo foetida</i>	SVMC		0,33	0,33									
	<i>Phylo norvegica</i>	Lim											0,33	
	Pilargidae nd	-						0,33				0,33		
	<i>Prionospio</i> sp	-						0,67			0,33		0,33	
	<i>Scoletoma fragilis</i>	Lim								0,33				
	<i>Scoletoma</i> sp	-						0,33		0,33	1,00	0,67		
	<i>Scoloplos armiger</i>	Lre			0,33			0,33			0,33	0,67		
	<i>Sternaspis scutata</i>	VTC							1,33					
	Syllidae juv	-									0,33			
Sipunculidi														
	<i>Onchesoma steenstrupi</i>	VB	0,33	0,33	0,33	1,00	0,67	0,67	0,33	0,33	0,67	2,00	1,00	
	<i>Sipuncula</i> nd	-		1,00		0,33			0,33				2,00	
Densità totale			8,00	12,33	12,67	11,67	9,66	15,67	11,67	9,67	9,33	24,00	23,67	25,33
Ricchezza specifica totale			13	16	22	16	16	20	11	20	17	28	27	19

In termini di biomassa (fig. 3.63), durante il pre-survey i valori nell'area circostante la futura piattaforma erano risultati estremamente bassi e compresi tra $0,07 \pm 0,04$ gr/ $0,095$ m² (B3) e $1,11 \pm 0,50$ gr/ $0,095$ m² (CL NW), ad eccezione dei picchi osservati nelle stazioni CL SW ($23,06 \pm 11,82$ gr/ $0,095$ m²) e B6 ($31,07 \pm 30,48$ gr/ $0,095$ m²) determinati dal rinvenimento dell'echinoideo *Brissopsis atlantica mediterranea* (fig. 3.64; Tab. 3-XXXIV). Ai controlli la biomassa era oscillata tra $0,09 \pm 0,04$ (K3) e $1,65 \pm 0,37$ gr/ $0,095$ m² (K4) risultando simili all'area di installazione di Clara NW.

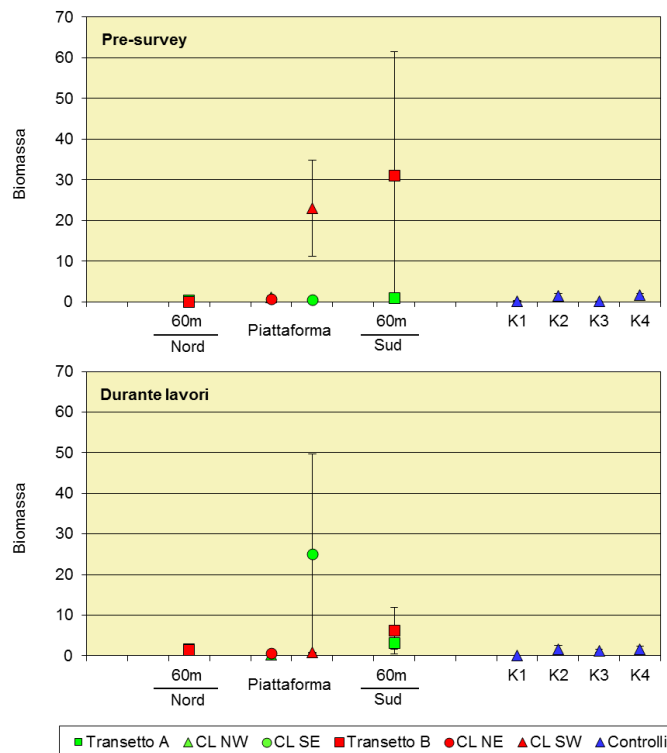


Fig. 3.63 – Biomassa (\pm e.s.) registrata presso i siti monitorati nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Clara NW.



Fig. 3.64 – Pre-survey. Esempi di *Brissopsis atlantica mediterranea* rinvenuti in una replica dei siti CL SW (sinistra) e B6 (destra)

Nel durante lavori la biomassa è oscillata tra $0,34 \pm 0,04$ gr/0,095 m² (CL NW) e $25,13 \pm 24,49$ gr/0,095 m² (CL SE) entro 60 m dalla struttura e tra $0,08 \pm 0,01$ gr/0,095 m² (K1) e $1,59 \pm 0,81$ gr/0,095 m² (K4), risultando pertanto comparabile tra la maggior parte dei siti (fig. 3.63). L'elevato valore ed errore standard registrati presso CL SE è stato determinato dalla presenza di un esemplare di *B. atlantica mediterranea* in una delle 6 repliche (Tab. 3-XXXV).

Tab. 3-XXXIV – Lista e biomassa (gr/0,095 m²) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate durante il pre-survey. * = <0,001 gr/0,095 m².

Stazione	Transetto A				Transetto B				Controlli			
	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	<i>Ampelisca diadema</i>							*				
	<i>Eriopisa elongata</i>											0,001
	<i>Harpinia dellavallei</i>	*										
	<i>Leucothoe lilljeborgi</i>		*									
	<i>Othomaera schmidtii</i>			0,003	0,001				0,005			
	<i>Paraphoxus oculatus</i>	*		*					*			
Decapodi	<i>Alpheus glaber</i>		0,131									
	<i>Callinassa subterranea</i>	0,004	0,028	0,007	0,006	0,039	0,038	0,021	0,049	0,026	0,038	0,014
	<i>Chlorotocus crassicornis</i>		0,395					0,446				
	<i>Goneplax rhomboides</i>		0,313	0,111		0,093				0,075		1,032
Isopodi	<i>Gnathia</i> sp										0,000	
Tanaidacei	<i>Apseudes latreillii</i>	*										
Echinodermi												
Echinoidei	<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>						22,440	29,709				
Oloturoidei	Holothuroidea nd			0,000								
	<i>Labidoplax digitata</i>		0,009	0,029					0,033			0,013
	<i>Ocnus planci</i>					0,469	0,001					
Molluschi												
Bivalvi	<i>Abra prismatica</i>	*										
	<i>Azorinus chamasolen</i>						0,014	0,508		1,015		
	<i>Kurtiella bidentata</i>				*							
	<i>Nucula nitidosa</i>			0,700	0,002	0,001	0,478	0,317			0,019	0,306
	<i>Parvicardium minimum</i>	*										
	<i>Tellimya ferruginosa</i>						0,004	*				
Gasteropodi	<i>Bela brachystoma</i>								0,002			
	<i>Hyalia vitrea</i>	*	0,003	0,003	0,002	0,005	0,001	*	0,002	0,003	0,002	0,003
	<i>Turritella communis</i>	0,021		0,239	0,007					0,289		
Nemertini												
Nemertea	nd	0,001	0,003	0,005	*	*	0,000	*			0,013	0,020
Policheti												
	<i>Ampharete acutifrons</i>				*				*		0,001	
	Ampharetidae nd			*								
	<i>Ancystrosyllis groenlandica</i>	*	*	*	*	*	*	*		0,001	*	*
	<i>Aphelochaeta filiformis</i>	0,001	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Aphelochaeta marioni</i>	*				*				*		
	<i>Aponuphis bilineata</i>		*									
	<i>Aquilaspio sexoculata</i>	*			*			*				
	<i>Chaetozone caputesocis</i>	0,001	0,003		0,002	0,001	0,001		0,002		0,003	
	Cirratulidae nd	0,005		*								
	<i>Glycera rouxii</i>	0,013	0,014	0,001		0,035	0,008	0,066	0,002	0,003		0,001
	<i>Glycera</i> sp	0,001	0,001	0,001	0,015							
	<i>Harmothoe</i> sp		0,001	*				0,002				
	<i>Labioleanira yhleni</i>		0,191	*		*	*	*				
	<i>Lumbrineris gracilis</i>			*		*	*	*				
	<i>Marphysa bellii</i>	0,236	0,102	0,086	0,012		0,034		0,002	0,132	0,025	0,252
	<i>Melinna palmata</i>						*					
	<i>Micronephtys sphaerocirrata</i>									*		*
	<i>Minuspio cirrifera</i>		*							*		*
	<i>Nephtys hystericis</i>	0,060	*	0,028		0,003	0,003		0,001	0,005	0,022	0,002
	<i>Ninoe</i> sp	0,001		0,002	*	0,004	*	0,003	*	0,002	*	*
	<i>Notomastus aberans</i>	0,003	0,005	0,002	0,002	0,004	*		0,001	0,005	*	0,002
	<i>Ophelina cylindricaudata</i>	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*
	<i>Ophiodromus flexuosus</i>	*	*	*	*	*	*		0,001			
	<i>Paradiopatra calliopae</i>	0,002	*	*	0,001	0,002	0,001		0,001	*	*	*
	<i>Paralacydonia paradoxa</i>	0,001	*	0,001	*	0,000	0,001	*	0,001	*	*	*
	Paraonidae nd	0,002	0,002	*	*	0,001	0,001	*	*	0,001	0,001	*
	<i>Phylo norvegica</i>		0,010	0,003				0,008	0,010	0,017		
	Pilargidae nd	*				*		*	*		*	*
	<i>Pilargis verrucosa</i>		*									
	<i>Poecilochetus serpens</i>										*	
	<i>Polyophthalmus pictus</i>		0,003									
	<i>Prionospio ehlersi</i>						0,001					
	<i>Prionospio malmgreni</i>									0,001		
	<i>Prionospio</i> sp	*										
	<i>Scoletoma</i> sp	*	*		0,004				0,008	0,001	0,000	
	<i>Scoloplos armiger</i>	*		*		*		*	*			*
	Spionidae nd											
	Terebellidae nd								0,039	0,002		
Sipunculidi												
	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	0,002	0,001	0,001	*	0,001	0,002		0,001	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

Tab. 3-XXXV – Lista e biomassa (gr/0,095 m²) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel survey condotto durante i lavori di installazione. * = <0,001 gr/0,095 m².

		Transetto A				Transetto B				Controlli			
		A3	CL NW	CL SE	A6	B3	CL NE	CL SW	B6	K1	K2	K3	K4
		60	0	0	60	60	0	0	60	2000	2000	2000	2000
Briozoi	<i>Cellaria salicornioides</i>	0,082	0,022	0,048	0,146	0,128	0,428	0,019	0,063	0,041	0,083	0,102	0,289
Cnidari	Actiniaria nd			0,007									
	Idrozoi		0,001	0,002									
Crostacei													
	Anfipodi									*	*		
	<i>Ampelisca diadema</i>												
	<i>Harpinia dellavallei</i>												
	<i>Hippomedon bidentatus</i>			0,002			*						
	<i>Orchomene grimaldii</i>												
	<i>Othomaera schmidtii</i>								0,005			0,008	
	Cumacei										*		
	Decapodi					0,047							
	<i>Alpheus glaber</i>					0,097	0,006						
	<i>Callinassa subterranea</i>	0,019	0,031	0,018					0,034	0,003		0,036	0,011
	<i>Goneplax rhomboides</i>	0,200		0,019				0,232					
	<i>Processa</i> sp											0,003	
	<i>Solenocera membranacea</i>								0,355				
	<i>Upogebia deltaura</i>						*						
	Isopodi		0,102		0,337		0,059		0,006				
	<i>Cirolana borealis</i>		0,001	0,001	0,003		0,005						
	<i>Eurydice</i> sp												
	Tanaidacei												*
	<i>Apseudes latreillii</i>												
Echinodermi													
	Echinoidei			24,358					5,337				
	Oloturoidei										0,122		
	<i>Labidoplax digitata</i>										0,264		
	<i>Thyone fusus</i>											0,195	
	<i>Trachythone elongata</i>					0,386							
	<i>Trachythone tergestina</i>												
Molluschi													
	Bivalvi					0,340					1,017	0,113	
	<i>Azorinus chamasolen</i>										*		
	<i>Callista chione</i>										*		
	<i>Nucula nitidosa</i>	0,047			*					0,019	*	0,001	
	<i>Poromya granulata</i>												
	Gasteropodi		0,001	0,001	*		0,001	0,004	0,001	0,001	0,003	0,001	0,003
	<i>Hyala vitrea</i>	1,222	0,017	0,622	2,569	0,146			0,134				
	<i>Turritella communis</i>												
Nemertini													
	Nemertea nd	*			0,005		0,007		0,004		*	0,003	
Policheti													
	<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>			*									0,001
	<i>Aphelocheata filiformis</i>	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	0,003
	<i>Aphelocheata marioni</i>	*			*		*	*	*	*	*	*	
	<i>Capitella capitata</i>				*								
	<i>Chaetozone caputesocis</i>				0,002						0,002	0,006	
	<i>Glycera rouxii</i>		0,132		0,009	0,026			0,009	0,002	*	0,401	0,003
	<i>Glycera</i> sp		*	0,001				0,002		*	*		
	<i>Goniada maculata</i>							*					
	<i>Harmothoe</i> sp					0,002					0,001	0,000	
	<i>Labioleanira yhleni</i>			0,001							0,002	0,004	
	<i>Laonice cirrata</i>								0,002				
	<i>Lumbrineris gracilis</i>	*									*		*
	<i>Marphysa bellii</i>	0,007		0,020	0,005	0,286	0,074		0,202	0,001	0,064	0,355	0,001
	<i>Minuspio cirrifera</i>										*	*	*
	<i>Nephtys hystrix</i>			0,004			0,001	0,002		0,005	0,002	0,014	
	Nereididae nd				*								
	<i>Ninoe</i> sp			0,013		*	0,002		0,001	0,001	0,001		0,004
	<i>Notomastus aberans</i>	0,010				0,006				0,005	0,001	0,011	
	<i>Ophelina cylindricaudata</i>		*		*				*	0,001	0,001	*	*
	<i>Ophiodromus flexuosus</i>		*				0,001	*			*	*	*
	<i>Paradiopatra calliopae</i>					*					*	*	*
	<i>Paralacydonia paradoxa</i>			*		*	*	*	*	*	*	*	0,001
	Paraonidae nd	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	0,001
	<i>Phylo foetida</i>		0,012	0,010									
	<i>Phylo norvegica</i>												0,023
	Pilargidae nd						*				*	*	*
	<i>Prionospio</i> sp						*				*	*	*
	<i>Scoletoma fragilis</i>									0,001			
	<i>Scoletoma</i> sp						0,001	*			0,002	0,005	
	<i>Scoloplos armiger</i>			0,001			*				*	*	*
	<i>Sternaspis scutata</i>							0,561					
	Syllidae juv									*			
Sipunculidi													
	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	*	*	0,001	0,002	0,001	0,001	*	0,001	0,002	0,001	0,001	0,003
	Sipuncula nd		0,022		0,011				0,036				
Biomassa totale		1,589	0,342	25,130	3,089	1,465	0,588	0,821	6,190	0,081	1,569	1,263	1,588

3.5.2. AFFINITÀ BIOECENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE

Nei siti campionati in entrambi i survey i taxa di fondo mobile sono risultati i più rappresentati nei popolamenti rinvenuti, sia in termini di numero di specie che di individui (Tab. 3-XXXVI). In particolare, le specie limicole (legate alla presenza di fango) hanno rappresentato il raggruppamento biocenotico più importante in tutte le stazioni sia come Ricchezza specifica che come densità.

