

**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 PRODUZIONE

3° ANNO

RAPPORTO SEMESTRALE

(gennaio - giugno 2018)

RAPPORTO n. 11

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

**COORDINATORE:
GIANNA FABI**

**RESPONSABILE SCIENTIFICO:
ALESSANDRA SPAGNOLO**

**RAPPORTO A CURA DI:
GIANNA FABI
ALESSANDRA SPAGNOLO
MIRENO BORGHINI
DANIELE CASSIN
ANNA MARIA DE BIASI
AMELIA DE LAZZARI
LUDMILA KOZINKOVA
FRANCESCO MASNADI
LUCA MONTAGNINI
ANNA NORA TASSETTI**

ANCONA, 2019

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	1
2.	MATERIALI E METODI.....	5
2.1.	CAMPIONAMENTO IN MARE.....	5
2.1.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA.....	5
2.1.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE	7
2.1.3.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI E SULLA COMUNITÀ BENTONICA	8
2.1.4.	ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI	10
2.1.5.	ANALISI DI INQUINANTI E DI BIOMARKERS NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI IMMERSE DELLA PIATTAFORMA	11
2.1.6.	INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO.....	11
2.1.6.1	Campionamenti di pesca.....	11
2.1.6.2	Investigazioni acustiche.....	12
2.1.6.3	Indagini video in prossimità della piattaforma.....	14
2.1.7.	RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI E RETTILI MARINI.....	14
2.2.	ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI	15
2.2.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	15
2.2.2.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI	22
2.2.3.	ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI	25
2.2.3.1	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	25
2.2.3.2	<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®).....	26
2.2.3.3	<i>Corophium orientale</i>	27
2.2.3.4	<i>Crassostrea gigas</i>	28
2.2.3.5	Ricerca di metalli pesanti in <i>Hediste diversicolor</i>	29
2.2.4.	ANALISI DI INQUINANTI E DI BIOMARKERS NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI IMMERSE DELLA PIATTAFORMA	30
2.2.4.1	Inquinanti organici e inorganici.....	30
2.2.4.2	Biomarker	35
2.2.5.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA	40
2.2.6.	INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO.....	44
2.2.6.1	Campionamenti di pesca.....	44
2.2.6.2	Investigazioni acustiche.....	45
2.2.6.3	Indagini video in prossimità della piattaforma.....	48
3.	RISULTATI.....	49
3.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA.....	49
3.1.1.	TEMPERATURA, SALINITÀ, TORBIDITÀ, OSSIGENO DISCIOLTO E FLUORESCENZA INDOTTA.....	49
3.1.2.	NUTRIENTI	53
3.1.3.	PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO.....	59
3.1.4.	IDROCARBURI TOTALI, IDROCARBURI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX.....	63
3.1.5.	GLICOLE ETILENICO.....	66
3.1.6.	METALLI PESANTI.....	66
3.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE.....	70

3.3.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI.....	74
3.3.1.	GRANULOMETRIA.....	74
3.3.2.	IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI.....	76
3.3.3.	IDROCARBURI TOTALI.....	78
3.3.4.	METALLI PESANTI.....	79
3.3.5.	SOSTANZA ORGANICA.....	83
3.3.6.	TOTAL ORGANIC CARBON (TOC).....	84
3.4.	ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI.....	85
3.4.1.	<i>DUNALIELLA TERTIOLECTA</i>	85
3.4.2.	<i>VIBRIO FISCHERI</i> (SISTEMA MICROTOX®).....	85
3.4.3.	<i>COROPHIUM ORIENTALE</i>	86
3.4.4.	<i>CRASSOSTREA GIGAS</i>	87
3.4.5.	RICERCA DI METALLI PESANTI IN <i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i>	88
3.5.	ANALISI DI INQUINANTI E DI BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI IMMERSE DELLA PIATTAFORMA.....	91
3.5.1.	INQUINANTI ORGANICI E INORGANICI.....	91
3.5.1.1	Materia organica estratta (MOE).....	91
3.5.1.2	Idrocarburi Alifatici (IA).....	92
3.5.1.3	Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).....	93
3.5.1.4	Metalli pesanti.....	93
3.5.2.	BIOMARKER.....	96
3.5.2.1	Stress on stress.....	96
3.5.2.2	Micronuclei.....	96
3.5.2.3	Valutazione del contenuto di lipofuscine.....	97
3.5.2.4	Valutazione del contenuto di lipidi neutri.....	97
3.5.2.5	Stabilità delle membrane lisosomiali.....	98
3.5.2.6	Catalasi.....	99
3.5.2.7	Malondialdeide.....	99
3.5.2.8	Metallotioneine.....	100
3.5.2.9	Polymerase Chain Reaction (qPCR).....	101
3.6.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA.....	102
3.6.1.	DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P).....	102
3.6.2.	AFFINITÀ BIOECENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE.....	110
3.6.3.	DOMINANZA.....	112
3.6.4.	RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S).....	113
3.6.5.	RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA (S_M).....	114
3.6.6.	DIVERSITÀ SPECIFICA (H').....	115
3.6.7.	MULTIDIMENSIONAL SCALING (MDS).....	115
3.6.8.	VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE.....	117
3.6.8.1	Indice W di Clarke.....	117
3.6.8.2	Indice AMBI.....	117
3.6.8.3	Indice Bentix.....	118
3.6.8.4	Stato ecologico.....	119
3.7.	INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO.....	120
3.7.1.	CAMPIONAMENTI DI PESCA.....	120
3.7.1.1	Ricchezza specifica e Diversità specifica.....	120
3.7.1.2	Rendimenti di pesca e composizione delle catture.....	123
3.7.1.3	Affinità delle specie catturate con i substrati duri.....	126
3.7.2.	INVESTIGAZIONI ACUSTICHE.....	127

3.7.3.	INDAGINI VIDEO IN PROSSIMITÀ DELLA PIATTAFORMA	140
3.8.	RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI E RETTILI MARINI.....	143
4.	CONCLUSIONI.....	144
5.	BIBLIOGRAFIA.....	153
ALLEGATO A	Schede tecniche della strumentazione utilizzata nelle indagini	I
	- ALL. A1 Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua	II
	- ALL. A2 Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti	VII
	- ALL. A3 Indagini sulla comunità bentonica.....	X
	- ALL. A4 Indagini sul popolamento ittico.....	XV
	- ALL. A5 Analisi in <i>Mytilus galloprovincialis</i>	XIX
ALLEGATO B	Schede granulometriche 5° survey post lavori (inverno 2018)	XXVIII

PARTECIPANTI AL PROGRAMMA

Coordinatore	G. Fabi	CNR - IRBIM Ancona
Responsabile Scientifico	A. Spagnolo	CNR - IRBIM Ancona
Analisi chimiche e fisiche colonna d'acqua	A. De Lazzari F. Acri A. Boldrin D. Cassin M. Casula L. Dametto M. Leoni G. Lorenzetti G. Manfè S. Pasqual A. Pesce M. Borghini P. Celentano	CNR - ISMAR Venezia CNR - ISMAR La Spezia CNR - ISMAR La Spezia
Misure correntometriche	M. Borghini P. Celentano	CNR - ISMAR La Spezia CNR - ISMAR La Spezia
Analisi dei sedimenti ed ecotossicologia	A.M. De Biasi G. Bontà Pittaluga S. Dell'Ira L. Kozinkova M. Pertusati S. Polese O. Spinelli	CIBM Livorno CIBM Livorno CIBM Livorno CIBM Livorno CIBM Livorno CIBM Livorno CIBM Livorno
Analisi di inquinanti e biomarker in <i>M. galloprovincialis</i>	A. Gomiero	Norce Norwegian Research Centre
Comunità bentonica	C. Cuicchi G. Del Sette Manarini L. Montagnini P. Polidori E. Punzo V. Salvalaggio A. Santelli P. Strafella	Cooperativa Mare Ricerca Ancona Cooperativa Mare Ricerca Ancona T. Cooperativa Mare Ricerca Ancona Cooperativa Mare Ricerca Ancona CNR - IRBIM Ancona
Comunità ittica	P. Polidori E.N. Armelloni C. Ferrà Vega F. Masnadi G. Pellini M. Scanu A.N. Tasseti	CNR - IRBIM Ancona CNR - IRBIM Ancona CNR - IRBIM Ancona CNR - IRBIM Ancona Coop. Mare Ricerca Ancona CNR - IRBIM Ancona CNR - IRBIM Ancona
Censimento mammiferi e rettili marini	V. Salvalaggio P. Strafella C. Ferrà Vega	CNR - IRBIM Ancona CNR - IRBIM Ancona CNR - IRBIM Ancona

Hanno inoltre collaborato allo svolgimento dei campionamenti in mare i Sigg.ri Giampaolo Gaetani e Antonio Marziali imbarcati sulla M/R Tecopesca II del CNR - IRBIM 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 - IRBIM (ex ISMAR) di Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. - UPSTREAM DICS di effettuare un monitoraggio volto a valutare il potenziale impatto ambientale conseguente l'installazione della piattaforma 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 nella zona siltosa del largo, su un fondale di circa 75 m. 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 proprietà 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, delle esperienze condotte e/o tuttora in corso dal CNR-IRBIM presso analoghe strutture situate in Adriatico centrale e settentrionale (Fabi *et al.*, 2001a; 2001b; 2002; 2003; 2004a; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015a; 2016a; 2017a; 2018a; 2018b; 2018c) e delle prescrizioni di ARPAM, per quanto concerne la sola 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 indicazioni ARPAM del 06/02/2015, Prot. 003920);
3. caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti presenti nel fondo mobile circostante;
4. ecotossicologia dei sedimenti circostanti;
5. caratteristiche delle comunità bentoniche presenti nei sedimenti circostanti;

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.

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

- a. Fase precedente alla posa in opera della struttura;
- b. Fase di installazione della piattaforma e perforazione dei pozzi: le indagini ai punti 1) e 2) dell'elenco sopra riportato sono state condotte su base bimestrale per tutta la durata della fase: le indagini di cui ai punti 3-6 sono state effettuate nel corso di un survey. Il rilevamento del passaggio di cetacei è avvenuto mediante operatori MMO.
- c. Fase di produzione: le indagini previste al punto 1 verranno effettuate per tutta la durata dell'esercizio dell'impianto mediante campionamenti bimestrali. Le indagini di cui al punto 2 non sono state previste in questa fase. Quelle indicate ai punti 3-9 verranno condotte per 5 anni dalla 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 effettuano survey stagionali (inverno ed estate). I campionamenti per lo studio della comunità ittica sono mensili, mentre l'osservazione di mammiferi marini viene effettuata mediante 3 campionamenti/mese.
- 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 della struttura (pre-survey) e di problemi tecnici e di sicurezza legati alla presenza dei mezzi di lavoro (fase di installazione).

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

Nel presente rapporto sono descritti i risultati conseguiti per la piattaforma nel 1° semestre del 3° anno della fase di produzione (2018).

Tab. 1-I – Survey previsti durante il programma di monitoraggio ambientale presso la 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 75 m (fig. 2.1). Le coordinate del punto in cui è avvenuta l'installazione della struttura sono riportate in Tab. 2-I.

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

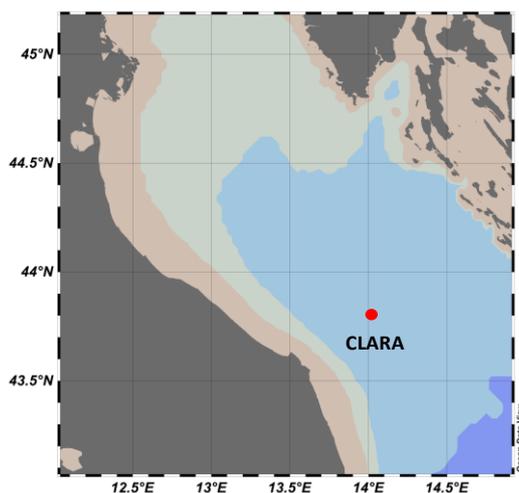


Fig. 2.1 - Ubicazione della piattaforma Clara NW.

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

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

2.1.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

Per lo studio delle caratteristiche fisiche e biochimiche della colonna d'acqua nel 1° semestre 2018 sono stati condotti due survey in maggio e in luglio poiché, a causa delle prolungate condizioni meteo avverse, non è stato possibile effettuare il campionamento nella prevista campagna di marzo.

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

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

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

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

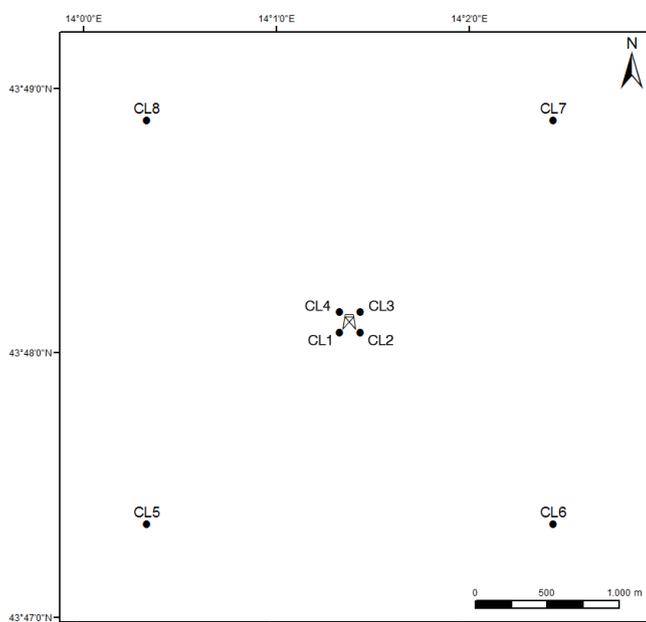


Fig. 2.2 - Schema di campionamento adottato nella fase di produzione della piattaforma per le indagini idrologiche.

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

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

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

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

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

Su tali campioni sono stati misurati i seguenti parametri:

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

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

2.1.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Nei primi sei mesi del 2018 i dati correntometrici sono stati raccolti tramite un ormeggio correntometrico posizionato in prossimità di Clara NW (Latitudine 43°48,21'N, Longitudine 14°01,40'E) a circa 75 m di profondità. Tale ormeggio era costituito da un correntometro acustico Teledyne RDI (All. A1-II), del peso in acqua di circa 13 kg, tre boe di spinta in materiale plastico con spinta positiva di circa 20 kg ciascuna, uno sganciatore

acustico Edge Tech e una zavorra di ferro a perdere di circa 95 kg.

Il correntometro acustico (ADCP), oltre a misurare la direzione e la velocità della corrente nei vari strati, misura la temperatura e la pressione nel luogo in cui è posizionato. La sua accuratezza è di circa 0,3 cm/s e la risoluzione di 0,1 cm/s. E' stato settato per misurare 20 celle da 4 m, coprendo in questo modo gran parte della colonna d'acqua, con tempo di campionamento di 1 h. la serie temporale riportata in questa relazione fa riferimento a due periodi di registrazione differenti, in quanto c'è stata una prima messa a mare da gennaio alla prima metà di maggio e una seconda dalla seconda metà di maggio a giugno. I dati sono stati successivamente processati in modo da ottenere un'unica serie ai fini di facilitare la rappresentazione grafica.

2.1.3. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI E SULLA COMUNITÀ BENTONICA

Nel 1° semestre 2018 è stato condotto in inverno il 5° survey post lavori di installazione. Come precedentemente (Fabi *et al.*, 2018d) i prelievi hanno interessato un'area di circa 2000x2000 m all'interno della quale sono state posizionate 20 stazioni lungo due transetti ortogonali tra loro e aventi come punto di intersezione la piattaforma stessa (fig. 2.3).

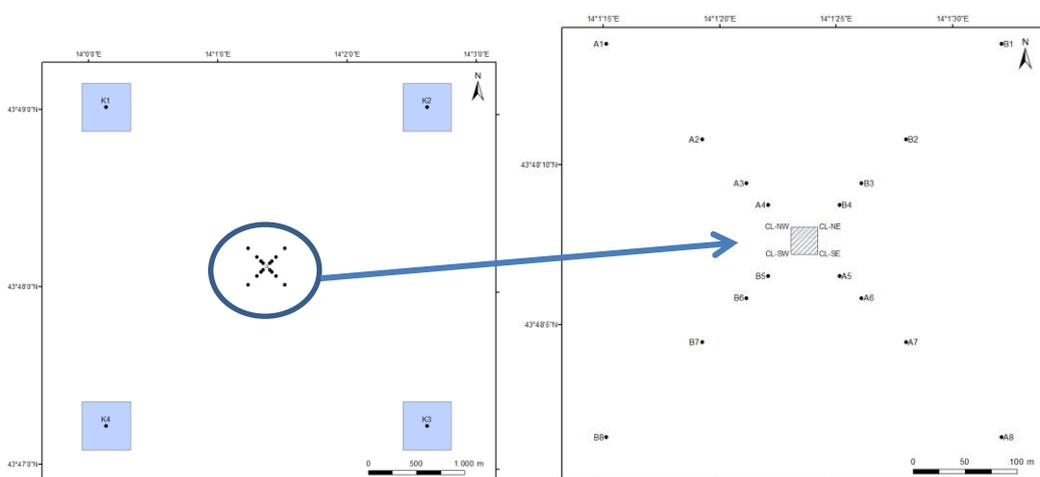


Fig. 2.3 - Schema di campionamento utilizzato per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica nella fase di produzione di Clara NW, con il particolare dei 20 siti attorno alla piattaforma.

Il primo transetto (transetto A) è stato orientato da NW verso SE e il secondo (transetto B) da NE verso SW, ortogonalmente alla linea di costa. Le stazioni sono state poste a distanze crescenti dalla struttura (<5 m, 30 m, 60 m, 120 m, 250 m). Sono stati campionati anche 4 siti di controllo posizionati in modo random all'interno di aree (500x500 m) poste a circa 2000 m dalla struttura. La distanza e la posizione delle singole stazioni dal punto "Clara

NW” relative all’inverno 2018 e le profondità sono riportate in Tab. 2-III.

Tab. 2-III - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate nel 5° survey post lavori di installazione (inverno 2018) per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica. In rosso i punti di campionamento in corrispondenza di Clara NW.

	Distanza dal sito Clara NW (m)	Posizione rispetto alla piattaforma	Coordinate geografiche	Profondità (m)
A1	250	NW	43°48'255N 14°01'294E	75,4
A2	120	NW	43°48'225N 14°01'319E	75,4
A3	60	NW	43°48'203N 14°01'353E	75,6
A4	30	NW	43°48'194N 14°01'371E	75,6
CL NW	0	NW	43°48'183N 14°01'380E	75,7
CL SE	0	SE	43°48'159N 14°01'421E	75,4
A5	30	SE	43°48'151N 14°01'433E	75,8
A6	60	SE	43°48'144N 14°01'446E	75,8
A7	120	SE	43°48'117N 14°01'462E	75,8
A8	250	SE	43°48'097N 14°01'532E	75,7
B1	250	NE	43°48'253N 14°01'536E	75,9
B2	120	NE	43°48'206N 14°01'485E	75,6
B3	60	NE	43°48'181N 14°01'452E	76,0
B4	30	NE	43°48'168N 14°01'428E	75,2
CL NE	0	NE	43°48'173N 14°01'416E	75,2
CL SW	0	SW	43°48'168N 14°01'386E	75,8
B5	30	SW	43°48'156N 14°01'358E	75,8
B6	60	SW	43°48'146N 14°01'332E	75,6
B7	120	SW	43°48'131N 14°01'304E	75,6
B8	250	SW	43°48'118N 14°01'264E	75,6
K1	2000	NW	43°48'994N 14°00'156E	75,4
K2	2000	NE	43°49'026N 14°02'706E	76,3
K3	2000	SE	43°47'248N 14°02'634E	76,6
K4	2000	SW	43°47'244N 14°00'085E	76,4

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

In situ sono stati rilevati i seguenti parametri:

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

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

- granulometria;
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA);
- Idrocarburi totali;
- metalli pesanti (alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio,

nichel, piombo, rame, silicio, vanadio, zinco);

- sostanza organica totale;
- Total Organic Carbon (TOC).

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

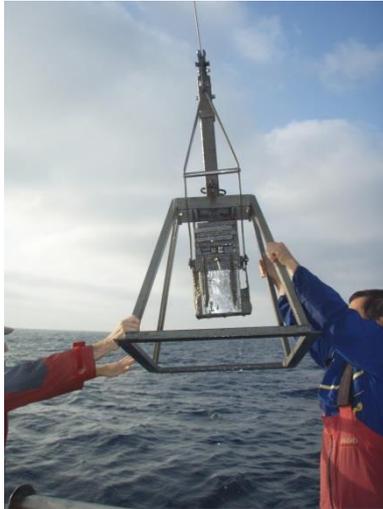


Fig. 2.4 – Box-corer utilizzato per le indagini fisiche e chimiche dei sedimenti.

Indagini sulle comunità bentoniche - Tutte le stazioni sono state campionate mediante una benna di tipo Van Veen avente una capacità di 12 L e un'apertura di $0,095\text{ m}^2$ (fig. 2.5; All. A3-I). Presso ogni stazione sono state effettuate 6 repliche. I campioni sono stati lavati e setacciati con maglia da 0,5 mm (All. A3-II) e fissati in formaldeide diluita in acqua di mare al 5%.



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

2.1.4. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

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

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

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

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

2.1.5. ANALISI INQUINANTI E BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI IMMERSE DELLA PIATTAFORMA

Neil monitoraggio condotto nell'inverno 2018 sono stati raccolti campioni di mitili (*Mytilus galloprovincialis*) sia nelle parti sommerse della piattaforma, vicino e lontano dagli anodi sacrificali (siti VA e LA rispettivamente), sia in un'area di controllo rappresentata da un impianto di mitilicoltura al largo di Senigallia (AN). Le taglie medie degli esemplari prelevati dai due siti di Clara NW e al controllo (lunghezza della conchiglia \pm dev.st) sono state le seguenti:

- Controllo: $5,57 \pm 0,70$ cm;
- Vicino anodo: $6,99 \pm 0,55$ cm;
- Lontano anodo: $7,12 \pm 0,7$ cm.

2.1.6. INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

2.1.6.1 Campionamenti di pesca

Nel periodo gennaio - giugno 2018 sono stati condotti 6 campionamenti di pesca mensili. Tali campionamenti sono stati effettuati sia nei pressi della piattaforma Clara NW (entro un raggio di 50 m dalla struttura), sia in due aree di controllo prive di substrati duri naturali o artificiali, situate sulla stessa batimetria della struttura e a una distanza di circa 1800 m, in modo da non essere influenzate dalla sua presenza. I campionamenti presso le due aree di controllo sono stati condotti in due dei quattro quadranti (NW, NE, SW e SE) intorno alla piattaforma, scelti in maniera casuale ad ogni campionamento (fig. 2.6).

E' stata utilizzata una rete da posta tipo "tremaglio", le cui caratteristiche sono riportate in

All. 4-I.

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

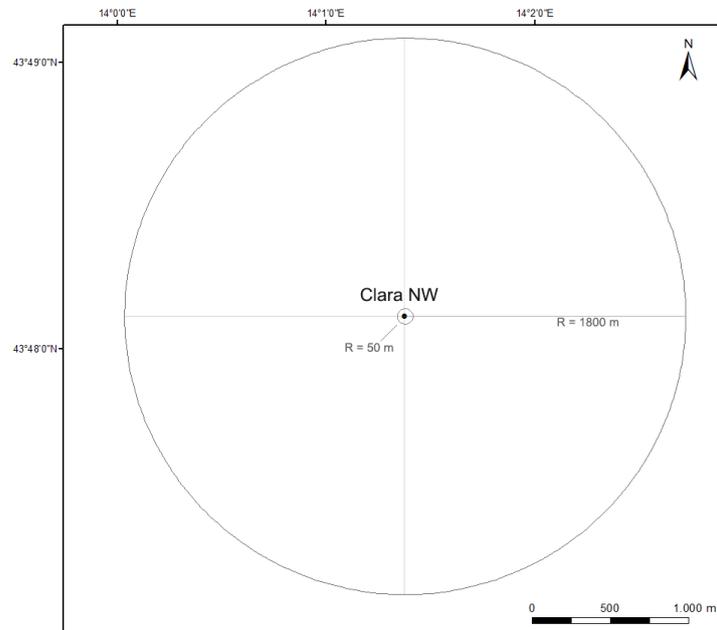


Fig. 2.6 - Schema di campionamento per le indagini sulla comunità ittica.

2.1.6.2 Investigazioni acustiche

Le investigazioni acustiche, condotte contemporaneamente ai campionamenti di pesca, sono state eseguite con il sistema multibeam echosounder (MBES) Kongsberg EM2040CD (All. A4-II). Questo è uno ad alta risoluzione che lavora a frequenze variabili che possono essere scelte dall'utente in un range che va da 200 a 400 kHz modulabili di 10 in 10. Il sistema oltre alla completa mappatura del fondale marino, è in grado di acquisire dati acustici riguardanti la colonna d'acqua (fig. 2.7) restituendo dati geometrici e morfologici di eventuali aggregazioni di pesce e/o altri riflettori presenti lungo la colonna stessa e relative immagini tridimensionali.

La fig. 2.8 illustra lo schema di campionamento adottato durante i survey che è consistito di 13 transetti, di interasse pari a 125 m circa. L'area investigata è centrata sulla piattaforma e ha dimensioni 1500x1500 m. Negli schemi planari di campionamento dei vari mesi si evidenzia un'area circolare di raggio 300 m dalla piattaforma in quanto, da studi effettuati (Scarcella *et al.*, 2011), si è potuto determinare che tale è l'area di influenza della struttura in ambiente naturale: la circonferenza in planimetria definisce una colonna

d'acqua cilindrica entro la quale si può apprezzare la variazione di popolazione ittica nel tempo e relazionarla all'esistenza della struttura.

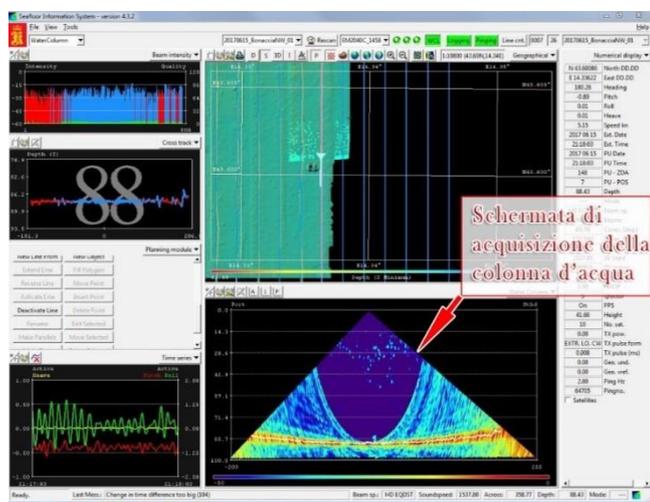


Fig. 2.7 - Schermata di acquisizione dati del software SIS utilizzato dal sistema multibeam EM2040CD. Il sistema è in grado di visualizzare e acquisire dati acustici relativi alla colonna d'acqua.

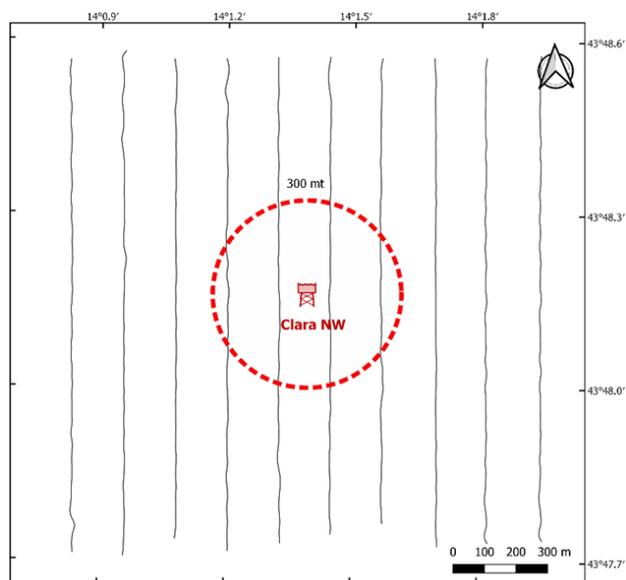


Fig. 2.8 - Schema di campionamento adottato durante i survey. Al centro la piattaforma e il limite dei 300 m (in rosso).

Un totale di 800 beam acustici è stato campionato digitalmente, creando un'immagine della porzione di massa d'acqua insonificata dal trasduttore. Considerando una profondità media di circa 76 m e un angolo di apertura del cono acustico di 130° in totale, è stato possibile investigare circa 320 m di areale per ogni transetto effettuato.

Tutti i campionamenti sono stati eseguiti nello stesso arco temporale della giornata (dalle

11:00 alle 16:00 circa), con condizioni di mare da calmo a poco mosso.

2.1.6.3 Indagini video in prossimità della piattaforma

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

2.1.7. RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI E RETTILI MARINI

Gli avvistamenti di cetacei attorno alla piattaforma Clara NW sono stati effettuati in un'area di circa 1 km^2 avente al centro il punto Clara NW. All'interno di tale area sono stati tracciati dei transetti distanti circa 500 m l'uno dall'altro e percorsi a una velocità media di 5 nodi (fig. 2.9).

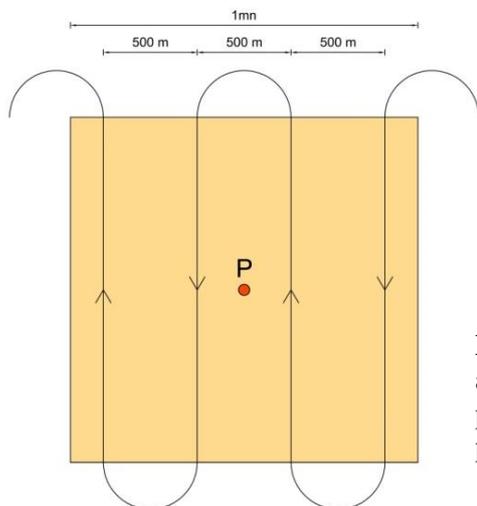


Fig. 2.9 - Schema di campionamento adottato per gli avvistamenti dei cetacei nell'area interessata dalla presenza della piattaforma Clara NW. P = piattaforma.

Durante il survey due operatori osservavano simultaneamente l'eventuale presenza di cetacei registrandola sul quaderno di campo annotando l'ora, il numero degli esemplari, la loro posizione rispetto alla piattaforma e, ove possibile, la specie. Tali survey sono stati condotti sia nel corso delle campagne di campionamento della colonna d'acqua, dei sedimenti e delle comunità bentonica e ittica, sia durante apposite crociere. Nel periodo

gennaio - giugno 2018 sono stati effettuati 3 avvistamenti/mese per un totale di 18 survey.

2.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI

2.2.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

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

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

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

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

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

- ortofosfati P-PO₄: il campione viene trattato con ammonio molibdato in ambiente acido; il complesso che ne risulta viene ridotto con acido ascorbico a blu di molibdeno. Si misura l'intensità della colorazione così prodotta a 880 nm;
- ortosilicati Si-SiO₄: il metodo automatico prevede la misurazione fotometrica del prodotto di riduzione (blu di molibdeno) che si forma in presenza di acido ascorbico, quando lo ione silicio reagisce con ammonio molibdato in ambiente acido. Il complesso è letto a 880 nm; l'acido ossalico viene addizionato allo scopo di eliminare le interferenze dei fosfati.

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

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

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

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

TSM (solidi sospesi totali) - Il carico solido totale è stato determinato con la seguente

procedura: i campioni prelevati mediante bottiglie idrologiche sono stati filtrati *in situ* su filtri in fibra di vetro Whatman GF/F (porosità = 0.7 μm ; $\text{\O} = 47 \text{ mm}$), pesati a freddo con bilancia analitica Mettler 0,01 mg (All. A1-V) e riposti in singoli portafiltri numerati. La filtrazione è stata effettuata per aspirazione, con la minore depressione possibile per evitare la rottura delle cellule, in ogni caso minore di 200 mm Hg⁻¹. Per eliminare i residui salini il filtro è stato risciacquato nella fase finale della filtrazione del campione per 3 volte con acqua Milli-Q. Al termine della filtrazione i filtri sono stati conservati a -20°C in essiccatore fino al momento dell'analisi. La determinazione in laboratorio del peso secco totale è avvenuta per via gravimetrica, dopo essiccazione a 50-60°C per 4 ore, secondo le indicazioni riportate da Strickland and Parsons (1972). Il peso dei singoli filtri combusti è stato sottratto al peso del filtro corrispondente su cui è stato filtrato il campione. Le concentrazioni di TSM (total suspended matter) sono state espresse in mg/l. I valori di TSM sono stati utilizzati per calibrare i dati del sensore di torbidità Turner Cyclops-7 installato sulla sonda CTD- SBE19plusV2 per i profili in continuo.

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

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

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

Per la valutazione del silicio la base del metodo consiste nella misura delle intensità delle radiazioni elettromagnetiche emesse dagli atomi/ioni eccitati delle specie presenti nel campione, mediante tecniche spettrometriche con sorgente al plasma (ICP-OES). Il campione è trasportato nel plasma, dove, in seguito a fenomeni di eccitazione, avviene la produzione dello spettro di emissione composto dalle righe caratteristiche degli elementi

presenti. Tali righe, dopo essere state separate mediante un sistema di dispersione, vengono inviate su un rivelatore (fotomoltiplicatore o a stato solido) che produce un segnale elettrico di intensità proporzionale all'intensità delle righe di emissione. Le intensità di emissione vengono rilevate, simultaneamente o in sequenza, e la concentrazione di analita presente nel campione viene determinata per confronto con una soluzione di riferimento a concentrazione nota.

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

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

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

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

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

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

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

EPA METHOD 5021A, 2003 - Equilibrium headspace.

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

EPA METHOD 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-VIII).

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

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

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

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

L'autocampionatore ha quindi pressurizzato le vials con gas elio il quale ha spinto la

miscela gassosa, formatasi nello spazio di testa attraverso una linea di trasferimento riscaldata, nella colonna GC. Le analisi sono eseguite utilizzando un GC con rilevatore a fiamma (FID).

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

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

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

Nel caso degli **IPA**, la concentrazione di 16 IPA (priority pollutants per la USEPA) (Naftalene, Acenaftene, Acenaftilene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)Fluorantene, Benzo(k)Fluorantene, Benzo(a)Pirene, Dibenz(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 acetone-acqua come fase mobile ad un flusso di 0,8 ml/min. La colonna è stata termostata a 40°C. Un programma di lunghezza d'onda variabile è stato sviluppato per consentire il rilevamento ottimale di tutti i composti.

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

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

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

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

Analogamente agli idrocarburi totali, l'etilenglicole è stato determinato con un gascromatografo GC 8000 FISOONS 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. 11.3.

della Golden Software, Inc., e il software Ocean Data View[®] Vers: 4.7.7 (Schlitzer, 2016).

2.2.2. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

Granulometria - In laboratorio i campioni di sedimento sono stati pesati tal quali per la determinazione del peso umido utilizzando una bilancia elettronica tipo “Europe” (All. A2-II). Successivamente sono stati posti in contenitori di alluminio e introdotti in stufa (All. A2-III) a 110°C per almeno 24 h. Una volta raggiunta la completa essiccazione si è proceduto alla misurazione del peso secco.

Per la separazione in sabbie e peliti ogni campione è stato immerso in acqua tiepida sino alla sua completa disgregazione; si è quindi proceduto alla setacciatura con maglie da 63 μ . Il materiale trattenuto dal setaccio, definito come sabbie, è stato fatto essiccare in stufa a 130°C per almeno 24 h ed è stato sottoposto ad indagine granulometrica, ovvero è stata analizzata la distribuzione percentuale in peso dei grani costituenti il campione secondo le loro dimensioni. Per questa analisi è stato utilizzato un set di setacci (All. A2-IV) aventi dimensioni delle maglie decrescenti (4000 μ , 2000 μ , 1000 μ , 500 μ , 250 μ , 125 μ , 63 μ). Una volta terminata la setacciatura sono stati pesati i residui di ogni setaccio ed è stata determinata la percentuale conchigliare presente. I dati così ottenuti sono stati riportati su un diagramma semilogaritmico e uniti mediante la cosiddetta “curva granulometrica”.

Le peliti (materiale inferiore a 63 μ) sono state fatte decantare ed essiccare in stufa a 130°C sino a completa evaporazione. E' stata quindi eseguita l'aerometria mediante l'utilizzo di un densimetro (All. A2-V) per terreni secondo il metodo di Casagrande basato su due proprietà: a) velocità con cui si depositano i grani in sospensione in un liquido viscoso in quiete dipende dal volume, dalla forma e dal peso dei granuli stessi (Legge di Stokes); b) la densità della sospensione ad un dato istante è funzione della qualità del prodotto solido non ancora depositato.

IPA - Per la determinazione degli IPA ogni campione è stato scongelato e privato dell'eventuale frazione più grossolana (> 2 mm); in seguito, l'estrazione e l'analisi sono state compiute su un'aliquota di circa 5 g.

I componenti della miscela di estrazione (IPA), sono stati separati tra loro e rilevati tramite tecnica GC-MS-MS (Gascromatografo associato ad uno spettrometri di massa a triplo quadrupolo; All. A2-VI), per la quantificazione degli IPA presenti nei sedimenti.

Il limite di rilevabilità corrisponde a 0,2 μ g/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 μ g/kg di sostanza secca: Naftene, Ace-

naftalene, Acenaftene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(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 elaborate con la tecnica dello standard interno.

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

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-VIII) seguendo la metodica EPA 7473 (2007b). 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-IX), secondo la procedura EPA 7010 (2007c).

Le concentrazioni di **alluminio**, **bario**, **cromo**, **nicel**, **rame**, **silicio**, **ferro**, **vanadio** e **zinco** sono state ottenute mediante tecnica mediante tecnica ICP-AES (Varian ICP-720ES; All. A2-X) seguendo la metodica EPA 6010C (2007d).

La mineralizzazione del campione di sedimento è stata effettuata su circa 0,45 g di sostanza secca mediante un sistema di digestione a microonde opportunamente programmato, utilizzando una miscela acida composta da a 9 ml di 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-XI) 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).

In Tab. 2-V si riportano i dettagli relativi al controllo di qualità del dato analitico per i metalli ricercati.

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

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	In	Ni	Pb	Si	V	Zn
Accuratezza (minima accettabilità del recupero)	25%	25%	25%	30%	25%	25%	20%	25%	nd	25%	25%	nd	25%	25%
Incertezza (%)	21	25	25	25	21	20	20	20	nd	20	21	nd	20	20
LOQ (mg/kg)	170	0,3	1,2	0,02	1,2	1,2	170	0,005	0,02	1,2	0,3	5	1,2	1,2
LOD (mg/kg)	5	0,07	0,2	0,002	0,04	0,12	5	0,002	0,01	0,25	0,07	205	0,07	0,6

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.

2.2.3. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

2.2.3.1 *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 EC₅₀ o EC₂₀. L'EC₅₀ e l'EC₂₀ 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 EC₅₀, 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%) ≤ 15%.

2.2.3.2 *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-VI.

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

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

2.2.3.3 *Corophium orientale*

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

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

- temperatura dell'acqua: $16 \pm 2^\circ\text{C}$
- salinità: $36 \pm 2\text{‰}$
- illuminazione: continua
- O_2 disciolto nell'acqua sovrastante il sedimento: $>60\%$.

Procedimento del saggio - Circa 200 cc di sedimento da testare sono stati introdotti in un barattolo di vetro da 1 l e sono stati aggiunti circa 750 cc di acqua di mare naturale filtrata. Per ogni campione sono state allestite 4 repliche. Dopo 24 h sono stati immessi 25 individui in ciascun barattolo. Come sedimento di controllo è stato utilizzato il sedimento nativo proveniente da un sito non contaminato. I barattoli contenenti gli organismi sono stati coperti per ridurre l'evaporazione dell'acqua, posti alla temperatura di $16 \pm 2^\circ\text{C}$ e areati in continuo. Dopo 10 gg è stato vagliato il contenuto di ogni barattolo contando gli organismi ancora vivi. Sono stati considerati morti gli anfipodi che, dopo una delicata stimolazione, non mostravano alcun movimento degli arti. La sensibilità degli organismi (96hLC50) è stata determinata tramite l'esposizione per 96 h alle concentrazioni di 0,8; 1,6; 3,2 e 6,4 mg l^{-1} CdCl_2 .

All'inizio e alla fine del saggio biologico sono stati misurati i seguenti parametri dell'acqua sovrastante il sedimento: pH, salinità, NH_4^+ e ossigeno disciolto.

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

Tab. 2-VII – 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

2.2.3.4 *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-VIII.

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

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

Dove:

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

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

2.2.3.5 Ricerca di metalli pesanti in *Hediste diversicolor*

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

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

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

Allestimento del test - Il test è stato allestito in tre repliche per ogni campione di sedimento da testare poste in barattoli di vetro da 1 lt. In ogni barattolo sono stati inseriti ~300 cm³ di sedimento da testare, ai quali sono stati aggiunti circa 600 ml di acqua di mare naturale

filtrata ($36\pm 2\text{‰}$). 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 $\geq 20\%$.

2.2.4. ANALISI DI INQUINANTI E DI BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI IMMERSE DELLA PIATTAFORMA

2.2.4.1 Inquinanti organici e inorganici

E' stata prevista la determinazione di:

- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA);

- Materia organica estratta (MOE);
- Idrocarburi Alifatici (IA);
- Metalli pesanti (alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio, zinco);
- Alchilfenoli polietossilati.

IPA e MOE – Gli esemplari di mitilo sono stati scongelati e le parti molli sono state separate dalla conchiglia in maniera tale da ottenere circa 50 g di peso umido per ciascun sito. Gli organismi, così suddivisi e selezionati, sono stati pesati in un contenitore di vetro senza coperchio, previamente tarato, pulito con solventi (acetone, esano) e asciugato per evitare qualsiasi tipo di contaminazione. Successivamente, le parti molli in questi contenitori sono state liofilizzate fino a completa essiccazione (processo che avviene in circa 3-5 gg) e poi pesate.

L'intero processo analitico la determinazione degli IPA è stato diviso in tre fasi distinte: estrazione e isolamento dei contaminanti dalla matrice, purificazione dell'estratto, determinazione analitica finale del composto.

I campioni di mitili liofilizzati (3 g) sono stati sottoposti ad una tecnica basata su estrazione in apparato Soxhlet (All. A5-I) a 120°C per 8 h, evaporati a 50°C per la determinazione della Materia Organica Estratta (MOE) e successivamente ripresi e purificati su colonna allumina/gel di silice. La purificazione e la separazione degli estratti è stata effettuata su colonna di gel di silice e sodio solfato anidro (Na₂SO₄) (attivati a 130°C per 24 h). La colonna è stata eluita con 32 ml di esano, seguiti da 15 ml di una soluzione esano:diclorometano (1:1 v/v). Durante le analisi dei campioni sono state effettuate prove in bianco. La frazione contenente gli IPA è stata concentrata sotto blando flusso d'azoto per il raggiungimento di un volume finale di circa 0,5 ml, trasferita in acetonitrile e impiegata per la determinazione analitica degli IPA. La determinazione qualitativa e quantitativa degli IPA è avvenuta mediante cromatografia liquida ad alta pressione (HPLC - High Performance Liquid Chromatography) con rivelatore a serie di fotodiodi (Waters® PDA 996) e con rivelatore a fluorescenza (Waters® 474 Scanning Fluorescence Detector) in serie (All. A5-II). Per quanto riguarda le condizioni di corsa, la fase mobile iniziale è costituita da acetonitrile (40%) ed acqua (60%), fino al raggiungimento di un gradiente lineare al 100% di acetonitrile, ad una velocità di corsa di 1,5 ml/min per 50'. È stata usata una colonna cromatografica Supelcosil LC-PAH HPLC (25 cm x 4,6 mm, 5 µm) (All. A5-IIa). Dal peso dell'estratto è stato ricavato anche il valore della MOE (Materia Organica

Estratta).

La formula finale per il calcolo della concentrazione degli analiti è la seguente:

$$C \text{ (ng/l)} = \frac{\text{Area picco} \times \text{Conc Std} \times \text{vol finale}}{\text{Area picco Std} \times \text{g. Peso secco}}$$

Con area si intende l'area dei picchi risultati nel cromatogramma. Il risultato finale è espresso in ng/g di tessuto liofilizzato.

Le rette di taratura sono state ottenute iniettando quattro soluzioni a concentrazione nota dello standard TLC Polynuclear Aromatic Hydrocarbon Mix (Supelco), contenente i 16 composti considerati inquinanti prioritari previsti dall'EPA: naftalene, acenaftilene, acenaftene, 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 e indeno(1,2,3-c,d)pirene.

IA - Sono stati considerati gli idrocarburi alifatici con un numero di atomi di carbonio superiore a 15, in quanto maggiormente rappresentativi di un possibile inquinamento da sostanze xenobiotiche.

Le analisi degli IA sono state condotte su 2 µl di campione precedentemente estratto e purificato su colonnina di gel di silice e allumina. Il sistema impiegato è un GC-FID della Perkin Elmer (All. A5-III); l'iniezione è avvenuta tramite autocampionatore, mentre per la quantificazione si è proceduto al confronto delle aree sottese ai picchi prodotti da un'iniezione d'idrocarburi alifatici certificati e a concentrazione nota. La programmazione del gas-cromatografo è stata la seguente: la temperatura iniziale di 45°C è stata mantenuta per 3'; successivamente, con un gradiente di 12°C min⁻¹ sono stati raggiunti 275°C e mantenuti per 12'. Il flusso del carrier (He) è regolato a 15,5 ml/min. La colonna utilizzata è una SOPB-5 Supelco 30m (All. A5-IIIa) (Ø = 0,2 mm; spessore del film interno: 0,2 mm).

Gli indici di distribuzione considerati sono:

- l'idrocarburo presente in maggiore concentrazione (major hydrocarbon, **MH**);
- il rapporto **LMW/HMW**, ovvero il rapporto tra la frazione di idrocarburi a basso peso molecolare (<n-C20) e la frazione ad alto peso molecolare (>n-C21): tale rapporto è circa uguale a 1 nei prodotti da petrolio, nelle alghe e nel plancton, mentre si abbassa in batteri, animali marini, piante superiori e sedimenti;
- il Carbon Preference Index (**CPI**), dato dal rapporto tra le n-paraffine a numero dispari di atomi di carbonio e quelle a numero pari di atomi di carbonio. Anche tale indice in prodotti derivanti dal petrolio presenta valori prossimi all'unità, mentre aumenta se sono

presenti idrocarburi d'origine biologica. Questo è dovuto al fatto che molti organismi (batteri, alghe, piante superiori, ecc.) sintetizzano preferenzialmente idrocarburi a numero dispari di atomi di carbonio.

Metalli pesanti - Due aliquote di circa 2,5 g di campione liofilizzato per ogni sito di prelievo sono state mineralizzate a riflusso con 30 ml di acido nitrico concentrato. I campioni, posti in un apposito pallone da 250 ml, sono stati sottoposti a digestione a freddo per 20-30' e portati ad ebollizione per circa 2 h in forno a microonde *ETHOS 900*[®] della *Milestone* (All. A5-IV). La mineralizzazione è stata eseguita secondo la procedura ICRAM (2001).

Le soluzioni risultanti sono state filtrate attraverso un filtro di cellulosa e portate a un volume di 100 ml con acqua MilliQ. Un simile procedimento è stato effettuato anche con un'uguale quantità di acido per ottenere il bianco da sottrarre ai valori dei campioni ottenuti per via strumentale.

La determinazione strumentale di **alluminio, bario, vanadio, cadmio, cromo, nichel, rame, piombo, indio, silicio e ferro** è stata effettuata mediante ICP-OES, una tecnica molto sensibile per la ricerca di questi elementi generalmente presenti in concentrazioni minori. Per le analisi ci si è avvalsi di uno spettrofotometro ad assorbimento atomico *AAAnalyst 700*[®] della Perkin Elmer in configurazione Autosampler AS40[®] – Mercury/Hydride System MHS-10[®] (All. A5-V). Lo **zinco** è stato analizzato direttamente in fiamma aria-acetilene (*F-AAS*) con lo stesso strumento e quantificato da una curva di calibrazione costruita da concentrazioni note dell'elemento. La temperatura della fiamma a cui avviene l'atomizzazione è di 2300°C. Il **mercurio** è stato determinato mediante il kit supplementare “FIAS 400 Flow Injection for Atomic Spectroscopy System” per analisi dei vapori ottenuti per riduzione a freddo con NaBH₄ secondo la seguente reazione:



I campioni sono stati pre-trattati con H₂SO₄ e K₂MnO₄ in modo da ossidare la sostanza organica. La reazione con NaBH₄ riduce il mercurio presente in forma ionica a mercurio metallico il quale, assieme all'idrogeno gassoso liberato dalla reazione, viene trasportato dal flusso di gas inerte nella cella al quarzo dove è stata misurata la sua assorbanza tramite il Flow Injection Mercury System FIMS 400[®] della Perkin-Elmer (All. A5-Va). Per evitare assorbimenti di tipo molecolare, nelle analisi che richiedono lunghezze d'onda nella zona dell'ultravioletto è stato impiegato il correttore di fondo al deuterio.

Il dosaggio dell'**arsenico** è stato ottenuto in HG-AAS utilizzando il *Flow Injection*

Analysis System FIAS 400[®] di Perkin Elmer con lettura in GF-AAS e correttore di fondo Zeeman, 4100 ZL, Perkin-Elmer (All. A5-Vb).

Le lunghezze d'onda utilizzate per i singoli metalli analizzati sono riportate in Tab. 2-IX.

Tab. 2-IX - Lunghezze d'onda utilizzate per i metalli analizzati.

Metallo	Lunghezze d'onda	Metallo	Lunghezze d'onda
Al	308,215	Hg	194,227
As	193,696	Ni	231,604
Ba	445,403	V	294,402
Cd	226,502	Zn	213,856
Cr	267,716	In	203,606
Cu	324,754	Fe	239,562
Pb	220,353	Si	251,607

Alchilfenoli polietossilati - 20 gr di polpa di mitilo per ogni sito di prelievo sono stati omogeneizzati attraverso high speed blender 7011 Waring con bicchiere in acciaio 316 compatibile con analisi alimentari (All. A5-VI). Ai 20 gr di matrice sono addizionati 50 ml di ACN. Dopo agitazione magnetica, mantenuta per 20', si è proceduto alla sonicazione per 60'. Il surnatante è stato recuperato e diluito con acqua deionizzata fino al volume finale di 100 ml. I campioni acquosi sono stati concentrati con il metodo di estrazione su fase solida utilizzando colonnine LiChrolut EN (200 mg) (Merck, Darmstadt, Germany; All. A5-VII), attivate con 3 ml di metanolo e condizionate con 3 ml di acqua Milli-Q. Il campione rappresentato da 100 ml di acqua è stato caricato su colonnina utilizzando un flusso costante di 10 ml/min. Dopo la fase di carico del campione, la colonnina è stata sottoposta a una fase di lavaggio con 10 ml di acqua deionizzata, sempre a una velocità di flusso di 10 ml/min. La colonnina è stata asciugata sottovuoto per 20' e, successivamente, gli analiti sono stati recuperati con 3 ml di una soluzione etilacetato/metanolo 50:50 (v/v). Dal campione così ottenuto il solvente è stato allontanato utilizzando un flusso di N₂ e il residuo è stato ripreso con 0,5 ml di una soluzione 90:10 (v/v) Acetonitrile/Acido acetico 0,01% (v/v). Il campione è stato successivamente sottoposto all'analisi HPLC-DAD. L'analisi cromatografica (HPLC) di 4-n-nonilfenolo, 4-n-ottilfenolo, 4-tert.ottilfenolo e 4-n-ottilfenolo monoetossilato è stata eseguita con strumentazione Thermo Finnigan P4000, iniettore Rheodyne 7125, rivelatore a foto diodi Finnigan Spectra System UV 6000 LP (All. A5-VIII). I cromatogrammi sono stati acquisiti utilizzando il software gestionale Chromquest 4.2.34. La separazione degli analiti è stata effettuata utilizzando una colonna C18 ODS Hypersil (250 mm x 4,6 mm i.d., grandezza delle particelle 5 µm, Thermo, California).

Per l'analisi HPLC dei quattro alchilfenoli è stata utilizzata una metodica isocratica che utilizza una miscela binaria di solventi, con velocità del flusso regolata a 1,00 ml/min. La fase mobile è stata rappresentata da una miscela acetonitrile/acido acetico 0,01% (v/v) in rapporto 90:10 (v/v). Il detector è stato settato su due lunghezze d'onda, 224 nm e 278 nm, che rappresentano i due massimi di assorbimento dei composti analizzati. Gli spettri UV sono stati registrati in un range tra 200-350 nm. La lunghezza d'onda utilizzata per l'analisi quantitativa è stata 278 nm.

Le analisi sono state condotte a temperatura ambiente (~22°C) senza l'ausilio di particolari strumenti di termostatazione. Per l'analisi quantitativa è stato utilizzato il metodo di calibrazione dello standard esterno, che ha permesso di costruire una retta di calibrazione per ciascuno dei quattro analiti usando standard a differente concentrazione.

Gli alchilfenoli sono stati identificati nel campione per comparazione dei tempi di ritenzione e degli spettri di assorbimento UV con quelli degli standards puri eluiti nelle stesse condizioni. Dopo ogni iniezione nel sistema HPLC, la curva di calibrazione per i quattro composti è stata costruita correlando l'area del picco cromatografico con la concentrazione corrispondente.

I LOD e i LOQ del metodo sono stati calcolati dai dati di regressione utilizzando il metodo dei minimi quadrati. La deviazione standard scelta per i valori di LOD ed i LOQ è quella residuale della retta di calibrazione. I risultati di LOD e LOQ, dopo la pre-concentrazione, per tutti gli alchilfenoli analizzati sono stati 0,01 e 0,03 µg/l rispettivamente.

2.2.4.2 Biomarker

In Tab. 2-X è riportata la batteria di Biomarker prevista nella Specifica Tecnica.

Sopravvivenza in aria - L'analisi è stata effettuata su un campione di 30 organismi per ciascun sito (VA, LA e controllo) i quali, subito dopo l'arrivo in laboratorio, sono stati lavati, asciugati e mantenuti a temperatura costante ($18\pm 1^\circ\text{C}$) in un contenitore a tenuta stagna con tasso di umidità a saturazione. Quotidianamente sono stati registrati e asportati gli individui morti fino ad esaurimento degli organismi, registrando LT_{50} e LT_{90} . Sono stati considerati morti gli individui con le valve aperte che non rispondevano a nessuna sollecitazione.

Tab. 2-X - Batteria di biomarkers eseguiti sui mitili raccolti presso la piattaforma Clara NW e nel sito di controllo.

Indici di stress generale	Indici di esposizione	Danno genotossico	Espressione genomica
<i>Livello fisiologico</i>	<i>Livello biochimico</i>		
	Catalasi (attività enzimatica - presenza di contaminati organici ossigeno reattivi)	Test dei micronuclei (genotossicità complessiva).	q-PCR
Sopravvivenza in aria	Malondialdeide (stress ossidativo - presenza di contaminati organici)		
	Metallotioneine (presenza di elementi in tracce)		
<i>Livello cellulare</i>	<i>Livello cellulare</i>		
Stabilità delle membrane lisosomiali	Livelli di lipofuscine (stress ossidativo)		
	Livelli di lipidi neutri (presenza di contaminati organici)		

Valutazione della stabilità delle membrane lisosomiali - In laboratorio le ghiandole digestive di 5 mitili provenienti da ciascun sito sono state tagliate mediante criostato (All. A5-IX) precedentemente raffreddato in ghiaccio in modo tale da ottenere delle sezioni trasversali dei tubuli disposti parallelamente all'asse longitudinale della ghiandola stessa e poste in fila su apposito supporto in alluminio (chuck). Successivamente, il supporto con i frammenti è stato posto per 15" in un piccolo recipiente contenente N-esano, precedentemente raffreddato con azoto liquido. Il chuck è stato poi avvolto in 4-5 strati di Parafilm e posto immediatamente a -80°C. Al momento dell'analisi, per mezzo del criostato, sono state ottenute sezioni di 10-20 µm di spessore con un'angolatura di taglio di 15°. Le sezioni sono state quindi trasferite su vetrini tenuti a temperatura ambiente. La stabilità della membrana lisosomiale è stata testata attraverso l'enzima N-acetyl-hexosaminidase che ha come substrato il naphthol As-BI N-acetyl-β-D-glucosaminide.

Le sezioni preparate come descritto in precedenza sono state trattate in una vaschetta di Hellendal con un tampone destabilizzante le membrane lisosomiali a 37°C per tempi diversi (0, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 40') in modo da determinare il tempo di trattamento richiesto per labilizzare interamente le membrane lisosomiali (periodo di labilizzazione). Il set di vetrini è stato trasferito nel mezzo di incubazione del substrato contenente naphthol As-BI N-acetyl-β-D-glucosaminide precedentemente disciolto in 2,5 ml di 2-metossietanolo e portato a volume con il tampone citrato contenente Polipep, un polipeptide a bassa viscosità che agisce come stabilizzante per le sezioni. L'incubazione con il substrato è stata di 20' a 37°C nella vaschetta di Hellendal in un bagno agitante. I vetrini sono stati

successivamente risciacquati in acqua di mare filtrata a temperatura ambiente o in una soluzione di NaCl al 3% a 37°C per 2' prima del loro trasferimento per 10' a temperatura ambiente in un tampone fosfato pH 7,4 contenente il colorante diazoinico fast violet B blue. I vetrini, risciacquati in acqua corrente per 5', sono stati successivamente fissati con gelatina glicerinata. Le sezioni così ottenute sono state analizzate mediante un sistema di analisi d'immagine al microscopio ottico (All. A5-X) per la determinazione del periodo di labilizzazione lisosomiale. Le analisi sono state eseguite almeno in quintuplicato.

Valutazione dell'attività dell'enzima catalasi - In laboratorio tale attività è stata determinata in aliquote di ghiandola di mitilo (3 pool di 5 individui per ogni stazione di prelievo) preventivamente lavate con una soluzione di NaCl (0,9%), omogeneizzate in 4 volumi di tampone Tris-HCl pH 7,4 contenente saccarosio e infine centrifugate (All. A5-XI), prima a 2.000 x g per 10' per eliminare la frazione lipidica, e successivamente a 9.000 x g per 30' per ottenere la frazione citosolica. L'attività dell'enzima di catalasi è stata determinata per via spettrofotometrica (Aebi, 1974; All. A5-XII) a 240 nm valutando la diminuzione in assorbanza dell'estratto dovuta al consumo di H₂O₂.

Concentrazione di malondialdeide (MDA) - Il metodo applicato si basa sulla reazione cromogenica tra N-metil-2-fenilindolo (NMPI) con MDA a caldo. Una molecola di MDA reagisce con due molecole di NMPI a formare un composto colorante (carbocianina) la cui assorbanza è rilevabile allo spettrofotometro (All. A5-XII) ad una opportuna lunghezza d'onda.

Al momento dell'analisi 3 pool provenienti da ogni sito di prelievo costituiti ciascuno da 3 ghiandole digestive sono stati lavati con una soluzione di NaCl (0,9%), omogeneizzati in 2 volumi di tampone Tris-HCl contenente β-mercaptoetanololo come antiossidante e centrifugati (All. A5-XI) a 10.000 x g per 10' a 4°C. A 100 µl di supernatante estratto sono stati aggiunti 650 µl di NMPI, 100 µl di acqua distillata e 150 µl di HCl (37%). Il campione è stato quindi incubato a caldo, raffreddato in ghiaccio, centrifugato a 10.000 x g e infine letto allo spettrofotometro. La concentrazione di MDA è stata stimata utilizzando come riferimento una curva standard a concentrazioni crescenti di tetrametossipropano (TMOP). La concentrazione totale in proteine del campione è stata determinata attraverso il metodo di Bradford (1976).

Dosaggio di metallotioneine - I tessuti provenienti da 3 pool di 5-7 individui per ogni sito di prelievo sono stati omogeneizzati in 3 volumi di Saccarosio/Tris-HCl addizionati di Leupeptina e β-mercaptoetanololo. L'omogenato è stato quindi centrifugato (All. A5-XI) per ottenere una frazione solubile contenente le metallotioneine. Il sopranatante è stato

successivamente precipitato con etanolo-cloroformio con il duplice scopo di rimuovere i tioli a basso peso molecolare e concentrare le metallotioneine; 1 ml di citosol è stato quindi addizionato con 1,05 ml di etanolo freddo e cloroformio e centrifugato a 6.000 x g per 10'. Il sopranatante così ottenuto è stato addizionato di 3 volumi di etanolo freddo e mantenuto a -20°C per 1 h e quindi centrifugato a 6.000 x g per 10' in rotore oscillante. Il pellet è stato lavato una volta con etanolo e cloroformio nel buffer di omogeneizzazione, ricentrifugato, insufflato con azoto e risospeso in NaCl 0,25 M addizionato di 150 µl di HCl e EDTA. Ai campioni così risospesi è stato aggiunto DTNB (acido ditiobisnitrobenzoico) preparato al momento dell'uso e quindi sono stati centrifugati a 3.000 x g. L'assorbanza è stata valutata per via spettrofotometrica (All. A5-XII) misurandola a 412 mn.

Accumulo di lipofuscine nei lisosomi – Le sezioni di 5 individui provenienti da ciascun sito preparate al criostato (All. A5-IX) sono state fissate in calcio-formolo a 4°C, risciacquate in acqua distillata e poste nel mezzo di reazione contenente cloruro di ferro e potassio ferrocianuro per 5'. Successivamente, sono state lavate in acido acetico, risciacquate in acqua, montate su vetrino ed analizzate mediante un sistema di analisi d'immagine al microscopio ottico (All. A5-X) per la determinazione della colorazione dei lisosomi dovuta all'accumulo di lipofuscine.

Accumulo di lipidi neutri nei lisosomi - Le sezioni, derivanti da 5 individui per ciascun sito preparate al criostato (All. A5-IX) con la stessa modalità seguita per la valutazione della stabilità delle membrane lisosomiali, sono state fissate in calcio-formolo per 15' a 4°C, risciacquate in acqua distillata e poste in una soluzione di trietilfosfato. Successivamente sono state colorate con una soluzione di oil red in trietilfosfato a 20°C per 15', lavate in trietilfosfato per 30", risciacquate in acqua distillata e montate con gelatina. Le sezioni così ottenute sono state analizzate al microscopio ottico (All. A5-X) mediante un sistema di analisi d'immagine che determina la percentuale di colorazione dei lisosomi dovuta all'accumulo dei lipidi neutri insaturi.

Micronuclei - L'allestimento dei preparati citologici è stato effettuato direttamente sul campione fresco lo stesso giorno di arrivo. L'emolinfa di ogni individuo (per un totale di 5 esemplari per campione) è stata prelevata dal muscolo adduttore posteriore con una siringa contenente Alsever (soluzione salina al 33% composta di NaCl, Na citrato x 2H₂O, acido citrico x 1H₂O e glucosio a pH fisiologico). Alcune gocce della sospensione cellulare, fissata in metanolo:acido acetico, sono state posizionate su vetrino e colorate con Giemsa. Per ogni mitilo sono state osservate al microscopio ottico (All. A5-X) circa 2000 cellule di emociti e su queste sono state determinate le frequenze di micronuclei e delle anomalie

nucleari (Ottaviani e Franceschini, 1997).

Real Time PCR (q-PCR) - La metodologia prevede l'amplificazione selettiva e quantificazione in vitro di una sequenza di DNA target. Ciò è reso possibile dall'impiego di diversi prodotti chimici fluorescenti detti *reporter* che correlano l'amplificazione con l'intensità della fluorescenza (Higuchi *et al.*, 1993). Nella presente esperienza di monitoraggio è stata prevista l'estrazione del RNA dalle cellule delle ghiandole digestive di mitilo, la retroscrittura dell'RNA in cDNA e infine l'amplificazione del cDNA tramite PCR. In questo caso, rispetto alla sequenza completa rappresentata dall'intero RNA, il metodo di studio si è focalizzato sulla quantificazione di due sequenze geniche, MT₁₀ ed MT₂₀, responsabili della sintesi delle metallothioneine (Dondero *et al.*, 2005).

La tecnologia di q-PCR adottata ha previsto:

- l'utilizzo di fluorocromi intercalanti del DNA tipo SYBR Green, una molecola fluorescente non specifica che si lega al solco minore del DNA a doppio filamento (eccitazione/emissione massima a 494/521 nm);
- l'impiego di sonde ad idrolisi tipo "TaqMan". Questa fase consiste in una sequenza oligonucleotidica che, come i primers della PCR, viene disegnata per essere complementare alla sequenza bersaglio del gene da amplificare. Tale sequenza presenta all'estremità 5' un fluoroforo "reporter" come HEX (esacloro-6-carbossifluorescina) e all'estremità 3' una molecola "quencher" rappresentata dal TAMRA (6-carbossitetrametilrodamina);
- l'uso di acqua RNA-se e DNA-se free.

