

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

**MONITORAGGIO AMBIENTALE
CAMPO BONACCIA NW**

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

FASE DI PRODUZIONE

RAPPORTO SEMESTRALE 4° ANNO (2019)

RAPPORTO n. 11

OPERATORE SCIENTIFICO:

**CNR – IRBIM IN RTI CON STAZIONE ZOOLOGICA ANTON DOHRN, OGS,
AMBIENTE, CIBM, UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE E CONISMA**

COORDINATORE:

GIANNA FABI

Gianna Fabi

RESPONSABILE SCIENTIFICO:

ALESSANDRA SPAGNOLO

Alessandra Spagnolo

RAPPORTO A CURA DI:

ALESSANDRA SPAGNOLO

GIANNA FABI

MIRENO BORGHINI

ANNA MARIA DE BIASI

CARMEN FERRÀ VEGA

MARCO GIRASOLE

ALESSIO GOMIERO

LUDMILA KOZINKOVA

ANNALISA MINELLI

FRANCESCO REGOLI

GIUSEPPE SIENA

MARIA SAGGIOMO



PARTECIPANTI AL PROGRAMMA

Coordinatore	G. Fabi	CNR - IRBIM
Responsabile Scientifico	A. Spagnolo	CNR - IRBIM

COMPARTO COLONNA D'ACQUA

P. Polidori		Coordinatore e organizzatore delle attività tecnico-scientifiche in mare associate alle indagini lungo la colonna d'acqua
G. De Martino	SZN	Campionamento in mare
G. Zazo	SZN	Campionamento in mare
P. Ottoni	ambiente SPA	Project Manager
F. Pieretti	ambiente SPA	Responsabile qualità
L. Boschetti	ambiente SPA	Reportistica
R. Contarino	ambiente SPA	Responsabile di Laboratorio
G. Siena	OGS	Responsabile Scientifico comparto colonna d'acqua
V. Cardin	OGS	Campionamento in mare ed elaborazione dati CTD
L. Urbini	OGS	Campionamento in mare, analisi ed elaborazione dati per ossigeno disciolto, nutrienti, TSM
F. Relitti	OGS	Campionamento in mare, analisi ed elaborazione dati per ossigeno disciolto, nutrienti, TSM
C. Balestra	SZN	Analisi clorofille
A. Buondonno	SZN	Analisi clorofille
A. Passarelli	SZN	Elaborazione dati clorofille
F. Margiotta	SZN	Elaborazione dati clorofille
M. Saggiomo	SZN	Analisi, elaborazione e validazione dati, stesura relazione clorofille
M. Borghini	CNR - ISMAR	Raccolta, elaborazione e validazione dati correntometrici, stesura relazione correntometria
P. Celentano	CNR - ISMAR	Raccolta, elaborazione e validazione dati correntometrici, stesura relazione correntometria

COMPARTO SEDIMENTI

G. Giuliani	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
G. Canduci	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
C. Ferrà Vega	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
M. Scanu	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
E.N. Armelloni	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
F. Masnadi	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
E. Nepote	UNIVPM	Campionamento in mare
A.M. De Biasi	CIBM	Responsabile Scientifico comparto sedimenti
G. Bontà Pittaluga	CIBM	Responsabile settore chimico
S. Dell'Ira	CIBM	Analisi chimiche
C. Manzini	CIBM	Analisi chimiche
O. Spinelli	CIBM	Analisi chimiche
L. Kozinkova	CIBM	Responsabile analisi ecotossicologiche
S. Polese	CIBM	Analisi di laboratorio
S. Lippi	CIBM	Stesura relazioni

ANALISI IN MYTILUS GALLOPROVINCIALIS

P. Ottoni	ambiente SPA	Project Manager
F. Pieretti	ambiente SPA	Responsabile qualità
L. Boschetti	ambiente SPA	Reportistica
R. Contarino	ambiente SPA	Responsabile di Laboratorio
F. Regoli	CONISMA-UNIVPM	Responsabile Scientifico analisi biomarker e stesura relazione biomarker e bioaccumulo
S. Gorbi	CONISMA-UNIVPM	Analisi biomarker e stesura relazione biomarker e bioaccumulo
M. Benedetti	CONISMA-UNIVPM	Analisi biomarker e stesura relazione biomarker
D. Fattorini	CONISMA-UNIVPM	Relazione scientifica bioaccumulo
G. D'Errico	CONISMA-UNIVPM	Stesura relazione biomarker e bioaccumulo

ANALISI COMUNITA' BENTONICHE

V. Salvalaggio	CNR-IRBIM	Responsabile per la gestione e organizzazione della raccolta e restituzione dati, campionamento in mare, sorting e identificazione
G. Giuliani	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
G. Canduci	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
C. Ferrà Vega	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
M. Scanu	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
E.N. Armelloni	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
F. Masnadi	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
E. Nepote	UNIVPM	Campionamento in mare
T. Manarini	CNR-IRBIM	Sorting e identificazione
A. Spagnolo	CNR-IRBIM	Stesura relazione
L. Montagnini	Coop. Mare Ricerca	Campionamento in mare, sorting e identificazione
C. Cuicchi	Coop. Mare Ricerca	Sorting e identificazione
P. Fasciglione	SZN	Sorting e identificazione
R. Guglielmo	SZN	Sorting e identificazione
F. Di Nuzzo	SZN	Sorting e identificazione
S. Ciancimino	SZN	Sorting e identificazione
S. Fioretti	SZN	Sorting e identificazione
A. Cannavacciuolo	SZN	Sorting
A. Chiarore	SZN	Sorting
I. Annona	SZN	Sorting
A. Tarallo	SZN	Sorting
B. Scipione	SZN	Sorting e identificazione

ANALISI COMUNITA' ITTICA

P. Polidori	CNR-IRBIM	Coordinatore e organizzatore delle attività tecnico-scientifiche in mare associate ai campionamenti pesca
C. Ferrà Vega	CNR-IRBIM	Responsabile per la gestione e organizzazione della raccolta e restituzione dati provenienti dai campionamenti di pesca, stesura relazione
E. N. Armelloni	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
F. Masnadi	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
M. Scanu	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
A.N. Tassetti	CNR-IRBIM	Responsabile per la gestione e organizzazione della raccolta e restituzione dati riguardanti i rilevamenti acustici tramite MBES
A. Minelli	CNR-IRBIM	Analisi ed elaborazione dati rilevamenti acustici e visivi, stesura relazione



CENSIMENTO MAMMIFERI E RETTILI MARINI

P. Strafella	CNR-IRBIM	Responsabile per la gestione e organizzazione della raccolta e restituzione dati
V. Salvalaggio	CNR-IRBIM	Campionamento in mare
C. Ferrà Vega	CNR-IRBIM	Campionamento in mare

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	1
2.	MATERIALI E METODI.....	5
2.1.	CAMPIONAMENTO IN MARE.....	5
2.1.1.	CARATTERISTICHE CHIMICHE E FISICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	5
2.1.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE.....	8
2.1.3.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI	8
2.1.4.	INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI.....	11
2.1.5.	INQUINANTI E BIOMARKER IN <i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i>	11
2.1.6.	INQUINANTI E BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI SOMMERSE DELLA PIATTAFORMA	12
2.1.7.	INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO	12
2.1.7.1	Campionamenti di pesca	12
2.1.7.2	Investigazioni acustiche	13
2.1.7.3	Indagini video in prossimità della piattaforma	15
2.1.8.	RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI E RETTILI MARINI	15
2.2.	ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI	16
2.2.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	16
2.2.2.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI	25
2.2.3.	INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI	29
2.2.3.1	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	29
2.2.3.2	<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®)	31
2.2.3.3	<i>Corophium orientale</i>	32
2.2.3.4	<i>Crassostrea gigas</i>	33
2.2.4.	INQUINANTI E BIOMARKER IN <i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i>	35
2.2.4.1	Ricerca di metalli pesanti	35
2.2.4.2	Biomarker	36
2.2.5.	INQUINANTI E BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI SOMMERSE DELLA PIATTAFORMA	39
2.2.5.1	Inquinanti organici e inorganici.....	39
2.2.5.2	Biomarker	43
2.2.6.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA.....	48
2.2.7.	INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO.....	52
2.2.7.1	Campionamenti di pesca	52
2.2.7.2	Investigazioni acustiche	53
2.2.7.3	Indagini video in prossimità della piattaforma	55
3.	RISULTATI.....	55
3.1.	CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	55
3.1.1.	TEMPERATURA, SALINITÀ, TORBIDITÀ, OSSIGENO DISCIOLTO E FLUORESCENZA INDOTTA	55
3.1.2.	NUTRIENTI.....	62
3.1.3.	PIGMENTI CLOROFILLIANI	67
3.1.4.	IDROCARBURI TOTALI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX	71
3.1.5.	GLICOLE ETILENICO.....	75
3.1.6.	METALLI PESANTI.....	75
3.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE	79

3.3.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI.....	85
3.3.1.	GRANULOMETRIA.....	85
3.3.2.	IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI.....	86
3.3.3.	IDROCARBURI TOTALI.....	88
3.3.4.	METALLI PESANTI.....	89
	3.4.4.1 Estrazione sequenziale del bario.....	93
3.3.5.	SOSTANZA ORGANICA.....	94
3.3.6.	TOTAL ORGANIC CARBON (TOC).....	95
3.4.	INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI.....	96
3.4.1.	<i>DUNALIELLA TERTIOLECTA</i>	96
3.4.2.	<i>VIBRIO FISCHERI</i> (SISTEMA MICROTOX®).....	96
3.4.3.	<i>COROPHIUM ORIENTALE</i>	97
3.4.4.	<i>CRASSOSTREA GIGAS</i>	98
3.5.	INQUINANTI E BIOMARKER IN <i>HEDISTE DIVERSICOLOR</i>	101
3.5.1.	RICERCA DI METALLI PESANTI.....	101
3.5.2.	BIOMARKER.....	102
	3.5.2.1 Micronuclei.....	105
	3.5.2.2 Determinazione dell'attività di catalasi.....	105
	3.5.2.3 Determinazione dell'attività della glutatione transferasi.....	106
	3.5.2.4 Stabilità delle membrane lisosomiali.....	107
	3.5.2.5 Determinazione dell'attività mitocondriale.....	108
	3.5.2.6 Livelli di metallotioneine.....	109
	3.5.2.7 Valutazione dei composti aromatici per via immuno- fluorescente.....	110
3.6.	INQUINANTI E BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI SOMMERSE DELLA PIATTAFORMA.....	112
3.6.1.	INQUINANTI ORGANICI E INORGANICI.....	112
	3.6.1.1 Materia organica estratta (MOE).....	112
	3.6.1.2 Idrocarburi Alifatici (IA).....	112
	3.6.1.3 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).....	114
	3.6.1.4 Metalli pesanti.....	116
3.6.2.	BIOMARKER.....	118
	3.6.2.1 Stress on stress.....	118
	3.6.2.2 Micronuclei.....	118
	3.6.2.3 Valutazione del contenuto di lipofuscina.....	119
	3.6.2.4 Valutazione del contenuto di lipidi neutri.....	119
	3.6.2.5 Stabilità delle membrane lisosomiali.....	120
	3.6.2.6 Attività della Catalasi.....	121
	3.6.2.7 Livelli di Malondialdeide.....	121
	3.6.2.8 Livelli di Metallotioneine.....	122
	3.6.2.9 Livelli di mRNA delle metallotioneine mt10 e mt20.....	122
3.7.	INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA.....	123
3.7.1.	DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P).....	123
3.7.2.	AFFINITÀ BIOCENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE.....	137
3.7.3.	DOMINANZA.....	137
3.7.4.	RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S).....	139
3.7.5.	RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA (S_M).....	140
3.7.6.	DIVERSITÀ SPECIFICA (H').....	141
3.7.7.	MUTIDIMENSIONAL SCALING (MDS).....	141
3.7.8.	VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE.....	142
	3.7.8.1 Indice W di Clarke.....	142

3.7.8.2	Indice AMBI.....	142
3.7.8.3	Indice BENTIX	144
3.7.8.4	Stato ecologico	144
3.7.9.	<i>MYTILUS GALLOPROVINCIALIS</i>	145
3.8.	INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO.....	147
3.8.1.	CAMPIONAMENTI DI PESCA	147
3.8.1.1	Ricchezza specifica (S) e diversità specifica (H')	147
3.8.1.2	Rendimenti di pesca e composizione delle catture	150
3.8.1.3	Affinità delle specie catturate con i substrati duri	152
3.8.2.	INVESTIGAZIONI ACUSTICHE	153
3.8.3.	INDAGINI VIDEO IN PROSSIMITÀ DELLA PIATTAFORMA.....	167
3.9.	RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI E RETTILI MARINI.....	169
4.	CONCLUSIONI.....	170
5.	BIBLIOGRAFIA	178
ALLEGATO A	Strumentazione utilizzata nelle indagini.....	i
- ALL. A1	Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua	ii
- ALL. A2	Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti	xi
- ALL. A3	Indagini sulla comunità bentonica	xvii
- ALL. A4	Indagini sul popolamento ittico	xx
- ALL. A5	Indagini in <i>Mytilus galloprovincialis</i>	xxiv
ALLEGATO B	Schede granulometriche dei siti posti lungo i transetti A e B e dei Controlli K1 – K4. 7° survey post lavori (inverno 2019)	xxxiii

1. INTRODUZIONE

In riferimento al Decreto n. 0000222 del 09/09/2014 emesso dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-IRBIM di Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS di effettuare un monitoraggio volto a valutare il potenziale impatto ambientale conseguente l’installazione della piattaforma Bonaccia NW e della condotta sottomarina collegante tale piattaforma alla già esistente Bonaccia. Tale monitoraggio nel 2019 è stato condotto dal RTI costituito dal CNR-IRBIM (Mandatario) e dai Mandanti CIBM di Livorno, SZN di Napoli, OGS di Trieste, CONISMA, UNIVPM e AMBIENTE S.p.A. di Carrara.

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

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

Sulla base di tali considerazioni e delle esperienze condotte o tuttora in corso dal CNR-IRBIM presso analoghe strutture situate in Adriatico centro-settentrionale (Fabi *et al.*, 2001; 2003; 2004a; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015; 2016; 2017; 2019a; 2019b; 2020) e delle prescrizioni dell’ARPAM, per quanto concerne la piattaforma 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 (*Mytilus galloprovincialis*) insediati sulle parti sommerse della piattaforma;
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 unsurvey. Il rilevamento del passaggio di cetacei è avvenuto mediante operatori MMO (Leonori *et al.*, 2016).
- c. Fase di produzione: le indagini previste ai punti 1 (solo correntometria), 3-9 verranno condotte per 5 anni dopo la fine dei lavori di installazione delle strutture e perforazione dei pozzi. Per le indagini sedimentologiche, ecotossicologiche, sulla comunità bentonica e la ricerca di inquinanti e biomarkers in organismi marini sono previsti survey stagionali (inverno ed estate). I campionamenti per lo studio della comunità ittica saranno mensili, mentre l'osservazione di mammiferi marini sarà effettuata mediante 3 campionamenti/mese. Le indagini previste al punto 1 (eccetto correntometria) verranno effettuate per tutta la durata dell'esercizio dell'impianto mediante campionamenti bimestrali. Le indagini di cui al punto 2 non sono previste in questa fase.
- d. Fase di fine produzione:
 1. pre-smantellamento: verranno condotte le indagini di cui ai punti 3-5 e 7-8; eccetto lo studio della comunità ittica si prevede un survey per ogni tipologia di indagini che verrà effettuato subito prima dell'inizio dei lavori di smantellamento. Per la comunità ittica verranno condotti 3 survey;

2. smantellamento: in questa fase verranno condotte le indagini di cui ai punti 1, 3-5 e 8; si prevede come minimo n. 1 survey che potrà essere ripetuto in funzione della durata dei lavori;
3. post-smantellamento: tutte le indagini di cui ai punti 3-5 e 7-8 verranno condotte per un periodo di 3 anni dallo smantellamento della piattaforma. Quelle riguardanti i sedimenti e la comunità bentonica si svolgeranno in inverno e/o estate, il popolamento ittico verrà invece investigato mensilmente. Le indagini riguardanti la colonna d'acqua (punto 1) avranno la durata di 1 anno e si svolgeranno con cadenza bimestrale.

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 Bonaccia NW nel 1° semestre del 4° anno post lavori di installazione (2019).

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

Fase	Comparti d'indagine	Piattaforma Bonaccia 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 Bonaccia NW è ubicata a circa 60 km in direzione Est dalla costa marchigiana di Ancona, su un fondale di circa 87 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 posa in opera sono terminati a fine gennaio 2016.

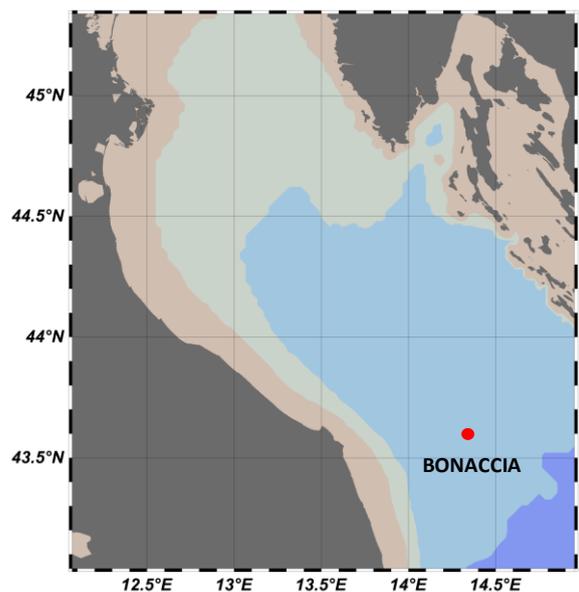


Fig. 2.1 - Ubicazione della piattaforma Bonaccia NW.

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

Sito	Coordinate Geografiche
Piattaforma Bonaccia NW	43°35'59'',289N 14°20'08'',604E

2.1. CAMPIONAMENTO IN MARE

2.1.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

Per lo studio delle caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua nel primo semestre del 4° anno di produzione (2019) sono stati condotti 2 survey (febbraio e maggio). Non è stato possibile effettuare la campagna prevista per il mese di marzo a causa delle avverse condizioni meteomarine.

Il campionamento, come da disciplinare tecnico, è stato effettuato in 8 stazioni disposte a croce lungo le direttrici NW-SE e NE-SW e aventi come punto di intersezione la piattaforma, di cui 4 poste entro un raggio di 100 m dalla piattaforma stessa e 4 a una

distanza di circa 2000 m da essa (fig. 2.1; Tab. 2-I).

In tutte le stazioni sono stati misurati parametri in continuo mediante una sonda multiparametrica SEA-BIRD modello SBE 911plus CTD (All. A1-I) che, in aggiunta ai sensori standard di pressione, temperatura e conducibilità, è stata equipaggiata con un sensore di ossigeno SBE43 per la determinazione della concentrazione di ossigeno disciolto, ed un fluorimetro/turbidimetro WET-Labs ECO FLNTURTD per la misurazione della concentrazione di clorofilla *a* e per la determinazione simultanea del particolato sospeso (TSM), attraverso misure di retrodiffusione (backscattering). Completa la dotazione un altimetro Teledyne Benthos PSA-916, per l'utilizzo in sicurezza della sonda in prossimità del fondale. La sonda è stata sottoposta a calibrazione presso il laboratorio del Centro di Taratura e Metrologia Oceanografica (CTMO) dell'OGS per i parametri di temperatura e conducibilità prima di iniziare il monitoraggio. Ulteriori calibrazioni sono previste ogni 4 mesi di attività. I sensori di ossigeno disciolto, fluorescenza e torbidità sono stati calibrati con i campioni raccolti *in situ* durante ogni campagna e analizzati rispettivamente per il contenuto di ossigeno disciolto (metodo Winkler), di pigmenti clorofilliani (Chl, metodo HPLC) e per il contenuto di materiale particolato totale (TSM, metodo gravimetrico). La sonda ha una frequenza di acquisizione di 24 serie di dati al secondo (24 Hz).

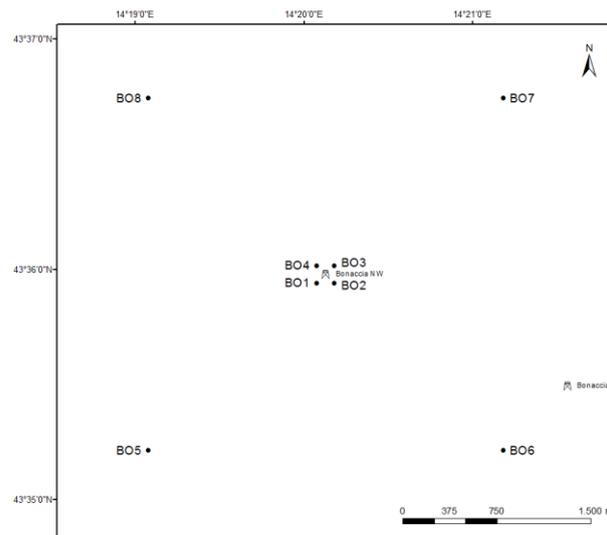


Fig. 2.2 - Schema di campionamento adottato nella fase di produzione della piattaforma per le indagini idrologiche.

Tab. 2-II - Coordinate geografiche dei siti di campionamento utilizzati per le indagini idrologiche.

Stazioni di campionamento	Coordinate geografiche (LAT.)	Coordinate geografiche (LONG.)	Distanza dalla struttura (m)	Posizione rispetto alla struttura
F1	44°03'18",00N	13°33'11",88E	100	SW
F2	44°03'18",00N	13°33'18",12E	100	SE
F3	44°03'22",62N	13°33'18",12E	100	NE
F4	44°03'22",62N	13°33'11",88E	100	NW
F5	44°02'36",12N	13°32'08",70E	2000	SW
F6	44°02'36",12N	13°34'17",22E	2000	SE
F7	44°04'04",80N	13°34'17",22E	2000	NE
F8	44°04'04",80N	13°32'08",70E	2000	NW

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)
- trasmissione della luce (Backscatterometro)

Per ogni stazione del piano di campionamento sono stati effettuati profili verticali mediante sonda Sea-Bird Electronics mod. SBE9 plus. Sono stati inoltre prelevati campioni di acqua a 4 quote (superficie, -20 m, -40 m e fondo), mediante campionatore mod. SBE32 Carousel Water Sampler ("rosette"), equipaggiato con bottiglie OceanTest Equipment, mod. 110B, da 5 l (All. A1-I). Sui campioni prelevati sono stati misurati i seguenti parametri:

- ossigeno disciolto tramite metodo Winkler;
- azoto inorganico come Ammoniaca, Nitriti e Nitrati;
- fosforo inorganico disciolto come Ortofossato;
- 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 e al buio fino al momento delle analisi. I campioni dei nutrienti e i filtri per i solidi sospesi e per i pigmenti clorofilliani sono stati conservati a -20°C fino al momento dell'analisi.

2.1.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

E' stato posizionato un ormeggio correntometrico in prossimità di Bonaccia NW (coordinate dell'ormeggio: 43°36,010'N, 14°20,148'E) a circa 86 m di profondità. Tale ormeggio era costituito da un correntometro acustico Teledyne RDI (All. A1-II) del peso in acqua di circa 13 kg, da tre boe di spinta in materiale plastico con spinta positiva di circa 20 kg ciascuna, da uno sganciatore acustico Edge Tech e da una zavorra di ferro a perdere di circa 110 kg. Tale strumento è stato periodicamente controllato e i dati sono stati scaricati. Il correntometro acustico (ADCP), oltre a registrare 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. Lo strumento è stato settato per effettuare registrazioni ogni ora in 25 celle da 4 m, coprendo in questo modo gran parte della colonna d'acqua. Sono stati registrati dati per l'intero semestre, dal 01 gennaio al 30 giugno 2019.

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

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

In Tab. 2-III sono riportate la distanza dal punto "Bonaccia NW", la posizione geografica e la profondità di ciascuna stazione campionata nell'inverno 2019, ovvero nel 7° survey post lavori di installazione.

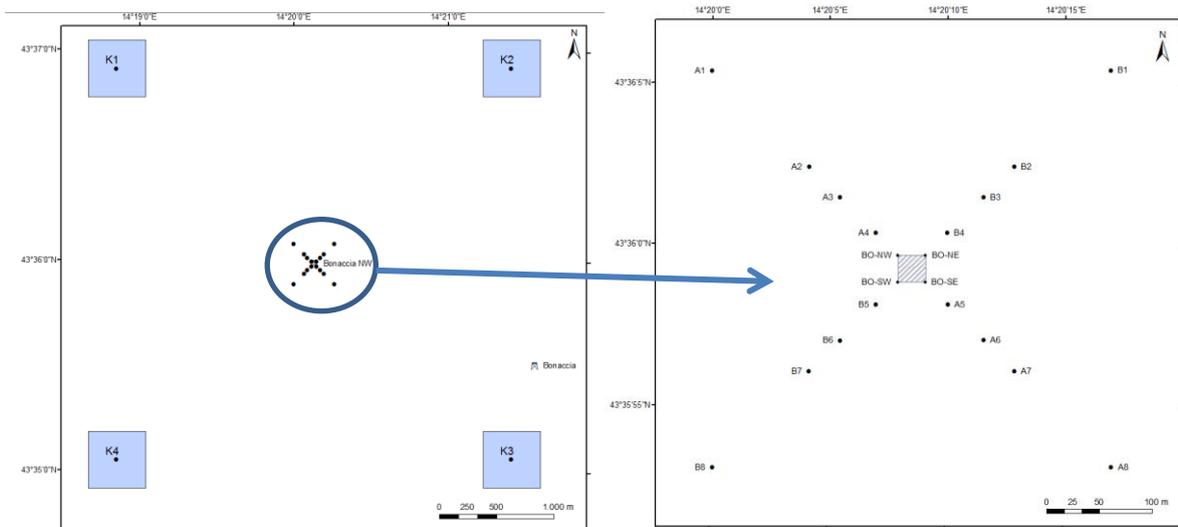


Fig. 2.3 - Schema di campionamento utilizzato per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica nella fase di produzione di Bonaccia NW, con il particolare dei 20 siti posti attorno alla piattaforma.

Tab. 2-III - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate nel 7° survey post lavori di installazione per le indagini sedimentologiche e sulla comunità bentonica. In rosso i punti di campionamento in corrispondenza di Bonaccia NW.

	Distanza dal sito Bonaccia NW (m)	Posizione rispetto alla piattaforma	Coordinate geografiche	Profondità (m)
A1	250	NW	43°36'187N 14°19'954E	87,5
A2	120	NW	43°36'127N 14°19'832E	85,3
A3	60	NW	43°36'086N 14°20'051E	87,2
A4	30	NW	43°36'075N 14°20'093E	87,1
BO NW	0	NW	43°36'042N 14°20'117E	87,0
BO SE	0	SE	43°36'017N 14°20'154E	86,1
A5	30	SE	43°36'002N 14°20'171E	87,4
A6	60	SE	43°36'010N 14°20'235E	87,5
A7	120	SE	43°35'950N 14°20'372E	88,5
A8	250	SE	43°35'784N 14°20'425E	86,7
B1	250	NE	43°36'170N 14°20'138E	87,6
B2	120	NE	43°36'186N 14°20'272E	87,4
B3	60	NE	43°36'118N 14°20'273E	87,2
B4	30	NE	43°36'042N 14°20'186E	87,3
BO NE	0	NE	43°36'034N 14°20'157E	86,0
BO SW	0	SW	43°36'017N 14°20'122E	87,3
B5	30	SW	43°35'995N 14°20'094E	86,2
B6	60	SW	43°35'986N 14°20'118E	85,1
B7	120	SW	43°35'646N 14°20'011E	87,0
B8	250	SW	43°35'927N 14°19'979E	87,4
K2	2000	NW	43°36'822N 14°19'232E	85,0
K3	2000	NE	43°36'790N 14°20'695E	87,1
K4	2000	SE	43°34'814N 14°21'257E	86,0
K4	2000	SW	43°35'232N 14°19'153E	86,9

Indagini fisiche e chimiche dei sedimenti - Tutte le stazioni sono state campionate

mediante box-corer (fig. 2.4; All. A2-I).

In situ sono stati rilevati i seguenti parametri:

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

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

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

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

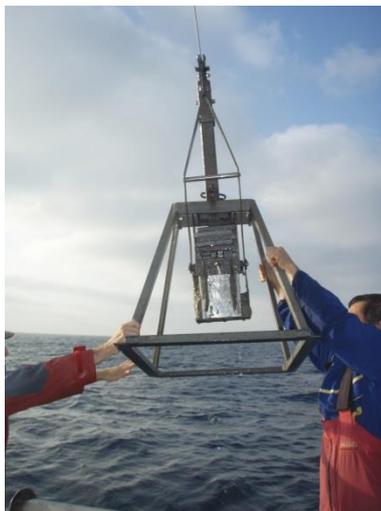


Fig. 2.4 – Box-corer utilizzato per le indagini fisiche e chimiche dei sedimenti.

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

Sino all'estate 2018 (Fabi *et al.*, 2019c) questa tipologia di indagine è stata condotta presso le stazioni di campionamento BO SE, A3, B3, A6, B6, K1, K2, K3 e K4 (fig. 2.3). A partire dall'inverno 2019 si è ritenuto opportuno ampliare l'indagine inserendo anche gli altri 3 siti BO (BO NW, SE, BO SW e BO NE) e le 4 stazioni posizionate a 30 m di distanza (A4, A5, B4 e B5). 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).

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. INQUINANTI E BIOMARKER IN *HEDISTE DIVERSICOLOR*

Nelle medesime stazioni di campionamento utilizzate per i saggi biologici su esemplari di *Hediste diversicolor* sono state anche effettuate prove di bioaccumulo di metalli pesanti (alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio, zinco) come effettuato sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2019c). Nell'inverno 2019 è stata anche applicata una batteria di biomarker. I campioni di sedimento da

utilizzare sono stati trattati con le stesse modalità descritte nel Capitolo precedente.

2.1.6. INQUINANTI E BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI SOMMERSE DELLA PIATTAFORMA

Nel 1° semestre 2019 i campioni sono stati prelevati vicino gli anodi sacrificali e lontano da essi, oltre che da un impianto di mitilicoltura situato al largo di Senigallia (AN) in un'area di mare aperto. Quest'ultimo campione è considerato come controllo.

Le taglie medie degli esemplari prelevati nell'inverno 2019 dai due siti della piattaforma e al controllo (lunghezza della conchiglia \pm dev.st) sono state le seguenti:

1. Controllo: $63,8 \pm 3,4$ mm
2. Vicino anodo: $67,9 \pm 4,9$ mm
3. Lontano anodo: $69,7 \pm 5,6$ mm.

2.1.7. INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

2.1.7.1 Campionamenti di pesca

Nel 1° semestre 2019 non è stato possibile effettuare il campionamento di pesca nel mese di marzo a causa delle condizioni meteo-marine avverse. Pertanto sono stati condotti n. 5 campionamenti sia nei pressi della piattaforma Bonaccia 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).

Lo strumento utilizzato è una rete da posta tipo "tremaglio" le cui caratteristiche tecniche 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 meteo-marine.

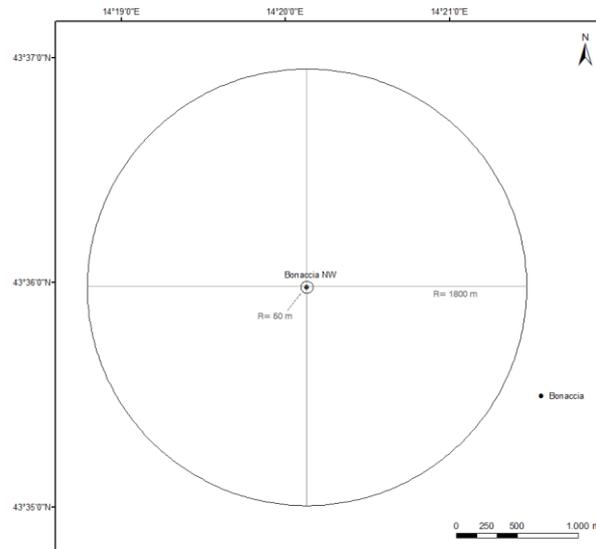


Fig. 2.6 - Schema di campionamento per le indagini sulla comunità ittica mediante campionamenti di pesca.

2.1.7.2 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) 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 10 transetti, di interasse pari a 170 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.

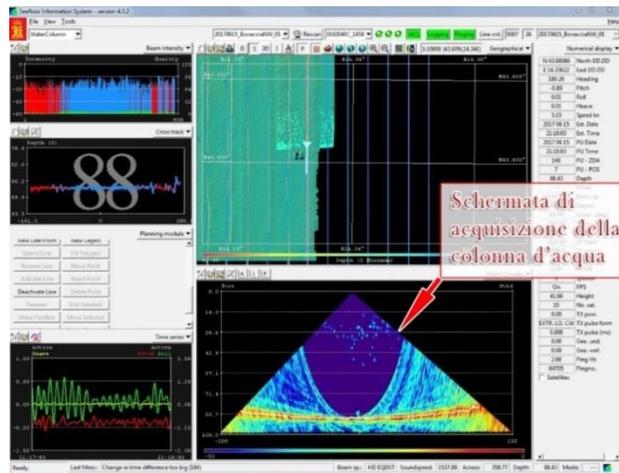


Fig. 2.7 - Schermata di acquisizione dati del software SIS utilizzato dal sistema multibeam EM2040CD. Il sistema è in grado di visualizzare e acquisire dati acustici relativi alla colonna d'acqua.

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 160° in totale, è stato possibile investigare circa 360 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.

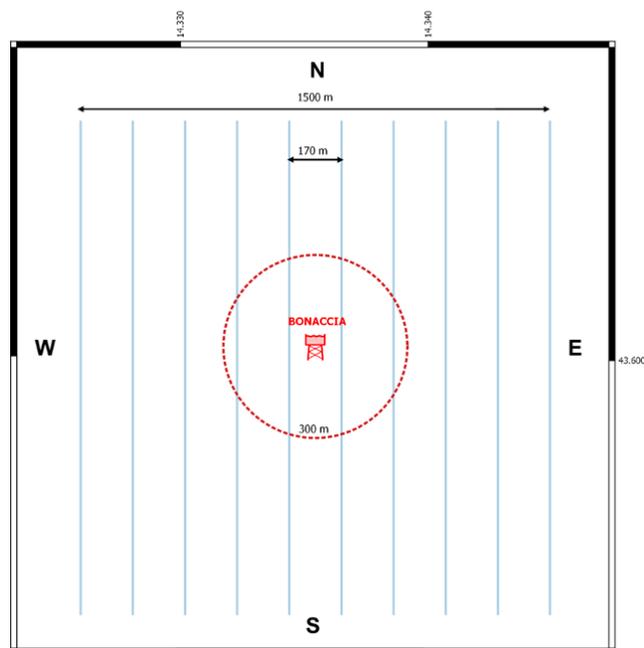


Fig. 2.8 - Schema di campionamento adottato durante i survey effettuati con MBES. Al centro il simbolo della piattaforma e il limite dei 300 m (in rosso).

2.1.7.3 Indagini video in prossimità della piattaforma

Durante i survey con MBES, ogni qualvolta vi fossero condizioni di buona visibilità, sono state realizzate riprese con telecamera subacquea Quasi Stellar Color (All. 4-IV) che consente la visione diurna a colori del fondo in condizioni di scarsa luminosità e torbidità a grandi profondità (≥ 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.

2.1.8. RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI E RETTILI MARINI

Gli avvistamenti di cetacei attorno alla piattaforma sono stati effettuati in un'area di circa 1 mn² avente al centro il punto Bonaccia NW. All'interno di tale area sono stati tracciati dei transetti distanti circa 500 m l'uno dall'altro e percorsi a una velocità media di 5 nodi (fig. 2.9).

Durante il survey due operatori osservavano simultaneamente l'eventuale presenza di cetacei registrandola sul quaderno di campo annotando l'ora, il numero degli esemplari, la loro posizione rispetto alla piattaforma e, ove possibile, la specie. Tali survey sono stati condotti sia nel corso delle campagne di campionamento della colonna d'acqua, dei sedimenti e delle comunità bentonica e ittica, sia durante apposite crociere. Ogni anno effettuati 3 avvistamenti/mese.

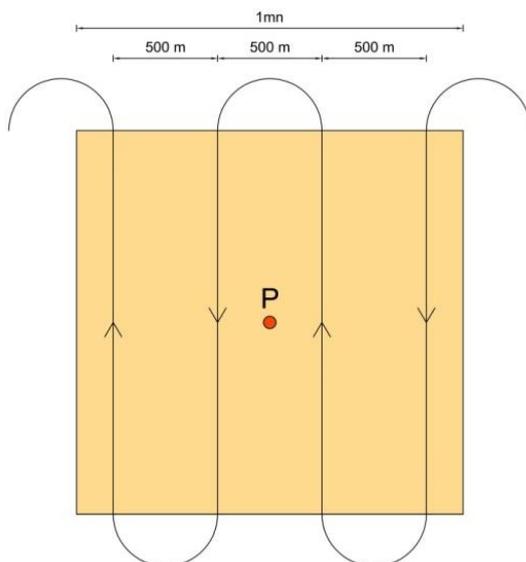


Fig. 2.9 - Schema di campionamento adottato per gli avvistamenti dei cetacei nell'area interessata dalla presenza della piattaforma Bonaccia NW. P = piattaforma.

2.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI

2.2.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

Per l'acquisizione e la successiva elaborazione dei dati registrati e raccolti tramite la sonda CTD è stato utilizzato un software fornito dalla casa produttrice, seguendo le norme suggerite dall'UNESCO (UNESCO, 1988); le grandezze derivate, come salinità e anomalia di densità, sono state calcolate secondo gli algoritmi dell'UNESCO (UNESCO, 1983).

Per le elaborazioni grafiche sono stati utilizzati il software Grapher TM Golden Software, Inc., (Vers. 10.5.1011) e il software Ocean Data View (© 2016 Schlitzer - Vers: 4.7.6. – 64bit).

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 gli inquinanti elencati nel Cap. 2.1.1.

Ossigeno disciolto - La misura della concentrazione di ossigeno disciolto è stata effettuata mediante titolazione iodometrica secondo il metodo di Winkler (Carpenter, 1965), descritto da Saggiomo *et al.* (2010). Aliquote di acqua (60 ml circa) sono state fissate aggiungendo in rapida successione 0,3 ml di una soluzione di cloruro di manganese e 0,3 ml di una soluzione basica di ioduro di potassio. In tali condizioni, l'ossigeno presente ossida il manganese (II) a Mn (III) e Mn (IV) che precipita come ossido idrato. I campioni fissati sono stati conservati al buio a temperatura ambiente, per un tempo non superiore a 4 h. Al momento della titolazione, 0,5 ml di acido solforico sono stati introdotti nel campione. In un ambiente così acidificato, lo ioduro, ossidato dal manganese a iodio elementare, è complessato dallo ioduro in eccesso per formare I_3^- . Lo ione complesso I_3^- è stato titolato con una soluzione di sodio tiosolfato (0,01M), precedentemente standardizzata. La concentrazione del tiosolfato è stata standardizzata con una soluzione standard di iodato di potassio fornita da OSIL (Ocean Scientific International Ltd, United Kingdom). La titolazione potenziometrica automatica è stata effettuata con titolatore Mettler Toledo T50 compact (All. A1-III); la concentrazione di ossigeno disciolto è stata espressa in $ml\ l^{-1}$. I risultati delle analisi di ossigeno disciolto effettuate sono stati utilizzati per calibrare i valori misurati dal sensore SBE 43 installato sulla sonda SBE 911plus CTD.

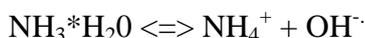
Sali nutritivi - Per la determinazione dei nutrienti inorganici (nitriti, nitrati, ammonio, ortofosfati e silicati), i campioni d'acqua di mare sono stati filtrati a bordo, su filtri in fibra di vetro (Watman GF/F, porosità nominale 0,7 µm), precombusti a 450°C per 4 h, raccolti in contenitori in polietilene (pre-trattati con acido cloridrico 1M) e conservati a -20°C fino al momento dell'analisi.

Le determinazioni analitiche sono state eseguite per via colorimetrica, a temperatura ambiente, con un analizzatore a flusso continuo a quattro canali 'Quattro, Seal Analytical' (All. A1-IV), seguendo le metodologie di Hansen e Koroleff (1999).

La concentrazione dei nitriti (NO₂) è stata determinata attraverso una reazione di diazocopolazione che produce un composto azotato rosso-violaceo, letto a 520 nm.

I nitrati (NO₃) sono stati ridotti a nitriti su colonna di cadmio e determinati seguendo il metodo descritto per i nitriti.

L'azoto ammoniacale è stato determinato in base alla reazione di Berthelot modificata usando salicilato e dicloroisocianurato, dalla quale si forma un complesso colorato blu-verde, misurato a 660 nm. Nell'acqua marina l'ammoniaca è in equilibrio con l'ammonio in base al seguente equilibrio:



Determinando la forma ammoniacale con questo metodo si determina l'azoto totale, presente sia come ammonio che come ammoniaca.

L'equilibrio tra l'ammoniaca (NH₃) e l'ammonio (NH₄⁺) in soluzioni acquose è funzione della temperatura, del pH e della forza ionica della soluzione (Whitfield, 1974; Khoo *et al.*, 1977). Al pH tipico dell'acqua marina di 8,2, con salinità di 37 e temperatura di 25°C la forma prevalente (95%) è l'ammonio (NH₄⁺) e solo il 5% si trova come ammoniaca (NH₃). A una temperatura di 10°C il contributo dell'ammoniaca si riduce al 2%. Per questo motivo nei risultati ci si riferisce all'azoto ammoniacale con ammonio (NH₄).

Il fosforo reattivo (PO₄) è stato determinato come ortofosfato in base alla formazione di un complesso fosfomolibdico di colore blu che viene misurato a 880 nm.

I silicati (Si(OH)₄) sono stati determinati, in base alla riduzione (in ambiente acido) del silicomolibdato a blu di molibdeno che viene misurato a 820 nm.

I limiti di rilevabilità sono:

- NO₂: 0,01 µM
- NO₃: 0,02 µM

- NH_4 : 0,02 μM
- PO_4 : 0,01 μM
- Si(OH)_4 : 0,02 μM

La qualità dei risultati è garantita dalla partecipazione semestrale ad esercizi di intercalibrazione internazionali (Quasimeme Laboratory Performance Study).

Pigmenti clorofilliani - I campioni per la determinazione delle diverse clorofille sono stati prelevati mediante bottiglie idrologiche e filtrati a bordo, su filtri in fibra di vetro Whatman GF/F (porosità = 0,7 μm ; Ø = 47 mm), immediatamente dopo il prelievo, in quantità variabile tra 3 e 4 L, in relazione alla concentrazione del particolato microalgale. Dopo la filtrazione i filtri, posti in crio-vials, sono stati rapidamente congelati in azoto liquido fino al momento delle analisi. La filtrazione è stata effettuata per depressione dove la differenza di pressione fra la parte inferiore e quella superiore del filtro non superava -25 KPa (circa 150 mm Hg) al fine di evitare la rottura delle cellule vegetali con la conseguente perdita di pigmenti.

Le analisi delle clorofille *a*, *b* e *c* sono state effettuate secondo il metodo Vidussi *et al.* (1996) mediante HPLC (High Performance Liquid Chromatography;) Agilent 1100 series (All. A1-V) dotato di Vacuum Degasser; Quaternary Pump; Thermostatted Column Compartment; Detector DAD (photodiode array detector) e Detector Fluorescence. È stata utilizzata una colonna *Hypersil MOS-2* della *Thermo Fisher Scientific* (100 mm x 4,6 mm 3 Å μM). I dati sono stati acquisiti e archiviati tramite PC interfacciato allo strumento mediante software HP ChemStations. L'estratto è stato iniettato attraverso un loop di 200 μl e l'eluizione ha previsto un flusso pari a 1 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 turbidimetro WET-Labs ECO FLNTURTD installato sulla sonda SBE 911plus CTD.

TSM (solidi sospesi totali) - I campioni d'acqua per la determinazione dei solidi sospesi totali sono stati filtrati a bordo sotto leggera depressione su filtri in fibra di vetro Whatman GF/F (Ø = 47 mm), pre-pesati su bilancia analitica Mettler XP6 e riposti in singoli portafiltri numerati. Per eliminare i residui salini il filtro è stato risciacquato nella fase

finale della filtrazione del campione con acqua Milli-Q. Al termine della filtrazione i filtri sono stati conservati a -20°C fino al momento dell'analisi. La determinazione in laboratorio del peso secco totale è avvenuta per via gravimetrica, dopo essiccazione a 60°C fino a peso costante, su bilancia analitica Mettler XP6, secondo le indicazioni riportate da Strickland e Parsons (1972). Il peso dei singoli filtri combustibili è stato sottratto al peso del filtro corrispondente su cui è stato filtrato il campione. Le concentrazioni di TSM sono state espresse in mg L^{-1} . I valori di TSM sono stati utilizzati per calibrare i dati del sensore di torbidità WET-Labs ECO FLNTURTD installato sulla sonda SBE 911plus CTD 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. La quantificazione avviene mediante confronto con retta di taratura, effettuata subito prima dell'analisi. Il campione viene acidificato con acido nitrico e caricato direttamente sullo strumento tarato. Lo strumento usato è ICP-MS Perkin Elmer Nexion 350X con Autocampionatore MASN8140044 ESI e sistema di eliminazione interferenze UCT, utilizzato in modalità KED (cella di collisione) (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-OES 5100 SVDV, Agilent, con autocampionatore SPS4 (All. A1-VII).

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

Parametro	Metodica	UM	LR
Metalli			
Alluminio	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Arsenico	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Bario	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Cadmio	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Cromo totale	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Ferro	EPA 6020B 2014	µg/l	5
Indio	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Mercurio	EPA 6020B 2014	µg/l	0,05
Nichel	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Piombo	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Rame	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Vanadio	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Zinco	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Silicio	EPA 200.7 1994	mg/l	0,01
BTEX			
Benzene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg/l	0,01
Etilbenzene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg/l	0,01
Stirene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg/l	0,01
Toluene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg/l	0,05
Xilene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg/l	0,02
ALTRE SOSTANZE			
Idrocarburi policiclici aromatici	EPA 3510C 1996 + EPA 8270E 2018	µg/l	0,001
idrocarburi alifatici C10-C32	EPA 3510C 1996 + EPA 3620C 2014 + EPA 8015C 2007	µg/l	1
Idrocarburi totali (espressi come n-esano)	EPA 5021A 2014 + EPA 3510C 1996 + EPA 3620C 2014 + EPA 8015C 2007	µg/l	35
Calcolo			
Glicole monoetilenico	EPA 8015D 2003	mg/l	2,2

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-OES 5100 SVDV, Agilent, con autocampionatore SPS4 (All. A1-VII).

Solventi organici aromatici (BTEX) - La determinazione è stata effettuata mediante gascromatografia accoppiata a spazio di testa dinamico (“Purge & trap”) e rilevazione tramite spettrometro di massa. Il campione (campionato in vial da 40 ml con tappo in teflon priva di spazio di testa) viene caricato su autocampionatore. Il sistema Purge and Trap separa gli analiti volatili dalla fase acquosa adsorbendoli ad una trappola. Successivamente la trappola viene riscaldata permettendo il rilascio delle sostanze trattenute che vengono separate mediante gascromatografia e quantificate con spettrometro di massa. La quantificazione viene effettuata confrontando i fattori di risposta ottenuti in fase di taratura, effettuata su almeno 5 livelli.

Lo strumento utilizzato è un Agilent con autocampionatore Centurion, sistema P&T Evolution, GC 7890B, detector MS 5977A con lente Extractor. Colonna montata DB-624 (All. A1-VIII).

Idrocarburi totali - Gli idrocarburi totali, relativamente alle acque, sono 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 n-pentano (C₅ H₁₂) e n-decano (C₁₀ H₁₂) inclusi (frazione volatile).

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

In laboratorio, parte del campione d'acqua è stato trasferito in una vial per spazio di testa a cui è stato aggiunto un modificatore di matrice. 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 favorire l'equilibrio dei composti volatili all'interno con lo spazio di testa presente nella vial. Circa 15 minuti prima dell'analisi, le singole fiale verranno riscaldate e miscelate per vibrazione meccanica tramite l'autocampionatore CTC.

L'autocampionatore poi preleverà un ml di volume di spazio di teste tramite linea riscaldata e lo inietterà nella colonna GC. Le analisi sono state eseguite usando un rilevatore FID (Flame Ionization Detector).

Lo strumento utilizzato è un Agilent, con autocampionatore G4513A, Piatto 7693, GC 7890A, FID. La colonna cromatografica montata è ZB-5HT (All. A1-IX).

Analisi frazione estraibile: utilizzando un cilindro graduato si sono misurati 0,9 l di campione che sono stati travasati dal cilindro nell'imbuto separatore. Qui sono stati aggiunti 40 ml di n-esano. 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).

Gli idrocarburi totali sono determinati sommando le 2 componenti e moltiplicando il risultato per un fattore 1,1 fattore studiato per esprimere il dato come n-esano.

Gli idrocarburi totali sono stati calcolati tramite la regola del lower bound. In caso di addendi tutti inferiori al LOQ si applica il LOQ più alto, mentre in presenza di dati valorizzati anche in uno solo degli analiti il risultato è pari al valore rilevato, anche se questo dovesse risultare inferiore al LOQ di altri addendi costituenti la sommatoria.

Lo strumento utilizzato è un Agilent, CTC PAL RSi 85, GC 7890B con detector FID, colonna DB-624 (All. A1-IX).

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. Gli IA sono stati analizzati mediante gascromatografia accoppiata a rilevatore a fiamma (FID).

L'identificazione degli IA si è basata sul confronto con il tempo di ritenzione di soluzioni standard di n-alcane fra C12 e C32, e la quantificazione è stata determinata dalle curve di taratura per ciascun composto analizzando cinque standard esterni. I limiti di quantificazione sono in funzione del primo punto di taratura e i campioni di bianco sono

stati eseguiti per l'intera procedura.

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) - Utilizzando un cilindro graduato si sono misurati 0.9 l di campione che sono stati travasati dal cilindro nell'imbuto separatore. Qui sono stati aggiunti 40 ml di diclorometano. 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 (in toluene) per la successiva analisi cromatografica condotta mediante l'impiego di gascromatografo con rilevatore a spettrometro di massa.

La concentrazione di 16 IPA (priority pollutants per la USEPA) (Naftalene, Acenaftene, Acenaftilene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)-antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Indenopirene) (fig. 2.10) è stata determinata con sistema GC-MS/MS. La colonna cromatografica utilizzata è la DB-EUPAH e il rilevatore uno spettrometro di massa a triplo quadrupolo. Il limite di rilevabilità è compreso fra 0,0001 e 0,0006 $\mu\text{g l}^{-1}$. Campioni di bianco sono stati eseguiti per l'intera procedura. Recupero e precisione sono stati validati con campioni di riferimento certificati e verificati per ogni sequenza analitica con appositi campioni QC. L'introduzione in fase di estrazione di uno standard surrogato garantisce che per ciascun campione l'estrazione sia stata condotta con successo. La metodica è stata ulteriormente verificata tramite periodica attività di intercalibrazione internazionale.

Lo strumento utilizzato è un sistema GC-MS/MS (triplo quadrupolo) Agilent con autocampionatore G4513A, GC 7890B, QqQ 7000C con montata colonna DB-EUPAH (All. A1-X).

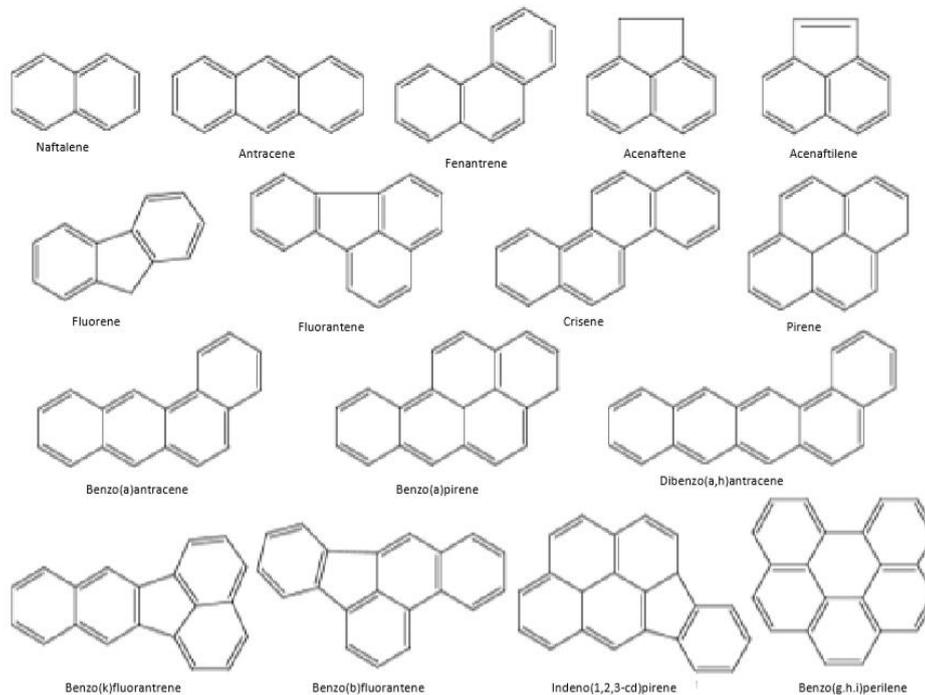


Fig. 2.10 – I 16 IPA prioritari secondo l'US-EPA.

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.

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 elaborazioni grafiche sono stati utilizzati il software Grapher™ (Vers. 10.5.1011) della Golden Software, Inc., e il software Ocean Data View (© 2016 Reiner Schlitzer - Vers: 4.7.6).

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 105°C per almeno 24-36-48 h in funzione della tipologia del materiale. 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 105°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 105°C sino a completa evaporazione. E’ stata quindi eseguita l’aerometria mediante l’utilizzo di un densimetro (All. A2-V) per sedimenti secondo il metodo di Casagrande basato su due proprietà: a) la 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.

Metalli pesanti - Sono stati analizzati i seguenti elementi, espressi in percentuale o mg/kg di sostanza secca: alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, mercurio, nichel, piombo, rame, 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-VI) seguendo la metodica EPA7473. 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-VII), secondo la procedura EPA7010.

Le concentrazioni di **alluminio**, **bario**, **cromo**, **nichel**, **rame**, **vanadio** e **zinco** sono state ottenute mediante tecnica ICP-AES (Varian ICP-720ES; All. A2-VIII) seguendo la metodica EPA6010C.

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

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	Hg	Ni	Pb	V	Zn
Accuratezza (minima accettabilità del recupero)	25%	25%	25%	30%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
Incertezza (%)	21	25	25	25	21	20	20	20	21	20	20
LOQ (mg/kg)	170	0,3	1,2	0,02	1,2	1,2	0,005	1,2	0,3	1,2	1,2
LOD (mg/kg)	5	0,07	0,2	0,002	0,04	0,12	0,002	0,25	0,07	0,07	0,6

Estrazione sequenziale dei metalli - Tale estrazione viene effettuata sui metalli per i quali esiste un Materiale di Riferimento Certificato nei casi in cui le loro concentrazioni siano superiori al doppio del Livello Chimico di Riferimento Nazionale (DM 173/2016) e sul bario, anche se per questo metallo non esistono materiali certificati; in questo caso l'analisi viene effettuata qualora i tenori osservati siano almeno il doppio della concentrazione media rilevata durante il pre-survey.

L'estrazione sequenziale è una procedura analitica con la quale si determinano le frazioni di metalli presenti nei sedimenti suddivise in base alla capacità di essere estratte da

soluzioni con caratteristiche chimico-fisiche diverse (pH, potenziale REDOX, salinità) allo scopo di stimare la parte potenzialmente biodisponibile dei metalli stessi, quella cioè che può essere mobilizzata e rilasciata nell'ambiente in seguito a modificazioni dei suddetti parametri.

Fra le procedure di estrazione sequenziale reperibili in letteratura, è stato scelto il protocollo a tre step del BCR.

I tre step previsti dalla procedura BCR consentono di determinare la percentuale di metalli presenti come frazione scambiabile e legata ai carbonati, come frazione legata agli ossidi di ferro e manganese e come frazione legata alla sostanza organica. Queste tre frazioni, sommate, rappresentano una stima affidabile della frazione di metalli di origine antropica e biodisponibile.

Di seguito sono descritte brevemente le frazioni determinate in ciascuno dei tre step.

Step 1: frazione scambiabile e legata ai carbonati. Le argille, gli ossidi idrati di Fe e Mn e gli acidi umici sono in grado di adsorbire i metalli in tracce; cambiamenti della composizione ionica delle acque, come quelli che si verificano ad esempio negli estuari, possono facilitare il rilascio dei metalli adsorbiti. Una percentuale significativa dei metalli presenti nei sedimenti si trova associata ai carbonati; questa frazione è particolarmente sensibile ai cambiamenti di pH.

Step 2: frazione legata agli ossidi di Fe e Mn. Questi ossidi sono presenti sotto forma di noduli, concrezioni o semplicemente come rivestimento delle particelle di sedimento; sono "trappole" eccellenti per i metalli in tracce e sono termodinamicamente instabili in condizioni anossiche (bassi valori del potenziale di ossido-riduzione).

Step 3: frazione legata alla sostanza organica e ai solfuri. I metalli si possono legare a varie forme di sostanza organica, attraverso processi di complessazione con composti come gli acidi umici e fulvici o fenomeni come il bioaccumulo da parte degli organismi viventi. In condizioni ossidanti la sostanza organica viene degradata con conseguente rilascio e solubilizzazione dei metalli.

Dopo la separazione delle prime tre frazioni, la parte residua rappresenta la frazione di metalli legata strettamente alla matrice, compresa la frazione legata ai silicati che può essere rilasciata solo in seguito ad attacco acido. Si ritiene che, in condizioni naturali, questi metalli non possano essere rilasciati dalla matrice e divenire disponibili all'interazione con gli organismi. Nella frazione residua potrebbero però essere presenti

anche sostanze di origine antropica difficilmente attaccabili da agenti naturali.

L'estrazione sequenziale è stata validata da BCR per i seguenti metalli: cadmio, cromo totale, rame, nichel, piombo e zinco (per i quali esiste un Materiale di Riferimento Certificato), ma può essere applicata anche ad arsenico e bario.

Per le analisi di ciascuna fase estratta, nonché del sedimento tal quale e del residuo dopo le estrazioni, viene utilizzato uno spettrometro di emissione a plasma Agilent 5110 VDV (All. A2-IX) secondo EPA6010D.

La mineralizzazione dei campioni solidi (tal quale e residuo) viene effettuata seguendo il metodo EPA3051A, mediante un sistema di digestione a microonde opportunamente programmato, aggiungendo a 9 ml di HNO_3 e 3 ml di HCl .

I limiti di quantificazione sono stati calcolati riferendosi alla concentrazione della soluzione standard utilizzata come primo punto della retta di calibrazione alle condizioni operative della procedura (peso iniziale del campione, volume finale delle soluzioni estraenti). Vengono utilizzati reagenti di grado analitico e vetreria decontaminata in HNO_3 al 10% per 24 h e poi sciacquata in acqua ultrapura. La precisione e l'accuratezza della procedura analitica vengono valutate confrontando la somma degli estratti con la concentrazione totale iniziale e l'efficacia delle fasi estrattive viene valutata analizzando come materiale certificato BCR 701. Al termine della mineralizzazione i campioni vengono filtrati e portati ad un volume finale di 25 ml utilizzando acqua ultrapura. Gli acidi impiegati sono tutti di grado analitico. L'accuratezza delle procedure di digestione e di analisi dei campioni tal quali viene verificata impiegando come materiale standard di riferimento certificato il BCR320R.

La procedura di estrazione sequenziale viene applicata ai sedimenti precedentemente seccati in stufa (All. A2-III) a 40°C fino a peso costante e omogeneizzati in mortaio di ceramica, eliminando manualmente il materiale grossolano eventualmente presente.

La prima frazione viene estratta con una soluzione di acido acetico 0,11M, la seconda con una soluzione di idrossilammina cloridrato 0,5M acidificata con HNO_3 e la terza in acetato di ammonio 1M previo trattamento con acqua ossigenata 8,8M a temperatura ambiente.

I primi due step sono condotti in agitazione continua a temperatura ambiente per 16 h.

Nel terzo step i sedimenti sono lasciati per 1 h a temperatura ambiente in acqua ossigenata e successivamente trasferiti per 2 h in bagno termostato a 85°C ; infine viene aggiunta la soluzione di acetato di ammonio e i campioni sono stati lasciati in agitazione continua a

temperatura ambiente per 16 h.

Alla fine della procedura di estrazione sequenziale viene calcolata la somma delle frazioni estratte (potenzialmente biodisponibili) e, per differenza con la concentrazione iniziale sul tal quale, viene calcolato il residuo (non biodisponibile).

La procedura di estrazione sequenziale ha un ruolo importante nel caso di superamento dei limiti di legge, per stimare l'effettiva contaminazione ambientale.

Il criterio che è stato scelto per l'effettuazione del test è il superamento del DOPPIO del limite L1 del DM 173/2016 e, per il bario, la presenza di concentrazioni pari almeno al DOPPIO della concentrazione media rilevata durante il pre-survey.

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.

2.2.3. INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE 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-E1. 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 EPA/600/R-95/136.

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.

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), le piastre sono state trasferite per 72 h in camera fitologica a condizioni di temperatura e luminosità controllate ($T = 20 \pm 2^\circ\text{C}$, luminosità < 10000 lux). Al termine dell'esposizione è stata verificata la crescita algale nel campione, espressa come densità algale, mediante lettura al Coulter Counter; si è proceduto quindi al conteggio delle tre repliche del campione tal quale e del controllo e al loro confronto statistico, per verificare eventuali aumenti o diminuzioni significative della crescita algale nel campione rispetto al controllo e procedere eventualmente alla lettura delle altre diluizioni.

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

Sulla base dei risultati espressi in termini di inibizione/stimolazione della crescita e dell'analisi statistica del dato eco-tossicologico (eseguita secondo lo schema EPA/600/4-91/002), i risultati del saggio possono essere suddivisi nelle seguenti categorie:

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

QA/QC - La sensibilità di ogni clone algale impiegato per i test con i campioni di elutriato è stata verificata mediante il test di controllo positivo eseguito con bicromato di potassio il cui risultato, espresso come EC_{50} , è stato confrontato con i dati della carta di controllo del laboratorio il cui intervallo è compreso tra 6,2 e 8,9 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);

- il coefficiente di variazione nei controlli e nel campione tal quale (CV%) $\leq 15\%$.

2.2.3.2 *Vibrio fischeri* (sistema Microtox®)

Preparazione delle matrici - La fase solida è stata ottenuta per centrifugazione refrigerata (30' a 3.500 rpm a 4°C), con successiva ri-omogenizzazione.

Il sistema Microtox® è un test biologico di tossicità acuta basato sull'utilizzo della bioluminescenza naturale di questa specie. Poiché in presenza di contaminanti l'emissione di luce diminuisce, la misura dell'eventuale inibizione della bioluminescenza a seguito dell'esposizione del batterio a una sostanza nota o a un campione naturale di acqua o sedimento consente di valutare il grado di tossicità acuta della sostanza o della matrice testata.

Il sistema di misura risulta piuttosto versatile in quanto è applicabile a matrici naturali, sia continentali che marine, acquose (acqua potabile, acqua interstiziale, elutriato, ecc.) e solide (fanghi, suoli, sedimenti), nonché a soluzioni acquose di sostanze tossiche pure sia organiche che inorganiche.

Procedura adottata e lettura dei dati - I saggi biologici sulla fase solida sono stati completati entro 24 h dalla preparazione della matrice.

L'emissione della bioluminescenza è stata misurata all'interno del luminometro M500, dotato di pozzetti termostatati a 15°C per i controlli e i campioni e a 4°C per il reagente. È stato applicato il protocollo Solid Phase Test (SPT) con la procedura Large Sample Method (Azur Environmental, 1994), organizzato con 9-12 diluizioni e 3 controlli, a seconda della granulometria del campione. Il test prevede una prima esposizione di 20' durante i quali i batteri si trovano a diretto contatto con il sedimento e una seconda fase di ulteriori 10' in cui la risospensione batterica viene incubata nel luminometro a 15°C.

La relazione dose-risposta, ovvero concentrazione del campione - inibizione della bioluminescenza, è stata elaborata mediante un software dedicato (Microtox Omni™ v. 1.16) che consente di individuare l'EC50 (o qualunque altra EC), ossia la concentrazione del campione cui corrisponde una riduzione della bioluminescenza pari al 50% o, in alternativa, la semplice variazione percentuale di emissione di luce rispetto al controllo. Il risultato è stato espresso sia in TU (Unità Tossiche = 100/EC50), che consente di ottenere una relazione diretta fra tossicità e riduzione della bioluminescenza, sia come Sediment Toxicity Index (S.T.I.), che permette di esprimere la reale tossicità acuta del campione

rispetto alla tossicità "naturale" di un campione di riferimento avente le medesime caratteristiche granulometriche (Onorati, 1999; Onorati *et al.*, 2007).

Poiché il test in fase solida viene effettivamente applicato sulla frazione granulometrica <1 mm e poiché la componente naturale della tossicità è funzione della frazione pelitica, al fine di esprimere il risultato del saggio nella scala S.T.I. sono state utilizzate le analisi granulometriche dei campioni di sedimento per individuare la proporzione tra le due frazioni citate, indispensabile per la valutazione del reale livello di tossicità acuta.

La fase solida è stata giudicata tossica quando il valore di S.T.I è risultato >3. E' stata adottata la scala di tossicità (Tab. 2-VI) indicata nel Manuale ICRAM-APAT (2007).

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

SPECIE-TEST	Colonna A Tossicità assente /trascurabile	Colonna B Tossicità presente	Colonna C Tossicità elevata	Colonna D Tossicità molto elevata
<i>Vibrio fischeri</i> (sedimento)	S.T.I. ≤ 3	3 < S.T.I. ≤ 6	6 < S.T.I. ≤ 12	S.T.I. > 12

2.2.3.3 *Corophium orientale*

Il saggio effettuato con esemplari di *Corophium orientale* è stato allestito secondo il protocollo ISO 16712:2005(E).

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±2°C
- salinità: 36±2‰
- illuminazione: continua
- O₂ 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 (96hLC_{50}) è stata determinata tramite l'esposizione per 96 h alle concentrazioni di 0,8; 1,6; 3,2 e 6,4 mg/l 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
$15\% < M \leq 30\%$	Bassa
$30\% < M \leq 60\%$	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. 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.

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 µg/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	$S > 50$
$50 < S \leq TL$	Bassa		
$1 \leq TU < 2$	Media	Semiscala delle T.U.	$S \leq 50$
$2 \leq TU < 4$	Alta		
$TU \geq 4$	Molto alta		

Dove:

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

TL = Toxicity limit = Controllo · 90% del controllo

2.2.4. INQUINANTI E BIOMARKER IN *HEDISTE DIVERSICOLOR*

2.2.4.1 Ricerca di metalli pesanti

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

Gli organismi non maturi di *H. diversicolor* (taglia 6-10 cm) sono stati campionati manualmente dalle porzioni di un sedimento estuario. Dopo il trasporto in laboratorio, sono stati sottoposti a spurgo per 3 gg in sabbia quarzifera sommersa in acqua proveniente dal sito di campionamento, areata continuamente. La salinità dell'acqua sovrastante la sabbia quarzifera è stata gradualmente portata al $36\pm 2\%$, ovvero a un livello corrispondente alla salinità richiesta nel test.

Allestimento del test - Il test è stato allestito in tre repliche per ogni campione di sedimento da testare poste in barattoli di vetro da 1 lt. In ogni barattolo sono stati inseriti $\sim 300 \text{ cm}^3$ di sedimento da testare, ai quali sono stati aggiunti circa 600 ml di acqua di mare naturale filtrata ($36\pm 2\%$). I barattoli sono stati quindi sistemati in camera condizionata, coperti e areati in continuo. Dopo 24 h dall'introduzione dei sedimenti sono stati registrati i parametri di inizio del test (pH, salinità, NH_4^+ e ossigeno disciolto) e in ogni barattolo sono stati immessi 5 individui di *H. diversicolor*. Per l'intera durata del test i barattoli sono stati mantenuti alla temperatura di $16\pm 2^\circ\text{C}$, aerati e illuminati senza alcun fotoperiodo. Come sedimento di controllo è stato utilizzato un sedimento nativo proveniente da un sito non contaminato. Il sedimento di controllo non contiene contaminanti o li contiene in concentrazioni molto basse. Il confronto tra il sedimento testato e il controllo consiste nella misura del livello di bioaccumulo. Il confronto degli organismi di controllo all'inizio e alla fine del periodo di esposizione indica se la contaminazione è avvenuta dall'acqua o dal sistema di esposizione. La mortalità degli organismi nel sedimento di controllo non dovrebbe superare il 10%.

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

Elaborazioni dei dati - Per valutare l'eventuale bioaccumulo nei tessuti degli organismi è

stata adottata la seguente formula:

$$D = (C_e - C_b) \cdot 100$$

dove:

D – variazione (riferita al controllo iniziale, 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 della loro esposizione ai sedimenti testati (bianco);

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 $\geq 20\%$.

2.2.4.2 Biomarker

Sono stati ricercati i seguenti biomarker:

- Micronuclei;
- Catalasi;
- Glutazione transferasi;
- Stabilità lisosomiale;
- Attività mitocondriale;
- Metallotioneine;
- Immunolocalizzazione di IPA.

Estrusione cellule - I policheti sono stati collocati singolarmente in falcon da 15 ml contenenti 10 ml di soluzione bilanciata di Hanks addizionata con 0,25% di EDTA e 5% etanolo assoluto mantenuta a + 4C° per 5’. I vermi vengono successivamente prelevati e la soluzione con le cellule estratte centrifugata a 100 g x 2’ a 4°C per eliminare eventuali particelle solide e una volta trasferito il surnatante ricentrifugato alle medesime condizioni ma a 500 g. Il surnatante è stato quindi eliminato e il pellet risospeso nuovamente in 200 µl di soluzione di Hanks contenente 0,25% di EDTA ma non EtOH. Il preparato cellulare così realizzato è distribuito in due spot da 50 µl in vetrini puliti pre-polilisinati e collocati in camere umide per le successive analisi.

Frequenze di micronuclei - I preparati cellulari ottenuti eseguendo il protocollo di estrazione sono stati fissati in soluzione metanolo acido acetico (3:1), addizionando 500 µl di estratto cellulare a 500 µl di fissativo e lasciando incubare in ghiaccio per 20’.

Il preparato è stato centrifugato a 500 g per 5’. Il surnatante è stato eliminato e il pellet risospeso in 500 µl di soluzione metanolo: acido acetico (3:1). I preparati sono stati spottati

su vetrino in volume di 20 μ l a spot. Una volta che il solvente è evaporato i preparati sono stati colorati per 10' con colorante di Giemsa (5%). Successivamente, i vetrini sono stati sciacquati due volte per 1' in acqua MilliQ, montati in DPX e osservati al microscopio invertito con olio per immersione con obiettivo 100X.

Elaborazioni dei dati - Sono state conteggiate circa 2000 cellule a vetrino e il risultato è stato espresso come:

$$\text{Frequenza di micronuclei (\%)} = n$$

Valutazione dell'attività dell'enzima catalasi - La valutazione è stata effettuata per via spettrofotometrica secondo il metodo Bouraoui *et al.* (2009) misurando il tasso di decomposizione dell' H_2O_2 sulla base della diminuzione dell'assorbanza osservata alla lunghezza d'onda di 240 nm.

I tessuti relativi a tre organismi sono stati omogenati in ghiaccio in tampone fosfato 1:5 w/v (0,1M, pH 7,5 a 25 °C, NaCl 2,5%,w/v) e centrifugati a 9000 g per 40' a 4°C. 50 μ l di surnatante ottenuto è stato prelevato e aggiunto a 200 μ l di soluzione 0,5M di H_2O_2 e 750 μ l di tampone fosfato.

Elaborazioni dei dati - I risultati sono stati espressi come nmoli di H_2O_2 consumata/min/mg proteine.

Glutazione transferasi - La valutazione è stata effettuata per via spettrofotometrica secondo il metodo Durou *et al.* (2007) misurando il tasso di coniugazione del substrato 1 cloro-2,4-dinitrobenzene (CDNB) osservato alla lunghezza d'onda di 340 nm. I tessuti relativi a tre organismi sono stati omogenati in ghiaccio in tampone TRIS 1:5 w/v (0,50 mM, pH 7,4 a 25 °C, 150 mM) e 1 mM ditioretiolo (DTT) e leupeptina e centrifugati a 9000 g per 30' a 4°C.

Elaborazioni dei dati - I risultati sono stati espressi come nmoli di CDNB consumata/min/mg proteine.

Stabilità lisosomiale - Il test, condotto seguendo la metodica di Lowe e Pipe (1994), prevede la realizzazione di due vetrini per individuo e tre individui per sito. Una porzione di cellule estruse (100 μ l) viene spottata su vetrino (2 spots da 50 μ l) pulito e prepolilisinato. Le cellule vengono lasciate aderire per 20' in camerette umide al buio e alla temperatura di 20°C. Successivamente i preparati vengono dapprima lavati con soluzione di Hanks e successivamente incubati con 100 μ l di soluzione di lavoro Neutral Red (0,2 mg/ml) per 20'. I preparati vengono successivamente sciacquati due volte con soluzione di

Hanks e dopo il posizionamento del copri vetrino posti sotto la luce del microscopio invertito ad un fattore di magnificazione 400X. Le cellule vengono osservate ad intervalli di 15' per 90'. L'endpoint viene raggiunto quando per almeno il 50% delle cellule osservate si nota il pencolamento del colorante lisosoma affine Neutral Red nel citoplasma cellulare.

Elaborazioni dei dati - I risultati vengono restituiti come tempi medi in minuti necessari al raggiungimento dell'endpoint (\pm dev.st).

Attività mitocondriale - Il test, condotto seguendo la metodica riportata in Gomiero *et al.* (2018), prevede la realizzazione di due vetrini per individuo e tre individui per sito. Una porzione di cellule estruse (100 μ l) viene spottata su vetrino (2 spots da 50 μ l) pulito e pre-polilisinato. Le cellule vengono lasciate aderire per 20' in camerette umide al buio e alla temperatura di 20°C. Successivamente i preparati vengono dapprima lavati con soluzione di Hanks e successivamente incubati con una soluzione 50nM di tetrametilrodamina etil estere perclorato TMRE 0,05M per 20'. I preparati vengono successivamente incubati con albumina, sciacquati due volte con soluzione di Hanks e successivamente a posizionamento del copri vetrino posti sotto la luce fluorescente (filtro rodamina) del microscopio invertito ad un fattore di magnificazione 400X. L'emissione fluorescente viene catturata dalla telecamera e 20 immagini/individuo vengono registrate.

Elaborazioni dei dati - I risultati vengono restituiti come valori di intensità di fluorescenza /pixel o % di fluorescenza rispetto al controllo.

Metallotioneine - I livelli di metallotioneine sono stati dosati tramite il metodo spettrofotometrico messo a punto da Viarengo *et al.*, (1997) leggermente modificato. I tessuti dei policheti sono stati omogeneizzati in tampone 20 mM di tris-HCl (pH 8,6), 0,006 mM di leupeptina (Sigma), 0,5 mM di fenilmetilsolfonil fluoruro (Sigma) come agenti anti-proteolitici e 0,001 % b-mercaptoethanol (Sigma). L'omogenato è stato centrifugato a 30.000 g per 20 minuti per ottenere un surnatante contenente le metallotioneine. In seguito ad alcune procedure di purificazione e separazione il DTNB (acido 5,5-dithiobis-2-nitrobenzoic) è stato aggiunto ai campioni a temperatura ambiente. L'assorbanza è stata misurata a 412 nm.

Elaborazioni dei dati - La concentrazione di MTLP è stata calcolata usando glutatione ridotto, (Sigma) come standard di riferimento come descritto da Viarengo *et al.* (1997). I livelli di metallotioneine sono espressi in nmol Mda g⁻¹ tessuto.