Tab. 3-XXXVI – Numero di taxa (a) e di individui (b) rinvenuti nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Clara NW 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-XXXII.

a)

Pre-survey	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	11	11	11	10	14	11	7	12	8	10	10
Sabulicoli (Sab, SFBC)	1	1	1	2	2	2	1	1		2		1
Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF)	2	1		2		2	1	2	1	1		
Indicatori di Materia Organica (MO)	6	3	6	5	4	5	5	3	3	4	3	4
Minuticoli (Minut)					1	1						
Substrato duro (Sd)					1			1				
Larga ripartizione ecologica (Lre)	1		1	1			1		1			

Durante lavori	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)	6	5	11	5	8	6	6	10	9	10	12	9
Sabulicoli (Sab, SFBC)	1	1				1	1			1	1	2
Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF)	1	2	2	2	2	2	1	1	1	4	2	1
Indicatori di Materia Organica (MO)	3	2	2	3	3	2	1	3	3	4	4	3
Minuticoli (Minut)												1
Larga ripartizione ecologica (Lre)		1	1	1		2		1		1	1	

b)

Pre-survey	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			

Durante lavori	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)	3,67	4,00	4,67	6,33	5,67	3,67	7,33	5,33	4,67	9,00	13,00	12,00
Sabulicoli (Sab, SFBC)	0,33	0,33				0,67	1,00			0,67	0,67	1,00
Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF)	1,00	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,00	1,00	1,00	2,00	1,33	1,00
Indicatori di Materia Organica (MO)	1,33	1,33	1,33	1,00	1,33	2,00	0,67	1,00	2,00	2,00	3,00	2,33
Minuticoli (Minut)												0,33
Larga ripartizione ecologica (Lre)		0,33	0,33	0,67		0,67		0,33		0,33	0,67	

Durante il pre-survey gli indicatori di materia organica (MO) avevano costituito il secondo gruppo più abbondante. Nel monitoraggio durante i lavori di installazione della piattaforma gli MO hanno continuato a rappresentare il raggruppamento più numeroso dopo i Lim sia come numero di specie che di individui, affiancato però dai misticoli (Mixt) e/o dai sabulicoli (Sab) in diverse stazioni. Solo in A6 e in CL SW gli MO sono stati superati come densità dai Mixt e da questi e dai Sab rispettivamente. Tutte le altre categorie ecologiche sono apparse, ove presenti, meno rappresentative; da evidenziare la scomparsa

degli organismi di fondo duro, rinvenuti in maniera sporadica nel pre-survey, nel durante lavori.

Non sono state riscontrate particolari differenze tra controlli e siti entro 60 m da Clara NW.

3.5.3. DOMINANZA

Per la rappresentazione grafica delle dominanze sono stati evidenziati i 12 taxa che complessivamente hanno costituito circa il 64% e il 67% delle comunità rispettivamente nel pre-survey e nel durante lavori, includendo i rimanenti nella categoria “altro” (fig. 3.65).

Nel pre-survey i policheti appartenenti alla famiglia dei paraonidi avevano rappresentato quasi ovunque il taxon più abbondante in termini percentuali, con valori oscillanti tra 14,6% (K1) e 34,6% (A3). Presso i siti CL SW e K4, invece, avevano prevalso rispettivamente il decapode *C. subterranea* e il gasteropode *H. vitrea*, risultati entrambi piuttosto importanti anche presso le altre stazioni.

Tutte le altre specie riportate in fig. 3.65 erano meno rappresentative e caratterizzate da percentuali piuttosto simili nei diversi siti.

La categoria “altro” era apparsa ben rappresentata ovunque, con percentuali comprese tra 29,2% (K1) e 57,6% (CL SW), indicando una cospicua presenza di specie di secondaria importanza.

Nel survey durante i lavori di installazione il taxon Paraonidae nd si è ridotto nella maggior parte delle stazioni entro 60 m dalla piattaforma, anche se ha continuato a essere dominante in A3 (a pari merito con *C. subterranea*), CL NW, CL SE e CL NE.

Presso il sito CL SW ha invece prevalso *H. vitrea*, mentre in B3 e B6 *C. subterranea* ha rappresentato il primo taxon. Da evidenziare la situazione presso A6, in cui ha predominato *T. communis* a scapito di paraonidi e *H. vitrea*: i primi hanno notevolmente ridotto la loro importanza rispetto al pre-survey, mentre il gasteropode è addirittura scomparso.

Presso i controlli i policheti Paraonidae nd hanno continuato a dominare in K2 e K4, sostituiti da *C. subterranea* e dal briozoo *Cellaria salicornioides* rispettivamente in K3 e K1. Quest’ultima specie, non rinvenuta nel pre-survey, è stata censita in tutte le stazioni incluse quelle entro 60 m da Clara NW nel secondo campionamento. La categoria “altro” si è ridotta nella maggior parte delle stazioni.

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. 3.66). Ha rappresentato un'eccezione il sito CL SW monitorato durante i lavori a causa della minore quantità di specie e individui rispetto alle altre stazioni e della netta dominanza di *H. vitrea*.

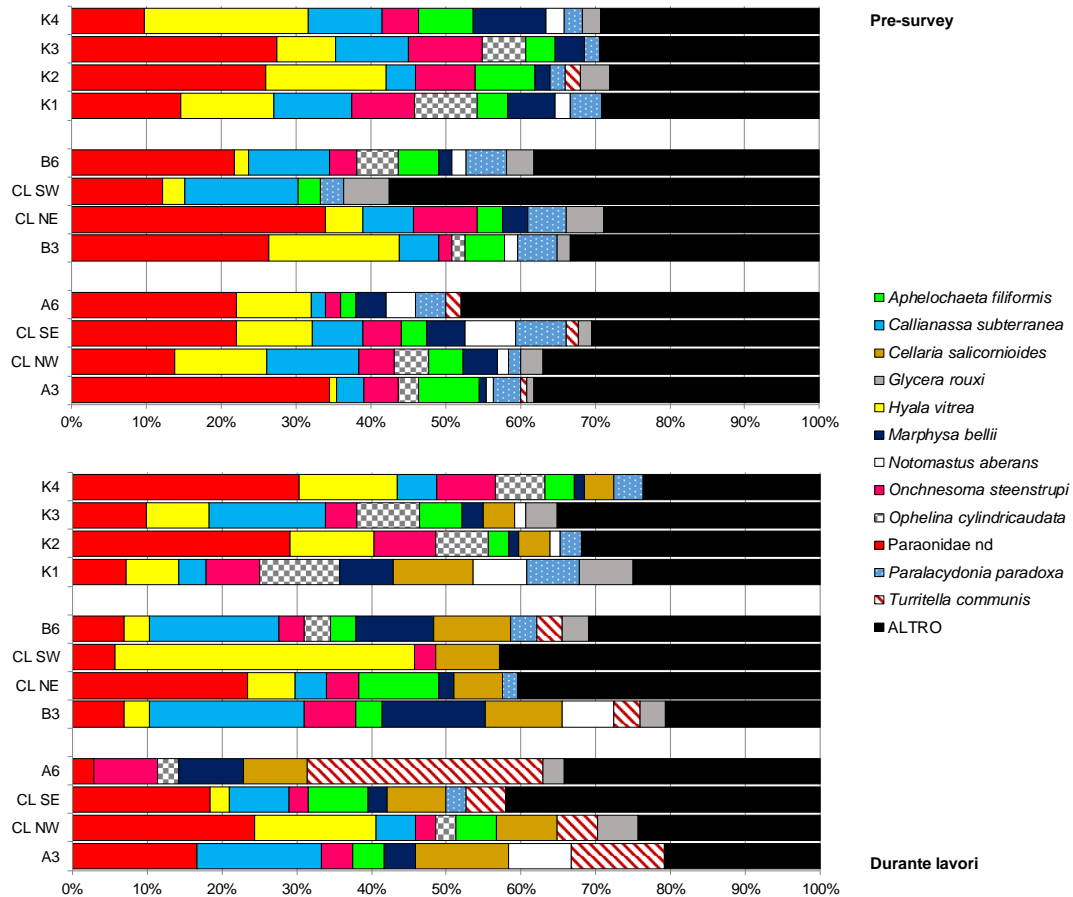


Fig. 3.65 - Valori percentuali di dominanza delle specie principali ottenuti nelle stazioni monitorate nel pre-survey e durante i lavori di installazione.

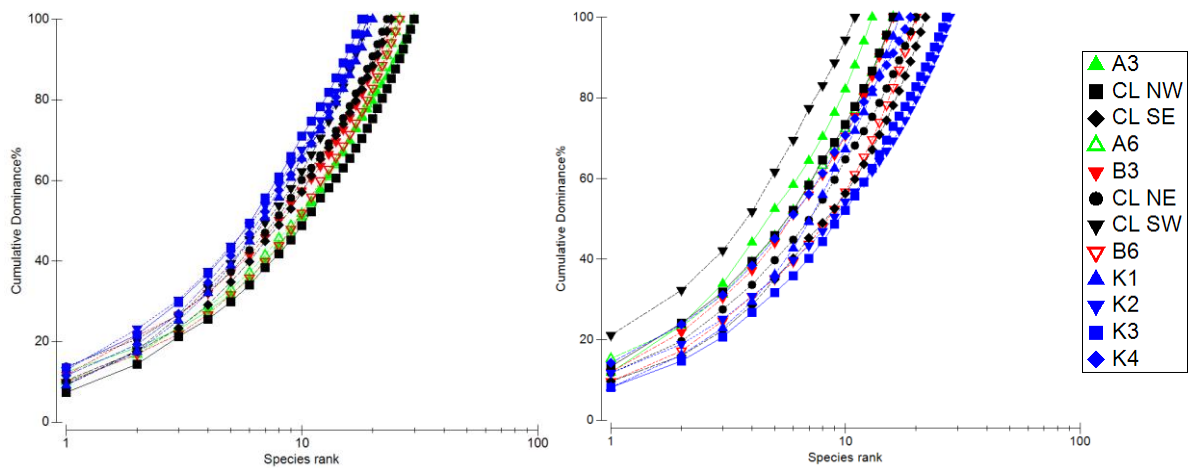


Fig. 3.66 - Curve di dominanza cumulativa ottenute per le stazioni campionate nel pre-survey (a sinistra) e durante i lavori di installazione (a destra).

3.5.4. RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S)

Durante i lavori d'installazione di Clara NW si è assistito in tutta l'area indagata a un lieve decremento del numero complessivo di taxa rispetto al pre-survey; policheti e molluschi si sono ridotti, mentre crostacei e, in misura minore, gli echinodermi, sono aumentati. Sono inoltre comparsi briozoi e cnidari non rinvenuti precedentemente (Tab. 3-XXXVII).

Tab. 3-XXXVII – Ripartizione secondo il phylum di appartenenza e totale dei taxa rinvenuti nel pre-survey (PS) e durante i lavori d'installazione (DL) di Clara NW.

	PS	DL
Briozoi		1
Cnidari		2
Crostacei	12	15
Echinodermi	4	5
Molluschi	9	6
Nemertini	1	1
Policheti	38	32
Sipunculidi	2	2
Totale	66	64

Nel primo monitoraggio nell'area circostante la futura piattaforma minimo e massimo erano stati raggiunti rispettivamente in CL SW (19) e in A3 e CL NW (30; fig. 3.67). Ai controlli il range di S era leggermente inferiore e più ristretto rispetto a quello osservato nell'area di installazione di Clara NW, essendo compreso tra 18 (K3) e 20 (K1).

Durante i lavori di posa in opera entro 60 m dalla piattaforma si è assistito a un decremento di S in tutti i siti, più accentuato in A3 dove si è verificata una riduzione superiore al 50% delle specie rinvenute nel pre-survey. Minimo e massimo sono stati raggiunti rispettivamente in CL SW (11) e CL SE (22). Presso i siti di controllo è stato registrato un decremento in K1 e un notevole aumento in K2 e K3. Solo CL SE, CL NE e B6 sono rientrati nel range dei controlli.

In entrambi i campionamenti i policheti hanno rappresentato ovunque il gruppo principale, seguiti da crostacei e/o molluschi. Gli echinodermi sono sempre apparsi poco rappresentati, risultando assenti in alcune stazioni.

Il numero di specie esclusive, ovvero censite unicamente in un sito, nel pre-survey era 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. 3-XXXII).

Durante i lavori il numero di specie esclusive è oscillato tra 2 (in più siti), valore corrispondente al 7-18% dei taxa rinvenuti, e 5 (in K2; 18%; Tab. 3-XXXIII). Nessuna specie esclusiva è stata censita presso A3 e CL NW.

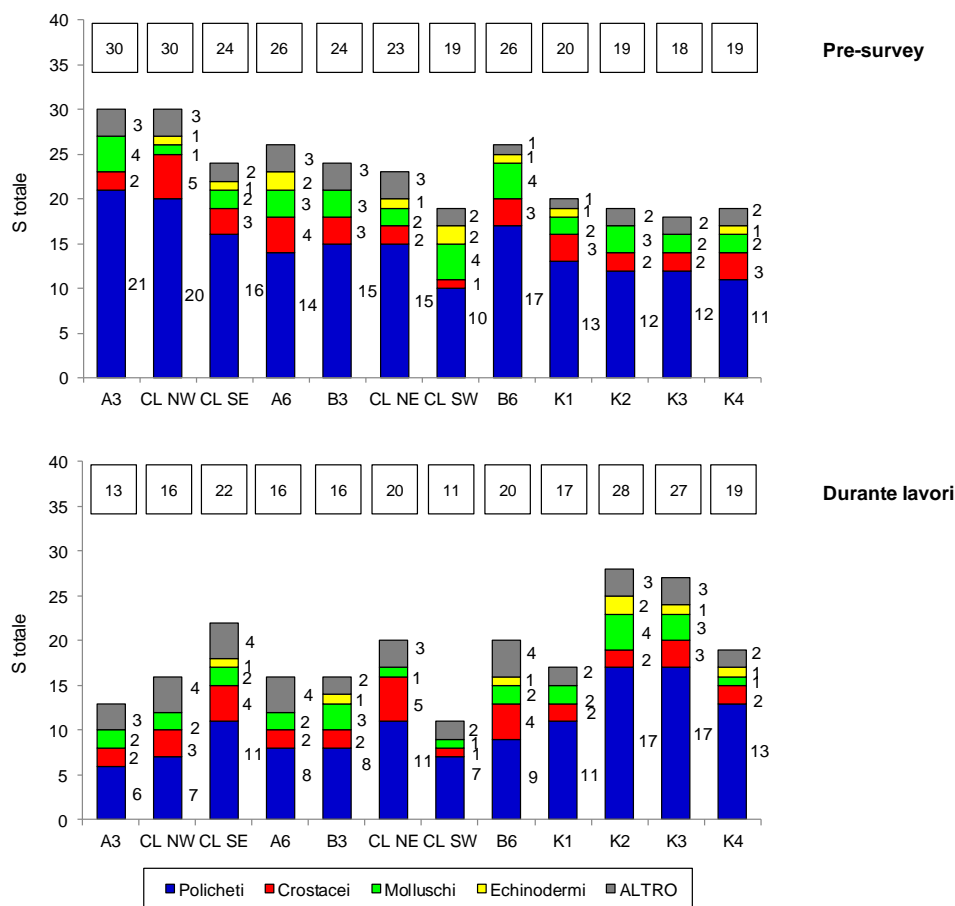


Fig 3.67 - Ripartizione secondo il phylum di appartenenza delle specie rinvenute nelle singole stazioni campionate nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Clara NW. Sono anche riportati i valori della Ricchezza specifica totale ottenuti per i vari siti (riquadri).

3.5.5. RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA (S_m)

In entrambi i campionamenti la Ricchezza specifica media ha presentato un trend simile a quello osservato per S (fig. 3.68). Durante il pre-survey S_m era oscillata tra $10,7 \pm 0,0$ (A6) e $16,3 \pm 1,8$ (A3) lungo A, mentre lungo B il minimo era stato registrato presso CL SW ($9,0 \pm 0,0$) e il massimo presso B3 ($11,7 \pm 0,3$) e CL NE ($11,7 \pm 1,7$). Ai controlli i valori erano piuttosto omogenei, compresi tra $9,3 \pm 0,3$ (K1 e K2) e $10,7 \pm 1,8$ (K3) e confrontabili con gli altri gruppi di stazioni eccetto A3.

Durante i lavori di installazione nei siti entro 60 m da Clara NW è avvenuta una diminuzione di S_m in A3, B3, CL NW e CL SW rispetto al pre-survey, mentre nelle restanti stazioni l'indice non ha subito variazioni di rilievo, analogamente a K1, K3 e K4. Lungo il transetto A minimo e massimo sono stati registrati rispettivamente presso A3 ($6,3 \pm 1,2$) e CL SE ($10,0 \pm 1,5$), mentre lungo B l'indice è variato tra $6,7 \pm 0,9$ (CL SW) e $9,3 \pm 1,2$ (CL NE). Tutte le stazioni sono rientrate nel range dei controlli, dove S_m è variata tra $8,3 \pm 2,0$ (K1) e $25,3 \pm 1,0$ (K4).