Operativamente, 0,1 gr di ghiandola digestiva è stato omogenato in Trizol e incubato a temperatura ambiente per 5' per favorire la completa dissociazione dei complessi nucleoproteici. Sono stati quindi aggiunti 100 µl di cloroformio e dopo 3' l'estratto è stato centrifugato (10.000 x g per 5' a 4°C; All. A5-XI) realizzando una separazione in due fasi: una inferiore arricchita in fenolo rosso e una superiore acquosa contenente l'RNA. La fase acquosa è stata trasferita in una eppendorf e l'RNA raccolto è stato concentrato mediante precipitazione per mezzo di trattamenti sequenziali a base di alcool isopropilico ed etanolo (75%) seguiti da centrifugazione a 10.000 x g per 10' a 4°C. Il surnatante ottenuto è stato quindi eliminato e il pellet depositato sul fondo della provetta è stato risospeso in 100 mM sodio acetato ed etanolo (100%). Il passaggio successivo ha previsto la purificazione attraverso trattamento con LiCl (8M), incubato a -20°C per 30' e centrifugato a 20.000 x g per 30'; il surnatante è stato quindi eliminato. Il pellet così ottenuto è stato nuovamente

risospeso in etanolo (75%) per la fase di analisi o conservato a -20°C. E' seguita la quantificazione dell'RNA ottenuto tramite lettura a diverse bande come $\lambda = 230, 260$ e 280 . Per la fase successiva di sintesi del cDNA sono stati prelevati 0,1 g di RNA totale, incubato a 70° C per 5' con appropriate quantità di oligoTprimers. Successivamente, sono stati aggiunti in rapida sequenza il tampone di reazione, il mix di desossiribonucleotidi trifosfato (dNTP), l'acqua deionizzata nuclease free, e il RevertAid M-MuLV Reverse Transcriptase®. E' stato quindi impostato il seguente ciclo termico di PCR:

- 1 Incubazione della miscela a 37°C per favorire l'annealing degli oligo(d)T;
- 2 incubazione at 40°C per 40-60';
- 3 Incubazione a 50°C per 20';
- 4 interruzione della reazione tramite riscaldamento at 70°C per 10';
- 5 raffreddamento;

Alla fine della reazione di amplificazione, l'analisi dei risultati è stata operata attraverso il metodo comparativo cicli soglia. Dall'analisi delle curve di amplificazione sono stati desunti i parametri fondamentali alla quantificazione delle molecole inizialmente presenti nel campione come il ciclo soglia e la linea soglia di reazione.

L'efficienza della reazione di PCR è stata valutata tramite i cambiamenti di espressione genica del campione sulla base di un controllo esterno attraverso un campione di riferimento e un gene di riferimento (house-keeping), la cui espressione mantiene gli stessi livelli indipendentemente da variazioni ambientali (Livak e Schmittingen, 2001).

2.2.5. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

Durante le analisi di laboratorio le sei repliche prelevate in ciascuna stazione sono state trattate separatamente. Il sorting è stato compiuto con l'ausilio di uno stereomicroscopio e di un microscopio ottico (All. A3-III e A3-IV) e l'identificazione degli organismi è stata effettuata al più basso livello sistematico possibile. Gli individui appartenenti allo stesso gruppo sono stati contati e pesati (All. A3-V). Per ogni stazione sono stati quindi calcolati i seguenti indici medi utilizzando i dati relativi alle 6 repliche:

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

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

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

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

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

Ricchezza specifica media (S_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 censite presso ogni stazione di campionamento sono state calcolate le curve di dominanza cumulativa. Per ricercare eventuali somiglianze tra i siti campionati, con i dati di densità è stata effettuata un'analisi statistica multivariata (MDS) previa trasformazione in $\sqrt{2}$ 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 (W di Clarke, AMBI e BENTIX; Clarke e Warwick, 2001; Borja *et al.* 2000; Simboura e Zenetos, 2002; Muxika *et al.*, 2007; Borja e Mader, 2008), seguendo quanto suggerito da Teixeira *et al.* (2007).

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

L'indice si basa sulla seguente formula:

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

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

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

deciso di utilizzare gli intervalli di valori dell'indice W riportati in Tab. 2-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 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 giugno 2017) sono identificati soprattutto in base alla loro sensibilità ad arricchimenti organici:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tab. 2-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.*, 2004).

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

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

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

2.2.6. INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

2.2.6.1 Campionamenti di pesca

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

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

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

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

alcun rapporto con la piattaforma e, di norma, sono reperibili sul fondale originario.

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

Per le tre zone (piattaforma e 2 controllori) sono state calcolate la Ricchezza specifica totale (S_{tot}), intesa come numero totale di specie rilevato in tutto il semestre, la Ricchezza specifica per cala (S), e la Ricchezza specifica media (S_m), intesa come numero medio di specie rilevato nel semestre.

L'indice di Shannon-Weaver (H'), per la cui definizione si rimanda al capitolo precedente, è stato applicato anch'esso ai dati relativi ad ogni singolo campionamento in tutti i tre siti per determinare il valore totale medio (H'_m) e i valori relativi ai singoli campionamenti.

I rendimenti di pesca sono stati calcolati sia in termini numerici (n. ind/500m/12h) che ponderali (kg/500m/12h) sull'intero periodo e mese per mese.

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

2.2.6.2 Investigazioni acustiche

L'elaborazione dei dati inerenti la colonna d'acqua, rilevati tramite MBES, è stata eseguita con il software Echoview (Myriax, Tasmania).

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

colonna d'acqua, causa intensi fenomeni di *backscatter* e di *scattering* omnidirezionale. Inoltre, gli impulsi che penetrano negli spazi tra i pali della piattaforma possono venire riflessi più volte prima di tornare ai trasduttori o perdersi nell'ambiente circostante. Per tale motivo sono stati presi in considerazione solo quei *target* chiaramente distinguibili dall'intenso rumore di fondo.

Una volta individuato, il banco di pesce è stato estratto tramite la procedura *target detection* e l'algoritmo *cruise-scanning* per piattaforme (tipo imbarcazioni) in movimento (fig. 2.11). Visto che il sistema EM2040CD non può essere calibrato per il riconoscimento di particolari specie ittiche, si è considerato un *volume backscatter strength* (*Sv*) compreso tra -35 +64 dB, intervallo scelto a seguito di un controllo di qualità del dato effettuato al fine di isolare il rumore. Questa procedura, oltre a fornire l'immagine tridimensionale del *target* permette di estrarne le caratteristiche metriche e acustiche che, quando possibile, sono state usate come misure per confrontare la distribuzione dei due macrogruppi individuabili in base alla distanza dalla piattaforma (il primo comprendente i banchi rilevati entro 300 m dalla struttura e il secondo quelli individuati nelle zone periferiche). Di seguito si riporta la descrizione delle caratteristiche metriche e variabili acustiche estratte per ogni *target* tridimensionale (Tab. 2-XV e 2-XVI).

Completata l'individuazione dei banchi di pesce, sono state create scene tridimensionali delle porzioni di colonna d'acqua investigate, includendo anche il fondale marino e la struttura Clara NW.

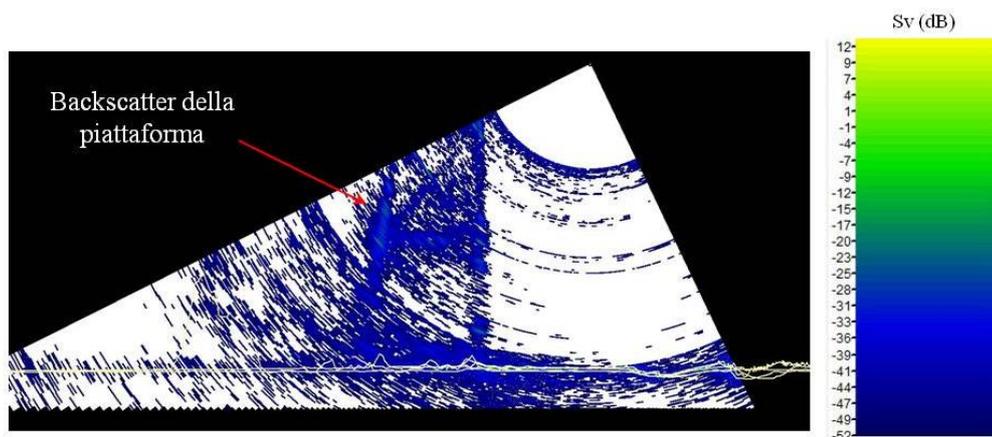


Fig. 2.10 - Ecogramma multibeam in prossimità della piattaforma Clara NW. Il forte *backscatter* dovuto alla presenza della struttura e lo *scattering* omnidirezionale degli impulsi acustici impediscono il rilevamento di eventuali aggregazioni di pesce nelle vicinanze della piattaforma e/o tra i pali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

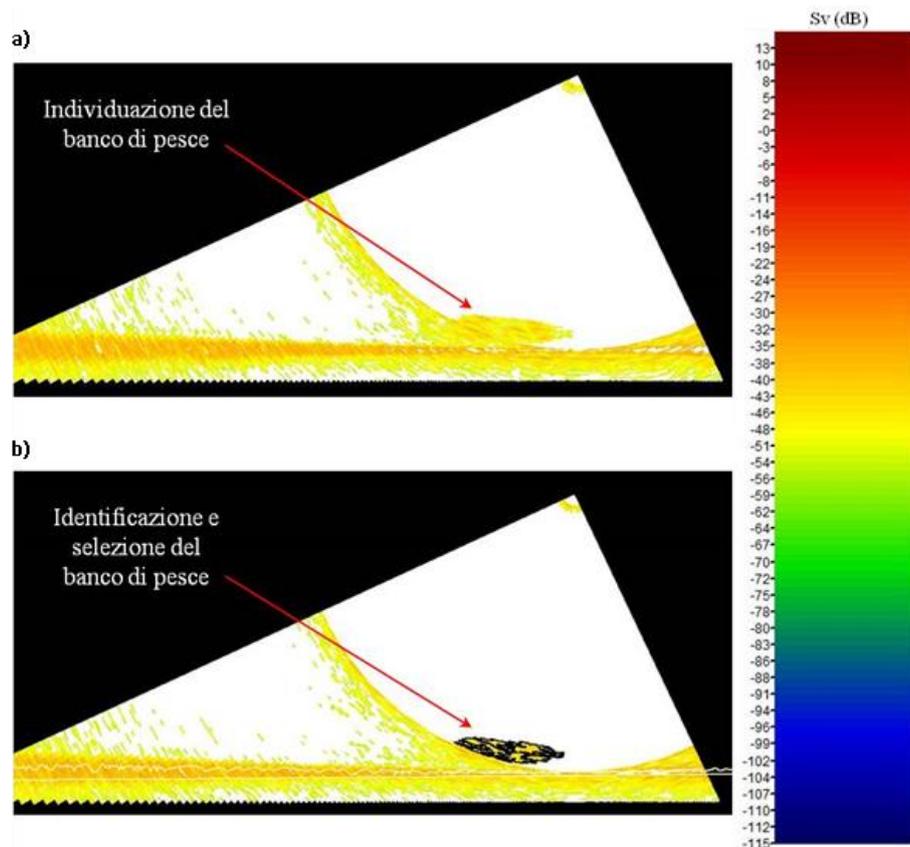


Fig. 2.11 - Elaborazione dei dati acustici della colonna d'acqua tramite il software Echoview. a) Individuazione di un'aggregazione di pesce in un ping durante lo *screening* dell'ecogramma. b) Identificazione e selezione del *target* tramite la procedura *Target detection*. La scala a colori sulla destra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

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

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

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

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

2.2.6.3 Indagini video in prossimità della piattaforma

Le immagini video registrate mediante telecamera in prossimità della piattaforma sono state analizzate al fine di avvalorare i risultati ottenuti con i campionamenti di pesca e con le investigazioni tramite MBES per avere un riscontro sull'effettivo potere attrattivo della struttura.

3. RISULTATI

3.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

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

Nel **maggio 2018** sono stati misurati 24,7°C in superficie. Dopo un decremento sino a circa 15°C a 20 m di profondità, la temperatura si è ridotta gradatamente fino a raggiungere 10,9°C al fondo (fig. 3.1).

La salinità, con trend opposto rispetto alla temperatura, è stata minima in superficie (35,9 psu) e massima a circa 30 m (38,7 psu; fig. 3.1). La temperatura superficiale è apparsa leggermente inferiore nelle stazioni centrali, mentre quella sul fondo, così come la salinità sia superficiale che profonda, ha presentato un lieve incremento da Ovest verso Est (fig. 3.2).

La torbidità, determinata come backscattering ed espressa dopo calibrazione in mg l^{-1} , è stata mediamente pari a $2,81 \pm 1,76 \text{ mg l}^{-1}$, con una tendenza ad aumentare verso il fondo dove è stato il massimo ($11,26 \text{ mg l}^{-1}$) presso la stazione CL7 (fig. 3.1).

L'ossigeno disciolto ha presentato una saturazione maggiore a circa 20 m di profondità (massimo pari al 103,67% in CL8) e minore al fondo, dove in CL7 si è raggiunto il 76% (fig. 3.1).

Anche la fluorescenza *in situ*, espressa dopo calibrazione in $\mu\text{g l}^{-1}$ di clorofilla (fig. 3.3), ha mostrato concentrazioni più o meno costanti fino a circa 30 m, con una media pari $0,47 \pm 0,17 \mu\text{g l}^{-1}$. Il massimo è stato registrato a circa 35 m nella stazione CL7 ($0,92 \mu\text{g l}^{-1}$) e il minimo ($0,19 \mu\text{g l}^{-1}$) in superficie presso il sito di campionamento CL6.

A **luglio** la temperatura, nello strato superficiale spesso circa 10 m, è stata pari a 24,9°C e la salinità a 37,8 psu (fig. 2.4). Nei 9 m successivi sono avvenuti un decremento della temperatura piuttosto consistente (raggiungendo i 17°C circa) e un aumento della salinità (sino a circa 38,6 psu). Verso il fondo il primo parametro si è attestato attorno ai 12,0°C mentre il secondo è rimasto pressoché costante (fig. 3.4).

Per la temperatura è stato osservato un gradiente sia in superficie che sul fondo da NW verso SE; la salinità superficiale è apparsa inferiore verso Sud mentre per quella sul fondo si è rilevato un gradiente da SW verso NE (fig. 3.5)

La torbidità (media $3,07 \pm 0,70 \text{ mg l}^{-1}$) ha mostrato anche in questo survey un aumento verso il fondo, dove ha raggiunto il massimo di $7,12 \text{ mg l}^{-1}$ nella stazione CL1 (fig. 3.4).

Per la percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto, in media pari a $110 \pm 11\%$, è stato registrato un massimo pari al 128% a 19 m nella stazione CL8 (fig. 3.4).

La fluorescenza *in situ* ha avuto concentrazioni più costanti lungo la colonna d'acqua rispetto alla campagna precedente e in genere inferiori; la media è stata pari a $0,27 \pm 0,21 \mu\text{g l}^{-1}$ e i valori massimi sono stati registrati al fondo (fig. 3.6).

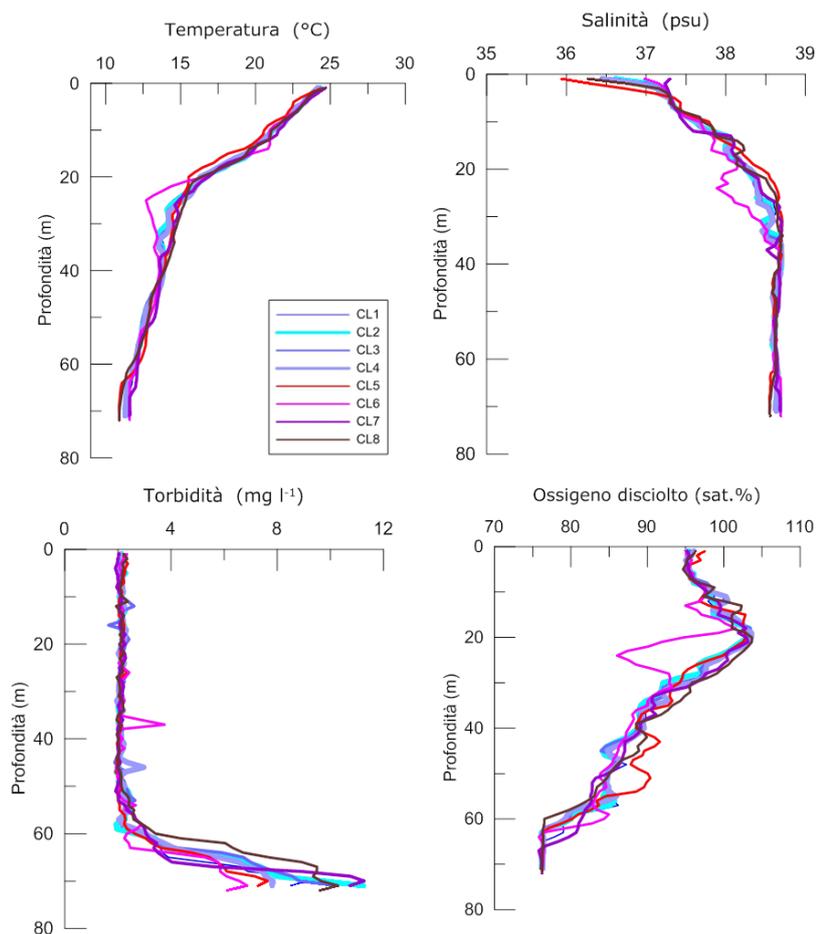


Fig. 3.1 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), particolato sospeso totale (Total Suspended Matter - TSM; mg/l) e ossigeno disciolto (in percentuale di saturazione - sat %). **Maggio 2018.**

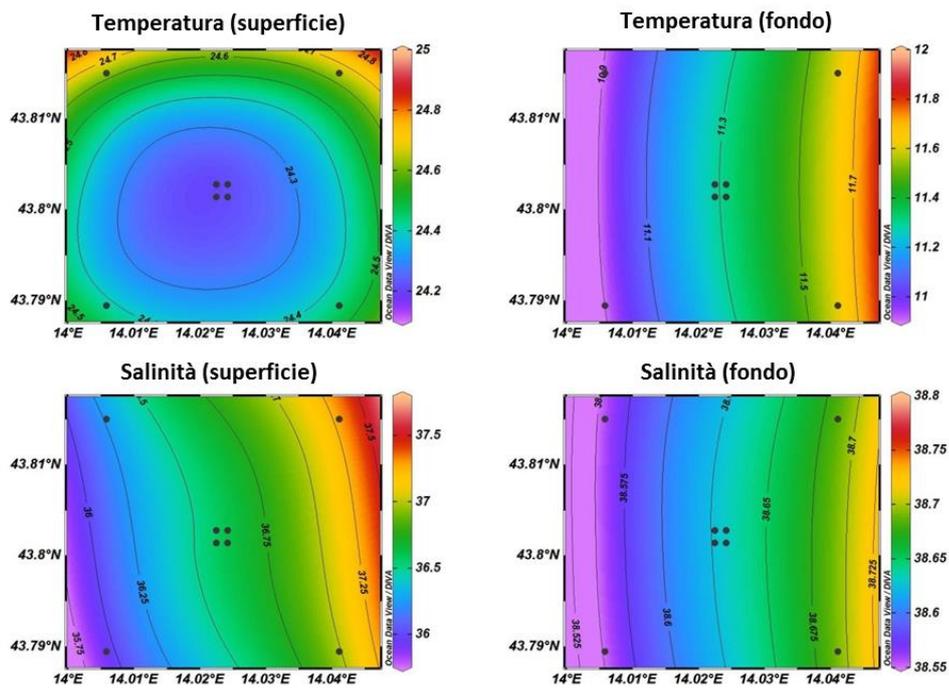


Fig. 3.2 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. Maggio 2018.

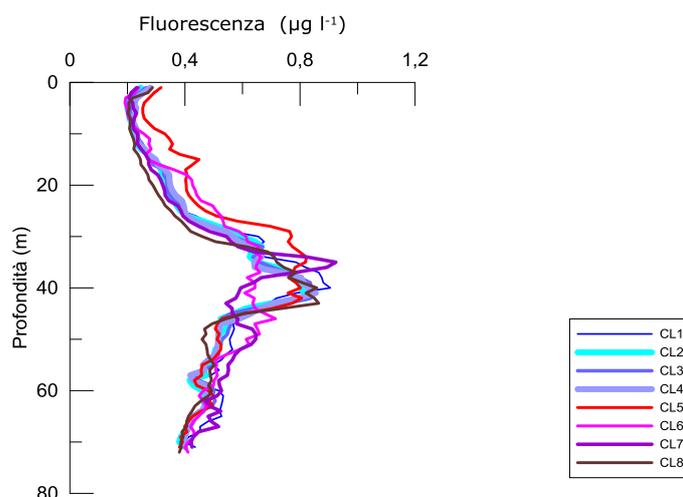


Fig. 3.3 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g/l}$) ottenuti nel maggio 2018.

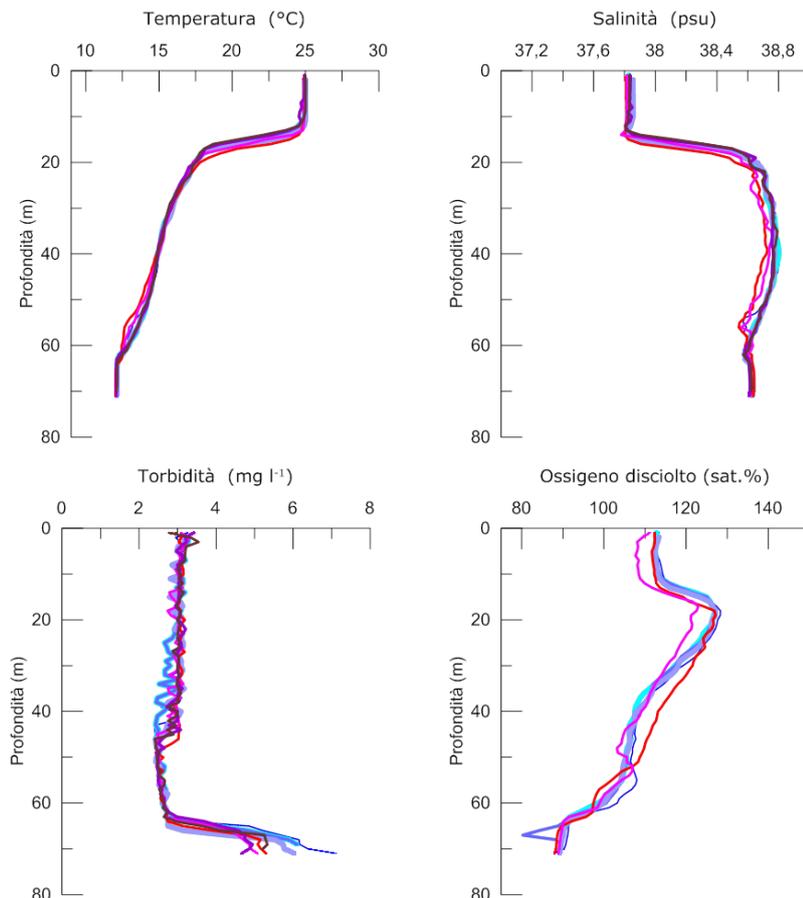


Fig. 3.4 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), particolato sospeso totale (Total Suspended Matter - TSM; mg/l) e ossigeno disciolto (in percentuale di saturazione - sat %). **Luglio 2018.**

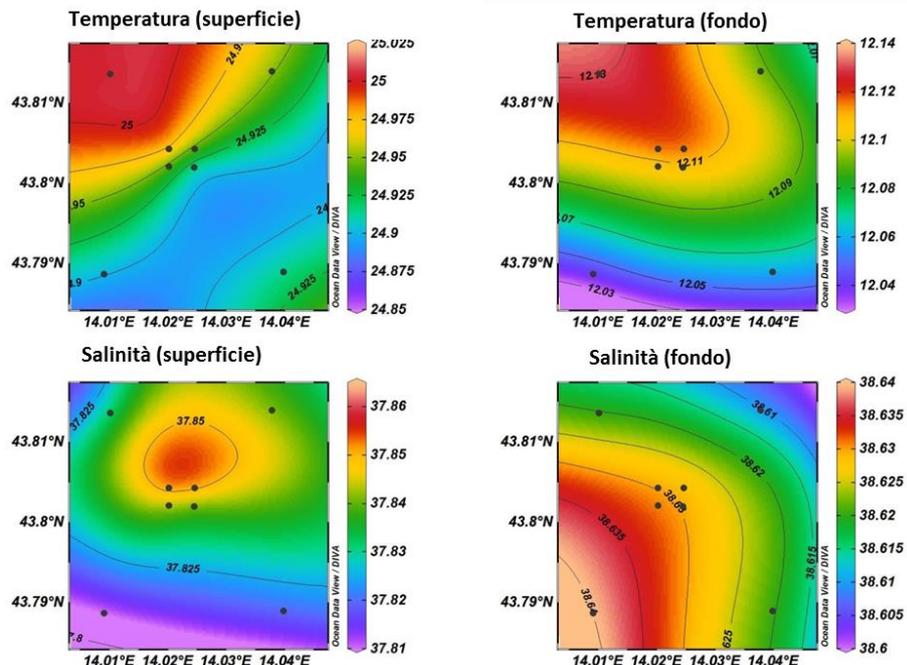


Fig. 3.5 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Luglio 2018.**

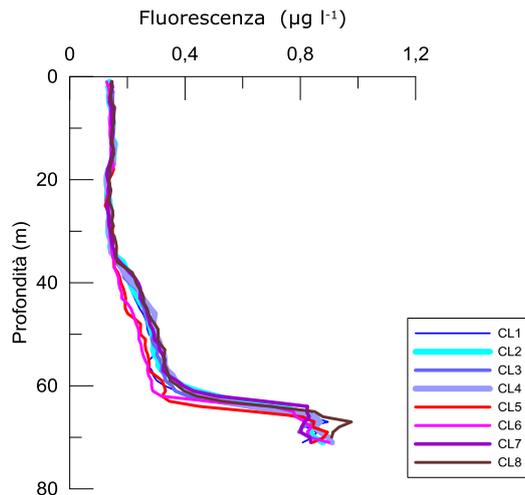


Fig. 3.6 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g/l}$) ottenuti nel **luglio 2018**.

3.1.2. NUTRIENTI

Nel **maggio 2018** le concentrazioni medie di nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammoniaca (NH_3) sono risultate rispettivamente pari a $1,55 \pm 0,61 \mu\text{M}$, $0,18 \pm 0,08 \mu\text{M}$ e a $1,35 \pm 0,51 \mu\text{M}$ (figg. 3.7a, 3.7b).

I massimi di NO_3 ($3,14 \mu\text{M}$) e di NO_2 ($0,39 \mu\text{M}$) sono stati misurati al fondo delle stazioni CL3 e CL8, mentre per l'ammoniaca il massimo di $2,56 \mu\text{M}$ è stato rilevato in CL5 a 40 m di profondità (figg. 3.7a, 3.7b e 3.8). I siti a 100 m dalla piattaforma hanno presentato un contenuto di NO_3 e NH_3 maggiore rispetto alle stazioni a 2000 m, anche se mediamente non sono state riscontrate differenze per l'elevata variabilità (NO_3 : $1,70 \pm 0,66 \mu\text{M}$ a 100 m e $1,40 \pm 0,55 \mu\text{M}$ a 2000 m; NH_3 : $1,48 \pm 0,49 \mu\text{M}$ a 100 m e $1,23 \pm 0,51 \mu\text{M}$ a 2000 m).

Gli ortofosfati (PO_4) sono stati in media presenti con $0,14 \pm 0,05 \mu\text{M}$, con valori leggermente più alti nei siti a 100 m; il massimo di $0,32 \mu\text{M}$ è stato registrato alla quota superficiale della CL3 (figg. 3.7a, 3.7b e 3.8).

Gli ortosilicati ($\text{Si}(\text{OH})_4$) sono stati in media pari a $2,50 \pm 0,94 \mu\text{M}$, con picchi di concentrazione al fondo dove è stato misurato un massimo di $4,79 \mu\text{M}$ nella stazione CL2.

A **luglio** le concentrazioni dei nutrienti azotati sono diminuite rispetto a maggio pur rimanendo mediamente comparabili (NO_3 : $0,66 \pm 0,54 \mu\text{M}$; NO_2 : $0,19 \pm 0,10 \mu\text{M}$; NH_3 : $0,72 \pm 0,44 \mu\text{M}$). I valori più elevati per i nitrati e i nitriti sono stati misurati al fondo (rispettivamente $1,88 \mu\text{M}$ in CL3 e $0,43 \mu\text{M}$ in CL5; figg. 3.9a, 3.9b, 3.10).

La massima concentrazione di NH_3 ($2,64 \mu\text{M}$) è stata invece registrata a 20 m nella stazione CL2.

Anche i PO_4 sono diminuiti rispetto a maggio pur rimanendo mediamente comparabili

($0,10 \pm 0,03 \mu\text{M}$) e presenti prevalentemente nell'area orientale, dove è stato registrato il massimo di $0,19 \mu\text{M}$ al fondo della CL7 (figg. 3.9a, 3.9b, 3.10).

Gli Si(OH)_4 , con una media di $2,19 \pm 1,41 \mu\text{M}$, sono risultati più elevati al fondo dove, presso CL3, è stata misurata la massima concentrazione di $5,78 \mu\text{M}$.

In questo periodo non sono state notate differenze particolari per alcun nutriente tra le stazioni posizionate nei pressi della piattaforma (100 m) e quelle di controllo (2000 m).

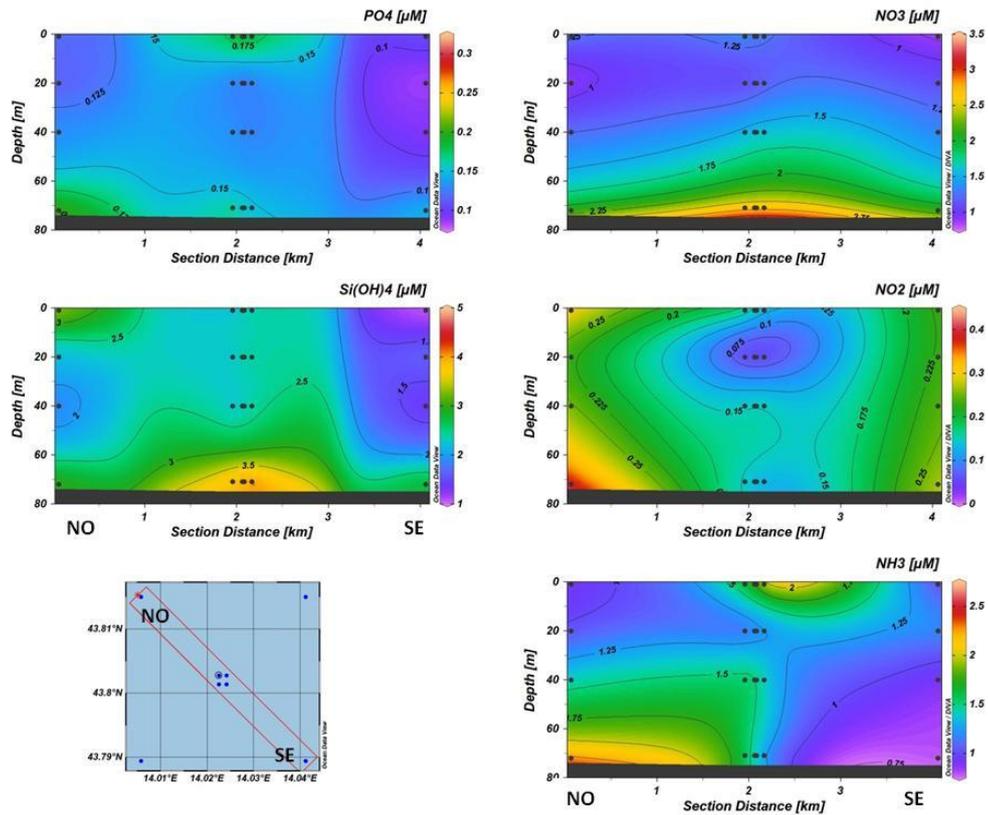


Fig. 3.7a - Sezioni verticali delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . Maggio 2018.

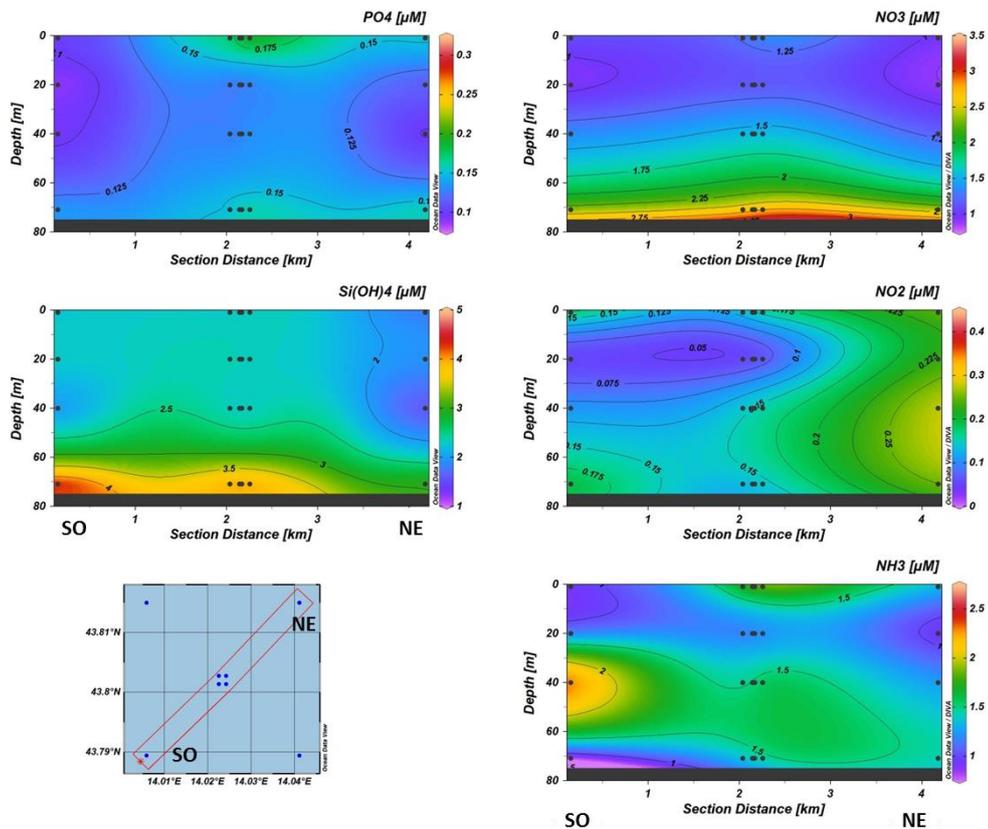


Fig. 3.7b - Sezioni verticali delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . Maggio 2018.

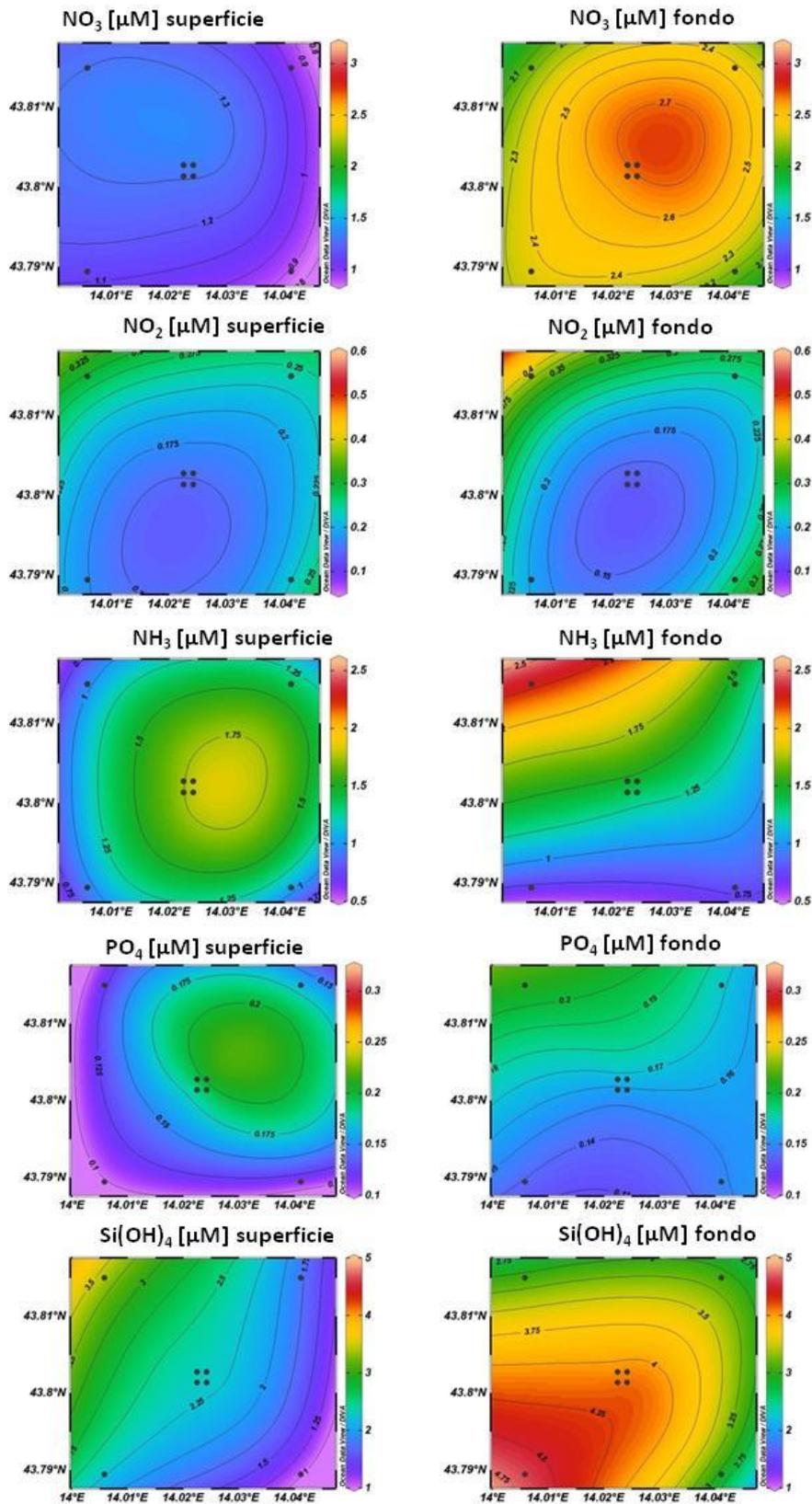


Fig. 3.8 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO₂), nitrati (NO₃), ammoniaca (NH₃), ortofosfati (PO₄) e ortosilicati (Si(OH)₄) espresse in μM, in superficie e al fondo. **Maggio 2018.**

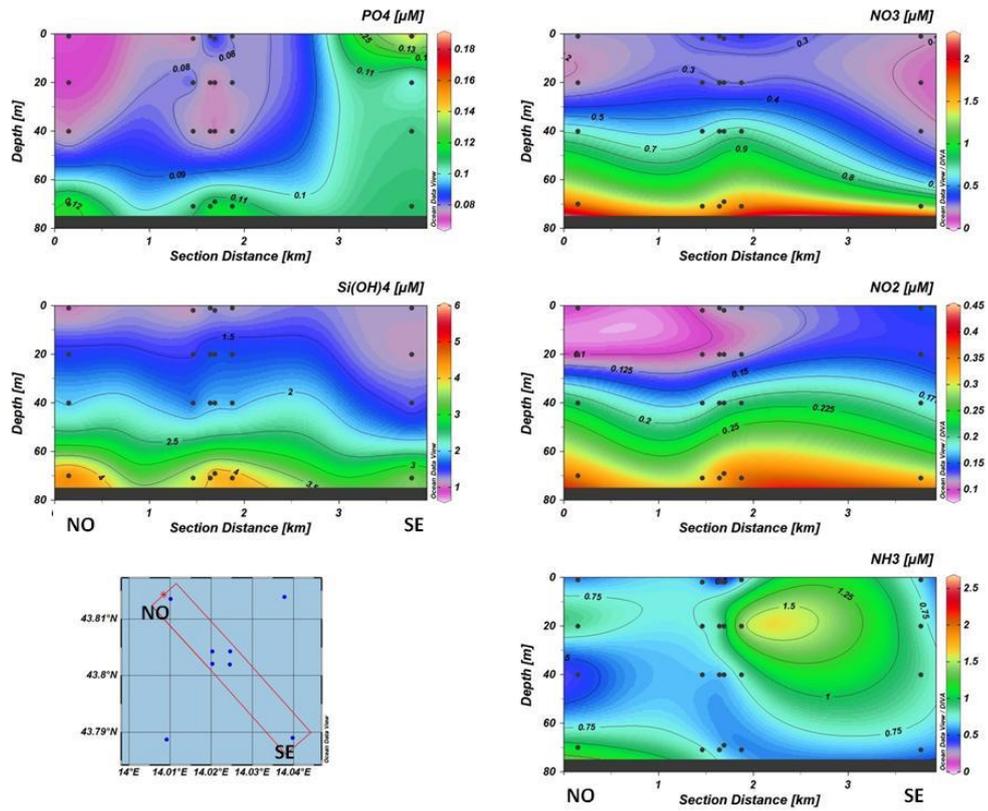


Fig. 3.9a - Sezioni verticali delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . **Luglio 2018.**

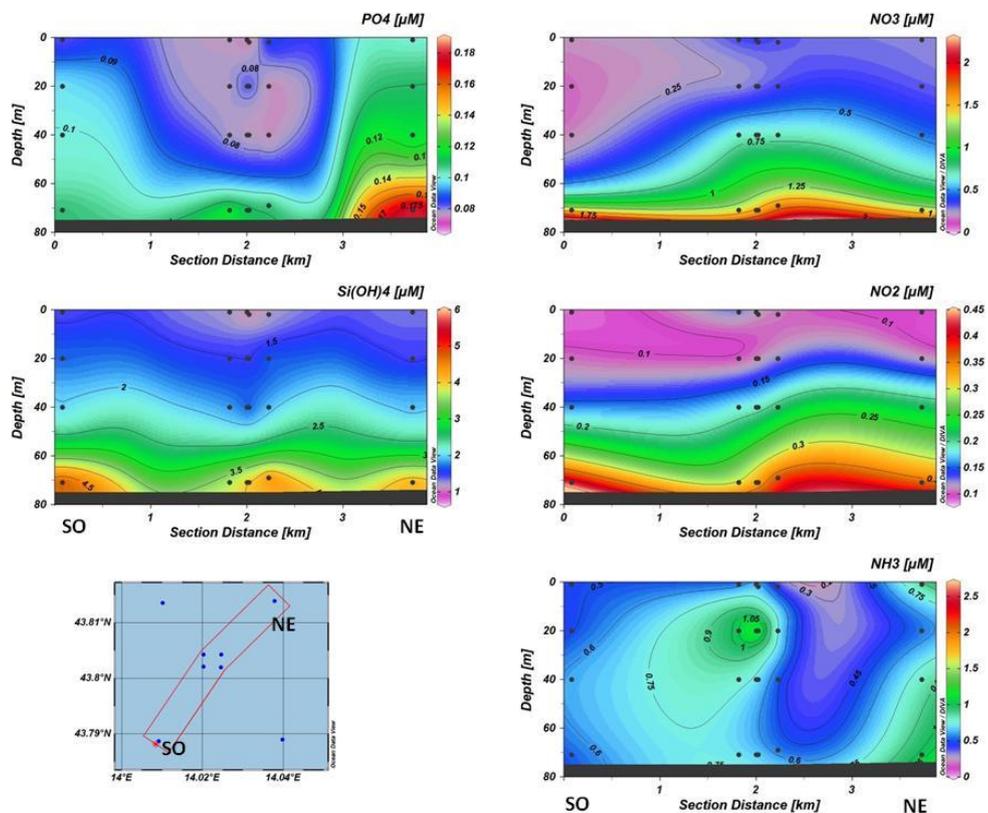


Fig. 3.9b - Sezioni verticali delle stazioni stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), ortosilicati (Si(OH)_4) e ammoniaca (NH_3), espresse in μM . **Luglio 2018.**

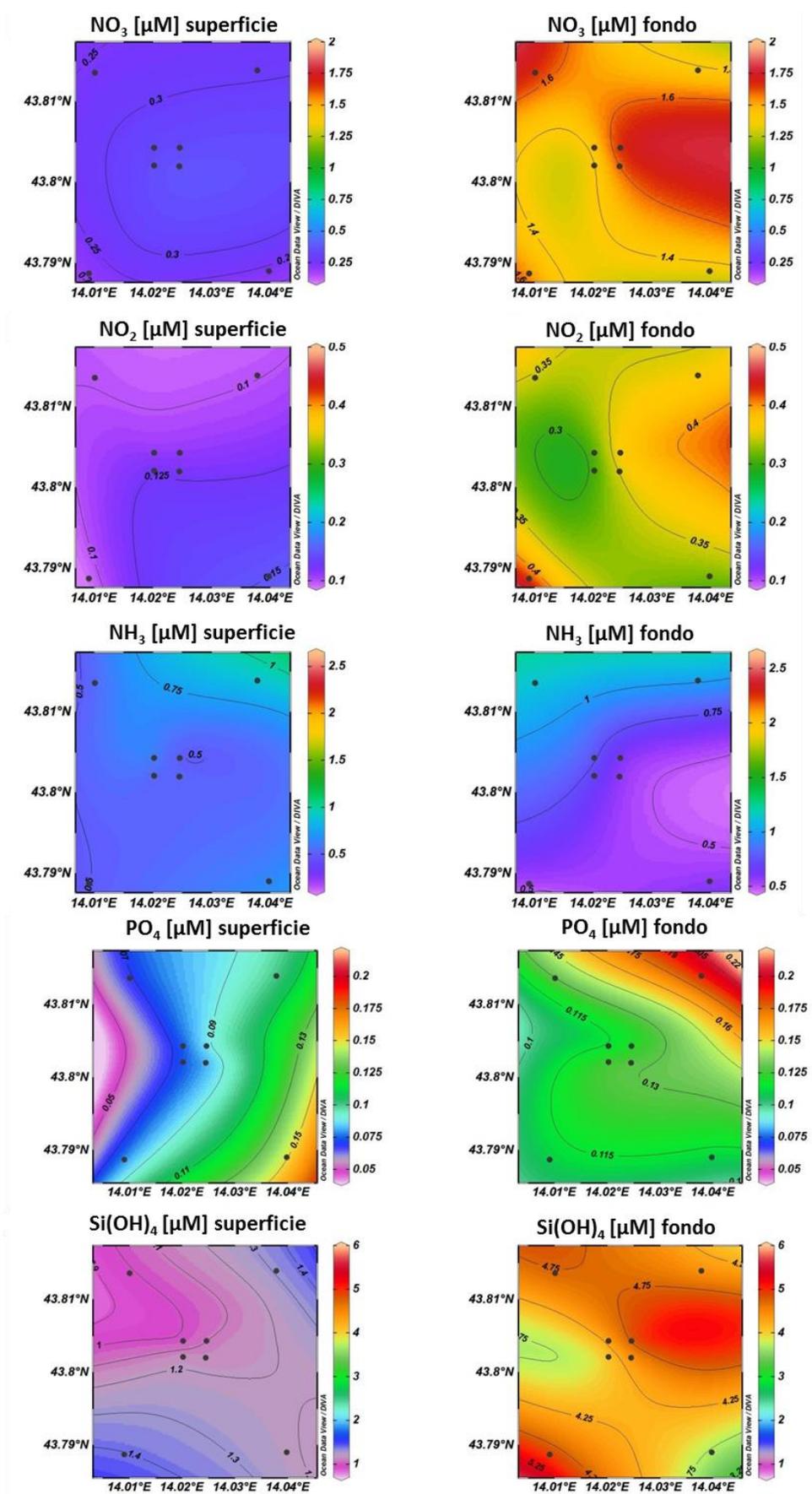


Fig. 3.10 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ammoniaca (NH_3), ortofosfati (PO_4) e ortosilicati (Si(OH)_4) espresse in μM , in superficie e al fondo. **Luglio 2018.**

3.1.3. PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO

A **maggio** la concentrazione della clorofilla *a* (Chl *a*) è risultata mediamente pari a $417,33 \pm 131,41 \text{ ng l}^{-1}$, con un valore massimo di $696,30 \text{ ng l}^{-1}$ a 40 m nella stazione CL8 (figg. 3.11a, 3.11b, 3.12). La clorofilla *b* (Chl *b*) è stata in media pari a $41,99 \pm 17,62 \text{ ng l}^{-1}$ con la concentrazione massima rilevata in superficie nella CL5 ($89,66 \text{ ng l}^{-1}$). La clorofilla *c* (Chl *c*), con una media di $61,54 \pm 24,41 \text{ ng l}^{-1}$ (figg. 2.11a, 2.11b), ha presentato come la Chl *a* un massimo nella stazione CL8 a 40 m ($123,19 \text{ ng l}^{-1}$).

In questo periodo la concentrazione di materiale particellato (TSM) è stata mediamente di $2,82 \pm 1,83 \text{ mg l}^{-1}$. Il contenuto maggiore, pari a $9,87 \text{ mg l}^{-1}$, è stato registrato a 40 m nella CL5 (figg. 3.11a, 3.11b).

A **luglio** tutti i pigmenti clorofilliani sono risultati inferiori rispetto alla campagna di maggio, con i valori più elevati registrati soprattutto in prossimità del fondo. Chl *a*, con una media di $269,05 \pm 239,59 \text{ ng l}^{-1}$ (figg. 3.13a, 3.13b, 3.14), ha presentato il massimo di $740,10 \text{ ng l}^{-1}$ al fondo della CL3. La massima concentrazione di Chl *b* è stata circa la metà rispetto alla Chl *c*, con valori rispettivamente di $99,62 \text{ ng l}^{-1}$ (CL4 al fondo) e $172,87 \text{ ng l}^{-1}$ (CL1 fondo).

La concentrazione di TSM è stata mediamente di $4,01 \pm 1,69 \text{ mg l}^{-1}$. In generale i valori maggiori sono stati registrati al fondo, ma il massimo di $7,55 \text{ mg l}^{-1}$ è stato misurato a 20 m nella stazione CL1 (figg. 3.13a, 3.13b).

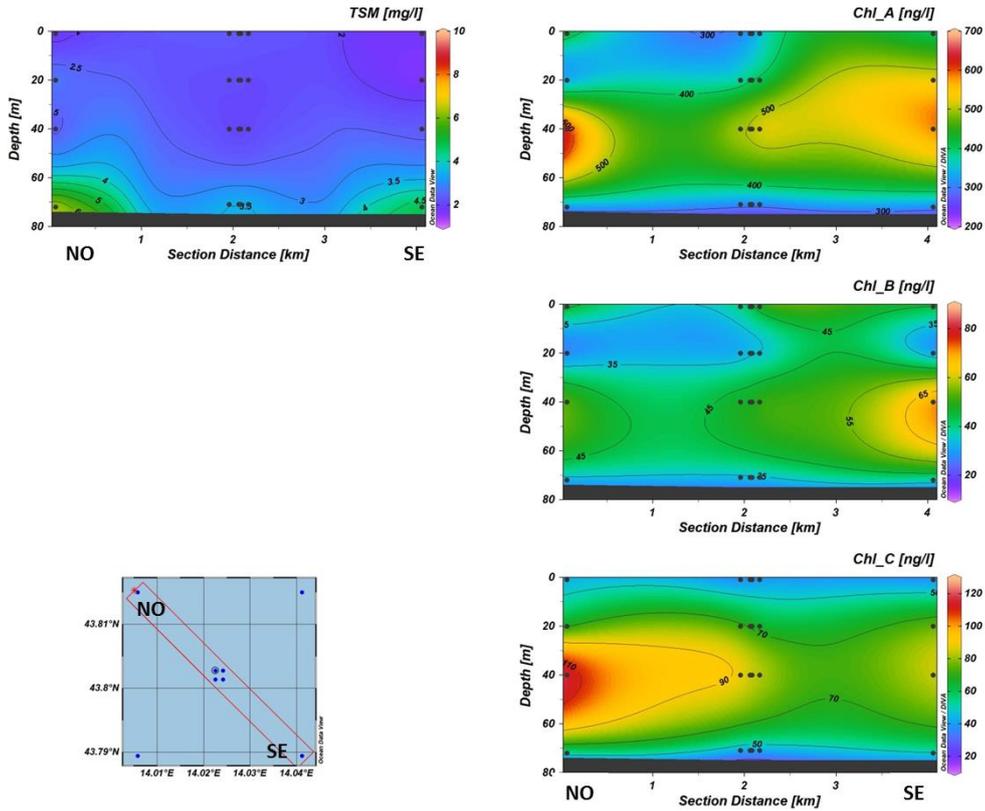


Fig. 3.11a - Sezione verticale delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Maggio 2018**.

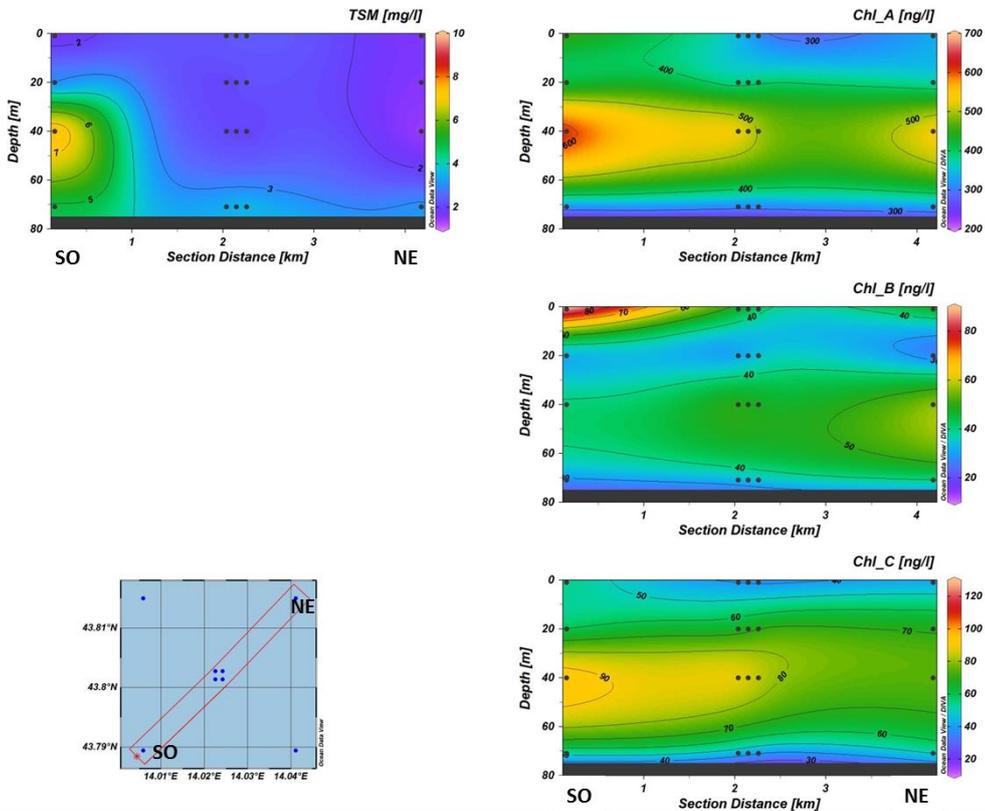


Fig. 3.11b - Sezione verticale delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Maggio 2018**.

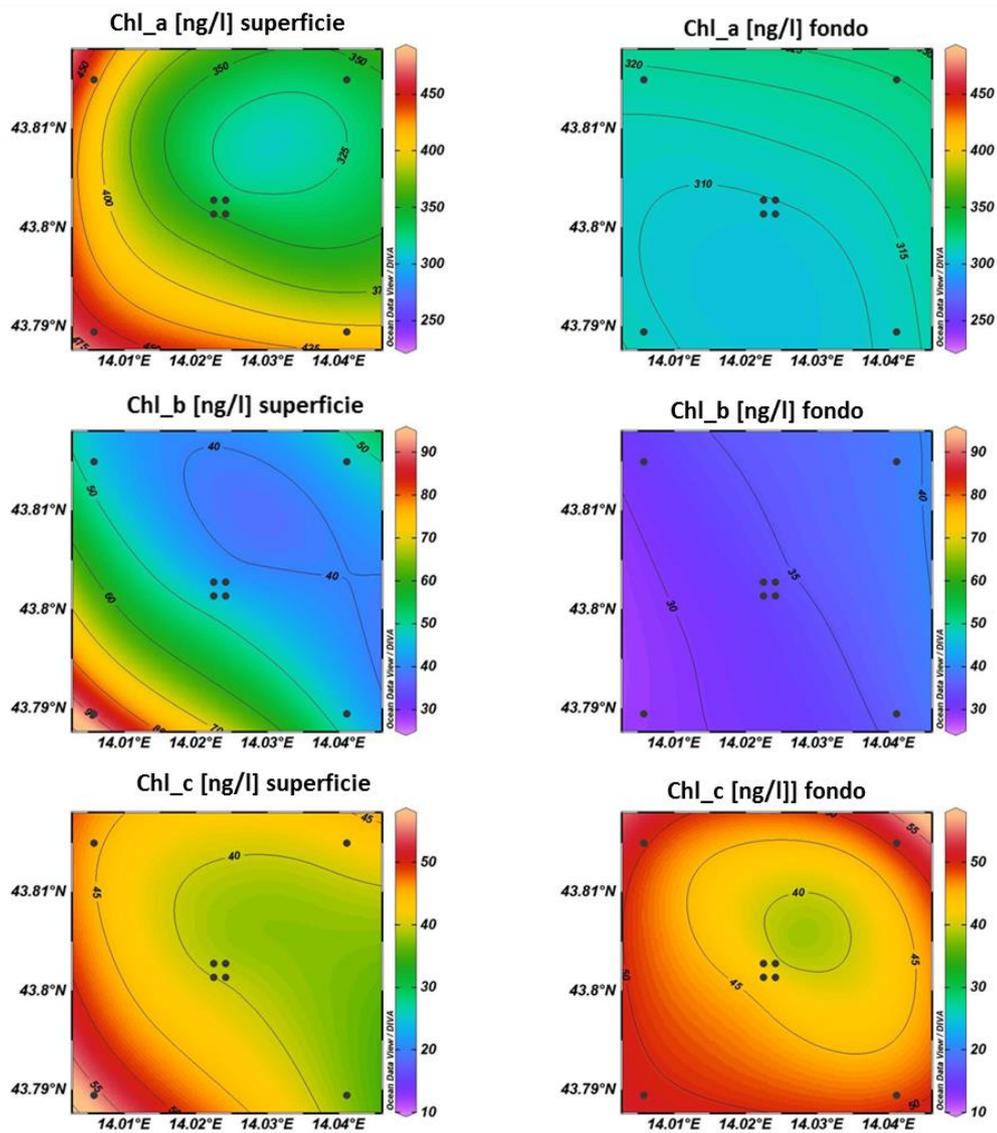


Fig. 3.12 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. **Maggio 2018.**

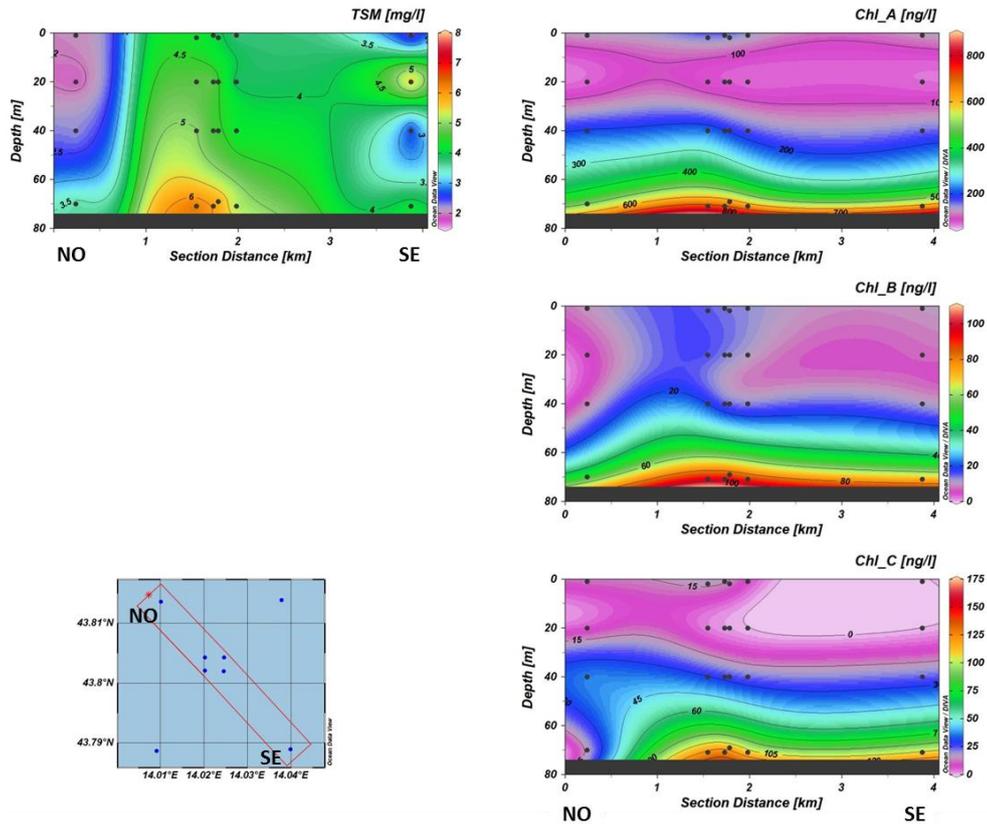


Fig. 3.13a - Sezione verticale delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Luglio 2018.**

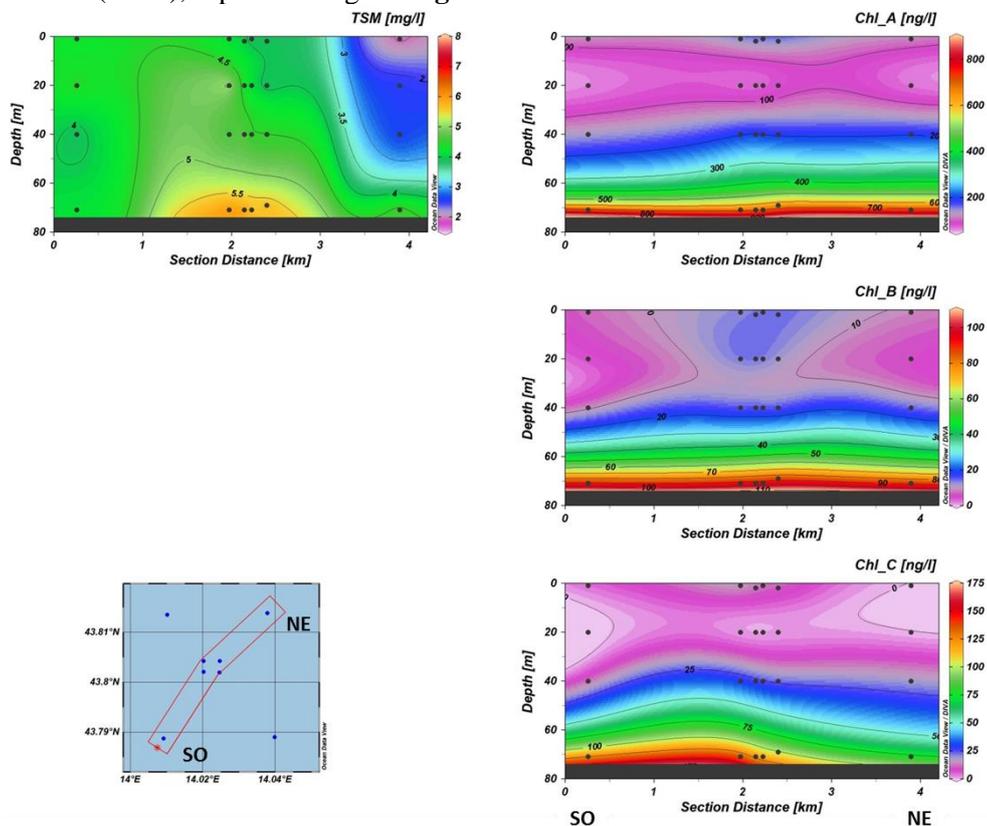


Fig. 3.13b - Sezione verticale delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Luglio 2018.**

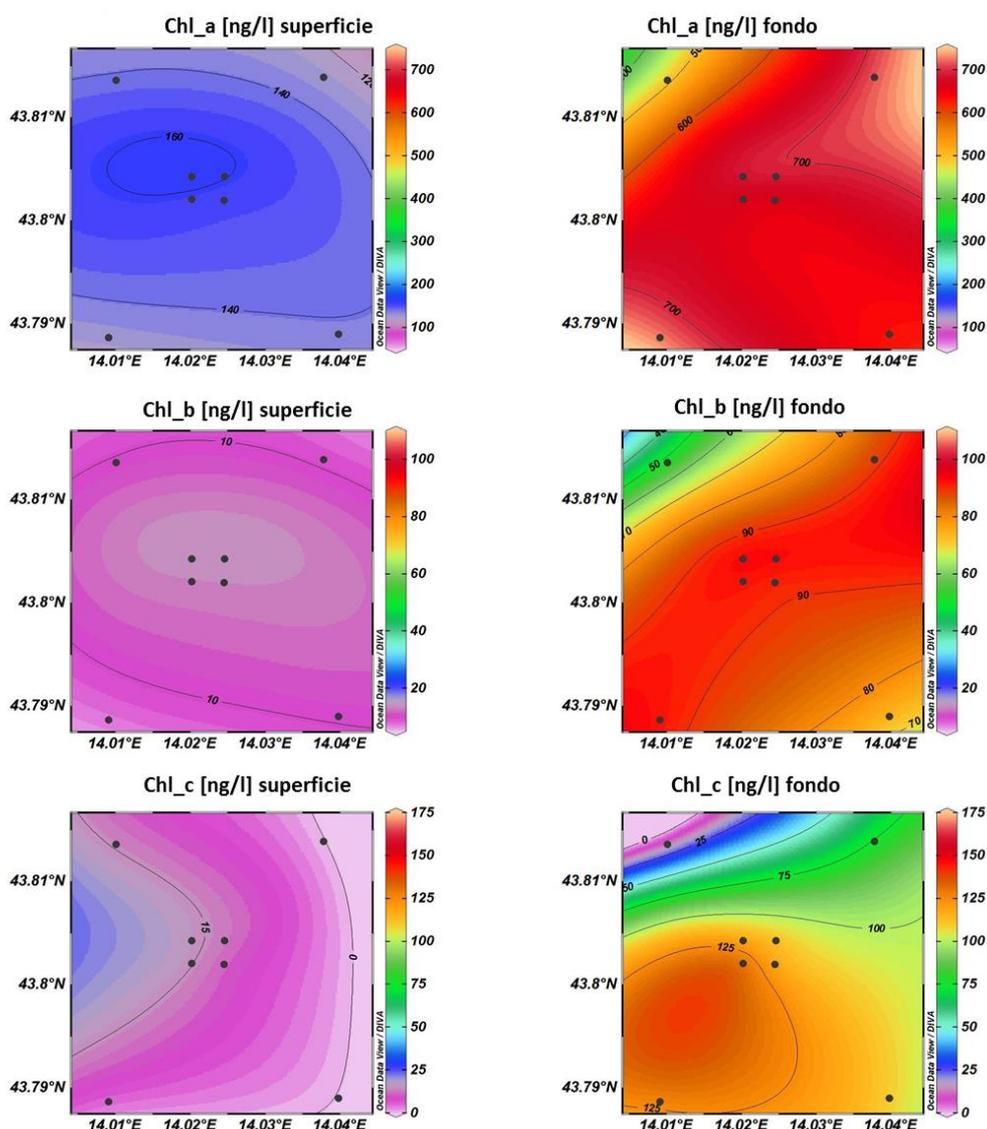


Fig. 3.14 - Mappe areali rappresentanti le concentrazioni di clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b) e clorofilla c (Chl c) espresse in ng/l. **Luglio 2018.**

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

Gli **Idrocarburi totali**, gli **Idrocarburi Policiclici Aromatici** (Tab. 3-I) e i **BTEX** (Tab. 3-II) sono risultati sempre e ovunque al di sotto dei limiti di rilevabilità strumentale. Gli **Idrocarburi Alifatici** sono stati rilevati solo a maggio (Tab. 3-I), quando sono risultati presenti in oltre il 50% dei campioni la maggior parte dei quali raccolti nei siti posizionati vicino alla piattaforma. Il massimo ($16,8 \mu\text{g l}^{-1}$), tuttavia, è stato misurato alla quota 20 m della stazione CL7 posta a 2000 m di distanza. In generale, comunque, le concentrazioni sono risultate tutte piuttosto modeste eccetto quella in CL7.