Immunolocalizzazione di IPA - Cinque individui sono stati processati per ogni trattamento. Dopo congelamento rapido in azoto liquido, essi sono stati tagliati in 4 parti e le sezioni centrali collocate su supporto in alluminio per realizzare criosezioni trasversali dell'individuo di 10 μm con un'angolatura di taglio di 15°. Le sezioni sono state quindi trasferite su vetrini tenuti a temperatura ambiente. La presenza di composti aromatici nelle cellule delle ghiandole digestive dei policheti analizzati stata testata su sezioni di tessuto sciacquate tre volte da una soluzione di Hanks e stabilizzate in una soluzione di bloccaggio e permemabilizzazione costituita da 5% Triton X-100, 2% BSA, 0,5% siero di coniglio in soluzione di Hanks e successivamente incubate a 4 C con anticorpo primario monoclonale (Santa Cruz Biotechnology) 1/100 per 8h al buio e successivamente con anticorpo secondario anti IPA policlonale DyLight 594 (AbCAM) in concentrazione 1/100 per un ulteriore ora, al buio e a 20°C. Le sezioni così trattate sono state risciacquate in soluzione di Hanks e montate in Mowiol. Per ogni vetrino sono state acquisite dalle 10 alle 20 immagini che sono state analizzate tramite un software per l'analisi d' immagine.

Elaborazioni dei dati - I risultati sono espressi come densità ottica / pixels².

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

2.2.5.1 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).

MOE – E' stata seguita la procedura riportata nei Rapporti ISTISAN 96/34. Il contenuto lipidico è stato determinato per via gravimetrica. Un campione di mitili rappresentativo per proveniente da ciascun sito di prelievo è stato triturato con un mixer e una porzione di prova è stata idrolizzata a caldo con acido cloridrico 3 M. La miscela è stata quindi raffreddata e filtrata. Dopo essere stato lavato ed essiccato, il residuo è stato sottoposto ad estrazione al Soxhlet con etere di petrolio. Il solvente è stato eliminato e il residuo essiccato e pesato.

Idrocarburi – Le determinazioni degli idrocarburi vengono eseguite previo ottenimento di due distinte frazioni; la prima frazione definita *frazione volatile* (a) la seconda definita *frazione estraibile* (b)

(a) *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. La cromatografia permette di separare gli idrocarburi volatili in base al numero di carboni. La determinazione avviene tramite un rivelatore FID (flame ionization detector) e il dato è quantificato confrontandosi con una curva di taratura esterna (effettuata mediante benzina certificata) su almeno 5 punti. Lo strumento utilizzato è un Agilent, con autocampionatore G4513A, Piatto 7693, GC 7890A, FID. La colonna cromatografica montata è ZB-5HT (All. A5-I). I singoli idrocarburi, determinati mediante spazio di testa e analisi in gascromatografia con rivelatore FID, sono compresi tra n-pentano (C₅ H₁₂) e n-decano (C₁₀ H₂₂) inclusi

(b) *Analisi frazione estraibile*: una aliquota del campione è tritata, anidrificata e trasferita nel ditale apposito. Il ditale è stato posto nel supporto apposito cui sono stati aggiunti 60 ml di n-esano e 60 ml di acetone. Il sistema di estrazione utilizzato è un sistema Automated Soxhlet Extraction (All. A5-I).

Dopo il ciclo di estrazione l'estratto è stato concentrato in evaporatore rotante portando il volume finale dell'estratto a 6 ml. L'estratto concentrato è stato purificato attraverso passaggio su colonna di Florisil per eliminare la componente polare e l'analisi sul purificato è stata effettuata mediante gascromatografo con rivelatore a fiamma (FID).

Lo strumento utilizzato è un Agilent, autocampionatore CTC PAL RSi 85, GC 7890B con detector FID, colonna DB-inferno (All. A5-I).

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) Gli idrocarburi totali sono determinati sommando le 2 componenti, volatile ed estraibile.

IA - I bivalvi sono stati preparati utilizzando la stessa metodica di laboratorio appena descritta per l'analisi della frazione estraibile degli Idrocarburi totali.

Gli IA sono stati analizzati mediante gascromatografia accoppiata a rivelatore a fiamma (FID)

L'identificazione degli IA si è basata sul confronto con il tempo di ritenzione di soluzioni standard di n-alcani (dal C15 al C31, singolarmente), e la quantificazione è stata determinata dalle curve di taratura per ciascun composto analizzando cinque standard esterni. I limiti di quantificazione sono in funzione del primo punto di taratura e i campioni di bianco sono stati eseguiti per l'intera procedura.

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.

IPA– L'estrazione è stata effettuata con la stessa metodica descritta per gli idrocarburi. Al momento della concentrazione dell'estratto è stato effettuato un cambio di solvente da esano/acetone in Toluene.

La concentrazione degli IPA è stata determinata con sistema GC-MS/MS. La colonna cromatografica utilizzata è la DB-EUPAH e il rilevatore uno spettrometro di massa a triplo quadrupolo. Campioni di bianco sono stati eseguiti per l'intera procedura. Recupero e precisione sono stati validati con campioni di riferimento certificati e verificati per ogni sequenza analitica con appositi campioni QC. L'introduzione in fase di estrazione di uno standard surrogato garantisce che per ciascun campione l'estrazione sia stata condotta in modo efficiente. La metodica è stata ulteriormente verificata tramite periodica attività di intercalibrazione internazionale (anche se per matrici diverse dai Bivalvi).

Lo strumento utilizzato è un sistema GC-MS/MS (triplo quadrupolo) Agilent con autocampionatore G4513A, GC 7890B, QqQ 7000C con montata colonna DB-EUPAH (All. A5-II).

Metalli pesanti - L'estrazione dei metalli è stata condotta con metodo ICRAM Scheda 6

“bioaccumulo in bivalvi” (Protocollo Mussel Watch).

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. La quantificazione avviene mediante confronto con retta di taratura, effettuata subito prima dell'analisi.

Il campione, pesato in idoneo vessel in teflon, è stato addizionato con Acido nitrico e acqua ossigenata e digerito mediante microonde in contenitore a pressione mediante 5 step:

- Step 1: tempo = 1 minuto; potenza = 250 Watt
- Step 2: tempo = 1 minuto; potenza = 0 Watt
- Step 3: tempo = 5 minuti; potenza = 250 Watt
- Step 4: tempo = 5 minuti; potenza = 400 Watt
- Step 5: tempo = 5 minuti; potenza = 650 Watt

Dopo raffreddamento il campione è stato filtrato e portato a volume noto con acqua bidistillata.

Lo strumento usato per la determinazione dei metalli è ICP-MS Perkin elmer Nexion 350X con Autocampionatore MASN8140044 ESI e sistema di eliminazione interferenze UCT, utilizzato in modalità KED (cella di collisione) (All. A5-III).

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-OES 5100 SVDV, Agilent, con autocampionatore SPS4 (All. A5-III).

2.2.5.2 Biomarker

In Tab. 2-IX è riportata la batteria di Biomarker prevista nella Specifica Tecnica, in grado di evidenziare precocemente la comparsa di forme di tossicità, sia acuta che cronica, ed eventuali compromissioni generali nello stato di salute degli organismi, imputabili alle sostanze chimiche potenzialmente rilasciate durante tutte le attività che si svolgono in piattaforma.

Tab. 2-IX - Batteria di biomarkers eseguiti sui mitili raccolti presso la piattaforma Bonaccia 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)		

Subito dopo il prelievo, gli organismi sono stati trasportati presso i laboratori del Dipartimento di Scienze della Vita e dell’Ambiente (DiSVA) dell’UNIVPM; una parte dei campioni è stata preparata per il test di sopravvivenza all’aria mentre la restante parte è stata opportunamente dissezionata con il prelievo di ghiandola digestiva, branchie ed emolinfa che sono stati direttamente utilizzati o congelati in azoto liquido e mantenuti a -80°C fino al momento delle analisi.

Sopravvivenza in aria - L’analisi è stata effettuata su un campione di 30-50 organismi per ciascun sito (controllo, VA, LA) i quali, subito dopo l’arrivo in laboratorio, sono stati lavati, asciugati e mantenuti a temperatura costante (4±1°C) in un frigorifero a tenuta stagna con tasso di umidità a saturazione (All. A5-V. Quotidianamente sono stati registrati e asportati gli individui morti fino ad esaurimento degli organismi, registrando LT₅₀ e LT₉₀. Sono stati considerati morti gli individui con le valve aperte che non rispondevano a alcuna sollecitazione.

Frequenza dei Micronuclei - Il danno genotossico è stato valutato nell'emolinfa dei mitili attraverso il test frequenza di micronuclei; la frequenza di micronuclei (MN) viene valutata negli emociti prelevati dal muscolo adduttore, lavati in un buffer salino (500 mM NaCl, 120 mM KCl, 20 mM HEPES, 10 mM EDTA) con brevi centrifugate. Le cellule vengono poi trattate con fissativo di Carnoy (miscela 3:1 metanolo ed acido acetico) e sottoposte ulteriormente a brevi centrifugate e cambi di fissativo, prima di allestire degli strisci su vetrino. Dopo colorazione dei preparati con 4',6-diamidino-2-fenilindolo cloridrato (DAPI) 100 ng mL⁻¹, i vetrini vengono esaminati al microscopio in fluorescenza (All. A5-VI) per determinare la percentuale delle cellule contenenti micronuclei. Per ciascun campione vengono contate almeno 2000 cellule, considerando micronuclei tutte quelle porzioni di cromatina fortemente DAPI positive in discontinuità fisica con il nucleo centrale, di forma circolare od ovoidale e di diametro compreso tra 1/3 e 1/20 del diametro del nucleo della cellula (Pisanelli *et al.*, 2009).

Analisi di accumulo di lipofuscine e lipidi neutri - L'analisi dell'accumulo di lipofuscina è stata effettuata su sezioni criostatiche di 8 µm di ghiandola digestiva (All. A5-VII), fissate in Baker's Ca-formolo (10 mL di Formaldeide al 40%; 1 g di CaCl₂, NaCl al 2,5%, portato a volume con acqua distillata; All. A5-VIII) per 15' a 4°C; successivamente i vetrini vengono risciacquati in acqua distillata ed immersi per 5' nella soluzione di colorazione costituita da cloruro ferrico 1% e Kferricianuro 1% (5:1) portata al volume di 50 mL con acqua distillata. I vetrini sono quindi lavati prima in acido acetico al 2% e poi in acqua distillata e infine montati in gelatina di glicerolo. Il software d'analisi d'immagine Image Pro Plus 6.2 è stato utilizzato per determinare l'intensità di colorazione dei granuli di lipofuscina, evidenziati come granuli dal colore verde-azzurro all'interno dei tubuli della ghiandola digestiva dei mitili. L'accumulo di lipofuscina viene espresso in termini di intensità di colorazione per µm² di tessuto totale (Gorbi *et al.*, 2012). L'analisi di accumulo di lipidi neutri viene anch'essa effettuata su sezioni criostatiche dello spessore di 8 µm di ghiandola digestiva che vengono sottoposte ad una fase di fissaggio in buffer-formolo per 15 min a 4°C, cui segue un risciacquo in alcol isopropilico al 60%. La successiva procedura di colorazione prevede 15 minuti di incubazione in una soluzione satura di Oil Red O (1% in alcool isopropilico), un lavaggio di 1 minuto in alcool isopropilico al 60% e quindi in acqua distillata, e il montaggio in glicerol gelatina. L'accumulo di lipidi neutri viene misurato attraverso il software d'analisi d'immagine

Image Pro Plus 6.2 (All. A5-VI), ed espresso in termini di intensità di fluorescenza per μm^2 di tessuto totale (Gorbi *et al.*, 2012).

Stabilità delle membrane lisosomiali - Per l'analisi della Stabilità delle Membrane Lisosomiali è stato utilizzato il colorante cationico Rosso Neutro (NR). Almeno 5 mitili sono stati analizzati individualmente per ogni sito di campionamento (VA, LA e controllo). Dopo il prelievo gli emociti sono stati incubati su un vetrino con una soluzione di Rosso Neutro preparata fresca (2 $\mu\text{l}/\text{ml}$ di acqua di mare filtrata) a partire da una soluzione madre di 20 mg di colorante Rosso Neutro disciolto in 1 ml di DMSO, ed esaminati al microscopio ottico (All. A5-VI) ad intervalli di 15', per determinare il tempo in cui il 50% delle cellule presentano il colorante Rosso Neutro, inizialmente trattenuto nei lisosomi, rilasciato nel citosol (ICES, 2015).

Analisi dell'attività enzimatica della catalasi - L'analisi dell'attività dell'enzima antiossidante catalasi è stata effettuata su campioni di ghiandola digestiva omogenati (1:5 p/v) in un tampone K-fosfato 100 mM a pH 7,5, con NaCl 2,5%, PMSF (fenilmetilsolfonilfluoruro) 0.1 mM e inibitori di proteasi: aprotinina 0.008 TIU/mL, leupeptina 1 $\mu\text{g}/\text{mL}$, pepstatina 0.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Dopo centrifugazione a 100.000 xg per 1 h a 4°C (All. A5-IX), la frazione citosolica è stata aliquotata e conservata a -80°C. L'attività enzimatica della catalasi è stata analizzata attraverso un saggio spettrofotometrico a 18°C. Il valore ottenuto è stato normalizzato con il contenuto delle proteine secondo il metodo di Lowry (Lowry *et al.*, 1951). L'attività della catalasi (CAT), sistema antiossidante che detossifica il perossido d'idrogeno catalizzando la sua trasformazione in acqua e ossigeno, è stata valutata seguendo la diminuzione di assorbanza a $\lambda=240$ nm, $\epsilon=0,04$ $\text{mM}^{-1} \text{cm}^{-1}$ (All. A5-X). Il saggio è condotto per un minuto in un volume finale di 1 ml contenente tampone Kfosfato 100 mM a pH 7, con H_2O_2 12 mM ed opportune aliquote di campione (Benedetti *et al.*, 2012).

Contenuto di malondialdeide - Il contenuto di malondialdeide (MDA) è stato determinato attraverso una reazione di coniugazione con 1-metil-2-fenilindolo, che dà luogo alla formazione di un composto con assorbanza rilevabile a lunghezza d'onda $\lambda=586$ nm. Per questa analisi i campioni di ghiandola digestiva di *M. galloprovincialis* sono stati omogenati in Tris-HCl 20 mM pH 7,4 (1:3 p/v) e centrifugati a 3000 xg per 20' (All. A5-XI). La reazione di coniugazione è stata condotta a 45°C per 40 minuti in una miscela di reazione contenente 1-metil-2-fenilindolo 10.3 mM in acetonitrile diluito in rapporto 3:1

con metanolo, HCl 37%. Dopo centrifugazione a 15.000 xg per 10' (All. A5-XII), il contenuto di malondialdeide è stato misurato per via spettrofotometrica, utilizzando come standard 1,1,3,3-tetrametossipropano in Tris-HCl 20 mM (Shaw *et al.*, 2004).

Livelli citosolici di metallotioneine - I livelli di metallotioneine, proteine citosoliche indotte dalla esposizione a metalli pesanti, sono stati valutati nelle ghiandole digestive omogenate (1:3 p/v) in tampone Tris-HCl 20 mM pH 8,6, con saccarosio 0,5 M, leupeptina 0,006 mM come inibitore delle proteasi, fenilmetilsolfonilfluoruro (PMSF) 0,5 mM come agente proteolitico, β -mercaptoetanololo 0,01% come agente riducente. Dopo centrifugazione a 30000 xg per 45' a 4°C (All. A5-XIII), la purificazione delle metallotioneine è stata effettuata attraverso una serie di precipitazioni etanoliche. Il pellet ottenuto da questi procedimenti e contenente le metallotioneine è stato asciugato sotto flusso d'azoto, risospeso nuovamente in una soluzione di NaCl 0.25 M e HCl 1 N, contenente EDTA 4 mM per eliminare i cationi metallici legati alle metallotioneine. Alla soluzione così ottenuta è stato aggiunto tampone Na-fosfato 200 mM pH 8, NaCl 2 M e l'acido 5,5'-ditio-bis-2-nitrobenzoico (DTNB) 0,43 mM ed il campione ulteriormente centrifugato a 3000 xg per 5 minuti a 4°C. La concentrazione delle metallotioneine è stata valutata in rapporto ai gruppi -SH determinati spettrofotometricamente a $\lambda = 412$ nm mediante reazione con DTNB (All. A5-X). La quantificazione è stata effettuata attraverso una retta standard di calibrazione, con concentrazioni note di GSH (50-500 μ M) (Viarengo *et al.*, 1997).

Livelli mRNA delle metallotioneine mt10 e mt20 - I livelli di mRNA dei geni di due isoforme di metallotioneine, *mt10* e *mt20*, sono stati analizzati mediante PCR real-time.

L'RNA totale è stato purificato da 50-100 mg di ghiandola digestiva tramite kit Hybrid-RTM, come da protocollo fornito dal produttore (GeneAll Biotechnology Co., Seoul, Korea), che prevede l'omogeneizzazione del tessuto in un reagente a base fenolica, l'aggiunta di cloroformio, la separazione di fase mediante centrifugazione a 12000 xg (15', 4°C), il recupero della fase acquosa (contenente l'RNA) e una serie di passaggi successivi in colonna per il legame, il lavaggio e l'eluizione dell'RNA. Le concentrazioni di RNA totale estratto sono state quantificate spettrofotometricamente utilizzando la tecnologia NanoDrop ND-1000 (NanoDrop Technologies, Wilmington, DE, USA) e i livelli di purezza sono stati valutati tramite i rapporti di assorbanza A260/A280 e A260/A230. La qualità dell'RNA è stata verificata tramite elettroforesi su gel di agarosio (1%) in

condizioni denaturanti (formaldeide 2,2M). Il cDNA totale è stato generato da 1 µg di RNA totale per ogni campione, tramite RT-PCR (Reverse Transcription-Polymerase Chain Reaction) impiegando il Kit iScript™ cDNA Synthesis (Bio-Rad, Hercules, CA, USA). Tale kit combina una miscela di oligo(dT) ed esameri random per la reazione di retrotrascrizione, che sono state condotte in un termociclatore mediante un ciclo di 5' a 25°C, 20' a 46°C e 1' a 95°C.

Per valutare i livelli di mRNA dei due geni target è stata eseguita la quantificazione assoluta in real time PCR (qPCR) con coppie di primers specifiche per ogni gene (Tabella 1), utilizzando il metodo SYBR Green, nel sistema PCR Real-Time di StepOnePlus® (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA). Ogni 15 µl di reazione di amplificazione del DNA conteneva 7,5 µl di SYBR Select Master Mix (Life Technologies, Carlsbad, CA, USA), 5 µl di cDNA totale (sintetizzato come descritto sopra e diluito 1: 5) e 200 nM di ciascun primer *forward* e *reverse*. Il programma di amplificazione PCR in tempo reale a tre step della Real Time -PCR prevede una fase di attivazione enzimatica a 95 °C (2 min) e 40 cicli ciascuno composti da 15s a 95 °C, 15" alla temperatura di annealing (Tab. 2-X) e 1' a 72°C. Per determinare la specificità dell'amplificazione del cDNA bersaglio sono stati inclusi dei controlli negativi privi del cDNA template. Ogni campione di cDNA è stato analizzato in duplicato. Una volta ottenuto il ciclo soglia (Ct) i valori sono stati convertiti in numero di copie di mRNA utilizzando una curva standard generata interpolando i valori di Ct rispetto al log del numero di copie. Gli standard sono stati creati mediante diluizioni seriali di quantità note di plasmide contenente l'amplicone di interesse, per ogni sequenza bersaglio (Dondero *et al.*, 2005). Il dato finale è stato espresso in "fold-change", calcolando il rapporto tra i valori dei campioni provenienti da piattaforma e i valori dei campioni di controllo.

Tab. 2-X - Sequenze delle coppie di primer e riferimento bibliografico, dimensioni dell'amplicone in paia di basi (bp), temperature di annealing e numeri di accesso delle rispettive sequenze in Genbank per i geni analizzati in PCR quantitativa nella ghiandola digestiva dei mitili.

Geni target	Sequenze coppie di primers	Riferimento bibliografico	Dimensione amplificato	Temperatura annealing	Genebank
<i>mt10</i>	Fwd: GGGCGCCGACTGTAAATGTTC Rev: CACGTTGAAGGCCCTGTACACC	Dondero et al., 2005	93 bp	55 °C	HQ681034
<i>mt20</i>	Fwd: TGTGAAAGTGGCTGCGGA Rev: GTACAGCCACATCCACACGC	Dondero et al., 2005	80 bp	55 °C	HQ681036

Analisi statistica - L'analisi statistica dei parametri biologici (biomarker) è stata effettuata mediante il programma Statistica R. Per ogni parametro è stata effettuata una analisi della varianza tramite il test di ANOVA, ponendo come limite di significatività statistica $p < 0,05$. L'omogeneità della varianza è stata verificata mediante il test di Cochran C e l'analisi post hoc (Dunnet) è stata applicata per discriminare le differenze tra gli organismi campionati dai diversi piloni. Per i dati delle analisi del danno genotossico è stata invece applicata una statistica non parametrica (ANOVA di Kruskal-Wallis).

2.2.6. 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 sono state ricercate per tutti i taxa determinati a livello di specie.

Con i dati di densità delle singole specie sono state calcolate le curve di dominanza cumulativa. Per ricercare eventuali somiglianze tra le stazioni campionate con i dati di densità è stata effettuata un'analisi statistica multivariata utilizzando il pacchetto software PRIMER previa trasformazione dei dati in $\sqrt{2}$ (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.

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.

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

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

Infine, l'indice BENTIX (v. 1.0) è stato sviluppato per stabilire gli impatti causati da fattori di stress generalizzati e non discrimina tra disturbo di origine naturale o antropogenica.

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

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

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

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

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

Sulla base dei risultati ottenuti, per ogni sito di campionamento è stato possibile stilare una classifica della qualità dell'ambiente secondo i criteri riportati in Tab. 2-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

2.2.7. INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

2.2.7.1 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 Bonaccia NW sulla fauna originaria, ciascuna specie è stata definita come "attratta" (AT), "parzialmente attratta" (PA) o "non attratta" (NA) in base alla sua affinità con i substrati duri, naturali o artificiali (Bombace *et al.*, 1994). Le specie definite "attratte" hanno un habitat limitato e sono strettamente dipendenti dai substrati duri. Esse utilizzano tali substrati, naturali o artificiali, per rifugiarsi e, probabilmente, "pascolano" su di essi o nelle loro immediate vicinanze. Quelle definite "parzialmente attratte" sono generalmente specie mobili, che possono essere temporaneamente attratte dai fondi duri, ma si possono osservare anche in aree prive di tali substrati. Le specie "non attratte" invece non hanno alcun rapporto con la piattaforma e, di norma, sono reperibili sul fondale originario.

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

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

L'indice di Shannon-Weaver (H'), per la cui definizione si rimanda al capitolo precedente,

è stato applicato anch'esso ai dati relativi ad ogni singola cala in tutti i tre siti.

I rendimenti di pesca sono stati calcolati sia in termini numerici ($N = n. \text{ ind}/500\text{m}/12\text{h}$) che ponderali ($P = \text{kg}/500\text{m}/12\text{h}$).

Al fine di comparare i risultati ottenuti nel semestre 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.

2.2.7.2 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. 2.11) 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. 2.12).

Poiché 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).

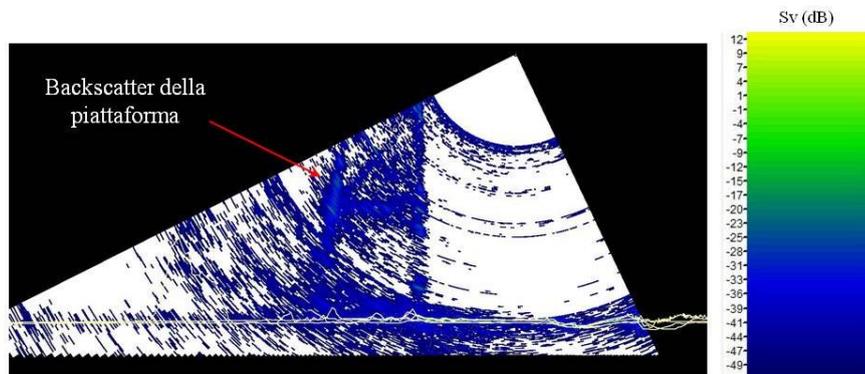


Fig. 2.11 - Ecogramma multibeam in prossimità della piattaforma Bonaccia NW. Il forte *backscatter* dovuto alla presenza della struttura e lo *scattering* omnidirezionale degli impulsi acustici impediscono il rilevamento di eventuali aggregazioni di pesce nelle vicinanze della piattaforma e/o tra i pali della stessa. Sv=Volume backscatter strength.

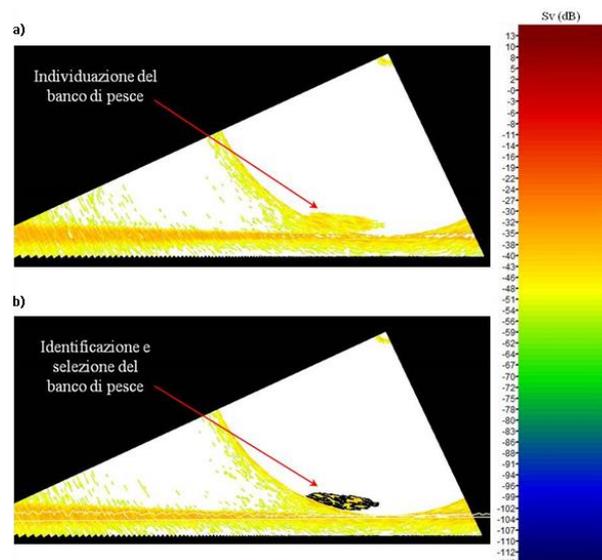


Fig. 2.12 - Elaborazione dei dati acustici della colonna d'acqua tramite il software Echoview. a) Individuazione di un'aggregazione di pesce in un ping durante lo *screening* dell'ecogramma. b) Identificazione e selezione del *target* tramite la procedura *Target detection*. La scala a colori sulla destra rappresenta il *volume backscattering strength* (Sv) in dB e si riferisce a entrambi a) e b).

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 Bonaccia NW.

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.

2.2.7.3 Indagini video in prossimità della piattaforma

Le immagini video registrate mediante telecamera in prossimità della piattaforma sono state analizzate per verificarne la qualità e per 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 **febbraio 2019** la colonna d'acqua ha presentato una distribuzione omogenea della temperatura fino a circa 65 m di profondità (media \pm dev.st.: $13,08 \pm 0,05^\circ\text{C}$), seguita da una rapida diminuzione dei valori fino a circa 80 m; da questa profondità fino al fondo è stato rilevato un piccolo strato con valori uniformi ($11,57 \pm 0,16^\circ\text{C}$). Il minimo, pari a $11,37^\circ\text{C}$, è stato registrato a 86 m nella stazione BO6 (fig. 3.1).

I profili di salinità hanno evidenziato un andamento analogo, con valori uniformi fino a circa 65 m ($38,70 \pm 0,00$ psu), decrescenti fino a circa 80 m e uno strato al fondo uniforme ($38,59 \pm 0,00$ psu). Anche il minimo della salinità ($38,56$ psu) è stato registrato a 86 m nella stazione BO6.

Le mappe areali non hanno evidenziato differenze importanti nella distribuzione di temperatura e salinità in latitudine e longitudine, sia in superficie che al fondo (fig. 3.2).

La torbidità, determinata come backscattering ed espressa dopo calibrazione in mg l^{-1} , è stata in media $1,0 \pm 0,0$ mg l^{-1} nei primi 60 m in aumento verso il fondo (massimo di $1,7$ mg l^{-1} a 82 m, stazione BO5; fig. 3.1).

L'ossigeno disciolto alla saturazione è risultato compreso nell'intervallo 95-100%, con valori uniformi fino a circa 60 m di profondità ($98,2 \pm 0,2\%$) e più bassi al fondo (minimo di $94,4\%$ a 81m in BO6; fig. 3.1).

La fluorescenza *in situ*, espressa dopo calibrazione in $\mu\text{g l}^{-1}$ di clorofilla, è oscillata tra 0,1 e $0,6$ $\mu\text{g l}^{-1}$. Valori più alti e uniformi sono stati registrati nello strato 20-60 m in tutte le stazioni ($0,5 \pm 0,0$ $\mu\text{g l}^{-1}$); valori minimi sono stati rilevati in superficie e al fondo (fig. 3.3).

A **maggio** la distribuzione verticale della temperatura ha evidenziato una stratificazione sensibilmente pronunciata, con valori in diminuzione dalla superficie (massimo $16,24^\circ\text{C}$, stazione BO5) verso il fondale (minimo $11,91^\circ\text{C}$, stazione BO1). In particolare, nello strato da circa 60 m al fondo, in tutte le stazioni tranne BO7 sono state misurate temperature uniformi ($12,11 \pm 0,24^\circ\text{C}$; fig. 3.4).

Per quanto concerne la salinità, tra 10 e 50 m di profondità sono stati registrati valori

piuttosto elevati (massimo 38,85 psu a 22 m in BO7); salinità sensibilmente più basse sono state registrate in superficie e verso il fondo (minimo 38,63 psu a 79 m presso BO8; fig. 3.4).

Dalle distribuzioni areali è emersa una debole diminuzione dei valori di temperatura in superficie da SW verso NE e di salinità da NW a SE. Al fondo le differenze in temperatura sono apparse ancora meno importanti ($\Delta t < 0,1^\circ\text{C}$) e la salinità è risultata pressoché omogenea su tutta l'area (media $38,64 \pm 0,00$ psu; fig. 3.5).

La torbidità è stata mediamente più bassa rispetto a quella registrata in febbraio fino a 60 m ($0,4 \pm 0,0$ mg l⁻¹), anche in questo survey in aumento verso il fondo (massimo 1,2 mg l⁻¹ in BO8; (ig. 3.4).

La saturazione dell'ossigeno disciolto è stata $>100\%$ in superficie in tutte le stazioni, in aumento fino a circa 30 m verso valori massimi (massimo di 107% in BO8, 34 m) e in successiva diminuzione verso il fondo. Al di sotto dei 70 m i profili hanno mostrato una distribuzione piuttosto omogenea ($94,2 \pm 1,9\%$), ad eccezione della stazione BO7. Il valore minimo (92,9 %) è stato rilevato al fondo della BO8 (fig. 3.4).

I profili di fluorescenza sono stati caratterizzati da picchi di concentrazione tra 40 e 60 m di profondità (massimo 1,3 $\mu\text{g l}^{-1}$ a 43 m, stazione BO2) e da valori molto bassi in superficie e verso il fondo (minimo 0,2 $\mu\text{g l}^{-1}$ in superficie, stazione BO7; fig. 3.6).

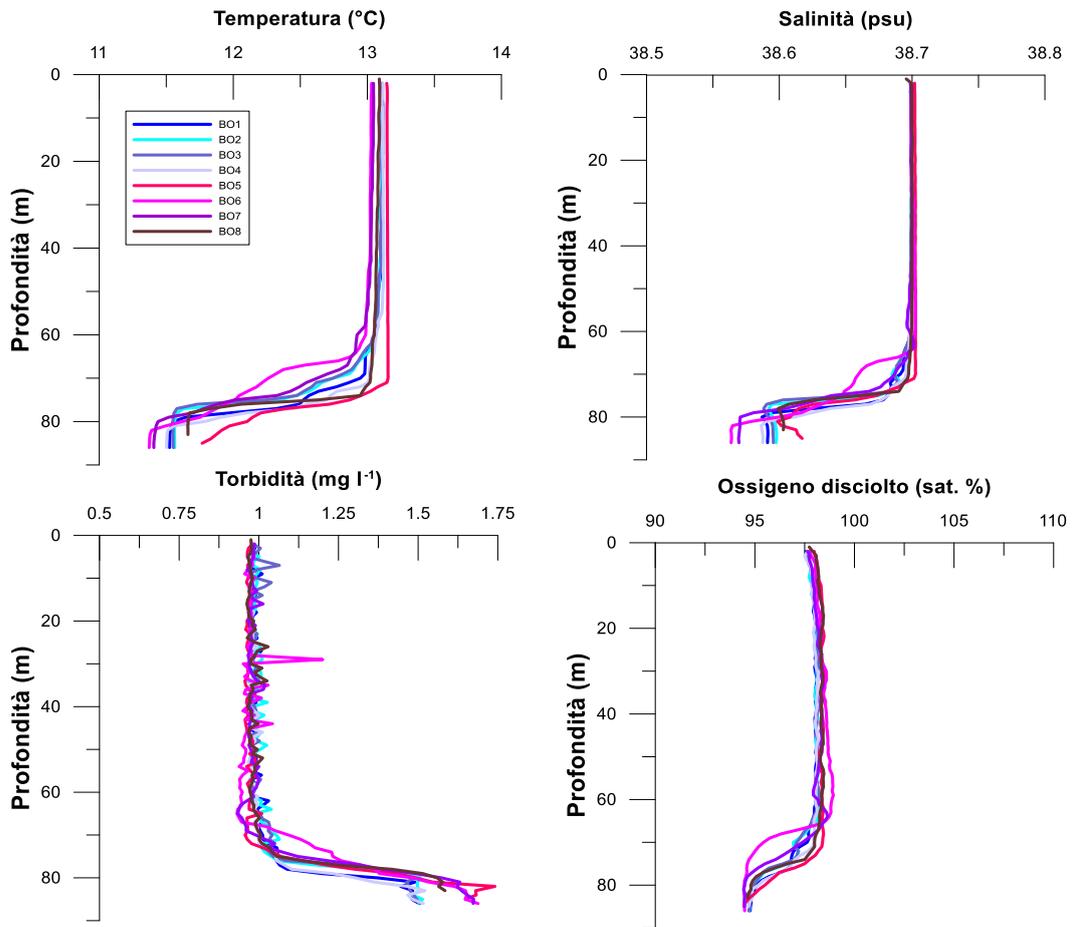


Fig. 3.1 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Febbraio 2019.**

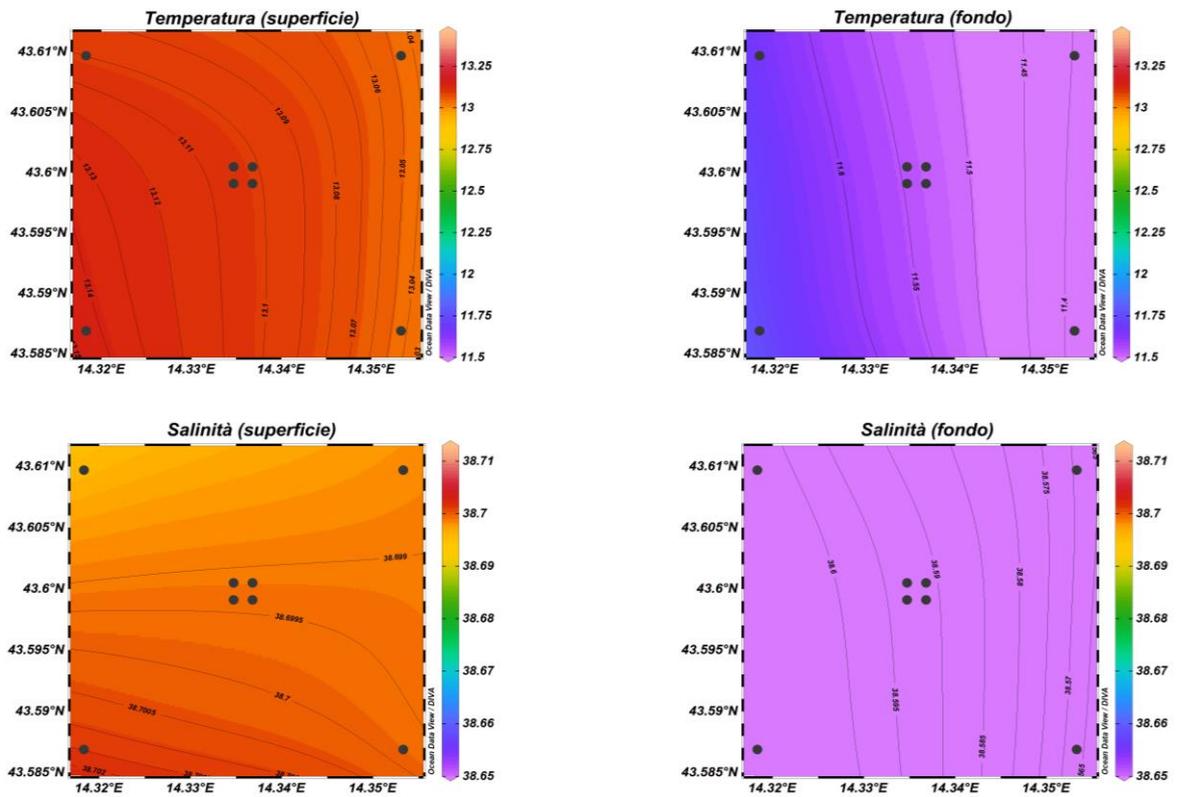


Fig. 3.2 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinit  (psu) in superficie e al fondo. **Febbraio 2019**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (  2016 Reiner Schlitzer).

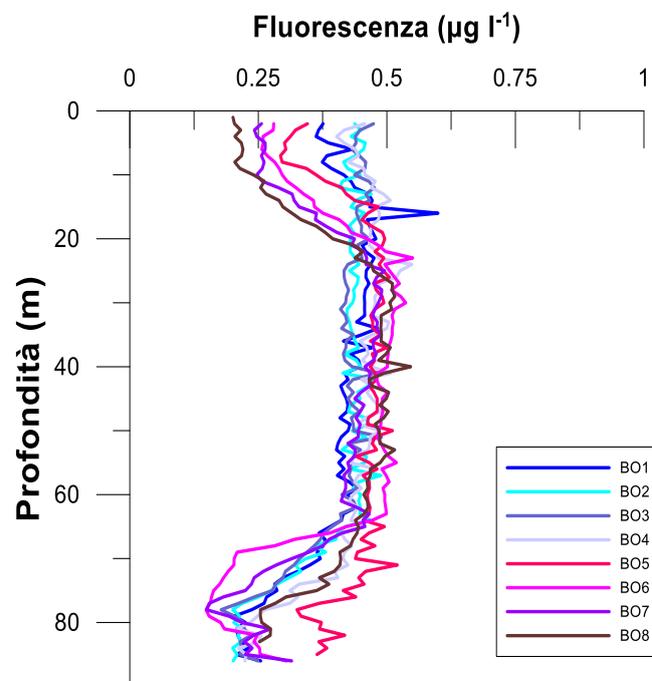


Fig. 3.3 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Febbraio 2019**.

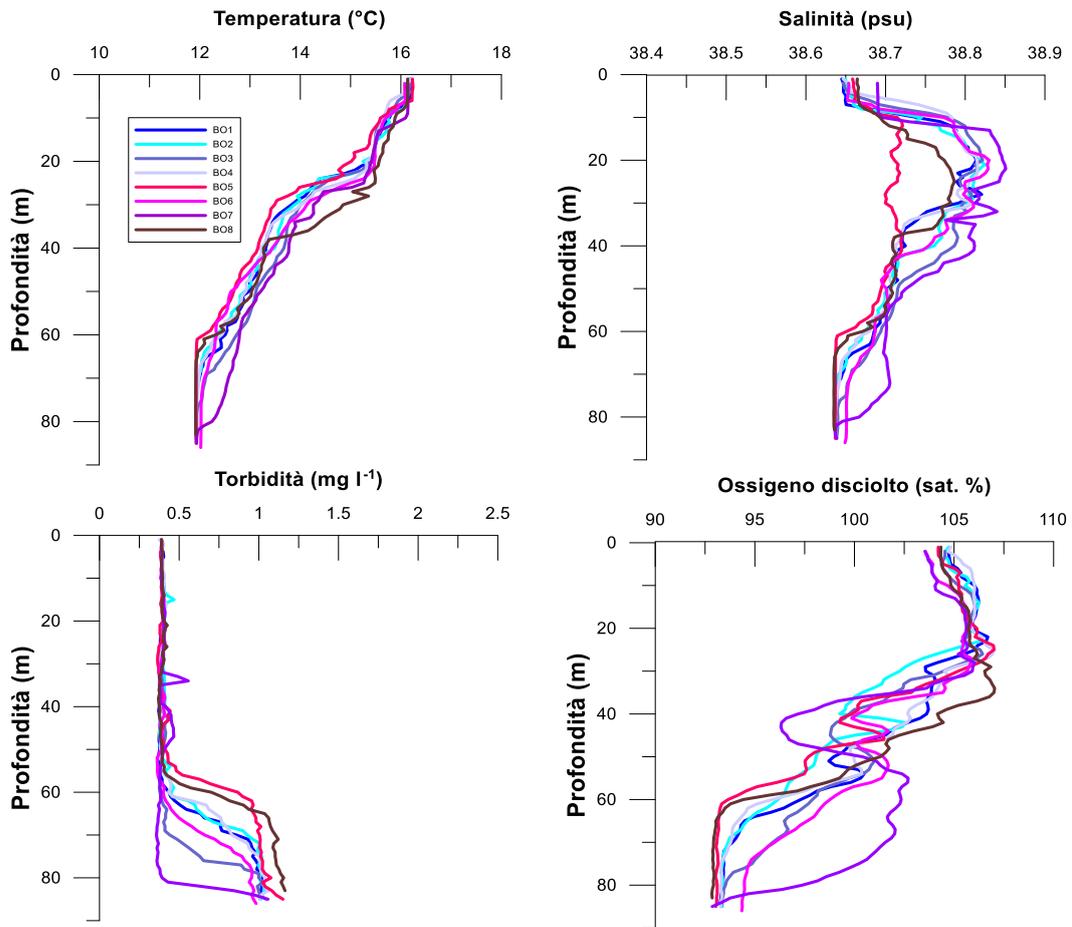


Fig. 3.4 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l-1) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Maggio 2019.**

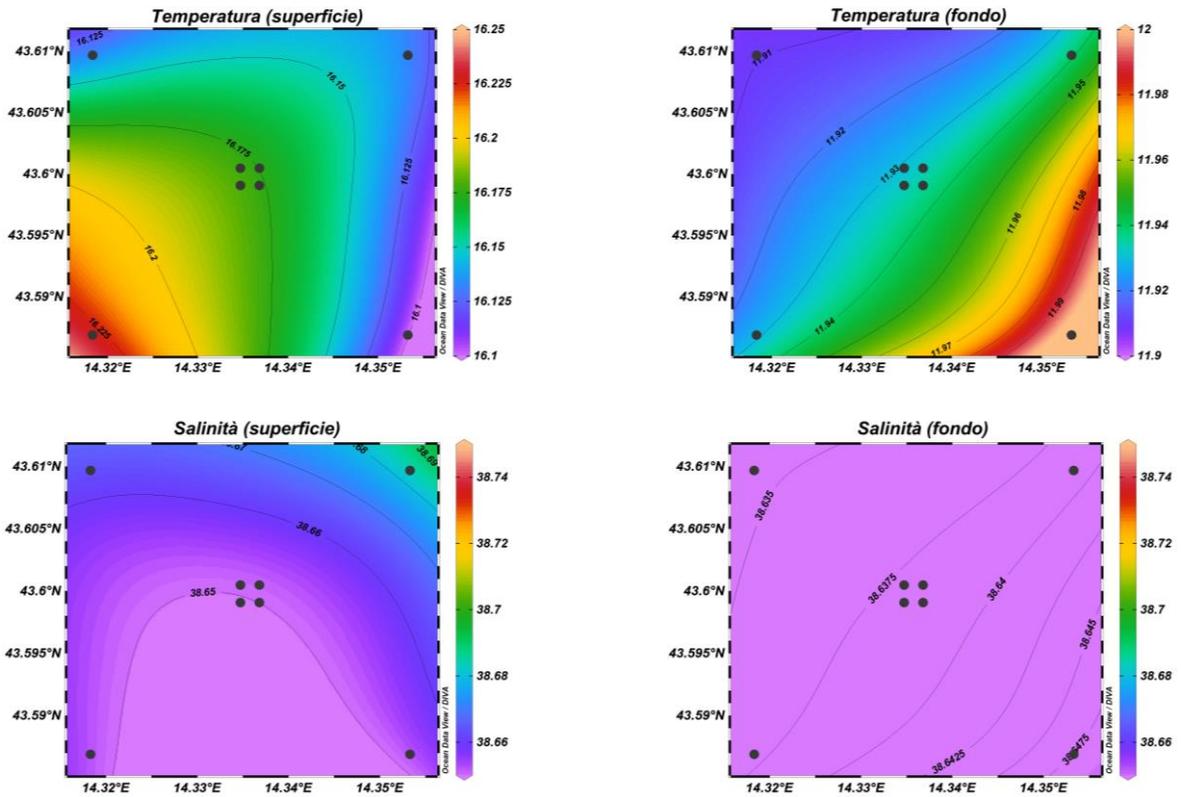


Fig. 3.5 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Maggio 2019**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

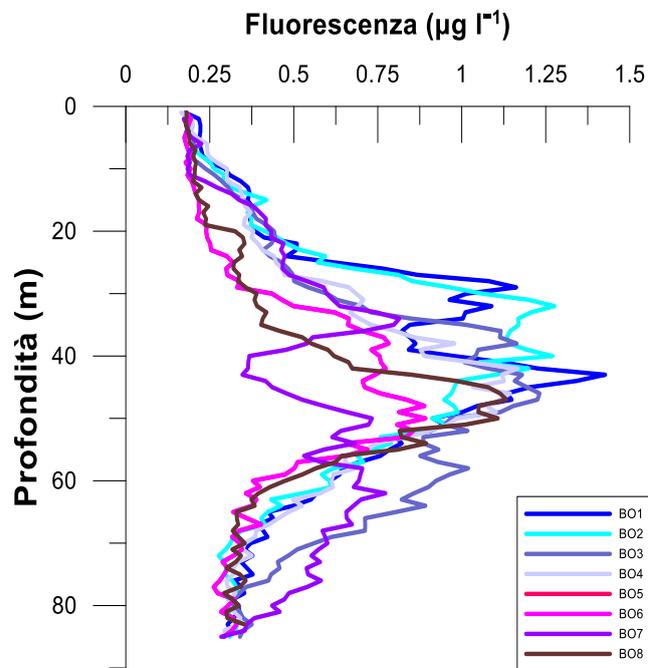


Fig. 3.6 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Maggio 2019**.

3.1.2. NUTRIENTI

Nel **febbraio 2019** (figg. 3.7a; 3.7b; 3.8) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,35 \pm 0,03 \mu\text{M}$ per NO_3 , $0,39 \pm 0,16 \mu\text{M}$ per NO_2 , $0,09 \pm 0,04 \mu\text{M}$ per NH_4 . Il valore massimo di NO_3 ($0,39 \mu\text{M}$) è stato misurato in superficie nella stazione BO3, mentre il minimo ($0,30 \mu\text{M}$) è stato riscontrato al fondo nelle stazioni BO1 e BO3 (fig. 3.8). I valori più elevati di NO_2 sono stati registrati nelle acque profonde, con un valore medio di $0,66 \pm 0,03 \mu\text{M}$. Il massimo ($0,70 \mu\text{M}$) è stato misurato al fondo della stazione BO1 (fig. 3.8); tra i 40 m di profondità e la superficie le concentrazioni sono risultate comprese tra $0,28$ e $0,31 \mu\text{M}$, con il minimo a 40 m nella BO6. Il massimo contenuto di NH_4 ($0,18 \mu\text{M}$) è stato misurato al fondo della stazione BO4, mentre in BO5, a 40 m, sono stati riscontrati valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale.

I PO_4 sono variati tra valori inferiori al limite strumentale, tra i 40 m di profondità e la superficie nelle stazioni BO2, BO7 e BO8, e un massimo di $0,04 \mu\text{M}$ misurato al fondo dei siti BO4, BO5 e BO6.

La concentrazione media di Si(OH)_4 è stata di $1,62 \pm 0,28 \mu\text{M}$; in questo caso il massimo ($2,69 \mu\text{M}$) e il minimo ($1,34 \mu\text{M}$) sono stati misurati rispettivamente al fondo della stazione BO2 e in superficie nella BO1.

Nel **maggio 2019** (figg. 3.9a; 3.9b e 3.10) in generale le concentrazioni più elevate di nitrati e nitriti sono state rilevate nelle acque di fondo, mentre per l'ammonio non è stato osservato alcun andamento particolare. Al fondo i NO_3 sono stati mediamente pari a $0,87 \pm 0,15 \mu\text{M}$, mentre tra i 40 m e la superficie sono variati tra il limite di rilevabilità strumentale e $0,62 \mu\text{M}$, fatta eccezione per il campione a 40 m nella stazione BO7 ($1,08 \mu\text{M}$). Anche i valori massimi di NO_2 sono stati misurati nelle acque di fondo ($0,36 \pm 0,09 \mu\text{M}$); concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono state riscontrate tra i 20 m di profondità e la superficie quasi ovunque. Il massimo di NH_4 ($0,47 \mu\text{M}$) è stato misurato in BO3 in superficie, il minimo ($0,03 \mu\text{M}$) a 40 m presso BO4.

Concentrazioni di PO_4 inferiori o uguali al limite di rilevabilità sono state riscontrate in tutte le stazioni a tutte le quote, con l'eccezione delle acque di fondo delle stazioni BO2, BO5, BO7 e BO8 ($0,02 \mu\text{M}$).

Il contenuto medio di Si(OH)_4 è stato di $1,97 \pm 0,63 \mu\text{M}$, con un massimo di $3,29 \mu\text{M}$ misurato in superficie nella stazione BO3 e un minimo di $1,23 \mu\text{M}$ a 20 m di profondità nella BO6 e in superficie nella BO8.

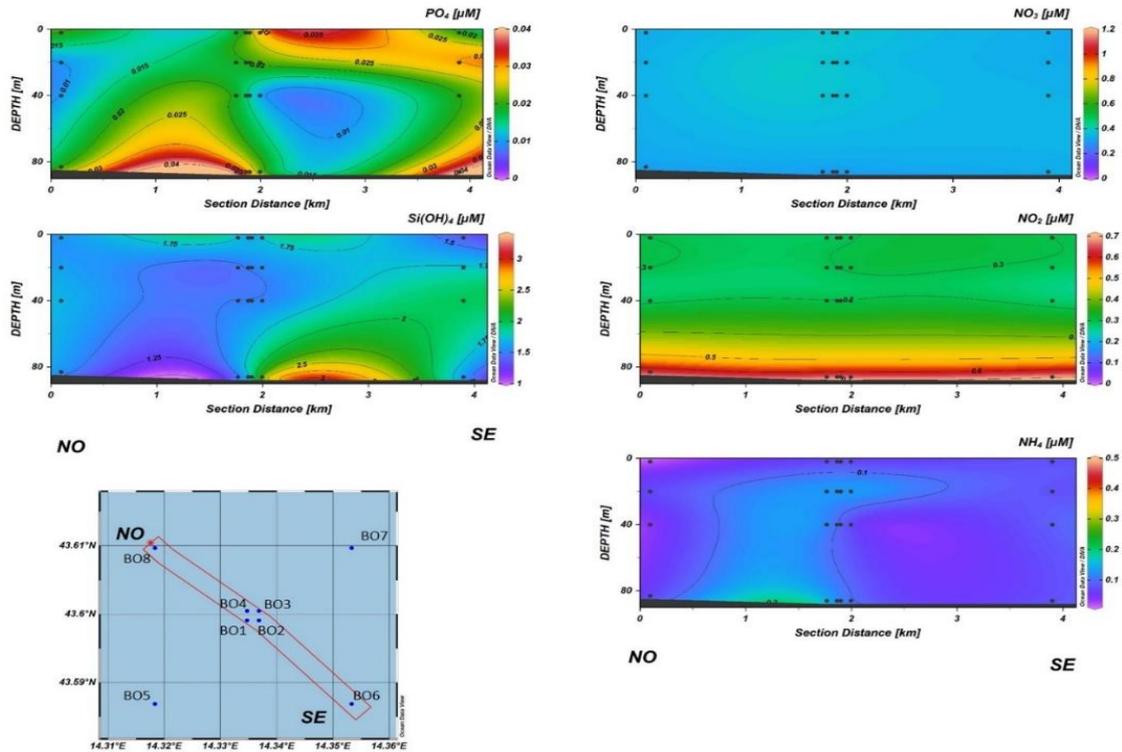


Fig. 3.1a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. **Febbraio 2019.**

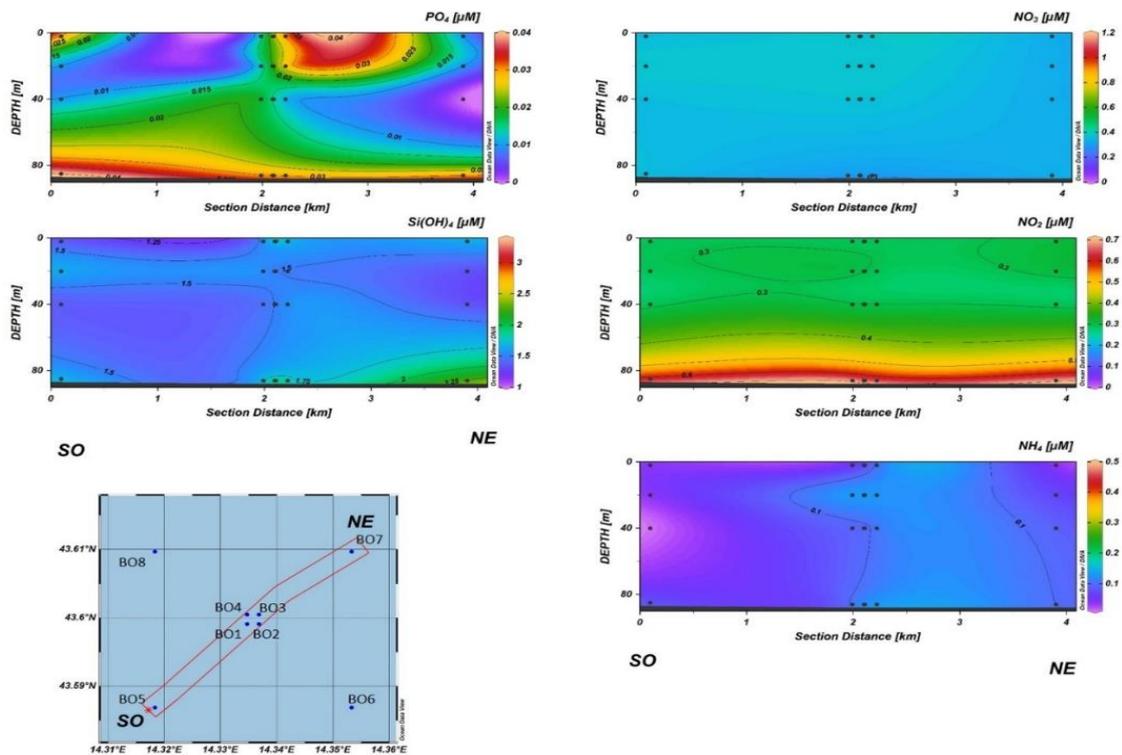


Fig. 3.7b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. **Febbraio 2019.**

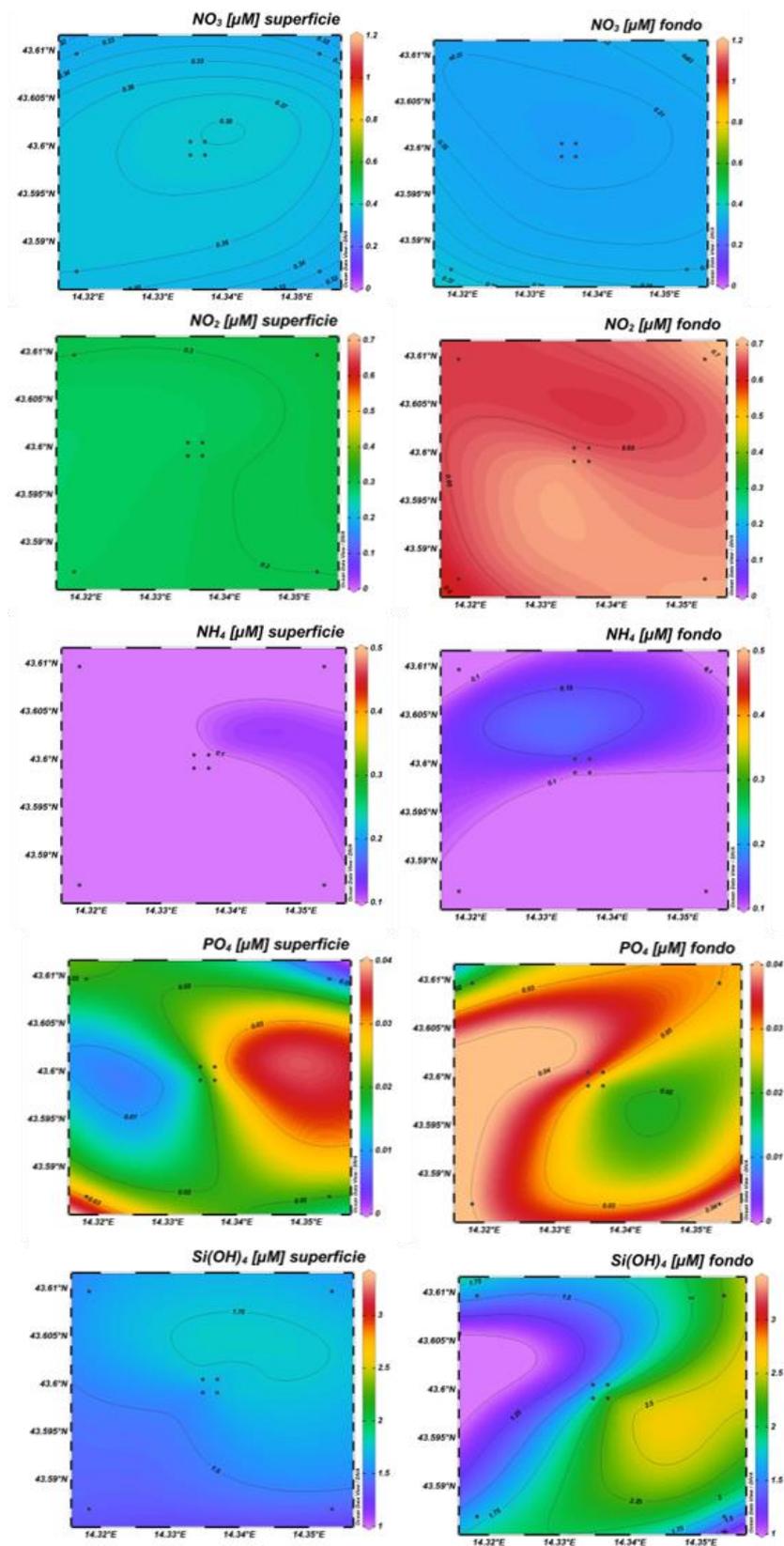


Fig. 3.8 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Febbraio 2019**.

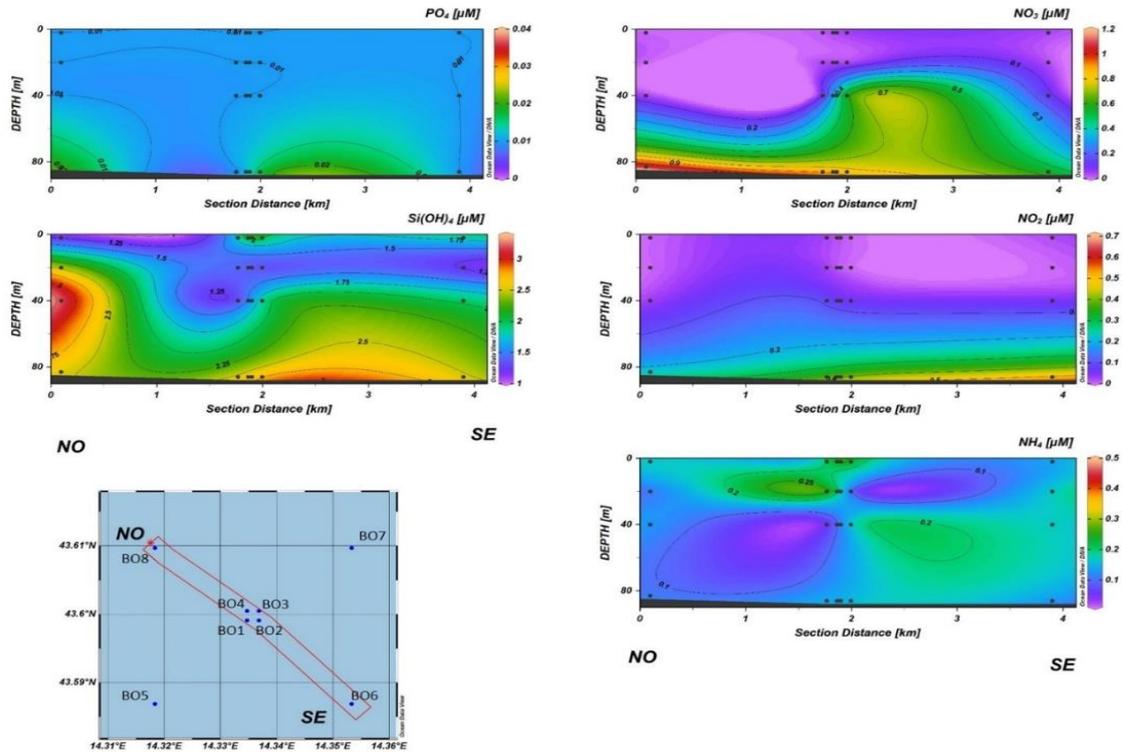


Fig. 3.9a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Maggio 2019.

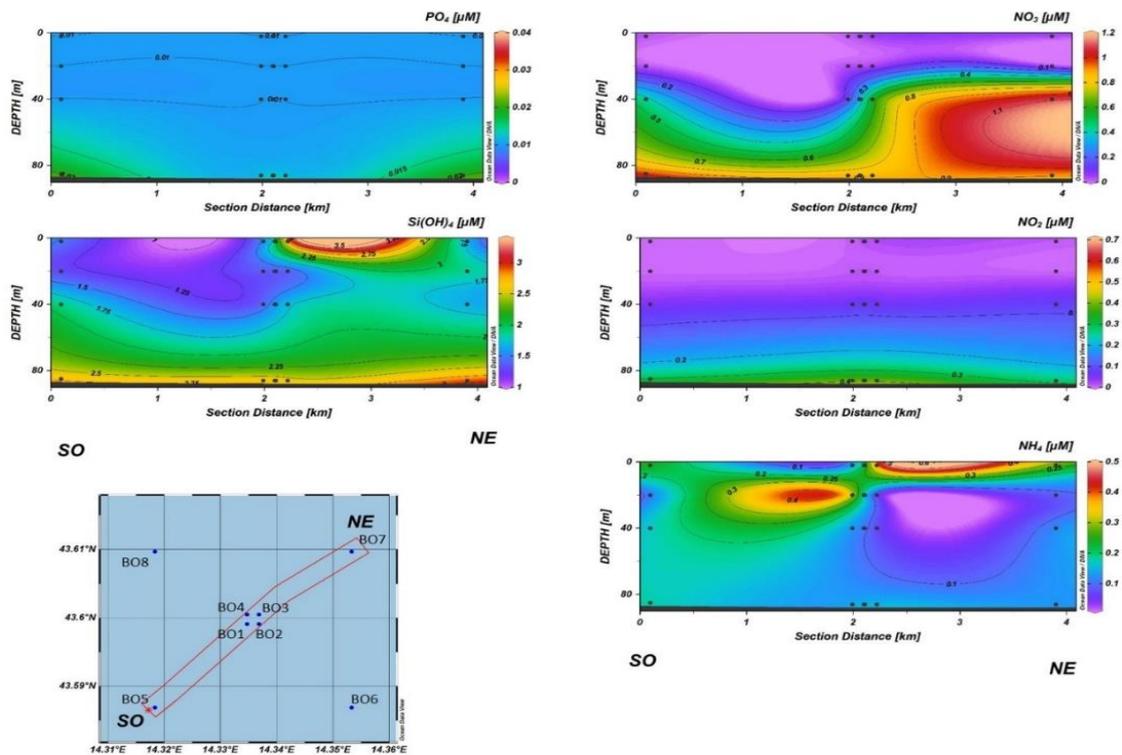


Fig. 3.9b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Maggio 2019.

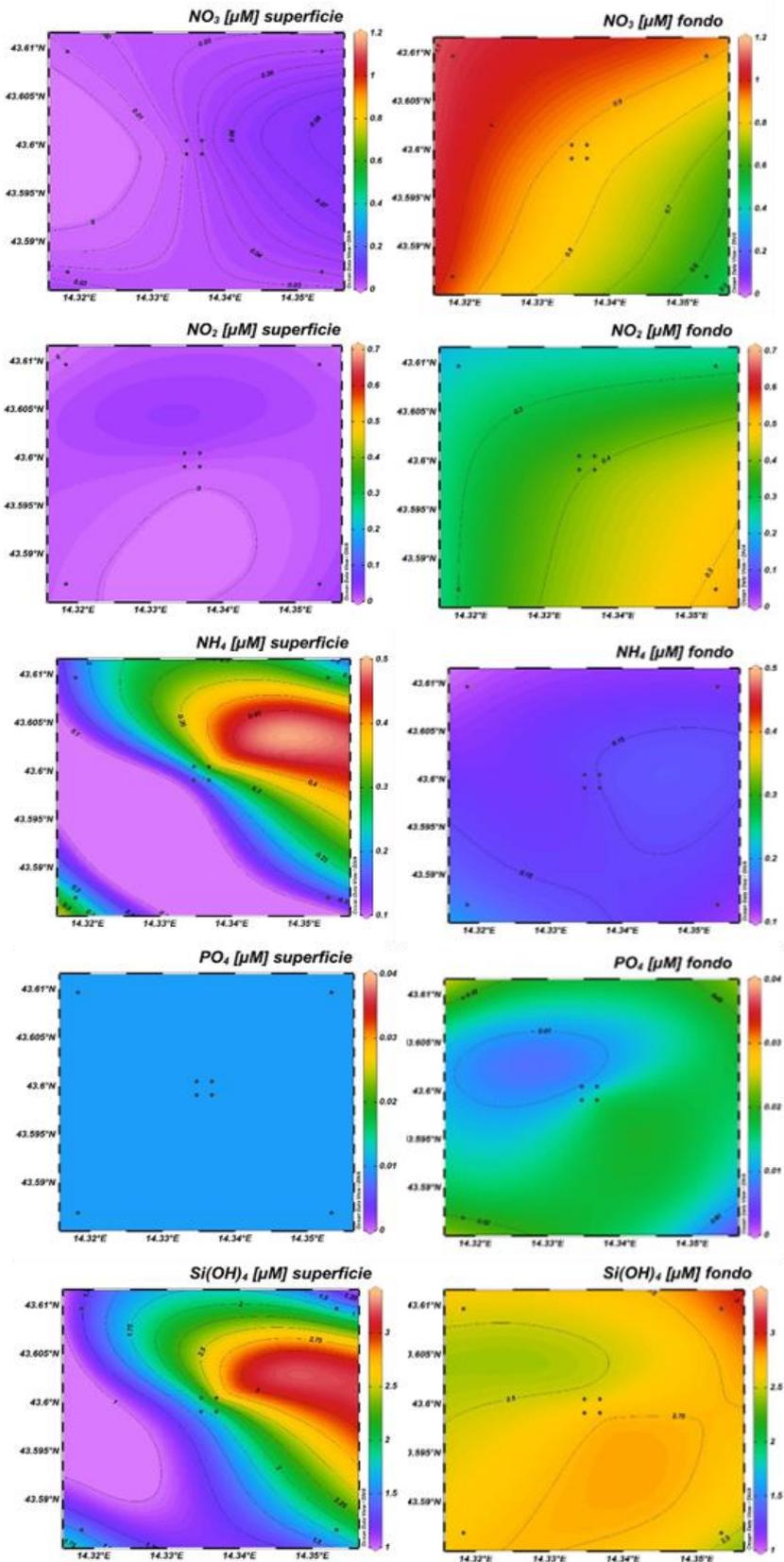


Fig. 3.10 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Maggio 2019.**

3.1.3. PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO

Nel **febbraio 2019** (figg. 3.11a, 3.11b e 3.12) la concentrazione della clorofilla a (Chl *a*) è risultata mediamente pari $273,8 \pm 74,7$ ng l⁻¹, con un massimo di 551,1 ng l⁻¹ nella stazione BO4 in superficie. La clorofilla b (Chl *b*) e la clorofilla c (Chl *c*) hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente di $36,4 \pm 18,03$ ng l⁻¹ e $65,1 \pm 19,8$ ng l⁻¹. I contenuti maggiori di queste due clorofille sono stati misurati nella stazione BO4 in superficie (94,5 e 137,4 ng l⁻¹ rispettivamente). La distribuzione verticale delle tre clorofille è stata caratterizzata da valori più elevati in superficie.

Il materiale particellato (TSM) è risultato presente prevalentemente al fondo in tutta l'area di campionamento, più abbondante in prossimità delle stazioni di controllo (massimo 3,04 mg l⁻¹; BO8, 86 m), eccetto BO5 dove, al fondo, sono stati registrati valori <1 mg l⁻¹.

A **maggio** i valori massimi sono stati misurati nello strato intermedio (40 m; figg. 3.13a, 3.13b e 3.14). Le concentrazioni medie di Chl *a* e Chl *c* ($321,7 \pm 387,9$ e $80,3 \pm 111,5$ ng l⁻¹ rispettivamente), sono apparse confrontabili con quelle di febbraio così come quella di Chl *b* ($11,5 \pm 21,6$ ng l⁻¹). Tuttavia, i massimi di Chl *a* (1743,8 ng l⁻¹) e Chl *b* (513,05 ng l⁻¹) sono risultati pari a circa tre volte i valori maggiori misurati a febbraio; il massimo di Chl *b* (85,2 ng l⁻¹) è apparso invece simile a quello precedente. Le concentrazioni più alte di tutte le tre clorofille sono state misurate nella stazione BO2 nello strato intermedio.

Il TSM è risultato meno abbondante rispetto a febbraio, con valori <1 mg l⁻¹ in quasi tutta l'area di campionamento; il massimo di 1,77 mg l⁻¹ è stato registrato nella stazione BO6 al fondo.