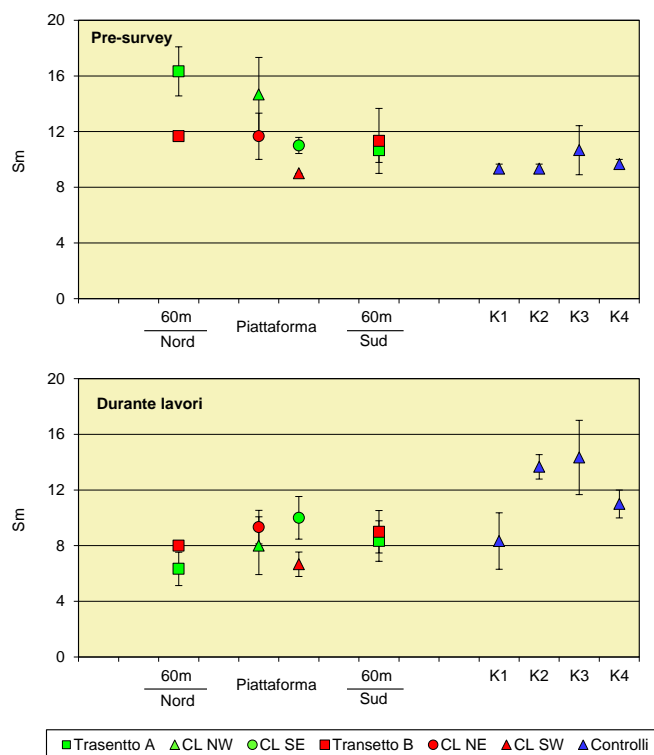


Fig. 3.68 – Ricchezza specifica media (\pm e.s.) registrata presso i siti monitorati nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Clara NW.

3.5.6. DIVERSITÀ SPECIFICA (H')

Nel pre-survey la Diversità specifica aveva mostrato valori piuttosto bassi entro un raggio di 60 m dalla futura struttura evidenziando la presenza di una comunità non molto diversificata (fig. 3.69). Il minimo era stato registrato presso CL SW ($2,13 \pm 0,03$) e il massimo presso CL NW ($2,50 \pm 0,15$). I controlli avevano presentato valori molto omogenei tra loro ($1,99 \pm 0,08 \leq H' \leq 2,16 \pm 0,22$) e paragonabili con le altre stazioni.

Durante i lavori di installazione questo indice ha evidenziato delle riduzioni rispetto al pre-survey nella maggior parte dei siti posizionati nell'area circostante la piattaforma, ad eccezione di CL SE, CL NE e B6, risultati confrontabili. Lungo A il minimo è stato registrato presso A3 ($1,75 \pm 0,24$) e il massimo in CL SE ($2,19 \pm 0,18$), mentre lungo B i valori sono oscillati tra $1,69 \pm 0,25$ (CL SW) e $2,14 \pm 0,20$ (B6). I controlli, rimasti invariati eccetto K2 (aumento) e risultati compresi tra $2,03 \pm 0,24$ (K1) e $2,43 \pm 0,20$ (K3), sono apparsi confrontabili con le altre stazioni.

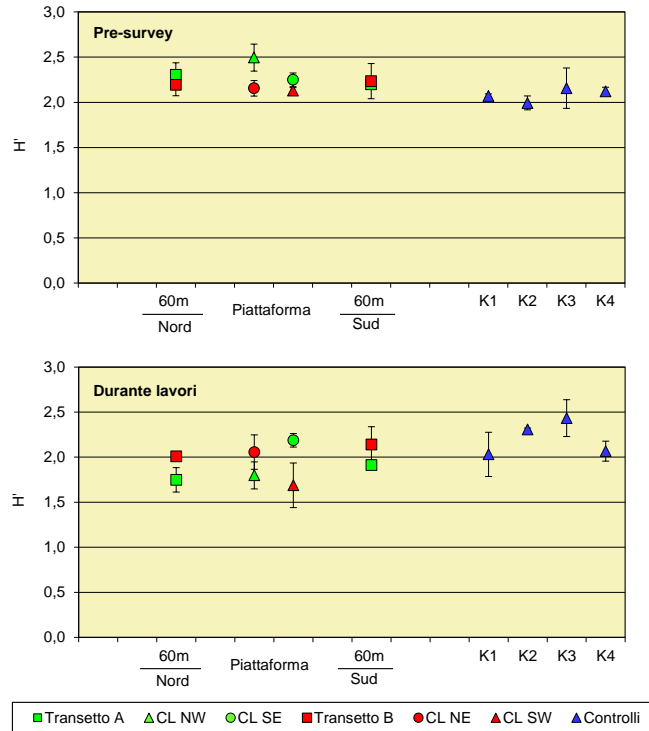


Fig. 3.69 - Diversità specifica (\pm e.s.) registrata nelle stazioni monitorate nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Clara NW.

3.5.7. MULTIDIMENSIONAL SCALING (MDS)

Il MultiDimensional Scaling applicato ai dati di densità delle singole specie campionate nel corso dei due monitoraggi ha evidenziato un cluster principale e diversi altri secondari (similarità al 50%; figg. 3.70a e 3.70b). Il raggruppamento più grande comprende tutto il pre-survey (eccetto CL SW separato in un cluster a parte) e 3 siti di controllo campionati nel durante lavori. Relativamente a quest'ultimo campionamento, tre stazioni corrispondenti alla piattaforma (CL NW, CL SE e CL NE) sono state raggruppate insieme risultando pertanto separate da CL SW che ha costituito un cluster a sé analogamente ad A6. Gli altri siti a 60 m sono invece apparsi uniti a K1.

Tale disposizione è stata determinata soprattutto dai diversi quantitativi dei taxa principali come Paraonidae nd e *H. vitrea* (figg. 3.70c e 3.70d), mentre la separazione di A6 e CL SW nel durante lavori è conseguente all'assenza di alcuni taxa come *C. subterranea* (fig. 3.70e) e *P. paradoxa* (fig. 3.70f) rinvenuti in tutti o quasi tutti gli altri siti.

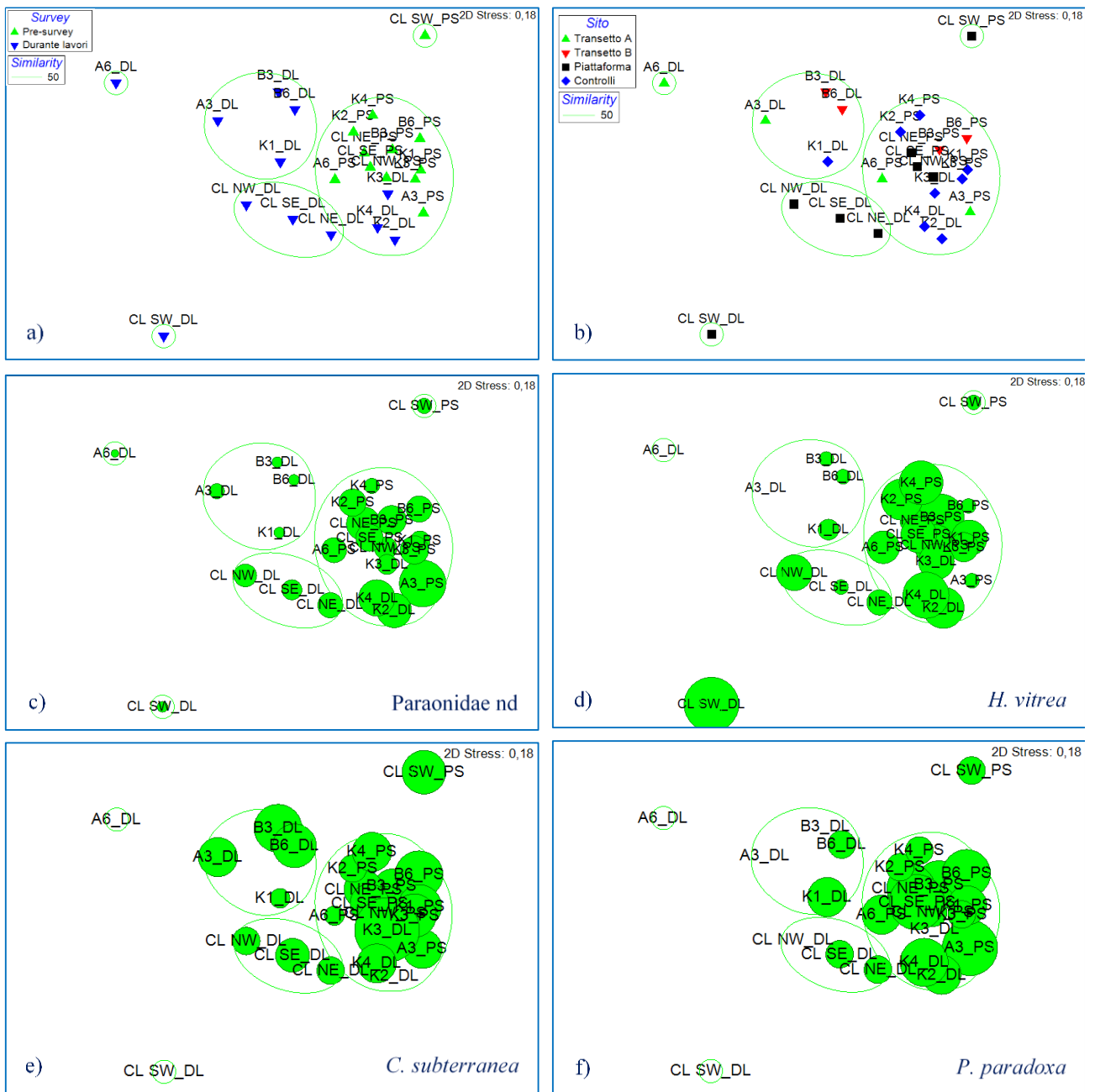


Fig. 3.70 – Rappresentazione bidimensionale dei siti campionati nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Clara NW tramite il metodo del MultiDimensional Scaling. I cerchi verdi indicano i quantitativi in termini di densità delle singole specie.

3.5.8. VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE

3.5.8.1 Indice W di Clarke

Come già nel pre-survey, anche durante l'installazione di Clara NW l'indice W di Clarke ha evidenziato la presenza di un ambiente leggermente disturbato in tutti i siti campionati nell'area intorno alla piattaforma ad eccezione di CL SE classificata come non disturbata (Tab. 3-XXXVIII).

Tab. 3-XXXVIII – Valori dell'indice W di Clarke ottenuti per i siti monitorati nel pre-survey e durante i lavori di installazione di Clara NW.

	Stazione	W	Classificazione ambientale
Pre-survey	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
Durante lavori	A3	0,571	Leggermente disturbato
	CL NW	0,408	Leggermente disturbato
	CL SE	0,710	Non disturbato
	A6	0,609	Leggermente disturbato
	B3	0,422	Leggermente disturbato
	CL NE	0,498	Leggermente disturbato
	CL SW	0,529	Leggermente disturbato
	B6	0,652	Leggermente disturbato
	K1	0,404	Leggermente disturbato
	K2	0,534	Leggermente disturbato
	K3	0,464	Leggermente disturbato
	K4	0,510	Leggermente disturbato

3.5.8.2 Indice AMBI

L'indice AMBI (Tab. 3-XXXIX) ha evidenziato una situazione di leggero disturbo ovunque, fornendo risultati identici a quelli ottenuti con W di Clarke (eccetto CL SE nel durante lavori) e confermando quanto già emerso nel pre-survey. La maggior parte delle specie rinvenute appartiene al III gruppo ecologico (specie tolleranti a un eccessivo arricchimento organico nei sedimenti). Presso A6, B6 e K1 hanno dominato le specie appartenenti al II gruppo (specie indifferenti all'arricchimento organico), mentre in CL NW e CL SW quelle ascrivibili al I gruppo (specie sensibili ad arricchimento organico e

presenti solo in condizioni ambientali ottimali). Da rilevare il rinvenimento del V gruppo (specie opportuniste di I ordine) in A6.

Tab. 3-XXXIX – Suddivisione percentuale delle specie rinvenute in ciascun sito monitorato nel pre-survey e durante i lavori di installazione della piattaforma nei 5 gruppi ecologici (I = specie molto sensibili; II = specie indifferenti all’arricchimento organico; III = specie tolleranti; IV = specie opportuniste di II ordine; V = specie opportuniste di I ordine) e classificazione del disturbo ambientale secondo l’indice AMBI. In giallo è riportato il gruppo ecologico più rappresentativo in ciascuna stazione.

	Stazione	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	Classificazione ambientale
Pre-survey	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	1,831	Leggermente disturbato
	A6	36,0	30,0	32,0	2,0	0	1,500	Leggermente disturbato
	B3	35,1	14,0	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	1,77	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	1,390	Leggermente disturbato
Durante lavori	A3	14,3	23,8	57,1	4,8	0	2,286	Leggermente disturbato
	CL NW	41,2	20,6	38,2	0	0	1,456	Leggermente disturbato
	CL SE	31,4	25,7	42,9	0	0	1,671	Leggermente disturbato
	A6	25,0	53,1	12,5	6,3	3,1	1,641	Leggermente disturbato
	B3	23,1	34,6	42,3	0	0	1,788	Leggermente disturbato
	CL NE	28,6	23,8	47,6	0	0	1,786	Leggermente disturbato
	CL SW	50,0	25,0	18,8	6,3	0	1,219	Leggermente disturbato
	B6	23,1	38,5	38,5	0	0	1,731	Leggermente disturbato
	K1	36,0	44,0	20,0	0	0	1,260	Leggermente disturbato
	K2	37,3	20,9	38,8	3,0	0	1,612	Leggermente disturbato
	K3	35,3	20,6	39,7	4,4	0	1,699	Leggermente disturbato
	K4	34,7	12,5	51,4	1,4	0	1,792	Leggermente disturbato

3.5.8.3 Indice BENTIX

Come già evidenziato durante il pre-survey, anche nel durante lavori il BENTIX (Tab. 3-XL) ha fornito risultati diversi e più negativi rispetto agli altri due indici. Infatti molti siti sono stati classificati come moderatamente disturbati, sia nell’area entro 60 m da Clara NW che tra i controlli. I restanti sono risultati leggermente disturbati eccetto A6 classificato come non disturbato. Rispetto al pre-survey si è assistito a un leggero miglioramento in A6 e B3 e a un lieve peggioramento in CL NW, CL SW e K4.

3.5.8.4 Stato ecologico

In Tab. 3-XLI 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 piattaforma che ai controlli. Dal confronto con quanto rilevato durante il pre-survey, presso la maggior parte dei siti la situazione è rimasta invariata; solo in CL NW, CL SW e K4 è stato registrato un leggero peggioramento e in B3 un lieve miglioramento.

Tab. 3-XL – Risultati dell'indice BENTIX e relativa classificazione del disturbo ambientale per i siti monitorati nel pre-survey e durante i lavori di installazione della piattaforma.

	Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale
Pre-survey	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
Durante lavori	A3	3,25	Moderatamente disturbato
	CL NW	3,08	Moderatamente disturbato
	CL SE	3,79	Leggermente disturbato
	A6	4,53	Non disturbato
	B3	4,41	Leggermente disturbato
	CL NE	3,15	Moderatamente disturbato
	CL SW	2,51	Moderatamente disturbato
	B6	4,21	Leggermente disturbato
	K1	3,79	Leggermente disturbato
	K2	3,36	Moderatamente disturbato
	K3	4,00	Leggermente disturbato
	K4	3,39	Moderatamente disturbato

Tab. 3-XLI – Classificazione dello stato ecologico derivata dalla combinazione dei tre differenti indici.

		W	AMBI	BENTIX	Stato ecologico
Stazione		Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	Classificazione ambientale	
Pre-survey	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
Durante lavori	A3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	CL NW	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	CL SE	Non disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	A6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Non disturbato	Buono
	B3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	CL NE	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	CL SW	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	B6	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	K1	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	K2	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato
	K3	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Buono
	K4	Leggermente disturbato	Leggermente disturbato	Moderatamente disturbato	Buono/moderato

4. CONCLUSIONI

In riferimento al Decreto n. 0000227 del 17/09/2014 emesso dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-ISMAR UOS Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS di effettuare un monitoraggio volto a valutare il potenziale impatto ambientale conseguente l’installazione della piattaforma Clara NW e della condotta sottomarina collegante tale struttura alla piattaforma Calipso. Gli aspetti indagati contemplati in tale monitoraggio sono stati scelti in base: a) alle specifiche riportate nel Decreto del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare; b) alle prescrizioni dell’ARPAM; c) alle conoscenze acquisite dal CNR-ISMAR di Ancona a partire dalla sua costituzione (1969) nel campo dell’oceanografia e della biologia marina in Adriatico e negli altri mari italiani; d) alle numerose esperienze effettuate dal CNR-ISMAR di Ancona dal 1998 ad oggi presso altri impianti di estrazione off-shore installati in alto e medio Adriatico su diverse tipologie di fondale da 20 a 85 m di profondità (Regina, Anemone, Annalisa, Barbara NW, Calpurnia, Naomi-Pandora, PCMS-1, Calipso, Clara Est, Clara Nord, Naide, Tea, Annamaria B, pozzi sottomarini Bonaccia EST 2&3, Fauzia, Elettra; Fabi *et al.*, 2001a; 2001b; 2002; 2004; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015; 2016a; 2016b; 2016c; 2016d); d) alle caratteristiche idrologiche e sedimentologiche della zona in cui è installata Clara NW.