Tab. 3-I - Concentrazioni ($\mu\text{g/l}$) di Idrocarburi totali, IA e IPA registrate nelle diverse stazioni e alle diverse quote nei survey condotti a maggio e luglio 2018.

Stazione	Maggio 2018			Luglio 2018		
	Idroc. totali (n-esano)	IA (C10-C32)	IPA (16 IPA)	Idroc. totali (n-esano)	IA (C10-C32)	IPA (16 IPA)
CL1 sup	< 30	5,01	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL1 20 m	< 30	1,83	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL1 40 m	< 30	2,25	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL1 fondo	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL2 sup	< 30	1,01	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL2 20 m	< 30	1,12	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL2 40 m	< 30	2,11	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL2 fondo	< 30	1,49	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL3 sup	< 30	4,36	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL3 20 m	< 30	1,75	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL3 40 m	< 30	1,97	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL3 fondo	< 30	2,46	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL4 sup	< 30	1,88	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL4 20 m	< 30	1,69	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL4 40 m	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL4 fondo	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL5 sup	< 30	2,87	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL5 20 m	< 30	1,01	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL5 40 m	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL5 fondo	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL6 sup	< 30	1,67	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL6 20 m	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL6 40 m	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL6 fondo	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL7 sup	< 30	1,69	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL7 20 m	< 30	16,76	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL7 40 m	< 30	2,38	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL7 fondo	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL8 sup	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL8 20 m	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL8 40 m	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01
CL8 fondo	< 30	< 1	<0,01	< 30	< 1	<0,01

Tab. 3-II - Microinquinanti organici (BTEX; µg/l) determinati nelle diverse stazioni e alle diverse quote nel corso dei survey condotti a maggio e luglio 2018.

Stazione	Maggio 2018					Luglio 2018				
	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene
CL1 sup	<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
CL1 40 m	<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
CL2 sup	<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
CL2 40 m	<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
CL3 sup	<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
CL3 40 m	<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
CL4 sup	<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
CL4 40 m	<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
CL5 sup	<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
CL5 40 m	<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
CL6 sup	<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
CL6 40 m	<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
CL7 sup	<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
CL7 40 m	<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
CL8 sup	<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
CL8 40 m	<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

3.1.5. GLICOLE ETILENICO

Il Glicole etilenico è sempre risultato non rilevabile (Tab. 3-III).

Tab. 3-III - Concentrazioni (mg/l) di Glicole etilenico registrate nelle diverse stazioni e alle diverse quote nel corso dei survey condotti a maggio e luglio 2018.

Stazione	Maggio 2018	Luglio 2018
CL1 sup	< 10	< 10
CL1 20 m	< 10	< 10
CL1 40 m	< 10	< 10
CL1 fondo	< 10	< 10
CL2 sup	< 10	< 10
CL2 20 m	< 10	< 10
CL2 40 m	< 10	< 10
CL2 fondo	< 10	< 10
CL3 sup	< 10	< 10
CL3 20 m	< 10	< 10
CL3 40 m	< 10	< 10
CL3 fondo	< 10	< 10
CL4 sup	< 10	< 10
CL4 20 m	< 10	< 10
CL4 40 m	< 10	< 10
CL4 fondo	< 10	< 10
CL5 sup	< 10	< 10
CL5 20 m	< 10	< 10
CL5 40 m	< 10	< 10
CL5 fondo	< 10	< 10
CL6 sup	< 10	< 10
CL6 20 m	< 10	< 10
CL6 40 m	< 10	< 10
CL6 fondo	< 10	< 10
CL7 sup	< 10	< 10
CL7 20 m	< 10	< 10
CL7 40 m	< 10	< 10
CL7 fondo	< 10	< 10
CL8 sup	< 10	< 10
CL8 20 m	< 10	< 10
CL8 40 m	< 10	< 10
CL8 fondo	< 10	< 10

3.1.6. METALLI PESANTI

Le concentrazioni dei metalli determinati nella colonna d'acqua nelle campagne oggetto di questa relazione sono riportate in Tab. 3-IV.

A **maggio 2018** **cadmio, cromo, mercurio, ferro, indio, rame e piombo** (fatta eccezione per pochissimi campioni) sono risultati inferiori al limite di rilevabilità. **Alluminio e zinco** sono gli elementi caratterizzati dalla maggiore variabilità (coefficiente di variazione CV medio pari a circa il 78%), risultando anche non rilevabili in diversi campioni raccolti sia nei siti prossimi alla piattaforma che in quelli di controllo. I massimi di questi due metalli sono risultati rispettivamente pari a 5,41 $\mu\text{g l}^{-1}$ (CL7, 20 m) e 13,3 $\mu\text{g l}^{-1}$ (CL8, 20 m). Tutti

gli altri elementi sono stati rilevati ovunque. In particolare, il **nichel** è risultato piuttosto variabile (CV=35%), ma le sue concentrazioni sono state sempre molto basse, superando $1,00 \mu\text{g l}^{-1}$ solo in un caso (fondo della CL7). Anche per questo metallo non è stato evidenziato alcun trend spaziale. **Arsenico, bario e vanadio** sono stati gli elementi meno variabili sia nella distribuzione orizzontale che in quella verticale, con un coefficiente di variazione (CV) medio pari a circa l'8%. La massima concentrazione di arsenico è stata registrata alla quota 40 m della stazione CL6 ($2,17 \mu\text{g l}^{-1}$), quella del vanadio al fondo della stessa stazione ($1,71 \mu\text{g l}^{-1}$) e quella del bario in superficie della CL5 ($10,2 \mu\text{g l}^{-1}$). Quest'ultimo elemento inoltre ha mostrato un andamento con la profondità, con i valori massimi di concentrazione alle quote superficiali, il minimo intorno alla quota 20 m, per poi aumentare nuovamente alle quote di fondo. Il **silicio** , infine, ha evidenziato una variabilità intermedia tra quelle sopra menzionate, attestandosi intorno al 27%; è stato rilevato l'usuale trend con la profondità tipico di questo elemento, con i valori massimi sempre alle quote di fondo. Il massimo assoluto è risultato pari a $0,31 \text{ mg l}^{-1}$ (CL4, fondo). Nessuna differenza è invece stata riscontrata nel confronto tra stazioni vicine e lontane dalla piattaforma per alcuno degli elementi ricercati.

A **luglio** , come nella crociera precedente, **cadmio, cromo, mercurio, ferro, rame, indio e piombo** hanno mostrato concentrazioni sempre inferiori al limite di rilevabilità con qualche eccezione relativa al rame. In questa crociera, anche il **nichel** è risultato quasi sempre al di sotto del proprio limite di rilevabilità, mostrando perciò una netta diminuzione rispetto a maggio. Una sensibile riduzione è stata evidenziata anche per lo **zinco** , essendo risultato al di sotto il limite rilevabilità in circa il 45% dei campioni. Il valore massimo in questo survey è stato raggiunto alla quota 20 m della CL1 ($13,5 \mu\text{g l}^{-1}$). L' **alluminio** è invece lievemente aumentato essendo stato rilevato ovunque, con il massimo di $7,23 \mu\text{g l}^{-1}$ misurato alla quota 20 m della stazione CL5. Comportamento del tutto simile al survey precedente anche per quanto riguarda **arsenico, bario, vanadio e silicio** , per i quali si nota la medesima variabilità e valori medi molto simili. L'arsenico ha raggiunto il massimo alla quota 40 m della stazione CL3 ($2,09 \mu\text{g l}^{-1}$), il vanadio alla quota 40 m della CL6 ($1,34 \mu\text{g l}^{-1}$) e il bario al fondo della CL8 ($9,53 \mu\text{g l}^{-1}$). Anche in questo survey il bario ha presentato un trend con la profondità, ma in questo caso i valori massimi sono stati registrati alle quote di fondo e i minimi in superficie. Il silicio, infine, ha mostrato il consueto trend con i valori massimi alle quote di fondo, e ha raggiunto il massimo assoluto al fondo della stazione CL5 ($0,28 \text{ mg l}^{-1}$). Anche a luglio non sono state rilevate differenze nel confronto tra stazioni interne ed esterne per alcuno degli elementi analizzati.

Tab. 3-IV – Metalli pesanti (µg/l; Si in mg/l) determinati a maggio e a luglio 2018.

Maggio 2018														
Stazione	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
CL1 sup	1,59	1,83	9,34	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,69	0,14	< 0,1	1,32	4,27	< 0,1	0,14
CL1 20 m	3,18	1,75	7,78	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,45	< 0,1	< 0,1	1,35	2,20	< 0,1	0,12
CL1 40 m	0,21	1,81	8,72	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,54	< 0,1	< 0,1	1,39	< 0,1	< 0,1	0,14
CL1 fondo	0,26	1,77	8,90	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,25	< 0,1	< 0,1	1,41	4,39	< 0,1	0,22
CL2 sup	1,04	1,85	9,56	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,53	0,31	< 0,1	1,43	9,07	< 0,1	0,15
CL2 20 m	< 0,1	1,70	8,66	0,14	< 0,1	< 5	< 0,1	0,27	< 0,1	< 0,1	1,32	< 0,1	< 0,1	0,18
CL2 40 m	< 0,1	1,87	7,97	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,40	< 0,1	< 0,1	1,58	2,12	< 0,1	0,21
CL2 fondo	3,75	2,11	8,89	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,82	0,11	< 0,1	1,59	3,25	< 0,1	0,28
CL3 sup	4,32	2,05	9,75	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,65	0,57	0,52	1,32	5,44	< 0,1	0,19
CL3 20 m	< 0,1	1,81	8,15	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,40	< 0,1	< 0,1	1,61	< 0,1	< 0,1	0,13
CL3 40 m	4,63	1,81	8,20	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,68	< 0,1	< 0,1	1,47	1,86	< 0,1	0,15
CL3 fondo	< 0,1	1,92	8,80	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,35	< 0,1	< 0,1	1,47	2,20	< 0,1	0,20
CL4 sup	1,08	1,91	9,41	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,62	0,44	< 0,1	1,42	1,95	< 0,1	0,12
CL4 20 m	1,33	2,03	8,14	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,57	< 0,1	< 0,1	1,50	6,09	< 0,1	0,14
CL4 40 m	2,22	2,09	8,22	0,13	< 0,1	< 5	< 0,1	0,34	< 0,1	< 0,1	1,60	5,07	< 0,1	0,25
CL4 fondo	1,12	1,75	8,78	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,65	< 0,1	< 0,1	1,49	< 0,1	< 0,1	0,31
CL5 sup	0,74	1,79	10,16	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,44	< 0,1	< 0,1	1,47	1,81	< 0,1	0,17
CL5 20 m	3,71	1,71	8,12	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,37	< 0,1	< 0,1	1,42	5,75	< 0,1	0,14
CL5 40 m	0,46	1,53	8,40	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,30	< 0,1	< 0,1	1,49	2,85	< 0,1	0,17
CL5 fondo	3,15	1,75	8,90	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,52	< 0,1	< 0,1	1,53	4,47	< 0,1	0,26
CL6 sup	0,62	1,89	9,61	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,50	< 0,1	< 0,1	1,48	0,59	< 0,1	0,15
CL6 20 m	0,42	1,60	8,88	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,73	< 0,1	< 0,1	1,32	1,95	< 0,1	0,17
CL6 40 m	0,54	2,17	8,29	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,46	< 0,1	< 0,1	1,67	< 0,1	< 0,1	0,23
CL6 fondo	0,78	1,56	9,76	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,52	< 0,1	< 0,1	1,71	0,62	< 0,1	0,21
CL7 sup	2,01	1,91	8,54	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,53	< 0,1	< 0,1	1,34	8,52	< 0,1	0,19
CL7 20 m	5,41	1,66	8,24	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,39	< 0,1	< 0,1	1,45	1,66	< 0,1	0,22
CL7 40 m	< 0,1	1,96	8,09	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,44	< 0,1	< 0,1	1,51	< 0,1	< 0,1	0,24
CL7 fondo	2,65	1,60	8,27	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	1,05	< 0,1	< 0,1	1,54	< 0,1	< 0,1	0,27
CL8 sup	0,86	1,91	9,73	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,44	0,54	< 0,1	1,22	4,07	< 0,1	0,13
CL8 20 m	4,59	1,69	8,29	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,39	< 0,1	< 0,1	1,30	13,31	< 0,1	0,16
CL8 40 m	< 0,1	1,95	7,79	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,38	< 0,1	< 0,1	1,36	0,58	< 0,1	0,21
CL8 fondo	3,29	1,70	8,99	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,84	< 0,1	< 0,1	1,44	1,74	< 0,1	0,25

Tab. 3-IV – Continuo.

Luglio 2018														
Stazione	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
CL1 sup	3,81	1,76	7,69	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,14	< 0,1	0,20	1,14	3,88	< 0,1	0,12
CL1 20 m	3,10	1,86	8,00	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,22	13,46	< 0,1	0,13
CL1 40 m	4,07	1,90	8,15	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,26	< 0,1	< 0,1	0,15
CL1 fondo	4,07	1,97	8,93	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,17	< 0,1	< 0,1	0,21
CL2 sup	3,79	1,60	7,59	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,21	1,13	2,07	< 0,1	0,10
CL2 20 m	3,41	1,64	7,64	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,14	< 0,1	< 0,1	0,11
CL2 40 m	3,98	1,97	8,11	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,28	< 0,1	< 0,1	0,18
CL2 fondo	3,52	1,84	8,83	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,22	< 0,1	< 0,1	0,25
CL3 sup	4,36	1,86	7,61	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,14	2,47	< 0,1	0,15
CL3 20 m	5,56	2,04	8,00	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,30	1,23	13,00	< 0,1	0,17
CL3 40 m	3,83	2,09	8,11	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,26	< 0,1	< 0,1	0,20
CL3 fondo	2,87	1,79	8,67	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,26	< 0,1	< 0,1	0,27
CL4 sup	5,44	1,83	7,77	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,17	2,49	< 0,1	0,13
CL4 20 m	3,57	1,98	8,28	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,20	2,67	< 0,1	0,14
CL4 40 m	7,21	1,60	8,43	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,24	2,16	< 0,1	0,16
CL4 fondo	3,77	1,88	7,60	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,15	11,75	< 0,1	0,13
CL5 sup	5,05	1,83	7,64	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,14	< 0,1	< 0,1	1,20	4,26	< 0,1	0,03
CL5 20 m	7,23	1,89	8,47	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,27	1,47	< 0,1	0,18
CL5 40 m	2,54	1,72	8,16	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,30	< 0,1	< 0,1	0,18
CL5 fondo	1,07	2,02	8,99	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,32	< 0,1	< 0,1	0,28
CL6 sup	3,70	1,96	7,44	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,15	1,58	< 0,1	0,13
CL6 20 m	1,52	1,77	8,04	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,22	< 0,1	< 0,1	0,18
CL6 40 m	3,76	1,95	8,25	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,34	12,59	< 0,1	0,15
CL6 fondo	1,92	1,90	9,25	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,29	< 0,1	< 0,1	0,20
CL7 sup	2,26	1,92	7,88	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,23	3,22	< 0,1	0,15
CL7 20 m	7,14	1,64	8,07	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,14	< 0,1	< 0,1	0,14
CL7 40 m	2,95	1,74	8,23	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,20	< 0,1	< 0,1	0,13
CL7 fondo	3,34	2,03	8,66	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,33	< 0,1	< 0,1	0,21
CL8 sup	3,44	1,65	7,95	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,22	1,86	< 0,1	0,12
CL8 20 m	4,29	1,76	8,39	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,78	< 0,1	0,22	1,30	2,03	< 0,1	0,15
CL8 40 m	5,69	1,76	9,31	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	0,13	< 0,1	< 0,1	1,30	2,56	< 0,1	0,17
CL8 fondo	4,28	1,91	9,53	< 0,1	< 0,1	< 5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,30	5,60	< 0,1	0,23

3.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Il grafico della pressione denota il buon equilibrio dell'ormeggio durante l'intero periodo di osservazione (fig. 3.15). Infatti non sono avvenuti abbattimenti significativi del correntometro tali da poter creare problemi alle misure. La variazione di pressione successa nel mese di maggio è dovuta al recupero e successiva messa in mare del mooring su un fondale con profondità di circa 1m inferiore rispetto alla posizione precedente.

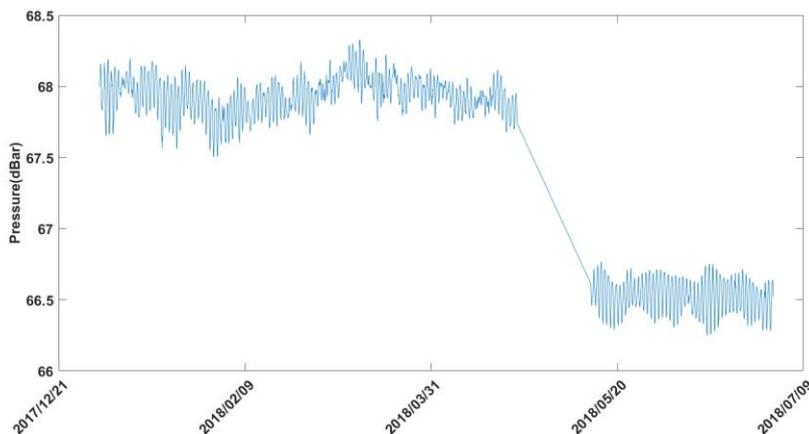


Fig. 3.15 - Pressione misurata nel periodo gennaio - giugno 2018 dal correntometro posizionato presso Clara NW.

Per quanto concerne le misure correntometriche (figg. 3.16 - 3.18), le oscillazioni della corrente sono apparse cicliche e uniformi lungo la colonna d'acqua. In particolare, durante il mese di gennaio la corrente è scorsa verso Sud-Est con rotazione verso Nord, presentando picchi di velocità fino a 0,3 m/s negli strati superficiali (dalla superficie fino a circa -14 m). Sul fondo la velocità è stata inferiore. A febbraio la direzione è stata verso Nord con rotazioni verso Nord-Ovest, anche in questo caso con velocità fino a 0,3 m/s verso la superficie. A marzo la corrente ha avuto direzione variabile, ruotando da Nord a Sud-Ovest, e picchi di velocità oltre i 0,3 m/s sempre negli strati superficiali. Tra i mesi di aprile e maggio la direzione è stata Sud-Ovest con rotazioni verso Nord e velocità fino a 0,2 m/s. A giugno, invece, la direzione prevalente è stata meridionale, oscillando tra Sud-Ovest e Nord-Est con velocità inferiori ai periodi precedenti, intorno a 0,1 – 0,2 m/s.

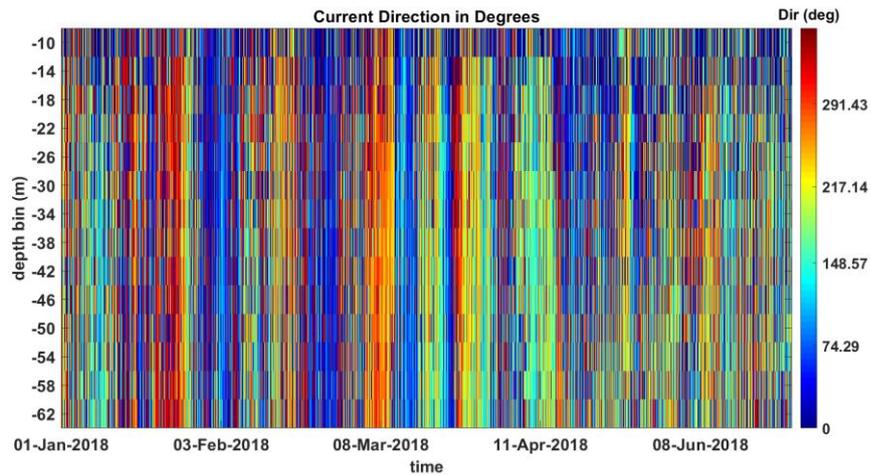


Fig. 3.16 - Contour plot della direzione della corrente lungo la colonna d'acqua ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo gennaio - giugno 2018.

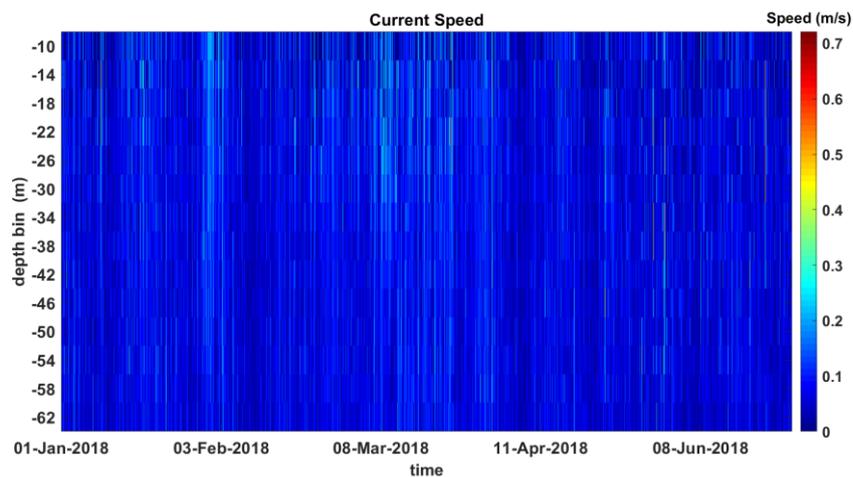


Fig. 3.17 - Contour plot della velocità della corrente lungo la colonna d'acqua ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo gennaio - giugno 2018.

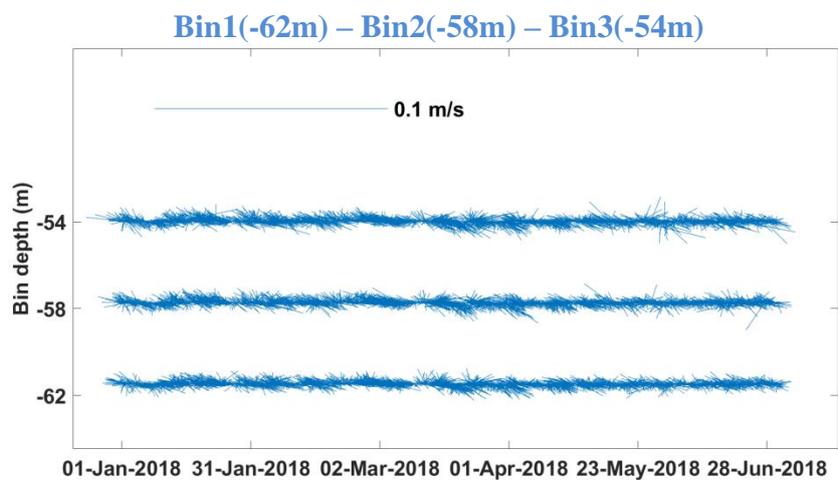


Fig. 3.18 - Stickplot delle correnti (medie giornaliere) lungo la colonna d'acqua (dal fondo verso la superficie) ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo gennaio - giugno 2018.

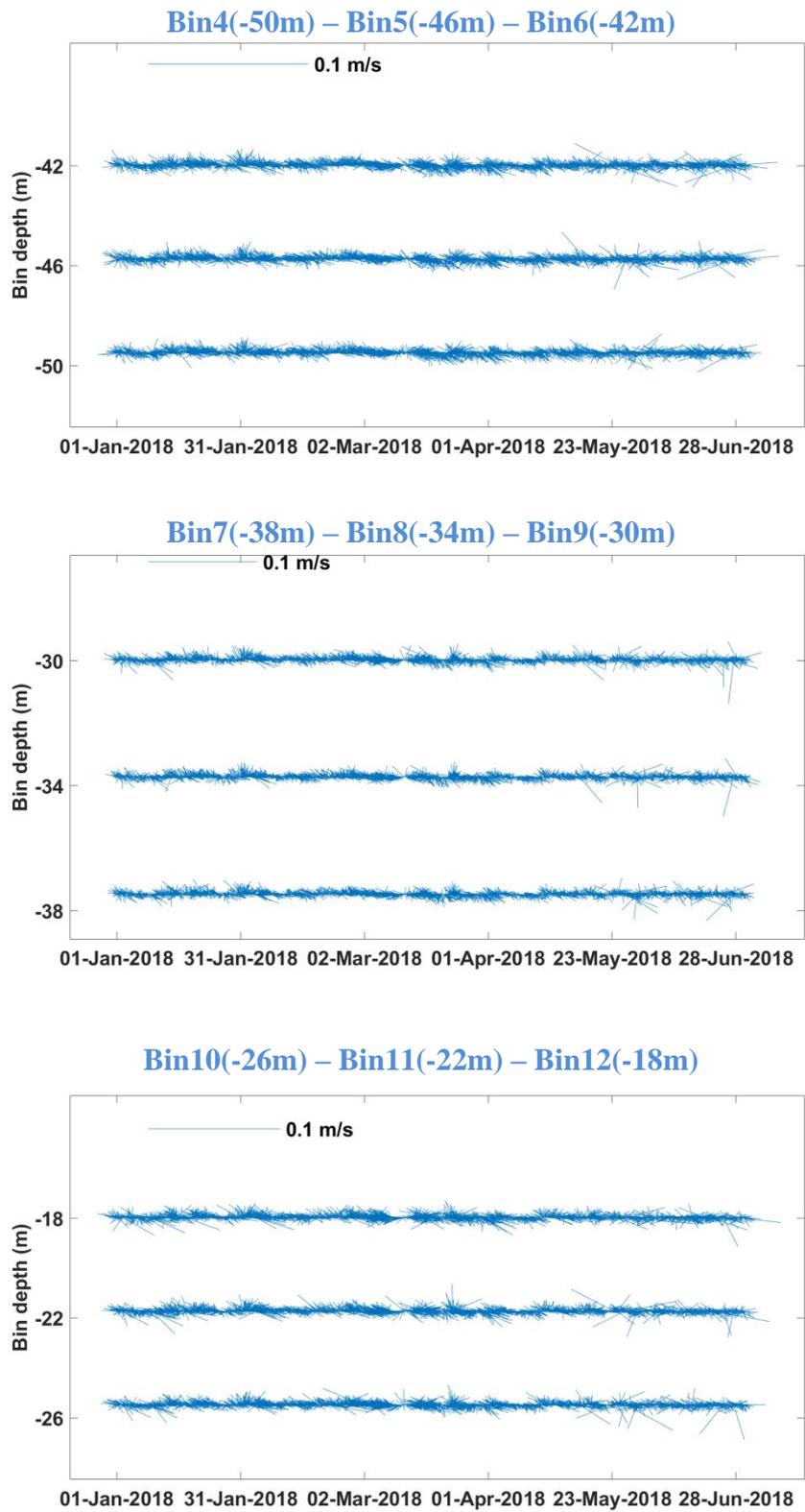


Fig. 3.18 - Continuo.

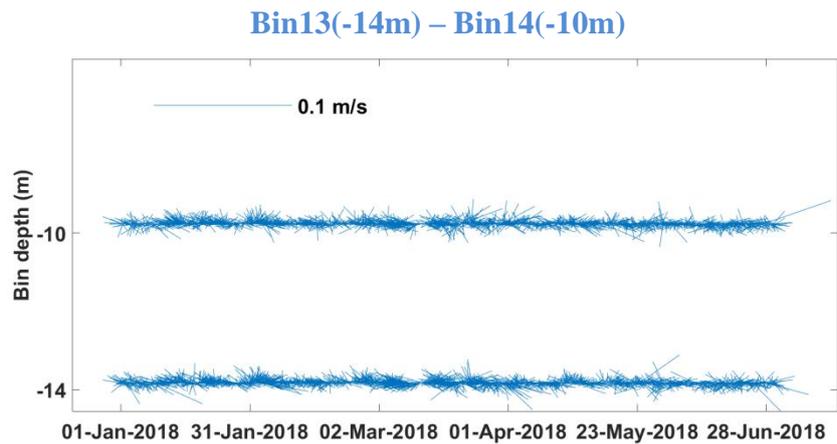


Fig. 3.18 - Continuo.

L'andamento della temperatura rilevata in prossimità del fondo nel 1° semestre 2018 ha subito un decremento da circa 14°C misurati a gennaio fino a circa 10°C osservati a fine marzo (fig. 3.19). Successivamente i valori hanno presentato una lieve crescita fino a circa 12°C raggiunti nel mese di giugno. La variazione di temperatura che si nota nel mese di maggio è dovuta al recupero e successiva messa in mare del mooring.

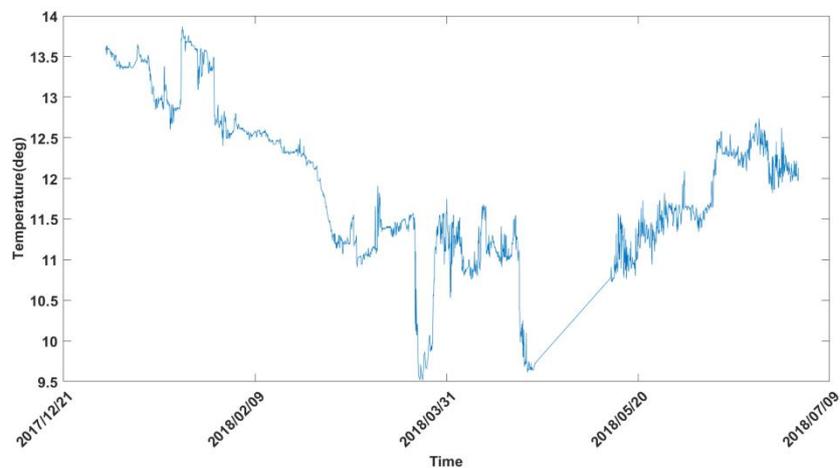


Fig. 3.19 - Andamento della temperatura registrata in prossimità del fondale dall'ADCP nel periodo gennaio - giugno 2018.

3.3. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

3.3.1. GRANULOMETRIA

Al tatto i campioni di sedimento prelevati nell'inverno 2018 non risultavano omogenei tra loro, sebbene la frazione pelitica appariva ovunque dominante. In nessuno di essi è stata rilevata presenza significativa di biodetrito conchifero e nessuno è risultato maleodorante; lievi strie nerastre anossiche sono state osservate in A5 e CL SE (fig. 3.20).

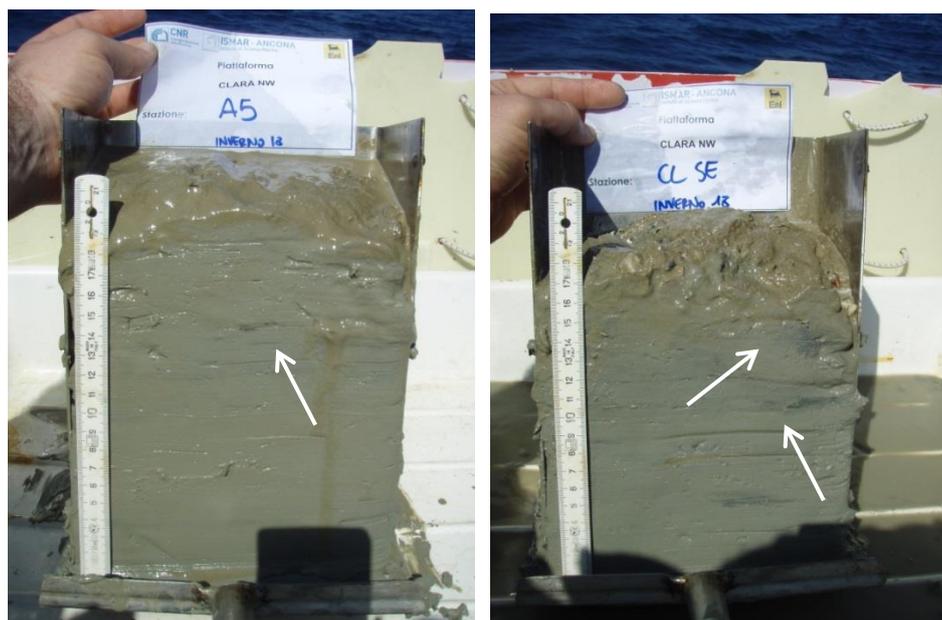


Fig. 3.20 - Campioni di sedimento prelevati dai siti A5 e CL SE nell'inverno 2018. Le frecce indicano alcune strie nerastre osservate nei campioni.

L'analisi granulometrica (fig. 3.21, Tab. 3-V) ha confermato la presenza di ampie differenze tra i campioni, seppur il silt abbia dominato in tutti i campioni eccetto CL SE e CL SW. Anche questa frazione però ha presentato differenze da stazione a stazione essendo variata lungo i transetti dal 39,5% (CL SW) al 73,8% (B1), mostrando un graduale decremento da A1 (64,5%) a CL SE (40,1 %) seguito da un progressivo incremento fino a A7 e da una leggera flessione in A8. Una riduzione di silt è stata registrata anche da B1 a CL SW (con la sola eccezione di CL NE), seguita da un modesto, graduale incremento sino a B8.

A seguito di queste variazioni, i sedimenti sono stati classificati silt argillosi, silt sabbiosi, loam, sino a sabbia argillosa rilevata presso la piattaforma nei siti CL SE e CL SW (All. B). Anche le due stazioni a Nord (CL NW e CL NE) sono apparse simili tra loro, essendo il sedimento costituito per circa la metà da silt affiancato da percentuali simili di sabbia e argilla, tanto che è stato classificato come loam.

Nei controlli il silt ha rappresentato oltre il 70% dei campioni, seguito dall'argilla variabile tra il 18,5 e il 25,5% e da una piccola frazione di sabbia.

Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2018d), i maggiori cambiamenti sono avvenuti in CL SE e CL SW, presentando un incremento di sabbia di oltre il 25%. Minore, ma comunque rilevante, è anche l'aumento di sabbia osservato in B3. Nelle altre stazioni dei transetti l'incremento di questa frazione granulometrica è risultato molto più modesto. Ai controlli, invece, la sabbia ha mostrato un diffuso decremento insieme alla frazione argillosa, tanto che il silt è aumentato ovunque di oltre il 20% con un picco massimo di incremento del 27,2% in K1.

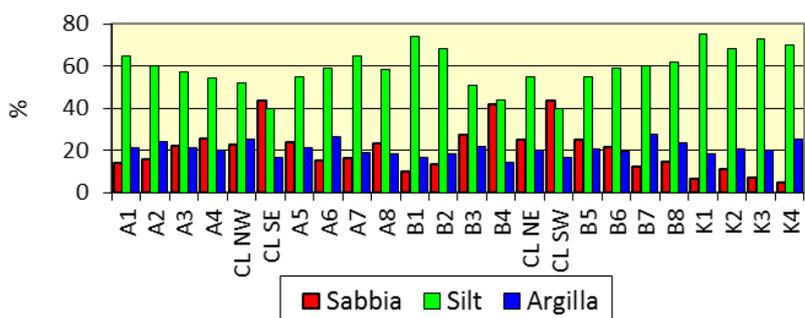


Fig. 3.21 - Ripartizione delle classi granulometriche, espresse in percentuale, nei sedimenti analizzati nell'inverno 2018.

Tab. 3-V - Composizione percentuale delle principali classi granulometriche dei sedimenti analizzati nell'inverno 2018. Le stazioni corrispondenti alla piattaforma sono evidenziate in rosso.

	Sabbia	Pelite		Classificazione di Shepard
		Silt	Argilla	
A1	14,09	64,51	21,40	silt argilloso
A2	15,86	60,29	23,85	silt argilloso
A3	21,80	56,93	21,27	loam
A4	25,58	54,27	20,15	loam
CL NW	22,58	51,92	25,50	loam
CL SE	43,59	40,05	16,36	sabbia siltosa
A5	23,70	55,13	21,17	loam
A6	14,92	58,90	26,19	silt argilloso
A7	16,46	64,65	18,89	silt argilloso
A8	23,15	58,63	18,23	silt argilloso
B1	9,61	73,84	16,56	silt argilloso
B2	13,29	68,13	18,58	silt argilloso
B3	27,08	51,07	21,85	loam
B4	41,60	43,91	14,49	silt sabbioso
CL NE	25,06	54,81	20,12	loam
CL SW	43,82	39,52	16,66	sabbia siltosa
B5	24,86	54,79	20,35	loam
B6	21,36	59,04	19,59	silt sabbioso
B7	12,00	60,29	27,71	silt argilloso
B8	14,74	61,85	23,41	silt argilloso
K1	6,43	75,04	18,53	silt
K2	10,82	68,44	20,74	silt argilloso
K3	6,93	73,12	19,95	silt argilloso
K4	4,65	69,82	25,53	silt argilloso

3.3.2. IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

Nell'inverno 2018 tranne il Dibenzo(a,h)antracene, tutti gli altri composti sono stati rilevati ovunque ma sempre con concentrazioni molto basse, come si evince anche dagli IPA totali che sono oscillati tra 21,7 µg/kg (CL NW) e 109,4 µg/kg (A5; Tab. 3-VI e fig. 3.22), risultando pertanto molto inferiori all'LCB indicato nel Manuale ICRAM-APAT (2007). Il picco in A5 non desta preoccupazioni trattandosi di un valore comunque modesto e simile a quello del controllo K1.

Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2018d) le concentrazioni rilevate nell'ultimo campionamento sono tutte inferiori eccetto nel controllo K1, indicando che la presenza di Clara NW non influenza la distribuzione di questi contaminanti.

Tab. 3-VI - Concentrazioni degli Idrocarburi Policiclici Aromatici ($\mu\text{g}/\text{kg}$ s.s.) nei sedimenti prelevati nell'inverno 2018. Le stazioni poste in corrispondenza della piattaforma sono evidenziate in rosso. Ove disponibili sono anche riportati gli LCB indicati da ICRAM-APAT (2007). $lq = 0,2 \mu\text{g}/\text{kg}$.

LCB/PP	5° Post Lavori																								
	A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4	
Acenafene	7	0,93	0,64	0,16	0,99	1,00	0,48	0,53	0,74	0,29	0,98	1,62	1,14	0,04	0,91	0,40	1,65	1,05	2,08	1,84	2,15	2,07	0,72	2,00	0,77
Acenafilene		0,21	0,18	0,14	0,25	0,19	0,12	0,14	0,15	0,08	0,16	0,13	0,33	0,09	0,11	0,15	0,14	0,20	0,25	0,16	0,26	0,24	0,18	0,28	0,22
Antracene	47	0,22	0,23	0,08	0,39	0,25	0,38	0,38	0,24	0,07	0,21	0,26	0,25	0,12	0,18	0,10	0,32	0,23	0,27	0,28	0,25	0,97	0,23	0,27	0,34
Benzo (a) antracene	75	1,22	1,27	1,25	1,24	1,14	1,01	1,53	0,87	1,15	1,07	1,12	1,17	0,96	0,41	1,08	1,19	1,08	1,11	1,06	1,20	4,39	1,04	1,29	1,30
Benzo (a) pirene	80	0,88	1,18	1,19	1,13	1,11	0,73	1,14	0,96	0,93	0,96	0,99	0,97	0,91	0,42	0,81	1,07	0,91	1,06	0,96	1,01	3,66	1,04	1,07	1,20
Benzo (b) fluorantene	40	5,44	5,91	6,52	7,12	6,75	4,89	5,62	6,43	6,01	5,86	6,24	5,87	6,58	2,37	4,59	6,25	5,59	6,12	5,63	5,74	8,56	5,87	6,15	12,64
Benzo (g, h,i) perilene	55	5,48	6,28	6,88	6,91	7,74	4,31	6,05	6,61	6,01	5,81	5,91	6,10	5,82	2,46	4,72	6,60	5,76	6,24	5,73	6,30	8,56	6,20	6,61	5,88
Benzo (k) fluorantene	20	3,59	3,76	4,11	6,38	4,46	4,38	3,87	4,17	3,38	5,26	3,33	3,32	2,83	0,75	2,82	3,72	3,34	3,41	3,30	3,55	6,38	3,62	1,31	11,33
Crisene	108	2,66	2,81	2,83	2,92	2,88	2,23	3,12	2,67	2,72	2,40	2,47	2,63	2,55	1,12	2,23	2,88	2,36	2,48	2,42	2,62	6,55	2,63	2,91	3,03
Dibenzo (a, h) antracene	6	<lq	<lq	<lq	<lq	5,18	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	3,63	1,98	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	<lq	6,00	<lq	<lq	<lq
Fenanthrene	87	1,30	1,33	0,20	2,43	1,59	0,40	67,68	1,82	0,20	1,20	1,51	1,54	0,58	1,06	1,27	1,55	1,44	1,52	1,43	1,60	5,13	1,43	1,51	1,90
Fluorantene	113	1,69	1,76	1,48	1,74	1,73	1,56	2,68	1,21	1,19	1,52	1,57	1,60	1,27	0,71	1,28	1,84	1,53	1,41	1,58	1,62	8,12	1,60	1,75	2,11
Fluorene	21	7,49	5,37	1,83	2,37	1,35	2,59	1,75	3,93	2,57	4,80	5,74	7,45	0,77	3,77	1,62	3,09	6,08	7,36	5,79	8,42	6,42	2,78	7,04	1,65
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	70	9,85	11,70	12,98	13,29	14,11	7,97	11,34	12,87	12,09	11,16	11,90	11,72	11,41	4,68	9,33	12,50	11,31	12,20	11,52	12,22	15,75	12,22	12,80	10,34
Naftalene	35	1,35	0,06	0,11	0,42	0,61	0,22	0,09	0,11	0,14	0,05	0,10	2,17	n.a.	0,10	0,11	0,08	1,25	0,31	1,01	1,38	1,16	0,11	1,28	0,15
Pirene	153	1,64	1,69	1,46	1,82	1,83	2,54	3,51	1,58	1,12	1,36	1,43	1,43	1,30	0,64	1,64	1,70	1,36	1,40	1,41	1,53	6,46	1,41	1,61	2,02
TOTALE	900	43,93	44,16	41,22	49,39	51,92	33,80	109,44	44,35	37,93	42,80	44,34	47,71	38,86	21,66	32,16	44,58	43,50	47,25	44,12	49,86	90,43	41,07	47,89	54,87

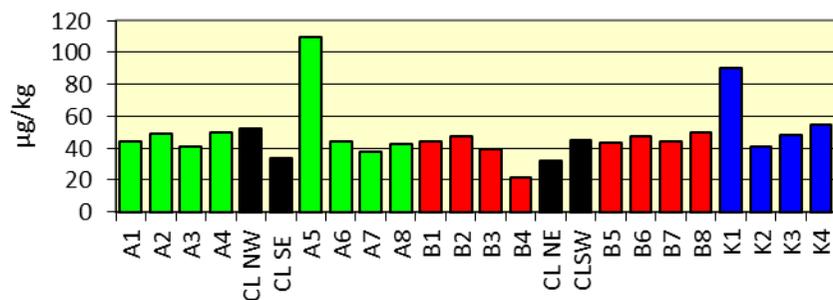


Fig. 3.22 - Concentrazioni ($\mu\text{g}/\text{kg}$ s.s.) di IPA nei sedimenti prelevati nell'inverno 2018. Le stazioni poste in corrispondenza della piattaforma sono evidenziate in nero.

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 anche nell'inverno 2018, analogamente a quanto emerso nei survey precedenti (Fabi *et al.*, 2018d).

Per quanto riguarda gli idrocarburi pesanti ($C > 12$; Tab. 3-VII; fig. 3.23), le analisi testimoniano la presenza di basse concentrazioni sia lungo i transetti, sia nei controlli.

Solo in corrispondenza di CL SE e CL SW questi contaminanti hanno raggiunto una concentrazione, rispettivamente, quintupla e tripla rispetto alla media dei controlli ($14,1 \pm 2,99$ mg/kg).

Rispetto al pre-survey il contenuto degli idrocarburi $C > 12$ è diminuito ovunque in modo molto consistente, eccetto in CL SE in cui prima dell'installazione questi composti non erano stati rilevati e CL SW in cui avevano raggiunto una concentrazione di 14,7 mg/kg. Rispetto invece all'estate 2017, tranne alcuni siti è avvenuto un incremento generalizzato che ha coinvolto anche i controlli.

Tab. 3-VII – Idrocarburi pesanti $C > 12$ (mg/kg) rilevati nei sedimenti prelevati nell'inverno 2018. In rosso i siti corrispondenti alla piattaforma.

A1	< 5
A2	7,5
A3	8,2
A4	13,9
CL NW	11,1
CL SE	77,9
A5	31,7
A6	9,9
A7	6,4
A8	10,9
B1	12,1
B2	12,4
B3	16,7
B4	12,6
CL NE	16,2
CL SW	49,4
B5	7,3
B6	10,3
B7	13,1
B8	8,8
K1	11,3
K2	18,3
K3	13,2
K4	13,6

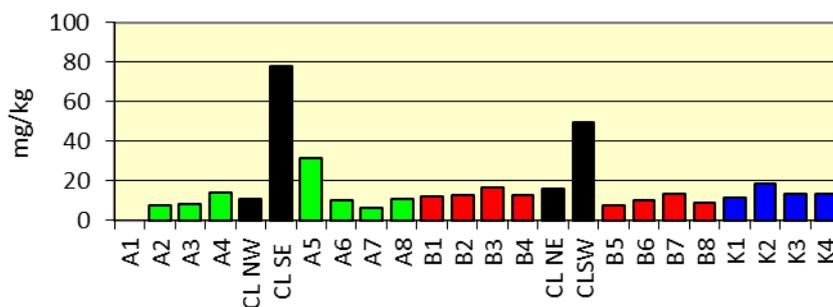


Fig. 3.23 - Concentrazioni (mg/kg s.s.) di idrocarburi totali pesanti (C>12) nei sedimenti prelevati nell'inverno 2018. Le stazioni poste in corrispondenza della piattaforma sono evidenziate in nero.

3.3.4. METALLI PESANTI

I contenuti dei metalli pesanti rilevati nell'intero periodo di indagine sono riportati in Tab. 3-VIII e in fig. 3.24. Nella discussione che segue vengono riportati riferimenti ai Livelli Chimici di Riferimento Nazionali (di seguito LCRN) indicati nel DM 173/2016 (tabella 2.5). I valori in colonna L1 sono i medesimi degli Standard di Qualità (SQA) riportati nei precedenti DM 56/2009, DM 260/2010 e DM 172/2015 per cadmio (0,3 mg/kg), mercurio (0,3 mg/kg), piombo (30 mg/kg), nichel (30 mg/kg), arsenico (12 mg/kg) e cromo totale (50 mg/kg). In tale tabella (tabella 2.5) sono inoltre indicati rame (40 mg/kg) e zinco (100 mg/kg).

Alluminio – Le percentuali di alluminio determinate nel 5° survey post lavori di installazione sono risultate basse e mediamente paragonabili tra transetti, siti prossimi a Clara NW e controlli (A: $2,31 \pm 0,38\%$; B: $2,47 \pm 0,41\%$; CL: $2,05 \pm 0,23\%$; K: $2,42 \pm 0,21\%$). Non ci sono anomalie da segnalare. Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2018d) le concentrazioni sono apparse paragonabili o inferiori.

Arsenico – Le concentrazioni di arsenico relative ai transetti e ai siti prossimi a Clara NW sono risultate inferiori o paragonabili ai riferimenti. Eccetto nelle stazioni CL e in poche altre lungo i transetti, i tenori sono apparsi maggiori del LCRN (12 mg/kg), in analogia a quanto osservato nei controlli e nella maggior parte dei monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2018d). Rispetto al pre-survey le concentrazioni sono rimaste simili o sono leggermente aumentate, anche nei riferimenti.

Bario – Nell'inverno 2018 le concentrazioni di bario nei siti A2, A4, A6, CL NW, CL SE e CL SW sono risultate maggiori rispetto al controllo K3 che è risultato il più contaminato tra i riferimenti con 103,85 mg/kg. Tuttavia, solo i tenori raggiunti presso la piattaforma sono degni di attenzione (con l'unica eccezione di CL NE apparso in linea con i controlli), rappresentando i massimi assoluti dell'intero periodo di indagine e risultando pari a 4,7

volte (CL NW), 35,5 volte (CL SE) e a 28,1 volte (CL SW) la media dei controlli ($67,50 \pm 24,72$ mg/kg). Occorrerà pertanto seguire con molta attenzione gli andamenti del metallo nei monitoraggi futuri per verificare se si sia trattato di un caso isolato o del principio di una contaminazione da bario.

Cadmio – Le concentrazioni di cadmio sono risultate diffusamente basse e molto omogenee tra loro, come in tutto il periodo di indagine (Fabi *et al.*, 2018d). Tutti i tenori sono inoltre apparsi ampiamente inferiori al LCRN come già in precedenza.

Cromo – Tutte le concentrazioni rilevate nell'inverno 2018 nei siti A, B e CL sono risultate inferiori o in linea con i riferimenti, come anche indicato dalle medie (A: $68,15 \pm 6,17$; B: $68,99 \pm 8,00$; CL: $59,91 \pm 6,40$; K: $72,46 \pm 5,33$ mg/kg). Il superamento dell'LCRN osservato ovunque (inclusi i controlli) non è imputabile alla piattaforma essendo stato osservato con pochissime eccezioni sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2018d) sia lungo i transetti che nei riferimenti. E' pertanto possibile affermare che la piattaforma non ha alcun ruolo nella distribuzione del metallo.

Rame – Tutte le concentrazioni rilevate nell'inverno 2018 lungo i transetti e a ridosso della struttura sono apparse inferiori o in linea con i riferimenti. Tutte sono inoltre risultate paragonabili o inferiori a quelle registrate nel pre-survey (Fabi *et al.*, 2018d) e notevolmente più basse dell'LCRN come in tutto il periodo di monitoraggio precedente.

Ferro – Il contenuto di ferro registrato nell'inverno 2018 nell'area circostante la piattaforma è risultato inferiore o in linea con quello dei riferimenti. Tutte le concentrazioni sono inoltre apparse inoltre paragonabili a quelle rilevate nel pre-survey (Fabi *et al.*, 2018d).

Indio – L'indio, risulta inferiore al limite di quantificazione ($0,02$ mg/kg) in tutte le stazioni, confermando i risultati ottenuti sin dall'inverno 2017 (Fabi *et al.*, 2018d).

Mercurio – Tutte le concentrazioni rilevate nell'inverno 2018 nei siti A, B e CL sono risultate inferiori o in linea con i riferimenti, come indicato dai tenori medi (A: $0,050 \pm 0,005$; B: $0,051 \pm 0,006$; CL: $0,052 \pm 0,007$; K: $0,048 \pm 0,004$ mg/kg). Tutte sono apparse inoltre paragonabili al pre-survey (Fabi *et al.*, 2018d) e notevolmente inferiori all'LCRN.

Nichel – Anche i tenori di nichel relativi ai transetti e ai siti della piattaforma sono risultati inferiori o in linea con i riferimenti e paragonabili al pre-survey (Fabi *et al.*, 2018d). Il superamento dell'LCRN ovunque inclusi i controlli non è imputabile alla piattaforma essendo stato osservato anche prima della sua installazione.

Tab. 3-VIII - Concentrazioni (mg/kg s.s.; Al e Fe espressi in %) dei metalli in tracce presenti nei sedimenti prelevati nell'inverno 2018. In rosso le stazioni corrispondenti a Clara NW.

	Alluminio	Arsenico	Bario	Cadmio	Cromo	Rame	Ferro	Indio	Mercurio	Nichel	Piombo	Silicio	Vanadio	Zinco
A1	2,92	12,67	78,66	0,066	75,62	14,89	2,46	< 0,02	0,051	54,97	17,29	133,69	62,42	75,42
A2	2,33	13,89	243,39	0,062	73,05	13,14	2,15	< 0,02	0,043	50,24	20,27	54,64	51,49	66,07
A3	1,90	13,73	91,37	0,056	61,71	14,42	2,23	< 0,02	0,045	51,81	18,22	60,15	44,82	69,04
A4	1,86	12,99	365,98	0,062	58,03	13,13	2,20	< 0,02	0,053	47,48	16,48	56,08	43,65	69,58
CL NW	2,31	10,29	315,97	0,070	68,15	14,14	2,27	< 0,02	0,060	52,17	18,37	79,13	52,61	69,38
CL SE	1,76	10,55	2399,42	0,087	53,06	10,77	1,89	< 0,02	0,047	40,93	17,72	100,21	42,47	63,25
A5	2,09	11,91	152,62	0,079	66,36	13,58	2,27	< 0,02	0,050	51,88	16,53	78,60	48,02	68,05
A6	2,70	7,61	53,71	0,072	73,67	12,83	2,26	< 0,02	0,045	54,20	13,72	87,55	58,46	62,31
A7	2,53	12,31	74,44	0,079	70,55	13,71	2,32	< 0,02	0,056	52,13	17,03	107,10	55,96	67,38
A8	2,16	14,83	68,61	0,061	66,20	13,50	2,24	< 0,02	0,057	53,16	27,19	59,16	49,20	66,79
B1	2,71	14,06	83,03	0,069	73,15	14,41	2,41	< 0,02	0,055	53,36	16,57	90,72	58,95	70,68
B2	2,92	12,79	85,01	0,069	77,82	13,63	2,35	< 0,02	0,054	54,19	14,22	92,62	61,75	69,00
B3	2,65	12,05	94,09	0,075	69,44	12,86	2,27	< 0,02	0,060	49,04	15,66	83,95	58,18	64,83
B4	1,90	9,93	53,94	0,067	54,85	8,47	1,84	< 0,02	0,044	40,36	9,58	85,00	42,05	49,25
CL NE	2,11	11,02	71,45	0,063	61,07	11,35	2,07	< 0,02	0,046	45,60	15,62	81,62	47,85	58,78
CL SW	2,03	10,70	1899,24	0,075	57,35	10,93	1,91	< 0,02	0,055	39,29	14,37	76,60	44,95	63,16
B5	2,83	12,96	83,25	0,058	72,66	14,49	2,40	< 0,02	0,053	50,38	11,85	63,89	61,08	68,17
B6	1,89	14,56	56,96	0,063	58,83	14,29	2,24	< 0,02	0,050	50,43	15,80	67,66	45,23	66,05
B7	2,64	14,13	72,66	0,076	74,77	14,42	2,42	< 0,02	0,046	53,61	17,22	86,57	59,11	68,91
B8	2,22	14,65	57,69	0,070	70,41	15,88	2,53	< 0,02	0,046	58,06	15,55	67,28	52,71	73,54
K1	2,27	13,89	48,49	0,067	68,18	15,96	2,54	< 0,02	0,047	56,71	19,53	67,31	52,83	74,48
K2	2,74	14,09	58,19	0,065	80,21	16,71	2,72	< 0,02	0,043	61,47	19,05	81,98	63,63	77,77
K3	2,34	13,75	103,85	0,082	70,10	14,97	2,43	< 0,02	0,050	54,69	17,87	66,27	54,59	70,02
K4	2,35	14,73	59,48	0,079	71,35	17,49	2,72	< 0,02	0,051	60,80	23,06	61,80	54,50	80,77

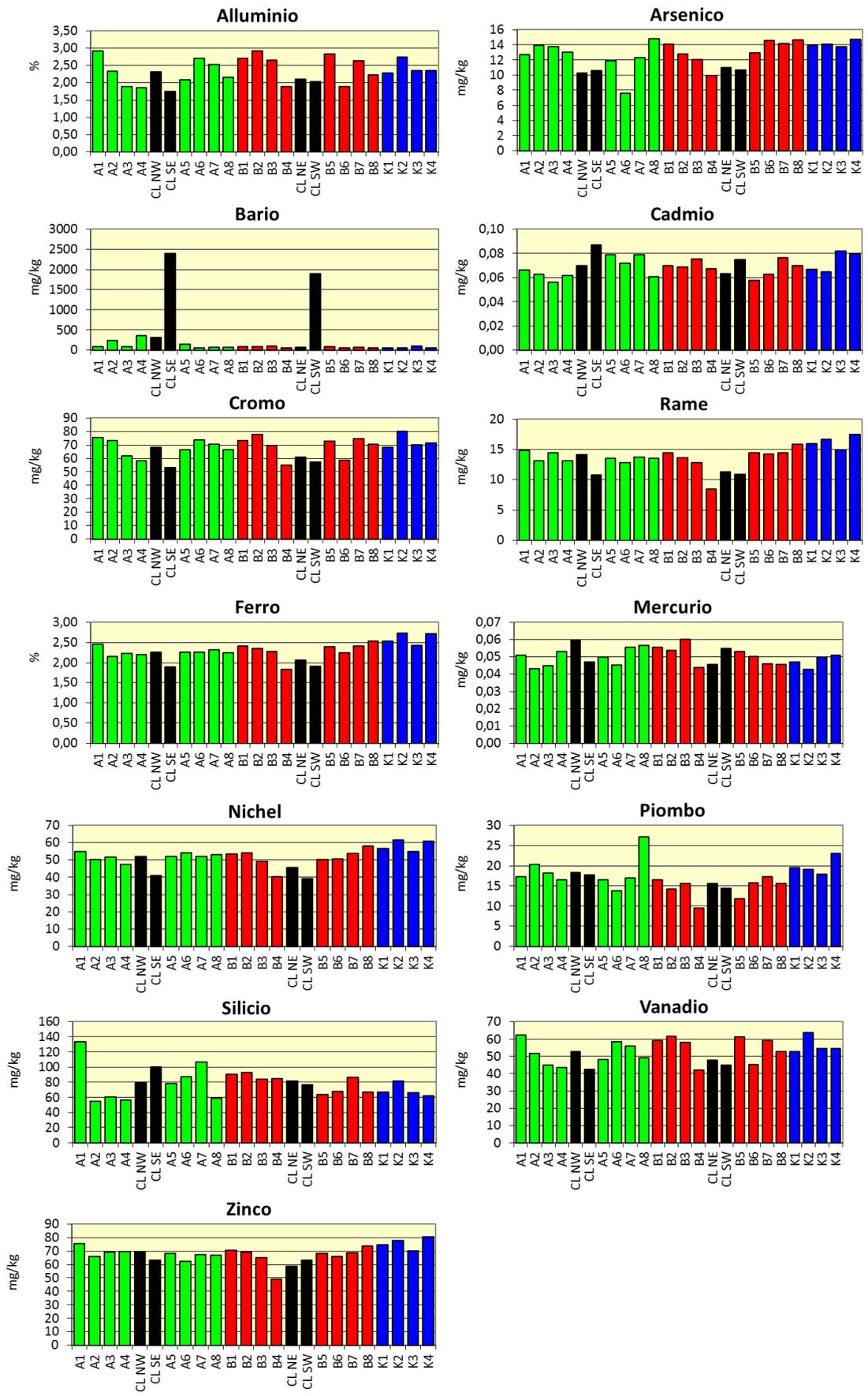


Fig. 3.24 - Concentrazioni (mg/kg; Al e Fe in %) dei metalli pesanti registrate nell'inverno 2018. In nero le stazioni corrispondenti alla piattaforma.

Piombo – Tutte le concentrazioni rilevate nell’inverno 2018 nei siti A, B e CL sono risultate inferiori o in linea con i riferimenti, tranne quella relativa ad A8 (27,2 mk/kg) corrispondente al massimo assoluto dell’intero periodo di indagine (Fabi *et al.*, 2018d), anch’essa comunque inferiore all’LCRN. Rispetto al pre-survey questo metallo è incrementato un po’ ovunque, anche nei controlli.

Silicio – Come emerso in precedenza (Fabi *et al.*, 2018d), il silicio è apparso caratterizzato da una discreta variabilità spaziale, oscillando 54,64 mg/kg (A2) e 133,7 mg/kg (A1) senza tuttavia indicare un trend riconducibile alla presenza di Clara NW.

Rispetto al pre-survey il silicio è aumentato un po’ ovunque.

Vanadio – Le concentrazioni rilevate nell’inverno 2018 nei vari gruppi di siti sono risultate in linea tra di esse, come indicato anche dai tenori medi (A: 51,75±6,66; B: 54,88±7,50; CL: 46,97±4,35; K: 56,39±4,90 mg/kg). Tutte sono inoltre apparse inferiori o paragonabili al pre-survey (Fabi *et al.*, 2018d).

Zinco – Infine, è stata riscontrata una notevole omogeneità tra le stazioni anche per quanto concerne lo zinco. Non si rilevano inoltre discrepanze con quanto osservato prima dell’installazione della piattaforma (Fabi *et al.*, 2018d). I tenori sono risultati tutti inferiori all’LCRN come già registrato nei survey precedenti.

3.3.5. SOSTANZA ORGANICA

Le concentrazioni di sostanza organica rilevate durante il 5° survey post lavori di installazione condotto nell’inverno 2018 (Tab. 3-IX e fig. 3.25) sono risultate mediamente confrontabili tra transetti, siti prossimi a Clara NW e riferimenti (A: 28662±3164,6; B: 32549±4321,6; CL: 25346,8±4149,6; K: 31060±3893,5 mg/kg). I tenori minori sono stati registrati in prossimità della piattaforma. Non ci sono anomalie da segnalare né nell’ambito dell’ultimo monitoraggio, né confrontando i dati relativi a quest’ultimo con quelli del pre-survey (Fabi *et al.*, 2018d).

Tab. 3-IX – Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell’inverno 2018. In rosso le stazioni corrispondenti alla piattaforma.

A1	25823,21	B1	36125,02	K1	33452,02
A2	24697,35	B2	32276,40	K2	32457,38
A3	24497,52	B3	31106,11	K3	33079,83
A4	30230,06	B4	22938,07	K4	25252,84
CL NW	28411,08	CL NE	26172,93		
CL SE	19277,51	CL SW	27525,85		
A5	30813,00	B5	34491,81		
A6	31350,06	B6	32174,39		
A7	29489,28	B7	35212,35		
A8	32402,21	B8	36071,81		

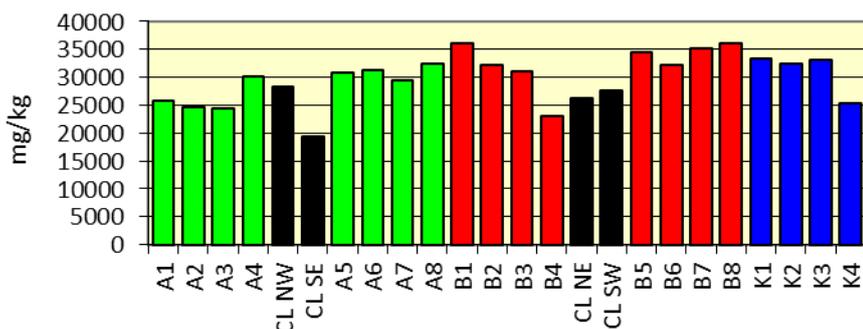


Fig. 3.25 - Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'inverno 2018. In nero le stazioni campionate nel sito in cui è installata la piattaforma.