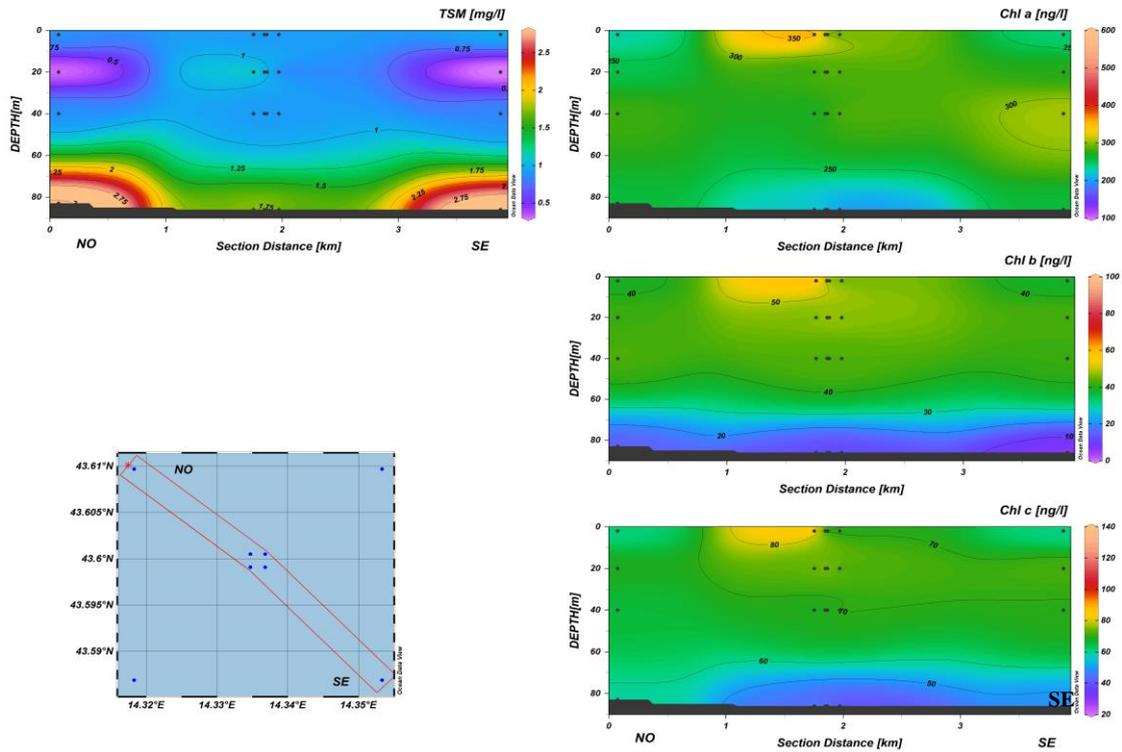


Fig. 3.11a – Sezione verticale delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2, BO6, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (*TSM*) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (*Chl a*), clorofilla *b* (*Chl b*), clorofilla *c* (*Chl c*), espresse in ng l^{-1} . **Febbraio 2019.**

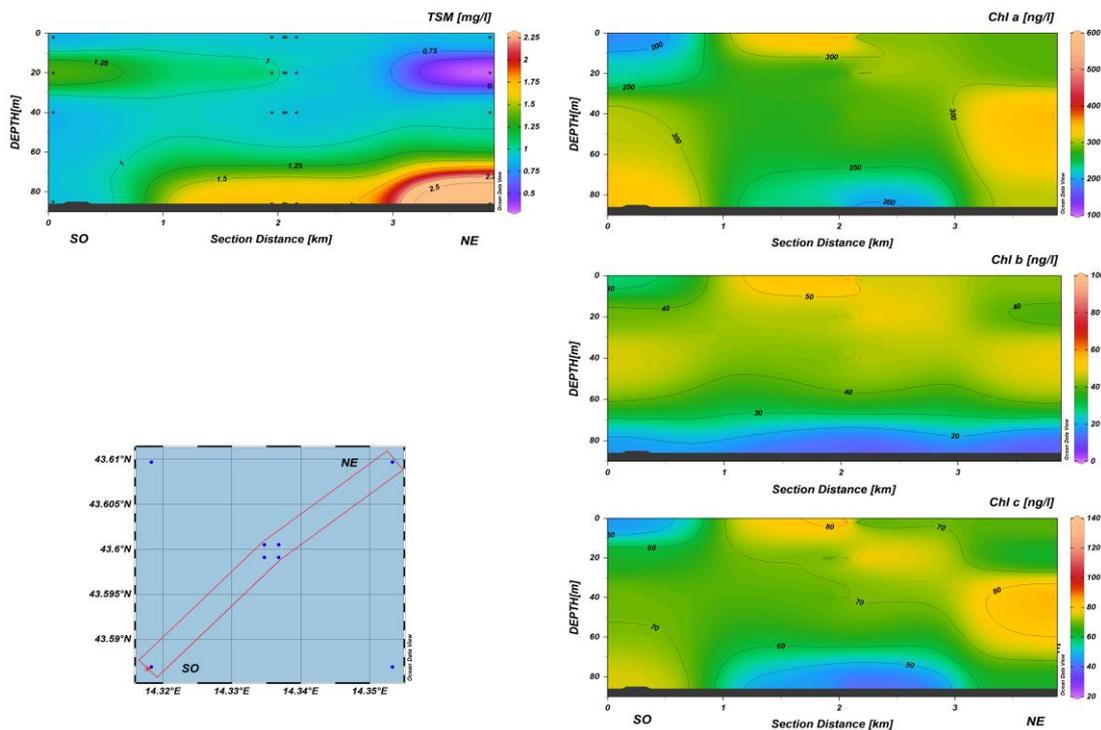


Fig. 3.11b – Sezione verticale delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3, BO7, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (*TSM*) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (*Chl a*), clorofilla *b* (*Chl b*), clorofilla *c* (*Chl c*), espresse in ng l^{-1} . **Febbraio 2019.**

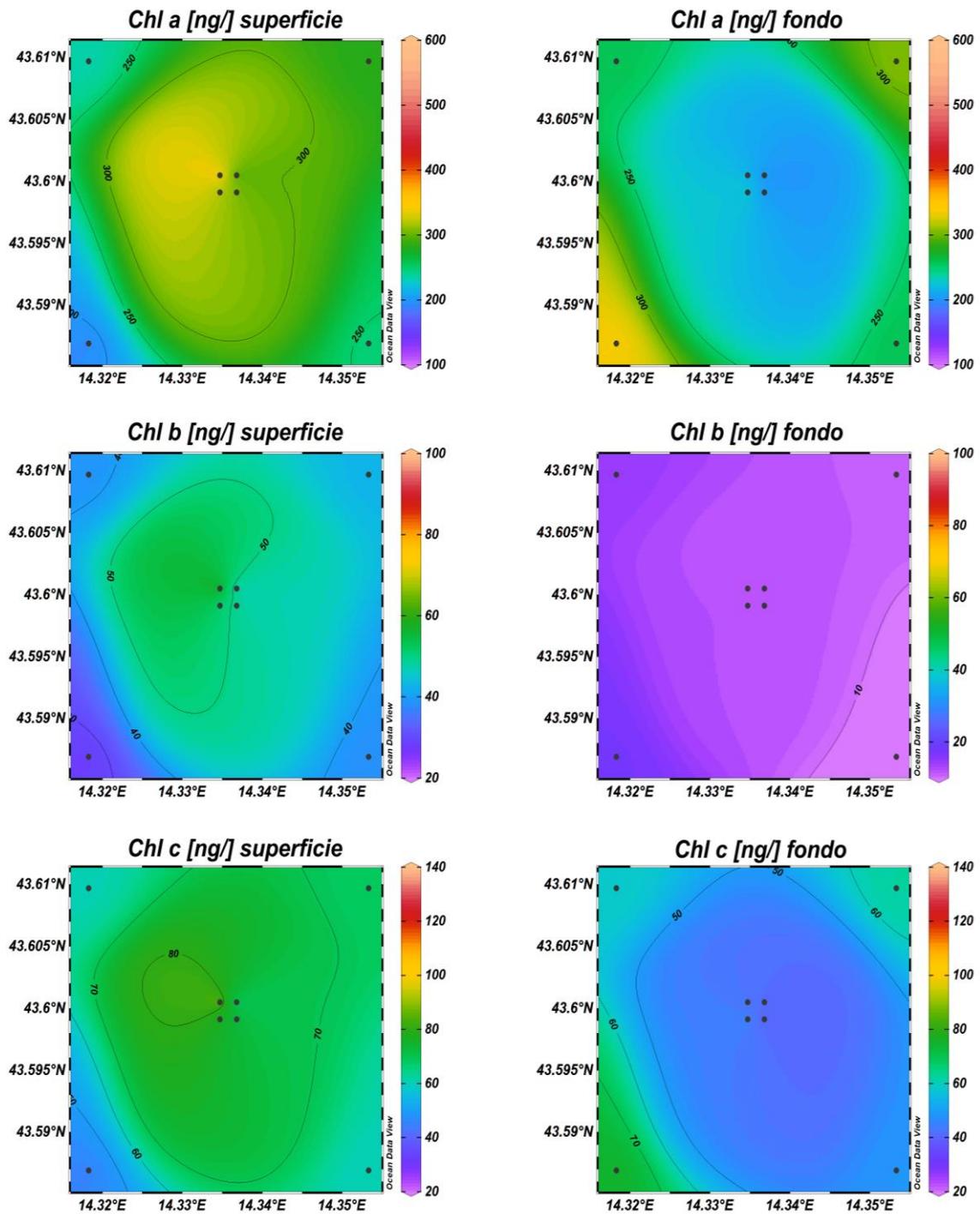


Fig. 3.12 – Distribuzione in superficie e al fondo delle concentrazioni della clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Febbraio 2019.**

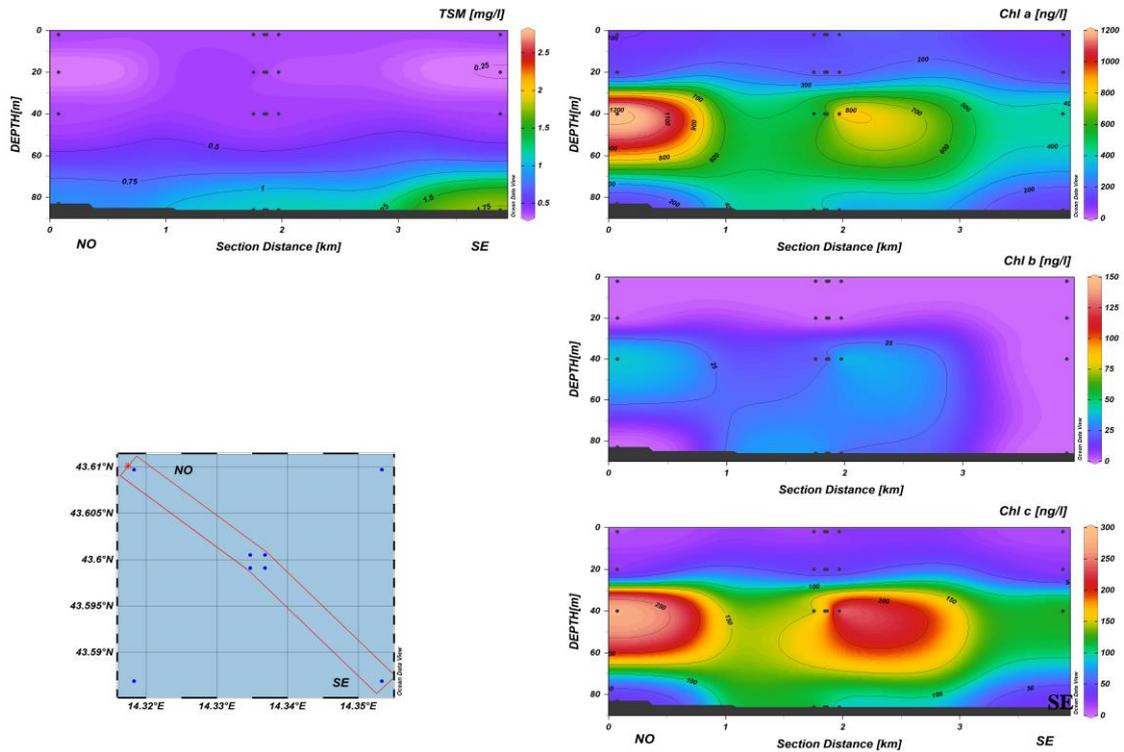


Fig. 3.13a – Sezione verticale delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2, BO6, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (*TSM*) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (*Chl a*), clorofilla *b* (*Chl b*), clorofilla *c* (*Chl c*), espresse in ng l^{-1} . **Maggio 2019.**

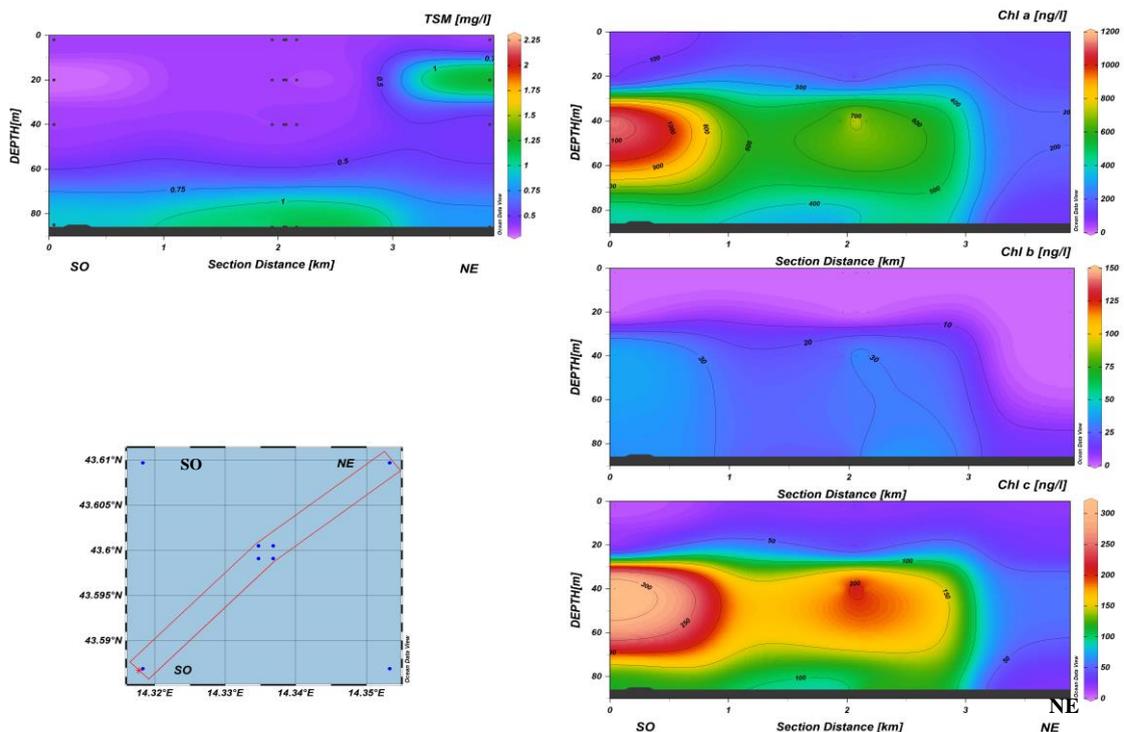


Fig. 3.13b – Sezione verticale delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3, BO7, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (*TSM*) espresso in mg l^{-1} , della clorofilla *a* (*Chl a*), clorofilla *b* (*Chl b*), clorofilla *c* (*Chl c*), espresse in ng l^{-1} . **Maggio 2019.**

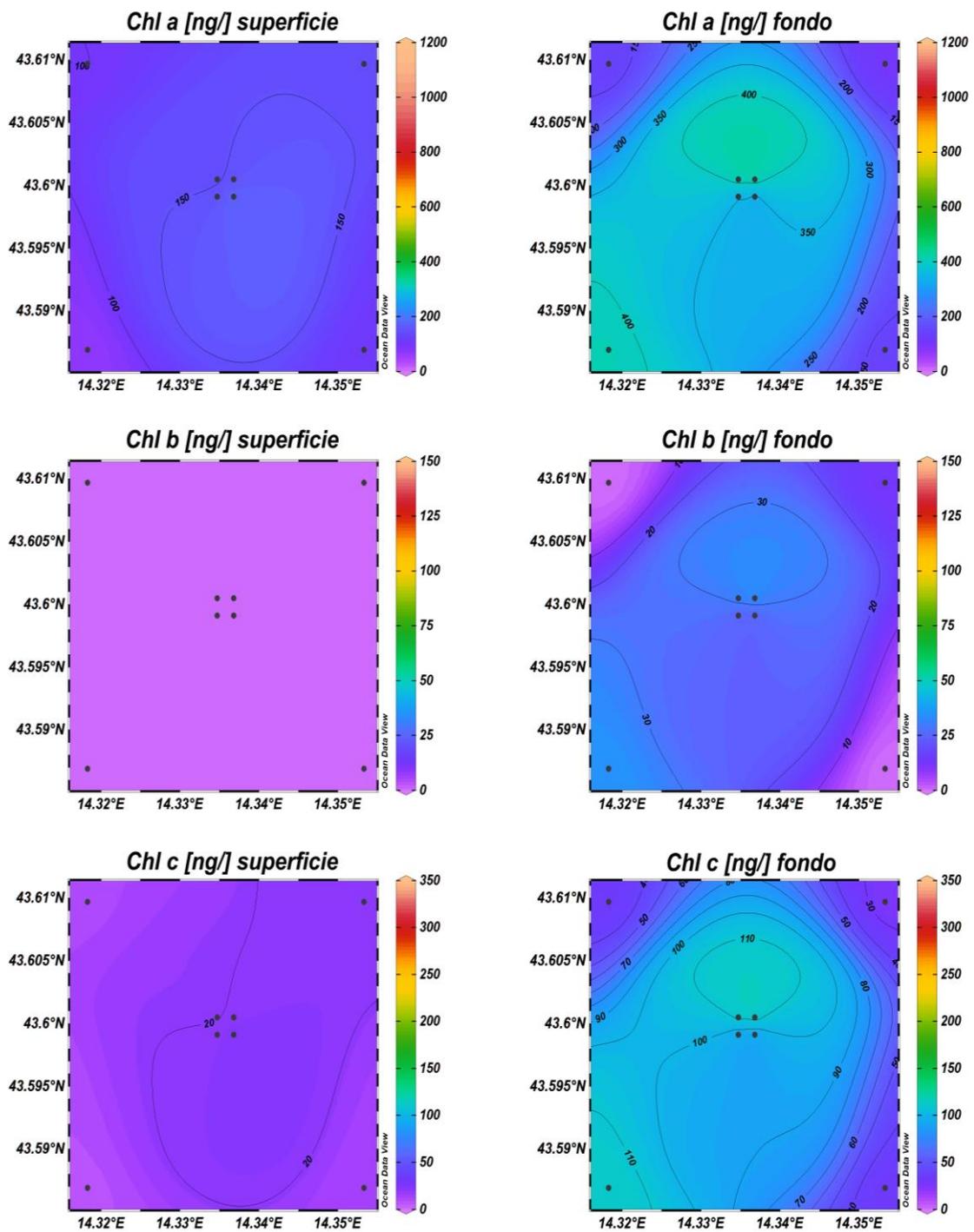


Fig. 3.14 – Distribuzione in superficie e al fondo delle concentrazioni della clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Maggio 2019.**

3.1.4. IDROCARBURI TOTALI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX
 Gli Idrocarburi totali (IT), gli Idrocarburi Alifatici (IA) e gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), registrati nei due monitoraggi del 1° semestre 2019 sono riportati nelle

Tab. 3-I. Tranne gli IPA a maggio, questi composti sono stati quantificati quasi ovunque. Gli **IT** sono risultati mediamente più elevati a febbraio (range 15-160 µg/L, media 47,22±41,94 µg/L), con massimi relativi presenti soprattutto nelle stazioni più vicine alla piattaforma (BO1, BO2, BO3 e BO4). Il valore maggiore è stato registrato in BO1 in superficie. A maggio il range è oscillato da 18 a 66 µg/L, con una media di 38,09±12,51 µg/L e i valori maggiori sono stati in generale registrati nelle stazioni più lontane. Rispetto al monitoraggio di febbraio gli IT si sono in generale abbassati attorno alla piattaforma e sono aumentati ai controlli.

Anche gli **IA** sono apparsi più elevati a febbraio rispetto a maggio. In particolare, a febbraio il range era compreso tra 3 e 98 µg/L con media di 23,8±23,69 µg/L, mentre a maggio i valori oscillavano da 11 a 25 µg/L, con media di 17,26±3,69 µg/L. Come gli IT, anche gli IA sono apparsi in generale più abbondanti vicino a Bonaccia NW in febbraio mentre a maggio, a seguito di un decremento nei siti a 100 m e a un aumento ai controlli, la situazione si è invertita.

Gli **IPA** sono risultati generalmente non quantificabili a maggio, mentre a febbraio sono variati da 0,0098 a 0,0390 µg/L, con una media di 0,0158±0,0052 µg/L. Si tratta comunque di concentrazioni molto basse.

Per quanto riguarda i **Solventi Organici Aromatici (BTEX; Tab. 3-II)**, a febbraio gran parte dei valori sono risultati al di sotto del limite di rilevabilità. Fanno eccezione il Benzene nelle stazioni più vicine alla piattaforma con valori comunque molto prossimi al limite di rilevabilità, o Xilene totale rilevato in superficie nei quattro controlli e in BO3, soprattutto a carico della componente meta+para, il Toluene rilevato solo in superficie della BO1 e l'Etilbenzene quantificato a 40 m della BO3 e in quattro campioni di controllo, sempre in concentrazioni molto basse. A maggio è avvenuto in generale un incremento di concentrazione rispetto a febbraio, soprattutto per quanto riguarda Etilbenzene e Stirene, compresi rispettivamente nei range di 0,011-0,023 µg/L e 0,018-0,055 µg/L. Toluene e Xilene sono risultati quantificabili solo nelle stazioni più lontane dalla piattaforma (eccetto il secondo composto in BO3, 20 m), con range rispettivamente di 0,17-0,23 µg/L e 0,021-0,070 µg/L.

Tab. 3- I - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$) di Idrocarburi Totali, IA e IPA misurate nei survey condotti a febbraio e maggio 2019.

Stazione	Febbraio 2019			Maggio 2019		
	Idrocarburi Totali (n-esano)	IA (C10-C32)	IPA (16 IPA)	Idrocarburi Totali (n-esano)	IA (C10-C32)	IPA (16 IPA)
BO1 sup	190	98	0,011	34	15	< 0,0028
BO1 20 m	23	12	0,018	37	23	0,00019
BO1 40 m	100	57	0,017	27	17	< 0,00056
BO1 fondo	110	72	0,019	18	11	< 0,00056
BO2 sup	150	79	0,016	18	11	< 0,00056
BO2 20 m	56	33	0,013	24	14	< 0,00056
BO2 40 m	59	33	0,020	30	17	< 0,00056
BO2 fondo	66	35	0,014	41	22	0,0033
BO3 sup	30	15	0,014	38	19	< 0,0028
BO3 20 m	15	6,7	0,013	24	13	< 0,0028
BO3 40 m	19	9	0,015	27	13	< 0,0028
BO3 fondo	110	35	0,013	31	18	< 0,0028
BO4 sup	30	16	0,015	22	11	< 0,0028
BO4 20 m	< 28	5,6	0,013	36	19	< 0,0028
BO4 40 m	160	50	0,014	34	19	< 0,0028
BO4 fondo	27	16	0,011	30	16	< 0,0028
BO5 sup	23	12	0,021	52	22	< 0,00056
BO5 20 m	20	12	0,015	43	15	< 0,00056
BO5 40 m	42	30	0,020	50	17	< 0,00056
BO5 fondo	41	15	0,015	28	< 1	< 0,00056
BO6 sup	26	12	0,018	47	15	0,0014
BO6 20 m	40	28	0,018	59	21	0,0011
BO6 40 m	17	11	0,020	66	18	< 0,00056
BO6 fondo	17	10	0,013	52	20	0,0016
BO7 sup	16	7,7	0,013	50	18	0,0015
BO7 20 m	17	8,9	0,013	61	22	< 0,00056
BO7 40 m	< 28	6,3	0,016	47	17	0,0019
BO7 fondo	23	15	0,0098	37	13	< 0,00056
BO8 sup	21	12	0,016	41	25	< 0,0028
BO8 20 m	< 28	3,3	0,039	27	16	0,0012
BO8 40 m	< 28	4,1	0,011	47	21	< 0,00056
BO8 fondo	17	3,4	0,013	41	17	0,002

Tab. 3-II - Microinquinanti organici (BTEX; µg/L) determinati nel corso dei survey condotti a febbraio e maggio 2019.

Stazione	Febbraio 2019					Maggio 2019				
	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene
BO1 sup	0,012	< 0,010	< 0,010	0,650	< 0,02	0,029	0,018	0,045	< 0,10	< 0,05
BO1 20 m	0,011	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	< 0,010	0,016	0,044	< 0,10	< 0,05
BO1 40 m	0,012	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	< 0,010	0,018	0,04	< 0,10	< 0,05
BO1 fondo	0,013	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	0,012	0,015	0,032	< 0,10	< 0,05
BO2 sup	0,011	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	0,025	0,019	0,044	< 0,10	< 0,05
BO2 20 m	0,011	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	< 0,010	0,019	0,055	< 0,10	< 0,05
BO2 40 m	0,011	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	< 0,010	< 0,010	0,018	< 0,10	< 0,05
BO2 fondo	0,012	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	0,012	0,014	0,028	< 0,10	< 0,05
BO3 sup	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,050	0,032	0,025	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05
BO3 20 m	0,011	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	< 0,010	0,019	0,045	< 0,10	0,021
BO3 40 m	0,011	0,011	< 0,010	< 0,050	< 0,02	< 0,010	0,013	0,03	< 0,10	< 0,05
BO3 fondo	0,012	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	0,012	0,011	0,021	< 0,10	< 0,05
BO4 sup	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	0,028	0,013	0,030	< 0,10	< 0,05
BO4 20 m	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,02	< 0,010	0,013	0,032	< 0,10	< 0,05
BO4 40 m	0,010	0,011	< 0,010	< 0,050	< 0,02	< 0,010	0,012	0,025	< 0,10	< 0,05
BO4 fondo	0,012	0,012	< 0,010	< 0,050	< 0,02	0,012	0,017	0,032	< 0,10	< 0,05
BO5 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	0,022	0,015	0,021	0,035	0,18	0,067
BO5 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05	0,013	0,022	0,036	0,21	0,066
BO5 40 m	< 0,010	0,011	0,011	< 0,10	< 0,05	< 0,010	0,022	0,036	0,18	0,070
BO5 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05	0,013	0,021	0,035	0,19	0,065
BO6 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	0,043	0,017	0,021	0,030	0,21	0,055
BO6 20 m	< 0,010	0,011	< 0,010	< 0,10	< 0,05	< 0,010	0,020	0,033	0,21	0,063
BO6 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05	0,012	0,020	0,030	0,21	0,063
BO6 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05	< 0,010	0,020	0,031	0,19	0,065
BO7 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	0,042	0,014	0,021	0,035	0,17	0,064
BO7 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05	< 0,010	0,023	0,037	0,23	0,070
BO7 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05	0,013	0,022	0,032	0,19	0,067
BO7 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05	< 0,010	0,021	0,031	0,20	0,066
BO8 sup	< 0,010	0,013	< 0,010	< 0,10	0,026	0,016	0,021	0,031	0,17	0,062
BO8 20 m	< 0,010	0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05	0,013	0,022	0,032	0,19	0,069
BO8 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05	0,016	0,022	0,029	0,20	0,069
BO8 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,05	0,011	0,022	0,033	0,18	0,066

3.1.5. GLICOLE ETILENICO

Il **Glicole Etilenico** è sempre risultato inferiore al limite di rilevabilità strumentale in entrambi i survey (Tabella 3-III).

Tab. 3-III - Concentrazioni (mg/L) di Glicole etilenico registrate nel corso dei survey condotti a febbraio e maggio 2019.

Stazione	Febbraio 2019	Maggio 2019
BO1 sup	< 2,2	< 2,2
BO1 20 m	< 2,2	< 2,2
BO1 40 m	< 2,2	< 2,2
BO1 fondo	< 2,2	< 2,2
BO2 sup	< 2,2	< 2,2
BO2 20 m	< 2,2	< 2,2
BO2 40 m	< 2,2	< 2,2
BO2 fondo	< 2,2	< 2,2
BO3 sup	< 2,2	< 2,2
BO3 20 m	< 2,2	< 2,2
BO3 40 m	< 2,2	< 2,2
BO3 fondo	< 2,2	< 2,2
BO4 sup	< 2,2	< 2,2
BO4 20 m	< 2,2	< 2,2
BO4 40 m	< 2,2	< 2,2
BO4 fondo	< 2,2	< 2,2
BO5 sup	< 2,2	< 2,2
BO5 20 m	< 2,2	< 2,2
BO5 40 m	< 2,2	< 2,2
BO5 fondo	< 2,2	< 2,2
BO6 sup	< 2,2	< 2,2
BO6 20 m	< 2,2	< 2,2
BO6 40 m	< 2,2	< 2,2
BO6 fondo	< 2,2	< 2,2
BO7 sup	< 2,2	< 2,2
BO7 20 m	< 2,2	< 2,2
BO7 40 m	< 2,2	< 2,2
BO7 fondo	< 2,2	< 2,2
BO8 sup	< 2,2	< 2,2
BO8 20 m	< 2,2	< 2,2
BO8 40 m	< 2,2	< 2,2
BO8 fondo	< 2,2	< 2,2

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 febbraio i valori di **Cadmio** e **Indio** sono risultati al di sotto del limite di rilevabilità in tutti i campioni (eccetto Cd a 20 m in BO7 e sul fondo di BO8); **Alluminio**, **Ferro** e **Piombo** non sono stati rilevati nelle stazioni nei pressi della piattaforma (BO1, BO2,

BO3, e BO4), mentre nei siti di controllo questi tre metalli sono stati rilevati ovunque con rare eccezioni. Qui Al è oscillato tra 8,5 e 120 µg/L (massimo sul fondo della BO6) Fe tra 7,8 e 24,0 µg/L (massimo sempre sul fondo della BO6) e Pb tra 0,13 e 0,44 µg/L (massimo in BO8, quota 20 m). Altri metalli come **Cromo**, **Nichel** e in parte **Zinco** hanno esibito un comportamento opposto: nelle stazioni lontane dalla piattaforma le loro concentrazioni sono apparse tutte o quasi tutte al di sotto limite di rilevabilità. In quelle vicine a Bonaccia NW i range registrati sono stati 0,97-1,90 µg/L per Cr, 0,9-7,1 µg/L per Ni e 0,14-1,7 µg/L per Zn. Il massimo per quest'ultimo (13 µg/L) è stato registrato in un campione di controllo (BO6, superficie). Il **Bario** ha presentato concentrazioni maggiori nelle stazioni vicine alla piattaforma (7,7-13,0 µg/L) rispetto a quelle più lontane (0,68-3,8 µg/L), dove non è stato rilevato in quattro campioni. **Arsenico** (1,4-3,1 µg/L), **Mercurio** (0,05-0,11 µg/L), **Rame** (0,56-9,60 µg/L), **Vanadio** (2,6-4,8 µg/L) e **Silicio** (0,03-0,12 mg/L) non hanno mostrato distribuzioni differenziate geograficamente presentando inoltre concentrazioni generalmente omogenee lungo la colonna d'acqua. I valori massimi di mercurio e rame sono stati registrati in campioni di controllo, quelli degli altri metalli in campioni vicino alla piattaforma.

A maggio i metalli non rilevabili in tutte le stazioni e in tutte le quote (tranne rare eccezioni) sono risultati **Alluminio**, **Ferro**, **Piombo**, **Zinco** e **Indio**. I valori dell'**Arsenico** (1,7-2,5 µg/L) sono apparsi simili a quelli di febbraio, mentre il **Bario** è aumentato (9,9-16,0 µg/L), maggiormente nelle stazioni vicine alla piattaforma. Le concentrazioni di **Cadmio**, pur risultando spesso rilevabile (contrariamente a febbraio), sono comunque state basse essendo comprese tra 0,16 e 0,10 µg/L. **Cromo** (0,15-1,30 µg/L), **Nichel** (0,063-1,30 µg/L), **Vanadio** (2,5-3,6 µg/L) e **Silicio** (0,070-0,180 mg/L) non hanno presentato differenze degne di nota tra le stazioni vicine e lontane dalla piattaforma.

Tab. 3-IV - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$; Si in mg/L) di Metalli Pesanti registrate nel corso dei survey condotti a febbraio e maggio 2019.

Stazione	Febbraio 2019													
	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
BO1 sup	< 0,1	2,3	8,1	< 0,1	1,50	< 5	0,072	1,20	< 0,1	1,00	3,5	1,40	< 0,1	0,075
BO1 20 m	< 0,1	2,5	9,2	< 0,1	1,30	< 5	0,079	1,10	< 0,1	1,70	3,9	1,50	< 0,1	0,050
BO1 40 m	< 0,1	2,1	8,1	< 0,1	1,20	< 5	0,072	0,92	< 0,1	0,67	3,4	0,30	< 0,1	0,120
BO1 fondo	< 0,1	2,3	8,7	< 0,1	1,20	< 5	0,065	0,95	< 0,1	0,69	3,7	0,69	< 0,1	0,060
BO2 sup	< 0,1	2,1	7,9	< 0,1	1,20	< 5	0,060	1,00	< 0,1	1,80	3,9	1,90	< 0,1	0,080
BO2 20 m	< 0,1	2,3	8,3	< 0,1	1,30	< 5	0,067	0,97	< 0,1	0,56	3,7	1,10	< 0,1	0,090
BO2 40 m	< 0,1	2,2	8,8	< 0,1	1,30	< 5	0,066	1,10	< 0,1	0,58	3,7	0,46	< 0,1	0,080
BO2 fondo	< 0,1	2,4	9,7	< 0,1	1,40	< 5	0,062	1,20	< 0,1	0,86	4	1,60	< 0,1	0,050
BO3 sup	< 0,1	2,8	11	< 0,1	1,50	< 5	0,059	1,20	< 0,1	2,20	4,4	1,70	< 0,1	0,055
BO3 20 m	< 0,1	3,1	13	< 0,1	1,70	< 5	0,058	1,50	< 0,1	1,20	4,8	1,50	< 0,1	0,045
BO3 40 m	< 0,1	2,4	8,9	< 0,1	1,20	< 5	0,069	1,10	< 0,1	0,85	3,9	1,00	< 0,1	0,055
BO3 fondo	< 0,1	2,4	10	< 0,1	1,40	< 5	0,070	1,10	< 0,1	2,70	4,2	2,40	< 0,1	0,055
BO4 sup	< 0,1	2,3	7,7	< 0,1	1,00	< 5	0,057	0,99	< 0,1	0,90	3,1	0,14	< 0,1	0,045
BO4 20 m	< 0,1	2,5	8,1	< 0,1	0,97	< 5	0,067	0,90	< 0,1	0,76	3,6	0,62	< 0,1	0,060
BO4 40 m	< 0,1	2,4	9,5	< 0,1	1,10	< 5	0,050	0,92	< 0,1	0,69	3,7	1,30	< 0,1	0,065
BO4 fondo	< 0,1	2,4	9,8	< 0,1	1,00	< 5	0,066	0,99	< 0,1	0,69	3,8	0,34	< 0,1	0,060
BO5 sup	29	2,3	0,97	< 0,1	< 0,1	9,8	0,090	< 0,1	0,17	2,60	3,8	8,60	< 0,1	0,085
BO5 20 m	72	2,5	1,2	< 0,1	< 0,1	10,0	0,100	< 0,1	0,15	2,10	3,8	< 0,1	< 0,1	0,075
BO5 40 m	24	2,2	0,68	< 0,1	< 0,1	8,8	0,092	< 0,1	0,14	1,30	3,8	< 0,1	< 0,1	0,080
BO5 fondo	30	2,3	1,9	< 0,1	< 0,1	7,8	0,089	< 0,1	< 0,1	1,40	3,1	< 0,1	< 0,1	0,060
BO6 sup	35	2,2	1,3	< 0,1	< 0,1	12,0	0,110	< 0,1	0,26	3,80	3,7	13,00	< 0,1	0,060
BO6 20 m	28	2,2	1,2	< 0,1	< 0,1	9,9	0,100	< 0,1	0,20	2,10	3,5	< 0,1	< 0,1	0,070
BO6 40 m	36	2,3	1,7	< 0,1	< 0,1	11,0	0,092	< 0,1	0,34	2,50	3,9	1,10	< 0,1	0,030
BO6 fondo	120	2,4	3,8	< 0,1	< 0,1	24,0	0,091	< 0,1	0,28	2,90	3,7	8,70	< 0,1	0,095
BO7 sup	42	2,2	0,88	< 0,1	< 0,1	8,7	0,110	< 0,1	0,13	9,60	3,3	< 0,1	< 0,1	0,060
BO7 20 m	8,5	1,9	< 0,1	0,22	< 0,1	9,8	0,071	< 0,1	0,14	1,40	3,4	0,34	< 0,1	0,055
BO7 40 m	46	2,2	1,1	< 0,1	< 0,1	10,0	0,095	< 0,1	0,26	2,30	3,8	< 0,1	< 0,1	0,060
BO7 fondo	28	2,5	2,3	< 0,1	< 0,1	11,0	0,097	< 0,1	0,29	2,70	3,4	< 0,1	< 0,1	0,070
BO8 sup	24	2,0	< 0,1	< 0,1	1,90	< 5	< 0,050	7,10	0,13	0,82	3,3	4,60	< 0,1	0,04
BO8 20 m	< 0,1	2,2	< 0,1	< 0,1	1,10	< 5	< 0,050	1,90	0,44	< 0,1	2,8	9,10	< 0,1	0,06
BO8 40 m	47	2,1	1,8	< 0,1	< 0,1	12,0	0,087	< 0,1	0,21	3,20	3,6	1,40	< 0,1	0,05
BO8 fondo	45	1,4	< 0,1	0,24	< 0,1	11,0	0,110	< 0,1	0,22	2,30	2,6	1,90	< 0,1	0,08

Tab. 3-IV – Continuo.

Stazione	Maggio 2019													
	Al	As	Ba	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Cu	V	Zn	In	Si
BO1 sup	< 0,1	2,2	13,0	0,15	0,42	< 5	0,069	0,95	< 0,1	0,66	2,80	< 0,1	< 0,1	0,130
BO1 20 m	< 0,1	1,9	15,0	< 0,1	0,81	< 5	< 0,05	0,92	< 0,1	0,19	2,90	< 0,1	< 0,1	0,160
BO1 40 m	< 0,1	2,1	15,0	< 0,1	0,95	< 5	0,059	0,87	< 0,1	0,21	3,20	< 0,1	< 0,1	0,100
BO1 fondo	< 0,1	2,3	16,0	< 0,1	0,95	< 5	< 0,05	0,85	< 0,1	0,27	3,00	< 0,1	< 0,1	0,180
BO2 sup	< 0,1	2,0	15,0	< 0,1	0,76	< 5	0,060	0,85	< 0,1	0,36	3,10	< 0,1	< 0,1	0,140
BO2 20 m	< 0,1	1,7	16,0	< 0,1	0,15	< 5	0,056	1,10	< 0,1	2,10	2,50	< 0,1	< 0,1	0,110
BO2 40 m	< 0,1	2,1	10,0	< 0,1	1,10	< 5	0,110	1,10	< 0,1	0,35	2,70	< 0,1	< 0,1	0,150
BO2 fondo	< 0,1	2,2	15,0	< 0,1	0,98	< 5	0,052	0,79	< 0,1	0,22	3,30	< 0,1	< 0,1	0,140
BO3 sup	< 0,1	1,9	12,0	0,14	1,30	< 5	0,100	0,95	< 0,1	0,54	3,20	< 0,1	< 0,1	0,180
BO3 20 m	< 0,1	2,0	12,0	0,14	1,10	< 5	0,100	0,94	< 0,1	0,55	3,20	< 0,1	< 0,1	0,150
BO3 40 m	< 0,1	1,9	12,0	0,12	0,99	< 5	0,110	0,91	< 0,1	0,60	3,40	< 0,1	< 0,1	0,130
BO3 fondo	0,31	2,5	14,0	0,13	0,60	< 5	0,110	1,00	< 0,1	0,80	3,50	< 0,1	< 0,1	0,180
BO4 sup	< 0,1	1,9	13,0	0,15	0,62	< 5	0,099	0,76	< 0,1	0,71	3,20	< 0,1	< 0,1	0,110
BO4 20 m	< 0,1	2,0	14,0	0,12	0,65	< 5	0,099	0,79	< 0,1	0,61	3,00	< 0,1	< 0,1	0,130
BO4 40 m	< 0,1	2,0	12,0	< 0,1	0,82	< 5	0,110	1,00	< 0,1	0,58	3,30	< 0,1	< 0,1	0,120
BO4 fondo	0,79	2,3	13,0	0,16	1,10	< 5	0,098	0,94	< 0,1	0,57	3,00	< 0,1	< 0,1	0,140
BO5 sup	< 0,1	1,8	9,9	0,13	1,20	< 5	0,240	0,69	< 0,1	< 0,1	3,10	< 0,1	< 0,1	0,080
BO5 20 m	< 0,1	2,1	10,0	0,11	1,20	< 5	0,240	0,68	< 0,1	< 0,1	2,90	< 0,1	< 0,1	0,075
BO5 40 m	< 0,1	2,2	10,0	0,14	1,10	< 5	0,240	0,95	< 0,1	< 0,1	3,20	< 0,1	< 0,1	0,075
BO5 fondo	< 0,1	2,3	11,0	0,10	0,77	< 5	0,220	0,69	< 0,1	< 0,1	2,80	< 0,1	< 0,1	0,130
BO6 sup	< 0,1	2,1	10,0	< 0,1	0,99	< 5	0,240	0,80	< 0,1	0,23	2,60	< 0,1	< 0,1	0,080
BO6 20 m	< 0,1	2,4	11,0	< 0,1	0,89	< 5	0,230	0,86	< 0,1	< 0,1	3,00	< 0,1	< 0,1	0,070
BO6 40 m	< 0,1	2,2	9,9	0,11	1,20	< 5	0,240	0,64	< 0,1	< 0,1	3,00	< 0,1	< 0,1	0,095
BO6 fondo	< 0,1	2,3	11,0	0,14	1,30	< 5	0,230	0,83	< 0,1	< 0,1	2,80	< 0,1	< 0,1	0,110
BO7 sup	< 0,1	2,1	10,0	< 0,1	1,30	< 5	0,210	0,63	< 0,1	< 0,1	3,00	< 0,1	< 0,1	0,120
BO7 20 m	< 0,1	2,0	10,0	< 0,1	0,92	< 5	0,220	0,90	< 0,1	< 0,1	3,60	< 0,1	< 0,1	0,095
BO7 40 m	< 0,1	2,1	9,9	< 0,1	1,20	< 5	0,230	0,78	< 0,1	< 0,1	3,10	< 0,1	< 0,1	0,130
BO7 fondo	< 0,1	2,4	10,0	< 0,1	1,30	< 5	0,160	1,30	< 0,1	< 0,1	3,10	< 0,1	< 0,1	0,120
BO8 sup	< 0,1	2,1	9,9	0,11	1,00	< 5	0,210	1,00	< 0,1	< 0,1	3,00	2,4	< 0,1	0,085
BO8 20 m	< 0,1	2,1	10,0	0,12	1,10	< 5	0,190	0,85	< 0,1	< 0,1	2,80	< 0,1	< 0,1	0,110
BO8 40 m	< 0,1	2,1	10,0	0,12	1,20	< 5	0,200	0,88	< 0,1	< 0,1	3,30	< 0,1	< 0,1	0,110
BO8 fondo	< 0,1	2,4	11,0	0,14	1,20	< 5	0,21	0,80	< 0,1	< 0,1	2,90	< 0,1	< 0,1	0,160

3.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Il grafico della pressione (fig. 3.15) denota il buon equilibrio dell'ormeggio durante l'intero periodo di osservazione; infatti, non sono avvenuti abbattimenti significativi del correntometro tali da poter creare problemi alle misure.

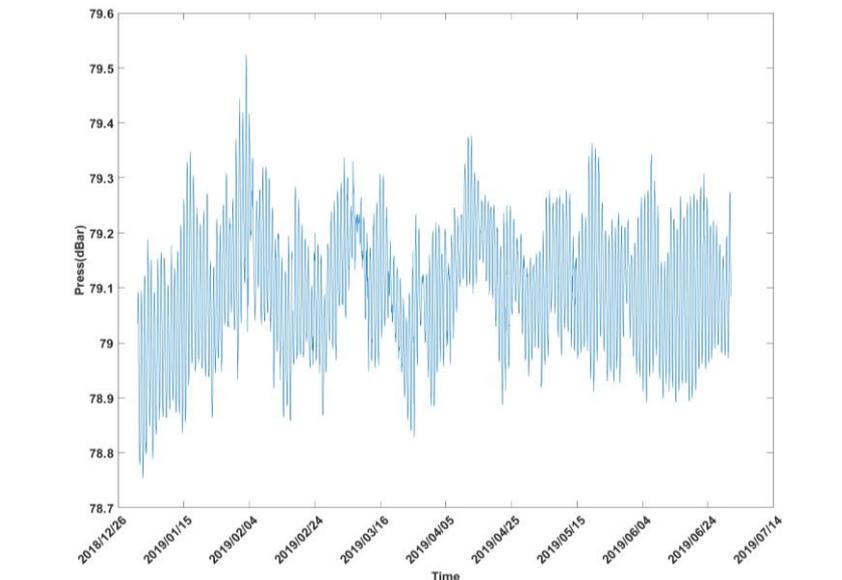


Fig. 3.15 - Pressione misurata nel periodo gennaio - giugno 2019 dal correntometro posizionato presso Bonaccia NW.

Per quanto concerne le misure correntometriche (figg. 3.16 - 3.18), nel 1° semestre 2019 la corrente è stata caratterizzata da numerose rotazioni con brevi fasi di stasi. Nel mese di gennaio la direzione ha avuto un andamento variabile tra Nord-Est e Nord-Ovest con velocità intorno a 0,1 m/s. A febbraio si sono avute fasi di maggiore stabilità essendo la corrente prevalentemente diretta verso Nord-Ovest, ma sono avvenute rotazioni verso Sud-Ovest e picchi fino a 0,3 m/s nei primi 30 m di profondità. Il mese di marzo è stato caratterizzato da una notevole variabilità: la direzione è stata prevalentemente verso Sud-Ovest ma sono state individuate rapide e frequenti rotazioni verso Nord-Ovest. Il carattere variabile si è conservato anche durante i mesi di aprile e maggio, con alcune fasi di stabilità in cui la corrente ha assunto direzione omogenea, verso Nord-Ovest e Sud-Ovest, lungo tutta la colonna d'acqua. Infine, giugno è stato caratterizzato da una prima parte in cui le correnti hanno avuto verso essenzialmente Sud-Ovest, e una seconda con direzione prevalente verso Nord-Est e picchi di velocità fino a 0,3 m/s.

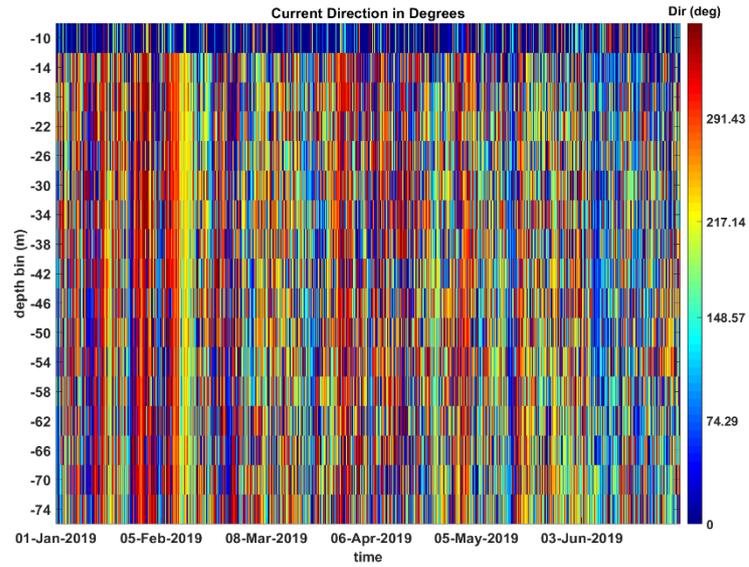


Fig. 3.16 - Contour plot della direzione della corrente lungo la colonna d'acqua ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo gennaio - giugno 2019.

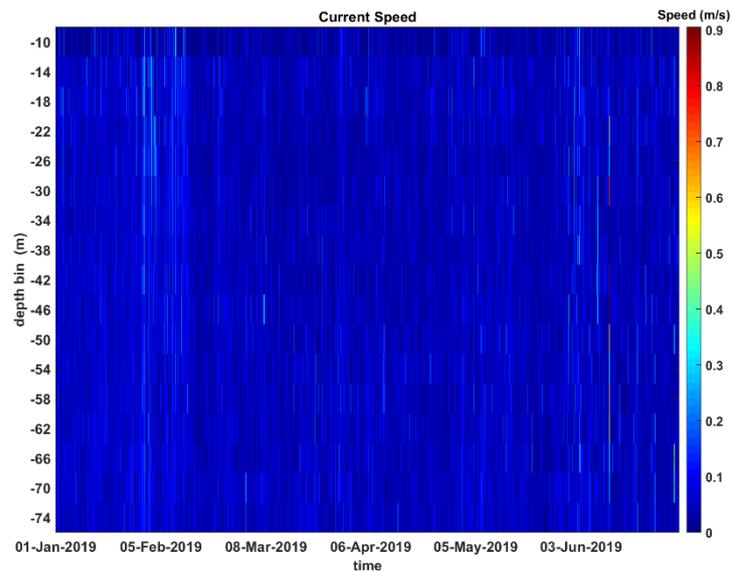
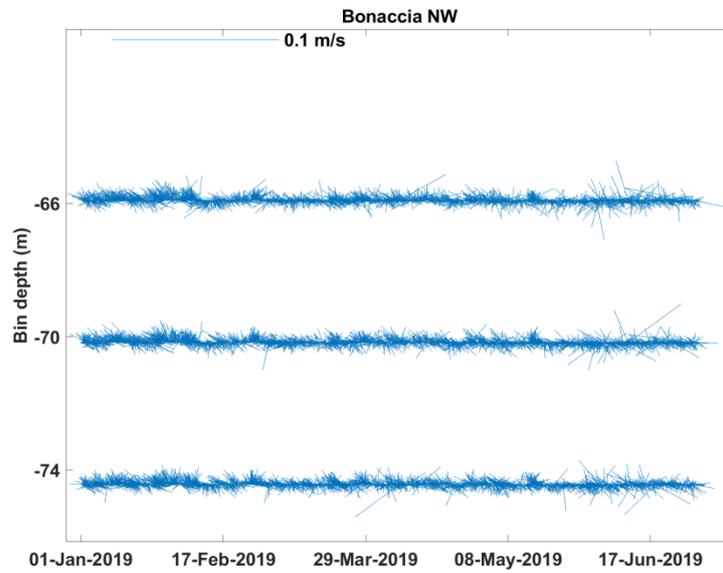
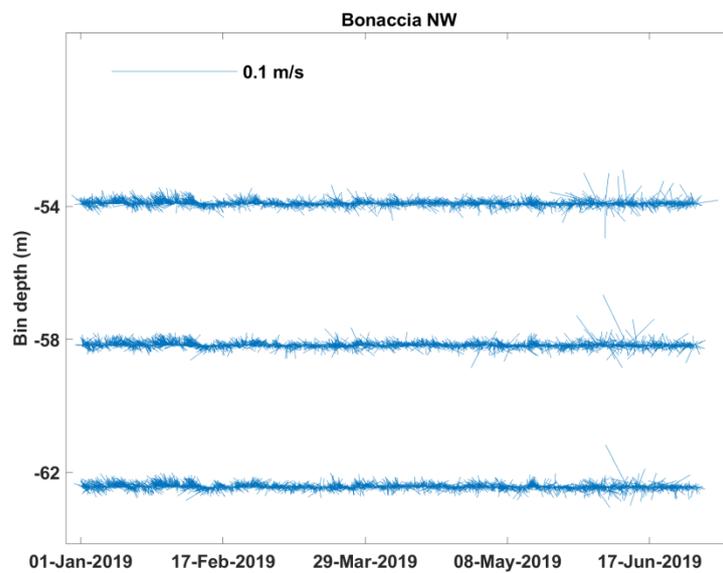


Fig. 3.17 - Contour plot della velocità della corrente lungo la colonna d'acqua ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo gennaio - giugno 2019.



Bin1(-74m) – Bin2(-70m) – Bin3(-66m)



Bin4(-62m) – Bin5(-58m) – Bin6(-54m)

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 2019.

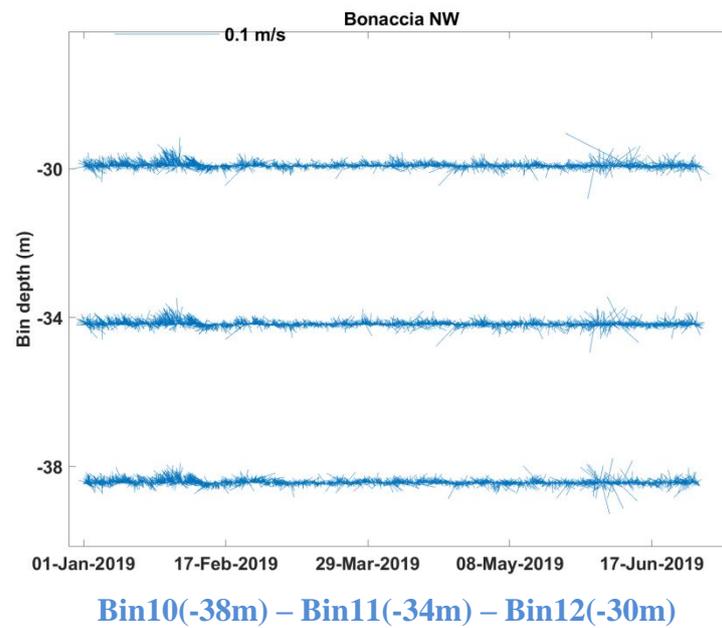
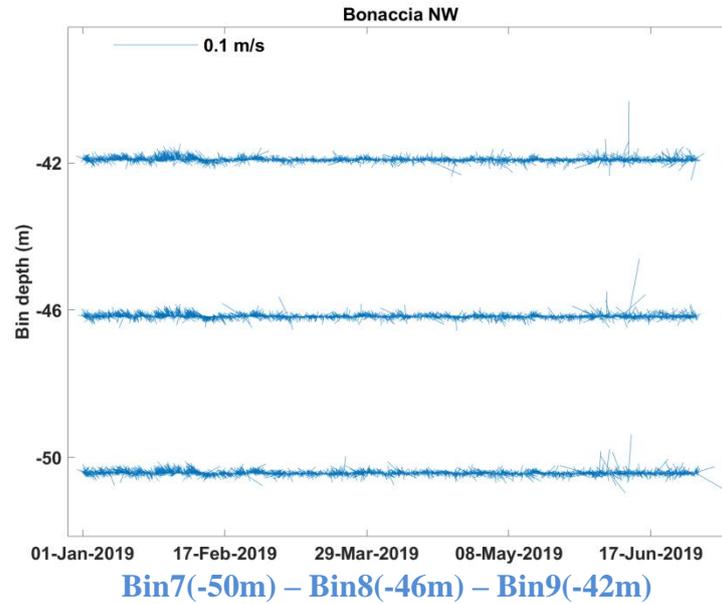


Fig. 3.18 – Continuo.

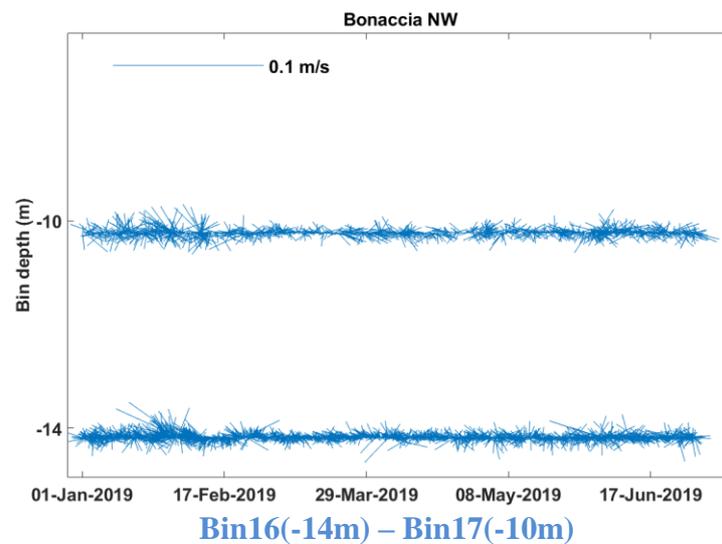
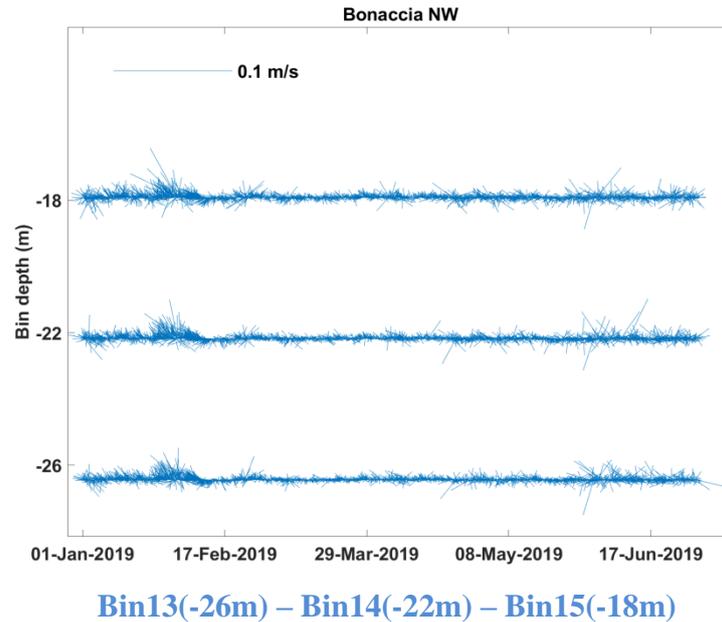


Fig. 3.18 – Continuo.

L'andamento della temperatura rilevata sul fondo durante il periodo in esame ha subito un decremento da circa 16°C misurati a gennaio fino a circa 12°C osservati a fine giugno (fig. 3.19). In febbraio si sono registrati abbassamenti della temperatura fino a circa 11°C.

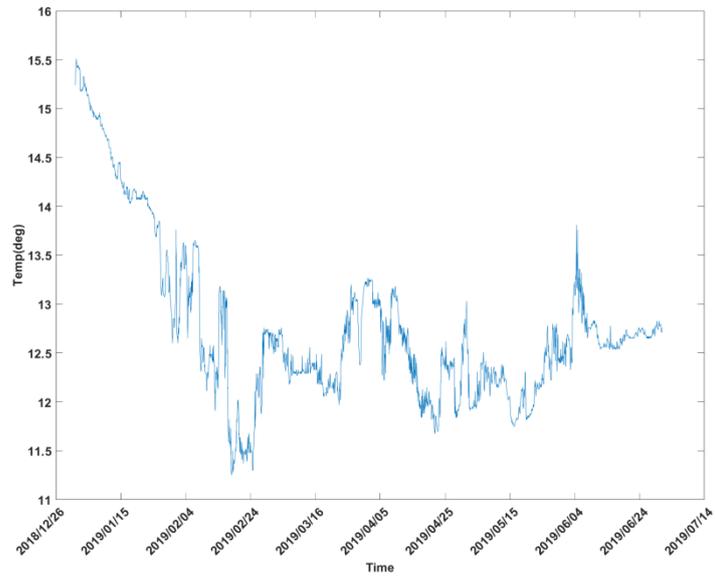


Fig. 3.19 - Andamento della temperatura registrata in prossimità del fondale dall'ADCP nel periodo gennaio - giugno 2019.

3.3. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

3.3.1. GRANULOMETRIA

Nell'inverno 2019 all'analisi visiva i campioni si presentavano color nocciola con un sottile strato idrato in superficie. L'analisi granulometrica (fig. 3.20, Tab. 3-V) ha confermato la prevalenza di sabbia in tutti i campioni ad eccezione di A7, A8, B7 e del controllo K4, caratterizzati da percentuali delle tre frazioni confrontabili tra loro e per questo classificati come Loam secondo Shepard. Nei siti in prossimità della piattaforma (siti BO) e nelle stazioni A2, A3, A4, A5, B2, B6 e B8 la sabbia ha rappresentato oltre il 60% del campione.

La frazione pelitica è risultata costituita maggiormente da silt, anche se la differenza con l'argilla è spesso apparsa modesta. La maggior parte dei campioni è stata classificata come sabbia siltosa secondo Shepard (All. B).

Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2019c) la sabbia è aumentata di pochi punti percentuali tranne in K4 dove invece si è ridotta.

Tab. 3-V - Composizione percentuale delle principali classi granulometriche dei sedimenti analizzati nell'inverno 2019. Le stazioni corrispondenti alla piattaforma sono evidenziate in rosso.

	Sabbia	Pelite		Classificazione di Shepard
		Silt	Argilla	
A1	45,0	36,6	18,4	Sabbia siltosa
A2	66,8	23,2	10,0	Sabbia siltosa
A3	63,0	26,2	10,8	Sabbia siltosa
A4	63,9	24,1	12,0	Sabbia siltosa
BO NW	62,8	23,0	14,2	Sabbia siltosa
BO SE	66,5	19,7	13,8	Sabbia siltosa
A5	61,7	24,1	14,2	Sabbia siltosa
A6	55,5	26,7	17,8	Sabbia siltosa
A7	32,7	40,6	26,7	Loam
A8	48,5	30,4	21,1	Loam
B1	58,1	27,7	14,2	Sabbia siltosa
B2	63,9	20,7	15,4	Sabbia siltosa
B3	58,4	26,0	15,6	Sabbia siltosa
B4	59,4	23,7	16,8	Sabbia siltosa
BO NE	65,6	25,6	8,8	Sabbia siltosa
BO SW	69,1	22,5	8,5	Sabbia siltosa
B5	58,8	28,7	12,5	Sabbia siltosa
B6	65,1	24,5	10,4	Sabbia siltosa
B7	39,4	39,7	20,9	Loam
B8	61,1	26,8	12,1	Sabbia siltosa
K1	65,7	24,2	10,1	Sabbia siltosa
K2	78,2	15,5	6,4	Sabbia
K3	66,6	22,6	10,8	Sabbia siltosa
K4	32,0	44,1	23,9	Loam

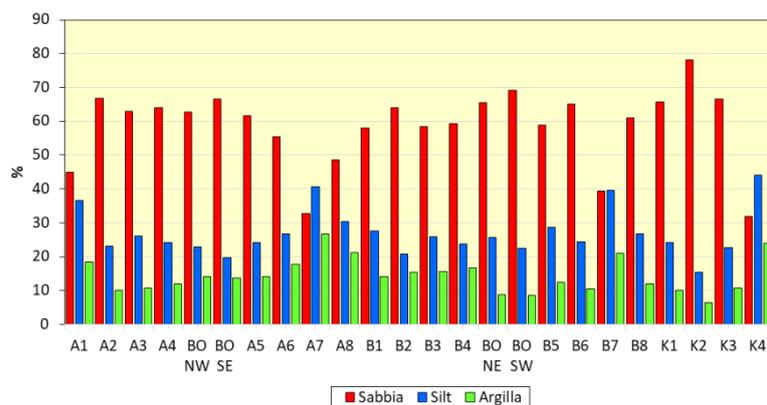


Fig. 3.20 - Ripartizione delle classi granulometriche, espresse in percentuale, nei sedimenti analizzati nell'inverno 2018.

3.3.2. IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici sono risultati scarsamente presenti nell'inverno 2019 essendo nella maggior parte dei casi inferiori al limite di quantificazione della metodica (Tab. 3-VI). Laddove presenti, sono apparsi più bassi sia dei valori chimici di Riferimento Nazionale L1 (DM 173/2007), sia dei valori cautelativi per le sostanze pericolose prioritarie (PP) indicati da ICRAM-APAT (2007). Di conseguenza anche gli IPA totali sono risultati estremamente bassi testimoniando l'assenza di contaminazione dell'area (fig. 3.21).

Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2019c) sono avvenuti incrementi assolutamente trascurabili sia lungo i transetti che ai controlli.

Tab. 3-VI - Concentrazioni degli Idrocarburi Policiclici Aromatici ($\mu\text{g}/\text{kg}$ s.s.) nei sedimenti prelevati nell'inverno 2019. Le stazioni poste in corrispondenza della piattaforma sono evidenziate in rosso. Ove disponibili sono anche riportati gli LCB e i valori chimici cautelativi per le sostanze Pericolose Prioritarie (PP) indicati da ICRAM-APAT (2007) e nel DM 173/2016. LQ = limite di rilevanza strumentale ($0,2 \mu\text{g}/\text{kg}$).

	DM 173/16	LCB/PP	7° survey post lavori (inverno 2019)																							
			A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Acenaftene		7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Acenaftilene			<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Antracene		47 (24)*	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) antracene	75	75	1,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,0	<LQ											
Benzo (a) pirene	80	80 (30)*	2,3	1,5	1,2	1,1	1,0	1,5	1,2	1,4	<LQ	<LQ	1,4	1,3	1,1	1,0	1,0	1,4	1,7	<LQ	1,8	2,4	<LQ	<LQ	<LQ	2,5
Benzo (b) fluorantene	40	40	10,3	6,4	4,5	4,2	4,5	6,2	7,6	7,4	2,7	3,7	6,2	5,5	5,1	5,0	3,4	5,8	8,7	4,1	7,7	2,8	4,3	3,0	3,3	11,3
Benzo (g, h, i) perilene	55	55	7,4	4,3	3,2	3,2	3,0	3,1	4,0	3,7	1,3	2,7	4,4	3,8	3,9	4,1	2,5	3,9	5,7	3,6	6,5	4,1	2,5	2,3	2,6	8,4
Benzo (k) fluorantene	20	20	3,7	2,3	1,6	1,5	1,6	2,3	2,8	2,7	1,0	1,3	2,3	2,0	1,9	1,8	1,2	2,1	3,3	1,5	2,7	1,2	1,5	1,0	1,2	4,0
Crisene	108	108	1,9	1,2	1,1	<LQ	<LQ	1,4	1,2	1,4	<LQ	<LQ	1,4	1,2	1,2	1,0	<LQ	<LQ	1,5	<LQ	1,7	2,1	<LQ	<LQ	<LQ	1,7
Dibenzo (a, h) antracene		6	1,4	<LQ	<LQ	<LQ	1,1	1,0	<1	1,1	<LQ	<LQ	1,2	<LQ	1,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,5						
Fenantrene	87	87	3,2	1,9	1,9	1,1	1,2	2,0	1,3	1,7	<LQ	1,0	2,0	1,8	2,0	1,4	1,7	1,9	2,6	1,9	3,9	5,0	1,3	1,2	1,4	2,7
Fluorantene	110	113	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fluorene	21	21	12,7	7,9	5,7	6,0	5,4	5,2	6,7	7,0	2,5	4,8	8,3	7,2	6,9	7,3	4,2	7,0	10,0	6,0	12,6	6,8	4,4	4,1	4,5	14,2
Indeno(1,2,3-c,d) pirene	70	70	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,1	<LQ	1,2											
Naftalene	35	35	3,3	2,1	1,9	1,4	1,6	2,6	2,1	2,4	1,3	1,7	2,9	2,4	2,2	2,1	1,7	1,9	2,4	1,6	3,3	3,3	1,5	1,3	1,2	3,3
Pirene	153	153	2,8	1,6	1,4	1,2	1,3	2,5	1,7	2,1	<LQ	<LQ	1,8	1,6	1,4	1,3	1,3	1,8	2,3	1,2	2,4	3,7	1,1	<LQ	<LQ	2,8
Totale		900	50,3	29,2	22,3	19,6	19,6	27,8	28,6	29,8	8,7	15,3	33,8	27,7	25,8	26,0	16,9	25,8	40,9	19,9	45,1	33,3	16,6	12,9	14,2	54,8

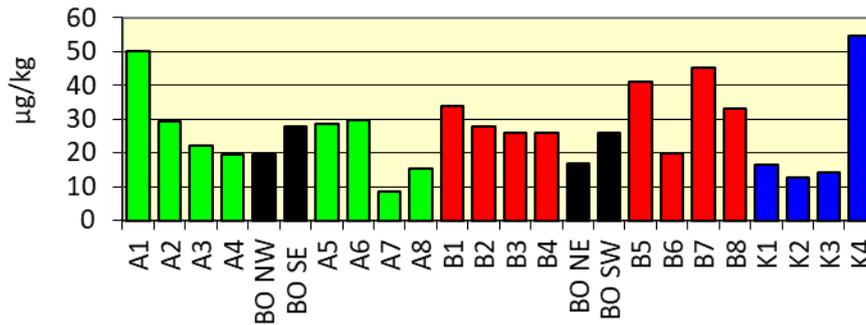


Fig. 3.21 - Concentrazioni (µg/kg s.s.) di IPA nei sedimenti prelevati nell'inverno 2019. Le stazioni poste in corrispondenza della piattaforma sono evidenziate in nero.

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, analogamente a quanto emerso nei survey precedenti (Fabi *et al.*, 2019c).

Per quanto riguarda gli idrocarburi pesanti (C>12; Tab. 3-VII; fig. 3.22), le analisi testimoniano la presenza di basse concentrazioni sia lungo i transetti sia nei controlli, senza rilevare anomalie da ricondurre alla presenza della piattaforma. Inoltre, i tenori rilevati sono risultati inferiori o confrontabili con quelli rilevati nel pre-survey.

Tab. 3-VII - Idrocarburi pesanti C>12 (mg/kg) rilevati nei sedimenti prelevati nell'inverno 2019. In rosso i siti corrispondenti alla piattaforma.

A1	12,8
A2	12,8
A3	12,7
A4	13,0
BO NW	17,3
BO SE	14,0
A5	13,3
A6	14,0
A7	25,6
A8	9,2
B1	10,0
B2	9,9
B3	13,4
B4	12,5
BO NE	13,7
BO SW	20,8
B5	14,4
B6	27,8
B7	16,3
B8	13,3
K1	10,4
K2	24,0
K3	20,2
K4	23,1

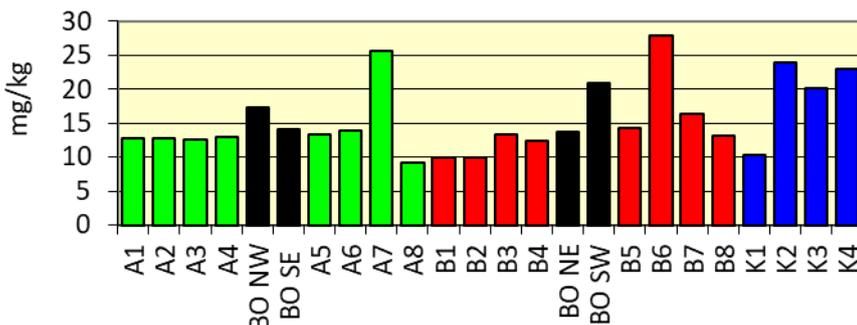


Fig. 3.22 - Idrocarburi pesanti (C>12) rilevati nell'inverno 2019. Le stazioni corrispondenti alla piattaforma sono evidenziate in nero.

3.3.4. METALLI PESANTI

I contenuti dei metalli pesanti rilevati nell'inverno 2019 sono riportati in fig. 3.23 e in Tab. 3-VIII. 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 7° survey post lavori di installazione sono risultate basse e mediamente paragonabili tra transetti, siti BO e controlli (\pm dev. st.; A: $1,48 \pm 0,18$; B: $1,54 \pm 0,33$; BO: $1,21 \pm 0,16$; K: $1,31 \pm 0,39$ %). Non ci sono anomalie da segnalare, neanche rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2019c).

Arsenico – Le concentrazioni di arsenico sono risultate ovunque, eccetto in A7, B7 e K4, superiori all'LCRN, situazione osservata anche in molti monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2019c). Comunque, mediamente non sono state rilevate differenze tra i gruppi di siti (A: $17,16 \pm 3,27$; B: $17,66 \pm 2,67$; BO: $19,74 \pm 1,64$; K: $14,34 \pm 3,03$ mg/kg). Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2019c) le concentrazioni sono aumentate ovunque.

Bario – Nell'inverno 2019 le concentrazioni di bario sono apparse diffusamente basse e in linea, o trascurabilmente maggiori, rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2019c). Tuttavia, presso la piattaforma è avvenuto un aumento evidente esibendo un tenore medio ($379,10 \pm 139,96$ mg/kg) pari a oltre 10 volte quello dei controlli ($30,20 \pm 9,92$ mg/kg). Il massimo, corrispondente al massimo assoluto dell'intero periodo di osservazione, è stato raggiunto in BO NW ($569,89$ mg/kg). Per questo motivo, sui quattro siti BO è stata eseguita l'estrazione sequenziale descritta nel Cap. 3.3.4.1. Le anomalie riscontrate, seppur modeste in valore assoluto, sono riconducibili alla presenza della piattaforma.

Cadmio – Le concentrazioni di cadmio sono risultate diffusamente modeste e, come in tutto il periodo di indagine precedente (Fabi *et al.*, 2019c), molto omogenee tra loro e ampiamente inferiori all'LCRN.

Cromo – Le concentrazioni medie rilevate nei siti A, B, BO e controlli sono apparse omogenee tra loro (A: $45,53 \pm 6,49$; B: $45,60 \pm 6,55$; BO: $38,34 \pm 3,62$; K: $39,18 \pm 9,08$ mg/kg); tuttavia in alcune stazioni (A1, A7, B7 e K4) i tenori hanno superato l'LCRN.

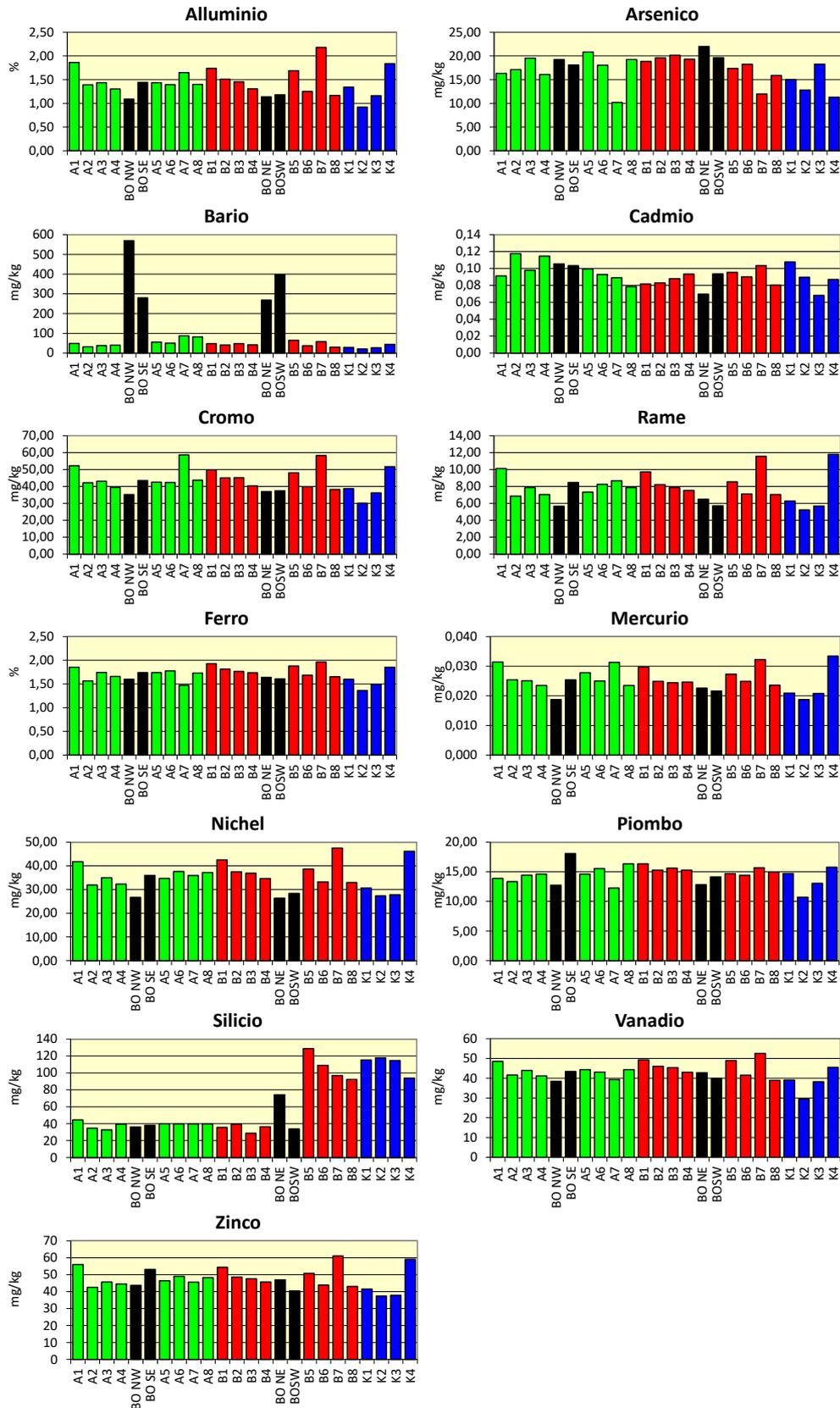


Fig. 3.23 - Concentrazioni (mg/kg; Al e Fe in %) dei metalli pesanti registrate nell'inverno 2019. In nero le stazioni corrispondenti alla piattaforma. Non è riportato l'indio in quanto non rilevabile ovunque.

Tab. 3-VIII - Concentrazioni (mg/kg s.s.; Al e Fe espressi in %) dei metalli in tracce presenti nei sedimenti prelevati nell'inverno 2019. In rosso le stazioni corrispondenti a Bonaccia NW. I superamenti del LCRN (DM 173/2016) sono evidenziati in grassetto.

	Alluminio	Arsenico	Bario	Cadmio	Cromo	Rame	Ferro	Indio	Mercurio	Nichel	Piombo	Silicio	Vanadio	Zinco
LCRN	-	12	-	0,3	50	40	-	-	0,3	30	30	-	-	100
A1	1,86	16,33	48,90	0,091	52,23	10,13	1,85	< 0,02	0,031	41,75	13,88	44,62	48,51	56,01
A2	1,39	17,09	31,39	0,118	42,14	6,87	1,56	< 0,02	0,025	31,96	13,34	34,68	41,68	42,48
A3	1,43	19,54	38,11	0,098	43,07	7,88	1,74	< 0,02	0,025	35,00	14,42	32,74	43,98	45,65
A4	1,30	16,06	40,62	0,115	39,48	7,05	1,66	< 0,02	0,024	32,36	14,61	39,53	41,18	44,53
BO NW	1,09	19,24	569,89	0,105	35,26	5,66	1,60	< 0,02	0,019	26,68	12,74	36,15	38,44	43,70
BO SE	1,44	18,09	279,88	0,103	43,58	8,47	1,74	< 0,02	0,025	35,95	18,07	38,11	43,43	53,10
A5	1,44	20,82	56,12	0,099	42,53	7,32	1,74	< 0,02	0,028	34,72	14,62	40,03	44,32	46,39
A6	1,39	18,03	50,69	0,093	42,40	8,26	1,78	< 0,02	0,025	37,61	15,55	39,83	43,14	49,00
A7	1,65	10,18	87,99	0,089	58,69	8,68	1,47	< 0,02	0,031	35,96	12,27	39,83	39,33	45,59
A8	1,40	19,24	81,97	0,079	43,69	7,88	1,73	< 0,02	0,024	37,17	16,34	39,90	44,31	48,23
B1	1,74	18,86	48,04	0,082	49,85	9,73	1,93	< 0,02	0,030	42,54	16,36	35,66	49,30	54,35
B2	1,51	19,58	40,93	0,083	45,07	8,22	1,81	< 0,02	0,025	37,50	15,30	39,49	46,09	48,54
B3	1,45	20,13	47,79	0,088	45,14	7,88	1,77	< 0,02	0,024	36,90	15,61	28,72	45,33	47,60
B4	1,31	19,29	41,84	0,093	40,36	7,52	1,73	< 0,02	0,025	34,67	15,29	36,34	43,00	45,69
BO NE	1,14	21,99	268,77	0,070	37,07	6,50	1,64	< 0,02	0,023	26,35	12,82	74,24	42,78	46,98
BO SW	1,18	19,64	397,86	0,094	37,47	5,72	1,61	< 0,02	0,022	28,38	14,14	33,78	39,89	40,44
B5	1,69	17,37	65,23	0,095	48,04	8,54	1,88	< 0,02	0,027	38,69	14,69	128,80	48,96	50,77
B6	1,25	18,23	37,40	0,090	39,89	7,12	1,69	< 0,02	0,025	33,22	14,40	109,04	41,54	43,89
B7	2,18	11,95	57,97	0,103	58,27	11,58	1,96	< 0,02	0,032	47,53	15,67	96,84	52,58	61,10
B8	1,17	15,88	29,90	0,080	38,17	7,05	1,65	< 0,02	0,024	33,00	14,99	92,32	38,93	43,09
K1	1,34	14,99	28,96	0,108	38,73	6,29	1,60	< 0,02	0,021	30,66	14,73	115,25	39,11	41,53
K2	0,92	12,80	20,86	0,090	30,12	5,24	1,36	< 0,02	0,019	27,37	10,70	117,80	29,45	37,36
K3	1,16	18,26	26,83	0,068	36,18	5,68	1,49	< 0,02	0,021	27,81	13,05	114,68	38,21	37,86
K4	1,84	11,29	44,16	0,087	51,68	11,81	1,85	< 0,02	0,033	46,18	15,77	93,92	45,54	59,08

Tali superamenti erano stati segnalati già nel pre-survey (Fabi *et al.*, 2019c) e pertanto non sono da considerare anomali. Presso Bonaccia NW il cromo si è ridotto rispetto al periodo antecedente la sua installazione.

Rame – Tutte le concentrazioni rilevate nell’inverno 2019 lungo i transetti sono risultate molto basse, inferiori all’LCRN, e comprese nel medesimo intervallo osservato per i controlli. Esse sono inoltre inferiori o in linea con quelle rilevate nel pre-survey (Fabi *et al.*, 2019c).

Ferro – Le concentrazioni medie rilevate nell’inverno 2019 nei siti A, B, BO e controlli sono risultate omogenee tra loro (A: $1,69 \pm 0,12$; B: $1,80 \pm 0,11$; BO: $1,65 \pm 0,06$; K: $1,58 \pm 0,21$ mg/kg) e inferiori o in linea con quelle registrate prima della installazione di Bonaccia NW (Fabi *et al.*, 2019c).