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

Il monitoraggio comprende diverse fasi:

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

Nella presente relazione sono riportati i risultati ottenuti nelle fasi di pre-survey e di posa in opera della struttura.

In queste due fasi, in cui le indagini hanno riguardato la colonna d’acqua, i sedimenti e le

comunità bentoniche, per ogni comparto da investigare è stato proposto un monitoraggio semplificato rispetto a quello che verrà seguito nel periodo di produzione della piattaforma; durante il pre-survey, infatti, le indagini erano volte ad ottenere una caratterizzazione dell'areale in cui sarebbe stata installata la struttura. Nel durante lavori, invece, la semplificazione del campionamento era dettata da problemi tecnici e di sicurezza legati alla presenza dei mezzi di lavoro.

Solo per quanto concerne la colonna d'acqua l'indagine durante i lavori di installazione è stata effettuata con lo stesso schema di campionamento previsto per la fase di esercizio, ovvero presso 8 siti di prelievo di cui 4 posti a una distanza di circa 100 m dalla piattaforma e 4 posizionati a circa 2000 m (controlli). Le medesime stazioni sono state campionate anche per la caratterizzazione delle comunità planctoniche. Sedimenti e popolamento bentonico sono stati indagati presso 12 siti disposti a croce di cui 4 nell'area in cui si stava installando Clara NW, 4 a 60 m e 4 a circa 2000 m di distanza (controlli), analogamente al pre-survey.

Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua - L'area di posa della piattaforma di estrazione Clara NW è localizzata a circa 45 km dalla costa ed è caratterizzata da condizioni oceanografiche di mare aperto, risentendo solo in parte della circolazione costiera (Artegiani *et al.*, 1997a; 1997b). Le caratteristiche oceanografiche determinate durante il periodo di installazione della struttura (luglio, settembre e novembre 2015) sono in accordo con la climatologia del bacino (Artegiani *et al.*, 1997a; Zavatarelli *et al.*, 1998). La colonna d'acqua è risultata fortemente stratificata in temperatura nel periodo estivo; a novembre, a causa del raffreddamento superficiale, il gradiente termico verticale è diminuito progressivamente pur rimanendo ancora osservabile. In luglio e settembre, inoltre, era presente in superficie uno strato con acqua a minore salinità, non più riscontrato.

Per quanto riguarda gli aspetti idrochimici considerati, l'ossigeno disciolto era presente con percentuali di saturazione maggiori del 100% negli strati superficiali e sub-superficiali, con una diminuzione in tutti survey verso il fondo raggiungendo il minimo a novembre, quando comunque si sono mantenuti valori di saturazione sempre al di sopra dell'80%; quindi, non sono state osservate condizioni ipossiche o anossiche durante tutto il periodo considerato.

Le concentrazioni di nutrienti sono rientrate nei range dei valori noti per l'area (Zavatarelli *et al.*, 1998; Marini *et al.*, 2008), con concentrazioni dei composti azotati tendenti debolmente all'aumento in autunno. Gli ortofosfati, sempre presenti in basse

concentrazioni, hanno presentato i valori più elevati in settembre, mentre gli ortosilicati sono tendenzialmente diminuiti da luglio a fine periodo.

Il carico solido sospeso ha presentato in generale un aumento della concentrazione nelle acque di fondo, evidente soprattutto nelle misure di torbidità. Questo andamento è stato osservato frequentemente in Adriatico ed è legato a possibili processi di risospensione e trasporto di sedimenti (Wang e Pinardi, 2002; Wang *et al.*, 2006).

La concentrazione di pigmenti clorofilliani è risultata maggiore verso il fondo in luglio e settembre, presentando invece un picco a circa 40 m in novembre. La concentrazione della clorofilla totale (come somma di Chl *a* + Chl *b* + Chl *c*) è apparsa sempre piuttosto bassa ma tendente all'aumento da luglio a novembre, confermando le generali condizioni di oligotrofia dell'area (Zavatarelli *et al.*, 1998; Totti *et al.*, 2000). La clorofilla *b* (caratteristica delle alghe verdi - Prasinophyceae - e delle Euglenophyta) è sempre apparsa 3-4 volte maggiore rispetto alla Chl *c* (caratteristica delle diatomee).

In generale, non sono emerse differenze significative tra le stazioni posizionate a 100 m dalla piattaforma in costruzione e quelle a 2000 m utilizzate come controlli per quanto riguarda le condizioni oceanografiche generali (temperatura, salinità, ossigeno disciolto), mentre sono state evidenziate alcune differenze nelle concentrazioni dei parametri idrochimici. In particolare, nelle stazioni a 2000 m sono risultati più elevati i nitrati in settembre e novembre e gli ortofosfati in settembre, mentre l'ammoniaca ha mostrato valori maggiori vicino alla piattaforma in luglio e novembre.

Il TSM è apparso più elevato in prossimità della piattaforma in luglio e settembre, ma non in modo significativo, mentre i valori della clorofilla *a* hanno mostrato differenze significative fra le stazioni considerate solo in novembre, con concentrazioni maggiori ai controlli.

In conclusione, nelle aree interessate direttamente dai lavori non sono stati evidenziati effetti sui parametri idrologici in relazione alle operazioni di posa della piattaforma Clara NW. Gli aumenti nella concentrazione di ammoniaca e del materiale sospeso in alcune situazioni nelle stazioni a 100 m potrebbero essere in relazione ai processi di mobilizzazione dei sedimenti di fondo. Tuttavia, come già detto, questi aumenti non sempre sono apparsi significativi dal punto di vista statistico. Inoltre, sono state osservate concentrazioni di vari parametri più elevate nelle stazioni di riferimento, lontane dalla piattaforma e quindi verosimilmente non correlate alle operazioni effettuate nell'area della struttura. L'attività biologica legata al fitoplancton e stimata dalla concentrazione dei vari pigmenti fotosintetici non ha mostrato evidenti differenze nell'area presa in esame.

I trend osservati possono essere attribuiti in larga parte alla variabilità delle condizioni idrologiche nell'area e lungo la colonna, piuttosto che alle operazioni in corso.

Confrontando infine l'intero periodo di campionamento (pre-survey e durante lavori), è emersa un'elevata variabilità dei parametri analizzati sia nei pre-survey che durante i lavori di posa della piattaforma, con differenze fra le stazioni localizzate in prossimità della piattaforma e quelle a 2000 m solo in pochi casi statisticamente significative e concentrazioni spesso maggiori a 2000 m di distanza.

Per quanto riguarda i metalli pesanti, l'analisi dei dati ha messo in evidenza la completa assenza (concentrazioni sempre sotto il limite di rilevabilità) delle specie chimiche considerate tra le più tossiche, quali mercurio, cadmio e indio (Canli e Furness, 1995; Dong *et al.*, 2016). Anche piombo, rame e ferro sono risultati molto spesso non rilevabili, e in ogni caso, considerato il loro valore medio, non hanno mostrato alcuna differenza significativa nel confronto tra i diversi survey. Tra le specie chimiche sempre presenti (concentrazioni sempre al di sopra dei rispettivi limiti di rilevabilità), si possono distinguere fondamentalmente due differenti gruppi. L'arsenico, il bario, il vanadio e il silicio hanno evidenziato una minima variabilità delle concentrazioni sia nella distribuzione orizzontale sia in quella verticale. Nel confronto tra i survey, solo per il vanadio è stato evidenziato in novembre un aumento significativo della concentrazione media. Cromo, nichel, alluminio e zinco hanno mostrato invece una variabilità molto più marcata, spesso con valori di CV al di sopra del 100%. In ogni caso, le concentrazioni medie di tutti questi elementi non hanno mai presentato differenze significative tra le diverse crociere.

Per quanto riguarda gli inquinanti organici, l'unica categoria di composti saltuariamente presente è stata quella degli idrocarburi alifatici. Le concentrazioni medie misurate hanno mostrato, tuttavia, valori piuttosto bassi e molto vicini al limite di rilevabilità.

In generale, tutti i metalli e i microinquinanti organici rilevati sono risultati comunque ampiamente al di sotto dei limiti previsti dalle leggi attinenti agli obiettivi di qualità delle acque (es. i limiti per le acque riportati nella DIRETTIVA 2008/105/EC), e confrontabili con i risultati ottenuti in altre aree non contaminate, sia del Mediterraneo (Béthoux *et al.*, 1990; Annibaldi *et al.*, 2009) sia di altre zone d'Europa e del mondo (Law, 1978; Middelburg *et al.* 1988; Alves *et al.*, 1993; Crompton, 2006).

Non sono apparsi distinguibili particolari trend delle concentrazioni per nessuna specie chimica considerata, né in relazione alla profondità né in relazione alla loro distribuzione orizzontale. Le uniche eccezioni a questa generale risultanza si sono evidenziate per il

bario e il silicio. Il primo, infatti, nella crociera di luglio ha mostrato uno specifico andamento comune a tutte le stazioni analizzate, con i valori massimi in superficie e i minimi alle quote intermedie. Tale andamento, come già detto, è stato riscontrato solo a luglio, periodo nel quale le condizioni idrologiche hanno mostrato una forte stratificazione termalina. Per quanto riguarda il silicio, invece, a novembre i valori massimi sono sempre stati misurati in prossimità del fondale. Tale aumento della concentrazione nei campioni di fondo è probabilmente da mettere in relazione a fenomeni di risospensione evidenziati altresì dall'aumento del carico solido sospeso.

Come per i parametri idrologici, allo scopo di mettere in evidenza eventuali alterazioni nei parametri ambientali causate dalle attività in corso, sono state analizzate per ogni campagna le differenze fra le stazioni in prossimità della piattaforma, che più direttamente potevano essere modificate nelle loro caratteristiche ambientali dai lavori di installazione, e quelle più lontane considerate come controlli. Questa analisi non ha evidenziato alcuna differenza significativa tra i parametri analizzati eccetto per il vanadio durante le crociere di luglio e novembre 2015, in cui si è registrato un aumento della concentrazione nelle stazioni più esterne rispetto alla posizione della piattaforma.

In conclusione, nei periodi di osservazione in tutta l'area esaminata non è stato osservato alcun fenomeno di contaminazione ambientale in relazione alle attività in corso e, come già sottolineato per i parametri idrologici, i trend osservati per alcune specie chimiche (es. bario, vanadio e silicio) in alcuni dei survey condotti sono probabilmente da imputare alla variabilità delle condizioni idrologiche e meteorologiche della zona, piuttosto che alle attività in corso per la posa della piattaforma.

Comunità planctoniche - I lavori per l'installazione della piattaforma non hanno influenzato la comunità fitoplanctonica. Le abbondanze totali delle singole campagne e la loro composizione in specie rappresentano una successione stagionale "tipica". Infatti, le specie rinvenute nei diversi periodi dell'anno sono già riportate per l'Adriatico con abbondanze e periodi di fioritura simili (Totti e Artegiani 2001; Totti *et al.*, 2002; 2005; Vilicic *et al.*, 2002; AA. VV., 2010; Bernardi Aubry *et al.*, 2012; Godrijan *et al.*, 2012; Maric *et al.*, 2012).

Così come le variazioni temporali, anche le variazioni spaziali (differenze tra stazioni poste a distanze diverse dall'area di installazione della piattaforma) e la distribuzione lungo la colonna del fitoplancton delle singole stazioni, sono da attribuire alla variabilità delle condizioni idrologiche e meteorologiche dell'area di studio, piuttosto che alle attività in

corso per la posa della piattaforma stessa. Infatti, il fitoplancton oltre a essere un ottimo indicatore di impatto ambientale è caratterizzato anche da una chiara alternanza stagionale delle specie, che a seconda del periodo favorevole o meno, possono fiorire e talvolta aumentare le proprie abbondanze velocemente (con scale temporali di ore o di giorni) o, nel caso di condizioni sfavorevoli, diminuire di abbondanza o sparire del tutto.

Anche per quanto concerne i popolamenti zooplanctonici, si può ritenere che le differenze tra i popolamenti zooplanctonici rilevati durante il periodo di installazione di Clara NW non siano ascrivibili all'eventuale impatto dei lavori in corso, bensì al naturale alternarsi stagionale dei diversi taxa che presentano variazioni legate alle diverse caratteristiche fenologiche degli stessi; ciò che li influenza sono dunque le condizioni idrologiche e meteorologiche dell'area di studio nonché le risposte alle stesse dei produttori primari (il fitoplancton) di cui sono diretti consumatori. I popolamenti planctonici, e quelli zooplanctonici nello specifico, sono infatti caratterizzati da note e documentate alternanze stagionali sia in termini di abbondanza che di composizione specifica. I taxa rinvenuti nei diversi periodi dell'anno sono stati già osservati in Adriatico e hanno presentato abbondanze e andamenti stagionali non anomali rispetto a quanto riportato in letteratura (Fonda Umani *et al.*, 2005; Camatti *et al.*, 2008; De Olazabal e Tirelli, 2011; Bernardi Aubry *et al.*, 2012).

Caratteristiche sedimentologiche - L'area di indagine è caratterizzata dalla presenza di sedimenti costituiti in gran parte da silt con una cospicua percentuale di argilla, tanto che tutti sono stati classificati come silt argillosi. La percentuale di sabbia è risultata esigua in tutti i campioni. Le attività di posa in opera della piattaforma non hanno apportato alterazioni alla tessitura dei sedimenti.

Per quanto riguarda i contaminanti, in tutta l'area sia quelli organici sia quelli inorganici (metalli) hanno presentato complessivamente tenori bassi, tanto che anche le differenze tra sito e sito e tra campionamenti hanno scarso significato. Le operazioni di posa in opera non quindi hanno modificato sostanzialmente la situazione riscontrata nel pre-survey, anche se alcuni metalli (bario, silicio e zinco) hanno presentato anomalie positive presso la struttura; si tratta comunque di concentrazioni modeste in valore assoluto. Resta da valutare se si tratti della fase iniziale di un fenomeno di accumulo che potrebbe accentuarsi nel tempo.

Per arsenico, cadmio, mercurio, piombo, cromo e nichel sono stati considerati, come parametri di confronto, gli Standard di Qualità Ambientale (SQA) riportati per i sedimenti di corpi idrici marino-costieri e di transizione nei DM 56/2009, DM 260/2010 e DM

172/2015 (i restanti metalli non sono indicati nei sopra citati Decreti). L'arsenico ha di poco superato l'SQA esclusivamente in tre siti campionati nel pre-survey, mentre le concentrazioni di cadmio, mercurio e piombo sono risultate sempre ampiamente inferiori agli SQA. Il cromo è apparso superiore al relativo SQA ovunque sia nel pre-survey, che nel durante lavori di installazione, per cui tale fenomeno non è assolutamente imputabile alle operazioni in corso. Una situazione analoga è stata riscontrata per il nichel.

I contaminanti organici non hanno mostrato variazioni riconducibili alla attività che si stanno svolgendo nell'area. Gli IPA sono stati sempre estremamente bassi, ben al di sotto degli LCB indicati dal Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini (ICRAM-APAT, 2007) e notevolmente inferiori agli SQA, mostrando anche un decremento generalizzato durante la posa in opera di Clara NW. Gli idrocarburi totali leggeri (C<12) non sono mai stati rilevati. Le concentrazioni degli idrocarburi pesanti (C>12) sono risultate modeste in linea generale, pur presentando un incremento in corrispondenza della piattaforma nel durante lavori. Tuttavia, i valori maggiori in assoluto erano stati riscontrati nel pre-survey nell'area a 60 m dalla futura struttura.