3.3.6. TOTAL ORGANIC CARBON (TOC)

Le concentrazioni di TOC rilevate nell'inverno 2018 lungo i transetti sono risultate inferiori o del tutto confrontabili con quelle dei riferimenti, come si evince anche dal confronto dei valori medi (A: 6028 ± 519 ; B: 5974 ± 918 ; K: 6620 ± 302 mg/kg). In corrispondenza della piattaforma il TOC mostra una leggera flessione attestandosi su una media di 4940 ± 526 mg/kg (Tab. 3-X e fig. 3.26).

Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2018d) il TOC è aumentato un po' ovunque in maniera confrontabile tra i siti, escludendo un ruolo della piattaforma in tale pattern.

Tab. 3-X – Total Organic Carbon (TOC) espresso in mg/kg s.s. rilevato nei sedimenti prelevati nell'inverno 2018. In rosso le stazioni corrispondenti a Clara NW.

A1	6660
A2	6265
A3	6190
A4	5970
CL NW	5580
CL SE	4300
A5	5980
A6	4860
A7	6120
A8	6180
B1	6460
B2	6240
B3	5810
B4	3770
CL NE	5010
CL SW	4870
B5	6260
B6	6560
B7	6280
B8	6410
K1	6820
K2	6240
K3	6520
K4	6900

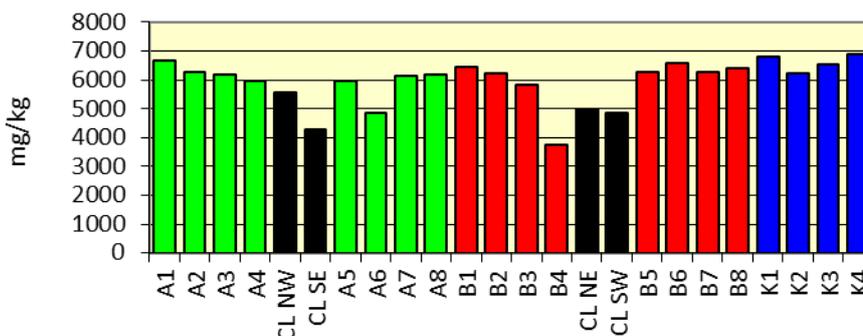


Fig. 3.26 - Total Organic Carbon (TOC) espresso in mg/kg s.s. rilevato nei sedimenti prelevati nell'inverno 2018. In nero le stazioni corrispondenti alla piattaforma.

3.4. ECOTOSSICOLOGIA DEI SEDIMENTI

3.4.1. *DUNALIELLA TERTIOLECTA*

QA-QC - Nell'inverno 2018 il valore di EC50 con $K_2Cr_2O_7$ =14,15 mg/l (come cromo) (LC=13,66 e UC=14,52 mg/l) è rientrato nei limiti della carta di controllo del laboratorio; i coefficienti di variazione tra le repliche nei campioni non diluiti, alla massima concentrazione, sono risultati conformi perché in tutti i casi inferiori al 15%. La crescita algale nei controlli è sempre stata superiore rispetto al limite minimo consentito (fattore ≥ 16).

Risultati del saggio - I risultati del saggio applicato agli elutriati estratti dai sedimenti prelevati nel 5° survey post lavori di installazione di Clara NW, contestualmente ai principali parametri di contorno misurati, indicano l'assenza di un effetto tossico ovunque non essendo stata rilevata un'inibizione della crescita algale (Tab. 3-XI) e confermano i risultati precedenti (Fabi *et al.*, 2018d).

Tab. 3-XI - Parametri di contorno e risultati relativi al saggio di tossicità con *D. tertiolecta* nei campioni prelevati nel 5° survey post lavori. In rosso è indicato il sito in corrispondenza della piattaforma. Valori negativi della % di effetto indicano effetto stimolante.

campione	pH	Salinità (‰)	ΔG (%) 72 h	EC50 % (L.C. 95%)	EC20 % (L.C. 95%)	Tossicità
CL SE	8,18	34	-13,96	≥ 90	>100%	Assente
A3	8,15	34	-15,10	≥ 90	>100%	Assente
A6	8,23	34	0	≥ 90	>100%	Assente
B3	8,20	34	19,66	≥ 90	>100%	Assente
B6	8,16	34	-7,98	≥ 90	>100%	Assente
K1	8,13	34	-12,25	≥ 90	>100%	Assente
K2	8,09	34	-11,68	≥ 90	>100%	Assente
K3	8,12	34	-10,54	≥ 90	>100%	Assente
K4	8,15	34	-3,99	≥ 90	>100%	Assente

3.4.2. *VIBRIO FISCHERI* (SISTEMA MICROTOX®)

QA-QC – Nell'inverno 2018 il valore della EC50(15')=10,89 mg/l (LC=7,97 e UC=14,89) è rientrato nei limiti della carta di controllo del laboratorio (3,65-12,55).

Risultati del test – Tutti gli elutriati estratti dai sedimenti campionati nel 5° survey post lavori sono risultati privi di tossicità acuta (Tab. 3-XII) confermando i risultati precedenti (Fabi *et al.*, 2018d).

Tab. 3-XII - Risultati del saggio biologico *V. fischeri* applicato agli elutriati estratti dai sedimenti prelevati nel 5° survey post lavori. In rosso la stazione corrispondente a Clara NW.

campione	pH	Salinità (‰)	% Effetto (15')	% Effetto (30')	EC20 (15/30')	EC50 (15/30')	Tossicità
CL SE	8,18	34	-4,95	-5,19	≥90	≥90	Assente
A3	8,15	34	-6,63	-8,32	≥90	≥90	Assente
A6	8,23	34	-2,51	-3,34	≥90	≥90	Assente
B3	8,20	34	-8,94	-10,25	≥90	≥90	Assente
B6	8,16	34	-11,24	-13,15	≥90	≥90	Assente
K1	8,13	34	-4,86	-6,10	≥90	≥90	Assente
K2	8,09	34	-9,18	-12,37	≥90	≥90	Assente
K3	8,12	34	-9,14	-10,49	≥90	≥90	Assente
K4	8,15	34	-9,89	-11,69	≥90	≥90	Assente

3.4.3. COROPHIUM ORIENTALE

Nell'inverno 2018 la sensibilità rilevata degli organismi verso il tossico di riferimento (CdCl_2) $\text{LC}_{50}=2,91$ ($\text{LC}=2,64$ mg/l e $\text{UC}=3,22$ 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-XIII sono indicati i principali parametri chimici e fisici misurati all'inizio e alla fine del test eseguito nel 5° survey post lavori.

Risultati del test - Nel 5° survey post lavori in tutti i siti A e B è stata rilevata una tossicità bassa (Tab. 3-XIV), analogamente a quanto osservato nei controlli K2, K3, K4. In prossimità di Clara NW, invece, la tossicità è risultata assente come nel controllo K1. Tali risultati confermano quanto osservato praticamente in tutto il periodo presso la piattaforma e in K1; indicano invece un lieve peggioramento in A6 e un lieve miglioramento in B6 rispetto all'estate 2017 (Fabi *et al.*, 2018d).

Tab. 3-XIII – Parametri chimici e fisici dell'acqua sovrastante il sedimento testato osservati all'inizio e alla fine del test relativo al 5° survey post lavori. In rosso il sito corrispondente a Clara NW.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	T (°C)	Salinità (%)	pH	NH_4^+ (mg/l)	O_2 (%)	T (°C)	Salinità (%)	pH	NH_4^+ (mg/l)	O_2 (%)
Controllo	16 ± 1	36	8,15	0,5	> 85	15 ± 1	36	8,13	0,5	> 85
CL SE		36	8,03	0,5			37	8,09	0	
A3		36	8,05	0			36	8,10	0	
A6		36	8,01	0			36	8,06	0	
B3		36	8,02	0			37	8,12	0	
B6		36	8,02	0			36	8,09	0	
K1		36	8,03	0			36	8,13	0	
K2		36	8,05	0			36	8,07	0	
K3		36	8,07	0			36	8,11	0	
K4		36	8,011	0			36	8,12	0	

Tab. 3-XIV - Percentuali di mortalità degli organismi *C.orientale* osservati nel test di tossicità acuta relativo al 5° survey post lavori. In rosso il sito corrispondente a Clara NW.

Campione	N. organismi esposti	% organismi morti (± dev. st. %)	% (corretta) organismi morti	Tossicità
Controllo	100	2 ± 3,67	0	-
CL SE	100	16 ± 7,34	14	Assente
A3	100	20 ± 8,99	18	Bassa
A6	100	20 ± 5,19	18	Bassa
B3	100	29 ± 6,09	28	Bassa
B6	100	24 ± 8,99	22	Bassa
K1	100	16 ± 5,19	14	Assente
K2	100	18 ± 8,21	16	Bassa
K3	100	21 ± 6,09	19	Bassa
K4	100	19 ± 3,18	17	Bassa

3.4.4. *CRASSOSTREA GIGAS*

QA-QC - Il test eseguito nell'inverno 2018 con la sostanza di riferimento ha prodotto una EC50 di 10,60 µg/l di Cu (LC=9,85 e UC=11,40) che rientra nei limiti della carta di controllo intralaboratorio; la % di larve D-shape normalmente sviluppate nel controllo (82±1,53%) è risultata superiore al limite del 70%.

Risultati del saggio - Questo test ha consentito di rilevare una tossicità media unicamente in B3 (Tab. 3-XV). In tutte le altre stazioni essa è risultata assente, indicando il ripristino delle condizioni di pre-survey eccetto in B3 dove è avvenuto un peggioramento, anche rispetto all'estate 2017 (Fabi *et al.*, 2018d).

Tab. 3-XV - Risultati relativi al saggio di tossicità con *C. gigas* nei campioni prelevati nel 5° survey post lavori. 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		85 ± 1,00	15	0			
CL SE	100 50 25	74 ± 2,00 79 ± 0,58 84 ± 1,53	26 21 16	13 7 2	≥90	≥100	Assente
A3	100 50 25	76 ± 1,00 81 ± 1,53 84 ± 1,15	24 19 16	11 5 1	≥90	≥100	Assente
A6	100 50 25	77 ± 1,53 80 ± 1,53 84 ± 1,53	23 20 16	10 5 1	≥90	≥100	Assente
B3	100 50 25	0 ± 0,00 32 ± 2,08 69 ± 1,53	100 69 31	100 63 19	28,7	41,1	Media
B6	100 50 25	76 ± 1,53 79 ± 1,15 84 ± 2,08	24 21 16	11 7 1	≥90	≥100	Assente
K1	100 50 25	72 ± 2,08 78 ± 1,53 84 ± 2,08	28 22 16	16 8 2	≥90	≥100	Assente
K2	100 50 25	77 ± 1,53 79 ± 2,00 84 ± 1,53	23 21 16	10 7 1	≥90	≥100	Assente
K3	100 50 25	75 ± 1,15 79 ± 1,15 84 ± 1,73	25 21 16	11 7 1	≥90	≥100	Assente
K4	100 50 25	74 ± 1,53 78 ± 1,53 84 ± 1,15	26 22 16	18 9 2	≥90	≥100	Assente

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 eseguito nel 5° survey post lavori sono riportati in Tab. 3-XVI, mentre in Tab. 3-XVII sono indicate le mortalità degli organismi osservate nel test di bioaccumulo, risultate tutte inferiori rispetto alla mortalità osservata nel controllo.

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

Tab. 3-XVI - Parametri (chimico-fisici) dell'acqua sovrastante il sedimento, registrati all'inizio e al termine del test di bioaccumulo condotto nel 5° survey post lavori. In rosso è evidenziata la stazione corrispondente alla piattaforma.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)	Temp. (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)
Controllo	15 ± 1	36	8,08	0	> 85	15 ± 1	38	8,41	0,5	> 85
CL SE		35	8,09	0			38	8,06	0	
A3		35	8,11	0			38	8,18	0	
A6		35	8,08	0,5-1			38	8,08	0	
B3		35	8,04	0,5			38	8,05	0,5	
B6		35	8,08	0			38	8,09	0	
K1		35	8,04	0			38	8,07	0,5	
K2		35	8,10	0			38	8,08	2	
K3		35	8,09	0			38	8,13	0	
K4		35	8,08	0			38	8,08	0	

Tab. 3-XVII - Percentuali di mortalità degli organismi *H. diversicolor* osservate nel test di bioaccumulo condotto nel 5° survey post lavori. In rosso è evidenziata la stazione corrispondente alla piattaforma.

Campione	Numero degli organismi esposti	% degli organismi morti (± dev.st %)
Controllo	15	90 ± 8,25
CL SE	15	52 ± 8,25
A3	15	71 ± 0,00
A6	15	38 ± 8,25
B3	15	43 ± 0,00
B6	15	38 ± 8,25
K1	15	71 ± 0,00
K2	15	43 ± 0,00
K3	15	48 ± 8,25
K4	15	62 ± 8,25

I dati mostrano la quasi totale assenza del fenomeno del bioaccumulo. Il **cadmio**, seppur indicato in neretto, non è da considerare particolarmente significativo in quanto l'incremento assoluto di questo elemento è apparso trascurabile e le concentrazioni raggiunte molto basse. D'altra parte, il cadmio è risultato presente in concentrazioni molto basse nei sedimenti (Cfr. Cap. 3.3.4).

Solo il **silicio** ha presentato un incremento significativo in tutti i campioni, incluso il sedimento di controllo.

Infine merita un cenno il **nicel** che, seppur assente nel bianco, è stato determinato in tutti i campioni esposti, incluso il controllo. I livelli più elevati sono stati riscontrati in B3 (5,82 mg/kg) e in A3 (5,21 mg/kg). Rimane un caso isolato l'incremento del **vanadio** nel controllo K1.

Tab. 3-XVIII - Concentrazioni (mg/kg; Al espresso in %) dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* nel survey condotto nel 5° survey post lavori. 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.	2,81	n.r.	0,031	n.r.	7,55	328,27	n.r.	n.r.	0,69	33,92	n.r.	108,01	0,068
Controllo	n.r.	0,77	n.r.	0,042	n.r.	18,80	249,97	1,58	n.r.	0,87	47,02	n.r.	103,98	*
CL SE	n.r.	2,32	n.r.	0,038	n.r.	7,37	276,04	3,85	n.r.	0,74	106,50	n.r.	85,90	0,048
A3	n.r.	2,54	n.r.	0,035	n.r.	6,94	283,42	5,21	n.r.	0,91	137,77	n.r.	78,83	0,061
A6	n.r.	2,52	n.r.	0,038	n.r.	8,42	394,99	4,23	n.r.	0,76	371,47	n.r.	99,88	0,063
B3	n.r.	2,35	n.r.	0,039	n.r.	9,04	252,65	5,82	n.r.	0,55	85,46	n.r.	92,75	0,054
B6	n.r.	2,30	n.r.	0,044	n.r.	8,43	286,40	3,94	n.r.	0,66	97,57	n.r.	106,07	0,069
K1	n.r.	2,73	n.r.	0,052	n.r.	8,32	252,36	3,93	n.r.	0,66	227,70	1,28	80,52	0,055
K2	n.r.	2,31	n.r.	0,042	n.r.	7,58	280,93	2,70	n.r.	0,76	142,65	n.r.	110,26	0,051
K3	n.r.	2,69	n.r.	0,038	n.r.	6,68	256,84	2,93	n.r.	0,64	122,17	n.r.	83,54	0,052
K4	n.r.	2,81	n.r.	0,039	n.r.	7,83	251,37	2,57	n.r.	0,71	95,84	n.r.	100,33	0,045

* quantità del campione insufficiente

Tab. 3-XIX - Differenze tra le concentrazioni dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* esposti al sedimento di controllo e ai sedimenti da testare e il bianco (0°). In rosso è evidenziata la stazione corrispondente 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.	-2,04	n.r.	0,011	n.r.	11,26	-78,30	3,25	n.r.	0,18	13,10	n.r.	-4,03	*
CL SE	n.c.	-0,49	n.c.	0,007	n.c.	-0,18	-52,23	4,61	n.c.	0,05	72,58	n.c.	-22,11	-0,019
A3	n.c.	-0,27	n.c.	0,004	n.c.	-0,61	-44,85	3,63	n.c.	0,22	103,86	n.c.	-29,19	-0,007
A6	n.c.	-0,29	n.c.	0,007	n.c.	0,87	66,71	5,22	n.c.	0,07	337,55	n.c.	-8,14	-0,004
B3	n.c.	-0,46	n.c.	0,008	n.c.	1,49	-75,62	3,34	n.c.	-0,14	51,55	n.c.	-15,26	-0,013
B6	n.c.	-0,51	n.c.	0,013	n.c.	0,89	-41,87	3,33	n.c.	-0,03	63,66	n.c.	-1,94	0,001
K1	n.c.	-0,08	n.c.	0,021	n.c.	0,77	-75,91	2,10	n.c.	-0,03	193,78	0,68	-27,50	-0,013
K2	n.c.	-0,50	n.c.	0,011	n.c.	0,04	-47,34	2,33	n.c.	0,07	108,73	n.c.	2,24	-0,017
K3	n.c.	-0,12	n.c.	0,007	n.c.	-0,86	-71,43	1,97	n.c.	-0,05	88,25	n.c.	-24,48	-0,016
K4	n.c.	0,00	n.c.	0,008	n.c.	0,29	-76,90	3,25	n.c.	0,02	61,92	n.c.	-7,68	-0,023

* quantità del campione insufficiente

Considerando i monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2018d), nel complesso il fenomeno del bioaccumulo è risultato moderato e non esteso a tutti gli elementi considerati.

Inoltre nessun elemento ha mostrato bioaccumulo per tutta la durata del monitoraggio.

Dai dati dell'ultimo survey solo nichel e silicio necessitano di approfondimento con i monitoraggi successivi, anche se il rilevamento del bioaccumulo anche nei controlli suggerisce l'estraneità della piattaforma.

3.5. ANALISI DI INQUINANTI E DI BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI IMMERSE DELLA PIATTAFORMA

Si ricorda che tale tipologia di indagini è stata condotta per la prima volta nell'inverno 2018, in quanto nei due anni precedenti non sono stati rinvenuti esemplari di *Mytilus galloprovincialis* adesi sulle parti sommerse della struttura (Fabi *et al.*, 2018d).

3.5.1. INQUINANTI ORGANICI E INORGANICI

3.5.1.1 Materia organica estratta (MOE)

Il contenuto di MOE rilevato nei mitili prelevati dalle parti sommerse della piattaforma Clara NW nell'inverno 2018 è risultato significativamente più elevato rispetto al controllo (fig. 3.27; Tab. 3-XX). I valori osservati in questo primo periodo di monitoraggio risultano comunque confrontabili con quanto evidenziato in analoghe indagini condotte presso altre piattaforme offshore installate nell'Adriatico centro-settentrionale (Fabi *et al.*, 2005a; 2010a; 2010b; 2013).

Tab. 3-XX - Distribuzione MOE (%) e degli IA (mg/kg; \pm dev.st.) rilevati nei tessuti di mitili prelevati dalla piattaforma Clara NW e dal sito di controllo nell'inverno 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

	Controllo	VA	LA
MOE%	2,3 \pm 0,4	3,5 \pm 0,5	3,8 \pm 0,6
Test U		*	*
C15	0,18 \pm 0,01	0,11 \pm 0,01	0,07 \pm 0,01
C16	0,51 \pm 0,03	0,56 \pm 0,01	0,24 \pm 0,01
C17	0,34 \pm 0,02	0,36 \pm 0,01	0,16 \pm 0,01
C18	0,30 \pm 0,02	0,36 \pm 0,01	0,16 \pm 0,01
C19	2,34 \pm 0,01	2,27 \pm 0,01	2,05 \pm 0,01
C20	0,79 \pm 0,04	0,75 \pm 0,02	0,45 \pm 0,02
C21	0,22 \pm 0,01	0,27 \pm 0,01	0,10 \pm 0,01
C22	0,97 \pm 0,05	1,03 \pm 0,03	0,45 \pm 0,03
C23	0,51 \pm 0,02	0,66 \pm 0,01	0,24 \pm 0,01
C24	4,10 \pm 0,10	10,10 \pm 0,10	9,00 \pm 0,10
C25	0,79 \pm 0,04	1,58 \pm 0,03	0,33 \pm 0,02
C26	2,13 \pm 0,1	1,80 \pm 0,04	0,84 \pm 0,04
C27	0,22 \pm 0,01	0,50 \pm 0,01	0,10 \pm 0,01
C28	0,56 \pm 0,02	2,43 \pm 0,02	2,23 \pm 0,01
C29	4,82 \pm 0,08	13,6 \pm 0,04	12,00 \pm 0,04
C30	0,34 \pm 0,01	0,56 \pm 0,01	0,28 \pm 0,01
C31	0,32 \pm 0,01	0,36 \pm 0,01	0,19 \pm 0,01
Pristano	0,25 \pm 0,02	0,31 \pm 0,01	0,18 \pm 0,01
Fitano	0,14 \pm 0,03	0,16 \pm 0,02	0,10 \pm 0,02
Σ IA	19,6\pm1,9	37,5\pm0,1	28,9\pm0,1
Test U		*	*

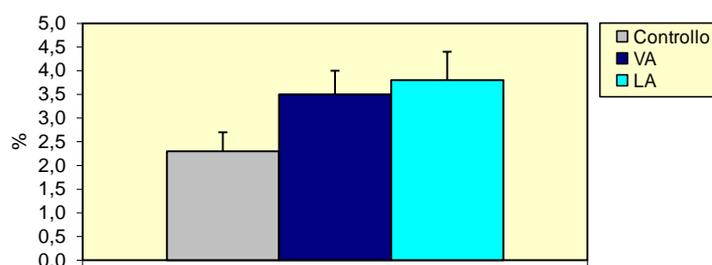


Fig. 3.27 - MOE rilevata negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'inverno 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.5.1.2 Idrocarburi Alifatici (IA)

I livelli di IA nel segmento C₁₅-C₃₁ sono risultati compresi tra 19,6±1,9 mg/kg p.s. (controllo) e 37,5±0,1 mg/kg p.s. (VA; Tab. 3-XX e fig. 3.28). Entrambi i siti della piattaforma sono risultati significativamente superiori rispetto al riferimento.

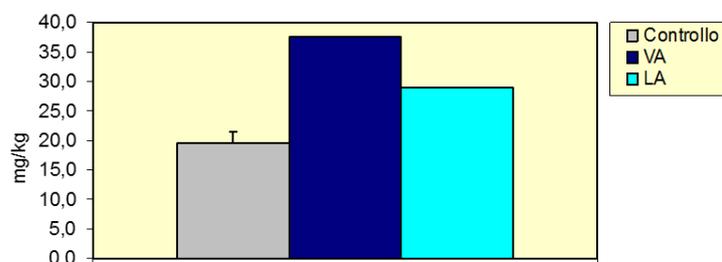


Fig. 3.28 - Concentrazioni di IA rilevate negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'inverno 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

L'analisi dell'abbondanza e della distribuzione dei livelli dei diversi omologhi investigati (Tab. 3-XXI) riporta valori del rapporto LMW/HMW inferiori all'unità, condizione questa che tende ad evidenziare il predominio di sostanze di origine naturale nella miscela di IA investigati. Analoga indicazione deriva anche dai risultati preliminari dell'indice CPI. I livelli di C₁₈/fitano e C₁₇/pristano suggeriscono invece una situazione poco chiara: in entrambi i casi, infatti, livelli <3 tendono ad evidenziare la presenza di stress ambientale. Infine, l'idrocarburo alifatico maggiormente accumulato (MH) è il C₂₉ in tutti i tre siti.

Tab. 3-XXI - Indici di distribuzione degli idrocarburi alifatici rilevati nei tessuti molli di mitili (*M. galloprovincialis*) prelevati presso la piattaforma Clara NW e nel sito di controllo nell'inverno 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

Indice	Controllo	VA	LA
LMW/HMW	0,32	0,14	0,13
CPI (C _{15/30})	1,74	1,12	1,12
C17/pristano	1,34	1,14	0,93
C18/fitano	2,16	2,15	1,52
MH	C ₂₉	C ₂₉	C ₂₉

3.5.1.3 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Dei 16 IPA ricercati sono stati rilevati solo il Pirene presso il controllo e il sito VA e il Fenantrene esclusivamente presso VA (Tab. 3-XXII e fig. 3.29). I valori osservati appaiono inferiori o al più confrontabili con quelli registrati in aree marine e marino-costiere soggette a un moderato impatto antropico (Lima *et al.*, 2007; Carro *et al.*, 2006; Fabi *et al.*, 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; Gomiero *et al.*, 2015).

Tab. 3-XXII - Distribuzione degli idrocarburi policiclici aromatici rilevati presso la piattaforma Clara NW nell'inverno 2018. Valori espressi in ng/g p.s. (\pm dev. st.); ns = non significativo; * = $<0,05$, significativo; LOD = limite di rilevabilità.

	Controllo	VA	LA
Naftalene	< LOD	< LOD	< LOD
Acenaftene	< LOD	< LOD	< LOD
Acenaftilene	< LOD	< LOD	< LOD
Fluorene	< LOD	< LOD	< LOD
Fenantrene	< LOD	2,1 \pm 2,0	< LOD
Antracene	< LOD	< LOD	< LOD
Fluorantene	< LOD	< LOD	< LOD
Pirene	2,8 \pm 2,0	4,0 \pm 2,0	< LOD
B[a]Antracene	< LOD	< LOD	< LOD
Crisene	< LOD	< LOD	< LOD
B[b]Fluorantene	< LOD	< LOD	< LOD
B[k]Fluorantene	< LOD	< LOD	< LOD
B[a]Pirene	< LOD	< LOD	< LOD
DiB[a,h]A	< LOD	< LOD	< LOD
BghiPerilene	< LOD	< LOD	< LOD
Indeno [c,d] pirene	< LOD	< LOD	< LOD
Σ_{ipa}	2,8 \pm 2,0	6,2 \pm 2,0	---
Test U		ns	nc

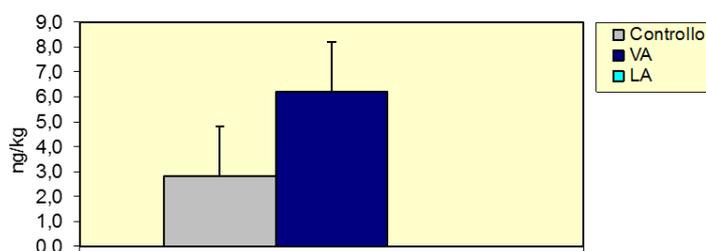


Fig. 3.29 - Distribuzione degli IPA rilevati presso la piattaforma Clara NW nell'inverno 2018. Valori espressi in ng/g p.s. (\pm dev. st.).

3.5.1.4 Metalli pesanti

Arsenico, cadmio, alluminio, ferro e bario hanno evidenziato un accumulo significativo presso entrambi i siti della piattaforma rispetto al controllo (Tabb. 3-XXIII e 3-XXIV; fig. 3.30). Per cadmio, alluminio e ferro sono state rilevate differenze significative anche tra

VA ed LA, con concentrazioni maggiori in LA nel caso del cadmio e in VA negli altri due casi.

Le concentrazioni di **romo** e **nichel** sono invece risultate significativamente superiori solo presso VA.

I livelli di **rame**, **zinco**, **vanadio** e **silicio** sono apparsi omogeneamente distribuiti presso tutti i siti investigati. Il **piombo** è stato rilevato solo al controllo e in VA in concentrazioni confrontabili, mentre **mercurio** e **indio** sono risultati inferiori al limite di rilevabilità strumentale ovunque.

Nel complesso quanto osservato è in linea con i livelli medi di accumulo di metalli pesanti riportati in un precedente studio pluriennale condotto da Fattorini *et al.* (2008) e volto a valutare la biodisponibilità di metalli pesanti in mitili prelevati presso diverse piattaforme installate nell'Adriatico settentrionale e centrale. E' stata inoltre riscontrata una certa similitudine con quanto rilevato da Gorbi *et al.* (2008) presso la piattaforma "Giovanna" e da Fabi *et al.* (2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b) presso altre strutture offshore.

Tab. 3-XXIII - Distribuzione dei metalli in traccia rilevati nei mitili (*Mytilus galloprovincialis*) campionati presso la piattaforma Clara NW e nel sito di controllo nell'inverno 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Valori espressi in mg/kg p.s. (\pm dev. st.). LOD = limite di quantificazione strumentale.

	Controllo	VA	LA
As	2,10 \pm 0,15	2,60 \pm 0,15	2,60 \pm 0,15
Cd	0,07 \pm 0,01	0,10 \pm 0,01	0,14 \pm 0,01
Cr	0,16 \pm 0,10	1,24 \pm 0,10	0,21 \pm 0,10
Al	12,0 \pm 0,5	30,5 \pm 0,5	22,0 \pm 0,5
Hg	< LOD	< LOD	< LOD
Pb	0,10 \pm 0,10	0,12 \pm 0,10	< LOD
Cu	0,78 \pm 0,10	0,59 \pm 0,10	0,61 \pm 0,1
Zn	11,4 \pm 0,5	11,1 \pm 0,5	12,00 \pm 0,5
Ni	0,28 \pm 0,05	0,68 \pm 0,05	0,25 \pm 0,10
V	1,2 \pm 0,2	1,3 \pm 0,1	1,5 \pm 0,2
Ba	0,12 \pm 0,10	1,0 \pm 0,10	1,0 \pm 0,10
Si	0,06 \pm 0,05	0,07 \pm 0,05	0,06 \pm 0,05
Fe	135,5 \pm 0,5	180,5 \pm 0,5	170,5 \pm 0,5
In	< LOD	< LOD	< LOD

Tab. 3-XXIV - Risultati dei confronti statistici relativi alla distribuzione dei metalli pesanti nei siti della piattaforma Clara NW rispetto al controllo (test U - Mann-Whitney). * = $p < 0,05$; ns = non significativo, nc= non calcolabile.

	Controllo vs VA	Controllo vs LA	VA vs LA
As	*	*	ns
Cd	*	*	*
Cr	*	ns	*
Al	*	*	*
Hg	nc	nc	nc
Pb	ns	nc	nc
Cu	ns	ns	ns
Zn	ns	ns	ns
Ni	*	ns	*
V	ns	ns	ns
Ba	*	*	ns
Si	ns	ns	ns
Fe	*	*	*
In	nc	nc	nc

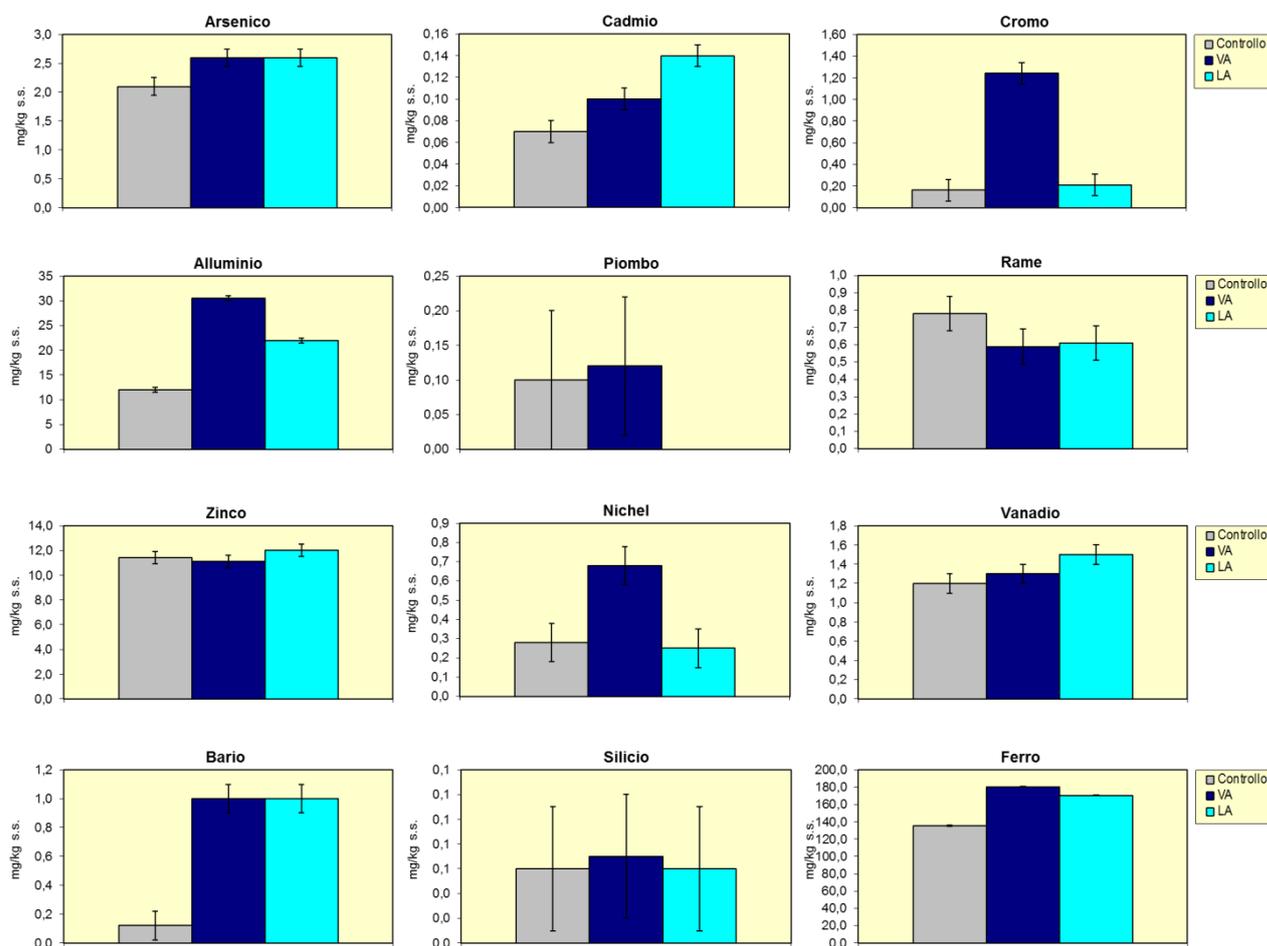


Fig. 3.30 - Concentrazioni (mg/kg s.s. ± dev.st.) dei metalli in traccia rilevati nei mitili (*Mytilus galloprovincialis*) campionati presso la piattaforma Clara NW e nel sito di controllo nell'inverno 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Non sono riportati mercurio e indio in quanto inferiori al limite di rilevabilità strumentale ovunque.

3.5.2. BIOMARKER

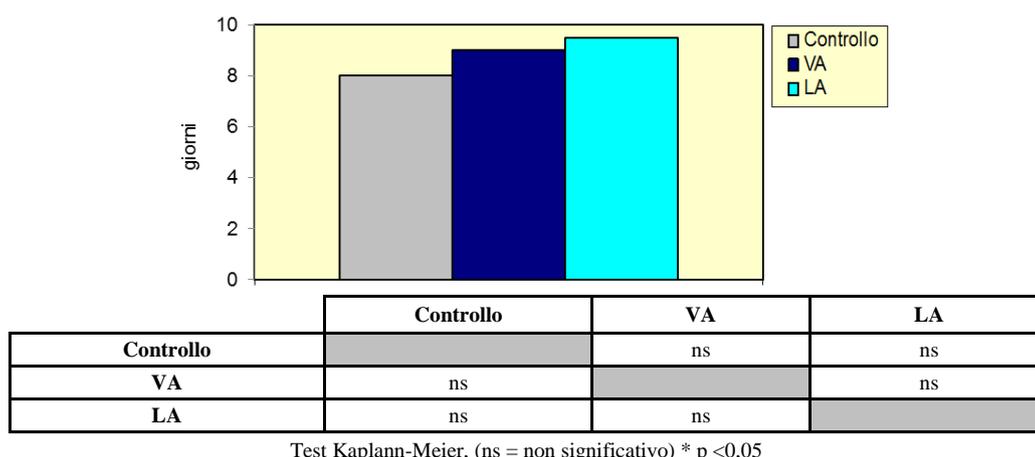
In Tab. 3-XXV sono riportati i risultati relativi ai mitili analizzati nell'inverno 2018.

Tab. 3-XXV - Valori medi dei biomarker (\pm dev. st.) determinati nei mitili campionati nell'inverno 2018 nei siti di controllo, vicino (VA) e lontano (LA) dall'anodo di sacrificio di Clara NW.

Biomarker	Unità di misura	Controllo	VA	LA
Stress on Stress	LT50 (giorni)	8,0	9,0	9,5
Micronuclei	frequenza ‰	0,8 \pm 0,2	1,0 \pm 0,1	1,1 \pm 0,3
Lipofuscine	densità ottica / pixels ²	8463 \pm 380	10328 \pm 460	10749 \pm 390
Lipidi neutri	densità ottica / pixels ²	18594 \pm 1184	19573 \pm 1963	19056 \pm 1793
Stabilità lisosmiale	min	45,5 \pm 2,5	30,0 \pm 5,5	32,5 \pm 2,0
Catalasi	μ mol/min/mg di proteine	0,015 \pm 0,005	0,029 \pm 0,005	0,031 \pm 0,006
Malondialdeide	nmol Mda g ⁻¹ tessuto	30,5 \pm 13,3	40,7 \pm 9,5	41,4 \pm 8,2
Metallotioneine	μ g MT/g	90,1 \pm 12,3	125,5 \pm 10,2	130,1 \pm 10,5
qPCR _{MT10}	Induzione	1,0	2,0	2,0
qPCR _{MT20}		1,0	3,5	3,9

3.5.2.1 Stress on Stress

I mitili prelevati dai due siti della piattaforma Clara NW nell'inverno 2018 hanno presentato una sopravvivenza all'aria, misura dello stress on stress, uniforme con quella registrata negli esemplari di controllo (fig. 3.31). I tempi di sopravvivenza osservati sono simili, e in alcuni casi superiori, a quelli registrati in studi analoghi condotti su altre piattaforme offshore dell'Adriatico centro-settentrionale (Fabi *et al.*, 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2016; 2018a; 2018b; Gomiero *et al.*, 2011; 2015).



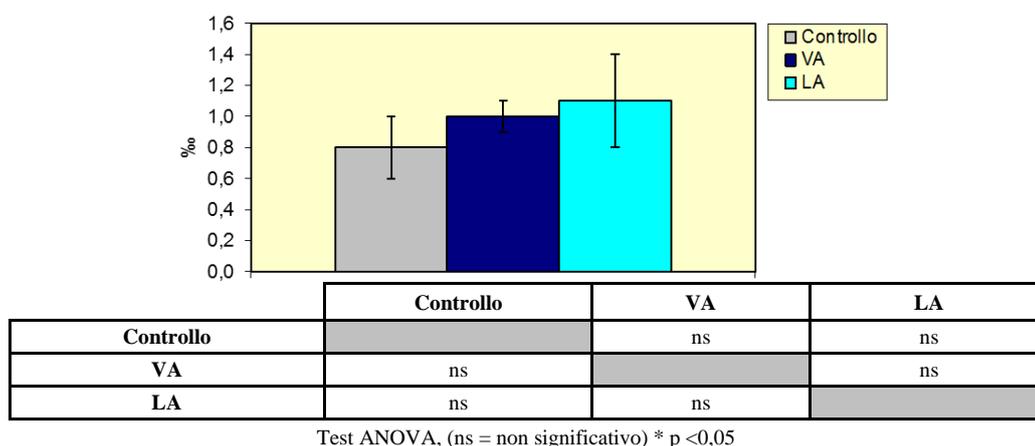
Test Kaplann-Meier, (ns = non significativo) * p < 0,05

Fig. 3.31 - Tempi di sopravvivenza all'aria riscontrati negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'inverno 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.5.2.2 Micronuclei

La distribuzione delle frequenze di micronuclei è risultata omogenea tra i siti investigati (fig. 3.32) essendo compresa tra 0,8 \pm 0,2‰ (controllo) e 1,1 \pm 0,3‰ (LA). Ciò indica una

scarsa genotossicità in tutti gli organismi esaminati. Le frequenze rilevate nei mitili prelevati presso la piattaforma sono infatti apparse estremamente contenute rispetto a quanto riportato per aree costiere (Bolognesi *et al.*, 1996; 2004) e confrontabili con quelle rilevate per altre piattaforme offshore dell'Adriatico (Fabi *et al.*, 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2016; 2018a; 2018b).



Test ANOVA, (ns = non significativo) * p <0,05

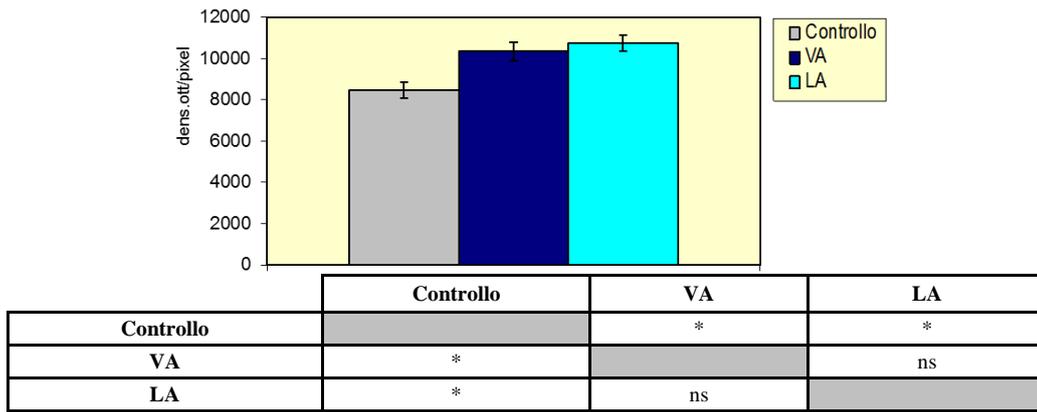
Fig. 3.32 - Frequenze medie (\pm dev.st.) dei micronuclei ottenute per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'inverno 2018 dalle parti sommerse di Clara NW e dal controllo. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.5.2.3 Valutazione del contenuto di lipofuscine

I livelli di lipofuscine sono risultati compresi tra 8463 ± 380 (controllo) e 10749 ± 390 unità di densità ottica/pixel (LA; fig. 3.33). Entrambi i siti della piattaforma hanno evidenziato un aumento significativo dei livelli di lipofuscine, indicando la presenza di un moderato stress perossidativo. I livelli ottenuti sono simili a quelli evidenziati in precedenti esperienze di monitoraggio in aree costiere in Adriatico settentrionale soggette a un moderato stress ambientale (Petrovic *et al.*, 2004) o su analoghe piattaforme offshore (Gomiero *et al.*, 2011; 2015; Gorbi *et al.*, 2008).

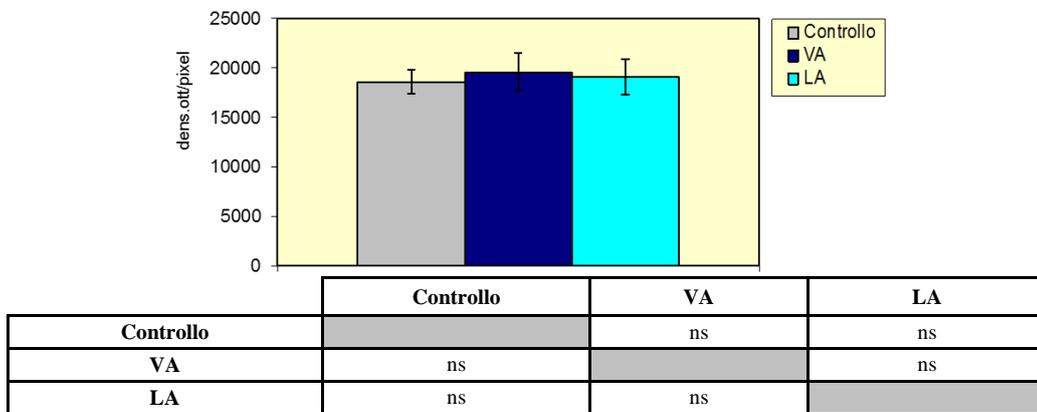
3.5.2.4 Valutazione del contenuto di lipidi neutri

La distribuzione dei livelli di lipidi neutri è apparsa omogenea tra i tre campioni di mitili (fig. 3.34); ciò tende ad escludere un'alterazione biologica associata alla sintesi dei lipidi nell'organismo a causa della potenziale presenza di sostanze xeno-biotiche biodisponibili, quali i composti organici, capaci di alterare il normale metabolismo lipidico di un organismo marino. Confrontando i risultati ottenuti con la letteratura più recente le risposte ottenute appaiono nella norma e assimilabili a organismi soggetti a una bassa pressione antropica (Fabi *et al.*, 2006; 2010a; 2010b; 2013; Gomiero *et al.*, 2015; Gorbi *et al.*, 2008).



Test ANOVA, (ns = non significativo) * p < 0,05

Fig. 3.33 - Valori medi (\pm dev.st.) di accumulo di lipofuscine ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'inverno 2018 dalle parti sommerse di ClaraNW e dal controllo. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

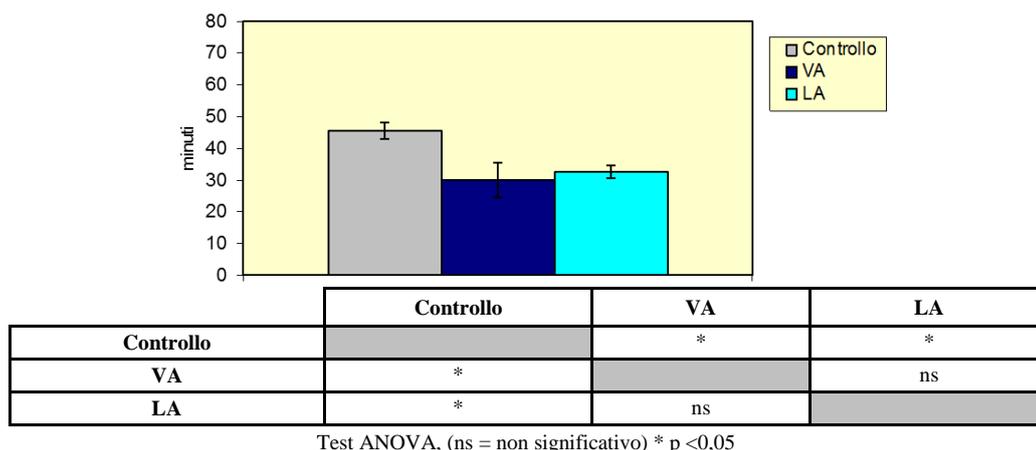


Test ANOVA, (ns = non significativo) * p < 0,05

Fig. 3.34 - Valori medi (\pm dev.st.) di accumulo di lipidi neutri ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'inverno 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.5.2.5 Stabilità delle membrane lisosomiali

I mitili prelevati da entrambi i siti della piattaforma (VA: $30,0 \pm 5,5$ min ; LA: $32,5 \pm 2,0$ min) hanno presentato un aumento significativo della fragilità lisosomiale rispetto agli esemplari di controllo ($45,5 \pm 2,5$ min), suggerendo la presenza di un lieve ma significativo livello di stress (fig. 3.35). Nel complesso, i tempi di destabilizzazione osservati appaiono comunque confrontabili a quelli rilevati in organismi in discreto stato di salute (Donnini *et al.*, 2007). Essi sono inoltre simili e in alcuni casi superiori agli analoghi registrati in precedenti indagini ambientali su strutture estrattive (Fabi *et al.*, 2006; 2010a; 2010b; 2013; Gorbi *et al.*, 2008; Gomiero *et al.*, 2011; 2015) e in altre aree dell'alto Adriatico (Petrovic *et al.*, 2004).

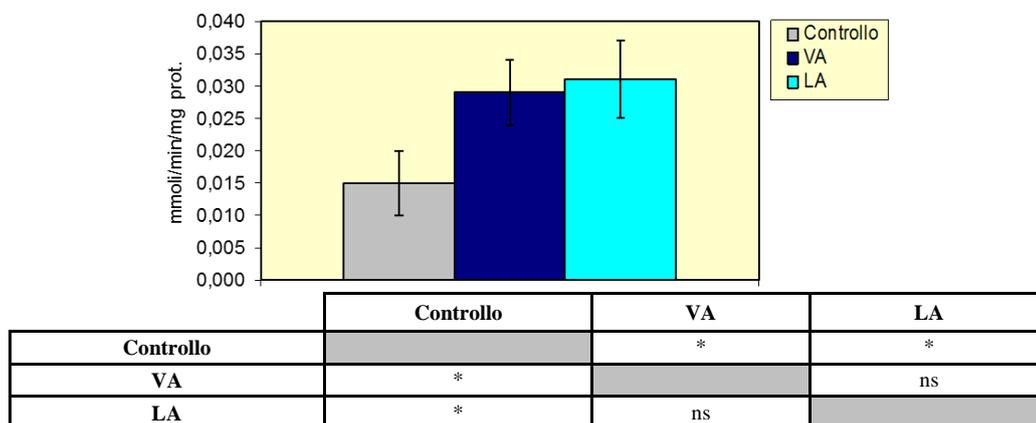


Test ANOVA, (ns = non significativo) * p <0,05

Fig. 3.35 - Valori medi (\pm dev.st.) dei tempi di destabilizzazione ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'inverno 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.5.2.6 Catalasi

L'attività di catalasi misurata nelle ghiandole digestive dei bivalvi prelevati presso entrambi i siti della piattaforma ha presentato variazioni statisticamente significative rispetto agli esemplari di controllo (fig. 3.36). Le differenze osservate non rispecchiano una situazione di stress preoccupante, poiché le risposte osservate si collocano nel range riportato nella più recente letteratura inerente sia analoghi monitoraggi ambientali (Fabi *et al.*, 2005a; 2006; 2010a; 2010b; 2016b), sia la valutazione della qualità di aree marino-costiere (Bocchetti e Regoli, 2006).



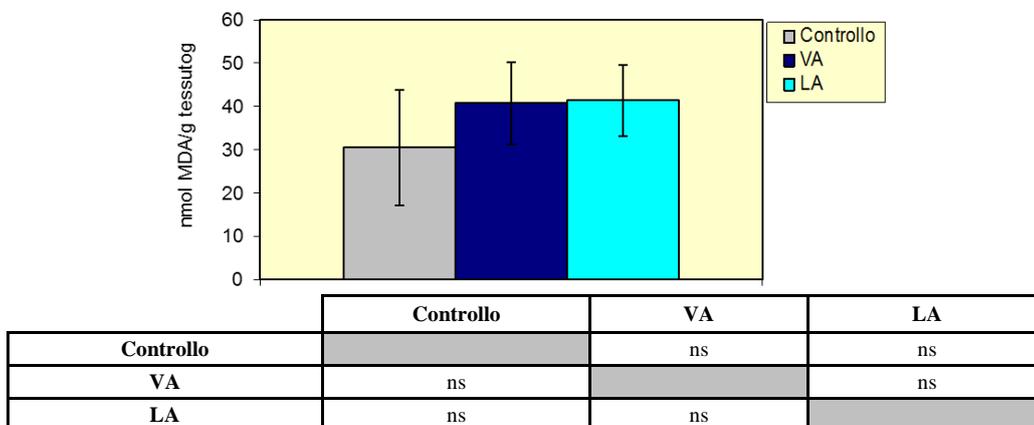
Test ANOVA, (ns = non significativo) * p <0,05

Fig. 3.36 - Valori medi (\pm dev.st.) dell'attività della catalasi ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'inverno 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.5.2.7 Malondialdeide

I livelli medi determinati nei mitili della piattaforma Clara NW e in quelli di riferimento sono risultati statisticamente omogenei tra loro (fig. 3.37). Alla luce di questo risultato è possibile escludere al momento la presenza di un effetto biologico associato a stress di tipo

ossidativo. I livelli riscontrati appaiono simili a quelli osservati sia in esperimenti di biomonitoraggio attivo con mitili (Viarengo e Canesi, 1991; Michael *et al.*, 1992), sia presso analoghe piattaforme offshore (Fabi *et al.*, 2006; 2010a; 2010b; 2013).

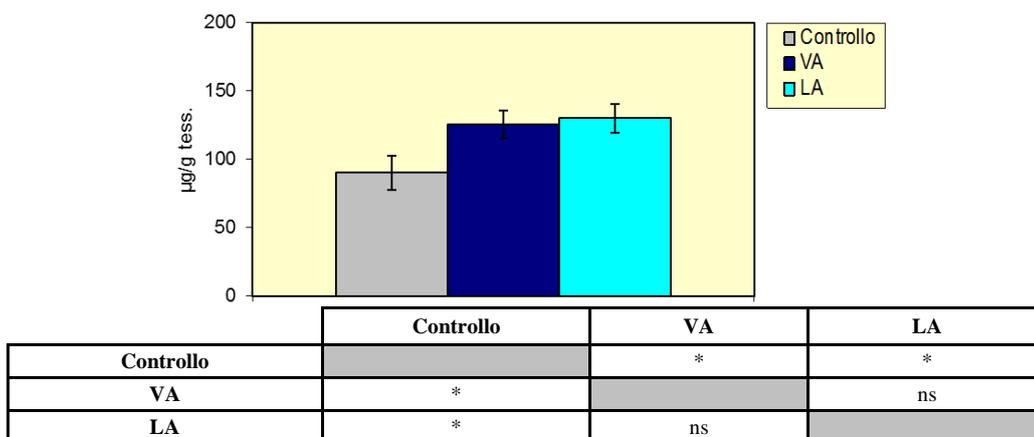


Test Mann - Whitney, (ns = non significativo) * p <0,05

Fig. 3.37 - Valori medi (\pm dev.st.) di malondialdeide ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'inverno 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.5.2.8 Metallotioneine

I livelli medi di metallotioneine sono risultati compresi tra $90,1 \pm 12,3$ μ g MT/g di tessuto nel sito di riferimento e $130,1 \pm 10,5$ μ g MT/g di tessuto in LA. In entrambi i siti di Clara NW è stato evidenziato un accumulo significativo rispetto al controllo (fig.3.38). Tutti i livelli osservati sono comunque confrontabili con quelli osservati in precedenza presso altre piattaforme metanifere (Fabi *et al.*, 2005a; 2006; 2010a; 2010b; 2013; Gomiero *et al.*, 2011; 2015).



Test Mann - Whitney, (ns = non significativo) * p <0,05

Fig. 3.38 - Valori medi (\pm dev.st.) di metallotioneine ottenuti per gli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'inverno 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.5.2.9 Polymerase Chain Reaction (qPCR)

L'analisi qPCR costituisce una tecnica d'indagine consolidata in campo biomedico e implementata con tecniche innovative per lo studio della qualità degli ambienti marini (Dondero *et al.*, 2005). La metodologia prevede l'amplificazione selettiva in vitro di una sequenza di DNA target. In particolare nel corso del presente studio, è stata approfondita la quantificazione di due sequenze geniche, MT₁₀ ed MT₂₀, responsabili della sintesi delle proteine metallo-chelanti metallotioneine (Dondero *et al.*, 2005). I risultati ottenuti tendono ad evidenziare la presenza di induzione sia dell'MT₁₀ che dell'MT₂₀ nei mitili di Clara NW rispetto a quelli di controllo (fig. 3.39). L'espressione del secondo gene (MT₂₀) risulta correlata all'omeostasi di cationi tipicamente essenziali allo sviluppo e alla corretta funzionalità cellulare nel mitilo quali Ca, Mg, Zn, Fe e, in piccole quantità, Cu. Diversamente, il primo gene (MT₁₀) risulta indotto in presenza di cationi non essenziali quali As, Be, Cd, Cs, Hg e Pb.

I livelli d'induzione osservati nei mitili della piattaforma (MT₁₀: +2,0) appaiono moderati rispetto a quelli osservati su mitili prelevati presso aree marine-costiere interessate da diverse attività tra cui industriali, agricole ed urbane (+0,86 ÷ +165; Banni *et al.*, 2007).

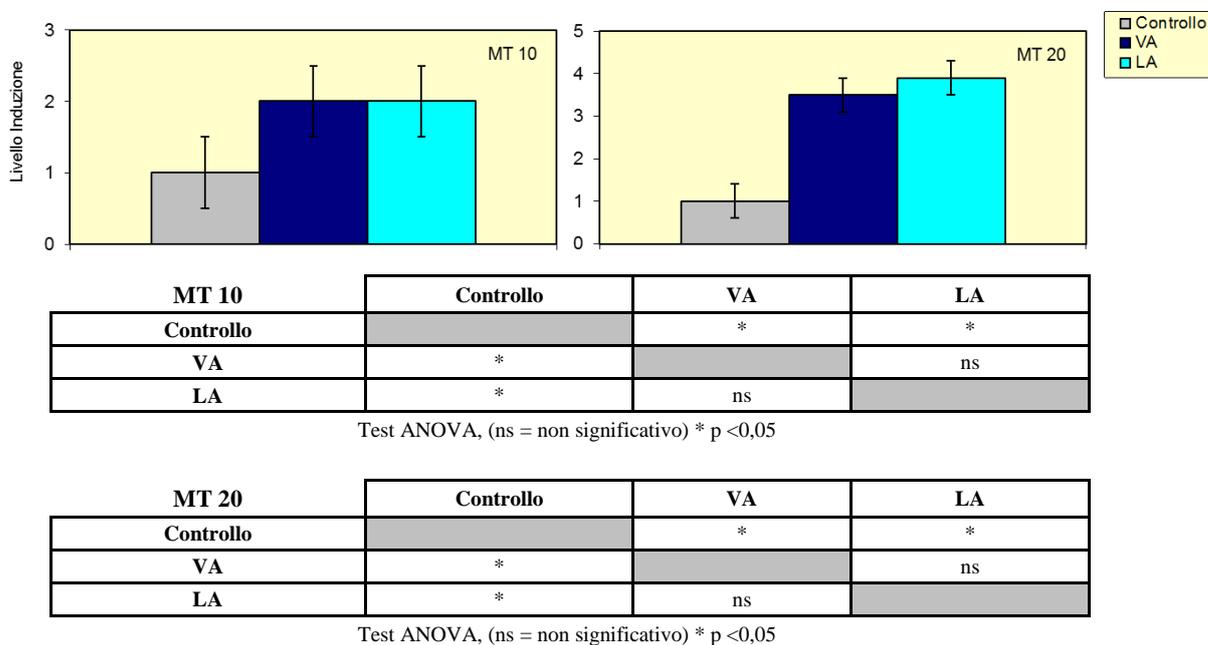


Fig. 3.39 – qPCR rilevati negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'inverno 2018. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.6. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

3.6.1. DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P)

La comunità bentonica rinvenuta nei siti campionati nel 5° survey post lavori (fig. 3.40) è risultata abbastanza povera in termini di numero di individui come già era stato registrato nei campionamenti precedenti (Fabi *et al.*, 2018d). Sono stati rilevati andamenti ben definiti per entrambi i transetti, con un incremento della densità nelle stazioni sottostanti la piattaforma, in particolare in CL NW e CL SW ($206,67 \pm 120,73$ e $229,33 \pm 22,36$ ind/0,095 m²). I valori registrati negli altri siti sia lungo i transetti che ai controlli sono risultati abbastanza omogenei tra loro; infatti, eccetto CL SE, le densità relative alle stazioni A e B (oltre a quella di CL NE) sono rientrate nel range dei riferimenti, compreso tra $20,67 \pm 5,78$ (K1) e $55,67 \pm 6,39$ ind/0,095 m² (K2).

Rispetto al monitoraggio precedente (Fabi *et al.*, 2018d) le variazioni non sono state univoche, ma i valori sono rimasti quasi tutti simili. E' solo da segnalare un notevole aumento in CL SW.

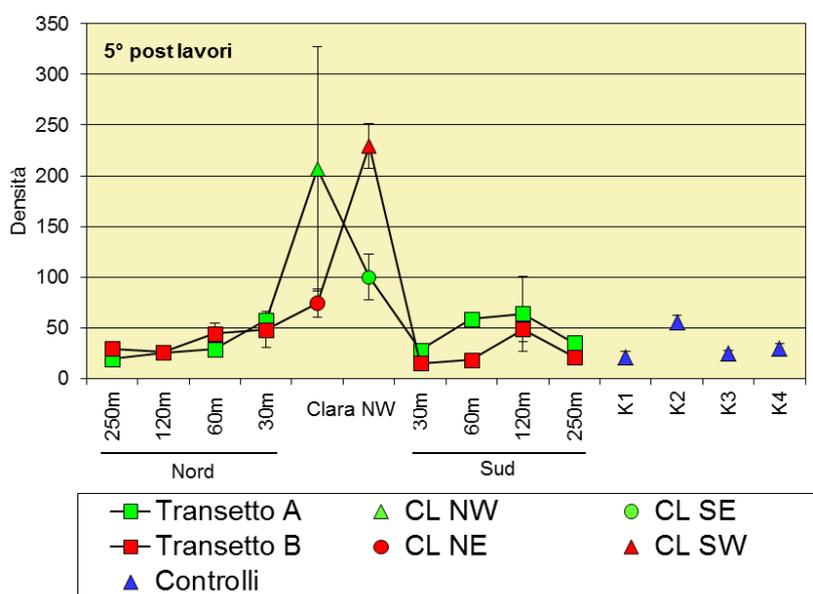


Fig. 3.40 – Densità (\pm e.s.) registrate presso i siti monitorati nell'inverno 2018.

I policheti della famiglia Paraonidae hanno rappresentato il taxon più numeroso sia nella maggior parte delle stazioni situate nell'area circostante la struttura che presso i controlli, assieme al gasteropode *Hyala vitrea* e al decapode *Callinassa subterranea* (Tab. 3-XXVI), confermando i risultati precedenti (Fabi *et al.*, 2018d). Da notare un forte incremento del mollusco *Anomia ephippium* nelle stazioni CL NW e A7 che, solo in questi siti, ha rappresentato il taxon più abbondante.

Tab. 3-XXVI – Lista e densità (n. ind/0,095 m²) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nell’inverno 2018. 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. AP = Biocenosi delle Alge Fotofile; C = Bioc. del Coralligeno; DC = Bioc. del Detritico Costiero; DE = Bioc. del Detritico infangato; HP = Bioc. delle praterie di Posidonia; Lim = limicolo; Lre = Larga Ripartizione Ecologica; Minut = minuticolo; ; Mixt = misticolo; MO = indicatore della presenza di materia organica; Sab = sabulicolo; SFBC = Bioc. delle Sabbie Fini Ben Calibrate; SGCF = Bioc. delle Ghiaie Fini sotto l’influsso delle Correnti di Fondo; SVMC = Bioc. delle Sabbie Infangate di Moda Calma. VB = Bioc. dei Fanghi Batiali; VTC = Bioc. dei Fanghi Terrigeni Costieri.

Stazione	Biocenosi	Transetto A									Transetto B									Controlli					
		A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Distanza dalla piattaforma (m)		250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	2000	2000	2000	2000
Briozoi																									
<i>Aetea truncata</i>	HP				0,33																				
Briozoa nd																0,67									
<i>Cellaria salicornioides</i>	Mixt			0,67	0,33																				
<i>Crisia</i> sp						0,33																			
<i>Schizoporella errata</i>	Lre					0,67	0,33				0,33	0,33				1,00									
<i>Scrupocellaria scruposa</i>	Sd					0,67			0,33	0,67									0,33	0,33					
<i>Triticella flava</i>			0,33		0,33			0,33	0,67		0,33	0,33	0,33				0,33	0,33	0,33	0,33					
Cnidari																									
Antozoi																									
Actiniaria nd							0,67																		
Anthozoa nd			0,33			0,67	0,67						0,67		1,33	0,33							0,33		
<i>Edwardsia clapedii</i>	SFBC					0,67	0,67	0,33					1,00		1,00		0,33	0,33	0,33				0,33		
<i>Epizoanthus</i> sp					1,00	7,67	2,33								1,67	2,67									
Idrozoi						0,67	0,33			0,33					1,00										
Hydroidea nd													0,33	0,33	1,00										
Crostei																									
Anfipodi																									
<i>Acidostoma nodiferum</i>	Lre					0,33			0,33						0,33										
<i>Ampelisca diadema</i>	DE		0,33			0,33			0,33	0,67					0,67						0,33	0,33	0,67	0,33	
<i>Amphithoe</i> sp														0,67											0,33
<i>Ericthonius punctatus</i>	HP					1,67																			
<i>Eriopisa elongata</i>	VB										0,33									0,67					
<i>Gammaropsis</i> sp				0,33												0,33				0,67					
<i>Harpinia dellavallei</i>	VTC	0,33	0,33			0,67				0,67			0,33	0,33					0,33				0,67	0,67	
<i>Jassa marmorata</i>	Lre															0,33									
<i>Leptocheirus guttatus</i>	Sm								0,67																
<i>Leucothoe incisa</i>	SFBC			0,33																0,67			0,33	0,33	0,33
<i>Leucothoe lilljeborgi</i>	MO									0,33		1,00	0,33	0,33				0,33			0,33	0,33	0,33	0,33	
<i>Orchomene grimaldii</i>	VTC			0,67				0,33												0,33					
<i>Othomaera schmidtii</i>	VB		0,67							0,33				0,67									0,33	0,33	
<i>Paraphoxus oculatus</i>	Mixt	0,33		0,33							0,33			1,00								1,00	0,33		
<i>Phtisica marina</i>	Lre																			0,33					
Cumacei										0,33			0,33	0,33	0,67	0,33									0,33
<i>Eudorella truncatula</i>	Mixt						0,67			0,67	0,33	0,33		0,67	0,67							0,33	0,67		
<i>Leucon mediterraneus</i>	C																					0,33	0,33		
<i>Alpheus glaber</i>	VTC		0,33			0,33					0,33			0,33	0,33	0,67	0,67					0,33			
<i>Anapagurus</i> sp								0,33							0,33	0,33									
<i>Athanas amazone</i>	Lim																								
<i>Callinassa subterranea</i>	Lim	4,67	2,33	0,67	2,33	1,67	2,33	2,33	1,33	2,00	2,33	4,00	1,67	1,33	0,33	1,00	1,00	1,00	1,33	1,67	2,00	5,67	2,67	2,33	
<i>Eurynome aspera</i>	DC																								
<i>Galathea intermedia</i>	C					0,67									0,33										
<i>Galathea</i> sp						0,33				0,33															
<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC	0,67	0,33		0,67		0,67	0,67	1,33		0,33	0,33	0,67	0,33	0,67	0,33	1,00	0,33	0,33	1,00	1,00			1,00	
<i>Jaxea nocturna</i>	VTC									0,33															
<i>Liocarcinus maculatus</i>	Sab														0,33										
<i>Monodaeus couchi</i>	Lre														0,33										
<i>Processa</i> sp																									
<i>Eurydice</i> sp															0,33										
<i>Gnathia</i> sp								0,67							0,33	0,33									
Ostracodi																									
Ostracoda nd													0,667												
<i>Apeudes spinosus</i>	HP										0,33									0,33					0,33
<i>Leptognathia</i> sp																									
Echinodermi																									
Echinoidei																									
<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>	VB				0,67										0,33							0,33	0,33		
Ofiuroidi																									
<i>Amphiura chiajei</i>	VTC					1,00			0,33						2,33	1,00		0,67	0,33						
Oloturoidei						0,33																			
Holothuriodea nd																									

Tab. 3-XXVI – Continuo.