Indio – L’indio è risultato inferiore al limite di quantificazione (0,02 mg/kg) in tutte le stazioni. Precedentemente era stato rilevato solo in qualche sito durante i lavori di installazione e nel 1° survey post lavori (Fabi *et al.*, 2019c).

Mercurio – Tutte le concentrazioni registrate nell’inverno 2019 nei siti A, B e BO, sono risultate inferiori o in linea con i riferimenti e ampiamente inferiori all’LCRN, come indicato dalle medie (A: $0,027 \pm 0,003$; B: $0,026 \pm 0,003$; BO: $0,022 \pm 0,003$; K: $0,023 \pm 0,007$ mg/kg). Tutte sono inoltre apparse paragonabili o solo trascurabilmente maggiori rispetto a quelle del pre-survey (Fabi *et al.*, 2019c).

Nichel – Tutte le concentrazioni rilevate nell’inverno 2019 nei siti A, B e BO sono oscillate all’interno di un range del tutto confrontabile con quello dei controlli. Pertanto anche i tenori medi calcolati per A ($35,82 \pm 3,14$ mg/kg), B ($38 \pm 4,96$ mg/kg) e siti BO ($29,34 \pm 4,50$ mg/kg) sono apparsi in linea con i riferimenti ($33,01 \pm 8,90$ mg/kg). Il superamento dell’LCRN in molte stazioni dei transetti e in BO NW non desta preoccupazioni essendosi verificato anche in due controlli e confermando quanto osservato sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2019c); pertanto non è riconducibile alla presenza della piattaforma.

Piombo - Tutte le concentrazioni rilevate nell’inverno 2019 sono apparse molto basse e ben al di sotto dell’LCRN, tanto che anche le differenze tra i siti sono da ritenere trascurabili. Non ci sono anomalie da segnalare rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2019c).

Silicio – Le concentrazioni del silicio registrate lungo il transetto A, presso BO e nei siti B1-B4 sono risultate inferiori a quelle dei controlli e variabili tra 28 e 74 mg/kg. Nei siti

B5-B8 il silicio ha invece assunto valori molto più elevati e del tutto comparabili alle stazioni K. Come emerso in precedenza (Fabi *et al.*, 2019c), questo metallo è caratterizzato da un'elevata variabilità temporale e spaziale, pertanto non è possibile identificare dei trend riconducibili alla presenza di Bonaccia NW.

Rispetto al pre-survey il silicio è aumentato un po' ovunque, ma al momento non ci sono segnali che indichino una relazione tra tale comportamento e la presenza della piattaforma.

Vanadio – Tutte le concentrazioni rilevate nell'inverno 2019 lungo i transetti e in corrispondenza della piattaforma sono apparse in linea o trascurabilmente maggiori rispetto ai riferimenti, come indicato anche dalle medie (A: 43,31±2,74; B: 45,72±4,50; BO: 41,13±2,37; K: 38,08±6,61 mg/kg). Tutte sono inoltre risultate inferiori o paragonabili a quelle del pre-survey (Fabi *et al.*, 2019c).

Zinco – I tenori registrati nell'area circostante la piattaforma sono risultati in linea con i riferimenti (A: 74,24±4,09; B: 49,38±5,99; BO: 46,06±5,40; K: 43,96±10,25 mg/kg) e confrontabili con quelli registrati nel pre-survey (Fabi *et al.*, 2019c). In tutto il periodo di osservazione, incluso l'ultimo monitoraggio, non è mai stato superato l'LCRN.

3.3.4.1 Estrazione sequenziale del bario

Anche se il bario è un metallo che non rientra tra quelli Normati dal DM 173-2016 e non è noto per la tossicità ambientale, essendo le concentrazioni rilevate nell'inverno 2019 nei 4 siti BO più che doppie rispetto alla media del pre-survey (49,07±18,07 mg/kg) si è ritenuto opportuno valutarne la biodisponibilità. Dai risultati ottenuti è emersa una netta prevalenza della frazione non biodisponibile che ha rappresentato dal 68,3% (BO NE) all'87,1% (BO NW; Tab. 3-IX). Inoltre, le ragioni biodisponibili di tutti i quattro campioni si sono attestate su valori inferiori al doppio della concentrazione media del pre-survey, valore preso come riferimento e che può essere considerato come limite cautelativo.

Tab. 3-IX – Risultati dell'estrazione sequenziale del bario eseguita sui campioni prelevati dai 4 siti BO nell'inverno 2019.

Bario	Concentrazione totale (mg/kg)	Frazione potenzialmente Biodisponibile (Σ F1+F2+F3)	Frazione non Biodisponibile	Frazione potenzialmente Biodisponibile (Σ F1+F2+F3)	Frazione non Biodisponibile
		mg/kg		percentuale	
BO NW	569,89	73,34	496,56	12,9	87,1
BO SE	279,88	50,40	229,48	18,0	82,0
BO NE	268,77	85,22	268,77	31,7	68,3
BO SW	397,86	56,45	397,86	14,2	85,8

3.3.5. SOSTANZA ORGANICA

Nell'inverno 2019 la sostanza organica rilevata nelle stazioni del transetto B è risultata leggermente più elevata rispetto a quelle del transetto A sino ad A6, anche se mediamente non sono emerse particolari differenze (rispettivamente 19515 ± 1066 e 15328 ± 3903 mg/kg). I siti BO hanno presentato comportamenti simili a quelli del transetto corrispondente, con BO NW e BO SE paragonabili ad A e BO NE e BO SW paragonabili a B (Tab. 3-X e fig. 3.24). La concentrazione media dei controlli (12430 ± 3045 mg/kg) è risultata comparabile a quella del transetto A e inferiore a quella di B.

Rispetto al pre-survey (Fabi *et al.*, 2019c) i tenori sono tendenzialmente aumentati, in particolare presso la piattaforma. Comunque, tutte le concentrazioni registrate nell'ultimo monitoraggio sono inferiori a quella rilevata nel controllo K4 prima dell'installazione per cui, nel complesso, l'effetto da parte di Bonaccia NW su questa variabile è da ritenere trascurabile.

Tab. 3-X – Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'inverno 2019. In rosso le stazioni corrispondenti alla piattaforma.

A1	14215	B1	18060	K1	16114
A2	13254	B2	20861	K2	11355
A3	11009	B3	20647	K3	8926
A4	14464	B4	19330	K4	13326
BO NW	13005	BO NE	19858		
BO SE	11144	BO SW	20382		
A5	16108	B5	20028		
A6	11474	B6	18070		
A7	21676	B7	19985		
A8	20423	B8	19135		

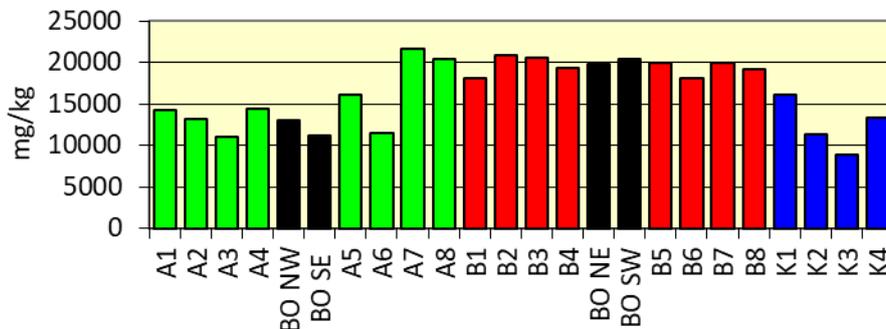


Fig. 3.24 - Concentrazioni di sostanza organica (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'inverno 2019. In nero le stazioni campionate nel sito in cui è installata Bonaccia NW.

3.3.6. TOTAL ORGANIC CARBON (TOC)

Le concentrazioni di TOC osservate nell'inverno 2019 lungo i transetti e presso Bonaccia NW sono rientrate nell'intervallo dei controlli compreso tra 2280 (K2) e 4860 (K4) mg/kg (Tab. 3-XI e fig. 3.25). Nel complesso, come osservato nelle campagne precedenti (Fabi *et al.*, 2019c), la presenza di Bonaccia NW non sembra influenzare questa variabile. Infatti, le anomalie osservate durante il 2° survey post lavori di installazione presso la piattaforma e lungo i transetti, non essendo state confermate nei survey successivi, rimangono insufficienti per comprovare uno stato di alterazione in seguito all'installazione della piattaforma.

Tab. 3-XI – Concentrazioni di TOC (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'inverno 2019. In rosso le stazioni corrispondenti alla piattaforma.

A1	3930
A2	2990
A3	3110
A4	2720
BO NW	2380
BO SE	3210
A5	2970
A6	3360
A7	4630
A8	3360

B1	4130
B2	3340
B3	3130
B4	3270
BO NE	2310
BO SW	2440
B5	3400
B6	2940
B7	4820
B8	3040

K1	2630
K2	2280
K3	2370
K4	4860

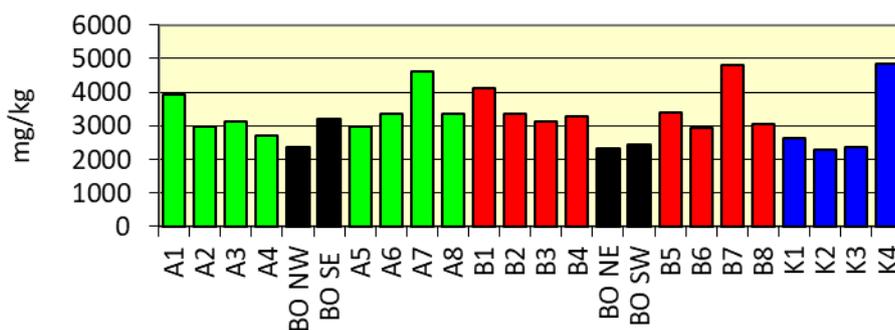


Fig. 3.25 - Concentrazioni di TOC (mg/kg s.s.) rilevate nei sedimenti prelevati nell'inverno 2019. In nero le stazioni campionate nel sito in cui è installata Bonaccia NW.

3.4. INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE DEI SEDIMENTI

3.4.1. *DUNALIELLA TERTIOLECTA*

QA-QC – Nell’inverno 2019 il valore di EC50 con $K_2Cr_2O_7 = 14,99$ mg/l (come cromo) (LC=14,77 e UC=15,18 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 condotto nel 7° survey post lavori sono riportati in Tab. 3-XII, contestualmente ai principali parametri (salinità e pH) misurati nell’elutriato. In nessun campione è emersa la presenza di tossicità, come nei monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2019c).

Tab. 3-XII - Parametri di contorno e risultati del saggio di tossicità con *D. tertiolecta* nel 7° survey post lavori. In rosso i siti corrispondenti alla piattaforma.

campione	Salinità (‰)	pH	ΔG (%) 72 h	EC50 % (L.C. 95%)	EC20 % (L.C. 95%)	Tossicità
A3	34	8,09	-2,00	≥ 90	≥ 100	Assente
A4	34	8,13	-0,86	≥ 90	≥ 100	Assente
BONW	34	8,13	-1,71	≥ 90	≥ 100	Assente
BO SE	34	8,14	-1,71	≥ 90	≥ 100	Assente
A5	34	8,13	4,57	≥ 90	≥ 100	Assente
A6	34	8,14	-2,00	≥ 90	≥ 100	Assente
B3	34	8,12	-0,29	≥ 90	≥ 100	Assente
B4	34	8,14	1,43	≥ 90	≥ 100	Assente
BONE	34	8,17	14,00	≥ 90	≥ 100	Assente
BOSW	34	8,13	6,86	≥ 90	≥ 100	Assente
B5	34	8,10	0,29	≥ 90	≥ 100	Assente
B6	34	8,13	-2,29	≥ 90	≥ 100	Assente
K1	34	8,12	2,57	≥ 90	≥ 100	Assente
K2	34	8,15	2,57	≥ 90	≥ 100	Assente
K3	34	8,14	-0,57	≥ 90	≥ 100	Assente
K4	34	8,14	0,57	≥ 90	≥ 100	Assente

3.4.2. *VIBRIO FISCHERI*

QA-QC – Nell’inverno 2019 il valore di EC50 (15') = 11,37 mg/l (LC=9,09 e UC=14,22) è rientrato nei limiti della carta di controllo del laboratorio.

Risultati del test – I risultati del saggio condotto nel 7° survey post lavori sono riportati in Tab. 3-XIII, contestualmente ai principali parametri (salinità e pH) degli elutriati. Non è stata rilevata alcuna tossicità confermando quanto osservato precedentemente (Fabi *et al.*,

2019c).

Tab. 3-XIII - Risultati del saggio biologico *V. fischeri* effettuato su gli elutriati dei campioni di sedimenti prelevati nel 7° survey post lavori. In rosso le stazioni in corrispondenza della piattaforma.

Campione	Salinità (%)	pH	% Effetto (15')	%Effetto (30')	EC20 (15/30')	EC50 (15/30')	Tossicità
A3	34	8,09	-12,21	-11,96	≥90	≥90	Assente
A4	34	8,13	-12,89	-13,01	≥90	≥90	Assente
BONW	34	8,13	-10,48	-10,26	≥90	≥90	Assente
BO SE	34	8,14	-12,67	-11,94	≥90	≥90	Assente
A5	34	8,13	-11,40	-11,52	≥90	≥90	Assente
A6	34	8,14	-12,27	-12,22	≥90	≥90	Assente
B3	34	8,12	-9,03	-8,98	≥90	≥90	Assente
B4	34	8,14	-9,45	-9,42	≥90	≥90	Assente
BONE	34	8,17	-13,46	-13,89	≥90	≥90	Assente
BOSW	34	8,13	-8,09	-8,54	≥90	≥90	Assente
B5	34	8,10	-12,48	-12,43	≥90	≥90	Assente
B6	34	8,13	-7,40	-7,24	≥90	≥90	Assente
K1	34	8,12	-7,71	-7,80	≥90	≥90	Assente
K2	34	8,15	-7,91	-8,39	≥90	≥90	Assente
K3	34	8,14	-7,90	-7,83	≥90	≥90	Assente
K4	34	8,14	-6,80	-7,00	≥90	≥90	Assente

3.4.3. COROPHIUM ORIENTALE

QA-QC – Nel 7° survey post lavori di installazione la sensibilità degli organismi test verso il tossico di riferimento ($CdCl_2$) $LC_{50} = 2,79$ ($LC = 2,50$ mg/l e $UC = 3,11$ mg/l) è rientrata nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La sopravvivenza degli organismi sul sedimento di controllo dopo 10 gg è risultata conforme, in quanto superiore all'85%. In Tab. 3-XIV sono riportati i principali parametri dell'acqua sovrastante i sedimenti testati, misurati all'inizio e alla fine del saggio biologico.

Risultati del test – In direzione NW-SE è stato rilevato un debole segnale di tossicità bassa in BO SE e in A6 (Tab. 3-XV). Più impattata è risultata la direzione NE-SW, dove la tossicità è risultata alta in B4 e in BO NE e media in B5. Altrove, controlli inclusi, non è stata rilevata tossicità. Tali risultati indicano un peggioramento rispetto ai monitoraggi pregressi (Fabi *et al.*, 2019c).

Tab. 3-XIV – Parametri chimici e fisici dell’acqua sovrastante i sedimenti testati, misurati all’inizio e alla fine del test relativo al 7° survey post lavori. In rossi siti della piattaforma.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	T (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)	T (°C)	Salinità (%)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)
Controllo	16 ± 1	36	8,11	0	> 85	16 ± 1	36	8,17	1	> 85
A3		36	8,12	0			36	8,11	0	
A4		36	8,12	0			36	8,12	0	
BONW		36	8,13	0-0,5			36	8,11	0	
BO SE		36	8,14	0			36	8,06	0	
A5		36	8,13	0			36	8,12	0	
A6		36	8,09	0			35	8,12	0	
B3		36	8,11	0			36	8,10	0	
B4		36	8,13	0			36	8,11	0	
BONE		36	8,15	0,5			36	8,12	0	
BOSW		36	8,12	0			36	8,13	0	
B5		36	8,13	0			36	8,13	0	
B6		35	8,12	0			35	8,11	0	
K2		36	8,13	0			36	8,11	0	
K3		36	8,12	0			36	8,10	0	
K4		36	8,13	0			36	8,10	0	
K4	36	8,14	0	36	8,10	0				

Tab. 3-XV - Percentuali di mortalità degli organismi *C. orientale* osservata nel test di tossicità acuta relativo al 7° survey post lavori. In rosso le stazioni in corrispondenza della piattaforma.

Campione	N. organismi esposti	% organismi morti (± incertezza)	% (corretta) organismi morti	Tossicità
Controllo	100	3 ± 0,80	0	-
A3	100	16 ± 3,27	13	Assente
A4	100	6 ± 2,31	3	Assente
BO NW	100	8 ± 1,30	5	Assente
BO SE	100	22 ± 2,05	20	Bassa
A5	100	14 ± 5,16	11	Assente
A6	100	27 ± 3,83	25	Bassa
B3	100	5 ± 2,00	2	Assente
B4	100	73 ± 3,83	72	Alta
BO NE	100	69 ± 5,03	68	Alta
BO SW	100	11 ± 3,83	8	Assente
B5	100	56 ± 3,27	55	Media
B6	100	15 ± 5,03	12	Assente
K1	100	11 ± 3,83	8	Assente
K2	100	6 ± 2,31	3	Assente
K3	100	8 ± 3,27	5	Assente
K4	100	6 ± 5,16	3	Assente

3.4.4. CRASSOSTREA GIGAS

QA-QC - Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito nell’inverno 2019 un valore dell’EC₅₀ di 11,45 µg/l di Cu (LC=10,79 e UC=12,16), che rientra nei limiti della

carta di controllo intra-laboratorio. La percentuale media di larve D-shape normalmente sviluppate nel campione di controllo ($86\pm 0,58\%$) è risultata conforme, in quanto superiore al limite del 70%.

Risultati del saggio – Questo test ha rilevato l'assenza di tossicità a 30 m a NW della piattaforma (A4), a 60 m verso NE (B6) e in tre controlli (Tab. 3-XVI). Altrove la tossicità è apparsa diffusa e generalmente bassa. Solo in A5 e B6 è stata media, analogamente al controllo K2.

Questi risultati indicano un lieve peggioramento in BO SE, precedentemente sempre privo di tossicità (Fabi *et al.*, 2019c), in B6 e K2 caratterizzati negli ultimi monitoraggi rispettivamente da una tossicità bassa e assente.

Tab. 3-XVI - Risultati relativi al saggio di tossicità con *C. gigas* nei campioni prelevati nel 7° survey post lavori. In rosso le stazioni in corrispondenza della piattaforma.

Campione	Concentrazione	% media di larve normali ± dev.st	% media di larve malformate	Correzione Abbott larve malformate	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
Controllo		86 ± 0,58	14	0			
A3	100	60 ± 1,53	40	30	76,8	≥100	Bassa
	50	75 ± 1,53	25	13			
	25	82 ± 0,58	18	4			
A4	100	66 ± 1,00	34	23	≥90	≥100	Assente
	50	77 ± 2,08	23	10			
	25	82 ± 2,08	18	4			
BO NW	100	62 ± 1,53	38	28	83,9	≥100	Bassa
	50	76 ± 1,53	24	11			
	25	82 ± 1,53	18	5			
BO SE	100	58 ± 1,53	42	33	63,4	≥100	Bassa
	50	69 ± 1,53	31	20			
	25	81 ± 1,53	19	5			
A5	100	39 ± 1,00	61	54	45,4	92,1	Media
	50	63 ± 2,08	37	27			
	25	80 ± 1,53	20	7			
A6	100	56 ± 1,53	44	34	57,6	≥100	Bassa
	50	66 ± 2,00	34	23			
	25	81 ± 1,73	19	5			
B3	100	67 ± 1,00	33	22	≥90	≥100	Assente
	50	77 ± 2,08	23	10			
	25	83 ± 1,00	17	3			
B4	100	52 ± 2,08	48	40	57	≥100	Bassa
	50	68 ± 1,53	32	20			
	25	82 ± 2,00	18	4			
BO NE	100	45 ± 1,15	55	48	49,6	≥100	Bassa
	50	65 ± 2,00	35	24			
	25	81 ± 1,53	19	6			
BOSW	100	63 ± 1,00	37	26	83,5	≥100	Bassa
	50	74 ± 2,08	26	13			
	25	82 ± 1,15	18	5			
B5	100	51 ± 1,73	49	40	57,2	≥100	Bassa
	50	69 ± 1,53	31	20			
	25	81 ± 1,53	19	6			
B6	100	40 ± 2,00	60	53	44,9	94	Media
	50	62 ± 2,08	38	27			
	25	79 ± 1,15	21	7			
K1	100	65 ± 1,15	35	25	≥90	≥100	Assente
	50	77 ± 1,53	23	10			
	25	83 ± 0,58	17	4			
K2	100	22 ± 2,08	78	75	37,9	65,5	Media
	50	54 ± 2,08	46	37			
	25	78 ± 0,58	22	9			
K3	100	72 ± 1,53	28	16	≥90	≥100	Assente
	50	79 ± 1,53	21	8			
	25	84 ± 0,58	16	2			
K4	100	75 ± 1,53	25	13	≥90	≥100	Assente
	50	79 ± 0,58	21	7			
	25	83 ± 1,00	17	3			

3.5. INQUINANTI E BIOMARKER IN *HEDISTE DIVERSICOLOR*

3.5.1. RICERCA DI METALLI PESANTI

In Tab. 3-XVII 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 nell'inverno 2019, mentre la Tab. 3-XVIII mostra le differenze tra le concentrazioni dei metalli pesanti rilevate nei tessuti dei policheti dopo l'esposizione ai sedimenti testati e quelle determinate nel bianco (0').

È stato rilevato un bioaccumulo diffuso di **arsenico** e **mercurio**. Più sporadico il bioaccumulo di **rame**, che ha interessato un sito della piattaforma, 3 del transetto A, B6 e un controllo, e di **cadmio** rilevato esclusivamente in B5. **Lo zinco** è stato bioaccumulato principalmente in piattaforma e lungo il transetto A, ma anche nel controllo K1. Il bioaccumulo di **bario** invece, essendo stato osservato esclusivamente nell'area circostante Bonaccia NW, è sicuramente correlabile ad essa. Tutti gli altri metalli ricercati o non sono stati rilevati, o hanno presentato negli organismi testati concentrazioni inferiori a quelle del bianco. Questi risultati concordano in generale con quelli ottenuti nel monitoraggio precedente (Fabi *et al.*, 2019c).

Tab. 3-XVII - Concentrazioni (mg/kg; Al espresso in %) dei metalli pesanti rilevate nei tessuti di *H. diversicolor* nel 7° survey post lavori. In rosso sono evidenziate le stazioni corrispondenti a Bonaccia 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.	6,6	n.r.	0,10	n.r.	19,1	434,4	3,1	n.r.	0,69	88,9	n.r.	130,7	0,075
Controllo	n.r.	7,7	n.r.	0,09	n.r.	18,7	405,7	2,4	n.r.	0,61	81,3	n.r.	139,8	0,099
A3	n.r.	8,0	2,6	0,11	n.r.	25,7	404,4	2,7	n.r.	0,64	79,2	n.r.	179,0	0,099
A4	n.r.	8,1	2,3	0,10	n.r.	26,4	402,5	2,6	n.r.	0,62	79,5	n.r.	178,0	0,090
BONW NW	n.r.	9,3	17,1	0,08	n.r.	22,5	421,4	2,8	n.r.	0,75	76,4	n.r.	186,2	0,088
BONW SE	n.r.	9,4	17,0	0,09	n.r.	23	429,4	2,9	n.r.	0,72	78,1	n.r.	181,2	0,099
A5	n.r.	8,0	2,4	0,09	n.r.	24,6	400,2	2,7	n.r.	0,64	79,2	n.r.	177,0	0,099
A6	n.r.	8,6	4,0	0,10	n.r.	20,0	369,3	2,5	n.r.	0,75	81,03	n.r.	160,7	0,106
B3	n.r.	9,6	4,8	0,10	n.r.	20,6	419,6	3,5	n.r.	0,78	87,8	n.r.	143,3	0,107
B4	n.r.	9,4	4,8	0,10	n.r.	20,6	419,6	3,5	n.r.	0,78	87,8	n.r.	143,3	0,107
BONW NE	n.r.	9,2	17,0	0,09	n.r.	21,4	427,1	3,1	n.r.	0,80	74,2	n.r.	183,3	0,090
BONW SW	n.r.	9,4	17,0	0,09	n.r.	22,5	429,1	2,32	n.r.	0,71	76,3	n.r.	185,6	0,096
B5	n.r.	9,0	4,5	0,15	n.r.	21,5	416,5	3,5	n.r.	0,67	86,5	n.r.	139,5	0,113
B6	n.r.	10,4	5,3	0,10	n.r.	23,5	435,0	2,4	n.r.	0,51	78,8	n.r.	141,0	0,111
K1	n.r.	9,2	n.r.	0,10	n.r.	24,7	408,3	2,6	n.r.	0,61	67,8	n.r.	163,5	0,107
K2	n.r.	9,1	n.r.	0,07	n.r.	20,2	395,1	3,2	n.r.	0,65	77,0	n.r.	143,5	0,087
K3	n.r.	8,7	n.r.	0,08	n.r.	21,5	443,0	2,6	n.r.	0,67	84,1	n.r.	147,3	0,105
K4	n.r.	8,9	n.r.	0,09	n.r.	20,7	404,9	2,5	n.r.	0,64	87,7	n.r.	155,0	0,099

Tab. 3-XVIII - Differenze percentuali 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 sono evidenziate le stazioni corrispondenti a Bonaccia NW. 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	nc	16,7	nc	-10	nc	-2,1	-6,6	-22,6	nc	-11,6	-8,5	nc	7,0	32,0
A3	nc	21,2	nc	10	nc	34,6	-6,9	-12,9	nc	-7,2	-10,9	nc	37,0	32,0
A4	nc	22,7	nc	0	nc	38,2	-7,3	-16,1	nc	-10,1	-10,6	nc	36,2	20,0
BONW NW	nc	40,9	nc	-20	nc	17,8	-3,0	-9,7	nc	8,7	-14,1	nc	42,5	17,3
BONW SE	nc	42,4	nc	-10	nc	20,4	-1,2	-6,5	nc	4,3	-12,1	nc	38,6	32,0
A5	nc	21,2	nc	-10	nc	28,8	-7,9	-12,9	nc	-7,2	-10,9	nc	35,4	32,0
A6	nc	30,3	nc	0	nc	4,7	-15,0	-19,4	nc	8,7	-8,9	nc	23,0	41,3
B3	nc	45,5	nc	0	nc	7,9	-3,4	12,9	nc	13,0	-1,2	nc	9,6	42,7
B4	nc	42,4	nc	0	nc	7,9	-3,4	12,9	nc	13,0	-1,2	nc	9,6	42,7
BONW NE	nc	39,4	nc	-10	nc	12,0	-1,7	0,0	nc	15,9	-16,5	nc	40,2	20,0
BONW SW	nc	42,4	nc	-10	nc	17,8	-1,2	-25,2	nc	2,9	-14,2	nc	42,0	28,0
B5	nc	36,4	nc	50	nc	12,6	-4,1	12,9	nc	-2,9	-2,7	nc	6,7	50,7
B6	nc	57,6	nc	0	nc	23,0	0,1	-22,6	nc	-26,1	-11,4	nc	7,9	48,0
K1	nc	39,4	nc	0	nc	29,3	-6,0	-16,1	nc	-11,6	-23,7	nc	25,1	42,7
K2	nc	37,9	nc	-30	nc	5,8	-9,0	3,2	nc	-5,8	-13,4	nc	9,8	16,0
K3	nc	31,8	nc	-20	nc	12,6	2,0	-16,1	nc	-2,9	-5,4	nc	12,7	40,0
K4	nc	34,8	nc	-10	nc	8,4	-6,8	-19,4	nc	-7,2	-1,3	nc	18,6	32,0

3.5.2. BIOMARKER

In Tab. 3-XIX sono riportati i parametri chimico-fisici di contorno rilevati nel corso del test condotto su *H. diversicolor* sui sedimenti prelevati nell'inverno 2019 presso la piattaforma Bonaccia NW. Le percentuali di mortalità degli organismi osservate nei sedimenti testati sono risultate confrontabili come quelle evidenziate nel controllo eccetto in BO SE e A3 in cui non è stata rilevata mortalità (Tab. 3-XX).

In Tab. 3-XXI sono invece riportati i valori dei biomarker analizzati nei policheti esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati.

Tab. 3-XIX- Parametri chimico-fisici dell'acqua sovrastante il sedimento registrati all'inizio e al termine del test di bioaccumulo. In rosso i siti della 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	18,0 ± 0,1	33	8,22	0,5	98,0 ± 1,0	18,0 ± 1,0	34	8,19	0,3	97 ± 2
A3		33	8,22	0,5			34	8,20	0,3	
A4		33	8,22	0,5			34	8,20	0,3	
BO NW		33	8,18	0,5			34	8,20	0,3	
BO SE		33	8,18	0,5			34	8,20	0,3	
A5		33	8,22	0,5			34	8,20	0,3	
A6		33	8,21	0,5			34	8,23	0,3	
B3		33	8,20	0,5			34	8,19	0,3	
B4		33	8,22	0,5			34	8,19	0,3	
BO NE		33	8,18	0,5			34	8,20	0,3	
BO SW		33	8,18	0,5			34	8,20	0,3	
B5		33	8,22	0,5			34	8,19	0,3	
B6		33	8,22	0,5			34	8,19	0,3	
K1		33	8,22	0,5			34	8,19	0,3	
K2		33	8,19	0,5			34	8,22	0,3	
K3		33	8,18	0,5			34	8,19	0,3	
K4	33	8,31	0,5	34	8,21	0,3				

Tab. 3-XX - Percentuali di mortalità degli organismi *H. diversicolor* osservati nel test di bioaccumulo registrate nel corso del test condotto sui sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW. In rosso sono evidenziate le stazioni corrispondenti a Bonaccia NW.

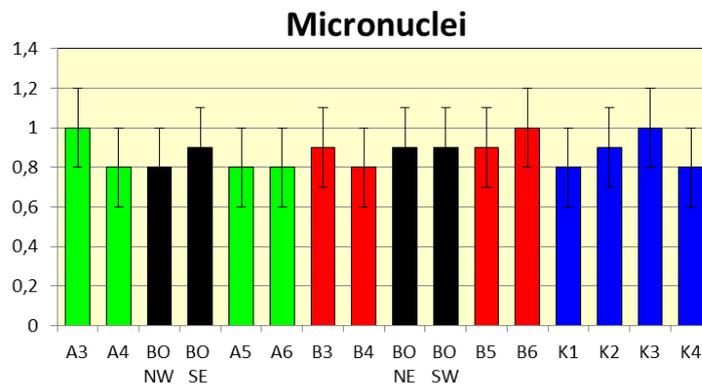
campione	Numero degli organismi esposti	% organismi morti
Controllo	20	10,0
A3	20	0
A4	20	10,0
BO NW	20	10,0
BO SE	20	0
A5	20	10,0
A6	20	10,0
B3	20	10,0
B4	20	10,0
BO NE	20	10,0
BO SW	20	10,0
B5	20	10,0
B6	20	10,0
K1	20	10,0
K2	20	10,0
K3	20	10,0
K4	20	10,0

Tab. 3-XXI - Risultati degli indici sub letali di stress evidenziati nei policheti esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nell'inverno 2019. In rosso i siti corrispondenti alla piattaforma.

Biomarker	Unità di misura	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	K1	K2	K3	K4
Micronuclei	frequenza %	1,0±0,1	0,8±0,2	0,8±0,2	0,9±0,2	0,8±0,2	0,8±0,2	0,9±0,2	0,8±0,2	0,9±0,2	0,9±0,2	0,9±0,2	1,0±0,1	0,8±0,2	0,9±0,2	1,0±0,1	0,8±0,2
Catalasi	μmol/min/mg di prot	58,6±10,4	61,5±9,0	50,0±5,0	54,0±4,0	61,5±9,0	60,5±9,0	50,0±4,0	52,0±5,0	51,0±4,5	53,5±6,0	54,0±4,0	58,6±10,4	60,5±9,0	54,0±4,0	58,6±10,4	60,5±9,0
Glutazione trasferasi	nmol/min/mg di prot	30,2±5,1	31,2±4,0	30,2±9,5	31,2±6,5	31,2±4,0	31,2±4,8	22,2±4,6	23,2±5,6	33,1±7,7	31,2±6,8	27,2±4,6	44,5±6,4	27,2±4,6	22,2±8,6	26,2±7,6	22,2±5,6
Stabilità lisosmiale	min	102,0±10,0	88,5±7,0	78,9±8,0	75,9±8,0	88,5±7,0	100,5±7,5	75,9±8,0	71,9±9,0	97,9±9,0	92,9±7,0	75,9±8,0	101,0±7,0	99,5±8,5	75,9±8,0	105,0±5,0	100,5±7,5
Attività mitocondriale	Intensità/μm ²	81±12,0	71±12,0	79,2±6,1	50,2±5,1	71±12,0	76±12,0	86±11,0	82±15,0	80,2±6,7	80,5±6,1	86±12,0	50,1±4,0	76±12,0	88,1±12,0	91,0±9,2	83,5±11,0
Metallotioneine	μg/mg prot	20,4±2,8	14,8±3,0	30,2±2,5	27,8±1,5	14,8±3,0	12,8±3,0	11,8±1,1	10,8±2,1	29,4±5,5	26,8±1,6	14,8±2,1	21,8±1,8	10,8±0,5	11,8±1,5	12,8±2,3	7,8±1,1
Immunolocalizzazione IPA	Intensità/μm ²	41,1±2,5	31,3±1,0	39,1±6,5	40,1±5,5	31,3±1,0	36,3±1,9	47,0±2,1	47,3±2,4	41,1±6,5	38,1±6,7	45,1±2,8	37,0±3,5	40,5±7,5	38,0±7,5	39,1±2,1	57,5±1,3

3.5.2.1 Micronuclei

E' stata evidenziata una distribuzione di frequenze di micronuclei nei celomociti omogenea tra i siti investigati, compresa tra $0,8 \pm 0,2\%$ (BO NW, A4, A5, A6, B4, K1 e K4) e $1,0 \pm 0,1\%$ (A3, B6 e K3; fig. 3.26). Tale distribuzione tende a ipotizzare la scarsa genotossicità indotta negli organismi da parte della matrice ambientale testata. Le frequenze osservate sono apparse estremamente contenute e confrontabili ai livelli di base tipici di organismi in buono stato di salute (Catalano *et al.*, 2012).



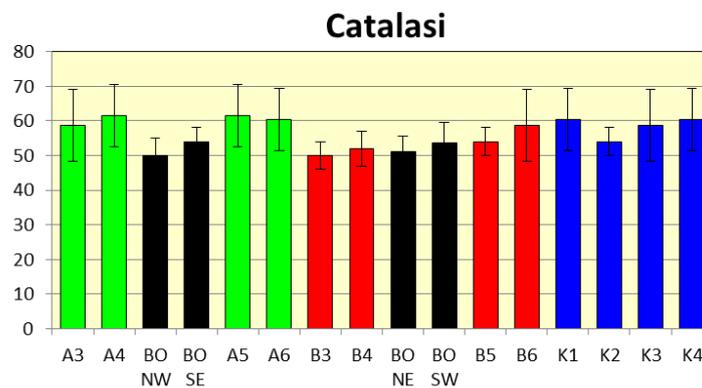
	BO SE	BO NW	BO NE	BO SW	A3	A4	A5	A6	B3	B4	B5	B6	K1	K2	K3	K4
BO SE		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
BO NW			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
BO NE				ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
BO SW					ns											
A3						ns										
A4							ns									
A5								ns								
A6									ns							
B3										ns						
B4											ns	ns	ns	ns	ns	ns
B5												ns	ns	ns	ns	ns
B6													ns	ns	ns	ns
K1														ns	ns	ns
K2															ns	ns
K3																ns
K4																

Fig. 3.26 – Valori medi delle frequenze di micronuclei riscontrate nei celomociti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nell’inverno 2019 e analisi statistica. Test ANOVA * $p < 0,05$; ns = non significativo.

3.5.2.2 Determinazione dell'attività di catalasi

L'attività di catalasi misurata nei tessuti dei policheti è risultata compresa tra $50,0 \pm 4,0$ $\mu\text{mol}/\text{min mg}$ di proteine totali del sito B3 e $61,5 \pm 9,0$ $\mu\text{mol}/\text{min mg}$ di proteine totali osservate in A4 e A5 (fig. 3.27). In nessun caso sono state rilevate differenze significative

tra gli organismi esposti ai diversi sedimenti prelevati. Le risposte biologiche osservate hanno evidenziato l'assenza di stimolazione dei meccanismi enzimatici di protezione contro gli agenti ossidanti presenti nell'ambiente investigato. Esse risultano simili o inferiori a quelle riportate dalla più recente letteratura inerente analoghi piani di monitoraggio presso aree marino-costiere (Perez *et al.*, 2004; Douhri e Sayah, 2009; Solè *et al.*, 2009; Bouraoui *et al.*, 2010).



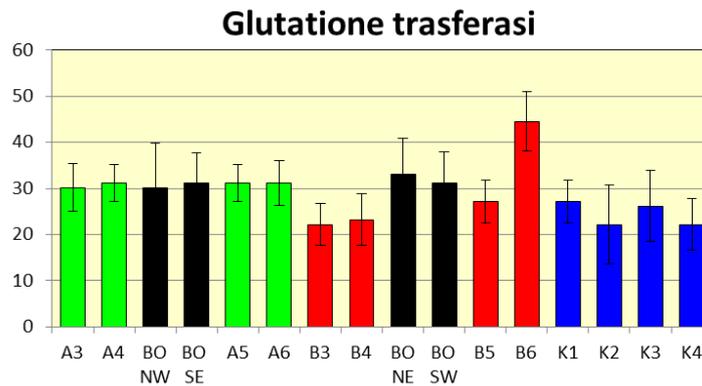
	BO SE	BO NW	BO NE	BO SW	A3	A4	A5	A6	B3	B4	B5	B6	K1	K2	K3	K4
BO SE		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
BO NW			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
BO NE				ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
BO SW					ns											
A3						ns										
A4							ns									
A5								ns								
A6									ns							
B3										ns						
B4											ns	ns	ns	ns	ns	ns
B5												ns	ns	ns	ns	ns
B6													ns	ns	ns	ns
K1														ns	ns	ns
K2															ns	ns
K3																ns
K4																

Fig. 3.27 - Attività di catalasi ($\mu\text{mol di catalasi}/\text{min}/\text{mg}^{-1}$ proteine totali estratte) associata ai tessuti dei policheti esposti ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nell'inverno 2019 e analisi statistica. Test ANOVA * $p < 0,05$; ns = non significativo.

3.5.2.3 Determinazione dell'attività della glutazione transferasi

L'attività della glutazione transferasi misurata nell'inverno 2019 nei tessuti dei policheti è risultata compresa tra $22,2 \pm 5,6$ nmol/min/mg di prot. del sito K4 e $44,5 \pm 6,4$ nmol/min/mg di prot. osservate in B6 (fig. 3.28). Rispetto ai controlli e a quasi tutti gli altri siti solo B6 ha evidenziato un leggero aumento. Le risposte biologiche osservate indicano dunque una

debole stimolazione dei meccanismi enzimatici di protezione contro gli agenti ossidanti presenti nell'ambiente investigato limitata a B6. Questi risultati sono simili o inferiori a quelli riportati dalla letteratura più recente sui monitoraggi presso aree marino-costiere (Perez *et al.*, 2004; Durou *et al.*, 2007; Douhri *et al.*, 2009; Bouraoui *et al.*, 2010).



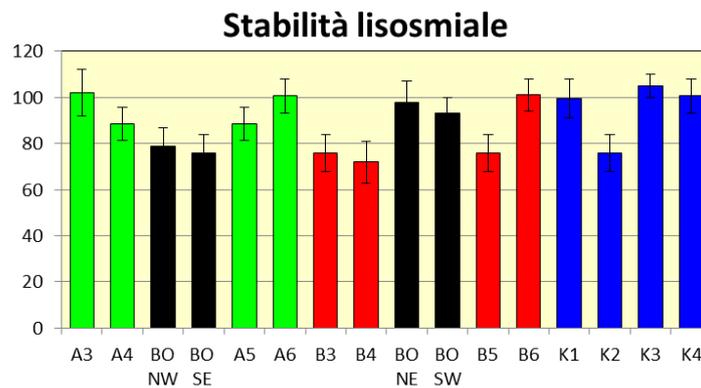
	BO SE	BO NW	BO NE	BO SW	A3	A4	A5	A6	B3	B4	B5	B6	K1	K2	K3	K4
BO SE		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
BO NW			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
BO NE				ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
BO SW					ns	*	ns	ns	ns	ns						
A3						ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
A4							ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
A5								ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
A6									ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
B3										ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
B4											ns	*	ns	ns	ns	ns
B5												*	ns	ns	ns	ns
B6													*	*	*	*
K1														ns	ns	ns
K2															ns	ns
K3																ns
K4																

Fig. 3.28 - Valori medi dell'attività della glutazione trasferasi (nmol/min/mg di prot proteine totali estratte) associata ai tessuti di policheti (*H. diversicolor*) esposti ai sedimenti prelevati nell'inverno 2019 e analisi statistica. Test ANOVA * $p < 0,05$; ns = non significativo.

3.5.2.4 Stabilità delle membrane lisosomiali

Nel corso dello studio sono stati registrati tempi medi di destabilizzazione delle membrane lisosomiali compresi tra $75,9 \pm 8,0$ min (BO SE, B3, B5 e K2) e $105,0 \pm 5,0$ min (K3; fig. 3.29). Confrontando la distribuzione dei valori osservati, gli organismi esposti ai sedimenti dei siti BO SE e BO NW, B3, B4 e B5 hanno evidenziato una significativa diminuzione rispetto a due o tre controlli (K1, K3 e/o K4) risultando però simili a K2. Nel complesso i

tempi di destabilizzazione osservati identificano organismi con una moderata condizione di stress risultando tuttavia simili a quelli rinvenuti in altri studi (Galloway *et al.*, 2010; Catalano *et al.*, 2012).



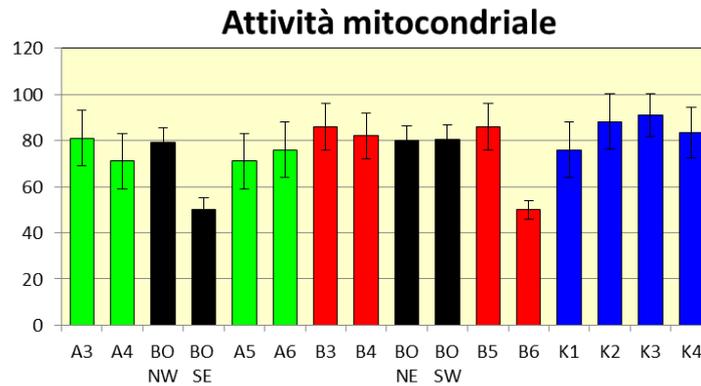
	BO SE	BO NW	BO NE	BO SW	A3	A4	A5	A6	B3	B4	B5	B6	K1	K2	K3	K4
BO SE		ns	ns	ns	*	*	ns	*	ns	ns	ns	*	*	ns	*	*
BO NW			ns	ns	*	*	ns	*	ns	ns	ns	*	*	ns	*	*
BO NE				ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
BO SW					ns	*	ns	ns								
A3						ns										
A4							ns									
A5								ns								
A6									ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
B3										ns	ns	*	*	ns	*	*
B4											ns	*	*	ns	*	*
B5												*	*	ns	*	*
B6													ns	*	ns	ns
K1														ns	ns	ns
K2															*	*
K3																ns
K4																

Fig. 3.29 - Valori medi dei tempi di destabilizzazione (espressi in min) e associati alla fragilità dei lisosomi dei celomociti esemplari di *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nell'inverno 2019 e confronto statistico (Test Mann-Whitney * $p < 0,05$; ns = non significativo).

3.5.2.5 Determinazione dell'attività mitocondriale

I livelli medi di attività mitocondriale misurati sulla base del potenziale di membrana nei celomociti dei policheti sono risultati compresi tra $50,1 \pm 4,0$ e $91,0 \pm 9,2$ Intensità/ μm^2 , osservati rispettivamente in B6 e K3 (fig. 3.30). I livelli relativi ai siti BO SE e B6 sono risultati significativamente inferiori rispetto ai controlli e a tutte le altre stazioni che sono invece confrontabili con i riferimenti. Tale evidenza tende a riportare una lieve diminuzione della funzionalità dei mitocondri nei celomociti degli organismi esposti ai

sedimenti di BO SE e B6. La sindrome di stress osservata verrà ulteriormente confrontata nel corso delle successive fasi di monitoraggio per verificare o meno la presenza di criticità ambientali.

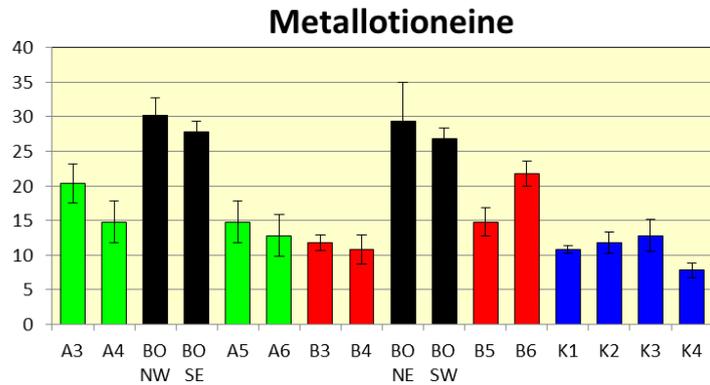


	BO SE	BO NW	BO NE	BO SW	A3	A4	A5	A6	B3	B4	B5	B6	K1	K2	K3	K4
BO SE		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	ns	*	*	*	*
BO NW			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
BO NE				ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
BO SW					ns	*	ns	ns	ns	ns						
A3						ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
A4							ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
A5								ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
A6									ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
B3										ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
B4											ns	*	ns	ns	ns	ns
B5												*	ns	ns	ns	ns
B6													*	*	*	*
K1														ns	ns	ns
K2															ns	ns
K3																ns
K4																

Fig. 3.30 - Valori medi di attività mitocondriale associata ai celomociti esemplari di *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nell'inverno 2019 e confronto statistico (Test ANOVA * $p < 0,05$; ns = non significativo).

3.5.2.6 Livelli di metallotioneine

I livelli medi di metallotioneine sono risultati compresi tra $7,8 \pm 1,1$ $\mu\text{g MT/mg}$ di tessuto nel riferimento K4 e $30,2 \pm 2,5$ $\mu\text{g MT/mg}$ di tessuto nel BO NW (fig. 3.31). Confrontando i risultati si osserva un aumento dei livelli di metallotioneine nelle stazioni adiacenti la piattaforma, in A3 e B6 rispetto ai controlli. I livelli medi osservati risultano confrontabili con quelli riportati per policheti presenti in aree marine soggette a moderato impatto antropico (Perez *et al.*, 2004).



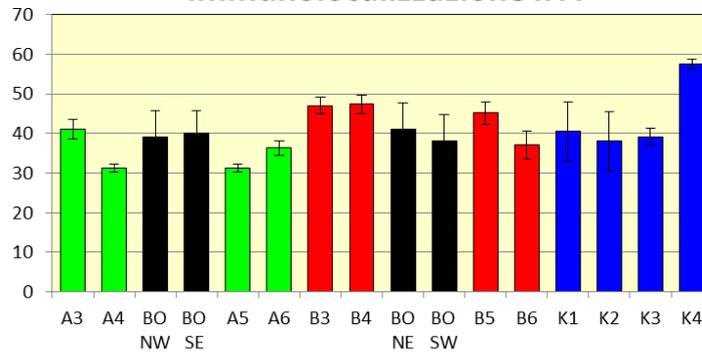
	BO SE	BO NW	BO NE	BO SW	A3	A4	A5	A6	B3	B4	B5	B6	K1	K2	K3	K4
BO SE		ns	ns	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
BO NW			ns	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
BO NE				ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
BO SW					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
A3						ns	ns	*	*	*	*	ns	*	*	*	*
A4							ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
A5								ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
A6									ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
B3										ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
B4											ns	*	ns	ns	ns	ns
B5												*	ns	ns	ns	ns
B6													*	*	*	*
K1															ns	ns
K2																ns
K3																
K4																

Fig. 3.31 - Valori medi di metallotioneine ottenuti nei tessuti di esemplari di *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nell’inverno 2019 e confronto statistico (Test ANOVA * $p < 0,05$; ns = non significativo).

3.5.2.7 Valutazione dei livelli di composti aromatici per via immunofluorescente

La distribuzione dei livelli di composti aromatici ha mostrato valori compresi tra $31,3 \pm 1,0$ unità di densità ottica/pixel (A4 e A5) e $57,0 \pm 1,3$ unità di densità ottica/pixel (K4; fig. 3.32). Il massimo di K4 è risultato significativamente più elevato rispetto a tutti gli altri valori ma differenze statistiche sono state evidenziate anche per alcuni siti posizionati lungo i transetti. Nel complesso, la distribuzione di valori osservata in questo monitoraggio tende a ipotizzare l’assenza di accumulo di idrocarburi policiclici aromatici nei tessuti degli organismi analizzati.

Immunolocalizzazione IPA



	BO SE	BO NW	BO NE	BO SW	A3	A4	A5	A6	B3	B4	B5	B6	K1	K2	K3	K4
BO SE		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
BO NW			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
BO NE				ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
BO SW					ns	*										
A3						ns	*									
A4							ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	*
A5								ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns	*
A6									*	*	*	ns	ns	ns	ns	*
B3										ns	ns	*	ns	ns	*	*
B4											ns	*	ns	ns	*	*
B5												ns	ns	ns	ns	*
B6													ns	ns	ns	*
K1														ns	ns	*
K2															ns	*
K3																*
K4																

Fig. 3.32 - Valori medi (\pm dev.st.) dei livelli di composti aromatici per via immunofluorescente ottenuti nei tessuti dei policheti *H. diversicolor* esposti per 28 gg ai sedimenti prelevati presso la piattaforma Bonaccia NW nell'inverno 2019 e confronto statistico (Test Mann-Whitney * $p < 0,05$; ns = non significativo).

3.6. INQUINANTI E BIOMARKER NEI MITILI INSEDIATI SULLE PARTI SOMMERSE DELLA PIATTAFORMA

3.6.1. INQUINANTI ORGANICI E INORGANICI

3.6.1.1 Materia organica estratta (MOE)

Il contenuto di MOE rilevato nell'inverno 2019 è risultato comparabile nei tre siti di prelievo (fig. 3.33; Tab. 3-XXII). I valori osservati appaiono confrontabili con quanto evidenziato nelle indagini condotte nella stessa piattaforma nei precedenti periodi di indagine (Fabi *et al.*, 2019c).

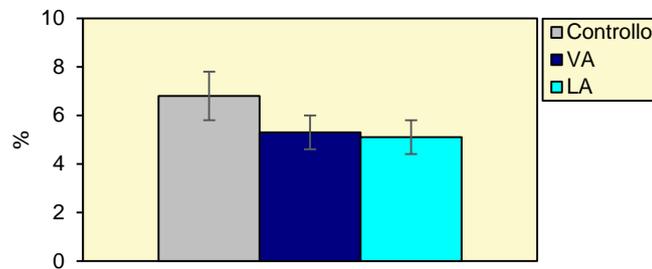


Fig. 3.33 - MOE rilevata negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

Tab. 3-XXII - Distribuzione MOE (% ± incertezza) nei tessuti di mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW e dal sito di controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

	Controllo	VA	LA
MOE%	6,8 ± 1,0	5,3 ± 0,7	5,1 ± 0,7

3.6.1.2 Idrocarburi Alifatici (IA)

In tabella 3-XXIII-a-b-c vengono riportati i livelli degli IA dal C15 al C31, degli alifatici volatili C<10 e semivolatili C10-C40 e gli indici di distribuzione degli IA misurati nei mitili *M. galloprovincialis* prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW nell'inverno 2019. Si noti che, mentre i risultati relativi agli idrocarburi da C15 a C31 si riferiscono ai singoli analiti e precisamente agli idrocarburi lineari e insaturi, il risultato degli IA semivolatili totali (C10-C40) si riferisce alla sommatoria di tutti gli idrocarburi all'interno del range indicato, comprensivo di composti a differente grado di ramificazione e saturazione.

I livelli di IA nel segmento C15-C31 sono risultati sempre al di sotto dei limiti di rilevabilità ad eccezione di quelli misurati nel sito LA nella frazione C24-C31 e che risultano compresi tra 11±3 e 22±7 mg/kg (Tab. 3-XXIII-a). La sommatoria degli IA è

stata effettuata escludendo dal calcolo tutti i valori inferiori di LOD e ha rilevato, in questo sito, un valore di 135 mg/kg. Le analisi relative a pristano e fitano sono ancora in corso, pertanto questi risultati verranno forniti e discussi nel successivo rapporto.

Tab. 3-XXIII – Idrocarburi Alifatici IA (mg/kg p.s. \pm incertezza) rilevati nei tessuti di mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW e dal sito di controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo; nd = non determinato; * = analisi ancora in corso. a) livello dei singoli IA dal C15 al C31; b) livelli di IA volatili (C<10) e semivolatili (C10-C40); c) indici di distribuzione degli IA.

a)	Controllo	VA	LA
C15	< 1	< 1	< 1
C16	< 1	< 1	< 1
C17	< 1	< 1	< 1
C18	< 1	< 1	< 1
C19	< 1	< 1	< 1
C20	< 1	< 1	< 1
C21	< 1	< 1	< 1
C22	< 1	< 1	< 1
C23	< 1	< 1	< 1
C24	< 1	< 1	11 \pm 3
C25	< 1	< 1	15 \pm 4
C26	< 1	< 1	17 \pm 5
C27	< 1	< 1	17 \pm 5
C28	< 1	< 1	19 \pm 6
C29	< 1	< 1	22 \pm 7
C30	< 1	< 1	17 \pm 5
C31	< 1	< 1	17 \pm 5
Pristano*	nd	nd	nd
Fitano*	nd	nd	nd
Σ IA	< 1	< 1	135

b)	Controllo	VA	LA
C \leq 10	5100 \pm 1300	6700 \pm 1300	6700 \pm 1300
C10-C40	< 150	< 230	310 \pm 94

c)	Controllo	VA	LA
LMW/HMW	-	-	0,04
CPI (C _{-15/30})	-	-	0,87
C17/pristano*	nd	nd	nd
C18/fitano*	nd	nd	nd
MH	-	-	C29

I livelli di IA volatili (C<10) e semivolatili (C10-C40) sono risultati piuttosto modesti (Tab. 3-XXIII-b) e generalmente simili ai valori che facilmente possono essere riscontrati in mitili di riferimento provenienti da aree costiere non soggette a fenomeni di contaminazione (Benedetti *et al.*, 2014; Etiope *et al.*, 2014).

Considerando che la maggior parte degli IA C15-C31 risulta inferiore al valore di LOD, è

stato possibile valutare il rapporto LMW/HMW e l'indice CPI solo per il sito LA; nel calcolo delle sommatorie, per i parametri risultati inferiori alla LOD, è stato utilizzato il valore massimo di LOD=1 mg/kg.

L'analisi dell'abbondanza e della distribuzione dei livelli dei diversi omologhi investigati ha evidenziato valori del rapporto LMW/HMW inferiori all'unità (Tab. 3-XXIII-c), confermando il predominio di sostanze di origine naturale nella miscela di IA investigati come osservato nell'indagine dell'anno precedente. Ad analoga conclusione si giunge anche analizzando i risultati dell'indice CPI. I rapporti C18/fitano e C17/pristano non sono al momento disponibili (le analisi di pristano e fitano sono tutt'ora in corso) e verranno forniti e discussi nel successivo rapporto. Infine, l'idrocarburo alifatico maggiormente accumulato (MH) è risultato il C29 (Tab. 3-XXIII-c).

3.6.1.3 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Questi composti ad oggi sono considerati pressoché ubiquitari dell'ambiente marino, e le loro concentrazioni totali normalmente possono variare tra poche decine fino a poche centinaia di µg/kg p.s. (ppb) nei tessuti di mitili; inoltre, in assenza di fenomeni riconducibili a contaminazioni antropiche, i congeneri a basso peso molecolare sono largamente predominanti, mentre il contributo dei composti ad alto peso molecolare è molto scarso o addirittura assente (Bocchetti *et al.*, 2008). I risultati del bioaccumolo degli IPA nei mitili campionati presso la piattaforma Bonaccia NW nell'inverno 2019 vengono riportati in Tab. 3-XXIV e fig. 3.34. La sommatoria degli IPA è stata effettuata escludendo dal calcolo tutti i valori inferiori di LOD. Le concentrazioni ottenute per i mitili di riferimento (Controllo) mostrano livelli assolutamente anomali e tendenzialmente elevati. In aggiunta, il contributo maggiore è dato, in maniera abbastanza omogenea, dai congeneri ad alto peso molecolare, tra i quali Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Benzo(k)fluorantene, Crisene, Dibenzo(a,e)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Dibenzo(a,h)pirene, Fenantrene, Fluorantene, Fluorene, Indeno(1,2,3-cd)pirene e Pirene, aspetto questo che solitamente evidenzia la presenza di una contaminazione antropica. Ciò suggerisce la necessità di una attenta verifica del campione di riferimento, al fine di comprendere il significato di tale risultato anomalo; in questo senso i risultati della campagna estiva 2019 permetteranno di comprendere se questi risultati si riferiscono ad una anomalia puntiforme dei mitili di controllo. Al contrario, le

concentrazioni di IPA ottenute nella piattaforma Bonaccia NW possono essere considerate del tutto modeste nei mitili prelevati da entrambi i punti di campionamento in piattaforma con livelli totali che oscillano attorno a circa 400 ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$ ps). Il contributo maggiore è dato da Acenaftene e Naftalene, a basso peso molecolare, mentre la maggior parte degli altri congeneri, soprattutto quelli ad alto peso molecolare, mostrano livelli al di sotto dei limiti strumentali. Tali valori di concentrazione non si discostano molto dai range normalmente conosciuti per popolazioni di mitili di riferimento, posizionandosi a livelli tipici di aree moderatamente perturbate come ad esempio aree ad intenso traffico navale.

Tab. 3-XXIV - Distribuzione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici rilevati presso la piattaforma Bonaccia NW e nel sito di controllo nell'inverno 2019. Valori espressi in $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.s. \pm incertezza.

	Controllo	VA	LA
Acenaftene	200 \pm 71	280 \pm 98	310 \pm 110
Acenaftilene	< 31	< 47	< 45
Antracene	< 31	< 47	< 45
Benzo (a) antracene	62 \pm 22	< 47	< 45
Benzo (a) pirene	210 \pm 73	< 47	< 45
Benzo (b) fluorantene	180 \pm 62	< 47	< 45
Benzo (g,h,i) perilene	76 \pm 3	< 47	< 45
Benzo (k) fluorantene	150 \pm 52	< 47	< 45
Crisene	94 \pm 33	< 47	< 45
Dibenzo (a,e) pirene	< 31	< 47	< 45
Dibenzo (a,h) antracene	< 31	< 47	< 45
Dibenzo (a,h) pirene	< 31	< 47	< 45
Fenantrene	40 \pm 14	< 47	< 45
Fluorantene	96 \pm 33	< 47	< 45
Fluorene	< 31	< 47	< 45
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	73 \pm 26	< 47	< 45
Naftalene	80 \pm 28	140 \pm 48	89 \pm 31
Pirene	110 \pm 39	< 47	< 45
Σipa	1371	420	399

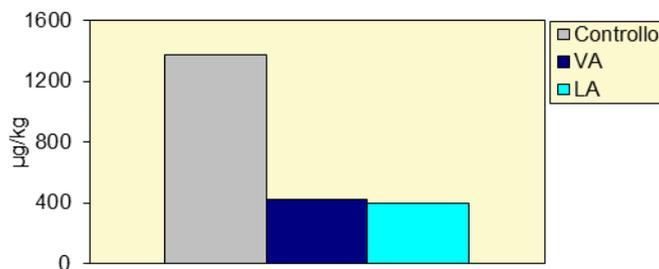


Fig. 3.34 - Concentrazioni di IPA rilevate negli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.6.1.4 Metalli pesanti

Nell'inverno 2019 i metalli pesanti non hanno generalmente mostrato sensibili differenze né tra i campioni prelevati vicino e lontano rispetto all'anodo sacrificale della piattaforma, né in riferimento al campione di mitili di controllo; solo i livelli di **cadmio** (Cd), **rame** (Cu) e **zinco** (Zn) sono risultati lievemente maggiori nei mitili prelevati lontano dall'anodo, benché siano anche in questo sito bassi e non particolarmente degni di nota (Tab. 3-XXV; fig. 3.35). Il **nicel** (Ni) ha mostrato livelli maggiori nei mitili provenienti da entrambi i punti di campionamento della piattaforma, con concentrazioni nell'intorno di circa 5 ppm (mg/kg ps); anche in questo caso, tuttavia, i valori non sono particolarmente differenti rispetto a quelli di popolazioni di riferimento.

Infine il **vanadio** (V) ha mostrato concentrazioni pari a circa 5,5 mg/kg in LA e addirittura 17 mg/kg in VA, esibendo pertanto valori assolutamente anomali, tendenzialmente elevati, poiché significativamente maggiori rispetto ai normali range di fluttuazione noti per popolazioni di mitili di riferimento, suggerendo pertanto la necessità di ulteriori verifiche; anche in considerazione dei risultati precedenti (Fabi *et al.*, 2019c), in questo caso si rimanda ai risultati della campagna di indagine dell'estate 2019 per comprendere se si tratta di una anomalia puntiforme. Fatta pertanto questa eccezione, tutte le concentrazioni ottenute non sono significativamente dissimili da quelle di popolazioni di molluschi di riferimento e tipici di organismi provenienti da aree costiere non soggette a fenomeni di perturbata biodisponibilità, pertanto non si segnalano particolari criticità nei risultati ottenuti (Benedetti *et al.*, 2014; Fattorini *et al.*, 2008). In aggiunta, non si sono osservati livelli degni di nota per quei metalli per i quali sono previsti limiti relativi al consumo alimentare (Direttiva 2001/22/CE: Cd = 1 µg/g p.f., Hg = 0,5 µg/g p.f., Pb = 1,5 µg/g p.f., corrispondenti rispettivamente a Cd 5 mg/kg p.s., Hg 2,5 mg/kg p.s., Pb 7,5 mg/kg p.s. considerando un fattore di conversione medio peso umido /peso secco pari a 5), tenendo presente che le concentrazioni misurate nei mitili di questa piattaforma sono risultate sempre al di sotto di tali valori (Fabi *et al.*, 2019c). Per quanto riguarda le concentrazioni di **mercurio** (Hg), i valori misurati risultano nuovamente al di sotto del valore di riferimento EQS (Environmental Quality Standard), pari a 0,02 µg/g (p.f.), pari a circa 0,1 mg/kg (p.s.) applicando un fattore di conversione medio peso umido /peso secco pari a 5, non costituendo, pertanto, alcun motivo di preoccupazione.

Tab. 3-XXV - Distribuzione dei metalli in traccia rilevati nei mitili (*Mytilus galloprovincialis*) campionati presso la piattaforma Bonaccia NW e nel sito di controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Valori espressi in mg/kg p.s. \pm incertezza.

	Controllo	VA	LA
Al	370 \pm 110	310 \pm 92	130 \pm 40
As	12 \pm 4	21 \pm 6	25 \pm 7
Ba	< 5	< 5	< 5
Cd	0,29	1,0	1,4
Cr	0,60 \pm 0,18	0,40 \pm 0,12	0,86 \pm 0,26
Fe	580 \pm 170	75 \pm 23	240 \pm 73
In	< 0,16	< 0,16	< 0,15
Hg	0,035 \pm 0,011	0,042 \pm 0,013	0,072 \pm 0,021
Ni	2,1	5,0	4,9
Pb	0,73 \pm 0,22	0,73 \pm 0,22	1,3 \pm 0,4
Cu	6,0 \pm 1,8	5,9 \pm 1,8	9,2 \pm 2,8
Si	45 \pm 14	35 \pm 11	55 \pm 17
V	< 1	17 \pm 5	5,5 \pm 1,7
Zn	52 \pm 16	61 \pm 18	120 \pm 35

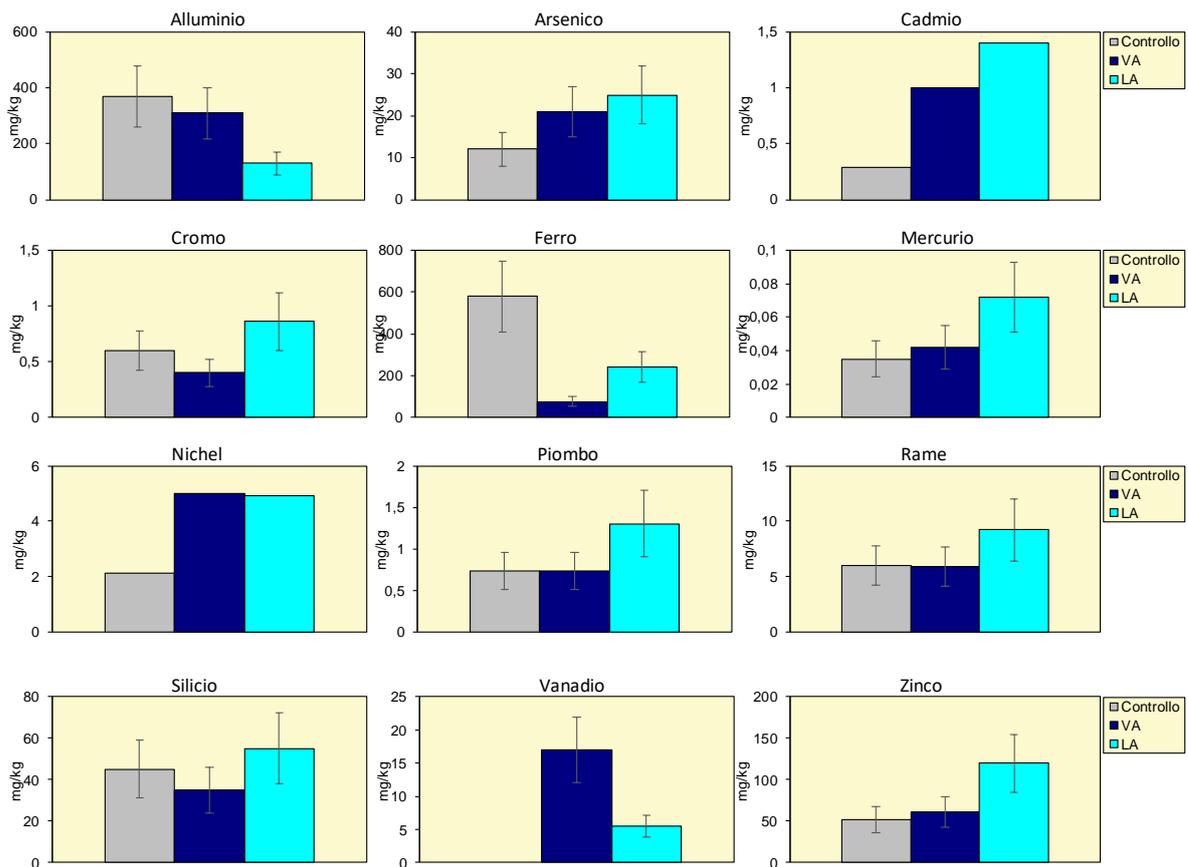


Fig. 3.35 - Concentrazioni (mg/kg p.s. \pm incertezza) dei metalli in traccia rilevati nei mitili (*Mytilus galloprovincialis*) campionati presso la piattaforma Bonaccia NW e nel sito di controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Non sono riportati le concentrazioni di bario e indio in quanto inferiori al limite di rilevabilità strumentale ovunque.

3.6.2. BIOMARKER

In Tab. 3-XXVI sono riportati i risultati relativi ai mitili analizzati nell'inverno 2019.

Tab. 3-XXVI - Valori medi dei biomarker (\pm dev. st.) determinati nei mitili campionati nell'inverno 2019 nei siti di controllo, vicino (VA) e lontano (LA) dall'anodo di sacrificio di Bonaccia NW. nd = non determinabile.

Biomarker	Unità di misura	Controllo	VA	LA
Stress on Stress	LT50 (giorni)	13	18	18
	LT90 (giorni)	4	7	7
Micronuclei	frequenza %	0 \pm 0	0,50 \pm 0,29	0 \pm 0
Lipofuscine	intensità / μm^2	77,57 \pm 19,48	115,88 \pm 15,46	88,82 \pm 44,1
Lipidi neutri	intensità / μm^2	119,61 \pm 14,69	48,43 \pm 6,62	34,48 \pm 9,45
Stabilità lisosmiale	min	100,04 \pm 6,46	53,04 \pm 21,14	49,10 \pm 24,18
Catalasi	$\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ di proteine	25,97 \pm 7,30	39,93 \pm 11,95	18,10 \pm 7,18
Malondialdeide	nmol/ g tessuto	75,1 \pm 33,42	45,28 \pm 21,74	31,60 \pm 13,82
Metallotioneine	μg / mg di proteine	1,42 \pm 0,23	4,48 \pm 1,89	3,75 \pm 0,61
qPCR _{MT10}	n° copie	7604 \pm 4405	2620 \pm 2585	2890 \pm 1135
qPCR _{MT20}		nd	nd	nd

3.6.2.1 Stress on Stress

Nell'inverno 2019 i livelli di LT50 e LT90 risultano uguali nei mitili campionati sui piloni della piattaforma Bonaccia NW nei siti VA e LA (18 e 7 gg rispettivamente; fig. 3.36); in generale questi livelli risultano addirittura più elevati di quelli riscontrati nel sito di controllo, confermando l'assenza di uno stress fisiologico generale degli organismi prelevati dai piloni della piattaforma indagata.

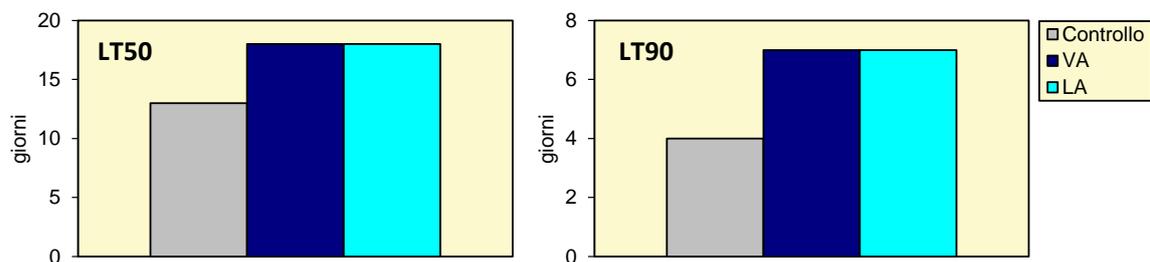


Fig. 3.36 – Livelli di LT50 ed LT90 rilevati nei mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW e dal sito di controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.6.2.2 Micronuclei

I risultati relativi all'inverno 2019, seppur non statisticamente significativi, mostrano un aumento della frequenza di questa anomalia nucleare negli organismi prelevati in prossimità dell'anodo sacrificale (fig. 3.37); tuttavia, il valore rilevato in questo sito risulta

estremamente basso e comparabile sia con quelli osservati in organismi di riferimento (Bocchetti *et al.*, 2006; Pisanelli *et al.*, 2009), sia con quelli misurati in organismi provenienti da altre piattaforme offshore dell'Adriatico centro-settentrionale (Gorbi *et al.*, 2008; Fabi *et al.*, 2015).

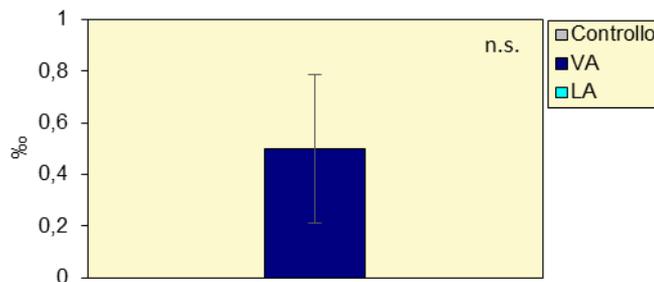


Fig. 3.37 - Frequenza dei micronuclei (media \pm SEM) ottenuta nei campioni di mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW e dal sito di controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.6.2.3 Valutazione del contenuto di lipofuscina

Per quanto riguarda l'accumulo di lipofuscina, principale prodotto della perossidazione lipidica, seppur con un lieve aumento, i risultati non evidenziano alcuna variazione statisticamente significativa nei mitili provenienti dalla piattaforma Bonaccia NW rispetto a quelli di riferimento (fig. 3.38). I livelli nel complesso sono simili a quelli osservati in organismi prelevati da altri impianti offshore in Adriatico (Gorbi *et al.*, 2008), e molto simili a quelli misurati in aree di riferimento (Bocchetti *et al.*, 2006) durante lo stesso periodo stagionale.

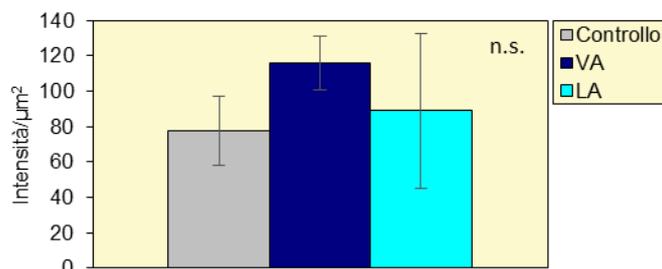


Fig. 3.38 - Accumulo di lipofuscina (media \pm Dev.St) nei campioni di mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW e dal controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.6.2.4 Valutazione del contenuto di lipidi neutri

Una riduzione statisticamente significativa è stata osservata per quanto riguarda l'accumulo di lipidi neutri negli organismi prelevati dai piloni della piattaforma Bonaccia

NW rispetto al sito di riferimento (fig. 3.39). L'accumulo di lipidi neutri è associato alla potenziale presenza di sostanze xenobiotiche, come i composti organici potenzialmente in grado di alterare il metabolismo lipidico degli organismi. Come molte risposte biologiche anche l'accumulo di lipidi neutri è soggetto a variazioni stagionali, con conseguenti fluttuazioni nei livelli basali; valori estremamente bassi e comparabili con quelli misurati nei mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW si osservano nel periodo invernale in organismi provenienti dal medio Adriatico (Bocchetti *et al.*, 2006; Gorbi *et al.*, 2008; 2012).

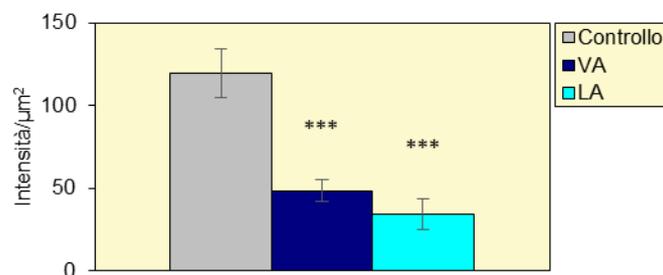


Fig. 3.39 - Accumulo di lipidi neutri (media ± Dev.St) nei campioni di mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW e dal sito di controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Gli asterischi indicano differenze statisticamente significative rispetto al controllo; *** $p < 0,001$.

3.6.2.5 Stabilità delle membrane lisosomiali

I risultati relativi alla stabilità delle membrane lisosomiali, misurata attraverso il tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro, hanno mostrato una riduzione statisticamente significativa, seppure di lieve entità, nei mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW rispetto a quelli di riferimento (fig. 3.40). In generale, i tempi di destabilizzazione osservati sono risultati abbastanza buoni e comparabili a quelli che si misurano in organismi di riferimento (Petrovic *et al.*, 2004; Bocchetti *et al.*, 2006) o provenienti da altri impianti di estrazione off-shore dell'Adriatico (Gorbi *et al.*, 2008).

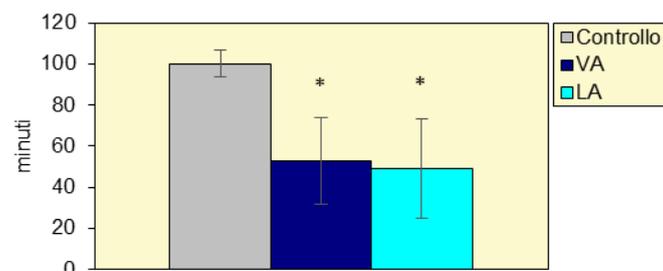


Fig. 3.40 - Destabilizzazione delle membrane lisosomiali (media ± Dev.St) nei campioni di mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW e dal sito di controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo. Gli asterischi evidenziano differenze statisticamente significative rispetto al controllo; * $p < 0,05$.