Infine, le variazioni osservate tra i due periodi di campionamento per sostanza organica e TOC, consistenti per entrambi i parametri in un incremento generalizzato, non sono riconducibili alle attività che si stavano svolgendo nell'area.

Ecotossicologia dei sedimenti - Durante i lavori di installazione della piattaforma Clara NW i saggi biologici con *Dunaliella tertiolecta*, *Vibrio fischeri* e *Corophium orientale* hanno tutti confermato l'assenza di tossicità nell'intera area investigata già osservata nel pre-survey. Per quanto concerne il test con *Crassostrea gigas*, invece, è stato rilevato un peggioramento generalizzato che ha coinvolto anche i controlli; pertanto, non è riconducibile ai lavori di installazione quanto a dei cambiamenti ambientali generalizzati. A conferma di tale affermazione è il maggiore peggioramento registrato in uno dei controlli (K1), passato da una situazione di assenza di tossicità a una tossicità media, mentre in tutti gli altri siti è stata riscontrata una tossicità bassa.

I risultati del test di bioaccumulo eseguito utilizzando esemplari di *Hediste diversicolor* hanno evidenziato una biodisponibilità diffusa solo di due dei 14 metalli analizzati (Ni e Si). Il primo è infatti apparso bioaccumulato in tutti i sedimenti inclusi quelli di controllo, mentre il silicio ha presentato concentrazioni significativamente superiori al bianco in tre siti posti a 60 m dalla piattaforma e in tre controlli. Per entrambi questi metalli è stato evidenziato un peggioramento rispetto al pre-survey che tuttavia, avendo coinvolto anche i

siti di riferimento, non è imputabile esclusivamente alle operazioni che si stavano svolgendo.

Tutti gli altri metalli o non sono stati rilevati, o hanno mostrato una tendenza al rilascio, senza particolari variazioni rispetto al pre-survey eccetto arsenico e mercurio; questi due elementi erano risultati bioaccumulati in diverse stazioni nel primo campionamento mentre nel secondo hanno presentato concentrazioni paragonabili o inferiori a quelle del bianco.

Comunità bentonica - Complessivamente la comunità bentonica rinvenuta nei siti investigati durante i lavori di installazione di Clara NW è risultata povera sia in termini di numero di individui che di specie. I popolamenti sono apparsi costituiti quasi esclusivamente da taxa di fondo mobile, per lo più policheti, crostacei e molluschi, analogamente al pre-survey, mentre gli echinodermi sono risultati scarsi ovunque.

Quasi tutte le specie sono risultate tipiche di fondali limicoli, ma ovunque è stato rinvenuto anche un discreto numero di organismi indicatori della presenza di materia organica nei sedimenti. Meno importanti sono risultati gli organismi sabulicoli e le altre categorie ecologiche. Non sono state evidenziate particolari variazioni nella composizione specifica, essendo i policheti opportunisti appartenenti alla famiglia Paraonidae e il gasteropode limicolo *Hyala vitrea* i taxa principali in entrambi i campionamenti.

Nel pre-survey la maggior parte dei siti posti entro 60 m dalla futura piattaforma aveva 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.

Durante i lavori di installazione della piattaforma, invece, si è assistito a una riduzione delle abbondanze in alcune stazioni posizionate a 60 m di distanza dalla struttura e nel sito a ridosso di Clara NW posto a SE, mentre in termini di Ricchezza specifica il decremento ha interessato tutta l'area circostante la piattaforma. Al contrario, il numero di specie è aumentato in modo cospicuo in due controlli, suggerendo che i lavori di perforazione per l'installazione della piattaforma hanno, almeno in parte, determinato un depauperamento delle comunità bentoniche presenti entro un raggio di 60 m, evidente anche dall'abbassamento della Diversità specifica; tale situazione è tipica di questa fase ed è stata già rilevata presso altre strutture offshore come, ad esempio, Annamaria B, Elettra e Fauzia (Fabi *et al.*, 2016c; 2016d; 2016e).

Tale situazione è stata confermata anche dall'MDS che ha evidenziato da una parte la somiglianza tra i siti campionati nel pre-survey (raggruppando tutte le stazioni indagate

nello stesso cluster insieme alla maggior parte dei controlli monitorati nel durante lavori) e dall'altra la dissimilarità tra i siti campionati durante i lavori, caratterizzati dal rinvenimento di un minor numero di taxa e di individui.

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. Rispetto al pre-survey, la situazione presso la maggior parte dei siti è rimasta invariata, ad eccezione di due a ridosso della piattaforma (CL NW e CL SW) e di un controllo (K4) in cui è stato registrato un leggero peggioramento e di B3, posta a 60 m di distanza da Clara NW in direzione NE, in cui si è assistito ad un miglioramento.

5. BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. 2010. Checklist della flora e della fauna dei mari italiani (Parte II). *Biol. Mar. Medit.*, 17(1): 387-828.
- Alves L.C., Allen L.A., Houk R.S. 1993. Measurement of vanadium, nickel, and arsenic in seawater and urine reference materials by inductively coupled plasma mass spectrometry with cryogenic desolvation. *Anal. Chem.*, 65(18): 2468-2471.
- Annibaldi A., Truzzi C., Illuminati S., Scarponi G. 2009. Recent sudden decrease of lead in Adriatic coastal seawater during the years 2000–2004 in parallel with the phasing out of leaded gasoline in Italy. *Mar. Chem.*, 113: 238–249.
- Amouroux J.M. 1974. Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. *Vie Milieu*, 24 (1) sèr. B: 209-222.
- Artegiani A. 1996. *Temperature and salinity measurements of seawaters, Handbook of method protocols*. MAST II Mediterranean Targeted Project. 34 pp.
- Artegiani, A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., Russo A. 1997a. The Adriatic Sea general circulation. Part I. Air-sea interactions and water mass structure, *J. Phys. Oceanogr.*, 27, 1492–1514.
- Artegiani, A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., Russo A. 1997b. The Adriatic Sea general circulation. Part II: Baroclinic Circulation Structure, *J. Phys. Oceanogr.*, 27: 1515–1532.
- ASTM. 1998. *Standard guide for determination of the bioaccumulation of sediment-associated contaminants by benthic invertebrates*. Standard ASTM E1688-97a. American Society for testing and materials, Philadelphia, PA: 1072-1121.
- ASTM. 2004a. *Standard guide for conducting static toxicity tests with microalghe*. ASTM E1218-04-E1. 14 pp.
- ASTM. 2004b. *Standard Guide for Conducting Static Acute Toxicity Tests Starting with Embryos of Four Species of Saltwater Bivalve Molluscs*. ASTM E724-98. 21 pp.
- Augier H. 1992. *Inventaire et classification des biocénoses marines benthique de la Méditerranée*. Conseil de l'Europe. U.E.R. Des Sciences de la Mer et de l'Environnement de Luminy Marseille. 59 pp.
- 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 – Zooplankton Neritico – Tavole. Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio – DPN; ICRAM – Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica applicata al mare.
- Azur Environmental. 1994. *Microtox® M500 manual* (A toxicity testing handbook).
- Bellan Santini D., Ledoyer M. 1972. Inventaire des amphipodes gammariens récoltés dans la Région de Marseille. *Tethys*, 4 (4): 899-934.
- Bellan G., Bellan Santini D., Picard J. 1980. Mise en évidence de modèles eco-biologiques dans des zones soumises à perturbations par matières organiques. *Oceanol. Acta*, 3: 383-390.
- 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.
- Bernardi Aubry F., Cossarin, G., Acri F., Bastianini M., Bianchi F., Camatti E., De Lazzari A. Pugnetti A., Solidoro C., Socal G. 2012. Plankton communities in the northern Adriatic Sea: Patterns and changes over the last 30 years, *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 115: 125-137.
- Béthoux J.P., Courau P., Nicolas E., Ruiz-Pino D. 1990. Trace metal pollution in the Mediterranean Sea. *Oceanol. Acta*, 13: 481–488.

- Bettencourt A., Bricker S.B., Ferriera J.G., Franco A., Marques J.C., Melo J.J., Nobre A., Ramos L., Reis C.S., Salas F., Silva M.C., Simas T., Wolff W. 2004. *Typology and reference conditions for Portuguese transitional and coastal waters*. Instituto da Agua. Instituto do Mar, Lisbon.
- Bianchi C.N., Ceppodomo I., Galli C., Sgorbini S., Dell'Amico F., Morri C. 1993. Benthos dei mari toscani. I: Livorno – Isola d'Elba (Crociera ENEA 1985). *ENEA Arcipelago Toscano – Serie Studi Ambientali*: 263-291.
- 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. Pollut. Bull.*, 40(12): 1100-1114.
- Bourcier M., Nodot C., Jeudy De Grissac A., Tine J. 1979. Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon (France). *Tethys*, 9: 103-112.
- Camatti E., Comaschi A., de Olazabal A., Fonda Umani S. 2008. Annual dynamics of the mesozooplankton communities in a highly variable ecosystem (North Adriatic Sea, Italy). *Mar. Ecol.*, 29: 387-398.
- Canli M., Furness R.W. 1995. Mercury and cadmium uptake from seawater and from food by the Norway lobster *Nephrops norvegicus*. *Environ. Toxicol. Chem.*, 14: 819-828.
- Chimenz Gusso C., Gravina M.F., Maggiore F.R. 2001. Temporal variations in soft bottom benthic communities in Central Tyrrhenian Sea (Italy). *Archo Oceanogr. Limnol.*, 22: 175-182.
- Christensen E.R., Kusk, K.O., Nyholm N. 2009. Dose-response regressions for algal growth and similar continuous endpoint: calculation of effective concentrations. *Environ. Toxicol. Chem.*, 28: 826-835.
- Clarke K.R., Warwick R.M. 2001. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 2nd Edition. PRIMER-E, Plymouth, Uk. 172 pp.
- Craeymeersch J.A. 1991. Applicability of the abundance/biomass comparison method to detect pollution effects on intertidal macrobenthic communities. *Hydrobiol. Bull.*, 24(2): 133-140.
- Crompton T.R. 2006. *Analysis of Seawater. A Guide for the Analytical and Environmental Chemist*. CRC Press. 297 pp.
- De Olazabal A., Tirelli V. 2011. First record of the egg-carrying calanoid copepod *Pseudodiaptomus marinus* in the Adriatic Sea. *Mar. Biodiv. Rec.*, 4: 4 pp.
- DIRETTIVA 2008/105/CE, 2008. *Standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive del Consiglio 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE e 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio*. Parlamento Europeo e Consiglio. 16 dicembre 2008.
- DM 56/2009. *Regolamento recante “Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo”*.
- DM 260/2010. *Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo”*.
- DM 172/2015. *Attuazione della direttiva 2013/39/UE, che modifica le direttive 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore delle acque*.

- Dong Y., Rosenbaum R.K., Hauschild M.Z. 2016. Assessment of metal toxicity in marine ecosystems: comparative toxicity potentials for nine cationic metals in coastal seawater. *Environ. Sci. Technol.*, 50: 269–278.
- EC. 2003. *Towards a guidance on establishment of the intercalibration network and the processes on the intercalibration exercise*. CIS Working Group 2.5 (Intercalibration), Common Implementation Strategy of the Water Framework Directive, European Commission. 54 pp.
- EPA. 1993. *Guidance manual, Bedded sediment Bioaccumulation Tests*. EPA/600/R-93/183. 246 pp.
- EPA. 2003a. *Volatile organic compounds in various sample matrices using equilibrium headspace analysis*. EPA METHOD 5021A. 25 pp.
- EPA. 2003b. *Nonhalogenated organics using gc/fid*. EPA METHODS 8015D. 37 pp.
- EPA. 2007a. *Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry*. EPA METHOD 7473. 15 pp.
- EPA. 2007b. *Graphite furnace atomic absorption spectrophotometry*. EPA METHOD 7010. 24 pp.
- EPA. 2007c. *Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry*. EPA METHOD 6010C. 34 pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Grati F., Marini M., Spagnolo A. 2001a. *Servizi di monitoraggio ambientale campo Regina. III Anno di indagine. Rapporto finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 185 + XXVII pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M. 2001b. *Servizi di monitoraggio ambientale campo Anemone (1999-2000). Rapporto finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 119 + XI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Panfili M. 2002. *Servizi di monitoraggio ambientale campo Calpurnia. Rapporto conclusivo di due anni di indagine (2000-2001)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 65 + IX pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M., Scarcella G., Spagnolo A. 2003. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annalisa. III Anno di indagine. Rapporto Finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 123 + XLVI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Scarcella G., Spagnolo A. 2004. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Barbara NW. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (2000 – 2002)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 228 + XLIX pp.
- Fabi G., Boldrin A., De Ranieri S., Manoukian S., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2005a. *Servizi di monitoraggio ambientale Piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi “Naomi-Pandora”. Rapporto conclusivo di due anni di indagine (2002-2003)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 201 + XXVIII pp.
- Fabi G., Ausili S., De Ranieri S., Nasci C., Spagnolo A. 2005b. *Servizi di monitoraggio ambientale piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi “Porto Corsini Mare Sud 1 (PCMS-1)”*. Rapporto conclusivo di due anni di indagine. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 95 + XI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Meneghetti F., Paschini E., Scarcella G., Spagnolo A. 2006. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Calipso. Rapporto finale di 4 anni di studio (2002-2005)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 224 + XLII pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Grilli F., Nasci C., Spagnolo A. 2010a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Nord. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 240 + XLIII pp.
- Fabi G., Campanelli A., De Ranieri S., Nasci C., Polidori P., Punzo E. 2010b. *Servizi di*

- monitoraggio ambientale Campo Clara Est. Rapporto conclusivo di tre anni di monitoraggio (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 353 + XLI pp.
- Fabi G., De Ranieri S, Manoukian S., Marini M., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2013. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Naide. Rapporto conclusivo di 4 anni di monitoraggio, dal pre-survey al terzo anno dopo la posa (estate 2004 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 397 + xlv pp.
- Fabi G., Bolognini L., De Ranieri S., Domenichetti F., Nasci C., Penna P., Santelli A., Spagnolo A. 2015. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Tea. II anno dopo la posa in opera della piattaforma, III anno dopo la posa del sea-line - Rapporto finale (estate 2006 - estate 2009)*. Rapporto per ENI S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 307 + XLV pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Nasci C., Spagnolo A. 2016a. *Monitoraggio ambientale Pozzi sottomarini "Bonaccia EST 2 e Bonaccia EST 3" Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione dei pozzi sottomarini e del sea-line collegante i pozzi con la piattaforma Bonaccia. II anno successivo ai lavori di installazione (2012) - Rapporto semestrale*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 155 + LII pp.
- Fabi G., Borghini M., Campanelli A. De Biasi A.M., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Polidori P., Spagnolo A. 2016b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B - Piano Nazionale. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. III anno di indagine durante la fase di produzione. Rapporto semestrale (estate 2012)*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 241 + LVII pp.
- Fabi G., Boldrin A., De Biasi A.M, Gaetani A., Polidori P., Santelli A., Spagnolo A. 2016c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante Elettra con la condotta Bonaccia - Barbara C. 1° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale (luglio - dicembre 2014). Rapporto n. 4*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 219 + LV pp.
- Fabi G., Boldrin A., Borghini M., Cuicchi C., De Biasi A.M., Gaetani A., Kozinkova L., Leoni S., Spagnolo A. 2016d. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante Fauzia a Barbara B. 1° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale (ottobre - dicembre 2014). Rapporto n. 4*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 211 + LXV pp.
- Fabi G., Bolognini L., Campanelli A.M. De Biasi A.M., Girasole M., Gomiero A., Malaspina S., Spagnolo A. 2016e. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B - Piano Nazionale. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. II anno di indagine durante la fase di produzione. Rapporto finale (estate 2011 - inverno 2012)*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 271 + CV pp.
- Godrijan J., MaricPfanckuchen D., Tomažić I., Precali R., Pfanckuchen M. 2012. Seasonal phytoplankton dynamics in the coastal waters of the north-eastern Adriatic Sea. *J. Sea Res.*, 77: 32-44.
- 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 Kieselalgen von Deutschland, Österreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung 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.
- Law R.J. 1978. Determination of petroleum hydrocarbons in water, fish and sediments following the Ekofisk blow-out. *Mar. Poll. Bul.*, 9: 321-324.
- Leonori I., Biagiotti I., Costantini I. 2016. *Progetto di monitoraggio cetacei durante la costruzione della piattaforma Clara NW*. Servizio di monitoraggio ambientale ENI S.P.A. Distretto Centro-Settentrionale (DICS). Rapporto Finale CNR-ISMAR Ancona. 140 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.
- Middelburg J.J., Hoede D., Van Der Sloot H.A., Van Der Weijden C.H., Wijkstra J. 1988. Arsenic, antimony and vanadium in the North Atlantic Ocean. *Geochim. cosmochim. Acta*, 52: 2871-2878.
- Muxica I., Borja A., Bonne W. 2005. The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts. *Ecol. Indic.*, 5: 19-31.
- Muxika I., Borja A., Bald J. 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Framework Directive. *Mar. Pollut. Bull.*, 55: 13-29.
- Nodot C., Bourcier M., Juedy De Grissac A., Hursner S., Regis J., Tine J. 1984. Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon (France). 2. La Grande Rade. *Tethys*, 11: 141-153.
- Pascher A. 1915. *Die Susswasser-flora Deutschlands, Osterrerrichs und der Schweiz*. Jena Verlag von Gustav Fisher. 250 pp.
- 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 Méditerranée. *Recl. Trav. St. Mar. Endoume*, 31(47). 137 pp.
- Pianka E.R. 1970. On r- and k-selection. *Amer. Nat.*, 104: 592-597.
- Pielou E.C. 1974. *Population and Community Ecology: Principles and Methods*. Gordon and