Stazione	Distanza dalla piattaforma (m)	Biocenosi	Transetto A									Transetto B								Controlli								
			A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4		
Echinodermi			250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	2000	2000	2000	2000		
Oloturoidei	<i>Labidoplax digitata</i>	VTC																										
Molluschi																												
Bivalvi	<i>Anomia ephippium</i>	Lre						102,33			14,67															0,33		
	<i>Azorinus chamosolen</i>	Mixt																										
	<i>Hiatella arctica</i>	Sd					0,33																					
	<i>Hiatella rugosa</i>	Sd																										
	<i>Kelliella abyssicola</i>	Sm									0,33																	
	<i>Kurtiella bidentata</i>	VTC					0,33																					
	<i>Modiolarca subpicta</i>	AP				0,33					0,67																	
	<i>Modiolula phaseolina</i>	DC																										
	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Lre																										
	<i>Neopycnodonte cochlear</i>	Sd																										
	<i>Nucula nitidosa</i>	Lim				0,33																						
	<i>Parvicardium minimum</i>	Mixt																										
	<i>Striarca lactea</i>	Sd																										
	<i>Thyasira biplicata</i>	Lim				0,33	0,33	1,00			1,00																	
	<i>Thyasira succisa</i>	Lim						0,33																				
Caudofoveati	<i>Falci dens gutturosus</i>	Lim				0,33	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33																	
Gastropodi	<i>Hyala vitrea</i>	VTC	1,67	2,67	3,33	5,33	2,00	1,00	0,67	6,00	3,00	1,00	3,33	1,33	1,67													
	<i>Mangelia coarctata</i>	Sm																										
	<i>Odostomia</i> sp																											
	<i>Turritella communis</i>	VTC	0,33										1,00															
Nemertini																												
	Nemertea nd		0,67	0,33	0,33	0,33	2,67	6,00	1,00	1,00	1,00				0,67	1,33	2,33	6,33	6,00	0,33	0,33	1,67				1,00	1,33	0,67
Pantopoda																												
	Pycnogonida nd																											
Platelminti																												
	Platelminta nd						0,67																					
Policheti																												
	<i>Ampharete acutifrons</i>	VTC				0,33			0,33	0,33					0,67	0,33	0,67											
	Ampharetidae nd				0,33		0,33		0,33	0,33						0,33												
	<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>	VB				0,67		0,67	0,33	1,33		0,67			0,33											0,33		
	<i>Aphelochaeta filiformis</i>	MO	1,33	1,00	3,33	1,33	2,67	3,67	1,33	4,33	3,00	3,00	2,67	1,33	2,33	0,67	0,33	4,00	0,33	0,67	3,00	0,67	1,67	4,33	1,33	3,00	0,33	
	<i>Aphelochaeta marioni</i>	MO	0,67	0,33	0,33	0,33	1,67	1,33		1,33	0,33	0,33	0,33	0,33	1,67	0,67	1,00	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	1,33				
	Capitellidae nd		0,33	0,33			0,33																					
	Chaetopteridae nd																											
	<i>Chaetozone caputesocis</i>	Lim	0,67				0,33			0,33	0,67	0,33		0,33	0,33	0,67									0,33	0,33	0,33	
	<i>Chloeia venusta</i>	DC																										
	Cirratulidae nd			0,33					0,33	0,33	0,33	0,67	0,67	0,33	0,33											0,33		
	<i>Cossura soyeri</i>	Lim					0,33	1,00		0,33																		
	<i>Ditrupa arietina</i>	MI									3,33																	
	<i>Dorvillea rudolphii</i>	HP						0,67																				
	<i>Eunice vittata</i>	Lre																										
	<i>Glycera alba</i>	Lim		0,33	0,67					0,33	0,33																	
	<i>Glycera rouxii</i>	MO				0,33	0,67																					
	<i>Glycera</i> sp						0,67																					
	<i>Glycera tessellata</i>	Sd				1,00	2,00	0,67		0,67		0,33			1,00	0,33									0,67	0,33	0,33	
	<i>Glycera tridactyla</i>	SFBC						0,33							0,33										0,33			
	<i>Harmothoe</i> sp			0,33	0,33		2,67	1,33	0,33	1,00	1,00				0,33									0,33	0,33			
	<i>Hydroides elegans</i>	Sd									0,67																	
	<i>Hydroides norvegicus</i>	Sd																										
	<i>Labioleanira yhleni</i>	VTC																										
	<i>Lumbrineris gracilis</i>	Sab		0,67	0,67		0,33						0,33													0,67	0,33	

Tab. 3-XXVI – Continuo.

Stazione	Biocenosi	Transetto A									Transetto B									Controlli					
		A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Distanza dalla piattaforma (m)		250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	2000	2000	2000	2000
Policheti																									
<i>Magelona alleni</i>	VTC						1,00		0,33																
Maldanidae nd					0,33																0,33				
<i>Malmgreniella lunulata</i>	DE						0,33																		
<i>Marphysa bellii</i>	Lim			1,00	0,67	0,33	0,33	0,67	0,67	1,00	1,00	0,33	1,33	2,33	0,33	1,33	2,33		0,33	1,33	0,67	1,67	0,67	1,00	1,00
<i>Melinna palmata</i>	Minut								0,33					0,33											
<i>Minuspio cirrifera</i>	MO				0,33	2,67	0,67										0,33								
<i>Nephtys hombergi</i>	SFBC													0,33	0,33										
<i>Nephtys hystrix</i>	VTC				0,33		0,33								0,33	0,33	0,67	2,67						1,00	
Nereididae nd					0,33	1,00	0,33							0,33	0,33	0,67	2,67								
<i>Ninoe</i> sp		1,00	0,33	0,33	0,33	0,67	1,00	0,33	1,00	0,33		0,33	0,33	0,67	1,33	1,67	3,33					0,33	0,33	0,67	0,67
<i>Notomastus aberans</i>	MO									0,67						0,33	0,33	0,67	0,67					0,67	
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	Lim		0,33				0,33	0,67	0,67			0,33		1,33	2,00	0,33	1,33	0,33	0,33	0,67		0,33	1,00	0,33	
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Sab			0,33		0,67	1,00	0,33		0,33		1,00		0,67	0,33	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33				0,33	0,33
<i>Owenia fusiformis</i>	SFBC																0,33								0,33
<i>Panthalis oerstedii</i>	VB				0,33																				
<i>Paradiopatra calliopae</i>	Lim		0,33	0,67		0,67	1,33	1,67	3,33	1,67	1,00	0,33	1,00	3,00	1,33	2,00	0,33	0,67	0,33	1,33	1,00	0,33	0,67		0,33
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	MO	0,67		1,00	1,00	0,33	0,67	0,33	2,00	1,00	0,33	0,33		1,33	1,33	1,33	0,33	1,33	0,67	0,67	0,67	0,67	1,67	0,33	0,67
Paraonidae nd		4,33	10,00	9,33	31,00	50,67	46,67	11,00	17,67	12,67	14,33	7,33	9,33	9,33	21,67	32,33	146,33	4,67	4,67	19,67	7,00	7,33	14,33	7,67	10,00
<i>Paraprionospio pinnata</i>	VTC																0,33								
<i>Pectinaria koreni</i>	Sab				0,33				0,33																
<i>Phylo norvegica</i>	Lim																							0,33	
Pilargidae nd		0,33	0,33			1,67	2,00		1,00	1,33	1,67	2,33	1,00		0,33	1,00	0,33		0,33	1,33	1,00		2,00	0,67	1,00
<i>Pilargis verrucosa</i>	Sab																							0,67	
<i>Polydantes maxillosus</i>	DE																								0,33
<i>Pomatoceros triqueter</i>	Sd					0,33											0,33								
<i>Prionospio</i> sp		1,00	0,33	1,00	0,67	0,33		0,33	0,67					0,33	0,33	0,33	0,33	0,67					0,33		
Sabellidae nd						0,33											0,67								
<i>Scoletoma fragilis</i>	Lim																								
<i>Scoletoma impatiens</i>	Mixt			0,67	0,33					0,67		0,33								0,67					
<i>Scoletoma</i> sp			0,67		0,33				0,33	0,67										0,33	0,67		0,33	1,00	
<i>Scoloplos armiger</i>	Lre		0,33						0,33	0,33	1,00	1,00	0,67						1,00	0,67	1,33	3,33	0,33	0,33	
<i>Serpula concharum</i>	Sd									0,67															
<i>Serpula vermicularis</i>	AP				0,33																				
<i>Sigambra tentaculata</i>	Mixt						0,67								0,33	0,67	0,67								
Spionidae nd		0,33	0,67		2,00	6,33	11,33	1,33	2,00	0,67	0,33		1,00	2,33	1,33	4,67	16,00	0,67		0,67	1,00		1,00		
<i>Spiophanes bombyx</i>	SFBC									0,33		0,33	0,67										1,00	0,33	
<i>Sternaspis scutata</i>	VTC					0,67	0,33	0,33	1,33					0,33	0,67	0,33	0,33								0,33
<i>Syllis</i> sp							0,33									1,00								0,33	
Terebellidae nd						0,67						0,33							0,33						
<i>Terebellides stroemi</i>	MO																								0,33
Sipunculidi																									
<i>Aspidosiphon muelleri</i>	MO																0,33								
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	VB	0,33	0,33	1,67	1,33		2,33		0,33	1,00	3,00	0,33	0,33	0,33	0,67	0,67	0,33	0,67		0,67	0,33	1,33	3,00	0,33	1,33
<i>Sipuncula</i> nd		0,33		0,33	1,00	1,33	0,67	1,67	2,00	1,33	0,67	0,33	1,00	0,67	1,67	1,00	0,67	0,67		0,33	0,33	0,67	1,00	0,33	0,33
Densità totale		19,33	25,67	29,00	58,00	206,67	100,00	28,00	59,00	64,00	35,33	29,33	26,33	44,33	48,33	74,33	229,33	15,33	18,67	48,67	21,33	20,67	55,67	24,67	29,33
Ricchezza specifica totale		18	28	25	36	50	43	26	41	41	27	25	26	45	41	45	67	20	24	33	24	18	42	27	20

Per quanto riguarda la biomassa (fig. 3.41; Tab. 3-XXVII), analogamente ai survey già effettuati (Fabi *et al.*, 2018d) nell'inverno 2018 sono stati rilevati in generale valori piuttosto bassi e confrontabili sia nell'area circostante la piattaforma, sia ai controlli, con alcuni picchi. Questi ultimi hanno riguardato i siti A4 ($58,10 \pm 29,10$ gr/0,095 m²), B5 e K1 ($37,52 \pm 35,44$ e $27,94 \pm 27,77$ gr/0,095 m² rispettivamente), e sono stati determinati dal rinvenimento di un esemplare del riccio di mare *Brissopsis atlantica mediterranea* (fig. 3.42).

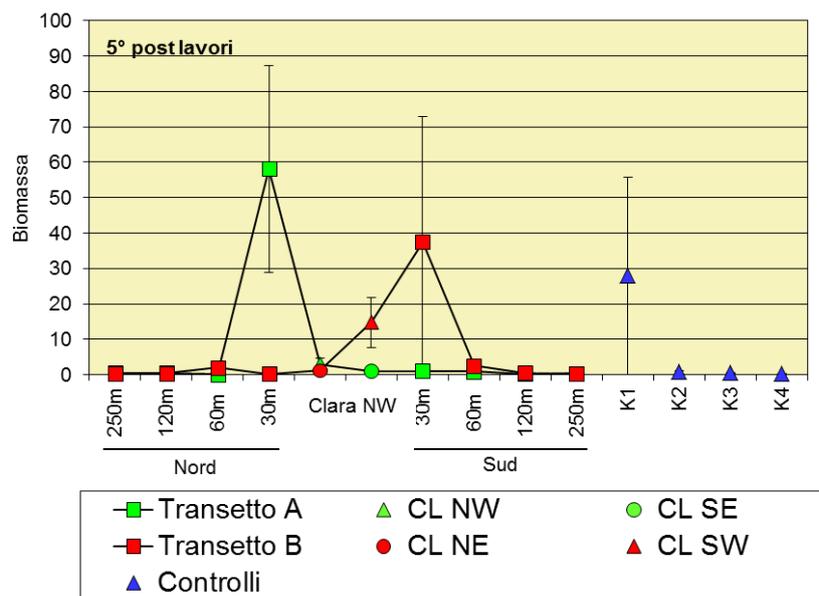


Fig. 3.41 – Biomassa (\pm e.s.) registrata presso i siti monitorati nell'inverno 2018.



Fig. 3.42 – Esempolari di *B. atlantica mediterranea* rinvenuti nei siti B5 e K1 nell'inverno 2018.

Tab. 3-XXVII – Lista e biomassa (gr. 0,095 m⁻²) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 5° survey post lavori. * = <0,001 gr/0,095 m².

Stazione	Transecto A										Transecto B								Controlli					
	A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Distanza dalla piattaforma (m)	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	2000	2000	2000	2000
Briozoi																								
<i>Aetea truncata</i>				*																				
<i>Briozoa nd</i>																0.001								
<i>Cellaria salicornioides</i>			0.004	0.001	*																			
<i>Crisia sp</i>					*																			
<i>Schizoporella errata</i>					1.827	0.174			*		0.002					0.033								
<i>Scrupocellaria scruposa</i>				*	*		*	*	*		*	*						*	*	*				
<i>Triticella flava</i>		*		*	*		*	*	*		*	*						*	*	*				
Cnidari																								
Antozoi																								
<i>Actiniaria nd</i>						0.001																	*	
<i>Anthozoa nd</i>		0.058			0.005	0.001							*		0.004	*							*	
<i>Edwardsia clapedii</i>					0.143	0.130							0.437		0.016		0.243	0.184	0.136			0.109		
<i>Epizoanthus sp</i>				0.002	0.019	0.021									0.005	0.049								
<i>Hydroidea nd</i>				*	*			0.003					0.001	*	0.002									
Crostei																								
Anfipodi																								
<i>Acidostoma nodiferum</i>					*			0.001								0.002			*		0.001	0.001	*	
<i>Ampelisca diadema</i>		*			0.002			*	0.001							*						*	*	*
<i>Amphithoe sp</i>																							*	*
<i>Ericthonius punctatus</i>					0.001																			
<i>Eriopisa elongata</i>									*										*				*	*
<i>Gammaropsis sp</i>			*														*		*			*	*	*
<i>Harpinia dellavallei</i>	*	0.001			*				*			*	*						*			*	*	*
<i>Jassa marmorata</i>																0.001								
<i>Leptocheirus guttatus</i>								*											*			*	*	*
<i>Leucothoe incisa</i>			*															*	*			*	*	*
<i>Leucothoe lilljeborgi</i>									*		0.001	*	*					*	*	*	*	*	*	*
<i>Orchomene grimaldii</i>			*			*													*	*		*	*	*
<i>Othomaera schmidtii</i>		0.002						0.005					0.002	*					*	*		0.003	*	*
<i>Paraphoxus oculatus</i>	*		*						*				*				*		*	*		*	*	*
<i>Phtisica marina</i>																*			*	*		*	*	*
Cumacei																								
<i>Cumacea nd</i>									*			*	*	*	*	*			*	*		*	*	*
<i>Eudorella truncatula</i>						*			*	*	*	*	*	*	*	*			*	*		*	*	*
<i>Leucon mediterraneus</i>									*	*	*	*	*	*	*	*			*	*		*	*	*
Decapodi																								
<i>Alpheus glaber</i>		0.127			0.039				0.193				0.138	0.033	0.249	0.019			0.133					
<i>Anapagurus sp</i>							0.001						*		0.002				*	*		*	*	*
<i>Athanas amazone</i>													0.007		0.002				*	*		*	*	*
<i>Callinassa subterranea</i>	0.043	0.018	0.008	0.013	0.020	0.019	0.005	0.012	0.032	0.029	0.043	0.026	0.003	0.000	0.007	0.032	0.002	0.007	0.014	0.015	0.017	0.065	0.057	0.009
<i>Eurynome aspera</i>															0.001	0.001								
<i>Galathea intermedia</i>					0.017										0.002	0.003								
<i>Galathea sp</i>				*	*			0.002																
<i>Goneplax rhomboides</i>	0.302	0.004		0.092	0.477	0.735	0.601		0.055	0.104	0.165	0.339	0.008	0.005	0.628	0.066	0.158	0.135	0.109		0.008			
<i>Jaxea nocturna</i>																								
<i>Liocarcinus maculatus</i>															0.001	0.077								
<i>Monodaeus couchi</i>													0.054		0.001	0.001								
<i>Processa sp</i>																						0.001		
Isopodi																								
<i>Eurydice sp</i>																*			*	*				
<i>Gnathia sp</i>								*							*	*			*	*				
Ostracodi																								
<i>Ostracoda nd</i>												*												
Tanaidacei																								
<i>Apeudes spinosus</i>																			0.001				*	*
<i>Leptognathia sp</i>									*															
Echinodermi																								
<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>				57.170											0.126	0.126	37.163	2.026			27.762	0.371		
<i>Ofiuroidei</i>					0.056		0.028						0.001	0.032	0.077	0.032								
<i>Oloturoidei</i>																								
<i>Holothurioidea nd</i>				0.849																				
<i>Labidoplax digitata</i>																		0.031					0.180	

Tab. 3-XXVII – Continuo.

Stazione	Transetto A										Transetto B								Controlli					
	A1	A2	A3	A4	CL NW/CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE/CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4		
Distanza dalla piattaforma (m)	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	2000	2000	2000	2000
Molluschi																								
Bivalvi																								
<i>Anomia ephippium</i>					0.023				0.034															
<i>Azorinus chamasolen</i>																								
<i>Hiatella arctica</i>					*																			
<i>Hiatella rugosa</i>																								
<i>Kelliella abyssicola</i>									*															
<i>Kurtiella bidentata</i>				*		0.001			*															
<i>Modiolarca subpicta</i>			*	*					*															
<i>Modiolula phaseolina</i>																								
<i>Mytilus galloprovincialis</i>						*																		
<i>Neopycnodonte cochlear</i>									0.005															
<i>Nucula nitidosa</i>			*											*										
<i>Parvicardium minimum</i>																								
<i>Striarca lactea</i>																								
<i>Thyasira biplicata</i>				0.008	0.016	0.014		0.001																
<i>Thyasira succisa</i>					*	*		*	*					*	*									
Caudofoveati				*	*	*	*	*	*					*	*									
<i>Falcidens gutturosus</i>																								
Gastropodi																								
<i>Hyala vitrea</i>	0.002	0.003	0.002	0.003	0.002	*	*	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	*	*	0.007	0.001	0.002	0.004	0.001	0.001	0.002	0.002	0.005
<i>Mangelia coarctata</i>																								
<i>Odostomia sp</i>																								
<i>Turritella communis</i>	0.121										0.212													
Nemertini																								
<i>Nemertea nd</i>	*	0.306	*	*	0.002	0.006	*	*	0.001		*	*	0.002	0.002	0.039	0.033	0.086	*			0.006	0.001	0.002	
Pantopoda																								
<i>Pycnogonida nd</i>														*										
Platelminti																								
<i>Platelminta nd</i>					0.002								0.001											
Policheti																								
<i>Ampharete acutifrons</i>				0.001		*	0.001						0.001	0.003	*	0.001								
<i>Ampharetidae nd</i>		*		*	*	*	0.007						0.003											
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>				*	*	*	*	*	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Aphelochaeta filiformis</i>	*	*	0.001	*	0.002	0.002	*	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	*	*	0.002	*	*	0.002	*	0.001	0.003	0.001	0.002	
<i>Aphelochaeta marioni</i>		0.002	*	*	0.003	0.002	*	*	*	*	*	*	*	0.001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Capitellidae nd</i>	*	0.003			0.026	0.005																		
<i>Chaetopteridae nd</i>																								
<i>Chaetozone caputesocis</i>	0.003					*		0.001	0.003	*		0.003	*	0.006	0.009	0.006	0.015	1.339	0.001			*	0.002	0.001
<i>Chloea venusta</i>																								
<i>Cirratulidae nd</i>		*					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Cossura soyeri</i>					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ditrupe arietina</i>									*															
<i>Dorvillea rudolphii</i>						*																		
<i>Eunice vittata</i>																								
<i>Glycera alba</i>		0.005	0.002						0.004	0.002									*					
<i>Glycera rouxii</i>				0.538	0.028	*			*	0.001				0.009	0.202	0.101	*		0.001	0.003	0.020	0.001	*	*
<i>Glycera sp</i>														0.048	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Glycera tessellata</i>				0.003	0.002	0.001	*		*					0.001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Glycera tridactyla</i>					0.030	*			*					0.012	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Harmothoe sp</i>		0.001	*		0.031	0.001	*	0.001	*					*	*	0.002	0.010	*	0.002		0.001	*	*	*
<i>Hydroides elegans</i>														*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Hydroides norvegicus</i>									0.001															
<i>Labioleanira yhleni</i>																								
<i>Lumbrineris gracilis</i>		*	*		*	*			*															
<i>Magelona allenii</i>																								
<i>Maldanidae nd</i>				0.006																				
<i>Malmgreniella lunulata</i>						0.004																		
<i>Marphysa bellii</i>		0.031	0.140	*	*	*	0.138	0.149	0.181	0.040	0.009	0.226	0.141	0.001	0.341	0.021		0.014	0.085	0.159	0.137	0.098	0.097	0.171
<i>Melinna palmata</i>						*		0.002																
<i>Minuspio cirrifera</i>				*	0.001	*																		
<i>Nephtys hombergi</i>																								
<i>Nephtys hystricis</i>				*		0.021								0.012		0.107						0.002		

Tab. 3-XXVII – Continuo.

Stazione	Transetto A										Transetto B								Controlli					
	A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Distanza dalla piattaforma (m)	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	2000	2000	2000	2000
Policheti																								
<i>Nereididae nd</i>				0.003	*	*								*	*									
<i>Ninoe sp</i>	0.007	0.003	0.005	0.003	*	0.020	*	*	*		0.002	0.002	*	0.009	0.005	0.005		0.004	0.007	*	0.001	0.007		
<i>Notomastus aberans</i>									0.005						0.004	0.008	0.003				*	0.006	*	
<i>Ophelina cylindricaudata</i>		*				*	*	*			*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ophiodromus flexuosus</i>			*		0.001	*	*	*	*		*		*	*	0.001	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Owenia fusiformis</i>															*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Panthalis oerstedii</i>				0.008											*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Paradiopatra calliopae</i>		*	0.001	*	0.001	0.002	0.001	0.005	0.007	0.001	*	0.004	0.004	0.001	0.009	*	*	0.001	0.002	0.002	*	0.001	*	*
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	*		*	*	*	*	0.001	0.001	0.001	*	*	*	0.001	*	0.001	0.001	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Paraonidae nd</i>	0.001	0.001	0.002	0.002	0.005	0.005	0.001	0.003	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.005	0.014	*	*	0.003	0.001	*	0.002	0.001	0.001
<i>Paraprionospio pinnata</i>															*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pectinaria koreni</i>				0.095				0.025																
<i>Phylo norvegica</i>																						0.007	*	*
<i>Pilargidae nd</i>	*	*			*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pilargis verrucosa</i>																						*	*	*
<i>Polyodontes maxillosus</i>																							0.099	
<i>Pomatoceros triqueter</i>					0.006											*								
<i>Prionospio sp</i>	0.001	*	0.001	*	0.001		*	*				*	*	*	*							*	*	*
<i>Sabellidae nd</i>					*									0.062										
<i>Scoletoma fragilis</i>																		0.005						
<i>Scoletoma impatiens</i>			*	0.002				*			*								*					
<i>Scoletoma sp</i>		0.009		0.002				0.007	*	*	*	*	*	*	*	*	*		0.003	0.001	*	0.002	0.008	*
<i>Scoloplos armiger</i>		*						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	0.001	*	*
<i>Serpula concharum</i>																								
<i>Serpula vermicularis</i>					0.001																			
<i>Sigambra tentaculata</i>					*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Spionidae nd</i>	*	*		*	0.002	0.001	*	*	*	*	*	*	*	*	0.001	0.003	*		*	*	*	*	*	*
<i>Spiophanes bombyx</i>																								
<i>Sternaspis scutata</i>					0.004	0.056	0.013	0.081			*	0.001	0.001	0.082	0.001	0.350	*						0.001	0.006
<i>Syllis sp</i>					*										*								*	*
<i>Terebellidae nd</i>					0.067						0.010							*						
<i>Terebellides stroemi</i>																							0.005	
Sipunculidi																								
<i>Aspidosiphon muelleri</i>	*	*	0.002	0.002		0.002	*	*	0.004	0.001	*	0.001	0.001	*	*	0.001	*	*	*	0.001	0.002	0.001	0.002	
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	*	*	*	0.002	0.019	0.001	0.061	0.006	0.006	0.004	*	0.008	*	0.002	0.001	*	*	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	*	0.001
<i>Sipuncula nd</i>																								
Densità totale	0.479	0.544	0.060	58.094	3.030	1.059	1.085	0.943	0.306	0.332	0.388	0.437	1.963	0.253	1.143	14.813	37.515	2.521	0.528	0.297	27.942	0.731	0.461	0.200

3.6.2. AFFINITÀ BIOCENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE

I taxa di fondo mobile sono risultati i più rappresentati anche nell'inverno 2018 (Tab. 3-XXVIIIa e 3-XXVIIIb) come in tutti i precedenti monitoraggi (Fabi *et al.*, 2018d). Tra questi, le specie limicole (legate alla presenza di fango) hanno costituito il raggruppamento biocenotico più importante in tutte le stazioni sia in termini di numero di specie che di densità; uniche eccezioni sono state registrate in A7 e CL NW dove, a differenza dei campionamenti precedenti, è stato registrato un incremento del numero di individui appartenenti alla categoria Lre (larga ripartizione ecologica; Tab. 3-XXVIIIb), risultati i più numerosi in queste stazioni, per l'incremento del numero di individui appartenenti alla specie *A. ephippium*. Tra gli altri gruppi ecologici sono risultati ben rappresentati gli organismi indicatori della materia organica nei sedimenti (rinvenuti in tutte le stazioni campionate), dei sabulicoli e/o misticoli; tutti i rimanenti gruppi sono apparsi, ove presenti, meno importanti sia in termini di Ricchezza specifica che di densità.

Tab. 3-XXVIII – Numero di taxa (a) e di individui (b) rinvenuti nell’inverno 2018 suddivisi in base alla loro affinità biocenotica. In giallo sono indicati i gruppi più numerosi. Per la legenda si rimanda alla Tab. 3-XXVI.

a)

	Transetto A										Transetto B								Controlli					
	A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Substrato mobile non in letter. (Sm)								1	1					1										
Limicoli (Lim, VTC, VB, DL)	7	10	8	13	10	17	11	16	11	11	8	9	16	15	14	19	9	11	10	9	7	14	8	8
Sabulicoli (Sab, SFBC)		1	3	1	2	3	2	1	2	1	2	1	4	3	2	4	2	2	4	1		5	2	2
Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF)	1	1	3	2	1	3		1	4	2	2		3	3	1	3			2	1	1	3	2	
Indicatori di Materia Organica (MO)	2	2	3	5	5	4	2	3	5	3	4	3	5	3	4	7	2	4	4	5	5	4	4	3
Minuticoli (Minut)								1					1											
Fondi mobili instabili (MI)									1															
Substrato duro (Sd, HP, C, AP)			1	3	7	2		2	4				1	2	2	9			3			1	1	
Larga ripartizione ecologica (Lre)		1			3	2		2	2	2	2	1		1	1	6			1	1	1	1	1	1

b)

	Transetto A										Transetto B								Controlli					
	A1	A2	A3	A4	CL NW	CL SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	CL NE	CL SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Substrato mobile non in letter. (Sm)							0,67	0,33					0,33											
Limicoli (Lim, VTC, VB, DL)	8,67	8,00	9,00	13,67	7,67	14,67	8,33	19,33	11,33	10,67	10,00	7,33	14,00	10,00	11,00	23,67	6,00	9,00	12,33	7,00	6,67	16,33	7,67	11,67
Sabulicoli (Sab, SFBC)		0,67	1,33	0,33	1,00	2,00	0,67	0,33	0,67	0,33	1,33	0,67	2,33	1,00	1,67	1,33	0,67	0,67	2,00	0,33		2,67	0,67	0,67
Misticoli (Mixt, DC, DE, SGCF)	0,33	0,33	1,67	0,67	0,33	1,67		0,33	5,33	0,67	0,67		2,00	1,67	1,33	2,67			1,00	0,33	0,33	2,33	0,67	
Indicatori di Materia Organica (MO)	2,00	1,67	4,67	3,33	8,00	6,33	1,67	7,67	5,33	3,67	4,33	2,00	6,00	2,67	2,67	9,33	1,00	1,67	5,33	2,33	3,67	8,00	2,33	4,00
Minuticoli (Minut)							0,33						0,33											
Fondi mobili instabili (MI)								3,33																
Substrato duro (Sd, HP, C, AP)			0,33	1,67	6,00	1,33		0,67	5,33				1,00	0,67	0,67	4,67			1,00			0,33	0,33	
Larga ripartizione ecologica (Lre)		0,33			103,33	0,67		0,67	15,00	1,33	1,33	0,67		0,33	0,33	2,67			1,00	0,67	1,33	3,33	0,33	0,33

3.6.3. DOMINANZA

Per la rappresentazione grafica delle dominanze sono stati evidenziati i 29 taxa che complessivamente hanno costituito l'84% delle comunità rinvenute nell'inverno 2018, includendo i rimanenti nella categoria "altro" (fig. 3.43).

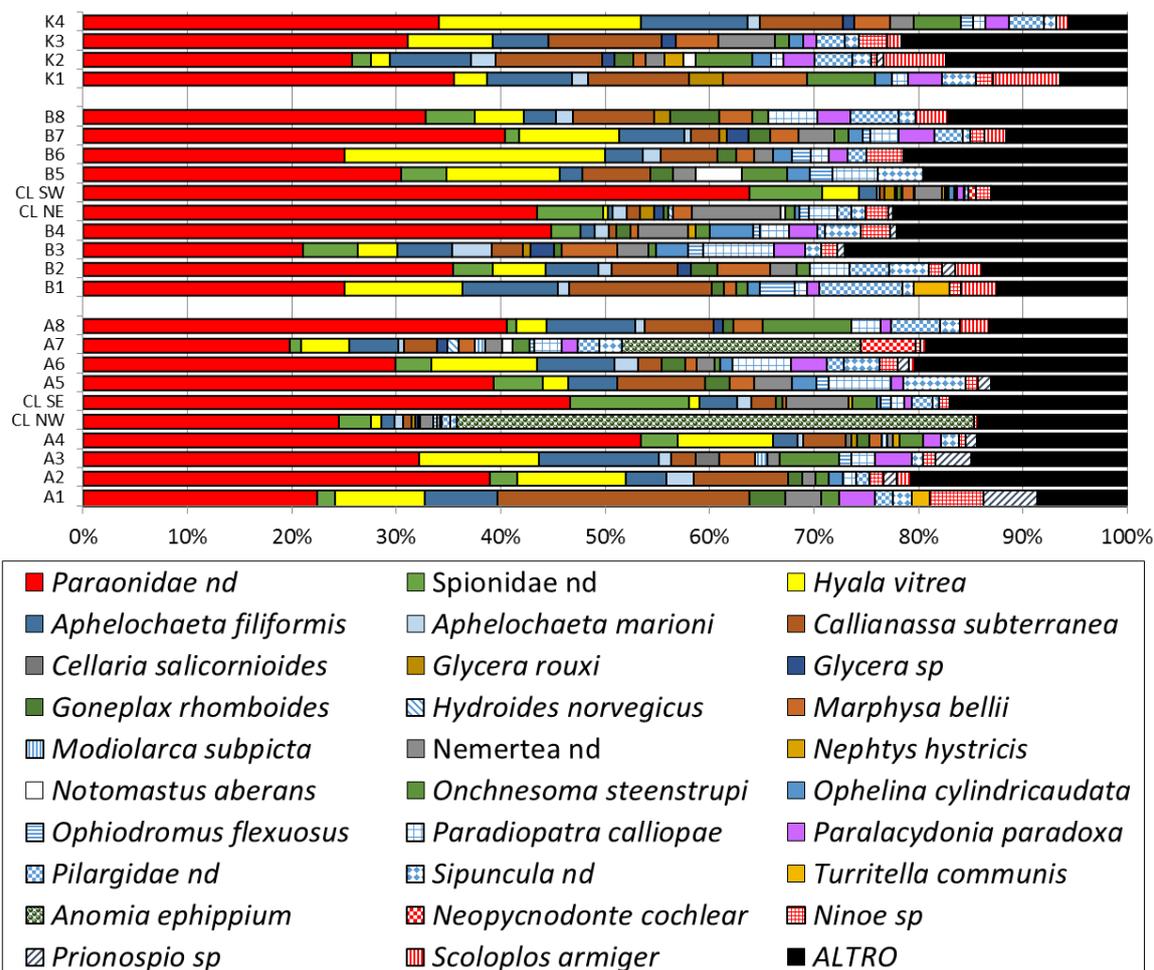


Fig. 3.43 - Valori percentuali di dominanza delle specie principali ottenuti nelle stazioni monitorate nell'inverno 2018.

Come anticipato nel Cap. 3.6.1., i policheti paraonidi hanno rappresentato il taxon più importante nella maggior parte delle stazioni come già precedentemente (Fabi *et al.*, 2018d), con un massimo in CL SW (63,81%). Essi sono risultati al secondo posto solo in A1 dove ha prevalso il decapode *C. subterranea* (22,41% e 24,14% rispettivamente), e in CL NW e A7 dove invece è risultato dominante *A. ehippium* rispettivamente con il 49,52% e il 22,92%. Gli altri taxa riportati in fig. 3.43 raramente hanno raggiunto o superato il 10%.

In generale, la ripartizione degli organismi tra le specie è risultata simile tra i siti campionati, come evidenziato dalle curve di dominanza cumulativa che appaiono piuttosto

raggruppate le une alle altre (fig. 3.44). Appare leggermente discostata solo la curva relativa a CL SW che, pur caratterizzata dalla netta dominanza dei paraonidi, ha presentato la maggiore Ricchezza specifica rispetto agli altri siti (cfr. Cap. 3.6.4.).

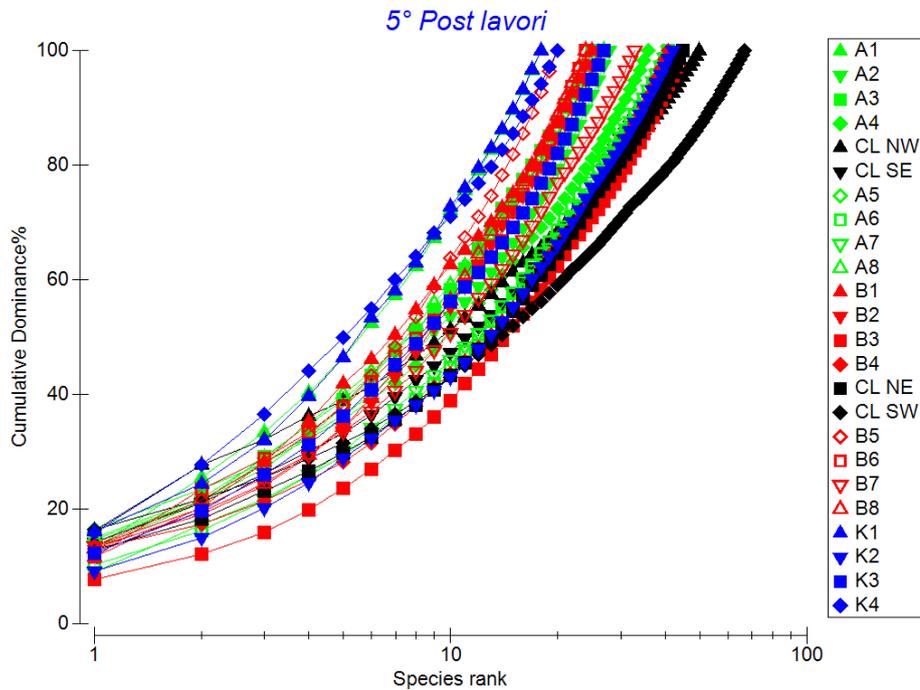


Fig. 3.44 - Curve di dominanza cumulativa ottenute per le stazioni campionate nell'inverno 2018.

3.6.4. RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S)

Nel 5° survey post lavori nell'area indagata sono stati rinvenuti complessivamente 141 taxa rappresentati principalmente da policheti (64), crostacei (35) e molluschi (20; Tab. 3-XXVI). Quanto registrato indica il proseguimento dell'arricchimento delle comunità nella fase di produzione della piattaforma (Fabi *et al.*, 2018d).

Per quanto concerne le singole stazioni (fig. 3.45), nell'inverno 2018 il valore maggiore è stato osservato in CL SW (67), corrispondente anche al massimo assoluto dell'intero periodo di indagine (Fabi *et al.*, 2018d). La Ricchezza specifica rilevata in questa stazione è stata decisamente superiore anche a quella degli altri siti posizionati nelle immediate vicinanze della piattaforma, dove l'indice è risultato compreso tra 43 e 50. Anche lungo i transetti, caratterizzati da trend non ben definiti, e ai controlli i range di valori sono apparsi piuttosto ampi, essendo compresi quello di A tra 18 e 41, quello di B tra 20 e 45 e quello dei siti K tra 18 e 42.

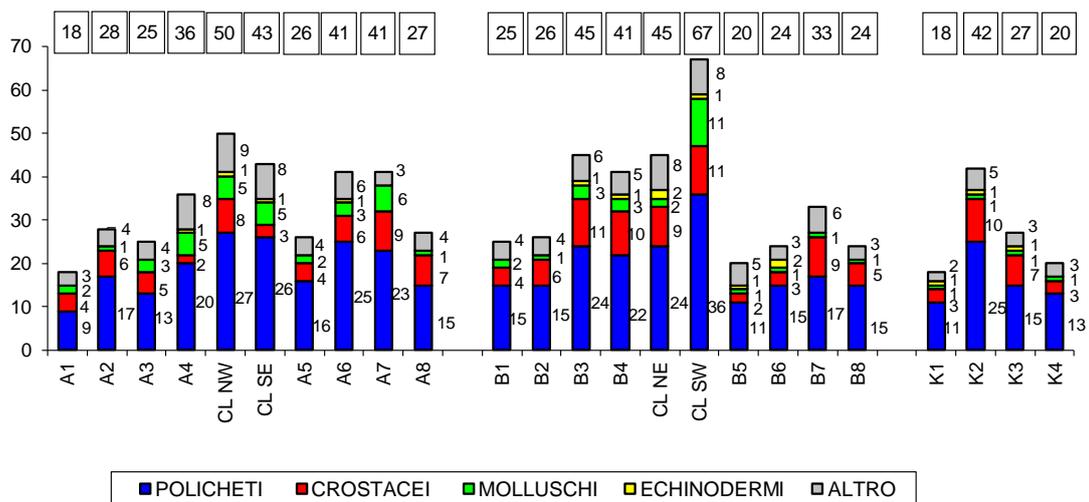


Fig. 3.45 - Ripartizione secondo il phylum di appartenenza delle specie rinvenute nelle singole stazioni campionate nell'inverno 2018. Sono anche riportati i valori della Ricchezza specifica totale ottenuti per i vari siti (riquadri).

3.6.5. RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA (S_m)

S_m ha presentato nell'inverno 2018 trend molto simili a quelli della Ricchezza specifica totale (fig. 3.46), evidenziando come l'indice precedente una certa variabilità tra le stazioni. Il massimo è stato rilevato ancora una volta in CL SW ($36,33 \pm 4,81$), corrispondente al massimo assoluto dell'intero periodo di monitoraggio (Fabi *et al.*, 2018d).

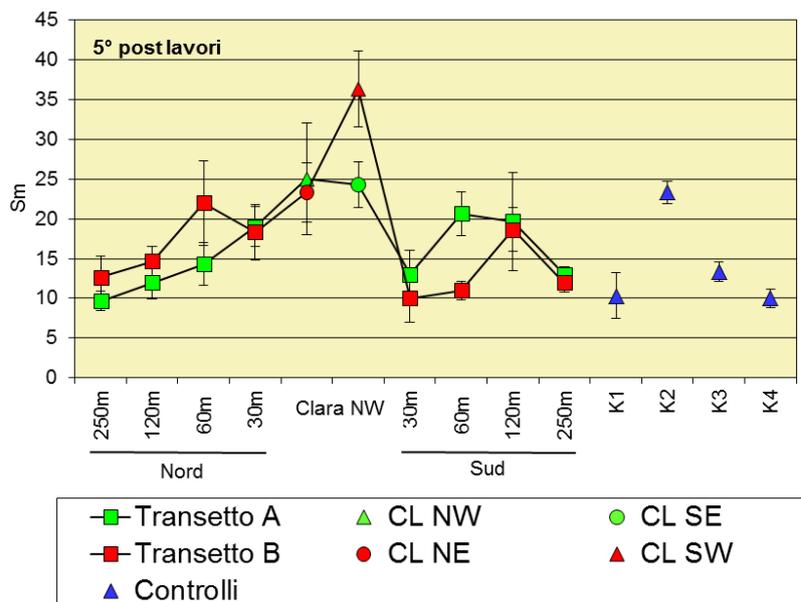


Fig. 3.46 – Ricchezza specifica media (\pm e.s.) registrata nell'inverno 2018.

Nelle altre stazioni CL i valori sono risultati decisamente inferiori e compresi tra $23,33 \pm 3,71$ (CL NE) e $25,00 \pm 7,02$ (CL NW). Lungo i transetti l'indice è apparso

comparabile nella maggior parte delle stazioni e compreso nel range dei controlli ($10,00 \pm 2,85 \leq S_m \leq 23,33 \pm 1,45$).

Rispetto all'estate 2017 è avvenuto un aumento in molti siti dei transetti e nei controlli K2 e K3.

3.6.6. DIVERSITÀ SPECIFICA (H')

Nell'inverno 2018 i valori minimo e massimo di H' sono stati rispettivamente registrati in CL NW ($1,47 \pm 0,10$) e B3 ($2,70 \pm 0,29$), determinati nel primo caso dalla forte dominanza di *A. ephippium* e dei policheti Paraonidae nd e, nel secondo, dall'elevata quantità di specie secondarie (fig. 3.47). Nelle altre stazioni CL e lungo i transetti le variazioni sono state determinate essenzialmente dall'andamento dei paraonidi. Anche in questo caso, non sono state rilevate discrepanze tra i controlli e la maggior parte degli altri siti. Rispetto al survey precedente (Fabi *et al.*, 2018d) non si evidenziano particolari variazioni eccetto il decremento in CL SE e in A5 per la maggiore dominanza dei paraonidi e l'aumento in B3 e K2 per le minori percentuali dello stesso taxon.

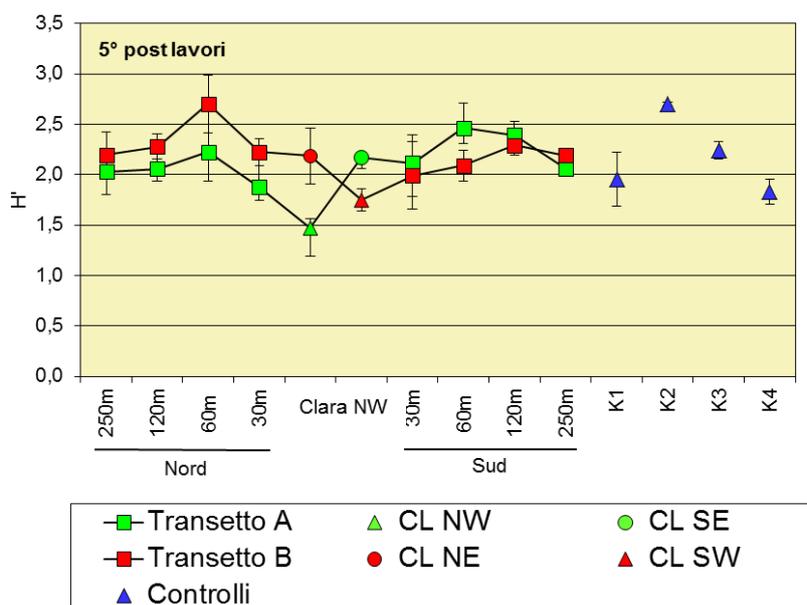


Fig. 3.47 - Diversità specifica (\pm e.s.) registrata nell'inverno 2018.

3.6.7. MULTIDIMENSIONAL SCALING (MDS)

Il MultiDimensional Scaling applicato ai dati di densità delle singole specie campionate nell'inverno 2018 ha evidenziato, con una similarità del 50%, una somiglianza tra le stazioni sotto la piattaforma, tra queste e quelle poste a 30-60 m di distanza e tra queste ultime e tutte le altre (fig. 3.48a). La parziale sovrapposizione dei tre cluster è stata

determinata dai taxa principali rinvenuti ovunque (figg. 3.48b e 3.48c); da rilevare che, tra questi, i quantitativi progressivamente ridotti dei paraonidi dai siti della piattaforma a quelli posti ad almeno 60 m di distanza hanno contribuito alla disposizione orizzontale dei cluster nel plot. Le stazioni corrispondenti alla piattaforma si sono poi distinte per la presenza esclusiva di organismi tipici di substrato duro quali *Mytilus galloprovincialis* e *Pomatoceros triqueter* (figg. 3.48d e 3.48e).

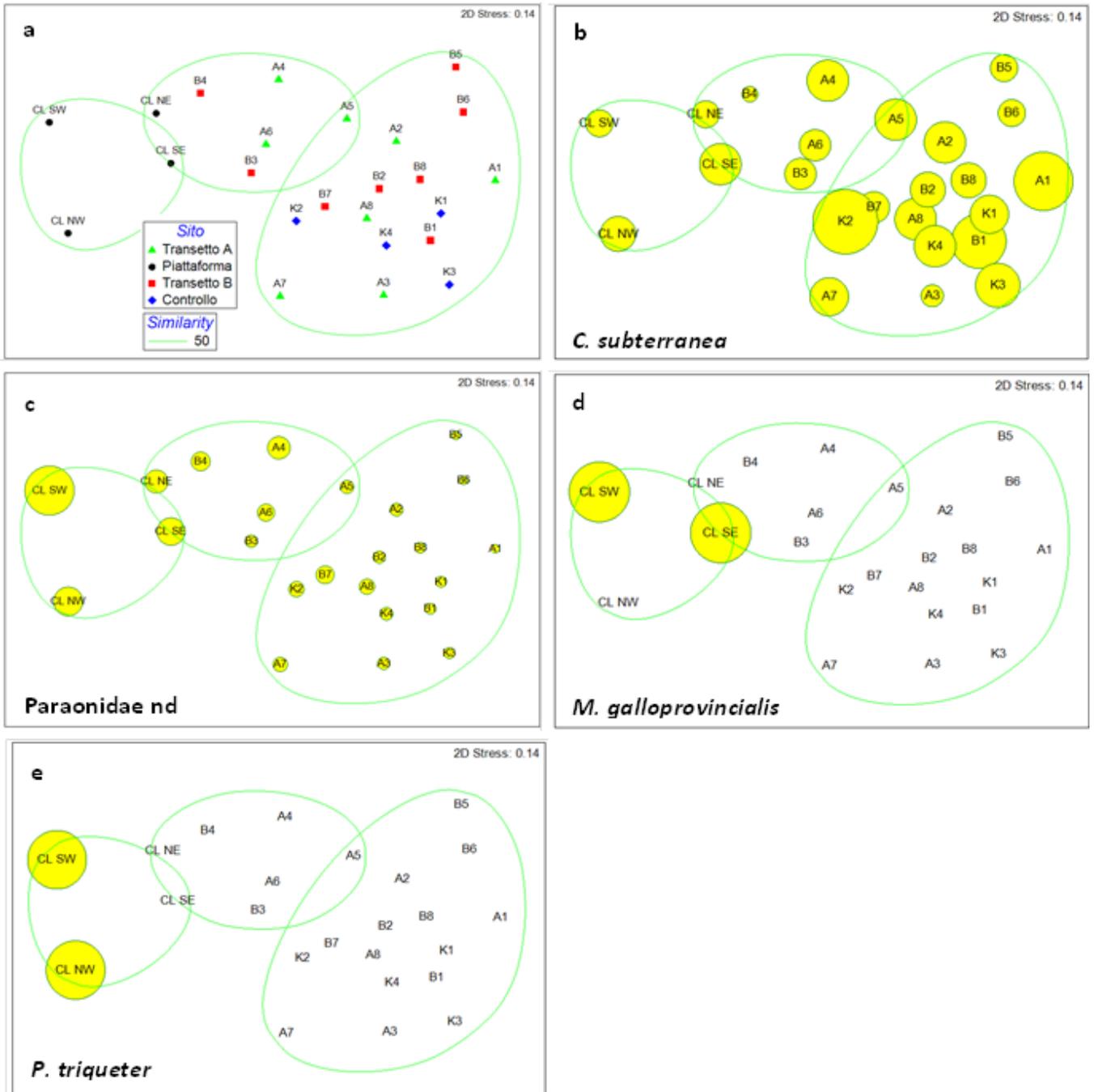


Fig. 3.48 – Rappresentazione bidimensionale dei siti campionati nell'inverno 2018 tramite il metodo del MultiDimensional Scaling. I cerchi gialli indicano i quantitativi in termini di densità delle singole specie.

3.6.8. VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE

3.6.8.1 Indice W di Clarke

Nel 5° survey post lavori questo indice ha evidenziato la presenza di un ambiente non disturbato nei siti B2, B5, B6, B8 e K1 e leggermente disturbato altrove (Tab. 3-XXIX).

Questi risultati praticamente confermano quanto osservato sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2018d), indicando un ulteriore miglioramento in alcune stazioni.

Tab. 3-XXIX – Valori dell’indice W di Clarke ottenuti per i siti monitorati nell’inverno 2018.

Stazione	W	Classificazione ambientale
A1	0,672	Leggermente disturbato
A2	0,685	Leggermente disturbato
A3	0,555	Leggermente disturbato
A4	0,688	Leggermente disturbato
CL NW	0,532	Leggermente disturbato
CL SE	0,567	Leggermente disturbato
A5	0,683	Leggermente disturbato
A6	0,650	Leggermente disturbato
A7	0,611	Leggermente disturbato
A8	0,624	Leggermente disturbato
B1	0,634	Leggermente disturbato
B2	0,701	Non disturbato
B3	0,688	Leggermente disturbato
B4	0,613	Leggermente disturbato
CL NE	0,594	Leggermente disturbato
CL SW	0,589	Leggermente disturbato
B5	0,799	Non disturbato
B6	0,746	Non disturbato
B7	0,602	Leggermente disturbato
B8	0,718	Non disturbato
K1	0,731	Non disturbato
K2	0,641	Leggermente disturbato
K3	0,648	Leggermente disturbato
K4	0,611	Leggermente disturbato

3.6.8.2 Indice AMBI

L’indice AMBI (Tab. 3-XXX) ha evidenziato una situazione di leggero disturbo ovunque tranne in CL NW dove l’ambiente è risultato “non disturbato”. Anche in questo caso, i risultati confermano essenzialmente quanto osservato sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2018d).

Nella maggior parte delle stazioni campionate sono risultate più importanti percentualmente le specie appartenenti al III gruppo ecologico (specie tolleranti a un eccessivo arricchimento organico nei sedimenti) ad eccezione dei siti CL NW e A7 dove le specie appartenenti al I gruppo ecologico (specie molto sensibili), tra le quali l’indice inserisce *A. ephippium*, hanno composto la maggior parte della popolazione. Anche il II gruppo ecologico è risultato ben rappresentato, con percentuali variabili tra il 4,4% in B5 e il 26,0% in B3; le rimanenti classi ecologiche sono risultate assenti o poco rappresentative

in tutte le stazioni.

Tab. 3-XXX – Suddivisione percentuale nei 5 gruppi ecologici (I = specie molto sensibili; II = specie indifferenti all’arricchimento organico; III = specie tolleranti; IV = specie opportuniste di II ordine; V = specie opportuniste di I ordine) delle specie rinvenute nei siti monitorati nell’inverno 2018 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
A1	20,0	12,7	61,8	3,6	1,8	2,318	Leggermente disturbato
A2	22,7	12,0	58,7	5,3	1,3	2,260	Leggermente disturbato
A3	26,8	19,5	50,0	3,7	0,0	1,957	Leggermente disturbato
A4	21,0	8,4	68,9	1,8	0,0	2,272	Leggermente disturbato
CL NW	60,7	5,2	31,7	2,3	0,2	1,141	Non disturbato
CL SE	12,7	8,7	73,9	4,7	0,0	2,559	Leggermente disturbato
A5	23,2	9,8	65,9	1,2	0,0	2,177	Leggermente disturbato
A6	30,1	11,0	54,3	4,6	0,0	2,003	Leggermente disturbato
A7	54,2	9,9	33,3	2,6	0,0	1,266	Leggermente disturbato
A8	25,7	7,6	61,9	4,8	0,0	2,186	Leggermente disturbato
B1	32,2	11,5	52,9	3,4	0,0	1,914	Leggermente disturbato
B2	25,3	8,0	62,7	4,0	0,0	2,180	Leggermente disturbato
B3	26,0	26,0	42,7	5,3	0,0	1,912	Leggermente disturbato
B4	21,1	15,5	57,0	6,3	0,0	2,229	Leggermente disturbato
CL NE	15,9	17,3	63,6	3,2	0,0	2,311	Leggermente disturbato
CL SW	10,2	9,0	78,2	2,5	0,1	2,602	Leggermente disturbato
B5	33,3	4,4	55,6	2,2	4,4	2,100	Leggermente disturbato
B6	40,0	14,5	41,8	3,6	0,0	1,636	Leggermente disturbato
B7	26,2	15,9	57,2	0,7	0,0	1,986	Leggermente disturbato
B8	25,4	15,9	54,0	4,8	0,0	2,071	Leggermente disturbato
K1	19,4	19,4	59,7	1,6	0,0	2,153	Leggermente disturbato
K2	24,2	13,9	58,2	3,6	0,0	2,118	Leggermente disturbato
K3	23,3	19,2	56,2	1,4	0,0	2,034	Leggermente disturbato
K4	31,8	8,0	56,8	3,4	0,0	1,977	Leggermente disturbato

3.6.8.3 Indice BENTIX

Nell’inverno 2018 l’indice BENTIX (Tab. 3-XXXI) ha fornito risultati identici all’AMBI e abbastanza simili al W di Clarke. L’analisi ha indicato la presenza di un ambiente leggermente disturbato ovunque ad eccezione della stazione CL NW, risultata non disturbata per l’elevata percentuale di specie classificate come sensibili dall’indice (63,55%).

Rispetto all’estate 2017 (Fabi *et al.*, 2018d), questi risultati suggeriscono un miglioramento in 10 stazioni tutte appartenenti ai transetti e nei quattro siti CL che, nel 4° post lavori di installazione, erano stati classificati come moderatamente disturbati. Gli ultimi risultati sono i migliori dell’intero periodo di indagine precedente pre-survey compreso.

Tab. 3-XXXI – Risultati dell'indice BENTIX e relativa classificazione del disturbo ambientale nei siti monitorati nell'inverno 2018.

Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale
A1	3,59	Leggermente disturbato
A2	2,99	Leggermente disturbato
A3	3,06	Leggermente disturbato
A4	2,83	Leggermente disturbato
CL NW	4,54	Non disturbato
CL SE	2,84	Leggermente disturbato
A5	3,33	Leggermente disturbato
A6	3,15	Leggermente disturbato
A7	4,08	Leggermente disturbato
A8	3,47	Leggermente disturbato
B1	3,55	Leggermente disturbato
B2	3,42	Leggermente disturbato
B3	3,62	Leggermente disturbato
B4	3,14	Leggermente disturbato
CL NE	3,17	Leggermente disturbato
CL SW	2,52	Leggermente disturbato
B5	3,30	Leggermente disturbato
B6	3,29	Leggermente disturbato
B7	3,01	Leggermente disturbato
B8	3,19	Leggermente disturbato
K1	3,48	Leggermente disturbato
K2	3,60	Leggermente disturbato
K3	3,51	Leggermente disturbato
K4	3,00	Leggermente disturbato

3.6.8.4 Stato ecologico

In Tab. 3-XXXII è riportato lo stato ecologico relativo alle diverse stazioni derivato dalla combinazione dei tre indici che, nell'ultimo monitoraggio, è risultato buono ovunque eccetto in CL NW in cui è apparso alto/buono.

Si tratta dei migliori risultati mai conseguiti sinora (Fabi *et al.*, 2018d).

Tab. 3-XXXII – Classificazione dello stato ecologico relativa al monitoraggio condotto nell'inverno 2018 derivata dalla combinazione dei tre differenti indici.

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

3.7. INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

3.7.1. CAMPIONAMENTI DI PESCA

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

Nel 1° semestre 2018 sono state censite complessivamente 27 specie (25 pesci e 2 crostacei), di cui 25 catturate attorno a Clara NW (23 pesci e 2 crostacei; Tab. 3-XXXIII).

Presso i due controlli, invece, sono state censite complessivamente 16 specie (13 pesci e 2 crostacei in C1; 8 pesci e 2 crostacei presso C2; Tabb. 3-XXXIV e 3-XXXV).

Tab. 3-XXXIII - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle specie catturate durante i campionamenti di pesca effettuati nel 1° semestre 2018 presso la **piattaforma Clara NW**. B = bentonico; NB = necto-bentonico; P = pelagico; AT = attratto dai substrati duri; PA= parzialmente attratto dai substrati duri; NA = non attratto dai substrati duri.

				Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile		Maggio		Giugno	
				N ind.	P(Kg)	N ind.	P(Kg)	N ind.	P(Kg)	N ind.	P(Kg)	N ind.	P(Kg)	N ind.	P(Kg)
Crostacei	<i>Nephrops norvegicus</i>	B	NA	5,01	0,87										
	<i>Parapenaeus longirostris</i>	B	NA			3,34	0,03	5,01	0,08						
Totale Crostacei				5,01	0,87	3,34	0,03	5,01	0,08						
Pesci	<i>Chelidonichthys lucerna</i>	B	NA			3,34	0,32								
	<i>Conger conger</i>	B	AT											1,68	0,03
	<i>Lophius budegassa</i>	B	NA			3,34	0,32								
	<i>Mullus barbatus</i>	B	NA	1,67	0,07										
	<i>Phycis phycis</i>	B	PA			1,67	0,15								
	<i>Raja asterias</i>	B	NA	1,67	1,53	10,03	6,94								
	<i>Scorpaena notata</i>	B	AT					1,67	0,08			1,67	0,21		
	<i>Scorpaena porcus</i>	B	AT					5,01	0,80	1,67	0,11	1,67	0,45	1,68	0,15
	<i>Scorpaena scrofa</i>	B	AT					1,67	0,30			1,67	0,46		
	<i>Solea solea</i>	B	NA			1,67	0,17								
	<i>Trachinus draco</i>	B	NA									6,69	0,75		
	<i>Uranoscopus scaber</i>	B	NA							1,67	0,33				
	<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA	5,01	1,75	3,34	1,18			1,67	0,86	1,67	0,52	1,68	0,64
	<i>Pagellus acarne</i>	NB	NA									1,67	0,14	6,71	0,30
	<i>Pagellus bogaraveo</i>	NB	PA									3,34	0,26	3,36	0,10
	<i>Pagellus erythrinus</i>	NB	PA									1,67	0,16		
	<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	NB	PA			5,01	0,32							6,71	0,17
	<i>Boops boops</i>	P	PA	26,74	2,33	63,51	6,25	43,45	3,82	1,67	0,09	6,69	0,52		
	<i>Engraulis encrasicolus</i>	P	NA	3,34	0,05	3,34	0,04							13,43	0,14
<i>Scomber japonicus</i>	P	PA									95,26	27,11	30,21	11,40	
<i>Spicara maena</i>	P	PA											1,68	0,05	
<i>Trachurus picturatus</i>	P	PA											1,68	0,28	
<i>Trachurus trachurus</i>	P	PA					1,67	0,10			3,34	0,21			
Pesci Totale				38,44	5,74	95,26	15,70	53,48	5,11	6,69	1,40	125,35	30,79	68,81	13,27
Totale				43,45	6,61	98,61	15,73	58,50	5,18	6,69	1,40	125,35	30,79	68,81	13,27

Tab. 3-XXXIV - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle specie catturate durante i campionamenti di pesca effettuati nel 1° semestre 2018 presso il **controllo C1**. B = bentonico; NB = necto-bentonico; P = pelagico; AT = attratto dai substrati duri; PA= parzialmente attratto dai substrati duri; NA = non attratto dai substrati duri.

				Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile		Maggio		Giugno	
				N ind.	P(Kg)	N ind.	P(Kg)	N ind.	P(Kg)	N ind.	P(Kg)	N ind.	P(Kg)	N ind.	P(Kg)
Crostei	<i>Nephrops norvegicus</i>	B	NA	1,67	0,56							1,67	0,14	3,33	0,49
	<i>Parapenaeus longirostris</i>	B	NA	1,67	0,02	1,67	0,02								
Totale Crostei				3,33	0,58	1,67	0,02					1,67	0,14	3,33	0,49
Pesci	<i>Chelidonichthys lucerna</i>	B	NA	1,67	0,25	1,67	0,21	1,67	0,22			1,67	0,33	3,33	0,58
	<i>Eutrigla gurnardus</i>	B	NA	1,67	0,07										
	<i>Lophius budegassa</i>	B	NA									1,67	0,15		
	<i>Raja asterias</i>	B	NA	6,67	5,79	3,33	2,19	1,67	1,92					3,33	3,10
	<i>Scorpaena notata</i>	B	AT							1,67	0,05				
	<i>Solea solea</i>	B	NA			1,67	0,17	1,67	0,34			1,67	0,32		
	<i>Trachinus draco</i>	B	NA			1,67	0,09								
	<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA	1,67	0,51	3,33	0,99								
	<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	NB	PA							1,67	0,03				
	<i>Alosa fallax fallax</i>	P	NA			1,67	1,17								
	<i>Boops boops</i>	P	PA			1,67	0,23								
	<i>Engraulis encrasicolus</i>	P	NA	1,67	0,02	3,33	0,05								
	<i>Scomber japonicus</i>	P	PA			1,67	0,29								
Pesci Totale				13,33	6,64	20,00	5,40	5,00	2,47	3,33	0,08	5,00	0,80	6,67	3,68
Totale				16,67	7,22	21,67	5,41	5,00	2,47	3,33	0,08	6,67	0,94	10,00	4,17

Tab. 3-XXXV - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle specie catturate durante i campionamenti di pesca effettuati nel 1° semestre 2018 presso il **controllo C2**. B = bentonico; NB = necto-bentonico; P = pelagico; AT = attratto dai substrati duri; PA= parzialmente attratto dai substrati duri; NA = non attratto dai substrati duri.

				Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile		Maggio		Giugno	
				N ind.	P(Kg)	N ind.	P(Kg)	N ind.	P(Kg)	N ind.	P(Kg)	N ind.	P(Kg)	N ind.	P(Kg)
Crostei	<i>Nephrops norvegicus</i>	B	NA									1,66	0,11	3,32	0,44
	<i>Parapenaeus longirostris</i>	B	NA	1,66	0,01										
Totale Crostei				1,66	0,01							1,66	0,11	3,32	0,44
Pesci	<i>Chelidonichthys lucerna</i>	B	NA					1,66	0,26						
	<i>Lophius budegassa</i>	B	NA											1,66	0,15
	<i>Raja asterias</i>	B	NA	6,64	5,26	11,62	9,30	3,32	2,31	4,98	4,22	6,64	4,75	1,66	1,78
	<i>Scorpaena notata</i>	B	AT					1,66	0,08			3,32	0,15		
	<i>Scorpaena porcus</i>	B	AT									1,66	0,23		
	<i>Solea solea</i>	B	NA	1,66	0,28			1,66	0,33						
	<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA									1,66	0,55		
	<i>Alosa fallax fallax</i>	P	NA			1,66	0,87								
Totale Pesci				8,30	5,54	13,28	10,18	8,30	2,98	4,98	4,22	13,28	5,68	3,32	1,93
Totale				9,96	5,55	13,28	10,18	8,30	2,98	4,98	4,22	14,94	5,80	6,64	2,37

Esclusivamente presso la piattaforma sono stati catturate 11 specie ittiche (*Conger conger*, *Mullus barbatus*, *Pagellus acarne*, *Pagellus erythrinus*, *Pagellus bogaraveo*, *Phycis phycis*, *Scorpaena scrofa*, *Spicara maena*, *Trachurus trachurus*, *Trachurus picturatus* e *Uranoscopus scaber*). *Eutrigla gurnardus* è risultata l'unica specie rinvenuta unicamente in C1, mentre non sono state censite specie esclusive in C2.