3.6.2.6 Attività della Catalasi

Per quanto riguarda il sistema antiossidante, l'attività della catalasi rappresenta un “early warning signal” cellulare utile per valutare preventivamente situazioni di stress cellulare conseguenti alla presenza di contaminazione ambientale. Seppur con qualche variazione, nessuna differenza statisticamente significativa rispetto agli organismi di riferimento è stata misurata nelle ghiandole digestive dei mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW (fig. 3.41). Anche i valori misurati per questo parametro sono simili a quelli rilevati in organismi provenienti da aree di riferimento e non suggeriscono alcun effetto legato alla possibile contaminazione da parte delle attività della piattaforma (Bocchetti *et al.*, 2006; Gorbi *et al.*, 2008; 2012).

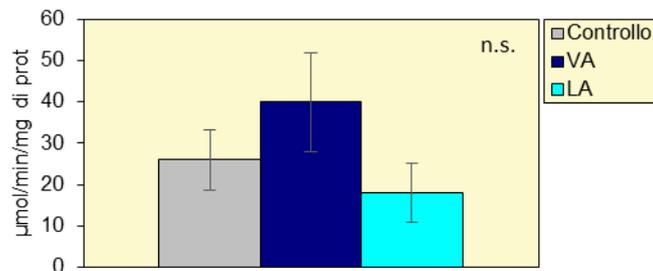


Fig. 3.41 - Attività della catalasi (media \pm Dev.St) nei campioni di mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW e dal sito di controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.6.2.7 Livelli di Malondialdeide

Anche per quanto riguarda i livelli di malondialdeide non è stata riscontrata alcuna variazione statisticamente significativa tra i mitili prelevati dai due piloni della piattaforma Bonaccia NW e quelli di riferimento (fig. 3.42). I valori medi risultano tendenzialmente paragonabili a quelli misurati nel periodo invernale in organismi del medio Adriatico (Bocchetti *et al.*, 2006; Gorbi *et al.*, 2008; 2012).

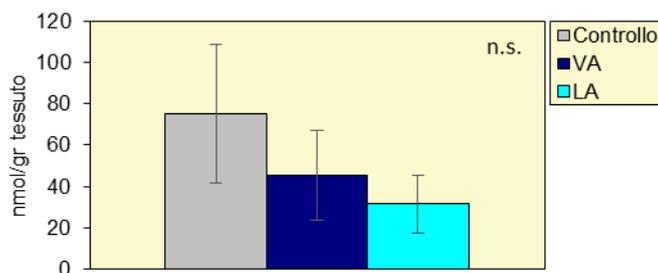


Fig. 3.42 - Contenuti di malondialdeide (media \pm Dev.St) nei campioni di mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW e dal controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.6.2.8 Livelli di Metallotioneine

Nonostante delle fluttuazioni abbastanza evidenti, nell'inverno 2019 non è stata rilevata alcuna variazione statisticamente significativa per quanto riguarda i livelli delle metallotioneine nei mitili provenienti dalla piattaforma Bonaccia NW rispetto a quelli di riferimento (fig. 3.43). I valori risultano comparabili a quelli osservati in aree di riferimento del medio Adriatico e a quelli provenienti da impianti di estrazione off-shore (Bocchetti *et al.*, 2006; Gorbi *et al.*, 2008).

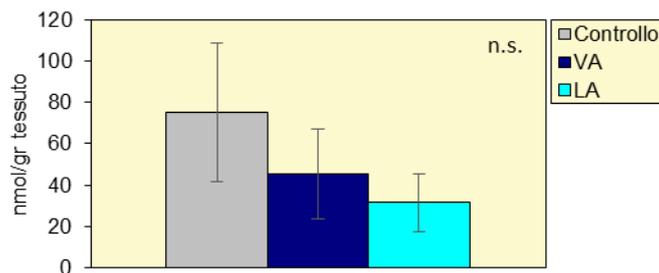


Fig. 3.43 - Contenuto di metallotioneine (media \pm Dev.St) ottenute nei campioni di mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW e dal sito di controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.6.2.9 Livelli mRNA delle metallotioneine mt10 e mt20

I risultati dell'amplificazione selettiva delle due sequenze geniche relative a *mt10* e *mt20*, responsabili della sintesi delle proteine metallo-chelanti metallotioneine, sono riportati in fig. 3.44. Le due isoforme di metallotioneine investigate sono rappresentate dall'isoforma costitutiva (*mt10*) e da quella inducibile (*mt20*). I risultati evidenziano l'assenza dell'isoforma inducibile (*mt20*) che ha mostrato dei valori al di sotto del limite di rilevabilità e l'assenza di variazioni tra i siti per quanto riguarda l'isoforma costitutiva, evidenziando quindi la probabile assenza di metalli in traccia responsabili dell'induzione della trascrizione genica in prossimità della piattaforma.

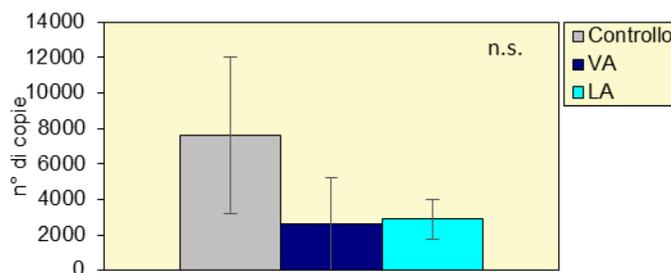


Fig. 3.44 - Livelli di espressione genica *mt10* (media \pm Dev.St) ottenuti nei campioni di mitili prelevati dalla piattaforma Bonaccia NW e dal sito di controllo nell'inverno 2019. VA = vicino anodo; LA = lontano anodo.

3.7. INDAGINI SULLA COMUNITÀ BENTONICA

3.7.1. DENSITÀ (N) E BIOMASSA (P)

Nell'inverno 2019 come già in precedenza (Fabi *et al.*, 2019c) i maggiori valori di Densità lungo entrambi i transetti sono stati ottenuti in corrispondenza di uno o entrambi i siti della piattaforma (fig. 3.45), dove l'indice è oscillato tra $134,00 \pm 18,05$ (BO NW) e $195,00 \pm 18,54$ ind/0,095 m² (BO SE). Presso B4 e nei due siti a 30 m di distanza verso Sud l'indice si è notevolmente ridotto, presentando poi alcune oscillazioni nelle diverse stazioni. Comunque, eccetto BO NE, BO SE e BO SW, tutta l'area circostante la struttura ha presentato valori di densità all'interno del range dei controlli, compreso tra $60,50 \pm 5,95$ (K4) e $114,67 \pm 16,21$ ind/0,095 m².

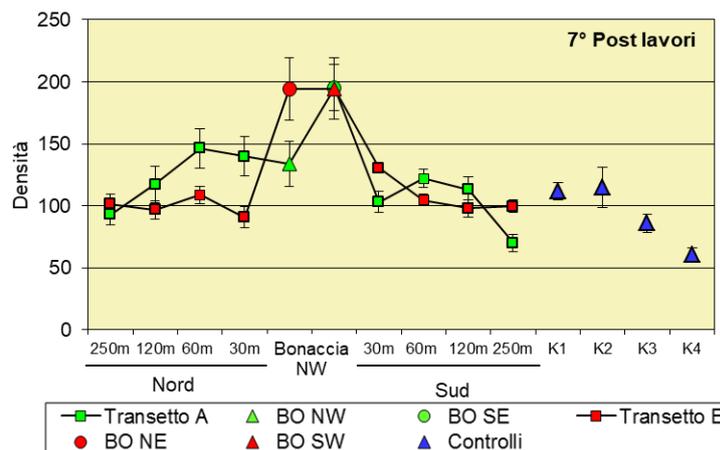


Fig. 3.45 – Densità (\pm e.s.) registrate presso i siti monitorati nell'inverno 2019.

Come riscontrato in tutti i campionamenti condotti dopo l'installazione di Bonaccia NW (Fabi *et al.*, 2019c), anche nel 7° survey post lavori i policheti della famiglia Paraonidae hanno costituito il taxon più abbondante in tutta l'area indagata, seguiti in numerose stazioni dai policheti *Aphelochaeta filiformis*, *Paradiopatra calliopae* e *Ophelina cylindricaudata* (Tab. 3-XXVII). In corrispondenza dei siti BO sono state confermate alcune peculiarità determinate da quantitativi degni di nota dei molluschi bivalvi *Anomia ephippium* e *Neopycnodonte cochlear* che sono organismi tipici di substrati rocciosi.

Tab. 3-XXVII – Lista e densità (n. ind/0,095 m²) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nell’inverno 2019. 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 = Biocenosi del Detritico Infangato; DL= Bioc. del Detritico del Largo; Glar = Glareicolo; HP = Bioc. delle praterie di Posidonia; Lim = limicolo; Lre = Larga Ripartizione Ecologica; MI = Bioc. dei Fondi Mobili Instabili; Minut = minuticolo; Mixt = misticolo; MO = indicatore della presenza di materia organica; Sd = substrato duro; SFBC = Bioc. delle Sabbie Fini Ben Calibrate; SGCF = Bioc. delle Ghiaie fini sotto l'influsso di correnti di fondo; Sm = substrato mobile; VB = Bioc. dei Fanghi Batiali; VTC = Bioc. dei Fanghi Terrigeni Costieri.

Stazione	Biocenosi	Transetto A										Transetto B								Controlli							
		A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO 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					0,17	0,17								0,17											
	Briozoa nd				0,17	0,17	0,17	0,33	0,17							0,33	0,17				0,17						
	<i>Cellaria salicornioides</i>	Mixt					0,33	0,17																			
	<i>Crisia</i> sp				0,17					0,17							0,17								0,17		
	<i>Schizoporella errata</i>	Lre				0,33	0,67	0,67	0,17	0,17					0,17	0,17	0,50	0,50	0,17								
	<i>Scrupocellaria scruposa</i>	Sd	0,50	0,50	0,83	1,00	1,00	1,00	0,50	0,33	0,67	0,50	0,17	0,33	1,00	0,50	1,00	0,83	0,67	0,50			0,33	0,83	0,83	0,67	0,67
	<i>Triticella flava</i>		0,17	0,33	0,33	0,33		0,50	0,83	0,17	0,50					0,50	0,50	0,67		0,17	0,50	0,17		0,83	0,83	0,67	0,67
	<i>Tubulipora</i> sp		0,17				0,17		0,17	0,17		0,17	0,17			0,33	0,33	0,17									
Cnidari																											
Antozoi																											
	Actinaria nd				0,33	0,33	1,83	0,33	0,17				0,17			0,33											
	Anthozoa nd		0,17	0,33	1,17	1,83	0,50	0,50	0,50	0,83	0,50		0,17	0,17		0,17	0,17	0,33		0,33	0,50	0,17	0,50	1,67	0,17	0,17	
	<i>Edwardsia clapedii</i>	SFBC					0,17							0,17		0,17		0,17		0,17							
	<i>Epizoanthus</i> sp						1,83							0,33			0,50										
	<i>Virgularia mirabilis</i>	VTC	0,17						0,17	0,17																	
Idrozoi	Hydroidea nd			0,50	0,50	0,50	0,17	0,67	0,50	0,17	0,33		0,17	0,17	0,17		0,83	0,50	0,17	0,67	0,33	0,50	0,67	0,33	0,67	0,33	
Crostacei																											
Anfipodi																											
	<i>Acidostoma nodiferum</i>	Lre													0,33							0,33			0,17	0,17	
	<i>Ampelisca diadema</i>	DE		0,17	0,17	0,33	0,83			0,33		0,17	0,33	0,50	0,50	0,17		0,17					0,67	0,17	0,17		
	<i>Ampelisca typica</i>	Lim								0,17				0,17		0,17		0,17			0,33				0,17		
	<i>Caprella equilibra</i>	AP		0,33			1,00									2,00	0,50									0,17	
	<i>Carangoliopsis spinulosa</i>	VTC								0,33																	
	<i>Cheirocratus sundevallii</i>	DL																					0,17				
	<i>Corophium</i> sp														0,17												
	<i>Elasmopus rapax</i>	AP														0,17		0,17		0,17				0,17		0,17	
	<i>Erichthonius punctatus</i>	HP				0,50		0,67	0,17														1,17		0,67		
	<i>Eriopisa elongata</i>	VB				0,33						0,17	0,33							0,17			0,33				
	<i>Gammaropsis</i> sp																						0,17			0,17	
	<i>Harpinia antennaria</i>	Lim								0,17													0,33				
	<i>Harpinia crenulata</i>	Lim				0,33												0,17	0,33								
	<i>Harpinia dellavallei</i>	VTC		0,50		0,17		0,17	0,33		0,33	0,17			0,33			0,17	0,17		0,17	0,17	0,17	0,17	0,50		
	<i>Idunella pirata</i>	VB																								0,17	
	<i>Iphimedia</i> sp																0,17										

Tab. 3- XXVII – Continuo.

Stazione	Biocenosi	Transetto A										Transetto B								Controlli						
		A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO 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	
Crostacei																										
Anfipodi	<i>Leptocheirus guttatus</i>	Sm																								
	<i>Leucothoe incisa</i>	SFBC			0,17					0,17	0,17									0,33					0,17	
	<i>Leucothoe liljeborgi</i>	MO																						0,17		
	<i>Leucothoe oboa</i>	Lim			0,17		0,17												0,17							
	<i>Lysianassina longicornis</i>	VTC						0,33																		
	<i>Maera grossimana</i>	Sd			0,67				0,17		0,33	0,17			0,33		1,00	0,17	0,50				0,17			
	<i>Orchomene grimaldii</i>	VTC	0,33							0,33	0,33				0,50											
	<i>Orchomene humilis</i>	Glar						0,17																		
	<i>Othomera schmidti</i>	VB					0,17		0,33	0,33	0,17	0,33		0,17			0,17		0,33		0,17					
	<i>Paraphoxus oculatus</i>	Mixt	0,33	0,50		0,83			0,83	0,83	0,17	0,33	0,33	0,17	0,50			0,67	0,33	0,17	0,17		0,83		0,33	
	<i>Phtisica marina</i>	Lre			0,17			1,67								0,17	1,00	1,17	0,50		0,50				0,17	
	<i>Pseudoprotella phasma</i>	Lre																0,33								
	<i>Stenothoe cavimana</i>	AP			0,17													0,17	0,50							
	<i>Stenothoe marina</i>	C								0,17							0,50									
	<i>Stenothoe tergestina</i>	C					0,67										0,50	0,50						0,33		
	<i>Tryphosella longidactyla</i>	VTC				0,17						0,17				0,17				0,17						
Copepodi	Copepoda nd			0,17					0,17		1,00		0,50						0,17		0,33	0,17	0,67		0,33	
Cumacea	Cumacea nd		0,50						0,17	0,17												0,50	0,17	0,17	0,17	
	<i>Eudorella truncatula</i>	Mixt			0,17	1,17	0,33	0,17	0,50		0,17	0,33	0,17					0,33	0,33			0,50	0,17			
Decapodi	<i>Leucon mediterraneus</i>	C																								
	<i>Leucon siphonatus</i>	Lim			0,33	0,17													0,17							
	<i>Alpheus glaber</i>	VTC			0,67	0,50					0,17		0,17		0,17			0,33			0,17	0,17		0,17	0,50	
	<i>Anapagurus bicorniger</i>	Lim															0,17									
	<i>Callinassa subterranea</i>	Lim	1,83	3,17	2,17	1,17	1,17	0,67	0,50	2,00	1,67	0,67	2,00	1,50	1,17	1,17	1,17	0,67	1,33	1,67	1,17	1,17	1,00	2,50	1,17	0,83
	<i>Chlorotocus crassicornis</i>	VB															0,67									
	<i>Ebalia deshayesi</i>	DC							0,17		0,17						0,33									
	<i>Eurynome aspera</i>	DC						0,17								0,17		0,17								
	<i>Galathea dispersa</i>	DL					0,17																			
	<i>Galathea intermedia</i>	C					0,50	1,67									4,17	1,67								
	<i>Goneplax rhomboides</i>	VTC		0,83	1,17	0,50	0,33	0,83	0,83	0,50	1,00	0,17	0,67	0,17	0,33		0,50	1,00	1,00	0,67	0,33	0,83	0,33	0,33	0,83	0,67
	<i>Jaxea nocturna</i>	VTC	0,17																							
	<i>Liocarcinus maculatus</i>	Sab					0,17	0,50										0,33								
	<i>Macropodia lineasi</i>																		0,17							
	<i>Monodaeus couchi</i>	Lre				0,33	0,33	2,17				0,17				0,17	1,00	1,00					0,17			
	Paguridae nd																									
<i>Pilumnus hirtellus</i>	Lre																	0,17								
<i>Processa sp</i>					0,17	0,33					0,17			0,17									0,17			
<i>Solenocera membranacea</i>	VB																						0,17		0,17	
<i>Upogebia deltaura</i>	DL			0,17		0,17		0,17				0,17			0,33	0,17					0,33	1,17				
Isopodi	<i>Cirolana neglecta</i>	Lre														0,17										
	<i>Eurydice sp</i>						0,17																			
	<i>Gnathia sp</i>		0,17	0,33			0,17			0,33	0,17	0,17		0,17									0,50			
<i>Paragnathia formica</i>	Lre								0,17																	
Misidiacei	Misidiacea nd					0,17																				
Ostracodi	Ostracoda nd		0,17					0,33					0,17						0,17			0,17			0,33	
Stomatopodi	<i>Rissoides desmaresti</i>	HP																					0,17			

Tab. 3- XXVII – Continuo.

Stazione	Biocenosi	Transetto A										Transetto B								Controlli						
		A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4	
		250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	250	120	60	30	0	0	30	60	120	250	2000	2000	2000	2000	
Crostacei																										
Tanaidacei	<i>Leptochelia savignyi</i>			0,17																						
	<i>Leptognathia</i> sp	0,17					0,17			0,33			0,33	0,17			0,17	0,33	0,33				0,17	0,67	0,17	
	Tanaidacea nd							0,17																		
Echinodermi																										
Asteroidi	<i>Astropecten irregularis</i>				0,17																					
Echinoidei	<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>	0,17		0,17					0,17											0,17						
Ofiuroidei	<i>Amphiura chiajei</i>					0,17	0,83																			
	<i>Ophiotrix fragilis</i>					0,17	1,33																			
	<i>Ophiura albida</i>						0,33				0,17															
Oloturoidei	<i>Labidoplax digitata</i>											0,17													0,17	
	<i>Trachythone tergestina</i>						0,17																			
Bivalvi	<i>Abra alba</i>						0,17																			
	<i>Abra nitida</i>			0,33																						
	<i>Abra prismatica</i>			0,17	0,17	0,50		0,67																		
	<i>Anodontia fragilis</i>																									
	<i>Anomia ephippium</i>				0,67	7,33	46,50						0,33													
	<i>Azorinus chamasolen</i>														29,83	7,83	0,50									
	<i>Cardiomya costellata</i>																									
	<i>Coracuta obliquata</i>																						0,67			0,33
	<i>Corbula gibba</i>							0,17																		0,17
	<i>Dosinia exoleta</i>			0,17																						
	<i>Hemilepton nitidum</i>				0,17																					
	<i>Hiatella arctica</i>					0,33	1,50										1,00	1,00								
	<i>Kellia suborbicularis</i>							0,17																		
	<i>Kelliella abyssicola</i>			0,33				0,17																		
	<i>Kurtiella bidentata</i>	0,50			0,17																					
	<i>Mimachlamys varia</i>						0,33	2,67									0,17	0,50								
	<i>Modiolarca subpicta</i>						0,83	3,83		0,17							3,00	1,00								
	<i>Modiolula phaseolina</i>						0,17	0,33								5,50	1,67		0,17							
	<i>Musculista senhousia</i>							0,17																		
	<i>Myrtea spinifera</i>							0,17																		
	<i>Mysia undata</i>																									
	<i>Mytilus galloprovincialis</i>						0,50	0,17																		
	<i>Neopycnodonte cochlear</i>						1,83	13,17																		
	<i>Nucula nitidosa</i>		0,17		0,50			0,17	0,50	0,17	0,33			0,50	0,17	0,67	0,50	0,67	0,17					0,33		0,33
	<i>Nucula sulcata</i>	0,17		0,17				0,17	0,33				0,50	0,33	0,17									0,17		
	<i>Odostomia acuta</i>																									
	<i>Parvicardium minimum</i>						0,50	1,00							0,17											
	<i>Phaxas adriaticus</i>						0,17	0,17																		
	<i>Plagiocardium papillosum</i>																									
	<i>Poromya granulata</i>								0,33		0,17															
	<i>Pteria hirundo</i>																									0,17
	<i>Saccula commutata</i>																									
	<i>Tellina pygmaea</i>		0,17																							
	<i>Thyasira biplicata</i>	0,17			0,50	0,33	0,50	0,17		0,17				0,33												0,17
	<i>Thyasira succisa</i>	0,17	0,67	0,50	1,00	0,33	0,50	0,33	0,33		0,33			0,17	0,17	0,50	1,00	0,33							0,33	

Tab. 3- XXVII – Continuo.

Stazione	Biocenosi	Transetto A										Transetto B								Controlli						
		A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO 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>Glycera rouxii</i>	MO	0,17	0,33	0,33	0,17	0,50	0,17	0,67	0,83	0,33	0,17	0,50	0,17	0,17	0,50	0,17	0,17	0,50	0,33	0,17	0,17	0,50	0,33	0,17	0,17
	<i>Glycera sp</i>	MO	0,50	0,67	0,67	1,17	1,33	1,67	1,00	1,00	0,67	1,50	0,50	0,33	0,33	0,50	0,83	0,67	0,83	1,00	0,83	1,67	1,00	1,00	0,17	0,17
	<i>Glycera tessellata</i>	Sd		0,83	0,33	0,33					0,17	0,17							0,17		0,83	0,17	0,83	0,17	0,67	0,67
	<i>Glycera tridactyla</i>	SFBC																	0,17	0,17						
	<i>Goniada maculata</i>	VTC						0,33		0,17				0,17								0,17			0,33	
	<i>Harmothoe extenuata</i>	Lre																								
	<i>Harmothoe sp</i>		0,17		0,17	0,17	0,83		0,67							1,17									0,17	
	<i>Hydroides elegans</i>	Sd				0,17										0,50	0,17								0,17	
	<i>Hydroides norvegicus</i>	Sd				0,17	1,50									0,33	0,67								0,17	
	<i>Labioleanira yhleni</i>	VTC	0,17	0,33	0,50		0,17	0,33		0,33				0,17		0,83	1,50	0,33		0,17	0,67	0,17	0,17			0,17
	<i>Laonice cirrata</i>	VTC					0,17									0,17										0,17
	<i>Lumbrineris gracilis</i>	Sab	0,67	1,17			0,33	0,83	0,50	0,50	0,33	0,33	0,33	0,50	1,17	0,67	0,83	2,00	0,67	0,33				0,50	0,33	
	<i>Macroclymene santanderensis</i>	Sab									0,17						0,17									
	<i>Magelona alleni</i>	VTC			0,17	0,17			0,17																	
	Maldanidae nd		0,17				0,17	0,33						0,17										0,33	0,17	
	<i>Malmgreniella lungmani</i>	DL		0,17																						
	<i>Malmgreniella lunulata</i>	DE		0,17			0,17									0,67										0,17
	<i>Marphysa bellii</i>	Lim	1,50	1,50	2,50	1,83	0,67	0,50	1,33	1,50	1,33	1,33	1,67	1,00	0,50	1,00	0,83	0,83	1,33	1,33	1,50	1,00	0,67	2,33	1,50	0,33
	<i>Melinna palmata</i>	Minut			0,50	0,17	0,17	0,50	0,17	0,17				0,17	0,50	0,17	0,17	0,17	0,83	0,33				0,17		0,17
	<i>Micronephthys sphaerocirrata</i>	Sab	0,17					0,17		0,17																
	<i>Minuspia cirrifera</i>	MO		0,50		0,33		0,17					0,67		0,17								0,17	0,33	0,50	
	<i>Nematoneis unicornis</i>	Mixt		0,17																						
	<i>Nephtys hombergi</i>	SFBC		1,00	0,17		0,17		0,33		0,33			0,33	0,50	0,50	0,17	0,33	0,17	0,17		2,00	0,33	0,33		
	<i>Nephtys hystricis</i>	VTC		0,33	0,33	0,17	0,33	0,83	0,17	0,67				0,17	0,17	0,17	0,50	0,33	0,33	0,50	0,17	0,17	0,33	0,17		
	Nereididae nd				0,17	0,50		0,17		0,17						0,83	0,50	0,33	0,33	0,50				0,17		0,33
	<i>Nereiphylla rubiginosa</i>	Sd													0,17											
	<i>Ninoe armoricana</i>	Lim	0,67	1,00	0,50	0,67	1,00	1,67	0,83	1,00	0,83	0,83	0,33	0,17	0,33	1,17	0,67	1,17	0,50	0,50	0,50	0,50			0,33	0,50
	<i>Notomastus aberans</i>	MO	1,17	1,00	1,33	0,83	1,33	1,67	1,17	0,17	0,67	0,33	2,17	2,17	0,50	1,17	0,50	0,83	1,17	1,00	1,17	1,17	2,67	2,33		
	<i>Ophelina cylindricaudata</i>	Lim	3,33	6,33	9,17	8,17	2,83	2,17	5,33	5,17	4,67	2,83	3,83	4,50	4,33	4,83	2,17	2,00	6,83	6,33	4,83	5,67	5,17	8,17	4,00	1,83
	<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Sab		1,17	1,83	0,67	0,17	1,17		0,50			0,17		0,17	1,50	0,83	0,33	0,33		0,33	0,50	0,17	0,17	0,17	0,17
	Orbiniidae nd			0,17							0,33													0,17		0,17
	<i>Owenia fusiformis</i>	SFBC	0,17		0,17		0,33			0,17																
	<i>Panthalis oerstedii</i>	VB													0,17											
	<i>Paradiopatra calliopae</i>	Lim	5,00	5,50	9,00	8,50	4,17	3,50	6,17	8,67	5,50	5,50	6,00	3,50	8,67	5,00	2,67	9,00	10,50	8,50	10,50	9,00	10,33	8,67	2,83	3,33
	<i>Paralacydonia paradoxa</i>	MO	1,17	1,33	2,00	1,33	1,67	1,83	1,17	0,50	1,50	1,67	1,50	0,50	1,00	0,33	1,00	1,33	1,17	0,83	1,17	1,33	1,17	2,00	1,17	0,50
	Paraonidae nd		47,83	50,83	61,00	51,33	53,50	40,50	46,50	62,33	56,33	32,50	49,33	56,33	58,67	45,67	62,17	97,00	69,17	42,83	45,67	52,83	43,33	47,83	37,00	26,50
	<i>Paraprionospio pinnata</i>	VTC		0,67		0,17				0,17			0,50	0,33	0,50	0,17						0,33	0,17			
	<i>Pectinaria koreni</i>	Sab				0,67	0,33	1,33	0,17							0,67	1,33									
	<i>Phyllodoce lineata</i>	Sab													0,17											
	<i>Phyllodoce sp</i>							0,33						0,50							0,17					
	Phyllodocidae nd		0,17		0,33			0,50		0,17	0,33			0,17	0,17	0,17		0,33	0,33					0,17		
	<i>Phylo foetida</i>	SVMC	0,17				0,33									0,17					0,17					0,17
	<i>Phylo norvegica</i>	Lim								0,17										0,17					0,17	
	Pilargidae nd		1,17	1,50	1,17	2,67	0,50	1,00	1,50	1,00	1,17	0,17	1,67	0,17	0,67	0,83	1,00		1,00	0,50	1,00	0,83	1,00	0,83	1,83	0,50
	<i>Pilargis verrucosa</i>	Sab				0,17										0,17					0,17					0,50
	<i>Pista cristata</i>	Lim		0,17	0,33		0,17	0,17	0,17						0,17	0,33	0,17				0,17		0,17			

Tab. 3- XXVII – Continuo.

Stazione	Biocenosi	Transecto A										Transecto B								Controlli						
		A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO 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>Pista unibranchia</i>	Lim																								
	<i>Poecilochetus serpens</i>	VTC	0,33	0,17		0,50				0,17										0,17		0,83	0,17	0,17	0,17	
	<i>Polyophthalmus pictus</i>	Mixt									0,17															
	<i>Pomatoceros triqueter</i>	Sd			0,17	0,50	0,17	0,33									0,67	0,33								
	<i>Prionospio ehlersi</i>	Mixt		0,17	0,17	1,17			0,17						0,17	0,33	0,17						0,17		0,17	
	<i>Prionospio sp</i>		1,17	1,67	2,83	2,50	2,00		0,33	0,33	1,50	1,00	0,50	0,33	0,83	0,33	3,00	1,00	0,67	1,17	0,83	0,50	1,00	1,33	0,33	1,50
	<i>Prionospio steenstrupi</i>	Lre																								0,17
	Sabellidae nd		1,17	0,50	0,83	1,17	0,33	0,67	0,50	0,83					0,17	0,33	0,50	1,00	0,83	1,00	0,33	0,33	1,17	0,17	0,83	0,17
	<i>Scolibregma inflatum</i>	Lim	0,17	0,50	0,83		0,67	0,33	0,17		0,17	0,17	1,17			0,17	0,67	0,17	0,17	0,17	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,17
	<i>Scoletoma emandibulata mabiti</i>	DE			0,17											0,17						0,33		0,17		0,17
	<i>Scoletoma impatiens</i>	Mixt				0,50		0,17	0,17		0,33			0,17		0,33		0,33		0,33		0,17	0,50			0,17
	<i>Scoletoma sp</i>		0,17	0,33	1,33	0,17	0,17	0,50	0,67	0,50	1,00	0,50	0,50	0,50	0,17	1,00	0,67	0,50	0,33	0,67	0,17	0,50	0,33	0,67	0,17	0,33
	<i>Scoloplos armiger</i>	Lre	0,83	1,83	1,50	0,33		0,67	1,17	0,67	0,17	2,33	0,33	0,83	0,67	0,33	0,83	0,50	0,33	0,83	0,50	2,17	0,50	2,17		0,50
	<i>Serpula concharum</i>	Sd					0,33	0,33							0,50	0,17										
	<i>Serpula vermicularis</i>	AP			0,17	1,33	0,83	0,83								0,33	0,33	0,33								
	Serpulidae nd				0,33		0,17								0,33	0,17										
	<i>Sigambra tentaculata</i>	Mixt						0,50							0,17											
	Sphaerodoridae nd				0,17	0,17		0,83		0,50	0,17	0,33	0,17	0,50	0,50	0,50			0,17	0,17			0,50			0,17
	Spionidae nd		3,00	2,50	3,67	5,83	2,50	1,83	3,17	3,17	2,83	1,00	2,83	0,83	2,00	1,83	4,67	2,33	3,67	2,67	2,33	0,67	2,00	0,50	1,17	1,83
	<i>Spiophanes bombyx</i>	SFBC		0,50	0,33	0,17				0,17	0,50		0,67	0,33		0,50					0,33	0,17	1,00	0,33		
	<i>Sternaspis scutata</i>	VTC				0,17	0,33							0,17												
	<i>Subadyte pellucida</i>	C					1,67														0,33					
	Syllidae juv						0,67									0,67	0,50									
	<i>Syllis alternata</i>	Lre		0,17																						
	<i>Syllis parapari</i>	SFBC																				0,17			0,17	0,33
	<i>Syllis sp</i>			0,33				0,67								0,17										
	Terebellidae nd		0,17			0,50	1,00	0,33		0,17	0,17	0,33			0,17	1,83	0,83				0,33	0,50	0,17			
	<i>Terebellides stroemi</i>	MO		0,17	0,17	0,33		0,67	0,67		0,17	0,17			0,17	0,33	0,67				0,17	0,17	0,33			0,17
	<i>Thelepus cincinnatus</i>	Sab								0,17																
Poriferi																										
	Porifera nd1					0,33	0,17														0,17					
Sipunculidi																										
	<i>Aspidosiphon muelleri</i>	MO				0,17		0,33	0,17	0,83		0,17		0,17		0,17		0,17				0,67		0,17	0,17	0,17
	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	VB	0,83	0,83	1,33	1,00	0,50	0,33	0,83	1,33	1,33	1,50	0,83	1,67	0,50	0,83		0,67		0,83	0,33	0,67	1,50	0,33	0,67	2,33
	<i>Phascolion strombus</i>	Lre	0,17	0,67	0,33	0,17		0,17	0,67	0,17	0,50				0,33						0,17	0,67	0,17	0,67	0,17	0,17
	Sipuncula nd		1,50	1,67	2,67	3,33	2,17	1,67	1,67	2,00	2,17	1,00	2,33	1,33	2,17	2,83	3,17	1,17	1,17	1,17	2,50	1,50	2,67	1,50	1,83	2,83
Densità totale			93,17	117,33	146,33	140,00	134,00	195,00	103,00	122,00	113,00	70,00	101,33	97,00	108,83	90,83	194,17	194,33	130,50	104,67	97,83	99,67	111,83	114,67	85,83	60,50
Ricchezza specifica totale			55	75	81	88	100	109	79	73	73	53	67	63	72	67	110	115	75	76	52	56	79	79	68	63

Per quanto riguarda la Biomassa (fig. 3.46; Tab. 3-XXVIII), in generale anche nell'ultimo monitoraggio sono stati registrati valori molto bassi ma, come precedentemente (Fabi *et al.*, 2019c), anche nell'inverno 2019 sono stati rilevati dei picchi, precisamente nel tratto B3 – BO SW, in A3, BO NW e BO SE, determinati da esemplari appartenenti a specie di grandi dimensioni quali l'echinoideo *Brissopsis atlantica mediterranea* e *N. cochlear*. Tali picchi sono risultati tutti confrontabili per l'elevata variabilità presentata.

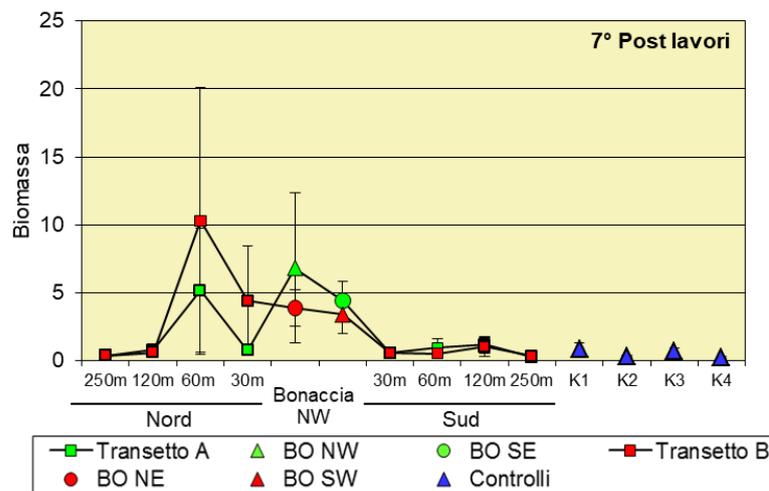


Fig. 3.46 – Biomassa (\pm e.s.) registrata nell'inverno 2019 (7° survey post lavori di installazione).

Tab. 3-XXVIII – Lista e biomassa (gr. 0,095/m²) delle specie rinvenute nelle stazioni campionate nel 7° survey post lavori. * = <0,001 gr/0,095 m².

Stazione	Transetto A										Transetto B								Controlli					
	A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO 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>						*	*									*	*			*				
Briozoa nd			*	*	*	0,001	0,001									*	*			*				
<i>Cellaria salicornioides</i>						0,002	0,001																	
<i>Crisia</i> sp			*				*									*								*
<i>Schizoporella errata</i>				0,010	0,018	0,019	0,005	0,001					0,003	0,011	0,008	0,013	0,003							
<i>Scrupocellaria scruposa</i>	0,002	0,001	0,001	0,003	0,003	0,007	0,001	*	0,002	0,004	0,001	*	0,003	0,001	0,010	0,021	0,004	0,002		*	0,006	0,007	0,001	*
<i>Triticella flava</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	0,000						*	*	*		*	*	*	*	*	*
<i>Tubulipora</i> sp	0,003				0,001		0,001	*		*	0,001				0,003	0,004	*							
Cnidari																								
Antozoi																								
<i>Actinaria</i> nd				0,002	0,024	0,052	0,002	*				0,009			0,034									
<i>Anthozoa</i> nd	*	*	*	0,036	*	0,025	*	*	*		*	*		0,001	*	0,110	0,005		*	0,001	*	*	0,001	0,001
<i>Edwardsia claparedii</i>				0,020							0,053					0,020		0,011						
<i>Epizoanthus</i> sp					0,019								0,001		0,001	0,001								
<i>Virgularia mirabilis</i>	0,001						0,001	0,001																
Idrozoi																								
<i>Hydroidea</i> nd		0,001	0,005	*	0,001	0,029	0,004	*	0,002		0,008	0,007	*		0,009	0,003	*	0,001	0,002	0,003	0,003	0,002	0,007	0,009
Crostacei																								
Anfipodi																								
<i>Acidostoma nodiferum</i>															*			*			0,001		0,001	*
<i>Ampelisca diadema</i>		*	*	*	0,002				0,001		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*
<i>Ampelisca typica</i>									*				*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*
<i>Caprella equilibra</i>		*			*										*	*	*	*	*	*		*	*	*
<i>Carangoliopsis spinulosa</i>									*															
<i>Cheirocratus sundevallii</i>																					*	*	*	*
<i>Corophium</i> sp													*			*	*	*	*	*		*	*	*
<i>Elasmopus rapax</i>															0,002									
<i>Erichthonius punctatus</i>				0,001		0,001	*												0,002			0,001		
<i>Eriopisa elongata</i>				*						*	0,001							*	*	*			*	*
<i>Gammaropsis</i> sp																					*	*	*	*
<i>Harpinia antennaria</i>									*									*	*	*		*	*	*
<i>Harpinia crenulata</i>				*			*	*	*	*							*	*	*	*		*	*	*
<i>Harpinia dellavallei</i>		*		*	*	*	*	*	*	*				*			*	*	*	*		*	*	*
<i>Idunella pirata</i>									*	*						*	*	*	*	*			0,001	
<i>Iphimedia</i> sp									*	*						*	*	*	*	*		*	*	*
<i>Leptocheirus guttatus</i>									*	*						*	*	*	*	*		*	*	*
<i>Leucothoe incisa</i>			*						*	*						*	*	*	*	*		*	*	*
<i>Leucothoe liljeborgi</i>									*	*						*	*	*	*	*		*	*	*
<i>Leucothoe oboa</i>			*		*				*	*						*	*	*	*	*		*	*	*
<i>Lysianassina longicornis</i>						0,001											*	*	*	*		*	*	*
<i>Maera grossimana</i>			0,001				*		0,001	*	*		0,002		0,001	*	0,001				*	*	*	*
<i>Orchomene grimaldii</i>	*						*		0,001	*			*			*	*					*	*	*
<i>Orchomene humilis</i>						*			*	*						*	*					*	*	*
<i>Othomaera schmidtii</i>					0,001		0,001	0,001	*	*			*		*	*	0,001					*	*	*
<i>Paraphoxus oculatus</i>	*	*		*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Phthisica marina</i>			*		*		*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*
<i>Pseudoprotella phasma</i>									*	*					*	*	*	*	*	*		*	*	*
<i>Stenothoe cavimana</i>			*						*	*					*	*	*	*	*	*		*	*	*

Tab. 3-XXVIII – Continuo.

Stazione	Transetto A										Transetto B								Controlli					
	A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO 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
Crostacei																								
Anfipodi																								
	<i>Stenothoe marina</i>																							
	<i>Stenothoe tergestina</i>																							
	<i>Tryphosella longidactyla</i>																							
Copepodi																								
	<i>Copepoda nd</i>																							
Cumacea																								
	<i>Cumacea nd</i>																							
	<i>Eudorella truncatula</i>																							
	<i>Leucon mediterraneus</i>																							
	<i>Leucon siphonatus</i>																							
Decapodi																								
	<i>Alpheus glaber</i>																							
	<i>Anapagurus bicorniger</i>																							
	<i>Callinassa subterranea</i>																							
	<i>Chlorotocus crassicornis</i>																							
	<i>Ebalia deshayesi</i>																							
	<i>Eurynome aspera</i>																							
	<i>Galathea dispersa</i>																							
	<i>Galathea intermedia</i>																							
	<i>Goneplax rhomboides</i>																							
	<i>Jaxea nocturna</i>																							
	<i>Liocarcinus maculatus</i>																							
	<i>Macropodia linaresi</i>																							
	<i>Monodaeus couchi</i>																							
	<i>Paguridae nd</i>																							
	<i>Pilumnus hirtellus</i>																							
	<i>Processa sp</i>																							
	<i>Solenocera membranacea</i>																							
	<i>Upogebia deltaura</i>																							
Isopodi																								
	<i>Cirolana neglecta</i>																							
	<i>Eurydice sp</i>																							
	<i>Gnathia sp</i>																							
	<i>Paragnathia formica</i>																							
Misidacei																								
	<i>Misidiacea nd</i>																							
Ostracodi																								
	<i>Ostracoda nd</i>																							
Stomatopodi																								
	<i>Rissoides desmaresti</i>																							
Tanaidacei																								
	<i>Leptochelia savignyi</i>																							
	<i>Leptognathia sp</i>																							
	<i>Tanaidacea nd</i>																							
Echinoderimi																								
Asteroidei																								
	<i>Astropecten irregularis</i>																							
Echinoidei																								
	<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i>																							
Ofiuroidei																								
	<i>Amphiura chiajei</i>																							
	<i>Ophiotrix fragilis</i>																							
	<i>Ophiura albida</i>																							
Oloturoidei																								
	<i>Labidoplax digitata</i>																							
	<i>Trachythyone tergestina</i>																							

Tab. 3-XXVIII – Continuo.

Stazione	Transetto A										Transetto B								Controlli					
	A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO 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>Abra alba</i>					*																	0,001	*	*
<i>Abra nitida</i>			*												*	0,001				0,002	*	*	*	*
<i>Abra prismatica</i>			*	*	*		0,001					*			*	*		*			*	*	*	*
<i>Anodontia fragilis</i>									0,001			*					*	*					*	*
<i>Anomia ephippium</i>				*	0,021	0,173									0,102	0,006	*	*					*	*
<i>Azorinus chamasolen</i>									0,663									*						*
<i>Cardiomya costellata</i>																		*						*
<i>Coracuta obliquata</i>																					*			*
<i>Corbula gibba</i>									0,002															*
<i>Dosinia exoleta</i>			*																					*
<i>Hemilepton nitidum</i>				*								*												*
<i>Hiatella arctica</i>					0,002	0,006									0,003	0,006								*
<i>Kellia suborbicularis</i>							0,001					*	*				*				*	*	*	*
<i>Kelliella abyssicola</i>			*				*					*					*				*	*	*	*
<i>Kurtiella bidentata</i>	*			*									*		*						*	*	*	*
<i>Mimachlamys varia</i>															0,001	*					*	*	*	*
<i>Modiolarca subpicta</i>					*	0,006									0,002									*
<i>Modiolula phaseolina</i>					0,004	0,007		*							0,006	0,001		*						*
<i>Musculista senhousia</i>					*	0,001									0,012	0,001		*						*
<i>Myrtea spinifera</i>						*																		*
<i>Mysia undata</i>																*								*
<i>Mytilus galloprovincialis</i>					2,409	0,001																		*
<i>Neopycnodonte cochlear</i>					3,851	2,824									0,059	2,692	2,661							*
<i>Nucula nitidosa</i>		*		0,001			*	*	*	0,001	0,107	0,001	*	0,012	*	0,001	0,004				0,001		0,001	
<i>Nucula sulcata</i>	0,058		*			*	0,186		*	0,059	0,107	0,153	0,047					0,044		0,037			*	
<i>Odostomia acuta</i>																		0,001						*
<i>Parvicardium minimum</i>					0,001	0,001					*		*		0,001	0,001				0,002		0,001	*	
<i>Phaxas adriaticus</i>					0,003	0,006																	0,001	*
<i>Plagiocardium papillosum</i>															*									*
<i>Poromya granulata</i>								*		*														*
<i>Pteria hirundo</i>																						*		*
<i>Saccella commutata</i>							*										0,003							*
<i>Tellina pygmaea</i>		*																						*
<i>Thyasira biplicata</i>	0,001			*	0,002	0,005		0,001		0,001		0,001		0,004	0,018	0,002						0,001	*	
<i>Thyasira succisa</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Timoclea ovata</i>	*	*		0,014	0,066	*	0,002	0,001			0,001		*		0,010	0,003			*	*	*	*	0,001	
<i>Venerupis aurea</i>		*													*	*			*	*	*	*	*	
Caudofoveati		0,001	*	0,001	0,001	0,002	*	*	*	*	*	*	*	*	0,002	0,001	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Falcidens gutturosus</i>																								*
Gasteropodi																								*
<i>Acteon tornatilis</i>					*												*							*
<i>Alvania sp</i>																								*
<i>Bela brachystoma</i>					0,001		0,001								0,001	0,001		0,001					*	
<i>Bittium latreillii</i>						0,002									0,009	0,003							*	
<i>Cylichna cylindracea</i>						*		*						*			*		*				*	
<i>Epitonium commune</i>						*					0,002								*				*	
<i>Hyala vitrea</i>	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	*	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001		0,001	*	*	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	*	
<i>Mangelia coarctata</i>																0,001								*

Tab. 3-XXVIII – Continuo.

Stazione	Transetto A										Transetto B								Controlli						
	A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO 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																									
Gasteropodi Nudibranchia nd					0,018			*								*		*							
Odostomia sp																									
Polinices nitida					0,005	0,041															0,004				
Turritella communis					0,040		0,035		0,050		0,013	0,057				0,007		0,015	0,031	0,032	0,008	0,005	0,394		
Scafopodi Fustiaria rubescens			0,017					*																	
Nemertini																									
Nemertea nd	0,010	0,001	0,006	0,001	0,007	0,002	0,005	0,006	0,003	0,006	0,022	*	0,001	0,007	0,072	0,001	0,001	0,002	0,002	0,024	0,001	0,014	0,003	0,015	
Pantopdi																									
Picnogonidi Pycnogonida nd		*	*			*			*						0,003		*	*				*			
Platelminti																									
Platelminta nd		*				*		*					*			*						*			
Policheti																									
Ampharete acutifrons	0,001	*	0,003	0,002	*	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	*	0,001	0,001	*	*	0,001	0,001	*	0,001	*	*	0,001	0,001	*	
Ampharetidae nd	*	*	0,001	0,001	*		*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	0,001	*	0,001	0,001	*	0,002	*	0,002	*	
Amphicteis gunneri	*			0,002	*		*			*	*		*		0,001	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	
Ancistargis hamata					*		*	*	*	*			*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Ancistrosyllis groenlandica	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Aonides oxycephala				*			*	*	*	*					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Aphelochaeta filiformis	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	*	0,001	0,001	*	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	*	0,001	0,004	0,020	0,001		
Aphelochaeta marioni	*	0,001	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	0,001	*	*
Aponuphis bilineata			*																				0,004		
Aponuphis brementi	*	0,017	0,021	0,003	0,036	0,062	*					0,008	0,002	0,012	0,025	0,029	0,007	0,004	*	*	0,017	0,022	*		
Capitellidae nd				*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	
Chaetopteridae nd		0,002			0,001	0,005	0,002								0,001								0,004		
Chaetozone caputesocis	*	0,001	0,002	0,001	0,002	*	0,003	0,006			*			0,001	0,001	0,005	0,002	*	*	*	0,003	0,001	0,002		
Chirimia biceps		0,001		*							0,001					0,000	0,003								
Chrysopetalum debile															*										
Cirratulidae nd	*		*	*	0,002			0,006	*	*	*	*	*	*	*	*		0,010	*	*	*	*	*	*	
Ditrupe arietina				*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	
Dorvillea rudolphii				*	*	0,001	*							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Drilonereis filum		0,011	*	0,001				0,001	*							0,003	*	0,001	0,001		0,001	*			
Eupanthalis kinbergi									*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,042	
Exogone naidina		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Filograna sp			*	*	*	0,001									*										
Glycera alba	0,001	0,008	0,006	*	0,025	0,010	0,001		0,007		0,005	0,001	0,003	0,001	0,004	0,007	0,006	0,005	0,003	0,002	0,002		0,005		
Glycera rouxii	*	*	0,002	0,025	0,002	0,013	0,002	0,024	0,023	0,004	0,008	0,006	0,010	*	*	0,014	0,008	0,001	0,009	0,007	*	*	0,004		
Glycera sp	0,005	*	0,003	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,006	*	*	*	*	*	*	*	*	0,002	*	*	*	*	*	
Glycera tessellata		0,003	0,001	0,001	0,001				*	0,001				0,001	0,002				*		0,001	0,003	0,002		
Glycera triactyla																0,001	0,171								
Goniada maculata						0,001		*			*		*							*		0,001			
Harmothoe extenuata															0,011										
Harmothoe sp		*		*	0,001	0,030		0,001							*	0,001					*				
Hydroides elegans					*										*	0,001									
Hydroides norvegicus					0,001	0,001									0,004	0,001	*				0,001				
Labioleairia yhleni	0,050	0,081	0,027			0,011	0,044		0,039			0,004	0,034		0,001		0,018	0,031	0,017	0,007			0,019		
Laonice cirrata						*									0,001										

Tab. 3-XXVIII – Continuo.

Stazione	Transetto A										Transetto B								Controlli					
	A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO 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>Lumbrineris gracilis</i>	0,001	0,001			*	0,004	0,001	*	*	*	*	*	0,001	*	0,003	0,001	0,002	*				*	*	
<i>Macrocliyene santanderensis</i>				*			*		0,007					*			*							
<i>Magelona alleni</i>			*	*			*							*										
Maldanidae nd	*				*	*						*			0,001	0,001						0,003	0,001	
<i>Malmgreniella ljunghmani</i>		0,000																						
<i>Malmgreniella lunulata</i>		0,305				0,004									0,001									0,003
<i>Marphysa bellii</i>	0,075	0,091	0,096	0,055	0,044	0,038	0,074	0,049	0,037	0,044	0,041	0,039	0,032	0,028	0,084	0,054	0,096	0,056	0,069	0,041	0,046	0,052	0,069	0,025
<i>Melinna palmata</i>			*	*	0,001	0,001	*	*	*		*	0,001	*	*			0,001	*		*		*		0,001
<i>Micronephthys sphaerocirrata</i>	*						*							*		*								
<i>Minuspio cirrifera</i>		*		*		*					*		*					*			*	*	*	
<i>Nematonereis unicornis</i>		*																			*	*	*	
<i>Nephtys hombergi</i>		0,021	0,011		0,006		0,014		0,002		0,004		0,008	0,021	0,004	0,009	0,003	0,004		0,013	0,009	0,007		
<i>Nephtys hystricis</i>		0,012	0,007	0,003	0,013	0,035	0,001	0,035			0,007		0,005		0,007	0,023	0,003	0,007	0,005	0,001	0,004	0,004	*	
Nereididae nd				*	*		*		*						*	0,002	0,001					*		0,002
<i>Nereiphylla rubiginosa</i>															*									
<i>Ninoe armoricana</i>	0,004	0,002	0,002	0,003	*	0,001	0,002	0,003	0,006	0,004	*	0,001	*	0,002	*	0,001	0,001	*	0,004	0,001			0,001	0,007
<i>Notomastus aberans</i>	0,007	0,015	0,022	0,011	0,030	0,032	0,017	0,003	0,008	0,007	0,021	0,017	0,005		0,034	0,003	0,005	0,023	0,014	0,006	0,006	0,016	0,028	
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	0,001	0,001	0,003	0,001	*	0,001	0,003	0,002	0,001	*	0,001	0,001	0,001	0,001	*	*	0,002	0,001	0,003	0,001	0,003	0,002	0,001	0,001
<i>Ophiadromus flexuosus</i>			*	*	*	0,001	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Orbiniidae nd		0,021					*	*	*						0,001	*	*	*	*	*		0,001	*	*
<i>Owenia fusiformis</i>	*		*		*		*	*	*				*	*	*	*	*	*	*	*				
<i>Panthalis oerstedii</i>													0,049											
<i>Paradiopatra calloipae</i>	0,004	0,004	0,005	0,010	0,006	0,004	0,006	0,015	0,005	0,006	0,004	0,002	0,008	0,002	0,005	0,012	0,006	0,006	0,010	0,005	0,007	0,007	0,004	0,003
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	0,001	0,001	0,001	*	0,001	0,001	0,001	*	0,001	*	0,001	*	*	*	0,001	0,001	*	*	*	0,001	0,001	0,001	0,001	*
Paraonidae nd	0,008	0,008	0,010	0,009	0,005	0,004	0,010	0,008	0,008	0,004	0,005	0,005	0,007	0,005	0,005	0,007	0,008	0,004	0,008	0,006	0,006	0,008	0,005	0,003
<i>Parapriospio pinnata</i>		0,002		0,001	0,004	0,015	*	*	*	0,001	0,001			*			0,001	0,002	0,001		*	*		
<i>Pectinaria koreni</i>				0,011	0,004	0,015	*	*	*						0,008	0,009								
<i>Phyllodoce lineata</i>															*									
<i>Phyllodoce</i> sp						0,003		*	*		*	*			*		*	*	*	*		0,001	*	
Phyllodoceidae nd	*		*			0,003	*	*	*		*	*	0,004		0,000	0,004							*	
<i>Phylo foetida</i>	0,001					0,008										0,006		0,002						0,006
<i>Phylo norvegica</i>							*	*	*					*			0,007						0,003	
Pilargidae nd	*	*	*	0,001	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pilargis verrucosa</i>				*	*	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pista cristata</i>		*	*		*	0,001	*	*	*				*	0,001	0,001			0,001	*	*	*	*	*	*
<i>Pista unibranchia</i>																								
<i>Poecilochetus serpens</i>		*	*		0,003			*	*				*	*	*	*	*	*	*	*	0,001	*	*	*
<i>Polyopthalmus pictus</i>										0,003														
<i>Pomatoceros triqueter</i>			*	0,004	0,001	0,001	*	*	*						0,002	0,001								
<i>Prionospio ehlersi</i>		*	*	*	*	*	*	*	*				*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Prionospio</i> sp	*	*	0,001	0,001	*	*	*	0,001	*	*	*	*	0,001	*	0,001	*	*	0,001	*	*	*	0,001	*	*
<i>Prionospio steenstrupi</i>					*	*	0,001	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Sabellidae nd	*	*	*	0,003	*	*	0,001	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Scalibregma inflatum</i>	*	*	*		0,001	0,001	*	*	0,001	*	0,001		*	*	*	0,002	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Scoletoma emandibulata mabiti</i>			0,001	*	*	*	*	*	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Scoletoma impatiens</i>				*	*	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	0,002	*	*	*	*	*	*

Tab. 3-XXVIII – Continuo.

Stazione	Transetto A										Transetto B								Controlli					
	A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO 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>Scoletoma</i> sp	0,002	0,001	0,002	*	*	0,001	*	*	0,001	0,005	*	*	*	0,001	*	0,001	*	*	0,001	*	0,001			0,001
<i>Scoloplos armiger</i>	*	*	*	*			0,002	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*
<i>Serpula concharum</i>					*	*									*	*	*	*	*	*	*	*		*
<i>Serpula vermicularis</i>			*	0,001	0,012	0,047								*	*	*	*	*	*	*	*	*		*
Serpulidae nd				0,001		*								*	*	*	*	*	*	*	*	*		*
<i>Sigambra tentaculata</i>							*						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*
Sphaerodoridae nd			*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*
Spionidae nd	*	*	*	0,001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Spiophanes bombyx</i>		*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Sternaspis scutata</i>					0,002	0,001						0,001												
<i>Subadyte pellucida</i>						0,005										0,003								
Syllidae juv						*									*	*								
<i>Syllis alternata</i>		*																						
<i>Syllis parapari</i>		*													*	*					*		*	*
<i>Syllis</i> sp		*					*								*	*							*	*
Terebellidae nd	*				0,004	0,043	0,003		*	*	0,001			0,000	0,094	0,008			*	0,001	*			
<i>Terebellides stroemi</i>		*	0,001	*		0,003	0,002		0,001	0,002			0,001	0,002	0,004				0,003	*	0,015		0,002	
<i>Thelepus cincinnatus</i>									0,200															
Poriferi					0,005	0,001										0,004								
Porifera nd1																								
Sipunculidi					*		0,001	0,007	0,008		*		0,098	0,001		*		*	*	0,025		0,016	0,003	
<i>Aspidosiphon muelleri</i>					*	*	0,001	0,001	0,001	0,001	*	0,002	*	0,001	*	*	*	*	0,001	0,001	*	*	0,002	
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	*	*	0,001	0,001	0,001	0,001	*	0,002	*	0,001	*	*	*	*	0,001	0,001	*	*	0,002	
<i>Phascolion strombus</i>	*	0,004	0,002	*		*	0,004	0,002	0,002				0,016					0,002	*	0,001		0,001		
<i>Sipuncula</i> nd	0,004	0,003	0,012	0,218	0,018	0,004	0,005	0,012	0,007	0,004	0,006	0,001	0,004	0,009	0,015	0,005	0,006	0,005	0,006	0,013	0,004	0,001	0,004	
Densità totale	0,357	0,794	5,161	0,730	6,827	4,427	0,538	0,929	1,174	0,256	0,359	0,587	10,294	4,377	3,870	3,389	0,546	0,532	1,011	0,312	0,871	0,313	0,651	0,239
Ricchezza specifica totale	55	75	81	88	100	109	79	73	73	53	67	63	72	67	110	115	75	76	52	56	79	79	68	63

3.7.2. AFFINITÀ BIOECENOTICHE DELLE SPECIE RINVENUTE

Analogamente a quanto osservato sin dall’inizio del monitoraggio della piattaforma Bonaccia NW (Fabi *et al.*, 2019c), i popolamenti bentonici rinvenuti nell’inverno 2019 sono risultati prevalentemente composti da taxa tipici di fondo mobile e, in particolare, da organismi limicoli (Lim; Tab. 3-XXIXa e 3-XXIXb), seguiti dagli indicatori di materia organica nel sedimento (MO) e/o sabulicoli (Sab) e/o misticoli (Mixt; Tab. 3-XXIXa). In corrispondenza di Bonaccia NW dopo i Lim il maggior numero di taxa è stato raggiunto per gli organismi tipici di substrato roccioso (Sd).

Anche in termini di numero di individui i Lim sono apparsi i meglio rappresentati ovunque eccetto in prossimità di Bonaccia NW dove, in BO SE e BO NE, sono risultate più numerose le specie a larga ripartizione ecologica (Lre), nello specifico *A. ephippium*.

Tab. 3-XXIX – Numero di taxa (a) e di individui (b) rinvenuti nell’inverno 2019 determinati a livello di specie suddivisi in base alla loro affinità biocenotica. In giallo sono indicati i gruppi più numerosi. Per la legenda si rimanda alla Tab. 3-XXVII.

A	Transetto A								Transetto B								Controlli							
	A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Sm			1				1					1				1	1					2		
Lim, VTC, VB	23	25	28	29	27	27	25	23	24	20	20	23	26	23	26	29	27	28	21	21	29	21	25	17
Sab, SFBC	3	5	6	5	9	7	4	6	9	2	5	4	4	5	9	9	6	5	4	3	7	5	7	3
Glar						1																		
Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC	2	7	7	7	7	10	9	4	5	5	6	6	6	5	13	12	4	8	2	2	8	8	3	8
Ml				1		1		1				1		1			1	1	1					1
Minut			1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1			1	1	1	1		1		1
MO	4	8	6	8	6	8	7	7	7	6	8	5	8	6	5	5	6	7	6	6	8	7	7	6
AP, C, HP, Sd	1	4	8	8	14	15	5	2	4	2	4	3	2	5	20	18	6	2	1	3	4	7	2	2
Lre	3	4	3	6	8	9	5	5	2	2	3	1	4	6	9	9	4	4	1	3	4	2	4	3

B	Transetto A								Transetto B								Controlli							
	A1	A2	A3	A4	BO NW	BO SE	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	BO NE	BO SW	B5	B6	B7	B8	K1	K2	K3	K4
Sm			0,33				0,17					0,33				0,17	0,17					0,33		
Lim, VTC, VB	20,67	28,33	38,17	34,33	20,33	22,50	23,33	28,00	22,67	19,00	20,33	19,17	23,67	21,17	20,67	27,17	28,83	27,67	27,67	22,83	27,17	29,83	17,83	13,33
Sab, SFBC	1,00	4,00	2,83	1,83	2,00	4,83	1,17	1,33	2,67	0,50	1,83	1,17	2,00	1,83	4,83	5,33	1,50	1,17	1,33	2,50	2,17	2,17	1,83	0,83
Glar						0,17																		
Mixt, DC, DE, DL, SGCF, SVMC	0,50	1,50	1,17	4,33	3,33	6,67	2,67	1,50	1,17	1,00	1,33	1,17	1,83	1,67	10,00	5,83	1,17	1,67	0,50	0,50	3,67	2,33	0,50	1,50
Ml				0,50		0,17		0,17				0,17		0,17			0,83	0,17	0,17					0,17
Minut			0,50	0,17	0,17	0,50	0,17		0,17		0,17	0,50	0,17	0,17			0,83	0,33		0,17		0,17		0,17
MO	7,67	11,00	12,83	11,50	12,83	8,83	7,83	8,67	11,00	6,17	10,33	9,50	7,33	4,83	6,67	10,33	10,17	9,67	7,67	8,33	10,33	14,17	9,50	4,17
AP, C, HP, Sd	0,50	2,00	3,50	4,33	9,67	28,67	1,67	0,50	1,33	0,67	1,00	0,67	1,33	2,67	23,83	13,83	2,50	0,67	0,17	2,17	2,17	2,50	0,83	1,33
Lre	1,33	3,17	2,00	2,17	11,00	53,67	2,00	2,17	1,17	0,33	3,17	0,33	1,50	1,67	37,50	13,83	2,00	1,00	0,33	1,33	2,33	2,33	0,83	1,00

3.7.3. DOMINANZA

Per la rappresentazione grafica della dominanza sono stati considerati i 19 taxa che nell’inverno 2019 hanno complessivamente costituito circa l’80% delle comunità bentoniche, includendo i rimanenti nella categoria “altro” (fig. 3.47).

Analogamente a tutti i survey condotti sinora (Fabi *et al.*, 2019c), i policheti della famiglia Paraonidae hanno costituito il taxon più importante ovunque ad eccezione di BO SE, rappresentando tra il 32% (BO NE) e il 58% (B2) dei popolamenti lungo i transetti e tra il

39% (K1) e il 44% (K4) ai controlli.

In BO SE, invece, è apparso più importante *A. ephippium* (24%), seguito a breve distanza dai paraonidi (21%). In tutti siti inclusi i riferimenti al 2° o 3° posto si sono collocati i policheti *A. filiformis* e *P. calliopae*, con percentuali comunque nettamente inferiori a quelle dei paraonidi essendo ovunque <10%.

La categoria “altro” ha costituito dal 12% (B2) al 36% (BO SE) dei popolamenti rinvenuti lungo i transetti e nei siti BO e dal 19% (K2) al 24% (K1) ai controlli.

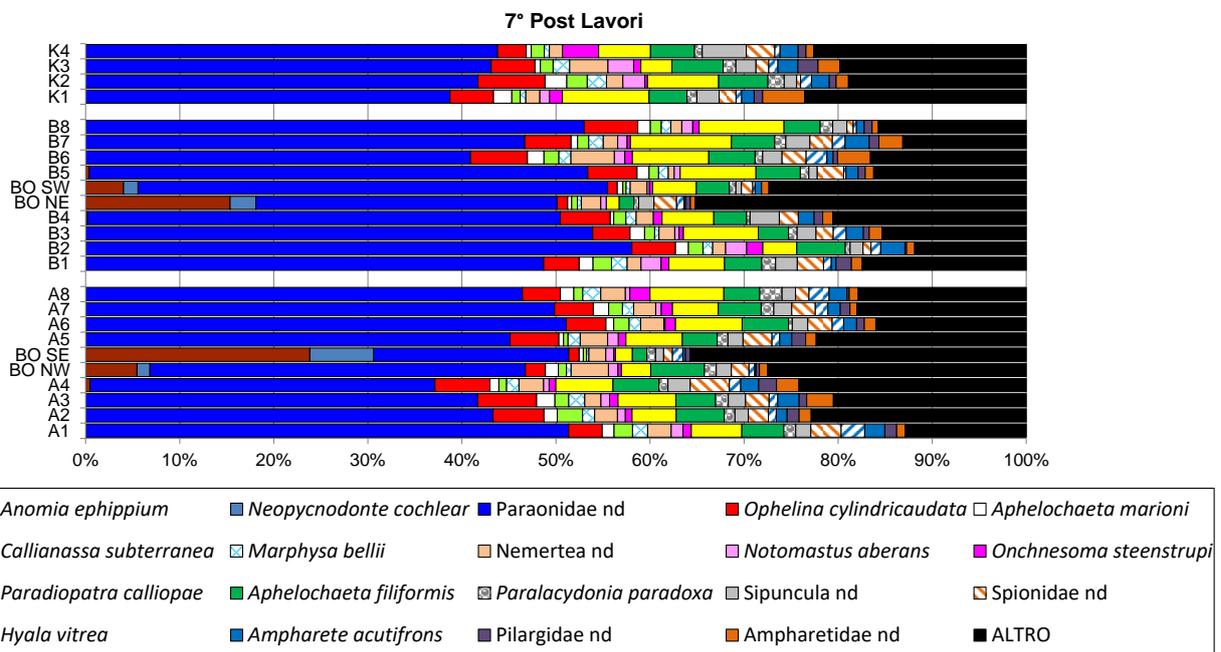


Fig. 3.47 - Valori percentuali di dominanza delle specie principali ottenuti nelle stazioni monitorate nel 7° survey post lavori di installazione (inverno 2019).

Le curve di dominanza cumulativa (fig. 3.48) hanno separato le stazioni BO da tutte le altre a causa del maggior numero di specie rilevato in questi siti e dal maggior numero di specie secondarie.

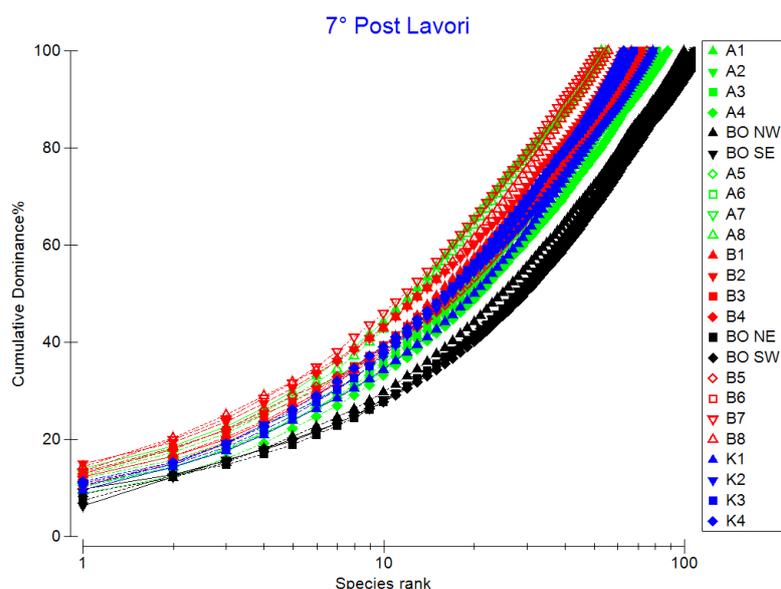


Fig. 3.48 - Curve di dominanza cumulativa ottenute per le stazioni campionate nell'inverno 2019.

3.7.4. RICCHEZZA SPECIFICA TOTALE (S)

Nell'inverno 2019 in tutta l'area monitorata sono stati rinvenuti 243 taxa appartenenti prevalentemente ai policheti (98), seguiti dai crostacei e dai molluschi (65 e 51 rispettivamente). E' stata registrata anche la presenza di 8 briozoi, 7 echinodermi, 6 cnidari, 4 sipunculidi, oltre a nemertini, pantopodi, plattelminti e poriferi tutti rappresentati da un taxon. Il quantitativo di taxa raggiunto in quest'ultimo monitoraggio è il più elevato di tutti i campionamenti condotti nella fase di produzione della piattaforma (Fabi *et al.*, 2019c).

Per quanto concerne l'andamento dell'indice, lungo il transetto A è stato rilevato un progressivo incremento da A1 a BO SE, dove sono stati contati 109 taxa, ridotti a 79 in A5 (fig. 3.49). In A8 è stato raggiunto un valore (53) molto simile a quello di A1 (55). Lungo B S ha subito poche oscillazioni sino a B4 e un'impennata in corrispondenza della piattaforma dove sono stati rilevati 110 e 115 taxa. Anche in questo caso, in B5 è avvenuta una drastica riduzione (75) che è poi proseguita in B7. Ai controlli l'indice è oscillato tra 63 e 79, un intervallo che ha compreso gran parte dei siti A e B.

I policheti sono risultati il gruppo sistematico più numeroso anche analizzando le singole stazioni, seguiti da crostacei e/o molluschi. Gli echinodermi, quando presenti, sono stati rappresentati al massimo da 3 specie nei siti della piattaforma.

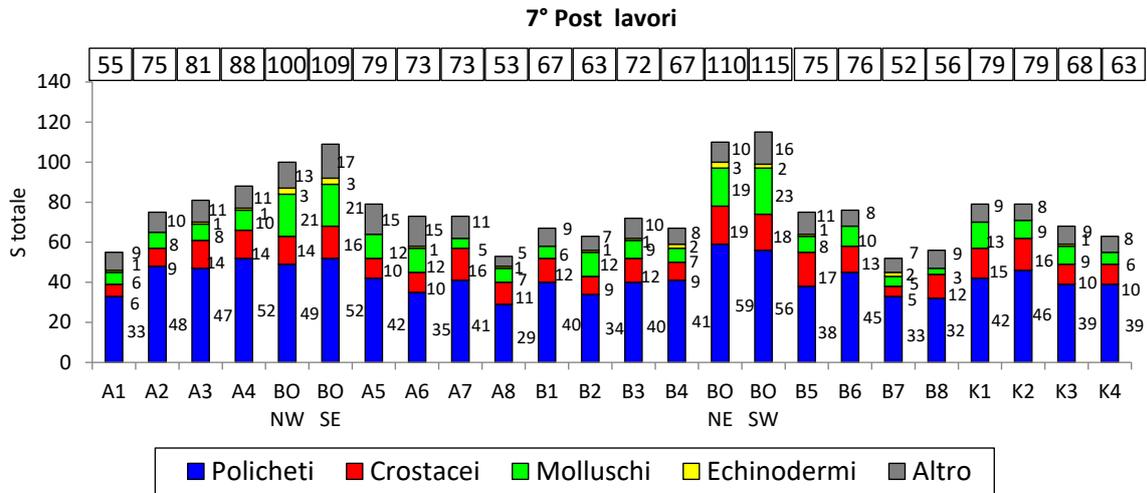


Fig. 3.49 - Ripartizione secondo il phylum di appartenenza delle specie rinvenute nelle singole stazioni campionate nell'inverno 2019. Sono anche riportati i valori della Ricchezza specifica totale ottenuti per i vari siti (riquadri).

3.7.5. RICCHEZZA SPECIFICA MEDIA (S_M)

Analogamente ai survey precedenti (Fabi *et al.*, 2019c), anche nel 7° post lavori S_m ha presentato lo stesso trend osservato per la Densità e la Ricchezza specifica totale (fig. 3.50). I massimi sono stati ottenuti in BO NE e BO SE ($48,83 \pm 2,44$ e $47,17 \pm 2,94$ rispettivamente), unici valori a non rientrare nel range dei controlli, compreso tra $21,00 \pm 1,88$ (K4) e $33,17 \pm 3,08$ (K1).

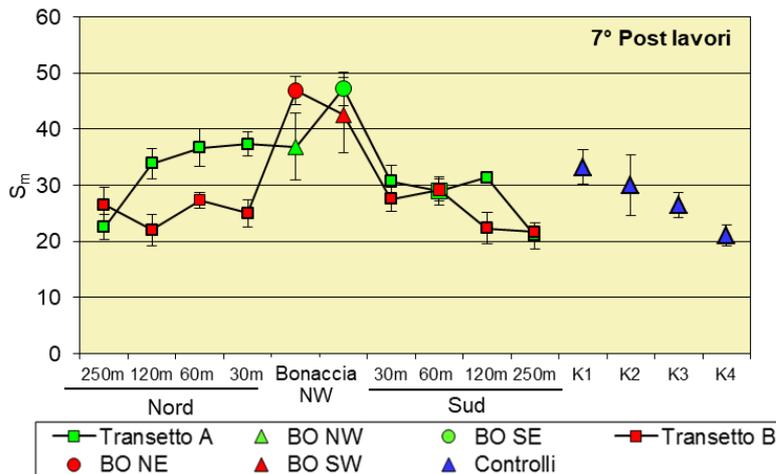


Fig. 3.50 - Ricchezza specifica media (\pm e.s.) registrata nell'inverno 2019.

Per quanto concerne gli andamenti, lungo A si è avuto un aumento in A2 dopo il quale l'indice è rimasto pressoché costante sino a BO NW. Dopo un altro incremento in BO SE è

avvenuta una riduzione in A5 e un'altra in A8, sito risultato comparabile ad A1 e alle stazioni di B poste ad almeno 120 m di distanza dalla struttura. Il transetto B ha presentato alcune oscillazioni lievi nella sua porzione Nord, un rapido incremento presso la piattaforma e un'altrettanto repentina riduzione in B5. Un ulteriore decremento ha interessato B7.

3.7.6. DIVERSITÀ SPECIFICA (H')

Nell'inverno 2019 la Diversità specifica (fig. 3.51) ha presentato un range molto simile a quelli dei monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2019c). I valori di questo indice rilevati lungo i transetti e nei siti BO, compresi tra $1,80 \pm 0,23$ (B2) e $2,82 \pm 0,13$ (BO SE), sono quasi tutti risultati confrontabili con i controlli dove H' è variato tra $2,24 \pm 0,11$ e $2,54 \pm 0,13$ (K4 e K1 rispettivamente).

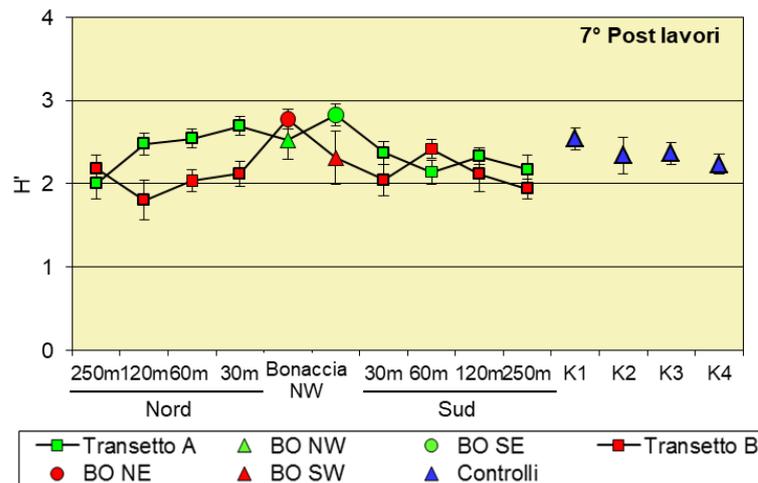


Fig. 3.51 - Diversità specifica (\pm e.s.) registrata nell'inverno 2019.

3.7.7. MULTIDIMENSIONAL SCALING (MDS)

L'MDS applicato ai dati di densità delle singole specie monitorate nell'inverno 2019 ha separato le quattro stazioni corrispondenti alla piattaforma da tutte le altre (fig. 3.52a) per la presenza esclusiva in questi siti di organismi tipici di substrato duro di cui, nelle figg. 3.52b – 3.52d, si riportano alcuni esempi. Tale situazione è stata osservata sin al 2° anno dall'entrata in produzione di Bonaccia NW (Fabi *et al.*, 2019c).