- Breach Sci. Pubbl., New York. 424 pp.
- Poppe G.T., Goto Y. 1991. *European Seashells (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogaster, Gastropoda)*. Vol. 1. Publ. by V.C. Hemmen, Grillparzerstr. 22, D-6200 Wiesbaden, Federal Republic of Germany. 352 pp.
- Poppe G.T., Goto Y. 1993. *European seashells. Vol. II (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda)*. Hemmen V.C. (Ed.), Germany. 221 pp.
- Rampi L. 1981. *Chiave per la determinazione delle Cocolitoforidee Mediterranee*, C.N.E.N., Roma. 98 pp.
- Rampi L., Bernhardt M. 1980. *Chiave per la determinazione tassonomica delle Peridinee Pelagiche Mediterranee*, C.N.E.N., Roma. 193 pp.
- 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 sédimentation en milieu circalitoral Méditerranéen. *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. *Medit. Mar. Sci.*, 3: 77-111.
- Simboura N., Panayitodus 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.
- Sokal R., Rohlf, J. 1981. *Biometry*. 2nd Ed., Freeman & Co., San Francisco. 859 pp.
- Sournia A. 1987. *Atlas du phytoplancton marin. Editions du Centre National de la recherche Scientifique*. (1), 1-219, (2) 1-297.
- Spagnolo A., Punzo E., Santelli A., Scarcella G., Straffella P., Grati F., Fabi G. 2014. Offshore platforms: comparison of five benthic indicators for assessing the macrozoobenthic stress level. *Mar. Pollut. Bull.*, 82: 55-65.
- Strickland J.D.H., Parsons T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 167. 310 pp.
- Teixeira H., Salas F., Pardal M.A., Marques J.C. 2007. Applicability of ecological evaluation tools in estuarine ecosystem: a case of the lower Mondego estuary (Portugal). *Hydrobiologia*, 587: 101-112.
- Thronsen 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., Artegiani A. 2001. Phytoplankton times series in the northern Adriatic Sea: the Senigallia transect (1988-1994). *Archo Oceanogr. Limnol.*, 22: 107-111.
- 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.

- Totti C., Cucchiari EM., Romagnoli T. 2002. Intra and interannual variability of phytoplankton in coastal area of Senigallia (northern Adriatic Sea) from 1988 to 2000. *Biol Mar Medit.*, 9(1): 391-399.
- Totti C., Cangini M., Ferrari C., Kraus R., Pompei M., Pugnetti A., Romagnoli T., Vanucci S., Socal G. 2005. Phytoplankton size-distribution and community structure in relation to mucilage occurrence in the northern Adriatic Sea. *Sci Total Environ.*, 353(1–3): 204–217.
- Treguboff G., Rose M. 1957. Manuel de planctologie Méditerranéenne. 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 chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater organisms -Section 14- Green alga Selenastrum capricornutum growth test - Method 1003.0*. EPA/600/4-91/002. 334 pp.
- USEPA. 1995. *Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluent and receiving waters to west coast marine and estuarine organisms*. EPA/600/R-95/136. 15 pp.
- Utermöhl H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Verein. Limnol.*, 9: 1-38
- Vidussi F., Claustre H., Bustillos-Guzmán J., Cailliau C., Marty J. C. 1996. Determination of Chlorophylls and carotenoids of marine phytoplankton: separation of Chlorophyll a from divinylChlorophyll a and zeaxanthin from lutein. *J. Plankton Res.*, 18(12): 2377-2382.
- Vilicic D., Marasovic I., Miokovic D. 2002. Checklist of phytoplankton in the eastern Adriatic Sea, *Acta Botanica Croatica*, 61(1): 57–91.
- 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. Pollut. 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 health 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., Lugliè 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.

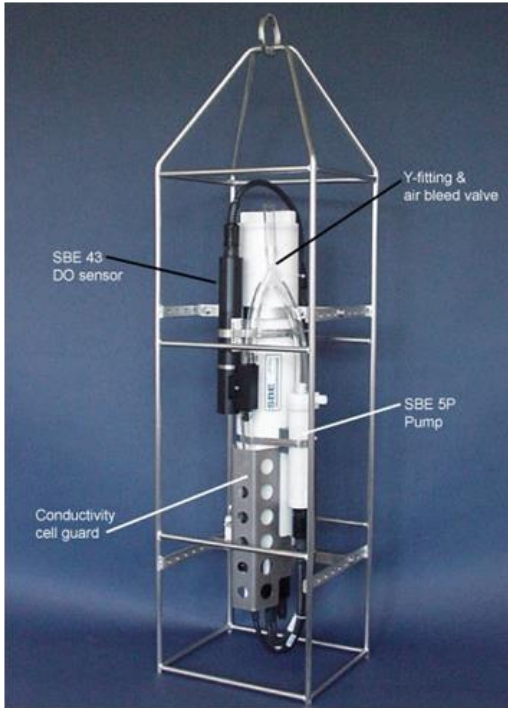
ALLEGATO A

SCHEDE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE

UTILIZZATA NELLE INDAGINI

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

SONDA MULTIPARAMETRICA CTD e “ROSETTE”

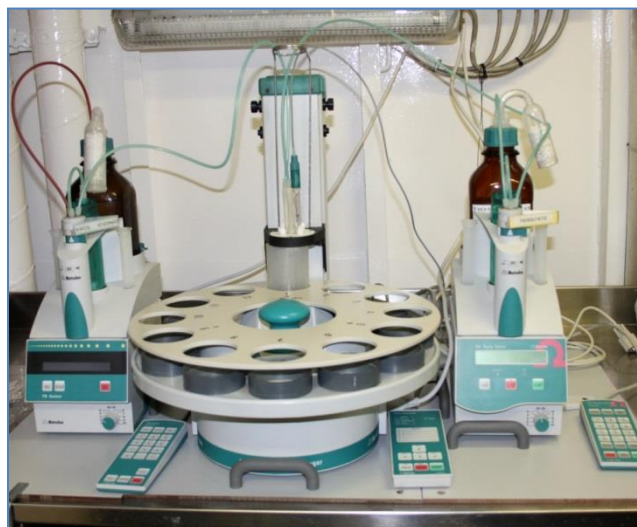


CTD: Sea Bird Electronics SBE19plusV2 (frequenza di campionamento 24 Hz) dotato dei seguenti sensori:

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.

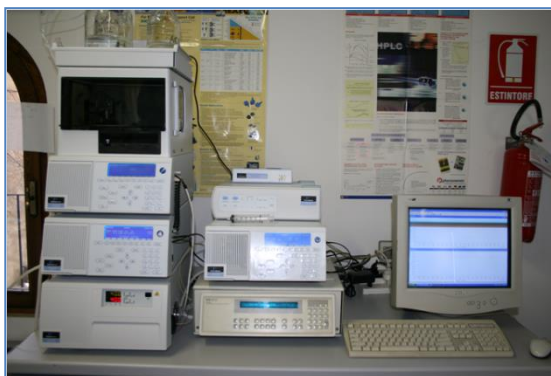
A1-III Sistema di titolazione automatico con Metrohm Basic Titrino 794 e campionatore, utilizzato per le analisi dell'ossigeno disciolto



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**



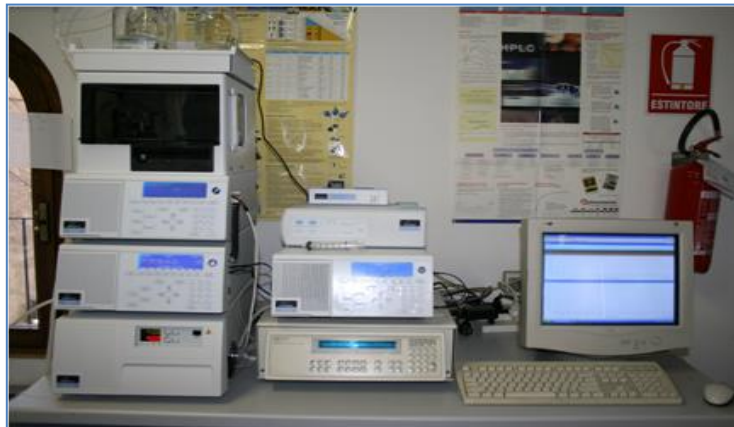
**A1- VIII Analisi BTEX - Spettrofotometro di massa quadrupolare
HEWLWTT-PACKARD GC/MS 5973 Network**



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



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



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



A2

INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

A2-I BOX-CORER per il prelievo dei campioni



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

A2-II BILANCIA ELETTRONICA



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

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

A2-III STUFA TERMOSTATA “HIGH PERFORMANCE”



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

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

A2-IV SETACCI



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

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

A2-V DENSIMETRO



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

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

A2-VI GAS-CROMATOGRAFO DOPPIA COLONNA, RIVELATORE FID - PERKIN ELMER SIGMA3B – DUAL FID



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

A2-VII DMA 80 per la misurazione del MERCURIO



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

A2-VIII VARIAN SPECTRA AA-240 Z per la misurazione di CADMIO e PIOMBO E ARSENICO

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



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



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

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



A3

INDAGINI SULLE COMUNITA' BENTONICHE

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 PIATTAFORMA CLARA NW E DEI CONTROLLI

K1 - K4

SURVEY DURANTE I LAVORI DI INSTALLAZIONE



Stazione A3 (60 m NW)

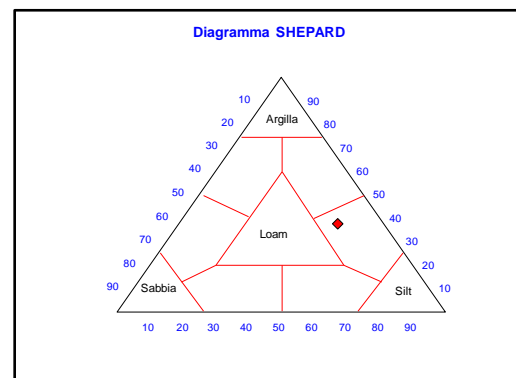
Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	51,24
Peso umido (g)	P _u	123,18
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici			Percentile	
Media	M _p	7,00	5°	2,71
Classazione	σ _p	2,64	16°	4,25
Asimmetria	S _{Kp}	-0,06	25°	5,25
Appuntimento	K _G	0,86	50°	7,21
Mediana	M _d	7,21	75°	8,90
			84°	9,54
			95°	10,33

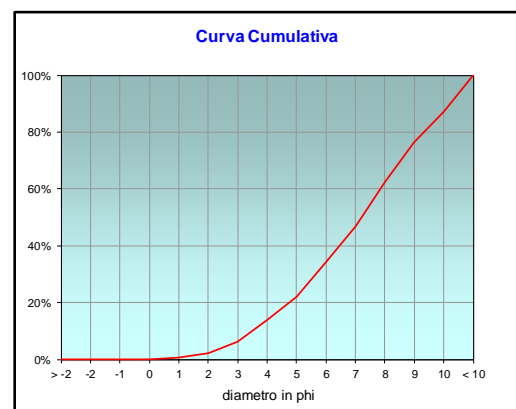
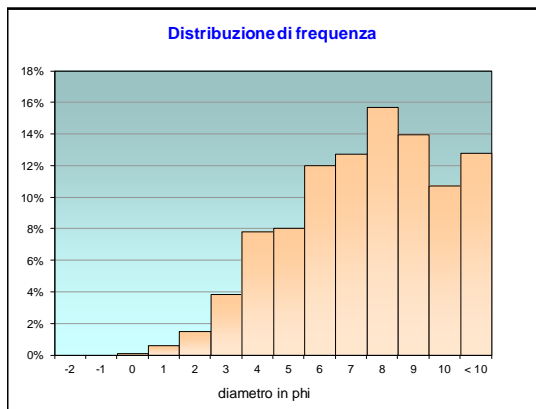
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,06	0	1000	0,12%	0,12%
	0,31	1	500	0,60%	0,72%
	0,78	2	250	1,52%	2,24%
	1,99	3	125	3,88%	6,12%
	4,02	4	62,5	7,85%	13,97%
Limo	4,12	5	31	8,04%	22,01%
	6,17	6	15,6	12,04%	34,05%
	6,52	7	7,8	12,72%	46,77%
	8,05	8	3,9	15,72%	62,49%
Argilla	7,15	9	2,0	13,96%	76,46%
	5,51	10	0,98	10,74%	87,20%
	6,56	< 10	< 0,98	12,80%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	13,97%	48,52%	37,51%

Note
1,13 g di materiale organogeno (conchiglie)



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



Stazione CL NW

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	32,95
Peso umido (g)	P _u	135,97
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.