Il valore medio di Ricchezza specifica è risultato significativamente maggiore presso il sito di estrazione rispetto a C2 ma non rispetto a C1 (Tabb. 3-XXXVI e 3-XXXVII). In effetti, dagli andamenti mensili è emerso che Clara NW e C1 sono stati caratterizzati da valori di Ricchezza specifica praticamente identici a gennaio e febbraio (fig. 3.49). I trend temporali di questi due siti sono apparsi molto simili, presentando un aumento in febbraio, un

decremento sino ad aprile, una ripresa a maggio quando in piattaforma è stato raggiunto il massimo assoluto (11) e, infine, una lieve flessione a giugno. C2 ha avuto un andamento differente con continui decrementi e incrementi, ma anche in questo sito il massimo è stato registrato a maggio (5).

Tab. 3-XXXVI – Valori medi (\pm e.s.) ottenuti per i vari indici nel 1° semestre 2018 presso la piattaforma Clara NW e le due aree di controllo. N = n. ind/500m/12h; P = kg/500m/12h.

	Clara NW	Controllo 1	Controllo 2
S_m	7,83 \pm 1,64	4,83 \pm 1,76	3,00 \pm 0,81
H'	0,56 \pm 0,06	0,59 \pm 0,13	0,36 \pm 0,14
N	66,9 \pm 24,04	10,55 \pm 4,15	9,68 \pm 2,21
P	12,16 \pm 6,09	3,38 \pm 1,57	5,18 \pm 1,61

Tab. 3-XXXVII – Risultati del t-test applicato ai valori di Ricchezza specifica (S), diversità specifica (H'), abbondanza (N) e biomassa (P) ottenuti nel 1° semestre 2018.

S	Clara NW	C2
C1	0,13	0,44
C2	0,01*	
H	Clara NW	C2
C1	0,94	0,16
C2	0,26	
N	Clara NW	C2
C1	0,003**	0,99
C2	0,004**	
P	Clara NW	C2
C1	0,09	0,36
C2	0,68	



Fig. 3.49 - Ricchezza specifica ottenuta per la piattaforma Clara NW e per i due siti di controllo nel 1° semestre 2018.

Per la Diversità specifica, invece, non è stata riscontrata alcuna differenza tra i tre siti (Tabb. 3-XXXVI e 3-XXXVII).

Il trend di questo indice relativo alla piattaforma è risultato altalenante (fig. 3.50), ma il range dei valori non è apparso ampio essendo compreso tra 0,41 (marzo) e 0,75 (giugno). Gli andamenti dei due controlli sono apparsi molto simili a quelli della Ricchezza specifica. C1 ha mostrato un picco a febbraio (0,97), corrispondente al massimo assoluto del semestre, un decremento sino al minimo in aprile (0,30), una ripresa a maggio e un nuovo, lieve decremento a giugno. In C2 il trend è risultato più discontinuo con oscillazioni più ampie rispetto agli altri due siti. Ad aprile presso questo sito è stato ottenuto un valore nullo per la cattura di una sola specie (*Raja asterias*).

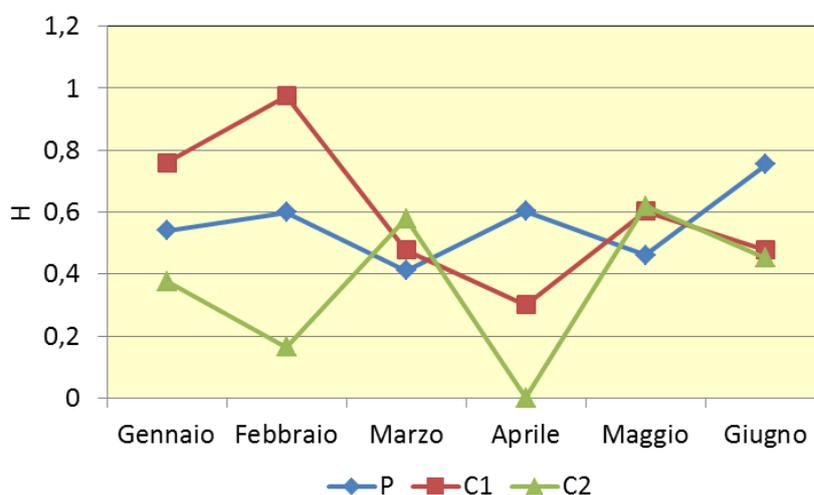


Fig. 3.50 - Diversità specifica ottenuta per la piattaforma Clara NW e per i due siti di controllo nel 1° semestre 2018.

3.7.1.2 Rendimenti di pesca e composizione delle catture

I rendimenti di pesca medi sono risultati significativamente più alti presso il sito di estrazione rispetto alle aree di controllo solo in termini numerici (Tabb. 3-XXXVI e 3-XXXVII).

In numero di individui (fig. 3.51) i rendimenti ottenuti presso Clara NW sono risultati sempre superiori ai due controlli tranne in aprile, quando anche presso la piattaforma è stato catturato un numero esiguo di individui (6,68 ind/500m/12h). Il massimo è stato raggiunto a maggio (125,35 ind/500m/12h). Nei controlli i trend sono risultati piuttosto omogenei e sovrapponibili, con valori piuttosto bassi (da 3,3 ind/500m/12h a 21,6 ind/500m/12h).

In termini ponderali, i rendimenti registrati presso il sito di estrazione sono risultati simili a

quelli dei due controlli a gennaio, marzo e aprile. A febbraio e negli ultimi due mesi, invece, i rendimenti ottenuti in piattaforma sono stati nettamente superiori; anche in peso il massimo assoluto presso la struttura è stato registrato a maggio (30,79 kg/500/12h).

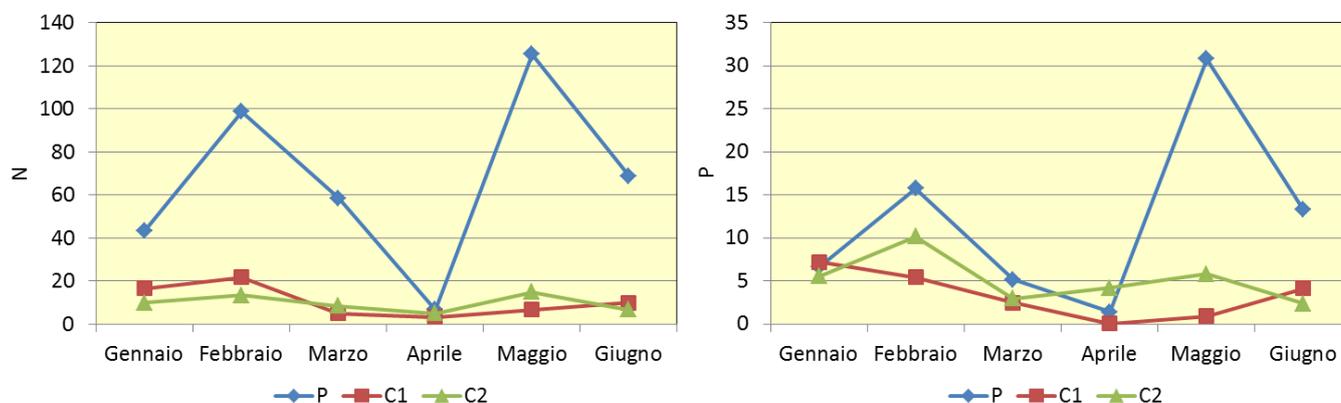


Fig. 3.51 - Rendimenti di pesca in termini numerici (N; n. ind/500m/12h) e ponderali (kg/500m/12h) registrati presso Clara NW e nelle zone di controllo nel 1° semestre 2018.

I pesci hanno costituito la frazione dominante (l'unica in C1) delle catture sia in termini numerici che ponderali (fig. 3.52).

Pesci bentonici – In totale sono state censite 13 specie ittiche appartenenti a questo gruppo. Nel sito di estrazione ne sono state rilevate 12, in C1 7 e in C2 6 (Tabb. 3-XXXIII - 3-XXXV). Presso Clara NW i pesci bentonici sono risultati sia numericamente (12,49%) che in termini ponderali (18,08%) i secondi per importanza. E' stata confermata la presenza nelle catture di specie bentoniche AT come nel periodo di indagine precedente (Fabi *et al.*, 2018d), rappresentate da *C. conger*, *S. notata*, *S. porcus* e *S. scrofa*. Sia in C1 che in C2 i bentonici hanno rappresentato il primo gruppo non solo in termini numerici (C1: 57,89%; C2: 82,86%), ma soprattutto ponderali (C1: 77,78%; C2: 93,59%), per il contributo nelle catture di *Raja asterias* in entrambi i siti.

Pesci necto-bentonici – Complessivamente sono state censite 5 specie ittiche necto-bentoniche, tutte presenti presso il sito di estrazione, 2 in C1 e 1 in C2 (Tabb. 3-XXXIII - 3-XXXV). Sia numericamente che ponderalmente la componente necto-bentonica è risultata la meno importante sia nei pressi della piattaforma (N: 10,43%; P: 8,79%) che in C1 (N: 10,53%; P: 7,55%); in C2 sono risultati a pari merito con i pelagici in numero (2,86%) e al terzo posto in peso (1,78%). Da sottolineare in C2 la sola presenza di *Merluccius merluccius* nel campionamento di maggio.

Pesci pelagici - In totale sono state censite 7 specie di cui 6 presso il sito di estrazione, 4 presso C1 e 1 presso C2 (Tabb. 3-XXXIII - 3-XXXV). I pesci pelagici hanno

rappresentato il gruppo più importante presso il sito di estrazione (N: 73,75%; P: 71,79%) per le abbondanti e costanti catture della specie PA *Boops boops* e per quelle di *Scomber japonicus* anch'esso PA, limitate però queste ultime ai mesi di maggio e giugno. Presso i controlli, invece, i pelagici hanno rappresentato il secondo gruppo per importanza nelle catture in C1 (N: 15,79%; P: 8,63%) e in C2 (N: 2,86% a pari merito con i necto-bentonici; P: 2,81%). Da sottolineare in C2 la presenza di una sola specie pelagica (*Alosa fallax*) rinvenuta solo nel campionamento di febbraio.

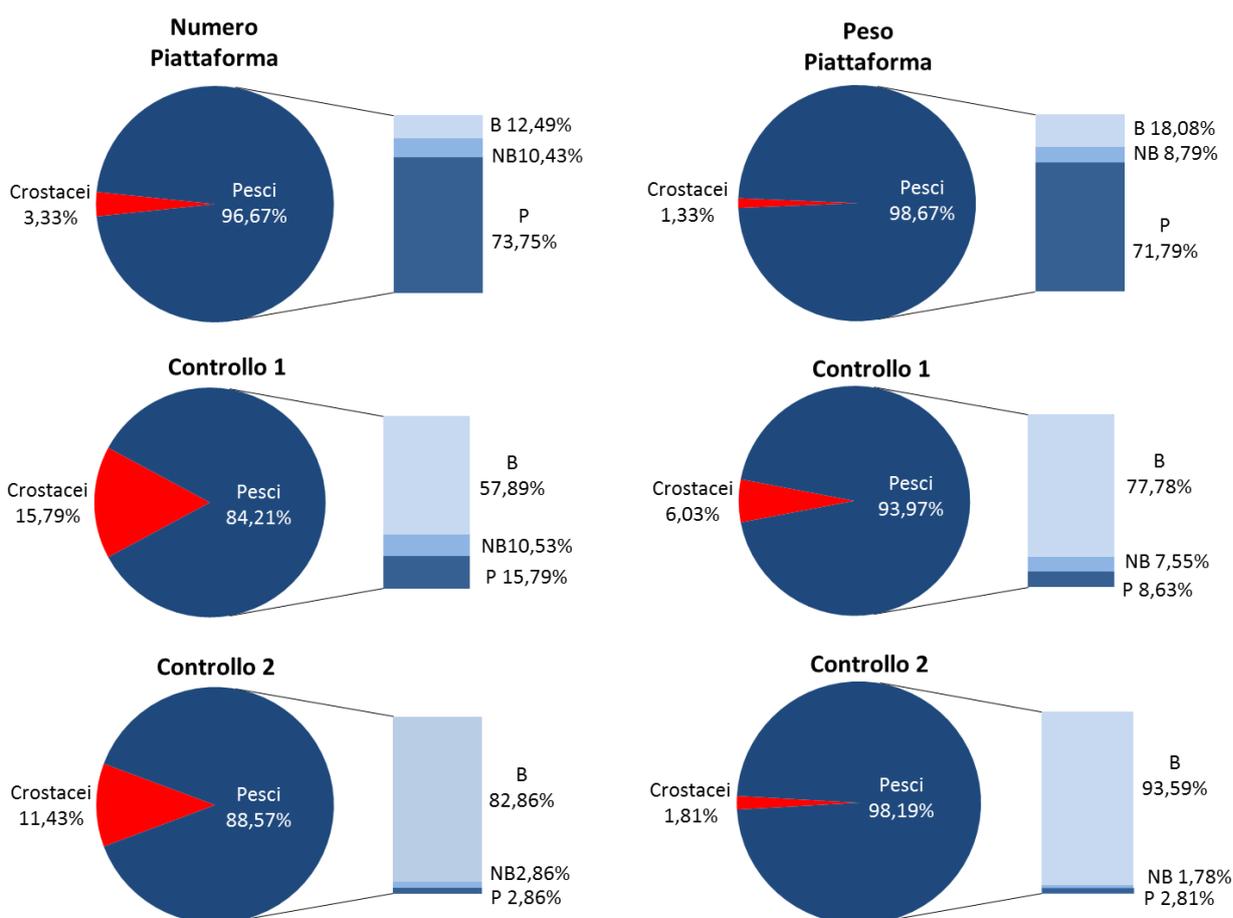


Fig. 3.52- Composizione percentuale delle catture in numero e in peso nel 1° semestre 2018 presso Clara NW e nei due siti di controllo. B = bentonico; NB = necto-bentonic; P = pelagico.

Crostacei - In totale sono state censite 2 specie appartenenti a questo gruppo (*N. norvegicus* e *P. longirostris*), entrambe rinvenute in tutti i siti di campionamento (Tabb. 3-XXXIII - 3-XXXV). I crostacei hanno contribuito maggiormente alle catture presso i controlli (C1, N: 15,79%; P: 6,03%; C2, N: 11,43%; P: 11,81%) rispetto alla piattaforma (N: 3,33%; P: 1,33%),

3.7.1.3 Affinità delle specie catturate con i substrati duri

L'analisi della composizione delle catture secondo il grado di affinità delle specie con i substrati duri (fig. 3.53) ha evidenziato presso Clara NW una prevalenza sia numerica che ponderale di specie ittiche pelagiche PA rappresentate soprattutto, come già detto, da *B. boops* e *S. japonicus*. Gli altri gruppi sono apparsi decisamente meno importanti e comparabili tra di essi.

In C1 sono apparse preponderanti le specie ittiche bentoniche NA, soprattutto *R. asterias* e *Chelidonichthys lucerna*, seguite dai crostacei bentonici NA risultati simili agli altri gruppi. Da notare la sporadica presenza in C1 di alcune specie PA (*B. boops*, *S. japonicus* e *Trisopterus minutus capelanus*) e AT (*S. notata*).

Anche presso C2 vi è stata una predominanza di specie bentoniche NA (anche in questo caso soprattutto grazie a *R. asterias*). Anche in questo sito sono state censite alcune specie bentoniche AT appartenenti al genere *Scorpaena*.

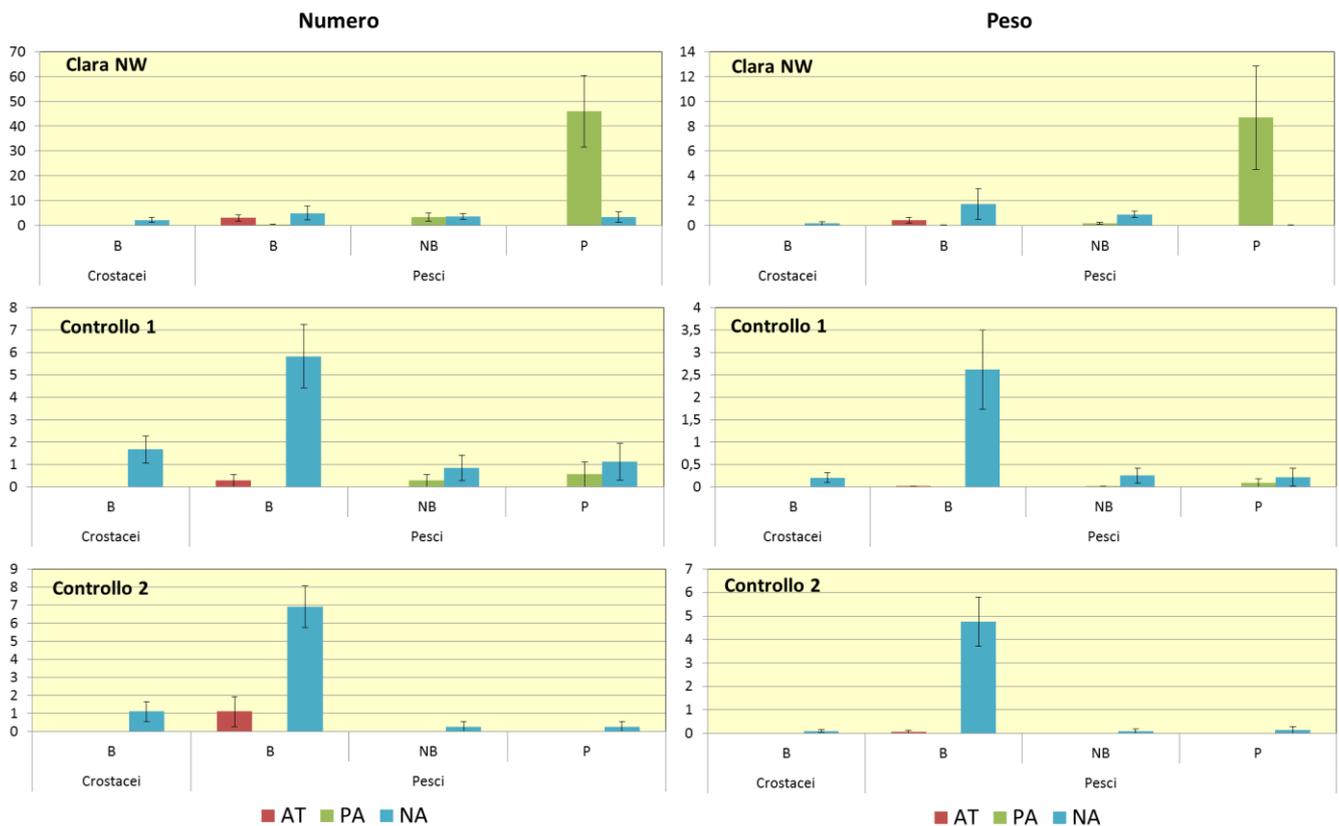


Fig. 3.53 - Numero (n. ind./500m/12h) e peso (kg/500m/12h) medi (\pm e.s.) delle specie attratte (AT), parzialmente attratte (PA) e non attratte (NA) ottenuti nelle catture effettuate nei tre siti nel 1° semestre 2018. B = bentonico; NB = necto-bentonic; P = pelagico.

3.7.2. INVESTIGAZIONI ACUSTICHE

Nel **gennaio 2018** sono stati rilevati 6 banchi di pesce di cui 2 entro la distanza di 300 m da Clara NW (fig. 3.54, Tab. 3-XXXVIII). Il banco più vicino è stato il n. 6, individuato a 94,1 m dalla piattaforma, il più lontano il n. 1 a 805,8 m. L'aggregazione con superficie e volume maggiori è stata la n. 6 (rispettivamente $823,049 \text{ m}^2$ e $277,83 \text{ m}^3$; Tab. 3-XXXIX) che è risultata anche essere la più densa ($46,577 \text{ kg/m}^3$; Tab. 3-XL). Le massime lunghezze sono invece state misurate per banco n.1 e per il n. 5 (rispettivamente lunghezza EW: 18,447 m e lunghezza NS: 17,271 m). Fatta eccezione per la lunghezza NS che ha presentato un valore molto più piccolo in corrispondenza del banco n. 4 (9,436 m) rispetto a quelli delle altre aggregazioni,, non sono stati rilevati valori anomali (*outlier* della distribuzione; fig. 3.55).

Tutte le 6 aggregazioni sono state sondate nei primi 6 m dal fondo con il banco più superficiale registrato a 70,497 m (banco n. 3). Non sono state osservate differenze importanti tra i banchi vicini e lontani dalla piattaforma in termini di superficie, volume e profondità (Tab. 3-XL). Invece, le caratteristiche geometriche lunghezza NS e altezza sono risultate maggiori per i banchi vicini e la lunghezza EW è apparsa maggiore per i banchi individuati esternamente al raggio dei 300 m (fig. 3.55).

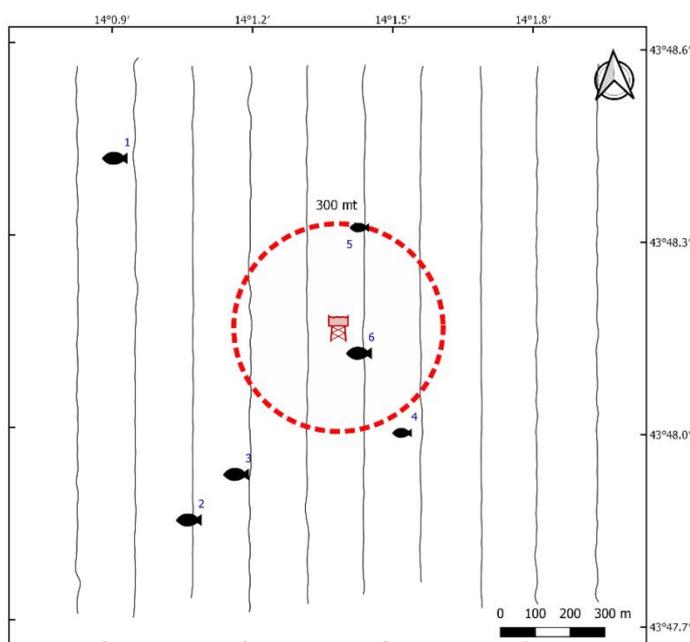


Fig. 3.54 - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel **gennaio 2018**. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-XXXVIII – Distanza (m) dalla piattaforma Clara NW dei banchi di pesce individuati nel **gennaio** 2018. In evidenza i banchi rilevati entro 300 m da Clara NW.

Banco	Distanza da Clara NW (m)
1	805,8
2	698,9
3	512,8
4	353,8
5	299,1
6	94,1

Tab. 3-XXXIX - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel campionamento di **gennaio** 2018. In evidenza i banchi rilevati entro 300 m da Clara NW.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico LAT	Centro geometrico LONG	Centro geometrico P (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	V tot vacuoli (m ³)
1	552,397	14,491	18,447	69,805	75,854	6,049	228,948	43° 48,42 '	14° 0,90 '	73,774	2,413	2	0,602
2	565,787	14,580	14,545	70,450	75,483	5,033	220,486	43° 47,88 '	14° 1,08 '	73,022	2,566	0	0
3	454,051	16,247	9,295	67,823	74,565	6,742	155,806	43° 47,94 '	14° 1,20 '	70,497	2,552	0	0
4	370,083	9,436	8,778	69,155	75,341	6,186	106,863	43° 48,00 '	14° 1,56 '	72,581	3,366	0	0
5	268,793	17,271	8,815	69,432	74,701	5,269	79,665	43° 48,30 '	14° 1,44 '	71,848	3,374	0	0
6	823,049	16,268	5,739	64,037	75,739	11,702	277,835	43° 48,12 '	14° 1,44 '	73,973	2,356	0	0

*S = Superficie, L = Lunghezza, P = Profondità, H = Altezza, V = Volume

Tab. 3-XL - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel **gennaio** 2018. In evidenza i banchi rilevati entro 300 m da Clara NW.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-29,621	1143	12	451	-41,966	-19,235	10,911
2	-27,881	1090	17	350	-41,735	-16,583	16,290
3	-29,831	552	19	178	-41,966	-19,045	10,398
4	-37,201	523	12	173	-41,977	-29,595	1,905
5	-35,516	340	17	173	-41,977	-26,396	2,808
6	-23,318	381	16	167	-41,748	-9,172	46,577

*Sv = Volume backscattering strength

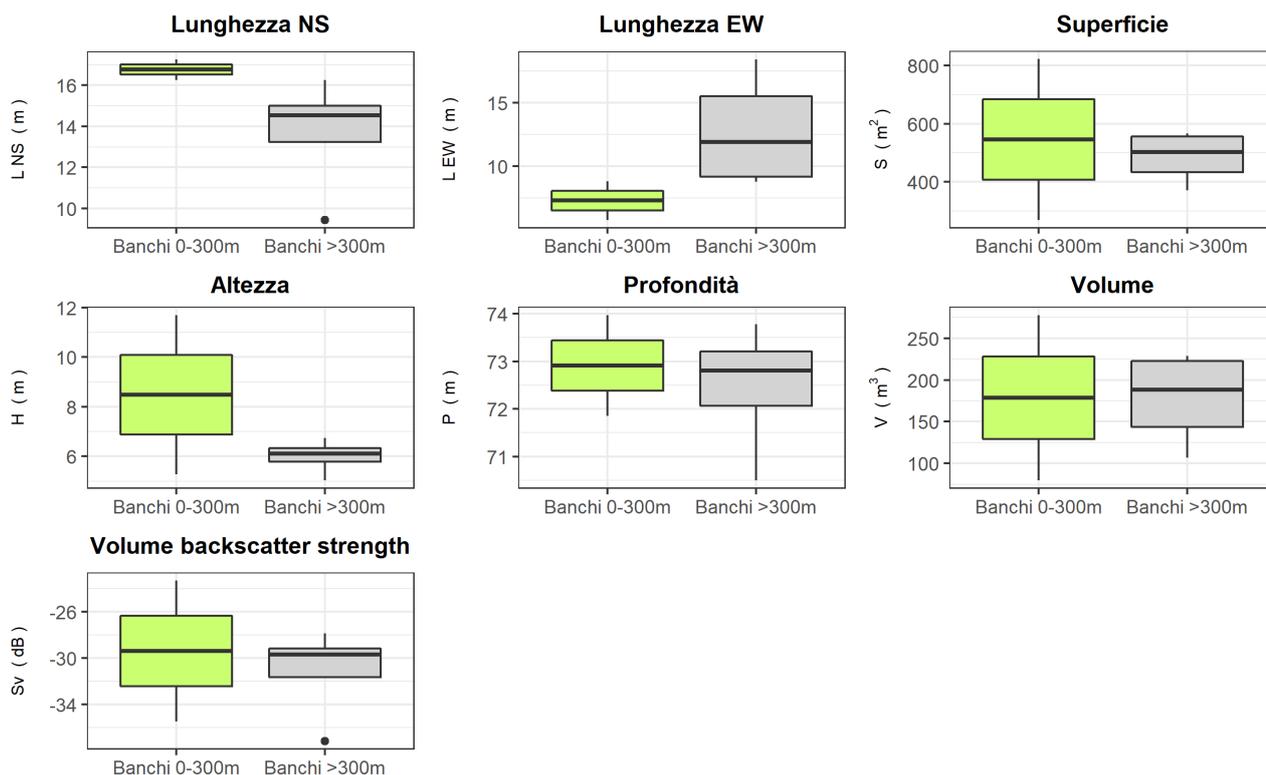


Fig. 3.55 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate nel **gennaio 2018**. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali valori anomali (*outliers*).

A **febbraio** sono state individuate 8 aggregazioni di pesce, di cui solo 2 distanti meno di 300 m da Clara NW (banchi n. 5 e n. 6; fig. 3.56). Il banco più vicino è stato il n. 5 (92,4 m dalla piattaforma) e il più lontano il n. 7 (736,2 m; Tab. 3-XLI). Quest'ultimo è stato caratterizzato da superficie e volume maggiori (rispettivamente 3029,456 m² e 1283,202 m³; Tab. 3-XLII), mentre la massime lunghezze sono state misurate per il banco n.5 (lunghezza NS: 17,271 m) e per il n. 1 (lunghezza EW: 18,447 m), che è risultato essere anche il più compatto (densità: 47,620 kg/m³; Tab. 3-XLIII).

Le aggregazioni sono state sondate per lo più nei primi 10 m dal fondo ad eccezione della n. 8 il cui centro geometrico è stato rilevato a una profondità di 54,547 m corrispondente al valore minimo (estremo inferiore) e anomalo (*outlier*) della distribuzione (fig. 3.57). Le variabili acustiche dei banchi sono descritte in Tab. 3-XLIII.

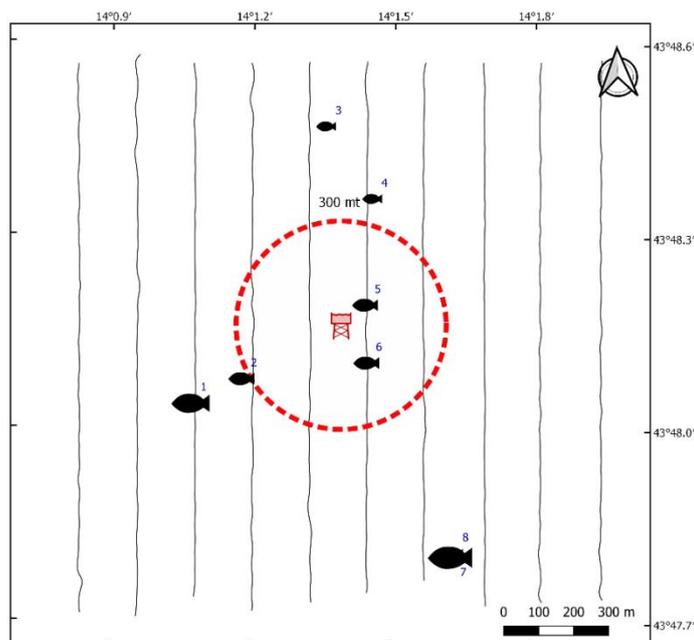


Fig. 3-56 - Schema planare della posizione delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel **febbraio 2018**. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-XLI - Distanza (m) dalla struttura Clara NW dei banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto in **febbraio 2018**. In evidenza i banchi rilevati entro 300 m da Clara NW.

Banco	Distanza da Clara NW (m)
1	480,8
2	321,2
3	575,3
4	376,0
5	92,4
6	130,1
7	736,2
8	729,7

Tab. 3-XLII - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati a **febbraio 2018**. In evidenza i banchi rilevati entro 300 m da Clara NW.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico LAT	Centro geometrico LONG	Centro geometrico P (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	. vacuoli	V tot vacuoli (m ³)
1	1813,486	29,359	25,820	67,809	75,854	8,045	788,494	43° 48,06 '	14° 1,08 '	72,039	2,300	0	0
2	650,966	16,635	14,251	69,397	74,882	5,485	214,296	43° 48,06 '	14° 1,20 '	72,039	3,022	0	0
3	178,004	5,900	7,536	70,677	74,786	4,109	63,604	43° 48,48 '	14° 1,38 '	72,520	2,799	0	0
4	136,458	8,421	10,214	72,113	74,687	2,574	31,570	43° 48,36 '	14° 1,44 '	73,348	4,322	0	0
5	374,570	9,432	6,810	62,231	70,719	8,488	129,815	43° 48,18 '	14° 1,44 '	68,470	2,456	0	0
6	765,421	25,376	22,552	71,884	75,854	3,970	245,418	43° 48,12 '	14° 1,44 '	74,108	3,119	0	0
7	3029,456	44,494	22,307	68,631	75,854	7,223	1283,202	43° 47,82 '	14° 1,62 '	72,919	2,361	2	0,883
8	27,601	1,825	3,337	53,296	55,928	2,632	6,771	43° 47,82 '	14° 1,62 '	54,547	4,076	0	0

*S = Superficie, L = Lunghezza, P = Profondità, H = Altezza, V = Volume

Tab. 3-XLIII - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento di **febbraio** 2018. In evidenza i banchi rilevati entro 300 m da Clara NW.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ³)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ³)	Sv massimo (dB re 1 m ³)	Densità (kg/m ³)
1	-23,222	3599	32	1148	-41,966	-7,583	47,620
2	-25,667	1185	22	448	-41,966	-11,622	27,118
3	-21,040	301	7	98	-33,977	-10,056	78,697
4	-26,646	156	10	129	-41,698	-16,235	21,647
5	-25,797	370	11	106	-41,886	-13,386	26,320
6	-25,199	1134	29	526	-41,735	-10,660	30,208
7	-30,297	6155	50	1852	-41,966	-14,583	9,338
8	-35,932	44	2	20	-41,892	-31,289	2,551

*Sv = Volume backscattering strength

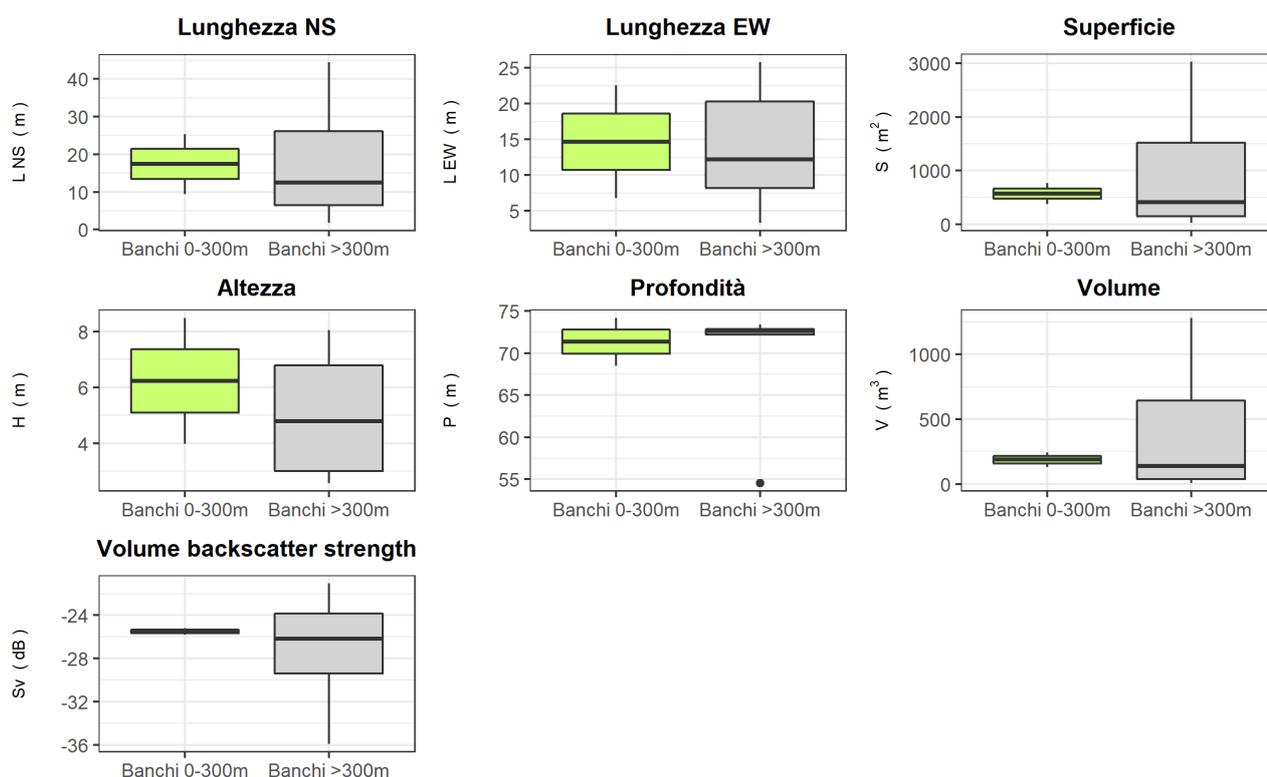


Fig. 3.57 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate in **febbraio** 2018. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali valori anomali (*outliers*).

Nel **marzo 2018** sono stati individuati 5 banchi tutti distanti più di 500 m da Clara NW e rilevati a Nord della struttura (fig. 3.58). L'associazione più vicina alla piattaforma è stata infatti rinvenuta a 561,3 m (banco n. 2), la più lontana (n. 1) a 837,1 m (Tab. 3-XLIV). Il banco n. 5 ha presentato le caratteristiche metriche maggiori (superficie: 493,919 m², volume: 180,385 m³, lunghezza NS: 15,273 m; lunghezza EW: 13,379 m; Tab. 3-LV) ma una bassa densità (10,211 kg/m³; Tab. 3-XLVI). La profondità dei banchi è variata tra 68,567 m (n. 3) e 73,576 m (n. 5). Nella Tab. 3-XLV sono riportate le variabili acustiche delle aggregazioni sondate.

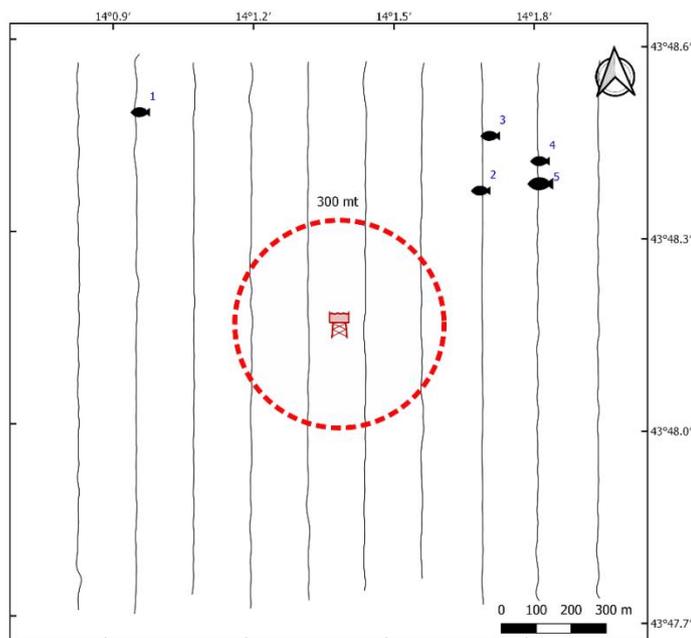


Fig. 3.58 - Schema planare della posizione delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto a **marzo** 2018. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-LXIV - Distanza (m) dalla struttura Clara NW dei banchi di pesce individuati durante il campionamento di **marzo** 2018.

Banco	Distanza da Clara NW (m)
1	837,1
2	561,3
3	696,6
4	745,1
5	706,9

Tab. 3-XLV - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel **marzo** 2018.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico LAT	Centro geometrico LONG	Centro geometrico P (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	V tot vacuoli (m ³)
1	117,200	5,689	6,782	71,413	74,657	3,244	66,109	43° 48,48 '	14° 0,96 '	72,98	1,773	0	0
2	175,701	9,497	7,346	71,565	74,814	3,249	49,660	43° 48,36 '	14° 1,68 '	73,131	2,362	0	0
3	100,631	5,963	5,470	66,376	70,574	4,198	42,597	43° 48,48 '	14° 1,68 '	68,567	2,362	0	0
4	56,374	5,477	4,028	71,637	73,788	2,151	15,209	43° 48,42 '	14° 1,80 '	72,600	3,707	0	0
5	493,919	15,273	13,379	71,337	75,283	3,946	180,385	43° 48,36 '	14° 1,80 '	73,576	2,738	0	0

*S = Superficie, L = Lunghezza, P = Profondità, H = Altezza, V = Volume

Tab. 3-XLVI - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto a **marzo** 2018.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-23,115	236	5	68	-34,551	-12,589	48,814
2	-23,048	160	5	46	-34,934	-14,894	49,564
3	-23,048	160	5	46	-34,934	-14,894	49,564
4	-30,464	57	5	39	-34,589	-25,589	8,986
5	-29,909	645	14	242	-34,703	-22,127	10,211

*Sv = Volume backscattering strength

Ad **aprile** è stata individuata un'unica piccola aggregazione di pesce (volume: 1,905 m³ e superficie: 9,414 m²) a una profondità di 66,842 m e a una distanza di 861,8 m da Clara NW (fig. 3.59; Tabb. 3-XLVII e 3-XLVIII). Nella Tab. 3-XLIX sono riportate le variabili acustiche del banco sondato.

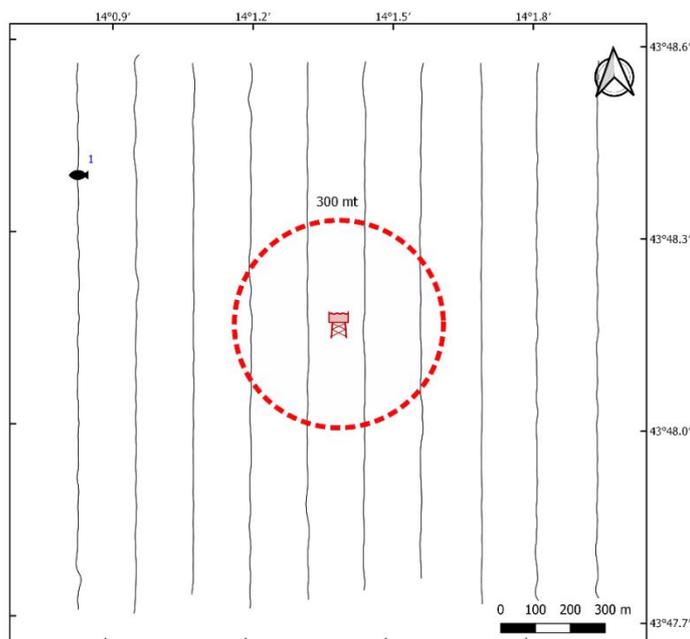


Fig. 3.59 - Schema planare della posizione delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nell'**aprile** 2018. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-XLVII - Distanza (m) dalla struttura Clara NW del banco di pesce individuato durante il campionamento nell'**aprile** 2018.

Banco	Distanza da Clara NW (m)
1	861,8

Tab. 3-LXVIII - Caratteristiche metriche del banco individuato nell'**aprile** 2018.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico LAT	Centro geometrico LONG	Centro geometrico P (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	V tot vacuoli (m ³)
1	9,4141	1,163	1,831	66,074	67,59	1,506	1,905	43° 48,420 '	14° 0,840 '	66,842	4,942	0	0

*S = Superficie, L = Lunghezza, P = Profondità, H = Altezza, V = Volume

Tab. 3-XLIX - Variabili acustiche relative al banco di pesce individuato durante il campionamento condotto nell'**aprile** 2018.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg/m ³)
1	-33.753	8	1	4	-34.731	-32.772	4.214

*Sv = Volume backscattering strength

A **maggio** sono stati individuati 4 banchi di cui uno solo entro il raggio di 300 m da Clara NW (banco n. 4; fig. 3.60) rilevato a 293,9 m; la massima distanza è stata pari a 571,4 m (n. 2; Tab. 3-L). Il banco n.1 ha presentato le dimensioni maggiori (superficie: 2812,518

m², volume: 1168,614 m³, lunghezza NS: 25,703 m, lunghezza EW: 19,157 m; Tab. 3-LI). Le aggregazioni sono state individuate tra 58,177 e 71,929 m di profondità (banchi n. 1 e n. 4 rispettivamente). Differenze importanti sono state osservate tra il banco vicino alla struttura e gli altri tre, soprattutto in termini di volume, superficie e altezza, con i valori maggiori registrati per le aggregazioni più lontane (fig. 3.61). Le variabili acustiche in Tab. 3-LII.

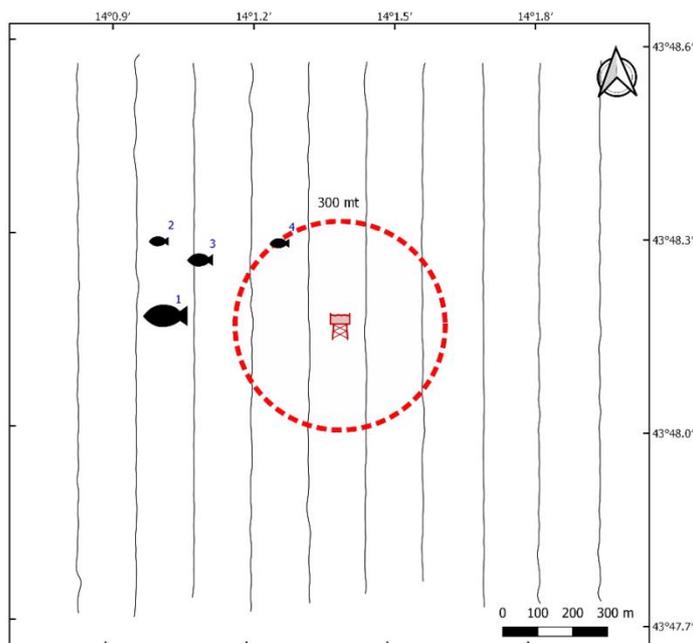


Fig. 3.60 - Schema planare della posizione delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel **maggio 2018**. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-L - Distanza (m) dalla struttura Clara NW dei banchi di pesce individuati durante il campionamento di **maggio 2018**. In verde il banco rilevato entro 300 m da Clara NW.

Banco	Distanza da Clara NW (m)
1	496,8
2	571,4
3	441,4
4	293,9

Tab. 3-LI - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel **maggio 2018**. In verde il banco rilevato entro 300 m da Clara NW

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico LAT	Centro geometrico LONG	Centro geometrico P (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	V tot vacuoli (m ³)
1	2812,518	25,703	19,157	52,199	65,707	13,508	1168,614	43° 48,18'	14° 1,02'	58,177	2,407	3	0,739
2	80,380	4,780	5,541	69,302	72,250	2,948	31,422	43° 48,30'	14° 1,02'	70,709	2,558	0	0
3	459,757	16,339	14,631	68,690	74,391	5,701	155,296	43° 48,24'	14° 1,08'	71,623	2,961	0	0
4	131,832	8,470	5,821	70,828	73,488	2,66	45,056	43° 48,3'	14° 1,26'	71,929	2,926	0	0

*S = Superficie, L = Lunghezza, P = Profondità, H = Altezza, V = Volume

Tab. 3-LII - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel **maggio** 2018. In verde il banco rilevato entro 300 m da Clara NW.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg m ⁻³)
1	-33,057	6344	34	1399	-41,977	-20,937	4,947
2	-33,705	194	7	82	-41,748	-26,172	4,261
3	-26,650	705	18	296	-41,748	-14,634	21,626
4	-30,759	210	9	98	-41,977	-22,017	8,396

*Sv = Volume backscattering strength

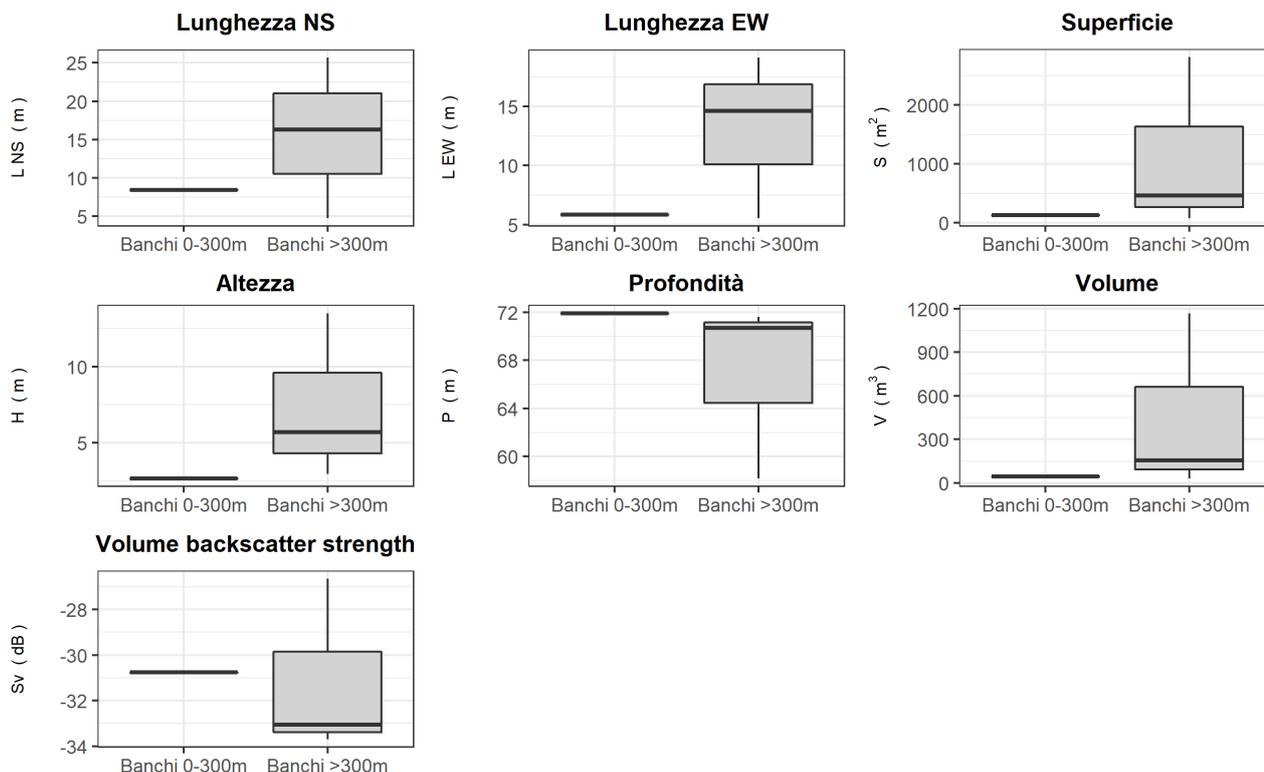


Fig. 3.61 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate nel **maggio** 2018. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali *outliers*

Infine, nel **giugno 2018** sono stati individuati 22 banchi, di cui solo 3 entro i 300 m da Clara NW (banchi n. 10, 11 e 12; fig. 3.62 e Tab. 3-LIII). I 4 *outliers* in termini di volume (banchi n.1, 4, 5 e 8) sono stati sondati tutti a NW della struttura (figg. 3.62 e 3.63; Tab. 3-LIV). Il banco più vicino è risultato il n. 12, rilevato a una distanza di 260,4 m dalla struttura, quello più lontano è stato invece il n. 6 (993,7 m). L'aggregazione n. 5 si è rivelata la più rilevante per volume (828,345 m³), superficie (1646,669 m²) e lunghezza EW (24,251 m), mentre la lunghezza NS maggiore è stata registrata per il banco n. 4 (24,878 m; Tab. 3-LIV). Le aggregazioni sono state rinvenute lungo quasi tutta la colonna d'acqua fino a una profondità massima di 75,589 m (banco n.21). I due banchi entro 300 m di distanza dalla piattaforma sono risultati i più superficiali, presentando profondità dei centri geometrici rispettivamente di 23,692 m e 26,332 m, rendendo significativo il

confronto tra i banchi lontani e vicini alla piattaforma per questa caratteristica metrica (fig. 3.63). Non sono state osservate altre differenze importanti tra i banchi interni ed esterni al raggio dei 300 m. Nella Tab. 3-LV sono riportate le variabili acustiche dei banchi sondati.

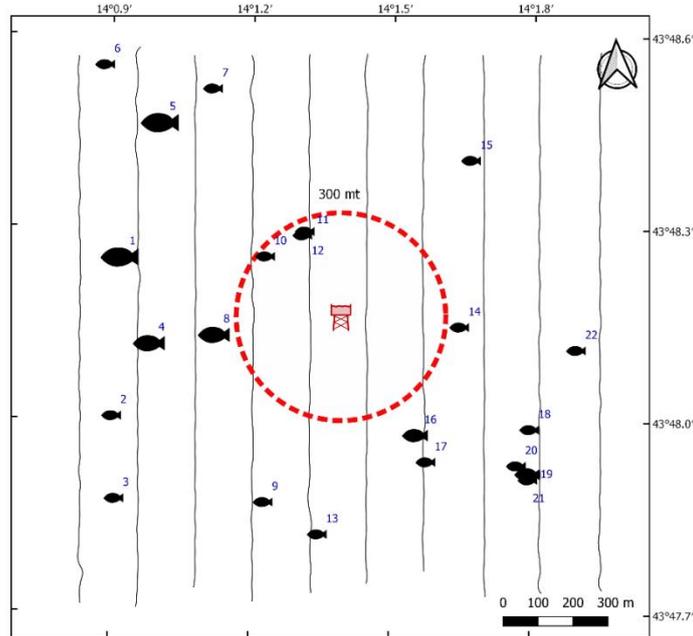


Fig. 3.62 - Schema planare della posizione delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel **giugno** 2018. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-LIII - Distanza (m) dalla struttura Clara NW dei banchi di pesce individuati durante il campionamento di **giugno** 2018; in verde i banchi individuati entro i 300 m dalla struttura.

Banco	Distanza da Clara NW (m)	Banco	Distanza da Clara NW (m)
1	654,8	12	260,4
2	715,0	13	630,3
3	833,2	14	341,1
4	552,5	15	585,8
5	763,8	16	402,5
6	993,7	17	484,2
7	754,7	18	630,6
8	364,9	19	701,5
9	578,1	20	661,1
10	278,2	21	712,9
11	267,9	22	681,1

Tab. 3-LIV - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel **giugno** 2018 In verde sono evidenziati i banchi entro 300 m da Clara NW.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico LAT	Centro geometrico LONG	Centro geometrico P (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	V tot vacuoli (m ³)
1	1014,264	15,697	18,207	57,799	67,496	9,697	776,505	43° 48,24 '	14° 0,90 '	62,569	1,300	1	0,288
2	86,370	2,811	7,103	72,952	75,947	2,995	20,406	43° 48,00 '	14° 0,90 '	74,457	3,804	0	0
3	102,092	4,185	9,335	72,296	75,675	3,379	28,581	43° 47,88 '	14° 0,90 '	73,790	3,572	0	0
4	970,006	24,878	17,430	57,466	68,312	10,846	572,991	43° 48,12 '	14° 0,96 '	64,342	1,669	3	2,059
5	1646,669	21,611	24,251	69,737	77,020	7,283	828,345	43° 48,48 '	14° 1,02 '	73,525	1,614	0	0
6	238,693	6,650	12,008	72,774	76,451	3,677	70,750	43° 48,54 '	14° 0,90 '	74,660	3,276	0	0
7	34,175	4,433	3,855	69,841	71,805	1,964	6,368	43° 48,54 '	14° 1,14 '	70,902	5,367	0	0
8	917,405	22,308	12,819	66,853	76,368	9,515	478,738	43° 48,12 '	14° 1,14 '	72,140	1,792	0	0
9	330,617	4,785	17,283	73,511	77,020	3,509	96,795	43° 47,88 '	14° 1,20 '	75,299	2,934	0	0
10	186,121	5,000	12,332	74,174	76,368	2,194	43,067	43° 48,24 '	14° 1,20 '	75,472	4,077	0	0
11	71,358	5,699	3,386	21,715	28,253	6,538	20,336	43° 48,30 '	14° 1,32 '	23,692	3,386	0	0
12	14,241	1,182	1,993	24,438	27,39	2,952	2,009	43° 48,30 '	14° 1,32 '	26,332	6,498	0	0
13	114,216	4,227	8,823	65,730	67,899	2,169	26,580	43° 47,82 '	14° 1,32 '	66,974	4,086	0	0
14	45,675	2,772	5,164	52,566	56,575	4,009	13,538	43° 48,12 '	14° 1,62 '	54,476	3,374	0	0
15	224,958	8,85	12,495	71,508	75,820	4,312	70,967	43° 48,42 '	14° 1,68 '	73,451	3,105	0	0
16	498,73	20,471	12,265	69,498	74,879	5,381	195,968	43° 48,00 '	14° 1,56 '	72,183	2,545	0	0
17	165,228	12,547	6,652	72,608	75,844	3,236	51,313	43° 47,94 '	14° 1,56 '	73,895	3,220	0	0
18	234,563	11,690	9,006	73,359	76,368	3,009	69,723	43° 48,00 '	14° 1,80 '	75,275	3,032	0	0
19	368,720	8,959	10,254	72,957	76,368	3,411	123,452	43° 47,94 '	14° 1,80 '	74,771	2,820	0	0
20	32,223	2,743	4,251	64,301	67,339	3,038	8,858	43° 47,94 '	14° 1,74 '	65,671	3,638	0	0
21	159,436	9,659	7,592	74,342	76,368	2,026	49,215	43° 47,94 '	14° 1,80 '	75,589	3,240	0	0
22	96,710	4,797	5,993	61,630	64,703	3,073	33,425	43° 48,12 '	14° 1,92 '	63,168	2,705	0	0

*S = Superficie, L = Lunghezza, P = Profondità, H = Altezza, V = Volume

Tab. 3-LV - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel **giugno** 2018. In verde sono evidenziati i banchi entro 300 m da Clara NW.

Banco	Sv medio (dB re 1 m ⁻¹)	n. campioni	n. ping	n. beam	Sv minimo (dB re 1 m ⁻¹)	Sv massimo (dB re 1 m ⁻¹)	Densità (kg m ⁻³)
1	-30,483	3479	17	543	-34,993	-22,150	8,947
2	-26,388	52	1	17	-34,727	-20,727	22,973
3	-26,388	109	4	57	-34,802	-18,765	22,973
4	-19,953	2713	31	634	-34,993	-5,033	101,078
5	-27,070	1928	12	395	-34,993	-11,650	19,635
6	-17,629	190	7	85	-34,765	-7,727	172,612
7	-32,856	29	5	21	-34,993	-29,453	5,181
8	-29,623	1974	27	576	-34,993	-9,830	10,906
9	-23,975	203	5	96	-34,802	-17,689	40,044
10	-29,823	145	6	98	-34,765	-24,227	10,416
11	-22,072	85	4	37	-34,734	-14,667	62,057
12	-33,503	8	1	5	-34,682	-32,242	4,464
13	-30,724	65	4	44	-34,746	-26,703	14,711
14	-28,546	81	4	35	-34,871	-22,412	13,977
15	-22,049	271	9	127	-34,727	-13,189	62,386
16	-21,657	817	23	388	-34,765	-7,689	68,287
17	-42,976	219	13	140	-34,727	-30,689	0,504
18	-25,770	180	7	96	-34,765	-17,727	26,486
19	-25,415	288	8	112	-34,765	-14,689	28,741
20	-28,323	39	3	16	-34,572	-24,112	14,711
21	-30,373	199	10	114	-34,765	-24,765	9,177
22	-20,442	131	5	52	-34,984	-8,984	90,316

*Sv = Volume backscattering strength

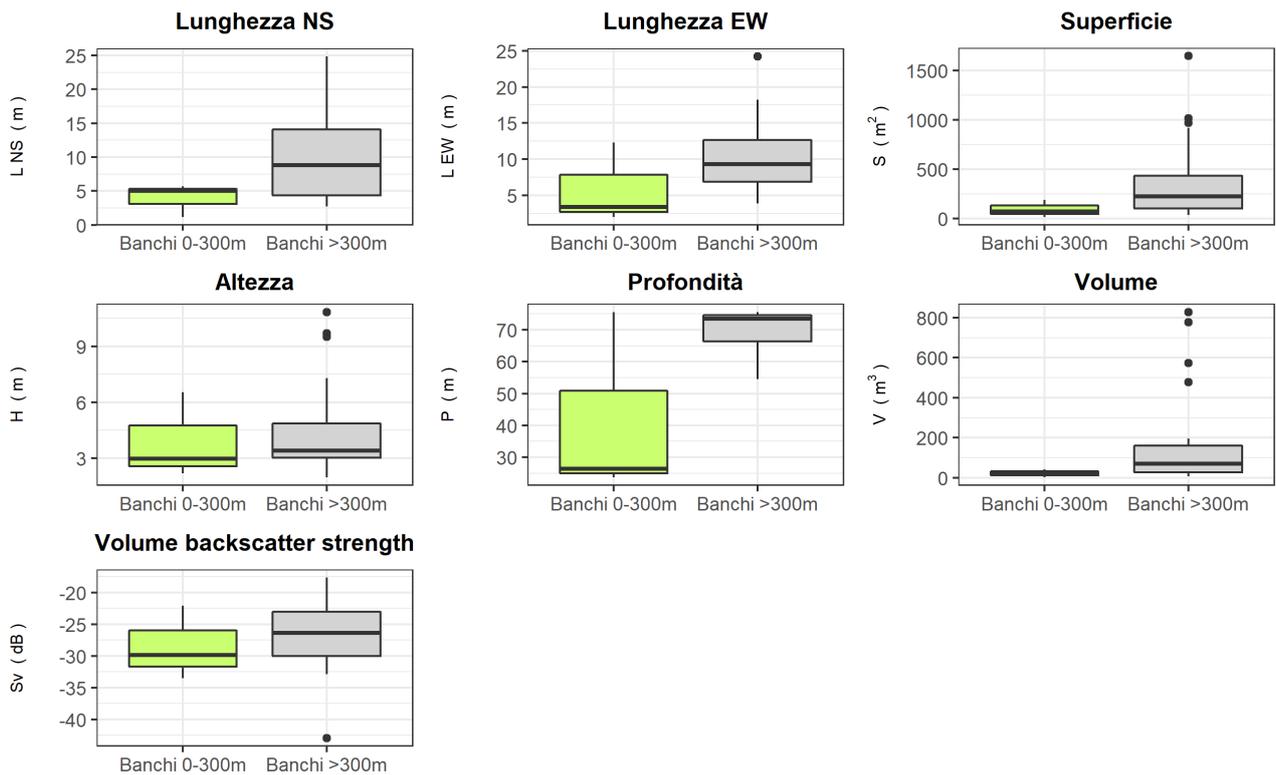


Fig. 3.63 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate in **giugno** 2018. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali *outliers*.

Di seguito si riportano alcuni esempi di rappresentazioni tridimensionali delle aggregazioni di pesce rilevate nei campionamenti sopra descritti (figg. 3.64 - 3.69). Tali immagini permettono una percezione spazio-temporale dei singoli banchi nell'ambiente circostante la struttura.



Fig. 3.64 – Immagine tridimensionale della colonna d'acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce di **gennaio** 2018. Al centro dell'immagine è visibile la struttura Clara NW.



Fig. 3.65 – Immagine tridimensionale della colonna d’acqua in cui sono stati individuati i banchi di pesce di **febbraio 2018**. Visibile la struttura nell’immagine.

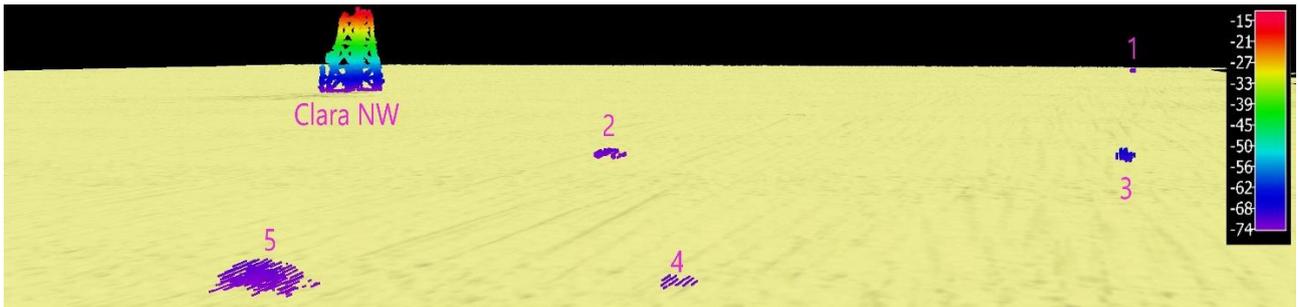


Fig. 3.66 – Immagine tridimensionale della colonna d’acqua in cui stati individuati i banchi di pesce nel **marzo 2018** Al centro dell’immagine è visibile la struttura Clara NW.

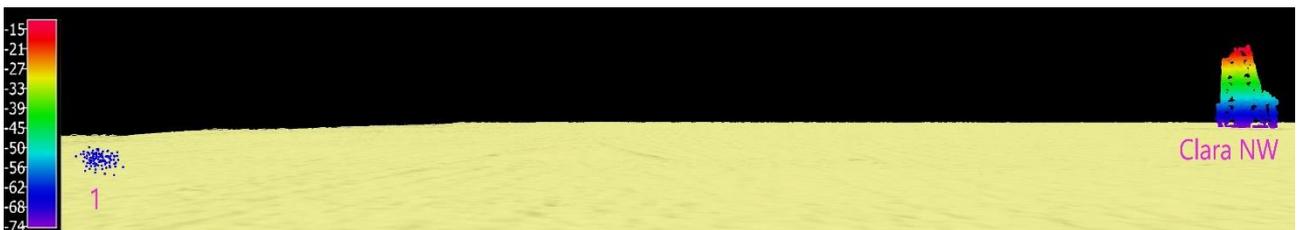


Fig. 3.67 – Immagine tridimensionale della colonna d’acqua in cui stati individuati i banchi di pesce in **aprile 2018**. Al centro dell’immagine è visibile la struttura Clara NW.