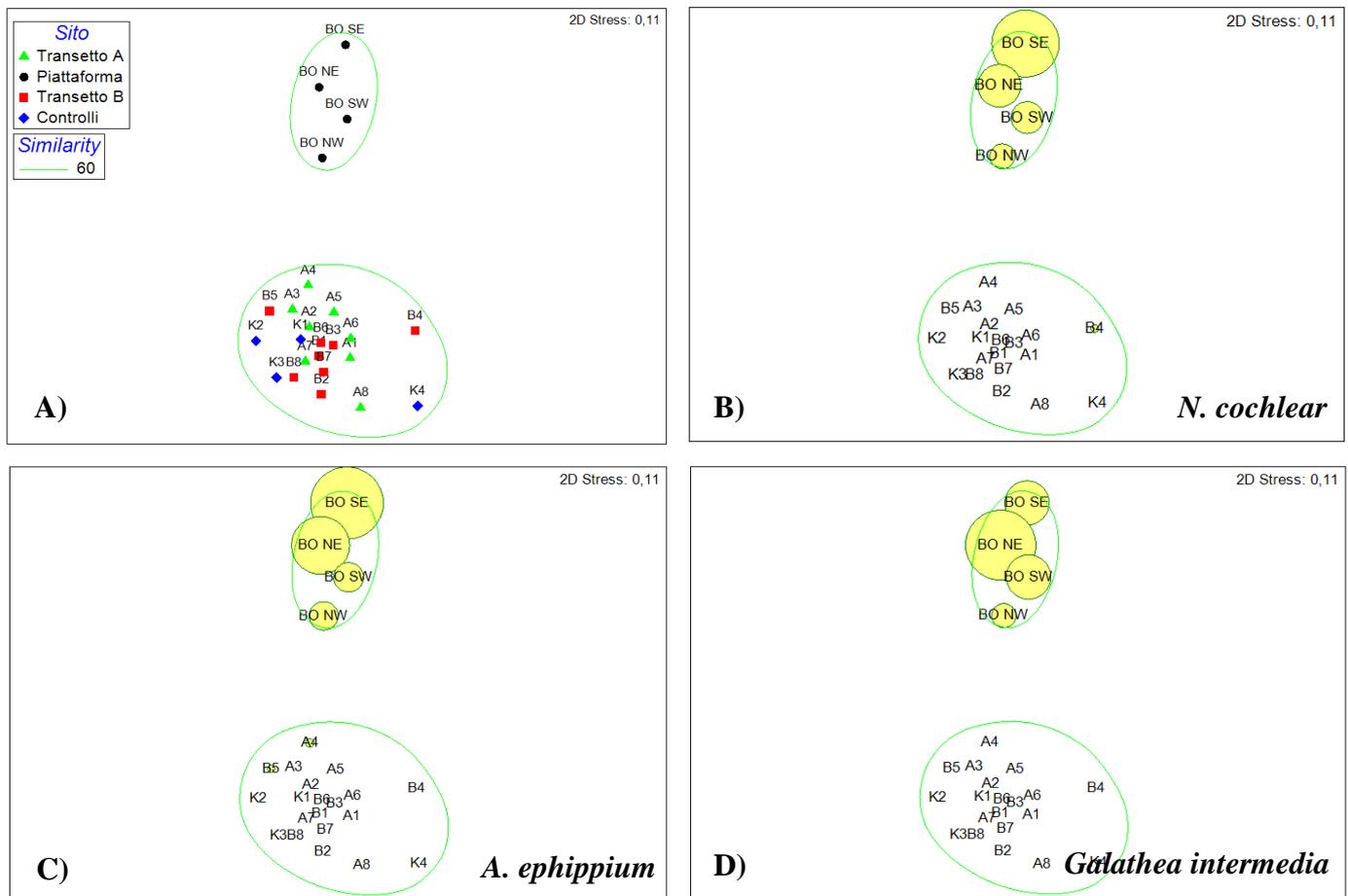


Fig. 3.52 – Rappresentazione bidimensionale dei siti campionati nel 7° survey post lavori di installazione (inverno 2019) tramite il metodo del MultiDimensional Scaling. I cerchi gialli indicano i quantitativi in termini di densità delle singole specie.

3.7.8. VALUTAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE

3.7.8.1 Indice W di Clarke

Nell'inverno 2019 l'indice W di Clarke ha classificato tutte le stazioni campionate come leggermente disturbate (Tab. 3-XXX). Una situazione analoga era stata rilevata solo nel pre-survey e nel 3° monitoraggio post lavori di installazione (Fabi *et al.*, 2019c). Nelle altre campagne infatti, alcuni siti, spesso anche di controllo, avevano presentato un disturbo moderato.

3.7.8.2 Indice AMBI

L'indice AMBI nell'inverno 2019 ha fornito risultati identici al W di Clarke (Tab. 3-XXXI), confermando essenzialmente quanto rilevato precedentemente (Fabi *et al.*, 2019c). I taxa tolleranti appartenenti al III gruppo ecologico hanno prevalso ovunque eccetto in BO

SE dove sono stati superati da quelli sensibili (I gruppo ecologico).

Tab. 3-XXX – Valori dell'indice W di Clarke ottenuti per i siti monitorati nell'inverno 2019.

	Stazione	W	Classificazione ambientale
7° Post lavori	A1	0,463	Leggermente disturbato
	A2	0,551	Leggermente disturbato
	A3	0,598	Leggermente disturbato
	A4	0,532	Leggermente disturbato
	BO NW	0,624	Leggermente disturbato
	BO SE	0,587	Leggermente disturbato
	A5	0,545	Leggermente disturbato
	A6	0,567	Leggermente disturbato
	A7	0,569	Leggermente disturbato
	A8	0,494	Leggermente disturbato
	B1	0,501	Leggermente disturbato
	B2	0,511	Leggermente disturbato
	B3	0,620	Leggermente disturbato
	B4	0,641	Leggermente disturbato
	BO NE	0,606	Leggermente disturbato
	BO SW	0,614	Leggermente disturbato
	B5	0,535	Leggermente disturbato
	B6	0,518	Leggermente disturbato
	B7	0,561	Leggermente disturbato
	B8	0,462	Leggermente disturbato
	K1	0,566	Leggermente disturbato
	K2	0,463	Leggermente disturbato
	K3	0,568	Leggermente disturbato
	K4	0,506	Leggermente disturbato

Tab. 3-XXXI – 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) dei taxa rinvenuti nell'inverno 2019 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
7° Post lavori	A1	20,10	9,20	68,40	2,30	0	2,29	Leggermente disturbato
	A2	21,50	13,30	61,30	3,90	0	2,21	Leggermente disturbato
	A3	25,40	13,40	58,10	3,10	0	2,08	Leggermente disturbato
	A4	29,80	12,20	54,00	3,70	0	1,99	Leggermente disturbato
	BO NW	26,90	10,20	59,20	3,60	0,10	2,10	Leggermente disturbato
	BO SE	52,30	14,00	30,80	2,80	0	1,26	Leggermente disturbato
	A5	25,50	11,20	60,50	2,60	0,20	2,11	Leggermente disturbato
	A6	22,00	10,70	65,20	2,10	0	2,21	Leggermente disturbato
	A7	21,30	11,80	64,90	2,10	0	2,22	Leggermente disturbato
	A8	23,80	13,10	60,40	2,70	0	2,13	Leggermente disturbato
	B1	21,30	8,60	66,70	3,50	0	2,29	Leggermente disturbato
	B2	17,80	8,80	71,80	1,60	0	2,36	Leggermente disturbato
	B3	23,00	9,50	64,40	2,90	0	2,22	Leggermente disturbato
	B4	23,40	11,80	61,30	2,90	0,60	2,18	Leggermente disturbato
	BO NE	40,30	12,10	45,20	2,30	0,10	1,65	Leggermente disturbato
	BO SW	24,40	10,30	61,90	3,50	0	2,17	Leggermente disturbato
	B5	23,10	8,30	65,80	2,80	0	2,23	Leggermente disturbato
	B6	28,70	8,10	58,90	3,80	1	2,09	Leggermente disturbato
	B7	27,20	10,40	60,40	1,50	0,30	2,06	Leggermente disturbato
	B8	24,50	9,90	63,60	1,70	0,30	2,15	Leggermente disturbato
	K1	33,60	10,40	52,00	4,10	0	1,90	Leggermente disturbato
	K2	25,00	11,80	59,60	3,50	0,10	2,13	Leggermente disturbato
	K3	24,30	12,90	60,30	2,30	0,20	2,12	Leggermente disturbato
	K4	26,90	10,40	59,90	2,20	0,60	2,09	Leggermente disturbato

3.7.8.3 Indice BENTIX

Il BENTIX ha fornito risultati più pessimistici rispetto agli altri due indici eccetto in due siti della piattaforma (Tab. 3-XXXII) e assolutamente omogenei tra trasetti e controlli.

Tab. 3-XXXII – Valori dell’indice BENTIX ottenuti per i siti monitorati nell’inverno 2019.

	Stazione	BENTIX	Classificazione ambientale
7° Post lavori	A1	2,94	Moderatamente disturbato
	A2	3,15	Moderatamente disturbato
	A3	3,29	Moderatamente disturbato
	A4	3,39	Moderatamente disturbato
	BO NW	3,19	Moderatamente disturbato
	BO SE	4,02	Leggermente disturbato
	A5	3,19	Moderatamente disturbato
	A6	3,15	Moderatamente disturbato
	A7	3,05	Moderatamente disturbato
	A8	3,14	Moderatamente disturbato
	B1	3,03	Moderatamente disturbato
	B2	2,80	Moderatamente disturbato
	B3	3,04	Moderatamente disturbato
	B4	3,17	Moderatamente disturbato
	BO NE	3,63	Leggermente disturbato
	BO SW	3,02	Moderatamente disturbato
	B5	3,05	Moderatamente disturbato
	B6	3,30	Moderatamente disturbato
	B7	3,32	Moderatamente disturbato
	B8	3,11	Moderatamente disturbato
K1	3,50	Moderatamente disturbato	
K2	3,26	Moderatamente disturbato	
K3	3,22	Moderatamente disturbato	
K4	3,26	Moderatamente disturbato	

3.7.8.4 Stato ecologico

In Tab. 3-XXXIII è riportato lo stato ecologico relativo alle diverse stazioni campionate nell’inverno 2019 e derivato dalla combinazione dei tre indici. In quest’ultimo survey lo stato è risultato buono/moderato ovunque e buono in due siti della piattaforma, indicando rispetto all’estate 2018 (Fabi *et al.*, 2019c) un lieve miglioramento o una situazione stabile.

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

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

3.7.9. MYTILUS GALLOPROVINCIALIS

Il campione prelevato nell'inverno 2019 dalle parti sommerse della piattaforma Bonaccia NW era costituito da 49 esemplari, corrispondenti a 3 ind/dm², e aveva un peso fresco di 700 g. Il range di taglia è risultato compreso tra 20 e 80 mm LC con classe modale a 40 mm LC (fig. 3.53). Il 45% degli esemplari (22), aveva raggiunto o superato la taglia commerciale di 50 mm LC.

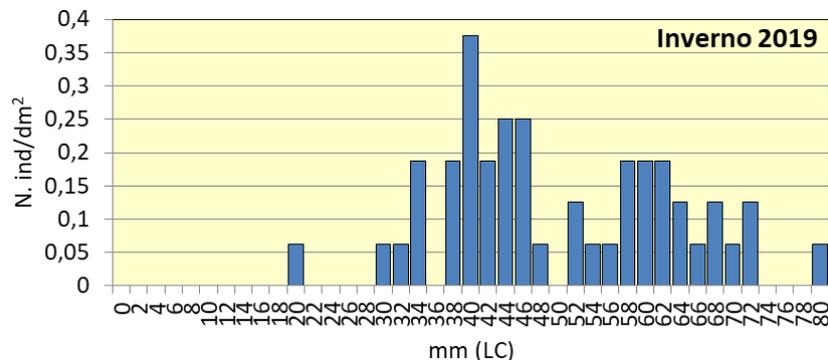


Fig. 3.53 - Distribuzione di frequenza delle lunghezze degli esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati dalle parti sommerse di Bonaccia NW nell'inverno 2019.

3.8. INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

3.8.1. CAMPIONAMENTI DI PESCA

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

Nel 1° semestre 2019 sono state censite 28 specie (25 pesci, 1 mollusco e 2 crostacei). Di queste, 21 sono state catturate attorno a Bonaccia NW (20 pesci e 1 mollusco; Tab. 3-XXXIV). Presso i due controlli, invece, sono state censite complessivamente 13 specie (8 pesci e 2 crostacei presso C1 e 7 pesci e 1 crostaceo presso C2; Tabb. 3-XXXV e 3-XXXVI).

Tab. 3-XXXIV - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle specie catturate durante i campionamenti di pesca presso la **piattaforma Bonaccia NW** condotti nel 1° semestre 2019.

Bonaccia NW			Gennaio		Febbraio		Aprile		Maggio		Giugno		TOTALE	
			N. ind	P (Kg)	N. ind	P (Kg)	N. ind	P (Kg)	N. ind	P (Kg)	N. ind	P (Kg)	N. ind	P (Kg)
Molluschi														
<i>Eledone cirrhosa</i>	B	PA					7,83	2,53					7,83	2,53
Molluschi Totale							7,83	2,53					7,83	2,53
Pesci														
<i>Scorpaena notata</i>	B	AT					2,61	0,46					2,61	0,46
<i>Scorpaena porcus</i>	B	AT					2,61	0,57	9,09	1,64			11,70	2,21
<i>Scorpaena scrofa</i>	B	AT	4,57	2,03									4,57	2,03
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	B	NA			2,58	0,59							2,58	0,59
<i>Citharus linguatula</i>	B	NA							1,82	0,17			1,82	0,17
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	B	NA							1,82	0,02			1,82	0,02
<i>Lophius budegassa</i>	B	NA									2,22	0,42	2,22	0,42
<i>Mullus barbatus</i>	B	NA	2,29	0,03					1,82	0,13			4,10	0,15
<i>Torpedo marmorata</i>	B	NA					5,22	4,02			2,22	0,95	7,44	4,97
<i>Merlangius merlangus</i>	NB	NA							1,82	0,04			1,82	0,04
<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA	4,57	2,36			18,26	6,35	12,73	4,57			35,56	13,28
<i>Pagellus bogaraveo</i>	NB	PA							3,64	0,12			3,64	0,12
<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	NB	PA	2,29	0,09					1,82	0,05			4,10	0,14
<i>Auxis rochei rochei</i>	P	NA									2,22	0,10	2,22	0,10
<i>Engraulis encrasicolus</i>	P	NA							41,82	0,91			41,82	0,91
<i>Boops boops</i>	P	PA	4,57	0,24			5,22	0,44	5,45	0,69			15,24	1,37
<i>Scomber japonicus</i>	P	PA					5,22	1,70	32,73	4,72			37,94	6,42
<i>Trachurus mediterraneus</i>	P	PA									2,22	0,32	2,22	0,32
<i>Trachurus picturatus</i>	P	PA			69,68	11,34	41,74	7,57	3,64	0,64			115,05	19,54
<i>Trachurus trachurus</i>	P	PA	9,14	0,89	25,81	2,69	5,22	0,51	1,82	0,24			41,98	4,32
Pesci Totale			27,43	5,63	98,06	14,62	86,09	21,62	120,00	13,92	8,89	1,80	340,47	57,59
Totale complessivo			27,43	5,63	98,06	14,62	93,91	24,15	120,00	13,92	8,89	1,80	348,30	60,12

Tab. 3-XXXV - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle specie catturate durante i campionamenti di pesca presso il **controllo C1** condotti nel 1° semestre 2019.

C1			Gennaio		Febbraio		Aprile		Maggio		Giugno		TOTALE	
			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>Maja squinado</i>	B	NA					2,12	2,00					2,12	2,00
<i>Parapenaeus longirostris</i>	B	NA					2,12	0,02					2,12	0,02
Crostacei Totale							4,25	2,02					4,25	2,02
Pesci														
<i>Scorpaena notata</i>	B	AT	2,19	0,16									2,19	0,16
<i>Citharus linguatula</i>	B	NA									2,09	0,11	2,09	0,11
<i>Scyllorhinus canicula</i>	B	NA	4,39	1,39	2,18	0,87							6,57	2,26
<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA					2,12	0,59	3,69	1,79	2,09	0,18	7,90	2,56
<i>Pagellus acame</i>	NB	NA									2,09	0,07	2,09	0,07
<i>Pagellus erythrinus</i>	NB	PA			2,18	0,42							2,18	0,42
<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	NB	PA	4,39	0,13					1,85	0,05			6,23	0,18
<i>Auxis rochei rochei</i>	P	NA									10,43	0,24	10,43	0,24
Pesci Totale			10,97	1,68	4,36	1,29	2,12	0,59	5,54	1,84	16,70	0,59	39,69	6,00
Totale complessivo			10,97	1,68	4,36	1,29	6,37	2,61	5,54	1,84	16,70	0,59	43,94	8,01

Tab. 3-XXXVI - Numero (n. ind/500m/12h) e peso (kg/500m/12h) delle specie catturate durante i campionamenti di pesca presso il **controllo C2** condotti nel 1° semestre 2019.

C2			Gennaio		Febbraio		Aprile		Maggio		Giugno		TOTALE	
			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>Parapenaeus longirostris</i>	B	NA			2,18	0,01							2,18	0,01
Crostacei Totale					2,18	0,01							2,18	0,01
Pesci														
<i>Scorpaena notata</i>	B	AT	2,18	0,19									2,18	0,19
<i>Citharus linguatula</i>	B	NA					2,12	0,08	1,83	0,11			3,96	0,19
<i>Raja asterias</i>	B	NA							1,83	0,97			1,83	0,97
<i>Scyllorhinus canicula</i>	B	NA	2,18	0,74									2,18	0,74
<i>Trachinus draco</i>	B	NA							1,83	0,27			1,83	0,27
<i>Merluccius merluccius</i>	NB	NA					4,25	1,85	7,33	3,11	2,07	0,86	13,64	5,81
<i>Engraulis encrasicolus</i>	P	NA							49,47	0,59			49,47	0,59
Pesci Totale			4,36	0,93			6,37	1,93	62,29	5,05	2,07	0,86	75,09	8,76
Totale complessivo			4,36	0,93	2,18	0,01	6,37	1,93	62,29	5,05	2,07	0,86	77,27	8,77

La maggior parte dei taxa rilevati nei dintorni della piattaforma ha costituito catture esclusive di quest'area. In particolare, si tratta del mollusco *Eledone cirrhosa* e di 15 specie ittiche (*Auxis rochei*, *Boops boops*, *Chelidonichthys lucerna*, *Citharus linguatula*, *Engraulis encrasicolus*, *Lepidotrigla cavillone*, *Lophius budegassa*, *Merlangius*

merlangus, *Merluccius merluccius*, *Mullus barbatus*, *Pagellus acarne*, *Pagellus bogaraveo*, *Pagellus erythrinus*, *Raja asterias*, *Scomber japonicus*, *Scorpaena notata*, *Scorpaena porcus*, *Scorpaena scrofa*, *Scyliorhinus canicula*, *Torpedo marmorata*, *Trachinus draco*, *Trachurus mediterraneus*, *Trachurus picturatus* e *Trachurus trachurus*). Anche presso i siti di controllo sono state catturate in maniera esclusiva alcune specie. Complessivamente si tratta dei crostacei *Maja squinado* e *Parapenaeus longirostris* e dei pesci *Pagellus acarne*, *Pagellus erythrinus* (entrambi presenti solo in C1), *Scyliorhinus canicula*, *Trachinus draco* e *Raja asterias* (gli ultimi due rilevati solo in C2).

La Ricchezza specifica media relativa al semestre è risultata significativamente maggiore in piattaforma rispetto ad entrambi i controlli (Tabb. 3-XXXVII e 3-XXXVIII).

Tab. 3-XXXVII Valori medi (\pm e.s.) ottenuti per i vari indici nel periodo gennaio – giugno 2019 presso la piattaforma Bonaccia NW e le due aree di controllo. N = n. ind/500m/12h; P = kg/500m/12h.

	Bonaccia NW	C1	C2
Sm	7,00 \pm 1,82	2,80 \pm 0,37	2,20 \pm 0,73
H'	0,64 \pm 0,09	0,40 \pm 0,04	0,18 \pm 0,07
N	69,66 \pm 21,69	8,79 \pm 2,27	15,45 \pm 11,74
P	12,02 \pm 3,89	1,60 \pm 0,33	1,75 \pm 0,88

Tab. 3-XXXVIII – Risultati del t-test applicato ai valori di Ricchezza specifica media (Sm), diversità specifica (H'), abbondanza (N) e biomassa (P). * = differenza significativa; ** = differenza altamente significativa.

	Bonaccia NW	C2
Sm		
C1	0,041*	0,494
C2	0,018*	
H'		
C1	0,057	0,051
C2	0,005**	
N		
C1	0,018*	0,797
C2	0,033*	
P		
C1	0,019*	0,876
C2	0,017*	

Analizzando i dati mensili, la Ricchezza specifica riscontrata presso il sito di estrazione ha avuto un andamento crescente da febbraio a maggio quando è stato raggiunto il massimo (13; fig. 3.54). I controlli hanno presentato valori sempre inferiori a quelli della

piattaforma, eccetto in giugno quando C1 e Bonaccia NW sono risultati identici con la cattura di 4 specie. Gli andamenti dei due controlli sono apparsi molto simili sino ad aprile e contrapposti negli ultimi due mesi.

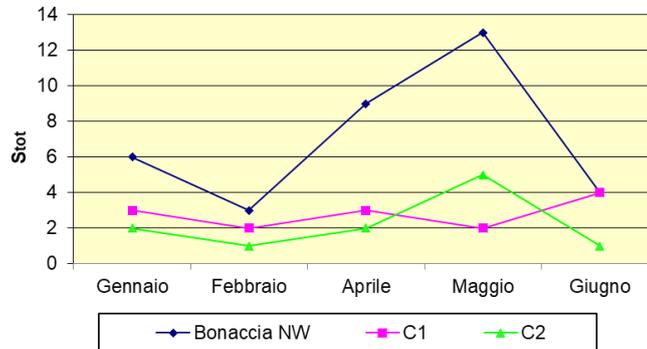


Fig. 3.54 - Ricchezza specifica (S_{tot}) ottenuta per la piattaforma Bonaccia NW e per i due siti di controllo nel 1° semestre 2019.

Per quanto concerne la Diversità specifica, mediamente è stata riscontrata una differenza altamente significativa tra piattaforma e C2, con un valore superiore nel primo sito (Tabb. 3-XXXVII e 3-XXXVIII).

Gli andamenti mensili relativi alle tre aree sono risultati simili a quelli di S, con il massimo assoluto registrato presso la piattaforma nel mese di maggio (0,82; fig. 3.55). Il minimo nelle vicinanze di Bonaccia NW è stato registrato in febbraio (0,30), unico caso in cui è stata riscontrata una similitudine con un riferimento (C1). Riguardo ai controlli i valori sono stati sempre leggermente superiori in C1 eccetto a maggio. I valori nulli osservati in C2 a febbraio e giugno sono stati determinati dalle catture di una sola specie, rispettivamente *P. longirostris* e *M. merluccius*.

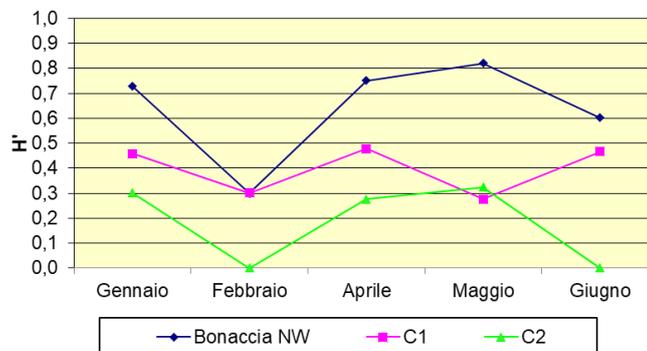


Fig. 3.55 - Diversità specifica ottenuta per la piattaforma Bonaccia NW e per i due siti di controllo nel 1° semestre 2019.

3.8.1.2 Rendimenti di pesca e composizione delle catture

I rendimenti di pesca medi calcolati sull'intero semestre sono risultati nettamente superiori sia in termini numerici che ponderali in piattaforma rispetto ai siti di controllo (Tabb. 3-XXXVII e 3-XXXVIII), analogamente agli anni di indagine precedenti (Fabi *et al.*, 2019c). Numericamente presso la struttura è avvenuto un repentino incremento a febbraio e un'altrettanto drastica riduzione a giugno (fig. 3.56). Il massimo è stato raggiunto a maggio (120,00 ind/500m/12h) per i grandi quantitativi di *E. encrasicolus* e *S. japonicus* (Tab. 3-XXXIV). Nei due controlli i valori sono sempre rimasti inferiori a 11 ind/550m/12h, ad eccezione di C2 a maggio (62,26 ind/500m/12h) e di C1 a giugno (16,70 ind/500m/12h) unico caso, quest'ultimo, in cui un valore di un riferimento è apparso superiore al corrispondente registrato in piattaforma.

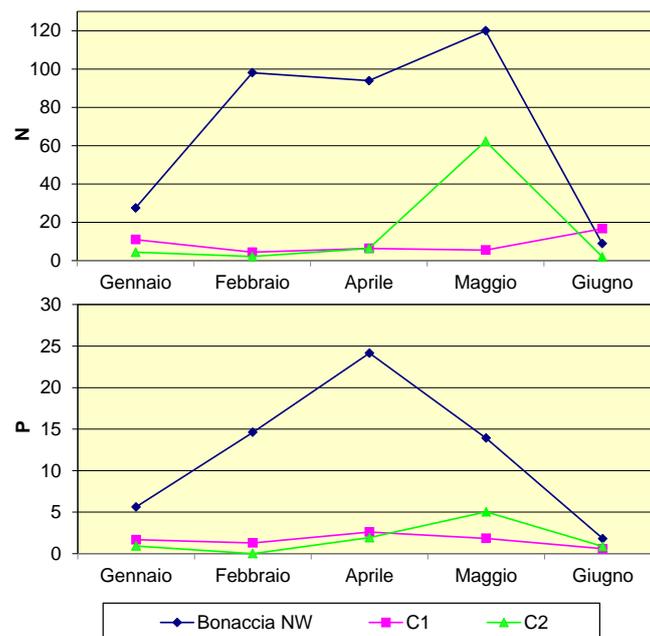


Fig. 3.56 - Rendimenti di pesca in termini numerici (N; n. ind/500m/12h) e ponderali (kg/500m/12h) registrati presso Bonaccia NW e nelle zone di controllo nel 1° semestre 2019.

Il trend relativo ai rendimenti in peso in piattaforma ha presentato un aumento sino ad aprile e un decremento sino a giugno molto lineari (fig. 3.56). Il massimo di aprile (24,15 kg/500m/12h) è stato determinato soprattutto dalle catture di *T. picturatus* e *M. merluccius*. La biomassa registrata ai controlli è stata molto bassa, inferiore a 2 kg/500m/12h durante tutto il semestre eccetto ad aprile in C1 (2,61 kg/500m/12h) e a maggio in C2 (5,05 kg/500m/12h).

I pesci hanno costituito la frazione dominante delle catture sia in termini numerici che ponderali (fig. 3.57).

Pesci bentonici – In totale sono state censite 12 specie ittiche appartenenti a questo gruppo, di cui 9 nelle vicinanze della piattaforma, 3 in C1 e 4 in C2 (Tabb. 3-XXXIV - 3-XXXVI). Presso il sito di estrazione i bentonici, rappresentati soprattutto da *T. marmorata* e *S. porcus*, sono risultati i meno importanti tra i pesci sia in numero (11,15%) che in peso (18,33%). In C1 sono risultati secondi per entrambi i parametri (N: 24,69%; P: 31,54%) con *S. canicula* come specie più rappresentativa. Presso C2 i pesci bentonici hanno rappresentato il terzo gruppo in numero (15,51%) e il secondo in peso (26,95%).

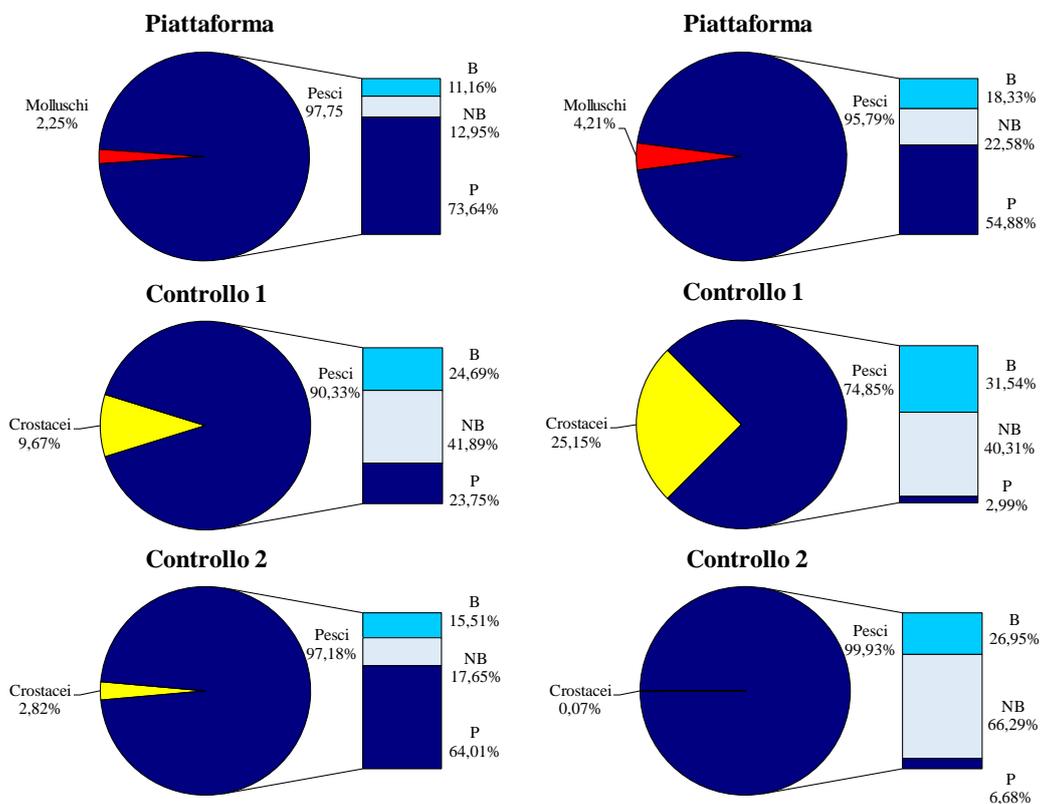


Fig. 3.57 - Composizione percentuale delle catture in numero (sinistra) e in peso (destra) effettuate nel 1° semestre 2019 presso Bonaccia NW e nei due siti di controllo. B = bentonico; NB = necto-bentonico; P = pelagico.

Pesci necto-bentonici – Complessivamente sono state censite 6 specie necto-bentoniche, 4 rilevate presso Bonaccia NW, 4 in C1 e 1 in C2 (Tabb. 3-XXXIV – 3-XXXVI). In piattaforma questo gruppo è stato rappresentato soprattutto da *M. merluccius* ed è risultato secondo in ordine d'importanza sia numerica (12,95%) che ponderale (22,58%). In C1 la frazione dei pesci necto-bentonici è stata la meglio rappresentata sia numericamente che

ponderalmente (41,89% e 40,31% rispettivamente), mentre in C2 si è collocata al 2° posto in numero e al 1° in peso (17,65% e 66,29% rispettivamente), nonostante in questo sito sia stata rappresentata esclusivamente da *M. merluccius*.

Pesci pelagici – Sono state censite in totale 7 specie, tutte catturate in piattaforma e una sola in ogni controllo (Tabb. Tabb. 3-XXXIV – 3-XXXVI).

I pelagici presso Bonaccia NW hanno rappresentato il gruppo più importante sia in termini numerici (73,4%) che ponderali (54,88%) per le abbondanti catture di *T. picturatus* incisive per entrambi gli indici, oltre che di *T. trachurus* ed *E. encrasicolus* in numero. In C1 i pelagici, rappresentati solo da *A. rochei*, hanno costituito il gruppo meno importante sia in numero (23,75%) che in peso (2,99%); in C2, invece, i pelagici hanno costituito la porzione più importante delle catture numeriche e la più ridotta in termini ponderali essendo rappresentati esclusivamente da *E. encrasicolus*, una specie molto abbondante ma rappresentata da individui di dimensioni ridotte.

Crostacei – Per questa classe sono state censite 2 specie, presenti esclusivamente nei controlli (Tabb. Tabb. 3-XXXIV – 3-XXXVI). In C1 hanno costituito una porzione delle catture degna di nota soprattutto in peso (N: 9,67%; P: 25,15%) mentre in C2 i crostacei sono apparsi irrilevanti.

Molluschi – Per questo Phylum è stata censita un'unica specie (*E. cirrhosa*) in piattaforma (Tabb. 3-XXXIV – 3-XXXVI) la quale ha inciso con il 2,25% in numero e con il 4,21% in peso sulle catture totali.

3.8.13 Affinità delle specie catturate con i substrati duri

L'analisi della composizione delle catture effettuate in piattaforma secondo il grado di affinità delle specie verso i substrati rocciosi ha evidenziato un'elevata presenza di specie ittiche pelagiche PA, sia numericamente che dal punto di vista ponderale, rappresentate principalmente da *T. picturatus*, *T. trachurus* e *S. japonicus* (fig. 3.58), alle quali si sono avvicinate le necto-bentoniche solo in peso; tutte le altre categorie hanno presentato valori inferiori e per lo più comparabili tra loro.

Presso C1 tutti i gruppi censiti sono apparsi comparabili dal punto di vista numerico, mentre in peso i valori maggiori sono stati ottenuti per i crostacei, pesci bentonici e necto-bentonici NA per le catture in tutti i tre casi di individui di discrete dimensioni (*M. squinado*, *T. marmorata* e *M. merluccius*, rispettivamente), comunque confrontabili con i

pesci necto-bentonici PA. I valori più bassi sono stati ottenuti per i pesci bentonici AT e pelagici NA.

In C2 le catture sono state caratterizzate prevalentemente da specie ittiche NA, di cui le più importanti sono state le pelagiche in numero, comunque confrontabili con le altre categorie per l'elevata variabilità, e le necto-bentoniche in peso.

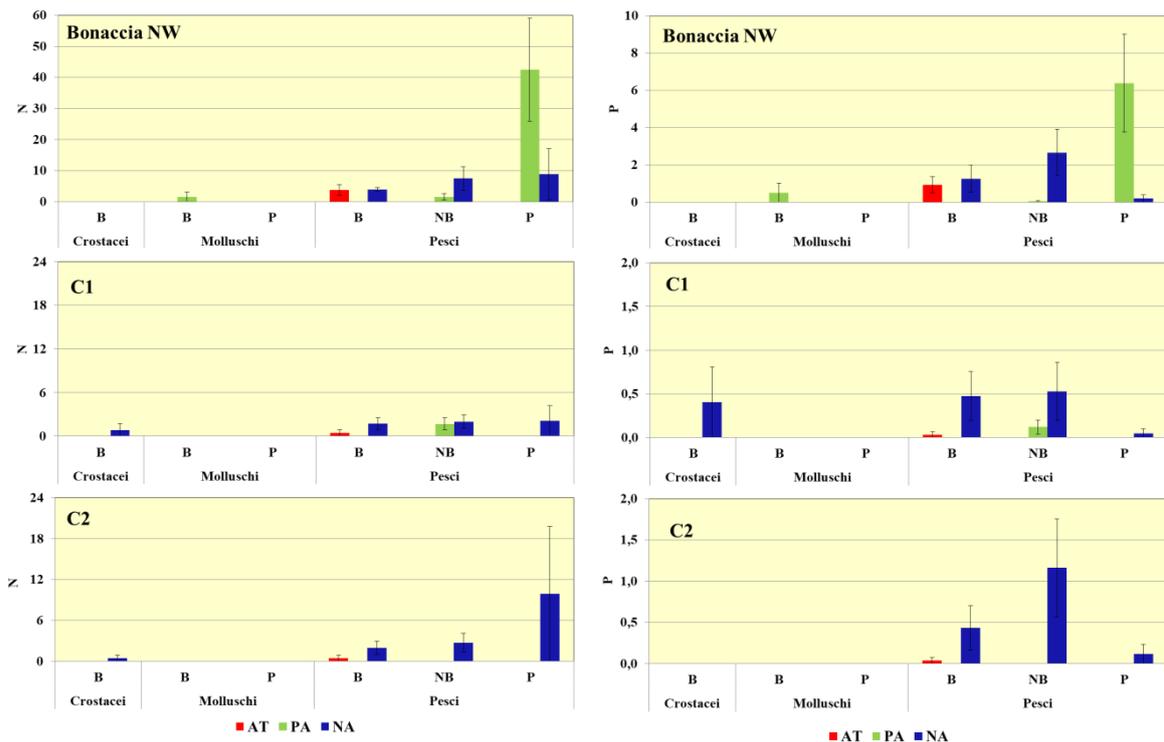


Fig. 3.58 - Numero (n. ind./500m/12h) e peso (kg/500m/12h) medi (\pm e.s.) delle specie attratte (AT), parzialmente attratte (PA) e non attratte (NA) relativi alle catture effettuate nel 1° semestre 2019 nei tre siti. B = bentonico; NB = necto-bentonic; P = pelagico.

3.8.2. INVESTIGAZIONI ACUSTICHE

Nel **gennaio** 2019 sono stati rilevati 9 banchi di pesce tutti a oltre 300 m dalla piattaforma, tra 478,504 m (n. 1) e 1092,720 m (n. 9; fig. 3.59 e Tab. 3-XXXIX).

Per il banco n. 6 si sono registrati i valori maggiori di superficie (3589,868 m²), volume (402,818 m³) e lunghezza EW (17,942 m; Tab. 3-XL). La maggiore estensione lungo la direttrice NS è stata invece rilevata per il n. 5 (26,588 m).

Le aggregazioni sono apparse distribuite tra i 68,918 m (n. 6) e gli 84,487 m di profondità (n.4). Le variabili acustiche sono riportate in Tab. 3-XLI.

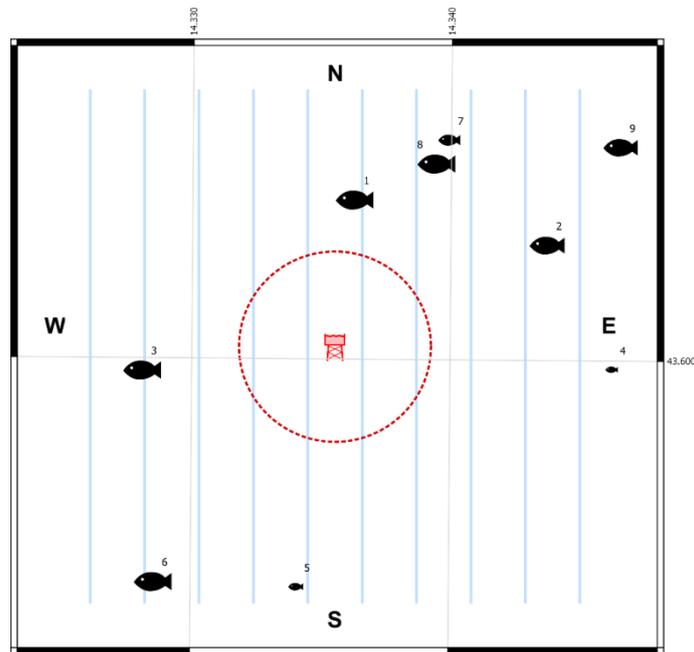


Fig. 3.59 - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel **gennaio** 2019. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-XXXIX - Distanza (m) da Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati nel **gennaio** 2019. In evidenza i banchi rilevati entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Distanza da Bonaccia (m)
1	478,504
2	735,160
3	612,697
4	858,053
5	756,530
6	927,694
7	749,089
8	665,456
9	1092,720

Tab. 3-XL - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel **gennaio** 2019. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	1307,746	17,357	13,857	80,723	85,789	5,066	211,768	43,604633	14,336173	83,841	6,175	0	0,000
2	1228,006	18,100	13,619	81,076	85,028	3,952	139,370	43,603382	14,343639	83,055	8,811	0	0,000
3	978,537	13,469	10,441	79,339	84,158	4,819	166,310	43,599762	14,327995	81,986	5,884	0	0,000
4	168,473	10,860	6,525	83,186	85,496	2,310	17,151	43,599855	14,346152	84,487	9,823	0	0,000
5	724,271	26,588	10,369	80,568	84,404	3,836	59,649	43,593632	14,333986	82,929	12,423	0	0,000
6	3589,868	24,250	17,942	62,914	76,981	14,067	402,818	43,593763	14,328474	68,918	8,694	0	0,000
7	969,410	12,924	14,469	71,607	79,738	8,131	87,515	43,606342	14,339801	74,521	10,879	0	0,000
8	1596,561	16,779	15,983	78,355	84,023	5,668	254,569	43,605672	14,339328	81,701	6,272	1	0,216
9	1125,130	17,393	14,082	79,366	85,316	5,950	136,863	43,606173	14,346455	83,097	8,155	0	0,000

Tab. 3-XLI - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel **gennaio** 2019.

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	-47,509	2641	17	311	-53,822	-38,267	0,177
2	-50,119	1928	18	366	-53,759	-42,161	0,097
3	-47,270	2066	13	186	-53,734	-36,677	0,187
4	-50,001	189	6	66	-53,767	-44,734	0,100
5	-51,350	666	13	309	-53,759	-45,661	0,073
6	-49,152	5529	26	500	-53,997	-39,557	0,122
7	-50,389	917	13	211	-53,968	-41,687	0,091
8	-47,112	3491	20	356	-53,816	-36,793	0,194
9	-49,617	1985	22	258	-53,787	-41,191	0,109

*Sv = Volume backscattering strength

Nel mese di **febbraio** sono state rilevate 15 aggregazioni di cui 3 entro 300 m da Bonaccia NW (fig. 3.59). Il banco più vicino è stato il n. 3 a 134,525 m dalla piattaforma, il più lontano il n. 15 osservato a 902,297 m di distanza (Tab. 3-XLII).

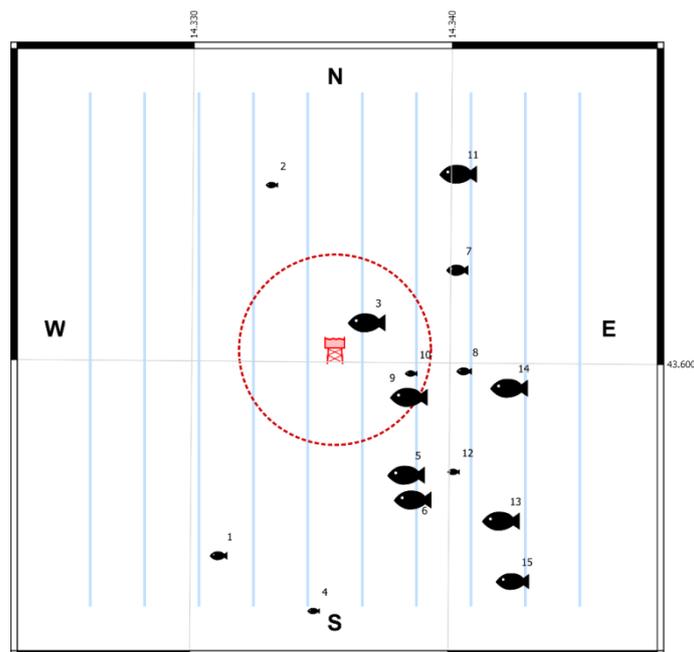


Fig. 3.59 - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel **febbraio** 2019. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-XLII - Distanza (m) da Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati nel **febbraio** 2019. In evidenza i banchi rilevati entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)	Banco	Distanza da Bonaccia NW (m)
1	738,448	9	262,467
2	568,756	10	237,756
3	134,525	11	681,049
4	815,727	12	520,215
5	438,454	13	734,144
6	517,099	14	547,738
7	456,931	15	902,297
8	398,951		

Il banco n. 5 ha presentato maggiori superficie ($1354,708 \text{ m}^2$) e volume ($748,729 \text{ m}^3$), il n. 9 la maggiore estensione EW (21,594 m) e il n. 6 la maggior lunghezza NS (26,222 m; Tab. 3-XLIII). Le profondità di rinvenimento dei banchi sono risultate tutte comprese in uno spessore d'acqua inferiore a 5 m, e più precisamente tra 81,566 m (n. 11) e 84,588 m (n. 9). Come si può evincere dai boxplot riportati in fig. 3.60, le caratteristiche metriche dei banchi vicini e lontani dalla piattaforma sono state confrontabili. Le variabili acustiche sono descritte in Tab. 3-XLIV.

Tab. 3-XLIII - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel **febbraio** 2019. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In verde i banchi rilevati entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	198,962	10,531	8,621	82,416	84,436	2,020	70,463	43,594582	14,330990	83,475	2,824	0	0,000
2	98,800	9,303	4,607	83,100	85,047	1,947	29,759	43,605107	14,332937	84,112	3,320	0	0,000
3	474,785	19,686	10,652	81,147	85,365	4,218	230,108	43,601240	14,336672	83,191	2,063	0	0,000
4	70,727	4,164	6,496	83,202	85,565	2,363	24,203	43,593031	14,334683	84,239	2,922	0	0,000
5	1354,708	25,192	19,390	80,761	86,207	5,446	748,729	43,596926	14,338249	83,678	1,792	1	1,532
6	910,682	26,222	17,247	77,778	85,612	7,834	351,841	43,596223	14,338511	83,013	2,550	0	0,000
7	190,246	7,315	8,332	81,841	85,035	3,194	88,068	43,602740	14,340150	83,482	1,901	0	0,000
8	157,802	8,237	8,874	82,596	85,684	3,088	62,316	43,599867	14,340441	84,177	2,532	0	0,000
9	529,037	13,049	21,594	82,238	86,995	4,757	224,349	43,599134	14,338332	84,588	2,358	0	0,000
10	73,569	3,236	6,227	80,548	83,157	2,609	24,273	43,599789	14,338386	81,906	3,031	0	0,000
11	464,095	14,447	12,037	79,241	83,797	4,556	267,609	43,605476	14,340172	81,566	1,734	0	0,000
12	101,991	5,964	7,857	81,742	84,945	3,203	32,867	43,597008	14,340060	83,370	3,103	0	0,000
13	527,389	19,666	14,420	80,760	84,915	4,155	208,976	43,595643	14,341930	82,871	2,524	0	0,000
14	421,742	13,961	10,851	81,528	84,902	3,374	203,430	43,599414	14,342206	83,344	2,073	0	0,000
15	368,890	13,712	12,163	81,736	85,490	3,754	133,128	43,593929	14,342393	83,623	2,771	0	0,000

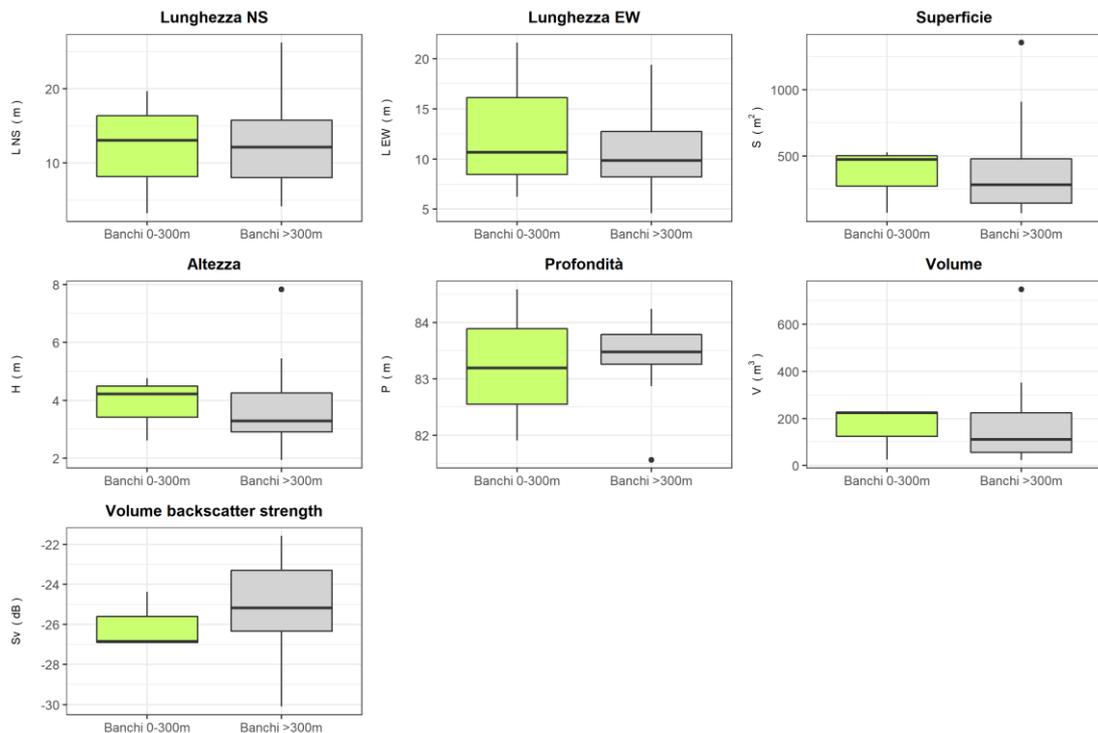


Fig. 3.60 - Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate nel **febbraio** 2019. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali outliers.

Tab. 3-XLIV - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel **febbraio** 2019. In verde i banchi rilevati entro 300 m dalla piattaforma.

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	-25,010	221	9	108	-34,749	-15,216	31,551
2	-30,095	90	8	58	-34,814	-24,782	9,783
3	-26,849	611	15	222	-34,814	-18,216	20,659
4	-25,363	80	4	41	-34,814	-16,782	29,087
5	-23,379	2355	23	694	-34,847	-12,347	45,927
6	-21,976	1090	24	416	-34,976	-4,782	63,452
7	-21,586	226	6	76	-34,749	-12,216	69,411
8	-25,980	183	7	86	-34,847	-16,847	25,233
9	-24,373	719	12	249	-34,879	-12,814	36,535
10	-26,939	82	3	36	-34,682	-20,115	20,235
11	-23,058	813	12	216	-34,716	-12,149	49,457
12	-29,369	95	5	55	-34,879	-23,379	11,564
13	-26,036	629	17	313	-34,814	-17,314	24,909
14	-24,847	671	13	243	-34,782	-15,216	32,755
15	-27,247	416	12	209	-34,847	-19,814	18,85

*Sv = Volume backscattering strength

A **marzo** sono stati individuati 8 banchi di pesce (fig. 3.61), di cui solo uno, il n. 4, in prossimità di Bonaccia NW a 173,050 m di distanza; il più lontano (n.1) è stato rilevato a 967,281 m (Tab. 3-XLV).

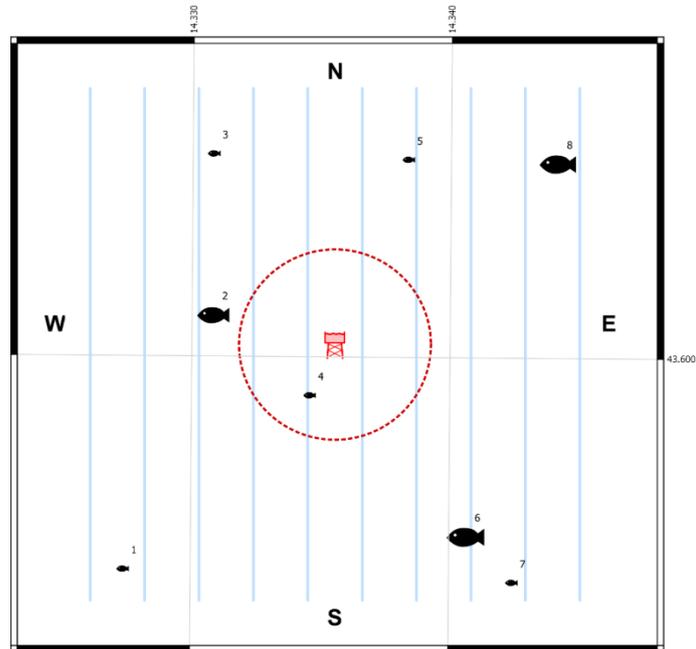


Fig. 3.61 - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel **marzo** 2019. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-XLV - Distanza (m) dalla piattaforma Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati nel **marzo** 2019. In evidenza i banchi entro 300 m dalla struttura.

Banco	Distanza da Bonaccia (m)
1	967,281
2	401,731
3	725,180
4	173,050
5	633,393
6	716,640
7	917,212
8	901,355

L'aggregazione n. 6 è risultata la più grande in termini di superficie e volume ($361,791 \text{ m}^2$ e $193,772 \text{ m}^3$; Tab. 3-XLVI), mentre la più estesa in direzione sia EW che NS è stata il n. 8 (12,115 m e 11,389 m rispettivamente). I banchi sono stati rilevati tra 71,442 m (n. 7) e 84,928 m (n. 1) di profondità. In Tab. 3-XLVII sono riportate le variabili acustiche.

Tab. 3-XLVI - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati nel **marzo** 2019. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In verde il banco rilevato entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	99,048	3,358	11,130	83,524	85,716	2,192	23,842	43,594044	14,327276	84,928	4,154	0	0,000
2	203,478	5,631	10,025	80,525	84,938	4,413	127,429	43,601271	14,330730	82,673	1,597	0	0,000
3	117,395	5,693	7,608	81,608	84,980	3,372	50,841	43,605846	14,330694	83,442	2,309	0	0,000
4	94,963	7,014	8,237	82,207	84,876	2,669	26,041	43,599003	14,334463	83,573	3,647	0	0,000
5	96,639	5,132	5,990	80,252	82,725	2,473	49,623	43,605707	14,338231	81,514	1,947	0	0,000
6	361,791	8,968	10,284	77,341	83,304	5,963	193,772	43,595030	14,340569	80,354	1,867	0	0,000
7	84,227	4,727	7,134	70,069	73,227	3,158	27,562	43,593725	14,342329	71,442	2,849	0	0,000
8	327,677	11,398	12,115	81,304	84,929	3,625	144,576	43,605624	14,344030	83,497	2,266	0	0,000

Tab. 3-XLVII - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati durante il campionamento condotto nel **marzo** 2019. In verde il banco rilevato entro 300 m dalla piattaforma.

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	-25,010	221	9	108	-34,749	-15,216	31,551
2	-30,095	90	8	58	-34,814	-24,782	9,783
3	-26,849	611	15	222	-34,814	-18,216	20,659
4	-25,363	80	4	41	-34,814	-16,782	29,087
5	-23,379	2355	23	694	-34,847	-12,347	45,927
6	-21,976	1090	24	416	-34,976	-4,782	63,452
7	-21,586	226	6	76	-34,749	-12,216	69,411
8	-30,095	90	8	58	-34,814	-24,782	9,783

*Sv = Volume backscattering strength

Ad **aprile** sono stati osservati 20 banchi di pesce (fig. 3.62) di cui 4 (nn. 11, 12, 15 e 16) a meno di 300 m da Bonaccia NW. Il banco più vicino è stato il n. 12 rilevato a 104,095 m dalla struttura, il più lontano è stato il n. 5, distante 969,616 m (Tab. 3-XLVIII).

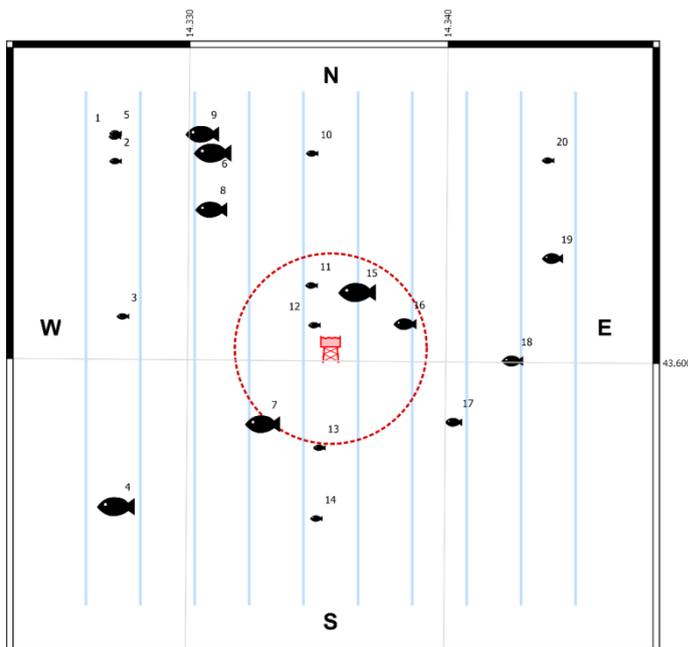


Fig. 3.62 - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nell'**aprile** 2019. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-XLVIII - Distanza (m) da Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati nell'aprile 2019. In evidenza le aggregazioni rilevate entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Distanza da Bonaccia (m)	Banco	Distanza da Bonaccia (m)
1	963,685	11	221,203
2	909,517	12	104,095
3	668,359	13	304,603
4	833,803	14	527,012
5	969,616	15	204,792
6	733,232	16	241,310
7	314,781	17	435,456
8	590,038	18	560,132
9	800,931	19	746,085
10	629,766	20	902,049

La maggiore superficie è stata misurata per l'aggregazione n. 15 (1596,007 m²), caratterizzata anche dai maggiori volume (1279,608 m³) e lunghezza EW (24,686 m; Tab. 3-XLIX). Il banco n. 6 è apparso invece il più esteso in direzione NS (27,969 m). Per quanto concerne le profondità, esse sono variate tra 74,273 m (n.9) e 85,786 m (n. 9).

Fatto salvo per la lunghezza EW, risultata sensibilmente maggiore nei banchi posti in prossimità della piattaforma, le caratteristiche metriche delle aggregazioni vicine e lontane sono apparse comparabili (fig. 3.63). Le variabili acustiche sono riportate in Tab. 3-L.

Tab. 3-XLIX - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati in aprile 2019. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In verde le aggregazioni rilevate entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	109,318	6,209	8,395	82,809	84,778	1,969	36,922	43,606414	14,327004	83,869	2,961	0	0,000
2	56,866	3,194	6,676	82,977	84,999	2,022	15,892	43,605719	14,327035	84,005	3,578	0	0,000
3	69,689	4,062	5,977	83,335	85,891	2,556	26,027	43,601317	14,327370	84,625	2,678	0	0,000
4	410,675	5,232	9,489	81,139	85,229	4,090	201,070	43,595938	14,327184	82,978	1,500	0	0,000
5	110,178	5,511	6,634	82,171	84,697	2,526	45,490	43,606507	14,327027	83,439	2,422	0	0,000
6	717,454	27,969	18,531	80,480	86,287	5,807	370,260	43,605990	14,330823	83,905	1,938	0	0,000
7	284,239	10,008	9,132	82,973	86,287	3,314	139,134	43,598308	14,332837	84,772	1,898	0	0,000
8	277,395	8,287	9,247	80,455	85,885	5,430	127,161	43,604380	14,330781	83,339	2,181	0	0,000
9	350,469	10,551	14,584	71,920	76,916	4,996	133,137	43,606520	14,330408	74,273	2,632	0	0,000
10	134,749	6,805	15,040	84,208	86,287	2,079	35,252	43,605982	14,334649	85,380	3,822	0	0,000
11	160,676	4,166	16,98	84,124	86,287	2,163	50,918	43,602236	14,334666	85,539	3,156	0	0,000
12	105,778	5,216	6,829	80,260	83,628	3,368	28,560	43,601110	14,334790	81,814	3,704	0	0,000
13	40,253	3,228	3,964	78,403	81,135	2,732	10,392	43,597633	14,335019	79,863	3,873	0	0,000
14	151,601	9,535	9,413	83,262	85,618	2,356	41,488	43,595625	14,334928	84,546	3,654	0	0,000
15	1596,007	26,524	24,686	78,923	86,287	7,364	1279,608	43,602068	14,336461	83,918	1,247	2	0,667
16	243,383	3,779	24,240	83,650	86,931	3,281	91,842	43,601170	14,338311	85,564	2,650	0	0,000
17	147,918	7,616	8,475	84,253	86,931	2,678	68,896	43,598391	14,340217	85,786	2,147	0	0,000
18	294,844	8,909	11,549	77,094	82,076	4,982	86,339	43,600145	14,342477	79,659	3,303	0	0,000
19	197,039	9,945	8,696	78,208	81,742	3,534	84,473	43,603061	14,344000	79,762	2,333	0	0,000
20	127,738	7,075	7,636	82,047	84,975	2,928	49,705	43,605833	14,343787	83,502	2,570	0	0,000

Tab. 3-L - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati in **aprile** 2019. In verde le aggregazioni rilevate entro 300 m dalla piattaforma.

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	-18,119	141	6	97	-34,778	-9,278	154,221
2	-25,097	70	3	37	-34,777	-19,244	30,923
3	-26,224	105	4	45	-34,811	-18,811	23,858
4	-17,287	80	1	21	-34,211	-8,778	186,761
5	-25,952	32	1	14	-34,777	-21,244	25,400
6	-22,002	1562	34	468	-34,843	-7,211	63,071
7	-21,112	362	8	109	-34,843	-7,277	77,419
8	-22,692	582	10	134	-34,843	-10,244	53,796
9	-26,331	421	9	157	-34,745	-13,278	23,278
10	-22,805	132	7	83	-34,843	-12,343	52,415
11	-23,811	173	4	110	-34,843	-15,310	41,579
12	-26,808	107	5	54	-34,711	-18,643	20,854
13	-30,705	36	3	19	-34,745	-26,711	8,502
14	-23,085	151	10	136	-34,843	-13,343	49,152
15	-18,127	3415	20	836	-34,843	-3,278	153,932
16	-16,242	354	4	164	-34,843	-4,343	237,589
17	-19,518	195	6	70	-34,876	-9,843	111,734
18	-29,093	321	9	150	-34,843	-20,810	12,321
19	-27,247	260	8	98	-34,970	-20,505	18,849
20	-27,548	147	5	66	-34,811	-19,745	17,586

*Sv = Volume backscattering strength

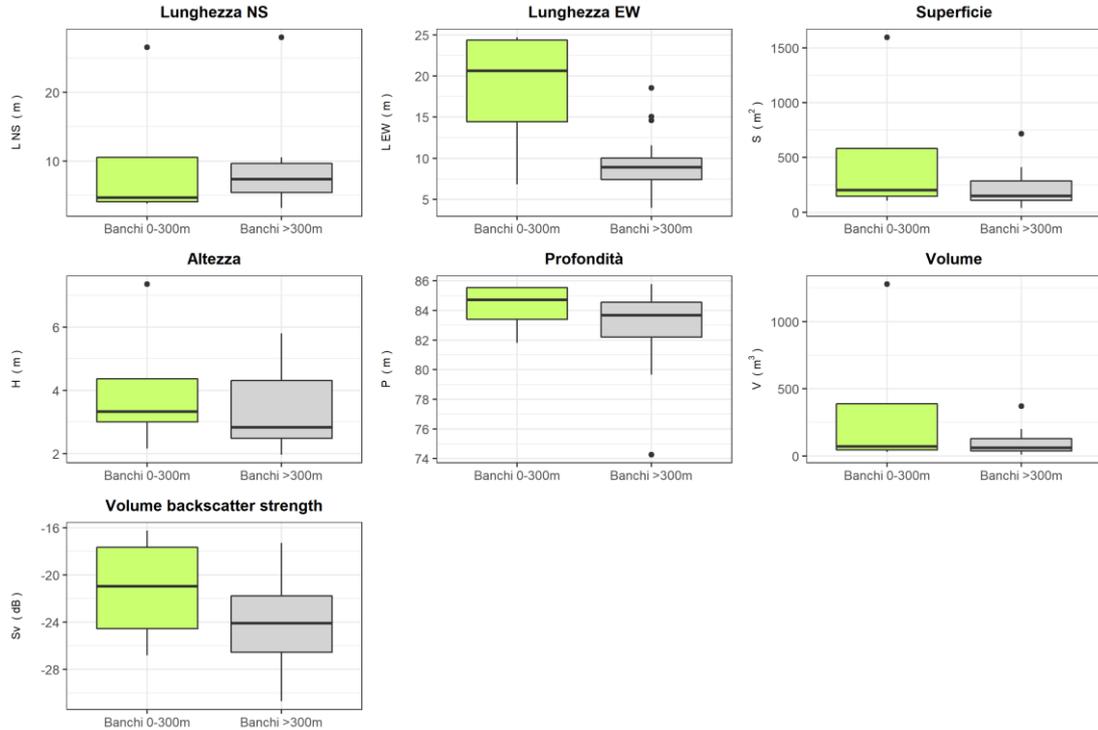


Fig. 3.63 – Box plot di alcune caratteristiche metriche ed acustiche delle aggregazioni rilevate nell'aprile 2019. Sono mostrati il primo, la mediana, il terzo quartile e la presenza di eventuali outliers.

A **maggio** 2019 sono stati osservati 9 banchi di pesce (fig. 3.64), di cui solo uno (n. 7) entro 300 m da Bonaccia NW, precisamente a 288,538 m (Tab. 3-LI). Il banco più lontano, il n. 2, è stato osservato a 948,142 m di distanza.

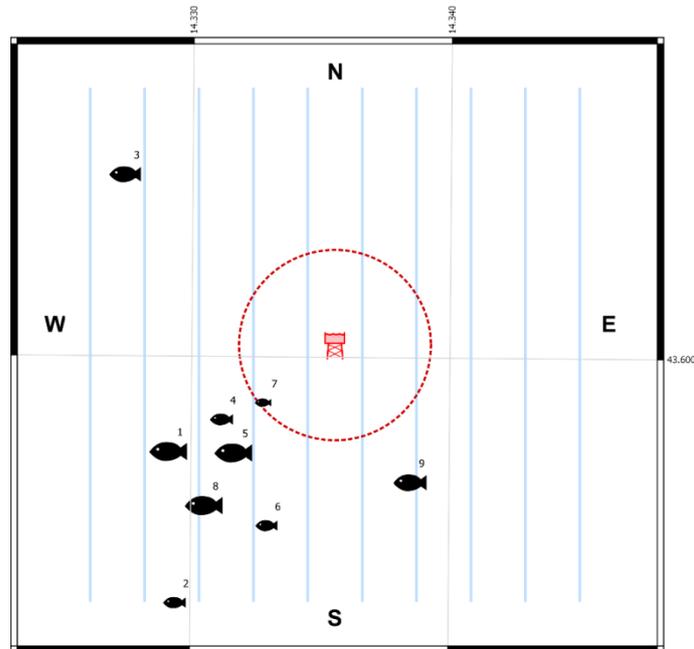


Fig. 3.64 - Schema planare delle posizioni dei banchi individuati nel **maggio** 2019. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

Tab. 3-LI - Distanza (m) da Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati nel **maggio** 2019. In evidenza il banco rilevato entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	Distanza da Bonaccia (m)
1	618,535
2	948,142
3	862,508
4	425,343
5	460,447
6	599,818
7	288,538
8	645,337
9	478,235

Le maggiori estensioni superficiale ($1293,678 \text{ m}^2$) e volumetrica ($678,804 \text{ m}^3$) sono state misurate per l'aggregazione n. 8; la n. 3 ha presentato la maggior lunghezza EW (23,380 m), la n. 9 la maggior lunghezza NS (11,836 m; Tab. 3-LII). Le profondità sono variate tra 66,352 m e 85,468 m (rispettivamente banchi nn. 8 e 3). Le variabili acustiche sono riportate in Tab. 3-LIII.

Tab. 3-LII - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati in **maggio** 2019. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume. In verde il banco rilevato entro 300 m dalla piattaforma.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	589,905	8,000	15,595	65,262	75,340	10,078	248,811	43,597412	14,329032	69,923	2,228	1	0,582
2	233,635	6,079	13,791	82,010	86,210	4,200	90,117	43,593114	14,329308	84,338	2,449	0	0,000
3	379,432	9,755	23,380	83,620	86,287	2,667	125,855	43,605264	14,327269	85,468	3,015	0	0,000
4	307,524	8,034	20,289	82,892	86,931	4,039	92,251	43,598323	14,331071	85,119	3,334	1	0,288
5	511,062	9,723	20,013	62,174	79,131	16,957	159,392	43,597386	14,331553	71,051	3,137	0	0,000
6	262,721	9,592	16,249	84,056	86,265	2,209	87,069	43,595318	14,332841	85,454	3,017	0	0,000
7	144,682	6,885	8,663	81,889	85,819	3,930	65,924	43,598803	14,332670	83,850	2,195	0	0,000
8	1293,678	6,213	16,503	61,622	73,492	11,870	678,804	43,595885	14,330425	66,352	1,713	0	0,000
9	337,956	11,836	16,055	83,430	86,908	3,478	131,652	43,596576	14,338398	85,324	2,567	0	0,000

Tab. 3-LIII - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati in **maggio** 2019. In verde il banco rilevato entro 300 m dalla piattaforma.

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	-23,690	788	6	172	-34,983	-10,362	42,753
2	-26,056	226	4	85	-34,843	-18,843	24,795
3	-18,975	486	9	338	-34,843	-8,343	126,606
4	-21,881	330	8	195	-34,876	-9,810	64,852
5	-29,872	442	8	203	-34,876	-22,744	10,299
6	-26,240	221	7	132	-34,842	-18,842	23,770
7	-23,299	167	5	60	-34,874	-14,842	46,779
8	-28,666	208	1	40	-34,934	-23,677	13,597
9	-28,660	548	14	231	-34,874	-14,874	13,616

*Sv = Volume backscattering strength

Infine, a **giugno** 2019 sono stati osservati 9 banchi di pesce tutti oltre 300 m da Bonaccia NW (fig. 3.65) essendo stati rilevati tra 358,659 (n. 1) e 773,502 m (n. 9; Tab. 3-LIV).

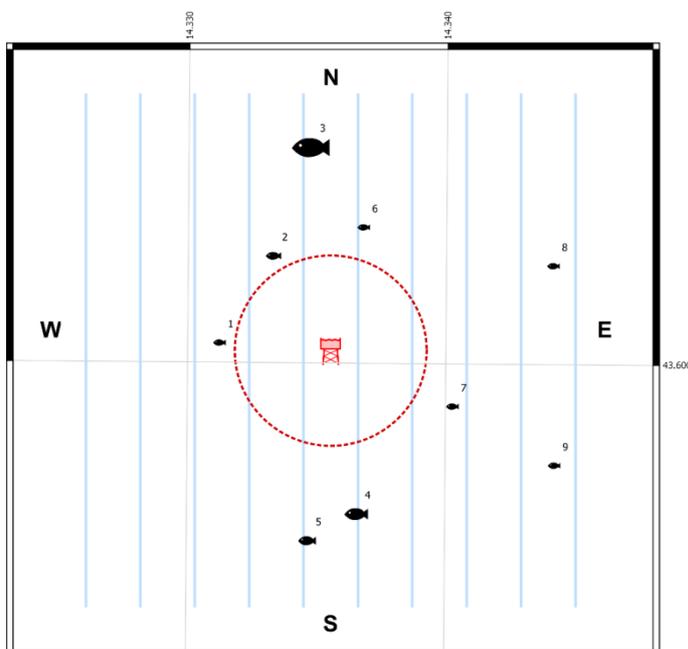


Fig. 3.65 - Schema planare delle posizioni delle aggregazioni di pesce individuate durante il campionamento condotto nel **giugno** 2019. La visualizzazione graduata dei banchi ne evidenzia le differenze volumetriche.

L'aggregazione con maggiore superficie, volume e lunghezza EW è stata la n. 3, mentre la n. 4 ha presentato la maggiore lunghezza NS (21,722 m; Tab. 3-LV). Il banco n. 4 è risultato anche il più profondo essendo stato rilevato a 85,256 m, mentre il n. 9 è risultato il più superficiale (49,135 m). Le variabili acustiche sono riportate in Tab. 3-LVI.

Tab. 3-LIV - Distanza (m) da Bonaccia NW dei banchi di pesce individuati nel **giugno** 2019.

Banco	Distanza da Bonaccia (m)
1	358,659
2	362,609
3	656,956
4	508,008
5	593,211
6	410,586
7	406,268
8	740,839
9	773,502

Tab. 3-LV - Caratteristiche metriche dei banchi di pesce individuati in **giugno** 2019. S = superficie, L = lunghezza, P = profondità, H = altezza, V = volume.

Banco	S (m ²)	L NS (m)	L EW (m)	P minima (m)	P massima (m)	H (m)	V (m ³)	Centro geometrico (LAT)	Centro geometrico (LONG)	Centro geometrico profondità (m)	Ruvidità (m ⁻¹)	n. vacuoli	Volume totale vacuoli (m ³)
1	100,857	5,700	8,322	83,712	86,286	2,574	26,760	43,600653	14,331119	84,899	3,769	0	0,000
2	159,202	8,110	5,835	76,899	81,456	4,557	61,065	43,603129	14,333187	79,207	2,607	0	0,000
3	810,966	6,074	11,226	76,497	82,402	5,905	468,989	43,606226	14,334620	79,613	1,336	0	0,000
4	277,578	21,722	7,605	83,990	86,119	2,129	94,031	43,595826	14,336480	85,256	2,952	0	0,000
5	123,062	6,000	7,108	78,564	82,014	3,450	70,975	43,595054	14,334579	80,320	1,734	0	0,000
6	58,932	2,665	6,769	80,371	83,568	3,197	20,473	43,603954	14,336670	82,053	2,879	0	0,000
7	98,368	2,976	7,602	78,974	81,249	2,275	23,414	43,598889	14,340158	80,211	3,873	0	0,000
8	98,491	6,441	5,724	55,124	58,202	3,078	41,208	43,602893	14,344028	56,631	2,390	0	0,000
9	27,685	2,240	3,184	47,991	50,294	2,303	8,558	43,597234	14,344114	49,135	3,235	0	0,000

Tab. 3-LVI - Variabili acustiche relative ai banchi di pesce individuati in **giugno** 2019.

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	-27,129	96	6	68	-34,842	-17,874	19,367
2	-28,460	176	6	61	-34,809	-21,809	14,255
3	-17,172	137	1	24	-34,969	-8,039	191,772
4	-24,120	279	18	189	-34,842	-12,342	38,730
5	-28,605	53	1	15	-34,574	-24,142	13,787
6	-25,535	63	2	22	-34,676	-19,210	27,957
7	-30,185	37	2	22	-34,608	-24,608	9,582
8	-20,256	219	6	81	-34,654	-9,057	94,281
9	-26,982	53	2	20	-34,980	-21,980	20,034

*Sv = Volume backscattering strength

Di seguito si riportano alcuni esempi di rappresentazioni tridimensionali delle aggregazioni di pesce rilevate nei campionamenti sopra descritti (figg. 3.66 - 3.71). Tali immagini permettono una percezione spazio-temporale dei singoli banchi nell'ambiente circostante

la piattaforma Bonaccia NW.

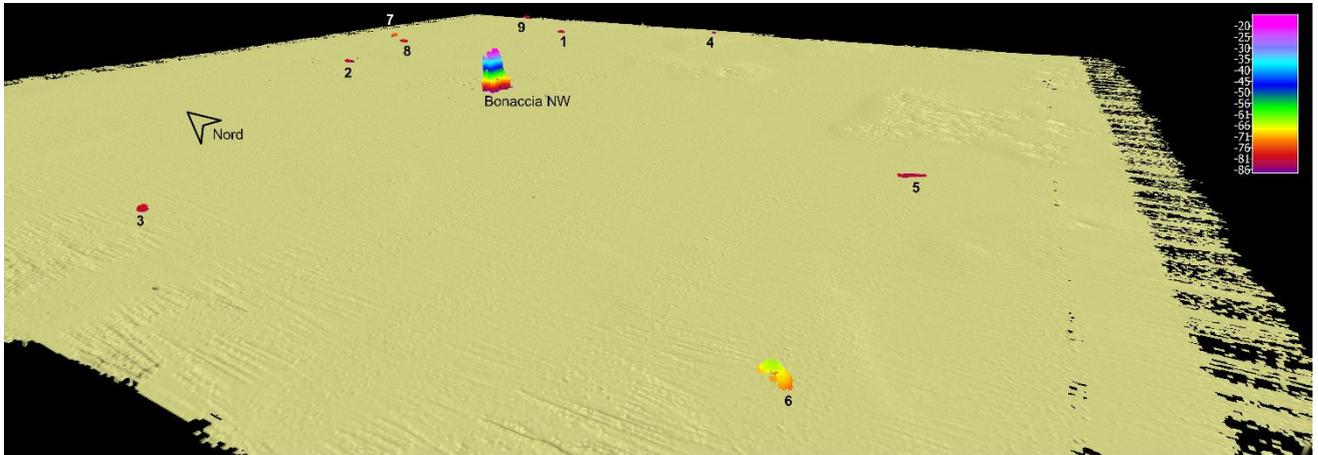


Fig. 3.66 – Vista da Sud Ovest delle aggregazioni sondate nel **gennaio** 2019. Al centro dell’immagine è visibile Bonaccia NW.