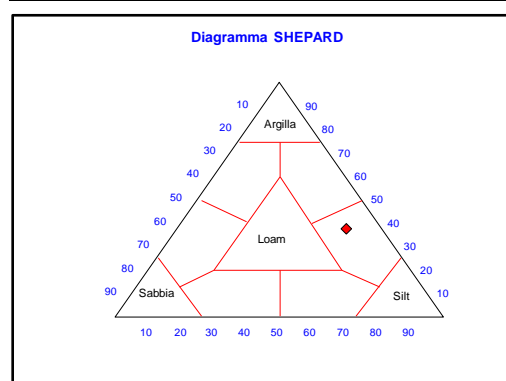
Parametri Statistici		
Media	M _p	7,06
Classazione	σ _p	2,54
Asimmetria	S _{Kp}	-0,04
Appuntimento	K _G	0,82
Mediana	M _d	7,19

Percentile	φ
5°	2,97
16°	4,45
25°	5,22
50°	7,19
75°	8,89
84°	9,53
95°	10,33

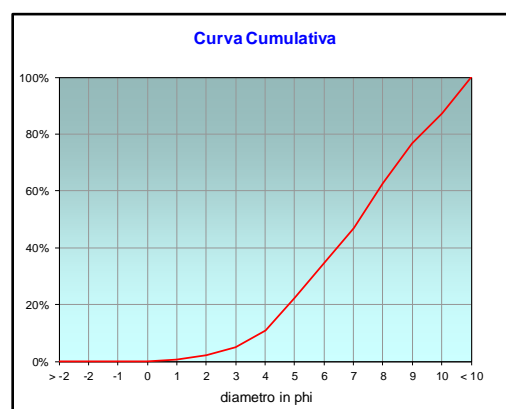
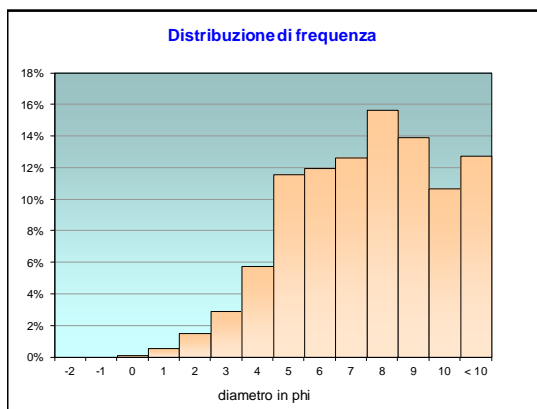
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,04	0	1000	0,11%	0,11%
	0,18	1	500	0,55%	0,66%
	0,50	2	250	1,53%	2,19%
	0,96	3	125	2,91%	5,10%
	1,89	4	62,5	5,74%	10,83%
Limo	3,81	5	31	11,57%	22,40%
	3,95	6	15,6	11,98%	34,38%
	4,17	7	7,8	12,66%	47,04%
	5,15	8	3,9	15,64%	62,68%
Argilla	4,58	9	2,0	13,89%	76,57%
	3,52	10	0,98	10,69%	87,26%
	4,20	< 10	< 0,98	12,74%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	10,83%	51,85%	37,32%

Note
0,69 g di materiale organogeno (conchiglie)



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



Stazione CL SE

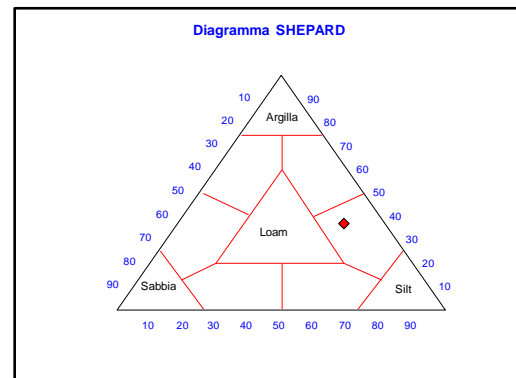
Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	27,20
Peso umido (g)	P _u	133,00
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici			Percentile	
Media	M _p	6,99	5°	2,80
Classazione	σ _p	2,60	16°	4,31
Asimmetria	S _{Kp}	-0,04	25°	5,10
Appuntimento	K _G	0,82	50°	7,13
Mediana	M _d	7,13	75°	8,85
			84°	9,51
			95°	10,32

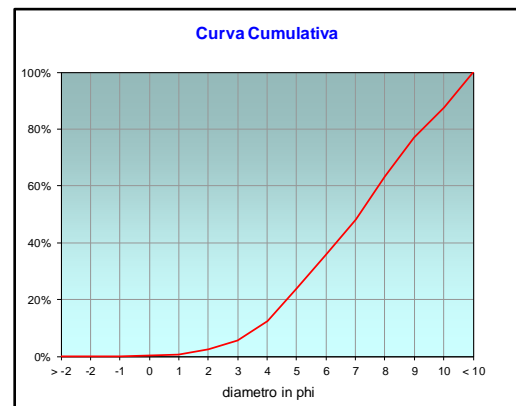
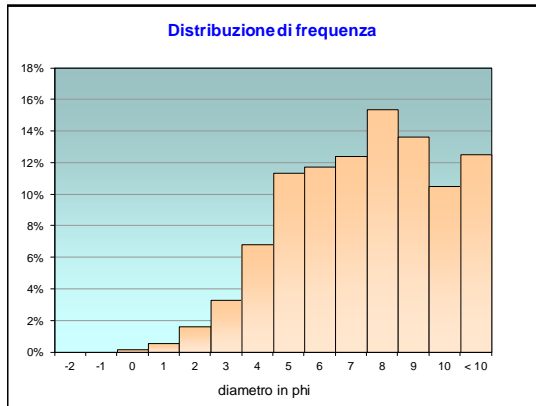
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,04	0	1000	0,16%	0,16%
	0,16	1	500	0,57%	0,74%
	0,45	2	250	1,65%	2,38%
	0,89	3	125	3,27%	5,65%
	1,85	4	62,5	6,80%	12,46%
Limo	3,09	5	31	11,36%	23,82%
	3,20	6	15,6	11,76%	35,57%
	3,38	7	7,8	12,43%	48,00%
	4,18	8	3,9	15,36%	63,36%
Argilla	3,71	9	2,0	13,64%	77,00%
	2,85	10	0,98	10,50%	87,50%
	3,40	< 10	< 0,98	12,50%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	12,46%	50,90%	36,64%

Note
0,63 g di materiale organogeno (conchiglie)



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



Stazione A6 (60 m SE)

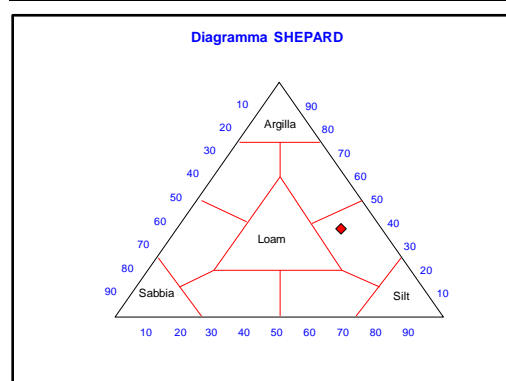
Parametri Fisici			
Peso secco (g)	P _s		55,50
Peso umido (g)	P _u		146,65
Peso specifico	G		n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ		n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d		n.d.
Umidità (%)	W		n.d.

Parametri Statistici			Percentile		φ
Media	M _p	7,03	5°		2,70
Classazione	σ _p	2,59	16°		4,36
Asimmetria	S _{Kp}	-0,05	25°		5,23
Appuntimento	K _G	0,85	50°		7,20
Mediana	M _d	7,20	75°		8,89
			84°		9,54
			95°		10,33

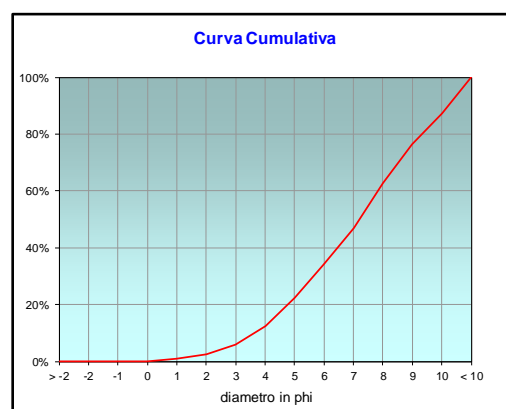
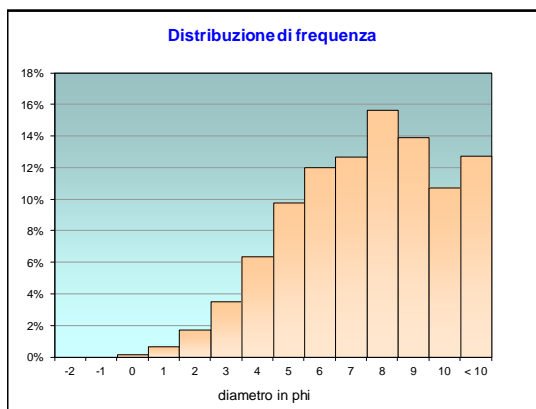
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,08	0	1000	0,14%	0,14%
	0,38	1	500	0,68%	0,83%
	0,95	2	250	1,72%	2,54%
	1,95	3	125	3,51%	6,05%
	3,55	4	62,5	6,40%	12,45%
Limo	5,44	5	31	9,80%	22,25%
	6,66	6	15,6	12,00%	34,26%
	7,04	7	7,8	12,68%	46,94%
	8,70	8	3,9	15,67%	62,61%
Argilla	7,73	9	2,0	13,92%	76,53%
	5,94	10	0,98	10,71%	87,24%
	7,08	< 10	< 0,98	12,76%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	12,45%	50,16%	37,39%

Note
1,43 g di materiale organogeno (conchiglie)



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



Stazione B3 (60 m NE)

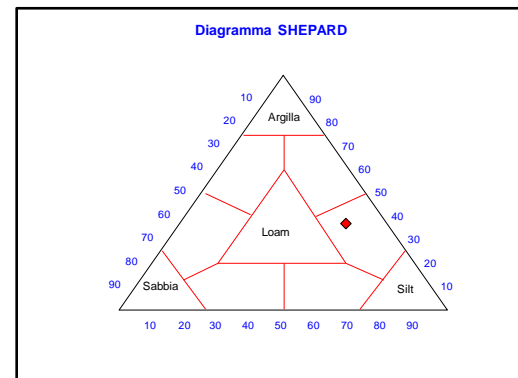
Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	53,46
Peso umido (g)	P _u	161,68
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici			Percentile	
Media	M _p	6,98	5°	2,72
Classazione	σ _p	2,60	16°	4,31
Asimmetria	S _{Kp}	-0,04	25°	5,10
Appuntimento	K _G	0,83	50°	7,13
Mediana	M _d	7,13	75°	8,85
			84°	9,51
			95°	10,32

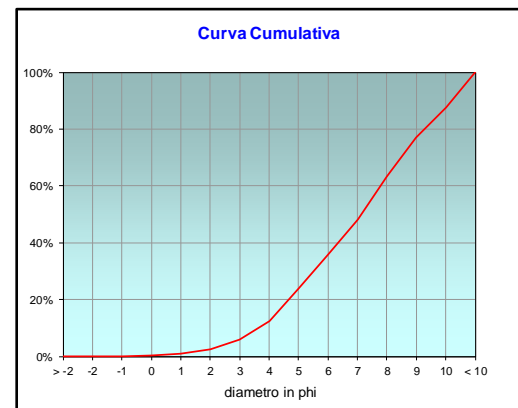
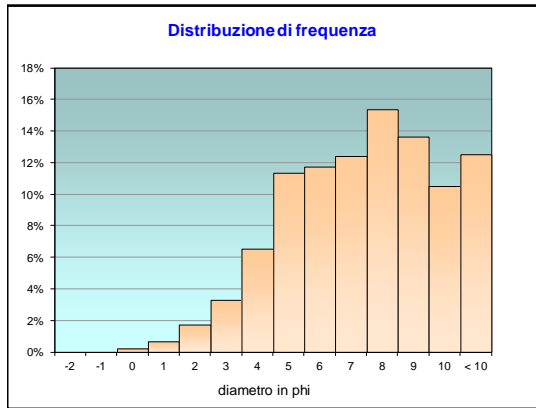
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,12	0	1000	0,23%	0,23%
	0,36	1	500	0,67%	0,89%
	0,92	2	250	1,73%	2,62%
	1,77	3	125	3,31%	5,93%
	3,51	4	62,5	6,57%	12,50%
Limo	6,07	5	31	11,35%	23,85%
	6,28	6	15,6	11,75%	35,61%
	6,64	7	7,8	12,42%	48,03%
	8,21	8	3,9	15,35%	63,38%
Argilla	7,29	9	2,0	13,63%	77,01%
	5,61	10	0,98	10,49%	87,50%
	6,68	< 10	< 0,98	12,50%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	12,50%	50,88%	36,62%

Note
1,5 g di materiale organogeno (conchiglie)



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



Stazione CL NE

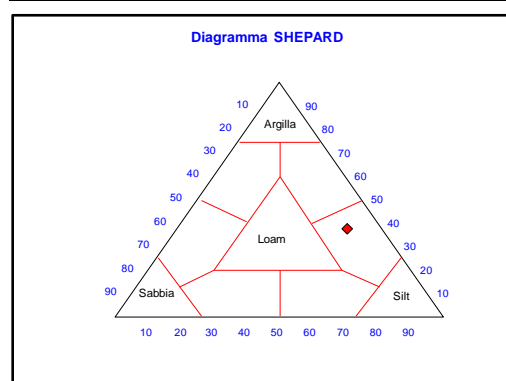
Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	32,20
Peso umido (g)	P _u	147,32
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici			Percentile	
Media	M _p	7,08	5°	2,82
Classazione	σ _p	2,53	16°	4,49
Asimmetria	S _{Kp}	-0,04	25°	5,25
Appuntamento	K _G	0,84	50°	7,21
Mediana	M _d	7,21	75°	8,90
			84°	9,54
			95°	10,33

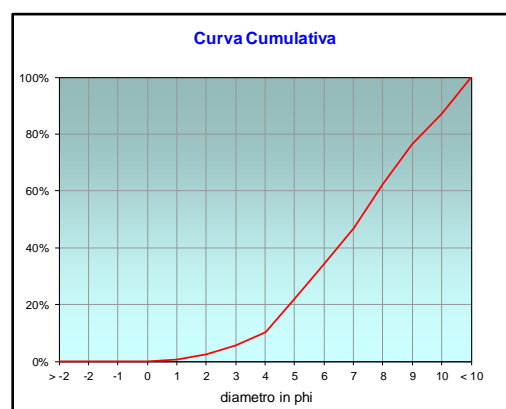
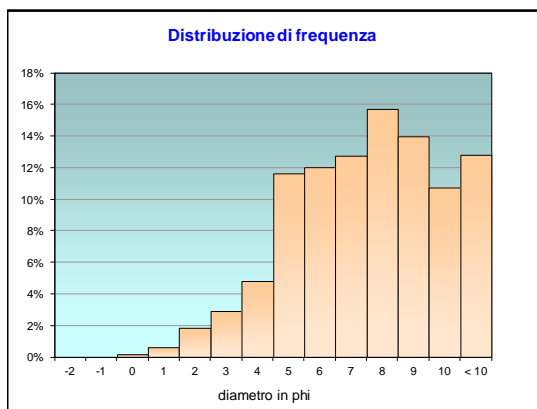
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,05	0	1000	0,14%	0,14%
	0,20	1	500	0,61%	0,75%
	0,60	2	250	1,87%	2,62%
	0,94	3	125	2,92%	5,54%
	1,55	4	62,5	4,81%	10,35%
Limo	3,75	5	31	11,63%	21,98%
	3,88	6	15,6	12,04%	34,03%
	4,10	7	7,8	12,73%	46,76%
	5,06	8	3,9	15,72%	62,48%
Argilla	4,50	9	2,0	13,97%	76,45%
	3,46	10	0,98	10,75%	87,20%
	4,12	< 10	< 0,98	12,80%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	10,35%	52,13%	37,52%

Note
0,76 g di materiale organogeno (conchiglie)



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



Stazione CL SW

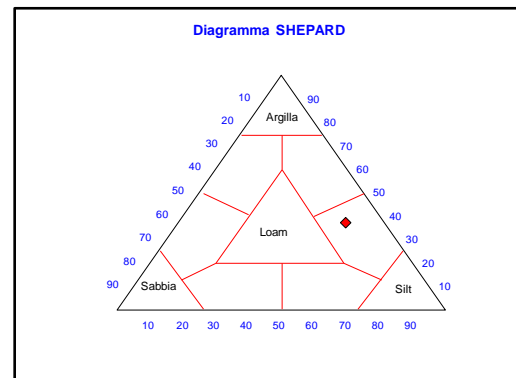
Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	30,33
Peso umido (g)	P _u	139,27
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici			Percentile	
Media	M _p	7,01	5°	2,94
Classazione	σ _p	2,58	16°	4,36
Asimmetria	S _{Kp}	-0,04	25°	5,14
Appuntimento	K _G	0,81	50°	7,15
Mediana	M _d	7,15	75°	8,87
			84°	9,52
			95°	10,32

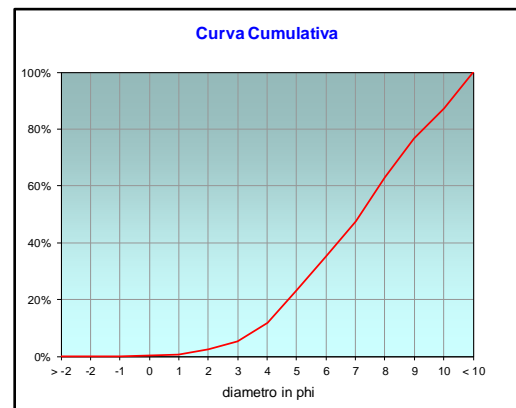
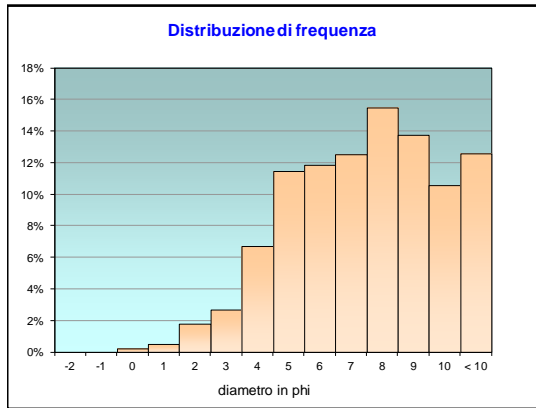
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,06	0	1000	0,20%	0,20%
	0,16	1	500	0,51%	0,72%
	0,54	2	250	1,78%	2,50%
	0,81	3	125	2,67%	5,17%
	2,03	4	62,5	6,69%	11,86%
Limo	3,47	5	31	11,44%	23,30%
	3,59	6	15,6	11,84%	35,14%
	3,80	7	7,8	12,51%	47,65%
	4,69	8	3,9	15,46%	63,11%
Argilla	4,16	9	2,0	13,73%	76,84%
	3,20	10	0,98	10,57%	87,41%
	3,82	< 10	< 0,98	12,59%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	11,86%	51,25%	36,89%