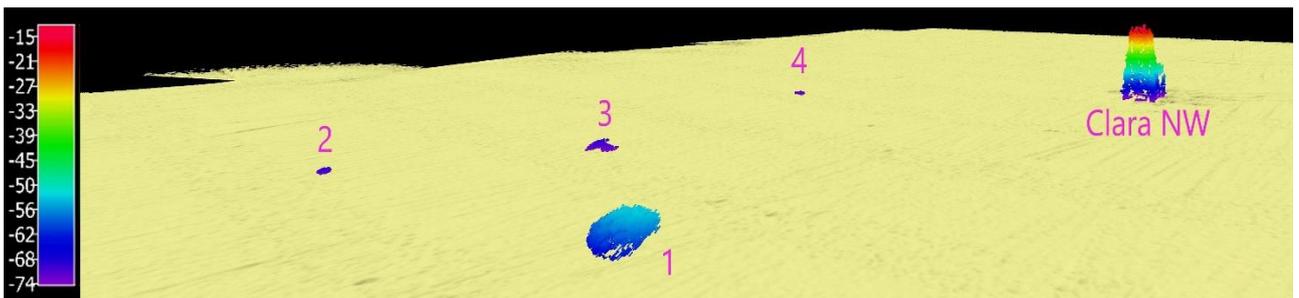


Fig. 3.68 – Immagine tridimensionale della colonna d’acqua in cui stati individuati i banchi di pesce nel **maggio 2018** Al centro dell’immagine è visibile la struttura Clara NW.



Fig. 3.69 – Immagine tridimensionale della colonna d’acqua in cui stati individuati i banchi di pesce nel **giugno 2018** Al centro dell’immagine è visibile la struttura Clara NW.

3.673. INDAGINI VIDEO IN PROSSIMITÀ DELLA PIATTAFORMA

Le registrazioni con telecamera in prossimità della piattaforma per ispezionare l’habitat ittico sono state effettuate durante ogni survey in cui ci fosse visibilità sufficiente per catturare immagini discretamente nitide. Nei mesi di gennaio e aprile 2018 non si sono acquisite immagini a causa della scarsa visibilità.

A **febbraio** 2018 sono stati osservati individui di *Pagellus* spp. e *Spicara maena* (P-PA) in prossimità del fondale (fig. 3.70).



Fig 3.70 - Febbraio 2018. Esempolari di *Pagellus* spp. (sinistra) e *S. maena* (freccia bianca, destra) in prossimità del fondo.

A **marzo** 2018, a circa 60 m di profondità, sono state identificate specie pelagiche parzialmente attratte (P-PA) come ad esempio quelle appartenenti al genere *Trachurus*, mentre sul fondo è stato possibile riconoscere un esemplare di *S. hepatus* (P-PA, fig. 3.71).



Fig. 3.71 - Marzo 2018. Esempolari di *Trachurus spp.* (sinistra) ed esemplare di *S. hepatus* sul fondo (freccia bianca, destra).

A **maggio** le riprese hanno rilevato la presenza di pesce P-PA molto diffuso e abbondante attorno alla piattaforma riconducibile alle specie *Boops boops* e *Trachurus spp.* (fig. 3.72).



Fig. 3.72 - Maggio 2018. Esempolari di pesce pelagico (P-PA) tra i pali della piattaforma.

A **giugno** 2018, sempre in prossimità dei pali della piattaforma, è stato rilevato un grosso banco composto da specie pelagiche PA tra cui *Trachurus trachurus* a circa 30-40 m di profondità e da esemplari di *Pagellus bogaravero* (NB-PA) a una decina di m dal fondo (fig. 3.73).



Fig. 3.62 - Giugno 2018. Banco di pesce pelagico PA *Trachurus trachurus* in prossimità dei pali della piattaforma (sinistra) ed esemplare di *P. bogaravero* (NB-PA, freccia bianca a destra) tra individui di *T. trachurus* (P-PA)

3.8. RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI E RETTILI MARINI

Durante i 18 survey effettuati nel 1° semestre 2018 è avvenuto un solo avvistamento nel mese di aprile (Tab. 3-LVI). In particolare, il giorno 23 alle ore 16:00 è stato avvistato un esemplare di tartaruga marina *Caretta caretta* a circa 30 m dalla piattaforma in direzione NW. L'animale si trovava molto vicino alla superficie e ha stazionato per diversi minuti per poi immergersi.

Tab. 3-LLXVIII - Survey condotti durante i mesi di pre-survey e nei primi due anni post lavori per l'avvistamento di cetacei nell'area in cui è stata installata la piattaforma Clara NW.

		N. survey	N. avvist.
3° anno PL	Gennaio 2018	3	0
	Febbraio 2018	3	0
	Marzo 2018	3	0
	Aprile 2018	3	1
	Maggio 2018	3	0
	Giugno 2018	3	0

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-IRBIM (già ISMAR) di Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. - UPSTREAM DICS di effettuare un monitoraggio volto a valutare il potenziale impatto ambientale conseguente l'installazione della piattaforma 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 offshore installati in alto e medio Adriatico su diverse tipologie di fondale da 20 a 85 m di profondità (Regina, Anemone, Annalisa, Barbara NW, Calpurnia, Naomi-Pandora, PCMS-1, Calipso, Clara Est, Clara Nord, Naide, Tea, Annamaria B, pozzi sottomarini Bonaccia EST 2&3, Fauzia, Elettra (Fabi *et al.*, 2001a; 2001b; 2002; 2003; 2004a; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015; 2016; 2017; 2018a; 2018b; 2018c); 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, inquinanti), 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 della piattaforma, la composizione quali-quantitativa della comunità bentonica e del popolamento ittico.

Il monitoraggio comprende diverse fasi:

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

Nella presente relazione sono riportati i risultati ottenuti nel 1° semestre del 3° anno della fase di produzione di Clara NW (1° semestre 2018), durante il quale sono state condotte

tutte le indagini previste nel piano di monitoraggio.

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 sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2015b, 2016b, 2016c, 2017b, 2017c, 2017d, 2018d) sono sempre state in accordo con la climatologia del bacino (Artegiani *et al.*, 1997a; Zavatarelli *et al.*, 1998).

Nel monitoraggio condotto nel maggio 2018 il riscaldamento della colonna d'acqua è apparso ben evidente, con valori di 24,7°C in superficie in diminuzione con la profondità. A luglio lo strato superficiale caratterizzato da temperature simili a quelle di maggio ha raggiunto uno spessore di circa 10 m.

Per la salinità sono stati osservati andamenti opposti a quelli della temperatura, con valori minori in superficie e maggiori sul fondo come in precedenza.

Per quanto riguarda gli aspetti idrochimici considerati, in entrambi i survey non sono state osservate condizioni ipossiche o anossiche; la concentrazione di ossigeno disciolto è infatti risultata presente con percentuali di saturazione comprese tra 76% a 110%, generalmente in diminuzione verso il fondo.

Le concentrazioni di nutrienti sono rientrate nei range dei valori noti per l'area (Zavatarelli *et al.*, 1998; Marini *et al.*, 2008). Per quanto riguarda i composti azotati mediamente i valori risultati sono simili per ammoniaca e nitriti in entrambe le crociere, mentre i nitrati sono apparsi più alti a maggio e gli ortosilicati a luglio.

Considerando i profili di fluorescenza *in situ*, a maggio sono stati rilevati picchi relativi di attività fotosintetica tra i 35 e i 45 m di profondità, mentre a luglio si sono registrati i valori più alti al fondo.

La concentrazione di pigmenti clorofilliani è stata mediamente più elevata a maggio, ma sia i massimi che i minimi sono stati registrati a luglio.

Il carico solido sospeso è stato caratterizzato da un aumento nelle acque di fondo in entrambi i periodi ma soprattutto a maggio, come evidenziato dai profili di torbidità. Questo trend è stato osservato frequentemente in Adriatico ed è probabilmente da correlare a processi di risospensione e trasporto di sedimenti di fondo (Wang e Pinardi, 2002; Wang *et al.*, 2006).

Nel confronto fra le stazioni in prossimità della piattaforma, che più direttamente possono essere modificate nelle loro caratteristiche ambientali dalle attività della struttura, e le

stazioni localizzate a 2000 m, considerate come controlli, in generale non sono emerse differenze per quanto riguarda le condizioni oceanografiche.

Riguardo i parametri idrochimici, sono risultati mediamente più abbondanti nelle stazioni a 100 m NH_3 , NO_3 , NO_2 e $\text{Si}(\text{OH})_4$ a maggio, mentre a luglio non sono state osservate differenze sostanziali tra i due gruppi di siti. In generale, infine, le clorofille non hanno mostrato distribuzioni spaziali correlate alla piattaforma.

In definitiva, non sono apparse evidenti alterazioni nei parametri oceanografici e idrochimici da attribuire alle attività di estrazione della piattaforma Clara NW e ciò conferma quanto rilevato anche nei periodi di indagine precedenti.

Per quanto riguarda la ricerca di inquinanti organici lungo la colonna d'acqua, l'unica categoria di composti presente è stata quella degli Idrocarburi alifatici nella campagna di monitoraggio condotta a maggio, comunque caratterizzati da valori molto bassi e sempre vicini al limite di rilevabilità eccetto il massimo rilevato in un campione prelevato in una stazione di controllo.

L'analisi dei dati relativi ai metalli pesanti ha evidenziato la completa assenza (concentrazioni sempre sotto il limite di rilevabilità) di alcune delle specie chimiche considerate tra le più tossiche, quali mercurio, cromo, cadmio (rilevato solo in due dei 32 campioni raccolti a maggio), piombo, rame (rilevato solo in un campione a maggio e in tre a luglio) e indio (Canli e Furness, 1995; Dong *et al.*, 2016). Tra le specie chimiche rilevabili sono stati fondamentalmente distinti due differenti andamenti. L'arsenico, il bario, il vanadio e il silicio hanno evidenziato la minima variabilità delle concentrazioni. Alluminio e zinco sono stati invece molto più variabili, con valori del coefficiente di variabilità molto spesso superiore al 70%, pur conservando concentrazioni medie non molto dissimili nei due survey. Il nichel, infine, ha mostrato delle forti fluttuazioni, oscillando tra un periodo di completa rilevabilità (maggio 2018), con un periodo di quasi completa assenza (luglio 2018).

Il silicio e il bario sono gli unici elementi che hanno mostrato un andamento particolare delle concentrazioni e, nello specifico, rispetto alla profondità. Infatti, il silicio ha evidenziato in entrambi i survey i valori massimi sempre nei campioni di fondo, indicando una forte correlazione con i fenomeni di risospensione che avvengono a questo livello. Il bario, solo in maggio, ha mostrato i valori maggiori sempre nella quota superficiale, raggiungendo comunque concentrazioni considerate naturali per questa specie chimica (Neff, 2002). La presenza di questo elemento in acqua di mare in ambienti non contaminati è principalmente da ascrivere agli apporti fluviali e al dilavamento del terreno (il bario

rappresenta in percentuale il quattordicesimo elemento più abbondante nella crosta terrestre). L'occasionale aumento riscontrato in superficie a maggio potrebbe essere dovuto perciò alla presenza di acque relativamente più dolci provenienti dal contributo continentale (Wohlgemuth e Broecker, 1970), circostanza confermata anche dalla concomitante diminuzione della salinità superficiale misurata. In luglio, viceversa, l'effetto di diluizione nello strato superficiale risulta quasi annullato, mettendo in evidenza un andamento maggiormente correlato con la concentrazione di particolato sospeso, a cui questo elemento risulta adsorbito (Neff, 2002).

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).

Per quanto concerne infine eventuali peculiarità dei siti posizionati nei pressi della piattaforma (100 m) rispetto ai controlli (2000 m), nessun elemento analizzato ha mostrato delle differenze degne di nota.

In conclusione, nei periodi di osservazione in tutta l'area esaminata non è stato evidenziato alcun fenomeno di contaminazione ambientale in relazione alla presenza di Clara NW, confermando quanto rilevato sin dal pre-survey. Infatti, i trend osservati per alcune specie chimiche sono per lo più da imputare alla loro naturale variabilità e ai cambiamenti delle condizioni idrologiche e meteorologiche della zona.

Caratteristiche correntometriche - Nel 1° semestre 2018 è stato confermato che l'areale in cui è installata la piattaforma Clara NW è caratterizzato da un regime delle correnti variabile in direzione e di intensità generalmente debole (0,1-0,2 m/s) con alcuni picchi negli strati superficiali raramente maggiori a 0,3 m/s.

Caratteristiche sedimentologiche - L'area indagata presenta sedimenti a granulometria piuttosto variabile da sito. Anche rispetto al pre survey si registrano comportamenti diversi, in particolare un aumento delle frazioni più grossolane lungo i transetti e soprattutto nelle stazioni immediatamente a Sud della piattaforma (CL SE e CL SW). Questi risultati non concordano con quanto osservato nei controlli dove, al contrario, la sabbia ha subito un decremento congiuntamente all'argilla a vantaggio del silt.

Gli IPA sono risultati ovunque estremamente inferiori all'LCB indicato nel Manuale ICRAM-APAT (2007). Gli idrocarburi totali leggeri (C<12) non sono stati rilevati

analogamente a tutto il periodo di indagine precedente (Fabi *et al.*, 2018d); i pesanti, invece, sono stati quantificati in tutti i siti eccetto quello posizionato a 250 m di distanza dalla piattaforma verso NW (A1). Le concentrazioni sono risultate basse, inferiori a quelle rilevate nel pre-survey. Solo in CL SE e CL SW i tenori sono apparsi maggiori rispetto a quelli dei controlli.

Per quanto concerne i metalli pesanti, i dati acquisiti nell'inverno 2018 indicano che praticamente tutti gli elementi ricercati hanno raggiunto concentrazioni simili a quelle registrate prima dell'installazione della piattaforma.

Solo cromo, arsenico e nichel hanno superato i corrispettivi Livelli Chimici di Riferimento Nazionali indicati nel DM 173/2016, ma in tutti questi tre casi il superamento è avvenuto anche nei controlli ed era stato rilevato anche nel pre-survey.

Situazione diversa riguarda il bario, che in alcuni siti posizionati lungo i transetti e in quelli CL corrispondenti alla piattaforma ha raggiunto tenori maggiori rispetto alla media dei controlli. Un cenno particolare meritano le concentrazioni osservate presso CL NW, CL SE e CL SW che risultano pari, nell'ordine, a 4,7, 35,4 e 28,1 volte la media dei riferimenti corrispondendo ai massimi assoluti dell'intero periodo di indagine. Ciò implica che l'andamento di questo metallo sarà seguito con molta attenzione nei prossimi monitoraggi.

Niente da segnalare per quanto concerne sostanza organica e TOC, le cui concentrazioni sono risultate paragonabili in tutta l'area investigata e simili a quelle registrate nel pre-survey.

Ecotossicologia dei sedimenti - Nel 5° survey post lavori di installazione della piattaforma Clara NW i sedimenti circostanti la struttura si sono rivelati ottimali per la crescita algale di *Dunaliella tertiolecta* e per la bioluminescenza di *Vibrio fischeri* come in tutto il periodo di indagine (Fabi *et al.*, 2018d). Anche il test sullo sviluppo larvale dell'ostrica *Crassostrea gigas* non ha evidenziato alcuna tossicità eccetto nel sito posizionato a 60 m di distanza dalla piattaforma verso NE (B3) dove la tossicità è risultata media indicando un peggioramento. Altrove, invece, è avvenuto il ripristino delle condizioni ottimali osservate nel pre-survey.

I risultati del test di bioaccumulo eseguito utilizzando esemplari di *Hediste diversicolor* hanno confermato l'assenza di biodisponibilità della maggior parte degli elementi ricercati. Nell'ultimo monitoraggio è stato rilevato infatti solo un bioaccumulo diffuso di cadmio, le cui concentrazioni sono comunque risultate modeste, di nichel e di silicio, tutti registrati anche nei riferimenti.

Analisi di inquinanti e di biomarker nei mitili insediati sulle parti immerse della

piattaforma - Tale tipologia di indagini è stata condotta per la prima volta nell'inverno 2018, in quanto nei due anni precedenti non sono stati rinvenuti esemplari di *Mytilus galloprovincialis* adesi sulle parti sommerse della struttura (Fabi *et al.*, 2018d). In generale l'applicazione della batteria di biomarker indica per questo primo monitoraggio l'assenza di una sindrome di stress negli organismi analizzati. Scarso è apparso il rischio genotossico sia nei mitili della piattaforma che in quelli di controllo, con valori medi di micronuclei simili a quelli riscontrabili naturalmente su popolazioni di bivalvi prelevati in ambienti marino costieri poco impattati. Anche i livelli intracellulari di lipidi neutri sono risultati omogeneamente distribuiti e tendono quindi ad escludere la presenza di effetto legato a molecole organiche come IPA e PCB. In effetti, gli IPA non sono stati rilevati negli esemplari prelevati lontano dall'anodo sacrificale ed erano presenti in scarsa quantità, peraltro confrontabile con il controllo, in quelli raccolti vicino all'anodo.

Al contrario, l'aumento sia dei livelli di lipofuscine che dell'attività di catalasi nei mitili di Clara NW rispetto a quelli di controllo portano ad ipotizzare un leggero stress ossidativo in parte correlato all'accumulo di alcuni metalli pesanti quali arsenico, cadmio, alluminio, ferro e nichel. Ciò è supportato sia dai risultati dell'espressione genomica relativamente ai geni specifici che controllano la sintesi di proteine metallo-chelanti (metallotioneine) sia alla presenza di elevati livelli delle stesse proteine nelle cellule dei mitili analizzati. Gli idrocarburi alifatici sono risultati significativamente più abbondanti nei mitili della piattaforma, ma l'applicazione di indici specifici tende perlopiù a suggerire un'origine naturale di questi composti.

Comunità bentonica - Complessivamente anche nel 5° survey post lavori di installazione effettuato nell'inverno 2018 la comunità bentonica rinvenuta nei siti investigati è risultata non particolarmente ricca in termini sia di numero di individui che di specie, e i popolamenti sono apparsi costituiti quasi esclusivamente da taxa di fondo mobile. La maggior parte di essi appartiene ai policheti, seguiti dai crostacei e/o dai molluschi, mentre gli echinodermi sono apparsi scarsi ovunque, mantenendo il trend che si era già riscontrato nei campionamenti precedenti (Fabi *et al.*, 2018d). Anche nei pressi di Clara NW la maggior parte delle specie è risultata tipica di fondali limicoli, e ovunque è stato rinvenuto anche un discreto numero di organismi indicatori della presenza di materia organica nei sedimenti o di sabulicoli. I policheti Paraonidae, il gasteropode *Hyala vitrea* e pochi altri hanno continuato a rappresentare i taxa dominanti anche nell'inverno 2018, sostituiti da *A. ephippium* in un sito della piattaforma.

Tuttavia, in corrispondenza di una o più stazioni a ridosso della struttura è stato confermato

l'incremento osservato precedentemente (Fabi *et al.*, 2018d) sia del numero di individui che di specie, determinato anche dal rinvenimento di un numero maggiore di specie e organismi di substrato roccioso (ad esempio i bivalvi *Neopycnodonte cochlear*, *Mytilus galloprovincialis*, *Hiatella arctica* e *Hiatella rugosa*, o i policheti *Hydroides norvegicus* e *Pomatoceros triqueter*) o a larga ripartizione ecologica, tra cui alcuni legati ai fondi duri o ad altri taxa tipici di questi habitat, come ad esempio l'anfipode *Phthisica marina* che si rinviene tra i briozoi e gli idrozoi, o il bivalve *Anomia ephippium*.

Interessante a tale proposito appare il risultato derivato dall'applicazione del MultiDimensional Scaling che associa le varie stazioni di campionamento sulla base delle densità dei singoli taxa rinvenuti e, dunque, della somiglianza dei popolamenti. Infatti, questa analisi ha evidenziato una sorta di "gradiente", con i siti corrispondenti a Clara NW simili per certi aspetti a quelli situati a 30-60 m di distanza, a loro volta caratterizzati da un popolamento confrontabile con quelli rinvenuti nelle stazioni più lontane dalla struttura e nei controlli. Tutto ciò conferma una differenziazione graduale della comunità bentonica determinata dalla presenza della piattaforma.

La comparsa di taxa di fondo duro con il conseguente arricchimento delle comunità bentoniche nei pressi delle strutture offshore è un evento comunemente riscontrato in Adriatico e generalmente avviene a partire dal 2°-3° anno dalla loro entrata in produzione; tale comparsa è legata essenzialmente alla formazione di un fondale duro attorno alle piattaforme costituito soprattutto dai gusci di bivalvi o da altri organismi incrostanti caduti dal jacket (Spagnolo *et al.*, 2002; 2006; Fabi *et al.*, 2007; Trabucco *et al.*, 2006; 2008; Manoukian *et al.*, 2010).

Lo stato ecologico relativo alle diverse stazioni campionate nell'inverno 2018, derivato dalla combinazione dei tre indici W di Clarke, AMBI e BENTIX, è il migliore dell'intero periodo di studio incluso il pre-survey, essendo risultato buono ovunque e alto/buono in corrispondenza del sito CL NW.

Indagini sul popolamento ittico - L'indagine condotta con reti tremaglio nel primo semestre 2018 ha evidenziato valori di Ricchezza specifica statisticamente superiori presso il sito di estrazione rispetto solo al controllo C2 (non è stata evidenziata alcuna differenza significativa rispetto a C1 poiché in esso i valori dei primi due campionamenti mensili sono risultati molti simili a quelli ottenuti in piattaforma). In termini di rendimenti di pesca, invece, in numero il valore medio relativo a Clara NW è risultato significativamente maggiore rispetto a quelli di controllo, confermando i risultati di monitoraggi pregressi effettuati in Adriatico settentrionale presso altre strutture estrattive a diverse profondità sin

dal primo anno di produzione delle strutture (Fabi *et al.*, 2001; 2003; 2004a; 2004b; 2005a; 2006; 2010b; 2013; 2018a; 2018b; Consoli *et al.*, 2013).

La presenza di specie attratte (*Conger conger*, *Scorpena notata*, *Scorpena porcus*, *Scorpaena scrofa*) e parzialmente attratte (es.: *Pagellus bogaraveo*, *Phycis phycis*, *Spicara maena*, *Trachurus trachurus*, *Trachurus picturatus*) presso la piattaforma Clara NW e la preponderanza di specie non attratte presso i siti di controllo, confermano l'influenza da parte delle strutture nei confronti di organismi altrimenti rari o assenti nell'area.

Il popolamento ittico è stato analizzato anche mediante indagini acustiche effettuate con Multibeam Echosounder (MBES).

In generale mediante l'impiego del MBES negli studi sul popolamento ittico attorno a piattaforme offshore è stata appurata una concentrazione di banchi negli strati d'acqua più vicini al fondo nelle ore diurne durante le quali viene effettuato il monitoraggio (Punzo *et al.*, 2015; Gaetani *et al.*, 2018) attribuibile all'etologia delle specie gregarie. Infatti, i banchi nell'arco della giornata compiono migrazioni verticali: nelle ore diurne (periodo in cui viene condotta l'indagine acustica) si trovano negli strati di acqua più profondi, mentre nelle ore notturne (periodo in cui avviene il campionamento di pesca) le aggregazioni salgono negli strati più superficiali. Queste migrazioni verticali sono molto probabilmente legate all'opportunità di procurarsi nutrimento oltre che all'ottimizzazione bioenergetica e alla necessità di trovare riparo dai predatori (Pitcher, 1986; Cardinale *et al.*, 2003; Punzo *et al.*, 2015). I banchi più grandi sono tendenzialmente attribuibili a specie pelagiche, in particolar modo a *Engraulis encrasicolus*, che tendono ad aggregarsi formando aggregazioni di notevoli dimensioni (Iglesias *et al.*, 2003; Tsagarakis *et al.*, 2012). Tali specie pelagiche di piccole dimensioni vengono generalmente catturate in quantità minore rispetto alla reale abbondanza durante i campionamenti di pesca a causa della selettività dell'attrezzo utilizzato e del suo posizionamento in prossimità del fondale. In quest'ottica l'indagine acustica tramite MBES può implementare i dati di cattura, sondando interamente la colonna d'acqua e permettendo di individuare anche la presenza di specie piccole e pelagiche poco censite con i campionamenti di pesca.

In base ai dati raccolti nel 1° semestre 2018 tramite il sistema MBES, alle osservazioni derivanti dalla letteratura disponibile e alle riprese tramite telecamera, oltre che ai campionamenti di pesca, si può ipotizzare che i banchi individuati in prossimità del fondale (76-70 m) e nelle vicinanze della piattaforma, come i banchi n. 6 di gennaio e n. 6 di febbraio, caratterizzati da dimensioni notevoli e un grande sviluppo in altezza, fossero costituiti da specie pelagiche parzialmente attratte come *Trachurus* spp o *Boops boops*. La

presenza di queste specie è stata in effetti confermata sia dalla riprese subacquee che dai campionamenti di pesca condotti durante il semestre.

In prossimità della piattaforma sono stati individuati mediante videocamera nei mesi di febbraio e marzo anche esemplari di *S. hepatus* e *S. maena* sul fondo.

A distanze maggiori dalla struttura Clara NW sono stati rilevati banchi anche di notevoli dimensioni, come ad esempio le aggregazioni n.7 di febbraio, n.1 di maggio e nn.1 e 5 di giugno, presumibilmente rappresentate da pelagici non attratti quali *E. encrasicolus*.

Rilevamento del passaggio di cetacei e rettili marini - L'unico avvistamento avvenuto nel 1° semestre 2018, consistente nell'individuazione di un esemplare della tartaruga *Caretta caretta* nelle immediate vicinanze di Clara NW ad aprile, tende a confermare quanto ipotizzato nel periodo di indagine precedente (Fabi *et al.*, 2018d), ovvero che l'area in cui è installata la piattaforma non sembra molto frequentata né da cetacei, né da rettili marini.

5. BIBLIOGRAFIA

- Aebi H. 1974. Catalase. Pagg. 671-684, in: Bergmeyer H.U. (Ed.), *Methods on enzymatic analysis*. Academic Press, London.
- 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.
- Amouroux J.M. 1974. Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. *Vie Milieu*, 24 (1) sèr. B: 209-222.
- 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.
- Artegiani A. 1996. *Temperature and salinity measurements of seawaters. Handbook of method protocols*. MAST II Mediterranean Targeted Project. 34 pp.
- Artegiani, A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., Russo A. 1997a. The Adriatic Sea general circulation. Part I. Air-sea interactions and water mass structure, *J. Phys. Oceanogr.*, 27, 1492– 1514.
- Artegiani, A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., Russo A. 1997b. The Adriatic Sea general circulation. Part II: Baroclinic Circulation Structure, *J. Phys. Oceanogr.*, 27, 1515– 1532.
- ASTM. 1998. *Standard guide for determination of the bioaccumulation of sediment-associated contaminants by benthic invertebrates*. Standard ASTM E1688-97a. American Society for testing and materials, Philadelphia, PA: 1072-1121.
- ASTM. 2004a. *Standard guide for conducting static toxicity tests with microalghe*. ASTM E1218-04-E1. 14 pp.
- ASTM. 2004b. *Standard Guide for Conducting Static Acute Toxicity Tests Starting with Embryos of Four Species of Saltwater Bivalve Molluscs*. ASTM E724-98. 21 pp.
- Augier H. 1992. *Inventaire et classification des biocénoses marines benthique de la Méditerranée*. Conseil de l'Europe. U.E.R. Des Sciences de la Mer et de l'Environnement de Luminy Marseille. 59 pp.
- Azur Environmental. 1994. *Microtox® M500 manual* (A toxicity testing handbook).
- Banni M., Dondero F., Jebali J., Guerbej H., Boussetta H., Viarengo A. 2007. Assessment of heavy metal contamination using real-time PCR analysis of mussel metallothionein MT10 and MT20 expression: a validation along the Tunisian coast. *Biomarkers*, 12(4): 369-383.
- Bellan Santini D., Ledoyer M. 1972. Inventaire des amphipodes gammariens récoltés dans la Région de Marseille. *Tethys*, 4(4): 899-934.
- Bellan G., Bellan Santini D., Picard J. 1980. Mise en évidence de modèles eco-biologiques dans des zones soumises à perturbations par matières organiques. *Oceanol. Acta*, 3: 383-390.
- Béthoux J.P., Courau P., Nicolas E., Ruiz-Pino D. 1990. Trace metal pollution in the Mediterranean Sea. *Oceanol. Acta*, 13: 481–488.
- Bettencourt A., Bricker S.B., Ferriera J.G., Franco A., Marques J.C., Melo J.J., Nobre A., Ramos L., Reis C.S., Salas F., Silva M.C., Simas T., Wolff W. 2004. *Typology and reference conditions for Portuguese transitional and coastal waters*. Instituto da Agua. Instituto do Mar, Lisbon.
- Bianchi C.N., Ceppodomo I., Galli C., Sgorbini S., Dell'Amico F., Morri C. 1993. Benthos dei mari toscani. I: Livorno – Isola d'Elba (Crociera ENEA 1985). *ENEA Arcipelago Toscano – Serie Studi Ambientali*: 263-291.
- Bocchetti R., Regoli F. 2006. Seasonal variability of oxidative biomarkers, lysosomal parameters, metallothioneins and peroxisomal enzymes in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* from Adriatic Sea. *Chemosphere*, 65(6): 913-921.

- Bolognesi C., Rabboni R., Roggeri P. 1996. Genotoxicity biomarkers in *M. galloprovincialis* as indicators of marine pollutants. *Comp. Biochem. Physiol.*, 113C(2): 319-323.
- Bolognesi C., Fenzilli G., Lasagna C., Perrone E., Roggeri P. 2004. Genotoxicity biomarkers in *Mytilus galloprovincialis* wild versus caged mussels. *Mut. Res.*, 552: 153-162.
- Bombace G., Fabi G., Fiorentini L., Speranza S. 1994. Analysis of the efficacy of artificial reefs located in five different areas of the Adriatic Sea. *Bull. Mar. Sci.*, 55(2-3): 559-580.
- Borja A., Mader J. 2008. *Instructions for the use of the AMBI index software (version 4.1)*. AZTI-Tecnalia. 13 pp.
- Borja A., Franco J., Pérez V. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environment. *Mar. Pollut. Bull.*, 40(12): 1100-1114.
- Bourcier M., Nodot C., Jeudy De Grissac A., Tine J. 1979. Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon (France). *Tethys*, 9: 103-112.
- Bradford M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, 72(1-2): 248-254.
- 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.
- Cardinale M, Casini M, Arrhenius F, Håkansson N. 2003. Diel spatial distribution and feeding activity of herring *Clupea harengus* and sprat *Sprattus sprattus* in the Baltic Sea. *Aquat. Liv. Res.*, 16: 283-292.
- Carro N., Cobas J., Maneiro J. 2006. Distribution of aliphatic compounds in bivalve mollusks from Galicia after the Prestige oil spill: Spatial and temporal trends. *Environ. Res.*, 100(3): 339-348.
- 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.
- Consoli P., Romeo T., Ferraro M., Sarà G., Andaloro F. 2013. Factors affecting fish assemblages associated with gas platforms in the Mediterranean Sea. *J. Sea Res.*, 77: 45–52.
- 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 Chemistry*. CRC Press. 297 pp.
- Direttiva 2008/105/CE, 2008. *Standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive del Consiglio 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE e 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio*. Parlamento Europeo e Consiglio. 16 dicembre 2008.
- Dondero F., Piacentini L., Banni M., Reselo M., Burlando B., Viarengo A. 2005. Quantitative PCR analysis of two molluscan metallothionein genes unveils differential expression and regulation. *Gene*, 345: 259–270.
- 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.
- Donnini F., Dinelli E., Sangiorgi F., Fabbri E. 2007. A biological and geochemical integrated approach to assess the environmental quality of a coastal lagoon (Ravenna, Italy). *Environ. Int.*, 33(7): 919-928.
- 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 pp + allegati.
- 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. 2004a. *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., Grati F., Puletti M., Scarcella G. 2004b. Effects on fish community induced by the installation of two gas platforms (Adriatic sea). *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 273: 187-197.
- 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., Da Ros, L., De Biasi, A.M., Manoukian, S., Nasci, C., Puletti, M., Punzo, E., Spagnolo, A., 2007. Environmental impact of gas platforms in the Northern Adriatic Sea: a case study. *Rapp. Comm. Int. Expl. Scient. Mer Médit.*, 38: 471.
- Fabi G. De Ranieri S., Grilli F., Nasci C., Spagnolo A. 2010a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Nord. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 240 + XLIII pp.
- Fabi G., Campanelli A., De Ranieri S., Nasci C., Polidori P., Punzo E. 2010b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Est. Rapporto conclusivo di tre anni di monitoraggio (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 353 + XLI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2013. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Naide. Rapporto conclusivo di 4 anni di monitoraggio, dal pre-survey al terzo anno dopo la posa (estate 2004 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. –

- Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 397 + XLVI pp.
- Fabi G., De Biasi A.M., Gomiero A., Kozinkova L., Penna P.G., Polidori P., Spagnolo A. 2015a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Tea - Rapporto conclusivo dal pre-survey al terzo anno successivo alla posa in opera della piattaforma (2006-2010)*. 251 + XLIV pp.
- Fabi G., Bernardi Aubry F., Boldrin A., Camatti E., De Biasi A., Kozinkova L., Punzo E., Spagnolo A. 2015b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW e della condotta collegante Clara NW a Calipso. Pre-survey (dicembre 2014 - aprile 2015). Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua e dei sedimenti, ecotossicologia dei sedimenti e indagini sulla comunità bentonica. Rapporto n. 1*. Rapporto per ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS. 144 + XXXII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Campanelli A. De Biasi A.M., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Polidori P., 2016a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B - Piano Nazionale. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Rapporto finale di sei anni di indagine (dal pre-survey al 3° anno post lavori di installazione)*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 258 + CXVIII pp.
- Fabi G., Bernardi Aubry F., Camatti E., Cassin D., De Biasi A., De Lazzari A., Kozinkova L., Punzo E., Spagnolo A. 2016b. *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*. Rapporto per ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS. 155 + XXVII pp.
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., De Biasi A., De Lazzari A., Gaetani A., Kozinkova L., Pellini G., Punzo E., Spagnolo A. 2016c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW e della condotta collegante Clara NW a Calipso. Fase di produzione - Rapporto semestrale (gennaio - giugno 2016)*. Rapporto n. 3. Rapporto per ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS. 151 + LXIV pp
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Campanelli A., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gaetani A., Gomiero A., Kozinkova L. 2017a. *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. Rapporto finale dal pre-survey al 3° anno post lavori di installazione (2009 - 2013)*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 236 + XCV pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Kozinkova L., Pellini G. 2017b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - 2° anno rapporto semestrale (gennaio-giugno 2017)*. Rapporto n. 6. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 144 + XLIII pp
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Kozinkova L., Pellini G., Punzo E. 2017c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - 1° anno rapporto finale (gennaio-dicembre 2016)*. Rapporto n. 4. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 179 + XLIII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Kozinkova L., Pellini G. 2017d. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - 2° anno rapporto semestrale (gennaio-giugno 2017)*. Rapporto n. 6. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 144 + XLIII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Pellini G., Tasseti A.N. 2018a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 4° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale. Rapporto n. 13*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 199 + LV pp.

- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Scanu M., Tassetti A.N. 2018b. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 4° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale. Rapporto n. 13. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 188 + LV pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Armelloni E.N., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Kozinkova L., Salvalaggio V., Tassetti A.N. 2018c. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di produzione - Rapporto Finale 2° anno (dal pre-survey a dicembre 2017). Rapporto n. 6. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 234 + LII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Kozinkova L., Masnadi F., Montagnini L., Scanu M. 2018d. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - 2° anno - Rapporto finale. Rapporto n. 8. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 217 + XLV pp.
- Fattorini D., Notti A., Di Mento R., Cicero A.M., Gabellini M., Russo A., Regoli F. 2008. Seasonal, spatial and inter-annual variations of trace metals in mussels from the Adriatic Sea: a regional gradient for arsenic and implications for monitoring the impact of offshore activities. *Chemosphere*, 72: 1524–1533.
- Fisher W., Bauchot M.L., Schneider M. (Eds). 1987. *Fishes FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1) Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. 1. Végétaux et Invertébrés*. Publication préparée par la FAO, résultat d'un accord entre la FAO et la Commission des Communautés Européennes (Project GCP/INT/422/EEC) financée conjointement par ces deux organizations. Rome, FAO. 760 pp.
- Gaetani A., Tassetti A.N., Guicciardi D., Ferrà C., Fabi G., 2018. How Does Fish Behavior Change during the Day around Gas Platforms? Pages 7-21, in: Bortone S.A. (Ed.), *Marine artificial reef research and development: integrating fisheries management objectives*. American Fisheries Society, Symposium 86, Bethesda, Maryland.
- Gomiero A., Da Ros L., Meneghetti F., Nasci C., Spagnolo A., Fabi G. 2011. Integrated use of biomarkers in the mussel *Mytilus galloprovincialis* for assessing off-shore gas platforms in the Adriatic Sea: Results of a two-year biomonitoring program. *Mar. Pollut. Bull.*, 62(11): 2483-2495.
- Gomiero A., Volpato E., Nasci C., Perra G., Viarengo A., Dagnino A., Spagnolo A., Fabi G. 2015. Use of multiple cell and tissue-level biomarkers in mussels collected along two gas fields in the northern Adriatic Sea as a tool for long term environmental monitoring. *Mar. Pollut. Bull.*, 93 (1-2): 228-244.
- Gorbi S., Lamberti C.V., Notti A., Benedetti M., Fattorini D., Moltedo G., Regoli F. 2008. An ecotoxicological protocol with caged mussels, *Mytilus galloprovincialis*, for monitoring the impact of an offshore platform in the Adriatic sea. *Mar. Environ. Res.*, 65(1): 34-49.
- Grasshoff K., Cremling K., Erhardt M. 1999. *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie, Weinheim, Germany. 600 pp.
- Higuchi R., Fockler C., Dollinger G., Watson R. 1993. Kinetic PCR analysis: real-time monitoring of DNA amplification reactions. *Biotechnology (NY)*, 11 (9): 1026-1030.
- ICRAM. 2001. *Metodologie analitiche di riferimento. Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003)*.
- ICRAM-APAT. 2007. *Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini*. 72 pp.
- Iglesias M, Carrera P, Muiño R. 2003. Spatio-temporal patterns and morphological characterisation of multispecies pelagic fish schools in the North-Western Mediterranean Sea. *Aquat. Liv. Res.*, 16: 541-548.
- IRSA-CNR. 1994. *Metodi analitici per le acque*. Istituto poligrafico e zecca dello Stato, Roma.
- ISO 2011. *Soil quality - 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. Pollut. Bull.*, 9: 321-324.
- Lima I., Moreira S. M., Rendón-Von Osten J., Soares A.M.V.M., Guilhermino L. 2007. Biochemical responses of the marine mussel *Mytilus galloprovincialis* to petrochemical environmental contamination along the north-western coast of Portugal. *Chemosphere*, 66(7): 1230-1242.
- Livak J., Schmittingen T.D. 2001. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the $2^{-\Delta\Delta CT}$. *Methods*, 25: 402-408.
- 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.
- Manoukian S., Spagnolo A., Scarcella G., Punzo E., Angelini R., Fabi G. 2010. Effects of two offshore gas platforms on soft-bottom benthic communities (North-western Adriatic Sea, Italy). *Mar. Environ. Res.*, 70(5): 402-410.
- 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.
- Michael X.R., Cassand P.M., Ribera D. G. Narbonne J. F. 1992. Metabolism and mutagenic activation of benzo(a)pyrene by subcellular fractions from mussel (*Mytilus galloprovincialis*) digestive gland and sea bass (*Discenthrarcus labrax*) liver. *Comp. Biochem. Physiol.*, 103C(1): 43-51.
- Middelburg J.J., Hoede D., Van Der Sloot H.A., Van Der Weijden C.H., Wijkstra J. 1988. Arsenic, antimony and vanadium in the North Atlantic Ocean. *Geochim. cosmochim. Acta*, 52: 2871-2878.
- Muxika I., Borja A., Bald J. 2007. Using historical data, export judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Framework Directive. *Mar. Pollut. Bull.*, 55: 13-29.
- Neff J.M., 2002. Barium in the Ocean. Pagg. 79-87, in "Bioaccumulation in Marine Organisms", Elsevier, doi.org/10.1016/B978-008043716-3/50005-1
- 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.
- Onorati F., 1999. Valutazione della tossicità naturale nel saggio Microtox in fase solida. La normalizzazione pelitica. *Acqua&Aria*: 83-89.
- Onorati F., Bandini F., Brillì L., Bellaria V., Castiglioni S., Celetti A.M., Comin S., Di Gioia E., Fabbri S., Facchini L., Ferrara M., Guerra R., Leoni T., Lo Re R., Manzo S., Martini P., Mascilongo G., Meloni P., Meineri V., Milani S., Molina M., Rossi E., Ruggiero G., Sanguinetti M.S., Tamberlich F., Traldi D., Trichilo S. 2007. Interconfronto nazionale sul test di inibizione della bioluminescenza mediante *Vibrio fischeri*. *Biol. Mar. Medit.*, 14(1): 87-91.
- Ottaviani E., Franceschini C. 1997. The invertebrate phagocytic immunocyte: clues to a common evolution of immune and neuroendocrine system. *Immunology Today*, 18: 169-174.
- Pérès J.M., Picard J. 1964. Nouveau Manuel de Bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Recl. Trav. St. Mar. Endoume*, 31(47). 137 pp.
- Petrovic S., Semencic L., Ozetic B., Orzetic M. 2004. Seasonal variations of physiological and cellular biomarkers and their use in the biomonitoring of North Adriatic coastal waters

- (Croatia). *Mar. Pollut. Bull.*, 49(9-10): 713-720.
- Pianka E.R. 1970. On r- and k-selection. *Amer. Nat.*, 104: 592-597.
- Pielou E.C. 1974. *Population and Community Ecology: Principles and Methods*. Gordon and Breach Sci. Publ., New York. 424 pp.
- Pitcher T.J. 1986. *Behaviour of teleost fishes*. Pagg. 363-7439, in: Fish and Fisheries Series 7. second ed. Chapman & Hall, London.
- 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.
- Punzo E, Malaspina S, Domenichetti F, Polidori P, Scarcella G, Fabi G. 2015. Fish detection around offshore artificial structures: preliminary results from hydroacoustics and fishing surveys. *J. Appl. Ichthyol.*, 31(S3): 48-59.
- Rinelli P., Spanò N. 1997. Distribuzione di crostacei decapodi ed echinodermi di ambienti detritici insulari. *Biol. Mar. Medit.*, 4: 440-442.
- Saggiomo V., Catalano G., Ribera d'Alcalà M. 1990. Ossigeno disciolto. Pagg. 91-103, in: Innamorati M., Ferrari I., Marino D., Ribera d'Alcalà M. (Eds.), *Metodi nell'ecologia del plancton marino*. Nova Thalassia, 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.
- Scarcella G., Grati F., Fabi G. 2011. Temporal and Spatial Variation of the Fish Assemblage Around a Gas Platform in the Northern Adriatic Sea, Italy. *Turkish J. Fish. Aquatic Sci.*, 11: 433-444.
- Schlitzer R., 2014. *Ocean Data View*. <http://odv.awi.de>.
- Simboura N., Zenetos A. 2002. Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystem, including a new biotic index. *Mediterr. Mar. Sci.*, 3: 77-111.
- Spagnolo A., Panfili M., Giampieri A., Spegne R., Trovarelli L. 2002. Cambiamenti indotti sulla comunità bentonica di fondo mobile da una piattaforma estrattiva off-shore (Adriatico settentrionale). *Biol. Mar. Medit.*, 9(1): 191-198.
- Spagnolo A., Ausili S., Fabi G., Manoukian S., Puletti M. 2006. Realizzazione di una piattaforma estrattiva off-shore: effetti sul macrozoobenthos di fondo mobile. *Biol. Mar. Medit.*, 13(2): 60-61.
- Strickland J.D.H., Parsons T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 167. 310 pp.
- Tsagarakis K, Giannoulaki M, Somarakis S, Machias A. 2012. Variability in positional, energetic and morphometric descriptors of European anchovy *Engraulis encrasicolus* schools related to patterns of diurnal vertical migration. *Mar. Ecol. Prog. Series*, 446: 243–258.
- 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.
- Trabucco, B., Cicero, A.M., Gabellini, M., Virno Lamberti, C., Di Mento, R., Bacci, T., Moltedo, G., Tomassetti, P., Panfili, M., Marusso, V., Cornello, M., 2006. Studio del popolamento macrozoobentonico di fondo mobile in prossimità di una piattaforma offshore (Adriatico centrale). *Biol. Mar. Medit.*, 13: 659-662.
- Trabucco, B., Bacci, T., Marusso, V., Lomiri, S., Vani, D., Marzialetti, S., Cicero, A.M., Di Mento, R., De Biasi, A.M., Gabellini, M., Virno Lamberti, C., 2008. Studio della macrofauna attorno alle piattaforme off-shore in Adriatico centrale. *Biol. Mar. Medit.*, 15: 141-143.
- 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.
- Viarengo A., Canesi L. 1991. Mussels as biological indicators of pollution. *Aquaculture*, 94(2-3): 225-243.
- Vidussi F., Claustre H., Bustillos-Guzmán J., Cailliau C., Marty J.C. 1996. Determination of Chlorophylls and carotenoids of marine phytoplankton: separation of Chlorophyll a from divinylChlorophyll a and zeaxanthin from lutein. *J. Plankton Res.*, 18(12): 2377-2382.
- Wang X.H., Pinardi N. 2002. Modeling the dynamics of sediment transport and resuspension in the northern Adriatic Sea. *J. Geophys. Res.*, 107(C12): 3225.
- 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. *Contin. Shelf Res.*, 27(5): 613-633.
- Whitehead P.J.P., Bauchot M.L., Hureau J.C., Nielsen J., Tortonese E. (eds). 1986. *Fishes of the North- Eastern Atlantic and Mediterranean*. UNESCO, Voll. 1-2-3. 1473 pp.
- Winkler L.W. 1888. Die Bestimmung des im Wasser gelosten Sauerstoffes. *Chem. Ber.*, 21: 2843-2855.
- Wohlgemuth K., Broecker W.S. 1970. Barium in sea water. *Earth Planet. Sci. Letters*, 8, 372-378.
- Zar J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 663 pp.
- Zavatarelli M., Raicich F., Bregant D., Russo A., Artegiani A., 1998. Climatological biogeochemical characteristics of the Adriatic Sea. *J. Mar. Syst.*, 18: 227-26.
- Zenetos A., Bellou N., Abousamra F. 2004. *The use of BENTIX in Assessing Ecological Quality of coastal waters across the Mediterranean. Proceedings of an international workshop on the promotion and use of benthic tools for assessing the health of coastal marine ecosystems*. Intergovernmental Oceanographic Commission. Workshop Report n. 195: 19-22.

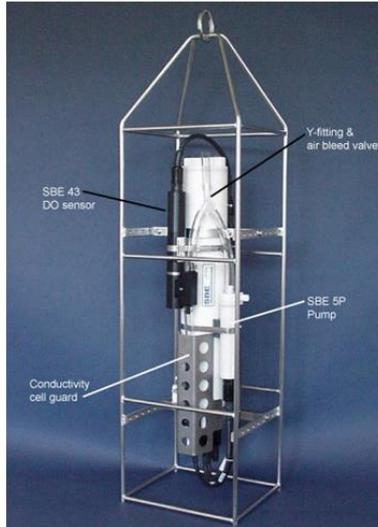
ALLEGATO A

SCHEDE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE

UTILIZZATA NELLE INDAGINI

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

A1-I SONDA MULTIPARAMETRICA CTD e “ROSETTE”



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

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

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

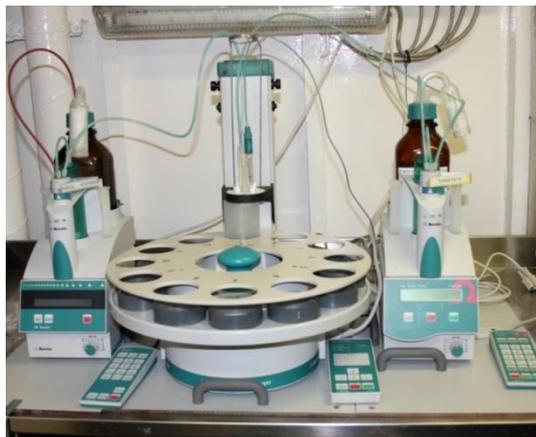


A1-II ADCP (ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER)



Teledyne RDI

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



Sistema di titolazione automatico con Metrohm Basic Titrino 794 e campionatore

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



A1-V HPLC per l'analisi dei pigmenti



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



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



**A1- VIII Analisi BTEX - Spettrofotometro di massa quadrupolare
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 TSQ™ 9000 TRIPLE QUADRUPOLE GC-MS/MS SYSTEM



A2-VII 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-VIII 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-IX 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-X 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-XI ICP-MS Agilent Mod. 7700 per la misurazione dell'INDIO



A3

INDAGINI SULLA COMUNITA' BENTONICA

A3-I BENNA VAN VEEN



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

A3-II SETACCIO



Materiale	Lato maglia (mm)
Acciaio inox	0,5

A3-III MICROSCOPIO STEREO ZEISS STEMI 2000-C



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

A3-IV MICROSCOPIO OTTICO ZEISS AXIOLAB



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

A3-V BILANCIA ANALITICA

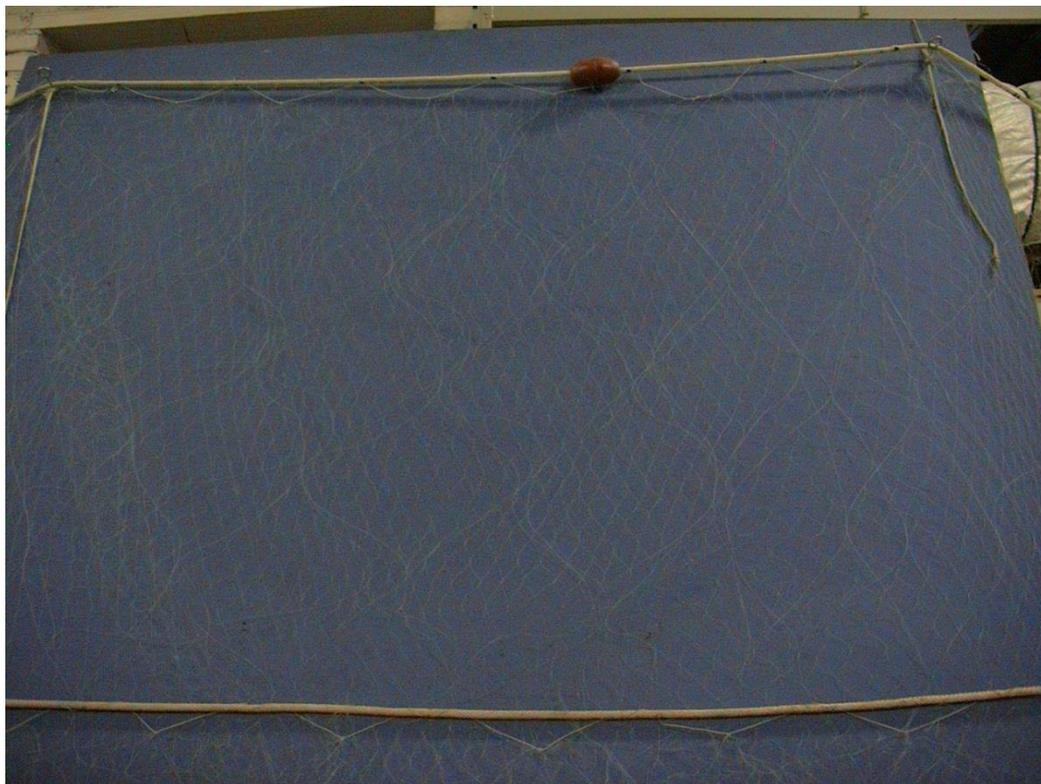


Strumento	Costruttore	Modello	Risoluzione	Capacità
Bilancia elettronica	Mettler Toledo	ML204	0,0001 g	220 g

A4

INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

A4-I RETE TREMAGLIO



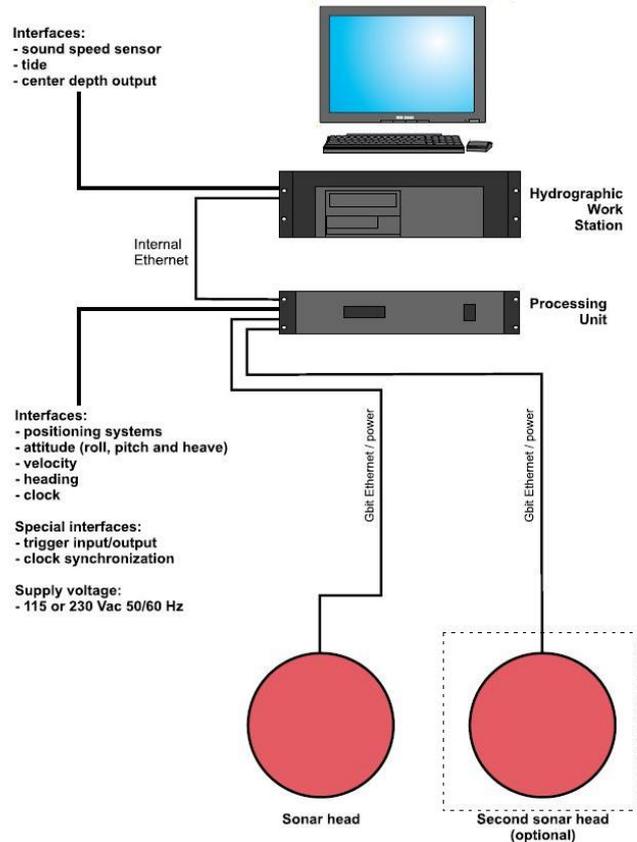
Lunghezza totale:300 m

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

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

A4-II MULTIBEAM ECHOSOUNDER KONGSBERG EM EM 2040C

System diagram



Features

The EM 2040C-D (C for Compact – D for Dual Heads) is a shallow water multibeam echo sounder, ideal tool for high-resolution mapping and inspection application that fulfils and even surpasses the IHO-S44 special order and the more stringent LINZ specification.

The EM 2040C system operating frequency range is from 200 to 400 kHz enabling the user to choose on the fly the best operating frequency for the application in base of the depth.

The EM 2040C-D has three units: a sonar head (two for this system) where receiver and transmitter are integrated, a processing unit and a hydrographic workstation. For completeness, data input from a motion sensor and a positioning system is required, as is the sound speed profile of the water column between the transducers and the bottom. Sound speed at the transducer depth is an optional input and is highly recommended, especially for a dual head system.

Further features:

- Wide frequency range
- FM chirp
- Roll and pitch stabilisation
- Yaw stabilisation
- Nearfield focusing both on transmit and receive
- Short pulse lengths, large bandwidth
- Water column display
- Seabed image
- Water column logging
- Dual swath

Technical specifications

Performance specifications

- Frequency range: 200 – 400 kHz

• Maximum detected depth:	490 m
• Minimum detected depth:	0.5 m
• Maximum ping rate:	50 Hz
• Number of soundings per ping (dual head):	Up to 1600
• Beam width (TX x RX) at 200 kHz:	2 x 2 degrees
• Beam width (TX x RX) at 300 kHz:	1.3 x 1.3 degrees
• Beam width (TX x RX) at 400 kHz:	1 x 1degrees
• TX source level at 300 kHz:	204.5 dB re 1 μ Pa at 1 m
• RX beam spacing:	Equidistant, equiangle and high density
• Coverage sector (dual head):	200 degrees at 200 – 320 kHz,
• Coverage sector (dual head):	170 degrees at 350 kHz,
• Coverage sector (dual head):	140 degrees at 400 kHz
• Transmit beam steering:	Stabilised for pitch (+/- 10 degrees)
• Receive beam steering:	Stabilised for roll (+/- 15 degrees)
• Range resolution (defined as cT/2):	18.8 mm at 25 μ s pulse
• Roll stabilised beams:	+/-15 degrees
• Pitch stabilised beams:	+/-10 degrees
• Yaw stabilised beams:	+/-10 degrees
• Pulse length:	14 μ s -12ms
• System accuracy:	better then 10 mm
• Depth resolution	1 cm
• Transducer geometry	Mills cross

External sensors

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

Environmental and EMC specifications

The system fulfils and even surpasses the IHO-S44 special order and the more stringent LINZ specification.

A4-III QUASI STELLAR COLOR



Quasi Stellar, derivata dalla Light Camera, deriva dall'applicazione di recenti tecnologie elettroniche e meccaniche. Costruita con componenti elettronici e meccanici di qualità (acciaio inossidabile, metacrilato, delrin), consente la visione diurna in bianco e nero (o a colori) del fondo in condizioni di scarsa luminosità e torbidità a grandi profondità, fino e oltre 200 m., con intensità di appena 2

millesimi di lux, ideale per la ricerca sistematica con i metodi della traina o del pendolo, consente un buon riconoscimento della tipologia del fondo e degli oggetti, anche seminterrati.

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

A5

ANALISI IN *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS*

A5-I ESTRAZIONE LIQUIDO-SOLIDO A FLUSSO tipo Soxhlet



Materiale: Apparato elevatore, isomantello, pallone da 250 ml, un apparato di Soxhlet con refrigerante apposito, un ditale di carta, pinze e morsetti, due tubi di gomma, moderatore di ebollizione (sfere di pyrex), cilindro graduato da 250 ml, solvente organico d'estrazione, cilindretto graduato da 10 ml, pipette Pasteur, cristallizzatore, piastra riscaldante, ancorotta magnetica, imbuto, tettarelle, cotone, provetta o protettone da 250 ml.

A5-II CROMATOGRAFIA LIQUIDA Waters 996 PDA HPLC System (liquid chromatograph)



TIPO DI STRUMENTO: **Cromatografo per cromatografia liquida ad alte pressioni (HPLC).**

CONSTRUTTORE **Waters**

SERIE **996 PDA**

TIPO DI DETECTOR: **Fluorescenza (Waters® 474 Scanning Fluorescence Detector) e UV-Visibile (rivelatore a serie di fotodiodi Waters® PDA 996)**

VOLUME DI INIEZIONE: **5 µl**

CARRIER: **Acqua/Acetonitrile**

TIPO DI COLONNA: **Supelcosil LC-PAH**

LUNGHEZZA: **25 cm**

DIAMETRO: **4.5 mm**

FASE: **C-18**

PARTICLE SIZE: **5 µm**

INTEGRAZIONE ED ANALISI DEL DATO: **Waters Millennium software®**

A5-IIa SUPELCOSIL™ LC-PAH HPLC Column (colonna per cromatografia liquida ad alte prestazioni-HPLC)



CARATTERISTICHE FISICHE: **5 µm diametro granuli**, lunghezza × I.D. **25 cm × 4.6 mm**

MATRICE (supporto): **gel di silice a forma sferica**

(Fase stazionaria): **octadecyl silice**

diámetro granuli: **5 µm**

dimensione pori: **120 Å**

A5-III GAS – CROMATOGRAFIA FID (Flame Ionization Detector Perkin Elmer) per l'analisi degli Idrocarburi Alifatici



TIPO DI STRUMENTO: **gas cromatografo**
COSTRUTTORE **Perkin Elmer**
SERIE **GC FID Autosystem**
TIPO DI DETECTOR: **FID (Flame Ionized Detector)**
TECNICA DI INIEZIONE: **Splitless**
VOLUME DI INIEZIONE: **2 μ l**
CARRIER: **Elio**
TIPO DI COLONNA: **Capillare**
LUNGHEZZA: **30 metri**
DIAMETRO: **0.2 mm**
FASE: **SOPB-5**
SPESSORE DEL FILM: **0.2 μ m**
INTEGRAZIONE ED ANALISI DEL DATO: **Software TotalCrom Perkin Elmer**

A5-IIIa SUPELCO SPB-5

CARATTERISTICHE TECNICHE: **Lunghezza 30m, \varnothing 0.32mm**
MATRICE-Fase stazionaria **0.25mm, 95% difenil-, 5% dimetil-silicone)**



A5-IV MINERALIZZATORE Milestone Ethos 900



TIPO DI STRUMENTO: Forno **Mineralizzatore /estrattore**
COSTRUTTORE **Milestone**
SERIE: **900**
VOLUME DI INIEZIONE: **6 posizioni da 200 ml**
POTENZA SORGENTE: **fino a 1600w**
SOFTWARE DI CONTRIOLLO: **EasyControl software®**

A5-V SPETTROFOTOMETRIA DI ASSORBIMENTO ATOMICO Perkin-Elmer



TIPO DI STRUMENTO: Spettrofotometro ad assorbimento atomico a doppio raggio con
correttore di fondo Zeeman 4100 Z.
COSTRUTTORE: Perkin-Elmer.
SERIE: AAS 3030
LAMPADA: a catodo cavo.

ACCESSORI OPZIONALI:

A5-Va

Flow injection Mercury system FIMS
400, Perkin-Elmer per il dosaggio/analisi
del Hg



A5-Vb

Flow Injection Analysis System (FIAS
400, Perkin Elmer) per il dosaggio/analisi
dell'As



A5-VI HIGH SPEED BLENDER 7011 Waring



A5-VII COLONNINE LiChrolut EN



A5-VIII HPLC-DAD Thermo Finnigan P4000



A5-IX CRIOSTATO Leica CM1900



Strumento	Costruttore	Serie	Cabina	Refrigerante
Criostato	Leica	1900	Refrigerata fino a -50C°	Freon

A5-X MICROSCOPIO invertito Carl Zeiss Axiocam 135 motorizzato con telecamera Carl Zeiss Axiovert HS



Main features	Highly stable pyramid shape and low center of gravity for vibration-free work, min. 6 adaptation options (12 drilled holes) e.g. for micromanipulators Optovar revolver 3x motorized 6x objective nosepiece for HD DIC, motorized
Optics	ICS optics for finest image quality: special application objectives with long working distance
Objectives	Reflected light: Epiplan, Epiplan-Neofluar, EC Epiplan-Neofluar Transmitted light: Achromplan, Plan-Neofluar Special: LD-Epiplan, LD-EC Epiplan-Neofluar (reflected light objective with long working distance)
Modules	Polarization optical shearing interferometer (TIC) to measure reflected light-phase objects(levels, differences in height), MHT 10, DeepView
Illumination Reflected light	12V, 100W halogen HBO 50W mercury vapor short arc lamp HBO 100W mercury vapor short arc lamp XBO 75W xenon lamp
Reflected light/filter slider	3 positions for filters with 25 mm diameter
Reflector turret	5 positions, manual or motorized, exchangeable
Light Trap	High contrast, minimized stray light
Transmitted light	6V, 30W 12V, 100W LCD-display, light manager

TelecameraAxiovert HS

Sensore	Sony ICX 414, progressives readout
Risoluzione	660(H) x 494 (V) = 330 K Pixels
Pixel Size	9.9 µm (H) x 9.9 µm (V)
Dimensione sensore	6,5 mm x 4,9 mm, equivalent to ½
Sensibilità spettrale	HSc appr. 400 bis 720 nm con BG 40 IR-blocking filter HSm appr. 350 bis 1000 nm con BK7 protective cover glass
Dynamic Range	Typical SNR 65 dB = 1 : 1800
Noise	1 17 e
Dark Current	0,7 LSB/s, equivalenti a to 5,4 e / Pixel/s
Fotogrammi / sec	Appr. 54 fotogrammi/s in risoluzione normale fino a . 140 fotogrammi/s a
Tempo di esposizione	da 0,25 ms fino a 60 s
Color optimisation	Available for color model, default white point 3200 k

A5-XI CENTRIFUGA Beckman Allegra 25R



Strumento	Costruttore	Modello	Range velocità	Range temperatura (°C)	Precisione	Diametro rotore
Centrifuga	Beckman	Allegra 25R	100-25000 rpm	0 – 50 piena velocità -30-40 a veloc. ridotta	±1	215 mm

A5-XII SPETTROFOTOMETRIA Shimadzu UV-1700 Pharma



Strumento	Costruttore	Serie	Lampada	Range lunghezza d'onda	Accuratezza lung. d'onda	Range fotometrico	Accuratezza fotometrica
Spettrofotometro	Shimadzu	UV 1700 Pharma	UV-VIS	195-1100 nm)	±0,5 nm	Trasmittanza 0-100% T Assorbanza 0-4 A	±0,005 A

Taratura giornaliera ed esecuzione di curva standard di riferimento.