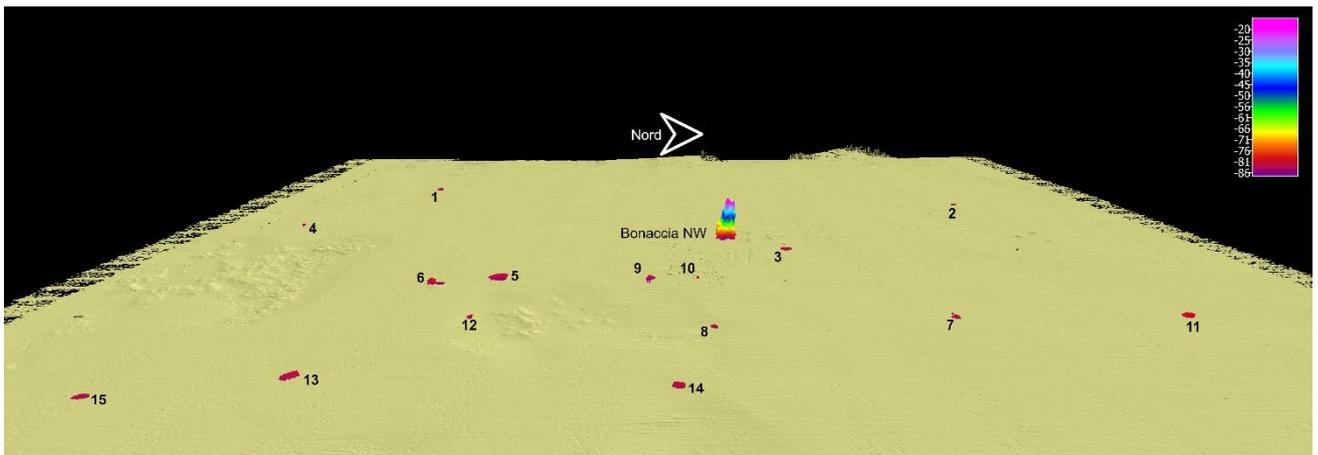


Fig. 3.67 – Vista da Est della colonna d’acqua in cui stati individuati i banchi di pesce a **febbraio** 2019. Al centro dell’immagine è visibile Bonaccia NW.

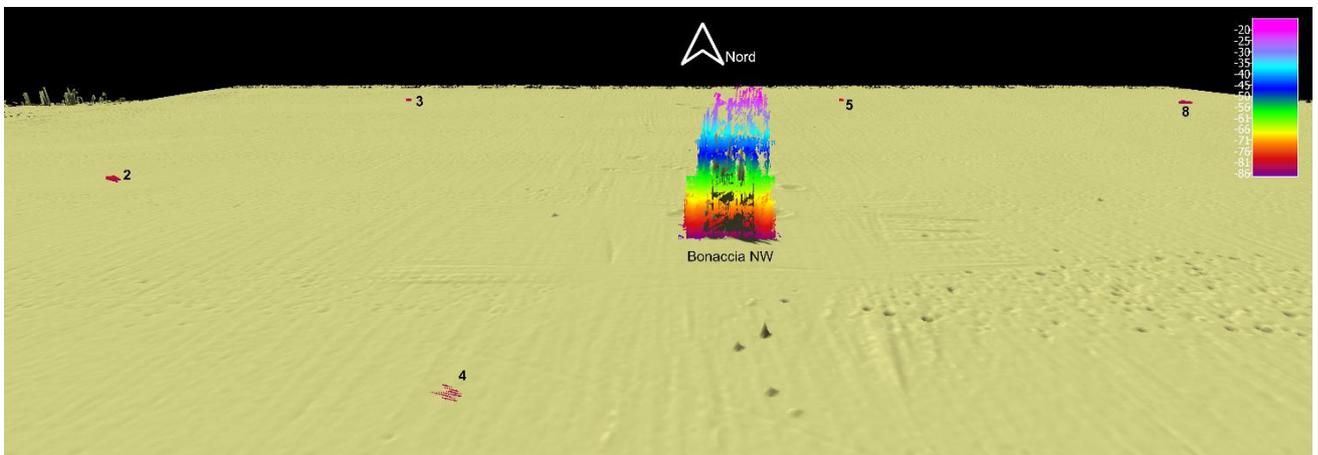


Fig. 3.68 – Vista da Sud delle aggregazioni sondate nel mese di **marzo** 2019. Nell’immagine è visibile Bonaccia NW.

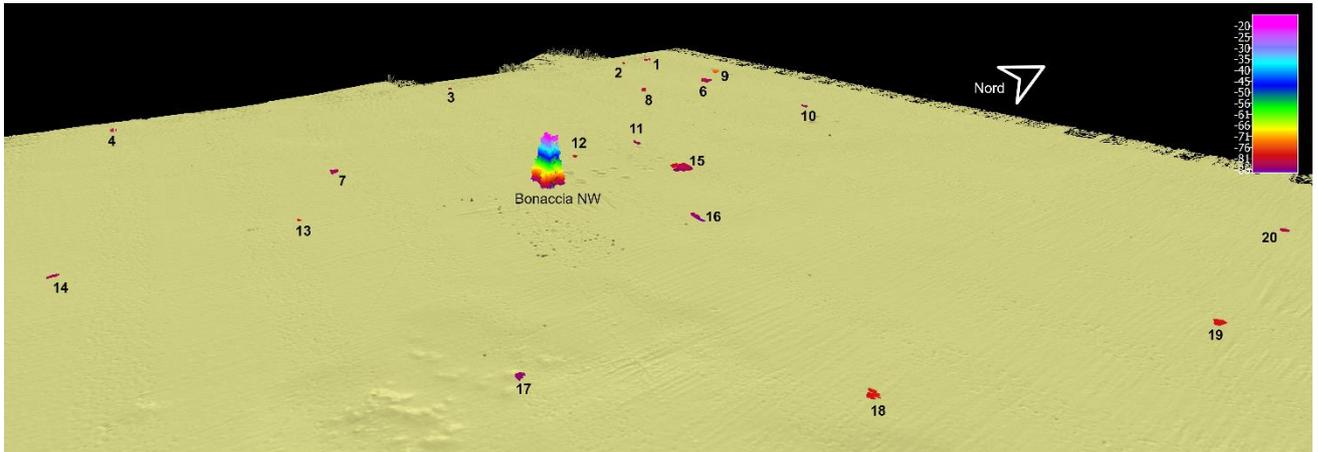


Fig. 3.69 – Vista da Sud Est dei banchi di pesce rilevati durante il campionamento di **aprile** 2019. Al centro dell'immagine è visibile NW.

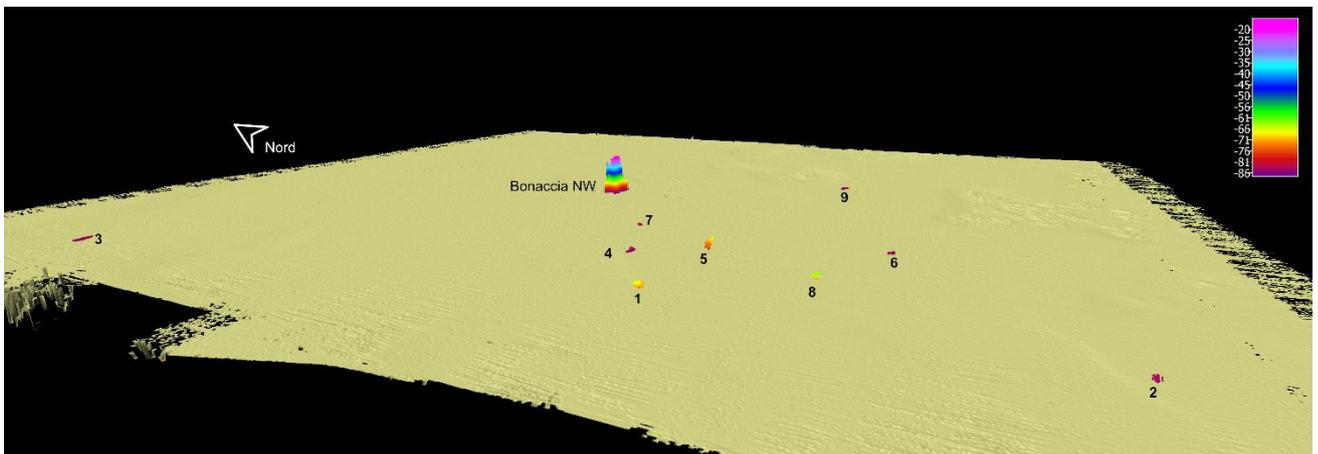


Fig. 3.70 – Vista da Sud Ovest di parte dei banchi di pesce rilevati nel **maggio** 2019. Al centro dell'immagine è visibile la struttura Bonaccia NW.

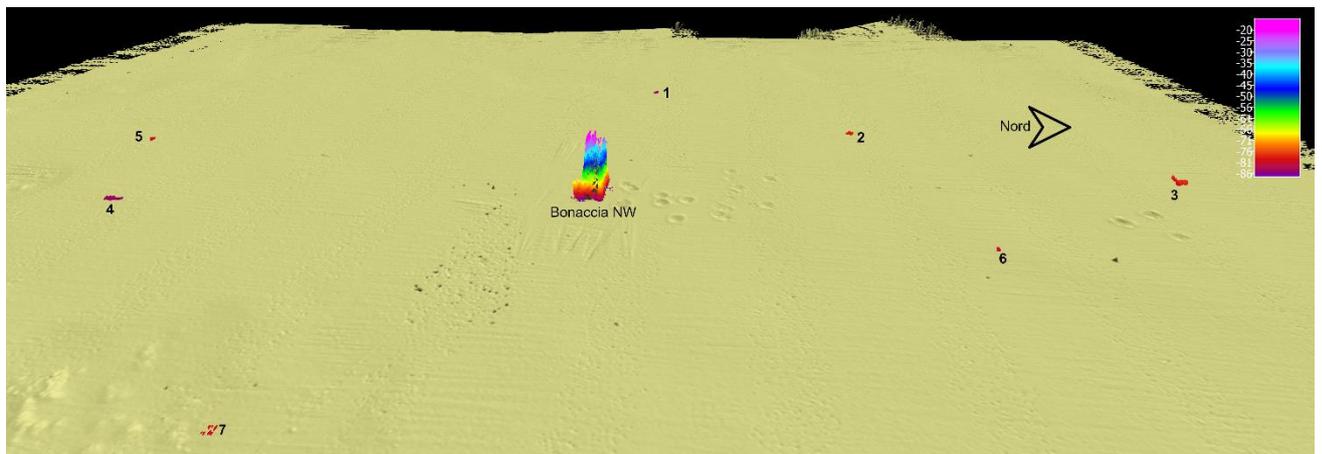


Fig. 3.71 – Vista tridimensionale da Est della colonna d'acqua in cui stati individuati i banchi di pesce nel **giugno** 2019. Nell'immagine è visibile la piattaforma Bonaccia NW.

3.8.3. INDAGINI VIDEO IN PROSSIMITÀ DELLA PIATTAFORMA

A **marzo** non sono stati rilevati tramite videocamera banchi di pesce in prossimità della piattaforma. Nei mesi di **maggio** e **giugno** invece, non è stato possibile realizzare registrazioni con la videocamera date le condizioni meteo-marine non favorevoli.

A **gennaio** sono stati individuati diversi banchi tra i pali della piattaforma a profondità comprese tra 20 e 60 m. Le specie rinvenute erano di tipo pelagico e parzialmente attratte dai fondi duri (fig. 3.72), verosimilmente *Boops boops* e *Trachurus spp.*



Fig 3.72 – Banco di pesce pelagico parzialmente attratto (P-PA) rinvenuto tra i pali della piattaforma nel rilievo relativo a **gennaio** 2019. Sono visibili esemplari di *Boops boops* e *Trachurus trachurus*.

A **febbraio** sono stati individuati, tramite video, alcuni banchi in prossimità del fondale composti da specie necto-bentoniche parzialmente attratte (NB-PA) (principalmente *Pagellus spp.*; fig. 3.73, a sinistra). Durante la registrazione è stato anche individuato un polpo (*Octopus vulgaris*, AT) a una distanza di circa 50 m dalla piattaforma (fig. 3.73, a destra).

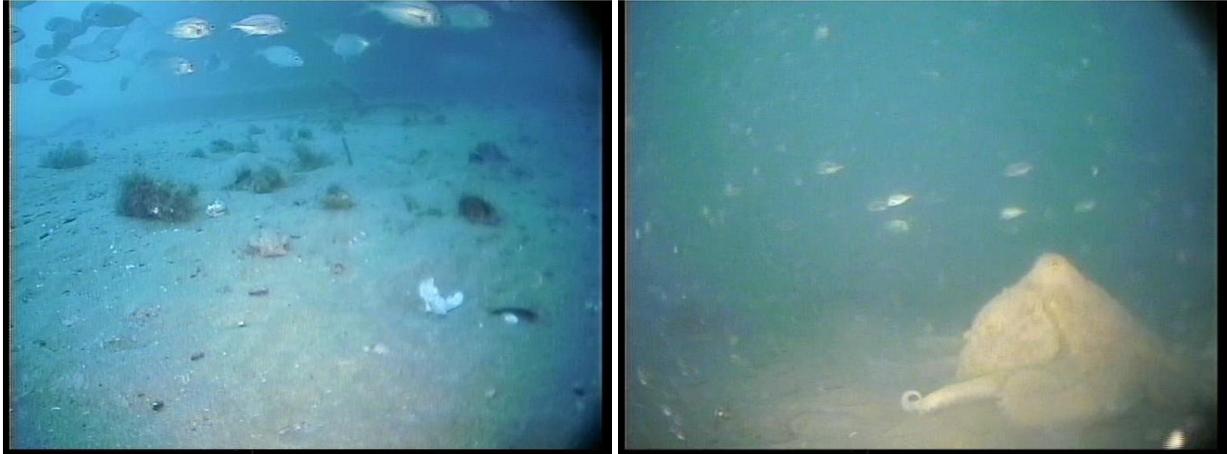


Fig 3.73 – Banco di *Pagellus sp.* registrato in prossimità del fondale (a sinistra) e un esemplare di *Octopus vulgaris* (a destra) sondato a poca distanza dalla piattaforma nel mese di **febbraio** 2019.

Ad **aprile** in prossimità di Bonaccia NW sono state sondate poche aggregazioni e di ridotte dimensioni, da ricondursi principalmente a specie di tipo nectobentonico (PA) come *S. hepatus* e *P. Bogaraveo* (fig. 3.74). Gli esemplari sono stati sondati principalmente in prossimità del fondale.



Fig 3.743 – Alcuni esemplari di *S. Hepatus* e *P. Bogaraveo* registrati in prossimità del fondo, a breve distanza da Bonaccia NW nel mese di **aprile** 2019.

3.9. RILEVAMENTO DEL PASSAGGIO DI CETACEI E RETTILI MARINI

Nel 1° semestre 2019 è avvenuto un solo avvistamento il giorno 20 gennaio. In quell'occasione, alle ore 10:11 è stata avvistata una tartaruga marina (*Caretta caretta*) a circa 300 m di distanza in direzione SE rispetto alla piattaforma (Tab. 3-LVII).

Tab. 3-LVII - Survey condotti durante il 1° semestre 2019 per l'avvistamento di cetacei nell'area in cui è stata installata la piattaforma Bonaccia NW.

		N. survey	N. avvist.	N. esemplari avvistati
4° anno PL	Gennaio 2019	3	1	1*
	Febbraio 2019	3	0	
	Marzo 2019	3	0	
	Aprile 2019	3	0	
	Maggio 2019	3	0	
	Giugno 2019	3	0	

* *Caretta caretta*

4. CONCLUSIONI

In riferimento al Decreto n. 0000222 del 09/09/2014 emesso dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-IRBIM di Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS di effettuare un monitoraggio volto a valutare il potenziale impatto ambientale conseguente l’installazione della piattaforma Bonaccia NW e della condotta sottomarina collegante tale struttura alla piattaforma Bonaccia. Tale monitoraggio nel 2019 è stato condotto dal RTI di cui il CNR-IRBIM è Impresa Mandataria e che comprende come Mandanti CIBM di Livorno, SZN di Napoli, OGS di Trieste, CONISMA, AMBIENTE S.p.A. di Carrara e Università Politecnica delle Marche.

Gli aspetti indagati contemplati in tale monitoraggio sono stati scelti in base: a) alle specifiche riportate nel Decreto del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare; b) alle prescrizioni dell’ARPAM; c) alle conoscenze acquisite dal CNR-IRBIM di Ancona a partire dalla sua costituzione (1969) nel campo dell’oceanografia e della biologia marina in Adriatico e negli altri mari italiani; d) alle numerose esperienze effettuate dal CNR-IRBIM dal 1998 ad oggi presso altri impianti di estrazione off-shore installati in alto e medio Adriatico su diverse tipologie di fondale da 20 a 85 m di profondità (Regina, Anemone, Annalisa, Barbara NW, Calpurnia, Naomi-Pandora, PCMS-1, Calipso, Clara Est, Clara Nord, Naide, Tea, Annamaria B, pozzi sottomarini Bonaccia EST 2&3, Fauzia, Elettra; Fabi *et al.*, 2001; 2003; 2004a; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015; 2016; 2017; 2019a; 2019b; 2020); d) alle caratteristiche idrologiche e sedimentologiche della zona in cui è installata Bonaccia NW.

Per quanto concerne la piattaforma, è stato proposto un monitoraggio comprendente indagini riguardanti la colonna d’acqua (studio delle correnti, caratteristiche fisiche e chimiche), le comunità fito- e zooplanctoniche (solo nelle fasi di pre-survey e durante i lavori di installazione), i sedimenti (granulometria, IPA, idrocarburi totali, metalli pesanti, sostanza organica, TOC, ecotossicologia, bioaccumulo e biomarker in policheti), la ricerca di inquinanti e lo studio di biomarkers in esemplari di *Mytilus galloprovincialis* insediati sulle parti sommerse della struttura, 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 2019 (4° anno della fase di produzione della struttura).

Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua - L'area di posa della piattaforma di estrazione Bonaccia NW è localizzata a circa 30 miglia nautiche dalla costa ed è caratterizzata da condizioni oceanografiche di mare aperto, risentendo solo in parte della circolazione costiera (Artegiani *et al.*, 1997a e 1997b). Le caratteristiche oceanografiche determinate durante l'ultimo semestre di indagine (campagne di febbraio e maggio 2019) sono in accordo con la climatologia del bacino (Artegiani *et al.*, 1997a; Zavatarelli *et al.*, 1998).

Nel mese di febbraio la temperatura ha mostrato una distribuzione fortemente omogenea per gran parte della colonna d'acqua e la presenza di acqua più fredda al fondo, mentre un inizio di stratificazione è apparso visibile nella distribuzione verticale di maggio. Anche per la salinità a febbraio è stata osservata una distribuzione verticale omogenea e uno strato di fondo a salinità più bassa. A maggio è stata rilevata una maggiore variabilità, con uno strato a salinità >38,8 psu a quote sub-superficiali e uno strato a salinità più bassa in superficie e al fondo.

Per quanto riguarda gli aspetti idro-chimici considerati, nel 1° semestre 2019 sono state registrate percentuali di saturazione dell'ossigeno disciolto comprese tra il 94% e il 107%, con profili uniformi e valori <100% in inverno e generalmente in diminuzione dalla superficie al fondo in primavera. In particolare, in entrambe le stagioni è stata rilevata la presenza di uno strato al fondo con percentuali di saturazione minime. In tutto il periodo di campionamento non sono state osservate condizioni ipossiche o anossiche.

Le concentrazioni dei nutrienti sono rientrate, come precedentemente, nei range dei valori noti per l'area (Zavatarelli *et al.*, 1998; Marini *et al.*, 2008), con valori generalmente senza variazioni notevoli. Le concentrazioni più elevate sono state registrate al fondo in entrambe le campagne di monitoraggio per quasi tutti i nutrienti.

Nel mese di febbraio la distribuzione verticale delle clorofille è stata caratterizzata da valori più elevati in superficie mentre un aumento nella concentrazione dei pigmenti fotosintetici è stato osservato negli strati intermedi a maggio. La concentrazione della clorofilla totale (come somma di Chl *a* + Chl *b* + Chl *c*) è risultata sempre piuttosto bassa

confermando le generali condizioni di oligotrofia dell'area (Zavatarelli *et al.*, 1998; Totti *et al.*, 2000).

Il carico solido sospeso è risultato anche in questo 1° semestre del 2019 maggiore nelle acque di fondo. Questo andamento è stato osservato frequentemente in Adriatico ed è legato a possibili processi di risospensione e trasporto di sedimenti (Wang e Pinardi, 2002; Wang *et al.*, 2006).

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.

In generale, 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 Bonaccia NW e ciò conferma quanto rilevato anche nei periodi di indagine precedenti.

Per quanto riguarda l'analisi degli inquinanti gli idrocarburi totali e quelli alifatici sono apparsi maggiori attorno alla piattaforma in febbraio e nei siti di controllo a maggio a seguito di un abbassamento di concentrazioni in prossimità di Bonaccia NW. Gli idrocarburi policiclici aromatici sono stati quantificati ovunque a febbraio e in pochi campioni a maggio, comunque con valori molto bassi. I BTEX, quando rilevati, hanno anch'essi presentato concentrazioni molto basse, prossime ai limiti di quantificazione. Il glicole etilenico non è stato affatto rilevato, analogamente ai monitoraggi precedenti (Fabi *et al.*, 2019c). Per quanto concerne infine i metalli pesanti, essi hanno mostrato alcune variazioni tra un survey e l'altro ma le concentrazioni raggiunte sono confrontabili con quelle registrate precedentemente e 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).

Misure correntometriche – Anche nel 1° semestre 2019, come nella fase di indagine precedente (Fabi *et al.*, 2019c), è emerso che l'area in cui è installata Bonaccia NW è caratterizzata da correnti deboli e variabili in direzione con brevi periodi di stabilità, anche se sono stati raggiunti picchi di 0,3 m/s prevalentemente nei primi 30 m di profondità.

Caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti – L'area su cui è installata Bonaccia

NW è caratterizzata da un sedimento sabbioso affiancato da una componente pelitica costituita in prevalenza da silt. Nel complesso i sedimenti non hanno subito nel tempo cambiamenti che non siano inquadrabili nella naturale variabilità.

In generale, inoltre, i dati acquisiti nell'inverno 2019 non evidenziano segnali di alterazione nelle caratteristiche chimiche dei sedimenti. Gli IPA, infatti, quando quantificabili, sono sempre risultati molto modesti e notevolmente inferiori sia ai valori chimici di Riferimento Nazionale L1 (DM 173/2007), sia ai valori cautelativi per le sostanze pericolose prioritarie (PP) indicati da ICRAM-APAT (2007). Anche gli Idrocarburi totali pesanti (C>12) sono stati rilevati in concentrazioni modeste e non hanno presentato anomalie riconducibili alla piattaforma. Gli idrocarburi totali leggeri (C<12) non sono stati affatto rilevati come in precedenza (Fabi *et al.*, 2019c).

Un'eccezione è rappresentata dal bario che, analogamente ai survey già effettuati, ha mostrato anomalie positive riconducibili alla presenza della piattaforma anche nell'inverno 2019 quando ha raggiunto tenori mai rilevati in precedenza. Comunque, a seguito dell'estrazione sequenziale eseguita per i 4 siti corrispondenti alla piattaforma, è emerso che questo metallo è prevalentemente presente nella forma non biodisponibile, che è oscillata tra il 68% e l'87%.

Modesti segnali di alterazione sono stati osservati anche per l'arsenico sebbene, rispetto all'estate precedente (Fabi *et al.*, 2019c), questo metallo si è ridotto pur non raggiungendo ancora le concentrazioni del pre-survey. Il superamento del Livello Chimico di Riferimento Nazionale molto diffuso non desta particolari preoccupazioni correlate alla presenza della piattaforma essendosi verificato anche nei controlli.

Modesti segnali di alterazione sono stati osservati per la sostanza organica che rispetto al pre-survey è aumentata soprattutto in corrispondenza della piattaforma (tranne in BO SE). Complessivamente i tenori sono risultati maggiori lungo B rispetto ad A con un valore medio superiore rispetto a quello dei riferimenti. Nulla da segnalare infine per il Total Organic Carbon la cui distribuzione non appare influenzata dalla presenza di Bonaccia NW.

Ecotossicologia dei sedimenti – Nel 7° monitoraggio post installazione della piattaforma Bonaccia NW condotto nell'inverno 2019 i saggi biologici con *Dunaliella tertiolecta* e *Vibrio fischeri* hanno confermato l'assenza di tossicità nell'intera area investigata già osservata sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2019c). Un notevole peggioramento è stato

registrato invece con il test di mortalità effettuato con l'anfipode *Corophium orientale*, per il quale in precedenza erano stati riscontrati raramente casi di tossicità bassa (Fabi *et al.*, 2019c). Nell'ultimo monitoraggio, infatti, in corrispondenza della piattaforma verso NE e a 30 m da essa nella medesima direzione è stata registrata la presenza di una tossicità alta, mentre a 30 m verso SW la tossicità è risultata media. Inoltre, sono stati rilevati deboli segnali di tossicità (bassa) in BO SE e A6, sito posto a 60 m a SE.

Per quanto concerne il test per lo sviluppo larvale di *Crassostrea gigas*, nell'ultimo monitoraggio è avvenuto un lieve peggioramento in BO SE dove per la prima volta è stata rilevata tossicità (bassa), oltre che in B6 (da bassa in estate 2018 a media) e K2 (da assente a bassa).

Analisi di biomarker e inquinanti in *Hediste diversicolor* - Gli indici biologici di stress condotti su *H. diversicolor* nel complesso indicano in questa fase dello studio uno scarso effetto tossico associato alla presenza di sostanze inquinanti nei sedimenti come riportato dall'assenza di mortalità nei policheti utilizzati. Viene osservata una lieve forma di stress associata alla stabilità delle membrane lisosomiali nei celomociti degli organismi esposti ai sedimenti prelevati intorno alla piattaforma così come un lieve segnale di stress presso il sito B6. Assente è risultato il rischio genotossico.

Ad esclusione di alcuni metalli come l'arsenico e il mercurio per i quali è stato osservato un bioaccumulo diffuso che ha interessato anche i controlli, principalmente correlato alla presenza della piattaforma è apparso il bioaccumulo di bario, zinco e rame.

Analisi di biomarker e inquinanti in *Mytilus galloprovincialis* – Per quanto concerne i risultati ottenuti applicando la batteria di biomarker, nonostante qualche variazione osservata tra i mitili provenienti da Bonaccia NW rispetto a quelli di controllo e relativa ad esempio alla riduzione dei livelli di lipidi neutri e della stabilità delle membrane lisosomiali, i risultati non evidenziano alcuna condizione di stress ambientale legato all'attività della piattaforma Bonaccia NW. Tali lievi variazioni possono dipendere da fluttuazioni stagionali delle risposte biologiche che sono tipiche degli organismi bioindicatori e/o da condizioni ambientali specifiche e locali che influenzano la disponibilità di fitoplancton che viene filtrato dai mitili.

Riguardo i livelli di bioaccumulo di inquinanti (idrocarburi alifatici, IPA e metalli pesanti), in generale questi non mostrano livelli anomali nei mitili della piattaforma Bonaccia NW, ad eccezione dell'elevata concentrazione di vanadio (17 ppm) rilevata in organismi

campionati nel sito vicino anodo, suggerendo pertanto la necessità di ulteriori verifiche nell'ambito della successiva campagna di indagine (estate 2019). Un'ulteriore anomalia degna di nota si riferisce ai livelli di IPA, principalmente per i congeneri ad altro peso molecolare, rilevati nei mitili di controllo, che sottolineano l'importanza di una prossima, attenta verifica del campione di riferimento al fine di comprendere il significato di tale risultato.

Comunità bentonica – Come già osservato in tutti i survey finora condotti (Fabi *et al.*, 2019c), anche nell'inverno 2019 le comunità bentoniche non sono risultate particolarmente diversificate nonostante una cospicua presenza di specie secondarie, a causa della netta dominanza di policheti appartenenti alla famiglia Paraonidae seguiti da *Aphelochaeta filiformis*, *Paradiopatra calliopae* e *Ophelina cylindricaudata*.

I popolamenti sono apparsi costituiti soprattutto da organismi limicoli, seguiti dagli indicatori della materia organica e/o da quelli tipici di fondali sabbiosi o a granulometria mista. Si tratta per lo più di policheti e, in misura minore di crostacei e molluschi. In corrispondenza della piattaforma sono risultati particolarmente importanti i taxa di substrato duro o comunque ecologicamente legati ad essi, che sono aumentati rispetto all'estate 2018 essendo passati da 18 oltre 30. Attorno a Bonaccia NW alcune di queste specie (es. *Anomia ephippium* e *Neopycnodonte cochlear*) sono diventate preponderanti in termini di numero di individui sino a risultare dominanti in alcuni casi. Analogamente ai due anni precedenti (Fabi *et al.*, 2019c), i valori maggiori di tutti gli indici biotici sono stati registrati nelle stazioni corrispondenti alla piattaforma con una tendenza al decremento alle distanze maggiori. Ciò conferma che la presenza della struttura determina un arricchimento delle comunità che, già evidente come indicato dal multidimensional scaling, lo diventerà verosimilmente ancora di più con il proseguo del monitoraggio. Infatti, da esperienze pregresse (Fabi *et al.*, 2005c; Trabucco *et al.*, 2006; 2008; Manoukian *et al.*, 2010), è emerso che presso le strutture di estrazione offshore installate in Adriatico centro-settentrionale a profondità maggiori di 40 m avviene una grande diversificazione dei popolamenti bentonici dopo circa tre anni dalla loro installazione.

La valutazione dello stato ecologico relativa all'ultimo monitoraggio è risultata compresa tra buono e buono/moderato nelle stazioni poste lungo i transetti e buono/moderato ai controlli.

Comunità ittica - La comunità ittica nei pressi di Bonaccia NW nel 1° semestre 2019 è

apparsa più ricca in specie e caratterizzata da rendimenti di pesca più elevati rispetto alle zone di controllo, risultato confermato anche in termini statistici e conforme con quanto registrato precedentemente (Fabi *et al.*, 2019c). Tale situazione è stata evidenziata anche in analoghi monitoraggi effettuati in Adriatico settentrionale presso altre piattaforme (es.: Scarcella *et al.*, 2011; Fabi *et al.*, 2004b; 2006; 2010b; 2013:2016; 2019a) e da alcuni studi condotti in altre aree (Stanley e Wilson, 1990; 1997; Schroeder *et al.*, 1999; Love *et al.*, 2000; Løkkerborg *et al.*, 2002). L'abbondanza, sia numerica che ponderale, di esemplari riconducibili a specie ittiche parzialmente attratte da substrati rocciosi (*T. picturatus*, *Trachurus trachurus* e *S. japonicus*) presso Bonaccia NW, oltre alla maggiore presenza di organismi attratti, e la preponderanza di specie non attratte nei siti di controllo, evidenziano l'influenza da parte delle strutture nei confronti di organismi altrimenti rari o assenti nell'area. Comunque è importante sottolineare la presenza nei siti di controllo di specie attratte da fondali rocciosi (*S. notata*), anche se in quantitativi inferiori rispetto alla piattaforma ed esclusivi del mese di gennaio. Ciò è presumibilmente dovuto alla particolare conformazione della zona, caratterizzata dalla presenza di concrezioni biogeniche (Bertarini e Cabras, 2008) simili alle Tegnùe dell'Alto Adriatico.

Ai dati di cattura sono stati associati survey acustici eseguiti con MultiBeam Echosounder i quali forniscono informazioni ulteriori circa il popolamento ittico che gravita attorno alle piattaforme offshore sondando interamente la colonna d'acqua e permettendo di individuare anche la presenza di specie piccole e pelagiche che vengono catturate in quantità minore rispetto alla reale abbondanza a causa della selettività e dell'altezza limitata del tipo di rete utilizzata. In riferimento ai dati raccolti nel 1° semestre 2019, i banchi registrati sono risultati mediamente di piccole dimensioni con alcune eccezioni. Ad esempio, un banco di pesce di notevoli dimensioni in prossimità della piattaforma e del fondale è stato il n. 15 di aprile, da ricondursi ipoteticamente a specie necto-bentoniche parzialmente attratte dal substrato duro. Aggregazioni più modeste in dimensione, poste ad altezza variabile lungo la colonna d'acqua, potrebbero esser state rappresentate da specie sempre parzialmente attratte, tra cui *Trachurus* spp. e *B. Boops*, la cui presenza è stata testimoniata dalle immagini video registrate in prossimità dei pali della piattaforma.

Grandi banchi di pesce, posti sia sul fondo che più in superficie (tra 60 e 89 m di profondità) e rilevati a distanze maggiori dalla piattaforma, erano verosimilmente composti da specie pelagiche non attratte (es.: banchi n. 1, 2 e 6 di gennaio, n. 5 di febbraio, n. 8 di



maggio), come ad esempio *Engraulis encrasicolus*, che tendono a formare grosse aggregazioni con un significativo sviluppo in altezza (Iglesias *et al.* 2003, Tsagarakis *et al.* 2012).

Rilevamento del passaggio di cetacei e rettili marini – Nel 1° semestre 2019 nell’area circostante la piattaforma Bonaccia NW è avvenuto un solo avvistamento di una tartaruga marina appartenente alla specie *Caretta caretta*, confermando i dati raccolti sin dal pre-survey (ad esclusione delle fasi di installazione e perforazione dei pozzi i cui risultati sono riportati in Leonori *et al.*, 2016), ovvero una scarsa frequentazione dell’area da parte di tursiopi.

5. BIBLIOGRAFIA

- Alves L.C., Allen L.A., Houk R.S. 1993. Measurement of vanadium, nickel, and arsenic in seawater and urine reference materials by inductively coupled plasma mass spectrometry with cryogenic desolvation. *Anal. Chem.*, 65(18): 2468-2471.
- 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.
- Azur Environmental. 1994. *Microtox® M500 manual* (A toxicity testing handbook).
- Benedetti M., Ciaprini F., Piva F., Onorati F., Fattorini D., Notti A., Ausili A., Regoli F. 2012. A multidisciplinary weight of evidence approach toward polluted sediments: integrating sediment chemistry, bioavailability, biomarkers responses and bioassays. *Environm. Int.*, 38: 17-28.
- Benedetti M., Gorbi S., Fattorini D., D'Errico G., Piva F., Pacitti D., Regoli F. 2014. Environmental hazards from natural hydrocarbons seepage: Integrated classification of risk from sediment chemistry, bioavailability and biomarkers responses in sentinel species. *Environ. Pollut.* 185: 116-126.
- Bertarini M., Cabras M. 2008. *Studio bibliografico: Concrezioni biogeniche Bonaccia - Bonaccia Est*. Rapporto finale. Rapporto per ENI. 24 pp.
- 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.
- 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.
- Bocchetti R., Virno Lamberti C., Pisanelli B., Razzetti E., Maggi C., Catalano B., Sesta G., Martuccio G., Gabellini M., Regoli F. 2008. Seasonal variations of exposure biomarkers, oxidative stress responses and cell damage in the clams, *Tapes philippinarum*, and mussels, *Mytilus galloprovincialis*, from Adriatic Sea. *Mar. Environ. Res.*, 66: 24-26.
- 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.
- Bouraoui Z., Banni M., Ghedira J., Clerandau C., Narbonne J.F., Boussetta H. 2009. Evaluation of enzymatic biomarkers and lipoperoxidation level in *Hediste diversicolor* exposed to copper and benzo[a]pyrene. *Ecotox. Environ. Safety*, 72: 1893–1898.

- Bouraoui Z., Banni M., Chouba L., Ghedira J., Clerandeanu C., Jebali J., Narbonne J.F., Boussetta H. 2010. Monitoring pollution in Tunisian coasts using a scale of classification based on biochemical markers in worms *Nereis (Hediste) diversicolor*. *Environ. Monit. Assess.*, 164: 691-700.
- Carpenter J.H. 1965. The Chesapeake bay institute technique for the winkler dissolved oxygen method. *Lim. Ocean.*, 10(1): 141-143.
- Catalano B., Moltedo G., Martuccio G., Gastaldi L., Virno-Lamberti C., Lauria A., Ausili A. 2012. Can *Hediste diversicolor* (Nereidae, Polychaete) be considered a good candidate in evaluating PAH contamination? A multimarker approach, *Chemosphere*, 86(9): 875-882.
- Christensen E.R., Kusk, K.O., Nyholm N. 2009. Dose-response regressions for algal growth and similar continuous endpoint: calculation of effective concentrations. *Environ. Toxicol. Chem.*, 28: 826-835.
- Clarke K.R., Warwick R.M. 2001. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 2nd Edition. PRIMER-E, Plymouth, Uk. 172 pp.
- Craeymeersch J.A. 1991. Applicability of the abundance/biomass comparison method to detect pollution effects on intertidal macrobenthic communities. *Hydrobiol. Bull.*, 24(2): 133-140.
- Crompton T.R. 2006. *Analysis of Seawater. A Guide for the Analytical and Environmental Chemist*. CRC Press, 297 pp.
- 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.
- Douhri H., Sayah F. 2009. The use of enzymatic biomarkers in two marine invertebrates *Nereis diversicolor* and *Patella vulgata* for the biomonitoring of Tangier's bay (Morocco). *Ecotox. Environ. Safety*, 72(2): 394-399.
- Durou C., Poirier L., Amiard J-C., Budzinski H., Gnassia-Barelli M., Lemenach K., Peluhet L., Mouneyrac C., Roméo M., Amiard-Triquet C. 2007. Biomonitoring in a clean and a multi-contaminated estuary based on biomarkers and chemical analyses in the endobenthic worm *Nereis diversicolor*. *Environ. Pollut.*, 148(2): 445-458.
- Etioppe, G., Panieri, G., Fattorini, D., Regoli, F., Vannoli, P., Italiano, F., Locritani, M., Carmisciano, C. 2014. A thermogenic hydrocarbon seep in shallow Adriatic Sea (Italy): Gas origin, sediment contamination and benthic foraminifer. *Mar. Petroleum Geol.*, 57: 283-293.
- Fabi G., De Ranieri S., Grati F., Marini M., Spagnolo A. 2001. *Servizi di monitoraggio ambientale campo Regina. III Anno di indagine. Rapporto finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 185 + XXVII pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M., Scarcella G., Spagnolo A. 2003. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annalisa. III Anno di indagine. Rapporto Finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 123 + XLVI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Scarcella G., Spagnolo A. 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., Ausili, S., Campanelli, A., De Biasi, A., Fornasiero, P., Grati, F., Grilli, F., Marini, M., Panfili, M., Paschini, E., Puletti, M., Scarcella, G., Spagnolo, A. 2005c. Evaluation of the ecological impact of gas platforms in the Adriatic Sea. Pagg. 127-139, *in*: Libro de Ponencias II Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología Marina e Oceanos III Millennium Tomo I. Editorial C.P.D, Madrid.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Meneghetti F., Paschini E., Scarcella G., Spagnolo A. 2006. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Calipso. Rapporto finale di 4 anni di studio (2002-2005)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 224 + XLII pp.
- Fabi G. De Ranieri S., Grilli F., Nasci C., Spagnolo A. 2010a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Nord. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 240 + XLIII pp.
- Fabi G., Campanelli A., De Ranieri S., Nasci C., Polidori P., Punzo E. 2010b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Est. Rapporto conclusivo di tre anni di monitoraggio (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 353 + XLI pp.
- Fabi G., De Ranieri S, Manoukian S., Marini M., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2013. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Naide. Rapporto conclusivo di 4 anni di monitoraggio, dal pre-survey al terzo anno dopo la posa (estate 2004 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 397 + XLVI pp.
- Fabi G., De Biasi A.M., Gomiero A., Kozinkova L., Penna P.G., Polidori P., Spagnolo A. 2015. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Tea - Rapporto conclusivo dal pre-survey al terzo anno successivo alla posa in opera della piattaforma (2006-2010)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 251 + XLIV pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Campanelli A. De Biasi A.M., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Polidori P., 2016. *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., Spagnolo A., Borghini M., Campanelli A., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gaetani A., Gomiero A., Kozinkova L. 2017. *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., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Manarini T., Montagnini L., Scanu M., Tassetti A.N. 2019a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 4° anno della fase di produzione - Rapporto finale - Rapporto n. 14*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 273 + LVIII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gomiero A., Kozinkova L., Masnadi F., Minelli A., Montagnini L. 2019b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - 3° anno - Rapporto finale (gennaio – dicembre 2018)*. Rapporto n. 12. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 263 + LIII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Armelloni E.N., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A.,

- Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Salvalaggio V. 2019c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di produzione - Rapporto finale 3° anno (dal pre-survey a dicembre 2018). Rapporto n. 10.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 263 + LII pp.
- Fisher W., Bauchot M.L., Schneider M. (Eds). 1987. *Fishes FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1) Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. 1. Végétaux et Invertébrés.* Publication préparée par la FAO, résultat d'un accord entre la FAO et la Commission des Communautés Européennes (Project GCP/INT/422/EEC) financée conjointement par ces deux organizations. Rome, FAO. 760 pp.
- Galloway T., Lewis C., Dolciotti I., Johnston B.D., Moger J., Regoli F. 2010. Sublethal toxicity of nano-titanium dioxide and carbon nanotubes in a sediment dwelling marine polychaetes. *Environ. Pollut.*, 158(5): 1748-1755.
- Gomiero A., Strafella P., Pellini G., Salvalaggio V., Fabi G. 2018. Comparative Effects of Ingested PVC Micro Particles With and Without Adsorbed Benzo(a)pyrene vs. Spiked Sediments on the Cellular and Sub Cellular Processes of the Benthic Organism *Hediste diversicolor*. *Front. Mar. Sci.*, 99.
- 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.
- Gorbi S., Bocchetti R., Binelli A., Bacchiocchi S., Orletti R., Nanetti L., Raffaelli F., Virgini A., Accoroni S., Regoli F. 2012. Biological effects of palytoxin-like compounds from *Ostreopsis cf. ovata*: A multibiomarkers approach with mussels *Mytilus galloprovincialis*. *Chemosphere*, 89: 623-632.
- Hansen H.P., Koroleff F. 1999. Determination of nutrients. Methods of seawater analysis. *K Grasshof*: 159–228.
- ICES. 2015. *Techniques in Marine Environmental Sciences. Lysosomal membrane stability in mussels* No. 56.
- 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.
- Khoo K.H., Culberson C.H., Bates R.G. 1977. Thermodynamics of the dissociation of ammonium ion in seawater from 5 to 40°C. *J. Solution Chem.*, 6(4): 281–290.
- Law R.J. 1978. Determination of petroleum hydrocarbons in water, fish and sediments following the Ekofisk blow-out. *Mar. Poll. Bul.*, 9: 321-324.
- Leonori I., Biagiotti I., Costantini I. 2016. *Progetto di monitoraggio cetacei durante la costruzione della piattaforma Clara NW.* Servizio di monitoraggio ambientale ENI S.P.A. Distretto Centro-Settentrionale (DICS). Rapporto Finale CNR-ISMAR Ancona. 140 pp.
- Løkkeborg S., Humborstad O. B., Jørgensen T., Soldal A.V. 2002. Spatio-temporal variations in gillnet catch rates in the vicinity of North Sea oil platform. *ICES J. Mar. Sci.*, 59: 294-299.
- 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.
- Love, M. S., Caselle J., Snook L. 2000. Fish assemblages around seven oil platforms in the Santa

- Barbara Channel area. *Fish. Bull.*, 98: 96–117.
- Lowe D.M., Pipe R.K. 1994. Contaminant induced lysosomal membrane damage in marine mussel digestive cells: an in vitro study. *Aquatic Toxicol.*, 30(4): 357–365.
- Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193(1): 265-75.
- 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.
- Middelburg J.J., Hoede D., Van Der Sloot H.A., Van Der Weijden C.H., Wijkstra J. 1988. Arsenic, antimony and vanadium in the North Atlantic Ocean. *Geochim. cosmochim. Acta*, 52: 2871-2878.
- Muxika I., Borja A., Bald J. 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Framework Directive. *Mar. Pollut. Bull.*, 55: 13-29.
- Onorati F., 1999. Valutazione della tossicità naturale nel saggio Microtox in fase solida. La normalizzazione pelitica. *Acqua&Aria*: 83-89.
- Onorati F., Bandini F., Brilli 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.
- 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.
- Perez E., Blasco J., Solè M. 2004. Biomarker responses to pollution in two invertebrate species: *Scrobicularia plana* and *Nereis diversicolor* from the Cadiz bay (SW Spain), *Mar. Environ. Res.*, 58: 275–279.
- Pielou E.C. 1974. *Population and Community Ecology: Principles and Methods*. Gordon and Breach Sci. Pubbl., New York. 424 pp.
- Pisanelli B., Benedetti M., Fattorini D., Regoli F. 2009. Seasonal and inter-annual variability of DNA integrity in mussels *Mytilus galloprovincialis*: A possible role for natural fluctuations of trace metal concentrations and oxidative biomarkers. *Chemosphere*, 77(11): 1551-1557.
- Saggiomo V., Catalano G., Ribera d'Alcalà M. 2010. Ossigeno disciolto. Pagg. 21-32, in: Socal G., Buttino I., Cabrini M., Mangoni O., Penna A., Totti C. (Eds.), *Metodologie di studio del Plancton marino*. Manuali e Linee Guida 56/2010, ISPRA, SIBM Roma.
- 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.
- Shaw J.P., Large A.T., Donkin P., Evans S.V., Staff F.J., Livingstone D.R., Chipman J.K. 2004. Seasonal variation in cytochrome P450 in immunopositive protein levels, lipid peroxidation and genetic toxicity in digestive gland of the mussel *Mytilus edulis*. *Aquatic Toxicol.*, 67: 325-336.
- Simboura N., Zenetos A. 2002. Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystem, including a new biotic index. *Medit. Mar. Sci.*, 3:

77-111.

- Solé M., Kopecka-Pilarczyk J., Blasco J. 2009. Pollution biomarkers in two estuarine invertebrates, *Nereis diversicolor* and *Scrobicularia plana*, from a Marsh ecosystem in SW Spain. *Environ. Intern.*, 35(3): 523-531.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Regoli F., Siena G., Saggiomo M. 2020. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 5° anno della fase di produzione - Rapporto finale - Rapporto n. 16.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 292 + CLXX pp.
- Stanley D.R., Wilson C.A. 1990. A fishery-dependent based study of fish species composition and associated catch rates around oil and gas structures off Louisiana. *Fish. Bull.*, 88: 719-730.
- Stanley D.R., Wilson C.A. 1997. Seasonal and spatial variation in the abundance and size distribution of fishes associated with a petroleum platform in the northern gulf of Mexico. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 54: 1166-1176.
- Strickland J.D.H., Parsons T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 167. 310 pp.
- Teixeira H., Salas F., Pardal M.A., Marques J.C. 2007. Applicability of ecological evaluation tools in estuarine ecosystem: a case of the lower Mondego estuary (Portugal). *Hydrobiologia*, 587: 101-112.
- Totti C., Civitarese G., Acri F., Barletta D., Candelari G., Paschini E., Solazzi A. 2000. Seasonal variability of phytoplankton populations in the middle Adriatic sub-basin. *J. Plankton Res.*, 22(9): 1735–1756.
- 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.
- 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.
- 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.
- Viarengo A., Ponzano E., Dondero F., Fabbri R. 1997. A simple spectrophotometric method for metallothionein evaluation in marine organisms: an application to Mediterranean and Antarctic molluscs. *Mar. Environ. Res.*, 44: 69-84.
- Vidussi F., Claustre H., Bustillos-Guzmán J., Cailliau C., Marty J.C. 1996. Determination of Chlorophylls and carotenoids of marine phytoplankton: separation of Chlorophyll a from divinylchlorophyll a and zeaxanthin from lutein. *J. Plankton Res.*, 18(12): 2377-2382.
- Wang, X.H., Pinardi N. 2002. Modeling the dynamics of sediment transport and resuspension in the northern Adriatic Sea. *J. Geophys. Res.*, 107(C12): 1-23.
- Wang, X.H., Pinardi N., Malacic V. 2006. Sediment transport and resuspension due to combined motion of wave and current in the northern Adriatic Sea during a Bora event in January 2001: A numerical modelling study. *Cont. Shelf Res.*, 27(5): 613 – 633.



- Whitehead P.J.P., Bauchot M.L., Hureau J.C., Nielsen J., Tortonese E. (eds). 1986. Fishes of the North- Eastern Atlantic and Mediterranean. UNESCO, Voll. 1-2-3. 1473 pp.
- Whitfield M. 1974. The hydrolysis of ammonium ions in seawater - a theoretical study. *J. Mar. Biol. Ass. United Kingdom*, 54: 565-580.
- 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

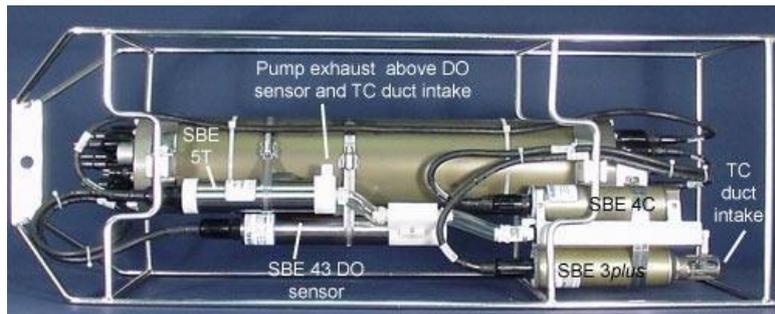
STRUMENTAZIONE UTILIZZATA NELLE

INDAGINI

A1

INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

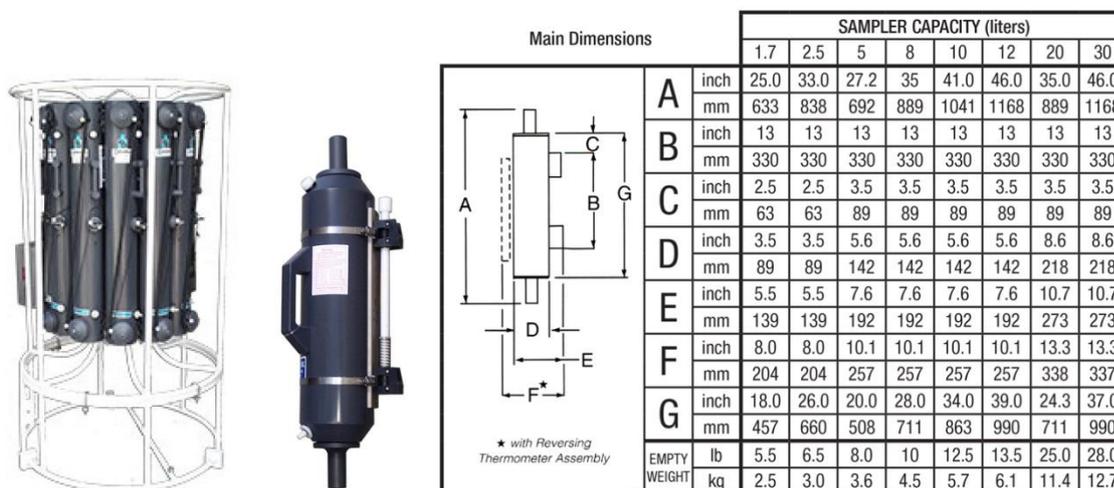
A1-I SONDA MULTIPARAMETRICA CTD e “ROSETTE”



CTD: Sonda multiparametrica CTD SBE 9plus dotata dei seguenti sensori:

Sensore	Costruttore	Modello	Accuratezza	Intervallo di misura	Data ultima calibrazione
Temperatura	Sea Bird Electronics	SBE 3 plus	$\pm 0,001 \text{ } ^\circ\text{C}$	-5 : +35 $^\circ\text{C}$	21/05/2019
Conducibilit�	Sea Bird Electronics	SBE 4C	$\pm 0,0003 \text{ S m}^{-1}$	0 : 7 S m^{-1}	21/05/2019
Pressione	Paroscientific Digiquartz®	Series 8000	$\pm 0,01 \text{ \% Fondo Scala}$	0: 6800 m	15/04/2009
Ossigeno	Sea Bird Electronics	SBE 43	$\pm 2\% \text{ saturazione}$	120% saturazione in superficie	Calibrazione con Winkler ad ogni campagna
Fluorimetro	WET Labs	ECO FLNTU(RT)D	$\pm 0,01 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$	0 : 50 $\mu\text{g L}^{-1}$	Calibrazione con campioni di Chl ad ogni campagna
Turbidimetro	WET Labs	ECO FLNTU(RT)D	$\pm 0,01 \text{ NTU}$	0 : 25 NTU	Calibrazione con campioni di TSM ad ogni campagna

Campionatore: SBE32 Carousel Water Sampler (“rosette”) con bottiglie OTE (Ocean Test Equipment), mod. 110B.



A1-II ADCP (ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER)



Strumento	Costruttore	Modello	Risoluzione	Accuratezza	Intervallo di misura	Calibrazione
ADCP	Teledyne RD Instruments	Sentinel V	0,1 cm/s	± 0,3 cm/s	± 5 m/s (default) ±20 m/s (maximum)	Ad ogni deployment

Sensore	Costruttore	Modello	Risoluzione	Accuratezza	Intervallo di misura	Calibrazione
Temperatura	Teledyne RD Instruments	Sentinel V	0,1°C	± 0,4 cm/s	da -5°C a + 45°C	ad ogni deployment

A1-III OSSIGENO DISCIOLTO

Titolatore automatico Mettler Toledo T50 per la misura dell'ossigeno disciolto tramite il metodo di Winkler



Potenzialità analitiche

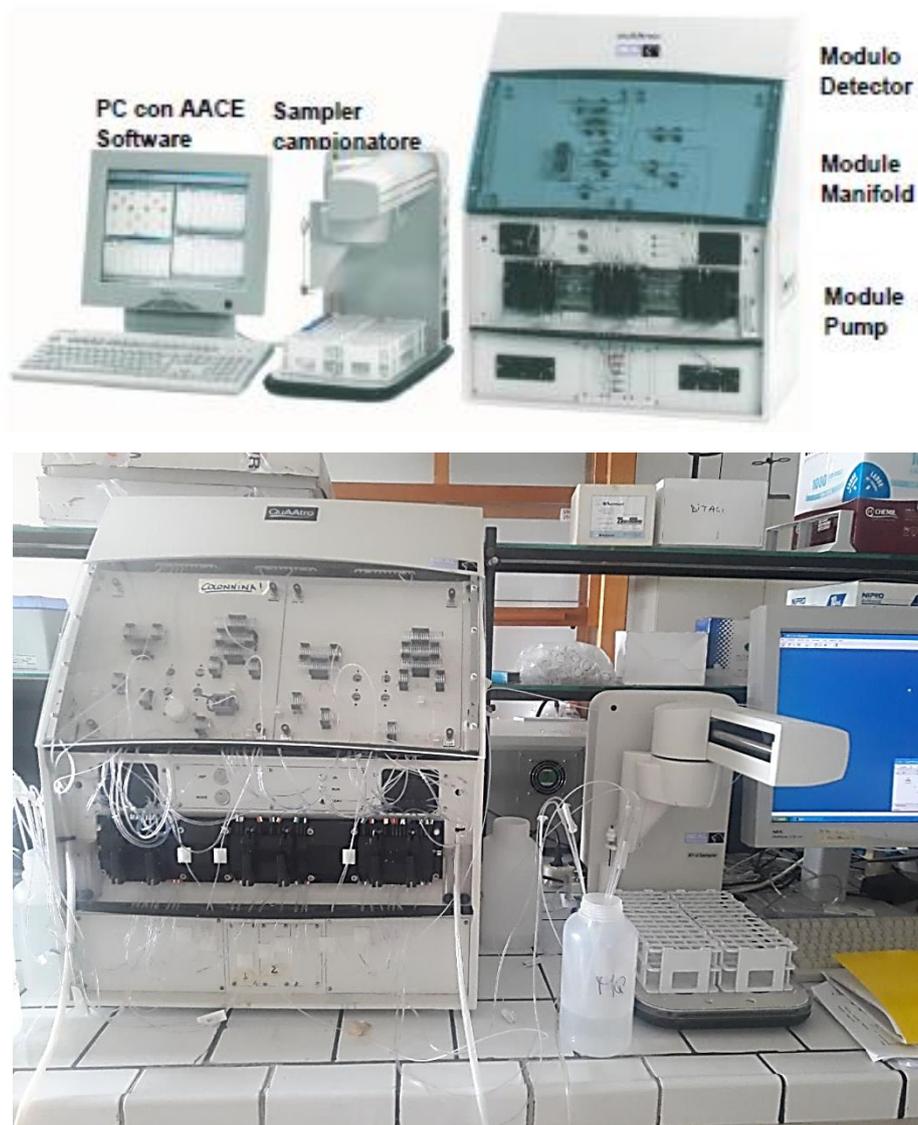
Tipi di titolazione	Acido-base acquose e non-acquose, precipitazione, redox, complessometria Titolazione diretta, retrotitolazione, determinazione del bianco, titolazione a due fasi
Modi di titolazione	Ai punti equivalenti, ai punti finali, pH-stat, Karl Fischer
Tipi di indicazione	Elettrochimica (potenziometria, voltammetria, amperometria) fotometrica, turbidimetrica, conduttimetrica.
Dosaggio reagente	Aggiunta dinamica, incrementale, continua
Acquisizione dati	Equilibrio e tempo fisso
Valutazione	Curve simmetriche, asimmetriche, segmentate, minimo, massimo, pK
Calcolo	Formule liberamente definibili, con funzioni logaritmiche, esponenziali, funzioni matematiche
Misure	pH e temperatura Conducibilità con compensazione temperatura Potenziale redox Ioni-selettive dirette e con aggiunte standard Funzionalità "test sensore" integrata

Panoramica delle principali funzioni

One Click™ Titration	Tasti di scelta rapida per ciascun utente	12
	Numero utenti	30
Funzione Plug & Play	Riconoscimento automatico buretta	si
	Elettrodi	si
	Motore buretta	si
	Chiavetta USB	si, per metodi/risultati
	Scambiatore di campioni Rondo	si
	Stativo di titolazione autom. Rondolino	si
Motori per burette	Per titolazione	1 interno
	Per dosaggio	3 esterni
	Risoluzione motore buretta	1/20.000 volume buretta
	Volimi burette intercambiabili	1, 5, 10 e 20 mL
Metodi e serie	Titolazione auto-apprendimento	si
	Numero di campioni per serie	120
	Metodi METTLER TOLEDO predefiniti	> 30
	Numero max. metodi	120
Ingressi sensore	Potenziometrico	2
	Polarizzato	1
	Riferimento	1
	Temperatura PT1000	1
	Conducibilità	1 opzionale
Interfacce	Ethernet	1
	COM	3
	USB host	1
	USB client	1
	Bus CAN	si
	Pompa/agitatore Solvent Manager™	3
	TTL I/O	1
Terminale	Controllo	Touch Screen
	Schermo	Display TFT a colori 5.7" ¼ VGA
	Risoluzione	320 x 240 pixel
	Inclinazione	Regolabile in tre posizioni

A1-IV NUTRIENTI

**Analizzatore a flusso continuo (continuous-flow analysis CFA) a quattro canali
'QuAAtro, Seal Analytical'**



QuAAtro è un moderno analizzatore a chimica umida che è utilizzato per automatizzare reazioni chimiche complesse.

Modello	QuAAtro
Produttore	Seal Analytical
Campioni analizzabili	acqua di mare, acqua dolce, estratti di suolo, bevande o altri prodotti
Principio	flusso continuo segmentato, campioni mescolati ai reagenti in flusso continuo e segmentati e separati da bolle d'aria
Componenti	campionatore, pompa, modulo manifold e modulo detector
Software di controllo	AACE

A1-V HPLC

High Performance Liquid Chromatography - Agilent 1100 series



Modulo	Costruttore	Modello	Caratteristiche
Agilent 1100 Vacuum Degasser	Agilent	G 1379A	Degasatore
Agilent 1100 Series Quaternary Pump	Agilent	G 1311A	Pompa quaternaria
Agilent 1100 Thermostated Column Compartment	Agilent	G 1316A	Termostato per colonna
Agilent 1100 Series DAD	Agilent	G 1315B	Rivelatore ad array di diodi
Agilent 1100 Series Fluorescence Detector	Agilent	G 1321A	Rivelatore di fluorescenza

A1-VI ANALISI METALLI PESANTI

Spettrofotometro di massa ICP-MS Perkin Elmer Nexion 350X

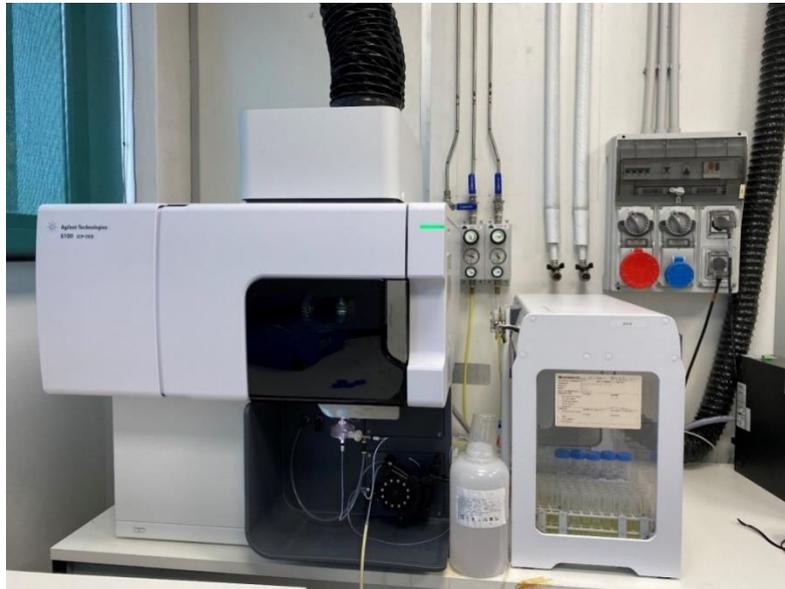


Autocampionatore MASN8140044 ESI



A1-VII ANALISI SILICIO

Spettrometro a emissione atomica AGILENT - ICP-OES 5100 SVDV



A1-VIII ANALISI BTEX

Agilent – Sistema P&T Evolution, GC 7890B



A1-IX IDROCARBURI TOTALI

Frazione volatile - Agilent, con autocampionatore G4513A e colonna cromatografica ZB-5HT



Frazione estraibile - Agilent, CTC PAL RSi 85, GC 7890B e colonna cromatografica DB-624



A1-X IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)

Agilent G4513A, GC 7890B, QqQ 7000C e colonna cromatografica DB-EUPAH



A2

INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DEI SEDIMENTI

A2-I BOX-CORER



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

A2-II BILANCIA ELETTRONICA



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

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.

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

Misurazione di 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

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

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.

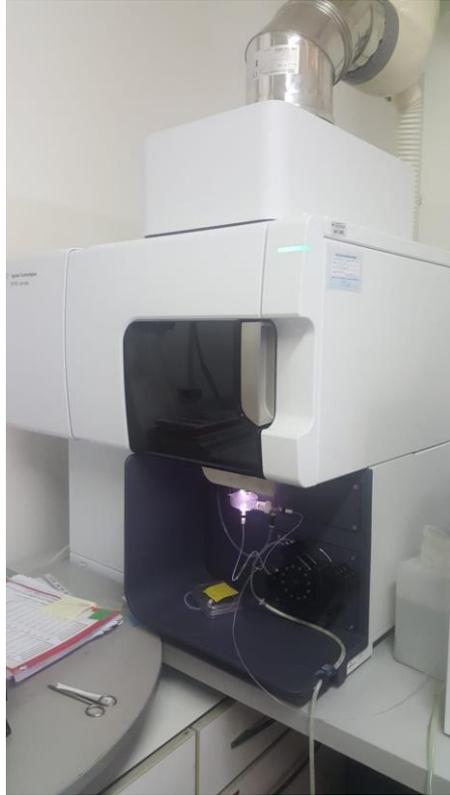
A2-XI ICP-MS Agilent Mod. 7700

Misurazione di INDIO



A2-XII Spettrometro di emissione a plasma Agilent 5110 VDV

Estrazione sequenziale dei metalli



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

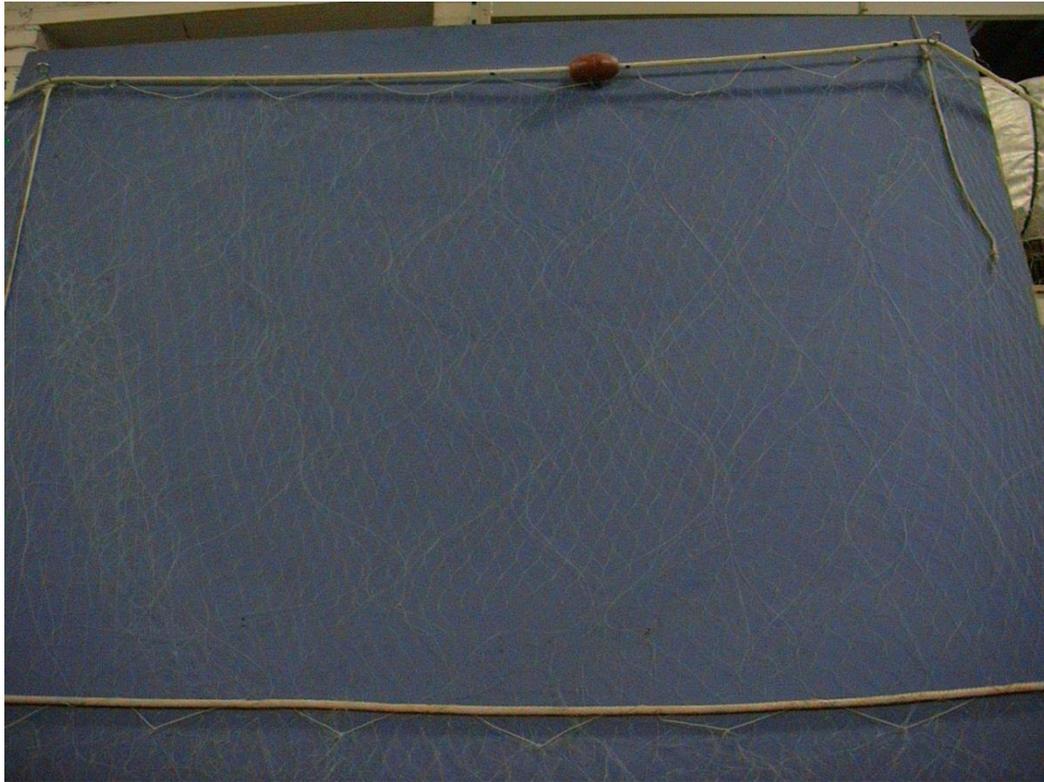


Strumento	Costruttore	Modello	Risoluzione	Capacità
Bilancia elettronica	Mettler Toledo	ML204	0,0001 g	220 g

A4

INDAGINI SUL POPOLAMENTO ITTICO

A4-I RETE TREMAGLIO



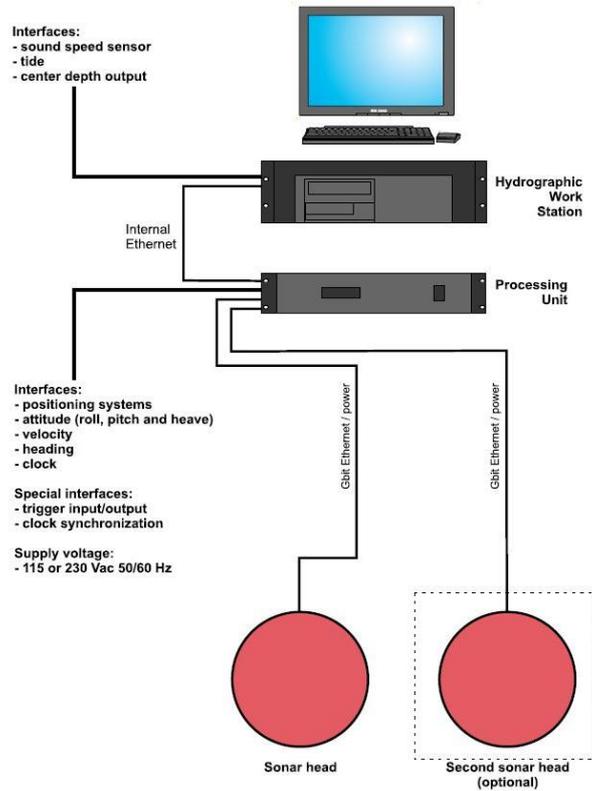
Lunghezza totale:300 m

	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 1 degrees
• 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 than 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 alloggiato nella consolle, assicura una lunga autonomia (maggiore di 24 h di servizio continuo) grazie al basso consumo della telecamera. Per periodi d'uso continuato, o se non si desidera ricorrere all'uso delle batterie, sono disponibili alimentatori a 220 V. Quasi Stellar è fornita in allestimento base con versioni operative a 100 e 200 m. di profondità, con pezzature di cavo ombelicale di analoga lunghezza e cavetto di collegamento al televisore.

A5

INDAGINI IN *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS*

A5-I IDROCARBURI TOTALI

Frazione volatile - Agilent, con autocampionatore G4513A e colonna cromatografica ZB-5HT



Sistema Automated Soxhlet Extraction



Frazione estraibile - Agilent, CTC PAL RSi 85, GC 7890B e colonna cromatografica DB-624



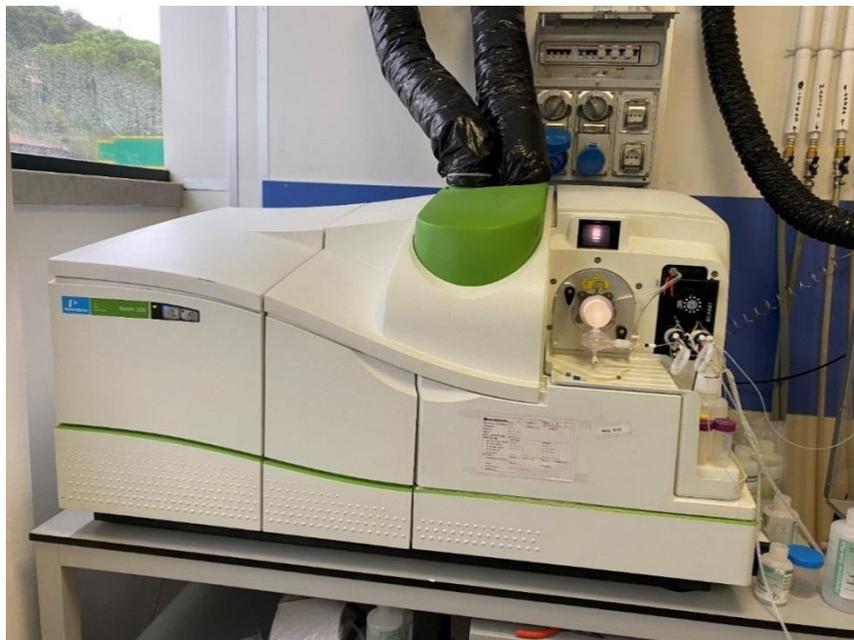
A5-II IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)

Agilent G4513A, GC 7890B, QqQ 7000C e colonna cromatografica DB-EUPAH



A5-III ANALISI METALLI PESANTI

ICP-MS Perkin elmer Nexion 350X con Autocampionatore MASN8140044 ESI e sistema di eliminazione interferenze UCT



Spettrometro simultaneo ad emissione atomica con plasma ad accoppiamento indotto ICP-OES 5100 SVDV, Agilent, con autocampionatore SPS4



A5-IV CONGELATORI -80°C (conservazione tessuti biologici)

Ultra-congelatori Angelantoni modelli Polar 530 V e Platilab 500



A5-V FRIGORIFERO +4°C (per esecuzione test Sopravvivenza in aria)

Frigorifero modello Elettrolux CT 280



A5-VI MICROSCOPIO OTTICO CON LAMPADA FLUORESCENZA

Microscopio OLYMPUS BX51 con lampada a fluorescenza dotato di Telecamera Q Imaging 1394 Fast per acquisizione e software Image pro Plus 6.2 per analisi di immagine



A5-VII CRIOSTATO Leica

Criostato LEICA CM1510-1 per preparazione sezioni istologiche



A5-VIII SISTEMA DI PRODUZIONE DI ACQUA DEIONIZZATA E ULTRAPURA

Sistema per produzione acqua deionizzata ed ultrapura ELGA PureLab Option R- PureLab Flex



A5-IX ULTRACENTRIFUGA BECKMAN

Ultracentrifuga Beckman modello Optima MAX-XP velocità max 150000 rpm



A5-X SPETTROFOTOMETRO UV-VIS

Spettrofotometro VARIAN Cary 100 UV-VIS (190-900 nm) con sistema di controllo della temperatura



A5-XI CENTRIFUGA DA BANCO

Centrifuga da banco modello Eppendorf Mini spin



A5-XII CENTRIFUGA DA BANCO

Centrifuga da banco Thermo Scientific modello Megafuge 16 R, velocità di centrifugazione 300-15200rpm



A5-XIII SUPERCENTRIFUGA J2-21 Beckman

Supercentrifuga da terra modello Beckman J2-21 velocità di centrifugazione 500-21000 rpm



A5-XIV REAL TIME PCR

Real Time PCR Applied biosystem, modello StepOnePlus AB



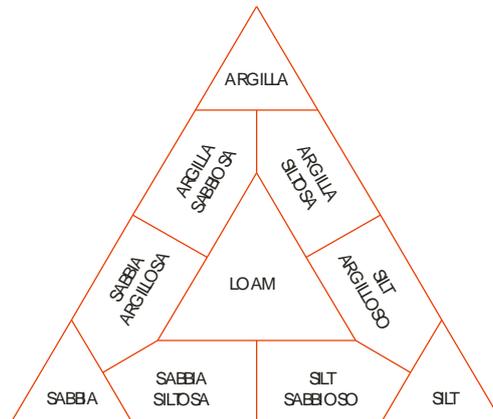
ALLEGATO B

SCHEDE GRANULOMETRICHE

DEI SITI POSTI LUNGO I TRANSETTI A e B e DEI

CONTROLLI K1 - K4

7° SURVEY POST LAVORI (INVERNO 2019)



Stazione A1 (250 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	42,3
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	5,23
Mediana	M _d	4,41
Classazione	σ	2,67
Asimmetria	S _{ki}	0,43
Appuntimento	K _G	0,87

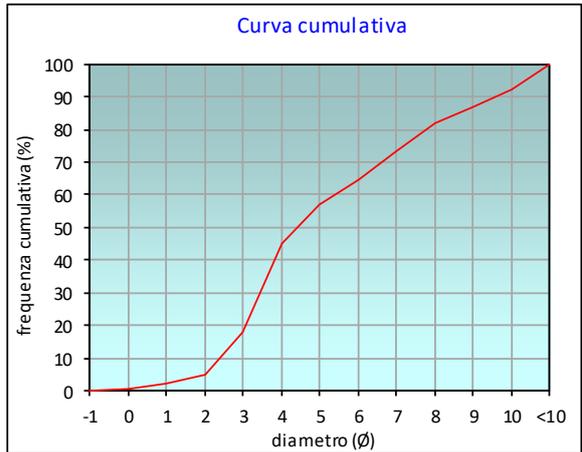
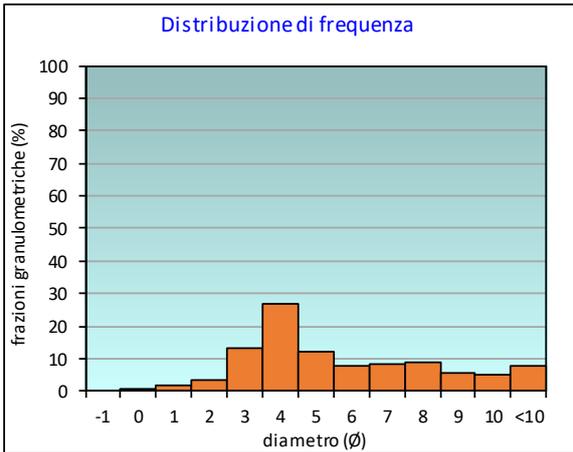
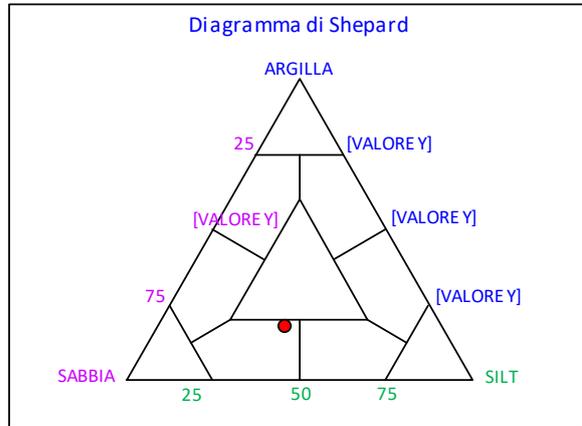
PERCENTILE	Ø
5	1,97
16	2,84
25	3,26
50	4,41
75	7,23
84	8,44
95	10,38

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,4	0,4
SABBIA	1	500	1,5	1,9
	2	250	3,2	5,1
	3	125	13,0	18,1
	4	62,5	27,0	45,0
LIMO	5	31,2	12,1	57,1
	6	15,6	7,6	64,7
	7	7,8	8,3	73,0
	8	3,9	8,6	81,6
ARGILLA	9	2	5,3	87,0
	10	0,98	5,0	92,0
	<10	<0,98	8,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	45,0	36,6	18,4

NOTE
n.d.