Note
0,73 g di materiale organogeno (conchiglie)



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



Stazione B6 (60 m SW)

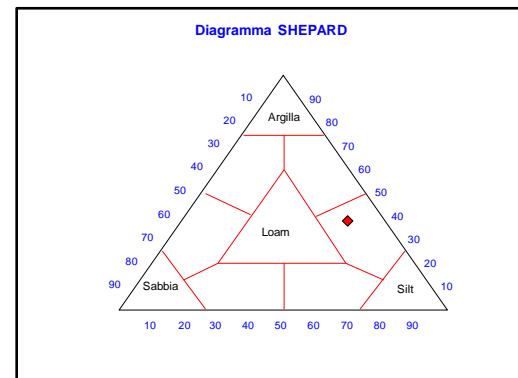
Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	49,37
Peso umido (g)	P _u	147,84
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici			Percentile	
Media	M ₀	7,09	5°	2,96
Classazione	σ ₀	2,54	16°	4,48
Asimmetria	S _{K0}	-0,04	25°	5,32
Appuntimento	K _G	0,84	50°	7,24
Mediana	M _d	7,24	75°	8,92
			84°	9,55
			95°	10,33

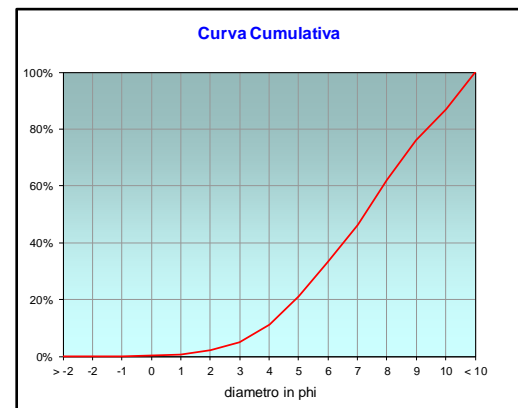
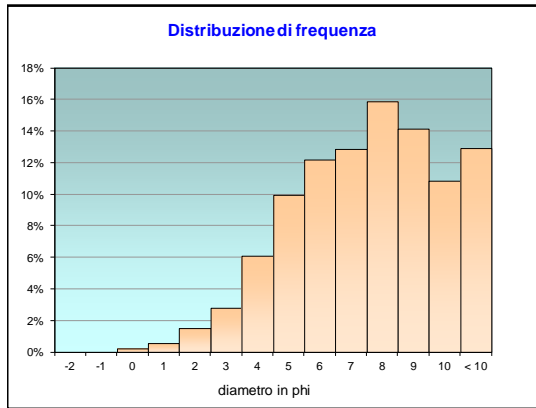
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,10	0	1000	0,21%	0,21%
	0,28	1	500	0,56%	0,77%
	0,76	2	250	1,53%	2,30%
	1,39	3	125	2,82%	5,11%
	3,01	4	62,5	6,10%	11,21%
Limo	4,91	5	31	9,94%	21,15%
	6,01	6	15,6	12,17%	33,32%
	6,35	7	7,8	12,86%	46,19%
	7,85	8	3,9	15,89%	62,08%
Argilla	6,97	9	2,0	14,12%	76,20%
	5,36	10	0,98	10,86%	87,06%
	6,39	< 10	< 0,98	12,94%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	11,21%	50,87%	37,92%

Note
1,15 g di materiale organogeno (conchiglie)



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



Stazione K1

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	40,61
Peso umido (g)	P _u	145,70
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.

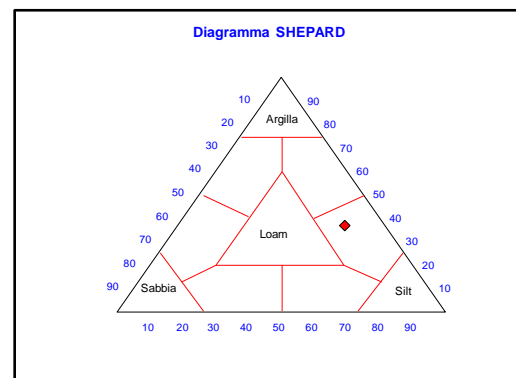
Parametri Statistici		
Media	M _p	7,00
Classazione	σ _p	2,59
Asimmetria	S _{Kp}	-0,04
Appuntimento	K _G	0,82
Mediana	M _d	7,14

Percentile	φ
5°	2,84
16°	4,34
25°	5,12
50°	7,14
75°	8,86
84°	9,52
95°	10,32

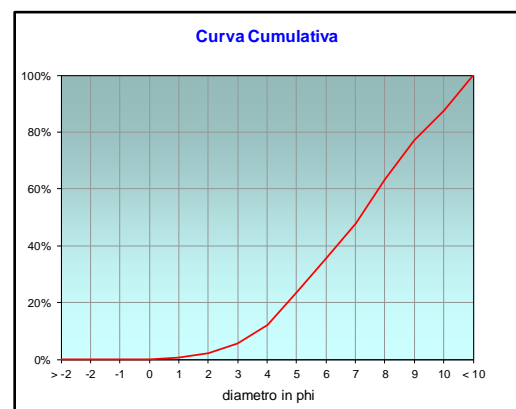
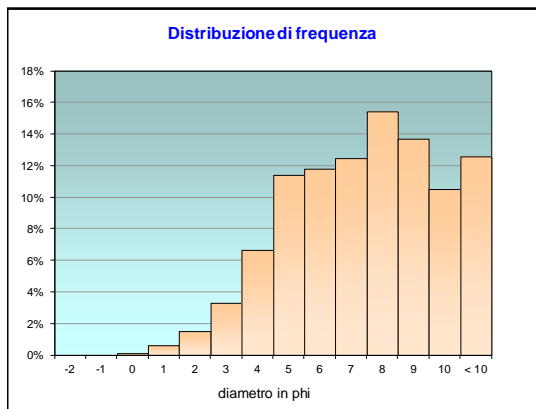
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,05	0	1000	0,12%	0,12%
	0,25	1	500	0,61%	0,73%
	0,61	2	250	1,50%	2,23%
	1,33	3	125	3,28%	5,51%
	2,69	4	62,5	6,62%	12,13%
Limo	4,63	5	31	11,40%	23,53%
	4,79	6	15,6	11,80%	35,34%
	5,07	7	7,8	12,48%	47,81%
	6,26	8	3,9	15,41%	63,22%
Argilla	5,56	9	2,0	13,69%	76,91%
	4,28	10	0,98	10,54%	87,45%
	5,10	< 10	< 0,98	12,55%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	12,13%	51,09%	36,78%

Note
0,92 g di materiale organogeno (conchiglie)



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



Stazione K2

Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	37,47
Peso umido (g)	P _u	149,09
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.

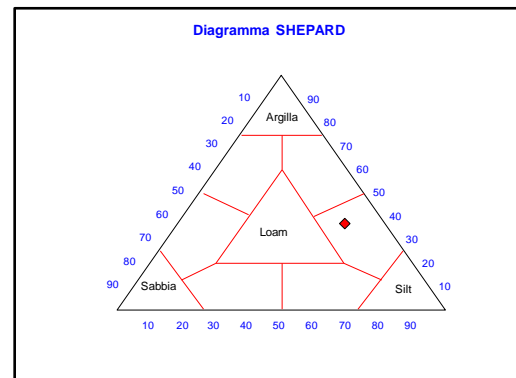
Parametri Statistici		
Media	M _φ	7,00
Classazione	σ _φ	2,59
Asimmetria	S _{Kφ}	-0,04
Appuntimento	K _G	0,81
Mediana	M _d	7,14

Percentile	φ
5°	2,89
16°	4,33
25°	5,12
50°	7,14
75°	8,86
84°	9,52
95°	10,32

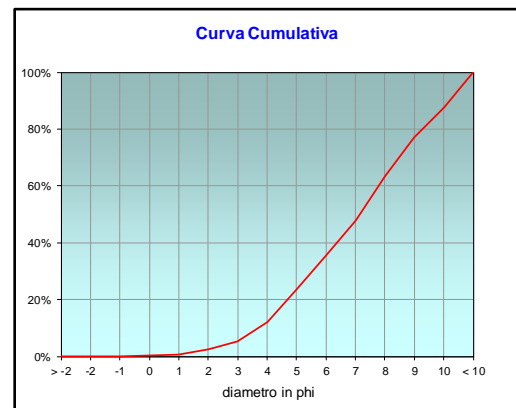
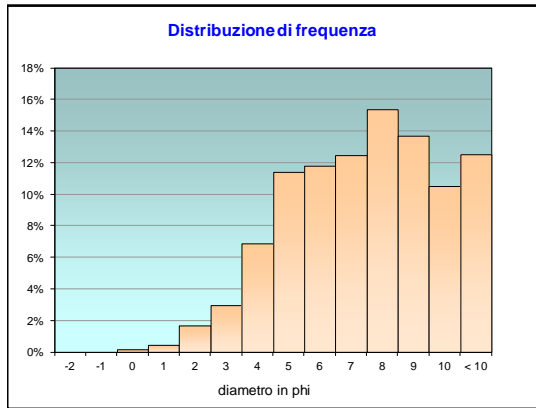
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,07	0	1000	0,18%	0,18%
	0,18	1	500	0,47%	0,65%
	0,64	2	250	1,70%	2,35%
	1,12	3	125	2,99%	5,34%
	2,58	4	62,5	6,89%	12,22%
Limo	4,27	5	31	11,39%	23,61%
	4,42	6	15,6	11,79%	35,40%
	4,67	7	7,8	12,46%	47,86%
	5,77	8	3,9	15,40%	63,26%
Argilla	5,12	9	2,0	13,68%	76,94%
	3,94	10	0,98	10,52%	87,46%
	4,70	< 10	< 0,98	12,54%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	12,22%	51,04%	36,74%

Note
0,91 g di materiale organogeno (conchiglie)



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



Stazione K3

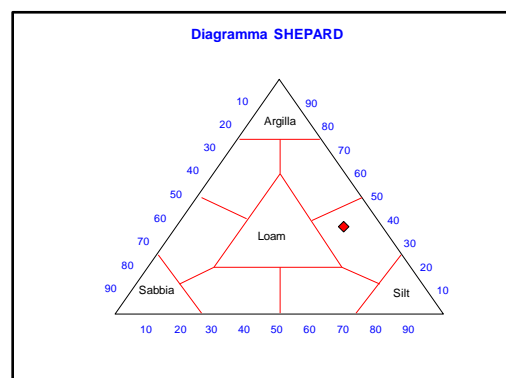
Parametri Fisici		
Peso secco (g)	Ps	41,20
Peso umido (g)	Pu	156,52
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ_d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici			Percentile	
Media	M_p	7,01	5°	3,05
Classazione	σ_p	2,58	16°	4,35
Asimmetria	S_{kp}	-0,04	25°	5,14
Appuntimento	K_G	0,80	50°	7,15
Mediana	Md	7,15	75°	8,86
			84°	9,52
			95°	10,32

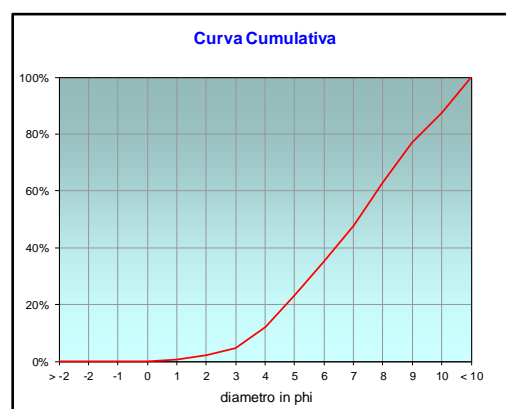
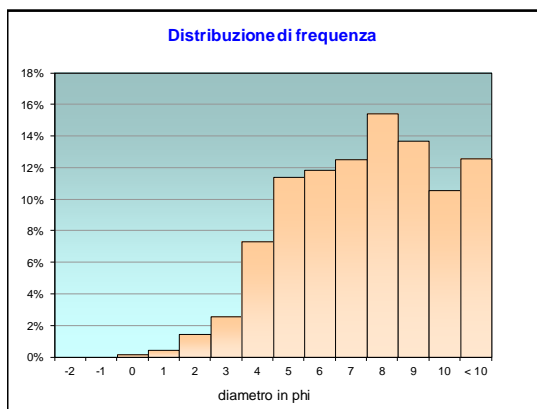
	g	phi	micron	%	Freq. Cumul.
Ghiaia	0,00	> -2	> 4000	0,00%	0,00%
	0,00	-2	4000	0,00%	0,00%
	0,00	-1	2000	0,00%	0,00%
Sabbia	0,06	0	1000	0,14%	0,14%
	0,19	1	500	0,47%	0,61%
	0,61	2	250	1,48%	2,09%
	1,05	3	125	2,55%	4,63%
	3,02	4	62,5	7,33%	11,96%
Limo	4,71	5	31	11,42%	23,39%
	4,87	6	15,6	11,83%	35,21%
	5,15	7	7,8	12,50%	47,71%
	6,36	8	3,9	15,44%	63,15%
Argilla	5,65	9	2,0	13,72%	76,87%
	4,35	10	0,98	10,56%	87,43%
	5,18	< 10	< 0,98	12,57%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	11,96%	51,19%	36,85%

Note
0,81 g di materiale organogeno (conchiglie)



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



Stazione K4

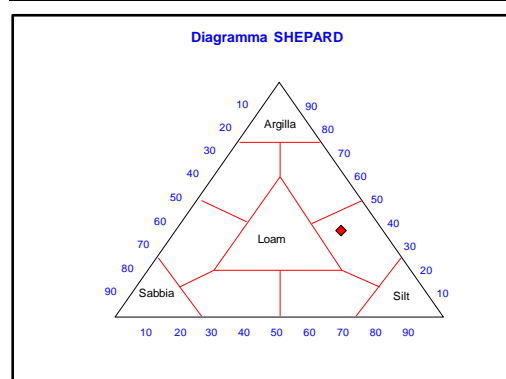
Parametri Fisici		
Peso secco (g)	P _s	42,27
Peso umido (g)	P _u	157,97
Peso specifico	G	n.d.
Peso di volume (g/cm ³)	γ	n.d.
Peso di vol. secco (g/cm ³)	γ _d	n.d.
Umidità (%)	W	n.d.

Parametri Statistici			Percentile	
Media	M _p	6,97	5°	2,77
Classazione	σ _p	2,62	16°	4,28
Asimmetria	S _{Kp}	-0,04	25°	5,07
Appuntamento	K _G	0,82	50°	7,11
Mediana	Md	7,11	75°	8,84
			84°	9,51
			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	0,08	0	1000	0,18%	0,18%
	0,25	1	500	0,59%	0,77%
	0,67	2	250	1,57%	2,34%
	1,46	3	125	3,45%	5,80%
	2,99	4	62,5	7,07%	12,87%
Limo	4,78	5	31	11,30%	24,18%
	4,95	6	15,6	11,70%	35,88%
	5,23	7	7,8	12,37%	48,25%
	6,46	8	3,9	15,28%	63,53%
Argilla	5,74	9	2,0	13,58%	77,11%
	4,42	10	0,98	10,45%	87,56%
	5,26	< 10	< 0,98	12,44%	#####

Classe granulometrica			
Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
0,00%	12,87%	50,66%	36,47%

Note
1,03 g di materiale organogeno (conchiglie)



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