ALLEGATO B

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

K1 - K4

5° SURVEY POST LAVORI DI INSTALLAZIONE

1° semestre 2018



Stazione A1 (250 m NW)

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

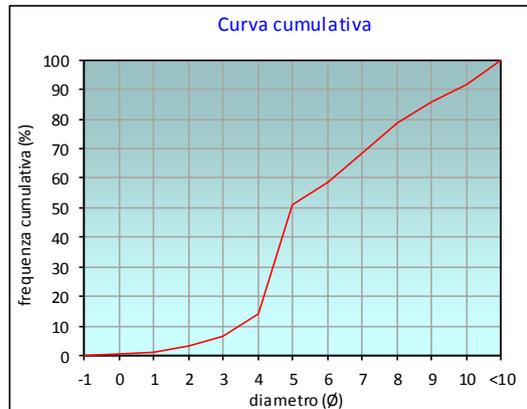
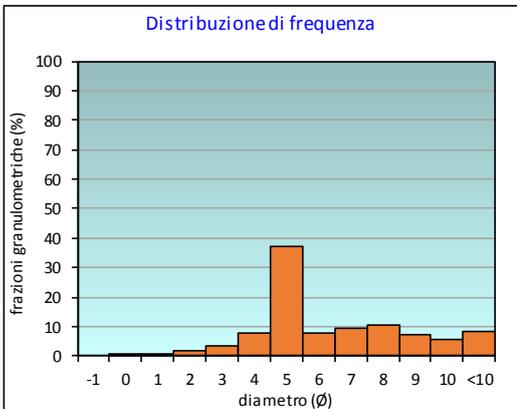
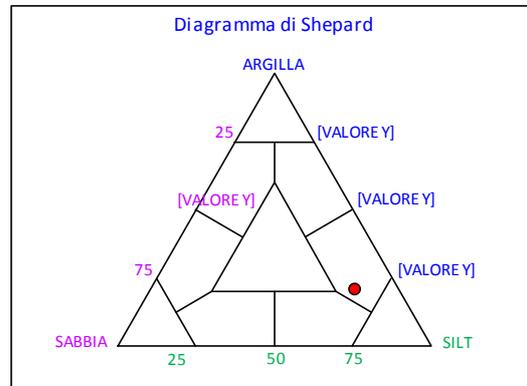
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	5,93	5	2,55
Mediana	Md	4,97	16	4,05
Classazione	σ	2,37	25	4,29
Asimmetria	S _{wi}	0,50	50	4,97
Appuntimento	K _a	0,96	75	7,66
			84	8,76
			95	10,41

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,3	0,3
	1	500	0,8	1,1
	2	250	1,9	3,0
	3	125	3,6	6,6
LIMO	4	62,5	7,5	14,1
	5	31,2	37,0	51,1
	6	15,6	7,7	58,8
	7	7,8	9,3	68,1
ARGILLA	8	3,9	10,5	78,6
	9	2	7,1	85,7
	10	0,98	5,8	91,5
	<10	<0,98	8,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	14,1	64,5	21,4

NOTE
n.d.

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



Stazione A2 (120 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	53,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,23
Mediana	M _d	5,79
Classazione	σ	2,38
Asimmetria	S _{ki}	0,24
Appuntimento	K _c	0,89

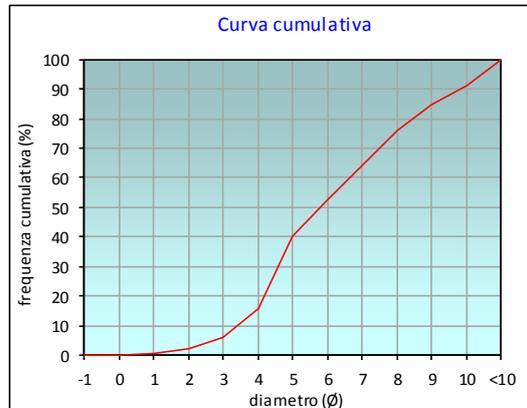
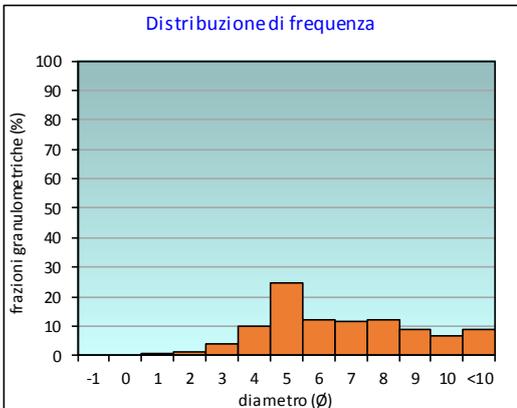
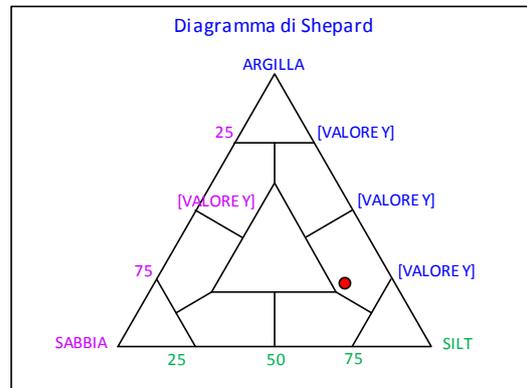
PERCENTILE	∅
5	2,79
16	4,01
25	4,37
50	5,79
75	7,91
84	8,90
95	10,43

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,0	0,0
SABBIA	1	500	0,6	0,6
	2	250	1,4	2,1
	3	125	3,7	5,8
	4	62,5	10,1	15,9
LIMO	5	31,2	24,5	40,4
	6	15,6	12,2	52,5
	7	7,8	11,5	64,1
	8	3,9	12,1	76,1
ARGILLA	9	2	8,7	84,8
	10	0,98	6,4	91,3
	<10	<0,98	8,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	15,9	60,3	23,9

NOTE
n.d.

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



Stazione A3 (60 m NW)

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

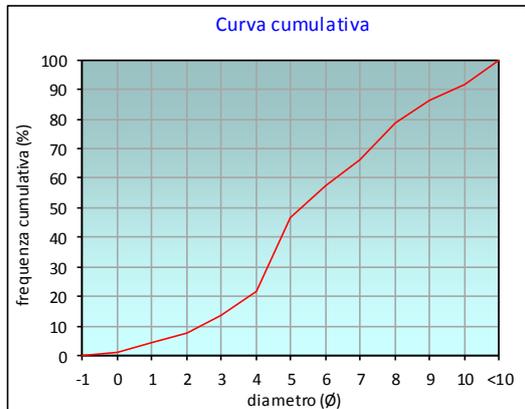
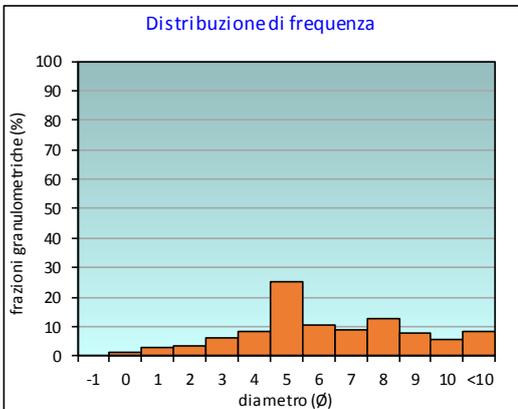
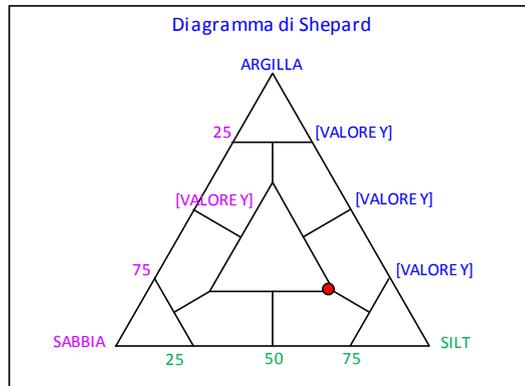
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	5,76	5	1,24
Mediana	Md	5,29	16	3,29
Classazione	σ	2,74	25	4,13
Asimmetria	S _{sk}	0,19	50	5,29
Appuntimento	K _a	1,05	75	7,70
			84	8,70
			95	10,39

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	1,3	1,3
	1	500	2,9	4,2
	2	250	3,5	7,6
	3	125	6,0	13,6
LIMO	4	62,5	8,2	21,8
	5	31,2	25,1	46,9
	6	15,6	10,7	57,6
	7	7,8	8,6	66,2
ARGILLA	8	3,9	12,5	78,7
	9	2	7,5	86,2
	10	0,98	5,6	91,8
	<10	<0,98	8,2	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	21,8	56,9	21,3

NOTE
n.d.

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



Stazione A4 (30 m NW)

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

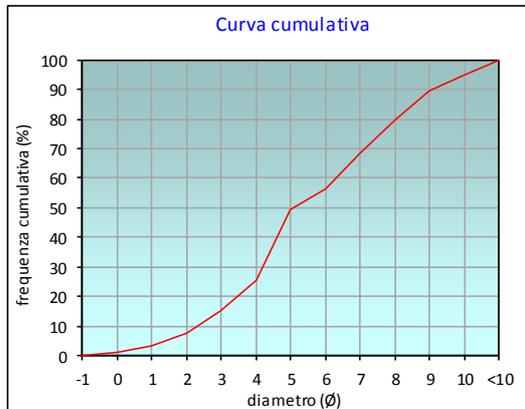
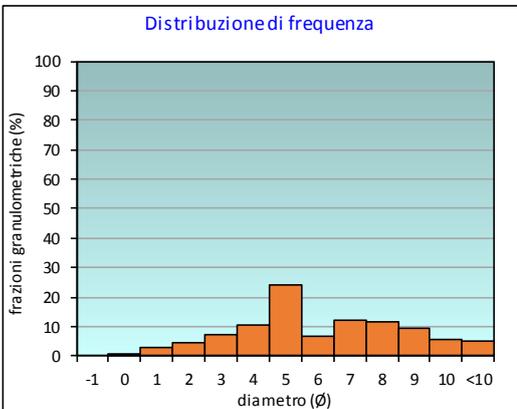
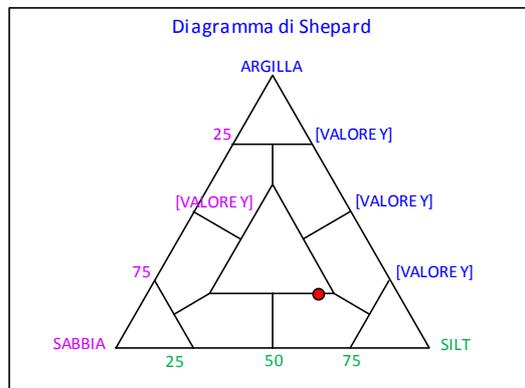
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	5,53	5	1,35
Mediana	M _d	5,08	16	3,08
Classazione	σ	2,65	25	3,94
Asimmetria	S _w	0,19	50	5,08
Appuntimento	K _a	0,97	75	7,59
			84	8,43
			95	9,99

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,9	0,9
	1	500	2,6	3,5
	2	250	4,3	7,8
	3	125	7,4	15,2
LIMO	4	62,5	10,4	25,6
	5	31,2	23,9	49,5
	6	15,6	6,7	56,2
	7	7,8	11,9	68,1
ARGILLA	8	3,9	11,8	79,9
	9	2	9,6	89,5
	10	0,98	5,6	95,1
	<10	<0,98	4,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	25,6	54,3	20,1

NOTE
n.d.

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



Stazione CL NW

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

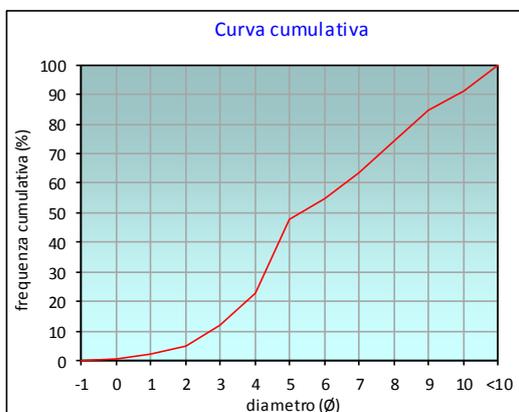
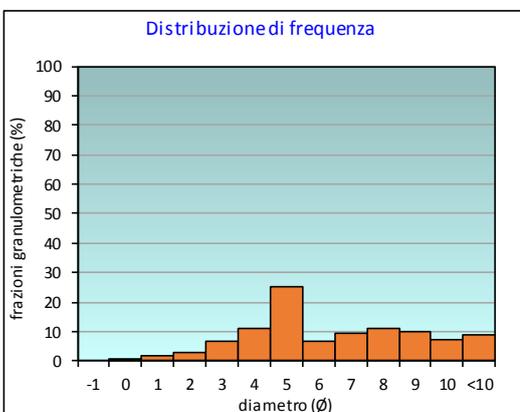
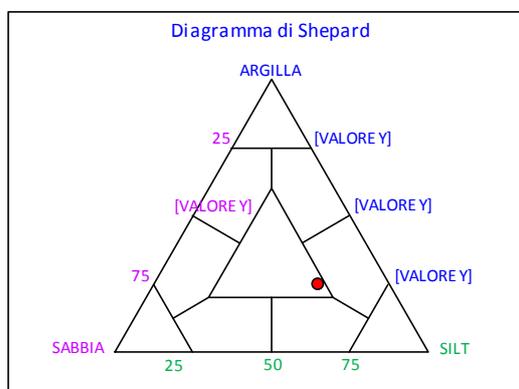
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	5,90	5	1,97
Mediana	M _d	5,33	16	3,40
Classazione	σ	2,67	25	4,10
Asimmetria	S _w	0,25	50	5,33
Appuntimento	K _a	0,88	75	8,05
			84	8,96
			95	10,42

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,6	0,6
	1	500	1,6	2,2
	2	250	2,9	5,1
	3	125	6,6	11,7
LIMO	4	62,5	10,9	22,6
	5	31,2	25,1	47,7
	6	15,6	6,9	54,6
	7	7,8	9,1	63,7
ARGILLA	8	3,9	10,8	74,5
	9	2	9,9	84,4
	10	0,98	7,0	91,3
	<10	<0,98	8,7	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	22,6	51,9	25,5

NOTE
n.d.

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



Stazione CL SE

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	39,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

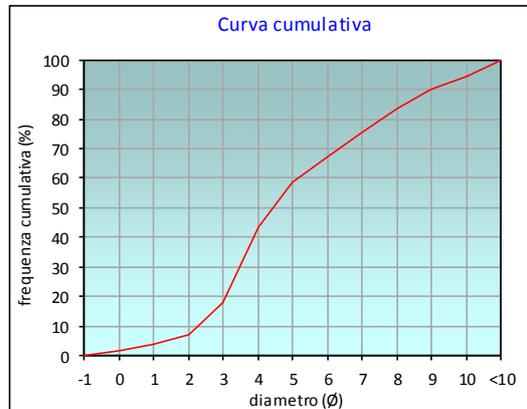
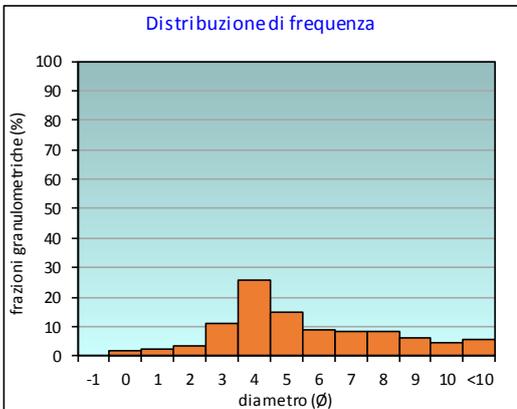
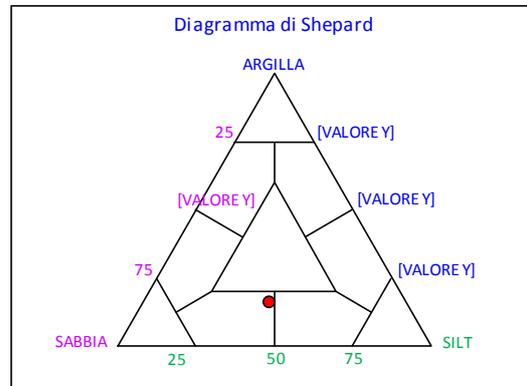
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	5,11	5	1,38
Mediana	Md	4,43	16	2,83
Classazione	σ	2,63	25	3,28
Asimmetria	S _{sk}	0,35	50	4,43
Appuntimento	K _a	0,98	75	6,94
			84	8,06
			95	10,10

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,6	1,6
SABBIA	1	500	2,1	3,8
	2	250	3,2	7,0
	3	125	10,8	17,8
	4	62,5	25,8	43,6
LIMO	5	31,2	15,0	58,6
	6	15,6	8,8	67,4
	7	7,8	8,2	75,5
	8	3,9	8,1	83,6
ARGILLA	9	2	6,4	90,0
	10	0,98	4,4	94,4
	<10	<0,98	5,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	43,6	40,1	16,4

NOTE
Resti conghigliari sul setaccio da 2000 μm: 2,5 g

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



Stazione A5 (30 m SE)

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

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	5,65
Mediana	M _d	4,86
Classazione	σ	2,50
Asimmetria	S _{ki}	0,41
Appuntimento	K _G	0,93

PERCENTILE	φ
5	2,30
16	3,46
25	4,04
50	4,86
75	7,56
84	8,63
95	10,28

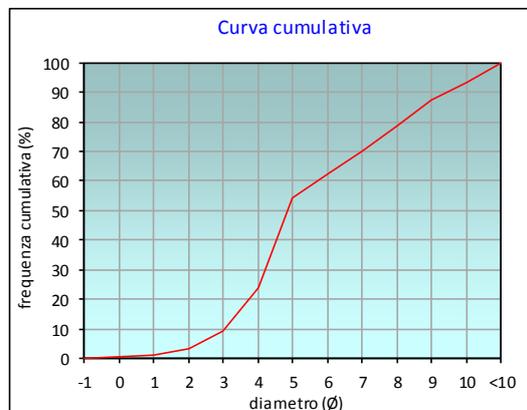
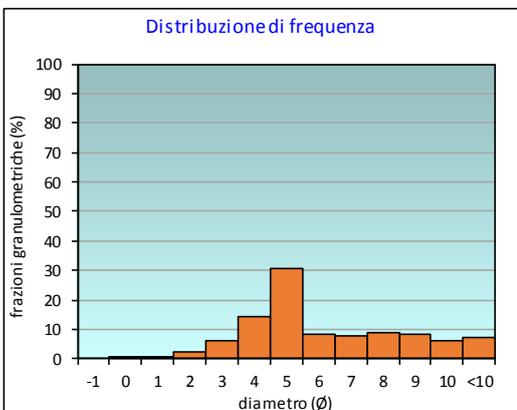
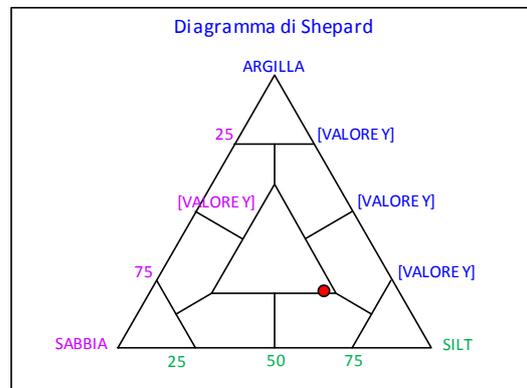
	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,3	0,3
SABBIA	1	500	0,8	1,1
	2	250	2,0	3,1
	3	125	6,2	9,4
	4	62,5	14,3	23,7
LIMO	5	31,2	30,5	54,2
	6	15,6	8,1	62,3
	7	7,8	7,8	70,1
	8	3,9	8,7	78,8
ARGILLA	9	2	8,3	87,1
	10	0,98	5,9	93,0
	<10	<0,98	7,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	23,7	55,1	21,2

NOTE

Resti conghigliari sul setaccio da 2000 μm: 0,17 g

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



Stazione A6 (60 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	48,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,06
Mediana	M _d	5,17
Classazione	σ	2,36
Asimmetria	S _{ki}	0,48
Appuntimento	K _c	0,79

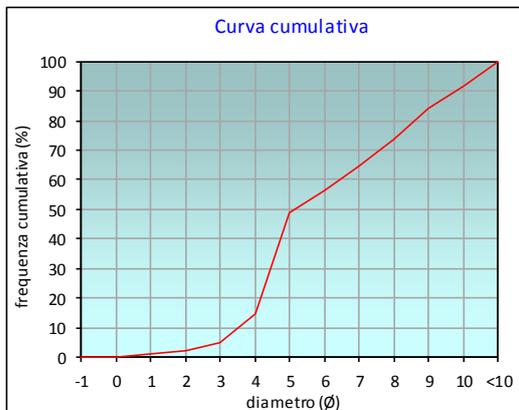
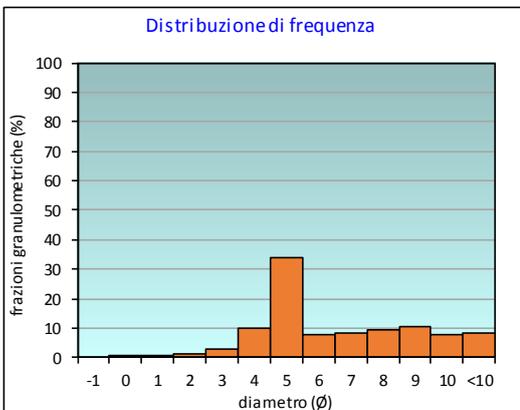
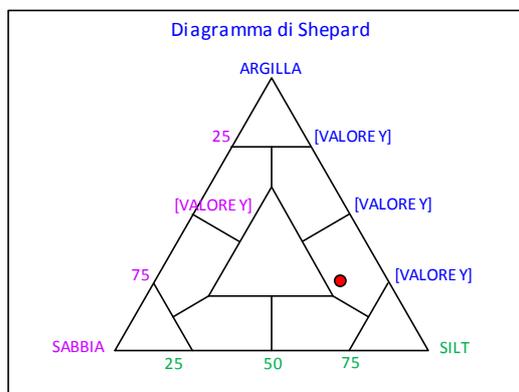
PERCENTILE	Ø
5	3,00
16	4,03
25	4,30
50	5,17
75	8,11
84	8,98
95	10,39

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,3	0,3
SABBIA	1	500	0,8	1,1
	2	250	1,2	2,3
	3	125	2,7	5,0
	4	62,5	9,9	14,9
LIMO	5	31,2	33,8	48,7
	6	15,6	7,5	56,3
	7	7,8	8,4	64,6
	8	3,9	9,2	73,8
ARGILLA	9	2	10,4	84,2
	10	0,98	7,5	91,8
	<10	<0,98	8,2	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	14,9	58,9	26,2

NOTE
Resti conghigliari sul setaccio da 2000 µm: 0,09 g

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Platicurtica



Stazione A7 (120 m SE)

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

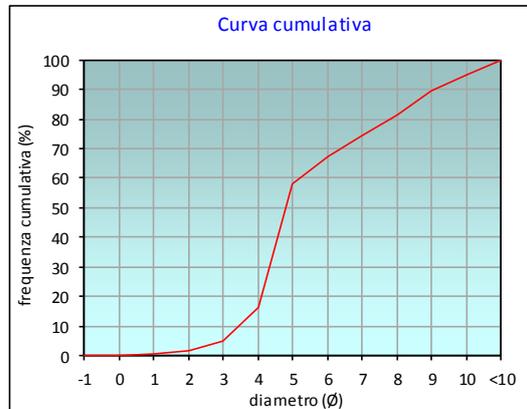
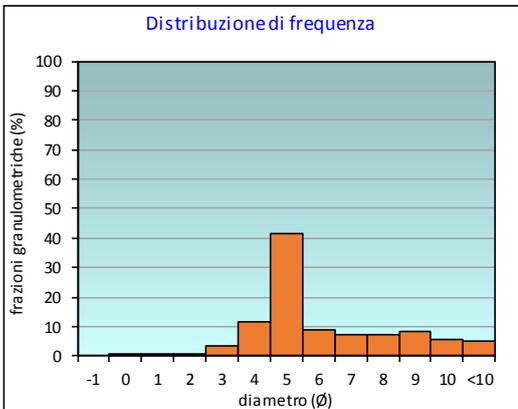
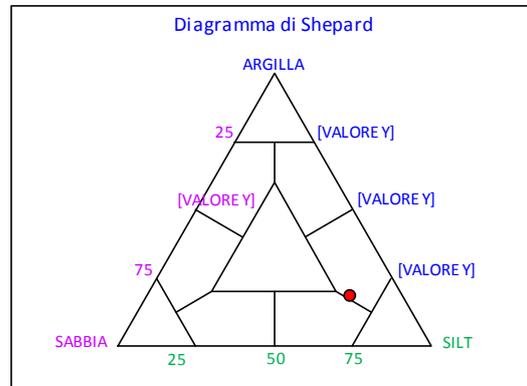
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	5,70	5	3,00
Mediana	Md	4,80	16	3,96
Classazione	σ	2,16	25	4,20
Asimmetria	S _{sk}	0,55	50	4,80
Appuntimento	K _a	0,99	75	7,13
			84	8,35
			95	10,03

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,2	0,2
SABBIA	1	500	0,4	0,6
	2	250	0,9	1,5
	3	125	3,4	4,9
	4	62,5	11,5	16,5
LIMO	5	31,2	41,8	58,2
	6	15,6	8,8	67,1
	7	7,8	7,0	74,1
	8	3,9	7,0	81,1
ARGILLA	9	2	8,4	89,5
	10	0,98	5,3	94,8
	<10	<0,98	5,2	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	16,5	64,6	18,9

NOTE
n.d.

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



Stazione A8 (250 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	53,4
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

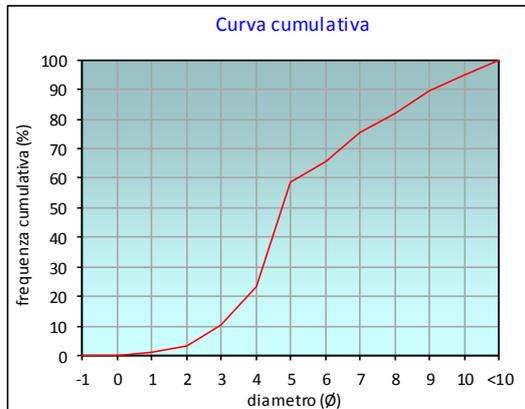
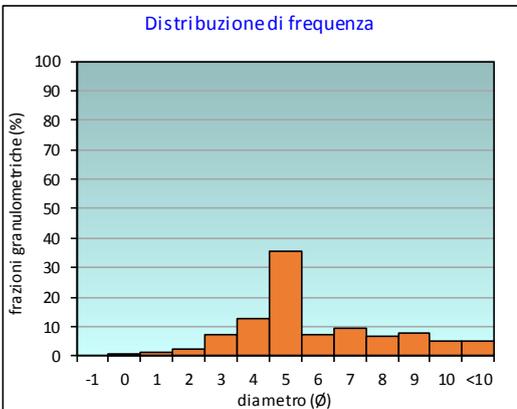
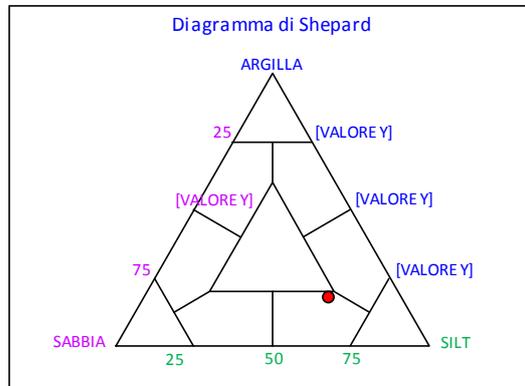
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	5,49	5	2,23
Mediana	Md	4,76	16	3,44
Classazione	σ	2,39	25	4,05
Asimmetria	S _w	0,40	50	4,76
Appuntimento	K _a	1,09	75	6,97
			84	8,28
			95	10,01

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	1,0	1,1
	2	250	2,3	3,4
	3	125	7,0	10,4
	4	62,5	12,8	23,1
LIMO	5	31,2	35,4	58,6
	6	15,6	7,1	65,7
	7	7,8	9,7	75,3
	8	3,9	6,5	81,8
ARGILLA	9	2	7,9	89,7
	10	0,98	5,2	94,9
	<10	<0,98	5,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	23,1	58,6	18,2

NOTE
n.d.

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



Stazione B1 (250 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	55,4
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

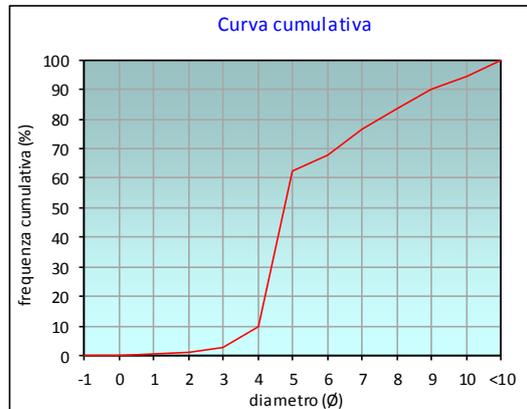
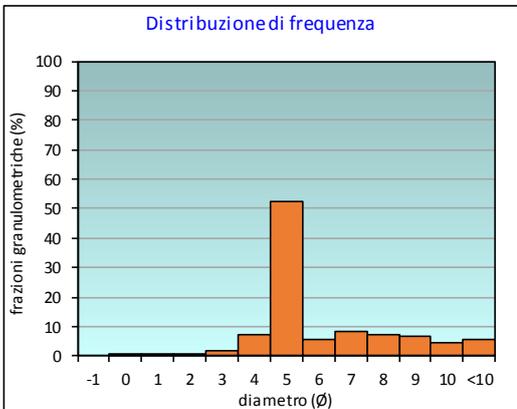
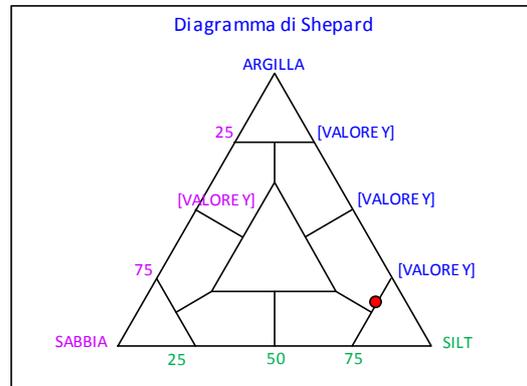
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	5,66	5	3,35
Mediana	Md	4,77	16	4,12
Classazione	σ	2,01	25	4,29
Asimmetria	S _{sk}	0,63	50	4,77
Appuntimento	K _g	1,08	75	6,85
			84	8,08
			95	10,07

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,1	0,1
	1	500	0,2	0,3
	2	250	0,6	0,9
	3	125	1,7	2,5
LIMO	4	62,5	7,1	9,6
	5	31,2	52,7	62,3
	6	15,6	5,5	67,8
	7	7,8	8,4	76,2
ARGILLA	8	3,9	7,2	83,4
	9	2	6,6	90,0
	10	0,98	4,6	94,6
	<10	<0,98	5,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	9,6	73,8	16,6

NOTE
n.d.

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



Stazione B2 (120 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	54,4
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

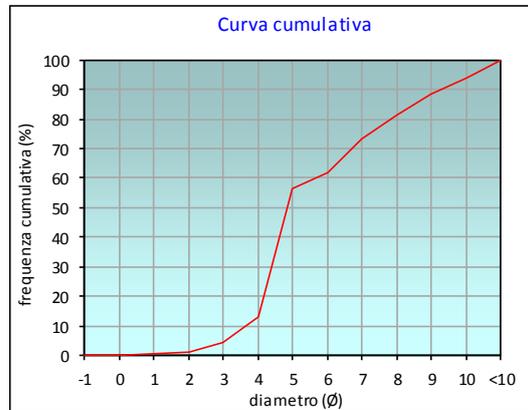
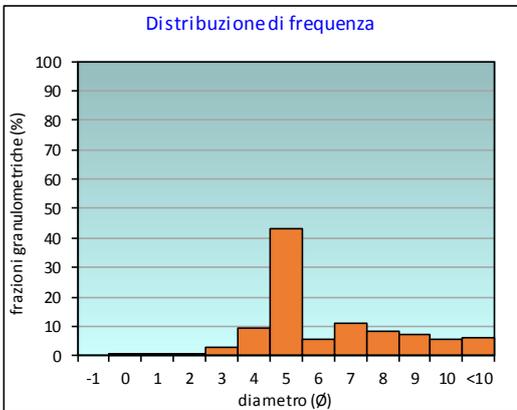
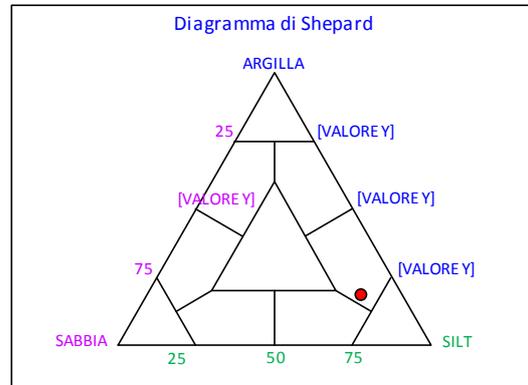
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE		ϕ
Media	M _i	5,76	5	3,10	
Mediana	M _d	4,85	16	4,06	
Classazione	σ	2,15	25	4,27	
Asimmetria	S _{ki}	0,57	50	4,85	
Appuntimento	K _c	0,99	75	7,22	
			84	8,37	
			95	10,20	

	ϕ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,2	0,2
SABBIA	1	500	0,3	0,5
	2	250	0,8	1,3
	3	125	2,8	4,1
	4	62,5	9,2	13,3
LIMO	5	31,2	43,2	56,5
	6	15,6	5,7	62,1
	7	7,8	11,1	73,2
	8	3,9	8,3	81,4
ARGILLA	9	2	7,0	88,4
	10	0,98	5,3	93,8
	<10	<0,98	6,2	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	13,3	68,1	18,6

NOTE
n.d.

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



Stazione B3 (60 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	50,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

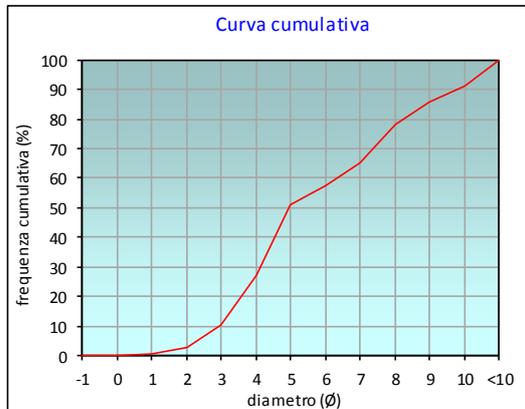
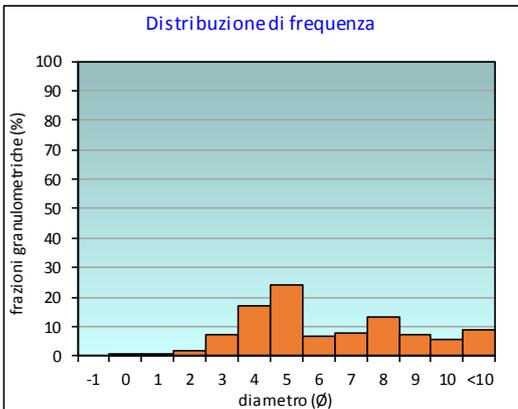
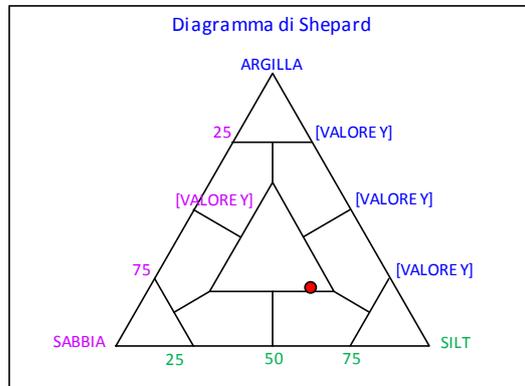
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	5,69	5	2,32
Mediana	M _d	4,95	16	3,35
Classazione	σ	2,59	25	3,88
Asimmetria	S _w	0,38	50	4,95
Appuntimento	K _a	0,86	75	7,76
			84	8,79
			95	10,43

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,2	0,2
	1	500	0,5	0,7
	2	250	1,9	2,6
	3	125	7,5	10,1
LIMO	4	62,5	17,0	27,1
	5	31,2	24,1	51,2
	6	15,6	6,5	57,7
	7	7,8	7,5	65,2
ARGILLA	8	3,9	12,9	78,1
	9	2	7,4	85,6
	10	0,98	5,6	91,2
	<10	<0,98	8,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	27,1	51,1	21,9

NOTE
Resti conghigliari sul setaccio da 2000 μm: 0,53 g

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



Stazione B4 (30 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	40,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

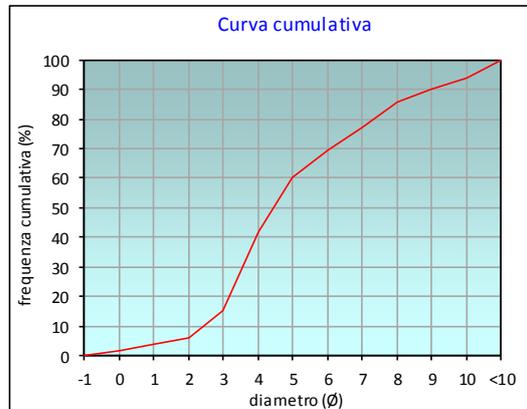
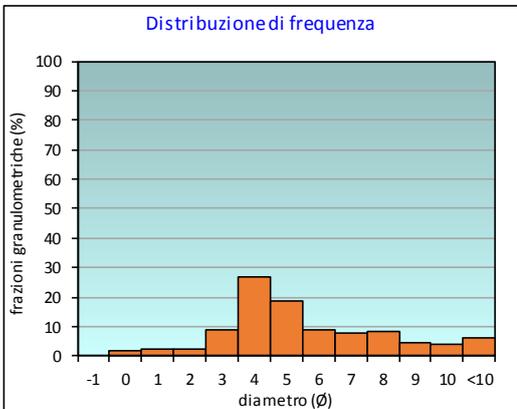
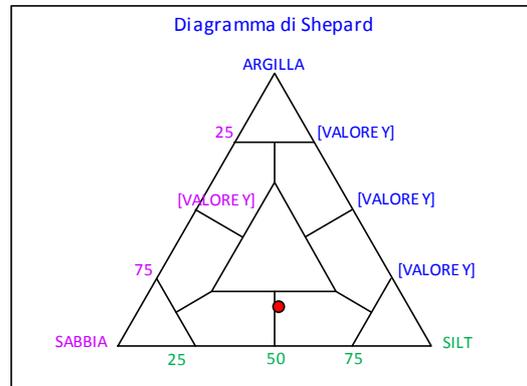
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	5,10	5	1,51
Mediana	Md	4,45	16	3,04
Classazione	σ	2,51	25	3,38
Asimmetria	S _{sk}	0,37	50	4,45
Appuntimento	K _a	1,06	75	6,72
			84	7,82
			95	10,18

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,6	1,6
SABBIA	1	500	2,3	3,9
	2	250	2,2	6,1
	3	125	9,0	15,0
	4	62,5	26,6	41,6
LIMO	5	31,2	18,9	60,4
	6	15,6	9,1	69,5
	7	7,8	7,6	77,1
	8	3,9	8,4	85,5
ARGILLA	9	2	4,6	90,1
	10	0,98	3,8	93,9
	<10	<0,98	6,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	41,6	43,9	14,5

NOTE
Resti conghigliari sul setaccio da 2000 μm: 0,94 g

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



Stazione CL NE

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	49,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	5,63
Mediana	M _d	4,90
Classazione	σ	2,52
Asimmetria	S _{ki}	0,39
Appuntimento	K _c	0,92

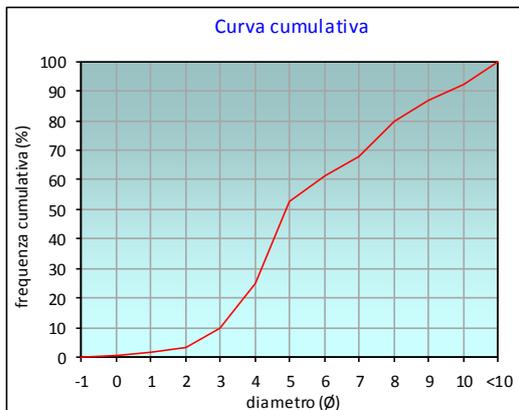
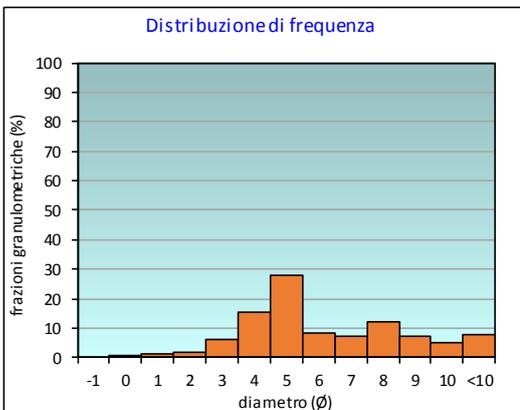
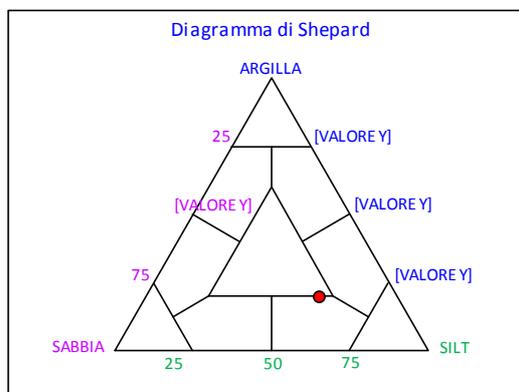
PERCENTILE	∅
5	2,27
16	3,42
25	4,00
50	4,90
75	7,59
84	8,58
95	10,36

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,5	0,5
SABBIA	1	500	1,1	1,6
	2	250	1,6	3,3
	3	125	6,2	9,5
	4	62,5	15,5	25,1
LIMO	5	31,2	27,6	52,7
	6	15,6	8,4	61,1
	7	7,8	7,0	68,0
	8	3,9	11,8	79,9
ARGILLA	9	2	7,1	87,0
	10	0,98	5,3	92,2
	<10	<0,98	7,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	25,1	54,8	20,1

NOTE
Resti conghigliari sul setaccio da 2000 μm: 1,05 g

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



Stazione CL SW

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

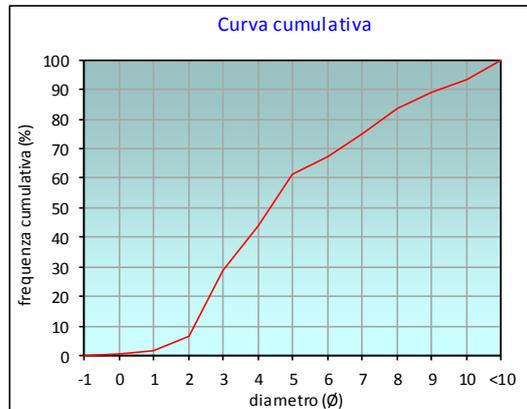
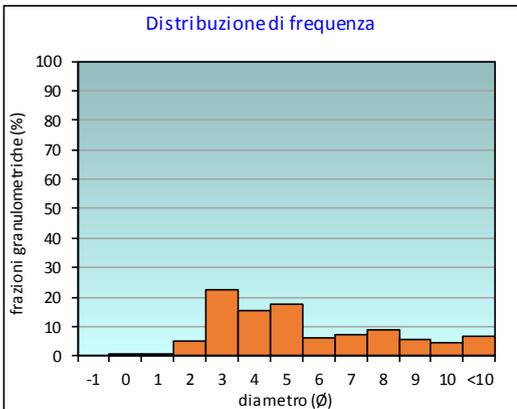
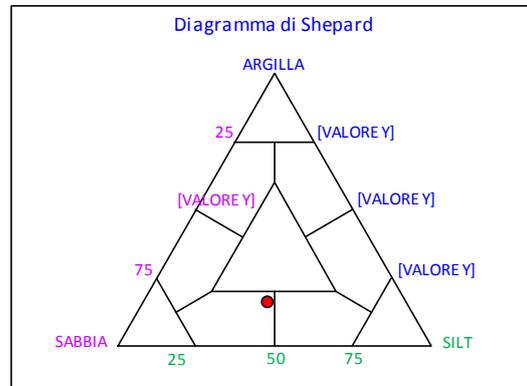
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	4,97	5	1,73
Mediana	Md	4,36	16	2,43
Classazione	σ	2,71	25	2,84
Asimmetria	S _{sk}	0,35	50	4,36
Appuntimento	K _a	0,83	75	7,04
			84	8,12
			95	10,26

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,5	0,5
SABBIA	1	500	0,9	1,4
	2	250	4,9	6,3
	3	125	22,3	28,6
	4	62,5	15,2	43,8
LIMO	5	31,2	17,3	61,2
	6	15,6	6,1	67,2
	7	7,8	7,4	74,6
	8	3,9	8,7	83,3
ARGILLA	9	2	5,5	88,8
	10	0,98	4,4	93,2
	<10	<0,98	6,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	43,8	39,5	16,7

NOTE
Resti conghigliari sul setaccio da 2000 μm: 0,91 g

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



Stazione B5 (30 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	52,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

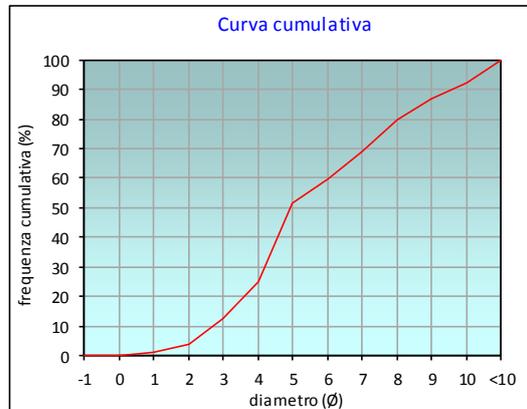
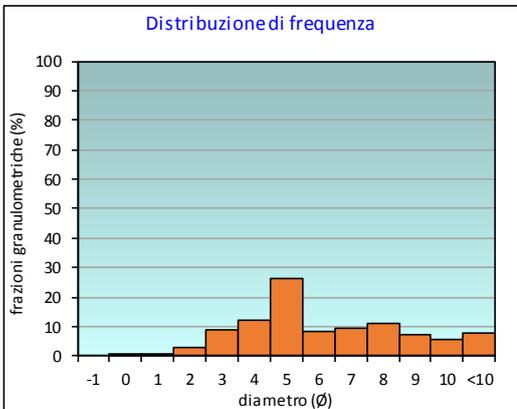
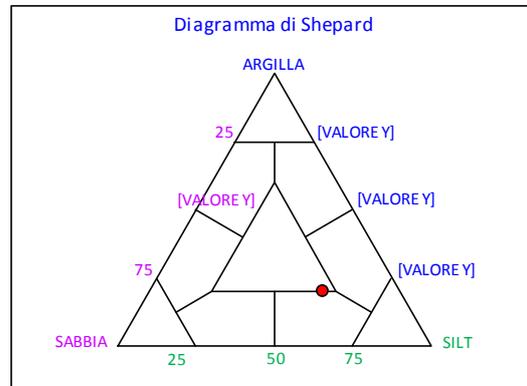
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	5,62	5	2,16
Mediana	M _d	4,95	16	3,28
Classazione	σ	2,58	25	4,01
Asimmetria	S _w	0,35	50	4,95
Appuntimento	K _a	0,94	75	7,58
			84	8,63
			95	10,37

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,2	0,2
	1	500	0,7	0,9
	2	250	2,6	3,5
	3	125	9,1	12,6
LIMO	4	62,5	12,3	24,9
	5	31,2	26,5	51,3
	6	15,6	8,1	59,4
	7	7,8	9,2	68,7
ARGILLA	8	3,9	11,0	79,7
	9	2	6,9	86,6
	10	0,98	5,4	92,0
	<10	<0,98	8,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	24,9	54,8	20,3

NOTE
n.d.

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



Stazione B6 (60 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	52,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

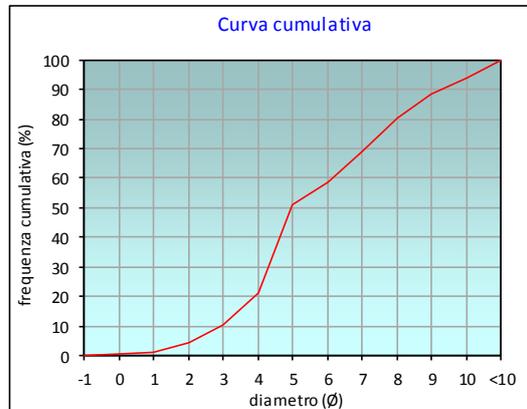
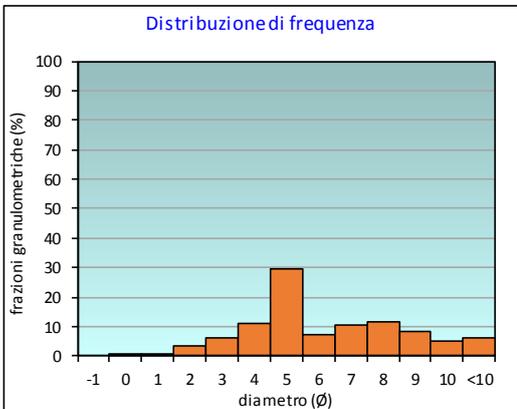
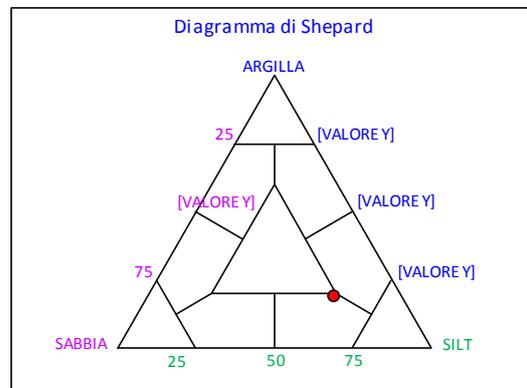
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	5,64	5	2,14
Mediana	Md	4,97	16	3,52
Classazione	σ	2,45	25	4,12
Asimmetria	S _{wi}	0,35	50	4,97
Appuntimento	K _a	0,97	75	7,52
			84	8,44
			95	10,19

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,4	0,4
	1	500	0,6	1,0
	2	250	3,2	4,2
	3	125	6,0	10,2
LIMO	4	62,5	11,2	21,4
	5	31,2	29,7	51,0
	6	15,6	7,5	58,5
	7	7,8	10,5	69,0
ARGILLA	8	3,9	11,4	80,4
	9	2	8,2	88,6
	10	0,98	5,2	93,9
	<10	<0,98	6,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	21,4	59,0	19,6

NOTE
n.d.

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



Stazione B7 (120 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	48,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

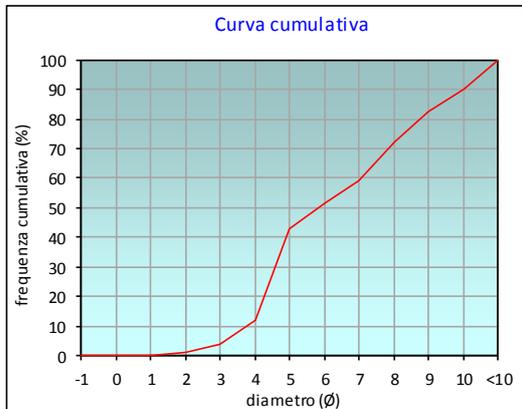
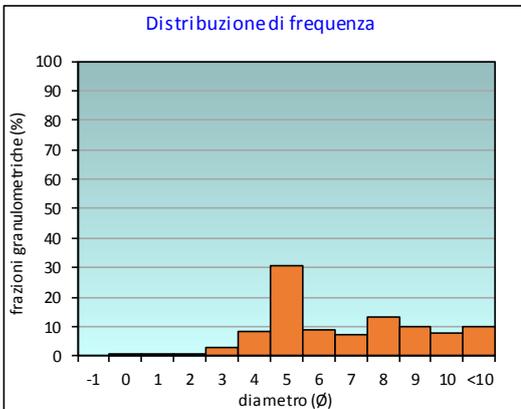
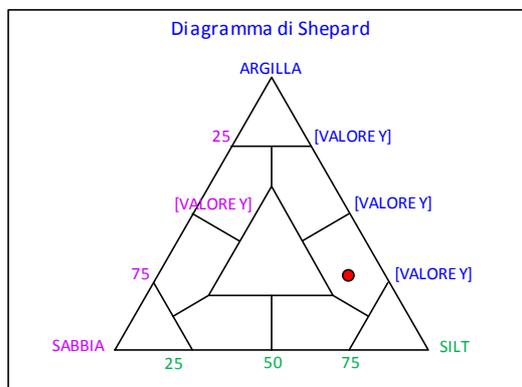
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	6,38	5	3,15
Mediana	Md	5,80	16	4,13
Classazione	σ	2,38	25	4,42
Asimmetria	S _{sk}	0,31	50	5,80
Appuntimento	K _a	0,78	75	8,27
			84	9,20
			95	10,50

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,1	0,1
	1	500	0,2	0,3
	2	250	0,7	0,9
	3	125	2,8	3,7
LIMO	4	62,5	8,3	12,0
	5	31,2	30,8	42,8
	6	15,6	8,9	51,8
	7	7,8	7,2	59,0
ARGILLA	8	3,9	13,3	72,3
	9	2	10,2	82,5
	10	0,98	7,6	90,1
	<10	<0,98	9,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	12,0	60,3	27,7

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Platicurtica



Stazione B8 (250 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	53,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

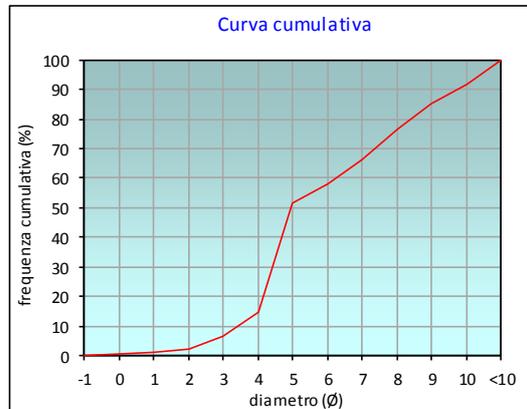
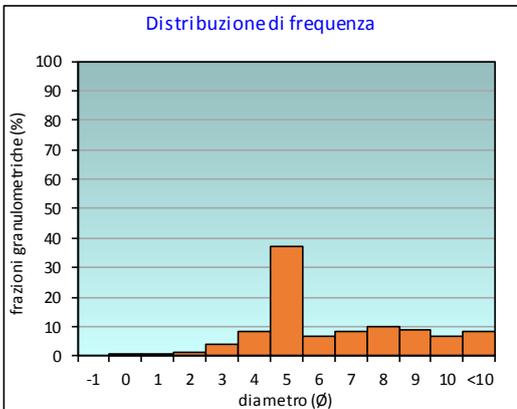
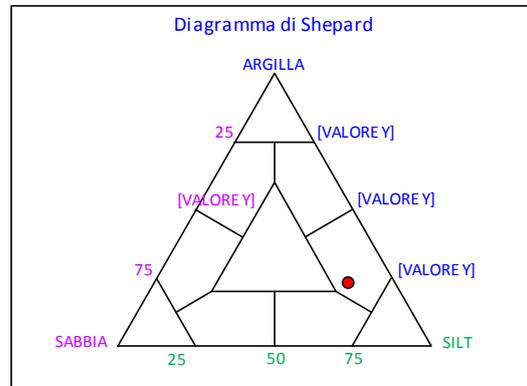
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	5,94	5	2,68
Mediana	M _d	4,95	16	4,03
Classazione	σ	2,37	25	4,28
Asimmetria	S _{wi}	0,51	50	4,95
Appuntimento	K _a	0,89	75	7,84
			84	8,85
			95	10,39

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,3	0,3
	1	500	0,6	0,9
	2	250	1,4	2,3
	3	125	4,0	6,3
LIMO	4	62,5	8,5	14,7
	5	31,2	37,0	51,7
	6	15,6	6,5	58,2
	7	7,8	8,2	66,4
ARGILLA	8	3,9	10,2	76,6
	9	2	8,8	85,4
	10	0,98	6,5	91,8
	<10	<0,98	8,2	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	14,7	61,8	23,4

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Platicurtica



Stazione K1

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

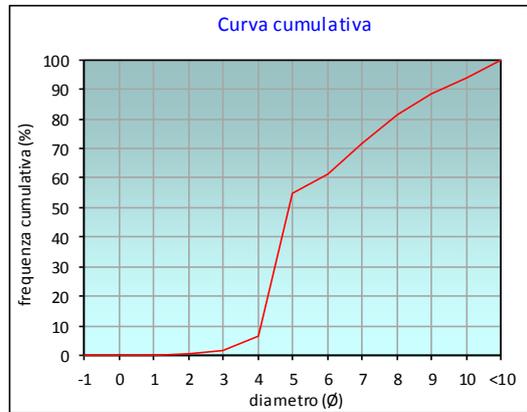
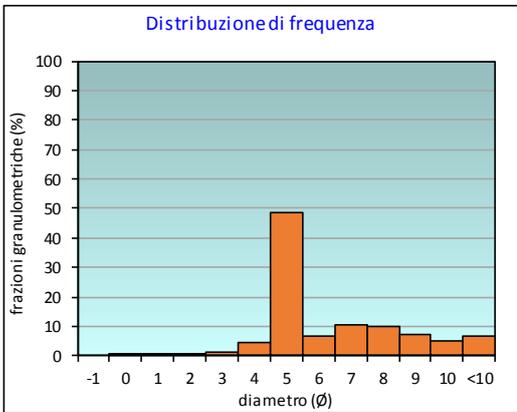
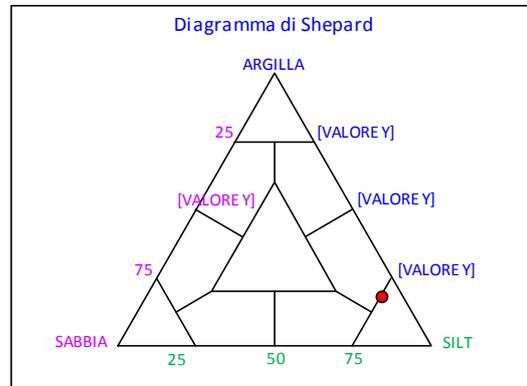
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	5,82	5	3,69
Mediana	M _d	4,90	16	4,20
Classazione	σ	2,03	25	4,38
Asimmetria	S _{ki}	0,65	50	4,90
Appuntimento	K _c	0,91	75	7,33
			84	8,35
			95	10,22

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,2	0,2
	2	250	0,5	0,7
	3	125	1,1	1,8
	4	62,5	4,6	6,4
LIMO	5	31,2	48,6	55,0
	6	15,6	6,4	61,4
	7	7,8	10,4	71,8
	8	3,9	9,7	81,5
ARGILLA	9	2	7,1	88,6
	10	0,98	5,0	93,6
	<10	<0,98	6,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	6,4	75,0	18,5

NOTE
n.d.

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



Stazione K2

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

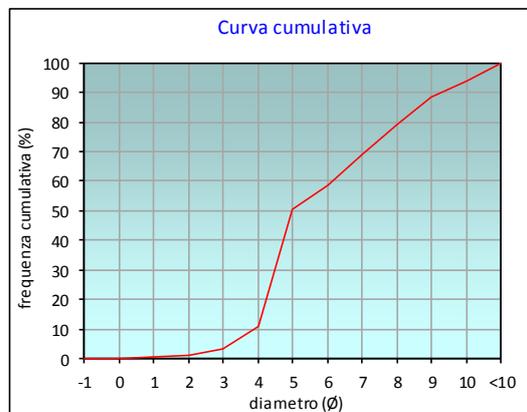
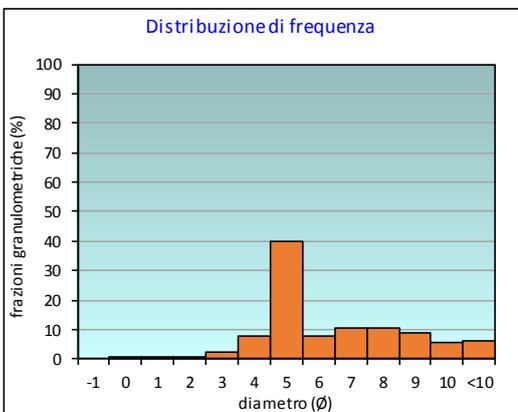
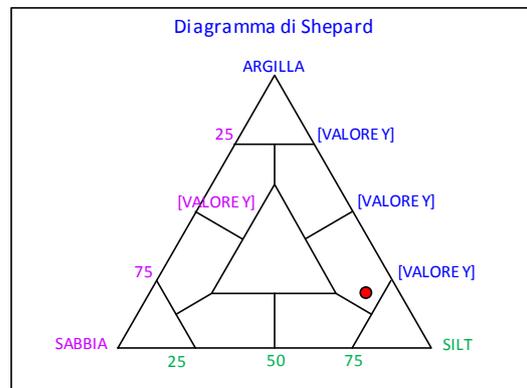
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	5,88	5	3,26
Mediana	M _d	4,99	16	4,13
Classazione	σ	2,15	25	4,36
Asimmetria	S _w	0,55	50	4,99
Appuntimento	K _a	0,88	75	7,59
			84	8,52
			95	10,17

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,1	0,1
	1	500	0,3	0,4
	2	250	0,6	1,0
	3	125	2,0	3,0
LIMO	4	62,5	7,8	10,8
	5	31,2	39,7	50,5
	6	15,6	7,9	58,4
	7	7,8	10,6	69,0
ARGILLA	8	3,9	10,3	79,3
	9	2	9,1	88,3
	10	0,98	5,6	94,0
	<10	<0,98	6,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	10,8	68,4	20,7

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Platicurtica



Stazione K3

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

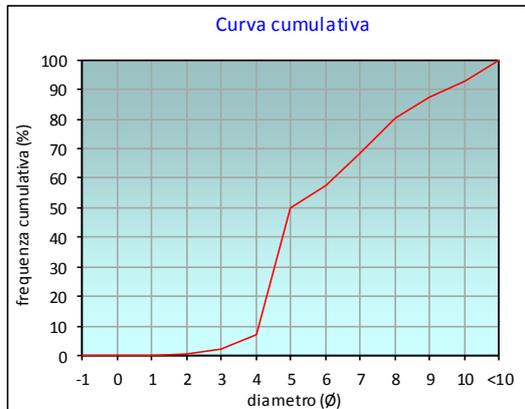
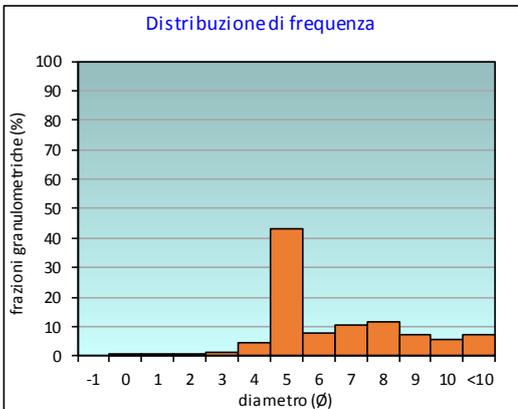
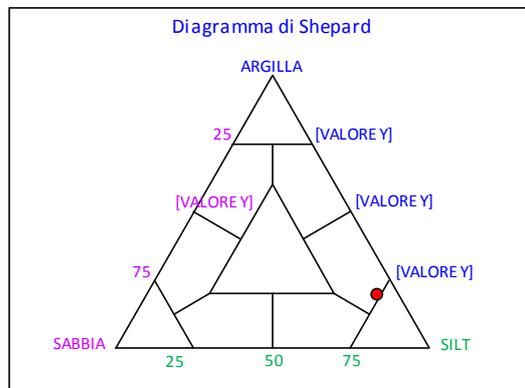
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	5,92	5	3,59
Mediana	Md	5,00	16	4,21
Classazione	σ	2,10	25	4,42
Asimmetria	S _w	0,61	50	5,00
Appuntimento	K _a	0,88	75	7,56
			84	8,54
			95	10,32

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	0,1	0,1
	1	500	0,2	0,3
	2	250	0,5	0,8
	3	125	1,5	2,2
LIMO	4	62,5	4,7	6,9
	5	31,2	43,2	50,2
	6	15,6	7,6	57,8
	7	7,8	10,7	68,5
ARGILLA	8	3,9	11,6	80,1
	9	2	7,3	87,4
	10	0,98	5,3	92,7
	<10	<0,98	7,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	6,9	73,1	19,9

NOTE
n.d.

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Platicurtica



Stazione K4

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

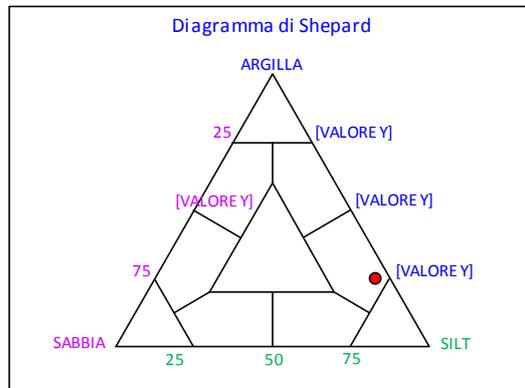
PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	6,37
Mediana	M _d	5,70
Classazione	σ	2,19
Asimmetria	S _{ki}	0,45
Appuntimento	K _c	0,75

PERCENTILE	∅
5	4,01
16	4,29
25	4,53
50	5,70
75	8,06
84	9,12
95	10,50

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,3	0,4
	2	250	0,5	0,9
	3	125	0,9	1,8
	4	62,5	2,8	4,6
LIMO	5	31,2	38,7	43,3
	6	15,6	9,6	52,9
	7	7,8	10,5	63,3
	8	3,9	11,1	74,5
ARGILLA	9	2	8,7	83,2
	10	0,98	6,9	90,1
	<10	<0,98	9,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	4,6	69,8	25,5

NOTE
n.d.



CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Silt argilloso
Classazione	Molto mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntimento	Platicurtica