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



Stazione A2 (120 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	33,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,25
Mediana	M _d	3,43
Classazione	σ	2,32
Asimmetria	S _{ki}	0,58
Appuntimento	K _G	1,32

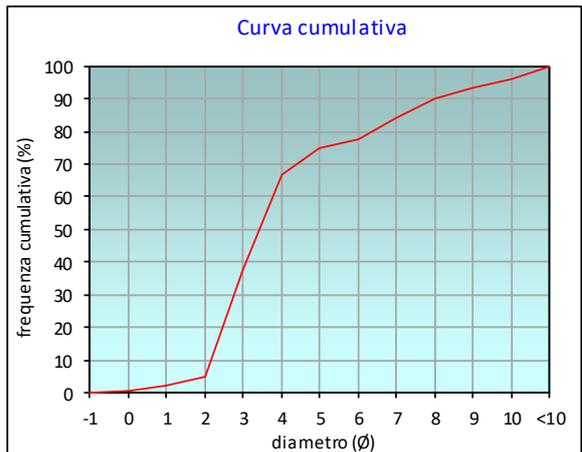
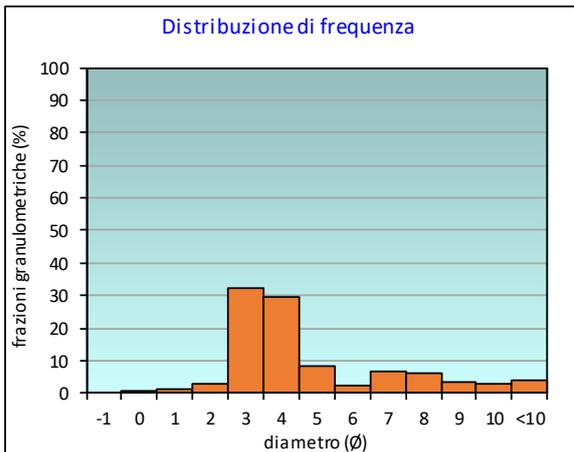
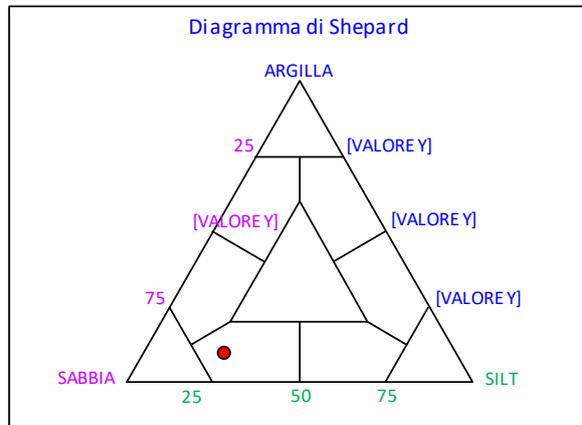
PERCENTILE	∅
5	2,00
16	2,34
25	2,62
50	3,43
75	4,99
84	6,99
95	9,64

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,8	0,8
SABBIA	1	500	1,2	2,0
	2	250	3,0	5,0
	3	125	32,3	37,3
	4	62,5	29,6	66,8
LIMO	5	31,2	8,3	75,1
	6	15,6	2,4	77,5
	7	7,8	6,6	84,1
	8	3,9	5,9	90,0
ARGILLA	9	2	3,3	93,3
	10	0,98	2,7	96,0
	<10	<0,98	4,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	66,8	23,2	10,0

NOTE
n.d.

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



Stazione A3 (60 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	32,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,47
Mediana	M _d	3,67
Classazione	σ	2,32
Asimmetria	S _{ki}	0,55
Appuntimento	K _G	1,38

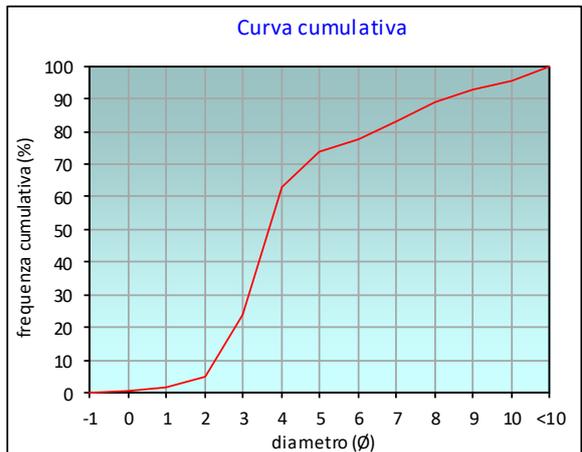
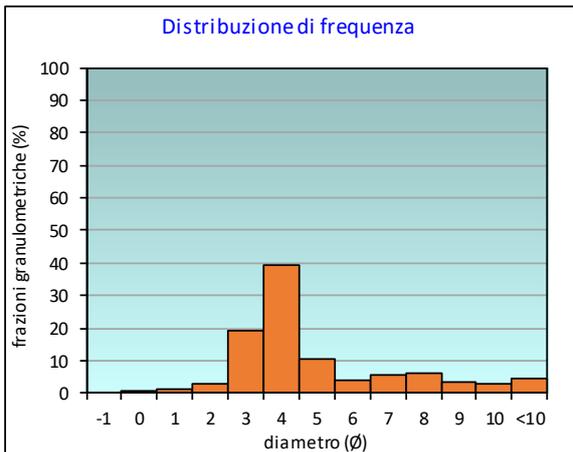
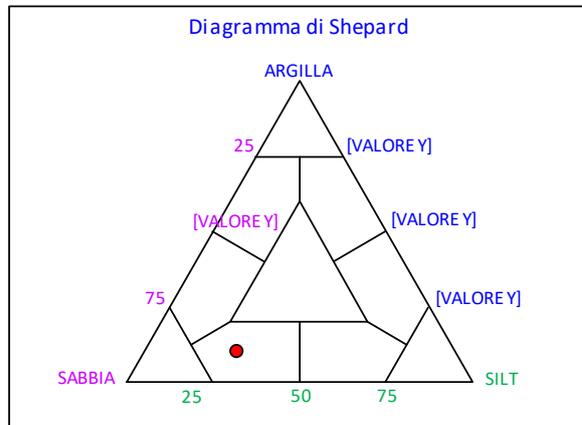
PERCENTILE	∅
5	2,02
16	2,59
25	3,03
50	3,67
75	5,35
84	7,13
95	9,86

	∅	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	3,0	4,6
	3	125	19,2	23,8
	4	62,5	39,2	63,0
LIMO	5	31,2	10,6	73,6
	6	15,6	4,0	77,6
	7	7,8	5,6	83,2
	8	3,9	6,0	89,2
ARGILLA	9	2	3,3	92,5
	10	0,98	2,9	95,4
	<10	<0,98	4,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	63,0	26,2	10,8

NOTE
n.d.

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



Stazione A4 (30 m NW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	32,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,43
Mediana	M _d	3,61
Classazione	σ	2,40
Asimmetria	S _{ki}	0,57
Appuntimento	K _G	1,59

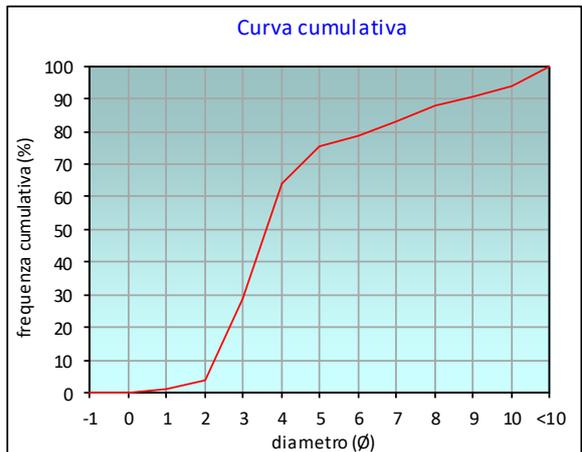
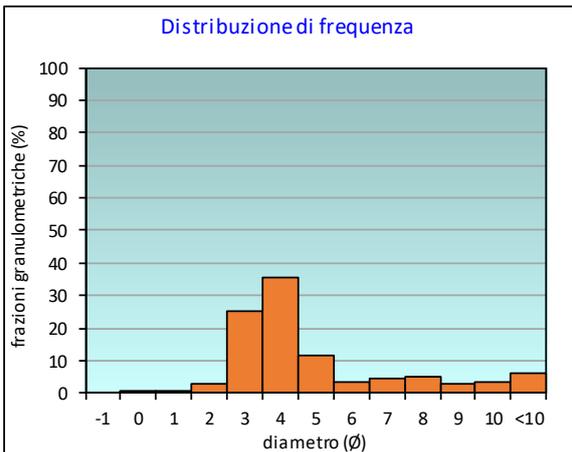
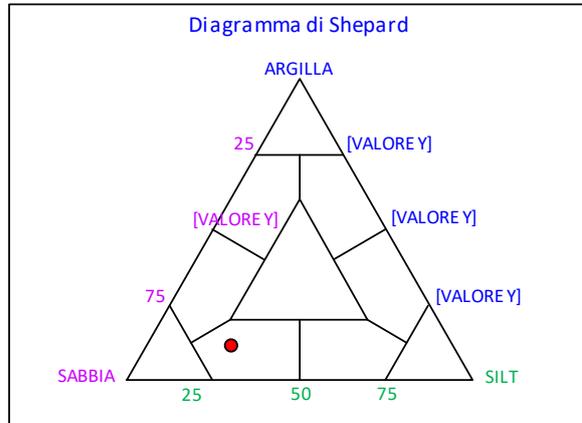
PERCENTILE	φ
5	2,06
16	2,50
25	2,86
50	3,61
75	4,96
84	7,18
95	10,20

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,3	0,3
SABBIA	1	500	0,7	1,0
	2	250	2,6	3,6
	3	125	24,9	28,5
	4	62,5	35,4	63,9
LIMO	5	31,2	11,5	75,5
	6	15,6	3,1	78,6
	7	7,8	4,5	83,1
	8	3,9	4,9	88,0
ARGILLA	9	2	2,6	90,6
	10	0,98	3,2	93,8
	<10	<0,98	6,2	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	63,9	24,1	12,0

NOTE
n.d.

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



Stazione BO NW

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	28,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,62
Mediana	M _d	3,64
Classazione	σ	2,54
Asimmetria	S _{ki}	0,57
Appuntamento	K _G	1,04

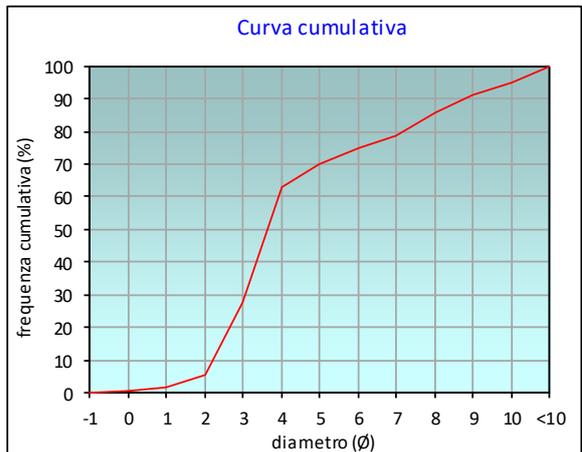
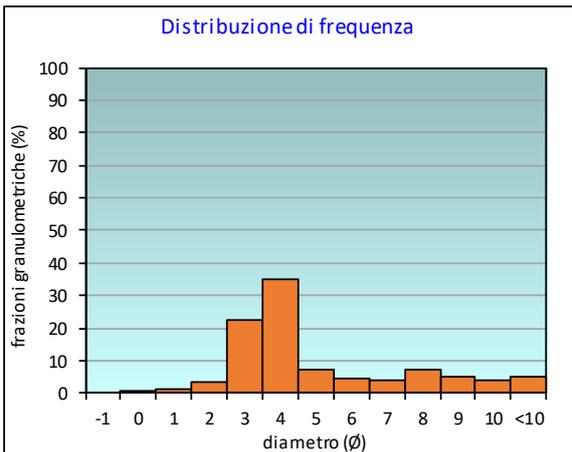
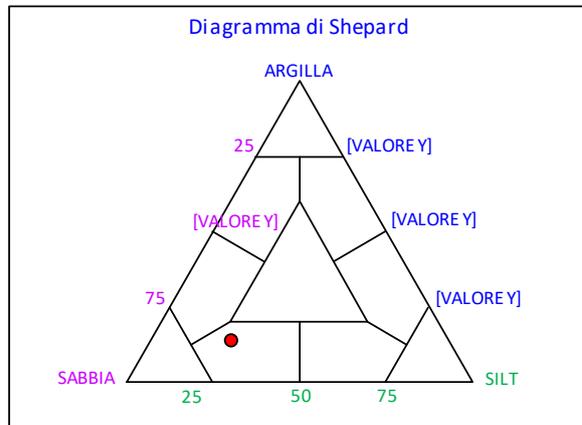
PERCENTILE	∅
5	1,94
16	2,48
25	2,88
50	3,64
75	6,08
84	7,75
95	10,04

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,5	0,5
SABBIA	1	500	1,3	1,8
	2	250	3,4	5,2
	3	125	22,6	27,8
	4	62,5	35,0	62,8
LIMO	5	31,2	7,2	70,0
	6	15,6	4,7	74,7
	7	7,8	4,2	78,8
	8	3,9	7,0	85,8
ARGILLA	9	2	5,2	91,0
	10	0,98	3,8	94,8
	<10	<0,98	5,2	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	62,8	23,0	14,2

NOTE
0,44 gr di resti conchigliari sul 2000 μm

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



Stazione BO SE

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	40,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,50
Mediana	M _d	3,52
Classazione	σ	2,61
Asimmetria	S _{ki}	0,54
Appuntimento	K _G	1,22

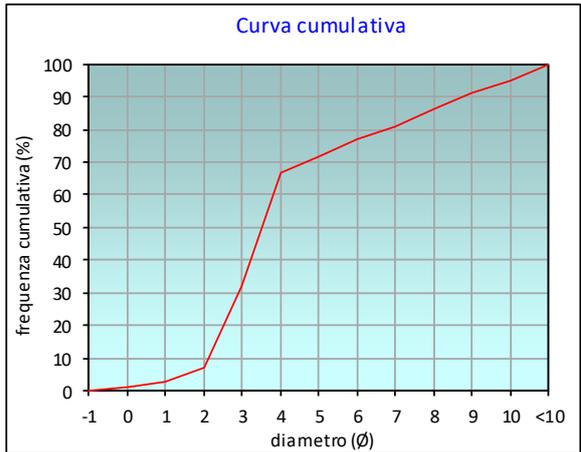
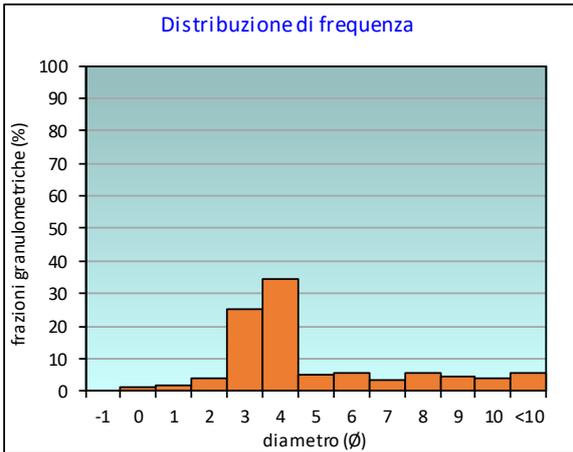
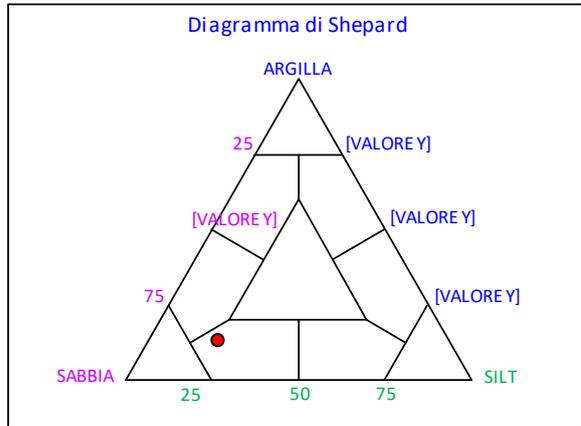
PERCENTILE	∅
5	1,52
16	2,36
25	2,72
50	3,52
75	5,60
84	7,61
95	10,06

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	1,1	1,1
SABBIA	1	500	1,8	2,9
	2	250	4,0	6,9
	3	125	25,1	32,0
	4	62,5	34,5	66,5
LIMO	5	31,2	5,3	71,8
	6	15,6	5,4	77,2
	7	7,8	3,4	80,6
	8	3,9	5,6	86,2
ARGILLA	9	2	4,7	91,0
	10	0,98	3,7	94,7
	<10	<0,98	5,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	66,5	19,7	13,8

NOTE
1,20 gr di resti conchigliari sul 2000 μm

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



Stazione A5 (30 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	33,7
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,63
Mediana	M _d	3,65
Classazione	σ	2,56
Asimmetria	S _{ki}	0,58
Appuntimento	K _G	1,16

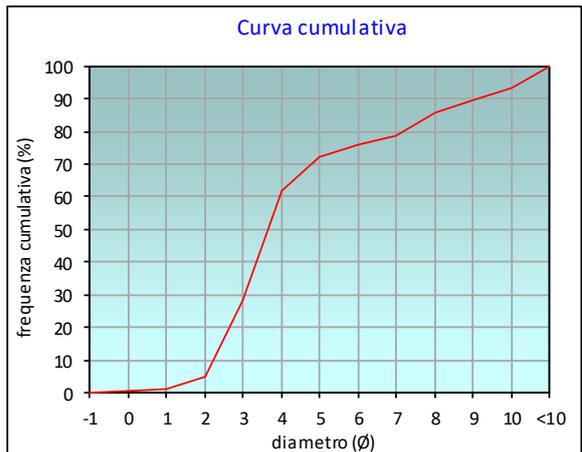
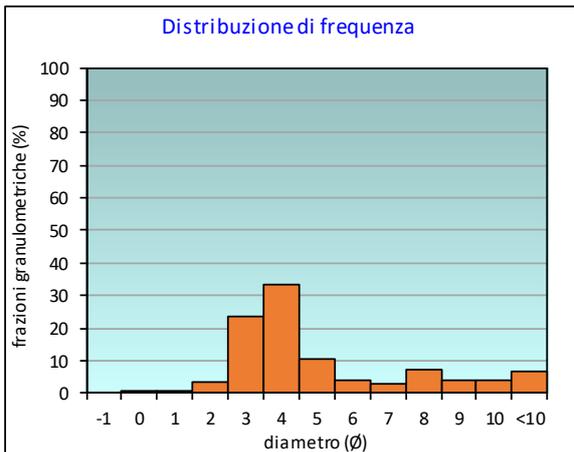
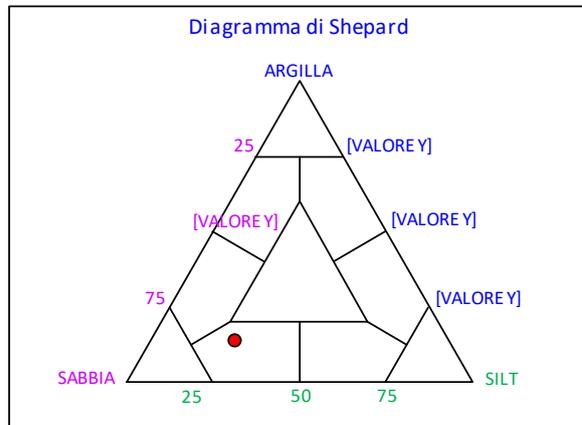
PERCENTILE	Ø
5	2,01
16	2,48
25	2,87
50	3,65
75	5,79
84	7,74
95	10,26

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,4	0,4
SABBIA	1	500	0,9	1,3
	2	250	3,3	4,7
	3	125	23,4	28,1
	4	62,5	33,6	61,7
LIMO	5	31,2	10,3	72,0
	6	15,6	3,8	75,8
	7	7,8	3,1	78,8
	8	3,9	7,0	85,8
ARGILLA	9	2	3,7	89,5
	10	0,98	3,7	93,2
	<10	<0,98	6,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	61,7	24,1	14,2

NOTE
n.d.

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



Stazione A6 (60 m SE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	38,0
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,94
Mediana	M _d	3,83
Classazione	σ	2,68
Asimmetria	S _{ki}	0,58
Appuntimento	K _G	0,82

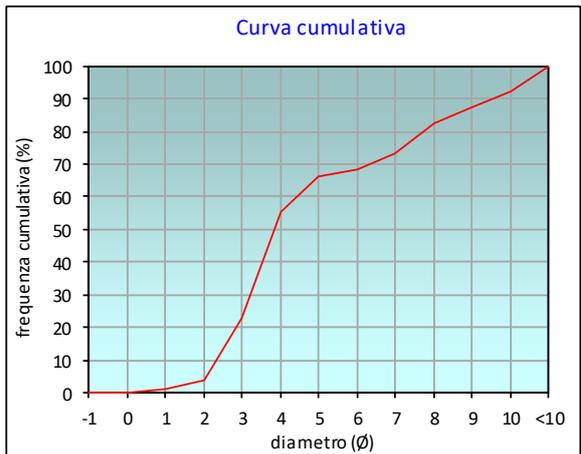
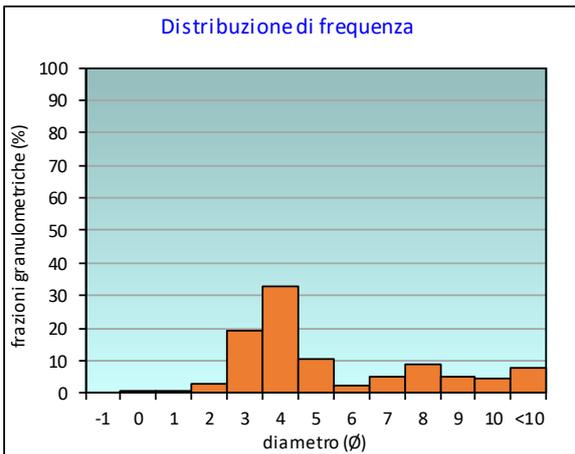
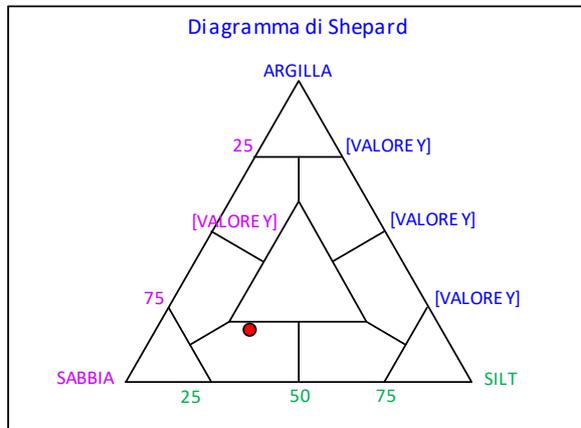
PERCENTILE	∅
5	2,07
16	2,64
25	3,07
50	3,83
75	7,19
84	8,35
95	10,37

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,2	0,2
SABBIA	1	500	0,6	0,8
	2	250	2,7	3,6
	3	125	19,3	22,9
	4	62,5	32,6	55,5
LIMO	5	31,2	10,5	65,9
	6	15,6	2,6	68,5
	7	7,8	4,9	73,3
	8	3,9	8,8	82,2
ARGILLA	9	2	5,2	87,4
	10	0,98	4,7	92,1
	<10	<0,98	7,9	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	55,5	26,7	17,8

NOTE
n.d.

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



Stazione A7 (120 m SE)

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

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	5,98
Mediana	Md	5,45
Classazione	σ	2,82
Asimmetria	S _{ki}	0,24
Appuntimento	K _G	0,74

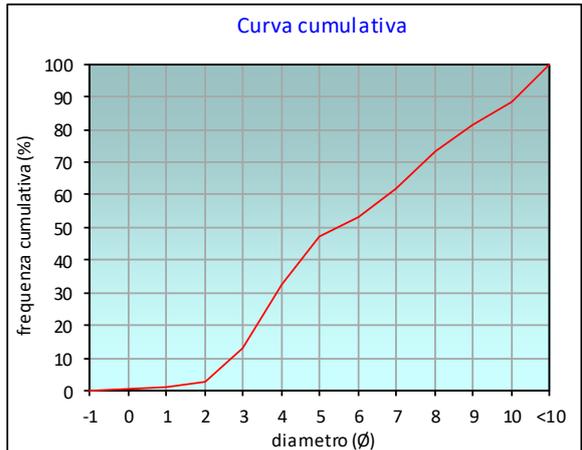
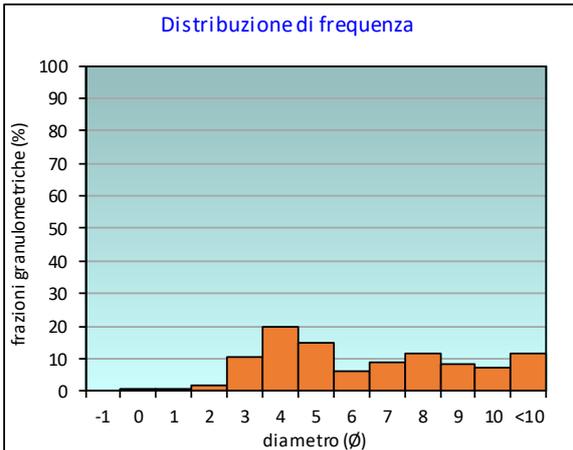
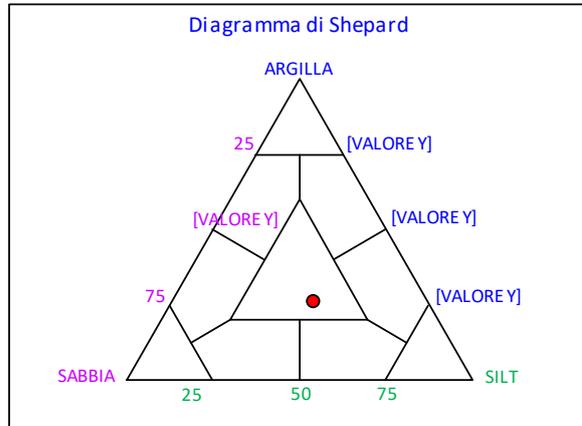
PERCENTILE	Ø
5	2,21
16	3,15
25	3,61
50	5,45
75	8,21
84	9,35
95	10,56

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,6	0,6
SABBIA	1	500	0,7	1,3
	2	250	1,6	2,9
	3	125	10,2	13,1
	4	62,5	19,6	32,7
LIMO	5	31,2	14,6	47,3
	6	15,6	5,9	53,3
	7	7,8	8,7	62,0
	8	3,9	11,3	73,3
ARGILLA	9	2	8,2	81,5
	10	0,98	7,2	88,7
	<10	<0,98	11,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	32,7	40,6	26,7

NOTE
n.d.

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



Stazione A8 (250 m SE)

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

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	5,22
Mediana	M _d	4,12
Classazione	σ	2,73
Asimmetria	S _{ki}	0,54
Appuntamento	K _G	0,78

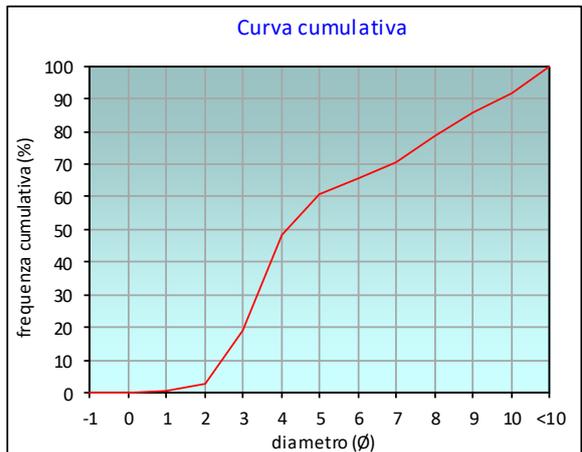
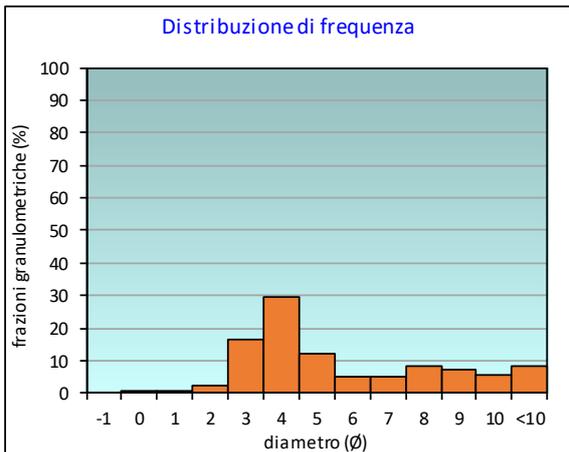
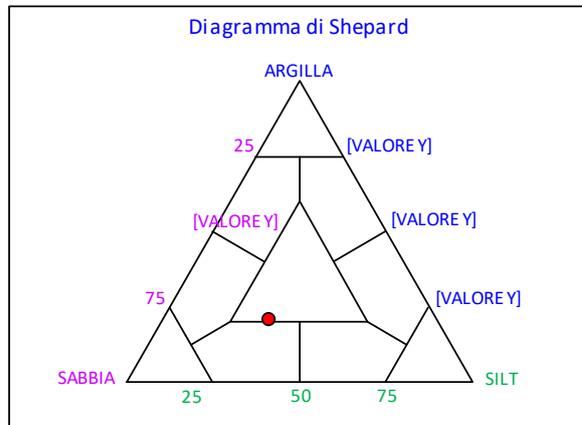
PERCENTILE	∅
5	2,14
16	2,80
25	3,20
50	4,12
75	7,53
84	8,73
95	10,40

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,5	0,6
	2	250	2,1	2,7
	3	125	16,5	19,2
	4	62,5	29,3	48,5
LIMO	5	31,2	12,0	60,5
	6	15,6	5,0	65,5
	7	7,8	5,1	70,6
	8	3,9	8,3	78,9
ARGILLA	9	2	7,0	85,9
	10	0,98	5,8	91,7
	<10	<0,98	8,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	48,5	30,4	21,1

NOTE
n.d.

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



Stazione B1 (250 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	40,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,62
Mediana	M _d	3,71
Classazione	σ	2,55
Asimmetria	S _{ki}	0,55
Appuntamento	K _G	0,93

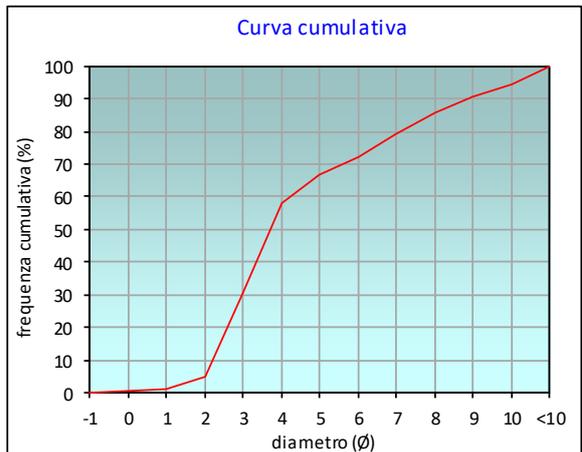
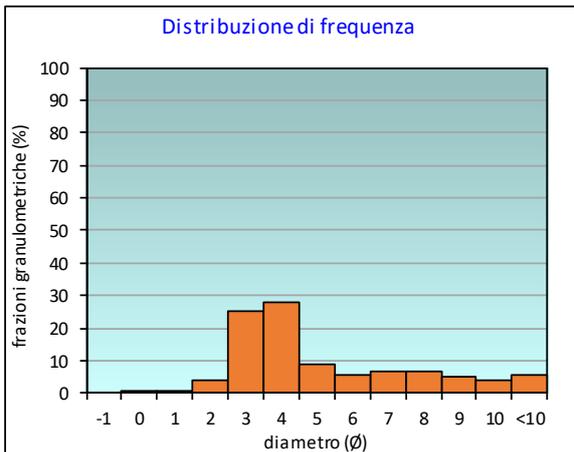
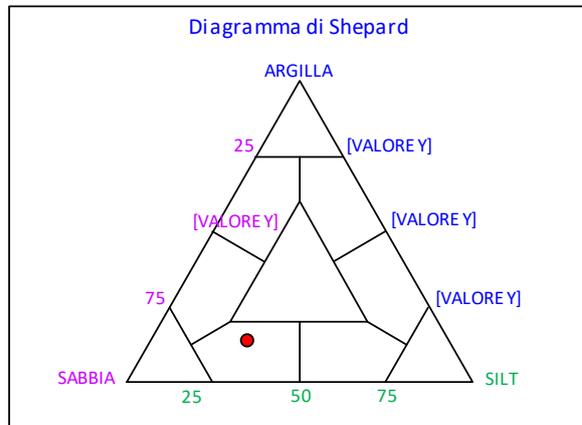
PERCENTILE	∅
5	1,98
16	2,43
25	2,79
50	3,71
75	6,38
84	7,73
95	10,09

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,4	0,4
SABBIA	1	500	0,9	1,3
	2	250	3,8	5,1
	3	125	25,3	30,4
	4	62,5	27,7	58,1
LIMO	5	31,2	8,8	66,9
	6	15,6	5,5	72,4
	7	7,8	6,9	79,3
	8	3,9	6,5	85,8
ARGILLA	9	2	4,9	90,7
	10	0,98	3,9	94,5
	<10	<0,98	5,5	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	58,1	27,7	14,2

NOTE
n.d.

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



Stazione B2 (120 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	41,6
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,72
Mediana	M _d	3,65
Classazione	σ	2,54
Asimmetria	S _{ki}	0,61
Appuntimento	K _G	0,92

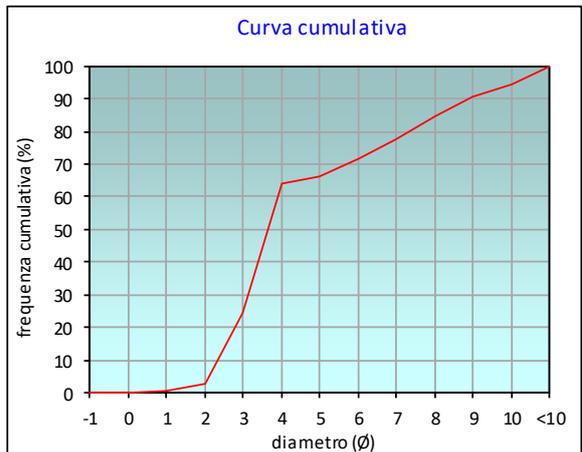
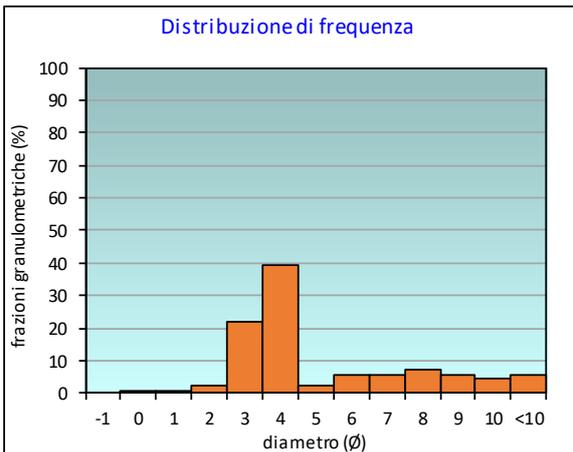
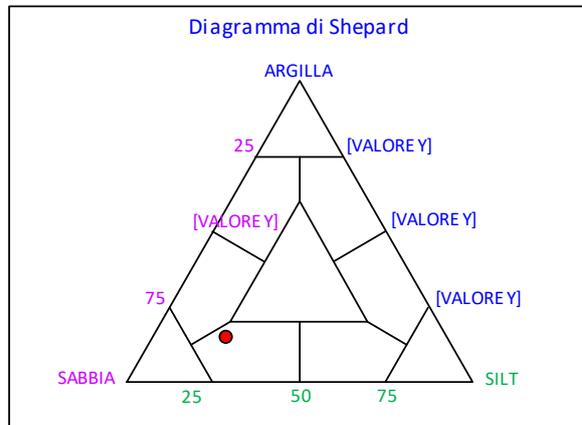
PERCENTILE	∅
5	2,10
16	2,60
25	3,01
50	3,65
75	6,56
84	7,91
95	10,08

	∅	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	2,3	2,9
	3	125	21,7	24,6
	4	62,5	39,3	63,9
LIMO	5	31,2	2,2	66,2
	6	15,6	5,7	71,8
	7	7,8	5,7	77,5
	8	3,9	7,1	84,6
ARGILLA	9	2	5,7	90,4
	10	0,98	4,2	94,6
	<10	<0,98	5,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	63,9	20,7	15,4

NOTE
n.d.

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



Stazione B3 (60 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	38,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,73
Mediana	M _d	3,72
Classazione	σ	2,61
Asimmetria	S _{ki}	0,58
Appuntimento	K _G	0,87

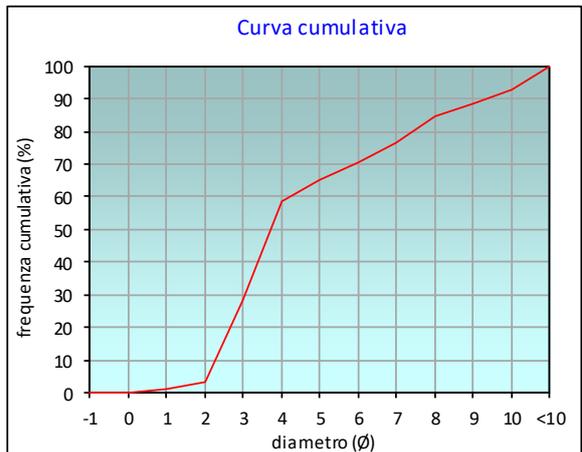
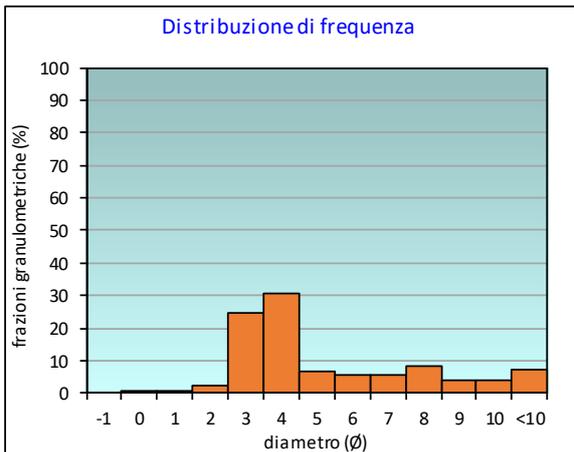
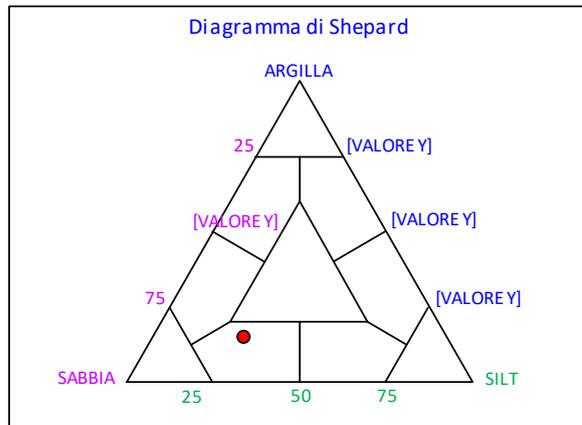
PERCENTILE	∅
5	2,07
16	2,51
25	2,88
50	3,72
75	6,77
84	7,95
95	10,31

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,3	0,3
SABBIA	1	500	0,7	0,9
	2	250	2,3	3,2
	3	125	24,8	28,1
	4	62,5	30,4	58,4
LIMO	5	31,2	6,6	65,1
	6	15,6	5,6	70,7
	7	7,8	5,6	76,3
	8	3,9	8,1	84,4
ARGILLA	9	2	4,2	88,6
	10	0,98	4,1	92,7
	<10	<0,98	7,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	58,4	26,0	15,6

NOTE
0,14gr di resti conchigliari sul 2000 μm

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



Stazione B4 (30 m NE)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	37,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,86
Mediana	M _d	3,74
Classazione	σ	2,63
Asimmetria	S _{ki}	0,60
Appuntimento	K _G	0,86

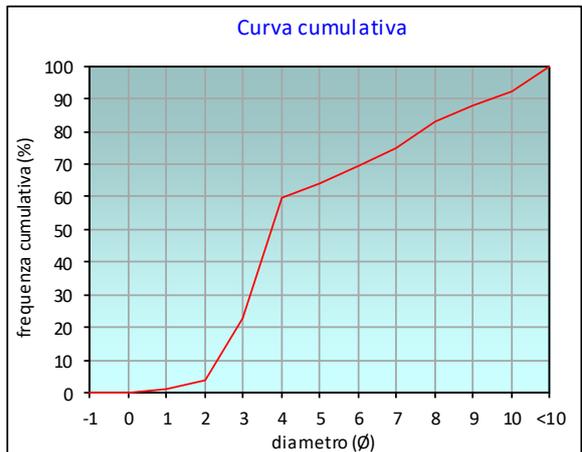
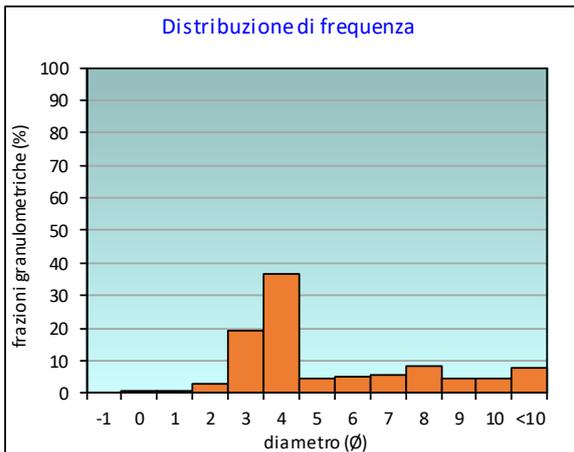
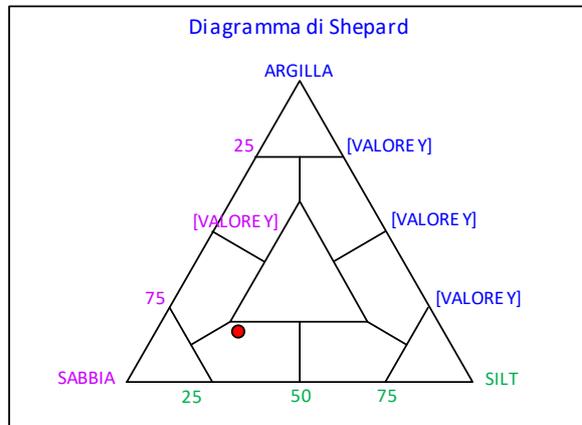
PERCENTILE	∅
5	2,07
16	2,65
25	3,06
50	3,74
75	7,01
84	8,18
95	10,34

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,2	0,2
SABBIA	1	500	0,8	1,0
	2	250	2,7	3,7
	3	125	18,9	22,6
	4	62,5	36,8	59,4
LIMO	5	31,2	4,5	64,0
	6	15,6	5,3	69,3
	7	7,8	5,6	74,9
	8	3,9	8,3	83,2
ARGILLA	9	2	4,8	87,9
	10	0,98	4,5	92,4
	<10	<0,98	7,6	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	59,4	23,7	16,8

NOTE
0,08 gr di resti conchigliari sul 2000 μm

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



Stazione BO NE

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	31,5
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

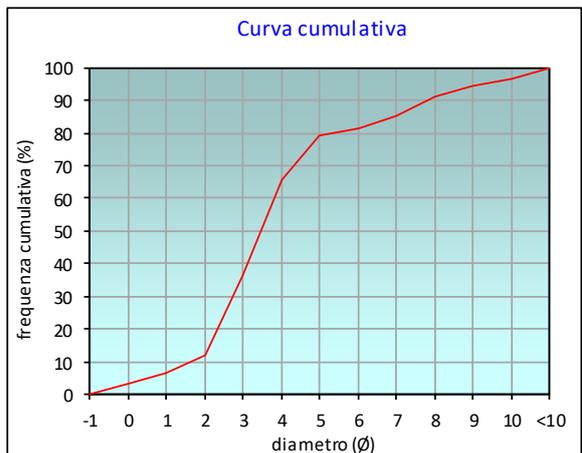
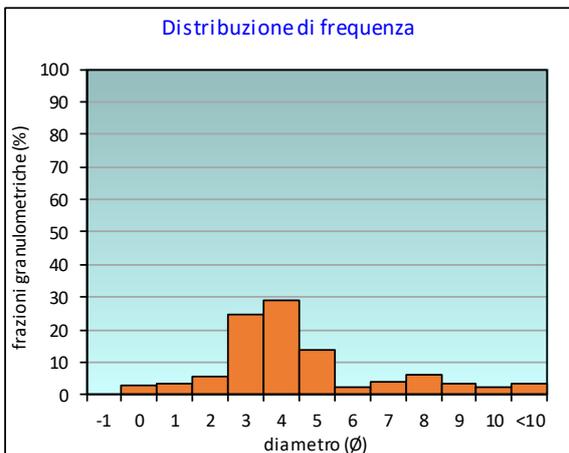
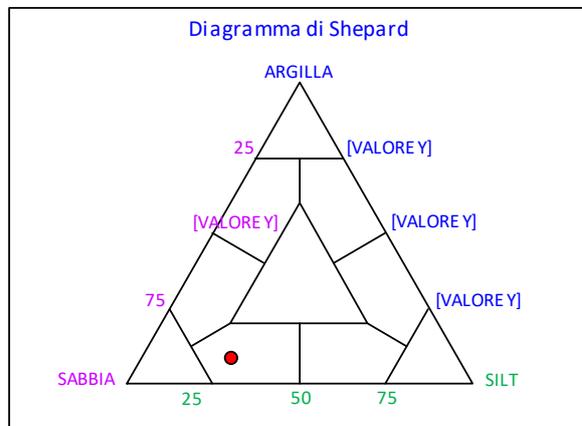
PARAMETRI STATISTICI			PERCENTILE	
Media	M _i	4,11	5	0,55
Mediana	M _d	3,46	16	2,16
Classazione	σ	2,46	25	2,52
Asimmetria	S _{kl}	0,38	50	3,46
Appuntimento	K _G	1,66	75	4,69
			84	6,70
			95	9,29

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
SABBIA	0	1000	3,1	3,1
	1	500	3,5	6,6
	2	250	5,6	12,2
	3	125	24,4	36,6
	4	62,5	28,9	65,6
LIMO	5	31,2	13,8	79,3
	6	15,6	2,1	81,4
	7	7,8	3,7	85,1
	8	3,9	6,1	91,2
ARGILLA	9	2	3,1	94,3
	10	0,98	2,3	96,6
	<10	<0,98	3,4	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	65,6	25,6	8,8

NOTE
3,16 gr di resti conchigliari sul 2000 µm

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



Stazione BO SW

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	32,8
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,18
Mediana	M _d	3,44
Classazione	σ	2,31
Asimmetria	S _{ki}	0,52
Appuntimento	K _G	1,43

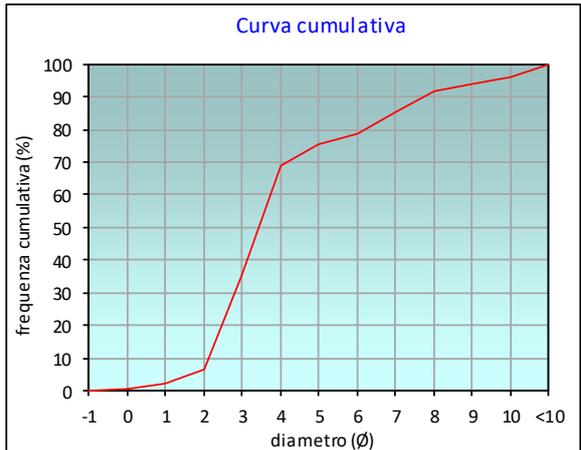
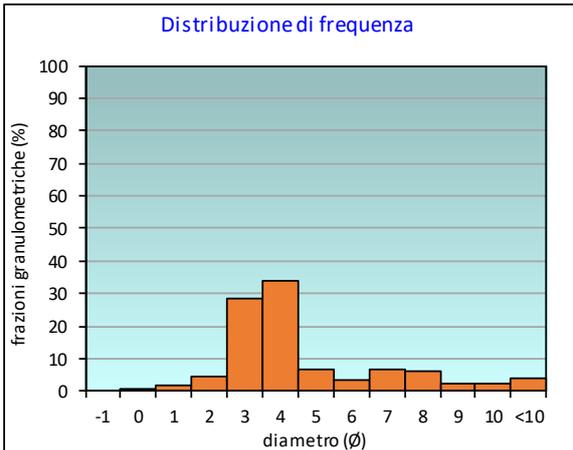
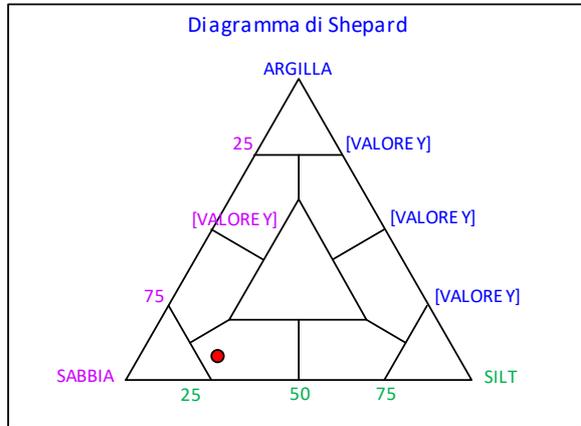
PERCENTILE	Ø
5	1,60
16	2,33
25	2,65
50	3,44
75	4,91
84	6,79
95	9,49

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,8	0,8
SABBIA	1	500	1,6	2,4
	2	250	4,2	6,7
	3	125	28,4	35,1
	4	62,5	34,0	69,1
LIMO	5	31,2	6,5	75,6
	6	15,6	3,2	78,9
	7	7,8	6,5	85,4
	8	3,9	6,2	91,5
ARGILLA	9	2	2,3	93,9
	10	0,98	2,3	96,2
	<10	<0,98	3,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	69,1	22,5	8,5

NOTE
0,94gr di resti conchigliari sul 2000 µm

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



Stazione B5 (30 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	36,3
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,58
Mediana	M _d	3,71
Classazione	σ	2,51
Asimmetria	S _{ki}	0,55
Appuntimento	K _G	0,98

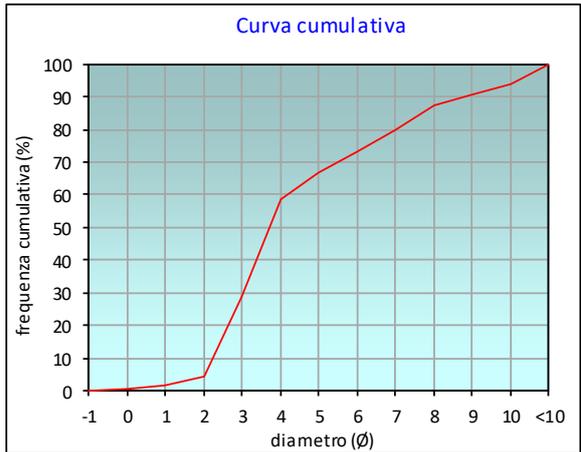
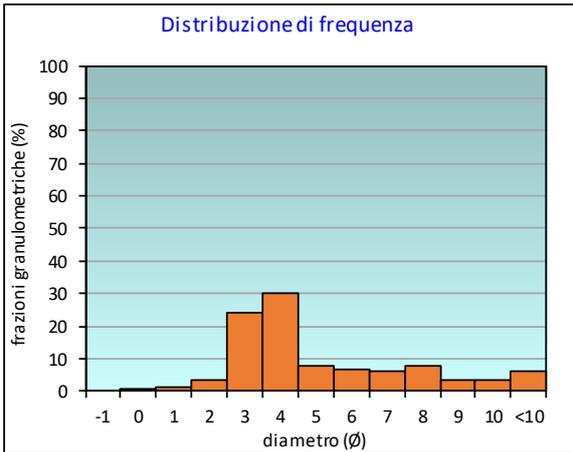
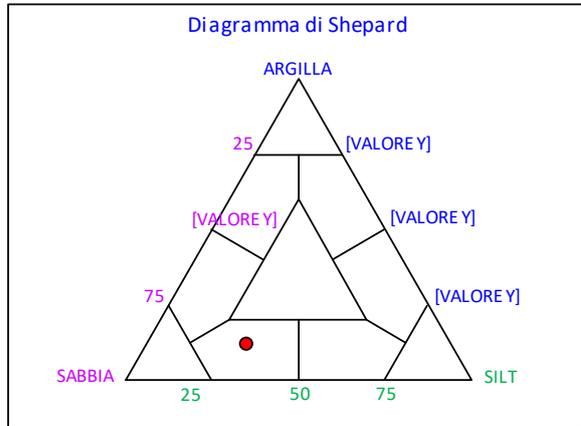
PERCENTILE	Ø
5	2,02
16	2,48
25	2,85
50	3,71
75	6,25
84	7,55
95	10,18

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,3	0,3
SABBIA	1	500	1,0	1,4
	2	250	3,2	4,6
	3	125	23,9	28,5
	4	62,5	30,3	58,8
LIMO	5	31,2	7,9	66,7
	6	15,6	6,7	73,4
	7	7,8	6,3	79,7
	8	3,9	7,8	87,5
ARGILLA	9	2	3,2	90,7
	10	0,98	3,2	93,9
	<10	<0,98	6,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	58,8	28,7	12,5

NOTE
 0,10 gr di resti conchigliari sul 2000 µm

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



Stazione B6 (60 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	34,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,43
Mediana	M _d	3,59
Classazione	σ	2,34
Asimmetria	S _{ki}	0,56
Appuntimento	K _G	1,34

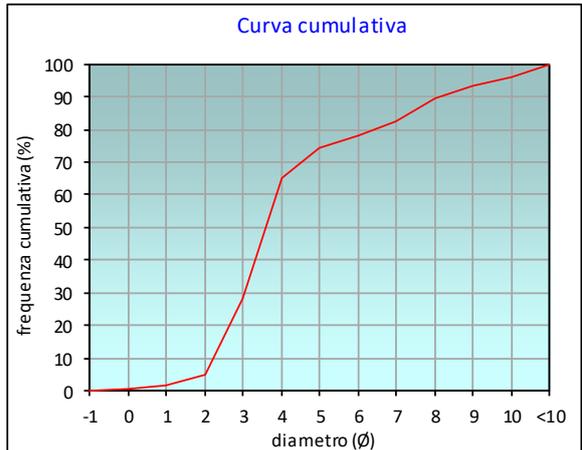
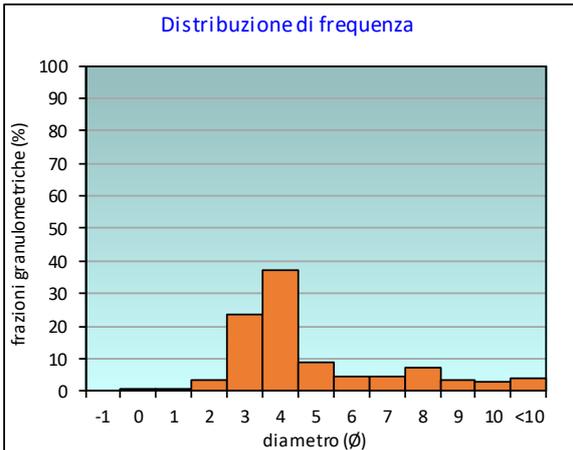
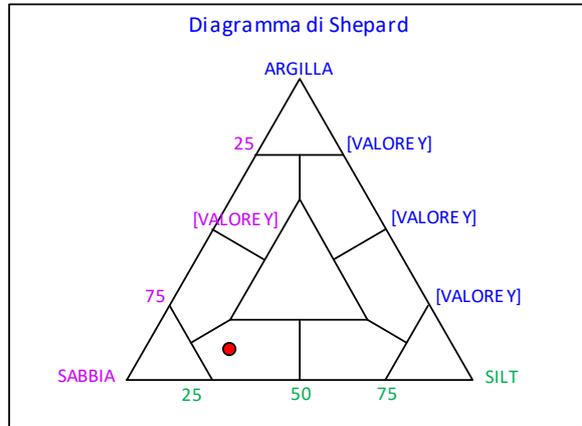
PERCENTILE	Ø
5	2,02
16	2,49
25	2,87
50	3,59
75	5,21
84	7,20
95	9,67

	Ø	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	3,2	4,6
	3	125	23,3	27,9
	4	62,5	37,1	65,1
LIMO	5	31,2	9,0	74,1
	6	15,6	4,3	78,4
	7	7,8	4,2	82,6
	8	3,9	7,0	89,6
ARGILLA	9	2	3,6	93,2
	10	0,98	2,8	95,9
	<10	<0,98	4,1	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	65,1	24,5	10,4

NOTE
0,22 gr di resti conchigliari sul 2000 µm

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



Stazione B7 (120 m SW)

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

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	5,41
Mediana	M _d	4,92
Classazione	σ	2,86
Asimmetria	S _{ki}	0,25
Appuntimento	K _G	0,78

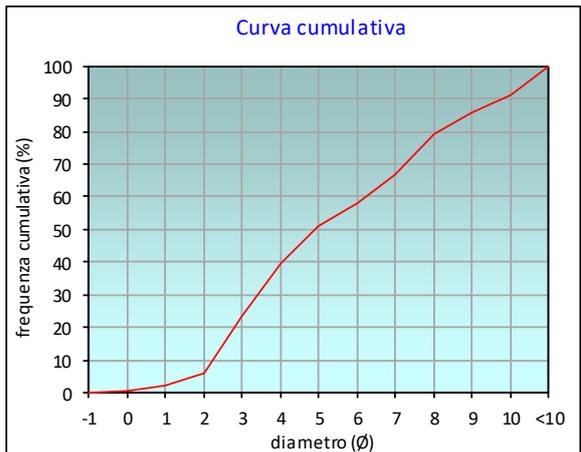
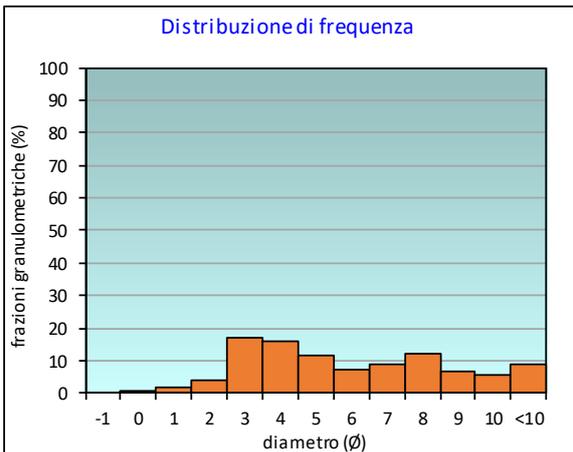
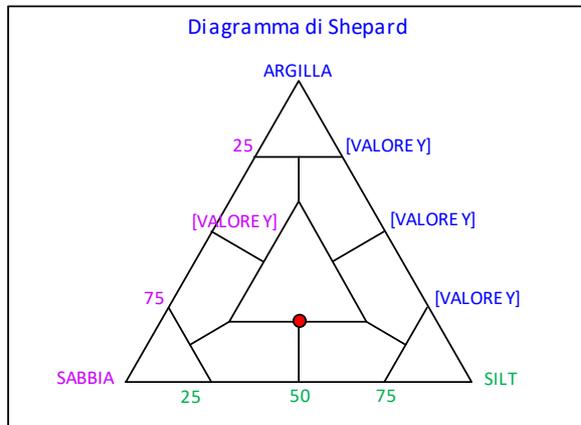
PERCENTILE	∅
5	1,73
16	2,58
25	3,11
50	4,92
75	7,66
84	8,75
95	10,43

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,5	0,5
SABBIA	1	500	1,6	2,2
	2	250	3,9	6,1
	3	125	17,2	23,3
	4	62,5	16,1	39,4
LIMO	5	31,2	11,6	51,0
	6	15,6	7,0	58,0
	7	7,8	9,0	66,9
	8	3,9	12,1	79,1
ARGILLA	9	2	6,6	85,7
	10	0,98	5,5	91,2
	<10	<0,98	8,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	39,4	39,7	20,9

NOTE
 0,36gr di resti conchigliari sul 2000 μm

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



Stazione B8 (250 m SW)

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	36,9
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,49
Mediana	M _d	3,64
Classazione	σ	2,45
Asimmetria	S _{ki}	0,56
Appuntimento	K _G	1,10

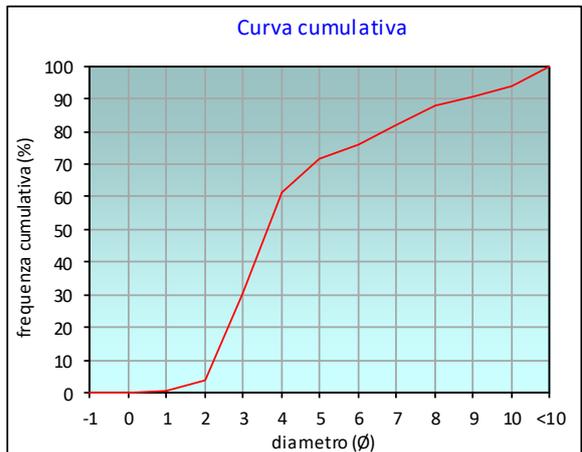
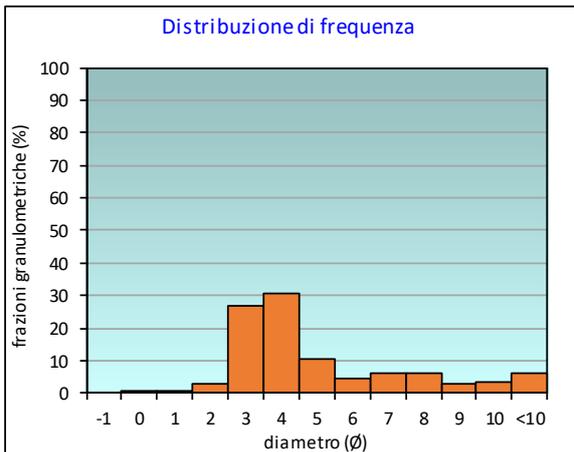
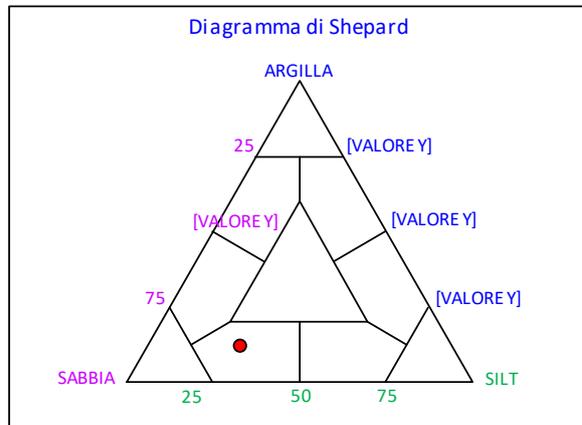
PERCENTILE	Ø
5	2,05
16	2,46
25	2,80
50	3,64
75	5,82
84	7,36
95	10,17

	Ø	µm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,6	0,8
	2	250	3,0	3,7
	3	125	26,6	30,3
	4	62,5	30,8	61,1
LIMO	5	31,2	10,3	71,4
	6	15,6	4,4	75,8
	7	7,8	6,0	81,8
	8	3,9	6,1	87,9
ARGILLA	9	2	2,9	90,8
	10	0,98	3,2	94,0
	<10	<0,98	6,0	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	61,1	26,8	12,1

NOTE
0,04 gr di resti conchigliari sul 2000 µm

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



Stazione K1

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	34,5
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,35
Mediana	M _d	3,51
Classazione	σ	2,45
Asimmetria	S _{ki}	0,56
Appuntimento	K _G	1,39

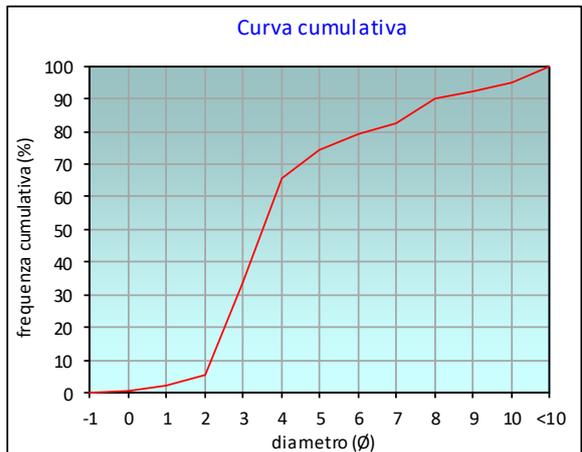
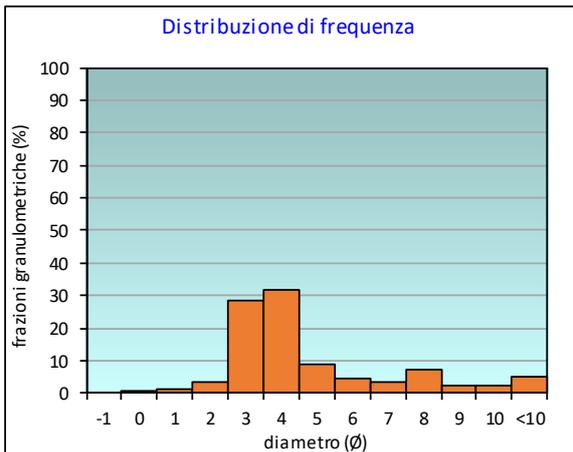
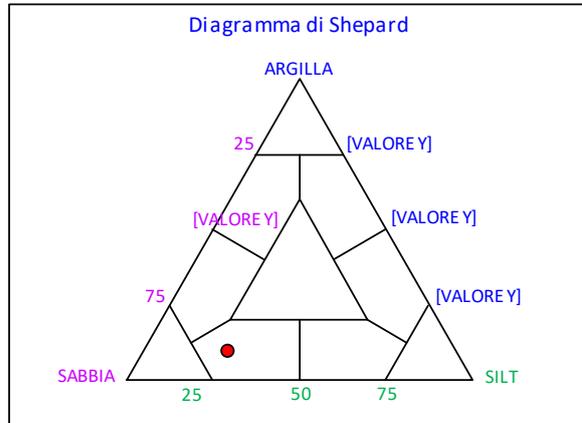
PERCENTILE	φ
5	1,83
16	2,37
25	2,69
50	3,51
75	5,10
84	7,19
95	10,05

	φ	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,7	0,7
SABBIA	1	500	1,3	2,0
	2	250	3,6	5,6
	3	125	28,2	33,8
	4	62,5	31,9	65,7
LIMO	5	31,2	8,9	74,5
	6	15,6	4,5	79,0
	7	7,8	3,7	82,6
	8	3,9	7,3	89,9
ARGILLA	9	2	2,3	92,2
	10	0,98	2,6	94,7
	<10	<0,98	5,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	65,7	24,2	10,1

NOTE
0,20gr di resti conchigliari sul 2000 μm

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



Stazione K2

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	28,1
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	3,51
Mediana	M _d	3,26
Classazione	σ	1,68
Asimmetria	S _{ki}	0,47
Appuntamento	K _G	2,14

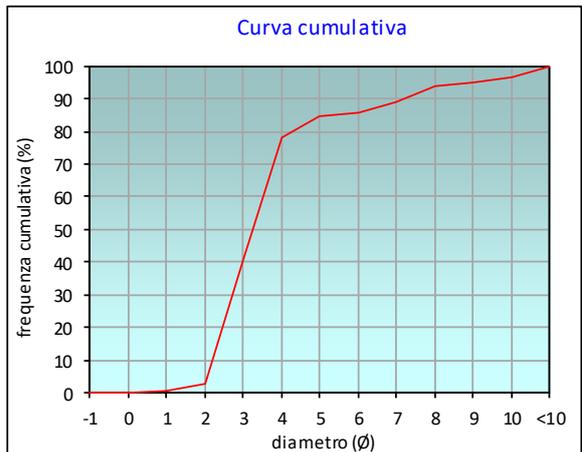
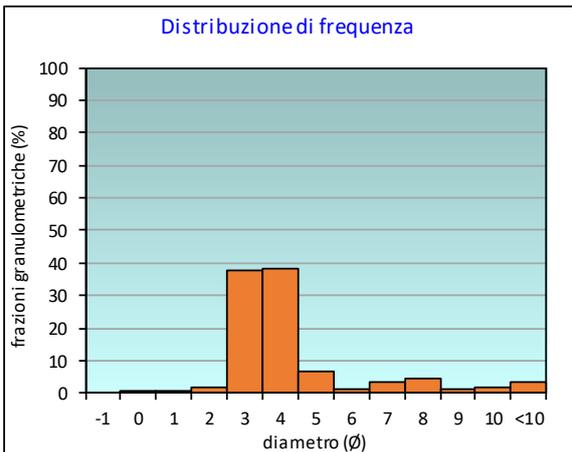
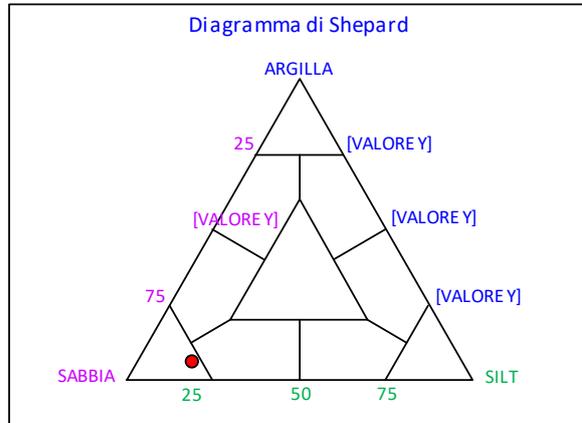
PERCENTILE	∅
5	2,07
16	2,36
25	2,60
50	3,26
75	3,92
84	4,91
95	8,92

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,1	0,1
SABBIA	1	500	0,5	0,6
	2	250	1,9	2,5
	3	125	37,4	39,9
	4	62,5	38,3	78,2
LIMO	5	31,2	6,4	84,6
	6	15,6	1,3	85,9
	7	7,8	3,1	89,0
	8	3,9	4,6	93,6
ARGILLA	9	2	1,5	95,1
	10	0,98	1,6	96,8
	<10	<0,98	3,2	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	78,2	15,5	6,4

NOTE
0,12gr di resti conchigliari sul 2000 μm

CLASSIFICAZIONE	
Shepard	Sabbia
Classazione	Mal classato
Asimmetria	Molto positiva
Appuntamento	Molto Leptocurtica



Stazione K3

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	33,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	4,33
Mediana	M _d	3,45
Classazione	σ	2,40
Asimmetria	S _{ki}	0,60
Appuntimento	K _G	1,47

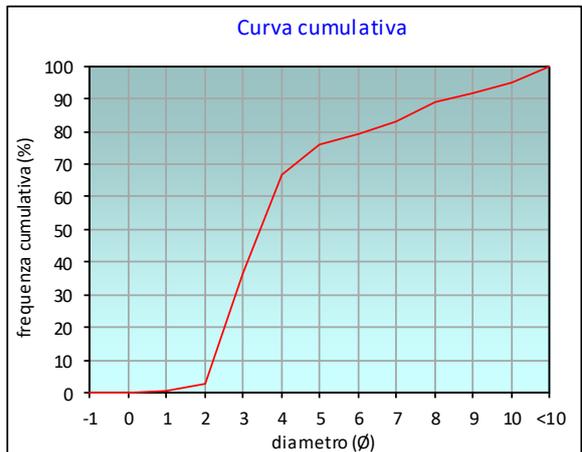
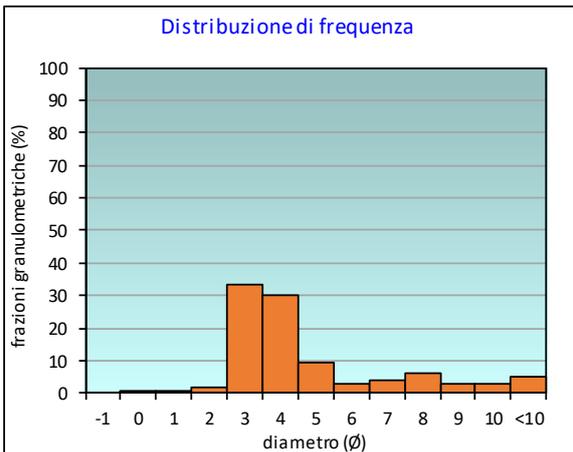
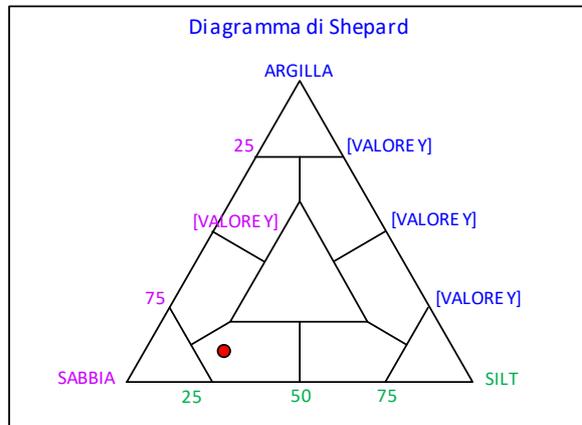
PERCENTILE	∅
5	2,07
16	2,39
25	2,66
50	3,45
75	4,88
84	7,16
95	10,05

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,2	0,2
SABBIA	1	500	0,6	0,8
	2	250	2,0	2,8
	3	125	33,6	36,4
	4	62,5	30,2	66,6
LIMO	5	31,2	9,5	76,1
	6	15,6	3,1	79,2
	7	7,8	3,8	83,0
	8	3,9	6,2	89,2
ARGILLA	9	2	2,7	91,9
	10	0,98	2,8	94,7
	<10	<0,98	5,3	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	66,6	22,6	10,8

NOTE
0,18 gr di resti conchigliari sul 2000 μm

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



Stazione K4

PARAMETRI FISICI	
Peso specifico (g/cm ³)	n.d.
Umidità (%)	50,2
Colore MUNSEL (codice)	n.d.
Colore MUNSEL (nome)	n.d.

PARAMETRI STATISTICI		
Media	M _i	5,71
Mediana	M _d	4,90
Classazione	σ	2,82
Asimmetria	S _{ki}	0,36
Appuntimento	K _G	0,81

PERCENTILE	∅
5	2,04
16	3,04
25	3,58
50	4,90
75	7,89
84	9,18
95	10,54

	∅	μm	%	Freq. Comul. %
GHIAIA	-1	2000	0,0	0,0
	0	1000	0,6	0,6
SABBIA	1	500	1,5	2,1
	2	250	2,5	4,6
	3	125	10,7	15,3
	4	62,5	16,8	32,0
LIMO	5	31,2	20,1	52,1
	6	15,6	7,1	59,2
	7	7,8	7,2	66,4
	8	3,9	9,7	76,1
ARGILLA	9	2	6,8	82,8
	10	0,98	6,4	89,2
	<10	<0,98	10,8	100,0

CLASSE GRANULOMETRICA			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
0,0	32,0	44,1	23,9

NOTE
 0,20gr di resti conchigliari sul 2000 μm

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

